



HELMUT SCHMIDT  
UNIVERSITÄT

Universität der Bundeswehr Hamburg

# Klimaökonomie

Stefan Traub, HSU Hamburg

Kk23 – Klimakongress Zukunftsszenarien

# Über mich

- Stefan Traub, Prof. für VWL, insb. Behavioral Economics an der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg
- Mitglied im Exzellenzcluster Climate, Climatic Change and Society (CliCCS)
- Forschungsinteressen:
  - Verhaltensökonomik und Experimentelle Ökonomik
  - Ungleichheit und soziale Präferenzen
  - Bereitstellung öffentlicher Güter wie Umweltqualität; „grüner Konsum“, z.B. Ökostrom; Klimaklubs



# Gliederung

1. Exkurs: Ein Hörsaalexperiment
2. CO<sub>2</sub> Herkunft und Szenarien
3. Handlungsoptionen
4. Die Kosten der Dekarbonisierung
5. Exkurs: Auflösung Hörsaalexperiment
6. Überblick: Themen der Klimaökonomik
7. Fragen und Diskussion

*Richard Tol (2023): Climate Economics. Edward Elgar.*



# 1. Ein Hörsaalexperiment

## ■ Spielregeln

- Es spielen zwei Spieler miteinander, der (Z)eilenspieler und der Spaltenspieler (S).
- Beide Spieler entscheiden simultan und anonym, ob sie X oder Y wählen.
- Die Auszahlungen ergeben sich aus der Tabelle.

		S	
		X	Y
Z	X	6 € , 6 €	0 € , 10 €
	Y	10 € , 0 €	2 € , 2 €



# 1. Ein Hörsaalexperiment I

## ■ Spielregeln

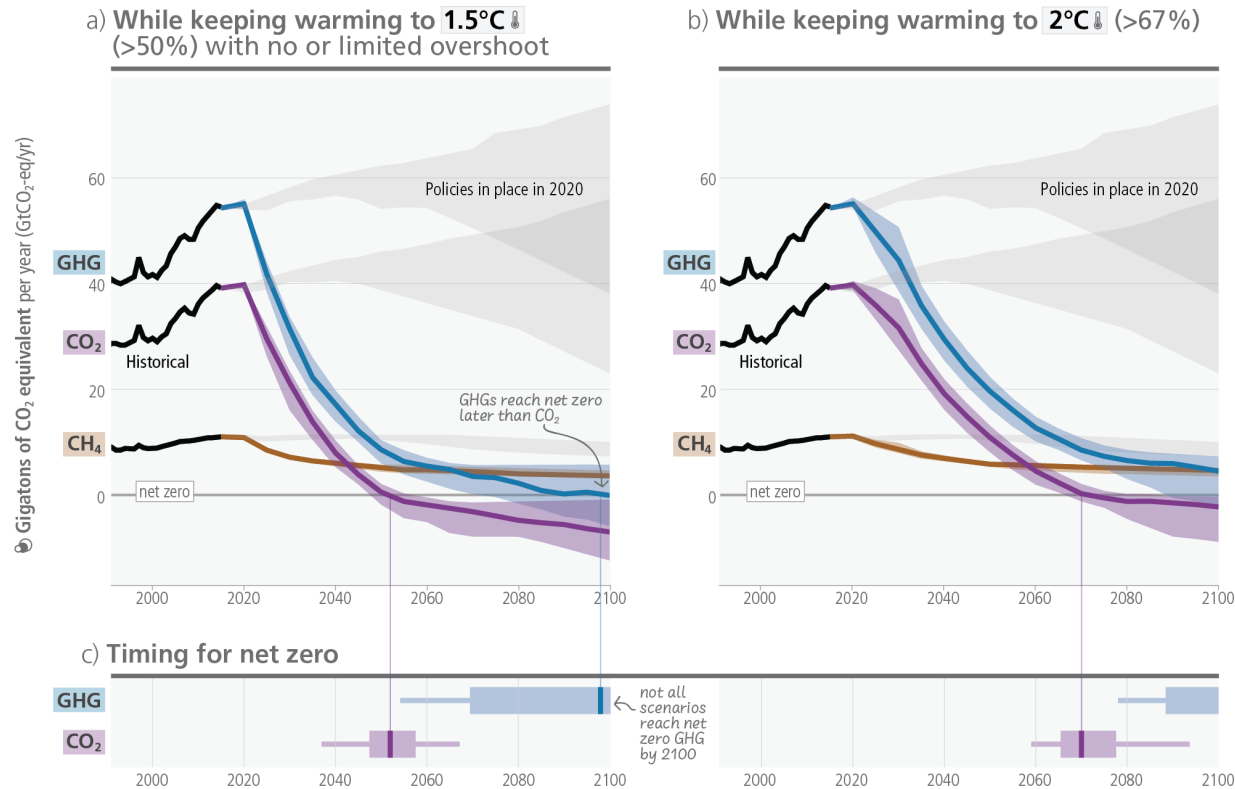
- Sie sind nun Spieler Z.
- Schreiben Sie auf den Zettel, ob Sie X oder Y wählen.
- Schreiben Sie einen ALIAS auf den Zettel. (Einsammeln)
- Ich wähle zwei Spieler zufällig als Z und S aus und zahle der Ergebnis am Ende in Euro aus!

		S	
		X	Y
Z	X	6 € , 6 €	0 € , 10 €
	Y	10 € , 0 €	2 € , 2 €

# 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

Global modelled pathways that limit warming to 1.5°C (>50%) with no or limited overshoot reach **net zero CO<sub>2</sub> emissions** around 2050

Total **greenhouse gases (GHG)** reach net zero later



Quelle: IPCC (2023), AR6 Synthesis Report

## 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

- Woher kommen die Treibhausgase (THG)?
  - Hauptquelle CO<sub>2</sub>:
    - Verbrennung von fossilen Energieträgern (Kohle, Öl, Gas) für Stromerzeugung und Heizenergie (35 %)
    - Produktion (15 %)
    - Verkehr (15 %)
    - andere: Landnutzung und Forstwirtschaft, Zementherstellung, ...
  - andere THGs, z.B. Methan (17 %)
    - Landwirtschaft (Fleischproduktion)
    - Reis



## 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

- Die **Kaya Identität** (Y. Kaya, 1995)
- $CO_2 \doteq$  Kohlendioxid Emissionen (g, t)

$$CO_2 \equiv CO_2$$

- D 2021: **762 Mt** (=ca. 2 % der globalen Em.)  
(Datenquellen: BMWi, Energieeffizienz in Zahlen; AG Energiebilanzen, Destatis)



## 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

- Die Kaya Identität (Y. Kaya, 1995)
- $PEV \doteq$  Primärenergieverbrauch (J\*)
- → Kohlenstoffintensität (KI) z.B. g/MJ

$$CO_2 \equiv PEV \cdot \frac{CO_2}{PEV}$$

- D 2021:  $PEV=12.413$  PJ;  $KI=61,3$  g/MJ= $17$  g/KWh  
nur Stromerz.:  $410$  g/KWh

\*1 KWh=3,6 MJ / 1 MJ = 0,2788 KWh



## 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

- Die Kaya Identität (Y. Kaya, 1995)
- *BIP* ≐ Bruttoinlandsprodukt (z.B. €)
- → **Energieintensität** (EI) z.B. TJ/€

$$CO_2 \equiv BIP \cdot \frac{PEV}{BIP} \cdot \frac{CO_2}{PEV}$$

- D 2021: BIP 3.617,45 Mrd. €; EI=3,43 MJ/€  
=0,95 kWh/€



## 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

- Die Kaya Identität (Y. Kaya, 1995)
- $N \doteq$  Bevölkerung (Ew)
- $\rightarrow$  Pro-Kopf Einkommen (PKE) €/Ew

$$CO_2 \equiv N \frac{BIP}{N} \frac{PEV}{BIP} \frac{CO_2}{PEV}$$

- D 12/2021:  $N=83.237.124$ ;  $PKE=43.459$  €/Ew



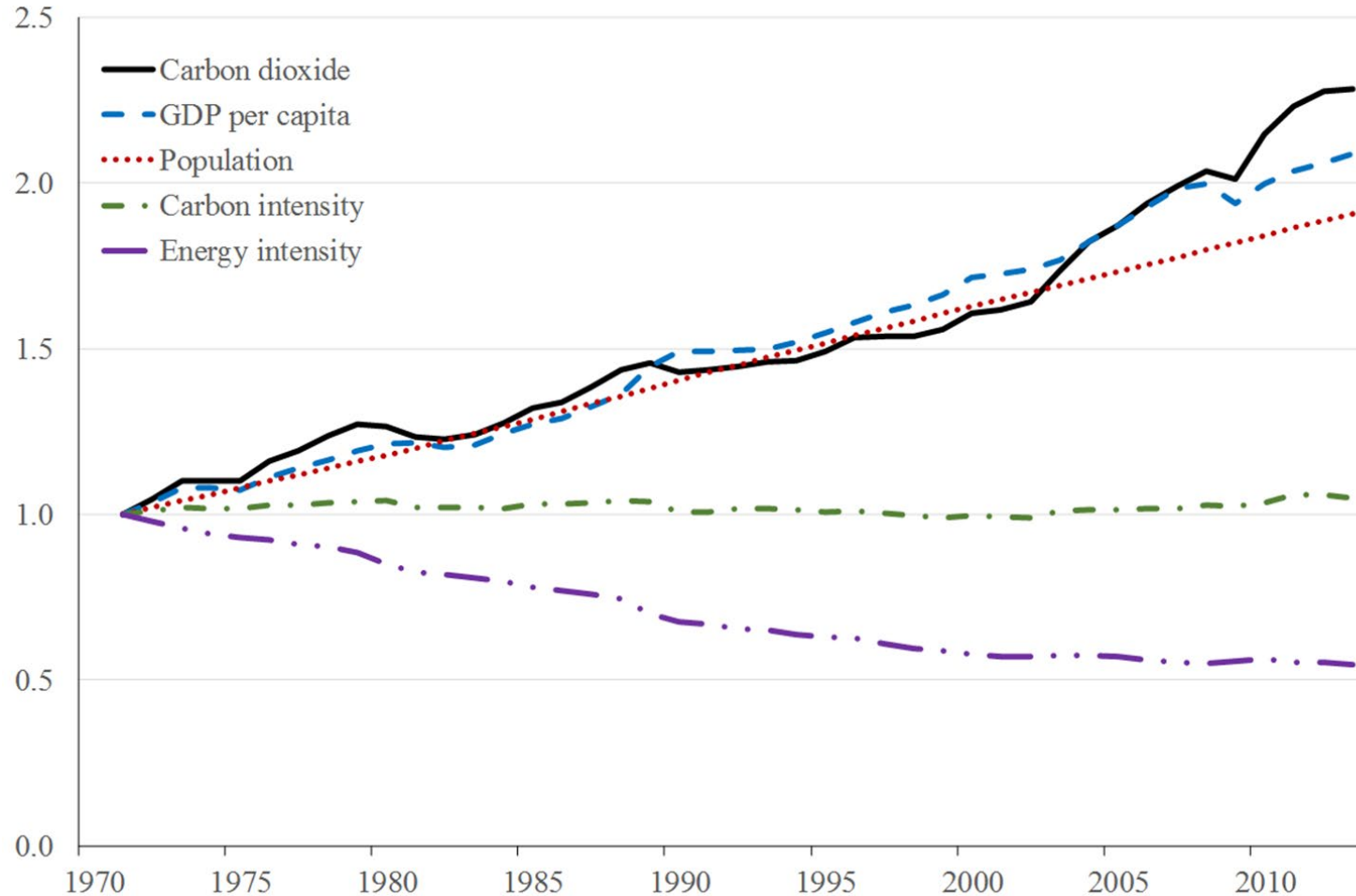
## 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

$$CO_2 \equiv N \frac{BIP}{N} \frac{PEV}{BIP} \frac{CO_2}{PEV}$$

- Beiträge und Handlungsmöglichkeiten
  1.  $\Delta$  Bevölkerung
  2.  $\Delta$  Pro-Kopf-Einkommen
  3.  $\Delta$  Energieintensität
  4.  $\Delta$  Kohlenstoffintensität



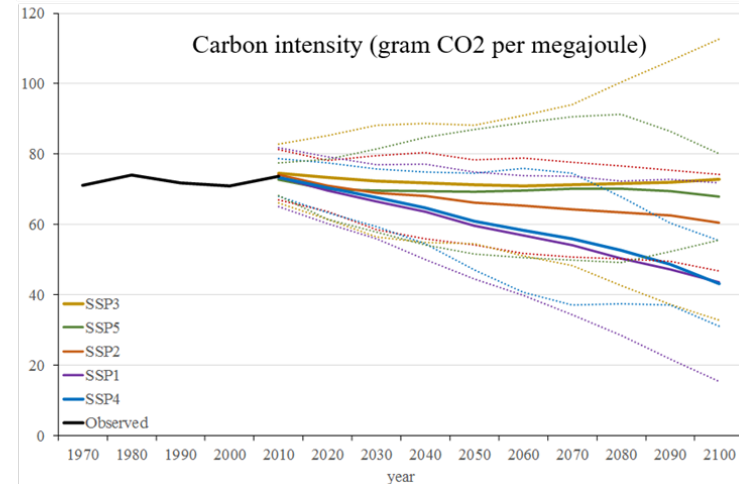
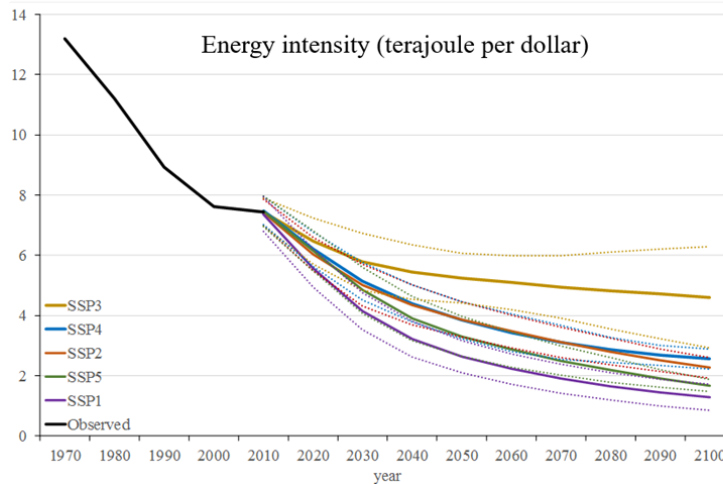
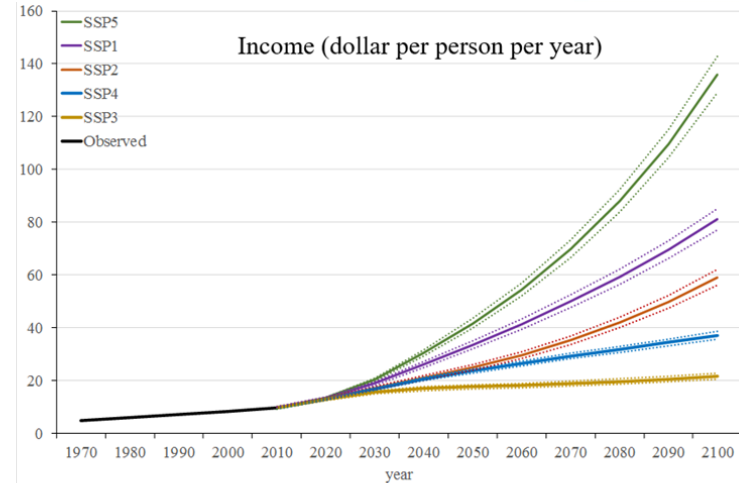
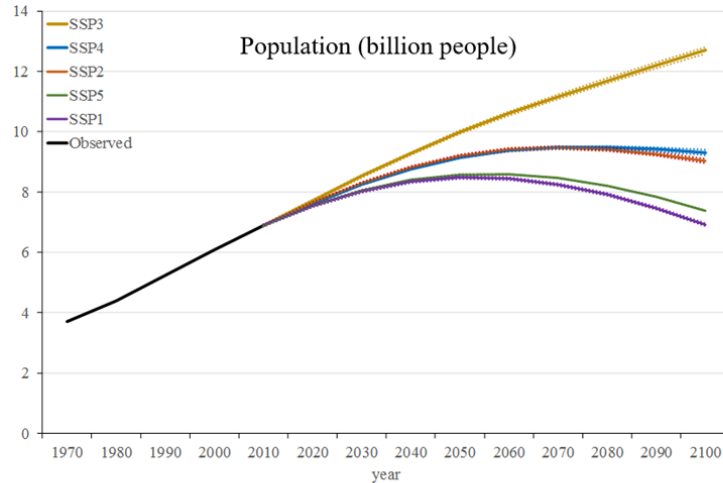
## 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien



Quelle: R. Tol (2015), *Climate Economics*

# 2. CO<sub>2</sub>: Herkunft und Szenarien

ideswehr Hamburg



Quelle: R. Tol (2015), *Climate Economics*

## 3. Handlungsmöglichkeiten

- Bevölkerungswachstum bremsen
  - Neuauflage von Thomas Malthus (1766-1834)  
„Bevölkerungsgesetz“
  - Aktive Bevölkerungspolitik ist keine Option für die meisten (gewählten) Regierungen
  - Erzeugt andere Probleme, z.B. in der Alterssicherung und auf dem Arbeitsmarkt



## 3. Handlungsmöglichkeiten

- Wirtschaftswachstum bremsen
  - Club of Rome, Grenzen des Wachstums (1972), Postwachstumsökonomik, „De-Growth“
  - Fehlwahrnehmung des Wachstumsbegriffs

## 3. Handlungsmöglichkeiten

- Wirtschaftswachstum bremsen
  - Club of Rome, Grenzen des Wachstums (1972), Postwachstumsökonomik, „De-Growth“
  - Fehlwahrnehmung des Wachstumsbegriffs
    - Wachstum findet in Werten statt und ist daher nicht endlich (ZX 81a vs. Yoga X13)



Quelle: Wikipedia



Quelle: Lenovo

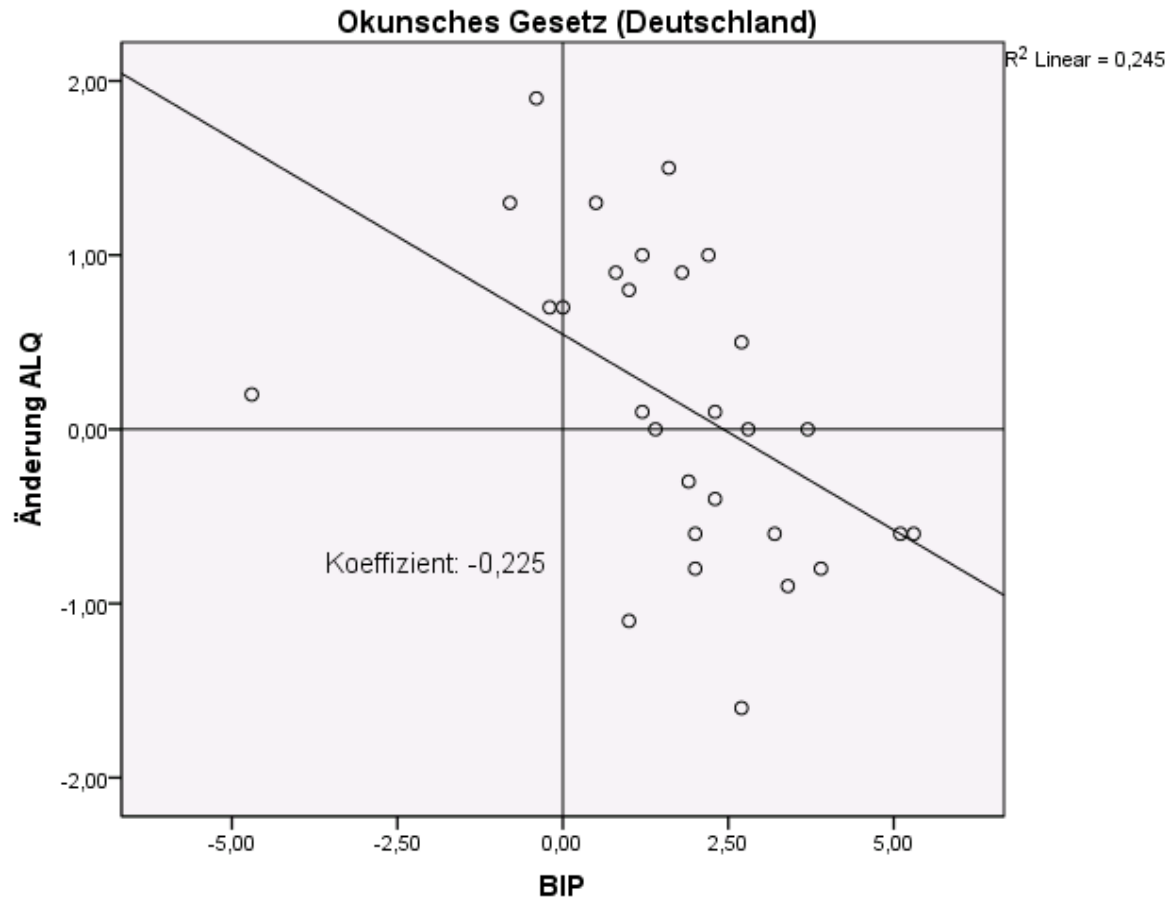
raökonomie

# 3. Handlungsmöglichkeiten

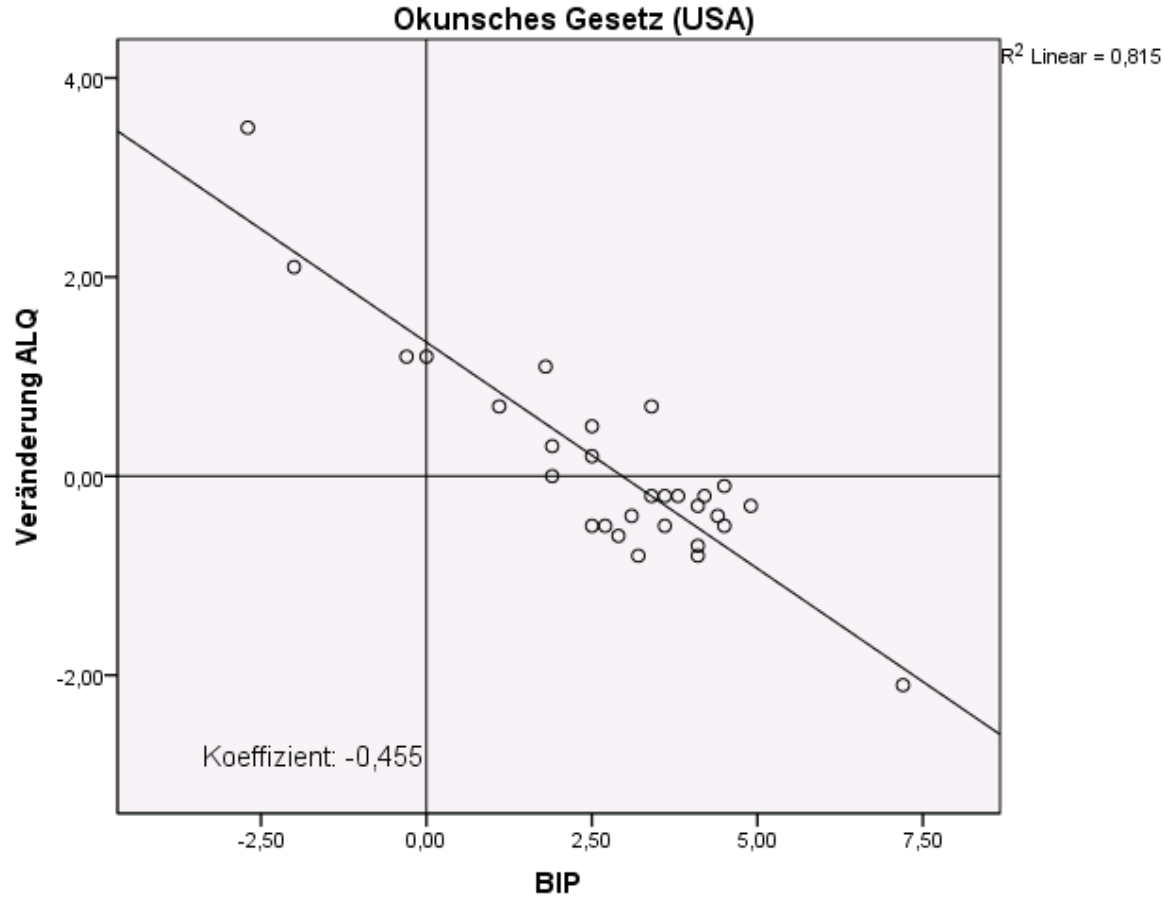
- Wirtschaftswachstum bremsen
  - Club of Rome, Grenzen des Wachstums (1972), Postwachstumsökonomik, „De-Growth“
  - Fehlwahrnehmung des Wachstumsbegriffs
  - Politisch wohl schwierig durchsetzbar
    - Wachstum = Produktivitätszunahme
    - Okunsches „Gesetz“ (1970)



# 3. Handlungsmöglichkeiten



# 3. Handlungsmöglichkeiten



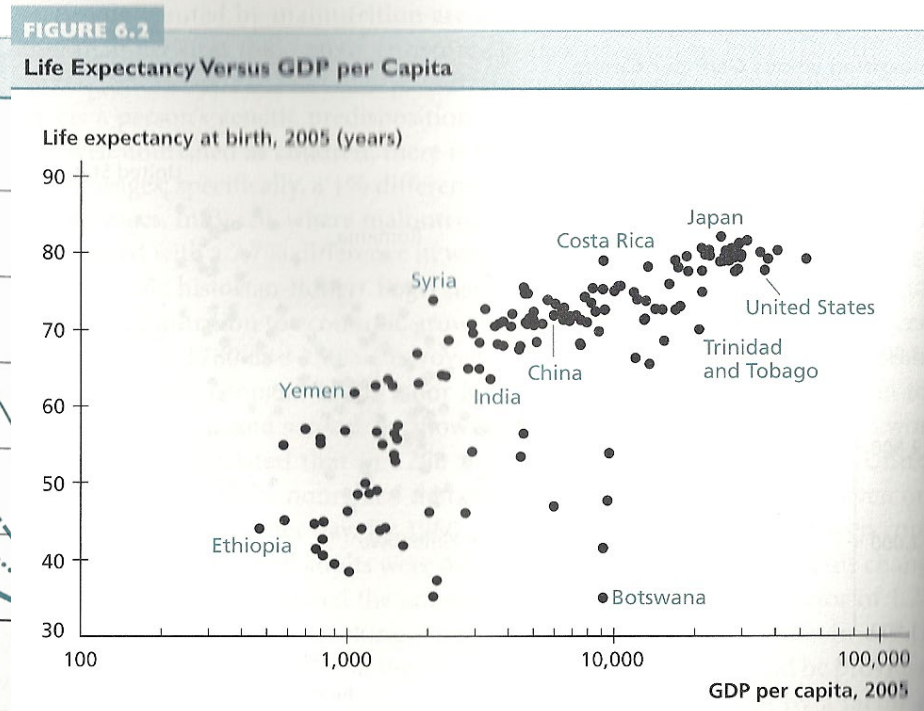
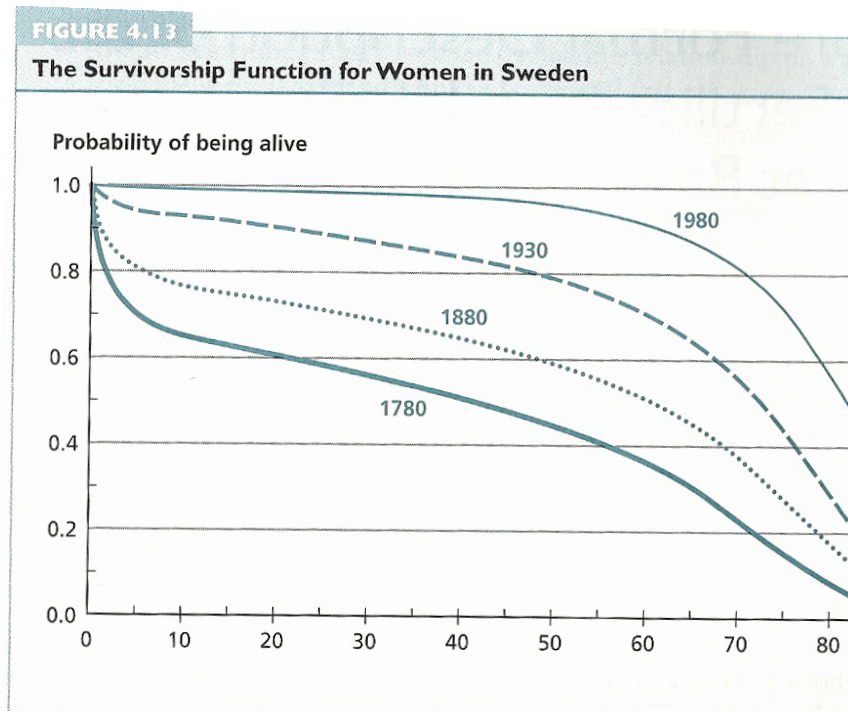


# 3. Handlungsmöglichkeiten

- Wirtschaftswachstum bremsen
  - Club of Rome, Grenzen des Wachstums (1972), Postwachstumsökonomik, „De-Growth“
  - Fehlwahrnehmung des Wachstumsbegriffs
  - Politisch wohl schwierig durchsetzbar
    - Wachstum = Produktivitätszunahme
    - Okunsches „Gesetz“ (1970)
    - Weniger Wachstum = weniger Arbeit
    - Es darf keinen arbeitssparenden technischen Fortschritt mehr geben, auch keine (höhere) Bildung!

# 3. Handlungsmöglichkeiten

- Wirtschaftswachstum bremsen
  - Auf positive Effekte des Wachstums verzichten?



Quelle: David N. Weil (2009): *Economic Growth*. 2nd ed. Pearson.



### 3. Handlungsmöglichkeiten

- Energieintensität verringern (=Energieeffizienz steigern)
  - Passiert technisch bereits und auch ohne Klimawandel, da es Kosten senkt (und die umweltbewussten Konsumenten erfreut)
  - *Rebound Effekt*: Effizienzsteigerungen führen zu höherem Energieverbrauch (mehr Komfort im dann schweren Auto etc.), ca. 10-20%
  - Verhaltensänderungen (Verschwendung, Fehlanreize)

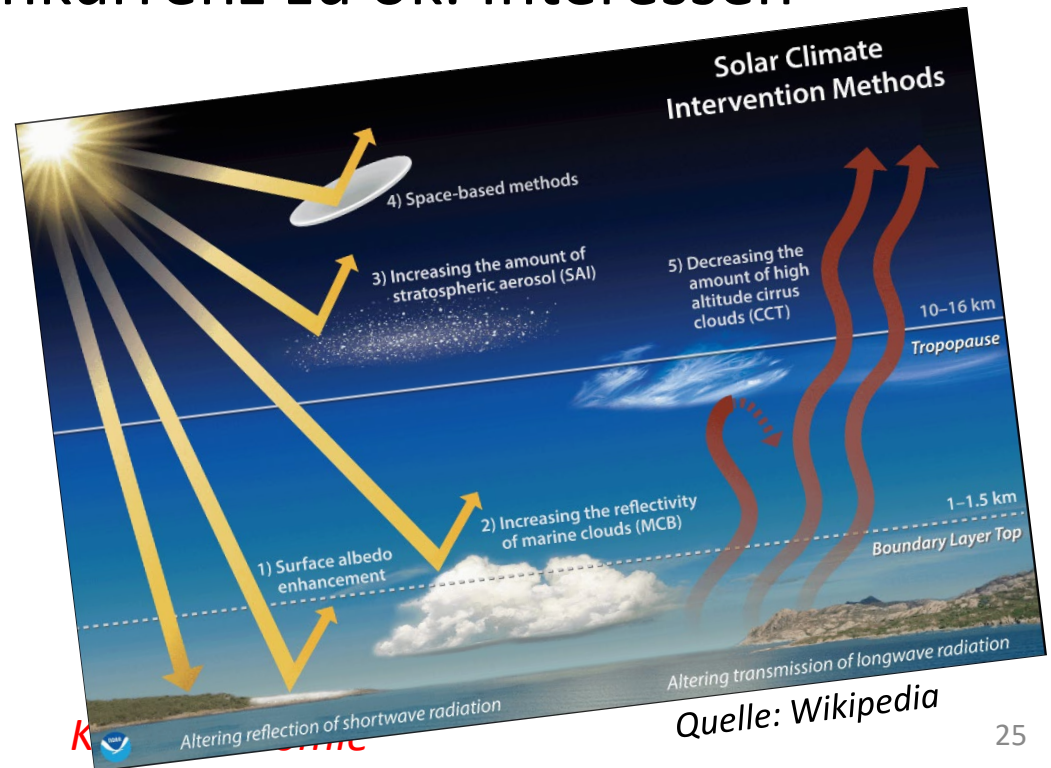


## 3. Handlungsmöglichkeiten

- Kohlenstoffintensität reduzieren
  - Kohlenstoffreiche Energieträger ersetzen (Dekarbonisierung)
  - Kohle → Gas
  - Fossil → erneuerbare / nachwachsende Rohstoffe (Sonne, Wind, Geothermie, Wasser, Biomasse, ...)
  - (Akzeptanz-)Probleme
    - Z.B. Atomkraft (Risiken)
    - Natureingriffe durch Solar, Wind, Wasserkraft, ...
    - Biomasse als Energieträger statt als Nahrungsmittel

# 3. Handlungsmöglichkeiten

- Weitere Handlungsmöglichkeiten
  - Kohlenstoffspeicherung (CCS) – Kosten, Gefahren
  - Aufforstung – Konkurrenz zu ök. Interessen
  - Geoengineering





## 4. Die Kosten der Dekarbonisierung

- Fossile Brennstoffe sind günstig und auf absehbare Zeit gut verfügbar
- Die Dekarbonisierung führt zu hohen Kosten
- Kostenschätzungen basieren auf Modellen und variieren daher massiv (siehe Tabelle)
- Die Kosten können durch „intelligente“ Politik (Timing, Anreize durch Steuern, CO<sub>2</sub> Preise) deutlich verringert werden
- Die Erreichung eines 1,5 oder 2 Grad Ziels in absehbarer Zeit ist aber eher unwahrscheinlich ...

# 4. Die Kosten der Dekarbonisierung

**Table 6**

Present value of global economic policy costs discounted at a 5% discount rate (trillion 2005\$) across scenarios.

	Cost metric	650 CO2-e		550 CO2-e				450 CO2-e			
		Full Not-to-exceed	Delay Not-to-exceed	Full Overshoot	Full Not-to-exceed	Delay Overshoot	Delay Not-to-exceed	Full Overshoot	Full Not-to-exceed	Delay Overshoot	Delay Not-to-exceed
ETSAP-TIAM	MAC	-\$0.2	\$0.5	\$4.8	\$5.1	\$6.4	\$7.4	\$36.2	\$54.4	\$78.6	X
FUND	GDP	\$13.4	\$18.8	\$30.4	\$30.9	\$48.2	\$64.1	\$123.4	X	X	X
GTEM	GDP	\$23.8	\$18.9	\$33.9	\$38.0	\$26.3	X	\$56.7	X	X	X
IMAGE	MAC	\$1.4	\$1.2	\$3.8	\$5.1	\$5.1	\$10.2	X	X	X	X
MERGE Optimistic	GDP	\$15.6	\$17.3	\$29.7	\$32.7	X	X	X	X	X	X
MERGE Pessimistic	GDP	\$7.2	\$7.8	\$16.2	\$18.8	\$29.8	\$35.7	X	X	X	X
MESSAGE	MAC	\$2.2	\$6.5	\$4.4	\$10.9	\$9.1	X	\$11.9	X	X	X
MESSAGE-NOBECS	MAC	\$2.2	N/A	\$5.9	\$12.4	N/A	N/A	\$27.9	X	X	X
MiniCAM - Base	MAC	\$2.4	\$3.1	\$5.3	\$6.5	\$6.7	X	\$15.5	\$25.7	\$32.8	X
SGM	GDP	\$13.0	\$12.8	\$44.3	\$44.3	\$59.8	\$59.8	X	X	X	X
WITCH	GDP	\$1.9	\$2.6	\$27.9	\$32.1	\$39.7	\$64.5	X	X	X	X

GDP is used as the cost metric for FUND, GTEM, MERGE, SGM, WITCH; the area under the marginal abatement cost curve is used as the cost metric for ETSAP-TIAM, IMAGE, MESSAGE, MiniCAM. Costs based on different metrics are not exactly comparable. Darkened cells with an "X" mean that the team was not able to produce the scenario. "N/A" means that the scenario was not attempted with the given model or model version.

Clarke, L., Edmonds, J., Krey, V., Richels, R., Rose, S., & Tavoni, M. (2009). *International climate policy architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios*. *Energy Economics*, 31, S64-S81.

Trillion = Billionen USD von 2005



## 5. Auflösung Hörsaalexperiment

- Auszahlungstabelle

		S	
		X	Y
Z	X	6 € , 6 €	0 € , 10 €
	Y	10 € , 0 €	2 € , 2 €

## 5. Auflösung Hörsaalexperiment

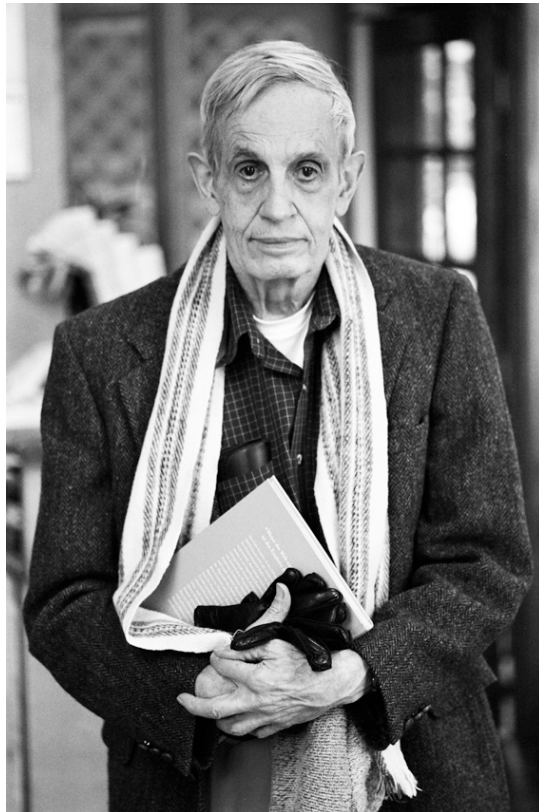
- Das Gefangenendilemma: Warum ist Klimaschutz aus strategischer Sicht so schwierig?

		S	
		Klimaschutz	CO2
Z	Klimaschutz	6 € , 6 €	0 € , 10 €
	CO2	10 € , 0 €	2 € , 2 €

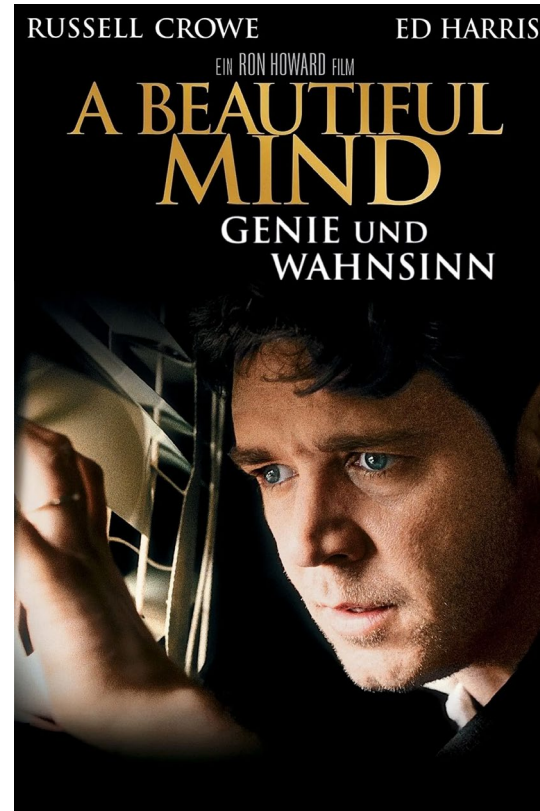
- Y=CO2 ist die „dominante Strategie“
- (Y, Y) ist das „dominante Strategien Gleichgewicht“ (und ein sog. Nash-Gleichgewicht).
- X=Klimaschutz ist kein Gleichgewicht, wegen **Trittbrettfahrens**
- (X,X) wäre das soziale Optimum!**

# 5. Auflösung Hörsaalexperiment

- Das Gefangenendilemma



John F. Nash (Nobelpreis 1994)



# 6. Überblick: Themen der Klimaökonomik

1. Wie kann das Marktversagen bzw. das Externalitätenproblem gelöst werden → Politikinstrumente
  - Eigentumsrechte → Internalisierung des Konflikts
  - Marktnahe Lösungen: CO<sub>2</sub> Handel
  - Besteuerung
  - Regulierung
  - Internationale Zusammenarbeit
2. Wie kann man Umweltgüter und Schäden bewerten?
  - Bewertungsmethoden
  - Schadensfunktionen
  - Verteilungswirkungen
  - Optimale Klimapolitik
  - Diskontierung
  - Unsicherheit

...

# 7. Fragen und Diskussion

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!