

Relative Energieeffizienz, Wettbewerb und Rebound-Effekte

Anne Berner¹, Steffen Lange^{2,4}, Alexander Silbersdorff^{1,3}

¹ Zentrum für Statistik, Universität Göttingen

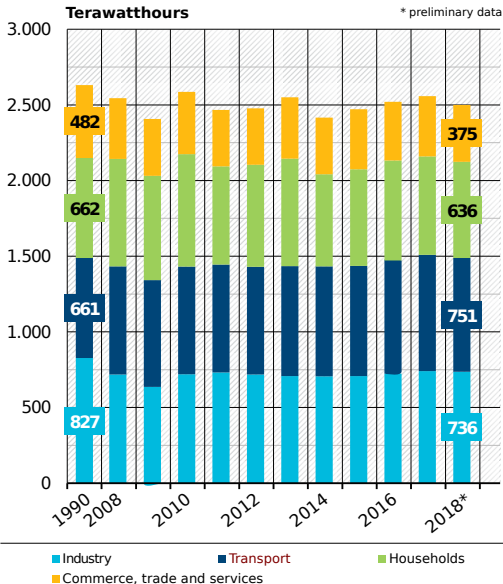
²Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

³Campus Institute Data Science, Göttingen

⁴Resource Economics Group, Humboldt-Universität zu Berlin



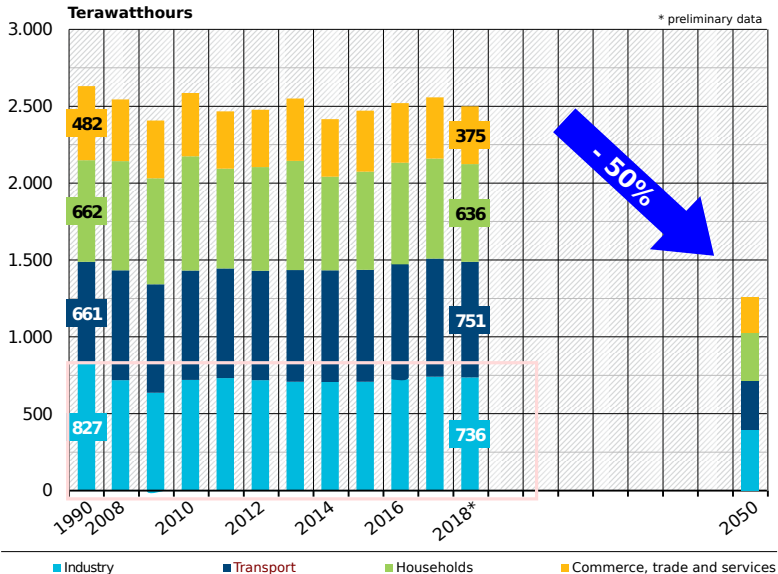
Motivation



Energieproduktivität seit 2008 um 10 % gestiegen
Energiekonsum blieb konstant (-0,1 %)

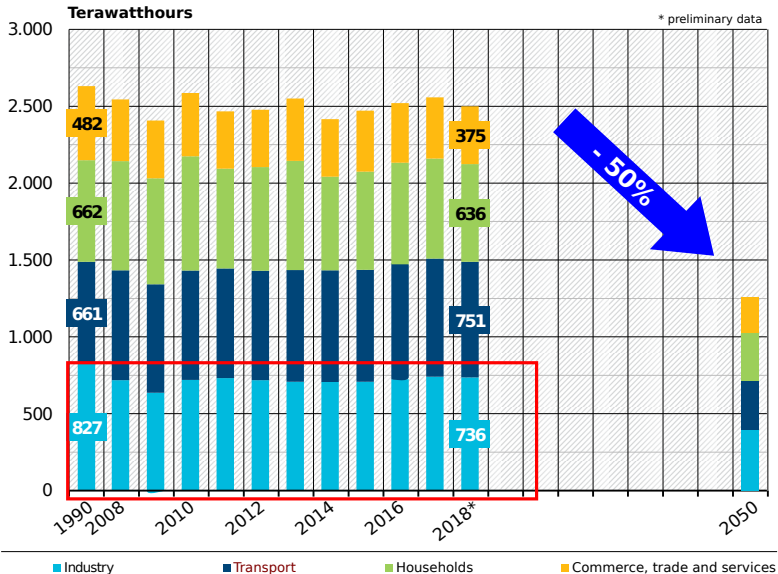
Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2018, Stand 10/2019

Motivation



Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2018, Stand 10/2019

Motivation



Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2018, Stand 10/2019

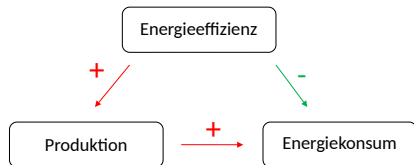
Unternehmen verbessern Energieeffizienz, um

- ① wettbewerbsfähig zu bleiben
 - ② ihre Produktion auszuweiten
- ! Relative Kosten sind im Wettbewerb entscheidend

Relative Effizienzbesserung führt zu:

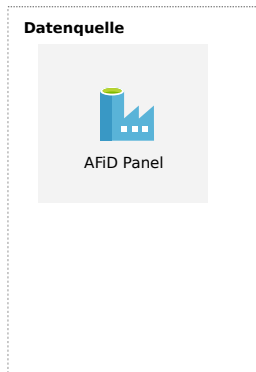
- ① Reduktion des Energiekonsums, da Energieintensität sinkt
- ② Komparativer Vorteil durch die Kostenreduktion führt zur Produktionsausweitung ! Rebound Effekt

Rebound-Effekt auf Unternehmensebene



Forschungsfragen:

- 1 Welche Auswirkung hat eine Steigerung der relativen Energieeffizienz auf den Energieeinsatz und den Output?
- 2 Welche Rolle spielen unterschiedliche Firmeneigenschaften?



ca. 16.000 Firmen/Jahr

45 % der Firmen des verarbeitenden
Gewerbes

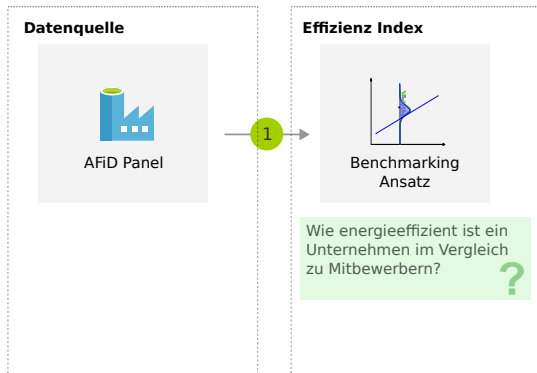
Zeitspanne: 2003-2014

Teilnahme ist gesetzlich vorgeschrieben

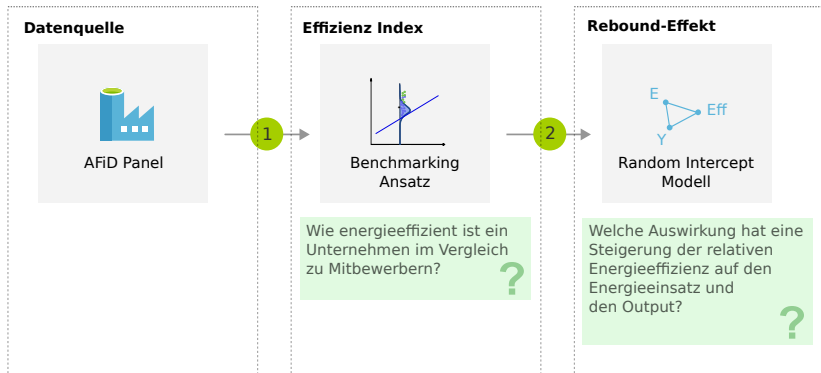
Firmenspezifische Variablen

- | Produktionswert, Investitionen und
Materialien
- | Elektrizitäts- und Brennstoffeinkauf,
-verkauf und -verbrauch
- | Detaillierte Branchenzuordnung
- | ...

Empirische Strategie



Empirische Strategie



Stufe 1: Schätzung der relativen Effizienz

Ineffizienz: Abstand zu den Besten

- ! Relatives Konzept erlaubt den Vergleich verschiedener Firmen und Branchen

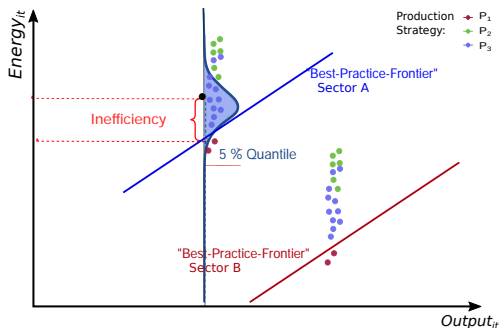
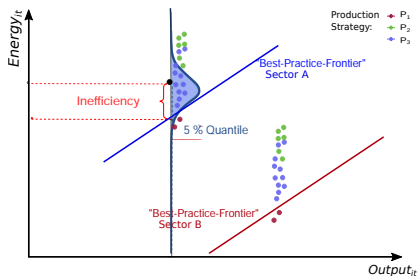


Figure: Illustration Sektor-Grenzen

Stufe 1: Schätzung der relativen Effizienz

Energienachfrage-„Grenze“:

$$Q_{E_{ij}}(0:01jx_{ij}; i) = SubSec_i + \beta_1 y_{ij} + \beta_2 k_{ij} + \beta_3 l_{ij} + \beta_4 m_{ij}$$



$SubSec_i$ - Branchenzugehörigkeit
(auf 3-stelliger Ebene)

y_{ij} - Bruttoproduktionswert

k_{ij} - Kapitalstock (approx. über
Abschreibungen)

l_{ij} - Anzahl der Beschäftigten

m_{ij} - Rohstoffe und Vorprodukte

Figure: Illustration Sektor-Grenzen

Dynamische Effizienzanalyse

Wie verändert sich die technische Effizienz im Zeitablauf?
Gelingt es ineffizienten Produzenten zu effizienten aufzuschließen oder fallen sie eher noch weiter zurück?

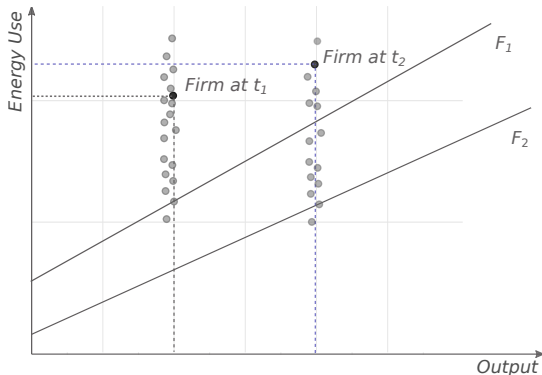


Figure: Illustration Malmquist Index

Zwischenfazit:

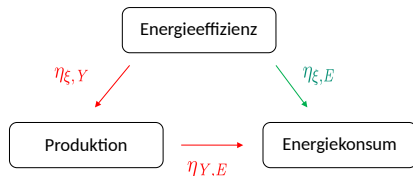
Durchschnittliche Effizienz verbessert sich im Schnitt in den meisten Sektoren, Ausnahme bilden Papier und Gummi-/Kunststoffwaren (2004-2014)

Energieproduktivität wird hauptsächlich durch den technologischen Fortschritt und nicht durch "aufholende" Unternehmen getrieben

Stufe 2: Schätzung des Rebound-Effekts

Wachstums-Rebound-Effekt

$$\text{WRE} = \frac{\frac{\Delta Y;E}{Y;E} - \Delta Y}{\Delta E} \cdot 100\%$$



- ! Elastizitäten () sind abhängig von Änderungen in Investitionen, F&E Ausgaben, Auslandsumsatz, Lohnquote und Erneuerbaren Energieträgern

Ergebnisse¹

Abhängige Variablen:

	$\log(\text{Energie})$	$\log(\text{Produktionswert})$
Produktionswert	0.102 (0.098; 0.106)	
Relative Effizienz	1.204 (-1.216; -1.192)	0.164 (0.144; 0.184)
% R&D	0.058 (0.023; 0.093)	1.377 (-1.436; -1.318)
% Auslandsumsatz	0.042 (0.036; 0.048)	0.049 (-0.059; -0.039)
% Investitionen	0.007 (-0.013; -0.001)	0.028 (-0.038; -0.018)
% Erneuerbare	0.926 (0.887; 0.965)	
% Lohn	0.202 (0.192; 0.212)	1.398 (1.414; 1.382)
Eff* R&D	1.418 (2.024; 0.812)	
Eff* Auslandsumsatz	0.561 (0.500; 0.621)	
Eff* Investitionen	0.599 (0.501; 0.697)	
Eff* Erneuerbare	0.139 (0.972; 0.694)	
Eff* Lohn	0.733 (0.598; 0.868)	-0.368 (-0.593; -0.143)
Beobachtungen	135,948	135,948
Akaike Inf. Krit.	207,534.500	57,441.580

Anmerkung: 95% Konfidenzintervalle in Klammern

¹Vorläufige Ergebnisse

Trade-off zwischen Unternehmensgewinnen und
Energieersparnissen

Ausmaß des Wachstums-Rebound-Effekt abhängig von
Unternehmensentwicklung:

- F&E Ausgaben
- Lohnanteil
- Erneuerbare Energien
- + Auslandsumsätze
- + Investitionen

Schlussfolgerungen für Effizienzpolitik

Energieeinsparungen $>$ Wachstums-Rebound-Effekt (WRE)

! Förderung von Effizienzverbesserungen gerechtfertigt.

1 Wo fördern?

- | Freiwillige Effizienzsteigerung von Unternehmen unwahrscheinlicher wenn WRE geringer
- | Gleichzeitig Effektivität der Förderungen hoch

2 Potenzielle Multiplikatoreffekte durch...

- | Forschungs- und Entwicklungsprogramme (F&E) in der Industrie
- | Lohnerhöhungen
- | Investitionsanreize für Erneuerbare Energien

3 Kein Selbstläufer! Komplementäre Regulierungs-Politiken notwendig.

Danke für die Aufmerksamkeit!



i|ö|w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

GLIS



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA

Sozial-ökologische Forschung

Literatur I

Dynamische Effizienzanalyse

Table: Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von 2003 bis 2014

Wirtschaftszweig	Effizienz	MI	FC	EC
Nahrungsmittel und Getränke	0.008	1.064	1.044	1.008
Textilien und Bekleidung	0.002	1.021	1.025	1.002
Leder und verwandte Erzeugnisse	0.004	1.025	1.018	1.004
Papier, Pappe und Waren daraus	-0.003	1.022	1.021	0.997
Datenträger	0.000	1.047	1.034	1.000
Koks und Mineralölerzeugnisse	0.004	1.029	1.022	1.004
Chemikalien und chemischen Erzeugnisse	0.002	1.121	1.086	1.002
Pharmazeutische Erzeugnisse	0.001	1.102	1.097	1.001
Gummi- und Kunststoffwaren	-0.002	1.007	1.007	0.998
Metall	0.004	1.027	1.023	1.004
Metallerzeugnisse	0.000	1.019	1.016	1.000
Datenverarbeitungsgeräte und Elektronik	0.015	1.040	1.024	1.015
Elektrische Ausrüstungen	0.015	1.015	1.013	1.011
Maschinen- und Gerätebau	0.004	1.047	1.038	1.003
Kraftwagen und Anhänger	0.004	1.039	1.025	1.004
Sonstigen Fahrzeuge	0.000	1.029	1.022	1.001
Möbel	0.012	1.039	1.023	1.012
Sonstige Fertigung	0.005	1.083	1.054	1.005
Reparatur und Installation von Maschinen	0.005	1.060	1.038	1.005

Stufe 2: Schätzung des Rebound-Effekts

Hypothesen zu Rebound-Treibern

Investitionen: Firmen mit höheren Investitionen in der Vergangenheit weisen höhere Rebounds auf

Innovation: Firmen, die innovativer sind weisen höhere Rebounds auf

Internationalität: Firmen, die für einen internationalen Markt produzieren weisen höhere Rebounds auf

Lohnquote: Unternehmen mit einem höheren Lohnanteil am Produktionswert weisen geringere Rebounds auf

Erneuerbare: Unternehmen, die bewusst umweltverträglich handeln weisen geringere Rebounds auf

Dynamic change of performance and technology

Decomposition to evaluate whether technological change is driven by a frontier shift or by firms moving closer to the frontier

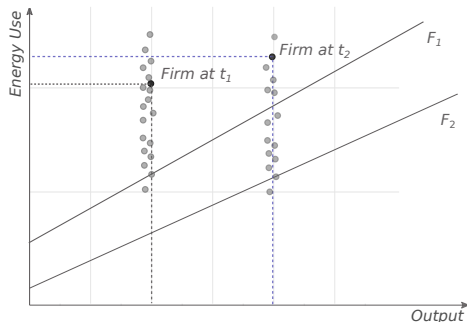


Figure: Illustration of the Malmquist Index

TC = technological change

$$= \left[\frac{D_0^t(x_0^{t+1}; y_0^{t+1})}{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}; y_0^{t+1})} \frac{D_0^t(x_0^t; y_0^t)}{D_0^{t+1}(x_0^t; y_0^t)} \right]^{1=2}$$

EC = efficiency change

$$= \frac{D_0^{t+1}(x_0^{t+1}; y_0^{t+1})}{D_0^t(x_0^t; y_0^t)}$$

$$M_t^{t+1} = TC_t^{t+1} EC_t^{t+1}$$

¹ $D_0^t(x_0^t; y_0^t)$ and $D_0^{t+1}(x_0^t; y_0^t)$ are the distance functions of the inputs and outputs between periods t and $t + 1$, respectively.

Random Intercept Model

$$\ln e_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln y_{ij} + \alpha_2 + \sum_{k=1}^K \alpha_k x_{ik} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ik} + \eta_{ij} + \nu_j + v_{ij}$$



Random Intercept Model

$$\ln e_{ij} = \alpha_0;E + \alpha_1;E \ln y_{ij} + \alpha_2;E \ln ij + \sum_{k=1}^K \alpha_k X_{ik} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ik} \quad ij + j + v_{ij}$$

$$\ln y_{ij} = \alpha_0;Y + \alpha_1;Y \ln ij + \sum_{k=1}^K \alpha_k X_{ik} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ik} \quad ij + j + w_{ij}$$

