

Steigerung der Energieeffizienz: Problem oder Lösung?

Reinhard Madlener und Blake Alcott

Eine Steigerung der Energieeffizienz wird gemeinhin als geeignetes Mittel gesehen, um den absoluten Energieverbrauch einzudämmen und damit die globale Erwärmung der Erdatmosphäre und die Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern. Eine genauere Betrachtung zeigt jedoch, dass eine verbesserte Energieeffizienz allein nicht unbedingt zu einer effektiven Erreichung energie- oder umweltpolitischer Zielsetzungen führt, sondern unter gewissen Umständen sogar kontraproduktiv sein kann. Dies stellt die Sinnhaftigkeit konventioneller Energieeffizienz-Politiken in Frage, die primär auf einen spezifischen Energieverbrauch abzielen und die ökonomischen Wirkungsmechanismen zu wenig mitberücksichtigen.

Die Internationale Energieagentur geht im Referenzszenario ihres World Energy Outlook 2006 davon aus, dass der globale Verbrauch an Primärenergien bis 2030 um 53 % ansteigen und die CO₂-Emissionen sich mehr als verdoppeln werden. Die IEA warnt gleichzeitig vor irreversiblen Umweltschäden und vertritt die Ansicht, dass nur durch weitreichende Verbesserungen der Effizienz von Energieproduktion und Endnutzung gravierende Umweltschäden verhindert werden könnten [1].

Zur Verminderung des Energieverbrauchs, insbesondere der fossilen Energieträger, wird die Steigerung der Energieeffizienz meist an oberster Stelle genannt, also eine Verminderung des spezifischen Energieeinsatzes für eine bestimmte Energiedienstleistung gefordert (z. B. Stromverbrauch von Elektrogeräten, Treibstoffverbrauch von Fahrzeugen). Dies kann etwa durch den Einsatz verbesserter oder neuer Technologien sowie durch Systemoptimierungen erfolgen. Während die technisch und auch betriebswirtschaftlich rentablen Potenziale für solche Effizienzsteigerungen vielfach beträchtlich sind (selbst wenn die Kosten der Informationsbeschaffung und Implementierung der neuen Techniken bzw. Organisationsformen mitberücksichtigt werden), werden in der Diskussion häufig die ökonomischen Auswirkungen nicht angemessen berücksichtigt. Dabei können sie einen beträchtlichen Teil der theoretisch durch gesteigerte Energieeffizienz erzielbaren Energieeinsparungen wieder aufzehren.

Was auf den ersten Blick paradox klingen mag, lässt sich ökonomisch leicht erklären. Dadurch, dass eine Energiedienstleistung billiger wird, reduzieren sich die Ausgaben für die Dienstleistung (Einkommenseffekt), sodass freigewordene Mittel für Mehrkonsum zur Verfügung stehen. Diese können in der Folge für mehr oder weniger energieintensive Tätigkeiten ausgegeben werden. Denkbar ist, dass das Niveau der Energiedienstleistung quantitativ oder qualitativ

gesteigert wird (man fährt beispielsweise um gleiche Geld einfach mehr Kilometer mit dem Auto oder kauft sich ein größeres Fahrzeug) oder aber eine neue Dienstleistung nachgefragt wird (man kann sich aufgrund der Treibstoffeinsparungen beim Auto nunmehr eine zusätzliche Flugreise leisten). Wird die effizienter gewordene Energiedienstleistung selbst stärker nachgefragt, handelt es sich um sog. direkte Effekte. Werden hingegen andere Güter und Dienstleistungen stärker nachgefragt, so sind dies indirekte Effekte. Zusätzlich resultieren aus der Verschiebung der relativen Preise auch Preiseffekte, die zur Substitution von Inputfaktoren führen: Energie wird durch den effizienteren Einsatz relativ zu anderen Produktionsfaktoren billiger und dadurch stärker nachgefragt. Letztendlich resultieren aus den Veränderungen von Angebot und Nachfrage auch makroökonomische Effekte mit Rückwirkungen auf den Energieverbrauch. [2].

Rebound und Backfire

Der Anteil der (aus Ingenieurssicht erzielbaren) Energieeinsparungen, der nicht für die tatsächliche Reduktion des Energieverbrauches zur Verfügung steht, wird in der Literatur als „Rebound“ bezeichnet [3]. Ist dieser Rebound-Effekt größer als 100 %, so spricht man auch von „Backfire“. Saunders [4] hat nachgewiesen, dass mit Produktionsfunktionen, wie sie in der ökonomischen Analyse standardmäßig eingesetzt werden (Cobb-Douglas, CES), Backfire grundsätzlich möglich ist. Dies würde bedeuten, dass durch eine Steigerung der Energieeffizienz – absolut betrachtet – letztlich mehr Energie verbraucht wird als ohne die Effizienzsteigerung – wodurch eine Energieeffizienz-Politik zur Senkung des absoluten Energieverbrauches ad absurdum geführt würde.

In einer formalen Analyse mit Hilfe einer Leontief-Produktionsfunktion und expliziter Berücksichtigung von Energiedienstleistungen (und nicht nur Energie per se) stellt

Howarth [5] die Wahrscheinlichkeit von Backfire allerdings in Frage. Er kommt zu dem Schluss, dass ein solches nur dann auftreten dürfte, wenn einerseits die Energiekosten einen Großteil der Kosten der betroffenen Energiedienstleistung ausmachen und andererseits die Ausgaben für die Bereitstellung der Energiedienstleistung einen wesentlichen Teil der Gesamtausgaben für alle wirtschaftlichen Aktivitäten darstellen. Allgemein ergibt sich daraus, dass letztlich die „Effizienzelastizität“ der Nachfrage nach Energie (also: um wie viel Prozent ändert sich die Nachfrage bei einer bestimmten prozentualen Veränderung der Energieeffizienz?) für das Ausmaß des Rebound-Effektes verantwortlich ist. Sie setzt sich aus der Effizienzelastizität der Energiepreise und der Preiselastizität der Nachfrage zusammen. Das bedeutet, dass in Märkten, in denen die Bedürfnisse bereits weitgehend gedeckt sind, der Rebound-Effekt entsprechend geringer ausfallen dürfte als in ungesättigten.

Jevons' Paradoxon

Der Ökonom William Stanley Jevons ist der Rebound-Problematik bereits zur Zeit der Industriellen Revolution nachgegangen. Anlass war die Sorge darüber, dass schwindende Kohlereserven die wirtschaftliche Entwicklung des britischen Empires gefährden könnten. In seinem 1865 erschienenen Buch „The Coal Question“ [6] zeigte Jevons sowohl theoretisch als auch empirisch, dass bedeutende Effizienzsteigerungen – beispielsweise bei der Dampfmaschine und in der Stahlproduktion – jeweils mit einem Energieverbrauchswachstum verbunden waren. Er stellte damit die allgemein vertretene These in Frage, dass durch Energieeffizienzsteigerungen tatsächlich Kohleinsparungen möglich waren [7].

Khazzoom-Brookes Postulat

Ende der 1970er-Jahre wurde das Thema Rebound erneut aufgegriffen. Nachdem

Brookes und Khazzoom [8] darauf verwiesen hatten, dass Preis- und Einkommenseffekte bei der Berechnung und Diskussion der techno-ökonomischen Potenziale von Energieeffizienzsteigerungen auf keinen Fall vernachlässigt werden dürfen, entflammte ein lebhafter Disput über die theoretische und praktische Bedeutung des Rebound-Effektes. Die historische Entwicklung zeigt, dass Energieeffizienz-Steigerungen auf der mikro-ökonomischen Ebene in vielen Fällen mit einem Anstieg des Energieverbrauchs verbunden sind. Dieser Zusammenhang wird in der Literatur auch als „Khazzoom-Brookes-Postulat“ bezeichnet und ist ohne allzu restriktive Annahmen konsistent mit der neoklassischen Wachstumstheorie. In den 1990er-Jahren erhielt die Rebound-Debatte dann im Kontext der Bedeutung von Energieeffizienz-Maßnahmen zur Eindämmung der globalen Klimaerwärmung neuen Auftrieb [9].

Mikroökonomische und makroökonomische Perspektive

Auf der mikroökonomischen Ebene gibt es inzwischen zahlreiche empirische Studien, welche die Bedeutung des direkten Rebound-Effektes nachweisen. Im Kern geht es um die Frage, um welchen Faktor sich die Nachfrage nach einem bestimmten Produkt bzw. einer (Energie-)Dienstleistung verändert, die durch die Energieeffizienzsteigerung kostengünstiger produziert werden kann. Zahlreiche empirische Studien haben direkte Rebound-Effekte zwischen 0 und 30 %, in einigen Fällen auch bis 50 % und darüber nachgewiesen [10].

Bezüglich der indirekten Effekte (in dem Sinne, dass Kosteneinsparungen bei einem Produkt bzw. einer Dienstleistung zu allgemeinem Mehrkonsum führen) und der gesamtwirtschaftlichen (d. h. aggregierten bzw. nationalen) Effekte gibt es hingegen kaum belastbare empirische Schätzungen oder Modellrechnungen. Das liegt daran, dass es äußerst schwierig ist, kausale Zusammenhänge zwischen mikroökonomischen Effizienzsteigerungen bzw. Energieeinsparungen und makroökonomischen Veränderungen des Energieverbrauches herzustellen. Hier ist auch die moderne Wachstumsökonomik gefordert, Erklärungsansätze zu liefern.

Ein weiterer zentraler Aspekt in der Rebound-Diskussion ist, dass es infolge von Effizienzsteigerungen für jene Energieverbraucher erst möglich wird, gewisse Energiedienstleistungen in Anspruch zu nehmen, die sie sich vorher gar nicht leisten konnten.

Dies betrifft sowohl Industrieländer (Stichwort „Energiearmut“) als auch Schwellen- und Entwicklungsländer. Dadurch vergrößert sich in der Regel der Kreis der Nachfrager nach gewissen Energiedienstleistungen, was den Energieverbrauch zusätzlich ankurbelt.

Fazit

Eine Steigerung der Energieeffizienz führt nicht notwendigerweise zu einer Verminderung des Gesamt-Energieverbrauches und ist damit nur bedingt als Instrument der Energie- und Umweltpolitik geeignet. Ergänzende Maßnahmen sind daher nötig, wie beispielsweise der Einsatz marktbasierter Instrumente (Energiesteuern, handelbare Zertifikate in Kombination mit Emissionslimits). Paradoxiere ist es gerade der durch den technischen Fortschritt erzielte ökonomische Vorteil, der die Rate des Ressourcenverbrauches erhöht und damit die Nachhaltigkeit des Energieverbrauchsverhaltens gefährdet.

Insgesamt betrachtet macht der Rebound-Effekt die energie- und umweltpolitischen Herausforderungen noch viel größer, als es ohnedies schon der Fall ist. Nötig wäre politisches Handeln unter expliziter Berücksichtigung des Rebound-Effektes. Voraussetzung dazu ist jedoch ein tiefgreifenderes Verständnis der ökonomischen Wirkungszusammenhänge, als es bisher üblich ist. Auch wenn der Rebound-Effekt beispielsweise nur die Hälfte der theoretisch erwartbaren Energieeinsparungen zunichte macht, sollte dies in der Einschätzung der Wirksamkeit von Energieeffizienzprogrammen berücksichtigt werden (wie es beispielsweise im Rahmen von „Energie Schweiz“ erfolgt).

Im Auftrag des UK Energy Research Centre (UKERC) wurden kürzlich vertretbare Rebound-Koeffizienten ermittelt, welche in Zukunft in allen Energieeffizienzpolitiken explizit berücksichtigt werden sollen [11]. Insgesamt besteht zweifellos noch theoretischer und empirischer Forschungsbedarf, besonders in Bezug auf die kausalen Zusammenhänge zwischen Energieeffizienz-Steigerungen auf der Mikroebene und Veränderungen des Energieverbrauches auf der Makroebene.

Literatur

[1] IEA: *World Energy Outlook 2006*, IEA/OECD, Paris 2006.
 [2] Vgl. Binswanger, M.: *Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect?* In: *Ecological Economics* 36 (1) 2001, S. 119-132.
 [3] Madlener, R. und Alcott, B.: *Energy Rebound and Economic Growth: A Review of the Main Issues an Research Needs. Proceedings of the 5th Biennial workshop „Advances*

in Energy Studies – Perspectives into Energy Future“, 12.-16.9.2006; Porto Venere, Italy 2007 (in press).
 [4] Saunders, H. D.: *A view from the macro side: Rebound, backfire and Khazzoom-Brookes*. In: *Energy Policy* 28 (6/7) 2000, S. 439-449.
 [5] Howarth, R. B.: *Energy efficiency and economic growth*. In: *Contemporary Economic Policy* XV (4) 1997, S. 1-9.
 [6] Jevons, W. S.: *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines*. 3. Aufl. 1905, New York 1965.
 [7] Alcott, B.: *Jevons' Paradox*. In: *Ecological Economics* 54 (1) 2005, S. 9-21.
 [8] Brookes, L.: *Energy policy, the energy price fallacy and the role of nuclear energy in the UK*. In: *Energy Policy* 6 (1) 1978, S. 94-106 und Khazzoom, J. D.: *Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances*. In: *The Energy Journal* 1 (4) 1980, S. 21-40.
 [9] Vgl. Brookes, L.: *The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution*. In: *Energy Policy* 18 (2) 1990, S. 199-201 und Grubb, M.: *Energy efficiency and economic fallacies*. In: *Energy Policy* 18 (8) 1990, S. 783-785. Zu diesem Zeitpunkt erhielt das Thema auch erstmals breitere Aufmerksamkeit und wurde öffentlich diskutiert (z. B. in den *New York Times*).
 [10] Vgl. Greening, L. A.; Greene, D. L.; Difiglio, C.: *Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey*. *Energy Policy* 28 (6/7) 2000, S. 389-401 sowie Frondel, M.; Peters, J.; Vance, C.: *Identifying the rebound: Theoretical Issues and Empirical Evidence from a german Household panel*. RWI Discussion paper No. 57, Essen, Feb. 2007.
 [11] Vgl. Dimitropoulos, J.; Sorell, S.: *the Rebound Effect: Microeconomic Definitions, Extensions AND Limitations*. Working Paper, Potsdam 2006.

Prof. Dr. R. Madlener, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen, Blake Alcott, MPhil
 rmadlener@eonerc.rwth-aachen.de

