

Hübler, Michael

Article

Klimapolitik, Technologieoptionen und ökonomische Wachstumsmuster

ZEW Wachstums- und Konjunkturanalysen

Provided in Cooperation with:

ZEW - Leibniz Centre for European Economic Research

Suggested Citation: Hübler, Michael (2013) : Klimapolitik, Technologieoptionen und ökonomische Wachstumsmuster, ZEW Wachstums- und Konjunkturanalysen, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim, Vol. 16, Iss. 1, pp. 10-11

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/126061>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Klimapolitik, Technologieoptionen und ökonomische Wachstumsmuster

Klimapolitik wirkt sich auf das Wirtschaftswachstum aus. Laut Modellrechnungen jedoch nur in geringem Maße. Dabei spielt die frühzeitige Verfügbarkeit von Technologien eine wichtige Rolle. Die Auswirkungen klimapolitischer Maßnahmen unterscheiden sich zwischen Industrie- und Schwellenländern und zwischen europäischen Wirtschaftssektoren.

Langfristige stilisierte Modellrechnungen (Hübler et al., 2012) mit einem Zeithorizont bis zum Jahr 2100 zeigen, dass bereits im Referenzszenario ohne Klimapolitik das Potenzial von Forschungs- und Entwicklungsausgaben nicht nur im Bereich Arbeitsproduktivität, sondern auch im Bereich Energieproduktivität ausgeschöpft wird. Hierbei liegt ein Ökonomie-Energiesystem-Wachstumsmodell zugrunde, in dem der Einsatz von Produktionsmitteln, Forschungs- und Entwicklungsausgaben (im Folgenden Innovation) und Ausgaben für die internationale Verbreitung, Nachahmung und Einführung von Technologien (im Folgenden Imitation) optimiert wird, sodass alle durch Handel verbundenen Ökonomien – über den gesamten Modellzeitraum betrachtet – den größtmöglichen Konsum erzielen. Das Potenzial von Innovation und Imitation zur spezifischen Steigerung der Arbeits- oder Energieproduktivität wird in diesem stilisierten Modell unmittelbar genutzt. Daher sind die Ausgaben für Innovation und Imitation relativ zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) anfänglich hoch, nehmen dann ab und stabilisieren sich langfristig. Dies entspricht der Modelllogik: Die technologischen Potenziale sollten möglichst frühzeitig zugänglich gemacht werden, sodass sie fortan zu kontinuierlich höherer Produktion und somit höherem Konsum beitragen. Die Ausgaben für Innovation und Imitation werden dadurch limitiert, dass sich bei steigenden Ausgaben das Kosten-Nutzenverhältnis verschlechtert. Über die Zeit wird auf das bereits bestehende technologische Wissen aufgebaut, was Innovation erleichtert. Gleichzeitig müssen die Ausgaben für Innovation und Imitation gemessen in absoluten Zahlen gemeinsam mit dem steigenden Technologieniveau und BIP zunehmen, um den Wachstumsprozess aufrechtzuerhalten. Das Potenzial von Imitation ist vereinfacht betrachtet umso größer, je weiter eine

Ökonomie im Vergleich zu anderen Ökonomien in technologischer Hinsicht zurückliegt. Daher sind die Industrieländer tendenziell führend in der Innovation, die Entwicklungs- und Schwellenländer, insbesondere China, dagegen tendenziell in der Imitation. In der Realität wird das Potenzial von Produktivitäts- und Wachstumssteigerungen jedoch oft nicht voll und nicht rechtzeitig genutzt, was zu Wachstums- und Wohlfahrtseinbußen führt. Klima- und Energiepolitik sowie insbesondere Technologiepolitik können ein Ansporn sein, dieses Potenzial zu nutzen.

Einfluss von Klimapolitik auf Wachstumsmuster

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick der Auswirkungen von Klimapolitik auf (1) weltweite gesamtwirtschaftlichen Wachstumsmuster, (2) die Komponenten des gesamtwirtschaftlichen Konsums und (3) die Wirtschaftssektoren der Europäischen Union 27 (EU).

(1) In der langfristigen Modellrechnung wird angenommen, dass weltweit bis 2100 ein Karbonbudget von 400 Gigatonnen (Gt) emittiert werden kann, sodass weltweit ein Temperaturanstieg von mehr als 2°C über das vorindustrielle Niveau hinaus wahrscheinlich vermieden wird. Dabei erfolgt die Zuteilung von CO₂-Emissionsrechten an die Weltregionen so, dass sich die Pro-Kopf-Emissionen bis 2050 weltweit angleichen. Dadurch wird der CO₂-Ausstoß weltweit bepreist. Es wird angenommen, dass energiespezifischer technischer Fortschritt den Energieverbrauch pro produzierter Einheit verringert. Dies resultiert in einer deutlichen Erhöhung der jährlichen Wachstumsrate der Energieproduktivität von etwa einem Prozentpunkt und in einer geringfügigen Verringerung der heutigen Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität und des BIP von etwa 0,05 bis 0,1 Prozentpunkten. Den

Modellrechnungen zufolge wirkt sich Klimapolitik regional unterschiedlich auf die allgemeine Investitionsintensität aus (Zunahme in China und den Entwicklungsländern, Abnahme in Europa und den USA). Da im Modell die Möglichkeiten zur Produktivitätssteigerung bereits im Referenzszenario weitgehend ausgeschöpft werden und das Modell durch die angenommenen Funktionen und Parameterwerte eine gewisse Rigidität bezüglich Veränderungen gegenüber der heutigen Ausgangssituation aufweist, fallen diese politikinduzierten Veränderungen in Innovation und Imitation gering aus. Dennoch ermöglichen die Energieproduktivitätsverbesserungen in Kombination mit einer drastischen technologiebedingten Emissionsvermeidung im Energiesystem das Erreichen eines ambitionierten Klimaziels bei geringen Wachstumseinbußen.

(2) Dies liegt darin begründet, dass Klimapolitik nicht nur zu höheren Kosten führt, sondern auch zu geringeren Ausgaben für den Import und die Nutzung fossiler Energien (Hübler und Steckel, 2012). Europa etwa spart aufgrund der Klimapolitik insbesondere Ausgaben für fossile Treibstoffe und Ölimporte ein. Zudem spart Europa durch das geringere Wirtschaftswachstum allgemeine Investitionsausgaben sowie arbeitsspezifische Innovationsausgaben ein. Demgegenüber geht die europäische Gesamtproduktion zurück. Es wird mehr in das Energiesystem, insbesondere in erneuerbare Energien zur Elektrizitätsgewinnung, investiert, und es entstehen Ausgaben für den Zukauf von CO₂-Zertifikaten auf dem Weltmarkt.

(3) Eine detaillierte Analyse der Auswirkungen von Klimapolitik bis 2050 auf Produktionssektoren der EU zeigt ein differenziertes Bild (Hübler und Löschel, 2013). Die Abbildung veranschaulicht die Auswirkungen von Klimapolitik (Emissionsreduktion von ungefähr 60 v.H. in 2040 vis-à-vis 1990 gemäß der EU Roadmap 2050) gegenüber einem Referenzszenario auf unterschiedliche EU-Sektoren. Sie zeigt die Veränderung von Emissionen, Produktionswert, Investitionen und Wettbewerbsfähigkeit bezüglich Exporten für das Jahr 2040 in v.H. So können die nicht energieintensiven Modell-

sektoren Dienstleistungen (SER), Agrarwirtschaft, Lebensmittel und Holz (FAW), Maschinenbau und andere industrielle Fertigung (MCH) sowie Bergbau und Konstruktion (MIN) starke relative Emissionsverringerungen erzielen und dennoch tendenziell von der Klimapolitik hinsichtlich Produktion, Investitionen und Wettbewerbsfähigkeit profitieren. In absoluten Zahlen (CO₂-Reduktion in Tonnen) tragen diese Sektoren jedoch relativ wenig zu den gesamten Emissionseinsparungen der EU bei. Drastische Emissionseinsparungen, in relativen und absoluten Zah-

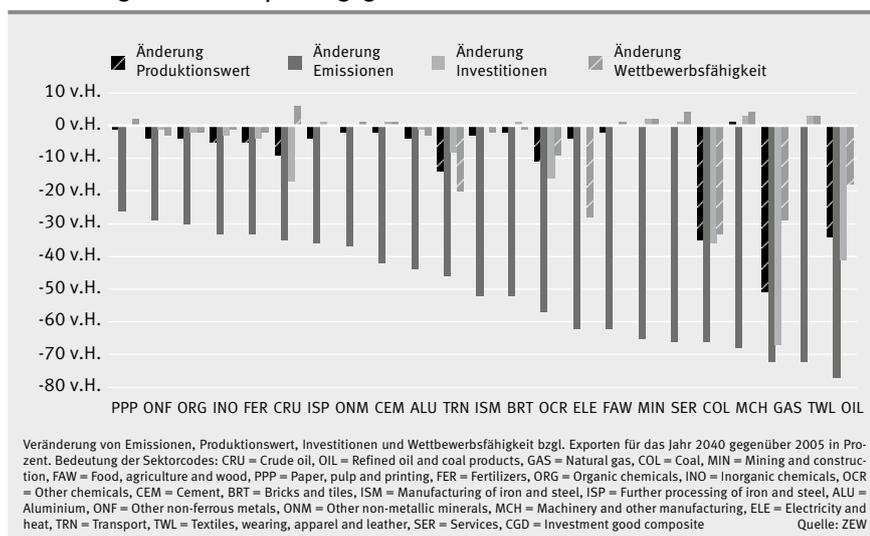
logietransfer die Rede. Der zeitliche Rahmen und die genaue Finanzierung bleiben dabei häufig offen. In der skizzierten Modellwelt kann Technologietransfer dadurch dargestellt werden, dass energie-spezifische Imitation ab einem bestimmten Zeitpunkt vorhanden ist. Auch hier ergibt sich, dass ein Technologietransfer bereits innerhalb des Referenzszenarios ohne Klimapolitik eine wichtige Rolle spielte. Ein Aufschieben des energiespezifischen Technologietransfers bis 2040 würde zu Konsumverlusten von weniger als 0,1 Prozentpunkten in Europa, aber

Maßnahmen zur Emissionsreduktion, insbesondere der Ausbau erneuerbarer Energien, mithin auch Veränderungen der Produktionsprozesse, frühzeitiger und in stärkerem Maße vorangetrieben werden. Die Kosten zur Erreichung eines bestimmten Emissionsziels steigen dadurch an. Energiespezifischer technischer Fortschritt reduziert dagegen die Energie- und Emissionsintensität der Produktion. Wenn der energiespezifische technische Fortschritt den arbeitsspezifischen bzw. allgemeinen übertrifft, kommt es daher zur Reduktion der Klimapolitikkosten (von einigen Zehntelprozentpunkten bei einer Steigerung des energiespezifischen technischen Fortschritts um 50 v.H.).

(3) Einen weitaus größeren Einfluss auf die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Klimapolitik hat die Verfügbarkeit moderner erneuerbarer Energien wie Windkraft, Solarenergie und Biomasse sowie CO₂-Speichertechnologien (CCS = Carbon Capture and Storage). Stehen diese Technologien nicht zur Verfügung, steigen die Kosten für Europa (etwa 1,3 statt 0,3 v.H.) und umso mehr für China (etwa 5,1 statt 1,1 v.H.) in der auf die Europäische Union bezogenen Modellrechnung bis 2100 deutlich an. In der EU-bezogenen Rechnung bis 2050 zeigt sich, dass eine Ausweitung der Kapazitäten der Erneuerbaren über die Ziele der EU-Roadmap 2050 hinaus die Kosten der Klimapolitik in begrenztem Maße verringert (mehr als 60 statt 50 v.H. Erneuerbare in 2050 reduzieren die Kosten um bis zu 0,3 Prozentpunkte). Der Einsatz von CCS-Technologien könnte die Kosten stärker reduzieren (bis zu 0,8 Prozentpunkte) und dabei einen großen Teil der Erneuerbaren ersetzen. Hierbei bleiben Unsicherheiten und Risiken dieser Technologie jedoch im Modell unberücksichtigt. Wenn die Emissionsziele klimapolitisch bereits effizient umgesetzt werden, das heißt, wenn die CO₂-Preise in einem sektor- und länderübergreifenden Markt angeglichen werden, reduziert sich das Potential der Technologieoptionen zur Kostenreduktion.

Dr. Michael Hübler, huebler@zew.de

Auswirkungen von Klimapolitik gegenüber einem Referenzszenario auf EU-Sektoren



len, sind von den Sektoren Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung (ELE), Transport (TRN) sowie andere Chemikalien (OCR) zu erwarten. In diesen Sektoren gehen die Emissionsverminderungen jedoch mit deutlichen Einbußen in Produktion, Investitionen und Wettbewerbsfähigkeit einher, sofern nicht technische und strukturelle Maßnahmen dem entgegensteuern.

Einfluss von Technologieoptionen auf Wachstumsmuster

Im Folgenden wird der Einfluss der technologischen Annahmen (1) Verfügbarkeit energiespezifischer Imitation, (2) Stärke der energie- und arbeitsspezifischen Innovation und Imitation sowie (3) Verfügbarkeit erneuerbarer Energien auf Wachstumsmuster und Kosten der Klimapolitik diskutiert (vgl. Hübler et al., 2012; Hübler und Steckel, 2012, Hübler und Löschel, 2013).

(1) In der aktuellen Klimaschutzdebatte ist oft von internationalem Techno-

etwa 0,4 Prozentpunkten in China führen (ausgehend von ursprünglichen Kosten von etwa 1 v.H.). Die zeitnahe Realisierung von Technologietransfer verringert die zusätzlichen Kosten der Klimapolitik bis zum Jahr 2100 in begrenztem Maße. Demnach ist die zeitnahe Realisierung von (energiespezifischem) internationalem Technologietransfer für Schwellenländer wie China unabhängig von Klimapolitik von erheblicher Bedeutung.

(2) Die Modellrechnungen zeigen, dass die prozentualen Kosten der Klimapolitik insbesondere dann abnehmen, wenn die Stärke der energiespezifischen Innovation und Imitation (im Folgenden technischer Fortschritt) relativ zur Stärke der arbeitsspezifischen Innovation und Imitation steigt. Arbeitsspezifischer beziehungsweise allgemeiner technischer Fortschritt erhöht zwar die Produktion und das verfügbare Einkommen, aus dem auch die Kosten der Klimapolitik getragen werden; er steigert aber gleichzeitig die entstehenden CO₂-Emissionen, sodass

Literatur:

- Hübler, M., Baumstark, L., Leimbach, M., Edenhofer, O. und Bauer, N. (2012): An Integrated Assessment Model with Endogenous Growth, *Ecological Economics* 83, 118-131.
- Hübler, M. und Löschel, A. (2013): The EU Decarbonisation Roadmap 2050: What Way to Walk?, *Energy Policy* 55, 190-207.
- Hübler, M. und Steckel, J. (2012): Economic Growth, Decarbonization, and International Transfers, *Climate and Development* 4, 88-103.