

Kurt Kratena, Ina Meyer, Mark Sommer

# Alternative Szenarien zur Entwicklung des Energieverbrauchs in Österreich

## Der Einfluss der CO<sub>2</sub>- und Energiepreise bis 2030

### Alternative Szenarien zur Entwicklung des Energieverbrauchs in Österreich. Der Einfluss der CO<sub>2</sub>- und Energiepreise bis 2030

Die 20-20-20-Ziele der EU sind ein integrierter Politikansatz mit dem Ziel, den Klimawandel zu bekämpfen und die Versorgungssicherheit in der EU sowie die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen. Für Österreich sehen die entsprechenden nationalen Ziele eine Senkung der Treibhausgasemissionen in den von der Effort-Sharing Decision der EU (und nicht vom Emissionshandelssystem ETS) betroffenen Sektoren um 16% gegenüber 2005 vor, eine Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie am Endenergieverbrauch auf 34% sowie eine Stabilisierung des Endenergieverbrauchs auf dem Niveau von 2005. Der vorliegende Beitrag schätzt in drei Szenarien, die unterschiedliche Wege zur Erreichung dieser Ziele in Österreich abbilden, die Entwicklung des Energieverbrauchs in Österreich bis 2020 und darüber hinaus bis 2030 und liefert so Hinweise auf den Einfluss bestimmter klima- und energiepolitischer Maßnahmen. Die Szenarioschätzungen basieren auf dem dynamischen (makro-)ökonomischen Input-Output-Modell DEIO. Dieses Modell ist verknüpft mit Bottom-up-Modellen zur Schätzung der Verbesserung der Energieeffizienz des Kapitalstockes. Es berücksichtigt preis- und trendabhängige Substitutionsfunktionen zwischen den Energieträgern sowie die tatsächliche Energienachfrage von Unternehmen und privaten Haushalten. Dieser Modellrahmen erlaubt die Schätzung der Auswirkungen von Veränderungen der Preise (Verteuerung der CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate, Anhebung der Mineralölsteuer) und der Energieeffizienz auf den Endenergieverbrauch in Österreich. Demnach reichen die bestehenden klima- und energiepolitischen Maßnahmen nicht aus, um den Endenergieverbrauch wie angestrebt zu stabilisieren.

### Long-term Energy Use in Austria. The Impacts of Carbon and Energy Prices up to 2030

The European 20-20-20 targets represent an integrated European approach to a climate and energy policy that aims to combat climate change, increase the EU's energy security and strengthen its competitiveness. Its corresponding national targets for Austria are a reduction of its greenhouse gases emissions by 16 percent regarding the sectors covered by the Effort-Sharing Decision (not covered by the Emission Trading System, ETS), an increase in the share of renewable energy sources in gross final energy consumption to 34 percent, as well as a stabilisation of final energy demand to its 2005 level. To meet these goals, different energy use scenarios for the Austrian economy up to 2020 and further to 2030 were developed serving as tool of information to the impacts of different climate and energy policy measures. Scenario projections are based on the dynamic (macro) econometric Input-Output (DEIO) model. DEIO is interlinked with bottom-up models which estimate energy efficiency improvements of the capital stock. It incorporates price and trend-depending inter-fuel substitution functions as well as physical energy demands of industries and households. The framework allows simulating the effects of price changes (CO<sub>2</sub>-certificate prices, mineral oil tax) and energy efficiency developments on the Austrian final energy demand. We find that existing measures do not lead to a stabilisation of the final energy demand.

#### Kontakt:

**Dr. Kurt Kratena:** WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, [Kurt.Kratena@wifo.ac.at](mailto:Kurt.Kratena@wifo.ac.at)

**Dr. Ina Meyer:** WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, [Ina.Meyer@wifo.ac.at](mailto:Ina.Meyer@wifo.ac.at)

**Mag. Mark Sommer, Bakk:** WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, [Mark.Sommer@wifo.ac.at](mailto:Mark.Sommer@wifo.ac.at)

**JEL-Codes:** Q43, Q47, Q54 • **Keywords:** Energieszenarien, Klimapolitik, CO<sub>2</sub>-Steuern, Energieeffizienz

Der vorliegende Beitrag basiert auf folgenden WIFO-Studien von Kurt Kratena, Ina Meyer und Mark Sommer: Energy Scenarios 2030. Model Projections of Energy Demand as a Basis to Quantify Austria's Greenhouse Gas Emissions (März 2013, 57 Seiten, 40 €, kostenloser Download: <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/46702>); Long-term Climate Mitigation and Energy Use in Austria – The WAM+ Scenario (September 2013, 11 Seiten, 20 €, kostenloser Download: <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/46981>).

**Begutachtung:** Angela Köppl • **Wissenschaftliche Assistenz:** Katharina Köberl ([Katharina.Koerberl@wifo.ac.at](mailto:Katharina.Koerberl@wifo.ac.at))

## 1. Einleitung

Die im vorliegenden Beitrag vorgestellten Energieverbrauchsszenarien für Österreich bis 2030 dienen zum einen als Datenbasis für die Schätzung möglicher künftiger Treibhausgasemissionen (*Umweltbundesamt*, 2013), zum anderen erfüllen sie die Berichtspflicht im Rahmen des Monitoring Mechanism 2013 der United Nations Frame-

work Convention on Climate Change (UNFCCC) sowie des österreichischen Klimaschutzgesetzes. Die Energieszenarien beziehen sich auf die 20-20-20-Ziele der EU:

1. Verringerung der Treibhausgasemissionen um 20% gegenüber dem Niveau von 1990,
2. Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie auf 20% des Endverbrauchs,
3. Steigerung der Energieeffizienz um 20% gegenüber der Referenzentwicklung.

Diese Ziele ergeben sich aus dem integrierten europäischen Ansatz einer Klima- und Energiepolitik zur Bekämpfung des Klimawandels, zur Steigerung der Versorgungssicherheit und der Wettbewerbsfähigkeit der EU. Sie sind auch zentrale Ziele der Strategie Europa 2020 für ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum (*Europäische Kommission, 2010, Janger et al., 2013*).

Im Rahmen des Klima- und Energiepaketes der EU (Ziele 1 und 2) sieht die Effort Sharing Decision für die Periode 2013/2020 bindende Ziele für die jährlichen Treibhausgasemissionen der Mitgliedsländer in jenen Sektoren vor, die nicht vom EU-Emissionshandelssystem (EU ETS) erfasst sind wie Transport (ausgenommen Luftfahrt), Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. In diesen Sektoren sollen die Emissionen gegenüber dem Niveau von 2005 insgesamt um 10% gesenkt werden. Die Emissionsziele der Effort Sharing Decision wurden für die Mitgliedsländer jeweils entsprechend dem BIP pro Kopf festgesetzt. Österreich soll demnach die Treibhausgasemissionen gegenüber 2005 um 16% verringern. Diese nationalen Ziele ergeben bis 2020 in der EU insgesamt eine Einschränkung der Treibhausgasemissionen der beteiligten Sektoren um rund 10%. Zusammen mit der Verringerung der Emissionen um 21% im Rahmen des Instruments EU ETS soll damit das Gesamtziel des Klima- und Energiepaketes einer Senkung der Emissionen um 20% des Niveaus von 1990 bis 2020 erreicht werden. Auf der Basis aktueller Daten schätzt das Umweltbundesamt (*Anderl et al., 2012*) den Zielwert für die Treibhausgasemissionen der Nicht-ETS-Sektoren in Österreich im Jahr 2020 auf 47,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent.

Der Anteil erneuerbarer Energie am Bruttoendverbrauch soll in Österreich bis 2020 auf 34% gesteigert werden (*Europäische Kommission, 2009*). Jedes Mitgliedland muss in einem Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energie (National Renewable Energy Action Plan, NREAP) darlegen, wie dieses Ziel erreicht werden soll (*Karner et al., 2010*). Da erneuerbare Energie in Österreich 2011 bereits 30,7% des Endenergieverbrauchs ausmachte (*Statistik Austria, 2013*), erscheint dieser Zielwert wenig ambitioniert.

Im Jänner 2014 legte die Europäische Kommission einen neuen Politikrahmen Klima und Energie mit verpflichtenden Zielen für 2030 vor, wonach die Treibhausgasemissionen der Mitgliedsländer durch heimische Maßnahmen gegenüber 1990 um 40% gesenkt und der Anteil erneuerbarer Energie in der EU insgesamt auf mindestens 27% gesteigert werden sollen (*Europäische Kommission, 2014*). Der Politikrahmen basiert auf den Zielen des Klima- und Energiepaketes für 2020 und der Roadmap für den Übergang auf eine CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft bis 2050 (*Kettner et al., 2012*). Die Zielwerte spiegeln das Ziel der EU wider, im Rahmen der den Industrieländern auferlegten Maßnahmen die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80% bis 90% unter das Niveau von 1990 zu senken<sup>1)</sup>.

Ziel der Energieeffizienz-Richtlinie (2012/27/EG; Ziel 3) ist eine Drosselung des Energieverbrauchs um 20% bis zum Jahr 2020. Der Gesamtverbrauch wäre damit in der EU im Jahr 2020 um 368 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent niedriger als im Basisszenario. Die Steigerung der Energieeffizienz<sup>2)</sup> ist einer der zentralen Aspekte der Europa-2020-Leitinitiative für ein ressourcenschonendes Europa (*Europäische Kommission, 2010*), da sie zu geringen Kosten erlaubt, die Versorgungssicherheit zu erhöhen und zugleich

<sup>1)</sup> [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-14-54\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_en.htm).

<sup>2)</sup> Die Kennzahl "Energieeffizienz" gibt das Verhältnis von erzieltm Nutzen (Energiedienstleistung) zu eingesetzter physischer Energiemenge an und spiegelt somit die Energieproduktivität wider. Von gesamtwirtschaftlicher Relevanz sind die Veränderung der Energieeffizienz in Prozent oder deren Kehrwert, die relative Energieeinsparung, sowie die absolute Energieeinsparung (zur Begriffsbestimmung siehe *Irrek – Thomas, 2008*).

die für den Klimawandel verantwortlichen Treibhausgasemissionen zu senken (Ziel 1). Die angestrebte Verringerung des Energieverbrauchs sollte auch dazu beitragen, das von der Erneuerbare-Energien-Richtlinie gesetzte Ziel einer Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie zu erreichen (Ziel 2; *Europäische Kommission, 2009*). Schließlich sollte eine Ausweitung der Produktion unter geringerem Energieeinsatz die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie verbessern und die führende Stellung energieeffizienter Technologien auf dem Weltmarkt bewahren helfen. Die Mitgliedsländer haben sich verpflichtet, die 2020-Ziele der Steigerung der Energieeffizienz durch Einsparung von Primärenergie und Senkung des Energieverbrauchs bis 2020 zu erreichen. Gemessen am prognostizierten Endenergieverbrauch von 1.367 PJ im Jahr 2020 (Prognose von PRIMES) entspricht der Zielwert für Österreich von 1.100 PJ einer Verringerung um 20%.

## 2. Szenarien

Als Basisszenario berücksichtigt das WEM-Szenario ("with existing measures") vor dem 8. März 2012 gültige Maßnahmen und Politikentscheidungen hinsichtlich Klimaschutz und Energieverbrauch in Österreich (*Kratena – Meyer – Sommer, 2013A, Umweltbundesamt, 2013*).

Das WAM-Energieszenario ("with additional measures") beschreibt den Effekt von zusätzlichen klima- und energiepolitischen Maßnahmen auf die Energienachfrage in Österreich bis 2030. Das Szenario berücksichtigt vor allem die Steigerung der Energieeffizienz entsprechend der Energieeffizienz-Richtlinie (2012/27/EU) und den Entwurf für ein österreichisches Energieeffizienzgesetz, das eine Verringerung des Energieverbrauchs um 8,14 PJ oder eine Steigerung der Energieeffizienz um 1,5% p. a. vorsieht. Weiters sieht das WAM-Szenario eine Anhebung der Mineralölsteuer (einschließlich Umsatzsteuer) um jeweils 0,06 € je Liter Dieselkraftstoff und Benzin in den Jahren 2015 und 2019 vor (Übersicht 1).

Über die im WAM-Szenario berücksichtigten Maßnahmen hinaus modelliert das WAM+-Szenario eine Verschärfung der Klimaschutzpolitik ab 2020 und stellt daher stärker auf die langfristige Klima- und Energiepolitik und Verbrauchsentwicklung ab. Im Einzelnen wurden folgende Klimaschutzmaßnahmen analysiert:

- Verteuerung der CO<sub>2</sub>-Zertifikate in den ETS-Sektoren in der Periode 2020/2030,
- Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer in den Nicht-ETS-Sektoren (mit Ausnahme der Transportwirtschaft), die in der Größenordnung jener des EU ETS entspricht,
- zusätzliche Anhebung der Mineralölsteuer in der Periode 2020/2030.

Das WAM+-Szenario erfasst somit den Einfluss einer signifikanten Verteuerung von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten und fossiler Energie ab 2020 auf den Energieverbrauch und die Energieeffizienz. Übersicht 1 zeigt die Modellannahmen für alle Szenarien. Im WAM+-Szenario steigt der Preis der CO<sub>2</sub>-Zertifikate sprunghaft von 20 € je t CO<sub>2</sub> im Jahr 2020 auf 70 € je t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030<sup>3)</sup>. Die Belastung der Nicht-ETS-Sektoren mit der CO<sub>2</sub>-Steuer (einschließlich der nicht vom ETS erfassten Teile der Industrie, der Energieerzeugung, der privaten Haushalte und des Dienstleistungssektors, aber ohne die Verkehrswirtschaft) folgt diesem Muster mit einem Anstieg auf ebenfalls 70 € je t CO<sub>2</sub> im Jahr 2030. Darüber hinaus wird eine deutliche Anhebung der Mineralölsteuer (einschließlich Umsatzsteuer) auf Dieselkraftstoff und Benzin angenommen, während sich die Preise der Kraftstoffe weitgehend angleichen (Abbildung 1). Nominell steigen die Treibstoffpreise 2015/2030 um 56% (Dieselkraftstoff) bzw. 48% (Benzin), während sie real unverändert bleiben. Die Vergleichsgrößen für die Anhebung der Mineralölsteuer betragen 2020 0,11 € je Liter und 2030 0,17 € je Liter für Dieselkraftstoff und 0,06 € bzw. 0,09 € je Liter für Benzin. Das entspricht einem Preis von rund 41,5 € bzw. 64,2 € je t CO<sub>2</sub> für Dieselkraftstoff und 25,9 € bzw. 38,8 € für Benzin<sup>4)</sup>.

<sup>3)</sup> Unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen des EU ETS erscheint dieser Preis als unrealistisch hoch.

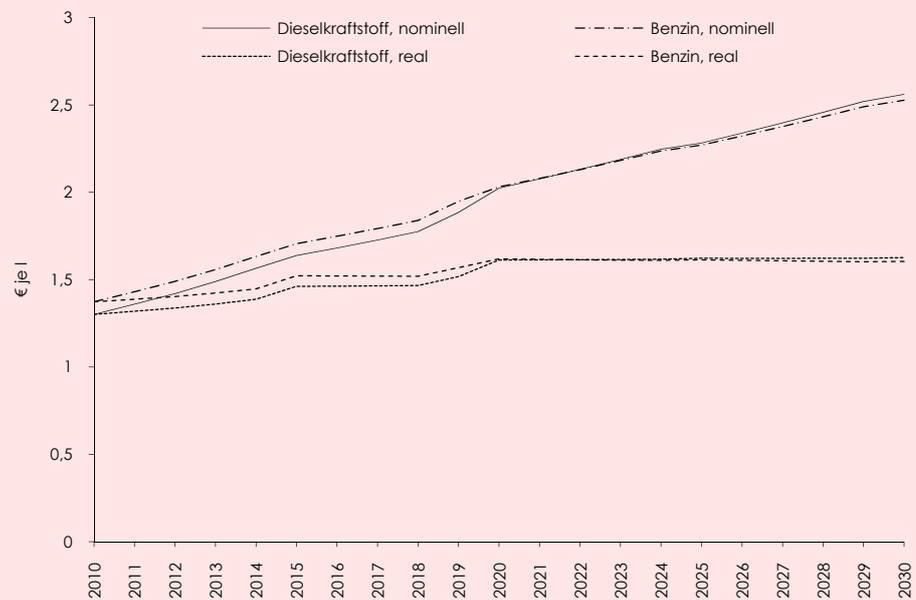
<sup>4)</sup> Die Modellannahmen zur Energie- und CO<sub>2</sub>-Preispolitik wurden gemeinsam mit Stakeholdern aus Regierungsorganisationen und Energieforschungsinstituten festgelegt.

Übersicht 1: Modellannahmen und Szenarien

	WEM-Szenario	WAM-Szenario	WAM+-Szenario
Wirtschaftswachstum Ø 2012/2030 in % p. a.	+1,5%	~+1,5	+1,49
<b>CO<sub>2</sub>- und Energiepreise</b>			
Preise der CO <sub>2</sub> -Zertifikate im ETS			
2020	20 € je t CO <sub>2</sub>	= WEM	2020 20 € je t CO <sub>2</sub>
2030	30 € je t CO <sub>2</sub>	= WEM	70 € je t CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> -Steuern in den Nicht-ETS-Sektoren			
2020			20 € je t CO <sub>2</sub>
2030			70 € je t CO <sub>2</sub>
Mineralölsteuer (Dieselkraftstoff, Benzin; einschließlich Umsatzsteuer), nominell			
Mit 1. Jänner 2015	€ je l	+0,06	
Mit 1. Jänner 2019	€ je l	+0,06	
2020/2030	Veränderung in %		
Dieselmkraftstoff			+27
Benzin			+25
<b>Methodischer Rahmen</b>			
Energieeffizienz-Koeffizienten der ETS-Sektoren	Ökonometrisch geschätzt	Steigend	= WAM
WAM+-spezifische Umsetzungen			Disaggregation von 4 energieintensiven Branchen
<b>Demographische Entwicklung Ø 2012/2030</b>			
Bevölkerungswachstum in % p. a.	+0,3	= WEM	= WEM
Veränderung der Zahl der Haushalte in % p. a.	+0,5	= WEM	= WEM

Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 1: Entwicklung der Treibstoffpreise



Q: WIFO-Berechnungen.

Um die Auswirkungen der angenommenen Verteuerung von CO<sub>2</sub> und Energie auf den Endenergieverbrauch des produzierenden Sektors gezielt abbilden zu können, wurden im Szenario WAM+ energieintensive Branchen wie "Eisen und Stahl, Nichteisenmetalle", "Chemie und Petrochemie", "Nichtmetallminerale", "Papierindustrie und Druck" ab 2012 disaggregiert in energieintensive und nicht energieintensive Subsektoren. Die Preiselastizität der Energienachfrage hängt davon ab, welches Gewicht Energie als Produktionsfaktor hat: Je höher der Anteil an den Produktionsfaktoren ist, desto stärker reagiert die Nachfrage auf Preissteigerungen. Durch die Auf-

gliederung dieser Branchen kann daher die Nachfragerreaktion in den energieintensiven Industriezweigen besser erfasst werden. Ein Anstieg der Preise fossiler Energieträger löst zudem einen Substitutionsprozess zwischen Energieträgern aus und hat daher Rückwirkungen auf die Energieeffizienz der Produktionsprozesse. Insgesamt entfallen auf die vier energieintensiven Produktionszweige mit 200 PJ (2010) rund 60% des gesamten Energieverbrauchs im produzierenden Sektor.

### 3. Methode

Die Energieszenarien wurden nach einem Top-down-Ansatz auf Basis des dynamischen ökonomischen Input-Output-Modells DEIO modelliert und liefern gesamtwirtschaftliche und energiewirtschaftliche Daten, d. h. das BIP und die Endnachfrage der privaten Haushalte und Unternehmen nach Energie. Dieses Top-down-Modell ist verknüpft mit Bottom-up-Modellen zur Schätzung des Energiebedarfs der Sektoren in den Bereichen Transport und Gebäude (Raumheizung, Warmwasser, Kühlung), der Nachfrage nach Strom sowie der Erzeugung von Strom und Fernwärme anhand von Mikrodaten (Müller – Kranzl, 2013, Hausberger – Schwingshackl, 2013, Baumann – Lang, 2013). Die Daten der Bottom-up-Modelle gehen als exogene Variable in das DEIO-Modell ein, während die mit dem Top-down-Modell geschätzten Makrodaten wie z. B. das BIP als Input für die Bottom-up-Modelle dienen. Die einzelnen Energie-Ökonomie-Modelle verwenden einen konsistenten gemeinsamen Bestand an ökonomischen, technologischen, demographischen und Klimadaten, der somit die beiden Modellbereiche verbindet.

Die Schätzung der Energieszenarien bedient sich eines dynamischen (makro-)ökonomischen Input-Output-Modells, wie es von Kratena – Streicher (2009) entwickelt wurde. Es wurde erstmals für Österreich von Kratena – Wüger (2010) vorgestellt und für die Berechnung der WIFO-Energieszenarien 2030 eingesetzt (Kratena – Meyer, 2011). Eine Weiterentwicklung wurde mit dem Modell FIDELIO (Full Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output Model) für die EU vorgelegt (Kratena et al., 2012).

Das hier eingesetzte Top-down-DEIO-Modell ist eine vereinfachte Version des FIDELIO und modelliert den Konsum- und Produktionsblock weniger detailliert. Anders als im Modell FIDELIO liegt hier das Augenmerk auf relevanten Aspekten der Energienachfrage. Deshalb wurden mehrere Ergänzungen eingeführt wie die Abbildung der Energienachfrage der Industrie, preis- und trendabhängige Substitutionsfunktionen zwischen den Energieträgern sowie die Nachfrage der privaten Haushalte nach langlebigen Konsumgütern und nach Energie.

#### 3.1 Produktion

Modellstruktur und Daten basieren auf den Aufkommens- und Verwendungstabellen 1995/2005 für Österreich (59 Branchen und Güter, NACE Rev. 1). Die Produktion wird von der Struktur der Aufkommens- und Verwendungstabellen sowie von Struktur und Größe der Endnachfrage bestimmt. Durch den Einsatz der Aufkommens- und Verwendungstabellen anstelle einer reinen Input-Output-Struktur konnten ein breiterer Datenbestand genutzt und ein iterativer Lösungsalgorithmus anstelle einer Leontief-Inversen implementiert werden.

Die Energienachfrage für Produktionszwecke im Inland wird durch die Gleichungen (1) bis (3) ermittelt:

$$(1) \quad SEQ_{jt} = SEQ_{j,t-1} + \rho_j + \gamma_j \times \ln(PE_{jt}).$$

Der nominelle Anteil von Energiegütern  $SEQ$  an der Produktion der Branche  $j$  hängt ab vom durchschnittlichen Energiepreis  $PE$  der Branche und im Modell FIDELIO (Kratena – Wüger, 2012) geschätzten Parametern für die Preiselastizität, die die Kalibrierung des Parameters  $\gamma$  vorgeben und den technologischen Fortschritt  $\rho$  der jeweiligen Branche.

Im nächsten Schritt wird die nominelle Energienachfrage  $E$  berechnet:

$$(2) \quad E_j = SEQ_j \times Q_j.$$

Ein Set von Koeffizienten  $Z$  verbindet abschließend die reale Nachfrage nach Energiegütern (deflationierte nominelle Werte) mit der physischen Energienachfrage in Energieeinheiten:

$$(3) \quad \text{Energ\_Demand}_j = E_j^{\text{real}} \times Z_j .$$

Die Koeffizienten  $Z$  basieren auf der österreichischen Energiebilanz der Vergangenheit und der Wirtschaftsleistung und verbinden die beiden Messebenen der Energie in Volumseinheiten (deflationiert und physisch).

### 3.2 Endnachfrage

Die Endnachfrage wird getrennt für den privaten Konsum und die anderen Nachfragekategorien modelliert. Letztere gehen als exogene Größen in die Schätzung ein und wurden deshalb anhand der Entwicklung in der Vergangenheit und der WIFO-Konjunkturprognose hochgerechnet.

Der private Konsum wurde mit dem "Buffer Stock Model of Consumption" modelliert, und zwar getrennt für langlebige Konsumgüter und Verbrauchsgüter: Der Konsum von Verbrauchsgütern wurde anhand der vergangenen Entwicklung extrapoliert. Der Konsum von langlebigen Gütern (Elektrogeräte, Heizungsanlagen, Fahrzeuge) wurde mit verschiedenen kalibrierten Funktionen geschätzt, die Zinssätze, Preise, Bevölkerungsentwicklung, Einkommen und Wohlstand berücksichtigen.

Bestimmte Konsumgüter benötigen Energie, um die gewünschte Leistung zu erbringen (z. B. Treibstoff für Pkw). Die Energieeffizienz hat Auswirkungen auf die Kosten dieser Leistungen. Aufgrund dieser Unterscheidung kann ein "Servicepreis" berechnet werden, der die Nachfrage nach dem Konsum dieser Leistung (Servicenachfrage) und damit nach Energie und Gütern bestimmt. Der Servicepreis sinkt, wenn die Energieeffizienz steigt, und begründet so den Rebound-Effekt auf die Energienachfrage.

Für den Bestand unterschiedlicher langlebiger Güter wurde die Servicenachfrage getrennt modelliert (Gleichung (4)) und nicht als Teil des Konsums von nicht dauerhaften Gütern:

$$(4) \quad \log\left(\frac{\text{Service}}{\text{Güterbestand}}\right) = \alpha_0 + \gamma \times \log(P_s) + \theta_1 \text{Param}_1 + \theta_2 \text{Param}_2 .$$

Die Leistung je Gütereinheit (d. h. die Nutzung des Güterbestandes pro Jahr) ergibt sich dabei aus dem Servicepreis  $P_s$  und einem oder zwei Parametern. Der Servicepreis wird nach folgender Formel berechnet:

$$P_s = \frac{PE_C}{\eta} .$$

$PE_C$  ist dabei ein für den jeweiligen Güterbestand aggregierter Energiepreis und  $\eta$  die Energieeffizienz.

Der Endenergieverbrauch entspricht der Summe des Energieverbrauchs der heimischen Produktion und der privaten Haushalte. Anhand der Substitutionsfunktionen zwischen den Energieträgern und energieträgerspezifischer Lagerfunktionen kann der Energieverbrauch nach Energieträgern (Strom, Mineralölprodukte, erneuerbare Energie, Erdgas, Benzin, Dieseltreibstoff und Kohle) ermittelt werden.

## 4. Daten

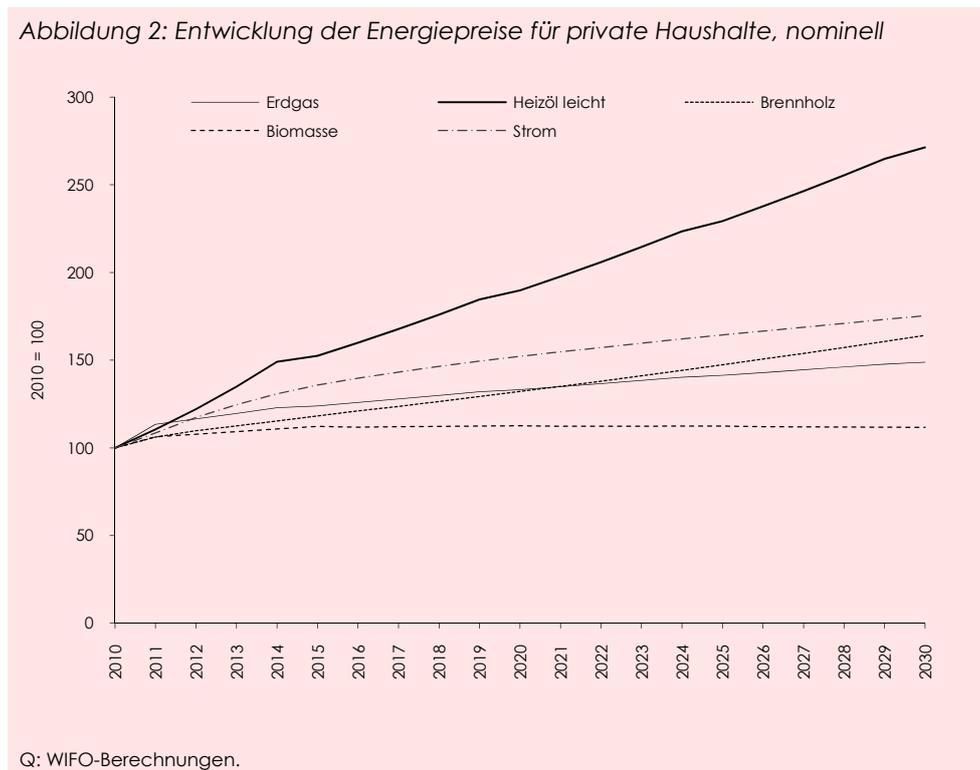
Künftige Trends der Energienachfrage hängen vom Zusammenspiel einer Reihe von Faktoren ab. Das Wirtschaftswachstum gemessen am BIP gilt als einer der wichtigsten Motoren der Energienachfrage und der Treibhausgasemissionen und wird selbst wieder durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt, u. a. durch die demographische Entwicklung, den technologischen Fortschritt und seine Umsetzung (insbesondere hinsichtlich der Energieeffizienz) sowie durch die Energiepreise, etwa den Erdölpreis. Diese Daten gehen als exogene Variable in die vorliegende Schätzung von Wirtschaftswachstum und Energienachfrage in Österreich sowie in die Bottom-up-Modelle ein.

## 4.1 Energiepreise

Der Rohölpreis wird häufig als Kennzahl für die Entwicklung der Energiepreise verwendet und ist eine der wichtigsten Determinanten der Energienachfrage. Die Nachfrage nach Energie wird von der Nachfrage nach den unterschiedlichen Energiedienstleistungen abgeleitet (z. B. Reisekilometer je Pkw, Niveau der Raumtemperatur, Stunden für Beleuchtung, Waschen usw.); in der Industrie wird die Energienachfrage durch Funktionsbeziehungen in der Produktion bestimmt. Tatsächlich wird der Rohölpreis von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, d. h. Angebot und Nachfrage, der Struktur des Rohölmarktes (OPEC), Spekulation, Finanzmarktaktivitäten und geopolitischen Entwicklungen sowie technologischen Innovationen oder der Erschließung neuer Ressourcen (Breitenfellner – Crespo Cuaresma – Keppel, 2009, IEA, 2012). In der jüngeren Vergangenheit schwankte der Rohölpreis erheblich, etwa in der Folge der Finanzmarkt- und Wirtschaftskrise 2008/09. Die vorliegende Studie verwendet Rohölpreispfade, die auf den Annahmen des World Energy Outlook 2011 der Internationalen Energieagentur beruhen (IEA, 2011). Diese Preispfade sind keine Prognose, sondern geben eine Preisentwicklung wieder, die geeignet ist, ausreichende Investitionen in das Energieangebot auszulösen, damit die erwartete Rohölnachfrage im Untersuchungszeitraum gedeckt werden kann. Der reale Rohölpreis steigt demnach in den drei Szenarien WEM, WAM und WAM+ gleichmäßig von 90 \$ je Barrel im Jahr 2012 auf 118 \$ 2020 und 135 \$ 2030 (+7,2% pro Jahr im Durchschnitt 2010/2014, +1,7% p. a. 2014/2030).

Der Erdgaspreis folgt in den drei Szenarien den Annahmen des World Energy Outlook 2011 zum europäischen Importpreis (IEA, 2011) und steigt auf 11 \$ je MBTU (Million British Thermal Units) im Jahr 2020 bzw. 12,5 \$ je MBTU 2030 (2010/2014 +6% p. a., 2014/2030 +1,8% p. a., 2010/2030 +2,6% p. a.). Der Gaspreis entwickelt sich damit entlang des Preispfades für Rohöl.

Abbildung 2: Entwicklung der Energiepreise für private Haushalte, nominell

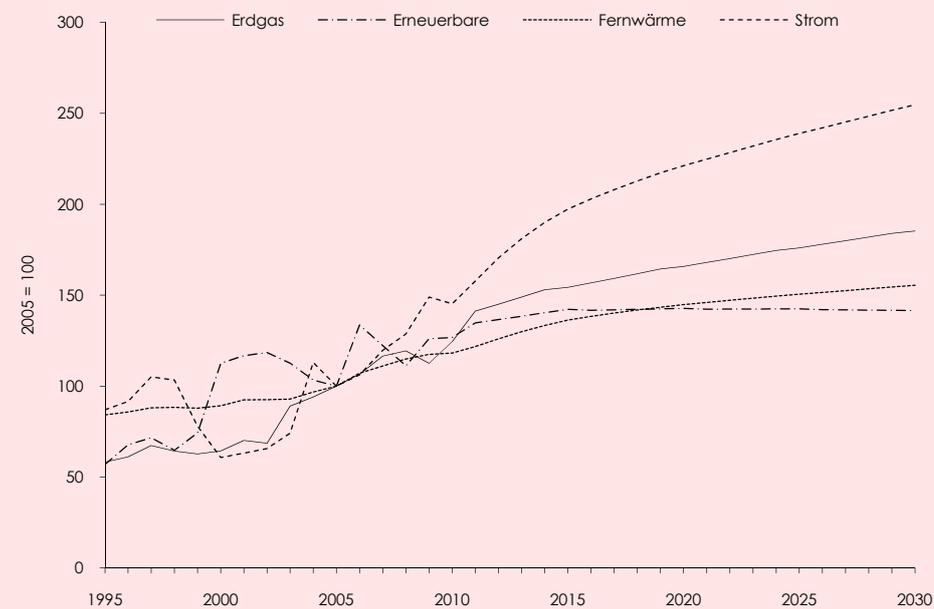


Kohle wurde in den 2000er-Jahren in Relation sowohl zu Rohöl als auch zu Gas billiger. Zum Teil war das eine Folge der unterschiedlichen Marktbedingungen und der zunehmenden Einschränkung des Kohleverbrauchs in den OECD-Ländern aus Umweltschutzgründen, aber auch der stabilen Produktionskosten. In jüngster Zeit zog der Kohlepreis jedoch wieder an, weil die Nachfrage aus den Schwellenländern wie z. B. China zunimmt (IEA, 2011). Die vorliegende Studie unterstellt einen allmählichen Preisanstieg im Untersuchungszeitraum, der dem von der IEA (2011) geschätzten

Preisfad folgt und wesentlich unter dem von Rohöl und Erdgas bleibt (2010/2014 +1,1%, 2013/2030 +0,7%).

Die Preisfade für den Endverbraucherpreis für private Haushalte und Industrie wurden anhand der hier ermittelten Preisentwicklung für fossile Energie abgeleitet (Abbildungen 2 bis 4).

Abbildung 3: Entwicklung der Energiepreise für die Industrie, nominell



Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 4: Entwicklung der Preise von Kohle und Koks, nominell



Q: WIFO-Berechnungen.

## 4.2 Demographische und Klimatrends

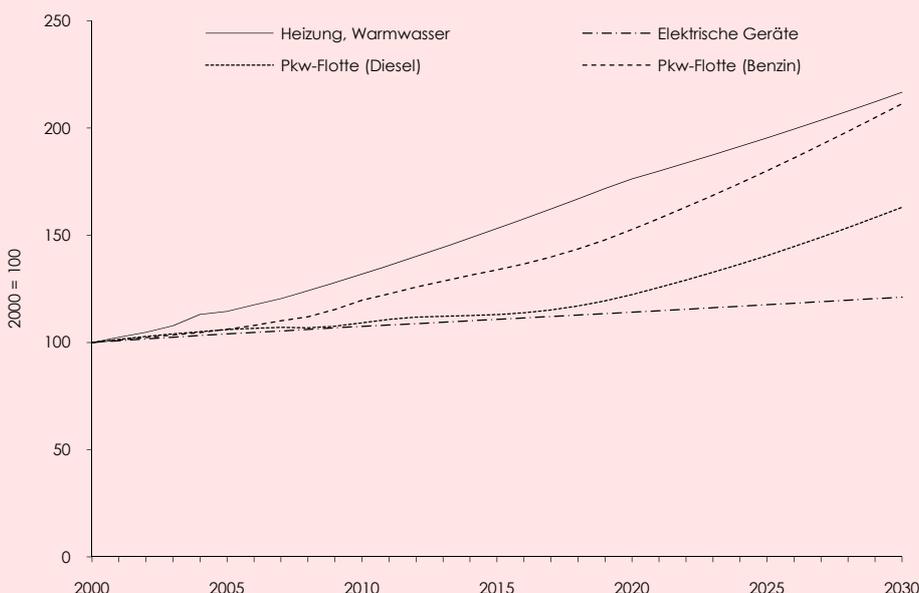
Die Entwicklung des Energieverbrauchs wird auch durch demographische Faktoren wie das Bevölkerungswachstum oder die Veränderung von Zahl und Struktur der Haushalte bestimmt. Insbesondere die Nachfrage nach Heizung und Kühlung hängt u. a. von der Struktur und Entwicklung der Haushalte ab. Die für das vorliegende Modell getroffenen Annahmen zu Bevölkerung und Haushalten fasst Übersicht 1 zusammen. Die Einwohnerzahl wird demnach in Österreich von 8,45 Mio. im Jahr 2012 um 0,35% p. a. auf 9 Mio. im Jahr 2030 steigen (*Statistik Austria, 2012A*), etwas rascher als laut früheren Prognosen. Im langfristigen Durchschnitt 1995/2012 war die Wachstumsrate mit +0,37% p. a. geringfügig höher. Die Zahl der Haushalte wird sich von 3,67 Mio. um 0,5% p. a. auf 4,03 Mio. erhöhen und damit stärker als die Bevölkerung (*Statistik Austria, 2012B*). Der Trend zu Single-Haushalten hält somit an. 1995/2012 stieg die Zahl der Haushalte um 0,8% p. a.

Die Zahl der Heizgradtage geht in das Modell als exogene Variable ein und bestimmt die Nachfrage nach Heizung und Kühlung und damit den Energieverbrauch. Der über den Prognosezeitraum rückläufige Trend der Zahl der Heizgradtage spiegelt vor allem den Einfluss der Erderwärmung wider. Er wurde als Durchschnitt aus einer Holt-Winters-Trendextrapolation und dem gleitenden Durchschnitt der Heizgradtage in der Vergangenheit ermittelt.

## 4.3 Energieeffizienz

Ein weiterer exogener Modellbestandteil sind Indizes der Energieeffizienz für die energieverbrauchenden Kapitalstöcke (Abbildung 5). Sie ergeben sich als Output der detaillierten Bottom-up-Analysen. Die Energieeffizienzindizes für langlebige Konsumgüter wie die Pkw-Flotte, das Heizsystem und den Gebäudebestand oder die elektrischen Haushaltsgeräte bestimmen den Preis der jeweiligen Energiedienstleistungen und damit die Nachfrage der Haushalte nach den Energiedienstleistungen. Wie zahlreiche Untersuchungen zeigen, sinkt ceteris paribus der Preis der Energiedienstleistungen je Einheit, wenn die Energieeffizienz steigt, sodass ein Rebound-Effekt in der Energienachfrage entsteht: Die Zunahme des Energieverbrauchs macht die dämpfende Wirkung der Effizienzgewinne teilweise zunichte (*Greening – Greene – Difiglio, 2000, van den Bergh, 2011, Sorrell, 2009*). Wie erwähnt berücksichtigt das vorliegende Modell diesen Rebound-Effekt.

Abbildung 5: Energieeffizienz der Kapitalstöcke



Q: Müller – Kranzl (2013), Hausberger – Schwingshackl (2013), Baumann – Lang (2013).

Die Energieeffizienz der Wirtschaftsbereiche (Übersicht 2) wurde anhand der Entwicklung in der Vergangenheit berechnet und mit Hilfe ökonometrischer Schätzungen für die Faktornachfrage des produzierenden Sektors angepasst (Kratena – Wüger, 2012). Zusätzlich gingen Expertenschätzungen des Umweltbundesamtes zum Potential weiterer Verbesserungen der Energieeffizienz in der Sachgütererzeugung in das Modell ein. Sie liegen den quantitativen Schätzungen für künftige Effizienzsteigerungen im WAM-Szenario zugrunde.

**Übersicht 2: Steigerung der Energieeffizienz im produzierenden Sektor 2012/2030 und Potential für weitere Effizienzsteigerungen**

*WEM-Szenario*

	Veränderung 2012/2030 in % p. a.	Potential für zusätzliche Effizienzsteigerungen
<i>Cluster 1: überwiegend dem EU ETS unterworfen</i>		
Eisen- und Stahlherzeugung	+ 0,86	–
Chemie und Petrochemie	+ 1,94	+
Nichteisenmetalle	– 0,52	–
Papierindustrie und Druck	+ 1,00	+
<i>Cluster 2: teilweise dem EU ETS unterworfen</i>		
Fahrzeugbau	+ 0,13	+
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	+ 3,21	+
Holzverarbeitung	+ 2,62	+
<i>Cluster 3: nicht vom EU ETS erfasst</i>		
Maschinenbau	+ 2,37	++
Bergbau	+ 3,24	+
Bauwirtschaft	– 0,39	++
Textil- und Lederindustrie	+ 6,05	+
Andere	– 1,38	++

Q: DEIO-Modell (Kratena – Wüger, 2010), Umweltbundesamt.

Die Industriebranchen wurden entsprechend ihrer Beteiligung am EU ETS in drei Cluster gegliedert: Cluster 1 umfasst Branchen, die überwiegend dem EU ETS unterliegen, Cluster 2 solche, die teilweise unter das EU ETS fallen, und Cluster 3 die Branchen, die nicht vom EU ETS erfasst werden. Laut den Expertenschätzungen des Umweltbundesamtes wird der Endenergieverbrauch im Jahr 2020 im Cluster 1 um 7.374 TJ, im Cluster 2 um 2.578 TJ und im Cluster 3 um 4.174 TJ geringer, die Energieeffizienz somit entsprechend höher sein als im WEM-Szenario (Übersicht 3). Diese Effizienzgewinne wurden aus den Vorgaben der Energieeffizienz-Richtlinie abgeleitet, die für die österreichische Wirtschaft eine Steigerung der Effizienz um 1,5% pro Jahr vorsieht. Dank frühzeitiger Maßnahmen reduziert sich diese Rate auf 1,125% p. a.

**Übersicht 3: Effizienzgewinne im produzierenden Sektor**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Endenergieverbrauch in TJ						
<i>Cluster 1: überwiegend dem EU ETS unterworfen</i>							
WEM-Szenario	194.137	195.707	198.301	200.633	203.569	206.746	210.702
WAM-Szenario	191.740	192.574	194.125	195.924	198.019	200.322	203.328
Differenz: Effizienzgewinne	2.397	3.133	3.905	4.710	5.549	6.424	7.374
<i>Cluster 2: teilweise dem EU ETS unterworfen</i>							
WEM-Szenario	48.843	48.368	48.019	47.728	47.468	47.221	47.076
WAM-Szenario	48.077	47.348	46.726	46.114	45.576	45.005	44.499
Differenz: Effizienzgewinne	766	1.019	1.293	1.584	1.892	2.216	2.578
<i>Cluster 3: nicht vom EU ETS erfasst</i>							
WEM-Szenario	63.089	63.404	63.772	64.170	64.718	65.342	66.317
WAM-Szenario	61.702	61.633	61.533	61.534	61.604	61.717	62.143
Differenz: Effizienzgewinne	1.386	1.771	2.189	2.636	3.114	3.625	4.174

Q: WIFO-Berechnungen, Umweltbundesamt.

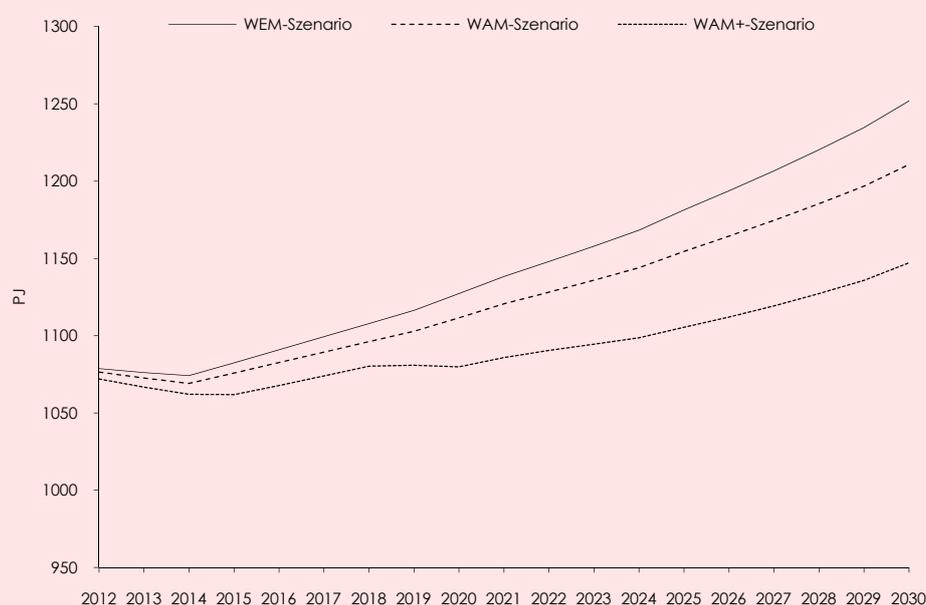
Die Effizienzsteigerung hat über die Verringerung der Nachfrage nach Energiegütern in der Industrie eine Dämpfung des realen Produktionswachstums in den Energiesektoren zur Folge (im Jahr 2020: NACE 10 Bergbau –1,5% gegenüber dem WEM-

Szenario, NACE 23 Kokerei und Raffinerie  $-0,7\%$ , NACE 40 Strom-, Gas- und Wasserversorgung  $-1,6\%$ ).

## 5. Ergebnisse der Szenarioschätzungen

Im WAM+-Szenario steigt der gesamte Endenergieverbrauch auf 1.083 PJ im Jahr 2020 und 1.152 PJ im Jahr 2030 (Abbildung 6, Übersicht 4). Die disaggregierte Modellierung der energieintensiven Produktionszweige (siehe oben Kapitel 3) und die zusätzliche Erhöhung der CO<sub>2</sub>- und Energiepreise in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes bewirken zusätzliche Energieeinsparungen von 44 PJ im Jahr 2020 und 100 PJ im Jahr 2030 (gemessen am Endenergieverbrauch, gegenüber dem WAM-Szenario). Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Endenergieverbrauchs 2012/2030 ist im WAM+-Szenario mit  $+0,4\%$  um 0,26 Prozentpunkte niedriger als im WAM-Szenario. Auch kumuliert über den Untersuchungszeitraum (2012/2013  $+7,41\%$ ; 2012/2020  $+0,95\%$ , 2020/2030  $+6,4\%$ ) steigt der Endenergieverbrauch im WAM+-Szenario wesentlich schwächer als im WAM-Szenario (Übersicht 4).

Abbildung 6: Endenergieverbrauch insgesamt



Q: WIFO-Berechnungen.

Übersicht 4: Endenergieverbrauch

	WEM-Szenario	WAM-Szenario In PJ	WAM+-Szenario
2020	1.127	1.111	1.083
2030	1.251	1.210	1.152
Veränderung in %			
Ø 2012/2030 p. a.	+ 0,8	+ 0,7	+ 0,4
2012/2020	+ 4,5	+ 3,3	+ 1,0
2020/2030	+ 11,1	+ 8,9	+ 6,4
2012/2030	+ 16,1	+ 12,5	+ 7,4

Q: WIFO-Berechnungen.

Die Entwicklung der Gesamtwirtschaft, gemessen am BIP oder der Wertschöpfung, ist eine zentrale Determinante der Energienachfrage und daher der Treibhausgasemissionen. Trotz der erheblichen Verringerung des Energieeinsatzes entspricht das

Wirtschaftswachstum im WAM+-Szenario mit +1,49% weitgehend der Rate im WAM- und im WEM-Szenario (Abbildung 1).

Die hohen zusätzlichen Preissignale im WAM+-Szenario dämpfen nicht nur die Energienachfrage, sondern haben auch eine Steigerung der Energieeffizienz der energieverbrauchenden Kapitalstöcke und Produktionsprozesse zur Folge. Die Steigerung der Energieeffizienz trägt somit zur Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauchsentwicklung bei. Aufgrund des Rebound-Effektes erhöht sich jedoch der Energieverbrauch infolge der relativen Verbilligung der Energiedienstleistungen. Die Energieeffizienz je Produktionseinheit (Übersicht 5) verbessert sich im WAM+-Szenario wesentlich stärker als im WAM-Szenario, vor allem wegen der CO<sub>2</sub>- und Energiepreissignale. In der Modellsimulation des WAM+-Szenarios hat die Steigerung der Energieeffizienz ceteris paribus positive Wirkungen auf das BIP. Diese werden aber durch die dämpfenden Effekte der höheren CO<sub>2</sub>- und Energiepreise ausgeglichen, die sich aus den relativen Einkommenseinbußen aufgrund der höheren Ausgaben für Energieprodukte und -dienstleistungen ergeben. Insgesamt sind die Auswirkungen der angenommenen Verteuerung von CO<sub>2</sub> und Energie auf das österreichische BIP gering (Übersicht 1).

Übersicht 5: Effizienzsteigerung nach Branchen 2012/2030

	WEM-Szenario	WAM-Szenario	WAM+-Szenario
	Energieverbrauch je Produktionswert, durchschnittliche jährliche Veränderung in %		
Eisen- und Stahlherzeugung	+ 0,9	+ 0,9	+ 1,2
Chemie und Petrochemie	+ 1,9	+ 2,0	+ 2,6
Nichteisenmetalle	- 0,5	+ 0,1	+ 0,6
Fahrzeugbau	+ 0,1	+ 2,7	+ 3,0
Maschinenbau	+ 2,4	+ 2,8	+ 2,9
Bergbau	+ 3,2	+ 3,2	+ 3,3
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	+ 3,2	+ 3,9	+ 3,9
Papierindustrie und Druck	+ 1,0	+ 1,8	+ 2,3
Holzverarbeitung	+ 2,6	+ 3,1	+ 3,2
Bauwirtschaft	- 0,4	+ 0,5	+ 1,6
Textil- und Lederindustrie	+ 6,1	+ 6,1	+ 6,1
Andere	- 1,4	+ 0,5	+ 0,6

Q: WIFO-Berechnungen.

Output und Energienachfrage (Abbildung 7) steigen in zwei der vier energieintensiven Produktionszweige über den Untersuchungszeitraum ("Eisen und Stahl, Nichteisenmetalle" sowie "Chemie und Petrochemie"), während die Energienachfrage unterdurchschnittlich zunimmt (relative Entkoppelung).

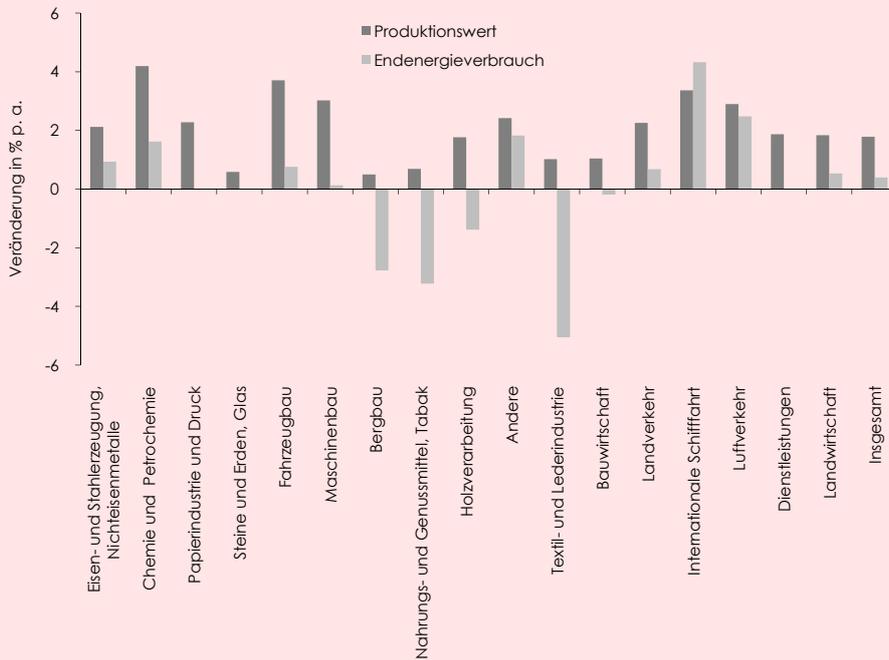
In den energieintensiven Produktionszweigen "Nichtmetallminerale" und "Papierindustrie und Druck" bleibt der Energieverbrauch dagegen trotz der Produktionssteigerung konstant. Eine absolute Entkoppelung (Rückgang des Energieverbrauchs bei steigender Produktion) ergibt sich in den Branchen "Bergbau", "Nahrungs- und Genussmittel, Tabak", "Holzverarbeitung", "Textil- und Lederindustrie", "Bauwirtschaft" und "gewerbliche und öffentliche Dienstleistungen". In der Summe der Branchen nehmen Energieeinsatz und Output zu, der Energieverbrauch wächst aber langsamer als die Produktion (relative Entkoppelung).

Die Energieintensität des BIP<sup>5)</sup> sinkt seit 1977 und im Simulationszeitraum kontinuierlich (Abbildung 8). Die Veränderungsdaten schwankten allerdings: Erhöhte sich die Energieeffizienz zwischen 1970 und 1990 um 0,9% pro Jahr, so verlangsamte sich der Anstieg 1990/2010 erheblich auf +0,3% p. a. Die Modellsimulation im WAM+-Szenario zeigt hingegen, dass die markante Verteuerung von CO<sub>2</sub> und Energie die Steigerung der Energieeffizienz erheblich beschleunigen kann (+1,3% p. a. zwischen 2010 und 2030). Das Szenario kommt damit dem Zielwert der EU-Richtlinie einer Effizienzsteigerung

<sup>5)</sup> Die Energieeffizienz ist der Kehrwert der Energieintensität.

zung um 1,5% sehr nahe. Die Berechnungen sind allerdings nicht vergleichbar, da die Energieeffizienz-Richtlinie der EU sich z. B. nicht auf den Transportsektor bezieht.

Abbildung 7: Durchschnittliche jährliche Veränderung des Produktionswertes und des Endenergieverbrauchs 2012/2030



Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 8: Langfristige Entwicklung der Energieintensität der österreichischen Wirtschaft



Q: WIFO-Berechnungen, Statistik Austria (2012A). 1970/1990 und 1990/2010 laut Statistik Austria: Endenergieverbrauch und BIP (verkettete Volumina). 2010/2030: WIFO-Berechnungen (WAM+-Szenario).

## 6. Schlussfolgerungen

Basierend auf dem dynamischen (makro-)ökonomischen Input-Output-Modell DEIO wurden drei Szenarien zur Entwicklung von Energieverbrauch und Energieeffizienz in Österreich bis 2030 geschätzt: Als Basisszenario berücksichtigt das WEM-Szenario ("with existing measures") bisher gültige Maßnahmen und Politikentscheidungen hinsichtlich Klimaschutz und Energieverbrauch. Das WAM-Szenario ("with additional measures") beschreibt den Effekt von klima- und energiepolitischen Maßnahmen auf die Energienachfrage in Österreich bis 2030 (Umsetzung der Energieeffizienz-Richtlinie, Entwurf für ein österreichisches Energieeffizienzgesetz). Über die im WAM-Szenario berücksichtigten Maßnahmen hinaus modelliert das WAM+-Szenario eine Verschärfung der Klimaschutzpolitik ab 2020 (Verteuerung der CO<sub>2</sub>-Zertifikate, Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer, Anhebung der Mineralölsteuer).

Demnach wird unter den Modellannahmen die angestrebte Stabilisierung des Endenergieverbrauchs auf dem Niveau von 2005 in Österreich nicht erreicht. Bei einem Wirtschaftswachstum von 1,5% p. a. und einer Verbesserung der Energieeffizienz um 1,3% p. a. wird der Anstieg des Endenergieverbrauchs nur gedämpft. Die Preise von CO<sub>2</sub> und Energie müssten daher stärker als in der vorliegenden Modellschätzung angehoben werden, um einen entsprechenden technologischen Fortschritt und nachhaltige Verhaltensänderungen hinsichtlich der Energieeffizienz und des Endenergieverbrauchs zu erzielen.

Das WAM+-Szenario erreicht das Ziel der österreichischen Energiestrategie, den Endenergieverbrauch bis 2020 auf weniger als 1.100 PJ zu stabilisieren, während das WAM-Szenario etwas über dem Zielwert bleibt. Die Anhebung der Mineralölsteuer und die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer für die nicht dem Emissionshandelssystem der EU unterworfenen Bereiche der Wirtschaft erscheinen somit als geeignete Instrumente zur Realisierung der Ziele der österreichischen Energiestrategie.

## 7. Literaturhinweise

- Anderl, M., Bednar, W., Fischer, D., Gössl, M., Heller, Ch., Jobstmann, H., Ibesich, N., Köther, T., Kuschel, V., Lampert, Ch., Neubauer, Ch., Pazdernik, K., Perl, D., Poupa, St., Purzner, M., Riegler, E., Schenk, C., Schieder, W., Schneider, J., Seuss, K., Sporer, M., Schodl, B., Stoiber, H., Storch, A., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zechmeister, A., Zethner, G., Klimaschutzbericht 2012, Umweltbundesamt, Wien, 2012.
- Baumann, M., Lang, B., Entwicklung energiewirtschaftlicher Inputdaten und Szenarien für das Klimaschutzgesetz und zur Erfüllung der österreichischen Berichtspflichten des EU Monitoring Mechanismus 2013, Österreichische Energieagentur, Wien, 2013.
- Breitenfellner, A., Crespo Cuaresma, J., Keppel, C., "Determinants of Crude Oil Prices: Supply, Demand, Cartel or Speculation?", Monetary Policy & The Economy, 2009, (Q4/09).
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) und Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ), Energiestrategie Österreich, Maßnahmenvorschläge, Wien, 2010.
- Europäische Kommission, Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, Brüssel, 2009.
- Europäische Kommission, Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth, COM(2010) 2020 final, Brüssel, 2010.
- Europäische Kommission, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, SWD(2012) 343 final, SWD(2012) 344 final, Brüssel, 2012.
- Europäische Kommission, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020-2030, Brüssel, 22. Jänner 2014, COM(2014) 15 final.
- Greening, L. A., Greene, D. L., Difiglio, C., "Energy efficiency and consumption – the rebound effect. A survey", Energy Policy, 2000, (28), S. 389-401.
- Hausberger, S., Schwingshackl, M., Monitoring Mechanism 2013 – Verkehr, Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Graz, 2013.
- International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2011, Paris, 2011.
- International Energy Agency (IEA), Medium-Term Oil Market Report 2012, Market Trends and Projections to 2017, Paris, 2012.

- Irrek, W., Thomas, S., Definition Energieeffizienz, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, mit Unterstützung von Susanne Bähler, Meike Spitzner, Wuppertal, 2008, [http://wupperinst.org/uploads/tx\\_wupperinst/energieeffizienz\\_definition.pdf](http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/energieeffizienz_definition.pdf).
- Janger, J., Bock-Schappelwein, J., Horvath, T., Meyer, I., Monitoring Austria's Efforts Within the Europe 2020 Strategy, WIFO, Wien, 2013.
- Kamer, A., Koller, S.-Ch., Kettner, C., Kletzan-Slamani, D., Köppl, A., Leopold, A., Lang, R., Nakicenovic, N., Reinsberger, K., Resch, G., Schleicher, St., Schnitzer, H., Steininger, K., Nationaler Aktionsplan 2010 für erneuerbare Energien für Österreich, Wien, 2010.
- Kettner, C., Köppl, A., Kratena, K., Meyer, I., Sinabell, F., "Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft und der 'Energiefahrplan 2050' der EU", WIFO-Monatsberichte, 2012, 85(7), S. 581-596, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/44744>.
- Kratena, K., Meyer, I., Energy Scenarios 2030. A Basis for the Projection of Austrian Greenhouse Gas Emissions, WIFO, Wien, 2011, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/41909>.
- Kratena, K., Meyer, I., Sommer, M. (2013A), Energy Scenarios 2030. Model Projections of Energy Demand as a Basis to Quantify Austria's Greenhouse Gas Emissions, WIFO, Wien, 2013, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/46702>.
- Kratena, K., Meyer, I., Sommer, M. (2013B), Long-term Climate Mitigation and Energy Use in Austria – The WAM+ Scenario, WIFO, Wien, 2013, <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/46981>.
- Kratena, K., Streicher, G., "Macroeconomic input-output modeling: Structures", The International Input-Output Association, Working Papers in Input-Output Economics, 2009, (WPIOX 09-009), [http://www.iioa.org/working\\_papers/WPs/WPIOX09-009.pdf](http://www.iioa.org/working_papers/WPs/WPIOX09-009.pdf).
- Kratena, K., Streicher, G., Neuwahl, F., Mongelli, I., Rueda-Cantuche, J. M., Genty, A., Arto, I., Andreoni, V., FIDELIO: A new econometric input-output model for the European Union, 20th International Input-Output Conference, Bratislava, 2012, <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC81864.pdf>.
- Kratena, K., Wüger, M., "An Intertemporal Optimisation Model of Households in an E3-Model (Economy/Energy/Environment) Framework", WIFO Working Papers, 2010, (382), <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/40716>.
- Müller, A., Kranzl, L., Energieszenarien bis 2030: Wärmebedarf der Kleinverbraucher, Technische Universität Wien, Energy Economics Group, Wien, 2013.
- Sorrell, S., "Empirical estimates of the direct rebound effect: A review", Energy Policy, 2009, (37), S. 1356-1371.
- Statistik Austria (2012A), Bevölkerungsprognose, Wien, 2012.
- Statistik Austria (2012B), Haushaltsprognose, Wien, 2012.
- Statistik Austria, Energiebilanzen, Wien, 2013.
- Umweltbundesamt, Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien, Grundlage für den Monitoring Mechanism 2013 und das Klimaschutzgesetz. Synthesebericht 2013, Wien, 2013.
- van den Bergh, J. C. J. M., "Energy conservation more effective with rebound policy", Environmental Resource Economics, 2011, 48(1), S. 43-58.