

WIFO

1030 WIEN, ARSENAL, OBJEKT 20
TEL. 798 26 01 • FAX 798 93 86

 **ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG**

karl rose
STRATEGYLAB

**Energieszenarien 2050
Herausforderungen an die
österreichische Energiewirtschaft**

**Kurt Kratena, Mark Sommer (WIFO),
Ursula Eysin, Karl Rose (Strategy Lab)**

Wissenschaftliche Assistenz: Katharina Köberl (WIFO)

März 2014

Energieszenarien 2050

Herausforderungen an die österreichische Energiewirtschaft

Kurt Kratena, Mark Sommer (WIFO), Ursula Eysin, Karl Rose (Strategy Lab)

März 2014

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Strategy Lab

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend

Begutachtung: Angela Köppl (WIFO) • Wissenschaftliche Assistenz: Katharina Köberl (WIFO)

Inhalt

Für die Schätzung von Szenarien zur Entwicklung von Energieverbrauch und Energieerzeugung in Österreich im Zeitraum 2010/2050 greift das WIFO auf konsistent formulierte Umfeldszenarien (Storylines) der weltweiten Entwicklung der Energiemärkte, der Industrie und der Gesellschaft zurück. Dabei wurden vor allem folgende Ansatzpunkte für exogene Modelleinflüsse berücksichtigt: wirtschaftliche Variable (Preise, Einkommen, Exportstruktur), Strukturwandel der Industrie, Präferenz- und Lifestyleänderungen der privaten Haushalte, Technologieentwicklungen im Energieerzeugungssektor und Effizienzentwicklung im Energieverbrauch (Fahrzeugflotten, alternative Antriebe, Heizungsanlagen und Haushaltsgeräte). Die Analyse basiert auf dem DYNK-Modell (Dynamic New-Keynsian) des WIFO.

Rückfragen: Kurt.Kratena@wifo.ac.at, Katharina.Koeberl@wifo.ac.at

2014/084-1/S/WIFO-Projektnummer: 6912

© 2014 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Strategy Lab

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • Fax (+43 1) 798 93 86 • <http://www.wifo.ac.at/> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 60,00 € • Download 48,00 €: <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/47185>

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung: Hintergrund und Zielsetzung	3
2.	Aktuelle Trends und Entwicklungen	4
2.1	<i>Veränderte Muster der Nachfrage</i>	4
2.2	<i>Der globale Öl-und Gasmarkt-Mythos „Peak Oil“</i>	5
2.3	<i>Schiefergas und Schieferöl als „Game Changer“</i>	6
2.4	<i>Schieferöl</i>	8
3.	Beschreibung der Szenarien	9
3.1	<i>Kurzbeschreibungen</i>	9
3.1.1	<i>"Current Policies"</i>	9
3.1.2	<i>"Stagnation"</i>	9
3.1.3	<i>"Effiziente Zukunft"</i>	10
3.2	<i>"Current Policies"</i>	12
3.2.1	Energie und Umweltschutz	12
3.2.2	Flankierender Staat, dominierende Marktkräfte	13
3.2.3	Einkommensverteilung	13
3.2.4	Industriestruktur	13
3.2.5	Transport und Mobilität	14
3.2.6	Wirtschaftliche Entwicklung international	15
3.2.7	Wirtschaftliche Entwicklung Österreichs	15
3.2.8	Steigerung der Energieeffizienz	16
3.2.9	Demographie	16
3.2.10	Politische Entwicklung	16
3.3	<i>Stagnation</i>	17
3.3.1	Energie und Umweltschutz	17
3.3.2	Regulierung vs. freie Marktwirtschaft	18
3.3.3	Einkommensverteilung	18
3.3.4	Industriestruktur	19
3.3.5	Transport und Mobilität	19
3.3.6	Wirtschaftliche Entwicklung (inkl. Energiepreisentwicklung)	19
3.3.7	Wirtschaftliche Entwicklung Österreichs	21
3.3.8	Energieeffizienz steigt kaum	21
3.3.9	Demographie	21
3.3.10	Politische Entwicklung	22
3.4	<i>Effiziente Zukunft</i>	24
3.4.1	Energie und Umweltschutz	24
3.4.2	Lenkender Staat	24
3.4.3	Einkommensverteilung	24
3.4.4	Industriestruktur	25

3.4.5	Transport und Mobilität	26
3.4.6	Wirtschaftliche Entwicklung	26
3.4.7	Steigerung der Energieeffizienz	27
3.4.8	Demographie: Aktives Altern	28
3.4.9	Politische Entwicklung	28
4.	Methodischer Ansatz : Szenarioplanung	30
4.1	Szenarien	30
4.2	Szenarios und Prognosen	31
4.3	Verwendung von Szenarien	32
5.	Ausprägung der Schlüsselfaktoren	33
6.	Quantifizierung der Szenarien	34
6.1	Methodik: Das DEIO (Dynamic Econometric Input – Output) Modell des WIFO	34
6.1.1	Das Konsummodell	37
6.1.2	Das Preismodell	37
6.1.3	Das Außenhandelsmodell	38
6.1.4	Technischer Fortschritt und öffentlicher Sektor	38
6.2	Die Szenarien	38
6.2.1	Das Szenario "Current Policies"	39
6.2.2	Das Szenario "Stagnation"	39
6.2.3	Das Szenario "Effiziente Zukunft"	40
6.2.4	Das Szenario "Effiziente Zukunft plus"	41
6.3	Inputdaten für die Szenarien und Wirkungen im DEIO Modell	41
6.4	Ergebnisse der einzelnen Szenarien	50
6.4.1	Das Szenario "Current Policies"	51
6.4.2	Das Szenario "Stagnation"	51
6.4.3	Das Szenario "Effiziente Zukunft"	54
6.4.4	Das Szenario "Effiziente Zukunft plus"	55
6.5	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen: Die Szenarien im Vergleich	57
7.	Literatur	63

1. Einleitung: Hintergrund und Zielsetzung

Weltweit werden Energiepolitik und Energiewirtschaft von drei Faktoren geprägt:

- Der Aufrechterhaltung und Absicherung der Versorgungssicherheit mit Energie (Zugang zu Energie)
- Der sozialen Gerechtigkeit und Leistbarkeit von Energie für Bürgerinnen und Bürger, wie auch für die Wirtschaft (Wirtschaftlichkeit und Leistbarkeit)
- Der Reduktion der Umweltauswirkungen bei der Erzeugung von Energie (Klimaschutz)

Diese drei Faktoren in Einklang und Balance zu bringen, ist sehr oft mit massiven Zielkonflikten verbunden. Im Allgemeinen ist es die Absicht von Energiepolitik, Energiesysteme bereitzustellen, die gleichzeitig erschwinglich, stabil und ökologisch verträglich sind.

Selbst mit signifikanten Verbesserungen in der Energieeffizienz, erwarten die meisten Experten eine Verdopplung der globalen Nachfrage nach Energie bis 2050. Dies ist das Resultat des globalen Bevölkerungswachstums und des damit verbundenen Wachstums der Weltwirtschaft, einer anhaltenden Urbanisierung, sowie der daraus resultierenden erhöhten Nachfrage nach Mobilität und anderen von Energie abhängigen Dienstleistungen. Im gleichen Zeitraum müssen wir die weltweiten Treibhausgasemissionen um die Hälfte reduzieren, wollen wir die globale Erwärmung auf ein sicheres Niveau beschränken. Und es gibt immer noch 1,3 Milliarden Menschen ohne Zugang zu jeglicher Form von Energie. Im von der UNO ausgerufenen Jahr der nachhaltigen Energie für alle, nannte UN-Generalsekretär Ban Ki-moon Energie "den goldenen Faden, der durch die Entwicklung läuft", wodurch Energie wieder ins Zentrum der Entwicklungsdiskussion gelangt.

Wichtige neue internationale Entwicklungen seit dem Erstellen der letzten Energiestrategie Österreichs, wie zum Beispiel die weitverbreitete Erschließung von Schiefergas in den USA oder die über nationale Grenzen hinausgehenden Auswirkungen der Energiewende in unserem Nachbarland Deutschland, werden die Entwicklungen im österreichischen Energiesektor beeinflussen und lassen es als opportun erscheinen, sich mit der Zukunft der Entwicklung dieser externen Einflüsse systematisch auseinanderzusetzen und ihre Auswirkungen auf die bestehenden nationalen Pläne und Handlungsoptionen zu überprüfen.

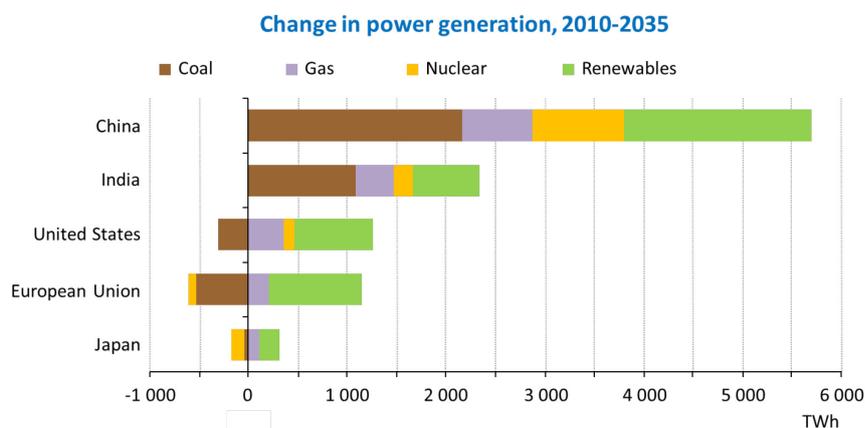
In Kooperation mit dem Auftraggeber (BMWFJ) wurden unter Anwendung der Szenariotechnik mehrere alternative Entwicklungspfade für die Zukunft der Energie in Österreich entwickelt, die als Grundlage für eine informierte Diskussion zum Thema Energiestrategie der Republik Österreich dienen können. Dabei wurde die inhaltliche Entwicklung ("storylines") und Beschreibung in den Abschnitten 1 bis 5 von Strategy Lab erarbeitet und die Quantifizierung in Modellrechnungen (Abschnitt 6) vom WIFO.

2. Aktuelle Trends und Entwicklungen

2.1 Veränderte Muster der Nachfrage

Schwel­len­län­der wie China, In­dien und der Nahe Osten sind durch massive In­ves­ti­tionen in In­fra­struk­tu­r in­mit­ten einer sehr en­er­gie­in­ten­siven Wachstumsphase ihrer Wirtschaft und werden vor­aus­sic­ht­lich für mehr als die Hälfte des er­war­te­ten Anstiegs der En­er­gie­nach­frage bis 2030 ver­ant­wort­lich zeichnen. Die Aspi­ra­tionen ihrer wachsenden Mit­tel­schichten bestimmen das Tempo des globalen Wachstums der Nachfrage, mit einer Reihe von afrikanischen Län­dern nur knapp dahinter. In der Tat werden Län­der, die nicht der Or­ga­ni­sa­tion für wirtschaftliche Zusammenar­beit und Ent­wick­lung (OECD) an­ge­hö­ren, über 90% des zukünftigen Wachstums der Nachfrage darstellen. Zugleich sind wir in den näch­sten zwei Jahr­zehnten mit einem globalen Trend zu einer stärkeren Elek­tri­fi­zierung der Wirtschaft kon­fron­tiert, da der Strombedarf schneller als die Nachfrage nach anderen En­er­gie­for­men wächst. Es ist zu er­war­ten, dass der Stromverbrauch bis 2030 global mit 2,5% pro Jahr wächst, fast doppelt so schnell wie der Gesamt­en­er­gie­ver­brauch. Der Bedarf an Strom in den Schwel­len­län­dern treibt einen 70%igen Anstieg der weltweiten Nachfrage, wobei laut Prognose der IEA (2012), erneuerbaren En­er­gien für die Hälfte der neuen Kapazitäten zu Buche schlagen (siehe Ab­bil­dung 1).

Abbildung 1: Globales Wachstum der Stromerzeugung



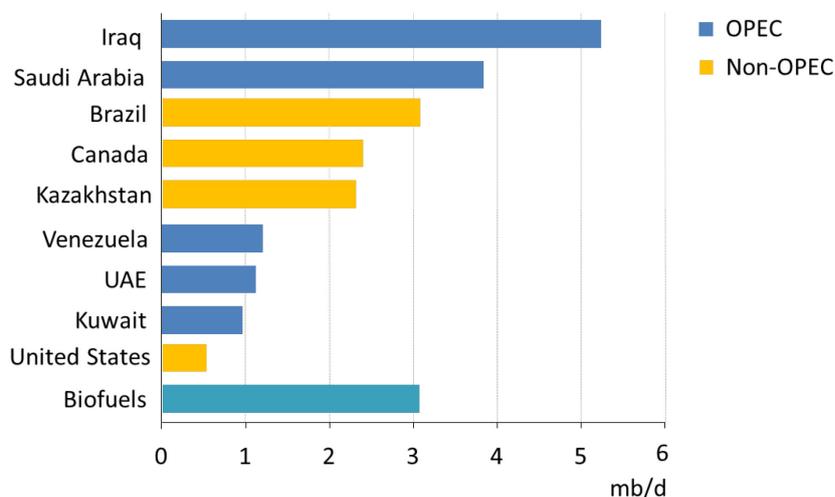
Quelle: IEA, World Energy Outlook 2012.

Obwohl Strom einen größeren Anteil haben wird und effizienter als die meisten anderen Arten des Energieverbrauchs ist, wird die Erfüllung des vollen Ausmaßes und der Breite des Wachstums der Energienachfrage bis 2030 ein erhebliches Wachstum aller Arten von Primärenergieträgern erfordern. Das Erreichen dieses höheren Ausstoßes erfordert eine beispiellose Expansion der gesamten globalen Energieinfrastruktur.

2.2 Der globale Öl- und Gasmarkt-Mythos „Peak Oil“

Mittelfristig bleibt die Bedeutung von Öl und Gas im Energiemix unverändert. Nach Schätzungen von Experten muss global ein halbes BIP in den nächsten zwei Jahrzehnten investiert werden, um die bereits vorhandene Energieinfrastruktur zu erweitern, zu transformieren und Anpassungen an bestehenden Anlagen vorzunehmen. Auf Investitionen im Ölbereich entfällt dabei mit mehr als einem Drittel der Gesamtsumme der größte Anteil. Auf Jahresbasis kommt dies einer Verdoppelung der Investitionen der letzten zehn Jahre gleich. Die globalen Bilanzen sowohl der Nachfrage als auch der Investitionen verschieben sich immer stärker nach Asien und weg von Europa und Nordamerika. Dies ist vor allem eine Folge der stark steigenden Nachfrage nach Ölprodukten in China und Indien, sowie den anderen Nicht-OECD-Ländern Asiens. Die Nicht-OECD-Nachfrage nach Öl wird voraussichtlich jährlich mit einer Rate von 1,9% über den Zeitraum bis 2035 wachsen. Gleichzeitig erwarten wir eine Verringerung der Nachfrage nach Öl in den OECD-Ländern mit einer Rate von -0,6% (CAGR). Die Nachfrage nach flüssigen Brennstoffen in Entwicklungsländern wird die der entwickelten Welt bis spätestens 2025 übertreffen. Auf der Versorgungsseite werden OPEC-Länder auch weiterhin ihre Position im Markt verstärken und vor allem für den Irak erwarten wir, dass er 45% des Wachstums der globalen Ölförderung bis 2035 ausmachen wird. Nach Schätzungen der IEA wird der Irak in den 2030er Jahren zum zweitgrößten globalen Öl-Exporteur aufsteigen und Russland überholen.

Abbildung 2: Wesentliche Änderungen im globalen Angebot an Öl, 2010 bis 2035



Quelle: IEA New Policies Szenarien, WEO 2011.

Der Anstieg im globalen Ölverbrauch ist vor allem eine direkte Folge der steigenden Zahl der Autobesitzer und ein Preis der zunehmenden Motorisierung der Entwicklungsländer. In den Globalen Transport & Mobilität Szenarien 2050, prognostiziert das World Energy Council (WEC) einen Anstieg der Anzahl an Kraftfahrzeugen um mehr als das Doppelte bis 2050. Auch wird erwartet, dass sich der Kraftstoffbedarf aller Verkehrsträger, je nach Szenario, um 30% bis 80% bis 2050 erhöhen wird. Dieses Wachstum wird vor allem von Lkws, Bussen, Zügen, Schiffen und

Flugzeugen verursacht. Der Mix der Energieträger des Verkehrssektors wird noch immer stark von Benzin, Diesel, Heizöl und Kerosin abhängig sein, während eine Mischung von alternativen Kraftstoffen den Individualverkehr erobert. Die Nutzung von Biokraftstoffen erhöht sich beinahe um das 4-Fache und andere Brennstoffe einschließlich Elektrizität, Wasserstoff und Erdgas werden sich um ein 6-7-Faches erhöhen.

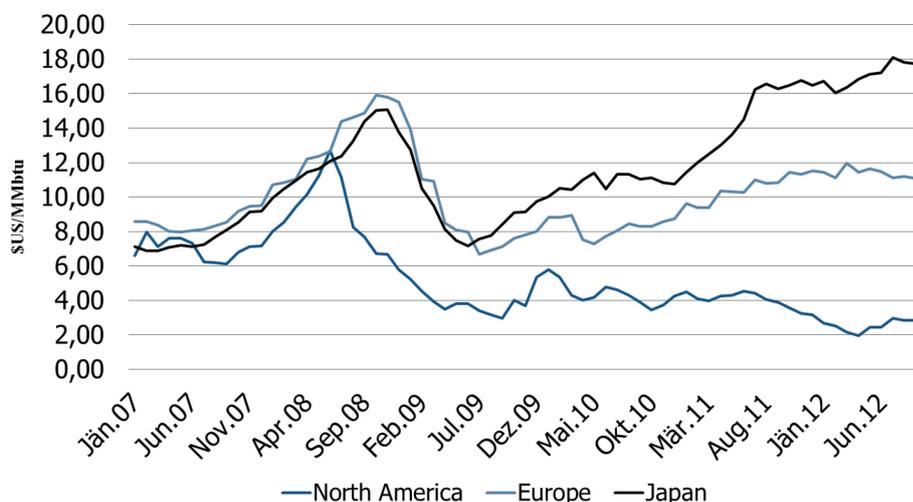
Obwohl eine schrittweise Verringerung der Nutzung von Erdöl und Erdgas zu erwarten ist, wird der Anteil dieser fossilen Energieträger in den nächsten Jahrzehnten durch die starke Nachfrage aus Schwellenländern noch immer dominant sein und sich nur langsam verringern. Ein erzwungenes Ende der Vorherrschaft von Erdöl im globalen Energiemix durch das Auftreten des sogenannten „Peak-Oil“ ist entgegen vielfacher öffentlicher Meinungen im Zeitraum bis 2025 noch nicht zu erwarten. Vor allem die Erschließung großer Mengen an unkonventionellen Ressourcen im nordamerikanischen Raum, sowie in Australien und Asien, erhöhen die Verfügbarkeit der fossilen Energieträger Erdöl und Erdgas enorm.

2.3 Schiefergas und Schieferöl als „Game Changer“

Viele Beobachter verkünden für die nahe Zukunft das "goldene Zeitalter des Gases". Dies beruht auf der Annahme eines Überangebotes an Erdgas aus unkonventionellen Quellen in den USA und möglicherweise auch aus Osteuropa, Australien und Asien, und einer steigenden Nachfrage nach Gas in den meisten Regionen der Welt, mit der merklichen Ausnahme Europas.

Das Wachstum der Versorgung mit Gas wird dabei zum überwiegenden Teil durch unkonventionelle Ressourcen abgedeckt, vor allem Schiefergas („Shale Gas“), Gas aus dichten Horizonten („Tight Gas“) und Methan aus Kohleflözen (CBM). Technologischer Fortschritt im Bereich der Anwendung von multilateral horizontalen Bohrungen sowie des sogenannten „Fracking“ haben in Nordamerika eine Revolution im Energiebereich ausgelöst, in deren Verlauf die USA innerhalb weniger Jahre vom Importeur zu einem potentiellen Exporteur von Erdgas wurden. Diese Entwicklung, auch oftmals Schiefergasrevolution genannt, hat potentiell starke geopolitische wie auch geostrategische Auswirkungen auf den globalen Energiemarkt und bildet durch das Vorhandensein von sehr niedrigen Gaspreisen in den USA einen starken industriepolitischen Standortvorteil für die USA im globalen Wettbewerb (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Globale Gaspreise



Quelle: World Bank, 2012.

Behauptungen, dass der Gaspreis in den USA wieder steigt, erweisen sich als nicht korrekt. Am 20. Mai 2013 lag der aktuelle Gaspreis bei \$US 3,87/MMBtu. Dabei stellt sich aus europäischer Sicht die Frage, welche Gasmengen aus den USA und Kanada in Zukunft exportiert werden und ob diese Mengen den globalen Handel und insbesondere die Gaspreise in Europa in signifikanter Weise beeinflussen werden.

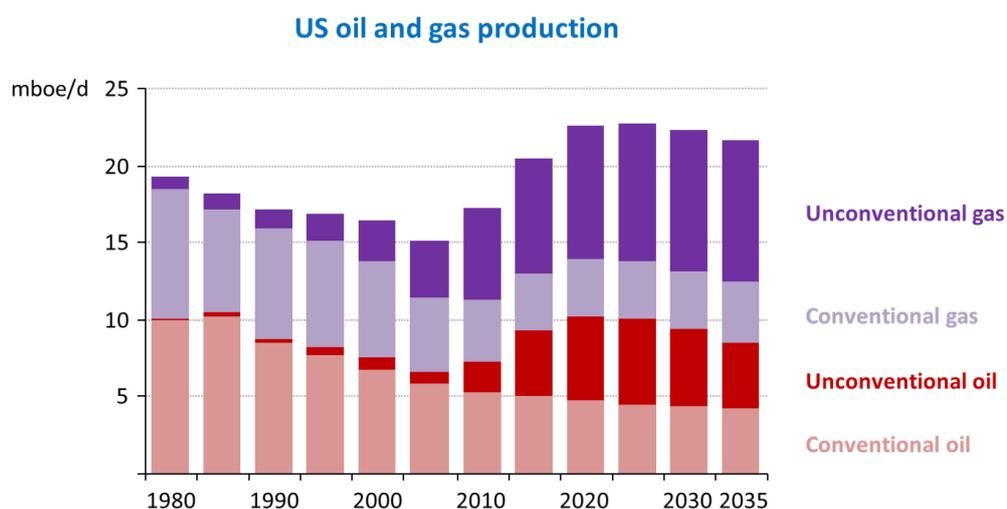
Die größten Steigerungsraten an Gasnachfrage erwarten wir für China und den Nahen Osten, wo ein außergewöhnlich stark steigender Stromverbrauch den zusätzlichen Bedarf an Gas zur Deckung der Stromerzeugung treibt. Als Konsequenz wird auch der weltweite Gashandel stark zunehmen, mit OECD Europa und China als größten Netto-Importeuren, gefolgt durch OECD Asien und Indien. Russland, Afrika und der Nahe Osten werden den größten Teil der Versorgungsseite ausmachen. Bis 2040 wird bis zu 15% der globalen Nachfrage nach Erdgas durch Liquefied Natural Gas (LNG) gedeckt werden, mit dem Asien-Pazifikraum als weitaus größtem Empfänger von LNG weltweit. Innerhalb Asiens wird Japan weiterhin eine sehr wichtige Rolle als Importeur von LNG spielen, gefolgt von China und Korea. Wenn wir uns die erwarteten Auswirkungen von Schiefergas auf die amerikanischen LNG-Importe vor Augen halten, müssen wir von einer vollständigen Umkehr der Situation ausgehen und ab 2015 sogar mit Exporten von LNG aus den USA rechnen.

Die höchsten Unsicherheiten im globalen Gassektor hängen zurzeit mit dem Wachstumspotenzial der Produktion von unkonventionellem Gas außerhalb der günstigen Rahmenbedingungen in Nordamerika zusammen. Wir sehen noch keine anderen Regionen weltweit, die den US-Erfolg im Schiefergas mit der gleichen Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit nachvollziehen können. Dies hat mit einer Reihe von geologischen, rechtlichen, logistischen, und finanziellen Gründen zu tun, einschließlich der breit publizierten Problematik der ökologischen Wasserwirtschaft in Zusammenhang mit der zur Produktion von unkonventionellem Gas angewandten Fracking-Technologie.

2.4 Schieferöl

Nach Schiefergas, welches in den USA den Gassektor transformiert hat, hat nun auch Schieferöl begonnen, die Landschaft der Ölversorgung in den USA sowie weltweit radikal zu verändern. Da die Gaspreise in den USA durch große Mengen an verfügbarem Schiefergas eingebrochen sind, haben Energieunternehmen begonnen, sich in ihren Bohraktivitäten auf Schieferfelder mit einem hohen Flüssigkeitsanteil zu konzentrieren. Dies hat zu einer Fülle an Produktion von Natural Gas Liquids (NGL) geführt und zu einem starken Anstieg der Mengen an unkonventionellen Flüssigkeiten.

Abbildung 4: US Öl- und Gasproduktion



Quelle: IEA, World Energy Outlook 2012.

Die Ölproduktion der USA aus Schiefen ist von 111.000 Barrel pro Tag im Jahr 2004 auf 553.000 Barrel pro Tag im Jahr 2011 gestiegen, was einem Wachstum von rund 26% pro Jahr entspricht. Als Ergebnis werden US-Ölimporte voraussichtlich auf den niedrigsten Stand seit über 25 Jahren fallen. Nach Schätzungen der US Energy Information Administration (EIA) deutet alles darauf hin, dass die Schieferöl Produktion in den USA in Zukunft etwas langsamer wachsen wird, auf rund 1,2 Millionen Barrel pro Tag in 2035 (das entspricht 12% der geplanten US-Produktion zu diesem Zeitpunkt). Allerdings scheinen diese Prognosen konservativ im Vergleich zu anderen Analysten, die eine US Schieferöl Produktion von bis zu 3-4 Millionen Barrel pro Tag zu diesem Zeitpunkt prognostizieren (siehe auch Abbildung 4). Die EIA Schätzungen der Ölschiefer Ressourcen in den USA wurden von 4 Milliarden Barrel in Jahr 2007 auf 33 Milliarden Barrel im Jahr 2010 revidiert und formen einen erheblichen Beitrag zur Reduktion der amerikanischen Abhängigkeit von Energieimporten.

3. Beschreibung der Szenarien

Im Folgenden werden die 3 Szenarien „Current Policies“, „Stagnation“ und „Effiziente Zukunft“ mit dem Zusatzszenario „Effiziente Zukunft plus“ beschrieben.

3.1 Kurzbeschreibungen

3.1.1 "Current Policies"

Das "Current Policies" Szenario beschreibt eine Weiterführung bereits bestehender Trends. In diesem Szenario zeigt der Klimawandel spürbare Effekte, Bemühungen im Klima- und Umweltschutz sind aber lokal begrenzt und haben nur beschränkte Auswirkungen. Für viele Länder der EU27 hat Klimapolitik immer noch eine hohe Priorität, in anderen Regionen wie z.B. China, Brasilien oder Indien hat die wirtschaftliche Entwicklung dagegen ganz klar Vorrang vor der Umweltproblematik. Der Anteil an erneuerbaren Energien im globalen Energiemix steigt nur langsam.

Der Staat setzt nur begrenzte, flankierende Anreize für eine Energiewende und überlässt die Entwicklung weitgehend den Marktkräften.

Globale Energiepreise bestimmen wesentlich die Entwicklung der Energienachfrage sowie den Anteil der verschiedenen Primärenergien im Produktionsmix. Der Rohölpreis stellt dabei einen zentralen Faktor dar.

Die im Kapitel 6 beschriebene Modellrechnung ergibt: Die heimische Produktion steigt im "Current Policies" Szenario jährlich um hohe 2,2% und damit mehr als die Wertschöpfung, die um 1,8% p.a. wächst. Damit ist das BIP-Wachstum in diesem Szenario am höchsten. Dadurch steigt auch die Energienachfrage im Produktionsbereich um 1,4% p.a. Die Einkommensentwicklung der Bevölkerung folgt in Österreich dem Trend der letzten 20 Jahre und bestimmt dadurch das Konsumverhalten.

Im Bereich Transport und Mobilität nimmt die Elektrifizierung weiter zu. Der Energieverbrauch der mit Verbrennungsmotoren betriebenen PKW-Flotte sinkt durch die Senkung des Durchschnittsverbrauchs auf drei Liter pro 100 km leicht.

Das Modell zeigt: Die aggregierte Energieeffizienz steigt in diesem Szenario jährlich um 0,7% und damit schwächer als im Effizienzzenario (1,0 %), aber stärker als im Stagnationsszenario (0,5%).

Die Überalterung der europäischen Bevölkerung setzt sich weiter fort und zieht wirtschaftliche Konsequenzen nach sich. Die Urbanisierung nimmt europaweit stark zu. 2030 leben weltweit 5 der erwartenden 8 Milliarden Menschen in Städten.

3.1.2 "Stagnation"

Das Stagnationsszenario nimmt eine Entwicklung an, die schlechter ist als die im Current Policies Szenario. Das Ungleichgewicht in der globalen Wirtschaft steigt und speziell die USA und China sind die Gewinner in diesem Szenario.

Wirtschaftliche Abschottung und Protektionismus, eine global geringere Wirtschaftsdynamik, Ressourcenkonflikte und geringere Investitionen in neue Produktion führen in diesem Szenario zu internationalen Energiepreisen auf vergleichsweise hohem Niveau, wobei fossile Energien

noch immer stark im Energiemix vertreten sind. Die Gesellschaft ist stark konsumgetrieben, Energiesparen und Klimaschutz haben keine hohe Priorität.

Auch hier zeigen sich die Folgen des Klimawandels deutlich, es kommt aber wie auch im Current Policies Szenario nur zu regional begrenzten Gegenmaßnahmen, die global wenig Wirkung haben.

Der CO₂-Zertifikathandel bleibt ohne nennenswerte Effekte. Die Stromproduktion ist prinzipiell CO₂-belastet, CCS ("Carbon Capture and Storage") konnte sich aufgrund der nachhaltig günstigen CO₂-Zertifikate nicht durchsetzen.

Ab 2035 kehrt ein neuer Realismus im Umgang mit Energiepolitik ein und die Faktoren Energiesicherheit und Zugang zu erschwinglicher Energie erhalten wieder eine höhere Priorität als in den frühen Jahren der Energiewende in der EU.

EU-Klimaschutzziele sind intern heftig umstritten und nationale Prioritäten rücken in den Vordergrund. Klimagipfel münden in nachhaltiger Hoffnungslosigkeit.

Das rückläufige BIP vieler Staaten – reales BIP-Wachstum in Österreich: 1,0% – sorgt für zusätzlichen Druck auf den Arbeitsmarkt, Löhne und Gehälter sinken. Die soziale Schere klafft weiter auseinander, soziale Differenzen sind auf dem Höhepunkt. Aufgrund der geringeren Einkommensdynamik sinkt die Nachfrage nach allen Konsumgütern.

Aufgrund der schlechten wirtschaftlichen Entwicklung geht die Exportnachfrage zurück, was im Modell auch die Energienachfrage in der Produktion auf 0,4% senkt. Es kommt zu einer größeren Anzahl von Handelsbarrieren und zu einem neuen Erwachen der nationalen Interessen. Regierungen beginnen wieder, im Sinne einer Industrie- und Standortpolitik zu denken und zu handeln. Es entwickeln sich innerhalb der großen Wirtschaftsräume regionale Zentren der Wirtschaft, die auch in einer Phase der Stagnation durch ihre Präsenz im regionalen Markt überlebensfähig sind.

Aufgrund der geringeren Investitionen und einer geringeren Erneuerungsrate von dauerhaften Konsumgütern steigt die Effizienz im Bereich Transport und Mobilität wesentlich weniger stark als im „Current Policies“ Szenario. Die Elektrifizierung nimmt zwar zu, bleibt aber auf relativ niedrigem Niveau. Im Produktionssektor sorgen die hohen internationalen Energiepreise jedoch für eine Erhöhung der Energieeffizienz und eine tendenzielle Reduktion des Energieverbrauchs.

Wie die Quantifizierung im Modell zeigt, steigt die aggregierte Energieeffizienz im Stagnationsszenario mit nur 0,5% im Vergleich zu den anderen Szenarien am wenigsten.

Die europäische Bevölkerung überaltert in diesem Szenario rapide. Durch eine restriktive Einwanderungspolitik und stagnierende bzw. sinkende Geburtenraten, schrumpft die Bevölkerung. Das führt zu einer Spirale aus rapider Alterung und Xenophobie, sowie daraus resultierendem wirtschaftlichen Niedergang. Abschottung der Mitgliedsstaaten plus interne Desintegrationstendenzen führen zu einem mangelnden Erneuerungspotential für die europäische Wirtschaft.

3.1.3 "Effiziente Zukunft"

Negative Schlagzeilen zu global verbreiteten ökologischen Missständen sorgen für erhöhten öffentlichen Druck und zwingen die Politik zur sukzessiven Einführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltbilanzen. Es herrscht ein globaler Konsens darüber, dass Umwelt ein

schützenswertes Gut ist, für dessen Erhaltung zusätzliche Ressourcen aufgewendet werden müssen.

Der Staat greift vermehrt zu Steuerungsinstrumenten, um die Nachhaltigkeit der Energieversorgung zu gewährleisten (Reduktion des Einsatzes von fossilen Energieträgern, Förderung erneuerbarer Energien, Reduktion von CO₂-Emissionen und anderen Treibhausgasen). Der Druck zur Etablierung eines transparenten CO₂-Footprints steigt und der Energiemix verschiebt sich zusehends in Richtung der Erneuerbaren Energien.

Im Energiemix steigt der Anteil der Erneuerbaren Energien, insbesondere Photovoltaik und Wind, stärker als in den anderen Szenarien an. Insgesamt sinkt der Energieverbrauch durch Steigerungen der Effizienz in Haushalten sowie im Verkehr und Transport.

Die Weltmarktpreise für Energie weichen für die meisten Energieträger nur marginal vom Current Policies Szenario ab. Dem liegt die Annahme eines geringen „Green Paradox“ Effektes zugrunde. Für Erdgas wird in diesem Szenario allerdings ein deutlich höherer Preis angenommen, da die Ausbeutung von Schiefergas in diesem Szenario aus Umweltschutzgründen weitgehend unterlassen wird.

Der Preis für CO₂ Emissionszertifikate liegt relativ hoch und energieintensive Industrien werden dadurch benachteiligt, allerdings bleiben die volkswirtschaftlichen Effekte insgesamt in einem sehr verträglichen Rahmen. Es kommt nur vereinzelt und zu Beginn der Szenarioperiode zu „Leakage“ und Abwanderung von Industriebetrieben in Regionen mit niedrigeren CO₂-Preisen. Gegen Ende der Szenariophase wird die CO₂-Besteuerung global weitgehend harmonisiert.

Der lenkende Staat setzt nicht nur Anreize für eine Energiewende, sondern sorgt auch mit einer präventiven Einkommensumverteilung (national und international) für stabile gesellschaftliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen.

Transport und Mobilität sind in diesem Szenario grundsätzlich teuer. Eine Einstellungs- und Verhaltensänderung in der Bevölkerung führt zu weniger Fahrleistung. Die Elektrifizierung steigt hier am stärksten an.

Die österreichische Wirtschaft gewinnt wieder merklich an Dynamik. Das BIP nimmt jährlich real um 1,6% zu. Allerdings verschlechtert der hohe Preis für CO₂-Emissionszertifikate die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen und auch österreichischen Industrie auf dem Weltmarkt. Dadurch sinkt der Export Österreichs gegenüber dem Current Policies Szenario, und damit auch die heimische Produktion, Wertschöpfung und Energienachfrage.

In diesem Szenario wirken sowohl Bewusstseinsänderung der Bevölkerung als auch die Energiepolitik bzw. die Wirtschaftspolitik im Allgemeinen in Richtung einer starken und dauerhaften Verbesserung der Energieeffizienz. Die privaten Haushalte investieren verstärkt in neue Technologien und reduzieren den Energieverbrauch zusätzlich durch energiesparendes Verhalten im Verkehrsbereich. Die jährliche Verbesserung der aggregierten Energieeffizienz ist hier mit 1,0% am höchsten.

Die Überalterung der Europäischen Gesellschaft ist ein Faktum, das nicht wegzuleugnen ist, aber die Lebenseinstellung zum Altern ändert sich. Durch „Active Ageing“ leisten die Menschen länger einen positiven Beitrag zur Gesellschaft. Österreich ist in diesem Szenario ein attraktives Zuwanderungsland und stellt sich dem internationalen Wettbewerb um hochqualifizierte Menschen aus allen Weltregionen.

Extrem-Szenario „Effiziente Zukunft plus“: Alleingang Österreichs bei Ökostromgesetz

In diesem Fall will die Regierung weitreichendere Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Verminderung von CO₂ setzen und findet dafür in der Bevölkerung – zumindest anfänglich – Zustimmung.

Es kommt zu einer Erhöhung der Energiepreise (Strom, Wärme) um 15% durch zusätzliche nationale Belastungen, z.B. eine Umlage wie das EEG oder durch Kosten für verstärkten Ausbau der Erneuerbaren und Netze. Alle werden gleich belastet – die energieintensiven Sektoren nicht ausgenommen.

Durch dieses Vorgehen werden einige Sektoren massiv in Mitleidenschaft gezogen. Es kommt zur Abwanderung energieintensiver Industrie.

3.2 "Current Policies"

Folgende Faktoren charakterisieren das "Current Policies" Szenario:

- Marktkräfte dominieren, Politik flankiert
- Globale Zusammenarbeit ohne Nachhaltigkeit
- CO₂-Besteuerung ohne Steuerungseffekt
- USA gewinnt durch billige Gaspreise
- EU verliert: Abwanderung findet bereits statt
- Folgen des Klimawandels sichtbar
- Soziale Schere öffnet sich weiter
- Klimaschutz nur mit begrenzter, lokaler Wirkung

3.2.1 Energie und Umweltschutz

Der Klimawandel und dessen Folgen zeigen spürbare globale Effekte, welche aber nur zu regionalen Bemühungen führen, die Auswirkungen zu begrenzen. Aufgrund der zunächst weiter steigenden Treibhausgasemissionen und der Langfristigkeit ihrer Klimawirkung würde eine Umstellung des Energiesektors für Dekaden ohne Wirkung bleiben. Notwendige Investitionen fließen primär in die Stabilisierung des weltweiten Wirtschaftswachstums. Die konsequente Ausrichtung nationaler und internationaler Politik auf dieses Wirtschaftswachstum sorgt tendenziell für eine Anhebung des global gemittelten Wohlstandes, obgleich es weiterhin gravierende regionale Unterschiede gibt.

Im EU27-Raum hat Klimapolitik immer noch hohe Priorität, in anderen Regionen hat die Wirtschaft Vorrang. China, Brasilien und Indien sehen die Klimaproblematik, werden aber durch den Anspruch der Bevölkerung zunächst gezwungen, wirtschaftliche Interessen zu priorisieren.

Die USA forcieren unkonventionelle fossile Ressourcen, vor allem Gas zu Beginn und später auch alternative flüssige Energieträger, um sich von der Versorgung durch den mittleren Osten zu entkoppeln und die Wirtschaft weitgehend von ölpreisinduzierten Entwicklungen zu trennen. Billige Gaspreise führen bis 2030 zu verstärktem Wachstum und Ansiedlung energieintensiver Industrien. Das Wirtschaftswachstum ist in den USA höher als im globalen Mittel.

Russland ist gezwungen, die Indizierung des Gaspreises 2025 aufzugeben, auch aufgrund von Verlusten durch alternatives Sourcing in Europa. Auch in der EU wird unkonventionelles Gas gefördert, ab 2020 zunächst nur in Polen, später auch in anderen Ländern. Es entwickelt sich ein europäischer Gasmarkt mit einem eigenen europäischen Gaspreis.

Strompreise steigen zu Beginn durch den weiteren Ausbau von erneuerbaren Energien an, sinken aber bis 2025 wieder durch den höheren Gasanteil im Primärenergiebereich. Die Konkurrenz durch Gas lässt erneuerbare Energien langsamer wachsen, aber ihr Anteil ist dennoch bereits signifikant. Gas ist eine Brückentechnologie und bildet gegen Ende der Szenariophase die Basis für den erweiterten Ausbau von erneuerbaren Energien.

Der Anteil an erneuerbaren Energien bleibt über Dekaden auf konstantem Niveau, auch wenn der Zubau weiter steigt. Die Integration von erneuerbaren Energien findet vornehmlich in Regionen statt, in denen sich diese Lösung als wirtschaftlich konkurrenzlos darstellt.

In Europa nimmt die Rolle der Biokraftstoffe eine untergeordnete Rolle ein, da die Entwicklung der Methoden der 2. Generation (basierend auf pflanzlichen Abfallprodukten oder Rohstoffen wie z.B. Stroh, Holz, etc.) zu spät kommt und zu teuer ist, und Verfahren der 1. Generation (basierend auf Pflanzen der Nahrungsmittelkette wie z.B. Mais, Raps und Palmöl) politisch nicht durchsetzbar sind. Ihr Anteil bleibt in Europa im Schnitt unter 10%.

3.2.2 Flankierender Staat, dominierende Marktkräfte

Die Staaten setzen nur lokale und begrenzte Anreize für eine Energiewende und damit verbundene erforderliche Investitionen, um Bevölkerung und Wirtschaft nicht über Gebühr zu belasten und das Risiko einer negativen Einkommensverteilung zu vermeiden.

3.2.3 Einkommensverteilung

Der Wohlstand steigt in diesem Szenario global im Mittel an, es kommt allerdings vor allem ab Mitte der 2020er Jahre immer mehr zur Öffnung der "sozialen Schere" und auch zu gesellschaftlichen Konflikten zwischen den gefühlten Verlierern und den Gewinnern des Systems. Eine höhere Arbeitslosenrate trägt dazu bei, soziale Spannungen auch in Österreich zu verschärfen. Durch die anhaltend niedrige Wirtschaftsleistung im EU-Raum sind Regierungen gezwungen, Sparmaßnahmen im Sozialbereich weiterzuführen. Dadurch sind die staatlichen Gestaltungsmöglichkeiten zur Vermeidung der sozialen Spannungen sehr begrenzt.

3.2.4 Industriestruktur

Die Modellrechnung zeigt in diesem Szenario hohe Wachstumsraten in der heimischen Produktion, während sich sowohl im Stagnationsszenario (aufgrund der geringeren

weltwirtschaftlichen Dynamik), als auch im Szenario "Effiziente Zukunft plus" (aufgrund der Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit im Export) ein niedrigeres Produktionswachstum ergibt. Der Produktionswert steigt laut Modell im Current Policies Szenario jährlich um 2,2%, also mehr als die Wertschöpfung, die um 1,8% p.a. steigt. Dadurch steigt auch die Energienachfrage im Produktionsbereich um 1,4% jährlich.

Eine CO₂-Komponente in der Besteuerung von Waren und Warenströmen verteuert zwar grundsätzlich den Transport, die Effekte werden im Modell aber weitestgehend durch Effizienzgewinne neutralisiert. Der Standortvorteil der USA im globalen Wettbewerb führt zu einer verstärkten Abwanderung von energieintensiven Betrieben aus dem EU-Raum in die USA.

3.2.5 *Transport und Mobilität*

Beim Energieverbrauch im Bereich der Mobilität (PKW-Verkehr) ergibt sich im Current Policy Szenario ein leichter Rückgang aufgrund der Verbesserung in der Effizienz der PKW-Flotte: Der Durchschnittsverbrauch der mit Verbrennungsmotoren betriebenen PKW-Flotte sinkt bis 2050 auf drei Liter pro 100 km.

Die Wirtschaftsverflechtungen sind immer noch transportintensiv, aber der Effizienzgedanke sorgt für eine verstärkte Verlagerung des Transports in Richtung Schiene. Der Individualverkehr wird durch die Stärkung des ÖPNV im Wachstum leicht gebremst. Die Elektrifizierung im Transportsektor nimmt weiter zu, die Wirtschaftlichkeit ist aber nur in bestimmten Anwendungsfällen gegeben.

Aufgrund sinkender Batteriekosten kann sich die Elektromobilität im Individualverkehr in Österreich aber nach und nach etablieren. Herangeführt werden die Kunden an die Elektroautonutzung über Plug-in-Hybrid-Modelle als Zwischenlösung. Es wird für die Konsumenten normal, ihr Auto zuhause anzustecken. Elektroautos setzen sich zuerst vor allem als kleine Zweitwagen durch (z.B. Elektro-Smart mit 200-250 km Reichweite). Nachdem die Gemeinden zwar viel angekündigt, aber nicht gehandelt haben, ergreifen die Infrastruktur-Anbieter – bestehende Energieversorger und neue Entrepreneure – die Initiative und schaffen die geeigneten Rahmenbedingungen und die notwendige Infrastruktur. Das Kundeninteresse bleibt zwar lange Zeit zurückhaltend, da Elektroautos als Statussymbol mangels PS-Stärke etc. schwer verkauft werden können, kann aber langfristig durch eine attraktivere Preisgestaltung und höhere Reichweiten geweckt werden.

Nach großen Anlaufschwierigkeiten aufgrund zu hoher Kosten der Ladestationen und fehlender Skaleneffekte entdecken Firmen Elektromobilität als Flotten-Lösung. Elektroautos werden leistbar. Der Staat gleicht fehlende Steuereinnahmen aus der Mineralölsteuer durch andere Steuern, nicht durch die höhere Besteuerung und dadurch Verteuerung von Elektroautos aus. Elektromobilität für LKWs ist eine große Herausforderung, wird von Firmen aber weitgehend vernachlässigt. Die Umstellung ganzer LKW-Flotten bleibt eine Utopie.

Starker Treiber in der Entwicklung ist hier der asiatische Bereich. China versteht es geschickt, große E-Mobility Projekte voran zu treiben, in denen die Wertschöpfung aber großteils bei chinesischen Firmen selbst liegt, und nicht wie erhofft Technologie von westlichen Firmen gekauft wird. 80% der Batterien werden in Asien hergestellt. China hat sich, zusätzlich zu den

nationalen Vorkommen, auch im Ausland langfristige Optionsverträge für seltene Erden gesichert.

Die Wasserstoffzelle kann sich nicht vor 2030 durchsetzen. Hier scheitert es in Österreich am notwendigen Infrastrukturausbau und an den hohen Kosten. Die EU treibt diese Technologie zwar voran, die Anbieter dafür bleiben aber aus.

Der umfassende Einsatz des Internet 3.0 sowie 4.0 sorgt für eine Reduzierung des globalen geschäftlichen Reiseaufkommens und damit für eine Limitierung im Flugverkehr. Gleichzeitig eröffnet dies aber die Möglichkeit neuer, internetbasierter (Waren-)Dienstleistungen, die zu einem erhöhten regionalen Transportaufkommen führen.

3.2.6 Wirtschaftliche Entwicklung international

Auf EU Ebene stagniert die Wirtschaftsentwicklung bis 2016 und die Vertrauenskrise bildet sich nur sehr langsam zurück. Fehlende Reformen, aufgeblähte Apparate und Doppelgleisigkeiten die dazu dienen, nationale Interessen zu befriedigen, fordern ihren Tribut, und strukturelle Anpassungen dauern länger als erwartet. Die südeuropäischen Länder machen eine harte Anpassungsrezession durch, die auch das Wachstum in Mittel- und Osteuropa dämpft. Zunehmend verliert auch das Wirtschaftswachstum in Deutschland an Fahrt.

Die USA gewinnen einen Teil ihrer ehemaligen Stärke im Exportbereich und in der industriellen Produktion zurück. Billige Energiegewinnung aus Schiefergas und Schieferöl sind eine wesentliche Triebfeder der Reindustrialisierung. 3 Millionen neue Jobs werden auf diese Weise bis 2016 in den USA geschaffen, vor allem auf Kosten der Produktion in den konkurrierenden Wirtschaftsräumen China und EU. Für eine steigende Anzahl von Unternehmen wird es kostengünstiger und attraktiver, in den USA zu produzieren, vor allem in den energieintensiveren Sektoren der Wirtschaft. Durch die vermehrte Produktion kommt es zu einem Rückgang der amerikanischen Importe und einer signifikanten Verbesserung der Handelsbilanz (60% in 2012).

Die EU fällt stark hinter die USA und China zurück und es fehlen die Mittel, um in Bereichen wie Gesundheit, Pensionssysteme, Innovation und Energie zu investieren. Spekulationen über das Abgehen vom Konsolidierungskurs verunsichern die Finanzmärkte und führen zu einer Verschlechterung der Finanzierungsbedingungen für Konsumenten und Unternehmen.

Es kommt zu einer steigenden Abhängigkeit der EU von Energieimporten.

3.2.7 Wirtschaftliche Entwicklung Österreichs

Das schwache internationale Umfeld bremst die Wirtschaftsentwicklung in Österreich weniger als erwartet. Die heimische Produktion steigt jährlich um hohe 2,2% und damit mehr als die Wertschöpfung, die um 1,8% p.a. wächst.

Die Stagnation im Euroraum ist aber langwieriger als erwartet. Besonders schwach fällt die Handelsdynamik im Euroraum aus und in Folge kommt es zu einer steigenden Anzahl von Insolvenzen von KMUs. Der resultierende Anstieg der Arbeitslosigkeit nach 2016 auf über 10% verschärft die sozialen Spannungen im Land. Die gefühlten sozialen Verlierer greifen

zunehmend zu Massen- und Billigprodukten – meistens aus dem Ausland – und verschärfen dadurch ungewollt die eigene wirtschaftliche Situation.

Mehr als 50% der ländlichen Gebiete schrumpfen durch verstärkte Abwanderung aufgrund mangelnder Perspektiven für die Jugend und verlieren deutlich an Bevölkerung. Im Zeitraum 2020 bis 2050 bilden sich vermehrt urbane Zentren um die großen Städte (Wien, Graz, Linz), die einen relativ gut entwickelten Dienstleistungssektor sowie Niedriglohnarbeitsplätze in großer Zahl aufweisen können.

Die Staatsverschuldung steigt ab 2016 wieder stärker an und bedingt durch die prekäre Lage der öffentlichen Haushalte werden wohlfahrtsstaatliche Leistungen vermehrt gekürzt. Soziale Spannungen in der Bevölkerung steigen und ab 2020 kommt es besonders in den urbanen Zentren zu gewaltsamen Demonstrationen und Konfrontationen zwischen Jugendlichen und der Staatsgewalt.

3.2.8 *Steigerung der Energieeffizienz*

Die Modellrechnung zeigt im „Current Policies“ Szenario eine jährliche Verbesserung der Energieeffizienz (= die Differenz zwischen der BIP-Wachstumsrate und der Wachstumsrate des energetischen Endverbrauchs) von 0,7%. Das liegt im Mittelfeld zwischen „Stagnation“ und „Effiziente Zukunft“. Effizienzsteigerungen werden oft durch Rebound-Effekte kompensiert.

Im Gebäudesektor kommt es vor allem im Neubau zu einer Welle an Investitionen, welche die energetische Effizienz als Ziel haben, aber aus rein wirtschaftlichen Gründen getrieben werden. Der Energieverbrauch von Wohn- und Bürogebäuden konnte aufgrund einer massiven Zunahme des Gebäudebestands gegenüber dem Jahr 2020 nicht reduziert werden, hält sich aber auf konstantem Niveau. Niedrigenergiehäuser in gemäßigten Regionen sind im Neubau Standard. Die Sanierungsrate des Altbaubestandes ist verhältnismäßig gering, vor allem die Teilsanierung (Heizungsbestand) wirkt sich positiv aus. Ölbasierte Heizungsanlagen sind zu Gunsten von Gas, Strom und Fernwärme weiter rückläufig.

3.2.9 *Demographie*

Die Überalterung der europäischen Bevölkerung setzt sich weiter fort und zieht wirtschaftliche Konsequenzen nach sich. Bei einem höheren Altersdurchschnitt der Bevölkerung geht der Anteil der steuerzahlenden Bürger zurück, die Steuerlast des einzelnen steigt. Da neue Unternehmen zumeist von 25- bis 44-Jährigen gegründet werden, ist auch mit einem Rückgang neuer unternehmerischer Tätigkeit und der Innovationskraft zu rechnen.

Die Urbanisierung nimmt europaweit stark zu, wodurch sich gleichzeitig auch der Lebensstandard in den Städten dramatisch verändert. Im Jahre 2030 leben weltweit fünf der erwarteten 8 Milliarden Menschen in Städten.

3.2.10 *Politische Entwicklung*

Durch die Eurokrise stark unter Druck gekommen, tritt die EU bis 2015 zunächst noch als von außen wirkende moralische Instanz mit wirtschaftlichen Sanktionen auf. Dies erzeugt jedoch innerhalb der von der Krise am meisten befallenen Mitgliedsländer steigende Ressentiments.

Dabei versucht die EU-Kommission verbissen, Gemeinsamkeiten zu finden und den europäischen Weg weiter zu beschreiten, findet sich aber in zunehmenden Maße isoliert und im Widerspruch zum Ministerrat. Wichtige Beschlüsse für EU Reformen scheitern immer wieder am Veto einzelner Mitgliedsstaaten.

Die Schwäche der EU wird verschärft durch eine Funktions- und Legitimationskrise innerhalb der Mitgliedstaaten, die nicht fähig sind, den wirtschaftlichen und sozialpolitischen Reformstau aufzulösen. Die Krise der nationalen politischen und sozialen Systeme belastet nicht nur die Mitgliedstaaten, sondern auch das Verhältnis der Bürger zur EU.

Auch in Österreich nehmen alte Ressentiments gegen die EU zu. Selbst die Parteien der Mitte, die sich vor kurzem noch als Europäer profiliert haben, nutzen die Stimmungslage im Lande, um eigenes Versagen zu kaschieren und Stimmen zu gewinnen. Es gibt eine steigende Abwendung der Menschen von der regierenden politischen Elite und Wahlbeteiligungen fallen regelmäßig unter 50%.

3.3 Stagnation

Im Szenario "Stagnation" bestimmen die folgenden Charakteristika die Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft:

- Wirtschaftspolitik dominiert
- Zunahme von Barrieren
- Günstige Energie ist wichtig
- USA/China gewinnen
- EU und RoW verlieren
- Folgen des Klimawandels sichtbar
- Soziale Schere öffnet sich weiter
- Konsum ist gesellschaftliches Ziel

3.3.1 Energie und Umweltschutz

Die langjährige globale Rezession sowie der Mangel an Investitionen destabilisieren auch die sozialen Gefüge innerhalb der traditionellen Öl- und Gas-produzierenden Länder im Mittleren Osten und sorgen für länger anhaltende Krisen in der Verfügbarkeit konventioneller fossiler Energieträger. Notwendige Upstream-Investitionen bleiben aus, was zu einer längerfristigen Senkung der Produktivität führt und die Energiepreise auf vergleichsweise hohem Niveau hält. Der Klimawandel und dessen Folgen zeigen spürbare globale Effekte, welche aber nur zu regionalen Bemühungen führen, die Auswirkungen zu begrenzen. Im Zuge der Wirtschaftskrisen sinkt die Emission klimarelevanter Gase. Der CO₂-Zertifikathandel bleibt ohne nennenswerte Wirkung und auf Grund der langfristigen Wirkung der bisher emittierten klimarelevanten Gase bleiben positive Effekte für Dekaden aus. Investitionen in erneuerbare Energien können nur in sehr begrenztem Umfang getätigt werden, da parallel notwendige Investitionen in Infrastruktur und Leitungsnetze weitgehend ausbleiben. Klimaschutz spielt nur eine regional begrenzte Rolle. Stromproduktion ist grundsätzlich CO₂-behaftet, CCS konnte sich aufgrund der nachhaltig günstigen CO₂-Zertifikate nicht durchsetzen.

Lokale Umweltbelastungen in urbanen Regionen nehmen stark zu und steigende Gesundheitsschäden sind die Folge. Partielle Initiativen von Städten und Gemeinden nehmen zu, um lokale Emissionen und Schäden zu begrenzen. Die Unzufriedenheit der Bevölkerung in entwickelten Regionen steigt aufgrund zu langsamer Reaktion der Politik und geringer Wirkung der Maßnahmen im globalen Kontext.

Ab 2035 kehrt ein neuer Realismus im Umgang mit Energiepolitik ein und die Faktoren Energiesicherheit und Zugang zu erschwinglicher Energie erhalten wieder eine höhere Priorität als in den frühen Jahren der Energiewende in der EU. Dezentral bzw. lokal findet die Erzeugung erneuerbarer Energien noch Anwendungen. Die Stromerzeugung aus Atomkraft nimmt weiter zu, vor allem in Ländern, die die sonst zur Stromerzeugung benötigten Primärenergieträger andernfalls importieren müssten. Entwicklungsländer bleiben auf dem Entwicklungsstand von 2020. Zugang zu Energie ist immer noch unzureichend.

In den USA, China und Australien werden neue, unkonventionelle Quellen fossiler Energieträger erschlossen, deren Exploration allerdings mit nachhaltigen Schäden für Umwelt und Natur verbunden ist. Auch der Anteil von Kohle als Primärenergieträger nimmt global weiter zu, da große Mengen an billiger Kohle vorhanden sind und deckt vor allem regionale Bedürfnisse ab. Der Energiemarkt wird neu strukturiert – die ehemaligen Hauptproduzenten von Öl und Gas verlieren an Gewicht. Gas- und Ölpreise sind entkoppelt. Die Sicherung der Verfügbarkeit fossiler Energieträger wird zunehmend durch bilaterale Handelsabkommen gestützt.

3.3.2 *Regulierung vs. freie Marktwirtschaft*

Global gesehen spielt der CO₂-Handel keine Rolle und Klimagipfel münden in nachhaltiger Hoffnungslosigkeit bzgl. einer globalen Einigung. CCS konnte sich global gesehen nicht etablieren und wird nur für EOR (Enhanced Oil Recovery) eingesetzt.

Die EU verliert mittelfristig an Einfluss und Teile der EU entwickeln fossile Energieträger auf der Basis von Kohle und unkonventionellem Gas (z.B. die Ukraine und Polen). EU-Klimaziele sind intern heftig umstritten und nationale Prioritäten rücken in den Vordergrund. Der Zugang zu günstiger Energie gelingt nicht allen gleichermaßen gut und führt zu einem „Patchwork“ an Technologielösungen.

3.3.3 *Einkommensverteilung*

Das rückläufige BIP vieler Staaten sorgt für einen zusätzlichen Druck auf deren Arbeitsmarkt, in dessen Folge Löhne und Gehälter sinken. In vielen Regionen wird daher die soziale Schere größer, in Krisengebieten gibt die Kaufkraft massiv nach. Viele Entwicklungsländer stehen noch auf dem Stand von 2020, das Bevölkerungswachstum ist ungebrochen und belastet die Staaten sehr.

Auch an Österreich geht die globale Krise nicht spurlos vorbei. Durch einen starken Rückgang der Exporte steigt die Anzahl der Menschen ohne Arbeitsplatz und das soziale Gefüge steht zunehmend unter Druck. Infolge dessen kommt es zu einem verstärkten Aufklaffen der sozialen Schere und zu realen Einkommensverlusten in weiten Teilen der Bevölkerung. Die sozialen Differenzen sind – trotz politischer Bemühungen, dem entgegen zu wirken – auf einem Hochpunkt.

3.3.4 *Industriestruktur*

Die Modellrechnung ergibt für die Szenarien "Stagnation" und "Effiziente Zukunft plus" aus unterschiedlichen Gründen ähnliche Trends beim Energieverbrauch des Produktionsbereiches. Im Szenario "Stagnation" verringert sich die Exportnachfrage aufgrund einer schlechteren weltwirtschaftlichen Entwicklung, wohingegen im Szenario "Effiziente Zukunft plus" hohe Strompreise der Grund für den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit sind und eine reduzierte Exporttätigkeit und heimische Produktion zur Folge haben. In der unterschiedlichen Entwicklung der Produktionswerte zwischen den Szenarien zeigt sich nochmals die Wechselwirkung zwischen Energiesystem und Ökonomie.

In diesem Szenario kommt es zu einer größeren Anzahl von Handelsbarrieren und zu einem neuen Erwachen der nationalen Interessen. Es wird wieder vermehrt lokal produziert und die Schaffung und Erhaltung von lokalen Arbeitsplätzen bekommt angesichts der schlechten globalen Wirtschaftslage eine hohe Priorität. Besonders betroffen sind die stark exportorientierten Sektoren der europäischen Wirtschaft und es kommt zu einer Serie von Übernahmen und einer Marktkonzentration in diesen Sektoren innerhalb der EU. Regierungen beginnen wieder im Sinne einer Industrie- und Standortpolitik zu denken und zu handeln. Es entwickeln sich innerhalb der großen Wirtschaftsräume regionale Zentren der Wirtschaft, die auch in einer Phase der Stagnation durch ihre Präsenz im regionalen Markt überlebensfähig sind.

3.3.5 *Transport und Mobilität*

Im Stagnationsszenario bleibt der Verbrauch für Mobilität in der Modellrechnung in etwa gleich, da die Effizienz der PKW-Flotte wesentlich weniger stark steigt und aufgrund des nicht energiesparenden Verhaltens der Haushalte die Fahrleistung höher liegt als im „Current Policy“ Szenario.

Die Effizienz des Fuhrparks steigt nur langsam, da Fahrzeuge länger im aktiven Gebrauch stehen.

Auch das globale Transportaufkommen bewegt sich auf eher konstantem Niveau, ist aber global sehr heterogen verteilt. Die Elektrifizierung des Transportsektors hat bis 2030 zugenommen, bleibt aber auf Grund zusätzlich notwendiger Investitionen auf niedrigem Niveau.

Der umfassende Einsatz des Internet 3.0 sowie 4.0 sorgt für eine leichte Optimierung im Bereich global verteilter Entwicklungsarbeiten im IKT Bereich. Erforderliche Konsolidierungen in großen Firmen ziehen ein gewisses Maß an Neuallokation von Entwicklung und Fertigung nach sich. Der Flugverkehr geht zurück, der Anteil an exklusiveren Urlaubreisen nimmt hingegen zu.

3.3.6 *Wirtschaftliche Entwicklung (inkl. Energiepreisentwicklung)*

China und wenig später auch die USA verfügen über ausreichende Mengen an günstiger Energie, um lokales Wirtschaftswachstum zu generieren (durch Energiegewinnung aus Kohle bzw. unkonventionellem Erdgas).

Es kommt zu Ressourcenkonflikten und in weiterer Folge zu bilateralen Abkommen. Russland erstarkt politisch, wie auch wirtschaftlich durch rohstoffbezogene Einnahmen und Exporte energieintensiver Güter. Gleichzeitig werden Bemühungen für einen weitreichenden CO₂-Handel blockiert.

Rohölpreise steigen bis 2020 immer wieder periodisch an, da der weltweite Bedarf steigt, unzureichende Investitionen in die Infrastruktur getätigt werden und das Angebot durch politische Unruhen sehr volatil ist. Die OPEC-Politik steuert die relativ hohen Preise so, dass die Nachfrage erhalten bleibt. Sinkende Nachfrage aus den USA aufgrund zunehmender Eigenversorgung (unkonventionelles Erdgas und Öl) sowie aus dem Europäischen Raum aufgrund der demographischen wie wirtschaftlichen Entwicklung, wird durch die stark steigende Nachfrage aus China und anderen Schwellenländern ausgeglichen. Peak Oil Effekte werden hinausgezögert (post 2035). In Schwellenländern müssen fossile Rohstoffe weiter subsidiert werden, um soziale „Verträglichkeit“ zu gewährleisten.

Lokal begrenztes Wirtschaftswachstum, Barrieren und teure Energieimporte lassen parallel massive Investitionen in erneuerbare Energien nicht mehr zu. Politisch ist die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern gewünscht, aber die Umsetzung zieht sich über einen längeren Zeitraum.

Die Weltwirtschaft entwickelt sich schlecht und schlittert als Folge der Eurokrise und einer stagnierenden chinesischen Wirtschaft ab 2014 in eine langjährige Rezession. Nationalstaaten ergreifen daher protektionistische Maßnahmen, um ihre Wirtschaft zu schützen und es kommt zu Handelsbarrieren, Schutzzöllen und gegenseitigen Schuldzuweisungen bei internationalen Verhandlungen der WTO. Im Jahr 2020 setzen die USA ihre Mitgliedschaft de facto aus, da keinerlei Fortschritte mehr erzielt werden können. Es kommt zu einer Serie von bilateralen Abkommen, vor allem zwischen den USA und China sowie anderen Schwellenländern wie Brasilien, und Südkorea.

In diesem Szenario haben sich für den größten Teil der Menschen die Verheißungen freier Märkte nur zum Teil oder gar nicht erfüllt. Der Standortwettbewerb ist eskaliert und viele Staaten haben unter dem Druck zunehmender Arbeitslosigkeit und gesellschaftlicher Konflikte neue Formen der Abschottung entwickelt – vor allem konkurrierende Wirtschafts- und Währungsblöcke.

In diesem Szenario reichen die herkömmlichen öffentlichen Finanzierungswege nicht mehr aus, um Investitionen in benötigte Infrastruktur für die Zukunft zu garantieren. Die Krise macht sich stark bemerkbar und die meisten EU Länder sind in ihren Investitionsmöglichkeiten für Langzeitinvestitionen in existierende Infrastruktur und Innovationen z.B. in den Bereichen Gesundheit, Mobilität, Energie, etc., stark eingeschränkt.¹ Das wirkt sich negativ auf den Lebensstandard der Bevölkerung aus. In Deutschland wird die Energiewende unter fadenscheinigen Argumenten vorerst ausgesetzt und Subventionen von Erneuerbaren Energien werden drastisch reduziert. Hohe Strompreise haben zuvor zu großangelegten Protesten der Bürger geführt, die den nötigen Ausbau der Netze weiter verzögert haben.

Nur wenige Regionen, darunter China, Australien und vor allem die USA, zeigen ein höheres Wirtschaftswachstum, da es möglich war, sich durch die Entwicklung von

¹ vgl. Global Europe 2050, S 27

Schiefergasressourcen im großen Maßstab rechtzeitig von Öl- und Gasimporten zu entkoppeln.

3.3.7 *Wirtschaftliche Entwicklung Österreichs*

Das österreichische BIP entwickelt sich im EU-Vergleich mit nur 1% Wachstum schlecht, da die exportorientierten Sektoren in Österreich und Deutschland durch den Einbruch im Export in Drittländer sehr in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Fiskalpolitik unterliegt einem strengen Sparprogramm. Es kommt zu einer Verschärfung von sozio-ökonomischen Trennlinien, die sich unter anderem in einer verschärften Wahrnehmung eines „Verteilungskampfes“ um Mittel äußern.

3.3.8 *Energieeffizienz steigt kaum*

Die jährliche Verbesserung der aggregierten Energieeffizienz ist in der Modellrechnung im Stagnationsszenario – wie zu erwarten – mit 0,5% am niedrigsten.

Geringeres verfügbares Einkommen führt zu einer verstärkten Nutzung von „billigeren“ Energien und es kommt zu einer merklichen Schwächung der privaten Investitionen in erneuerbare Energien und Effizienzmaßnahmen, sofern diese nicht durch den Staat finanziert oder stark subventioniert sind. Zahlreiche KMUs, die in der Photovoltaik tätig sind, werden Opfer der wirtschaftlichen Realitäten und müssen ihren Betrieb einstellen.

Längere Produktzyklen durch fehlenden Konsum und mangelnde Bewusstseinsbildung führen im Szenario „Stagnation“ zu einem merkbaren Anstieg im privaten Energieverbrauch. Dieser Effekt, verstärkt durch die relativ hohen Energiepreise, erhöht die soziale Notsituation einkommensschwacher Familien und die Regierung sowie NGOs sehen sich in zunehmendem Maße gezwungen, soziale Hilfsprogramme zur Linderung von Energiearmut durchzuführen.

Trotz des globalen Bevölkerungsanstieges fällt die Zunahme des Gebäudebestandes eher moderat aus. Der spezifische Energieverbrauch ist etwas geringer, was vornehmlich auf die geringeren Wohn- und Büroflächen zurückzuführen ist.

Niedrigenergiehäuser in gemäßigten Regionen sind im Neubau durchaus Standard. Die Sanierungsrate des Altbaubestandes ist verhältnismäßig gering, vor allem die Teilsanierung (Heizungsbestand) wirkt sich positiv aus. Ölbasierte Heizungsanlagen sind weiter rückläufig zu Gunsten von Gas, Strom und Fernwärme. Im Vergleich zum Szenario „Effiziente Zukunft“ sind die Fortschritte im Rahmen der Gebäudesanierung allerdings wesentlich geringer.

3.3.9 *Demographie*

Ein niedriges globales Wirtschaftswachstum sowie eine fragmentierte Politik, die ausschließt und Barrieren errichtet, führt in diesem Szenario zu einem hohen Risiko von „gefangenen Bevölkerungen“ in ländlichen Gebieten (wenige Migrationsmöglichkeiten), aber auch in Städten (hohes Bevölkerungswachstum).

In der EU findet ein rasanter demographischer Wandel statt. Durch eine restriktive Einwanderungspolitik und stagnierende bzw. sinkende Geburtenraten, schrumpft die Bevölkerung. Die europäische Bevölkerung überaltert zudem rapide. Die Zirkulation von Humankapital findet verstärkt außerhalb der EU statt.

Dies verstärkt vorhandene demographische Trends und führt zu einer Spirale aus rapider Alterung und Xenophobie, sowie daraus resultierendem wirtschaftlichen Niedergang. Abschottung der Mitgliedsstaaten plus interne Desintegrationstendenzen führen zu einem mangelnden Erneuerungspotential für die europäische Wirtschaft. Das führt zu weiterer ökonomischer Stagnation mit den daraus resultierenden Brüchen der gesellschaftlichen, sozialen und institutionellen Landschaft.

3.3.10 Politische Entwicklung

Im Szenario „Stagnation“ kommt es nach 2014 zu einer Verlängerung der Eurokrise durch die überraschende Weigerung des Deutschen Bundestages, einer weiteren Aufstockung des ESM zuzustimmen. Überbordende Kosten der Energiewende, ein durch eine starke Stagnation der Exportwirtschaft angespannter Haushalt, sowie mangelnde Kompromissbereitschaft und Solidarität innerhalb der EU27 bringen das Fass schlussendlich zum Überlaufen.

Der politische und wirtschaftliche Schaden ist enorm. Die europäischen Märkte erleiden innerhalb einer Woche einen Werteverlust von 30% und es kommt zu einer dauerhaften Störung des EU-Konsens. Bis 2020 bildet sich ein Europa der verschiedenen politischen Lager und Geschwindigkeiten und es herrschen Misstrauen und nationale Interessen vor. Es kommt bis 2025 wiederholt zu Perioden, in denen keine Einigung beim EU-Budget erzielt werden kann und Budgets fortgeschrieben werden müssen. In Mitgliedsstaaten steigt die Euroskepsis stark an und Regierungen sehen sich immer stärker in Konfrontation mit ihren eigenen Bürgern.

Im Versuch, diese Risse zu kitten ist die EU in den folgenden Jahren immer mehr auf sich selbst konzentriert und verliert stetig an wirtschaftlichem und politischem Einfluss auf der globalen Bühne.

Die Idee der europäischen Gründergeneration weicht einem neuen europäischen Nationalismus. Neue europapolitische Akzente scheitern vermehrt an nationalen Referenden. Die überambitionierte und überhastete EU-Erweiterung überfordert die unveränderten Strukturen der Union und führt letztendlich zur Handlungsunfähigkeit. Heterogenität und Verteilungskämpfe werden unüberbrückbar.

Verteilungskämpfe und soziale Spannungen steigen vor allem in den bereits von der Krise am meisten betroffenen Gebieten. Es bildet sich eine „Festung Europa“, die im Innenverhältnis noch weitgehend liberalisiert ist, aber zunehmend auf geschlossene Grenzen setzt, um der Krise zu begegnen und negative Auswirkungen und Konkurrenz von aufstrebenden Märkten und Volkswirtschaften abzuschirmen. Im Jahr 2030 ist das Projekt Europa einem Zerfall gefährlich nahe.

Innerhalb der Mitgliedsstaaten kommt es in steigendem Maße zu einer Kluft zwischen Regierungen und ihren Bürgern. In einer Serie von Wahlgängen zu nationalen Parlamenten etabliert sich ein EU-weiter Trend der Zersplitterung der traditionellen Volksparteien. Neue Protestparteien der verschiedensten politischen Richtungen entstehen und verschwinden in rascher Folge. Um das Jahr 2020 spricht man von den „neuen 20er Jahren“ und es entsteht die „Weimarer Republik“ Europa, die durchzogen ist von Protestparteien auf nationalem Niveau, sowie im Europaparlament selbst.

Bürger fühlen sich von ihren Regierungen nicht repräsentiert und vernünftige Formen der direkten Demokratie können sich in einer solchen Atmosphäre kaum etablieren.

Die Stimmung in der österreichischen Bevölkerung ist von Politikverdrossenheit geprägt, die Bürger/innen partizipieren kaum bis gar nicht am politischen Prozess. Hinzu kommt eine starke Skepsis gegenüber der Europäischen Union die nach 2018 Rekordhöhen erreicht.

3.4 Effiziente Zukunft

Das Szenario "Effiziente Zukunft" ist bezüglich der ökonomischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen durch folgende Faktoren gekennzeichnet:

- Ressourcengetrieben
- CO₂-Perspektive
- Globaler Konsensus
- Regionale Umsetzung der Energiewende
- Globale Gebäudestandards
- CO₂-Steuer löst Emissionshandel ab (CO₂-Preis: 120 €/t)
- Energieeffizienz treibt Wirtschaft an
- Technologieprovider gewinnen

3.4.1 Energie und Umweltschutz

Negative Schlagzeilen durch ökologische Missstände in einigen Gebieten der Schiefergasgewinnung in den USA und China, sowie die ab 2025 die globalen Schlagzeilen dominierende Wasserkrise in einigen Teilen der Welt sorgen für erhöhten öffentlichen Druck und zwingen die Politik zur sukzessiven Einführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltbilanzen. Globaler Konsens existiert, dass Umwelt ein schützenswertes Gut ist, für dessen Erhaltung zusätzliche Ressourcen aufgewendet werden müssen.

3.4.2 Lenkender Staat

Der Staat greift vermehrt zu Steuerungsinstrumenten, um die Nachhaltigkeit der Energieversorgung zu gewährleisten (Reduktion des Einsatzes von fossilen Energieträgern, Förderung erneuerbare Energien, Reduktion von CO₂-Emissionen und andere Treibhausgase). Der Druck zur Etablierung eines transparenten CO₂-Footprints steigt. Der globale und regionale Emissionshandel hat sich selbst abgeschafft und wird durch eine CO₂-Besteuerung zunächst auf regionaler Basis ersetzt. Energieintensive Industrien werden dadurch benachteiligt, allerdings bleiben die volkswirtschaftlichen Effekte insgesamt in einem sehr verträglichen Rahmen und es kommt nur vereinzelt und zu Beginn der Szenarioperiode zu „Leakage“ und Abwanderung von Industriebetrieben in Regionen mit niedrigeren CO₂-Preisen. Gegen Ende der Szenariophase wird die CO₂-Besteuerung global weitgehend harmonisiert.

3.4.3 Einkommensverteilung

Der lenkende Staat setzt nicht nur Anreize für eine Energiewende, sondern sorgt auch mit einer präventiven Einkommensumverteilung (national und international) für stabile gesellschaftliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen. Hierfür werden die energiepolitischen Ausrichtungen von nationaler Sozialpolitik (Vermögenssteuern, einkommensabhängige Energieabgaben, progressive CO₂-Steuer) und internationaler Entwicklungspolitik forciert. Die staatliche Kontrolle wird verstärkt und das Risiko im Energiesektor zunehmend vom Staat getragen (Versorgungssicherheit ist Staatsaufgabe).

Das hohe Wohlstandsniveau und das stabile Sozialsystem führen zu einer hohen Inklusivität und Solidarität in der Gesellschaft. Zunehmende Transparenz, Offenheit und die Verfügbarkeit von Informationen führen zur Erhöhung der "Awareness" und Sensibilität der Gesellschaft für Ungleichbehandlung und Ungerechtigkeit – die beide abgelehnt werden.² Der soziale Zusammenhalt in der Gesellschaft ist sehr hoch und erlaubt eine hohe soziale Mobilität. Die soziale Schere schließt sich im Szenario „Effiziente Zukunft“ und die untersten 20% der Einkommenspyramide erzielen einen stetig höheren Lohn- und Profitanteil. Dieser Effekt alleine führt allerdings auch zu einem höheren Energieverbrauch durch die insgesamt gesteigerte Kaufkraft der Bevölkerung. Insgesamt ist in diesem Szenario das Vertrauen in den Staat und seine Institutionen hoch. Die gesellschaftliche Solidarität ist damit hoch und wirkt sich positiv für den Staat aus.

3.4.4 Industriestruktur

Der Trend des Szenarios "Effiziente Zukunft" im Hinblick auf den Energieverbrauch des Produktionssektors liegt in der Modellrechnung etwas unter dem „Current Policy“ Szenario, was hauptsächlich im geringeren Exportwachstum durch hohe CO₂-Zertifikatspreise begründet ist. In den Szenarien "Stagnation" und "Effiziente Zukunft plus" ergeben sich aus unterschiedlichen Gründen ähnliche Trends. Im Szenario "Stagnation" verringert sich die Exportnachfrage aufgrund einer schlechteren weltwirtschaftlichen Entwicklung, wohingegen im Szenario "Effiziente Zukunft plus" hohe Strompreise der Grund für den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit sind und einen reduzierten Export und heimische Produktion zur Folge hat. Eine CO₂-Komponente in der Besteuerung von Waren und Warenströmen fördert die Regionalisierung und Minimierung von Warenströmen und CO₂-Preise im EU Raum erreichen 2018 in einer Vorreiterrolle € 120/t CO₂. Dadurch kommt es anfangs zur Verlagerung von energieintensiven Industrien in Low-Carbon-Tax-Regionen. Bis 2050 nehmen diese Aktivitäten jedoch wieder ab, da die globale Harmonisierung der CO₂-Besteuerung voranschreitet. Die befürchteten negativen Auswirkungen auf die österreichische Exportwirtschaft sind laut Modellrechnung mit einem Rückgang von nur 6% im Außenhandel relativ begrenzt. Dies ist erstens auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Großteil des österreichischen Exportes in den EU Raum erfolgt und zweitens Exporte in Drittländer in Sektoren erfolgen, die weniger stark von einer CO₂-Besteuerung betroffen sind. Am Beispiel des Chemiesektors kann man sehen, dass CO₂-Preise zwar den Energiepreis des Sektors um durchschnittlich 9% erhöhen, die resultierenden Produktionskosten allerdings nur um 0,25% ansteigen. Energieintensive Sektoren, speziell Metalle und Metallverarbeitung, Chemie, Zellstoff und Papierindustrie, Glas und Keramik, reagieren auf die Einführung von CO₂-Besteuerung durch verstärkte Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen, um den Energieinput im jeweiligen Sektor zu verringern. Es kommt dadurch zu einer beschleunigten Steigerung der Energieeffizienz des industriellen Sektors. Auch im Bereich des Privatkonsums und der Haushalte sinkt der Energieverbrauch real um 0,5% durch eine verstärkte Bewusstseinsbildung innerhalb der Bevölkerung und ein Konsumverhalten, das großen Wert auf Produkte mit niedrigem CO₂-Footprint legt.

² vgl. Global Europe 2050

3.4.5 *Transport und Mobilität*

Der Unterschied im Verbrauch für Mobilität zwischen dem „Current Policy“ Szenario und dem Szenario "Effiziente Zukunft" liegt hauptsächlich in Verhaltensänderungen begründet, die zu weniger Fahrleistung führen. Die weitere Reduktion des Verbrauchs im Szenario "Effiziente Zukunft plus" ist laut Modellrechnung nur sehr gering, da sie lediglich auf das geringere verfügbare Einkommen in diesem Szenario zurückzuführen ist und die Reaktion der Fahrleistung auf Einkommensänderungen sehr gering ist.

Transport ist grundsätzlich teuer, obgleich die Verfügbarkeit fossiler Energieträger gesichert und deren Exploration günstig ist. Der Transport von Strom und Gas über Pipelines ist gegenüber dem Transport von Rohstoffen ökonomisch vorteilhaft, eine dezentrale (regionale) Energieerzeugung wird forciert. Effizienzen im Motoren- und Kraftfahrzeugsbereich steigen stetig, erreichen im Verlauf der Szenarioperiode jedoch ihre physikalischen Grenzen. Es kommt im Szenario „Effiziente Zukunft“ zu einer stärkeren und schnelleren Durchdringung des Fahrzeugmarktes im Individualverkehr mit Elektrofahrzeugen und Hybriden.

Speichertechnologien sind grundsätzlich vorhanden, aber mangels technologischer Durchbrüche ist die Elektrifizierung des Transportsektors nur für kleinere Distanzen sinnvoll und vor allem auf Grund der CO₂-Besteuerung konventioneller Kraftstoffe wirtschaftlich. „Long Distance Travels“ basieren weiterhin auf Flüssigkraftstoffen; das Aufkommen ist aber deutlich reduziert. Die durchschnittlich gefahrenen Tageskilometer sinken, auch auf Grund der weiter stattfindenden Urbanisierung. ÖPNV und alternative Transportstrukturen (z.B.: Car-Sharing, Zweiräder) sind deutlich stärker ausgeprägt.

Insbesondere die internationale Bereitstellung von Dienstleistungen findet zunehmend online statt. Die Online-Kommunikation ist allgegenwärtig, wodurch Dienstreisen auf ein Minimum reduziert sind.

3.4.6 *Wirtschaftliche Entwicklung*

Trotz einer Reduktion der Globalisierung bleibt das weltweite Wirtschaftswachstum hoch. Treiber ist die konsequente Ausrichtung der globalen Wirtschaft auf neue Energiesysteme sowie der umfassende Einsatz des Internet 3.0 sowie 4.0. Insbesondere die Energiewende bedingt umfangreiche Investitionen in Energieerzeugung und -verteilung und löst Innovationsschübe in anderen Wirtschaftssektoren aus (Übergang in einen neuen Kontradieff-Zyklus). Temporäre Krisenherde (wie z.B. 2007-2013) haben sich nicht als nachhaltiges Wachstumshemmnis erwiesen.

Die österreichische Wirtschaft gewinnt ab 2014 wieder merklich an Dynamik. Das BIP nimmt jährlich real um 1,6% zu. Bis 2020 steigen Exporte um 5,5% p.a., Importe hingegen um nur 5,1%. Die Inflationsrate beträgt im Durchschnitt 2,1%. Trotz der Zunahme der Beschäftigung bleibt die Lage auf dem Arbeitsmarkt bis 2016 angespannt, da auch das Arbeitskräfteangebot wächst. Mit 7,3% ist die Arbeitslosenquote bis 2016 deutlich höher als zuvor. Es werden maßvolle und nachhaltig wirksame Konsolidierungs- und Reformmaßnahmen im öffentlichen Bereich gesetzt, welche die Konjunktur nicht allzu stark dämpfen.

Durch seine zentrale Lage und geographische Nähe zu den Wachstumsregionen der EU erfährt Österreich eine nachhaltige Beschleunigung des Wachstums über EU Niveau.

3.4.7 Steigerung der Energieeffizienz

Im Szenario „Energieeffizienz“ ist die jährliche Verbesserung der aggregierten Energieeffizienz in der Modellrechnung mit 1,0% wie zu erwarten am höchsten.

In den Szenarien der "Effizienten Zukunft" ergibt sich ein absoluter Rückgang des Energieverbrauchs der Haushalte aufgrund der implementierten Effizienzmaßnahmen und der angenommenen Verhaltensänderungen. Dabei fällt der Rückgang des Energieverbrauchs im Szenario "Effiziente Zukunft plus" aufgrund der Reduktion im Wachstumstempo des verfügbaren Einkommens noch stärker aus.

Im Gebäudesektor kommt es zu einer Welle an Investitionen, ausgelöst durch den Erlass weltweit harmonisierter Standards unter Berücksichtigung regionaler Bedürfnisse und kultureller Besonderheiten. Die energetische Effizienz von Alt- und Neubauten konnte in den letzten 3 Jahrzehnten in einem Ausmaß gesteigert werden, dass der Energieverbrauch von Wohn- und Bürogebäuden trotz einer massiven Zunahme des Gebäudebestands gegenüber dem Jahr 2020 leicht reduziert werden konnte.

Energieplushäuser in gemäßigten Regionen sind im Neubau Standard. Eine hohe Sanierungsrate sorgt in den Jahren 2030-2050 dafür, dass nur noch wenige Gebäude fossil beheizt werden. Verbleibender Wärmebedarf wird über Biomasse und Wärmepumpen bereitgestellt, die Warmwasserbereitung für die Sommermonate erfolgt solarthermisch.

Oftmals traditionelle, klimatisch angepasste Bauweisen in heißen Regionen reduzieren Kühllast merklich. Gebäudedämmung, Energiespeicherung in der Bausubstanz und Nachtkühlung sind Standard, Warmwasser wird solarthermisch bereitgestellt.

Gas wird vor allem zum Kochen eingesetzt (insbesondere in Regionen mit schlechter Infrastruktur in Asien oder Afrika), um weitere Abholzung und Folgeschäden durch Aerosole zu vermeiden.

Im Energiesektor sind Wasserkosten internalisiert, heben den Strompreis aber nur unmerklich an. Stromproduktion ist grundsätzlich CO₂-arm, CCS hat sich nicht etabliert. Hoher Anteil an erneuerbaren Energien im Zusammenspiel mit einem tiefgreifenden Demand-Side-Management ist Standard. Power2Gas ist integraler Bestandteil der Energieproduktion, aber die Kosten sind noch vergleichsweise hoch. Der Anteil an Atomkraftwerken ist trotz einiger kleinerer Unfälle immer noch signifikant hoch, aber Folgekosten aufgrund der Endlagerung von Atommüll und Fonds für Unfallfolgenbeseitigung sind internalisiert und belasten den Strompreis. Energie steht grundsätzlich in ausreichendem Maß zur Verfügung, um globales BIP-Wachstum zu ermöglichen.

Es kommt zu einer international abgestimmten Umsetzung der Energiewende (Stärkung von multinationalen Organisationen und Einigung auf globale Ziele) und innovative effiziente Technologien (Technologieprovider) gewinnen an Bedeutung, sodass Teile der EU darin einen wettbewerbsmäßigen Vorteil haben. Wie im Bereich der Bio-Nahrungsmittel und des Recyclings von Abfall, entwickelt sich in Österreich auch im Bereich der energieeffizienten Produkte ein neuer Schwerpunkt der Innovationen und Entwicklung von neuen Technologien durch KMUs. Im Jahre 2027 gehört Österreich zu den Spitzenreitern in der Produktion von Produkten mit niedrigem CO₂-Footprint.

Prozesse der „World Trade Organisation“ gewinnen an Gewicht, Verhandlungen werden wieder aufgenommen, Green Goods & Services werden integraler Bestandteil von

Handelsabkommen. Es kommt zu einem massiven Anstieg von FDIs (Foreign Direct Investments) in Südeuropa (Green Technologies und Industrie) bei Abbau von Bürokratien und Förderung von Zusammenarbeit. Die Korruption nimmt ab. Es kommt zu verstärkten Investitionen in F&E der zweiten Generation ab 2025 und ersten Implementierungen.

3.4.8 *Demographie: Aktives Altern*

Die Überalterung der Europäischen Gesellschaft ist ein Faktum, das nicht wegzuleugnen ist. Aber die Lebenseinstellung zum Altern ändert sich. Durch „Active Ageing“ leisten die Menschen länger einen positiven Beitrag zur Gesellschaft. Lebenslanges Lernen wird zur Devise und die Expertise der älteren Generation wird geschätzt und gerne angenommen. Bereits 2020 wird ein größerer Anteil von älteren Menschen noch im Arbeitsalltag stehen als heute. Pensionssystem und Arbeitnehmergesetze werden sich dieser neuen Realität anpassen. Denkbar sind z.B. neue Pensionssysteme, die den Arbeitnehmern mehr Flexibilität beim Pensionsantritt erlauben – z.B. eine schrittweise Reduzierung der Arbeitsstunden ab einem bestimmten Alter.³ Österreich ist in diesem Szenario ein attraktives Zuwanderungsland und stellt sich dem internationalen Wettbewerb um hochqualifizierte Menschen aus allen Weltregionen, insbesondere aufgrund seiner überdurchschnittlich guten wirtschaftlichen Entwicklung und seines stabilen demokratischen Systems. Wien wird zum Migrationsmagnet für gut ausgebildete "Expatriates".⁴

3.4.9 *Politische Entwicklung*

Im Szenario „Effiziente Zukunft“ kommt es nach Überwindung der Eurokrise ab 2014 zu einem Umdenken im Bewusstsein der europäischen Bevölkerung und einer schrittweisen Vertiefung der politischen Integration innerhalb des EU Raumes. Die Mitgliedsstaaten und ihre Bevölkerungen haben in der Bewältigung der Krise erkannt, dass nur durch gemeinsames Handeln ein Zusammenbruch der Union und ein tiefer ökonomischer Fall vermieden werden konnten. Geläutert durch die Schwierigkeiten und Turbulenzen der Krisenjahre 2008 bis 2013, ausgelöst durch kurzfristige nationale und populistische Interessen, wird in der Union des Jahres 2030 das Prinzip der „Balance of Power“ gelebt, wodurch sowohl die EU als auch die einzelnen Mitgliedstaaten profitieren und gestärkt werden. Europa nutzt seinen wiedergewonnen Einfluss auf der globalen Bühne, um auch internationale Ungleichgewichte anzuprangern und zurückzudrängen. Soft Power, offene Märkte und freie Flüsse von Kapital, Wissen und Arbeitskräften sind zentrale Punkte der europäischen Außenpolitik.

Den Mitgliedsstaaten gelingt ein hohes Maß an kooperativer Integration in Kernbereichen der EU- Politik und es gibt wenige bis keine „Opt-outs“. Nationale Interessen werden europäischen Interessen in der zweiten Hälfte der Szenarioperiode immer mehr untergeordnet.

Beinahe vergessen sind die Zeiten, in denen die politischen Eliten in Deutschland und Frankreich praktisch im Alleingang den Kurs der Union bestimmt haben. Machtgefüge und Regierungsformen befinden sich seit 2015 in ständiger Veränderung. Regierungen der Mitgliedsstaaten setzen immer öfter auf Instrumente der direkten Demokratie, und die meisten

³ vgl. ebd.

⁴ zu „Migration Magnets“ vgl. Future Agenda

Bürger wollen partizipieren und können das nun auch tun.⁵ Auch die meisten nationalen Regierungen und Institutionen schaffen es, mehr partizipative Instrumente zuzulassen, ohne ihren Einfluss gänzlich abzugeben oder zu verlieren. Es kommt zu einem stärkeren Miteinander von staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren.⁶ Die im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrtausends ausgeprägte Euroskepsis der Österreicher ist im Jahr 2030 nur mehr sporadisch vorhanden. Wien ist zu einem wichtigen wirtschaftlichen und kulturellen Zentrum in einer polyzentrischen EU geworden.

Extrem-Szenario „Effiziente Zukunft plus“: Alleingang Österreichs bei Ökostromgesetz:

In diesem Zusatzszenario erfolgt eine forcierte Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Ressourcen durch weitreichende nationale Maßnahmen zusätzlich zu den verbindlichen EU-Richtlinien. Die Forcierung von erneuerbarer Energie in der Stromproduktion hat einen höheren Strompreis zur Folge. Diese höheren heimischen Kosten werden auf alle Stromabnehmer überwältigt und durch die erhöhten Preise der Exportgüter verringert sich die österreichische Wettbewerbsfähigkeit sehr stark gegenüber dem „Current Policies“ Szenario. In diesem Szenario reduziert sich das österreichische Wirtschaftswachstum auf unter 1% pro Jahr.

Die heimische Produktion, die Einkommen sowie der heimische Konsum gehen ähnlich stark zurück wie ihm Szenario „Stagnation“. Auffallend ist der Rückgang der Energienachfrage der privaten Haushalte um 0,9%, welcher durch ein geringeres verfügbares Einkommen, höhere Energieeffizienz sowie durch energiebewusstes Verhalten bewirkt wird.

In den Szenarien der "Effizienten Zukunft" sind jene Maßnahmen implementiert, die den Zielsetzungen des Energieeffizienzgesetzes entsprechen, das reicht jedoch nicht für die langfristige Reduktion des Energieverbrauchs im Produktionsbereich aus. Es ist zu vermuten, dass im Szenario „Effiziente Zukunft plus“ aufgrund der Annahmen zum verstärkten Einsatz von erneuerbarer Energie in der Stromerzeugung der Primärenergieverbrauch stärker zurückgeht als der energetische Endverbrauch. Dieses Ergebnis ist im Rahmen dieser Studie nicht enthalten, daher kann darüber nur spekuliert werden. Würde der zusätzliche Rückgang im Primärenergieverbrauch z.B. ausreichen, um den Anstieg der Energienachfrage im Produktionsbereich zu kompensieren, dann ergäbe sich insgesamt ein Rückgang der Energienachfrage um 0,3% pro Jahr. Um die Ergebnisse der EU „Energy Roadmap 2050“ in Bezug auf den Energieverbrauch in Österreich bis 2050 zu erreichen, müsste zusätzlich zum Pfad des Energieverbrauchs der Haushalte im Szenario "Effiziente Zukunft plus" auch eine wesentliche Reduktion des Energieverbrauchs in der Produktion erreicht werden. Das erfordert höhere Preise für CO₂-Emissionszertifikate und weitergehende Innovationen in Prozessen, Produkten und Materialien im Industriebereich. Der CO₂-Preis, der in der „Energy Roadmap 2050“ angenommen wird, ist etwa doppelt so hoch wie der hier im Szenario „Effiziente Zukunft plus“ in der Modellrechnung angenommene Preis.

⁵ vgl. Global Europe 2050

⁶ vgl. "Game-Changer 2: The Governance Gap" in Global Trends 2030: Alternative Worlds, S vii

4. Methodischer Ansatz : Szenarioplanung

„Der beste Weg, die Zukunft vorauszusagen, ist, sie zu gestalten.“

Willy Brandt

Die wichtigsten Entscheidungen der Gegenwart hängen von unseren Annahmen über die Zukunft ab. Daher brauchen wir Methoden, um Unsicherheiten zu bewältigen und unsere Annahmen über die Zukunft zu prüfen. Die Szenarioplanung ist hierfür ein geeigneter Ansatz.

Im Folgenden werden drei Grundfragen behandelt:

- 1) Was sind die Grundlagen, und was ist der Nutzen von Szenarien?
- 2) Die vorliegenden Energieszenarien sind keine Prognosen, sondern Szenarien. Worin unterscheiden sich Szenarien und Prognosen? Und was können Szenarien im Vergleich zu Prognosen leisten?
- 3) Wie werden Szenarien verwendet?

4.1 Szenarien

Die Methode der Szenarioplanung stammt ursprünglich aus dem militärischen Bereich und wird seit den späten 1960er Jahren auch verstärkt in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft eingesetzt.

Ein Szenario ist eine in sich logisch-konsistente Darstellung eines möglichen Zukunftsbildes, das anhand bestimmter Annahmen, Trends und Schlüsselfaktoren entwickelt wird. Die Darstellung eines Szenarios beinhaltet auch die Beschreibung der Verlaufspfade, die zu diesem Bild geführt haben.

Szenarien sind als Instrument für die Verbesserung des Prozesses der Entscheidungsfindung zu bezeichnen. Sie sind nicht dafür vorgesehen, die Zukunft zu beeinflussen, sondern dienen als Hilfestellung für Entscheidungsträger, mögliche Veränderungen in der Umwelt zu erkennen und sie dafür zu sensibilisieren. Es geht dabei vorrangig darum, gedankliche Barrieren im Kopf zu überwinden, die Kreativität anzuregen und Handlungsoptionen für die Zukunft offen zu legen:

Szenarien sollen zukünftige Risiken und Chancen offen legen, bestehende Meinungen über die erwartete Zukunft in Frage stellen, sowie das strategische Lernen und Denken fördern.

Die Szenarioplanung unterscheidet sich von gewöhnlichen Planungsinstrumenten dadurch, dass sie Unsicherheit als unvermeidbar akzeptiert und versucht wird, diese mittels multiplen Szenarien zu berücksichtigen.

4.2 Szenarios und Prognosen

Prognosen geben eine Vorhersage über den Zustand in der Zukunft ab. Ein Szenario beschreibt hingegen eine mögliche (aber nicht zwingende) Form der Zukunft. Dieser Unterschied resultiert aus dem Zweck, der mit Szenarien bzw. Prognosen verfolgt wird:

Prognosen versuchen, anhand von Daten aus der Vergangenheit, Vorhersagen über die Zukunft zu treffen. Moderne, wissenschaftliche Prognose-Verfahren entwickeln dafür aus historischen Daten Modelle, die vergangene Entwicklungen erklären, und wenden diese auf die Zukunft an. Dabei wird unterstellt, dass die Strukturbeziehungen zwischen den Erklärungsvariablen stabil sind und dass es eine Zukunftsentwicklung gibt, der sich die Vorhersage möglichst gut annähern sollte. Szenarien, hingegen, sollen die kritische Auseinandersetzung mit möglichen Formen der Zukunft ermöglichen.

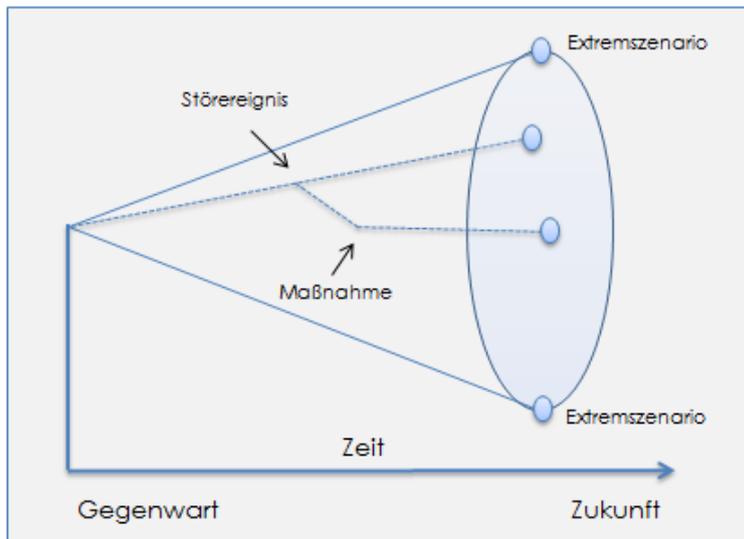
Ein weiterer Unterschied betrifft die Erstellung, die bei Prognosen anhand vorhandener Fakten und Daten erfolgt. Szenarien gehen hierbei einen Schritt weiter und binden neben vorhandenem Wissen auch Einschätzungen und Überlegungen, sowie kausale Schlüsse mit ein. Szenarien gehen im Gegensatz zu Prognosen davon aus, dass es eine nicht reduzierbare Ungewissheit gibt. Zwischen vergangenen, heutigen und künftigen Ereignissen existieren zwar kausale Beziehungen und es gibt vorbestimmte Elemente und Treiber künftiger Entwicklungen, die untersucht werden können. Es gibt aber nicht eine einzelne zu erwartende Zukunft. Bei der Szenarioplanung entwirft man daher alternative Zukunftsentwürfen bzw. multiple Zukünfte.

Szenarien verfolgen darüber hinaus einen breiteren Ansatz als Prognosen. Sie wollen wesentliche strukturelle Unsicherheiten, wichtige Stellschrauben und Weichenstellungen aufzeigen. Ihr Ziel ist es, das Verständnis künftiger Entwicklungen und damit Entscheidungsgrundlagen und Zukunftsstrategien zu verbessern, nicht aber die Zukunft möglichst exakt vorherzusagen. Szenarien sind konsistente, in sich plausible Entwicklungspfade.

4.3 Verwendung von Szenarien

Um multiple Zukünfte repräsentativ abbilden zu können, werden in der Regel mindestens zwei, manchmal aber auch mehrere alternative Szenarien betrachtet.

Abbildung 5: Szenariooptionen für die Zukunft



Quelle: Reibnitz (1987).

Da Szenarien alternative Entwicklungspfade beschreiben sollen, wurden keine normativen Vorgaben gemacht, sondern eine sehr offene, explorative Herangehensweise für die Entwicklung dieser Szenarien gewählt. Wichtig ist sich vor Augen zu führen: Die vorliegenden Energieszenarien beinhalten keine Prognosen, die wahrscheinlichste Entwicklungen aufzeigen wollen, sondern zeigen 3 mögliche zukünftige Entwicklungspfade zum Thema Energie. Sie dienen damit als Diskussionsgrundlage für die Betrachtung der Frage: Was wäre wenn?

Wirkliche Ereignisse der Zukunft werden sich aus einer Kombination der in den Szenarien beschriebenen Details zusammensetzen, wobei es für den Betrachter strategisch wertvoll ist, die Entwicklung der Signale für die eine oder andere Zukunft zu beobachten.

Die Auseinandersetzung mit den vorgestellten Zukunftsbildern erlaubt es uns, Handlungsoptionen für eine bevorzugte Zukunft zu erarbeiten, sowie Signale für Entwicklungen zu identifizieren, die in eine Zukunft mit großen Risiken und negativen Auswirkungen führen. Durch die Beschäftigung mit Szenarien wird es Entscheidungsträgern dadurch ermöglicht, frühzeitig alternative Maßnahmen zu setzen.

5. Ausprägung der Schlüsselfaktoren

Schlüsselfaktor	Szenarien		
	Current Policies	Stagnation	Effiziente Zukunft
Art des Umgangs mit Klimawandel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klima- und Umweltschutz lokal begrenzt → nur beschränkte Wirkung ▪ CO₂-Besteuerung ohne Steuerungseffekt (€ 30,- bis 2030, Wirkung setzt erst ab € 90,- ein) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirtschaftliche Interessen gehen vor Klimaschutz ▪ CO₂-Besteuerung ohne Wirkung (dauerhaft günstige Zertifikate) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klimaschutz hat hohe Priorität ▪ CO₂-Besteuerung mit Steuerungseffekt bis 2050 (stufenweise Steigerung auf € 120,-)
Soziale Schere	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wohlstand steigt global im Mittel ▪ Gravierende regionale Unterschiede ▪ Österreich: soziale Spannung steigt aufgrund hoher Arbeitslosenrate 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wohlstand sinkt global im Mittel ▪ Druck auf Arbeitsmarkt → Löhne und Gehälter sinken ▪ Soziale Schere öffnet sich weiter 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kapitalstarke Mittelschicht finanziert Energiewende ▪ Stabile gesellschaftliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen durch staatlich gelenkte, präventive Einkommensumverteilung
Relokalisierung vs. Globalisierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transportintensive globale Wirtschaftsverflechtungen ▪ Elektrifizierung im Bereich Transport und Mobilität nimmt weiter zu ▪ Abwanderung findet bereits statt ▪ Billige Gaspreise in USA führen bis 2030 zu Ansiedlung energieintensiver Industrien 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Starke regionale Wirtschaften beherrschen Markt ▪ Elektrifizierung im Bereich Transport und Mobilität auf relativ niedrigem Niveau ▪ Wirtschaftliche Abschottung und Protektionismus 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Starke regionale Wirtschaft, Dezentralisierung ▪ Elektrifizierung im Bereich Transport und Mobilität nimmt stark zu ▪ Keine große Abwanderung
Wirtschaftswachstum	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Globales GDP steigt im Mittel: ~0,5 % ▪ EU: Wirtschaftsentwicklung stagniert bis 2016 ▪ Österreich: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wachstum bis 2016 unter 1 % ▪ wenig Export ▪ Insolvenzen von KMU ▪ Anstieg der Arbeitslosigkeit nach 2016 auf über 10% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Weltwirtschaft entwickelt sich schlecht: Globales BIP sinkt im Mittel auf <0% (Rezession ab 2014) ▪ Reales BIP-Wachstum in Österreich: 1,0 % ▪ Fossile Energien noch dominant; es kommt zu Ressourcenkonflikten und hohen Energiepreisen durch Mangel an Investitionen ▪ USA und China wachsen (sind relativ gesehen die Gewinner) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Globales GDP steigt im Mittel auf ~2 % ▪ EU ist Wettbewerbsgewinner ▪ Konjunkturschwächung bis 2014 aufgrund der Eurokrise ▪ 2014 bis 2020 nimmt Wirtschaftswachstum in Industrieländern wieder zu: durchschnittlich 2,0 % pro Jahr ▪ Österreich: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirtschaft gewinnt an Dynamik → jährl. BIP-Wachstum: 1,6 % ▪ Aber: niedrige internationale Wettbewerbsfähigkeit durch hohe CO₂-Zertifikate → Export und damit auch heimische Produktion, Wertschöpfung und Energienachfrage sinken
Wirtschaftl. Verfügbarkeit fossiler und Anteil anderer Energieträger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Krisen fördern Substitutionen ▪ Steigende Abhängigkeit der EU von Energieimporten ▪ Europa entwickelt eigenen Gasmarkt mit europäischen Preisen ▪ Gas ist Brückentechnologie und bildet gegen Ende des Szenarios Basis für weiteren Ausbau von EE ▪ Anteil an EE bleibt über Dekaden konstant ▪ Anteil an Biokraftstoffen bleibt in Europa im Schnitt unter 10% ▪ USA forcieren unkonventionelle fossile Ressourcen (v.a. Gas) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Länger anhaltende Krisen in der Verfügbarkeit fossiler Energieträger als Auswirkung der Rezession ▪ Upstream-Investitionen bleiben aus → Senkung der Produktivität → Internationale Energiepreise auf vergleichsweise hohem Niveau ▪ Entkopplung von Gas- und Ölpreis ▪ CCS kann sich aufgrund günstiger CO₂-Zertifikate nicht durchsetzen ▪ Kohle als Primärenergieträger nimmt global weiter zu ▪ Atomkraft nimmt zu ▪ USA, China und Australien erschließen neue, unkonventionelle Quellen fossiler Energieträger 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Langfristige Senkung des Bedarfs ▪ Energieintensität sinkt, Effizienz steigt ▪ Aus Umweltschutzgründen keine Ausbeutung von Schiefergas → hoher Gaspreis ▪ CCS wird nicht etabliert ▪ Power2Gas wird integraler Bestandteil der Energieproduktion ▪ Anteil an Atomkraft ist immer noch signifikant hoch
Gesellschaftl. Verantw. vs. Energie Egoismus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konsens: "small energy footprint" in Teilen der EU ▪ Steigerung der Energieeffizienz um 0,7 % 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energiesparen hat keine Priorität ▪ Gesellschaft ist konsumgetrieben ▪ Steigerung der Energieeffizienz um 0,5 % 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konsens: "small energy footprint" in OECD ▪ Steigerung der Energieeffizienz um 1,0 %
Umweltzerstörung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umweltzerstörung nimmt weiter zu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umweltzerstörung nimmt rapide zu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umwelt ist wertvolles Gut

6. Quantifizierung der Szenarien

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vier Szenarien "Current Policies", "Stagnation", „Effiziente Zukunft“ und „Effiziente Zukunft plus“ in ihren Wirkungen auf den Energieverbrauch in Österreich dargestellt. In einem ersten Schritt mussten dafür die im letzten Kapitel beschriebenen Charakteristika und Treiber der einzelnen Szenarien in die Sprache des verwendeten Modells übersetzt werden. Das zum Einsatz kommende Modell ist ein disaggregiertes, dynamisches ökonomisches Input-Output (DEIO) Modell, in dem das Energiesystem voll integriert ist und das im nächsten Abschnitt näher beschrieben wird. Die voll konsistente Verschränkung des ökonomischen Systems mit dem Energiesystem erlaubt es, vielfältige Auswirkungen von Trends in ökonomischen Variablen auf das Energiesystem zu erfassen. Das betrifft im Haushaltsbereich die Einkommensverteilung auf verschiedene Haushaltsklassen und die davon ausgehenden Wirkungen auf die Ausstattung mit dauerhaften Konsumgütern und die Energienachfrage. Im Produktionsbereich wird der Effekt der internationalen und heimisch bestimmten (CO₂-Preis) Energiepreise auf die Kostensituation der Unternehmen und damit auf die Wettbewerbssituation dargestellt. In beiden Bereichen (Haushalts- und Produktionsbereich) spielt die Entwicklung der Energieeffizienz eine bedeutende Rolle. Im Bereich der Haushaltsnachfrage für Beheizung, Elektrizität und Treibstoffe ist diese explizit modelliert und beruht auf den Basisdatensätzen, die in Österreich in "bottom-up" Modellen des Energiesystems verwendet werden (s. dazu: Kratena, Meyer, 2011).

Im ersten Unterkapitel wird das Modell näher beschrieben. Im Folgenden werden die Charakteristika der Szenarien beschrieben und die quantitative Umsetzung dieser Charakteristika festgehalten. In den letzten beiden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Szenarien präsentiert.

6.1 Methodik: Das DEIO (Dynamic Econometric Input – Output) Modell des WIFO

Das Dynamic Econometric Input Output (DEIO) Modell ist ein disaggregiertes, makroökonomisches Modell der österreichischen Wirtschaft mit einem Fokus auf dem Energiesystem, das vollständig in das ökonomische Modell integriert ist. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Kratena, Wüger (2010) und in Kratena, et al. (2013a).

Das DEIO Modell der österreichischen Wirtschaft folgt der Neo-Keynesianischen Philosophie (Palley, 2013), nach der die Ökonomie langfristig einen Gleichgewichtszustand mit Vollbeschäftigung erreicht, kurzfristig aber Abweichungen davon möglich sind. Im Unterschied zum neoklassischen Modellansatz, wie er in CGE (Computable General Equilibrium, bzw. Allgemeines Gleichgewicht) Modellen verwendet wird, bestimmt nicht nur das Optimierungsverhalten (Nutzenmaximierung oder Kostenminimierung) der rationalen Wirtschaftssubjekte den Zustand der Ökonomie, sondern auch die institutionellen Rahmenbedingungen der Märkte. Letztere können vom Modell der perfekten Märkte abweichen, indem Restriktionen wirksam werden, z.B. Kreditrationierung oder Lohnsetzung in einem Verhandlungsprozess. Die Aktivitäten der rationalen Wirtschaftssubjekte werden im

DEIO Modell durch dynamische Optimierung beschrieben. In diesem Aspekt ähnelt das DEIO Modell dem neuen dynamischen CGE Modell IGEM für die USA (Goettle et al. 2007), das im Auftrag des Pew Center on Global Climate Change zur ökonomischen Evaluierung verschiedener Varianten einer US-Klimapolitik verwendet wurde. Das für Österreich verwendete DEIO Modell wurde zu einem Prototyp-Modell für die EU27 weiterentwickelt, nämlich dem Modell FIDELIO (Full Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output model), das in Kratena et al. (2013b) beschrieben wird.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem DEIO – Ansatz und CGE-Modellen wie GEM-E3 oder dem dynamischen CGE-Modell IGEM liegt in den makroökonomischen Gleichgewichtsbedingungen und Restriktionen. In CGE-Modellen ist die gesamtwirtschaftliche Ersparnis (inkl. Leistungsbilanz) vorgegeben und determiniert die Investitionen, sodass Fiskalpolitik keinen makroökonomischen Effekt hat. Im DEIO-Modell kann Fiskalpolitik einen kurzfristigen Multiplikatoreffekt haben.

Für die vorliegende Version des DEIO-Modells wurde der private Konsum im Detail in Form eines dynamischen Optimierungsmodells mit dauerhaften Konsumgütern und Liquiditätsbeschränkungen modelliert. Dabei werden vier Kategorien von dauerhaften Konsumgütern unterschieden, die teilweise Energie verbrauchen (PKW, Heizungsanlagen, Video/Audio/Computer und sonstige dauerhafte Konsumgüter) und acht Kategorien von nicht-dauerhaften Konsumgütern, darunter drei Energiegüter (Treibstoffe, Energie für Heizung, Elektrizität). Der Energieverbrauch wird einerseits durch den Bestand an energieverbrauchenden, dauerhaften Konsumgütern und deren energetische Effizienz und andererseits durch Einkommen und Energiepreise (aber auch andere Güterpreise) determiniert. Da die energetische Effizienz der dauerhaften Konsumgüter den Konsum des durch den Energieeinsatz bewirkten „Service“ verbilligt, werden auch direkte „Rebound-Effekte“ berücksichtigt.

Für die Arbeit an diesem Projekt wurde darüber hinaus der Konsumsektor auch in fünf Haushaltgruppen (Quintile) nach der Höhe des durchschnittlichen Haushaltseinkommens aufgespalten. Dafür wurden Daten aus dem Haushaltsdatensatz EU SILC (Statistics on Income and Living Conditions) und aus den Konsumerhebungen verwendet. Diese ermöglichen es, die Komponenten des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte (Löhne und Gehälter, Betriebsüberschuß, Gewinneinkommen, Renten, Steuern, Sozialversicherungsbeiträge, etc.) nach Einkommensklassen zu verteilen und außerdem unterschiedliche Konsummuster für die einzelnen Einkommensklassen zu berücksichtigen. Die Reaktion der Nachfrage nach dauerhaften Konsumgütern (PKW, Wohnungen, elektrische Geräte, Heizungsanlagen) in den einzelnen Einkommensklassen spielt eine wesentliche Rolle für die Dynamik der Energienachfrage der Haushalte in diesem Modell.

Die Produktionsseite ist nicht voll ausformuliert, so wie es im Modell FIDELIO (Kratena et al., 2013b) vorgesehen ist. Allerdings wurden einzelne Mechanismen aus einem Translog-Modell, das für die einzelnen Industrien der EU27 geschätzt wurde (Kratena, Wüger, 2012), im vorliegenden Modell übernommen. Das betrifft einerseits die Abhängigkeit der

Energienachfrage der einzelnen Industrien vom Energiepreis, andererseits auch die Integration des energiesparenden oder energienutzenden technischen Fortschritts in ebendiesen Industrien. Außerdem wurde für die Industrien ein Modell der Substitution zwischen den einzelnen Energieträgern (s. dazu: Kratena, et al., 2013a) und in das DEIO-Modell eingebaut.

Das Input-Output Modell wird als Mengenmodell gelöst, um Importe und heimischen Output zu bestimmen, und mit dem Preismodell gekoppelt. In das Preismodell spielen Energiepreise und die davon abhängige Energienachfrage der Industrien hinein. Aus dem Zusammenspiel der Lösung des Input-Output Mengen- und Preismodells ergibt sich die Lösung der realen Größen (Produktionswert und BIP, real) und der Beschäftigung. An das Input-Output Modell ist der Datensatz der Energiebilanz von Statistik Austria gekoppelt, wobei für die Schnittstelle eine Aggregation der Sektoren des Input-Output Modells vorgenommen werden muss. Das Modell stellt das Energiesystem nicht im Detail dar, insbesondere alle Energieumwandlungsprozesse sind nur durch ein einfaches Input-Output Modell der Energiebilanz erfasst.

Ein wesentlicher Input sind Energiepreise, die hauptsächlich vom Rohölpreis und der österreichischen Steuerpolitik determiniert werden. Exogen ist außerdem das Wachstum der Exporte insgesamt, differenziert nach EU-Raum und Nicht-EU-Raum. Sonstige Größen des öffentlichen Sektors (öffentlicher Konsum, Sozialtransfers) müssen ebenfalls vorgegeben werden. Als wesentliche Schnittstelle zu "bottom-up" Energiesystemmodellen fungiert die energetische Effizienz der energieverbrauchenden, dauerhaften Konsumgüter.

Das Modell determiniert zunächst die gesamte Konsumnachfrage nach dauerhaften und nicht-dauerhaften Konsumgütern und den damit direkt verbundenen Energieverbrauch. Die anderen Endnachfragekategorien (öffentlicher Konsum, Investitionen) sind exogen. Auf der Produktionsseite werden der Energieinput pro Outputeinheit und die Outputpreise determiniert. Aus dem Input-Output Modell erhält man die Variablen des Mengenmodells, jeweils in der Gliederung von 60 Branchen (NACE-Zweisteller): nominelle Produktionswerte, Importe, Beschäftigung und Energieverbrauch nach 22 Energieträgern.

Was das Energiesystem betrifft, so wird in dieser Studie lediglich auf den energetischen Endverbrauch (laut Energiebilanz) eingegangen, die Energieproduktion und -umwandlung wird nicht in die Beschreibungen der Szenarien inkludiert, ebenso wenig die Entwicklung der CO₂ – Emissionen. Es ist zu erwarten, dass in den einzelnen Szenarien in diesem Bereich massive Veränderungen stattfinden werden, allerdings war diese Analyse im Rahmen dieser Studie nicht möglich.

Zur Darstellung der Charakteristika und Treiber in den einzelnen Szenarien sind folgende Blöcke des Modells hervorzuheben, an denen die Szenarien direkt ansetzen:

6.1.1 Das Konsummodell

Einerseits bestimmt hier die Einkommensverteilung die Konsummuster. In einem Szenario, in dem die Ungleichheit zwischen der höchsten und der niedrigsten Einkommensklasse signifikant zu- oder abnimmt, verändert das die Energienachfrage. Darüber hinaus sind die Präferenzen der Haushalte über jene konstanten Terme in den Konsumnachfrage-Gleichungen enthalten, die nicht von Preisen, Einkommen, Vermögen oder anderen sozio-demographischen oder technischen Variablen abhängen. Die Präferenzen bestimmen v.a. die Aufteilung der gesamten Ausgaben für nicht dauerhafte Konsumgüter auf die einzelnen Güter.

Die Entwicklung der Einkommensverteilung bestimmt die Nachfrage nach dauerhaften Konsumgütern wesentlich, dabei wird berücksichtigt, dass die marginale Konsumneigung bei steigendem Einkommen nicht konstant ist und daher Sättigungstendenzen in Bezug auf den physischen Bestand von dauerhaften Konsumgütern pro Haushalt wirksam werden. Im Detail beeinflusst auch die Politik in jedem Szenario die Höhe und die Zusammensetzung des Bestandes einzelner dauerhafter Konsumgüter (z.B. den Anteil von Elektro-PKW am gesamten PKW-Bestand).

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die energetische Effizienz dieses Bestandes an energieverbrauchenden, dauerhaften Konsumgütern, die im wesentlichen durch die Politik und die Rate der Erneuerung des Bestandes (technischer Fortschritt) determiniert wird. Die Energienachfrage der Haushalte (einschließlich des PKW-Verkehrs) ist im DEIO Modell als „Servicenachfrage“ modelliert. Der Ausgangspunkt dieser Überlegungen ist, dass die Befriedigung der „Servicenachfrage“ wohlfahrtsrelevant ist und die Energienachfrage daher eine abgeleitete Nachfrage ist, die vom Stand der Technologie abhängig ist (s. dazu: Köppl, et al., 2011). Die bestimmenden Faktoren für diese „Servicenachfrage“ in Relation zum Bestand der dauerhaften Konsumgüter, also die „Auslastung“ dieser dauerhaften Güter, sind sozio-demographische und klimatische (Heizgradtage) Faktoren, sowie die „Servicepreise“. Im PKW-Verkehr ist z.B. die Servicenachfrage pro PKW von der PKW-Dichte in der Bevölkerung abhängig. Jede Erhöhung der Energieeffizienz führt dazu, dass weniger Energie pro Serviceeinheit benötigt wird (technologischer Effekt), aber auch, dass der Servicepreis sinkt und damit die Servicenachfrage (pro Einheit Bestand an dauerhaften Konsumgütern) entsprechend der Preiselastizität der Nachfrage nach der jeweiligen Serviceleistung ansteigt. Der letztere Mechanismus bildet den direkten „Rebound-Effekt“ ab. Dieser, und auch die indirekten "Rebound Effekte" über Einkommensänderungen und Änderungen anderer Preise werden im DEIO Modell voll berücksichtigt.

6.1.2 Das Preismodell

Die heimischen Energiepreise spielen eine bedeutende Rolle in den einzelnen Szenarien und sind vollständig im Modell abgebildet. Der heimische ("effektive") Energiepreis besteht dabei aus der Komponente der internationalen Energiepreise (die die Importpreise für Energie bestimmen) und der Komponente der heimischen Einflussfaktoren, nämlich Steuern und CO₂-Preise. Im Preismodell des DEIO-Modells bewirken die Energiepreise höhere Preise für alle

Wirtschaftszweige und daher Realeinkommenseffekte. Eine Erhöhung der heimischen Komponente der Energiepreise bewirkt eine Substitution von heimischen zu importierten Gütern bzw. eine Verringerung der Exporte. Im Energiemodell bewirken höhere Energiepreise einen Rückgang der Energienachfrage pro Outputeinheit (höhere Effizienz) und eine Substitution zwischen Energieträgern, wenn sich die Struktur der relativen Energiepreise ändert.

6.1.3 *Das Außenhandelsmodell*

Die Importnachfrage ist in der hier verwendeten Form des DEIO-Modells nicht voll ausformuliert, es wird jedoch zwischen Importen als Intermediärgüter (Vorleistungen in der Produktion) und Importen als Finalgüter (z.B. für den privaten Konsum) unterschieden. Allerdings sind die Importanteile nicht wie im Modell FIDELIO (Kratena et al., 2013) von Preisen und technischem Fortschritt abhängig, sondern konstant. Für spezifische Charakteristika der Szenarien wie z.B. internationale Abschottung kann das aber verändert werden und geringeres internationales Outsourcing kommt in veränderten Importanteilen zum Ausdruck.

6.1.4 *Technischer Fortschritt und öffentlicher Sektor*

Der technische Fortschritt bestimmt einerseits in jeder Industrie den Energieinput pro Outputeinheit, andererseits im Haushaltsbereich die Effizienz der dauerhaften Konsumgüter, die mit Energieverbrauch verbunden sind: Elektrogeräte, Heizungssysteme (Heizungsanlagen & Gebäudehülle) und PKWs. Der Entwicklung der aggregierten Energieeffizienz-Indikatoren sind detaillierte Datensätze hinterlegt, die direkt durch die Politik beeinflusst werden können, z.B. der Durchschnittsverbrauch der PKW-Flotte in kWh pro 100 km (differenziert nach Antriebsarten) oder die Sanierungsrate von Gebäuden nach Altersklassen.

Der öffentliche Sektor ist nicht in dem Detail dargestellt, wie es im Modell FIDELIO (Kratena et al., 2013b) vorgesehen ist. Es wird für die Politik, die mit zusätzlichen Staatsausgaben verbunden ist, implizit angenommen, dass diese Ausgaben für die öffentlichen Haushalte aufkommensneutral sind und daher an anderer Stelle im öffentlichen Haushalt (geringere Ausgaben) kompensiert werden.

6.2 Die Szenarien

In diesem Unterkapitel werden die generellen Annahmen, die den einzelnen Szenarien unterstellt sind beschrieben. Die Arbeit in diesem Bereich der Erstellung der Szenarien bestand im Wesentlichen darin, die im letzten Kapitel qualitativ beschriebenen Szenarien in die Sprache des DEIO Modells zu übersetzen. Dafür musste zunächst der optimale Anknüpfungspunkt im Modell für die einzelnen Charakteristika der Szenarien gefunden werden und Überlegungen über die wahrscheinliche Wirkung angestellt werden. Diese Wirkungen von einzelnen Annahmen auf die Endenergienachfrage sind unterschiedlich und werden in Tabelle 1 qualitativ zusammengefasst.

6.2.1 Das Szenario "Current Policies"

Das "Current Policies" – Szenario entspricht in der Philosophie einem "Baseline" – Szenario in dem Sinn, als sich darin hauptsächlich bestehende Trends fortsetzen. Diese Fortsetzung der Trends betrifft die Entwicklung der Energieeffizienz bei den dauerhaften Konsumgütern und in der Produktion (Outputeinheit pro Energieeinsatz). Insgesamt ist daher das Produktivitätswachstum (totale Faktorproduktivität) in Österreich ähnlich wie in der Vergangenheit, sodass die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie erhalten bleibt und die österreichischen Exporte ebenfalls trendmäßig weiter wachsen. Die Einkommensentwicklung folgt ebenfalls dem Trend der letzten 20 Jahre, sodass es zu leichten Verschiebungen in der Einkommensverteilung nach Einkommensquintilen kommt.

Der Rohölpreis stellt den zentralen Faktor für die Entwicklung der Energiepreise dar, die wiederum wesentlich die Entwicklung der Energienachfrage bestimmen. Üblicherweise werden in Energieszenarien, wie in den PRIMES-Szenarien für die EU-Kommission (DG TREN) oder im "World Energy Outlook" der IEA, aufgrund der Kopplung von Preisen bzw. aufgrund von Substitutionsmöglichkeiten simultan Annahmen über die Entwicklung der internationalen Energiepreise getroffen. Das wurde auch hier so gehandhabt, wobei die Annahmen für das "Current Policies" – Szenario einerseits auf den neuesten EU-Szenarien (DG TREN, EU Kommission) und andererseits auf den in Kapitel 3.2 beschriebenen Entwicklungen auf den globalen Energiemärkten in diesem Szenario.

Beide Faktoren zusammen (Wettbewerbsfähigkeit und Energiepreise) bestimmen den Pfad des BIP-Wachstums ganz wesentlich. Dabei ist anzumerken, dass das BIP-Wachstum von 1,8% p.a. in diesem Szenario keine Annahme darstellt, sondern Ergebnis der Modellrechnung ist.

6.2.2 Das Szenario "Stagnation"

In diesem Szenario werden signifikant höhere Energiepreise für fossile Energieträger am Weltmarkt angenommen, wie in Kapitel 3.3 aufgrund der Rahmenbedingungen dargelegt wurde. Das internationale Umfeld, das zu einer Kombination von Abschottung und Protektionismus, geringerem Wachstum des Welthandels und damit global geringerer Wirtschaftsdynamik und gleichzeitig zu höheren Energiepreisen aufgrund geringerer Investitionen in die Förderung von fossiler Energie kommt, ist ebenfalls in Kapitel 3.3 beschrieben. Die geringere wirtschaftliche Dynamik in Europa führt auch dazu, dass der Preis für CO₂-Emissionszertifikate dauerhaft niedrig bleibt.

Aufgrund der geringeren wirtschaftlichen Dynamik fällt auch die Konsum- und Investitionstätigkeit geringer aus als im "Current policies" – Szenario. Das führt zu einer geringeren Erneuerungsrate von dauerhaften Konsumgütern und damit geringeren Investitionen in die Verbesserung der Energieeffizienz. Das betrifft auch alle Bereiche (Gebäudesanierung, Heizungstausch, Effiziente Elektrogeräte u.ä.) und führt zu einem niedrigeren Pfad der Verbesserung der Energieeffizienz. Die Präferenzen der Konsumenten in Bezug auf energiesparende oder CO₂-vermindernde Technologien sind davon ebenfalls betroffen und Energie wird im Konsumverhalten generell eher nicht effizient genutzt.

Bezüglich der Einkommensverteilung wird in diesem Szenario ein Öffnen der Schere zwischen niedrigen und hohen Haushaltseinkommen angenommen, konkret verringert sich der Anteil der ärmeren Haushalte am erwirtschafteten Lohneinkommen, was eine sinkende heimische Nachfrage nach allen Konsumgütern, auch nach Energie zur Folge hat. Aufgrund der geringeren Einkommensdynamik verringert sich auch das Flugverkehrsaufkommen, das eine hohe Einkommenselastizität aufweist.

Im Produktionsbereich wird der Pfad der Erhöhung der Energieeffizienz (Energieinput pro Outputeinheit) durch die hohen Energiepreise positiv beeinflusst, was tendenziell eine Reduktion des Energieverbrauchs bewirkt. Die Exportnachfrage geht stark zurück, was Österreich als exportorientiertes Land stark trifft.

6.2.3 Das Szenario "Effiziente Zukunft"

In diesem Szenario wirken sowohl Bewusstseinsänderung der Bevölkerung als auch die Energiepolitik bzw. die Wirtschaftspolitik im Allgemeinen in Richtung einer starken und dauerhaften Verbesserung der Energieeffizienz, wie in Kapitel 3.4 beschrieben wurde. Das betrifft alle jene Bereiche, in denen die technologischen Entwicklungen jetzt schon in diese Richtung weisen (Gebäude, PKWs, elektrische Geräte und Anwendungen) und die daher im Fokus der Klima- und Energiepolitik stehen. Eine steigende Wirkung auf die Energienachfrage jedoch entsteht durch eine gerechtere Einkommensverteilung. Es wird unterstellt, dass sich das Lohneinkommen der Haushaltsquintile durch eine allgemein bessere Bildung annähern. Dies hat einen positiven Effekt auf heimische Nachfrage, das Bruttoinlandsprodukt und die Energienachfrage.

Die Weltmarktpreise für Erdöl und Steinkohle weichen nur marginal vom Baseline ("Current Policies") ab. Dem liegt die Annahme eines geringen "Green Paradox"-Effektes zugrunde. Im "Impact Assessment" der EU-Kommission zu langfristigen CO₂-Reduktion bis 2050 (European Commission, 2011) führt demgegenüber bei einer globalen Umsetzung von Klimapolitik der "Green Paradox" – Effekt zu einer Stabilisierung bzw. zu einem leichten Rückgang der internationalen Energiepreise. Hier wird aber lediglich ein europäischer Alleingang angenommen, der global nur gering auf das Preisniveau wirkt. Für Erdgas wird ein deutlich höherer Preis als im Baseline verwendet, da angenommen wird, dass die Ausbeutung von Schiefergas weltweit weitgehend unterlassen wird. Der Preis für CO₂-Emissionszertifikate liegt relativ hoch, allerdings nur halb so hoch wie im "Impact Assessment" der EU-Kommission (European Commission, 2011).

Die privaten Haushalte investieren verstärkt in Energieeffizienz und reduzieren den Energieverbrauch zusätzlich durch energiesparendes Verhalten im Verkehrsbereich (das betrifft auch den Flugverkehr) sowie bei der Beheizung. Zudem wird ein verringerter PKW-Besitz durch die verstärkte Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel unterstellt. Es wird außerdem ein Anstieg der Elektromobilität sowie der Automatisierung des (Informations- und Steuerungstechnologien, z.B. für Heizsysteme) unterstellt, was den Bedarf an elektrischem Strom entsprechend erhöht.

Der produzierende Bereich erreicht in diesem Szenario eine jährliche Effizienzsteigerung von ca. 1,5% bis 2020, was die Zielsetzungen der Energieeffizienzrichtlinie übererfüllt. Der hohe Preis für CO₂-Emissionszertifikate verschlechtert die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie auf dem Weltmarkt. Davon gehen zweierlei Wirkungen auf Österreichs Exporte aus: einerseits wird Österreich auf Märkten außerhalb der EU weniger wettbewerbsfähig, andererseits wird auch weniger in den EU-Raum exportiert, da auch der Marktanteil von Produkten aus der Europäischen Union am Weltmarkt zurückgeht. Aufgrund von beiden Effekten sinkt der Export Österreichs gegenüber dem Baseline und somit auch die heimische Produktion, Wertschöpfung und Energienachfrage.

6.2.4 Das Szenario "Effiziente Zukunft plus"

In diesem Zusatzszenario erfolgt eine Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Ressourcen, was hohe Energiepreise zur Folge hat. Wenngleich diese Effekte auf die Energieumwandlung in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden konnten, wurde in diesem Zusatzszenario der Versuch unternommen, die Wirkungen im Energiepreis-System zu berücksichtigen. Die Forcierung von erneuerbarer Energie in der Stromproduktion hat einen höheren Strompreis zur Folge. Diese höheren heimischen Kosten werden auf alle Stromabnehmer überwältigt und verringern die Wettbewerbsfähigkeit Österreichischer Exporteure und reduzieren somit die Exporte stark (gegenüber dem Baseline). Davon wiederum gehen negative Wirkungen auf die heimische Produktion, die Einkommen und die Energienachfrage aus.

Aufgrund von Verhaltensänderungen der privaten Haushalte wird zudem ein weiter verringerter Flugverkehr unterstellt. Im Produktionsbereich wird zusätzlich zu den Effizienzsteigerungen in der Industrie, die bereits im Szenario "Effiziente Zukunft" implementiert sind, eine Energieeffizienzsteigerung im Güterverkehr angenommen, die jener der Steigerung im PKW-Bereich entspricht.

6.3 Inputdaten für die Szenarien und Wirkungen im DEIO Modell

Tabelle 1 fasst die oben beschriebenen Eigenschaften der Szenarien "Stagnation" (STAG), "Effiziente Zukunft" (EFF) und "Effiziente Zukunft plus" (EFFplus) zusammen und stellt ihren Einfluss auf die Energienachfrage qualitativ dar. Die Symbole „+“ (erhöhend), „-“ (verringend) und „o“ (neutral) bezeichnen den Einfluss, den der jeweilige Faktor *ceteris paribus* auf die Endenergienachfrage im jeweiligen Szenario hat. Da im Modell Wechselwirkungen und Interdependenzen wirken, entspricht das Endergebnis für den Energieverbrauch nicht einfach der Summe der kalkulatorischen Wirkungen der einzelnen Faktoren.

Tabelle 1: Qualitative Darstellung der Effekte in den Szenarien:

	STAG	EFF	EFFplus									
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: top; margin-right: 20px;"> <tr><td style="background-color: #f8d7da;">+ Erhöhend</td></tr> <tr><td style="background-color: #d4edda;">- Verringernd</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black;">o unverändert</td></tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: top;"> <tr> <th style="background-color: #f8d7da;">STAG</th> <th style="background-color: #d4edda;">EFF</th> <th style="background-color: #20c997;">EFFplus</th> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Wirkung auf Endenergienachfrage bezogen auf BASE</td> </tr> </table>				+ Erhöhend	- Verringernd	o unverändert	STAG	EFF	EFFplus	Wirkung auf Endenergienachfrage bezogen auf BASE		
+ Erhöhend												
- Verringernd												
o unverändert												
STAG	EFF	EFFplus										
Wirkung auf Endenergienachfrage bezogen auf BASE												
Preise												
Rohöl	-	o	o									
Erdgas	o	-	-									
Steinkohle	-	o	o									
<i>Strom (endogen)</i>	o	o	--									
CO2 Zertifikate	+	-	-									
Private Haushalte - Effizienzentwicklung												
Gebäudesanierung	+	--	--									
Elektrogeräte	+	-	-									
PKW	o	-	-									
Private Haushalte - Verhalten												
Elektrogerätenutzung	+	+	+									
PKW Fahrleistung	+	-	-									
Raumwärme	o	-	-									
PKW-Besitz pro Kopf (endogen)	o	-										
PKW Flottenzusammensetzung	o	-	-									
Sonstige												
Effizienz Heimische Produktion	+ / -	-	-									
Einkommensverteilung	-	+	+									
Exportnachfrage	- *	o- **	o-***									
Flugverkehrsaufkommen	-	-	--									
Effizienz Kommerz. Verkehr	o	o	-									

reduzierte Exportnachfrage durch * schwache Weltwirtschaft, **hohe CO2-Zertifikatspreise oder *** hohe Strompreise

Beispielsweise wirkt sich der hohe Rohölpreis im Szenario "Stagnation" verringernd auf die Energienachfrage aus, daher wird diese Zelle mit „-“ belegt. In den beiden Szenarien "Effiziente Zukunft" entspricht der Rohölpreis dem Preis des Baseline und wird daher neutral mit „o“ gekennzeichnet. Zudem sind Verhaltensänderungen der Bevölkerung berücksichtigt, wie z.B. die „PKW-Fahrleistung“, die in den Szenarien der „Effizienten Zukunft“ rückläufig ist und somit verringernd auf die Energienachfrage wirkt. Im Folgenden sind die Quantifizierungen für die wichtigsten Einflussfaktoren in den einzelnen Szenarien dargestellt. Tabelle 2 zeigt die Entwicklung der internationalen Energiepreise und der CO₂-Zertifikatspreise. Generell sind die Energiepreise im Szenario "Stagnation" höher als im Baseline ("Current Policies") und die CO₂-Preise niedriger, wobei im Gaspreis kein Unterschied besteht. Letzteres ist damit begründet,

dass Schiefergas im Szenario „Stagnation“ im größerem Stil gefördert wird und sich der Erdgaspreis daher vom Erdölpreis entkoppelt. Das führt zu einer ähnlichen Entwicklung des Gaspreises wie im „Current Policy“ – Szenario. Im geringeren Ölpreis im Szenario "Effiziente Zukunft" gegenüber dem Baseline wird der "Green Paradox" – Effekt über die globalen Energiepreise wirksam. Der Gaspreis ist im Szenario "Effiziente Zukunft" höher, da auf Schiefergasgewinnung aus umweltpolitischen Gründen verzichtet wird.

Der CO₂- Preis von 120 €/t CO₂ im Jahr 2050 im Szenario "Effiziente Zukunft" stellt keine radikale Annahme dar und liegt im "Impact Assessment" der EU-Kommission (EU Commission, 2011) in etwa doppelt so hoch. Im Szenario "Effiziente Zukunft plus" wird basierend auf den Erfahrungen mit der deutschen Energiewende ein langfristig geringfügig höherer Strompreis aufgrund der Förderung von erneuerbaren Energieträgern in der Stromerzeugung angesetzt.

Tabelle 2: Energie- und CO₂- Preise in den Szenarien:

		2011	2020	2030	2040	2050
Erdöl in US\$2010/barrel BRENT	BASE	110	115	121	133	143
	STAG	110	148	190	215	224
	EFF & EFFplus	108	113	117	129	138
Erdgas in US\$2010/Mbtu (per million British thermal units)	BASE	11,6	13,8	14,4	14,5	14,1
	STAG	11,6	13,8	14,4	14,5	14,1
	EFF & EFFplus	11,6	13,9	17,3	20,3	22,5
Kohle in S\$2010/t	BASE	134	140	149	168	193
	STAG	134	161	190	207	213
	EFF & EFFplus	134	140	149	168	193
CO ₂ Zertifikate in €/t CO ₂	BASE	10	20	30	35	40
	STAG	10	15	20	25	30
	EFF & EFFplus	10	30	60	90	120
Strom Aufpreis	EFFplus		+3,5%	+7%	+11%	+15%

Wesentlich für das Verständnis der im nächsten Kapitel dargestellten Ergebnisse der Szenarien ist die Entwicklung der Energieeffizienz (Tabelle 3). Im Baseline wächst die Energieeffizienz in den einzelnen Bereichen des Konsums der privaten Haushalte trendmäßig weiter, wobei die Indizes teilweise aus der Entwicklung konkreter Effizienzkennzahlen (kWh/m² oder Liter/km) abgeleitet werden. Die wichtigste Beobachtung zur Beurteilung des Beitrages der Effizienzsteigerung zur Reduktion des Energieverbrauches besteht darin, dass auch im Baseline, so wie auch in der historischen Entwicklung, beträchtliche Steigerungen der Energieeffizienz eintreten. In den Szenarien der "Effizienten Zukunft" sind diese entsprechend

höher, wobei im Bereich der Elektrogeräte der geringste Unterschied sichtbar wird. Aufgrund des verlangsamten technischen Fortschritts, der geringeren Tauschrate von Geräten und weniger Energiebewusstsein und Investition in Effizienzsteigerung im Szenario "Stagnation" steigt in diesem Szenario die Energieeffizienz in allen Anwendungen entsprechend schwächer an.

Tabelle 3: Entwicklung der Energieeffizienz, private Haushalte (mit PKW-Verkehr)

Index 2011 = 100		2011	2020	2030	2040	2050
Beheizung (Gebäude und Heizsystem)	BASE	100	134	164	187	190
	STAG	100	123	137	153	171
	EFF & EFFplus	100	195	248	296	344
Elektrogeräte	BASE	100	106	113	120	127
	STAG	100	104	107	110	114
	EFF & EFFplus	100	115	130	143	153
PKW Diesel	BASE	100	112	149	173	176
	STAG	100	131	156	173	176
	EFF & EFFplus	100	123	172	207	222
PKW Benzin & Erdgas	BASE	100	128	176	198	200
	STAG	100	149	184	199	200
	EFF & EFFplus	100	137	197	230	242
PKW Elektro	BASE	100	101	102	103	104
	STAG	100	101	102	103	104
	EFF & EFFplus	100	104	107	111	115

Wesentliche Veränderungen finden auch in der Struktur der PKW-Flotte bis 2050 statt, wobei auch bereits im Baseline signifikante Verschiebungen auftreten. Im Wesentlichen verdrängt ein auf 30% im Jahr 2050 steigender Anteil von Elektrofahrzeugen die Benzin- und Dieselfahrzeuge (Baseline), im Szenario "Stagnation" werden darüber hinaus die Diesel-PKW auch durch einen höheren Anteil von Erdgas-PKW verdrängt, was durch den relativ günstigen Gaspreis motiviert ist. Der Anteil der Erdgasfahrzeuge bleibt demgegenüber sowohl im Baseline als auch in den Szenarien der "Effizienten Zukunft" relativ unbedeutend.

In den Szenarien der "Effizienten Zukunft" ist als augenscheinlichstes Merkmal der Anteil der Elektro-PKW im Jahr 2050 wesentlich höher (65%), wodurch der Anteil der Benzin- und Dieselfahrzeuge bis 2050 insgesamt auf 30% sinkt.

Tabelle 4: PKW-Bestand nach Antriebsarten (Anteile)

Anteil in%		2011	2020	2030	2040	2050
Anteil PKW Benzin	BASE	45	45	43	38	31
	STAG	45	44	41	35	28
	EFF & EFFplus	45	45	38	28	14
Anteil PKW Diesel	BASE	55	54	52	46	38
	STAG	55	50	44	35	23
	EFF & EFFplus	55	53	45	33	16
Anteil PKW Elektro	BASE	0	0	5	15	30
	STAG	0	0	5	15	30
	EFF & EFFplus	0	1	14	35	65
Anteil PKW Ergas	BASE	0	0	1	1	1
	STAG	0	5	10	15	19
	EFF & EFFplus	0	1	3	4	5

Die Anteile der Antriebsarten sind im DEIO Modell exogen, die Anzahl der Fahrzeuge in Österreich insgesamt ist endogen und wird aus der Konsumnachfrage nach dauerhaften Konsumgütern (die auch Fahrzeuge enthalten) abgeleitet. Ebenso sind die "Serviceleistungen" der Energie im Prinzip endogen determiniert, sobald Einkommen, "Service"-Preise und sozio-demographische und andere Variablen (Heizgradtage) festgelegt sind.

In jeder dieser Modellgleichungen ist jedoch auch ein konstanter Term, der im Wesentlichen die Präferenzen repräsentiert. In einigen Bereichen wurde für die Szenarien bei der Servicenachfrage und beim PKW-Bestand insgesamt eingegriffen, um Änderungen in den Präferenzen der Haushalte abzubilden. Im Szenario "Stagnation" ist die Servicenachfrage in den Bereichen Elektrizität und PKW-Fahrleistung höher, was das geringere Energie- und Umweltbewusstsein der Konsumenten abbildet. Die Servicenachfrage für Beheizung wurde im Szenario "Stagnation" restringiert, da sonst aufgrund der schlechteren Energieeffizienz des Gebäudebestandes und der Heizungsanlagen die Ausgaben für Beheizung stark gestiegen wären, was nicht mit der Einkommensentwicklung in diesem Szenario kompatibel gewesen wäre.

In den Szenarien der "Effizienten Zukunft" ist die Servicenachfrage in den beiden Bereichen Beheizung und PKW-Fahrleistung geringer, aufgrund des höheren Aufwandes für Steuer- und Regelungstechnik des moderneren Bestandes an dauerhaften Konsumgütern und der zusätzlichen Elektro-PKW im Bereich Elektrizität aber höher. Für die Szenarien "Stagnation" und "Effiziente Zukunft" wurden zusätzlich auch Eingriffe im PKW-Bestand pro Kopf vorgenommen.

Tabelle 5: Auswirkungen der Präferenzänderungen der privaten Haushalte

Exogene Änderung im vergl. zum BASE in%		2011	2020	2030	2040	2050
Service, Elektrizität	BASE	-	-	-	-	-
	STAG	-	+2,5	+5	+7,5	+10
	EFF & EFFplus	-	+1,25	+2,5	+3,75	+5
Fahrleistung PKW	BASE	-	-	-	-	-
	STAG	-	+1,25	+2,5	+3,8	+5
	EFF & EFFplus	-	-5	-10	-15	-20
Service, Beheizung	BASE	-	-	-	-	-
	STAG	-	-	-	-	-
	EFF & EFFplus	-	-5	-10	-15	-20
PKW-Besitz pro Kopf (endogen im Modell, wurde jedoch exogen verändert)	BASE	-	-	-	-	-
	STAG	-	...	endogen	...	-10
	EFF & EFFplus	-	-30

Die Veränderungen in der Einkommensverteilung, die durch die Anteile der Quintile an den unterschiedlichen Quellen der Primäreinkommen verursacht werden, sind in Tabelle 6 dargestellt. Für die Unterschiede in den Szenarien wird aufgrund der Beschreibung der wesentlichen Trends in Wirtschaft und Gesellschaft im letzten Kapitel die Aufteilung der Primäreinkommen auf die Haushaltsklassen verändert. Das reflektiert die Annahme, dass prinzipiell andere gesellschaftliche Trends in den einzelnen Szenarien diese Verschiebungen in der Einkommensverteilung verursachen. Alternativ dazu hätte man auch annehmen können, dass die Steuer- und Transferpolitik Veränderungen in der Verteilung der verfügbaren Einkommen nach Haushaltsklassen bewirkt.

Im Baseline verändert sich die Aufteilung der Primäreinkommen nicht, Verschiebungen in der Einkommensverteilung ergeben sich daher in erster Linie durch eine unterschiedliche Dynamik der einzelnen Primäreinkommensarten. Darin spiegelt sich eine trendmäßige Fortsetzung der Veränderung der Einkommensverteilung wider. Im Szenario "Stagnation" kommt es zu einer leichten Öffnung der Schere zwischen dem unteren und dem oberen Quintil. Massive Verschiebungen in den Anteilen am Primäreinkommen treten in den Szenarien der "Effizienten Zukunft" auf, diese repräsentieren völlig unterschiedliche ökonomische und gesellschaftliche Trends.

Tabelle 6: Entwicklung der Einkommensverteilung nach Quintilen (Anteile an den Primäreinkommen)

	Bruttoeinkommen aus unselbst. Tätigkeit		Bruttoeinkommen aus selbst. Tätigkeit		Einkommen aus Vermietung, Verpachtung; Zinsen, Dividenden	
Anteile in%	2011	2050	2011	2050	2011	2050
BASE						
Quintil I	2,3	2,3	6,3	6,3	1,6	1,6
Quintil II	8,7	8,7	10,3	10,3	5,2	5,2
Quintil III	16	16	15,2	15,2	9,6	9,6
Quintil IV	25,6	25,6	22,6	22,6	21,0	21,0
Quintil V	47,7	47,7	45,6	45,6	62,6	62,6
STAG						
Quintil I	2,3	1,6	6,3	3,3	1,6	0,9
Quintil II	8,7	8,2	10,3	8,1	5,2	4,7
Quintil III	16	15,8	15,2	14,1	9,6	9,1
Quintil IV	25,6	25,8	22,6	23,2	21,0	21,0
Quintil V	47,7	48,6	45,6	51,3	62,6	64,3
EFF & EFFplus						
Quintil I	2,3	11,8	6,3	10,6	1,6	7,5
Quintil II	8,7	14,8	10,3	13,3	5,2	9,9
Quintil III	16	18,1	15,2	16,7	9,6	12,8
Quintil IV	25,6	22,6	22,6	21,8	21,0	20,7
Quintil V	47,7	32,7	45,6	37,6	62,6	49,1

6.4 Ergebnisse der einzelnen Szenarien

Die zentralen Resultate umfassen das Wirtschaftswachstum im Zeitraum von 2012 bis 2050 sowie die Endenergienachfrage der heimischen Produktion und der privaten Haushalte. Eine Übersicht der Resultate der wesentlichen aggregierten Variablen ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Entwicklung von BIP, Produktionswert, und Energienachfrage in den Szenarien

	BASE	STAG	EFF	EFFplus
BIP, real	1,8%	1,0%	1,6%	0,9%
Heim. Produktion, real	2,2%	1,3%	1,9%	1,1%
Energienachfrage	1,1%	0,5%	0,6%	-0,1%
nur Produktion	1,4%	0,4%	1,1%	0,3%
nur Haushalte	0,6%	0,7%	-0,5%	-0,9%
Effizienz	0,7%	0,5%	1,0%	1,0%
nur Produktion	0,8%	0,9%	0,8%	0,8%

Die gesamte Variation im durchschnittlichen BIP-Wachstum p.a. zwischen den Szenarien beträgt 0,9 Prozentpunkte, für den gesamten energetischen Endverbrauch sind es 1,2 Prozentpunkte. Die Differenz zwischen der BIP-Wachstumsrate und der Wachstumsrate des energetischen Endverbrauchs ergibt die durchschnittliche jährliche Verbesserung der aggregierten Energieeffizienz. Diese liegt zwischen 0,5% p.a. (STAG) und 1% p.a. (EFF, EFFplus).

Generell zeigt dieser aggregierte Vergleich der Szenarien zwei zentrale Resultate dieser Studie:

- (1) der Unterschied in der Energienachfrage zwischen den Szenarien ist wesentlich stärker durch die Varianz der BIP-Wachstumsraten beeinflusst als durch die Varianz der Wachstumsraten der Energieeffizienz. Darin kommt auch ein wesentliches Kriterium des hier verwendeten DEIO Modells zum Ausdruck, nämlich dass Rückwirkungen von Veränderungen im Energiesystem (z.B. Energie- und CO₂- Preise) auf die Ökonomie berücksichtigt werden, was in Analysen, die nur auf Energiesystem-Modellen beruhen (wie z.B. EU Commission, 2011), nicht der Fall ist

- (2) der Fokus von Verbesserungen der Energieeffizienz liegt in der aktuellen Debatte der EU- und auch der österreichischen Klima- und Energiepolitik auf dem Haushaltssektor einschließlich des PKW-Verkehrs. Die dort erreichbaren Effizienzsteigerungen, inklusive die im Produktionsbereich geplanten (Energieeffizienzgesetz), reichen aus, um den Verbrauch der Haushalte absolut zu reduzieren und den Verbrauch der Produktionssektoren relativ zum Baseline zu reduzieren. Diese Effizienzsteigerungen bleiben aber hinter jener langfristig notwendigen Effizienzerhöhung zurück, die notwendig ist, damit langfristig signifikante Rückgänge im Energieverbrauch erreicht werden können. Das wäre nur möglich, wenn im Produktionsbereich darüber hinaus durch Innovationen in allen Bereichen (Prozesse, Produkte, Materialien, etc.) Steigerungen der Energieeffizienz (pro Outputeneinheit) erreicht werden könnten.

6.4.1 Das Szenario "Current Policies"

In diesem Szenario wird eine durchschnittliche jährliche BIP-Wachstumsrate von 1.8% erreicht, wobei die heimische Produktion einen etwas höheren Anstieg zu verzeichnen hat. Diese Differenz zwischen den beiden Werten entsteht durch eine steigende Vorleistungsintensität der Produktion, sodass der Produktionswert etwas stärker steigt als die Wertschöpfung. Bei den angenommenen Entwicklungen der Energieeffizienz im Haushalts- und Produktionsbereich, sowie den unterstellten Preis- und Exportentwicklungen resultiert eine Energienachfrage, die jährlich ca. 1% wächst was somit einer aggregierten Effizienzsteigerung um 0,7% p.a. bedeutet. Dies entspricht in etwa dem Wert der zwischen 1976 und 2011 erreicht wurde (0,72%⁷ p.a.), also in einer Periode, in der ein signifikanter Energiepreisschock (1980) eingetreten ist.

Durch das hohe Wachstum von über 2% p.a. (Produktionswert) im produzierenden Bereich steigt auch die Energienachfrage in diesem Bereich um 1,4% p.a., was aber ebenfalls eine Effizienzsteigerung von 0,8% p.a. bedeutet. Ausschlaggebend für die Dynamik des Energieverbrauchs in diesem Bereich sind einerseits die nur schwach steigenden Energiepreise, die nur geringe Substitution von Energie durch andere Faktoren bewirken und andererseits eine stark steigende Nachfrage nach Transportdienstleistungen aller Wirtschaftssektoren.

Der Energieverbrauch der Haushalte steigt im Szenario „Current Policies“ trotz anhaltender Fortschritte in der Energieeffizienz im privaten Bereich leicht (0,6% p.a.) an. Das wesentliche Muster in diesem Bereich ist die Kompensation von Effizienzsteigerungen durch Rebound-Effekte, sowie das steigende verfügbare Einkommen.

6.4.2 Das Szenario "Stagnation"

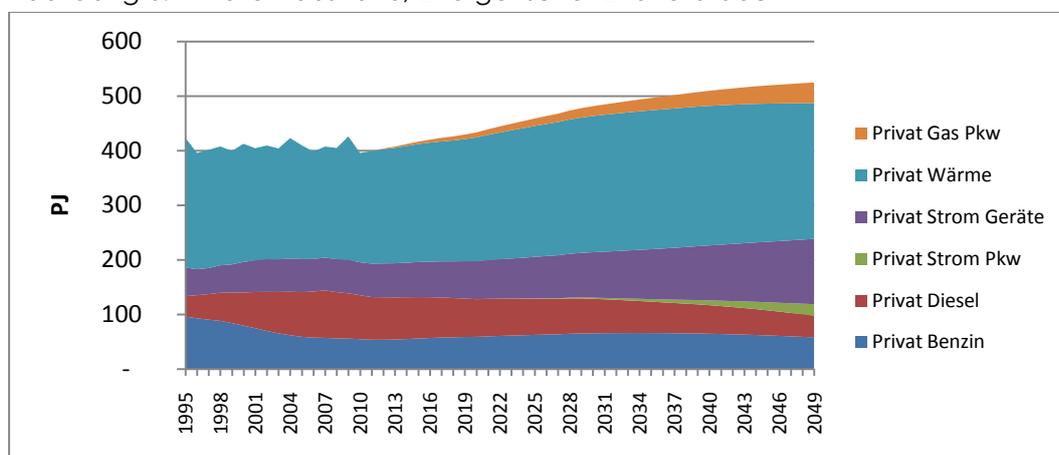
Im STAG Szenario sinkt das durchschnittliche jährliche BIP-Wachstum auf 1% p.a., was durch die geringere globale Wirtschaftsdynamik und den damit einhergehenden Einbruch der Exportnachfrage Österreichs begründet ist. Dies betrifft den Output aller Sektoren und wirkt

⁷ Eigene Berechnung; Quelle: Statistik Austria, Gesamtenergiebilanz 2011 und Tabellen zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, Hauptgrößen

sich über Einkommensrückgänge auch auf den Güter- und Energiekonsum der privaten Haushalte aus. Folglich kommt es zu einer reduzierten Energienachfrage; das Wachstum beträgt nur noch 0,5% pro Jahr. Die aggregierte Energieeffizienz reduziert sich ebenfalls auf 0,5%, was zum Teil an den implementierten Verhaltensänderungen im Bereich der Haushalte und zum anderen Teil an der ungünstigeren Effizienzentwicklung im Bereich der privaten Haushalte liegt.

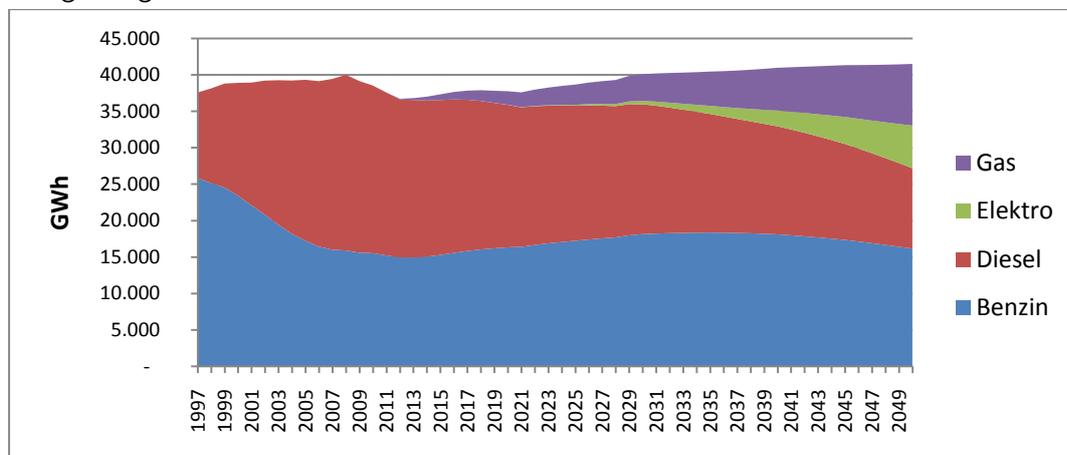
Wie in Tabelle 3 dargestellt, ist die Entwicklung der Energieeffizienz im Bereich der privaten Haushalte aufgrund des geringeren verfügbaren Einkommens und der geringeren Tauschrate für dauerhafte Konsumgüter geringer. Außerdem wird auch ein nicht energiesparender Lebensstil unterstellt. Diese beiden Implementationen führen zu einer Energienachfrage, die jährlich um 0,7% wächst.

Abbildung 6: Private Haushalte, Energetischer Endverbrauch



Im gesamten energetischen Endverbrauch ist das Wachstum des Verbrauchs für Gas-PKW deutlich sichtbar. Der Wärmebedarf bleibt weitgehend konstant, während der Verbrauch für die Anwendungen von Elektrizität stark ansteigt. Ab ca. 2020 ist ein deutlicher Rückgang der Nachfrage für Benzin und Diesel zu beobachten. Insgesamt führen die genannten Entwicklungen zu einer Abflachung des Verbrauchs ab ca. 2040.

Abbildung 7: Private Haushalte – Energetischer Endverbrauch für Mobilität nach Energieträgern

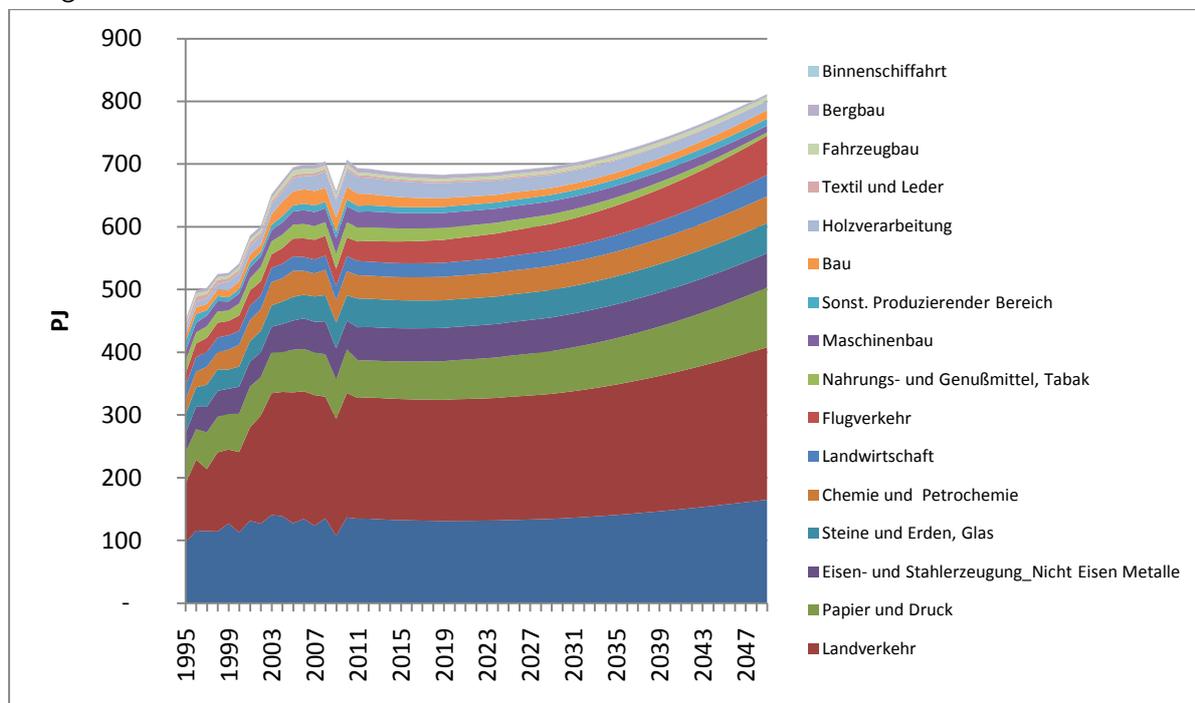


Der Energieverbrauch des privaten Verkehrs steigt nach dem krisen- und preisbedingten Rückgang ab ca. 2010 moderat bis 2050 an, wobei gemäß den Annahmen die erdgasbetriebenen PKW einen steigenden Verbrauch aufweisen. Deutlich sichtbar ist auch die Ausweitung des Dieserverbrauchs in der historischen Periode, die im Zeitraum der Szenarien in einen Rückgang übergeht, der durch den Anstieg von Elektro- und Gas-PKW bewirkt wird.

Die heimische Produktion wird in beachtlichem Ausmaß vom Exportrückgang getroffen und wächst nur mehr 1,3% p.a., was entsprechend auf die Energienachfrage durchschlägt, die im langjährigen Durchschnitt auf ein Wachstum von 0,4% zurückgeht. Die Substituierbarkeit von Energie ist im produzierenden Bereich begrenzt, die Eigenpreiselastizitäten liegen um -0,3. Daher ist der Rückgang der Energienachfrage ähnlich stark wie der Rückgang des Outputs, sodass die Effizienzsteigerung ähnlich dem Ergebnis im Baseline (0,9% p.a.) ausfällt.

Wie aus Abbildung 8 zu entnehmen ist, beginnt der Energieverbrauch der Produktion ab ca. 2030 zu steigen. Dies ist dadurch bedingt, dass die hinterlegten Energiepreise (z.B. der Rohölpreis) in diesen Zeiträumen weniger stark steigen als die Preise der heimischen Produktion, wodurch Energie teilweise relativ günstiger wird und daher wieder stärker nachgefragt wird.

Abbildung 8: Energetischer Endverbrauch Produktion, nach aggregierten Sektoren der Energiebilanz

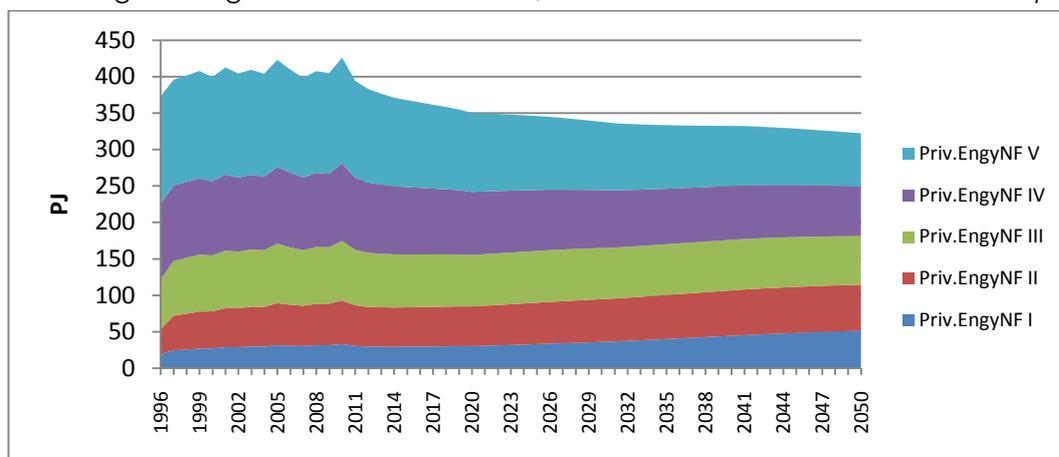


6.4.3 Das Szenario "Effiziente Zukunft"

In beiden Szenarien der „Effizienten Zukunft“ ergibt sich die gesamtwirtschaftliche Entwicklung durch die Änderung der Einflussfaktoren im Energiebereich, die auf die Ökonomie zurückwirken, als endogene Größe. Dabei wirken manche Änderungen positiv und manche negativ auf das BIP-Wachstum. Positive Wirkungen entstehen beispielsweise durch die Energieeffizienzsteigerung und die Verringerung der Einkommensunterschiede zwischen den Haushaltseinkommensklassen (Schließen der „sozialen Schere“). Die potentielle positive Wirkung von Energieeffizienzsteigerungen im Haushalts- und Produktionsbereich kommt über Realeinkommenseffekte zustande („Einkommens-Reboundeffekte“). Dieser Mechanismus unterscheidet das DEIO Modell von typischen bottom up Modellen des Energiesystems wie z.B. PRIMES, wo Energieeffizienzsteigerungen immer nur verbrauchsmindernd wirken.

Ein Effekt, der durch das Schließen der sozialen Schere entsteht, kann aus Abbildung 9 entnommen werden. Durch die höhere Konsumquote der unteren Quintile steigt der Konsum und damit auch die Energienachfrage in diesen Quintilen an, während der Energieverbrauch der oberen Quintile aufgrund der Effizienzsteigerungen des Kapitalstocks zurückgeht.

Abbildung 9: Energetischer Endverbrauch, Private Haushalte nach Einkommensquintilen



Negativ auf die Wirtschaftsleistung wirkt ein hoher Erdgaspreis, da dieser Energieträger eine wichtige Rolle in der Stromproduktion Österreichs spielt. Der folglich höhere Strompreis wirkt negativ auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage. Die größte negative Auswirkung auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung kommt jedoch von jenen Faktoren, die das Exportwachstum in diesen Szenarien reduzieren. In beiden Szenarien der „Effizienten Zukunft“ ist grundsätzlich die weltwirtschaftliche Entwicklung (und Exportnachfrage) des Szenarios „Current Policies“ hinterlegt. Im Szenario "EFF" reduziert sich der Export aufgrund eines hohen EU-weiten CO₂-Preises von 120 €/t CO₂, der die Wettbewerbsfähigkeit Österreichs und auch der EU auf dem Weltmarkt verringert.

Dieser Exporteffekt wurde über die Annahme von Preis- und Einkommenselastizitäten von eins im Außenhandel implementiert. In Österreich am stärksten betroffen sind jene Sektoren, die sowohl exportorientiert als auch energieintensiv sind, also jene Sektoren, für die vordringlich auch das „Carbon Leakage“ Argument gilt. Im Falle von Österreich wird dieser Effekt jedoch abgeschwächt, da diese österreichischen Sektoren vorwiegend in die EU exportieren und diese Sektoren in den anderen EU-Ländern nur relativ geringe Exportquoten nach außerhalb des EU-Raums haben. Somit sind jene energieintensiven Sektoren der anderen EU-Länder weniger stark von hohen CO₂-Preisen betroffen und folglich auch der Absatzmarkt der österreichischen exportorientierten Sektoren, da sich die Wettbewerbsfähigkeit Österreichs im EU-Raum nicht verschlechtert. Das heißt, dass der negative Effekt auf den österreichischen Exportmarkt weniger stark ist als vermutet. Die Summe aller Effekte mündet in einem durchschnittlichen BIP-Wachstum von 1,6% pro Jahr.

6.4.4 Das Szenario "Effiziente Zukunft plus"

Im Szenario „Effiziente Zukunft plus“ (EFFplus) hat der erhöhte Strompreis und der folglich erhöhte Preis der Exportgüter einen sehr starken negativen Einfluss auf die Exporte. In dessen Folge reduziert sich das Wirtschaftswachstum auf unter 1% pro Jahr.

Die heimische Produktion sowie der heimische Konsum gehen ähnlich stark zurück wie im Szenario STAG. Auffallend ist der Rückgang der Energienachfrage der privaten Haushalte um

0,9%, welcher durch ein geringeres verfügbares Einkommen, höhere Energieeffizienz sowie durch energiebewusstes Verhalten bewirkt wird. Aufgrund von Effizienzsteigerungen und Verhaltensänderungen ergibt sich auch, dass die aggregierte Energieeffizienz mit 1% Wachstum p.a. über der Wachstumsrate des "STAG"-Szenarios liegt.

Abbildung 10: Gesamter Energetischer Endverbrauch, Produktion und Haushalte

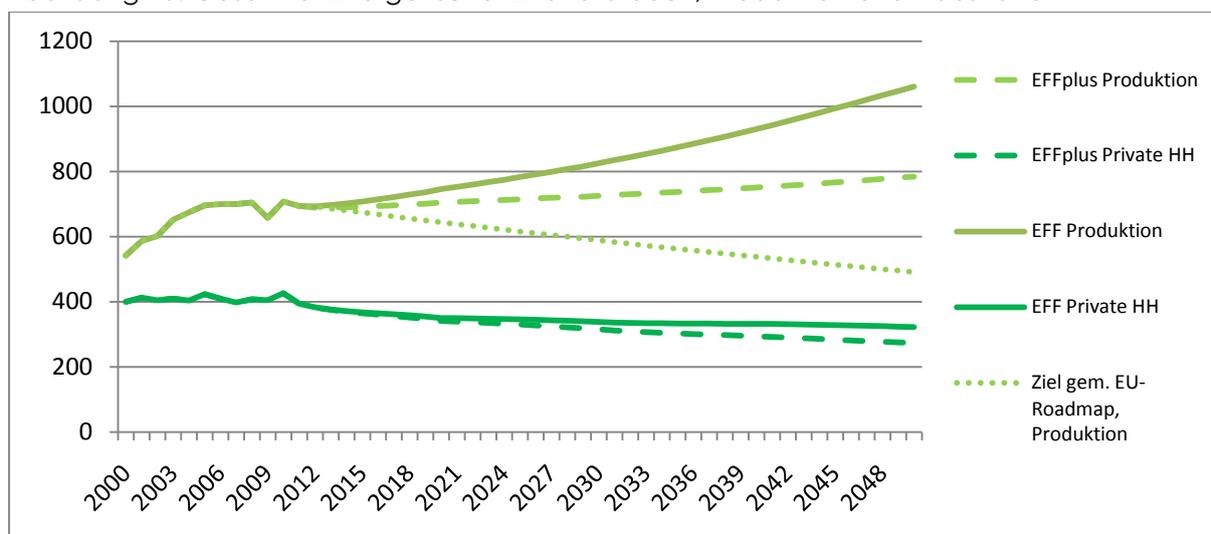


Abbildung 10 stellt den Effekt von den Maßnahmen in "EFFplus" im Vergleich zu EFF dar. Dabei wird sichtbar, dass der Großteil der Energieeinsparung im Produzierenden Bereich stattfindet.

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Vergleich der Ergebnisse des EFFplus-Szenarios bis 2050 mit den Ergebnissen des „Impact Assessment“ der EU-Kommission zur „Energy Roadmap 2050“ (EU-Commission, 2011). Dort wird insgesamt für die EU27 eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 80% (gegenüber dem Niveau von 1990) bis 2050 erreicht. Dabei leistet die Reduktion der Energieintensität in den Szenarien der „Energy Roadmap 2050“ nur einen Beitrag von 32% bis 40% zum Ziel der Emissionsreduktion um 80%, der Rest muss von der „De-Karbonisierung“ des Energiesystems kommen. Die „De-Karbonisierung“ wiederum beruht neben der stärkeren Expansion der erneuerbaren Energieträger wesentlich auf CCS („Carbon Capture and Storage“)-Technologien und Stromerzeugung aus Nuklearenergie. Zur Erreichung der Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 32% bis 40% in den EU27 muss es außerdem in den Szenarien der „Energy Roadmap 2050“ zu einem historischen Trendbruch kommen. Die Fortschritte in der Erhöhung der Energieeffizienz liegen in Europa zwischen 1990 und 2000 bei 1,8% p.a. und zwischen 2000 und 2010 bei 1,0% pro Jahr. Für die Szenarien der „Energy Roadmap 2050“ muss sich dieser technische Fortschritt weiter massiv beschleunigen, nämlich auf beinahe 3% p.a. Erhöhung der Energieeffizienz.

Hier ist für das Szenario „Effiziente Zukunft plus“ lediglich der energetische Endverbrauch dargestellt, der leicht (um ca. 0,1% p.a.) zurückgeht. Um jene Effizienzverbesserungen in Österreich zu erreichen, die sich in der „Energy Roadmap 2050“ in allen EU27 ergeben, müsste der Primärenergieverbrauch bis 2050 um ca. 0,9% p.a. zurückgehen. Dieser Rückgang wird im

Szenario „Effiziente Zukunft plus“ im Haushaltsbereich erreicht, nicht jedoch im Produktionsbereich. Für den Produktionsbereich ist in Abbildung 10 der Zielpfad des Energieverbrauches in der Produktion laut "EU Roadmap 2050" dargestellt; dabei wird ein nicht unbedeutender Keil sichtbar, der sich bis 2050 zwischen der Entwicklung in beiden Szenarien der "Effizienten Zukunft" und diesem Zielpfad aufbaut.

In den Szenarien der "Effizienten Zukunft" sind jene Maßnahmen implementiert, die den Zielsetzungen des Energieeffizienzgesetzes entsprechen, das reicht jedoch nicht für die langfristige Reduktion des Energieverbrauchs im Produktionsbereich aus. Es ist zu vermuten, dass im Szenario „Effiziente Zukunft plus“ aufgrund der Annahmen zum verstärkten Einsatz von erneuerbarer Energie in der Stromerzeugung der Primärenergieverbrauch stärker zurückgeht als der energetische Endverbrauch. Dieses Ergebnis ist im Rahmen dieser Studie nicht enthalten, daher kann darüber nur spekuliert werden. Würde der zusätzliche Rückgang im Primärenergieverbrauch z.B. ausreichen, um den Anstieg der Energienachfrage im Produktionsbereich zu kompensieren, dann ergäbe sich insgesamt ein Rückgang der Energienachfrage um 0,3% pro Jahr. Um die Ergebnisse der „Energy Roadmap 2050“ in Bezug auf den Energieverbrauch in Österreich bis 2050 zu erreichen, müsste zusätzlich zum Pfad des Energieverbrauchs der Haushalte im Szenario "Effiziente Zukunft plus" auch der in Abbildung 10 eingezeichnete Pfad des Energieverbrauchs in der Produktion erreicht werden. Das erfordert höhere Preise für CO₂-Emissionszertifikate und weitergehende Innovationen in Prozessen, Produkten und Materialien im Industriebereich. Der CO₂-Preis, der in der „Energy Roadmap 2050“ angenommen wird, ist etwa doppelt so hoch wie der hier im Szenario „Effiziente Zukunft plus“, das könnte somit leicht im Modell implementiert werden. Was die grundlegenden Innovationen im Industriebereich zur Steigerung der Energieeffizienz betrifft, ist demgegenüber noch eine intensivere Diskussion im Rahmen der Klima- und Energiepolitik zu führen.

6.5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen: Die Szenarien im Vergleich

Im Folgenden werden einige aggregierte und einige detaillierte Ergebnisse der Szenarien direkt miteinander verglichen, um die Unterschiede noch deutlicher sichtbar zu machen. Der energetische Endverbrauch entwickelt sich in den beiden Szenarien "Effiziente Zukunft" und "Stagnation" in etwa gleich und liegt im Mittel der beiden Szenarien "Current Policies" (hohes Verbrauchswachstum) und "Effiziente Zukunft plus" (leichter Verbrauchsrückgang).

Abbildung 11: Gesamter Energetischer Endverbrauch

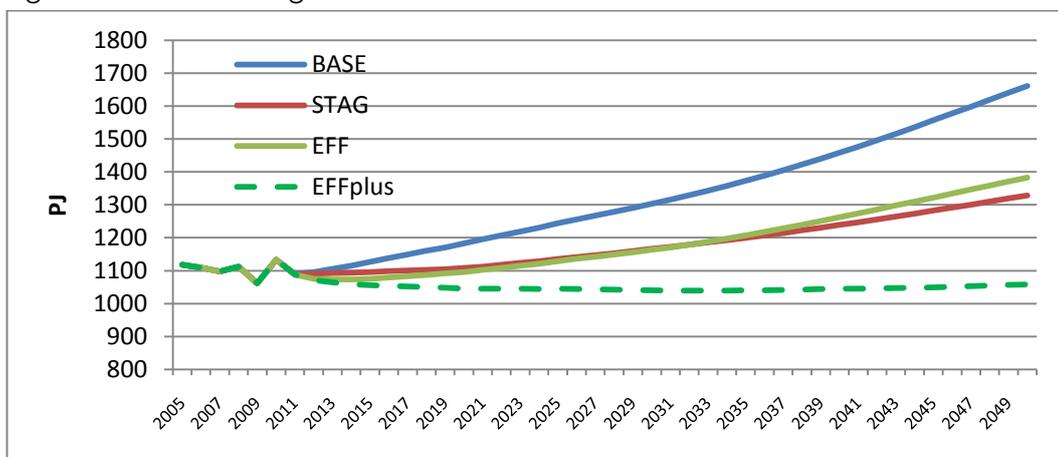
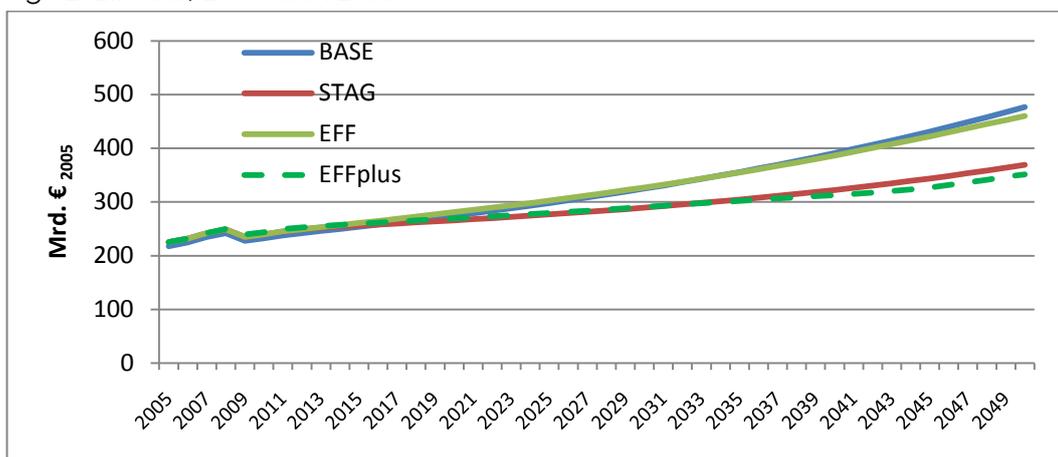


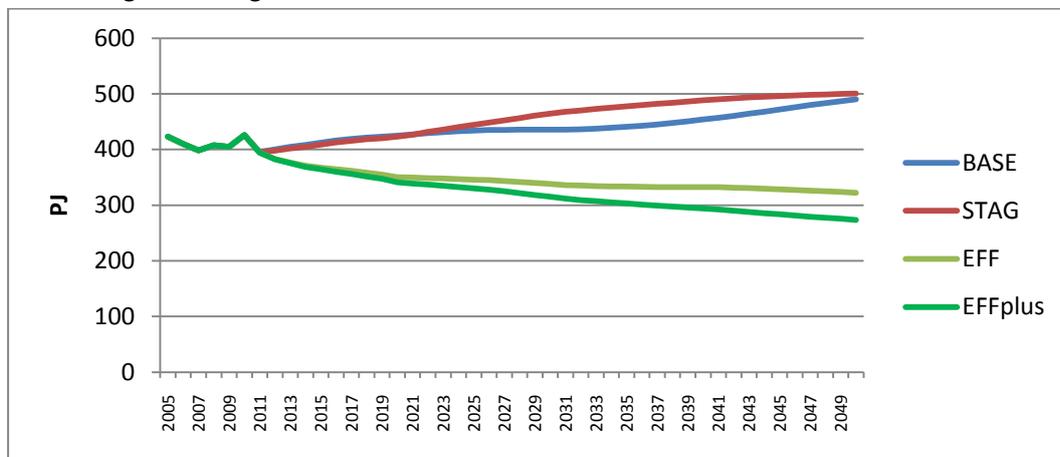
Abbildung 12: BIP real, zu Preisen 2005



Da im DEIO Modell das Energiesystem und die Ökonomie miteinander konsistent verschränkt sind, hat jede Änderung im Energiesystem ökonomische Wirkungen und vice versa. Daher sind auch die BIP-Wachstumsraten stark unterschiedlich. Bezüglich BIP liegt die Entwicklung im Szenario "Stagnation" ungefähr gleich mit jener des Szenarios "Effiziente Zukunft plus". Im Zusammenhang mit Abbildung 11 könnte man das so interpretieren, dass es zwei Optionen gibt, den Energieverbrauch in Relation zum Baseline in gleichem Umfang zu reduzieren, eine mit Effizienzsteigerungen, und eine mit geringerem BIP-Wachstum.

Die größten Unterschiede zwischen dem Pfad der Energienachfrage in den einzelnen Szenarien treten im Haushaltsbereich auf.

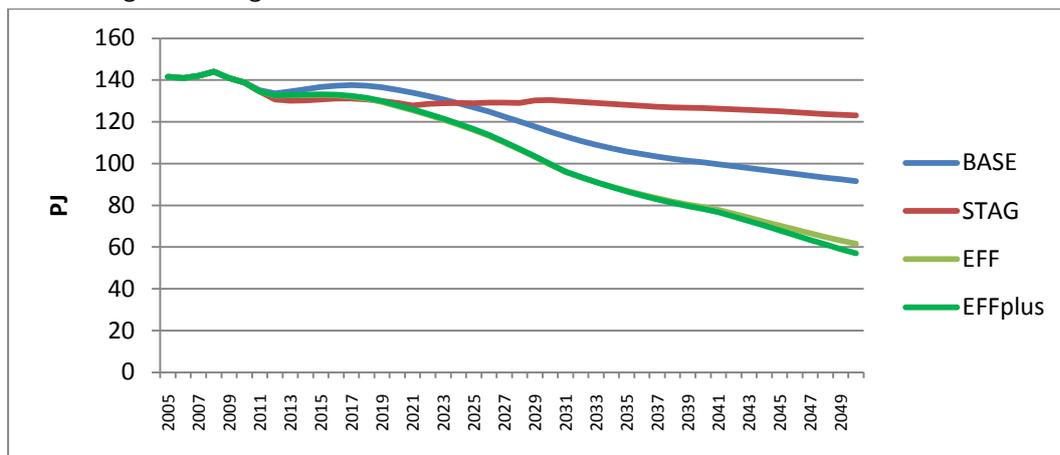
Abbildung 13: Energetischer Endverbrauch, Haushalte



Im Baseline wird das Verbrauchswachstum der Haushalte durch steigende Einkommen, steigende Ausstattung mit dauerhaften Konsumgütern, relativ schwach steigende Energiepreise und die Präferenzen der Haushalte angetrieben. Bemerkenswert ist, dass im Szenario "Stagnation" der Verbrauch der Haushalte noch etwas stärker steigt als im Baseline. Das ist darauf zurückzuführen, dass der relative Rückgang des verfügbaren Einkommens (im Vergleich zum Baseline) durch energieintensiveres Verhalten kompensiert wird.

In den Szenarien der "Effizienten Zukunft" ergibt sich ein absoluter Rückgang des Energieverbrauchs der Haushalte aufgrund der implementierten Effizienzmaßnahmen und der angenommenen Verhaltensänderungen. Dabei fällt der Rückgang des Energieverbrauchs im Szenario "Effiziente Zukunft plus" noch stärker aus aufgrund der Reduktion im Wachstumstempo des verfügbaren Einkommens.

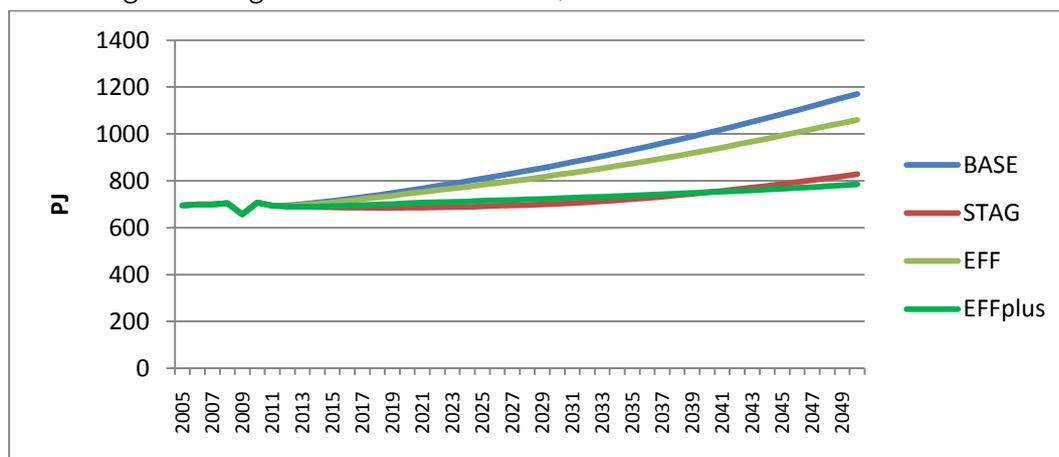
Abbildung 14: Energetischer Endverbrauch, Haushalte: Mobilität



Im Bereich der Mobilität (PKW Verkehr) ergibt sich bereits im Baseline ein leichter Rückgang aufgrund der Verbesserung in der Effizienz der PKW-Flotte (der Durchschnittsverbrauch der mit Verbrennungsmotoren betriebenen PKW-Flotte sinkt auf drei Liter pro 100 km). Ungefähr

konstant bleibt der Verbrauch für Mobilität im Szenario "Stagnation", da die Effizienz der PKW-Flotte wesentlich weniger stark steigt und aufgrund des nicht energiesparenden Verhaltens der Haushalte die Fahrleistung höher liegt als im Baseline. Der Unterschied im Verbrauch für Mobilität zwischen dem Baseline und dem Szenario "Effiziente Zukunft" liegt hauptsächlich in Verhaltensänderungen begründet, die zu weniger Fahrleistung führen. Die weitere Reduktion des Verbrauchs im Szenario "Effiziente Zukunft plus" ist nur sehr gering, da sie lediglich auf das geringere verfügbare Einkommen in diesem Szenario zurückzuführen ist und die Reaktion der Fahrleistung auf Einkommensänderungen sehr gering ist.

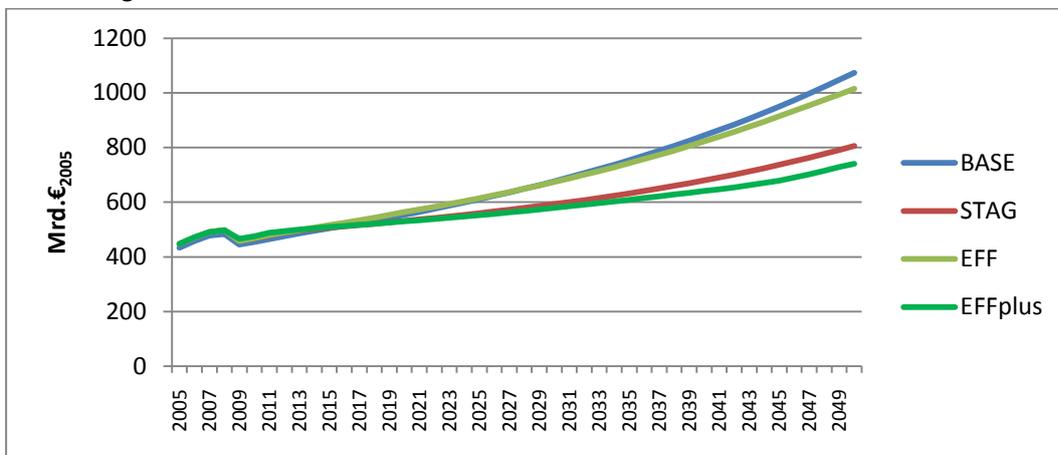
Abbildung 15: Energetischer Endverbrauch, Produktionsbereich



Im Energieverbrauch des Produktionsbereiches zeigen sich geringere Unterschiede zwischen den Szenarien als im Haushaltsbereich. Der Trend des Szenarios "Effiziente Zukunft" liegt etwas unter dem Baseline, was hauptsächlich in dem geringeren Exportwachstum durch hohe CO₂-Zertifikatspreise begründet ist. In den Szenarien "Stagnation" und "Effiziente Zukunft plus" ergeben sich aus unterschiedlichen Gründen ähnliche Trends. Im Szenario "Stagnation" verringert sich die Exportnachfrage aufgrund einer schlechteren weltwirtschaftlichen Entwicklung, wohingegen im Szenario "Effiziente Zukunft plus" hohe Strompreise der Grund für den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit sind und einen reduzierten Export und heimische Produktion zur Folge hat.

In der unterschiedlichen Entwicklung der Produktionswerte zwischen den Szenarien zeigt sich nochmals die Wechselwirkung zwischen Energiesystem und Ökonomie, die ein Merkmal des DEIO Modells ist. Das Baseline und das Szenario "Effiziente Zukunft" weisen hohe Wachstumsraten der Produktion auf, während sowohl Stagnation (aufgrund der geringeren weltwirtschaftlichen Dynamik) als auch "Effiziente Zukunft plus" (aufgrund der Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit im Export) ein niedrigeres Produktionswachstum ergeben.

Abbildung 16: Produktionswert, real, zu Preisen 2005, alle Sektoren



In der Gliederung der Sektoren der Energiebilanz sieht man stark unterschiedliche Trends der Energieeffizienz (pro Outputeinheit). Die Unterschiede zwischen dem "Current Policies" – Szenario und dem Szenario "Effiziente Zukunft" sind vor allem in den Industriesektoren sehr ausgeprägt.

Abbildung 17: Produktionswachstum und Energetischer Endverbrauch, Sektoren nach Energiebilanz: Szenario "Current Policies"

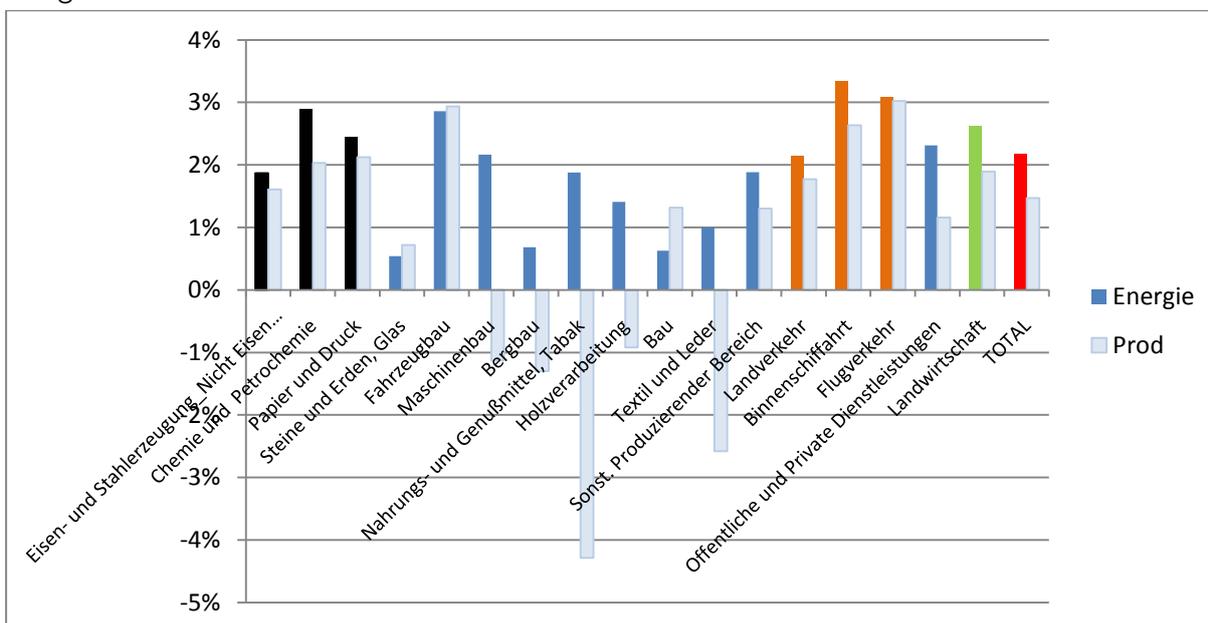
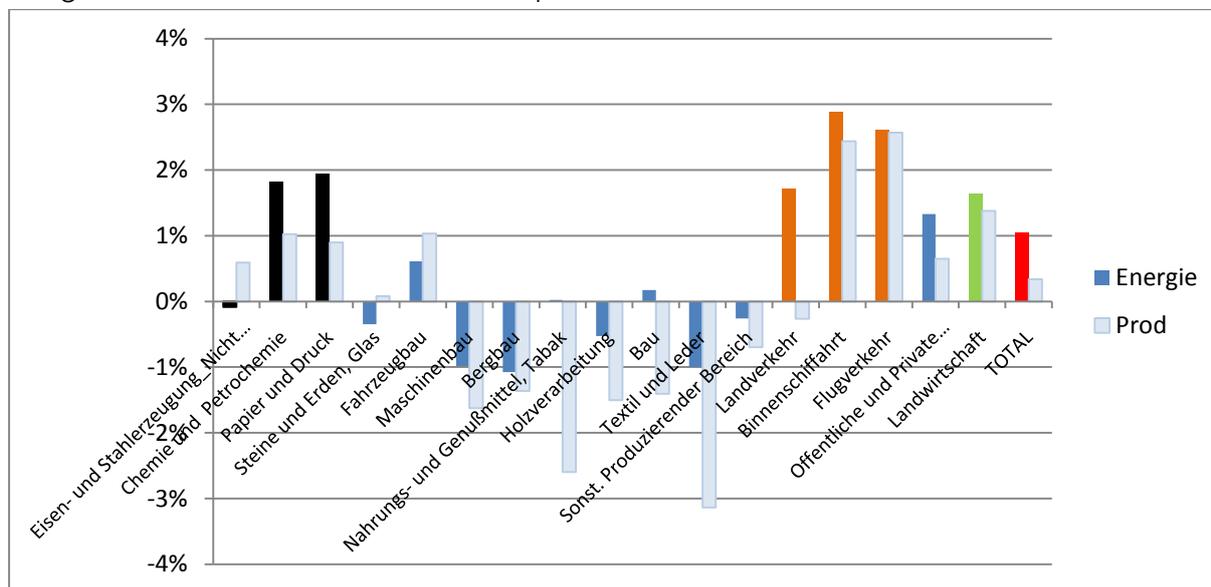


Abbildung 18: Produktionswachstum und Energetischer Endverbrauch, Sektoren nach Energiebilanz: Szenario "Effiziente Zukunft plus"



Insgesamt hat diese Studie gezeigt, dass eine konsistente Formulierung von ökonomischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, wie sie in den Kapiteln 1 bis 4 erfolgt ist, neue Erkenntnisse für die Ergebnisse von Energieszenarien bringen kann. Eine Voraussetzung dafür ist, bei der Formulierung des Umfeldes (der "Storylines") einen breiten Blickwinkel zu wählen und bei der Quantifizierung in Energieszenarien einen Modellansatz, in dem die vielfachen Verschränkungen zwischen dem ökonomischen System und dem Energiesystem abgebildet sind. In der hier vorliegenden Studie wurden auch Annahmen, die üblicherweise für Energieszenarien *ad hoc* getroffen werden, wie z.B. die Annahmen über Energiepreise, durch globale Trends in Wirtschaft und Gesellschaft begründet. Im Modellansatz werden auch Zusammenhänge zwischen ökonomischen Entwicklungen und der Energienachfrage erfasst, die üblicherweise nicht Gegenstand von Energieszenarien sind, das betrifft vor allem den Bereich der Haushalte und die Aufspaltung des Haushaltssektors in fünf Einkommensgruppen.

Eine wesentliche Erkenntnis aus dieser Studie war, dass Energiepreise (inkl. Steuern und CO₂-Zertifikatspreise) direkt und indirekt – über das BIP-Wachstum – auf die Energienachfrage wirken. Die aggregierten Effekte auf die Energieeffizienz (pro BIP-Einheit) sind die Summe aller Wirkungen. Hohe CO₂-Preise verschlechtern die Wettbewerbsfähigkeit (bei isolierter Wirkung innerhalb der EU) der energieintensiven Industrie, allerdings nimmt dieser Effekt im Laufe der Zeit ab, da die Produktion weniger CO₂-intensiv wird und der Energieträger-Mix sich zu Gunsten von Elektrizität verschiebt. Entscheidend ist daher die Frage nach der Stromerzeugung im Jahre 2050, die wesentlich über Primärenergieverbrauch und CO₂-Emissionen entscheiden wird (die allerdings beide in dieser Studie nicht abgebildet wurden).

7. Literatur

- European Commission (2012): Global Europe 2050, Internet: http://ec.europa.eu/research/social-sciences/pdf/global-europe-2050-report_en.pdf (letzter Zugriff: 18.12. 2012).
- European Commission (2011), Commission Staff Working Paper: Impact Assessment, Energy Roadmap 2050, SEC(2011) 1565, Brussels.
- European Commission Expert Group (2010): Global Europe 2030-2050. State of the art of international Forward Looking Activities beyond 2030, Internet: http://ec.europa.eu/research/social-sciences/pdf/fla-2030-2050-state-of-the-art-synthesis_en.pdf (letzter Zugriff: 17.12. 2012).
- Future Agenda (o.A.): The World in 2020, Internet: <http://www.futureagenda.org/pg/cx/view#0> (letzter Zugriff: 18.12.2012)
- Goettle, R.J., M.S. Ho, D.W. Jorgenson, D.T. Slesnick, and P.J. Wilcoxon, 2007, IGEM, an inter-temporal General Equilibrium Model of the U.S. economy with emphasis on growth, energy and the Environment, prepared for the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Atmospheric Programs, Climate Change Division, EPA Contract EP-W- 05 - 035.
- IEA, (2012), Golden Rules for a Golden Age of Gas, special report, International Energy Agency, Paris, May, 2012.
- IEA (2011) World Energy Outlook 2011, International Energy Agency, Paris, 2011.
- International Monetary Fund (2012): World Economic Outlook. Coping with High Debt and Sluggish Growth, Internet: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/02/index.htm> (letzter Zugriff: 18.12. 2012)
- Köppl, A., C. Kettner, D. Kletzan-Slamanig, S. Schleicher, H. Schnitzer, M. Titz, B., Wolking, A. Damm, K. Steininger, R. Lang, G. Wallner, A. Karner, H. Artner (2011), EnergyTransition 2012/2020/2050. Strategies for the Transition to Low Energy and Low Emission Structures, commissioned by the Austrian "Klima- und Energiefonds", WIFO Monographien 2/2011.
- Kratena, K. and G. Streicher (2009), Macroeconomic input-output modelling: structures, functional forms and closure rules, International Input-Output Association Working Paper WPIOX 09-009.
- Kratena, K., and M. Wüger (2010), An intertemporal optimization model of households in an E3 (Economy/Energy/Environment) framework, WIFO Working Papers, 382/2010.
- Kratena, K., I. Meyer, and M. Sommer (2013a), Energy Scenarios 2030. Model Projections of Energy Demand as a Basis to Quantify Austria's Greenhouse Gas Emissions, WIFO Monographien, 3/2013.
- Kratena, K., G. Streicher, U. Temurshoev, A.F. Amores, I. Arto, I. Mongelli, J.M. Rueda-Cantuche, and V. Andreoni (2013b), FIDELIO 1: Fully Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output Model for the EU27, JRC Scientific and Policy Reports, JRC 81864, EU Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technology Studies, 2013.
- National Intelligence Council (2012): Global Trends 2030: Alternative Worlds, Internet: http://www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends_2030.pdf (letzter Zugriff: 16.12.2012)
- Palley, T. (2013), Keynesian, Classical and New Keynesian Approaches to Fiscal Policy: Comparison and Critique, in: Review of Political Economy, 25, (2), 179 – 204.
- Reibnitz, U. (1987): Szenarien-Optionen für die Zukunft. McGraw-Hill. Hamburg/New York. S30.
- Statistik Austria, (2012), Energiebilanzen, Wien.