

**Energieszenarien 2030/2050:
Energieökonomische Auswirkungen
der Realisierung von Effizienz-
potentialen in Industrie und
Haushalten**

**Mark Sommer, Kurt Kratena, Ina Meyer,
Mathias Kirchner**

Wissenschaftliche Assistenz: Katharina Köberl

Energieszenarien 2030/2050: Energieökonomische Auswirkungen der Realisierung von Effizienzpotentialen in Industrie und Haushalten

Mark Sommer, Kurt Kratena, Ina Meyer, Mathias Kirchner

November 2017

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft

Wissenschaftliche Assistenz: Katharina Köberl

Inhalt

Die vorliegende Studie übersetzt zwei Energieeffizienzzenarien in die Modellsprache des Modells WIFO.DYNK und analysiert die mittel- und langfristigen Auswirkungen (2030/2050) von Energiepreisentwicklung, Potentialen zur Steigerung der technologischen Effizienz sowie Struktur- und Verhaltensänderungen auf die Wirtschaftsleistung, den Endenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen in Österreich. Modelliert werden ein Effizienzzenario für den produzierenden Bereich und, darauf aufsetzend, ein Effizienzzenario für den Haushaltssektor und Verkehr. In das Baseline-Szenario fließen bereits beschlossene Entwicklungen zum Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energieträger und der Elektromobilität bis 2050 ein. In einem Umfeld der weltweiten Dekarbonisierung (450-Szenario der Internationalen Energieagentur) könnten demnach durch eine Realisierung der angenommenen Effizienzsteigerungspotentiale die CO₂-Emissionen gegenüber dem Baseline-Szenario um bis zu 5 Mio. t im Jahr 2030 und bis zu 8 Mio. t im Jahr 2050 gesenkt werden; zugleich könnte die Wirtschaftsleistung geringfügig gesteigert werden. Für Maßnahmen zur Vermeidung der verbleibenden Emissionen wäre insbesondere der dieselbasierte Güterverkehr ein zentraler Ansatzpunkt, um eine mit dem Übereinkommen von Paris konforme Emissionsentwicklung zu erzielen.

Rückfragen: mark.sommer@wifo.ac.at, kurt.kratena@wifo.ac.at, ina.meyer@wifo.ac.at, mathias.kirchner@wifo.ac.at,
katharina.koerberl@wifo.ac.at

2017/311-1/S/WIFO-Projektnummer: 9913

© 2017 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

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: 50 € • Kostenloser Download: <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/60784>

Übersichtsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	3
1. Einleitung und Zielsetzung	5
2. Methodischer Ansatz	7
2.1 <i>Entwicklung und Quantifizierung von Szenarien</i>	7
2.1.1 <i>Das Baseline-Szenario</i>	8
2.1.2 <i>Ein Effizienzzenario für die Industrie – EFF.IND</i>	9
2.1.3 <i>Ein Effizienzzenario für die Haushalte – EFF.PLUS</i>	12
2.2 <i>Das WIFO.DYNK-Modell</i>	13
2.2.1 <i>Haushalte – Verhalten, privater Konsum</i>	15
2.2.2 <i>Unternehmen – Verhalten, Produktionsstruktur</i>	15
2.2.3 <i>Energienachfrage und Energieerzeugung</i>	17
2.3 <i>Exkurs: Abgrenzung zur WIFO-Studie „Folgenabschätzung und Sensitivitätsanalyse für die Erstellung der Energie- und Klimastrategie“</i>	21
3. Daten	22
3.1 <i>Allgemeine Modellinputdaten</i>	22
3.2 <i>Inputdaten und Annahmen für das Szenario Baseline</i>	22
3.3 <i>Inputdaten und Annahmen für das Szenario EFF.IND</i>	24
3.4 <i>Inputdaten und Annahmen für das Szenario EFF.PLUS</i>	29
3.4.1 <i>Forcierung Elektromobilität</i>	29
3.4.2 <i>Bewusstseinsentwicklung und Verhaltensänderung</i>	29
3.4.3 <i>Effizienz im Güterverkehr</i>	30
3.4.4 <i>Heizsystemstandards</i>	30
3.4.5 <i>Gebäudesanierung</i>	30
4. Ergebnisse	32
4.1 <i>Ergebnisse Szenario Baseline</i>	32
4.1.1 <i>Energetischer Endverbrauch</i>	32
4.1.2 <i>Anteil erneuerbarer Energieträger</i>	36
4.1.3 <i>CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch</i>	37
4.1.4 <i>Exkurs: Abgrenzung zum PRIMES-Referenzszenario</i>	38
4.2 <i>Ergebnisse Szenario EFF.IND</i>	40
4.2.1 <i>Energetischer Endverbrauch</i>	40
4.2.2 <i>Anteil erneuerbarer Energieträger</i>	43
4.2.3 <i>CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch</i>	44
4.3 <i>Ergebnisse Szenario EFF.PLUS</i>	45
4.3.1 <i>Energetischer Endverbrauch</i>	45
4.3.2 <i>Anteil erneuerbarer Energieträger</i>	49
4.3.3 <i>CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch</i>	50
4.4 <i>Die Szenarien im Vergleich</i>	51

4.4.1 Energieverbrauch, erneuerbare Energieträger und CO ₂ -Emissionen	51
4.4.2 Energieeffizienz	54
5. Schlussfolgerungen	56
ANNEX	59

Übersichtsverzeichnis

Übersicht 1: Zentrale Eingangsparameter im Baseline-Szenario	23
Übersicht 2: Wirtschaftswachstum im Baseline-Szenario, Ø Veränderung in % p.a.	24
Übersicht 3: Energieträgerpreise im 450-Szenario der IEA, mit und ohne CO ₂ -Preis	25
Übersicht 4: Energieintensität nach Branchen im Baseline-Szenario, Ø Veränderung in % p.a.	26
Übersicht 5: Energieeffizienzpotential in der energieintensiven Industrie, in %	28
Übersicht 6: Szenarienvergleich reales Bruttoinlandsprodukt, Ø Veränderung in % p.a.	32
Übersicht 7: Vergleich Endenergieverläufe PRIMES-Referenzszenario 2016 und WIFO Baseline- Szenario, in PJ	38
Übersicht 8: Szenarienvergleich Energieintensität, Ø Veränderung in % p.a.	55
Übersicht 9: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren und Szenarien, absolut in PJ	59
Übersicht 10: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien und Szenarien, absolut in PJ	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Zusammenhänge im DYNK-Modell	14
Abbildung 2: Energetischer Endverbrauch im Szenario Baseline, in PJ	33
Abbildung 3: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario Baseline, Ø Veränderung in % p.a.	34
Abbildung 4: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario Baseline, in PJ	34
Abbildung 5: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario Baseline, Ø Veränderung in % p.a.	35
Abbildung 6: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario Baseline, in PJ	35
Abbildung 7: Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch gemäß EU- Richtlinie 2009/28/EG im Szenario Baseline, in %	36
Abbildung 8: CO ₂ -Emissionen aus der energetischen Nutzung im Szenario Baseline, in MtCO ₂	37
Abbildung 9: Energetischer Endverbrauch im Szenario EFF.IND, in PJ	40
Abbildung 10: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.IND, Ø Veränderung in % p.a.	41
Abbildung 11: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.IND, in PJ	41

Abbildung 12: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.IND, Ø Veränderung in % p.a.	42
Abbildung 13: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.IND, in PJ	42
Abbildung 14: Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG im Szenario EFF.IND, in %	44
Abbildung 15: CO ₂ -Emissionen aus der energetischen Nutzung im Szenario EFF.IND, in MtCO ₂	45
Abbildung 16: Energetischer Endverbrauch im Szenario EFF.PLUS, in PJ	46
Abbildung 17: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.PLUS, Ø Veränderung in % p.a.	47
Abbildung 18: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.PLUS, in PJ	47
Abbildung 19: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.PLUS, Ø Veränderung in % p.a.	48
Abbildung 20: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.PLUS, in PJ	49
Abbildung 21: Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG im Szenario EFF.PLUS, in %	50
Abbildung 22: CO ₂ -Emissionen aus der energetischen Nutzung im Szenario EFF.PLUS, in MtCO ₂	51
Abbildung 23: Szenarienvergleich Veränderung energetischer Endverbrauch, in PJ.....	52
Abbildung 24: Szenarienvergleich Veränderung im Endenergieverbrauch nach Sektoren, 2015-2050, in PJ.....	53
Abbildung 25: Szenarienvergleich Veränderung im Endenergieverbrauch nach Nutzkategorien, 2015-2050, in PJ	53
Abbildung 26: Szenarienvergleich Veränderung Anteil erneuerbarer Energieträger gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG, in %	54
Abbildung 27: Szenarienvergleich CO ₂ -Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch, in MtCO ₂	54
Abbildung 28: Szenarienvergleich Energieintensität, in TJ/Mio.€ ₂₀₁₅ Produktion.....	55

1. Einleitung und Zielsetzung

Der Schwerpunkt der hier vorgestellten Energieszenarien liegt auf der Evaluierung des Potentials einer substantiellen Reduktion der CO₂-Emissionen durch Veränderungen im Energiesystem, vor allen Dingen durch Verbesserungen in der Energieeffizienz und die damit ausgelösten ökonomischen Effekte. Dieses Potential wird im Vergleich zu einem Basisszenario analysiert. Eines der alternativen Szenarien basiert auf Untersuchungen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie. Das andere Alternativszenario untersucht zusätzlich die Umsetzung der Potentiale der Energieeffizienz im Haushaltsbereich, insbesondere im Bereich der Raumwärme und des privaten motorisierten Individualverkehrs (MIV).

Die Philosophie der beiden Alternativszenarien besteht darin, bekannte Potentialstudien (Oxford Energy, 2014; ifeu et al., 2011) zur Erhöhung der Energieeffizienz in Maßnahmen für Szenarien umzusetzen. Für die darin enthaltenen Potentiale liegen quantitative Überlegungen zur ökonomischen Umsetzung und den dafür notwendigen Rahmenbedingungen vor (siehe im Einzelnen Kapitel 2 und 3). Das stellt die Grundbedingung dafür dar, dass die Szenarien im in der Studie verwendeten Modell analysiert werden können und die ökonomischen Effekte aller Veränderungen im Energiesystem sichtbar werden. Die Methodik der Szenarien beruht auf dem für Österreich konstruierten DYNK- („Dynamic New Keynesian“) Modell. Ein ähnliches Modell wurde für die EU 27 konstruiert, einmal als inter-regionales Input-Output (IO) Modell (Kratena et al., 2013), einmal als „Ein-Land-Modell“ für die EU 27 (Kratena – Sommer, 2014) und wurde mehrmals für umweltpolitische Analysen verwendet (z.B.: Arto et al., 2015). Das Modell beruht auf detaillierten Input-Output Tabellen Österreichs (59 Sektoren und 47 Konsumkategorien) und integriert die österreichische Energiebilanz (Statistik Austria) konsistent in das gesamtwirtschaftliche Modell, wodurch die physischen Größen des Energiesystems an die monetären Größen des ökonomischen Modells gekoppelt werden. Damit wird die Verbindung zwischen ökonomischen Variablen (Wohnungsnachfrage, PKW-Kauf, etc.) und physischen Treibern der Energienachfrage (Wohnfläche, PKW-Bestand nach Antriebsarten), sowie Ergebnissen des Energiesystems (inklusive CO₂-Emissionen) dargestellt. Zusätzlich wird der Energieverbrauch in den Wirtschaftssektoren und im Haushaltsbereich noch gemäß den Verwendungszwecken der Nutzenergieanalyse aufgespalten. Dadurch können die Ergebnisse von Studien zu den Energieeffizienz-Potentialen, die teilweise nach Anwendungsarten bzw. Querschnittstechnologien (z.B. Elektromotoren) gegliedert sind, in adäquater Weise im Modell implementiert werden.

Das DYNK-Modell mit dem integrierten Energiesystem produziert daher alle wesentlichen ökonomischen Ergebnisse (BIP, Output und Beschäftigung nach Sektoren, Einkommen, Preise, etc.) und die daraus resultierenden Ergebnisse im Energiesystem (physische Energienachfrage nach Sektoren/Energieträgern/Nutzenergiearten, Treiber der Energienachfrage, CO₂-Emissionen) endogen. Voraussetzung dafür sind Annahmen über die entscheidenden Bestimmungsfaktoren, die in den Szenarien unterschiedlich getroffen werden. Zu diesen Bestimmungsfaktoren zählen: Bevölkerung, Energiepreise, Energieeffizienz des Bestandes und der Neuanschaffungen der dauerhaften Konsumgüter (Gebäudehülle/Heizsystem, PKW-Bestand, Elektrogeräte), Effizienztrends in Produktion und Güterverkehr und die Struktur der Energieerzeugung (Kraftwerkspark; siehe Kapitel 2.1 und 3).

Ausgewählte energetische und ökonomische Ergebnis-Indikatoren der einzelnen Szenarien werden für die Jahre 2015, 2020, 2030 und 2050 vorgelegt. Die Ergebnispräsentation orientiert sich damit an den mittel- und langfristigen Zielen der Energie- und Klimapolitik, wie sie sich aus europäischen und internationalen Rahmenübereinkommen für den Klimaschutz ergeben, etwa dem Klima- und Energiepaket 2030 der EU und dem Pariser Klimaschutzübereinkommen. Um die Erderwärmung deutlich unter 2°C, bzw. sogar auf 1,5°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, wie im Pariser Klimaschutzübereinkommen als Ziel vereinbart, strebt die EU eine Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen um 80-95% bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Jahr 1990 an. Das Klima- und Energiepaket 2030 legt für die EU ein verbindliches Ziel für die Verringerung der inländischen Treibhausgasemissionen von mindestens 40% gegenüber dem Niveau von 1990 mit einzelstaatlichen Zielen auf Ebene der Mitgliedstaaten (für Österreich: -36% mit Bezug auf 2005) fest, wobei der EU-Nicht-Emissionshandelsbereich seine Treibhausgasemissionen um 30% gegenüber 2005 reduzieren muss. Das EU-Ziel für den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch liegt bei mindestens 27% im Jahr 2030 (ohne feste Ziele für einzelne Mitgliedstaaten, Europäischer Rahmen für Klima- und Energiepolitik 2030¹). Es wird ferner ein indikatives Ziel von mindestens 27% Verbesserung der Energieeffizienz im Jahr 2030 gegenüber einem Counterfactual basierend auf dem Energie-Basisszenario 2007 der EU-Kommission (EC, 2008) angestrebt, was einer Verringerung des Primärenergieverbrauchs um etwa 20% gegenüber dem Niveau von 2005 entspricht. Nach einer Überprüfung im Jahr 2020 kann dieses Ziel auf 30% für 2030

¹ Das Klima- und Energiepaket 2030 wurde im Oktober 2014 vom Europäischen Rat beschlossen.

angehoben werden. Im Winterpaket der EU wird eine Änderung der Energieeffizienzrichtlinie (2012/27/EU) sowie ein verbindliches EU-Energieeffizienzziel von 30% bis 2030 vorgeschlagen.

Für Österreich liegen legislative Grundlagen für die Reduktion von Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 vor. So legt das Klimaschutzgesetz (KSG, BGBl. I Nr. 106/2011) sektorale Höchstmengen an Treibhausgasemissionen für die Periode 2013-2020 fest (BGBl. I Nr. 94/2013), die Österreich zu einer 16-prozentigen Reduktion seiner Treibhausgasemissionen gegenüber 2005 für Sektoren außerhalb des Emissionshandels („Effort Sharing Decision“) verpflichtet. Bei Überschreitung des Ziels kann ein Vertragsverletzungsverfahren durch die Europäische Kommission eingeleitet werden.

Die in Ausarbeitung befindliche nationale integrierte Energie- und Klimastrategie wird detaillierte Zielsetzungen für den Klimaschutz in Österreich für die Jahre 2030 und 2050 vorlegen.²

2. Methodischer Ansatz

2.1 Entwicklung und Quantifizierung von Szenarien

Für die Analyse möglicher zukünftiger Entwicklungen von Energienachfrage und Wirtschaftsleistung unter alternativen Annahmen über die Entwicklung von Preisen und die Realisierung von technologischen Effizienzpotentialen im produzierenden Gewerbe und im Haushaltssektor (langlebige Konsumgüter, Verkehr) werden unterschiedliche Szenarien formuliert und modellbasiert quantifiziert.

Szenarien sind nicht als Prognosen zu verstehen, die die Zukunft exakt vorherzusagen versuchen, sondern eine in sich logisch-konsistente Darstellung eines möglichen Zukunftsbildes, das auf der Basis von bestimmten Annahmen, Trends und Schlüsselindikatoren gebildet wird. Szenarien beschreiben mögliche Formen der Zukunft als „wenn-dann“ Beziehungen, die aber nicht zwingend sind (EEA, 2009).

Anhand von unterschiedlichen Szenarien können wesentliche strukturelle Einflussfaktoren auf die zukünftige Energienachfrage dargestellt und analysiert sowie Unsicherheiten über zukünftige Entwicklungen systematisch diskutiert werden. Dabei ist es das Ziel, eine Einsicht in funktionale Zusammenhänge und Einflussfaktoren von Energienachfrage und

² Das Grünbuch für eine integrierte Energie- und Klimastrategie (Consentec – Fraunhofer ISI, 2016) legt grundlegende Informationen und Fakten zu Energieverbrauch und –aufbringung als Diskussionsgrundlage dazu vor.

Wirtschaftsentwicklung zu entwickeln und so das Verständnis für klima- und energiepolitische Zukunftsstrategien zu verbessern.

Die vorliegende Studie übersetzt drei Szenarien in die Modellsprache von DYNK, um die Konsequenzen unterschiedlicher Entwicklungen in Schlüsselbereichen der Wirtschaft und des Energiesystems auf die Indikatoren Endenergieverbrauch, erneuerbare Energien, Treibhausgasemissionen und Wirtschaftsleistung zu quantifizieren.³

2.1.1 Das Baseline-Szenario

Die Philosophie des Baseline-Szenarios besteht im Wesentlichen aus einer Fortsetzung der historischen Trends und der Anwendung von Prognosen (Bevölkerung) bzw. Annahmen in anderen internationalen Szenarien und dient damit als „Counterfactual“ für die Maßnahmenzenarien. Im Ergebnis wurde angestrebt, dass der energetische Endverbrauch aufgrund der Implementierung des Energieeffizienzgesetzes den Zielwert von 1.050 PJ (2020) erreicht.

Die Bevölkerungsprognose (die auch die Ableitung der Zahl der Haushalte erlaubt), entspricht der mittleren Variante der Publikation von Statistik Austria aus dem Jahr 2016, in der die österreichische Bevölkerung auf 9,3 Mio. Einwohner im Jahr 2030 und auf 9,6 Mio. Einwohner im Jahr 2050 wächst. Die Annahmen zu der Entwicklung der globalen Energiepreise beruhen auf dem „World Energy Outlook“ der Internationalen Energieagentur (IEA, 2016). Die Annahmen für das Baseline-Szenario entsprechen jenen des „Current Policies Scenario“ der IEA (2016), das ebenfalls auf einer Baseline-Philosophie beruht und alle schon beschlossenen Maßnahmen der Energie- und Klimapolitik enthält. Bezüglich der globalen Energiepreise geht die IEA im „Current Policies Scenario“ davon aus, dass der Ölpreis vom derzeitigen Tiefstand von ca. 50 US \$/bbl relativ schnell ansteigt und im Jahr 2040 bereits das Dreifache vom derzeitigen Wert beträgt (siehe Kapitel 3.2, Übersicht 1). Spezifische Annahmen für Österreich im Baseline-Szenario betreffen die Implementierung des Energieeffizienzgesetzes. Dabei wird angenommen, dass vom vorhandenen ökonomischen Potential (siehe dazu die nächsten

³ Für eine grundsätzliche Kritik langfristiger modellgestützter Analysen von Klimapolitiken siehe Pindyck (2013). Seine Kritik bezieht sich auf Integrierte Assessment Modelle (IAM) und kann aufgrund der Unterschiede in den Ökonomie-Modellen lediglich in Teilen für die vorliegende Analyse mit dem DYNK-Modell gelten. Z.B. eignet sich DYNK ebenso wie andere langfristige Ökonomiemodelle nicht, plötzlich auftretende radikale Veränderungen im Klimasystem oder in den sozio-ökonomischen Systemen (z.B. Finanzmarktkrise) abzubilden (Nicht-Linearitäten). Darüber hinaus bleibt der Einfluss von Klimafolgen auf die wirtschaftliche Entwicklung in DYNK unberücksichtigt, mit Ausnahme der Entwicklung der Heizgradtage, die in die Entwicklung von Raumwärme und –kältebedarf eingeflossen sind.

Kapitel) bereits im Baseline-Szenario so viel umgesetzt wird, dass der Zielwert für den Endenergieverbrauch (1.050 PJ in 2020) erreicht wird (im Einzelnen Kapitel 3).

Im ökonomischen Bereich mussten Annahmen zu den exogenen Variablen, die die Entwicklung treiben, getroffen werden, wobei Trendfortschreibungen angesetzt wurden. Das betrifft in erster Linie die Entwicklung der Importpreise, der Exporte und der totalen Faktorproduktivität. Was die Produktionstechnologien betrifft, wurden auch die Trends des technischen Fortschritts für die Faktorintensitäten (Kapital, Arbeit, Energie, Materialien) fortgeschrieben.

Spezifische Annahmen für den Energieteil des DYNK-Modells betreffen die Anteile von Photovoltaik (PV) und Windenergie an der Stromerzeugung, während die Anteile der fossilen Erzeugungstechnologien konstant fortgeschrieben werden. Dabei wird – wie im Falle der Energieeffizienz – im Baseline-Szenario bereits ein Teil des Potentials von erneuerbarer Energie realisiert.

2.1.2 Ein Effizienzscenario für die Industrie – EFF.IND

Dieses Szenario soll ein möglichst breites Effizienzscenario sein, das zentrale Bereiche des Energieverbrauchs der Industrie in Österreich erfasst und somit dort anknüpfen, wo die letzten Energieszenarien 2050 für Österreich (Kratena et al., 2014) in der Analyse begonnen haben. Die generelle Philosophie des Szenarios ist eine umfassende Einbindung aller Branchen (Produzierender Bereich und Dienstleistungen) und eine Ausschöpfung von Potentialen, die nur teilweise (nach jetzigem Wissensstand) wirtschaftlich zu erschließen sind. Den Ausgangspunkt bildet die Entwicklung der Energieeffizienz im Baseline-Szenario, die neben der Entwicklung der Energiepreise vom Trend des energiesparenden technischen Fortschritts abhängig ist. Der erste Faktor bildet den durch die Energiepreise ausgelösten Substitutionseffekt (zwischen Energie und Kapital, Arbeit, Vorleistungen) ab, der kurzfristig wirkt und nur bei permanent steigenden Energiepreisen anhält sowie bei hohen Energiepreisen (und daher hohen Energiekostenanteilen der Firmen) generell höher ist. Der zweite Effekt bildet die Richtung des technischen Fortschritts ab – der negativ aber auch positiv sein kann – und wirkt permanent in Form eines linearen Trends. Beide Effekte ändern den Energieeinsatz auf Kosten des Einsatzes der anderen Produktionsfaktoren (Kapital, Arbeit, Vorleistungen), je nach Vorzeichen der Parameter in einem Sektor. Das Effizienzscenario wurde auf Basis der einschlägigen Literatur dazu für Deutschland (ifeu et al., 2011), der Studie für Österreich von

Oxford Energy (2014), sowie auf Basis österreichischer Daten und der Ergebnisse bisheriger Energieszenarien für Österreich erstellt.

Eine gegenüber dem Baseline-Szenario permanent höhere Energieeffizienz wird in der Logik des Modells durch eine Verstärkung des energiesparenden technischen Fortschritts implementiert, der durch vermehrten Kapitaleinsatz erreicht wird. Die genaue Quantifizierung für die Höhe dieser Effekte und den dafür notwendigen Kapitaleinsatz (die Investition) wird aus der technologisch orientierten Literatur zur Energieeffizienz abgeleitet.

Im produzierenden Bereich wird zwischen dem Effizienzpotential in Prozesstechnologien in den energieintensiven Industrien und dem Effizienzpotential in Querschnittstechnologien aller Sektoren unterschieden. Letzteres kommt auch im Bereich der Dienstleistungen zur Anwendung. Da es sich um ein ambitioniertes Effizienzscenario handelt, wird nicht nur das in der Literatur als „wirtschaftlich“ qualifizierte Potential berücksichtigt, d.h. das unter bestehenden Rahmenbedingungen zu Gesamtkostenersparnis führt und aufgrund von Hemmnissen nicht umgesetzt wird, sondern auch das darüber hinausgehende technische Potential. Letzteres wird durch Änderungen der Rahmenbedingungen, v.a. durch preisliche Instrumente (CO₂-Preise im 450-Szenario der IEA, siehe Übersicht 3) ausgeschöpft.

Zur Ableitung des Energieeffizienz-Potentials im produzierenden Bereich (mit Dienstleistungen) wird auf drei rezente einschlägige Untersuchungen zu den Energieeffizienz-Potentialen bis 2050 zurückgegriffen. Zwei dieser Untersuchungen beschreiben die Situation der Industrie in Deutschland mit übertragbaren Ergebnissen für Österreich (Fleiter et al., 2013; ifeu et al., 2011). In beiden Analysen liegt der Schwerpunkt auf den Energietechnologien, die in der Industrie eingesetzt werden. Eine Meta-Analyse, die 250 Veröffentlichungen zur Energieeffizienz berücksichtigt (Bauernhansl et al., 2013), ergänzt diese Studien.

Für Österreich wurde in der Studie von Oxford Energy (2014), basierend auf diesen deutschen Untersuchungen und anderer Literatur, das Effizienzpotential in Querschnittstechnologien erhoben und quantifiziert.

Auf Grundlage dieser Literatur werden für Österreich zwei Bereiche des Energieverbrauchs in der Produktion unterschieden, in denen das Potential zur Erhöhung der Energieeffizienz ausgeschöpft werden kann, und damit die Effizienz-Ziele erreicht werden können:

1. Prozesstechnologien in energieintensiven Industrien: Auf Basis von Fleiter et al. (2013), ifeu et al. (2011) und Bauernhansl et al. (2013) kann für Österreich ein kurz- und

mittelfristiges Potential von Energieeffizienz-Technologien in der energieintensiven Industrie identifiziert werden, das mit entsprechenden Investitionen verbunden ist,

2. Querschnittstechnologien in nicht energieintensiven Industrien: Auf Basis der Studie von Oxford Energy (2014) und dem dort verwendeten Datensatz der Nutzenergieanalyse für Österreich kann die Bedeutung dieser Querschnittstechnologien in den einzelnen Branchen, und damit das gesamtwirtschaftliche Potential, eruiert werden.

Die Instrumente, die die Umsetzung dieser Maßnahmen ermöglichen, umfassen unterschiedliche preisliche Maßnahmen und Förderungen bzw. Regulierungen. Die Maßnahmen in der Industrie zeichnen sich dadurch aus, dass sie kosteneffizient sind, da die Investitionen ca. viermal so hohe Einsparungen durch Energieeffizienz einbringen, aber aufgrund verschiedener Hemmnisse nicht durchgeführt werden. In Bauernhansl et al. (2013) und in ifeu et al. (2011) werden als wichtigste Hemmnisse Informationsmangel und zu hohe Ansprüche der Firmen an die Amortisationsdauer der Investitionen angeführt. Letzteres auch, wenn in einer längeren Frist die Kapitalverzinsung der Investition relativ hoch (z.B. 18%) ist. Daher kann zur Überwindung dieses Hemmnisses ein Steuerkredit bei der Abschreibung zur Anwendung kommen (vorzeitige Afa), der die Gesamtverzinsung über die tatsächliche Lebensdauer der Anlage nicht verändert, aber die Amortisationsdauer verkürzen kann. Die gleiche Überlegung wird auch in Oxford Energy (2014) angestellt.

Die hinterlegten Energiepreise im Szenario EFF.IND entsprechen dem 450-Szenario des „World Energy Outlook“ der Internationalen Energieagentur (IEA, 2016; Übersicht 3). In diesem Szenario ist ein globaler Trend hin zu erneuerbaren und weg von fossilen Energieträgern hinterlegt, um den Anstieg des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre auf 450 ppm zu begrenzen, was eine Einhaltung des 2°C-Ziels sicherstellen soll. Diese Entwicklungen führen zu dem sogenannten „Green Paradox“, bei dem die Preise für Öl, Gas und Kohle aufgrund der weltweit gesunkenen Nachfrage nach fossiler Energie sehr niedrig sind und somit deren Einsatz lukrativ wird. Im 450-Szenario wird dem mit hohen CO₂-Preisen entgegengesteuert, wodurch die Preise von Öl und Gas ein ähnliches Niveau wie im „Current Policies Scenario“ erreichen, der Kohlepreis jedoch aufgrund der hohen CO₂-intensität um ein Vielfaches höher liegt, was die Nachfrage danach insbesondere in den kohleintensiven Industrien wie der Stahlindustrie drückt und technischen Wandel induziert.

Neben dem technischen Fortschritt und den Preisen wurden zudem Annahmen bezüglich eines Strukturwandels im Export weg von energieintensiven hin zu dienstleistungsintensiven

Gütern sowie die Verdoppelung der Lebensdauer von Weißgeräten (Kühlschränke, Geschirrspüler etc.) als einen Schritt hin zu einer „Circular Economy“ implementiert.

Zusammengefasst sind folgende Annahmen im Szenario EFF.IND hinterlegt:

- Energiepreise des 450-Szenarios der IEA (2016),
- Umsetzung des Energieeffizienzgesetzes,
- Ausschöpfen der Energieeffizienzpotentiale (Oxford Energy, 2014; ifeu et al., 2011),
- Wirtschaftlicher Strukturwandel,
- Teilumsetzung der „Circular Economy“.

2.1.3 Ein Effizienzscenario für die Haushalte – EFF.PLUS

Das Design des Effizienzscenario im Haushaltsbereich setzt auf das Effizienzscenario der Industrie (EFF.IND) auf und orientiert sich daher ebenfalls am 450-Dekarbonisierungsszenario des „World Energy Outlook“ der IEA (2016), das eine Stabilisierung des CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre auf 450 ppm zu erreichen sucht.

Die Energieeffizienz im Bereich der Haushalte und des PKW-Verkehrs hängt im Wesentlichen an der Charakteristik der dauerhaften Konsumgüterbestände (Gebäude, Heizungssysteme, PKW-Flotte). Der technische Fortschritt, der zur Erhöhung der Energieeffizienz führt, wurde im Baseline-Szenario mit der historischen Entwicklung fortgeschrieben. Diese erhöht sich stetig durch den Tausch alter dauerhafter Güter durch neue mit höherer Effizienz. Die durchschnittliche Energieeffizienz des Bestandes kann somit einerseits durch schnellere Abschreibung und Verschrottung bestehender Anlagen („scrappage policies“) oder durch Anreize beim Neukauf in Richtung effizienterer Anlagen erreicht werden. Im Effizienzscenario kommen ausschließlich Maßnahmen der letzteren Art zur Anwendung.

Im Gebäudebereich wurden bereits in den letzten Energieszenarien 2050 (Kratena et al., 2014) Annahmen getroffen, die nun neu überprüft und dann entsprechend adaptiert in das Effizienzscenario integriert wurden. Im Verkehrsbereich wurden ebenfalls bereits in den letzten Energieszenarien 2050 (Kratena et al., 2014) Annahmen getroffen, die nun ergänzt wurden, sodass ein umfassendes Bild des Effizienzpotentials im Verkehr entsteht, das die Reduktion von Verkehrsflüssen sowie die Erhöhung der Effizienz der Fahrzeugflotte im PKW-Verkehr und im Güterverkehr umfasst.

Im Detail lässt sich das Effizienzscenario im Bereich der Raumwärme der Haushalte und im Bereich Verkehr durch folgende Annahmen charakterisieren:

- Forcierung von Elektromobilität,
- Effizienzstandards im Güterverkehr,
- Modal Shift hin zu öffentlichem Verkehr,
- Verhaltensänderungen (Raumwärme, Flugverkehr),
- Heizsystemstandards (keine neuen Elektro- oder Ölheizungen),
- Erhöhung der Gebäudesanierungsrate.

2.2 Das WIFO.DYNK-Modell

Die Methodik zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Effekte (Wertschöpfung, Beschäftigung) beruht auf einem am WIFO entwickelten dynamischen, ökonometrischen Modell, dessen Kern ein Input-Output-Modell ist: Das DYNK-Modell (Dynamic New Keynesian Modell). Als makroökonomisches Ein-Regionen- und Multi-Sektor-Modell behandelt es Österreich als eine einzige integrierte Ökonomie. Der Kern des Modells basiert auf sogenannten Aufkommens- und Verwendungstabellen, die von Statistik Austria jährlich erstellt werden. Diese Tabellen decken die Verflechtungen von bis zu 74 Industrien ab. Weiters werden im Modell fünf Einkommensgruppen von Haushalten unterschieden, welche Güter aus 47 Güterklassen (COICOP) konsumieren. Der Fokus des Modells liegt auf der Simulation des privaten Konsums, der Besteuerung von Produktion und Konsum sowie der Ableitung der Nachfrage nach physischen Gütern (Energie, Materialien) in Produktion und Konsum.

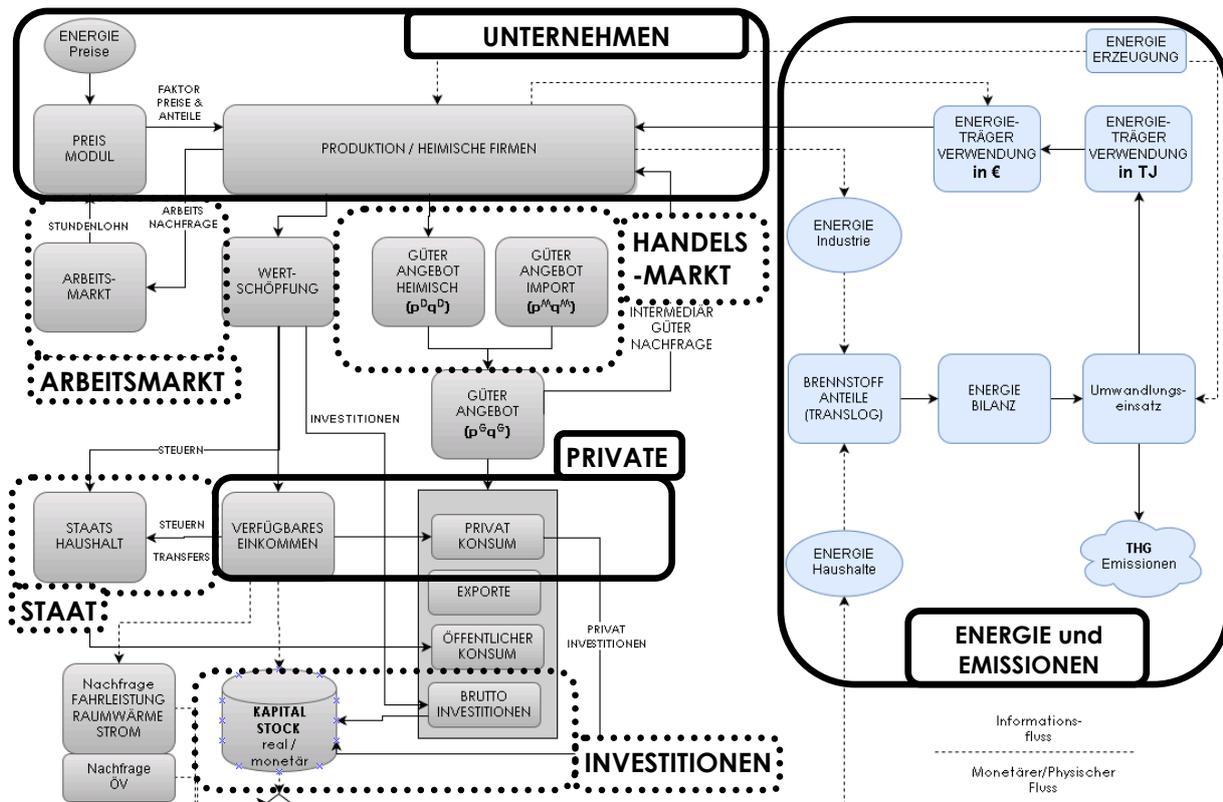
Dieses Modell der österreichischen Wirtschaft folgt der neo-keynesianischen Philosophie, nach der die Ökonomie langfristig einen Gleichgewichtszustand mit Vollbeschäftigung erreicht, kurzfristig aber Abweichungen davon möglich sind.⁴ Es ist ein nachfrageorientiertes Modell, in dem die Nachfrage das Angebot bestimmt, d.h. alles was nachgefragt wird, wird auch produziert. Im Unterschied zu einfachen Input-Output-Modellen, wie sie üblicherweise für Impact-Analysen verwendet werden, sind im hier verwendeten DYNK-Modell makroökonomische Zusammenhänge über das Input-Output-Modell hinaus (Güternachfrage in Haushalten und Unternehmen, Konsumnachfrage, Einkommen, Lohnreaktionen, Preisreaktionen, etc.) enthalten. Derartige Wechselwirkungen sind auch in den häufig in der

⁴ Der DYNK-Modellansatz weist teilweise Ähnlichkeiten mit DSGE- (Dynamic Stochastic General Equilibrium) Modellen auf, da es einen expliziten Anpassungspfad zu einem langfristigen Gleichgewicht beschreibt.

Evaluierung der Wirtschaftspolitik verwendeten Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen (Computable General Equilibrium – CGE) integriert.

Das DYNK-Modell besteht aus einer Reihe von Modulen, die verschiedene Bereiche abbilden. In Abbildung 1 sind die fünf wichtigsten Module hervorgehoben. So werden die Lohnverhandlungen auf dem Arbeitsmarkt im Arbeitsmarkt-Modul modelliert, die Produktion von Gütern und Dienstleistungen der Unternehmen im Produktions-Modul, die nachgefragte Energie im Energie-Modul, das Konsumverhalten der privaten Haushalte im Haushalts-Modul und das Verhalten des Staates wird im Staatshaushalts-Modul simuliert. In Abbildung 1 sind einzelne Elemente des Modells schematisch dargestellt. Zentral hierbei ist das Preis-Modul in dem die Faktor- und Güterpreise berechnet werden. Das Preis-Modul des DYNK ist ähnlich dem eines CGE-Modells gestaltet, mit spezifischen Preisen, Handelsspannen, Steuern und Subventionen in der Produktion und in Importanteilen für jeden Agenten (Industriesektoren und Konsumenten).

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Zusammenhänge im DYNK-Modell



Q: WIFO-Darstellung.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, umfasst das Modell eine Vielzahl von Verbindungen und Eigenschaften, auf die im Einzelnen allerdings nicht eingegangen werden kann. Die folgende nähere Beschreibung konzentriert sich stattdessen auf die drei für diese Studie zentralen Module des Modells (in Abbildung 1 dick umrandet). Diese sind die modellierten Verhaltensweisen und Eigenschaften der Unternehmen, der privaten Haushalte und der Energienachfrage- und -erzeugung.

2.2.1 Haushalte – Verhalten, privater Konsum

Die Konsumententscheidung der Haushalte im DYNK-Modell ist in Anlehnung an das "Bufferstock"-Modell des Konsums von Carroll (1997) modelliert, welches den Konsum von langlebigen (Wohnungen, Fahrzeuge sowie Elektrogeräte) und nicht-langlebigen Gütern (z.B. Nahrung oder Energiedienstleistungen) abbildet (Luengo-Prado, 2006). Vereinfacht gesagt werden der Gesamtkonsum und die Nachfrage nach einzelnen Gütergruppen in entsprechenden ökonometrisch geschätzten Gleichungen bestimmt. Der resultierende Konsum wird durch Faktoren wie verfügbares Einkommen, Vermögen, Verschuldung und Preise bestimmt. Die Energienachfrage wurde im Rahmen dieser Studie erweitert und wird im Kapitel „Energienachfrage private Haushalte“ unter Punkt 2.2.3 näher beschrieben.

2.2.2 Unternehmen – Verhalten, Produktionsstruktur

Spezifiziert wird die Produktionsseite des DYNK durch ein System aus Stückkosten- und Faktornachfragefunktionen für die Inputfaktoren Arbeit, Kapital, Energie und materielle Vorleistungsgüter (die weiter in importierte und heimische Vorleistungsgüter unterschieden werden); sie ist also als ein sogenanntes duales Modell konzipiert. Die Produktionsfunktionen (Kosten- und Faktornachfragefunktionen) der Industrien werden mittels einer KLEM^aM^m-Translog Spezifikation⁵ dargestellt, die auf ökonometrisch geschätzten Parametern basiert und mittels der World-Input-Output Datenbank in einem EU 25 Panel ermittelt wurden. Der repräsentative Produzent jeder Branche⁶ hat eine Stückkostenfunktion („unit cost function“) mit konstanten Skalenerträgen, welche – bei gegebenen Inputpreisen – die Stückpreise des produzierten Gutes bestimmt. Die Stückkostenfunktion ist in (1) dargestellt wobei p_Q der

⁵ KLEM^aM^m steht für die Input-Faktoren (Kapital, Arbeit, Energie, heimisch produzierte Güter und Importgüter) in die bei der Produktion unterschieden wird.

⁶ Entspricht 62 Sektoren in NACE rev.2 Klassifikation.

Produktionspreis (Stückkosten), p_i, p_j die Preise der eingesetzten KLEM^dM^m-Faktoren und t den deterministischen Zeittrend darstellen.

$$\begin{aligned} \log p_Q &= \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \log(p_i) + \frac{1}{2} \sum_i \gamma_{ii} (\log(p_i))^2 \\ &+ \sum_{i,j} \gamma_{ij} \log(p_i) \log(p_j) + \alpha_i t + \frac{1}{2} \alpha_{it} t^2 + \sum_i \rho_{ii} t \log(p_i) \end{aligned} \quad (1)$$

Die Inputmengen ergeben sich aus der Funktion der Faktorkostenanteile⁷ (2), die ihrerseits von den relativen Preisen der Vorleistungsgüter (sowie von Arbeit und Kapital) anhand der geschätzten Preiselastizitäten γ_{ij} bestimmt werden. Diese Parameter bezeichnen die sektorspezifischen Möglichkeiten der Faktorsubstitution wie beispielsweise zwischen Kapital und Energie.

$$\begin{aligned} v_K &= [\alpha_K + \gamma_{KK} \log(p_K / p_{Md}) + \gamma_{KL} \log(p_L / p_{Md}) + \gamma_{KE} \log(p_E / p_{Md}) + \gamma_{KM} \log(p_{Mm} / p_{Md}) + \rho_{iK} t] \\ v_L &= [\alpha_L + \gamma_{LL} \log(p_L / p_{Md}) + \gamma_{KL} \log(p_K / p_{Md}) + \gamma_{LE} \log(p_E / p_{Md}) + \gamma_{LM} \log(p_{Mm} / p_{Md}) + \rho_{iL} t] \\ v_E &= [\alpha_E + \gamma_{EE} \log(p_E / p_{Md}) + \gamma_{KE} \log(p_K / p_{Md}) + \gamma_{LE} \log(p_L / p_{Md}) + \gamma_{EM} \log(p_{Mm} / p_{Md}) + \rho_{iE} t] \\ v_M &= [\alpha_M + \gamma_{MM} \log(p_{Mm} / p_{Md}) + \gamma_{KM} \log(p_K / p_{Md}) + \gamma_{LM} \log(p_L / p_{Md}) + \gamma_{EM} \log(p_E / p_{Md}) + \rho_{iM} t] \\ v_D &= 1 - v_K - v_L - v_E - v_M \end{aligned} \quad (2)$$

Diese sind in (2) dargestellt und verwenden verschiedene Komponenten des technologischen Fortschritts: Erstens einen autonomen technischen Fortschritt für jeden Inputfaktor (d.h. der strukturelle Trend, ρ_{ii} oder „factor bias“) und zweitens die totale Faktorproduktivität (TFP). Der ökonometrisch geschätzte Sektor-spezifische technische Fortschritt (totale Faktorproduktivität) ist die wichtigste langfristige Kraft für Wirtschaftswachstum (via Senkung der Produktionskosten für Güter) auf der Angebotsseite des Modells und fließt in die Preisentwicklung und somit indirekt in alle Bereiche des Modells ein. Für nähere Beschreibungen dieser Spezifikation im DYNK siehe Kratena – Streicher (2014), Kratena – Sommer (2015), Kratena et al. (2015) sowie Sommer – Kratena (2017).

⁷ Die Gleichungen zu den Faktorkostenanteilen leiten sich durch die Anwendung des Shepard's Lemma auf die Translog-Spezifikation ab.

Für den Faktor Energie wurde im Rahmen dieses Projekts das Modul erweitert und ein abgeänderter Zugang gewählt; siehe dazu nächstes Kapitel.

2.2.3 Energienachfrage und Energieerzeugung

Das DYNK-Energie-Modul umfasst zwei Hauptbereiche: Endenergienachfrage und Energieerzeugung. Beide wurden im Rahmen dieser Studie auf die Struktur der Gesamtenergiebilanz von Statistik Austria erweitert und reproduzieren diese fast vollständig.

Endenergienachfrage – Industrie und Dienstleistungen

Die Endenergienachfrage wurde im Rahmen dieser Studie stark disaggregiert. Erstens wurden die betrachteten Sektoren von 18 auf alle 21 in der Gesamtenergiebilanz enthaltenen Sektoren erweitert und zweitens wurde die Nachfrage auf Basis der Nutzenergieanalyse von Statistik Austria in sieben Nutzkategorien zerlegt. Weiters wurde die Ermittlung der Endenergienachfrage der Industrie und Dienstleistungssektoren neu spezifiziert. Bisher wurde diese in DYNK aus der Translog-Spezifikation abgeleitete Sektornachfrage nach Energiegütern (v_e in (2)) verwendet, um die Nachfrage nach physischen Energiemengen zu ermitteln.

In dieser Studie wurde diese Herangehensweise umgedreht, indem im ersten Schritt eine Energiedienstleistung für jede Nutzkategorie und jeden der 21 Sektoren ermittelt wird (3). Die Nutzkategorien sind :

- | | |
|--|--------------|
| 1. Raumwärme | (HEAT_LOW) |
| 2. Industrieöfen/Warmwasser ⁸ | (HEAT_HIGH) |
| 3. Dampferzeugung | (HEAT_STEAM) |
| 4. Standmotoren/Weißgeräte | (ENGINE) |
| 5. Traktion | (TRANSPORT) |
| 6. Beleuchtung/IT | (LIGHT_IT) |
| 7. Elektrochemische Prozesse | (EL_CHEM) |

In dieser Philosophie wird nicht Energie nachgefragt, sondern eine Dienstleistung, die Energie einsetzt. Beispielsweise sind gefahrene Personenkilometer eine Dienstleistung, die mit Treibstoff als Einsatz erstellt werden kann. Der Einsatz der tatsächlichen Energie ist abhängig von der Effizienz des Fahrzeuges. Daher kann man ableiten, dass sich diese Energiedienstleistung aus der eingesetzten physischen Energie und der Effizienz ergibt. Die Nachfrage nach dieser

⁸ Nur für private Haushalte.

Dienstleistung ist je nach Nutzkategorie abhängig von Heizgradtagen⁹ (hdd), der realen Produktionsaktivität (RQ) und dem Dienstleistungspreis, der sich aus den Energiepreisen (p) und der Effizienz¹⁰ (eff) ergibt. Diese Spezifikation beinhaltet einen Reboundeffekt, da bei einer Effizienzsteigerung der Dienstleistungspreis sinkt. Die Koeffizienten c_2 entsprechen den geschätzten Eigenpreiselastizitäten aus der im vorigen Kapitel beschriebenen Translog-Spezifikation¹¹. Im Fall der Raumwärme (EFF_LOW) bezieht sich die Dienstleistungsnachfrage auf den realen Gebäudebestand. Der Parameter c_2 in (3) ist nicht geschätzt, sondern wurde auf eine Trendfortschreibung der Energieintensität im Baseline kalibriert. Dazu wurde das Verhältnis der realen Produktion¹² und Energienachfrage¹³ für den Zeitraum 1995-2015 eingehend analysiert und der Parameter c_2 für jeden Sektor und Nutzkategorie angepasst.

$$\log(EN_{HEAT_LOW} \times eff_{HEAT_LOW} / K_{BUILDING}) = c_0 + c_3 \times \log(hdd) + c_2 \times \log(P_{HEAT_LOW} / eff_{HEAT_LOW})$$

$$\log(EN_{HEAT_HIGH} \times eff_{HEAT_HIGH}) = c_0 + c_1 \times \log(RQ) + c_2 \times \log(P_{HEAT_HIGH} / eff_{HEAT_HIGH})$$

$$\log(EN_{HEAT_STEAM} \times eff_{HEAT_STEAM}) = c_0 + c_1 \times \log(RQ) + c_2 \times \log(P_{HEAT_STEAM} / eff_{HEAT_STEAM})$$

$$\log(EN_{ENGINE} \times eff_{ENGINE}) = c_0 + c_1 \times \log(RQ) + c_2 \times \log(P_{ENGINE} / eff_{ENGINE})$$

$$\log(EN_{TRANSPORT} \times eff_{TRANSPORT}) = c_0 + c_1 \times \log(RQ) + c_2 \times \log(P_{TRANSPORT} / eff_{TRANSPORT})$$

$$\log(EN_{LIGHT_IT} \times eff_{LIGHT_IT}) = c_0 + c_1 \times \log(RQ) + c_2 \times \log(P_{LIGHT_IT} / eff_{LIGHT_IT})$$

$$\log(EN_{EL_CHEM} \times eff_{EL_CHEM}) = c_0 + c_1 \times \log(RQ) + c_2 \times \log(P_{EL_CHEM} / eff_{EL_CHEM}) \quad (3)$$

Im zweiten Schritt (4) wird aus der Energiedienstleistung die physische Energienachfrage abgeleitet und ein Energiepreis (Pen) in Euro pro Energieeinheit ermittelt. Dieser wird auf Basis der Brennstoffanteile ($= v$) für jede Nutzkategorie (u) und Brennstoffpreisen (Pf) berechnet. Die Brennstoffanteile werden mit dem historischen Trend initiiert, reagieren jedoch endogen auf Änderungen der relativen Brennstoffpreise.

⁹ Geschätzter Parameter (+0,55) auf Basis von Energiebedarf Raumwärme & Heizgradtage 1995-2015, Q: Statistik Austria.

¹⁰ Die Effizienzentwicklungen im Baseline ergeben sich aus Trendfortschreibungen von Indikatoren der ODYSSEE Datenbank.

¹¹ Schätzungen auf Basis der Nutzkategorien sind aufgrund der kurzen Zeitreihe nicht haltbar.

¹² Q: WDS – WIFO-Daten-System.

¹³ Q: Gesamtenergiebilanz und Nutzenergieanalyse 2015, Statistik Austria.

$$EN = EN_{HEAT_LOW} + EN_{HEAT_HIGH} + EN_{HEAT_STEAM} + EN_{ENGINE} + EN_{TRANSPORT} + EN_{LIGHT_IT} + EN_{EL_CHEM}$$

$$Pen = \sum_u \sum_f v_{f,u} \times P_f \quad (4)$$

Aus der physischen Energienachfrage und dem Preis pro Einheit ergeben sich die monetären Ausgaben für Energie. Die Entwicklung dieser Ausgaben wird in (5) auf die Kostenanteile des Faktors Energie übertragen und wirkt so auf das gesamte ökonomische System zurück.

$$\partial \log(v_E) = \partial \log(EN * Pen) \quad (5)$$

Energienachfrage private Haushalte

Die Energienachfrage der privaten Haushalte ist analog¹⁴ zu jener der Unternehmen gestaltet. Unterschiede sind hier der Bezug auf die realen Kapitalstöcke der Wohngebäude (BUILDING), Geräte (APPLIANCES) und Fahrzeuge (VEHICLES) sowie die Berücksichtigung des realen Einkommens (YD) in der Nachfrage. Die verwendeten Parameter wurden auf Basis von Daten von Statistik Austria, Eurostat und ODYSSEE für den Zeitraum 1995-2013 geschätzt.

$$\begin{aligned} \log(EN_{HEAT_LOW} \times eff_{HEAT_LOW} / K_{BUILDING}) &= c0 + c3 \times \log(hdd) + c2 \times \log(P_{HEAT_LOW} / eff_{HEAT_LOW}) \\ \log(EN_{HEAT_HIGH} \times eff_{HEAT_HIGH} / K_{BUILDING}) &= c0 + c1 \times \log(YD) + c2 \times \log(P_{HEAT_HIGH} / eff_{HEAT_HIGH}) \\ \log(EN_{ENGINE} \times eff_{ENGINE} / K_{APPLIANCES}) &= c0 + c1 \times \log(YD) + c2 \times \log(P_{ENGINE} / eff_{ENGINE}) \\ \log(EN_{TRANSPORT} \times eff_{TRANSPORT} / K_{VEHICLES}) &= c0 + c1 \times \log(YD) + c2 \times \log(P_{TRANSPORT} / eff_{TRANSPORT}) \\ \log(EN_{LIGHT_IT} \times eff_{LIGHT_IT} / K_{BUILDING}) &= c0 + c1 \times \log(YD) + c2 \times \log(P_{LIGHT_IT} / eff_{LIGHT_IT}) \quad (6) \end{aligned}$$

Wie in der Energienachfrage der Unternehmen wirkt auch der Energiekonsum der privaten Haushalte auf die Ökonomie zurück. Die Nachfrage wird in Energiegütergruppen untergliedert, die Energieträger beinhalten wie Ölprodukte (CPA 19), Kohleprodukte

¹⁴ Elektrochemische Prozesse und Dampferzeugung wurden nicht berücksichtigt, weil lt. Nutzenergieanalyse keine Nachfrage besteht.

(CPA 05), Biomasse (CPA 02) sowie Strom, Fernwärme und Gas (CPA 35). Die Konsumstruktur ist untergliedert in langlebige und nicht-langlebige Güter. Dadurch führen Änderungen der Energiegüternachfrage – beispielsweise durch Preisänderungen – zur Substitution mit anderen nicht-langlebigen Gütern.

Energieerzeugung und Emissionen

Die Energieerzeugung ist der Gesamtenergiebilanzstruktur nachempfunden und umfasst 42 Brennstoffe und Energieträger sowie 11 Umwandlungsprozesse. Alle ableitbaren Parameter, wie Wirkungsgrade und Technologiemix (Biomasse oder Gas in KWK), werden von der aktuellsten Gesamtenergiebilanz (2015) übernommen und konstant belassen. Die Endenergienachfrage wird, wie im vorigen Kapitel beschrieben, ermittelt und geht als Input in dieses Modul ein. Die Bereitstellung der nachgefragten Brennstoffe und Energieträger erfolgt über Importe und heimische Produktion.

Die heimische Produktion ist exogen vorgegeben und betrifft in erster Linie die Öl- und Gasvorkommen, Biomasse und erneuerbare Stromerzeugung. Die Öl- und Gaserzeugung sinkt gemäß dem historischen Trend, wie er in der Gesamtenergiebilanz aufliegt. Die Kapazitäten und damit die Erzeugung heimischer Biomasse und erneuerbaren Stroms werden exogen von Investitionen festgelegt. In dieser Studie wurden alle Kapazitäten konstant belassen mit Ausnahme der Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik. Details dazu in der Beschreibung des Baseline-Szenarios.

Die Energieerzeugung ist durch die Endnachfrage getrieben, was bedeutet, dass die Energiegüter, die nachgefragt werden, auch bereitgestellt werden müssen. Die heimische Produktion ist – wie weiter oben beschrieben – exogen festgelegt, daher reagiert ausschließlich der Nettoimport auf Änderungen in der Energienachfrage. Einen Sonderfall bilden die Umwandlungsprozesse der Kokerei und Hochöfen. Diese sind nicht von der Endnachfrage bestimmt, sondern von der Produktionstätigkeit des Sektors, der die Stahlproduktion beinhaltet (NACE 24).

Das Modul der Energieerzeugung wirkt auf das ökonomische Modell zurück, da die Struktur der Strom- und Wärmeerzeugung mit dem NACE-Sektor 35 verbunden ist. Das bedeutet, dass eine Reduktion fossiler Technologien die Struktur dieses Sektors verändert, was insbesondere die Energieimporte betrifft.

2.3 Exkurs: Abgrenzung zur WIFO-Studie „Folgenabschätzung und Sensitivitätsanalyse für die Erstellung der Energie- und Klimastrategie“

Die laufende WIFO-Studie „Folgenabschätzung und Sensitivitätsanalyse für die Erstellung der Energie- und Klimastrategie“ befasst sich ebenfalls mit dem österreichischen Energiesystem und den Entwicklungen bis 2050. Die Herangehensweise ist allerdings eine völlig andere. Die hier vorliegende Studie verwendet einen ökonomischen „top-down“-Zugang und erweitert diesen punktuell um „bottom-up“-Ansätze. Dabei werden Maßnahmen auf einem Baseline-Szenario aufgesetzt und die Wirkungen dieser quantifiziert und analysiert. Dazu gehören in erster Linie Annahmen über die Preisentwicklung von CO₂-Emissionen und fossilen Energieträgern, die Ausschöpfung technologischer Effizienzpotentiale ebenso wie Regulierungen und Verhaltensänderungen (siehe Kapitel 2.1 und 3).

Die noch laufende WIFO-Studie basiert dagegen auf den Arbeiten des ClimTrans2050 Projekts¹⁵, in dem versucht wird, mögliche und plausible Pfade in der Entwicklung und Bereitstellung von z.B. Niedertemperaturwärme, Hochtemperatur, mobilen Antrieben und Verbesserungen der jeweiligen Energieproduktivitäten darzustellen, um eine Reduktion von Treibhausgasemissionen auf ein vorgegebenes Zielniveau zu erreichen. Begleitend dazu werden der für einzelne Technologien oder Bereiche (Gebäude) damit verbundene Investitionsbedarf abgeschätzt und aus den Input-Output Verflechtungen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte berechnet, ohne allerdings gesamtwirtschaftliche Rückwirkungen (u.a. Rebound-Effekte, indirekte Effekte über das Einkommen oder induzierte Effekte) zu berücksichtigen. Der methodische Zugang fokussiert einerseits im Energiesystem auf die Nutzenergiekategorien und nicht auf Sektoren, andererseits werden Technologien auf sehr detailliertem Niveau betrachtet. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal liegt auch darin, dass bei diesem Ansatz Preise keinen treibenden Einfluss auf Veränderungen des Systems haben.

¹⁵ Siehe: climtrans2050.wifo.ac.at

3. Daten

3.1 Allgemeine Modellinputdaten

Der Modellkern des WIFO.DYNK-Modells beinhaltet die Wirtschaftsstruktur (Aufkommens- und Verwendungstabellen), die geschätzten Werte in den Translog-Spezifikationen für das Verhalten der Produzenten und die Konsumfunktionen für das Verhalten der Konsumenten. Dafür wurden Datenquellen von Statistik Austria (Input-Output-Statistiken 2008-2012 und Konsumausgaben der Privaten Haushalte), WIOD (Aufkommens- und Verwendungstabellen 1995-2009), KLEMS-Datenbank (Sektorale Stocks) und punktuell Eurostat (Konsum-Zeitreihen) verwendet. Für das umfangreiche Energiemodul wurden in erster Linie die Gesamtenergiebilanz und die Nutzenergieanalyse von Statistik Austria sowie Effizienzindikatoren und Daten zu Verkehrsleistung und Raumwärme aus der ODYSSEE Datenbank verwendet. Für nähere Details der Daten verweisen wir auf Kratena – Sommer (2015) und Kratena et al. (2015).

3.2 Inputdaten und Annahmen für das Szenario Baseline

Die zentralen Treiber der Energienachfrage im DYNK-Modell sind Wirtschaftswachstum, Bevölkerung, technischer Fortschritt und Energiepreise. Diese Faktoren sind nicht unabhängig voneinander, da sie im DYNK-Modell integriert sind, beispielsweise wirkt die Entwicklung der Bevölkerung auf das Wirtschaftswachstum, und die Energiepreise wirken auf den technischen Fortschritt. Energiepreise und Bevölkerung fließen exogen in das Modell ein. Die Energiepreise wurden dem „Current Policies Scenario“ der Internationalen Energieagentur (IEA, 2016) entnommen und für diese Studie bis zum Jahr 2050 extrapoliert. Wie in Übersicht 1 aufgeführt, wird angenommen, dass sich der Ölpreis erholt und bis 2025 – in realen Werten – das Niveau von 2012/13 erreicht und im Jahr 2040 bereits das Dreifache vom derzeitigen Wert beträgt. Die Gaspreise in Europa entwickeln sich in diesem Szenario noch dynamischer (deutlich stärker als in den USA) und konvergieren zum Niveau der Gaspreise in Asien. Der Kohlepreis wächst annahmegemäß schwächer als der Ölpreis, Gas- und Kohlepreise verdoppeln sich in etwa bis 2050. Der CO₂-Preis steigt in diesem Szenario am stärksten an, was umgerechnet auf die Energieträger den Preis für Öl von 168 US\$ auf 193 US\$ (2050), den Preis für Erdgas von 15 \$ auf 18 \$ (2050) und insbesondere den Preis für Kohle von 97 \$ auf 243 \$ (2050) steigert.

Übersicht 1: Zentrale Eingangsparameter im Baseline-Szenario

	Bevölkerung 1000 Personen	Ölpreis \$ ₂₀₁₅ /barrel	Gaspreis \$ ₂₀₁₅ /Mbtu	Kohlepreis \$ ₂₀₁₅ /t	CO ₂ Preis \$ ₂₀₁₅ /t
2010	8.385				
2015	8.621	51	7	57	5
2020	8.939	82	7	65	18
2025	9.156	105	9	73	24
2030	9.314	127	11	80	30
2035	9.432	137	12	84	35
2040	9.522	146	13	88	40
2045	9.588	156	14	92	46
2050	9.634	168	15	97	53

Q: WIFO-Darstellung; *in Anlehnung an IEA (2016), Current Policies Scenario. Preise wurden für die Zwecke der Studie inter- und extrapoliert.

Das Wirtschaftswachstum ist – anders als beispielsweise im PRIMES-Modell¹⁶ – ein endogenes Ergebnis von DYNK und kann nicht direkt bestimmt werden. Zur Vergleichbarkeit mit dem PRIMES-Referenzszenario 2016¹⁷ wurde das BIP allerdings mittels Adjustierung des Exportverlaufs auf ein reales durchschnittliches Wachstum über den Zeitraum von 2015 bis 2050 auf 1,58% kalibriert. Der Verlauf ist von einer Erholung nach der schwachen Wachstumsphase 2020 geprägt, wonach das Wachstum von durchschnittlichen 1,2% p.a. auf 1,7% steigt (Übersicht 2). Dieser Verlauf ist modellendogen und im Zeitraum bis 2020 spielen hier zwei Effekte eine Rolle: Einerseits durch eine leicht höhere Inflation, die durch einen stark steigenden Ölpreis (+8% p.a.) befeuert wird, und andererseits durch die schwach steigenden Staatsausgaben. Hier ist hinterlegt, dass schrittweise bis 2020 ein öffentliches Nulldefizit erreicht wird, was in der DYNK-Modellstruktur Einfluss auf die Staatsausgaben mit Rückwirkungen auf die gesamte Ökonomie hat. Für den Zeitraum nach 2020 ist keine weitere Reduktion des Defizits implementiert, daher entsteht hier der Verlauf des Wirtschaftswachstums in erster Linie aus technischem Fortschritt und Exportentwicklungen.

¹⁶ PRIMES-Modell von E3M-Lab, <http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/>

¹⁷ BIP-Wachstum im Referenz-Szenario: 1,5% p.a.

Übersicht 2: Wirtschaftswachstum im Baseline-Szenario, Ø Veränderung in % p.a.

	2015- 2020	2020- 2025	2025- 2030	2030- 2035	2035- 2040	2040- 2045	2045- 2050
BIP-Wachstum	1,2	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6

Q: WIFO-Berechnungen.

Im Energiebereich wurde unterstellt, dass die gesetzten Ziele der Energieeffizienzrichtlinie – 1.050 Petajoule Endenergieverbrauch 2020 – erreicht werden. Das wurde mit einem teilweisen Umsetzen der Effizienzpotentiale realisiert, die im Szenario EFF.IND ausgeschöpft werden. Die Erzeugungskapazitäten der Umwandlungstechnologien (Kraftwerke, Heizwerke, KWK und Raffinerie) bleiben dabei konstant, Nettoimporte und Verbrauch variieren. Die einzige Ausnahme betrifft den Einsatz von Photovoltaik (PV) und Windenergie in der Stromproduktion. Die PV-Stromerzeugung steigt von 3 PJ (2015) auf 48 PJ (2050) und jene von Windenergie von 17 PJ (2015) auf 44 PJ (2050). Der Strom aus Sonnenenergie ist so implementiert, dass bis 2050 der Anteil des Strombedarfs, der von PV-Anlagen gedeckt wird, asymptotisch auf 20%¹⁸ steigt. Die Windenergie nähert sich asymptotisch dem für Österreich ermittelten Potential von etwas über 63 PJ¹⁹, erreicht es jedoch nicht. Die in den Beständen der dauerhaften Konsumgüter (Gebäudehülle/Heizsystem, PKW-Bestand, Elektrogeräte) in der Vergangenheit beobachtbare Veränderung der Energieeffizienz wird mit den historischen Trends²⁰ fortgeschrieben. Im Bereich des PKW-Verkehrs (MIV) wird zusätzlich angenommen, dass durch die Diffusion von E-Mobilität, die den Anteil an E-Mobilen am Kraftfahrzeugbestand bis 2050 auf 30% ansteigen lässt, der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch der Flotte bis 2050 auf ca. 4 Liter/100 km abgesenkt wird.

3.3 Inputdaten und Annahmen für das Szenario EFF.IND

Die zentralen Inputdaten für dieses Szenario sind erstens die Energiepreise und zweitens die Entwicklungen der Energieeffizienz in den Technologien der Industrie. Für beide Effizienz-Szenarien (EFF.IND und EFF.PLUS) gelten die Energiepreise des 450-Szenarios des World Energy Outlook der Internationalen Energieagentur (IEA, 2016), wie sie in Übersicht 3 aufgelistet sind. Da in der Storyline des 450-Szenarios die CO₂-Preise den „Green Paradox“-Effekt aufheben

¹⁸ In BMVIT (2007) wird das Potential mit 20% des Verbrauchs beziffert (S. 37).

¹⁹ In Energiewerkstatt (2014) wird das Potential bis 2030 mit 17,7 TWh (63 PJ) angegeben (S. 4).

²⁰ Auf Basis der Effizienzindikatoren der ODYSSEE Datenbank.

sollen, spielen diese eine signifikante Rolle und steigen auf 195 \$ pro Tonne CO₂ in 2050 (ausgehend von einem Preis von 5 \$ pro Tonne CO₂ im Jahr 2015). In Anlehnung an die Storyline des 450-Szenarios der IEA wird von einer weltweiten und durchgängigen Bestrebung zur Reduktion des Verbrauchs von fossilen Rohstoffen ausgegangen. Daher wirkt der CO₂-Preis auf den Einsatz fossiler Energieträger in allen Bereichen der Ökonomie ohne Ausnahmen. D.h. auch im sogenannten „non-ETS“ Bereich. Zur Vergleichbarkeit sind in Übersicht 3 die Energieträgerpreise jeweils mit und ohne CO₂-Preis aufschlag dargestellt. Dadurch ist zu ersehen, dass durch den CO₂-Aufschlag die Preise von Öl und Gas ein ähnliches Niveau wie im „Current Policies Scenario“ erreichen (siehe Übersicht 1) mit der Ausnahme von Kohle, die aufgrund ihrer CO₂-Intensität einen wesentlich höheren Preis erzielt.

Übersicht 3: Energieträgerpreise im 450-Szenario der IEA, mit und ohne CO₂-Preis

	CO ₂ Preis	Ölpreis		Gaspreis		Kohlepreis	
	\$ ₂₀₁₅ /t	\$ ₂₀₁₅ /barrel		\$ ₂₀₁₅ /Mbtu		\$ ₂₀₁₅ /t	
		ohne	mit P _{CO2}	ohne	mit P _{CO2}	ohne	mit P _{CO2}
2015	5	51	51	7	7	57	57
2020	20	73	83	7	8	65	113
2025	60	79	108	8	12	58	223
2030	100	85	133	9	15	80	332
2035	120	82	139	10	16	54	385
2040	140	78	145	10	18	88	437
2045	165	75	154	10	20	48	503
2050	195	72	165	10	22	46	583

Q: WIFO-Darstellung; *IEA, 2016, 450-Szenario. Preise wurden für die Zwecke der Studie inter- und extrapoliert.

Für die Abschätzungen der Energieeffizienzentwicklungen wurde eine Reihe von Informationen in Betracht gezogen. Den Ausgangspunkt bildet die Entwicklung der Energieeffizienz (Verringerung der Energieintensität), bezogen auf den Produktionswert zu konstanten Preisen nach Branchen, die sich aus dem Baseline-Szenario ergibt. Diese ist in Übersicht 4 dargestellt. Dabei ist erkennbar, dass große sektorale Unterschiede bestehen und die Energieintensität im Baseline-Szenario in manchen Branchen sogar zunimmt, was auf strukturelle Effekte innerhalb der Branchen zurückzuführen ist.

Übersicht 4: Energieintensität nach Branchen im Baseline-Szenario, Ø Veränderung in % p.a.

Eisen- und Stahlerzeugung, Nicht Eisen Metalle	-0,48
Chemie und Petrochemie	-1,49
Steine und Erden, Glas	0,32
Fahrzeugbau	-0,37
Maschinenbau	-1,76
Bergbau	-1,18
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	-2,97
Papier und Druck	-0,81
Holzverarbeitung	-0,04
Bau	0,04
Textil und Leder	-2,86
Sonst. Produzierender Bereich	-1,48
Landverkehr (ohne MIV)	-2,26
Binnenschifffahrt	-3,25
Flugverkehr	0,23
Öffentliche und Private Dienstleistungen	-2,64

Q: WIFO-Berechnungen nach Oxford Energy (2014).

In einem ersten Schritt wurden darauf aufbauend die Effizienzpotentiale in den Querschnittstechnologien auf Basis der Studie von Oxford Energy (2014) implementiert. Das Effizienzpotential wird in dieser Studie für folgende Nutzenergiekategorien der Nutzenergieanalyse von Statistik Austria quantifiziert: Raumheizung und Klimaanlage, Standmotoren, Beleuchtung und EDV. Die Vorgangweise in Oxford Energy (2014) bestand darin, ein gesamtes technisches Potential in mittlerer Frist zu identifizieren und davon Abzüge zu machen für nicht ökonomische Hemmnisse der Umsetzung und ökonomische Hemmnisse. Erstere umfassen mangelndes Energie-Know-how in Firmen, mangelndes Energiemanagement, Lernkosten, etc. Ökonomische Hemmnisse sind jene, die die Umsetzung der energiesparenden Investitionen hemmen. Dazu zählen auch Kapitalmangel, aber ebenso die zu hohen Ansprüche an die Amortisationsdauer. Die Gesamtpotentiale, die großteils an die 50% betragen, wurden mit Annahmen über die Diffusionsdauer der neuen Technologien auf jährliche Fortschritte in der Energieeffizienz umgerechnet. Davon werden die Potentiale, die aufgrund der ökonomischen Hemmnisse nicht realisiert werden,

abgezogen. Dadurch erhält man eine Rate des Fortschritts in der Energieeffizienz, die einem Szenario entspricht, in dem die prinzipiell wirtschaftlich erschließbaren Potentiale umgesetzt werden. Zieht man davon das Potential ab, das aufgrund nicht ökonomischer Hemmnisse nicht erschließbar ist, und eine generelle Dämpfung des Effizienzfortschritts in der praktischen Umsetzung, dann erhält man die Rate des Fortschritts in der Energieeffizienz im Baseline-Szenario.

Diese Methode wird in Oxford Energy (2014) für die drei untersuchten Querschnittstechnologien (Raumheizung und Klimaanlage, Standmotoren, Beleuchtung und EDV) separat durchgeführt, da die Potentiale und die Diffusionsdauer der Technologien verschieden sind. Diese Methodik ergibt für die drei Technologien folgende Differenz zwischen dem Baseline-Szenario und dem Szenario des wirtschaftlichen Potentials in der jährlichen, durchschnittlichen Rate des Fortschritts in der Energieeffizienz:

Raumheizung und Klimaanlage: 0,7%;

Standmotoren: 0,7%;

Beleuchtung und EDV: 0,8%.

Diese können aufgrund der Anteile der drei Querschnittstechnologien am Gesamtverbrauch in der Produktion und in den Dienstleistungen auf Differenzen in der jährlichen Effizienzsteigerung in diesen beiden Bereichen übertragen werden. Daraus ergibt sich in einem Szenario der Realisierung des wirtschaftlichen Effizienzpotentials in der Produktion ein um 0,3% p.a. höherer Effizienzfortschritt (als im Baseline) und in den Dienstleistungen um 0,58%. Diese Effekte werden zunächst implementiert und der energiesparende technische Fortschritt nach Sektoren im Modell wird entsprechend erhöht.

Zusätzlich wird darauf aufbauend noch die Realisierung des Effizienzpotentials in der energieintensiven Industrie aufgrund der schon bekannten technologischen Innovationen bei den Prozesstechnologien quantifiziert. Eine Sichtung der Studien für Deutschland ergibt die in Übersicht 5 quantifizierte Differenz zwischen dem technischen Effizienzpotential (das etwas höher ist als das wirtschaftliche) und dem Marktpotential, das bereits im Baseline-Szenario ausgeschöpft wird. Dadurch wird der technische Fortschritt im Baseline-Szenario explizit berücksichtigt.

Übersicht 5: Energieeffizienzpotential in der energieintensiven Industrie, in %

	Effizienz- potenzial	Marktpotenzial = "Baseline"	Differenz
Stahlerzeugung	11,7	5,0	6,7
Chemie	15,6	14,0	1,6
Steine u. Erden, Glas	14,4	3,0	11,4
Papier	15,4	3,0	12,4
Nahrungsmittel	10,9	5,0	5,9

Q: WIFO-Berechnungen-

Der in Übersicht 5 quantifizierte Unterschied in den Potentialen insgesamt wird annualisiert, sodass das Potential bis 2030 ausgeschöpft wird.

Aus der Summe der Ausschöpfung des Effizienzpotentials in den Querschnittstechnologien und in den Produktionstechnologien ergibt sich schließlich der höhere energiesparende technische Fortschritt nach Branchen, der im Effizienzscenario implementiert wird.

Zusätzlich zu Energiepreisen und Effizienzentwicklungen wurden zwei weitere Annahmen getätigt. Erstens eine Verlagerung in der Zusammensetzung der Exporte. Im Baseline-Szenario wird von einer Trendfortschreibung der Anteilsentwicklung ausgegangen. Also von steigenden oder sinkenden Anteilen von beispielsweise Maschinen am Gesamtexport. Für das EFF.IND Szenario wurde genauer untersucht, wie sich die Anteile der wissensbasierten Exportgüter historisch entwickelt haben. Diese Güter sind Dienstleistungen der NACE-Branchen J (Informations- und Kommunikationsdienstleistungen), M (Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen) und N (sonstige wissenschaftliche Dienstleistungen). Hier wurde beobachtet, dass diese Branchen Zuwächse im Exportanteil in den Jahren 2000-2014 erlebten, wie sie im Trend Baseline nicht erreicht wurden (das sich vornehmlich auf die Jahre 2008-2012 stützt). Daher wurde die Exportentwicklung zugunsten dieser Branchen exogen angepasst, sodass sie ein historisch beobachtetes Anteilswachstum erreichen.

Die zweite Annahme betrifft den Kapitalstock von Weißgeräten wie beispielsweise Geschirrspüler und Waschmaschinen. Im DYNK-Modell ist ein monetärer Kapitalstock von diesen Geräten integriert. Hier wurde als Schritt in Richtung „Circular Economy“ angenommen, dass sich die Lebensdauer dieser Geräte verdoppelt und ihr Preis entsprechend erhöht.

3.4 Inputdaten und Annahmen für das Szenario EFF.PLUS

In diesem Szenario wurden zusätzlich zu den Effizienzpotentialen im Produzierenden Gewerbe und bei den Dienstleistungen (EFF.IND) die Auswirkungen von Effizienzpotentialen im Bereich der privaten Haushalte und der Transportdienstleistungen untersucht. Wie bereits unter Kapitel 3.3 ausgeführt werden auch für das EFF.PLUS-Szenario die Energiepreise des 450-Szenarios des World Energy Outlook der Internationalen Energieagentur (IEA, 2016) herangezogen.

3.4.1 Forcierung Elektromobilität

Soll eine Reduktion der fossilen Energieträger erreicht werden, kommt man am motorisierten Individualverkehr nicht vorbei. Den weltweiten Ambitionen im 450-Szenario der IEA (2016) nach kommt es zu Entwicklungen in der Elektromobilität, die diese attraktiver und leistbarer machen. Darauf aufbauend wird im EFF.PLUS Szenario angenommen, dass der Anteil der Elektromobile bei den PKW-Neuzulassungen bis zum Jahr 2050 kontinuierlich auf knapp 100% steigt. Bei den heutigen Austauschraten würde somit ein Bestandsanteil von ca. 60% in 2050 erreicht werden. Die restlichen 40% werden weiterhin von Benzin- und Diesel-PKW mit der gleichen Effizienz wie im Baseline abgedeckt.

3.4.2 Bewusstseinsentwicklung und Verhaltensänderung

Um signifikante Reduktionen im CO₂-Ausstoss zu erreichen, können Effizienz und Preispolitik allein nicht ausreichen, vielmehr muss es zu Verhaltensänderungen kommen (z.B. OECD, 2017). In Anlehnung an die weltweiten Bestrebungen zur Reduktion der Emissionen werden zwei nicht-monetär getriebene Annahmen im Modell umgesetzt, die eine Verhaltensänderung der Bevölkerung abbilden: Erstens die Reduktion des Temperaturniveaus in Räumen von 21°C auf 20°C. Diese Änderung bewirkt unter Berücksichtigung der Entwicklung der Heizgradtage eine Reduktion des Energiebedarfs um ca. 4%²¹ im Vergleich zum Baseline. Die zweite Annahme betrifft den Modal Split und das Reiseverhalten. Hier wird angenommen, dass die privaten Flugreisen, die von Österreich aus getätigt werden, um 10% (in Personenkilometern) zurückgehen, und dass 5% des MIV mit dem PKW auf die Schiene verlagert werden. Diese Annahmen steigen linear von 2020 bis 2050.

²¹ WIFO-Schätzung.

3.4.3 Effizienz im Güterverkehr

Auch der Güterverkehr ist ein Bereich, der durch die starke Fokussierung auf Diesel und durch die schiere Menge an Transportleistungen eine gewichtige Rolle für CO₂-Reduktionsbestrebungen spielt. In diesem Bereich sind zurzeit keine klaren Trends für eine alternative Technologie absehbar, daher nehmen wir drei Entwicklungen an. Die Erste ist eine Preismaßnahme, die Einfluss auf den endogenen technischen Fortschritt hat und die Energieeffizienz im Modell verstärkt. Es wird ab 2020 eine Anpassung des Kraftstoffpreisniveaus an das der Nachbarländer im Ausmaß von 0,05 €_{real} angenommen. Es wird weiter angenommen, dass diese Preisanpassung auf den Kraftstoffexport²² wirkt. Die Preismaßnahme und die Annahme, dass die Konsumenten mehr Wert auf ökologische Transportmodi bei den konsumierten Gütern legen, begünstigen eine Verlagerung des Güterverkehrs²³ von der Straße auf die Schiene und ein Ansteigen von Erdgas betriebenen LKW auf 20% linear von 2020 bis 2050.

3.4.4 Heizsystemstandards

Die Erzeugung von Raumwärme in privaten Haushalten erfolgte 2015/16 zu ca. 20%²⁴ mit Heizöl. Die Preise für Heizöl sind aufgrund des „Green Paradox“ im 450-Szenario der IEA(2016) und damit im EFF.PLUS-Szenario trotz hohem CO₂-Preis niedriger als im Baseline-Szenario. Um den Heizölanteil für Raumwärme von 20% trotzdem zu reduzieren, wurde unterstellt, dass ab 2020 die Neuanschaffung von heizölbefeuerten Einzelöfen verboten ist, wodurch der Anteil von heizölbasierter Raumwärmeproduktion von 10% im Baseline auf 1% im Szenario EFF.PLUS in 2050 zurück geht.

3.4.5 Gebäudesanierung

Mit einem Verbrauch von ungefähr 176 PJ im Jahr 2015 ist die Raumwärme in Privaten Haushalten ein großer Posten im Energieverbrauch und somit auch bei den Emissionen. Das bedeutet allerdings auch ein großes Reduktionspotential. Auf Basis von Gebäudebestandsdaten aus dem laufenden WIFO-Projekt „Folgenabschätzung und

²² Dazu wurde der Effekt dieser Preiserhöhung auf den Kraftstoffexport von den Berechnungen eines Berichts des Lebensministeriums abgeleitet (Lebensministerium, 2006).

²³ Anstieg um 3,5 Gt Transportleistung im Bahnverkehr im Zeitraum 2020-2030. Notwendige Investitionen wurden von der WIFO-Studie „EnergyTransition“ entnommen, <http://energytransition.wifo.ac.at/>.

²⁴ Statistik Austria, Gesamtenergieeinsatz der Haushalte – „Einsatz aller Energieträger nach Verwendungszwecken 2003 bis 2016“.

Sensitivitätsanalyse für die Erstellung der Energie- und Klimastrategie“, die auch für die vorliegende Studie zur Verfügung stehen, lässt sich ableiten, dass der Energiebedarf der Raumwärme im Modell für das Baseline-Szenario reproduzierbar ist, wenn für Mehrfamilienhäuser eine durchschnittliche jährliche Sanierungsrate von ca. 0,85% und für Einfamilienhäuser eine 1-prozentige durchschnittliche jährliche Sanierungsrate unterstellt werden. Da im Baseline die historische Effizienzentwicklung hinterlegt ist, kann daraus geschlossen werden, dass die historischen Sanierungsraten in diesen Bereichen gelegen sein dürften. Für das EFF.PLUS Szenario wurde eine Verdoppelung der Sanierungsraten im Zeitraum zwischen 2020 und 2030 angenommen und im Anschluss bis 2050 konstant belassen. Die abgeschätzten zusätzlich notwendigen Investitionen wurden auf Basis der vorläufigen²⁵ Daten aus der laufenden WIFO-Studie zur integrierten Energie- und Klimastrategie in das DYNK-Modell eingespeist. Für den Neubau wurden ebenfalls ambitioniertere Maßnahmen und zusätzliche Investitionen berücksichtigt, die den Energiebedarf pro Quadratmeter Neubau von 35 kWh um 20 kWh auf 15 kWh reduzieren.

²⁵ Das Projekt „Folgenabschätzung und Sensitivitätsanalyse für die Erstellung der Energie- und Klimastrategie“ war zum Zeitpunkt der Modellrechnungen dieser Studie noch nicht abgeschlossen. Daher können die hier verwendeten Parameter von den finalen Werten dieser Studie abweichen.

4. Ergebnisse

Die Modellabschätzungen für die Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes in den drei Szenarien Baseline, EFF.IND und EFF.PLUS sind in der Übersicht 6 zusammen gefasst. Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten weichen in den einzelnen Szenarien nur geringfügig voneinander ab, wobei die Szenarien EFF.IND und EFF.PLUS im Vergleich zum Baseline jeweils leicht erhöhte Wachstumsraten aufweisen. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die Importe von fossilen Energieträgern in den Effizienzszenarien zurückgehen und es zu Strukturänderungen im Bereich der Industrie kommt (Substitution im Export des produzierenden Bereichs weg von importintensiven Gütern hin zu Dienstleistungsexport). Unter den getroffenen Annahmen ist das Wirtschaftswachstum in den Effizienzszenarien daher höher als im Baseline-Szenario mit geringerer Energieeffizienz.

Übersicht 6: Szenarienvergleich reales Bruttoinlandsprodukt, Ø Veränderung in % p.a.

	2015-2020	2015-2030	2030-2050	2015-2050
BASELINE	1,18	1,48	1,66	1,58
EFF.IND	1,24	1,52	1,73	1,64
EFF.PLUS	1,32	1,56	1,74	1,66

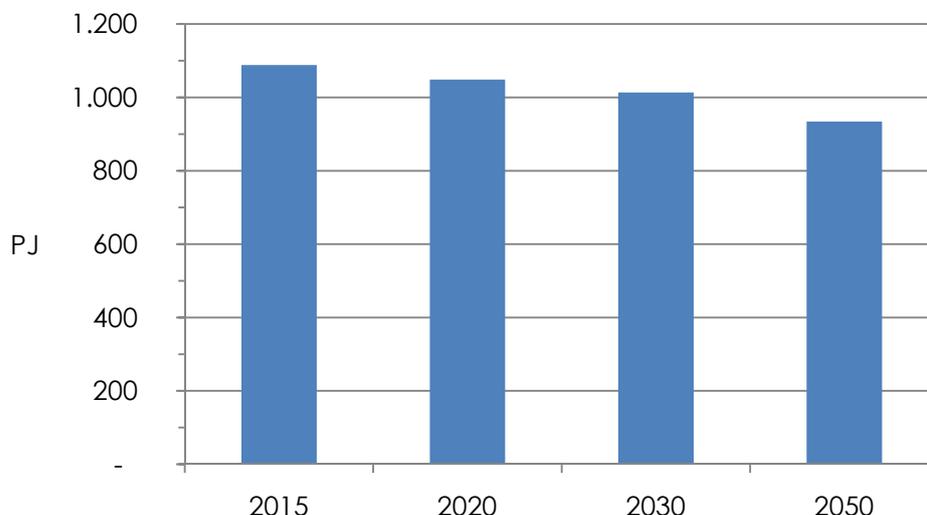
Q: WIFO-Berechnungen, auf Basis von €₂₀₁₅.

4.1 Ergebnisse Szenario Baseline

4.1.1 Energetischer Endverbrauch

Der energetische Endverbrauch geht im Baseline kontinuierlich zurück, wie in Abbildung 2 ersichtlich ist. Der Zielwert des Energieeffizienzgesetzes von 1.050 PJ wird mit einem Verbrauch von 1.048 PJ im Jahr 2020 erreicht. Dieser Trend setzt sich weiter fort, in den Jahren 2030 und 2050 beträgt der energetische Endverbrauch dann noch 1.012 PJ bzw. 933 PJ. Dies entspricht einem Rückgang von 7% bzw. 14% gegenüber 2015. Die durchschnittliche jährliche Veränderungsrate liegt hier bei -0,5% (2015-2030) bzw. -0,6% (2015-2050).

Abbildung 2: Energetischer Endverbrauch im Szenario Baseline, in PJ



Q: WIFO-Berechnungen.

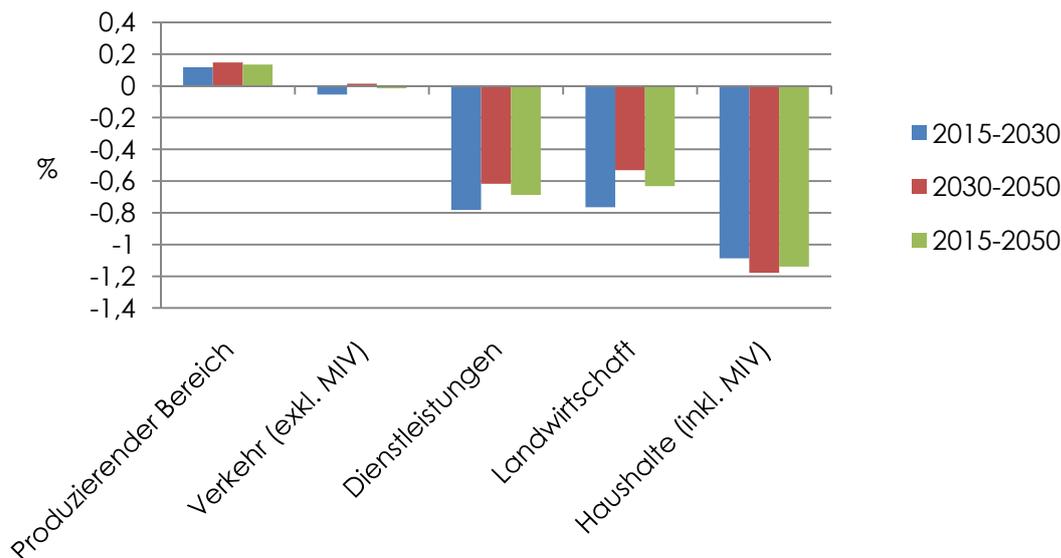
Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen, dass die Reduktion im gesamten energetischen Endverbrauch v.a. auf den Rückgang der Energienachfrage der privaten Haushalte²⁶ zurückzuführen ist. Ein Rückgang von durchschnittlich knapp über 1% p.a. (2015-2050) führt zu einem absoluten Rückgang von 63 PJ bis 2030 und 138 PJ bis 2050 (gegenüber 2015). Auch der Dienstleistungssektor²⁷ und die Landwirtschaft weisen einen negativen Wachstumstrend auf (-0,7% p.a. bzw. -0,6% p.a. von 2015-2050). Die absoluten Veränderungen liegen aber weit unter denen der privaten Haushalte (-25 PJ im Dienstleistungssektor und -5 PJ in der Landwirtschaft von 2015-2050). Die Endenergienachfrage im Verkehrssektor (Traktion exklusive MIV) bleibt fast unverändert. Hier ist anzumerken, dass der MIV dem Energieverbrauch der privaten Haushalte zugeordnet ist und dort die E-Mobilität deutliche Rückgänge verursacht. Der EEV der gesamten Traktion (MIV und sonstiger Verkehr) sinkt demgemäß. Der produzierende Bereich zeigt eine leicht positive Steigerungsrate in der Endenergienachfrage

²⁶ Der private motorisierte Individualverkehr ist diesem Sektor zugerechnet – im Gegensatz zur Energiebilanz der Statistik Austria, wo der MIV dem Sektor „Landverkehr“ zugeordnet ist. In der Kategorie „Verkehr“ sind hingegen alle weiteren Traktionstätigkeiten wie Öffentlicher Verkehr, Taxi, Güterverkehr zu Land, Wasser und Luft als auch alle sonstigen Verkehrsarten wie Liffahren enthalten. Dies gilt für die gesamte Analyse und alle folgenden Ergebnisdarstellungen.

²⁷ Der Dienstleistungssektor fungiert in der Energiebilanz zum Teil als Restgröße. Daher ist es möglich, dass - in der Nutzenergieanalyse – der Raumwärmebedarf dieses Sektors als zu groß ausgewiesen und das tatsächliche Reduktionspotential dieses Sektors geringer ist.

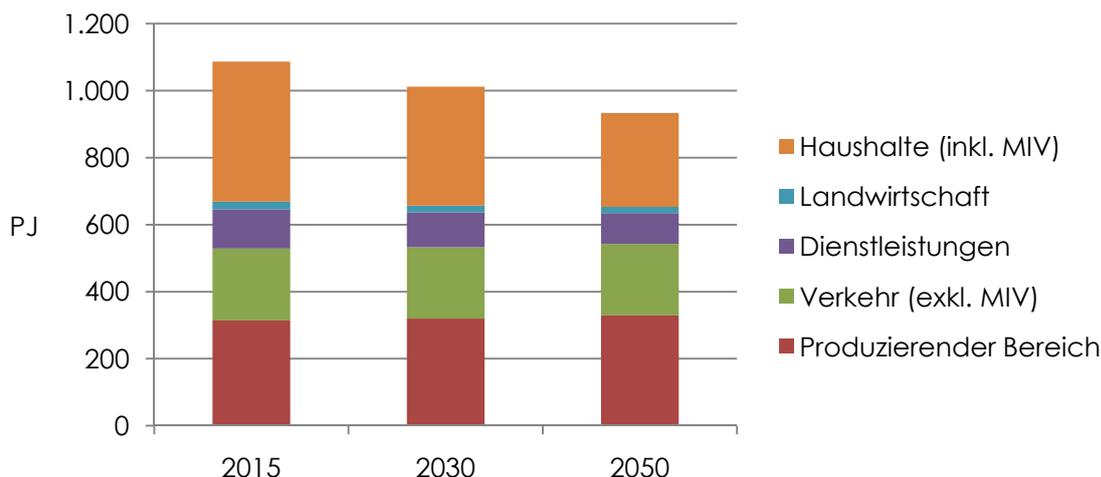
(ca. 0,1% p.a. 2015-2050) mit einer geringen absoluten Steigerung von 15 PJ (2015-2050). Dies ist, wie in der Szenarienbeschreibung schon erwähnt, auf steigende Energieintensitätstrends in manchen Sektoren zurückzuführen.

Abbildung 3: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario Baseline, Ø Veränderung in % p.a.



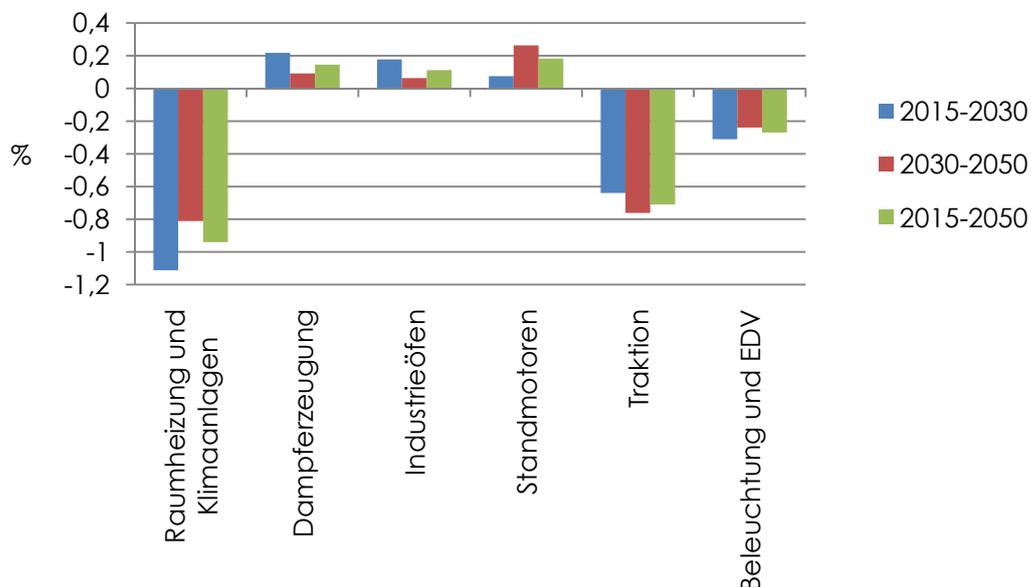
Q: WIFO-Berechnungen; Tabellen mit absoluten Werten im Anhang.

Abbildung 4: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario Baseline, in PJ



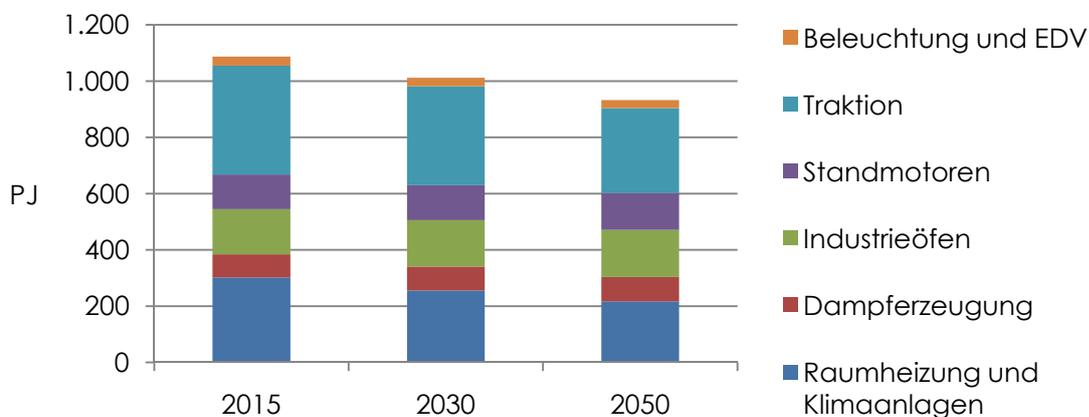
Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 5: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario Baseline, Ø Veränderung in % p.a.



Q: WIFO-Berechnungen; ohne Elektrochemische Zwecke; Tabellen mit absoluten Werten im Anhang.

Abbildung 6: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario Baseline, in PJ



Q: WIFO-Berechnungen-

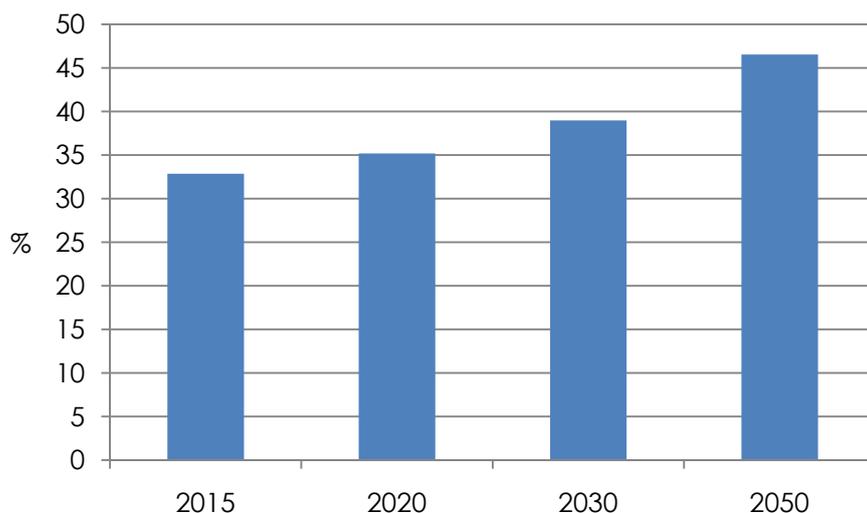
Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die Aufteilung des energetischen Endverbrauches nach Nutzenergiekategorien. Hieraus ist ersichtlich, dass der Großteil der Reduktion auf Effizienzverbesserungen im Bereich Raumwärme und Raumkühlung sowie Traktion (inkludiert Transportverkehr und MIV) zurückzuführen ist. Die durchschnittliche jährliche Reduktion im

Bereich Raumklima liegt bei 1,1% p.a. (2015-2030) bzw. 0,9% p.a. (2015-2050), was einer absoluten Reduktion von 47 PJ (2015-2030) bzw. 85 PJ (2015-2050) entspricht. Die durchschnittliche jährliche Reduktion im Bereich Traktion ist relativ gesehen zwar ein bisschen niedriger (-0,6% p.a. von 2015-2030 bzw. -0,7% p.a. von 2015-2050), in absoluten Werten aber fast gleich der Veränderung in der Nutzkategorie Raumwärme und Kühlen (-35 PJ von 2015-2030 bzw. -85 PJ von 2015-2050). Weiters ist auch der Endenergiebedarf für Beleuchtung und EDV rückläufig, trägt in absoluten Werten aber nur wenig zur Veränderung bei (-1 PJ von 2015-2030 bzw. -2 PJ von 2015-2050). Leichte Steigerungsraten von ca. 0,1% bis 0,2% gibt es in den Nutzkategorien, die v.a. vom produzierenden Bereich beeinflusst werden, d.h. Dampferzeugung, Industrieöfen und Standmotoren. Der gesamte Anstieg am Endenergieverbrauch in diesen drei Kategorien beträgt 9 PJ von 2015-2030 und 19 PJ von 2015-2050. Die Kategorie „Elektrochemische Prozesse“ zeigt zwar die größten Steigerungsraten (+2,8% p.a. von 2015-2030 und +2,4% p.a. von 2015-2050), ist in Abbildung 5 aber nicht abgebildet, da ihr Anteil am gesamten Endenergieverbrauch verschwindend gering ist (< 0,1%).

4.1.2 Anteil erneuerbarer Energieträger

Der Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG steigt im Baseline-Szenario kontinuierlich an.

Abbildung 7: Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG im Szenario Baseline, in %



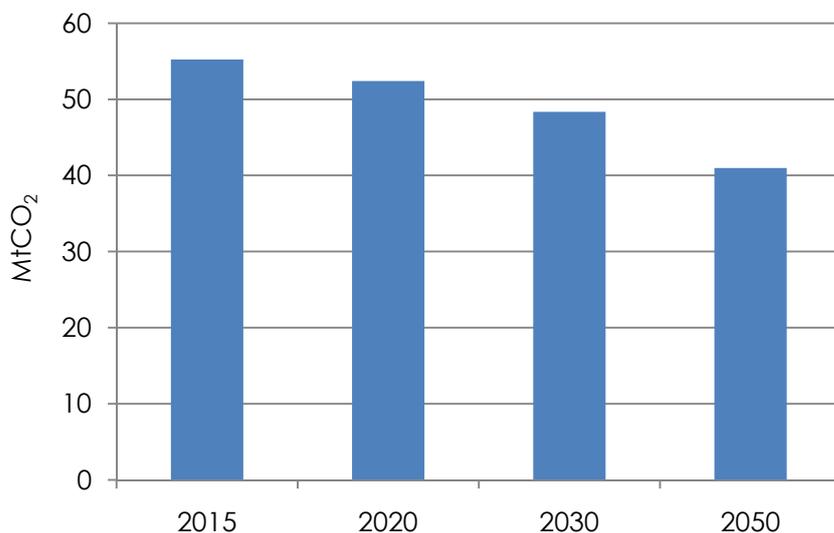
Q: WIFO-Berechnungen.

Im Jahr 2020 wird der Zielwert von 34% laut Erneuerbaren-Richtlinie überschritten (35%). Danach steigt der Anteil weiterhin an und beträgt im Jahr 2030 39%, sowie im Jahr 2050 47%. Das entspricht durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Anteile von 1,1% p.a. (2015-2030) bzw. 1,4% (2015-2050). Diese Wachstumsraten sind v.a. auf den Ausbau von Windkraft und Photovoltaik, aber auch auf den Rückgang der Endenergienachfrage zurückzuführen. Dieser bewirkt vor allen Dingen eine Reduktion der Importe von fossilen Energieträgern bei Konstanz der Energiebereitstellung aus Biomasse.

4.1.3 CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch

Die CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch sinken im Baseline-Szenario bis 2050 signifikant ab (siehe Abbildung 8). Dieser Trend ist etwas stärker als der Rückgang im energetischen Endverbrauch und beträgt -0,9% p.a. von 2015-2030 und -1,2% p.a. von 2015-2050. Das entspricht einem absoluten Rückgang von 7 MtCO₂ (2015-2030) bzw. 14 MtCO₂ (2015-2050). Der stärkere negative Trend im Gegensatz zum energetischen Endverbrauch ist v.a. auf einen höheren Einsatz von erneuerbaren Energiequellen zurückzuführen. Dabei ist diese Entwicklung wesentlich durch den Rückgang im Endverbrauch an Ölprodukten im Raumwärmesektor und im Verkehr durch die Zunahme von Elektromobilität zu erklären.

Abbildung 8: CO₂-Emissionen aus der energetischen Nutzung im Szenario Baseline, in MtCO₂



Q: WIFO-Berechnungen.

4.1.4 Exkurs: Abgrenzung zum PRIMES-Referenzszenario

Im Vergleich zum PRIMES-Referenzszenario 2016 für Österreich liegt der Endenergieverbrauch im Baseline-Szenario um 23 PJ unter dem von PRIMES ausgewiesenen Wert in 2030 und um 91 PJ unter dem Wert im Jahr 2050. Die Differenz steigt also erst in den letzten 15 Jahren auf ein signifikantes Niveau; sie ist auch in den einzelnen Sektoren zu sehen (Übersicht 7) und hat verschiedene Ursachen.

In der Industrie liegt PRIMES um 39 PJ unter dem in dieser Studie ermittelten Baseline-Wert (2050). Das liegt einerseits am leicht höheren Wirtschaftswachstum (1,6% im Baseline-Szenario und 1,5% in PRIMES) und andererseits an den in PRIMES höher liegenden Energieeffizienzentwicklungen in manchen Sektoren. Diese liegen über den historischen Werten, während im Baseline-Szenario die vergangenen Entwicklungen fortgeschrieben wurden.

Im Bereich der privaten Haushalte und Dienstleistungen liegt PRIMES um 33 PJ über dem Baseline-Szenario. Bei den Haushalten liegt der Großteil der Differenz in der Raumwärme begründet, die in dieser Studie mit -30% merklich stärker zurückgeht als in PRIMES (-14%). Der Grund hierfür könnten unterschiedliche Annahmen in Bezug auf Sanierungsraten und Wohnraumentwicklung sein.

Übersicht 7: Vergleich Endenergieverläufe PRIMES-Referenzszenario 2016 und WIFO Baseline-Szenario, in PJ

	PRIMES	PRIMES	WIFO	Differenz
	2.015	2.050	2.050	
Total	1.190	1.128	1.037	-91
Industrie	407	379	418	39
Haushalte (exkl. MIV)	279	257	224	-33
Dienstleistungen	138	145	113	-32
Transport (inkl. MIV)	366	348	282	-66

Q: WIFO-Darstellung²⁸.

²⁸ Gesamt- und Sektorverbrauch für diese Darstellung sind auf PRIMES-Werte in 2015 skaliert, um eine Vergleichbarkeit der beiden Modellergebnisse zu ermöglichen. Das Jahr 2015 wurde gewählt, weil es das Startjahr in PRIMES ist. Eine Skalierung ist nötig, weil PRIMES – anders als die Energiebilanz der Statistik Austria – den Eigenverbrauch des Sektors Energie zum Endenergieverbrauch zählt. Darüber hinaus ist die Zuordnung des MIV an PRIMES angelehnt, d.h. dem Transport zugerechnet.

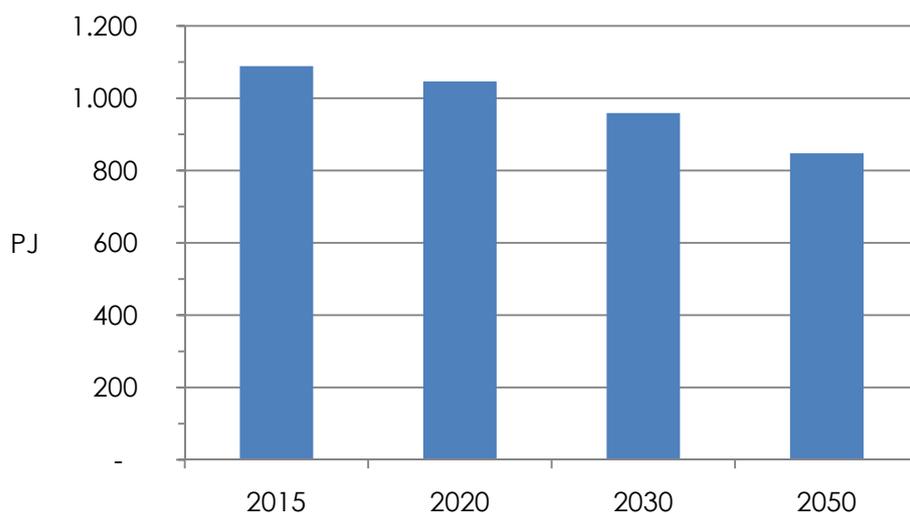
Im Dienstleistungsbereich liegt der Großteil der Differenz am Wachstum der Beleuchtung und EDV, die in PRIMES um 164% anwächst, während im Baseline-Szenario der Verbrauch stagniert. Beide Szenarien sind Fortschreibungen der historischen Werte. Diese sind allerdings stark unterschiedlich, denn in der Nutzenergieanalyse, die die Grundlage für das Baseline-Szenario liefert, ist der Verbrauch seit 1995 ähnlich hoch, während er in den Datenpunkten 2000 bis 2015 in PRIMES mit über 2% p.a. steigt.

Der größte Unterschied ist mit 66 PJ im Transportbereich (Traktion) zu ersehen. Dabei tragen der Güterverkehr (~10 PJ) und der motorisierte Privatverkehr (~45 PJ) unterschiedlich stark dazu bei. Die Transportleistung wird im WIFO.DYNK-Modell aus der realen Aktivität des Landverkehrssektors abgeleitet. Dieser wird durch die Nachfrage nach Transportdienstleistungen aus anderen Sektoren getrieben und steigt um 21% zwischen 2015 und 2050, während in PRIMES der Anstieg 34% beträgt. Im Privatverkehr ist die Differenz durch einen Unterschied in den Annahmen zur Entwicklung der E-Mobilität und der Effizienz der Verbrennungsmotoren zu erklären. In PRIMES sinkt der Energiebedarf zwar um 18% bis 2050, im Baseline-Szenario jedoch um ca. 50%. In Letzterem erreicht der Bestand an Elektromobilen an der Flotte 30% in 2050 und der Kraftstoffverbrauch von Verbrennungsmotoren kommt auf 4 l/100km Fahrleistung in 2050.

4.2 Ergebnisse Szenario EFF.IND

4.2.1 Energetischer Endverbrauch

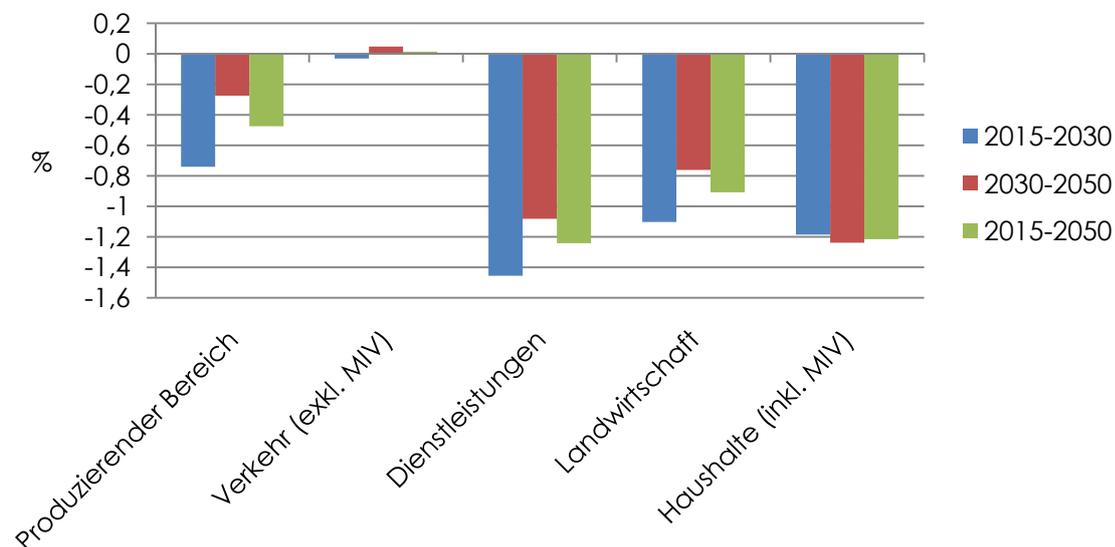
Abbildung 9: Energetischer Endverbrauch im Szenario EFF.IND, in PJ



Q: WIFO-Berechnungen.

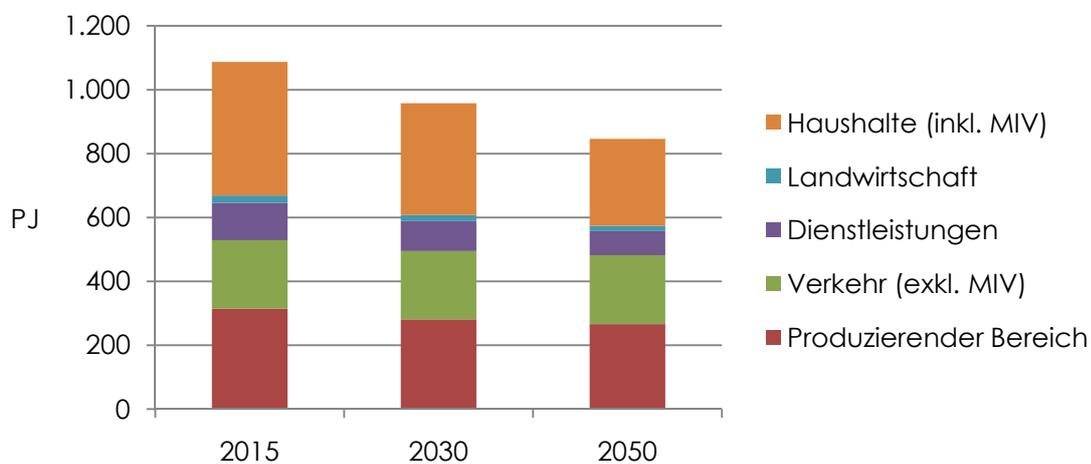
Der energetische Endverbrauch sinkt im Szenario EFF.IND um 0,8% p.a. (2015-2030) bzw. 1,0% p.a. (2015-2050) ab. Hier wird, wie im Szenario Baseline, der Zielwert des Energieeffizienzgesetzes von 1.050 PJ im Jahr 2020 erreicht (1.045 PJ). Im Jahr 2030 beträgt der energetische Endverbrauch 958 PJ (-12% vs. 2015) und im Jahr 2050 846 PJ (-22% vs. 2015).

Abbildung 10: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.IND, Ø Veränderung in % p.a.



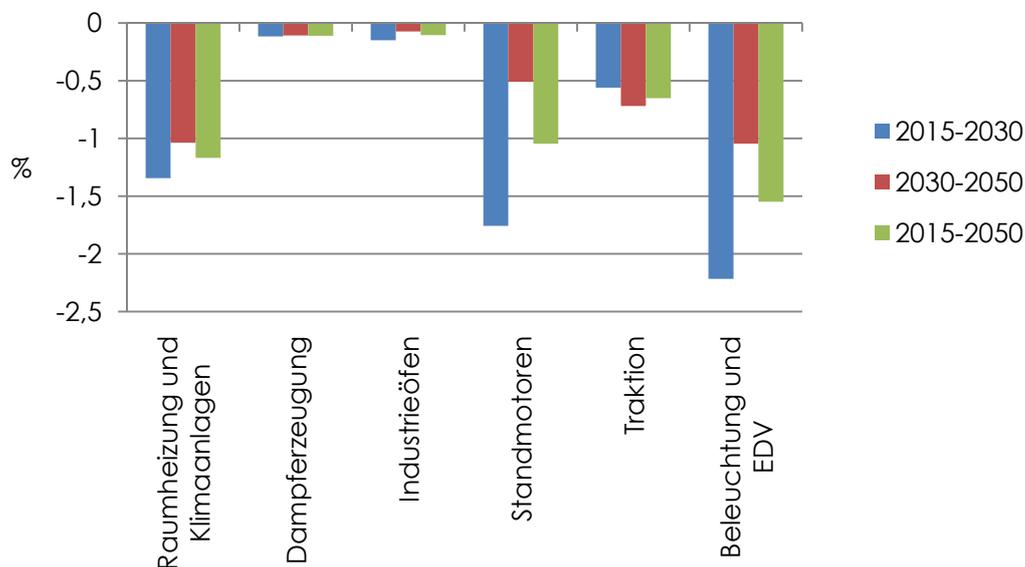
Q: WIFO-Berechnungen; Tabellen mit absoluten Werten im Anhang.

Abbildung 11: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.IND, in PJ



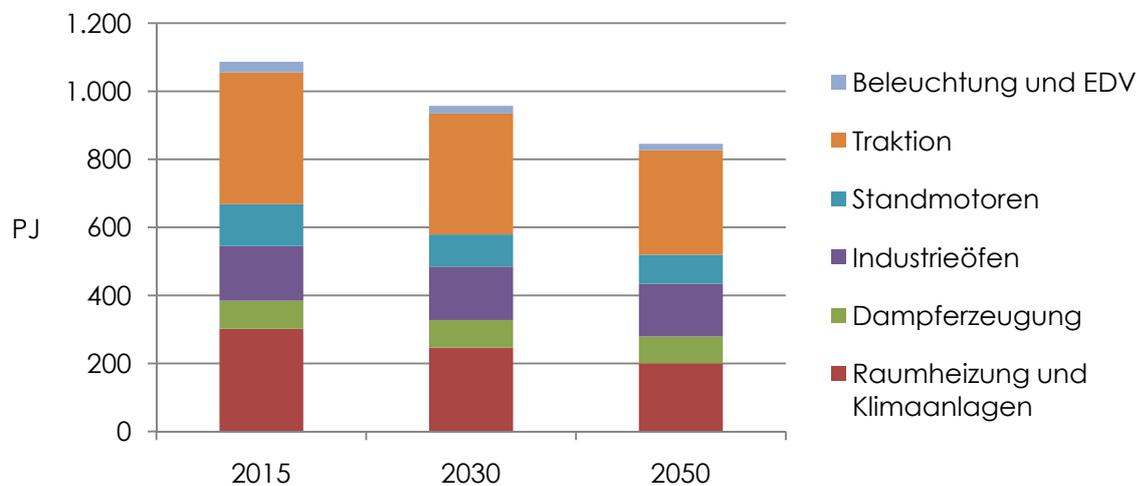
Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 12: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.IND, Ø Veränderung in % p.a.



Q: WIFO-Berechnungen; ohne elektrochemische Zwecke; Tabellen mit absoluten Werten im Anhang.

Abbildung 13: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.IND, in PJ



Q: WIFO-Berechnungen.

Auch im Szenario EFF.IND geht ein Großteil des Rückgangs im energetischen Endverbrauch auf die Haushalte (inkl. MIV) zurück (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11). Die jährliche Veränderung beträgt -1,2% p.a. (sowohl 2015-2030 als auch 2015-2050), was einen absoluten Rückgang von 68 PJ (2015-2030) bzw. 146 PJ (2015-2050) bedeutet. Im Szenario EFF.IND

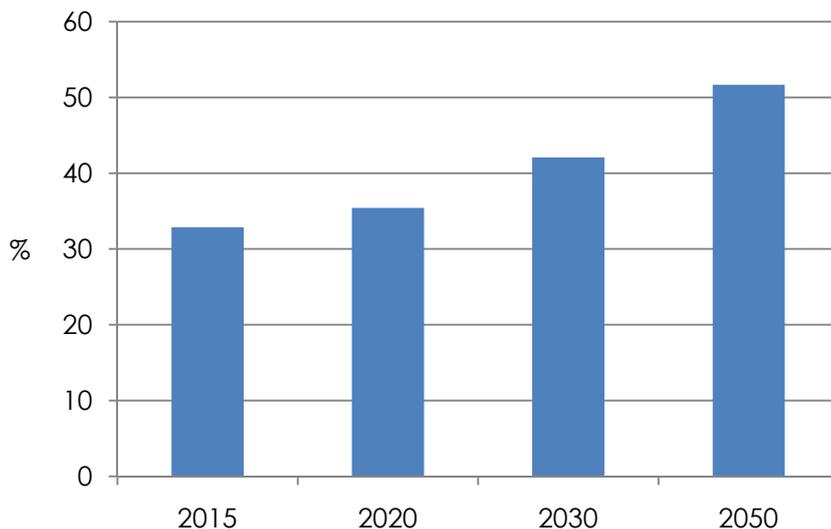
reduziert sich der energetische Endverbrauch nicht nur im Dienstleistungssektor (-1,5% p.a. von 2015-2030 bzw. -1,2% p.a. von 2015-2050), sondern insbesondere auch im Produzierenden Bereich (-0,7% p.a. von 2015-2030 bzw. -0,5% p.a. von 2015-2050) substantiell. Die absolute Reduktion im energetischen Endverbrauch ist dabei im produzierenden Bereich größer (-33 PJ bzw. -48 PJ bis 2030 bzw. 2050) als in den Dienstleistungssektoren (-23 PJ bzw. -41 PJ bis 2030 bzw. 2050). Auch in der Landwirtschaft kommt es zu einem signifikanten relativen Rückgang, und nur im Verkehrssektor (ohne Haushalte) bleibt der energetische Endverbrauch konstant.

Alle Nutzkategorien des energetischen Endverbrauches weisen im Szenario EFF.IND einen Rückgang auf (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13). Die Kategorie Beleuchtung und EDV weist zwar die höchsten Veränderungsrate auf (-2,2% p.a. von 2015-2030 bzw. -1,5% p.a. von 2015-2050), die absolute Reduktion ist jedoch aufgrund des kleinen Gesamtanteils von Beleuchtung und EDV nur gering (-9 PJ von 2015-2030 bzw. -13 PJ von 2015-2050). Den größten absoluten Anteil am Rückgang im energetischen Endverbrauch hat die Kategorie Raumheizung und Klimaanlage (-56 PJ von 2015-2030 bzw. -102 PJ von 2015-2050) bedingt durch sehr hohe jährliche Veränderungsrate (-1,3% p.a. von 2015-2030 bzw. -1,2% von 2015-2050). Auch die Traktion verringert ihren energetischen Endverbrauch substantiell (-31 PJ von 2015-2030 bzw. -79 PJ von 2015-2050). Aus der Nutzkategorieeinteilung wird schließlich ersichtlich, dass die größten Effizienzgewinne in der Industrie im Szenario EFF.IND im Bereich der Standmotoren erzielt werden. Hier reduziert sich der energetische Endverbrauch bei jährlichen Veränderungsrate von -1,8% p.a. (2015-2030) bzw. -1,0% p.a. (2015-2050) um 29 PJ bzw. 38 PJ. Die Rückgänge in den Kategorien Dampferzeugung (-1 PJ bzw. -3 PJ) und Industrieöfen (-4 PJ bzw. -6 PJ) sind dabei um einiges geringer.

4.2.2 Anteil erneuerbarer Energieträger

Das Szenario EFF.IND weist hohe Wachstumsrate für den Anteil erneuerbarer Energieträger gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG aus (siehe Abbildung 14). Diese betragen 1,7% p.a. (2015-2030) bzw. 1,8% p.a. (2015-2050). Damit steigt der Anteil erneuerbarer Energieträger im Jahr 2020 auf 35% (und liegt damit über dem Zielwert von 34%), im Jahr 2030 auf 42% und im Jahr 2050 auf 52%. Der stärkere Anstieg im Vergleich zum Szenario Baseline ist v.a. auf den stärkeren Rückgang des energetischen Endverbrauches zurückzuführen (je geringer der Endverbrauch, desto höher der Anteil erneuerbarer Energieträger).

Abbildung 14: Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG im Szenario EFF.IND, in %

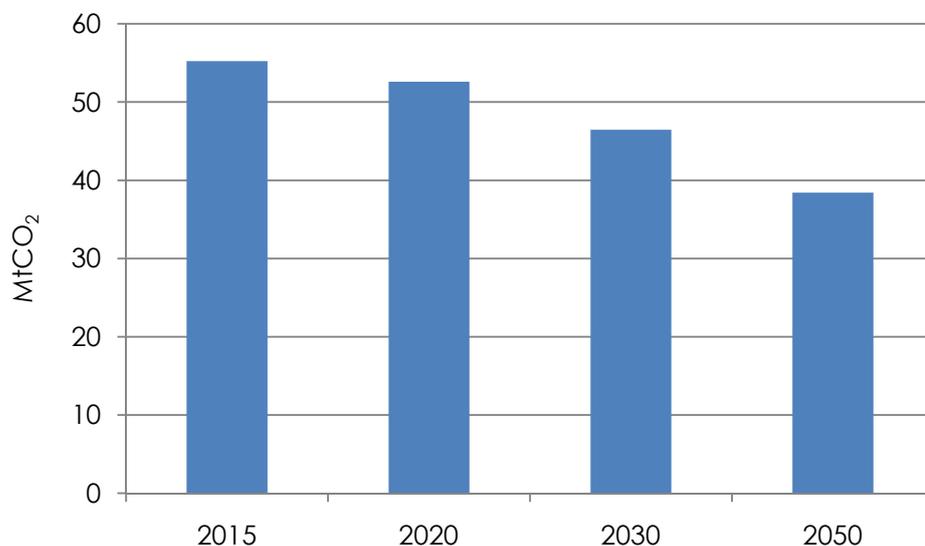


Q: WIFO-Berechnungen.

4.2.3 CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch

Im Szenario EFF.IND verringern sich die CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch um 1,1% p.a. (2015-2030) bzw. 1,4% p.a. (2015-2050). Damit gehen diese CO₂-Emissionen um 9 MtCO₂ (2015-2030) bzw. 17 MtCO₂ (2015-2050) zurück. Auch im Szenario EFF.IND ist der relative wie absolute Rückgang in den CO₂-Emissionen stärker als der des energetischen Endverbrauches und auf den starken Anstieg an erneuerbaren Energieträgern am energetischen Endverbrauch zurückzuführen.

Abbildung 15: CO₂-Emissionen aus der energetischen Nutzung im Szenario EFF.IND, in MtCO₂



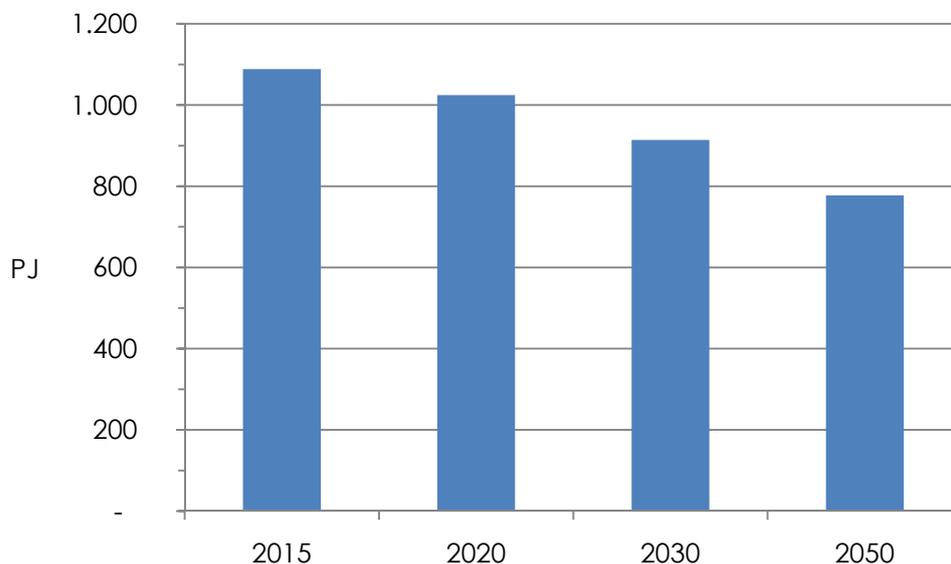
Q: WIFO-Berechnungen.

4.3 Ergebnisse Szenario EFF.PLUS

4.3.1 Energetischer Endverbrauch

Das Szenario EFF.PLUS führt zur stärksten Verringerung des energetischen Endverbrauchs (siehe Abbildung 16). Der Zielwert des Energieeffizienzgesetzes wird 2020 schon signifikant unterschritten (1.023 PJ), und im Jahr 2030 bzw. 2050 beträgt der energetische Endverbrauch 913 PJ bzw. 777 PJ. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Reduktionsrate von 1,2% (2015-2030) bzw. 1,3% (2015-2050).

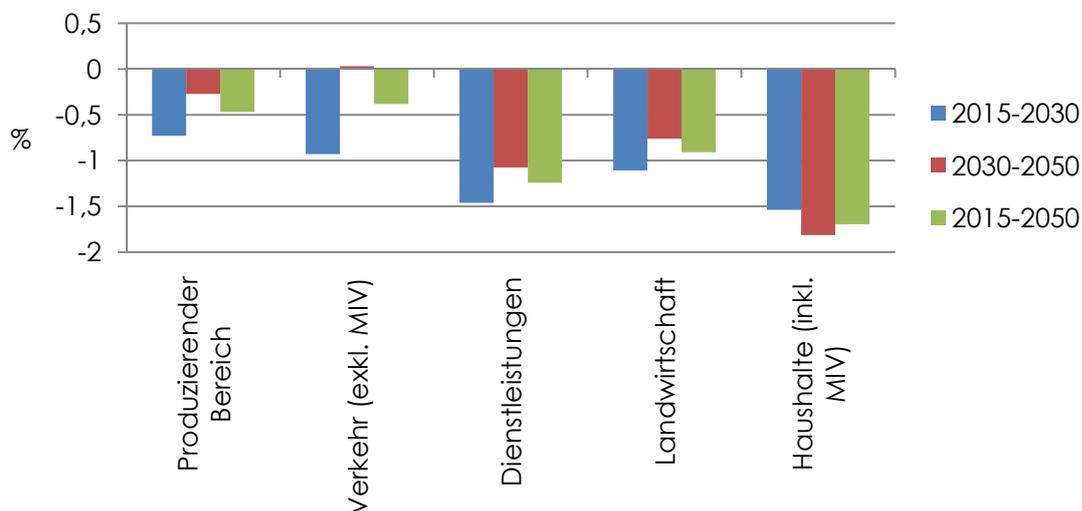
Abbildung 16: Energetischer Endverbrauch im Szenario EFF.PLUS, in PJ



Q: WIFO-Berechnungen; Tabellen mit absoluten Werten im Anhang.

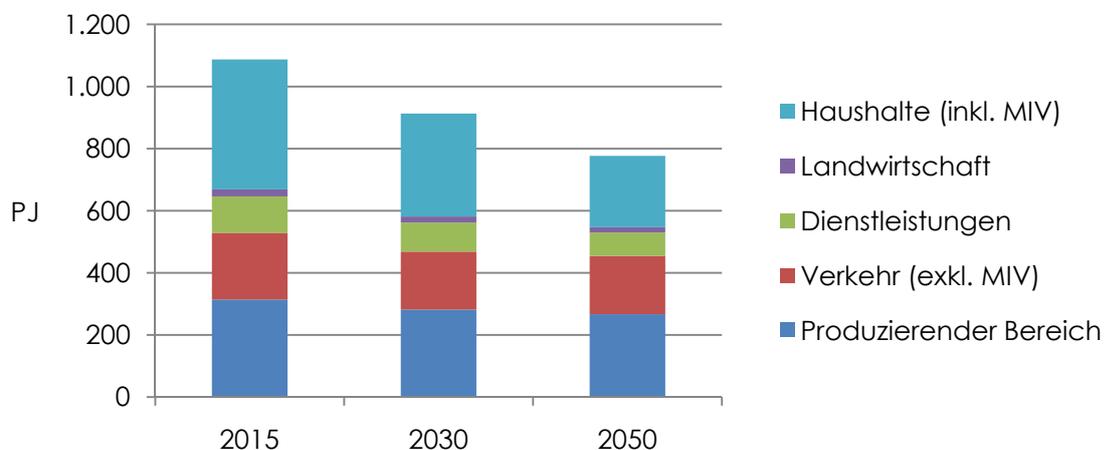
Im Szenario EFF.PLUS kommt es v.a. in den Sektoren Haushalte und Verkehr zu einer stärkeren Reduktion als im Szenario EFF.IND (siehe Abbildung 17 und Abbildung 18). Die Veränderungsraten im Haushaltssektor betragen im Szenario EFF.PLUS -1,5% p.a. (2015-2030) bzw. -1,7% p.a. (2015-2050). Dies entspricht einem Rückgang von 87 PJ bzw. 188 PJ. Im Verkehr kommt es von 2015-2030 zu einer jährlichen Reduktion von 0,9% p.a., ab 2030 stagniert der energetische Endverbrauch in diesem Sektor jedoch. Markant ist die Reduktion des energetischen Endverbrauchs im Jahr 2020, die auf die Kraftstoffpreisanpassung zurückzuführen ist. Insgesamt reduziert sich der absolute Endverbrauch im Sektor Verkehr um 28 PJ bis 2030 bzw. um 27 PJ bis 2050. Die Veränderungen in den Sektoren Produzierender Bereich, Dienstleistungen und Landwirtschaft entsprechen jenen im Szenario EFF.IND.

Abbildung 17: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.PLUS, Ø Veränderung in % p.a.



Q: WIFO-Berechnungen; Tabellen mit absoluten Werten im Anhang.

Abbildung 18: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren im Szenario EFF.PLUS, in PJ

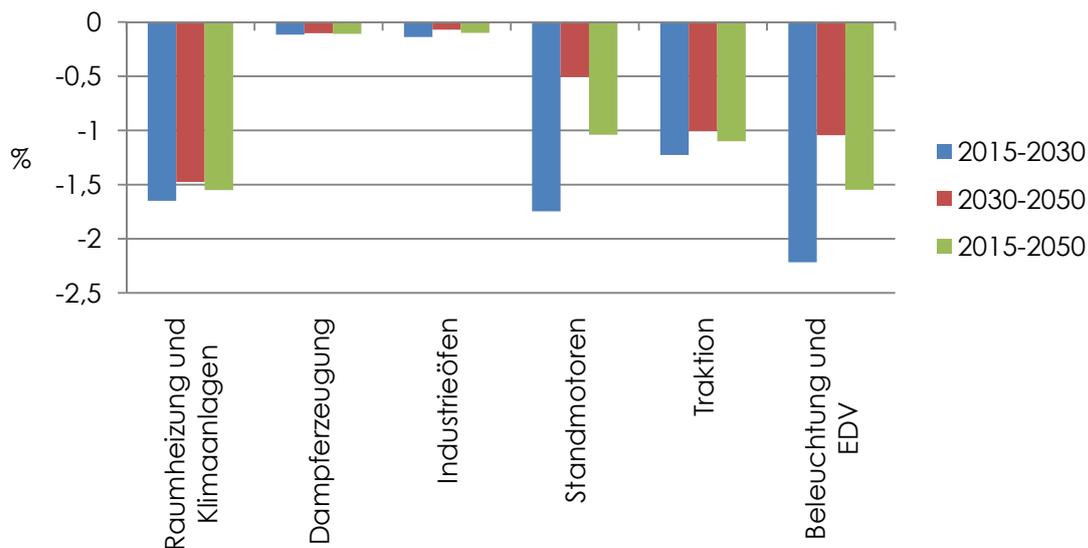


Q: WIFO-Berechnungen.

In den Nutzkategorien des energetischen Endverbrauchs kommt es im Szenario EFF.PLUS – im Vergleich zum Szenario EFF.IND – v.a. zu einem stärkeren Rückgang in den Kategorien Raumheizung und Klimaanlage (-1,6% p.a. von 2015-2030 und 2015-2050), als auch Traktion (-1,2% p.a. von 2015-2030 bzw. -1,1% p.a. von 2015-2050). Beide Kategorien weisen auch

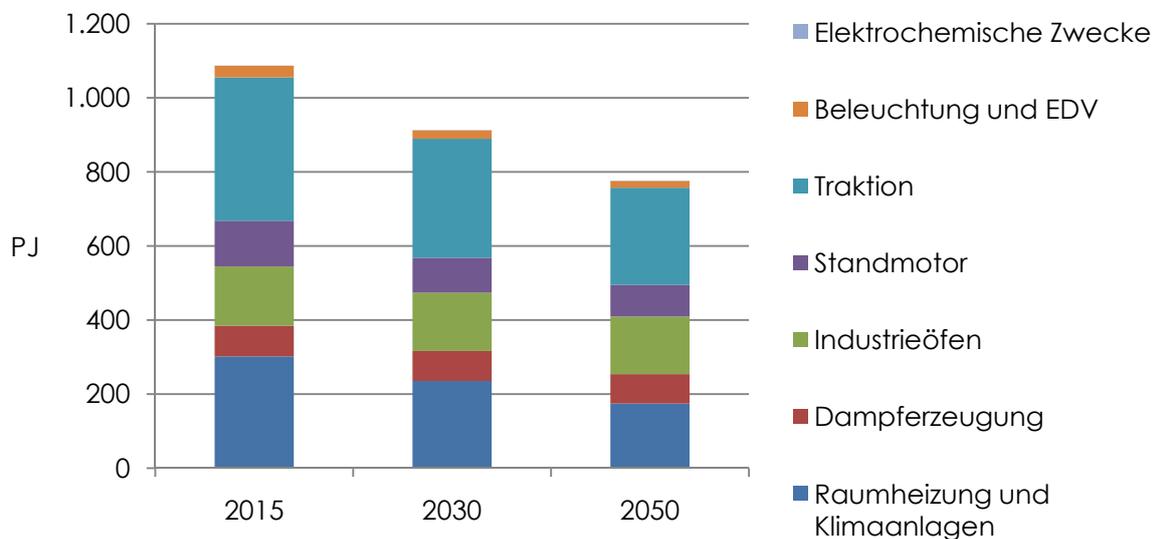
ähnliche absolute Rückgänge auf: -67 PJ bzw. -65 PJ von 2015-2030 für Raumklima bzw. Traktion, sowie -127 PJ bzw. -124 PJ von 2015-2050. Alle anderen Kategorien entwickeln sich fast so wie im Szenario EFF.IND.

Abbildung 19: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.PLUS, Ø Veränderung in % p.a.



Q: WIFO-Berechnungen; ohne elektrochemische Zwecke; Tabellen mit absoluten Werten im Anhang.

Abbildung 20: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien im Szenario EFF.PLUS, in PJ

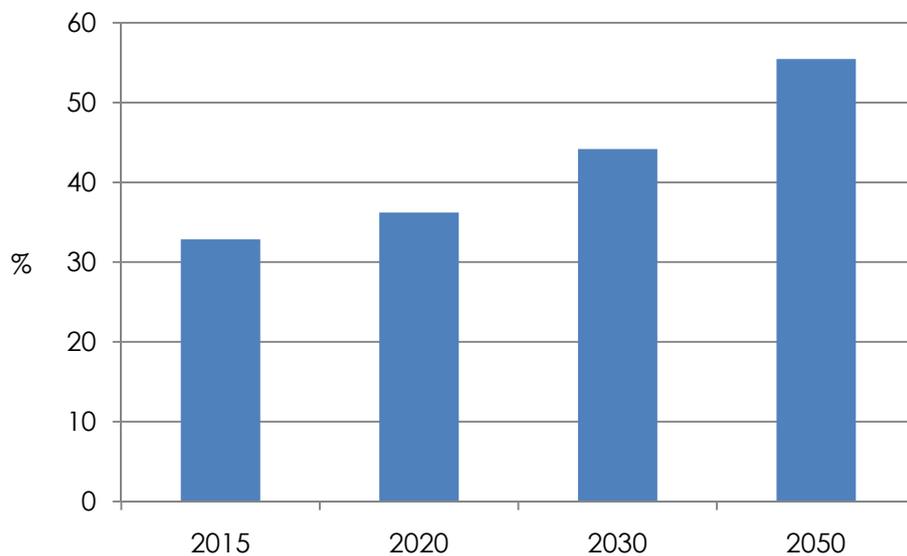


Q: WIFO-Berechnungen.

4.3.2 Anteil erneuerbarer Energieträger

Das Szenario EFF.PLUS weist sehr starke Steigerungsraten im Anteil erneuerbarer Energieträger gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG auf. Der Zielwert von 34% der Erneuerbaren-Richtlinie wird 2020 klar überschritten (36%). Für die Jahre 2030 und 2050 ergibt sich ein Anteil von 44% bzw. 55%. Dieser Anstieg ist auf eine Kombination von reduziertem Energieverbrauch, Ausbau von Windkraft und Photovoltaik sowie Elektrifizierung des Verkehrs zurückzuführen.

Abbildung 21: Anteil erneuerbarer Energieträger am energetischen Endverbrauch gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG im Szenario EFF.PLUS, in %

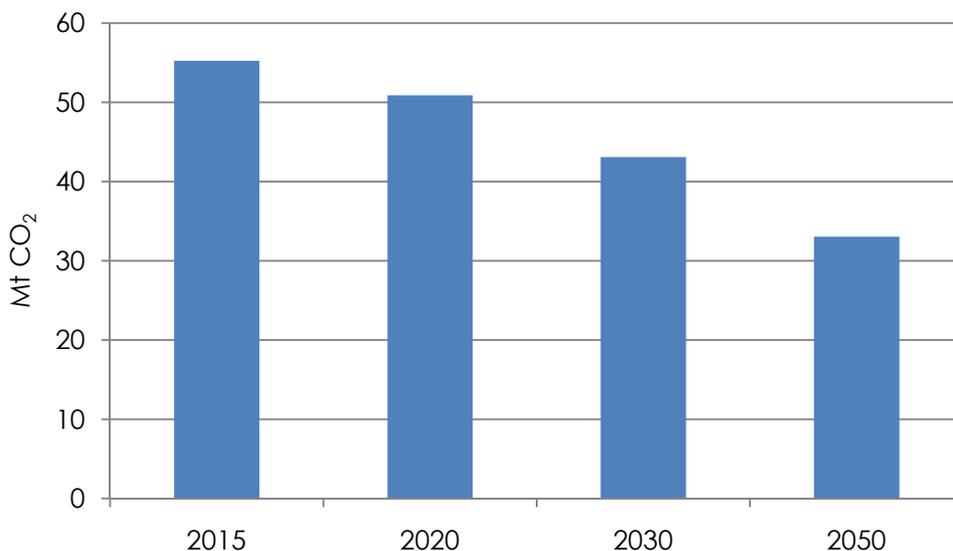


Q: WIFO-Berechnungen.

4.3.3 CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch

Die CO₂ Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch weisen im Szenario EFF.PLUS den größten Rückgang auf. Die jährliche Veränderungsrate beträgt -1,6% p.a. (2015-2030) bzw. -2,0% (2015-2050). Absolut betrachtet führt dies zu einer Verringerung von CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch um 11 MtCO₂ (2015-2030) bzw. 23 MtCO₂ (2015-2050).

Abbildung 22: CO₂-Emissionen aus der energetischen Nutzung im Szenario EFF.PLUS, in MtCO₂



Q: WIFO-Berechnungen.

4.4 Die Szenarien im Vergleich

4.4.1 Energieverbrauch, erneuerbare Energieträger und CO₂-Emissionen

Die Differenz im energetischen Endverbrauch zwischen den Szenarien ist in Abbildung 23 aufgezeigt. Die Differenz zwischen den Szenarien wächst mit dem Zeithorizont stetig an. Im Jahr 2050 ist der energetische Endverbrauch in EFF.PLUS um 156 PJ und im EFF.IND um 87 PJ geringer als im Baseline-Szenario. Im Jahr 2030 beträgt die Reduktion im energetischen Endverbrauch im Vergleich zum Baseline-Szenario 54 PJ (EFF.IND) bzw. 99 PJ (EFF.PLUS).

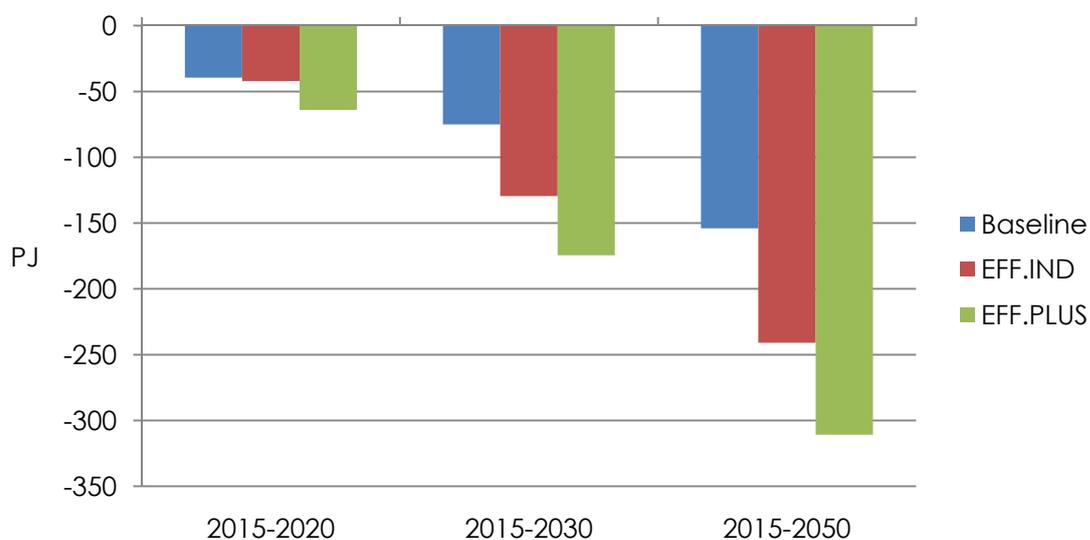
Im Szenario EFF.IND ist der stärkere Rückgang v.a. auf die Nutzung der Effizienzpotentiale im produzierenden Bereich zurückzuführen (siehe Abbildung 24), und dort wiederum speziell in der Nutzenergiekategorie Raumklima, Standmotor sowie Beleuchtung und EDV (siehe Abbildung 25).

Die zusätzlichen Rückgänge im Szenario EFF.PLUS finden v.a. im privaten Bereich (MIV) und dem Verkehr statt (siehe Abbildung 24) – bedingt durch die Forcierung der Elektromobilität, Effizienzstandards im Güterverkehr, mehr öffentlichen Verkehr, energiebewusste Verhaltensänderungen und neue Heizstandards – und damit auch in den Nutzkategorien Raumheizung und Klimaanlage sowie Traktion (siehe Abbildung 25).

Die Szenarien EFF.IND und EFF.PLUS weisen demzufolge auch höhere Anteile an erneuerbaren Energieträgern am energetischen Endverbrauch gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG auf (siehe Abbildung 26). Diese sind im Jahr 2050 um 5 (EFF.IND) bzw. 9 (EFF.PLUS) Prozentpunkte höher als im Baseline-Szenario. Der Unterschied ist zum einen mit dem Rückgang im Energiebedarf zu erklären, und zum anderen durch die starke Elektrifizierung des Verkehrs sowie den Rückgang des Kraftstoffexports im EFF.PLUS Szenario.

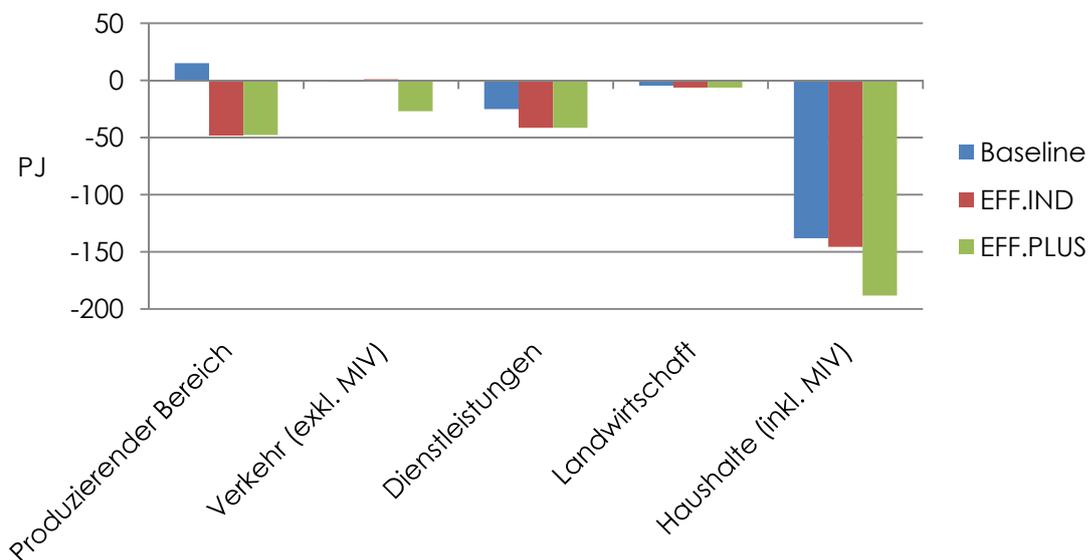
Ein stärkerer Rückgang im energetischen Endverbrauch, sowie ein höherer Anteil an erneuerbaren Energieträgern führt schließlich auch zu signifikant niedrigeren CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch in den Szenarien EFF.IND und EFF.PLUS im Vergleich zum Baseline-Szenario (siehe Abbildung 27). Im Jahr 2050 werden im Szenario EFF.IND um 3 MtCO₂ und im Szenario EFF.PLUS um 8 MtCO₂ weniger emittiert als im Baseline-Szenario. Für das Jahr 2030 betragen die Reduktion von CO₂-Emissionen 2 MtCO₂ (EFF.IND) bzw. 4 MtCO₂ (EFF.PLUS) im Vergleich zum Baseline-Szenario.

Abbildung 23: Szenarienvergleich Veränderung energetischer Endverbrauch, in PJ



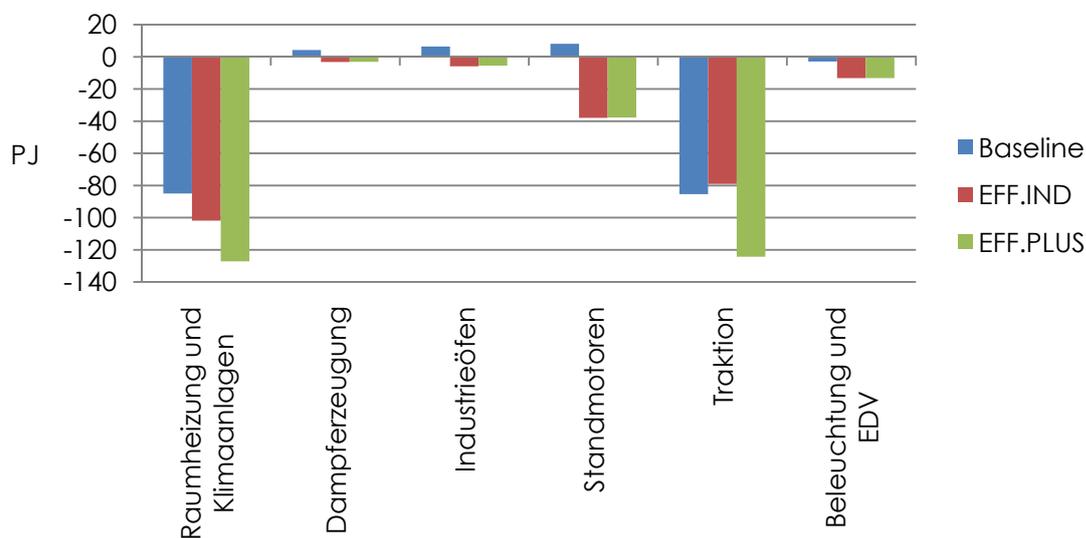
Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 24: Szenarienvergleich Veränderung im Endenergieverbrauch nach Sektoren, 2015-2050, in PJ



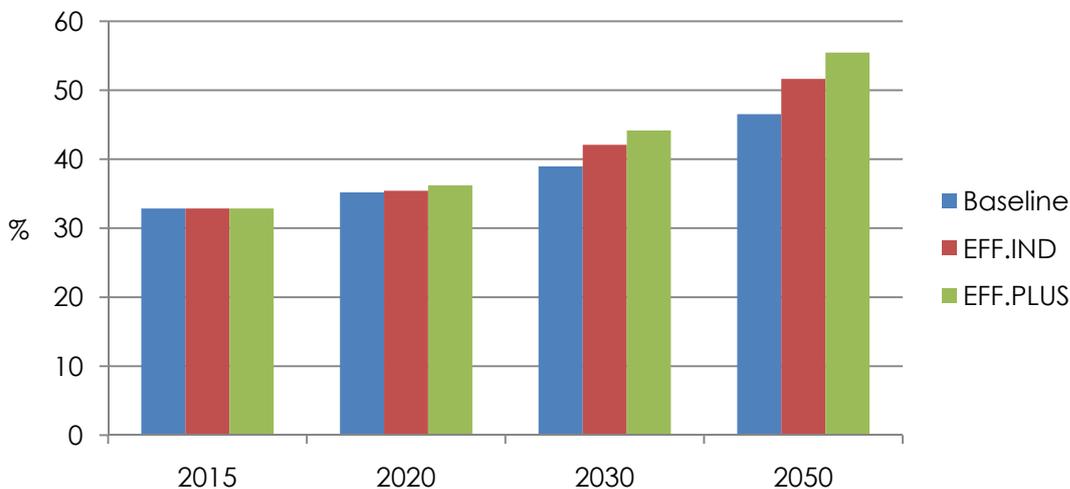
Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 25: Szenarienvergleich Veränderung im Endenergieverbrauch nach Nutzkategorien, 2015-2050, in PJ



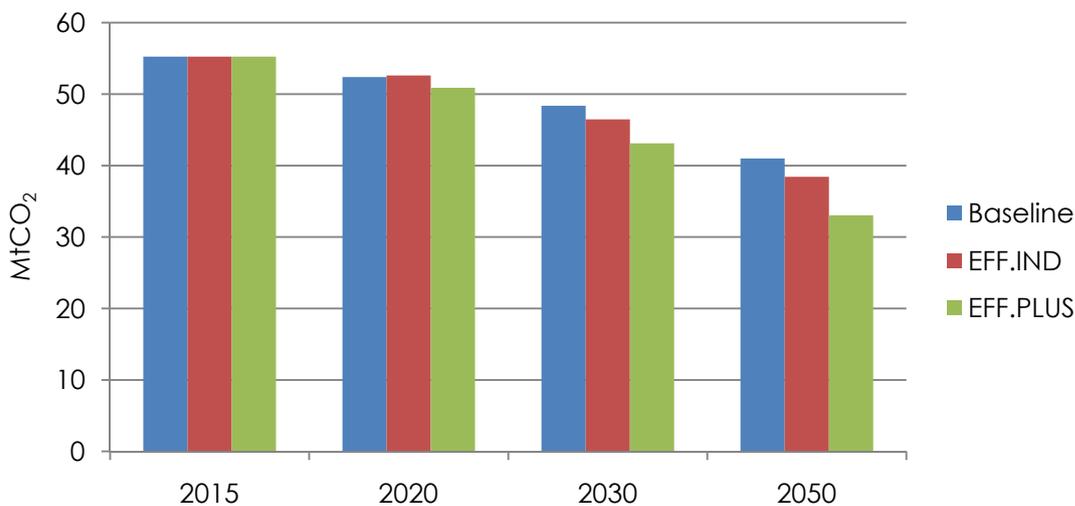
Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 26: Szenarienvergleich Veränderung Anteil erneuerbarer Energieträger gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG, in %



Q: WIFO-Berechnungen.

Abbildung 27: Szenarienvergleich CO₂-Emissionen aus dem energetischen Endverbrauch, in MtCO₂



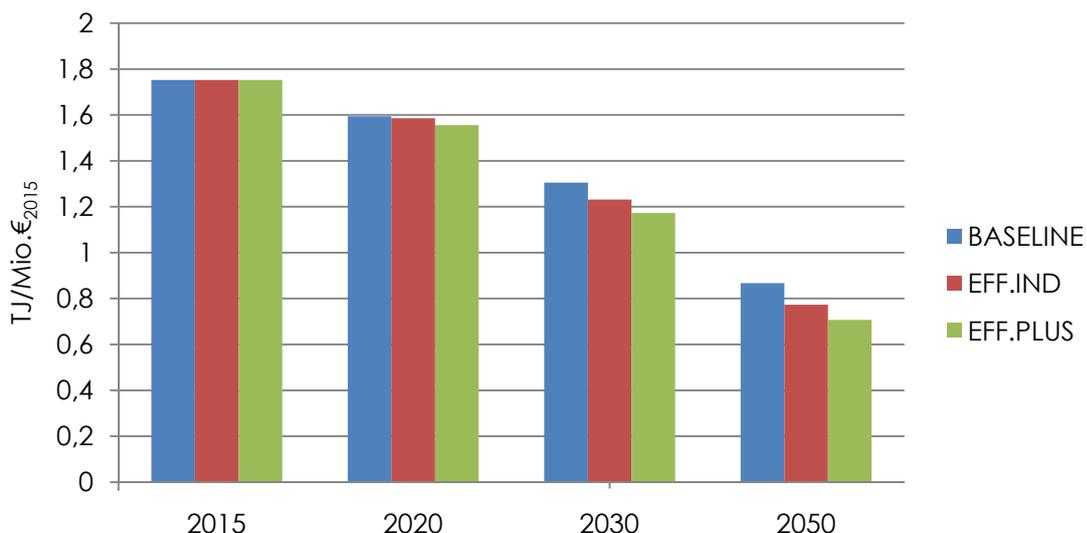
Q: WIFO-Berechnungen.

4.4.2 Energieeffizienz

Die Entwicklung der österreichischen Energieintensität gemessen als Energieverbrauch (TJ) pro Mio. € realer Produktion ist in Abbildung 28 sowie tabellarisch in durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der Energieintensität in unterschiedlichen Zeitperioden dargestellt

(Übersicht 8). Deutlich zu erkennen ist eine erhöhte Reduktion der jährlichen Endenergienachfrage pro Produktionswert in den Effizienzscenarien (gegenüber dem Baseline-Szenario). Auch im Zeitraum 2030-2050 sind die durchschnittlichen jährlichen Veränderungsrate der Energieintensität weiterhin als substantiell zu bezeichnen.

Abbildung 28: Szenarienvergleich Energieintensität, in TJ/Mio.€₂₀₁₅ Produktion



Q: WIFO-Berechnungen.

Übersicht 8: Szenarienvergleich Energieintensität, Ø Veränderung in % p.a.

	2015-2020	2015-2030	2030-2050
BASELINE	-1,88	-1,94	-2,02
EFF.IND	-1,98	-2,32	-2,30
EFF.PLUS	-2,35	-2,64	-2,50

Q: WIFO-Berechnungen.

Der Vergleich der Wachstumsraten der Energieintensität mit jenen der Wertschöpfung (Übersicht 6) verweist in allen drei Szenarien auf eine absolute Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Energieverbrauch, d.h. einen absoluten Rückgang des Endenergieverbrauchs bei gleichzeitig positiven Wachstumsraten der Wirtschaft.

5. Schlussfolgerungen

Die Szenarienanalysen machen deutlich, dass eine Realisierung der angenommenen Effizienzpotentiale in der Industrie und den privaten Haushalten ein substantielles CO₂-Reduktionspotential von bis zu 5 Mio. t CO₂ im Jahr 2030 und bis zu 8 Mio. t CO₂ im Jahr 2050 (gegenüber dem Baseline-Szenario) erzielen könnte. So könnten unter den hier beschriebenen Maßnahmen und Annahmen bis zu maximal 99 PJ bis zum Jahr 2030 und 156 PJ bis zum Jahr 2050 an Energieverbrauch vermieden werden. Ein wesentliches politisches Steuerungsinstrument ist dabei die Bepreisung von CO₂-Emissionen, wie sie in dem 450-Szenario des „World Energy Outlook“ der Internationalen Energieagentur (IEA, 2016) vorgeschlagen wird (siehe Übersicht 3). CO₂-Preise treiben den technologischen Wandel und damit die Verbesserung der Energieeffizienz ebenso wie eine Energieträgersubstitution weg von kohlenstoffhaltigen Energieträgern wie insbesondere Kohle hin zu erneuerbaren Energieträgern an. Eine Bepreisung von CO₂ kann darüber hinaus die Bereitschaft zur Umsetzung von wirtschaftlich nicht gerechtfertigten technologischen Effizienzpotentialen in Industrie und Haushalten forcieren. Außerdem spielen eine Reihe weiterer Maßnahmen und Regulierungen für das Erzielen der abgebildeten Einsparpotentiale eine gewichtige Rolle, wie etwa ein Strukturwandel im internationalen Handel (mehr Exporte von weniger energieintensiven Dienstleistungen), Schritte in Hinblick auf eine „Circular Economy“ (Verlängerung der Lebensdauer von Gebrauchsgütern) sowie Verhaltensänderungen im Raumwärmebereich und bezüglich des Modal Split.

Die Analyse zeigt weiterhin, dass entsprechend den Szenarienannahmen die größten absoluten Einsparpotentiale im Produzierenden Bereich (bis zu 62 PJ in 2050, EFF.IND im Vergleich zum Baseline) und bei den Haushalten inklusive des individuellen motorisierten Individualverkehrs (von bis zu 50 PJ in 2050, EFF.IND im Vergleich zum Baseline) liegen (Abbildung 24). Ein großer Teil der verbleibenden Emissionen geht auf den Güterverkehr zurück. Hier wird eine wachsende Aktivität erwartet und es ist aktuell keine umsetzungsreife Alternative zum Dieselkraftstoff in Aussicht. In Bezug auf die Emissionen kann dieser Sektor als Zukunftsfeld identifiziert werden, das noch stärkerer Forschungsanstrengungen bedarf, um realisierbare kohlenstoffsparende Technologien zu entwickeln und eine mit dem Übereinkommen von Paris konforme Reduktion der Treibhausgasemissionen in Österreich zu erzielen.

Referenzen:

- Arto, I., K. Kratena, A. F. Amores, U. Temurshoev, G. Streicher, 2015, Market-based instruments to reduce air emissions from household heating appliances, EUR 27424 EN – Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies, doi:10.2791/080545 .
- Bauernhansl, T., J. Mandel, S. Wahren, R. Kasprowicz, R. Miehe, 2013, Energieeffizienz in Deutschland, Ausgewählte Ergebnisse einer Analyse von mehr als 250 Veröffentlichungen, Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP), Universität Stuttgart.
- BMVIT, 2007, "Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich", URL: <http://www.pvaustria.at/wp-content/uploads/2013/07/Roadmap-Oesterreich-2007.pdf>
- Carroll, C.D., 1997, "Buffer-stock saving and the life cycle/permanent income hypothesis", Quarterly Journal of Economics, 112, 1-55.
- Consentec, Fraunhofer ISI, 2016, Grünbuch für eine integrierte Energie und Klimastrategie, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft und Bundesministerium für ein Lebenswertes Österreich (Hrsg.), Wien.
- EC, 2008, European energy and transport: Trends to 2030 – update 2007, European Commission.
- EEA, 2009, Looking back on looking forward: a review of evaluative scenario literature, European Environment Agency, Technical Report No 3/2009, Kopenhagen.
- Energiewerkstatt, 2014, Das realisierbare Windpotential Österreichs für 2020 und 2030.
- Fleiter, T., B. Schломann, W. Eichhammer, 2013, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien – Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Fraunhofer Verlag, Stuttgart.
- IEA, 2016, World Energy Outlook 2016, International Energy Agency, Paris.
- ifeu et al., 2011, Endbericht Energieeffizienz – Potentiale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative, ifeu, Fraunhofer ISI, Prognos, GWS et al., Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg.
- Kratena, K., M. Sommer, 2015, "Consumption vs. Production Based CO₂ Pricing Policies: Macroeconomic Trade-Offs and Carbon Leakage", paper presented at the 23rd International Input-Output Conference, Mexico City, Mexico, June 22–26, 2015.
https://www.iioa.org/conferences/23rd/papers/files/2250_20150604021_EnvirFiscal_paper1.pdf.
- Kratena, K., I. Meyer, M. Sommer, 2015, "Long-term Climate Mitigation and Energy Use in Austria – The impacts of carbon and energy prices"; in: L. Kreiser, M.S. Andersen, B.E. Olsen, St. Speck, J.E. Milne, H. Ashiabor (Hrsg.), Carbon Pricing: Design, Experiences and Issues, Critical Issues in Environmental Taxation Series, 2015, 15, 127-140, <http://dx.doi.org/10.4337/9781785360237.00021>.
- Kratena, K., M. Sommer, 2014, "Policy Implications of Resource Constraints on the European Economy", WWWforEurope Policy Brief No. 6, http://www.foreurope.eu/fileadmin/documents/pdf/Policybriefs/WWWforEurope_PB_no06_D205.2.pdf.
- Kratena, K., G. Streicher, 2014, "FIDELIO'S ADAGIO A family of regional econometric input output models", in: E. Schmid, S. Vogel (Hrsg.), The Common Agricultural Policy in the 21st Century, Festschrift für Markus F. Hofreither, facultas.wuv, Wien, 131-148.
- Kratena, K., M. Sommer, U. Eysin, K. Rose, 2014, Energieszenarien 2050, Herausforderungen an die österreichische Energiewirtschaft, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung und Strategy Lab.
- Kratena, K., G. Streicher, U. Temurshoev, A.F. Amores, I. Arto, I. Mongelli, J.M. Rueda-Cantuche, and V. Andreoni, 2013, 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.
- Lebensministerium, 2006, "Abschätzung der Auswirkungen des Tanktourismus auf den Treibstoffverbrauch und die Entwicklung der CO₂-Emissionen in Österreich", http://cdn3.vol.at/2006/08/Endbericht_Tanktourismus.pdf.
- Luengo-Prado, M.J., 2006, Durables, nondurables, down payments and consumption excesses, Journal of Monetary Economics, 53, 1509-1539.
- OECD, 2017, Tackling Environmental Problems with the Help of Behavioural Insights, Paris.

- Oxford Energy, 2014, Detailanalyse von Potentialen und Maßnahmen zur Energieeffizienz in Industrie und Dienstleistungen, Oxford Energy GmbH, Wien.
- Pindyck, R.S., 2013, Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us? NBER Working Paper No. 19244.
- Sommer M., K. Kratena, 2017, "The Carbon Footprint of European Households and Income Distribution", Ecological Economics, 2017, 136, 62-72, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916303627>.

ANNEX

Übersicht 9: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren und Szenarien, absolut in PJ

Szenario	Sektor	2015	2020	2030	2050
BASE	Produzierender Bereich	314	302	320	329
	Verkehr (exkl. MIV)	215	213	213	213
	Dienstleistungen	117	110	104	92
	Landwirtschaft	23	22	20	18
	Haushalte (inkl. MIV)	418	401	355	280
	Summe	1,087	1,048	1,012	933
EFF.IND	Produzierender Bereich	314	299	281	266
	Verkehr (exkl. MIV)	215	213	214	216
	Dienstleistungen	117	109	94	76
	Landwirtschaft	23	22	19	17
	Haushalte (inkl. MIV)	418	402	350	272
	Summe	1,087	1,045	958	846
EFF.PLUS	Produzierender Bereich	314	299	282	267
	Verkehr (exkl. MIV)	215	193	187	188
	Dienstleistungen	117	109	94	76
	Landwirtschaft	23	22	19	17
	Haushalte (inkl. MIV)	418	400	331	230
	Summe	1,087	1,023	913	777

Q: WIFO-Berechnungen.

Übersicht 10: Energetischer Endverbrauch nach Nutzkategorien und Szenarien, absolut in PJ

Szenario	Nutzkategorie	2015	2020	2030	2050
BASE	Raumheizung und Klimaanlage	302	282	255	217
	Dampferzeugung	82	78	85	87
	Industrieöfen	161	157	165	167
	Standmotoren	123	119	125	131
	Traktion	387	381	352	302
	Beleuchtung und EDV	31	31	30	29
	Elektrochemische Zwecke	0	0	1	1
	Summe		1,087	1,048	1,012
EFF.IND	Raumheizung und Klimaanlage	302	282	246	200
	Dampferzeugung	82	78	81	79
	Industrieöfen	161	156	157	155
	Standmotoren	123	116	94	85
	Traktion	387	383	356	308
	Beleuchtung und EDV	31	30	22	18
	Elektrochemische Zwecke	0	0	1	1
	Summe		1,087	1,045	958
EFF.PLUS	Raumheizung und Klimaanlage	302	281	235	175
	Dampferzeugung	82	78	81	79
	Industrieöfen	161	156	157	155
	Standmotoren	123	116	95	85
	Traktion	387	362	322	263
	Beleuchtung und EDV	31	30	22	18
	Elektrochemische Zwecke	0	0	1	1
	Summe		1,087	1,023	913

Q: WIFO-Berechnungen.