



AUSTRIAN ENERGY AGENCY



# Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050

Synthesebericht 2017





# ENERGIE- UND TREIBHAUSGAS-SZENARIEN IM HINBLICK AUF 2030 UND 2050

Synthesebericht, 2017



REPORT  
REP-0628

Wien 2017

**AutorInnen**

Thomas Krutzler, Andreas Zechmeister, Gudrun Stranner, Herbert Wiesenberger, Thomas Gallauner, Michael Gössl, Christian Heller, Holger Heinfellner, Nikolaus Ibesich, Günther Lichtblau, Wolfgang Schieder, Jürgen Schneider Ilse Schindler, Alexander Storch, Ralf Winter

**Lektorat**

Maria Deweis

**Satz/Layout**

Elisabeth Riss

**Umschlagfoto**

© Sean Gladwell – Fotolia.com

Diese Publikation wurde im Auftrag des BMLFUW erstellt.

Synthesebericht unter Verwendung der Ergebnisse der Teilberichte:

- *Austrian Energy Agency*: Szenarien für Strom- und Fernwärmeaufbringung im Hinblick auf Klimaziele 2030 und 2050
- *Cesar/WIFO*: Energy Scenarios 2050
- *Energy Economics Group/e-think*: Energieszenarien bis 2050: Wärmebedarf der Kleinverbraucher
- *IVT/TU Graz*: Monitoring Mechanism 2017 und Szenario WAM plus – Verkehr
- *IVV/TU Wien*: Modellierung von Personenverkehrsmaßnahmen im Rahmen der Energiewirtschaftlichen Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050
- *WIFO & BOKU* (2015): Austrian Agriculture 2010–2050. Quantitative Effects of Climate Change Mitigation Measures.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

*Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier.*

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2017

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-445-2

## INHALT

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>11</b>
<b>2 ENERGIESZENARIEN .....</b>	<b>16</b>
<b>3 TREIBHAUSGAS-SZENARIEN .....</b>	<b>28</b>
<b>4 LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>32</b>
<b>ANHANG 1 – STORYLINES SZENARIO TRANSITION.....</b>	<b>35</b>
<b>ANHANG 2 – MAßNAHMEN SZENARIO TRANSITION.....</b>	<b>57</b>
<b>ANHANG 3 – KOPPLUNG VON MODELLEN UND KURZBESCHREIBUNGEN DER MODELLE.....</b>	<b>62</b>
<b>ANHANG 4 – DETAILERGEBNISSE EISEN- UND STAHLERZEUGUNG .....</b>	<b>78</b>
<b>ANHANG 4 – AKTIVITÄTEN 2015–2050.....</b>	<b>83</b>
<b>ANHANG 5 – TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN 1990–2050.....</b>	<b>88</b>
<b>Szenario „mit bestehenden Maßnahmen“ (WEM).....</b>	<b>88</b>
<b>Szenario Transition .....</b>	<b>89</b>
<b>ANHANG 6 – SENSITIVITÄTSANALYSE FÜR DIE JAHRE 2020 UND 2030.....</b>	<b>90</b>



## ZUSAMMENFASSUNG

Das Umweltbundesamt erstellt in zweijährigem Intervall Szenarien über die mögliche Entwicklung von österreichischen Treibhausgas-Emissionen, die als Grundlage zur Erfüllung der EU-Berichtspflicht im Rahmen des Monitoring Mechanismus (VO 525/2013/EG) herangezogen werden. Die vorliegenden Szenarien dienen auch als Input für Diskussionen und politische Entscheidungsfindungen im Rahmen des Klimaschutzgesetzes zur Zielpfادهinhaltung bis 2030 sowie im Hinblick auf langfristige Entwicklungen bis 2050.

Als Basis für die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen wurden u. a. energiewirtschaftliche Grundlagendaten mit Hilfe eines Modellsystems von einem Konsortium entwickelt. Dieses setzt sich aus Wirtschaftsforschungsinstitut und Center of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR/WIFO), dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (IVT) der TU Graz, dem Institut für Verkehrswissenschaften (IVV) der TU Wien, der Energy Economics Group und dem Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt (EEG/e-think) der TU Wien, der Austrian Energy Agency (AEA) und dem Umweltbundesamt zusammen.

Von Seiten des Umweltbundesamtes wurde ein Projektbeirat mit Vertreterinnen und Vertretern des BMLFUW, BMWFW, BMASK, BMVIT, BMF, BKA und dreier Bundesländer einberufen, um Input und Feedback in die Arbeiten einfließen lassen zu können.

Basierend auf diesen Energieszenarien und weiteren Projektionsmodellen für die Sektoren Landwirtschaft (basierend auf Modellergebnissen vom WIFO), Abfall, F-Gase, Diffuse Emissionen und Lösemittel konnten nationale Treibhausgas-Emissionsszenarien bis 2050 entwickelt werden.

Für das Szenario WEM (with existing measures) wurden die bis zum Stichtag 30. Mai 2016 verbindlich umgesetzten Maßnahmen berücksichtigt. In den folgenden Abschnitten werden die Hauptergebnisse der Szenarien erörtert.

Mit dem Szenario Transition soll aufgezeigt werden, wie eine Umsetzung des Pariser Klimaübereinkommens erfolgen kann, indem die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 80 % gegenüber 1990 reduziert werden. Zudem soll das Szenario Anhaltspunkte für das Erreichen der Klimaziele für 2030 geben. Diese sehen für Österreich eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, um mindestens 36 % vor.

Die Energieszenarien umfassen den Zeitraum von 2015 bis 2050 und beinhalten umfangreiche Annahmen bezüglich zahlreicher Inputgrößen, beispielsweise des Wirtschaftswachstums mit durchschnittlich 1,5 % pro Jahr im Szenario WEM sowie der Umsetzung relevanter Maßnahmen.

### ***Energie- und Emissionsszenarien***

### ***Projektkonsortium***

### ***Projektbeirat***

### ***Szenariendefinition WEM und Transition***

### ***Energieszenarien***

Tabelle A: Grundlegende Parameter für die Modellierung der Szenarien WEM und Transition (Quellen: STATISTIK AUSTRIA 2016b, AEA, CESAR, EEG, e-Think, TU Graz, WIFO, Umweltbundesamt).

Parameter		2015	2020	2030	2040	2050
BIP [Mrd. € 2015]	WEM Transition	337,3	360	419 433	498 523	576 613
Bevölkerung [1.000]		8.621	8.939	9.314	9.522	9.634
Anzahl der Hauptwohnsitze [Mio.]		3,798	3,989	4,226	4,393	4,498
Wechselkurs US\$/€		1,12	1,16	1,2	1,2	1,2
Internationaler Ölpreis [US\$ 2013/boe]	WEM Transition	54	87	113	124 184	130 202
Internationaler Ölpreis [€ 2013/GJ]	WEM Transition	7,5	11,6	14,5	16,0 21,7	16,8 26,0
Internationaler Gaspreis [€ 2013/GJ]	WEM Transition	6,0	7,5	8,8	9,7 12,6	10,1 15,1
Internationaler Kohlepreis [€ 2013/GJ]	WEM Transition	1,8	2,2	3,2	3,5 4,9	3,7 5,8
CO <sub>2</sub> -Zertifikatspreis [€ 2013/t CO <sub>2</sub> ]	WEM Transition	7,5	15	33,5 40	50 100	88 200

boe: Barrel-Öl-Equivalent;

reale Preise (d. h. ohne Inflation) bezogen auf das Jahr 2015 (BIP) bzw. 2013 (Energie und CO<sub>2</sub>).

**Ziel des EEEffG wird  
im WEM nicht  
erreicht**

Im Szenario WEM wird das Ziel des Energieeffizienzgesetzes (EEffG; BGBl. I Nr. 72/2014), im Jahr 2020 einen energetischen Endverbrauch von maximal 1.050 PJ zu erzielen, nicht erreicht. Der Zielwert für den Anteil erneuerbarer Energie (gemessen am Bruttoendenergieverbrauch) von 34 % gemäß der Richtlinie Erneuerbare Energie (2009/28/EG) wird hingegen mit 35 % knapp überschritten.

**Maßnahmen  
Szenario WEM**

Bestehende Maßnahmen außer dem EEEffG sind ökonomische Anreize (z. B. Erhöhung der Mineralölsteuer im Jahr 2011), Mobilitätsmanagement und Bewusstseinsbildung (Sektor Verkehr), die Umsetzung des Ökostromgesetzes 2012 (Sektor Energie), Änderungen im EU-Emissionshandel (Sektor Industrie), die thermische Gebäudesanierung und die Erneuerung der Heizsysteme (Sektor Gebäude – Haushalte und Dienstleistungen).

**sinkender  
Energieverbrauch**

Der Energieverbrauch im Szenario WEM sinkt bis 2050 um etwa 8 %, v. a. durch Effizienzsteigerungen in den Bereichen Gebäude und Verkehr. Im Szenario Transition sinkt der Verbrauch jedoch um etwa 42 %, vor allem durch Einsparungen im Sektor Verkehr und im Sektor Industrie.

Tabelle B: Energetischer Endverbrauch für die Szenarien WEM und Transition sowie Energiebilanz für ausgewählte Jahre (Quelle: UMWELTBUNDESAMT 2017).

Sektoren	Energiebilanz		Szenario WEM			Szenario Transition		
	2015**	2015***	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Verkehr	378	403	401	400	363	387	288	137
Industrie	314	300	301	312	320	299	285	233
Gebäude	372	371	375	349	303	366	320	241
Landwirtschaft	23	12	12	12	13	12	12	12
<b>energetischer Endverbrauch*</b>	<b>1.087</b>	<b>1.087</b>	<b>1.090</b>	<b>1.074</b>	<b>998</b>	<b>1.064</b>	<b>904</b>	<b>623</b>

\* Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

\*\* offroad aus Industrie, Gebäude und Landwirtschaft gemäß Energiebilanz den Sektoren zugeordnet.

\*\*\* offroad gemäß modelltechnischer Abbildung dem Sektor Verkehr zugeordnet.



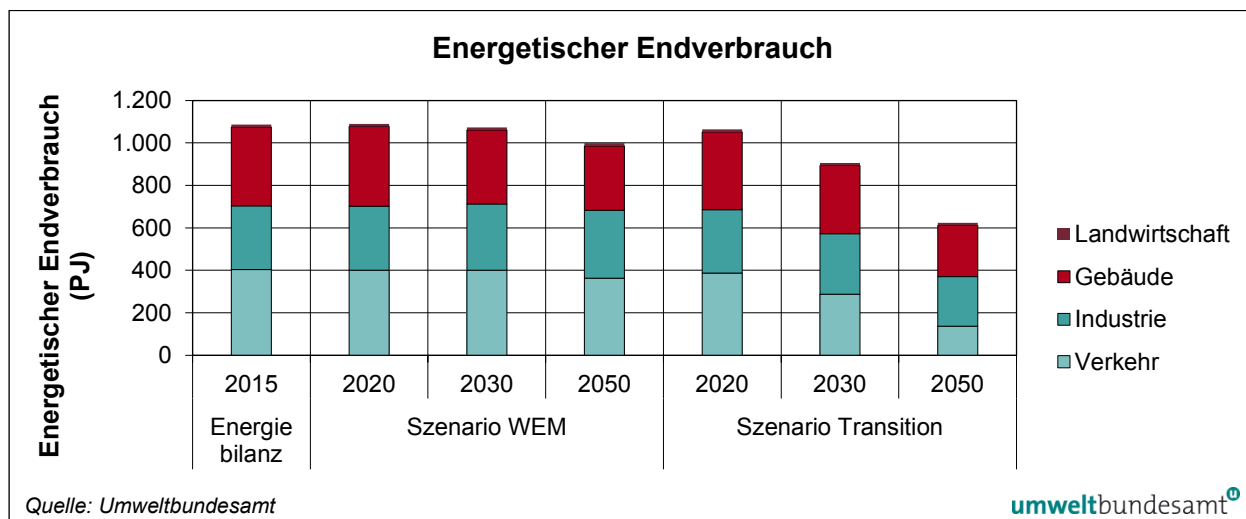


Abbildung A: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren in den Energiebilanzen 1970–2015 (STATISTIK AUSTRIA 2016) und den Szenarien WEM und Transition für ausgewählte Jahre.

Im Szenario WEM steigt der Anteil erneuerbarer Energie nur sehr langsam an. Selbst Mitte des Jahrhunderts beträgt er nur 44 %. Dies bedeutet, dass ohne weitere Maßnahmen 2050 unter den zugrunde gelegten Annahmen noch über 50 % der Energieversorgung auf fossiler Energie beruhen würde. Dies ist mit den Vorgaben des Pariser Übereinkommens nicht vereinbar.

### erneuerbare Energie

Während die Steigerung erneuerbarer Energieträger im Szenario WEM leicht anwächst, steigt der Anteil im Szenario Transition auf 94 % im Jahr 2050.

Tabelle C: Anteil erneuerbarer Energieträger für die Szenarien WEM und Transition sowie Energiebilanzen 1970–2015 für ausgewählte Jahre (Quellen: UMWELTBUNDESAMT 2017, STATISTIK AUSTRIA 2016a).

	Bilanzjahr 2015	2020	2030	2050
Szenario WEM	33 %	35 %	39 %	44 %
Szenario Transition	33 %	36 %	47 %	94 %

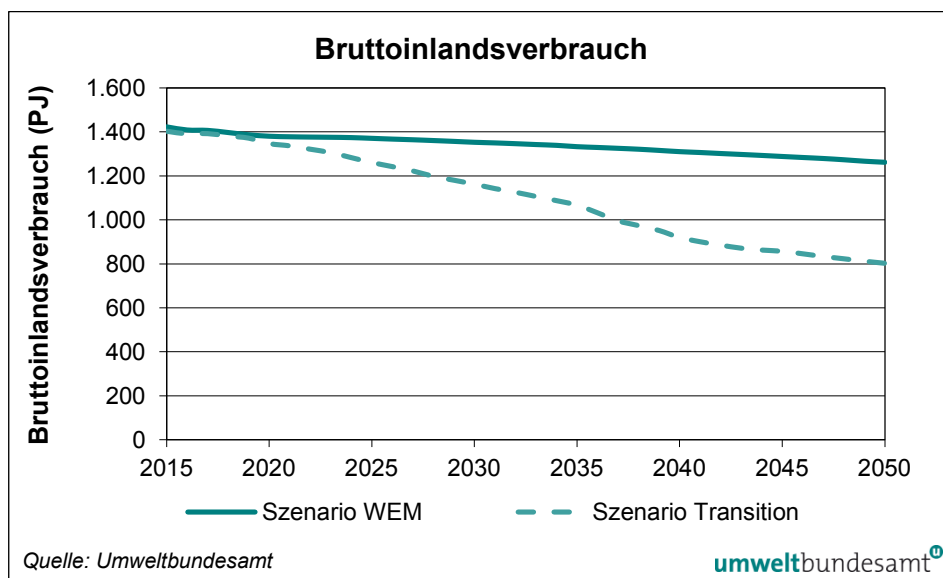
Der Bruttoinlandsverbrauch (BIV) sinkt im **Szenario WEM** im Vergleich zum Bilanzjahr, da einerseits der Endverbrauch sinkt, andererseits durch den Ausbau der erneuerbaren Energieträger die Umwandlungsverluste sinken (siehe Tabelle 5). Diese Entwicklung zeigt sich auch bei den Energieträgern (siehe Tabelle 6). Nach 2030 nehmen die Nettostromimporte (wegen einer Steigerung der Nachfrage um 40 PJ bis 2050) wieder zu und steigen bis zum Jahr 2050 auf 39 PJ.

Im **Szenario Transition** sinkt der Bruttoinlandsverbrauch durch den noch stärkeren Ausbau erneuerbarer Energieträger (wodurch die Umwandlungsverluste sinken), allgemeine Effizienzmaßnahmen und Umstellungen bei der Produktion sowie durch die Umstellung in der Eisen- und Stahlindustrie und der Stilllegung der Raffinerie noch stärker. Es wird angenommen, dass die Nettostromimporte bis 2050 auf null sinken.

Tabelle D: Bruttoinlandsverbrauch für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (auf ganze Zahlen gerundet). Der Umwandlungsausstoß wird abgezogen (Quellen: STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

Kategorien	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in PJ							
Umwandlungseinsatz	885	868	862	887	856	873	593
Umwandlungsausstoß	788	785	786	827	778	807	557
nicht-energetischer Verbrauch	81	76	73	71	75	64	37
Transportverluste	20	21	22	22	21	21	20
Verbrauch des Sektors Energie	125	110	107	111	109	107	86
energetischer Endverbrauch	1.087	1.090	1.074	998	1.064	904	623
<b>Bruttoinlandsverbrauch</b>	<b>1.409</b>	<b>1.380</b>	<b>1.353</b>	<b>1.262</b>	<b>1.347</b>	<b>1.162</b>	<b>802</b>

Abbildung B:  
Bruttoinlandsverbrauch  
in den Szenarien WEM  
und Transition.



**THG-Emissionen  
Szenario WEM**

Die Ergebnisse des Szenarios WEM zeigen eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen, die weit hinter den Reduktionserfordernissen – insbesondere bis 2030 und 2050 – zurückbleibt. Bis Mitte des Jahrhunderts wird eine Minderung um mindestens 80 % als notwendig angesehen, um die Ziele des Pariser Übereinkommens zu erreichen. Mit einer Abnahme um rd. 25 % gegenüber 1990 bzw. 2015 bleibt das Szenario gegenüber dieser Notwendigkeit weit zurück.

Bei den Quellen außerhalb des Emissionshandels wird eine Reduktion von rd. 13,5 % von 2005 bis 2020 projiziert, welche den Zielwert für das Jahr 2020 (– 16 % gegenüber 2005) gemäß Effort-Sharing-Entscheidung geringfügig überschreitet. Allerdings sind aus den Jahren 2013 bis 2015 erhebliche Mengen an Emissionsrechten nicht verbraucht worden. Diese können in späteren Jahren der Periode bis 2020 verwendet werden, sodass ein Erreichen der Klimaziele von 2013 bis 2020 realistisch ist.

**langfristige Ziele**

Der aktuelle Entwurf einer neuen Effort-Sharing-Verordnung sieht für Österreich bis 2030 eine Reduktion der Emissionen von 36 % gegenüber 2005 außerhalb des Emissionshandels vor und somit eine deutlich steilere Reduktion bis zum

Jahr 2020. Im Szenario WEM liegen die Emissionen 2030 um 8,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalent über dem für dieses Jahr für Österreich vorgeschlagenem Zielwert, was die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen für ein Einschwenken auf einen Paris-kompatiblen Reduktionspfad unterstreicht.

Im Szenario Transition können mit einer Reduktion von 81 % im Jahr 2050 gegenüber 1990 und 41 % im Jahr 2030 gegenüber 2005 (außerhalb des Emissionshandels) beide Zielwerte erfüllt werden. Um dies zu erreichen ist ein weitreichender Wandel von Gesellschaft und Wirtschaft (mit Verzicht auf fossile Energieträger) notwendig. Dabei ist insbesondere auf Investitionen in jene langlebigen Infrastrukturen und zukunftsfähigen Technologien zu fokussieren, die einen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energie ermöglichen, auf eine Verringerung der Verkehrsleistung und nachhaltiges Mobilitätsmanagement sowie auf hohe Energieeffizienzstandards im Gebäudebereich und in der Kreislaufwirtschaft.

### Szenario Transition

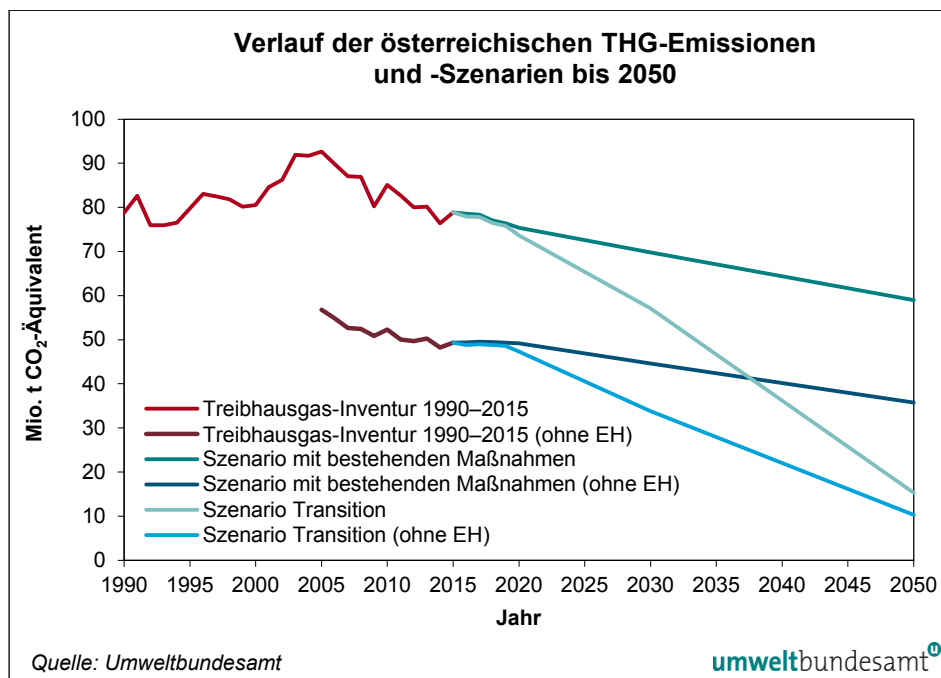


Abbildung C:  
Entwicklung der THG-Emissionen und -Szenarien bis 2050.

In einer Sensitivitätsanalyse zum Szenario Transition wurde angenommen, dass die Wirkung zweier Maßnahmen (Road-Pricing und Verbot von Ölkesseln) früher einsetzt. Dies führt zu einer Reduktion der Treibhausgase von 48 % im Jahr 2030 gegenüber 2005 (außerhalb des Emissionshandels) und einer Verringerung des energetischen Endverbrauchs um 54 PJ gegenüber dem Szenario Transition im Jahr 2030, wobei erdölbasierende Energieträger sogar um 65 PJ reduziert werden.

### Sensitivitätsanalyse

Im Szenario WEM kommt es fast zu einer absoluten Entkoppelung von Wirtschaftsleistung und Energieverbrauch, bei einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate des BIP in Höhe von 1,5 % und einem leicht fallenden Endenergieverbrauch.

### ökonomische Effekte

Beträchtliche Investitionen in die Gebäudesanierung, in energiesparende Technologien, in die erneuerbare Stromerzeugung und in die Verkehrsinfrastruktur stellen bedeutende Impulse für die österreichische Wirtschaft dar. Diese Investitionen

werden teilweise durch die Verlagerung von Finanzmitteln von anderen Investitionszwecken lukriert (im Falle des Transports) oder durch die Bereitstellung von bereits geplanten Investitionsplänen (Stromnetz) finanziert. Teilweise muss die Investition durch Fördermaßnahmen finanziert werden, die zum Teil einen negativen Impuls für die österreichische Wirtschaft darstellen.

Die kostensparenden Effekte (niedrigerer Heizbedarf, geringerer Energieaufwand durch Elektroautos usw.) erzielen Einkommenseffekte, die auf die Wirtschaft zurückwirken (Rebound-Effekt). Im Szenario Transition ergibt sich eine kleine positive makroökonomische Wirkung als Summe aller Branchen- und Rohstoffeffekte: Die jährliche durchschnittliche Wachstumsrate des BIP in konstanten Preisen steigt von 1,5 % im Szenario WEM auf 1,7 % im Szenario Transition.

# 1 EINLEITUNG

Das Umweltbundesamt erstellt in zweijährigem Intervall Szenarien über die mögliche Entwicklung von österreichischen Treibhausgas-Emissionen, die als Grundlage zur Erfüllung der EU-Berichtspflicht im Rahmen des Monitoring Mechanismus (VO 525/2013/EG) herangezogen werden (UMWELTBUNDESAMT 2017). Die vorliegenden Szenarien dienen auch als Input für Diskussionen und politische Entscheidungsfindungen im Rahmen des Klimaschutzgesetzes zur Zielpfادهinhalten bis 2030 sowie im Hinblick auf langfristige Entwicklungen bis 2050. Die energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien decken alle Sektoren ab und ermöglichen die Abbildung und Quantifizierung von Maßnahmen.

Zur Berechnung der Szenarien wurden folgende Modelle und Beiträge der jeweiligen Institutionen verwendet:

- **CESAR/WIFO** (Center of Economic Scenario Analysis and Research und Wirtschaftsforschungsinstitut) – Dynamic New Keynesian Model (DYNK); Sozio-Ökonomische Parameter und Effekte, Umwandlungs- und Endenergieverbrauch.
- **IVT** (Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz) – Modelle NEMO, KEX Modul, GEORG; Energieverbrauch und Emissionen des Sektors Verkehr (inkl. offroad).
- **IVV** (Institut für Verkehrswissenschaften der TU Wien) – Modell MARS; Verkehrsaufkommen und Modal Split.
- **EEG/e-think** (Energy Economics Group der TU Wien) – Energiepreise, Modell INVERT/EE-Lab; Kühlung, Raumwärme und Warmwasser inklusive Strombedarf für Haushalte und Dienstleistungen, Fernwärmebedarf.
- **AEA** (Austrian Energy Agency) – Stromimportpreis, Modell auf Basis von TIMES; öffentliche Strom- und Fernwärmeaufbringung.
- **Umweltbundesamt** – Eisen- und Stahlindustrie; Abfallaufkommen, alternative Kraftstoffe, Elektromobilität, industrielle Branchen und Eigenstromerzeuger, Verdichterstationen, Gesamtübersichten, Projektkoordination.

Eine Kurzbeschreibung der verwendeten Modelle und exogenen Berechnungen ist in Anhang 3 dargestellt. Zur detaillierten Beschreibung der Modelle siehe die Detailberichte der jeweiligen Organisationen (AEA 2017, EEG & E-THINK 2017, CESAR & WIFO 2017, IVT 2017, IVV 2017).

Auf die Verschneidung von einem bestehenden gesamtwirtschaftlichen Input-Output (IO)-Modell (Hybrid zwischen CGE<sup>1</sup> und ökonomischem IO-Modell) und technischen bottom-up-Modellen wird in diesem Projekt besonderer Wert gelegt. Gesamtwirtschaftliche Fragestellungen und der energetische Endverbrauch werden von CESAR/WIFO erstellt. Der Sektor Energieversorgung wird von der AEA, die Raumwärme von der TU Wien (EEG) in Zusammenarbeit mit e-Think und der Sektor Verkehr von der TU Graz/IVT in Zusammenarbeit mit der TU Wien/IVV und dem Umweltbundesamt modelliert. Der Sektor Industrie wird von CESAR/WIFO mit Unterstützung des Umweltbundesamtes berechnet.

## **Energie- und Emissionsszenarien**

## **verwendete Modelle**

## **Interaktionen zwischen den Modellen**

<sup>1</sup> CGE: computable general equilibrium

Das Umweltbundesamt sorgt für die enge Verzahnung der verschiedenen Modelle und unterstützt die modellierenden Organisationen mit Fachexpertise.

In mehreren bilateralen Treffen gab es Abstimmungen zwischen den Eingangsparametern des DYNK-Modells und der bottom-up-Modelle. Teilergebnisse wurden mit den anderen Modellen abgeglichen.

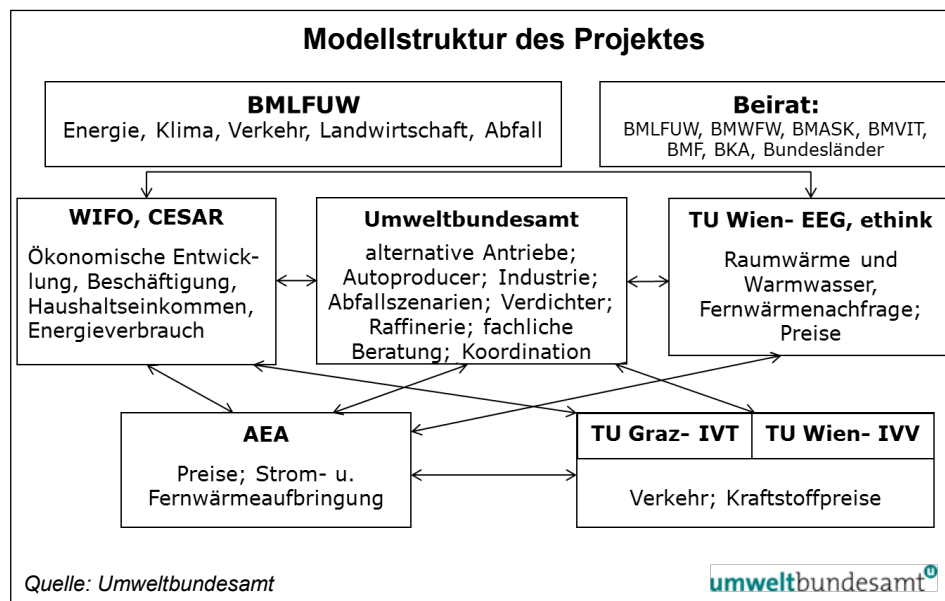
In das Modell der AEA wurden folgende Resultate anderer Modelle implementiert:

- Fernwärmenachfrage Haushalte und Dienstleistungen (INVERT-EE/Lab), Industrie und Landwirtschaft (DYNK),
- Elektromobilität (Umweltbundesamt),
- Strom und Wärme aus Eigenstromerzeugern (Umweltbundesamt),
- Strom und Wärme aus Abfallverbrennungsanlagen (Umweltbundesamt).

In das Modell NEMO wurden die Ergebnisse aus dem Modell MARS und der Umweltbundesamt-Arbeiten zu Elektromobilität und Bio- bzw. alternativen Kraftstoffen eingesetzt.

Für alle Modelle wurden die gleichen internationalen Energie- und Zertifikatspreise verwendet. Die Struktur des Modellkonsortiums ist in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1:  
Modellstruktur des  
Projektes nach  
teilnehmenden  
Organisationen.



**Projektbeirat**

Von Seiten des Umweltbundesamtes wurde ein Projektbeirat mit Vertreterinnen und Vertretern des BMLFUW, BMWFW, BMASK, BMVIT, BMF, BKA und dreier Bundesländer einberufen, um Input und Feedback in die Arbeiten einfließen lassen zu können. Die erste Sitzung des Beirats diente insbesondere zur Information der Beiratsmitglieder über den Prozess der Energieszenarien im Umfeld der klima- und energiepolitischen Rahmenbedingungen sowie über die beteiligten Organisationen und verwendeten Modelle. Des Weiteren wurden relevante Basisdaten wie Bevölkerung, Energie- und Zertifikatspreise vorgestellt und diskutiert. In der zweiten Sitzung wurde der zu diesem Zeitpunkt aktuelle Stand der Berechnungen zum Szenario WEM mit den Beiratsmitgliedern diskutiert. Das erhaltene Feedback wurde jeweils in die Berechnungen eingearbeitet.

Die dritte Besprechung diente zur Diskussion des Szenarios Transition, zu dem bereits in der zweiten Besprechung eine Ideensammlung durchgeführt wurde.

Basierend auf diesen Energieszenarien und weiteren Projektionsmodellen für die Sektoren Landwirtschaft, Abfall, F-Gase, Diffuse Emissionen und Lösemittel konnten nationale Treibhausgas-Emissionsszenarien bis 2050 entwickelt werden. In den folgenden Abschnitten werden die Hauptergebnisse der Szenarien erörtert.

Das Szenario WEM für den Sektor Landwirtschaft basiert auf den Ergebnissen des PASMA-Modells (WIFO & BOKU 2015). Das Szenario Transition baut auf den Ergebnissen des österreichischen Zielpfadrechners ([www.klimarechner.at](http://www.klimarechner.at)), Level 4 – klimaschonende Viehwirtschaft – auf.

Für das **Szenario WEM** wurden die internationalen Energiepreise und Zertifikatspreise in Anlehnung an das PRIMES Referenzszenario 2016 gestaltet. Das Bevölkerungswachstum wurde aus der Hauptvariante der Prognose der Statistik Austria aus dem Jahr 2016 übernommen. Mit einem durchschnittlichen Wirtschaftswachstum von 1,5 % p.a. stimmt das endogene Ergebnis des DYNK-Modells gut mit den Annahmen und Empfehlungen der EU-Kommission für das Szenario überein.

### THG-Szenarien

### Schlüsselannahmen WEM

Tabelle 1: Grundlegende Parameter für die Modellierung des Szenarios WEM (Quellen: STATISTIK AUSTRIA 2016b, AEA, CESAR, EEG, e-Think, TU Graz, WIFO, Umweltbundesamt).

Parameter	2015	2020	2030	2040	2050
BIP [Mrd. € 2015]	337,3	360	419	498	576
Bevölkerung [1.000]	8.621	8.939	9.314	9.522	9.634
Anzahl der Hauptwohnsitze [Mio.]	3,798	3,989	4,226	4,393	4,498
Wechselkurs US\$/€	1,12	1,16	1,2	1,2	1,2
Internationaler Ölpreis [US\$ 2013/boe]	54	87	113	124	130
Internationaler Ölpreis [€ 2013/GJ]	7,5	11,6	14,5	16,0	16,8
Internationaler Gaspreis [€ 2013/GJ]	6,0	7,5	8,8	9,7	10,1
Internationaler Kohlepreis [€ 2013/GJ]	1,8	2,2	3,2	3,5	3,7
CO <sub>2</sub> -Zertifikatspreis [€ 2013/t CO <sub>2</sub> ]	7,5	15	33,5	50	88

boe: Barrel-Öl-Equivalent

Für das **Szenario Transition** wurden die Daten zu Bevölkerung, Hauptwohnsitzen und Wechselkurs nicht verändert. Für die internationalen Energiepreise wurde angenommen, dass Lärm, Emissionen, Strahlung, Verkehrssicherheit, Ressourcenbeschaffung, Landschaftsschäden und die jeweiligen Folgewirkungen (z. B. Unfälle, Gesundheit, Biodiversität, Endlagerung, militärische Konflikte) in die Preise von Energieträgern einbezogen werden. Dies betrifft sowohl die Erzeugung im Ursprungsland, als auch den Transit und die Nutzung im Zielland (siehe Anhang 1). Durch diese veränderte Politik steigen die Preise fossiler Energieträger trotz weltweit sinkender Nachfrage (siehe Tabelle 2).

Das Wirtschaftswachstum bis 2050 mit durchschnittlich 1,7 % p.a. ist im Szenario Transition etwas höher als im Szenario WEM.

### Schlüsselannahmen Szenario Transition

Tabelle 2: Grundlegende Parameter für die Modellierung des Szenarios Transition

(Quellen: STATISTIK AUSTRIA 2016a, AEA, CESAR, EEG, e-Think, TU Graz, WIFO, Umweltbundesamt).

Parameter	2015	2020	2030	2040	2050
BIP [Mrd. € 2015]	337,3	362	433	523	613
Internationaler Ölpreis [US\$ 2013/boe]	54	87	113	184	202
Internationaler Ölpreis [€ 2013/GJ]	7,5	11,6	14,5	21,7	26,0
Internationaler Gaspreis [€ 2013/GJ]	6,0	7,5	8,8	12,6	15,1
Internationaler Kohlepreis [€ 2013/GJ]	1,8	2,2	3,2	4,9	5,8
CO <sub>2</sub> -Zertifikatspreis [€ 2013/t CO <sub>2</sub> ]	7,5	15	40	100	200

boe: Barrel-Öl-Equivalent

## Szenariendefinition

Die Energieszenarien umfassen den Zeitraum von 2015 bis 2050 und beinhalten Annahmen bezüglich der Umsetzung relevanter Maßnahmen und Inputgrößen, beispielsweise des Wirtschaftswachstums. Für das **Szenario WEM** (with existing measures) wurden die bis zum Stichtag 30. Mai 2016 verbindlich umgesetzten Maßnahmen berücksichtigt.

### bestehende Maßnahmen

Trotz der Wirkung der verbindlich umgesetzten Maßnahmen im Szenario WEM wird das Ziel des Energieeffizienzgesetzes (EEffG; BGBl. I Nr. 72/2014) nicht erreicht, im Jahr 2020 einen energetischen Endverbrauch von maximal 1.050 PJ zu erzielen. Bedeutende bestehende Maßnahmen außer dem EEff-G sind die Umsetzung der Richtlinien zu erneuerbaren Energieträgern, ökonomische Anreize (z. B. Erhöhung der Mineralölsteuer im Jahr 2011), Mobilitätsmanagement und Bewusstseinsbildung (Sektor Verkehr), die Umsetzung des Ökostromgesetzes 2012 (Sektor Energie), die Änderungen im EU-Emissionshandel (Sektor Industrie), die thermische Gebäudesanierung und die Erneuerung der Heizsysteme (Sektor Gebäude – Haushalte und Dienstleistungen).

### Ziele des Szenarios Transition

Das **Szenario Transition** unterstützt die Veranschaulichung der möglichen österreichischen Wege für eine Transformation zu einem kohlenstofffreien Energiesystem als Hilfestellung für die politischen Diskussionen. Die Szenarien werden bis zum Jahr 2050 berechnet und sind auch für Vergleiche mit internationalen Szenarien (PRIMES, GAINS) dienlich.

Im Szenario Transition soll sichtbar gemacht werden, wie die stringenten Klimaziele für 2030 vorzeitig erfüllt werden können, die für Österreich eine Minderung der Treibhausgas-Emissionen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, um 36 % vorsehen. Zudem soll aufgezeigt werden, wie eine Umsetzung des Pariser Klimaabkommens erfolgen kann. Das Abkommen sieht eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C vor. Dies bedeutet für Industrieländer wie Österreich, dass der Einsatz von fossilen Energieträgern bis Mitte des Jahrhunderts weitgehend unterbunden werden muss.

Österreich ist als Vertragsstaat zum Pariser Übereinkommen rechtlich verpflichtet, eine „long-term low greenhouse gas emission development strategy“ zu erstellen. Das Szenario Transition kann dafür eine wesentliche Grundlage sein.

Der Fokus des Szenarios Transition liegt auf Effizienz und Ressourcenschonung. Das Ziel ist ein hocheffizientes und erneuerbares Energiesystem, nicht nur das Ersetzen von fossilen durch erneuerbare Energieträger. Auch in den



nicht-energetischen Sektoren werden Entwicklungen hinterlegt und Maßnahmen getroffen. Das Szenario Transition ist nicht policy prescriptive sondern zeigt Möglichkeiten zum Beschreiten eines Zielpfades auf. Es unterliegt keiner internationalen Berichtspflicht und soll als Anstoß für weiterführende Diskussionen auf nationaler Ebene dienen.

Nach Interviews mit ausgewählten ExpertInnen wurden Annahmen und Maßnahmen im Projektbeirat und Projektkonsortium diskutiert und nach Abstimmung mit dem Auftraggeber ausgestaltet und modelltauglich umgesetzt. (siehe Anhang 1).

### **Vorgehensweise**

Die wichtigsten Annahmen im Szenario Transition lauten:

- Nicht nur Österreich und die EU, sondern alle wesentlichen Volkswirtschaften setzen Handlungsweisen, um das Pariser Übereinkommen einzuhalten.
- Die hinterlegten Maßnahmen haben eine hohe Akzeptanz; die Bevölkerung arbeitet aktiv daran mit, die Ziele von Paris zu erreichen.
- Für 2030 und 2050 werden klare rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen.
- Eine ökologisch-soziale Steuerreform schafft sozialen Ausgleich und markt-basierte Anreize für mehr Klimaschutz unter Einbeziehung der Faktoren Energie und Arbeit.
- Die nationalen und internationalen Fördersysteme werden auf Umweltrelevanz ausgerichtet, umweltkontraproduktive Förderungen werden eingestellt.

### **grundlegende Rahmenbedingungen**

Die wichtigsten Maßnahmen des Szenarios Transition sind:

- Internalisierung der externen Kosten bei allen Energieträgern,
- im Sektor Verkehr Maßnahmen zur Veränderung des Modal Split im Personen- und Güterverkehr hin zu umweltfreundlicheren Verkehrsmodi bzw. Verkehrsträgern, die zu einer stark reduzierten jährlichen Pkw-Fahrleistung führen,
- im Bereich Gebäude eine verpflichtende thermisch-energetische Sanierung,
- im Sektor Industrie die Umstellung auf langlebige Produkte, deren Design die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft ermöglicht, gepaart mit einer Verstärkung der Energie- und Ressourceneffizienz,
- im Sektor Energie ein Umstieg auf erneuerbare Strom- und Fernwärmeerzeugung und
- im Sektor Landwirtschaft eine klimaschonende Ernährungsweise und Vermeidung von Lebensmittelabfällen, weitere Effizienzsteigerungen im Umgang mit Stickstoff und stärkere Berücksichtigung der Treibhausgas-Wirksamkeit in der Förderpolitik.

### **zentrale Maßnahmen des Szenarios Transition**

Weitere Maßnahmen zum Szenario Transition und die dahinter liegenden Storylines sind in den Anhängen 1 und 2 angeführt.

## 2 ENERGIESZENARIEN

### **energetischer Endverbrauch**

Im Szenario WEM sinkt der energetische Endverbrauch bis zum Jahr 2030 um 13 PJ gegenüber dem Jahr 2015, mit steigender Energieeffizienz in allen Sektoren. Bei einem Wirtschaftswachstum von 1,5 % p. a. setzt sich damit die relative Entkopplung des Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum fort. Nach 2030 wirken sich Elektromobilität und Gebäudesanierung stärker aus, daher sinkt der Endverbrauch bis 2050 um 89 PJ gegenüber 2015.

### **offroad**

Das Verkehrsaufkommen der Sektoren Industrie, Gebäude und Landwirtschaft (offroad) wird, so wie der Sektor Verkehr, von den Modellen der TU Graz abgebildet. Daher wird dieser Energieverbrauch auch beim Sektor Verkehr angegeben. Zum besseren Vergleich mit den Energiebilanzen werden bei den Ergebnissen der Sektoren aber auch die Energieeinsätze für den Offroad-Bereich angegeben.

Im Vergleich zum Szenario WEM ist der energetische Endverbrauch im Szenario Transition im Jahr 2050 um 375 PJ niedriger. Der Hauptunterschied liegt im Sektor Verkehr (226 PJ), gefolgt vom Sektor Industrie (87 PJ) und dem Sektor Gebäude (Haushalte und Dienstleistungen; 61 PJ). Der Energiebedarf des Sektors Landwirtschaft (ohne offroad) ändert sich um 0,8 PJ (siehe Tabelle 3).

Die Maßnahmen mit dem größten Beitrag zu dieser Reduktion sind die Umstellung auf Elektromobilität und Road-Pricing (Verkehr), langlebige Produkte (Industrie) und ein Sanierungsfahrplan (Gebäude).

Tabelle 3: Energetischer Endverbrauch gesamt und nach Sektoren für die Szenarien WEM und Transition für ausgewählte Jahre (Quellen: Umweltbundesamt, STATISTIK AUSTRIA 2016a).

Sektoren	Energiebilanz		Szenario WEM			Szenario Transition		
	2015**	2015***	2020	2030	2050	2020	2030	2050
	in PJ							
Verkehr	378	403	401	400	363	387	288	137
Industrie	314	300	301	312	320	299	285	233
Gebäude	372	371	375	349	303	366	320	241
Landwirtschaft	23	12	12	12	13	12	12	12
<b>energetischer Endverbrauch*</b>	<b>1.087</b>	<b>1.087</b>	<b>1.090</b>	<b>1.074</b>	<b>998</b>	<b>1.064</b>	<b>904</b>	<b>623</b>

\* Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben

\*\* offroad aus Industrie, Gebäude und Landwirtschaft gemäß Energiebilanz den Sektoren zugeordnet

\*\*\* offroad gemäß modelltechnischer Abbildung dem Sektor Verkehr zugeordnet

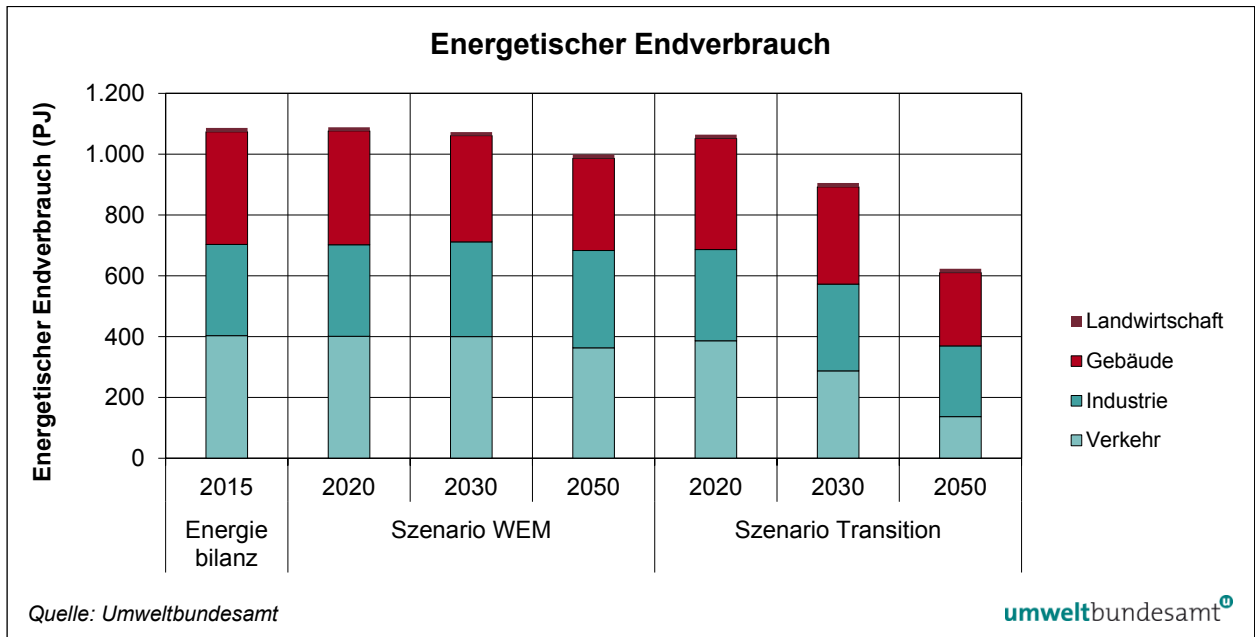


Abbildung 2: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren in den Energiebilanzen 1970–2015 (STATISTIK AUSTRIA 2016) und den Szenarien WEM und Transition für ausgewählte Jahre.

Tabelle 4: Anteil erneuerbarer Energieträger für die Szenarien WEM und Transition sowie Energiebilanzen bis 2015 für ausgewählte Jahre (Quellen: Umweltbundesamt, STATISTIK AUSTRIA 2016a).

	Bilanzjahr 2015	2020	2030	2050
Szenario WEM	33 %	35 %	39 %	44 %
Szenario Transition	33 %	36 %	47 %	94 %

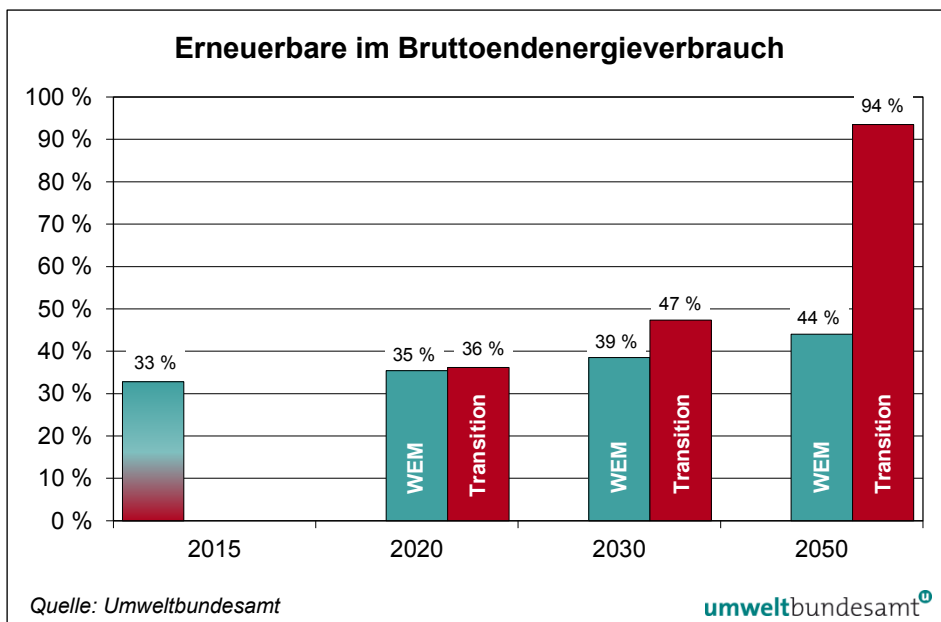


Abbildung 3: Anteil erneuerbarer Energieträger in den Energiebilanzen 1970–2015 (STATISTIK AUSTRIA 2016) und den Szenarien WEM und Transition für ausgewählte Jahre.

**Anteil erneuerbarer Energieträger**

In den für die Szenarien verwendeten Energiebilanzen 1970 bis 2015 beträgt der Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch für das Jahr 2015 33 % (STATISTIK AUSTRIA 2016a). Im Szenario WEM wird im Jahr 2020 mit 35 % der Zielwert von 34 % gemäß der Richtlinie Erneuerbare Energie (RL 2009/28/EG) überschritten. Bis zum Jahr 2050 wächst der Anteil auf 44 %.

Im Szenario Transition ist der Anteil bis zum Jahr 2020 in ähnlicher Höhe wie im Szenario WEM. Durch den verstärkten Ausbau erneuerbarer Energieträger und geringeren Verbrauch wird der Anteil bis zum Jahr 2030 auf 47 % erhöht. Bis 2050 gelingt eine Steigerung auf 94 % (siehe Tabelle 4).

**Bruttoinlandsverbrauch**

Der Bruttoinlandsverbrauch (BIV) sinkt im **Szenario WEM** im Vergleich zum Bilanzjahr, da einerseits der Endverbrauch sinkt, andererseits durch den Ausbau der erneuerbaren Energieträger die Umwandlungsverluste sinken (siehe Tabelle 5). Diese Entwicklung zeigt sich auch bei den Energieträgern (siehe Tabelle 6). Nach 2030 nehmen die Nettostromimporte (wegen einer Steigerung der Nachfrage um 40 PJ bis 2050) wieder zu und steigen bis zum Jahr 2050 auf 39 PJ.

Tabelle 5: Bruttoinlandsverbrauch für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (auf ganze Zahlen gerundet). Der Umwandlungsausstoß wird abgezogen (Quellen: STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

Kategorien	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in PJ							
Umwandlungseinsatz	885	868	862	887	856	873	593
Umwandlungsausstoß	788	785	786	827	778	807	557
nicht-energetischer Verbrauch	81	76	73	71	75	64	37
Transportverluste	20	21	22	22	21	21	20
Verbrauch des Sektors Energie	125	110	107	111	109	107	86
energetischer Endverbrauch	1.087	1.090	1.074	998	1.064	904	623
<b>Bruttoinlandsverbrauch</b>	<b>1.409</b>	<b>1.380</b>	<b>1.353</b>	<b>1.262</b>	<b>1.347</b>	<b>1.162</b>	<b>802</b>

Tabelle 6: Bruttoinlandsverbrauch nach Energieträgerkategorien für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (auf ganze Zahlen gerundet) (Quellen: STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

Energieträger	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in PJ							
Kohle	136	112	100	99	111	97	2
Öl	508	494	460	365	478	318	45
Gas	288	283	277	209	280	243	78
Biomasse	241	232	224	203	231	212	240
sonstige Erneuerbare	170	214	248	312	215	278	423
Abfall	30	33	33	34	31	30	14
Nettostromimporte	36	13	10	39	1	- 16	0
<b>Bruttoinlandsverbrauch</b>	<b>1.409</b>	<b>1.380</b>	<b>1.353</b>	<b>1.262</b>	<b>1.347</b>	<b>1.162</b>	<b>802</b>

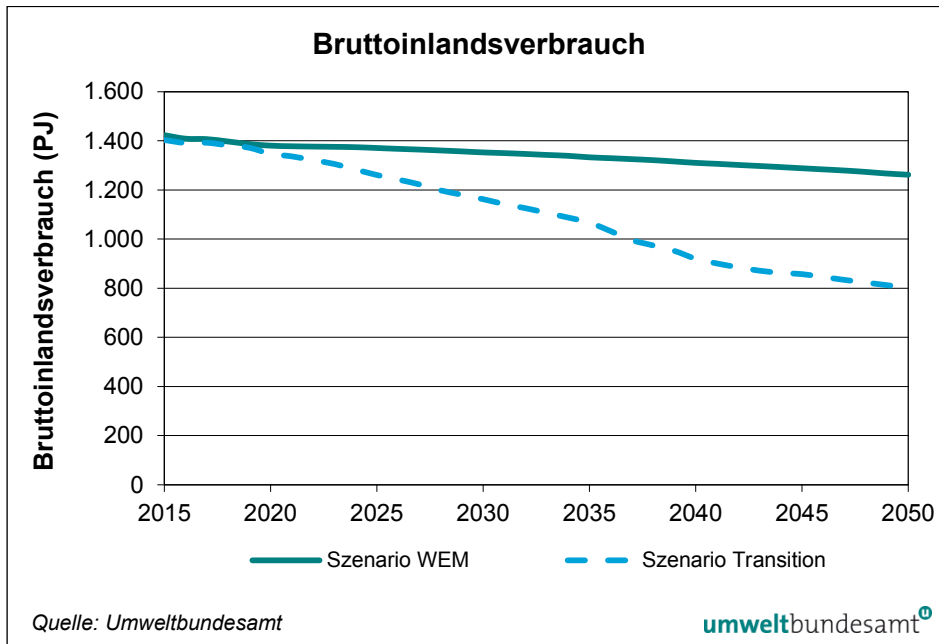


Abbildung 4:  
Bruttoinlandsverbrauch  
in den Szenarien WEM  
und Transition.

Im **Szenario Transition** sinkt der Bruttoinlandsverbrauch durch den noch stärkeren Ausbau erneuerbarer Energieträger (wodurch die Umwandlungsverluste sinken), allgemeine Effizienzmaßnahmen und Umstellungen bei der Produktion sowie durch die Umstellung in der Eisen- und Stahlindustrie und der Stilllegung der Raffinerie noch stärker. Es wird angenommen, dass die Nettostromimporte bis 2050 auf null sinken.

Da weder Import noch Export von Wasserstoff bzw. synthetischem Methan angenommen wird, scheinen auch diese Energieträger nicht im Bruttoinlandsverbrauch auf (ebenso wenig wie Fernwärme). Während fossile Energieträger stark zurückgehen, nehmen erneuerbare Energieträger stark zu. Allerdings zeigt sich beim Einsatz von Biomasse ein Rückgang bis 2030 um ca. 10 %. Bis 2050 steigt der Wert wieder auf das Niveau von 2015.

Der Großteil der Ölprodukte wird im nicht-energetischen Verbrauch eingesetzt und ist erst am Ende der Lebensdauer bei thermischer Verwertung (als industrieller Abfall emissionswirksam). Der Einsatz im nicht-energetischen Verbrauch sinkt einerseits durch das verbesserte Recycling von Baustoffen, andererseits aufgrund der höheren Lebensdauer und der geänderten Nutzung von Produkten, wodurch die Produktion geringer wird.

Der Großteil des verbleibenden Erdgases findet in der Industrie Anwendung. Durch den Rückgang der Nachfrage nach fossilen Treibstoffen wird einerseits ein Auslaufen der heimischen Öl- und Gasförderung angenommen, andererseits die Stilllegung des Großteils der Erdölraffineriekapazitäten in Europa, u. a. auch in Österreich.

Im energetischen Endverbrauch des **Szenarios WEM** weist der Sektor Industrie aufgrund des Wirtschaftswachstums von ca. 1,5 % p.a. bei gleichbleibender Produktionsstruktur eine Steigerung bis 2050 um 20 PJ gegenüber 2015 auf. Bei den Energieträgern gibt es eine Verlagerung von Kohle und Öl zu Biomasse und Gas.

**energetischer  
Endverbrauch –  
Industrie**

Tabelle 7: Energetischer Endverbrauch der Industrie (ohne offroad) nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: CESAR & WIFO 2017, STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

Energieträger	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Kohle	16.640	15.925	15.431	14.861	15.766	14.145	1.771
Öl (ohne offroad)	10.607	9.627	8.375	6.306	9.522	6.992	2.048
Gas	104.798	105.017	108.519	108.559	103.695	97.795	40.233
Biomasse	46.549	49.345	55.688	69.017	49.100	50.981	71.326
Abfall	10.858	10.880	11.351	11.900	10.718	9.570	7.009
Strom	98.018	97.877	100.147	97.687	97.170	92.865	98.811
Wärme	12.656	12.718	12.897	11.855	12.714	12.351	12.046
<b>energetischer Endverbrauch</b>	<b>300.126</b>	<b>301.388</b>	<b>312.407</b>	<b>320.185</b>	<b>298.685</b>	<b>284.698</b>	<b>233.244</b>
offroad	14.150	15.061	17.161	22.427	15.010	16.845	8.603
<b>inkl. offroad</b>	<b>314.276</b>	<b>316.449</b>	<b>329.568</b>	<b>342.612</b>	<b>313.695</b>	<b>301.543</b>	<b>241.847</b>

Im **Szenario Transition** wird aufgrund der Annahmen zur Produktverwendung, der Maßnahmen zur Produktionsumstellung sowie der Steigerung der Effizienz ein Rückgang des Energieverbrauchs um 67 PJ gegenüber 2015 berechnet. Der Einsatz von Erdgas sinkt um 65 PJ, jener von Kohle um 15 PJ, von Öl um 8,6 PJ und von Abfall um 3,8 PJ. Der Bedarf von Strom und Wärme verändert sich kaum, während der Einsatz von Biomasse sogar um 25 PJ steigt.

Anmerkung: Der Wasserstoffverbrauch für die Direktreduktion in der Eisen- und Stahlindustrie wird im Verbrauch des Sektors Energie bilanziert (ähnlich dem Verbrauch von Kohle in der Kokerei und Koks im Hochofen).

**energetischer Endverbrauch – Haushalte und Dienstleistungen**

Im **Szenario WEM** steigt der Bedarf der Gebäude bis 2020 um 4,5 PJ und sinkt dann aufgrund der thermischen Sanierung der Gebäude (Haushalte und Dienstleistungen) kontinuierlich bis 2050 um 68 PJ gegenüber 2015.

Bei den Energieträgern kommt es neben der Reduktion noch zu einer Verschiebung von Brennstoffen (fossil und biogen) zu Wärmepumpen (Strom) sowie Fern- und Solarwärme (Wärme).

Tabelle 8: Energetischer Endverbrauch für Haushalte und Dienstleistungen (ohne offroad) nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: Eeg& e-Think 2017, Cesar & Wifo 2017, Statistik Austria 2016a).

Energieträger	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Kohle	1.177	906	467	408	961	326	1
Öl (ohne offroad)	50.315	43.569	25.225	6.213	43.958	21.535	51
Gas	65.509	67.334	56.863	32.429	65.366	49.661	16.549
Biomasse	69.292	66.589	61.547	51.974	64.696	55.984	38.518
Strom	105.694	106.513	107.579	113.093	104.074	99.950	96.843

Energieträger	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Wärme	78.636	90.271	97.711	98.685	87.276	92.176	89.408
<b>energetischer Endverbrauch</b>	<b>370.624</b>	<b>375.182</b>	<b>349.392</b>	<b>302.802</b>	<b>366.331</b>	<b>319.632</b>	<b>241.369</b>
offroad	1.589	1.622	1.646	1.683	1.608	1.643	381
<b>inkl. offroad</b>	<b>372.213</b>	<b>376.804</b>	<b>351.038</b>	<b>304.485</b>	<b>367.939</b>	<b>321.275</b>	<b>241.750</b>

Im **Szenario Transition** sinkt der Endverbrauch bis 2020 um 4,3 PJ und bis 2050 um 129 PJ gegenüber 2015. Neben der verpflichtenden thermischen Sanierung sind hierfür auch effizientere Geräte und Verhaltensänderungen verantwortlich.

Im Sektor Verkehr zeigt sich im **Szenario WEM** bis 2030 ein konstanter Verbrauch, der bis 2050 um ca. 10 % sinkt. Die Umstellung auf Elektromobilität (siehe Anhang 3) ermöglicht eine deutliche Effizienzsteigerung und begründet auch die Verschiebung von Öl (und Biotreibstoffen) zu Strom.

### **energetischer Endverbrauch – Verkehr**

Im **Szenario Transition** sinkt der Endverbrauch im Verkehr bis 2020 um 16 PJ, bis 2030 um 115 PJ und bis 2050 um 266 PJ. Nicht nur Pkw sondern auch leichte und schwere Nutzfahrzeuge werden auf alternative Antriebe umgestellt (Strom, Wasserstoff, Biokraftstoffe). Der verbleibende fossile Rest wird im internationalen Flugverkehr eingesetzt. Alle Verdichterstationen werden auf elektrische Antriebe umgestellt.

Die absolute Fahrleistung von Pkw sinkt zwischen 2015 und 2050 um 34 %. Trotz Anstieg des Rohölpreises und geänderter Lebensstile kommt es zu einem weiterhin steigenden Trend der Güterverkehrsleistung. Diese ist im Jahr 2030 um 25 % höher als im Basisjahr 2015 und bleibt bis 2050 auf diesem Niveau.

Tabelle 9: Energetischer Endverbrauch für Verkehr (inkl. offroad), nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: IVT 2017, IVV 2017, CESAR & WIFO 2017 STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

Energieträger	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Kohle	5	4	3	2	4	0	0
Öl (inkl. offroad)	351.967	353.816	342.291	272.226	340.502	217.243	14.259
Gas (inkl. Verdichterstationen)	11.236	7.578	6.858	5.839	6.053	3.325	0
Biomasse	28.618	27.319	26.277	19.677	27.302	26.235	19.676
Wasserstoff	–	–	–	–	0	3.716	16.666
Strom (inkl. Bahn und anderem Landverkehr)	11.195	12.015	24.497	64.905	12.701	37.857	85.943
<b>energetischer Endverbrauch</b>	<b>403.021</b>	<b>400.731</b>	<b>399.925</b>	<b>362.648</b>	<b>386.562</b>	<b>288.376</b>	<b>136.544</b>
offroad	25.466	26.800	29.308	35.838	26.553	28.408	11.025
<b>exkl. offroad</b>	<b>377.555</b>	<b>373.931</b>	<b>370.617</b>	<b>326.810</b>	<b>360.009</b>	<b>259.968</b>	<b>125.519</b>

Tabelle 10: Energetischer Endverbrauch für Landwirtschaft (ohne offroad) nach Energieträgern für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: CESAR & WIFO 2017, STATISTIK AUSTRIA 2016a).

Energieträger	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Kohle	24	18	13	9	18	10	2
Öl (ohne offroad)	152	132	117	95	128	82	16
Gas	521	457	388	197	441	483	583
Biomasse	7.987	7.743	8.544	10.673	7.456	6.726	6.173
Strom	4.020	3.528	2.991	1.519	3.404	3.726	4.499
Wärme	564	495	419	213	477	522	631
<b>energetischer Endverbrauch</b>	<b>13.268</b>	<b>12.374</b>	<b>12.471</b>	<b>12.705</b>	<b>11.924</b>	<b>11.549</b>	<b>11.903</b>
offroad	9.727	10.117	10.501	11.728	9.934	9.921	2.041
<b>inkl. offroad</b>	<b>22.995</b>	<b>22.491</b>	<b>22.972</b>	<b>24.433</b>	<b>21.858</b>	<b>21.470</b>	<b>13.944</b>

#### **energetischer Endverbrauch – Landwirtschaft**

In der Landwirtschaft verändert sich der energetische Endverbrauch kaum. Im Vergleich der **Szenarien WEM und Transition** gibt es allerdings einen Unterschied bei den Energieträgern. Im Szenario WEM nimmt der Einsatz von Biomasse zu, jener von Strom ab, im Szenario Transition sinkt der Biomasseeinsatz, der Stromeinsatz steigt dagegen. Die mobilen Geräte der Landwirtschaft (offroad) werden in den Modellen der TU Graz berechnet, daher ist dieser Bereich getrennt dargestellt.

#### **elektrische Energie**

Der Gesamtstromverbrauch bzw. der energetische Endverbrauch von elektrischer Energie nimmt im **Szenario WEM** vor allem durch den steigenden Bedarf der Elektromobilität stark zu. Dadurch steigen auch die Transportverluste. Im Verbrauch des Sektors Energie gibt es gegenläufige Trends, die einander kompensieren: einerseits ein höherer Gesamtbedarf, andererseits ein sinkender Bedarf der kalorischen Kraft- und Heizwerke.

Im **Szenario Transition** steigt der energetische Endverbrauch im Sektor Verkehr durch den Ausbau der Elektromobilität im Personen- und Güterverkehr bis 2050 um 75 PJ gegenüber 2015. Der Verbrauch von Haushalten und Dienstleistungen geht aufgrund von Effizienzsteigerungen und Umstieg im Heizsystem zurück. Der Strombedarf von Industrie und Landwirtschaft bleibt konstant.

Zusätzlich zum energetischen Endverbrauch kommt in der Eisen- und Stahlindustrie durch die Umstellung auf Direktreduktion auch Strombedarf im Verbrauch des Sektors Energie hinzu (15 PJ bis 2050).

Ab 2025 wird im Sektor Verkehr (und später in der Industrie) auch Wasserstoff als Energieträger eingesetzt. Dieser wird durch Elektrolyseanlagen aus Strom erzeugt. Die elektrische Energie wird daher als Umwandlungseinsatz bilanziert, Wasserstoff als Umwandlungsausstoß. Dieser Umwandlungseinsatz (78 PJ im Jahr 2050) sorgt für etwa die Hälfte des großen Anstiegs des Gesamtstrombedarfs im Szenario Transition von 158 PJ (2050 gegenüber 2015).



Tabelle 11: Strombedarf der Sektoren, Verbrauch des Sektors Energie und Transportverluste für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: AEA 2017, EEG & E-THINK 2017, IVT 2017, CESAR & WIFO 2017, STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Verkehr	11.195	12.015	24.497	64.905	12.701	37.857	85.943
Haushalte	61.108	63.376	63.066	63.245	62.332	59.655	57.089
Dienstleistungen	44.586	43.136	44.513	49.848	41.742	40.295	39.753
Landwirtschaft	4.020	3.528	2.991	1.519	3.404	3.726	4.499
Industrie	98.018	97.877	100.147	97.687	97.170	92.865	98.811
<b>energetischer Endverbrauch</b>	<b>218.928</b>	<b>219.932</b>	<b>235.213</b>	<b>277.204</b>	<b>217.349</b>	<b>234.398</b>	<b>286.095</b>
Verbrauch des Sektors Energie	27.653	25.151	24.258	25.372	25.563	25.420	37.584
Umwandlungseinsatz	0	0	0	0	0	9.495	77.146
Transportverluste	11.979	12.704	13.828	16.425	12.357	13.364	16.074
<b>Gesamtverbrauch</b>	<b>258.560</b>	<b>257.787</b>	<b>273.299</b>	<b>319.001</b>	<b>255.269</b>	<b>282.677</b>	<b>416.900</b>

Tabelle 12: Stromerzeugung für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: AEA 2017, STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

Anlagen	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Unternehmen mit Eigenanlagen	28.204	26.541	26.626	26.555	26.190	24.920	13.361
Kohle	9.873	4.010	–	–	4.010	–	–
Öl	876	–	–	–	–	–	–
Erdgas	21.828	17.618	16.359	3.483	17.618	12.378	4.736
Abfall	865	3.401	3.401	3.401	3.455	3.455	1.537
Wasserkraft	131.677	156.958	156.958	156.958	156.958	151.680	169.218
Biomasse	8.230	2.012	1.440	–	10.212	12.114	30.347
Umgebungswärme etc.	–	38	84	91	2	156	115
Photovoltaik	3.374	9.339	32.724	61.922	10.354	38.664	95.255
Wind	17.425	25.194	25.813	27.384	25.587	55.642	102.060
<b>Stromerzeugung</b>	<b>222.351</b>	<b>245.110</b>	<b>263.404</b>	<b>279.795</b>	<b>254.386</b>	<b>299.010</b>	<b>416.900</b>

Bei der Stromerzeugung dominieren im **Szenario WEM** die erneuerbaren Energieträger. Der Zuwachs bei Wasserkraft ist primär meteorologisch bedingt, da 2015 ein Jahr mit geringem Wasseraufkommen war. Durch den Ausbau von Wind und Photovoltaik sinkt die Erzeugung aus Erdgas. Bei Biomasseanlagen wird aufgrund der aktuellen Entwicklungen ein Auslaufen der Kapazitäten angenommen.

**erneuerbare  
Energieträger**

Im **Szenario Transition** geht die Erzeugung aus Unternehmen mit Eigenanlagen durch die Umstellung der Eisen- und Stahlindustrie, die Schließung der Raffinerie und den Ausstieg aus fossilen Energieträgern bis 2050 um mehr als

50 % zurück. An fossiler Erzeugung verbleiben nur noch Restbestände von Erdgas-KWK zur Netzstabilisierung und Abfallverbrennungsanlagen. Die Kapazitäten der Abfallverbrennung in Österreich gehen aufgrund der angenommenen Entwicklung zu einer Circular Economy bis 2050 um 50 % zurück. Auch wird eine Steigerung des biogenen Anteils von 36 % auf 45 % (energetisch) angenommen.

Der zusätzliche Strombedarf wird durch den Ausbau von Wind, Photovoltaik, Wasserkraft und Biomasse (fest und gasförmig) gedeckt. Die zugrunde gelegten Kapazitäten sind im Einklang mit dem in der Literatur angegebenen Potenzialbereich. Da der Biomassebedarf im Sektor Gebäude stark zurückgeht, steht diese für die Strom- und Wärmeerzeugung zur Verfügung. Im Sektor Landwirtschaft entsteht Biogas aus der Vermeidung von Methan-Emissionen bei der Güllebehandlung. Details sind im Bericht der Energieagentur angeführt (AEA 2017). Alternative Quellen, wie tiefe Geothermie, werden in der Modellrechnung daher nicht berücksichtigt.

**Fernwärme** Die Fernwärmenachfrage steigt im **Szenario WEM** bis 2020 und sinkt dann kontinuierlich aufgrund der thermischen Sanierung bis 2050. Der Rückgang findet vor allem in Haushalten und Dienstleistungen statt. Durch die geringere Menge sinken auch die Transportverluste, der Gesamtbedarf sinkt bis 2050 auf 80 % des Jahres 2015.

Im **Szenario Transition** geht die Nachfrage aus Gebäuden noch weiter zurück. Der Gesamtbedarf sinkt bis 2050 auf 70 % des Jahres 2015.

In der Fernwärmeerzeugung werden im **Szenario WEM** solarthermische Anlagen nach 2030 wirtschaftlich und bekommen einen signifikanten Anteil. Dagegen sinkt die Erzeugung aus Erdgas und Biomasse.

Im **Szenario Transition** sorgt der durch den enormen Anstieg im Strombedarf motivierte Ausbau von Biomasse-KWK dafür, dass ausreichend Wärme im System verfügbar ist und alternative zur Verfügung stehende Quellen (Solarthermie, Großwärmepumpen, Geothermie) nicht erschlossen werden.

Tabelle 13: Fernwärmenachfrage für ausgewählte Jahre nach Sektoren in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: EEG & E-THINK 2017, IVT 2017, CESAR & WIFO 2017, STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

Sektoren	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Haushalte	30.051	42.912	44.051	35.144	41.706	42.318	30.258
Dienstleistungen	33.557	27.984	24.643	14.898	26.798	22.601	11.754
Industrie	12.504	12.563	12.734	11.696	12.559	12.195	11.915
Landwirtschaft	425	373	316	160	360	394	475
Transportverluste	7.255	7.734	7.042	4.582	7.521	6.713	4.095
<b>Fernwärmenachfrage</b>	<b>83.791</b>	<b>91.566</b>	<b>88.785</b>	<b>66.480</b>	<b>88.944</b>	<b>84.220</b>	<b>58.498</b>

Tabelle 14: Fernwärmeerzeugung für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (Quellen: AEA 2017, STATISTIK AUSTRIA 2016a, Umweltbundesamt).

	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
in TJ							
Unternehmen mit Eigenanlagen	11.579	8.816	8.751	8.858	6.897	6.601	5.251
Kohle	3.414	1.292	–	–	1.292	–	–
Öl	1.440	–	–	–	–	–	–
Erdgas	29.096	33.395	37.884	19.121	36.820	35.597	1.950
Abfall	4.446	10.209	10.209	10.209	10.424	10.424	4.650
Biomasse	33.226	36.863	30.327	12.870	32.956	25.123	40.143
Umgebungswärme etc.	591	990	1.614	15.423	554	1.934	6.504
Elektrokessel	–	–	–	–	–	4.541	–
<b>Fernwärmeproduktion</b>	<b>83.791</b>	<b>91.566</b>	<b>88.785</b>	<b>66.480</b>	<b>88.944</b>	<b>84.220</b>	<b>58.498</b>

Ergänzend zum ökonometrischen Modell DYNK wurden Energiebedarf und Treibhausgas-Emissionen des Subsektors Eisen- und Stahlherstellung anhand eines vom Umweltbundesamt entwickelten kostenbasierten Technologiemo­dells (EISSEE) berechnet. Zur Funktionsweise und zu den Annahmen dieses Modells wird auf Anhang 3 und zu weiteren Rahmenbedingungen auf Anhang 2 verwiesen. Detailergebnisse sind in Anhang 4 angeführt.

### **Eisen- und Stahlherstellung**

Im **Szenario WEM** steigt die Produktion von Rohstahl aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung von 7,7 Mio. Tonnen Rohstahl im Jahr 2015 auf 8,5 Mio. Tonnen Rohstahl im Jahr 2050. Derzeit wird in Österreich Stahl über den Hochofenprozess und zu einem deutlich geringeren Teil (etwa 9 %) über das Elektroschrottverfahren produziert. Ab 2017 wird auch ein Teil des Roheisens aus einem Stahlwerk in den USA importiert. Aufgrund des Technologiemo­dells unter Berücksichtigung der Modelleinschränkungen (zusätzliche Kapazitäten für Elektrostahl sind erst mit der Umstellung der Produktion auf Direktreduktion verfügbar) ergibt sich im Szenario WEM keine Veränderung der Produktionsstruktur.

Im **Szenario Transition** steigt die Produktion von Rohstahl zunächst aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung auf knapp 8,0 Mio. Tonnen Rohstahl im Jahr 2030. Danach geht die Produktion wegen verbesserten Recyclings und langlebiger Produkte zurück. Aufgrund der Kostenstruktur wird eine Umstellung der Erzeugungsstruktur angenommen. Der Hochofenprozess wird langfristig durch ein Direktreduktionsverfahren ersetzt. Dies kann einerseits mit Erdgas (bzw. synthetischem Methan), andererseits mit Wasserstoff erfolgen. Aufgrund der Preisentwicklungen und weiteren Rahmenbedingungen, die im Szenario Transition hinterlegt werden, wird angenommen, dass die Umstellung in Österreich ab dem Jahr 2035 zunächst mit Erdgas als Reduktionsmittel beginnt, und sich die Direktreduktion mit Wasserstoff etwa ab dem Zeitraum 2040 bis 2045 wirtschaftlich darstellen lässt. Ausgelöst wird die Umstellung der Produktionsstruktur in erster Linie durch den CO<sub>2</sub>-Preis. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Stahlproduktion, wie auch andere relevante Subsektoren, effektiv vor dem Risiko der Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen (Carbon Leakage) geschützt sind.

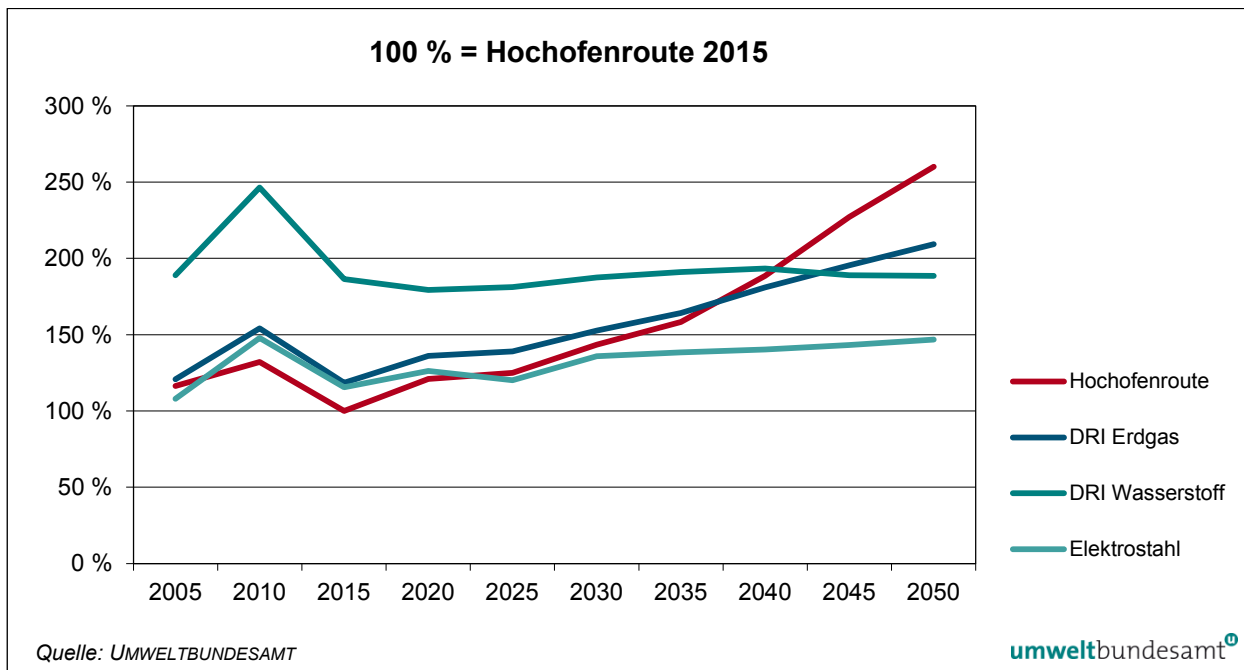


Abbildung 5: Vergleich der spezifischen Kosten der verschiedenen Erzeugungsrouten der Stahlherstellung (Berechnung: Umweltbundesamt). DRI: Direktreduktionseisen

Durch die Initiativen der EU zur Circular Economy wird mehr Schrott zur Verfügung stehen, gleichzeitig stehen aufgrund der Umstellung zur Direktreduktion auch zusätzliche Elektroöfen-Kapazitäten zur Verfügung, womit die Erzeugung von Stahl mit dem Elektrostahlverfahren ausgeweitet werden kann. Schrott wird neben dem Elektrostahlverfahren auch im Rahmen der Primärproduktion eingesetzt. Österreich liegt in Bezug auf den gesamten Schrotteinsatz im Jahr 2015 unter dem EU-Durchschnitt, für das Szenario Transition wird eine Anhebung auf das Niveau von Mitgliedstaaten mit vergleichbarer Erzeugungsstruktur angenommen. Damit kommt es zu einer Erhöhung des Schrotteinsatzes von derzeit 30 % auf 41 % (bezogen auf für die Stahlherstellung eingesetzte Eisenträger).

Durch die Erzeugung von synthetischem Methan (aus Wasserstoff, der in Elektrolyseanlagen hergestellt wird) wird einerseits der intensive Ausbau der erneuerbaren Energieträger im Sommer vollständig genutzt und andererseits der Gesamtstrombedarf im Winter verringert, da es statt Wasserstoff in der Direktreduktion eingesetzt werden kann (siehe auch Anhang 1, Energieversorgung).

Tabelle 15: Energiebedarf Eisen- & Stahlindustrie für ausgewählte Jahre in den Szenarien WEM und Transition (auf ganze Zahlen gerundet). Der Umwandlungsausstoß wird bei Berechnung des Gesamtenergiebedarfs abgezogen (Quelle: Umweltbundesamt).

	Bilanzjahr 2015	WEM 2020	WEM 2030	WEM 2050	Transition 2020	Transition 2030	Transition 2050
	in TJ						
<b>Gesamtenergieverbrauch</b>	<b>127.199</b>	<b>116.564</b>	<b>115.789</b>	<b>117.570</b>	<b>116.538</b>	<b>115.196</b>	<b>87.667</b>
<b>Energetische Endverbrauch</b>	<b>37.162</b>	<b>35.679</b>	<b>35.857</b>	<b>37.048</b>	<b>35.639</b>	<b>35.379</b>	<b>25.366</b>
Kohle (inkl. Restgase)	9.836	9.538	9.542	9.858	9.474	9.404	-
Öl	109	9	7	3	23	21	14
Gas	17.662	16.905	16.923	17.287	16.882	16.265	7.802
Strom	9.199	8.837	8.901	9.236	8.823	8.918	13.073
Andere	357	391	485	663	437	772	4.477
<b>Verbrauch Sektor Energie</b>	<b>75.180</b>	<b>66.733</b>	<b>66.071</b>	<b>66.826</b>	<b>66.656</b>	<b>65.992</b>	<b>62.301</b>
Kohle (inkl. Restgase)	66.238	58.670	57.736	57.946	58.688	57.661	-
Öl	948	844	875	936	845	875	-
Gas	1.668	1.433	1.478	1.569	1.356	1.380	838
Strom	4.460	4.083	4.218	4.490	4.064	4.312	15.377
Wasserstoff	-	-	-	-	-	-	30.091
Synthetisches Methan							15.995
Andere	1.865	1.702	1.764	1.886	1.703	1.764	-
<b>Umwandlungseinsatz</b>	<b>106.250</b>	<b>104.228</b>	<b>103.155</b>	<b>103.077</b>	<b>104.375</b>	<b>103.298</b>	<b>-<sup>1</sup></b>
<b>Umwandlungsausstoß<sup>2</sup></b>	<b>92.385</b>	<b>90.957</b>	<b>90.163</b>	<b>90.256</b>	<b>91.014</b>	<b>90.341</b>	<b>-<sup>1</sup></b>
<b>Transportverluste</b>	<b>992</b>	<b>881</b>	<b>869</b>	<b>875</b>	<b>882</b>	<b>868</b>	<b>-</b>

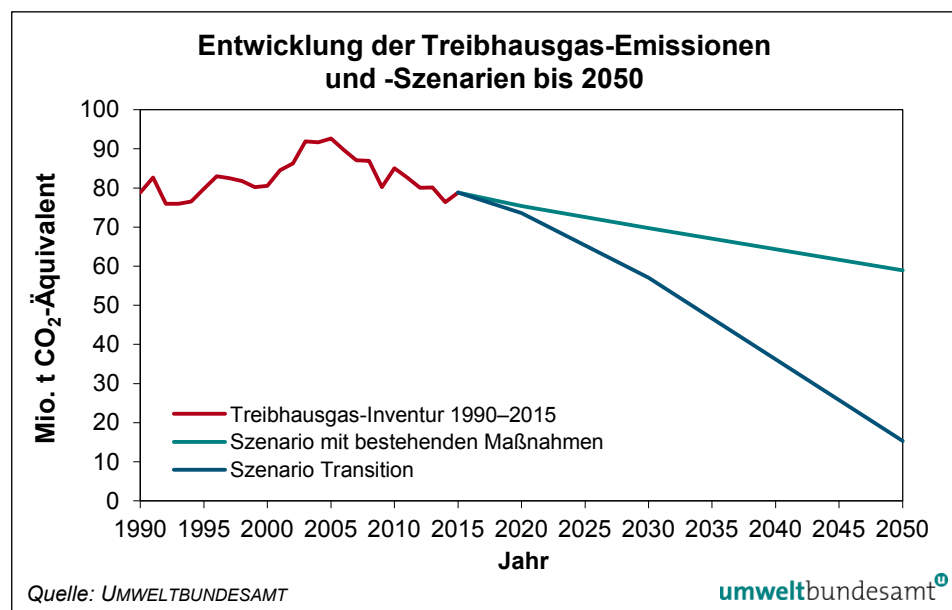
<sup>1</sup> ohne Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse

<sup>2</sup> wird bei der Berechnung des Gesamtenergiebedarfs abgezogen

### 3 TREIBHAUSGAS-SZENARIEN

Die Entwicklung der nationalen Treibhausgas-Emissionen stellt sich in den Szenarien wie folgt dar: Das Szenario „mit bestehenden Maßnahmen“ (WEM) zeigt bis 2020 eine geringfügige Reduktion der österreichischen Treibhausgas-Emissionen auf rd. 75,4 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent (– 4,3 % gegenüber 1990). Bis 2050 wird eine weitere Reduktion auf 59,0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent (– 25 % gegenüber 1990) projiziert. Im Szenario „mit zusätzlichen Maßnahmen Plus“ (Transition) ist eine deutliche langfristige THG-Reduktion zu erwarten (– 38 % (– 41 % außerhalb des Emissionshandels) bis 2030 bzw. – 81 % bis 2050 jeweils gegenüber 1990).

Abbildung 6:  
Entwicklung der THG-  
Emissionen und  
-Szenarien (ohne Sektor  
Landnutzung) bis 2050.



Jene Emissionen, die nicht dem Emissionshandel (EH) unterliegen und somit der Effort-Sharing-Entscheidung (Nr. 406/2009/EG) angehören, zeigen im Szenario WEM von 2005 bis 2020 eine Abnahme von 13,5 % auf 49,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Dies bedeutet, dass der österreichische Effort-Sharing-Zielwert für 2020 von 47,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent nicht sichergestellt ist. Etwaige Emissionsrechte aus den Jahren ab 2013 können in der Periode bis 2020 jedoch verwendet werden. Zudem kann die Zielerreichung durch vollständige Umsetzung des Maßnahmenprogramms 2015–2018 maßgeblich beeinflusst werden.

Nach dem aktuellen Entwurf der EU Effort-Sharing-Verordnung soll Österreich seine Treibhausgas-Emissionen (außerhalb des EH-Bereichs) bis 2030 um 36 % gegenüber 2005 reduzieren. Dies bedeutet wiederum eine Abnahme von 26 % bzw. 12,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent gegenüber dem Jahr 2015 (dem letzten Basisjahr der Inventur). Somit sind zusätzliche Maßnahmen unumgänglich, um die langfristigen Ziele zu erreichen. Im Jahr 2030 würde das Ziel ohne zusätzliche Anstrengungen (Szenario WEM) um rd. 8,3 Mio. Tonnen überschritten werden. Im Szenario Transition kann diese Lücke 2030 gedeckt werden; gegenüber 2005 wird eine Reduktion von 41 % projiziert. Unklar ist derzeit, welche Auswirkungen die Emissionen bzw. Kohlenstoffspeicherungen

des Sektors LULUCF<sup>2</sup> auf die Einhaltung des Effort-Sharing Reduktionsziels haben werden. Auf EU-Ebene wird derzeit parallel zur Effort-Sharing-Verordnung auch eine Verordnung zur Festlegung der Anrechnungsregeln für den LULUCF-Sektor für die Zeit nach 2020 verhandelt. Derzeit ist klar absehbar, dass es eine enge Verknüpfung zwischen beiden Rechtsakten geben wird.

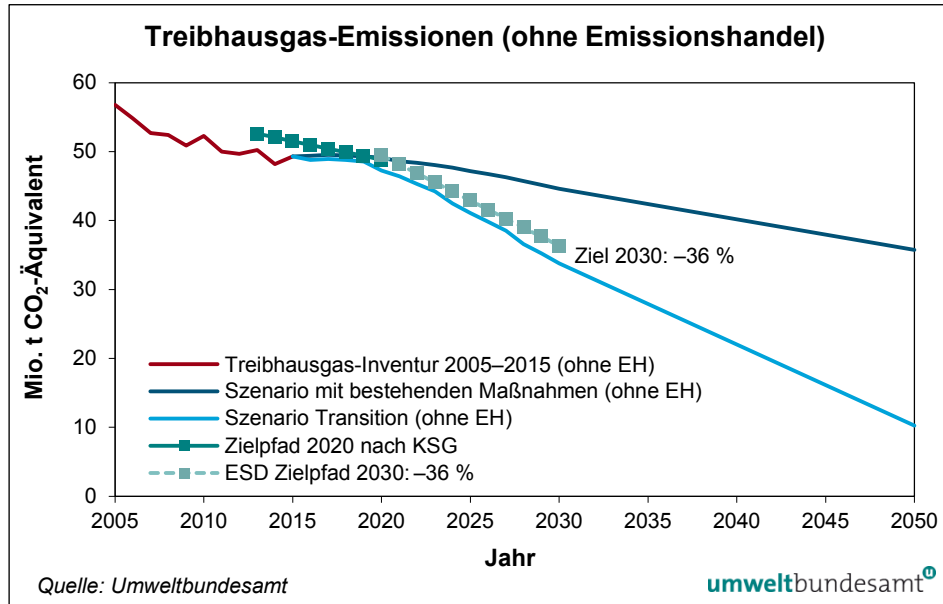


Abbildung 7:  
Entwicklung der THG-  
Emissionen und  
-Szenarien (ohne  
Emissionshandel) bis 2050.

### In den einzelnen Sektoren zeigt sich folgendes Bild:

Aufgrund des Energieträgerwechsels von Öl und Kohle zu Erneuerbaren vermindern sich die Treibhausgas-Emissionen im Bereich Energieaufbringung zunächst deutlich. Es wird erwartet, dass die installierten Kapazitäten von Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen und Wasserkraftwerken deutlich ansteigen. Nach 2015 werden jedoch schrittweise Biomasse-Kraftwerke stillgelegt, was den Rückgang der Treibhausgas-Emissionen im Szenario WEM mindern wird. Die treibende Kraft der Emissionsentwicklung in diesem Sektor ist der Stromverbrauch. Im Szenario WEM liegt der Bedarf 2020 geringfügig unter dem Basisjahr 2015 und nimmt danach um rd. 1 % pro Jahr zu.

Im Szenario Transition bewirken in diesem Sektor Maßnahmen zum weiteren Ausbau von erneuerbarer Fernwärme und erneuerbarem Strom (Ausstieg aus der fossilen Erzeugung), zusammen mit einer Schließung der Erdölraffinerie, eine weitere Treibhausgas-Einsparung von rd. 4,5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent im Jahr 2050 gegenüber dem Szenario WEM.

Der Bereich Industrie und produzierendes Gewerbe (inkl. Prozessemissionen) ist eine Hauptquelle von Treibhausgas-Emissionen in Österreich. Die Emissionen entstehen als Prozessemissionen und als energiebedingte Emissionen aus dem Brennstoffverbrauch. Zu den emissionsintensiven Industrien zählen in Österreich die Eisen- und Stahlproduktion sowie die Mineralverarbeitende Industrie, gefolgt von der Chemischen Industrie und der Papier- und Zellstoffindustrie. Anhand der langfristigen Wirtschaftsszenarien des Österreichischen Instituts für

### Energieaufbringung

### Industrie und produzierendes Gewerbe

<sup>2</sup> Land Use, Land Use Change and Forestry

Wirtschaftsforschung (WIFO), die von einer stetig wachsenden sektoralen Bruttowertschöpfung und damit assoziierten Produktionssteigerungen ausgehen, wurde für die Treibhausgas-Emissionen im Szenario WEM ein relativ konstanter Trend bis 2050 ausgewiesen.

Maßnahmen des Szenarios Transition, wie z. B. Steigerung der Energieeffizienz sowie verstärkte Wirkung des CO<sub>2</sub>-Preises (innerhalb sowie auch außerhalb des Emissionshandels), Umstellungen im Konsum und in der Nutzung und Erzeugung von Produkten, führen zu einer Reduktion ab 2020.

**Verkehr** Der Verkehrssektor ist eine der wichtigsten Treibhausgas-Emissionsquellen in Österreich. Ein erheblicher Anteil (bis zu 30 %) der Treibhausgas-Emissionen in diesem Sektor wird aufgrund von niedrigeren Treibstoffpreisen in Österreich durch den Kraftstoffexport im Fahrzeugtank ins benachbarte Ausland verursacht.

Kurzfristig ist die Wirkung von bestehenden Klimaschutz-Maßnahmen nicht ausreichend, um den Trend steigender Treibhausgas-Emissionen zu ändern. Demnach werden die Emissionen des Sektors Verkehr bis 2022, bedingt durch einen weiteren Anstieg der Fahrleistung, weiter zunehmen. Danach wirken sich zusätzlich zu einer höheren Effizienz der Fahrzeugflotte und dem Einsatz von Biotreibstoffen vor allem auch Initiativen zur verstärkten Einführung der Elektromobilität aus, die den steigenden Emissionstrend schlussendlich umdrehen werden.

Im Szenario Transition zeigt der Sektor Verkehr mit seinem Reduktionspotenzial von rd. 22 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent im Jahr 2050 in Bezug auf 2015 eine erhebliche sektorale Einsparung. Hier wurden jedoch ein massiver Wandel der derzeit praktizierten Personen- und Gütermobilität (Stichwort „Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsträger“ und „legistische Maßnahmen“) sowie eine kontinuierliche Einführung von CO<sub>2</sub>-freien Antrieben zugrunde gelegt.

**Gebäude** Im Sektor Gebäude zeigt sich trotz steigender Anzahl privater Haushalte und einer Zunahme der genutzten Wohnfläche pro Kopf eine beträchtliche Abnahme der Treibhausgas-Emissionen bis 2030 im Szenario WEM, die sich bis 2050 fortsetzt. Die leichte Reduktion des Gesamtenergiebedarfs dieses Sektors wird durch verbesserte Gebäudequalität im Neubau und verstärkte Sanierung im Gebäudebestand sowie durch die erhöhte Effizienz der Heizungsanlagen erreicht. Die treibenden Kräfte für die Emissionsreduktion sind die Veränderung des Energieträgermix von fossilen Brennstoffen auf Erneuerbare – wie Biomasse, Solarwärme und Wärmepumpen – sowie die Verlagerung der Emissionen im Bereich Energieaufbringung (überwiegend aufgrund des steigenden Fernwärmeanteils und des Einsatzes von Wärmepumpen). Im Szenario Transition führen insbesondere ambitionierte Maßnahmen zur Steigerung der Sanierungsrate und -qualität zu einem deutlichen Absinken des Energieverbrauchs und in weiterer Folge zu Emissionseinsparungen.

**Landwirtschaft** Von 1990 bis 2015 zeigt sich im Sektor Landwirtschaft ein leicht fallender Trend an Treibhausgas-Emissionen, welcher hauptsächlich auf den rückläufigen Viehbestand, aber auch auf einen deutlich reduzierten Mineräldüngereinsatz zurückzuführen ist. Eine Aktualisierung der Projektionen des Viehbestands zeigt, dass der Rückgang zum Erliegen kommt. Die weltweit steigende Nachfrage bei den Milchprodukten bewirkt (bei abgeschaffter Milchquote), dass in Österreich in allen Szenarien wieder mehr Milchkühe gehalten werden. Auch ein leichter Anstieg der Preise für Schweinefleisch wird projiziert. Das führt zu einer



Bestandserhöhung im Szenario WEM. Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz durch Zucht und optimierte Fütterung sowie ein nachhaltiges Stickstoffmanagement führen zu einer Abschwächung des Emissionsanstiegs bis 2050.

Eine Eindämmung der Treibhausgas-Emissionen auf ein sinkendes Emissionsniveau gegenüber 2015 wird nur im Szenario Transition erreicht. Dafür verantwortlich sind Annahmen zu weiteren Effizienzsteigerungen im Umgang mit Stickstoff, Forcierung von Zweinutzungsrindern, Optimierung der Nutzung von Wirtschaftsdüngern sowie eine teilweise Änderung des Ernährungsverhaltens mit Auswirkung auf den Tierhaltungssektor.

Seit 1990 haben sich die Treibhausgas-Emissionen in der Abfallwirtschaft durch eine Vielzahl von Maßnahmen bereits deutlich reduziert. Im Szenario WEM wird dieser Trend fortgesetzt, wobei der stärkste Rückgang im Bereich der Deponierung stattfindet. Andererseits zeigt das Szenario einen Anstieg in der Abfallverbrennung (mit energetischer Nutzung), welcher sich ab 2020 stabilisiert. Im Szenario Transition können durch Vermeidung von Abfällen in der Verbrennung zusätzliche 0,8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent im Jahr 2050 gegenüber dem Szenario WEM eingespart werden.

### Abfallwirtschaft

Der Sektor Fluorierte Gase (HFC, PFC, SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub>), verursachte 2015 Emissionen im Ausmaß von 2,0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent und damit 2,6 % der nationalen Treibhausgas-Emissionen. Hierbei ist zu erwarten, dass sich dieser Anteil aufgrund legislatischer Maßnahmen ab 2020 deutlich reduzieren wird. Zusätzliche Maßnahmen bewirken nur eine geringfügige Reduktion gegenüber dem Szenario WEM.

### F-Gase

Tabelle 16: Treibhausgas-Emissionen nach Sektoreinteilung des Klimaschutzgesetzes für die Szenarien WEM und Transition für ausgewählte Jahre (Quelle: Umweltbundesamt).

Sektoren	THG-Inventur*				Szenario WEM			Szenario Transition		
	1990	2005	2010	2015	2020	2030	2050	2020	2030	2050
in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent										
Energie und Industrie	36,5	42,1	39,4	35,7	32,6	31,6	29,5	32,2	28,8	6,9
<i>davon ohne EH</i>		6,3	6,7	6,2	6,4	6,6	6,4	5,9	5,6	1,9
<i>davon EH</i>		35,8	32,7	29,5	26,2	25,0	23,1	26,3	23,2	5,0
Verkehr	13,8	24,6	22,1	22,0	22,3	21,1	14,8	21,3	13,1	0,0
Gebäude	13,2	12,5	10,3	8,0	7,5	5,4	2,6	7,4	4,7	1,0
Landwirtschaft	9,5	8,2	8,0	8,0	8,2	8,3	9,1	7,9	7,2	5,5
Abfallwirtschaft	4,0	3,4	3,3	3,0	2,8	2,4	2,2	2,8	2,4	1,3
Fluorierte Gase	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	0,8	0,7	2,0	0,8	0,5
<b>Gesamt ohne EH</b>		<b>56,8</b>	<b>52,3</b>	<b>49,3</b>	<b>49,1</b>	<b>44,6</b>	<b>35,8</b>	<b>47,3</b>	<b>33,8</b>	<b>10,3</b>
<b>Gesamt</b>	<b>78,8</b>	<b>92,6</b>	<b>85,1</b>	<b>78,9</b>	<b>75,4</b>	<b>69,8</b>	<b>59,0</b>	<b>73,6</b>	<b>57,0</b>	<b>15,3</b>
<i>Zielwert 2050 (– 80 % bis – 95 % gg. 1990)</i>									15,8 bis 3,9	

\* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EH angepasst.

## 4 LITERATURVERZEICHNIS

- AEA – Austrian Energy Agency (2017): Kalt, G & Baumann, M.: Szenarien für Strom- und Fernwärmeaufbringung und Stromnachfrage im Hinblick auf Klimaziele 2030 und 2050. AEA. Wien. (noch nicht veröffentlicht)
- BASS, F. M. (1969): A New Product Growth for Model Consumer Durables. Management Science, Vol. 15, No. 5, Theory Series (Jan. 1969); pp. 215–227.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014): Austrian Fuel Strategy 2014 – Treibstoffpfade 2020. (noch nicht veröffentlicht)
- BMLFUW (2015): Masterplan Radfahren – Strategie zur Förderung des Radverkehrs in Österreich. Wien 2015.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017): Winter, R.: Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016 – für das Berichtsjahr 2017. Im Auftrag des BMLFUW.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft & BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2015): Masterplan Gehen – Strategie zur Förderung des Fußgängerverkehrs in Österreich. Wien 2015.
- BMWFJ – Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend & BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2010): Energiestrategie Österreich. 20.03.2010. [www.energiestrategie.at](http://www.energiestrategie.at)
- CESAR & WIFO (2017): Kratena, K.; Meyer, I. & Sommer, M.: Energy Scenarios 2050. CESAR. Sevilla. (noch nicht veröffentlicht)
- DIPPOLD, M.; REXEIS, M. & HAUSBERGER, S. (2012): NEMO – A Universal and Flexible Model for Assessment of Emissions on Road Networks. 19th International Conference „Transport and Air Pollution“, 26.–27.11.2012, Thessaloniki.
- ECOFYS (2014): Subsidies and costs of EU energy – An interim report. ECOFYS.
- EEG & E-THINK – Technical University of Vienna (2017): Müller, A.; Fritz, S. & Kranzl, L.: Energieszenarien bis 2050: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. Endbericht. Energy Economics Group (EEG) und Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt (e-think). Technische Universität Wien. Wien. (noch nicht veröffentlicht)
- IEA – International Energy Agency (2010): Technology Roadmap – Solar photovoltaic energy.
- IVI Svenska Miljöinstitutet (2016): Stenmarck, A. & Jensen, C.: Report on estimates of European food waste levels. IVL-Report C186, Stockholm. <http://www.ivl.se/english/startpage/pages/publications/publication.html?id=5221>
- IVT – Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (2015): Hausberger, S. et al.: Straßenverkehrsemissionen und Emissionen sonstiger mobiler Quellen Österreichs für die Jahre 1990 bis 2013 (OLI 2014). Graz.
- IVT – Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (2016): Hausberger, S. et al.: Straßenverkehrsemissionen und Emissionen sonstiger mobiler Quellen Österreichs für die Jahre 1990 bis 2015 (OLI 2016). Graz.

- IVT – Technical University of Graz (2017): Schwingshackl, M.; Rexeis, M. & Hausberger, S.: Monitoring Mechanism 2017 und Szenario WAM plus – Verkehr. Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (IVT). Graz. (noch nicht veröffentlicht)
- IvV – TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften (2017): Pfaffenbichler, P.: Modellierung von Personenverkehrsmaßnahmen im Rahmen der Energiewirtschaftlichen Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050 (ENSZEN17). Wien. (noch nicht veröffentlicht)
- KRANZL, L.; HAAS, R.; KALT, G.; MÜLLER, A.; NAKICENOVIC, N.; REDL, C.; FORMAYER, H.; HAAS, P.; LEXER, M.-J.; SEIDL, R.; SCHÖRGHUBER, S.; NACHTNEBEL, H.-P. & PHILLIP, S. (2010): Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel. Bericht im Rahmen des Programms Energie der Zukunft.
- KRANZL, L.; MÜLLER, A.; HUMMEL, M. & HAAS, R. (2011): Energieszenarien bis 2030: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. Ein Projekt im Rahmen der Erstellung von energiewirtschaftlichen Inputparametern und Szenarien zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanisms. Im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- MÜLLER, A. & BIERMAYR, P. (2011): Die Zukunft des Wärmebedarfs für Heizung und Brauchwassererwärmung in österreichischen Gebäuden bis 2050. 7. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien. Wien.
- PFÄFFENBICHLER, P. (2003): The strategic, dynamic and integrated urban land use and transport model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) – Development, testing and application, Beiträge zu einer ökologisch und sozial verträglichen Verkehrsplanung Nr. 1/2003, Vienna University of Technology, Institute for Transport Planning and Traffic Engineering. Vienna.
- PFÄFFENBICHLER, P. (2008): MARS – Metropolitan Activity Relocation Simulator – A Systems Dynamics based Land Use and Transport Interaction Model, Verlag Dr. Mueller. Saarbruecken.
- STATISTIK AUSTRIA (2016a): Energiebilanzen 1970–2015. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2016b): Bevölkerungsprognose 2015–2050, Hauptvariante. Wien.
- UBA – Umweltbundesamt (2017a): Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen>
- UBA – Umweltbundesamt (2017b): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekonomische-bewertung-von-umweltschaeden-0>
- UMWELTBUNDESAMT (2010): Pötscher, F.; Winter, R. & Lichtblau, G.: Elektromobilität in Österreich – Szenario 2020 und 2050. Reports, Bd. REP-0257. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015a): Stix, S.; Fallmann, K.; Gallauner, T. & Gössl, M.: Subventionen und Kosten für Energie. Reports, Bd. REP-0524. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015b): Krutzler, T.; Kellner, M.; Gallauner, T. et al.: Szenarien im Hinblick auf Klimaziele 2030 und 2050: Szenario WAM plus. Reports, Bd. REP-0535. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2017): Zechmeister, A.; Anderl, M.; Göschl, M.; Haider, S.; Kampel, E.; Krutzler, T.; Lampert, C.; Moosmann, L.; Pazdernik, K.; Purzner, M.; Poupá, S.; Schieder, W.; Schmid, C.; Stranner, G.; Storch, A.; Wiesenberger, H.; Weiss, P.; Wieser, M. & Zethner, G.: GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria. Reports. Bd. REP-0610. Umweltbundesamt, Wien.

WIFO – Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung & BOKU – Universität für Bodenkultur (2015): Sinabell, F.; Schönhart, M. & Schmid, E.: Austrian Agriculture 2010–2050. Quantitative Effects of Climate Change Mitigation Measures. Wien.

## Rechtsnormen und Leitlinien

Energieeffizienzgesetz – Bundesgesetz über die Steigerung der Energieeffizienz bei Unternehmen und dem Bund (Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEEffG; BGBl. I Nr. 72/2014)

Effort Sharing Entscheidung: Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgas-Emissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen bis 2020.

Klimaschutzgesetz (KSG; BGBl. I Nr. 106/2011): Bundesgesetz zur Einhaltung von Höchstmengen von Treibhausgasemissionen und zur Erarbeitung von wirksamen Maßnahmen zum Klimaschutz.

Mietrechtsgesetz (MRG; BGBl. Nr. 520/1981 i.d.g.F.): Bundesgesetz über das Mietrecht.

Ökodesign-Richtlinie (ErP-RL; 2009/125/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte. ABl. Nr. 285/10.

Ökostromgesetz 2002 (ÖSG; BGBl. I Nr. 149/2002 i.d.g.F.): Bundesgesetz, mit dem Neuregelungen auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern und auf dem Gebiet der Kraft-Wärme-Kopplung erlassen werden sowie das Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG) und das Energieförderungsgesetz 1979 (EnFG) geändert werden.

RL Erneuerbare Energie (RES; RL 2009/28/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG (Dok. Nr. PE-CONS 3736/08).

VO (EU) Nr. 525/2013: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2013 über ein System für die Überwachung von Treibhausgasemissionen sowie für die Berichterstattung über diese Emissionen und über andere klimaschutzrelevante Informationen auf Ebene der Mitgliedstaaten und der Union und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 280/2004/EG. ABl. Nr. L 5/13.

Weißbuch Verkehr 2011 (KOM(2011) 144 endgültig. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem.

Wohnungseigentumsgesetz 2002 (WEG; BGBl. I Nr. 70/2002): Bundesgesetz über das Wohnungseigentum.

Wohnungsgemeinnützigkeitgesetz (WGG; dRGBL. I S 438/1940 i.d.g.F.): Gesetz über die Gemeinnützigkeit im Wohnungswesen.

## ANHANG 1 – STORYLINES SZENARIO TRANSITION

Bis zum Jahr 2050 werden in jedem Sektor Entwicklungen stattfinden, die über das Szenario WEM hinausgehen. Zudem haben viele Maßnahmen in einzelnen Sektoren Auswirkungen auf andere Sektoren, z. B. die Sanierung von Gebäuden auf die Bauindustrie.

Um ein konsistentes Gesamtbild für das Jahr 2050 darzustellen, wurden für das Szenario Transition sogenannte Storylines formuliert.

Aufbauend auf den Storylines des Szenarios WAM plus 2015 (UMWELTBUNDESAMT 2015b) wurden zunächst Interviews mit vierzehn ausgewählten Fachexpertinnen und/oder Stakeholdern durchgeführt, die weder dem Projektkonsortium noch dem Projektbeirat angehören. Diese Interviews dienten sowohl dazu, Expertisen zu sammeln, als auch die Bekanntheit des Szenarios und dessen Zielsetzung einer Reduktion der österreichischen Treibhausgase von mindestens 80 % gegenüber 1990 zu steigern.

### **Vorgehensweise**

Parallel dazu wurden bereits mögliche Annahmen und Maßnahmen im Projektkonsortium diskutiert.

Darüber hinaus wurden von den Mitgliedern des Projektbeirats (bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern von sechs Ministerien und drei Bundesländern) weitere Ideen und Anregungen über die erforderlichen Maßnahmen wie auch die dazu notwendigen Rahmenbedingungen in den Prozess eingebracht.

Alle externen und internen Beiträge wurden nochmals kritisch reflektiert und schlussendlich gruppiert – die Auflistung umfasst neben technischen, investiven und fiskalischen Maßnahmen sowie „soft-measures“ (wie Qualifizierung, Bewusstseinsbildung oder Qualitätssicherung) auch die gesellschaftliche und soziale Ebene. Die Ergebnisse bestätigen, dass ohne diesen breiten Ansatz eine derart weitreichende Treibhausgas-Reduktion nicht realisierbar ist.

Ein Teil der Annahmen und Maßnahmen wurde verdichtet und derart ausgestaltet, dass sie in den Modellen des Projektkonsortiums umgesetzt werden konnten.

Während die modelltechnisch übersetzten Maßnahmen unmittelbar energie- oder klimarelevant sind (also Energieaufbringung, -nachfrage oder Treibhausgas-Emissionen beeinflussen), wirken sich andere Annahmen lediglich mittelbar darauf aus. Sie beschreiben die erforderlichen Rahmenbedingungen und Änderungen, die zur Zielerreichung beitragen.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, wird aufgezeigt, welche Aspekte des gesellschaftlichen Umbruchs mitbedacht werden müssen. Das Szenario Transition will nicht als einzig möglicher Weg gelten, macht aber deutlich, wie hoch das Ambitionsniveau der Maßnahmen sein muss.

Die Punktation am Beginn summiert die wesentlichen Aspekte, danach werden die einzelnen Themen näher ausgeführt.

**Aspekte des  
gesellschaftlichen  
Umbruchs**

**Allgemein:**

- Klare rechtliche Rahmenbedingungen für 2030 und 2050 werden definiert. Durch diese längere Zielorientierung bekommen neue Institutionen mehr Gewicht und führen zu einer stärkeren Kooperation zwischen öffentlicher Hand und dem Privatsektor (z. B. Partnerschaften für Abwärmenutzung). Dadurch werden abgestimmte Einzelinstrumente/Maßnahmen in gemeinsamer Verantwortung getragen.
- Langfristige internationale Energiepreise oder CO<sub>2</sub>-Abgabe und Kostengerechtigkeit (Lärm, Emissionen, Sicherheit) sorgen dafür, dass VerbraucherInnen über Alternativen zu fossilen Energieträgern nachdenken (Effizienzsteigerung, Erneuerbare, Umstellungen).
- Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird durch zusätzlich Parameter als Zielgröße ergänzt.
- Das Finanzsystem wird belastbarer ("low carbon"), etwa auch durch Ausgabe von staatlichen "green bonds" für die Finanzierung der Energiewende.
- Eine ökologisch-soziale Steuerreform (inkl. Kfz-relevanter Steuern) wird umgesetzt.
- Veränderung der Förderungssysteme – umweltkontraproduktive Förderungen werden abgeschafft.
- Kompakte, flächensparende Siedlungsstrukturen mit funktionaler Durchmischung werden durch verbesserte Raumplanung und Bauordnungen (Veränderung der Kompetenzen der BürgermeisterInnen) geschaffen.
- Verteilungsgerechtigkeit von Arbeit, Wohn- und Lebensqualität sowie sozialer Ausgleich, einschließlich Integration von Zuwanderern, mindern soziale Spannungen.
- Alle Bevölkerungsgruppen beider Geschlechter haben breitestmöglichem Zugang zu Informationsquellen.
- Alle Bevölkerungsgruppen haben die Möglichkeit, sich an politischen Entscheidungsprozessen zu beteiligen.
- Aufgrund von verstärkter Ausbildung und Bewusstseinsbildung verhält sich die Bevölkerung zunehmend umweltgerecht und setzt auf Qualität vor Quantität.
- Soziale Dienstleistungen werden finanziert und organisiert.
- Die Geschlechter sind völlig gleichberechtigt (Lohn, Karenz etc.).
- Die Wochenarbeitszeit wird dank neuer Arbeitszeitmodelle reduziert, Freiräume werden kreativ genutzt und immaterielle Werte gewinnen an Bedeutung.

**Verkehr**

- Im Bereich Mobilitätsmanagement kommt es zu einer österreichweiten Umsetzung von klimaaktiv mobil als Teil der Klimaschutzinitiative sowie der Eco-Driving Initiative.
- Förderung des Umweltverbunds im Stadt-Umland-Bereich und insbesondere auch im ländlichen Raum. Zur Attraktivierung werden Benützungsgebühren im Öffentlichen Verkehr (ÖV) gesenkt und die Intervallzeiten erhöht.
- Förderung des Fuß- und Radverkehrs durch Infrastrukturausbau und Qualitätsverbesserung. Insbesondere die Masterpläne Radfahren (BMLFUW 2015)

und Gehen (BMLFUW & BMVIT 2015) werden konsequent umgesetzt und fortgeführt. Eine verbesserte Parkplatzorganisation fördert den ÖV sowie den Rad- und Fußverkehr ("Äquidistanz").

- Autonomes Fahren und Telematik zur Optimierung des Verkehrssystems.
- Einführung von lenkenden Gebühren, wie Straßenbenutzungsgebühren, Parkgebühren oder Stauegebühren.
- Flächendeckende Tempolimits (30 km/h innerorts, 80 km/h außerorts, 100 km/h Autobahn).
- Ausbau und Förderung von Elektromobilität und sonstigen alternativen Antrieben für effiziente Fahrzeugtechnologien im Individualverkehr, bei Klein-Lkw, schweren Nutzfahrzeugen und Bussen.
- Elektrifizierung des Offroad-Verkehrs in technisch möglichen Teilssegmenten sowie verstärkter Einsatz von Biokraftstoffen. In der Binnenschifffahrt wird verstärkt biogener Treibstoff eingesetzt.
- Alternative Energieträger (Wasserstoff und Biokraftstoffe) werden im Güterverkehr in Segmenten eingesetzt, die nicht elektrifiziert werden können.
- Reduktion der Güterverkehrsleistung (gegenüber dem Szenario WEM) durch langlebigere bzw. regionale Produkte.
- Verlagerung des Güterverkehrs auf Schiene durch Ausbau und Modernisierung der Schieneninfrastruktur. Auch Regionalbahnen werden als wesentlicher Bestandteil eines nachhaltigen Verkehrssystems erhalten.
- Logistik/GV-Zentren an Stadtrand mit CO<sub>2</sub>-neutraler Stadtlogistik; Lastenfahrrad, Zero Emission Cities (ZEC).
- Reduktion von Flugverkehr durch globale, marktbasierende Maßnahmen, eine deutliche Reduktion von Dienstreisen (stattdessen effiziente Nutzung von Kommunikationstechnologien).
- Teilweise Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf den Schienenfernverkehr (EU-weiter Ausbau von Hochgeschwindigkeitsstrecken).

### Gebäude

- Hochqualitative Sanierungen mit entsprechenden Verpflichtungen führen zu einer sehr hohen thermisch-energetischen Qualität der Gebäude und der gebäudetechnischen Anlagen.
- „Kostenoptimalität“ im Neubau wird über Lebenszykluskosten betrachtet.
- Neue Gebäude haben einen sehr niedrigen Energiebedarf oder sind Aktivhäuser.
- Gebäude fungieren als dezentraler Stromerzeuger (inkl. Speichersystemen); erneuerbare Energieträger werden verpflichtend eingesetzt.
- Förderungssysteme werden vereinfacht und in Richtung Sanierung verschoben; dies wird mit verpflichtenden Sanierungsschritten kombiniert (Bauordnung).
- Kompaktere Siedlungsstrukturen werden geschaffen.
- Gebäude und Gebäudeflächennutzung werden flexibilisiert.
- Die Gebäudenutzung wird hinsichtlich aktiver Konditionierung optimiert, die Haustechnik hinsichtlich des Betriebs.
- Im Bau werden nachwachsende Rohstoffe verwendet.

### **Landwirtschaft**

- Bei nationalen Förderungen und den Förderungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union werden Treibhausgas-Aspekte verstärkt berücksichtigt.
- Sehr ambitionierte Maßnahmen zur Vermeidung von Stickstoffverlusten werden umgesetzt.
- Zweinutzungsrinder (Milch und Fleisch) und verstärkte Beweidung des Viehs werden forciert.
- Biolandwirtschaft wird weiter ausgeweitet.
- Die landwirtschaftliche Produktion ist optimal an die vorhandenen Standort- und Umweltbedingungen angepasst, Kreislaufwirtschaft ist etabliert.
- Optimierte Nutzung von Wirtschaftsdüngern (z. B. mittels Güllebörsen) und deutliche Reduktion des Mineraldüngereinsatzes.
- Die Bevölkerung ernährt sich mit hochwertigen pflanzlichen Produkten und reduziertem Fleischkonsum gesünder. Alternative Proteinquellen mit deutlich geringerer CO<sub>2</sub>-Intensität (z. B. Algen) werden u. a. für Tiernahrung erschlossen.
- Lebensmittelabfälle werden deutlich reduziert.

### **Industrie**

- Durch eine Änderung der Wertesysteme gewinnen immaterielle Güter und langlebige Produkte, nach Möglichkeit unter Nutzung nachhaltig verfügbarer/erneuerbarer Ressourcen an Wert; Wachstum wird auch auf Basis immaterieller Güter geschaffen.
- Die geänderte Nutzung von langlebigen, hochqualitativen Produkten („sharing economy“, Leasing, Re-Use, Upgrade, Recycling) und damit auch Veränderung der Produktionsprozesse führt zu einer hocheffizienten Nutzung der eingesetzten Energien und Ressourcen (verbessertes Recycling).
- Die sinkenden Lohnnebenkosten und steigenden Transport-, Energie- und Materialkosten tragen dazu bei, dass Produkte verstärkt repariert anstatt neu gekauft werden.
- Abgaben auf Arbeit werden reduziert, die Faktoren Energie und sonstige Ressourcen (Wasser, Boden, Luft) werden verstärkt besteuert.
- Eine CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung für Konsumgüter wird eingeführt.
- Durch steigende CO<sub>2</sub>-Preise werden F&E und Innovationen in Richtung energie- und/oder Treibhausgas-ärmere Produktionstechnologien forciert.
- Günstige Wettbewerbsbedingungen und ein starker Heimmarkt in der EU werden für die Entwicklung von neuen Technologien geschaffen, die für die Dekarbonisierung und die Energiewende zentral sind.
- Verfahrensumstellungen führen zu vermehrtem Stromeinsatz statt fossiler Energieträger, z. B. Direktreduktion in der Eisen- und Stahlindustrie.



## Energieversorgung

- Preisliche Anreize für Reduktion des Energiebedarfs werden gesetzt.
- Neue Konzepte für Energieversorgung (u. a. Privathaushalte, dezentrale Zellen von Häuserblocks, Energiedienstleister) sorgen für ein Zusammenspiel der zentralen und dezentralen Versorgung.
- Neue Stromspeichertechnologien werden entwickelt: chemische Kurzzeitspeicher, Power-to-Gas als saisonaler Speicher.
- Elektrolyseanlagen wandeln Strom in Wasserstoff um.
- Autarke Inselanlagen mit kleinen Speichern und Netze mit großen Speichern sorgen für ein belastbares und effizientes Energie- und Speichernetz (für den optimalen Einsatz erneuerbarer Energieträger) in einem funktionierenden europäischen Strommarkt.
- Bedarfsseitiges Management (DSM) trägt zur Netzstabilität bei.
- Die Wärme- und Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern wird gesteigert.
- Raffineriekapazitäten laufen aus.
- Verdichterstationen werden elektrifiziert.
- Die Fernwärmebereitstellung und -verteilung wird hocheffizient.
- Biogas und synthetisches Methan werden in Erdgasnetze eingebunden.

## Allgemein

Das Szenario Transition wird als „global action“ Szenario betrachtet. Die Klimaziele von Paris zu erreichen, wird als primäre Aufgabe der Republik Österreich in Partnerschaft mit der EU und den anderen Staaten der Erde angesehen. Die Bevölkerung wird von Beginn an umfassend in den Entscheidungsprozess eingebunden und trägt diesen mit. Dieser breite gesellschaftliche Konsens wurde durch einen Dialog mit der Bevölkerung erreicht, in dem verdeutlicht werden konnte, wie tiefgreifend die Änderungen sein müssen, um die Ziele zu erreichen. Klima- und Gesundheitsziele werden gesamtheitlich betrachtet. Die Auswirkungen auf andere Aspekte des Lebens (z. B. sozial, ökologisch) werden mitbetrachtet.

**breiter  
gesellschaftlicher  
Konsens**

## Kostengerechtigkeit/Preispolitik

Auf Grundlage einer intensiven europaweiten Diskussion werden Lärm, Emissionen, Risiken der Nuklearenergie, Verkehrssicherheit, Ressourcenbeschaffung und die jeweiligen Folgewirkungen (Unfälle, Gesundheit, Landschaftsschäden Biodiversität, Endlagerung, militärische Konflikte) in die Preise von Energieträgern einbezogen und so Kostengerechtigkeit hergestellt. Dies betrifft die Erzeugung im Ursprungsland, den Transit und die Nutzung im Zielland. Höhere Preise steigern die Motivation, Alternativen zu fossiler Energie zu forcieren. Durch diese veränderte Politik steigen die Preise fossiler Energieträger trotz weltweit sinkender Nachfrage.

**Alternativen zu  
fossiler Energie**

**externe Kosten** Unter den externen Kosten sind sämtliche volkswirtschaftlichen Effekte zusammengefasst, für welche die Betreiber nicht aufkommen müssen, sondern die von der Gemeinschaft getragen werden müssen. Unter diese externen Kosten fallen soziale und ökologische Folgekosten, welche im Wesentlichen durch den Klimawandel und die Emission von Schadstoffen verursacht werden. Im Falle des Klimawandels handelt es sich beispielsweise um Ernteauffälle oder Zerstörungen durch Wetterextreme. Kosten, die durch die Emission von Schadstoffen verursacht werden, betreffen z. B. die Behandlung von Erkrankungen oder die Folgen vorzeitiger Todesfälle.

Für Aktivitäten (z. B. Flugreisen oder Veranstaltungen) werden von diversen Anbietern<sup>3</sup> Kompensationszahlungen zwischen 14 bis 23 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> angeboten.

Laut einer Studie (UMWELTBUNDESAMT 2015a, nach ECOFYS 2014) betragen im Jahr 2013 die externen Kosten für die Stromerzeugung in Österreich aus Erdgas 63 %, für Öl 39 % und für Kohle 105 %. Des Weiteren werden für Klimawandel, Ozon, Versauerung, Eutrophierung, Ökotoxizität, Landversiegelung und Entnahme von Ressourcen externe Kosten angegeben.

**Umweltkosten** Das deutsche Umweltbundesamt empfiehlt CO<sub>2</sub>-Preise bis 2050 zwischen 130 und 390 Euro (ohne Inflation). Der Anteil der Luftschadstoffe bei den Umweltkosten der Stromerzeugung liegt bei 20–25 % (für fossile Energieträger). Ähnliches gilt für die Wärmeerzeugung der privaten Haushalte. Die Umweltkosten für den Verkehr werden mit insgesamt (4 Eurocent/Pkm) angegeben (UBA 2017a).

Das UBA hat auch eine Methodenkonvention zur Schätzung von Umweltschäden durchgeführt (UBA 2017b). Darin werden die durchschnittlichen Umweltkosten der Luftverschmutzung durch Energieerzeugung in Deutschland wie folgt angegeben (in Euro 2010 pro Tonne Emission):

55.400 Euro (PM<sub>2,5</sub>), 15.400 Euro (NO<sub>x</sub>), 13.200 Euro (SO<sub>2</sub>) und 1.600 Euro (NMVOC).

Durch die Einbeziehung der erweiterten externen Effekte kommt es für den motorisierten Individualverkehr (MIV), den Flugverkehr, die Industrie, die Energieversorgung und die Landwirtschaft zu einer stark veränderten Preisbildung.

Große Verbraucher von externer (fossiler) Energie werden dadurch motiviert, Alternativen zum Einsatz fossiler Energieträger zu erwägen: erneuerbare Energieträger, weniger Verbrauch oder veränderte Handlungsweisen (Konsum, Prozess).

### **Bevölkerungsentwicklung**

#### **Trend zu Ballungsräumen**

Derzeit leben in Europa 55 % der Bevölkerung in Städten. In Österreich leben 57 % in Städten mit mehr als 5.000 Einwohnerinnen und Einwohnern und 65 % in Ballungsräumen. Prognosen sprechen davon, dass es 2050 ca. 70 % sein werden. In Städten ist aufgrund von Mobilitätskonzepten und kompakter Bauweise grundsätzlich ein geringerer Energieaufwand pro Person möglich. Durch neue Technologien wie Elektromobilität und Aktivhäuser ist auch in ländlichen Regionen eine Reduktion möglich.

<sup>3</sup> climate austria (<https://www.climateaustria.at/>); Atmosfair (<https://www.atmosfair.de/>); myclimate (<https://www.myclimate.org/de/>); climate partner (<http://www.climatepartner.com/co2-rechner/>)

Umstellungen im Lebensstil bei allen fünf Haushaltseinkommensgruppen (Einkommensquintilen) führen zur Vermeidung von Flugreisen und einem umweltbewussten Konsumverhalten.

## **Bildung**

Umweltgerechtes Handeln ist als Standardwissen in weiten Teilen der Bevölkerung verankert. Dies gelingt durch eine umfassende Bildungsoffensive, die neben Aktivitäten in Kindergärten und Schulen auch Kunst (Literatur, Lieder, bildende Kunst), Unterhaltung (Filme, Spiele, Werbung, Quizshows) und Freizeitaktivitäten sowie Testimonials („moralische Instanzen“) einbezieht. Sich nicht umweltgerecht zu verhalten, wird im Jahr 2050 als ähnlich unzeitgemäß eingestuft wie im Jahr 2017 ohne moderne Energie-, Kommunikations- und Informationsdienstleistungen und -technologien zu leben. Dies betrifft Mülltrennung, Energiesparen, sorgsamem Umgang mit Ressourcen, Konsum von Energiedienstleistungen nach Bedarf und bewusste Entscheidungen beim Kauf und Gebrauch („Abschalten“). Unterstützt wird dieses Verhalten durch technologische Entwicklungen, die den Alltag wesentlich erleichtern.

Neben der Wertschätzung im sozialen Umgang und dem umweltgerechten Handeln werden auch Datensicherheit und intensiver Schutz der digitalen Privatsphäre selbstverständlich.

Der Zugang zu Information wird für alle Bevölkerungsgruppen nicht nur gewährleistet, sondern alle Gruppen werden auch zu lebenslanger Weiterbildung animiert. Umweltinformationen werden stärker in Massenmedien publiziert.

***umweltgerechtes  
und soziales  
Handeln***

## **Demokratie und Politik**

Österreich hat eine langfristige Integrierte Energie- und Klimastrategie mit einer klaren Vorstellung, wohin sich das Land in Bezug auf Energietechnologien, Mobilität und Ressourcenverwendung bis 2050 entwickeln soll, verbunden mit eindeutigen Handlungsaufträgen und zugewiesenen Verantwortlichkeiten. Dadurch schafft die Strategie Vertrauen und Berechenbarkeit. Die Strategie wird als lebende, lernende Strategie aufgefasst und dementsprechend laufend überwacht und adaptiert.

Ein Fokus auf 2030 alleine ist zu kurz gegriffen und birgt die Gefahr für lock-in-Effekte und stranded investments. Für eine neue Kultur der Meinungsbildung und Entscheidungsfindung sind komplexe Sachverhalte interdisziplinär und multiprofessionell aufzubereiten. Handlungsoptionen sind viel stärker als dies heute der Fall ist aus einer Langfristperspektive zu reflektieren, um partizipativ langfristige, berechenbare und transparente Entscheidungen treffen zu können.

Das geschaffene Umweltbewusstsein der Bevölkerung ermöglicht es auch Politikerinnen und Politikern, langfristig wirksame Entscheidungen zu treffen und mit Unterstützung der Bevölkerung umzusetzen.

Die moralischen Instanzen (Religionen, WissenschaftlerInnen, opinion leaders) und politischen Gremien der Welt einigen sich auf einen Weg, wie Kriege und Rüstungsausgaben reduziert und die Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals – SDGs) gewährleistet werden können.

***Integrierte Energie-  
und Klimastrategie***

***neue Kultur der  
Meinungsbildung***

## **Wirtschaft**

### **globale Übereinkunft zu Klimazielen**

Durch die globale Übereinkunft zu den Klimazielen wird die Förderung fossiler Rohstoffe eingeschränkt. Denkbar ist z. B. die Versteigerung von Fördermengen (Öl, Gas) oder Schürfrechten (Kohle, Metalle, Erze), deren Erlöse den Staaten zugutekommen, deren Wirtschaft noch massiv von den Einnahmen für fossile Rohstoffe abhängt. Dadurch wird die Rückgewinnung von Ressourcen auch wirtschaftlich.

### **Dekarbonisierungs- initiative**

Die Wirtschaftsakteure ergreifen die Chancen, die die Energiewende bietet, und werden ein Teil der Dekarbonisierungsinitiative. Partnerschaften zwischen den Interessenvertretern werden geschlossen. Die Nutzung von in der Region verfügbaren erneuerbaren Energieträgern vermindert den Kapitalabfluss ins Ausland.

### **geänderte Wirtschaftsstruktur**

Eine nachhaltige Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch bewirkt eine andere Messung von Wohlstand: Zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) kommen Indikatoren und Parameter wie Sicherheit, saubere Umwelt, Gesundheit usw. Es wird nicht mehr das Wirtschaftswachstum als vorrangiges wirtschaftspolitisches Ziel angestrebt, da ein hohes Beschäftigungsmaß auch ohne fortwährendes Produktionswachstum sichergestellt wird. Die Wirtschaftsstruktur entwickelt sich hin zu einem Niedrigwachstumsmodell, aber dafür hoher Lebensqualität und Abdeckung der Bedürfnisse.

## **Finanzen**

### **Trend zu „grünen“ Finanzprodukten**

Durch Divestment werden „grüne“ Finanzprodukte vermehrt auf den Markt gebracht. Öffentliche Haushalte bringen „green bonds“ zur Finanzierung der Energiewende mit langfristigen, gesicherten Renditen auf den Markt. Dies sorgt für eine Beschleunigung der Transformation.

In Fossilenergie-basierten Bereichen gehen zwar Jobs verloren, allerdings überwiegen für die Volkswirtschaft die positiven Effekte. Einzelne Unternehmen sind besonders stark betroffen, z. B. Mineralölfirmen werden sich neu orientieren müssen.

## **Ökologische Steuerreform**

Im Zentrum der ökologisch-sozialen Steuerreform steht eine Neubewertung der Besteuerung von Arbeit und Ressourcenverbrauch.

### **energierelevante Abgaben**

Die ökologische Steuerreform ist ein Anreizsystem sowohl bei ProduzentInnen als auch KonsumentInnen. Energierelevante Abgaben basieren auf CO<sub>2</sub>- und Energiegehalt, um ökonomische Anreize zu weniger Emissionen und Energieverbrauch zu setzen.

Mögliche Ansätze sind CO<sub>2</sub>-Steuern. Bestehende Ausnahmen werden korrigiert, womit umweltkontraproduktive Anreize im Steuersystem abgeschafft werden. Reparaturen werden steuerlich begünstigt bzw. befreit (wie beispielsweise Schweden es kürzlich umgesetzt hat).

Die soziale Ausgewogenheit wird durch Kompensationsmaßnahmen sowie durch die Reduktion der Abgaben auf den Faktor Arbeit gewährleistet

## Soziales

Verteilungsgerechtigkeit von Arbeit, Wohn- und Lebensqualität (auch zwischen Mann und Frau) und sozialer Ausgleich führen zu einer Verringerung der Spannungen in der Gesellschaft innerhalb eines Staates und zwischen den Staaten. Fortbildungs- und Umschulungsangebote, gekoppelt mit treffsicheren Sozialleistungen, ermöglichen einerseits die Freisetzung von kreativem Potenzial und andererseits das Auffangen von Verlierern des Transformationsprozesses.

**Verteilungsgerechtigkeit**

Pflegedienste und andere soziale Leistungen bekommen einen angemessenen Stellenwert in der Gesellschaft und werden gerecht entlohnt. Geld wird in die Bildungs- und Altersvorsorge investiert.

**soziale Leistungen**

Strategische Maßnahmen im Sozialbereich werden ein integraler Bestandteil der Klimapolitik (Ressourcen- und Energieeffizienz).

Die soziologische Entwicklung muss mit der technischen Hand in Hand gehen. Gruppen, die von Innovation und Information ausgeschlossen sind und nicht Schritt halten können, werden einbezogen und verändern die soziologische und technische Entwicklung und damit die Gesellschaft, deren Lebensweise und Art der Organisation.

Ein Nutzen der Digitalisierung im sozialen Bereich ist, dass kranke und alte Menschen in ihrer gewohnten Umgebung bleiben können, da die Betreuung bzw. Pflege über eine zentrale Stelle erfolgt, die über die sozialen Netzwerke jederzeit den Status abrufen können.

**Digitalisierung**

## Arbeit

Die Wirtschaft entwickelt sich von einer „Wegwerfgesellschaft“ hin zu einer „Nachhaltigkeitsgesellschaft“, in der immaterielle Werte und ressourcenschonende, langlebige sowie reparaturfreundliche Güter den Grundstein für die Dekarbonisierung legen. Die Steigerung der Lebensqualität wird u. a. durch eine Reduktion der Arbeitszeit erreicht.

**Änderung der Arbeitsbedingungen**

Teleworking wird zum Standard und u. a. durch Digitalisierung ermöglicht.

Auch im ländlichen Raum gibt es Jobs für Menschen mit guter Ausbildung. Die Verkehrsinfrastrukturen verbinden nicht nur das Land mit den Zentren sondern vernetzen auch ländliche Regionen. Durch innovative, kreative Produkte oder Nischenprodukte kann auch in ländlichen Regionen Geld verdient werden.

Industrie 4.0 wird den Begriff „Arbeit“ verändern. Es wird noch weniger Arbeitsplätze in der klassischen Erwerbstätigkeit geben (Maschineneinsatz und Digitalisierung führen in Produktionsprozessen tendenziell zu weniger Arbeitsplätzen). Dies betrifft auch Regionen mit geringerem Bildungsstandard, da es dort Tätigkeiten gibt, die sich automatisieren lassen.

## Gesellschaftliche Entwicklungen

Alternative Denkweisen lösen alte Konventionen ab (Konsum, Ernährung, Wohlstand). Qualität geht vor Quantität (Reisen, Produkte). Ressourcenschonendes und generationsübergreifendes Denken bestimmen Berufs- wie auch Privatleben. Bewusster, intelligenter „Minimalismus“ (in verschiedensten Berei-

**geänderter Lebensstil**

chen) wird salonfähig (ähnlich dem gestiegenen Bewusstsein für gesunde Ernährung oder Bewegung). Ein regionaler, nachhaltiger und saisonaler Lebensstil wird gepflegt und Güter und Produkte werden gemeinsam genutzt.

Die Gesellschaft ist offen gegenüber neuen Ansätzen zum Beispiel aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), Sozialforschung, Bürgerbeteiligung, Organisationsentwicklung, unkonventionellen Kooperationen, intelligenten Bauteilen und Werkstoffen, treibhausgasbindenden Baustoffen, Bi-onik etc.

**geänderte Wertesysteme**

Die Wertesysteme sind geändert, z. B. gewinnen langlebige Produkte und immaterielle Güter an Wert.

Die frei werdende Zeit wird aufgrund moderner, smarter Stadtplanung für Freizeitangebote in der Nähe genutzt (Attraktivierung der Städte, Natur, Lebensqualität etc.).

Die Umweltprodukte schaffen die Transition von „teuren Gadgets“ für reiche Leute hin zu Produkten für alle. Statt nur Eliten werden auch andere Schichten angesprochen, sodass z. B. auch MieterInnen in Gemeindewohnungen oder ZupendlerInnen von der Energiewende profitieren.

## **Verkehr**

Das Ziel des Szenarios Transition ist ein integriertes, emissions- und CO<sub>2</sub>-armes Gesamtverkehrssystem das sozial, effizient und sicher ist.

**Energieraumplanung**

Verdichtung bzw. Zuzug in dezentrale Siedlungsräume aufgrund einer umfassenden Energieraumplanung sind bis 2050 dominierende Themen. Der aktuelle Trend zu immer längeren Wegstrecken wird gestoppt und umgekehrt. Zwar bleiben die Anzahl der Wege und die dafür aufgewendete Zeit pro Person und Tag auf heutigem Niveau, die Länge der Wege wird allerdings durch die Verdichtung kleiner, wodurch die Verkehrsleistung insgesamt sinkt.

**Optimierung des Verkehrssystems**

Begleitet werden diese Entwicklungen durch höhere fossile Energie- und Kraftstoffpreise (Einrechnen externer Kosten über alle Verkehrsträger je nach ihren Umweltwirkungen und sozialen Kosten in die Kraftstoffpreise), die Einführung von lenkenden Gebühren (wie z. B. Straßenbenutzungsgebühren, Parkgebühren oder Staugebühren) und autonomes Fahren sowie Telematik zur Optimierung des Verkehrssystems.

## **Personenverkehr**

**Ausbau des ÖV**

Im Personenverkehr wird der öffentliche Verkehr (ÖV) vorrangig ausgebaut. Rad- und Fußverkehr werden unter Einbeziehung von Mobilitätsmanagement (die österreichweite Umsetzung von klimaaktiv mobil als Teil der Klimaschutzinitiative) forciert. Ebenso unerlässlich sind der Ausbau und die Förderung von Elektromobilität und sonstigen alternativen Antrieben für effiziente Fahrzeugtechnologien mit den notwendigen Rahmenbedingungen. Für effizientes Verhalten sorgt eine österreichweite Eco-Driving-Initiative. Grundlage für diese Entwicklungen ist die Schaffung kompakter, flächensparender Siedlungsstrukturen mit funktionaler Durchmischung durch verbesserte Raumplanung, Bauordnungen und eine Parkplatzorganisation zur Förderung des ÖV sowie des Rad- und Fußverkehrs („Äquidistanz“).

Ein gut ausgebautes ÖV-Netz sowie Sharing-Mobilitätssysteme führen zu einer veränderten Verkehrsmittelwahl. Der Besitz eines eigenen Pkw ist aufgrund von Bewusstseinsbildung und sich ändernder Werte für die kommende Generation nicht mehr unbedingt notwendig. Dies wird durch Raumplanungskonzepte, gute Radwegnetze und „die Stadt der kurzen Wege“ erreicht.

**Verzicht auf eigenen Pkw**

In der Großstadt wird ÖV intelligent verwendet und auf die Bedürfnisse bzw. Notwendigkeiten ausgerichtet, d. h. das Verkehrssystem wird so gestaltet, dass der Weg zum Auto (z. B. in der Parkgarage) genau so weit ist wie zum nächsten öffentlichen Verkehrsmittel („Äquidistanz“). Für Pendler werden Zonen eingerichtet (Park & Ride), ansonsten wird der Zugang zu Parkplätzen restriktiver gehandhabt.

Auch die Busse werden elektrisch betrieben. Kurze Wege werden zu Fuß oder mit dem Fahrrad erledigt. Eine Flotte selbstfahrender Autos übernimmt die verbleibenden Individualfahrten. Durch die geringeren menschlichen Fehler kommt es zu weniger Unfällen und Staus.

Auch in abgelegenen ländlichen Regionen stehen ein dichtes Radwegenetz sowie flächendeckende Taxi- und Rufbussysteme zur Verfügung. Alle Siedlungen werden an einen attraktiv getakteten hochrangigen öffentlichen Verkehr angebunden und (autonomer) Mikro-ÖV wird als Zubringer zum hochrangigen ÖV aus- und aufgebaut.

Am Land ist die Alltagsmobilität mit höherem Aufwand als in der Stadt verbunden. Elektromobilität, Digitalisierung und Car-Sharing sind Möglichkeiten, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren, ohne auf Individualverkehr verzichten zu müssen. Viele Dienstleistungen können elektronisch erledigt werden. Das verkürzt somit die Zahl anfallenden Wege.

Die Reduktion von Flugverkehr ergibt sich durch globale marktbasierende Maßnahmen, eine deutliche Reduktion von Dienstreisen (stattdessen effiziente Nutzung von Kommunikationstechnologien) sowie Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf den Schienenfernverkehr (Hochgeschwindigkeitszüge, Nachtzüge).

**Reduktion von Flugreisen**

Die Preise für Tickets und Luftfracht spiegeln die Kosten für die Emissionen von Luftschadstoffen und die Zerstörung von Atmosphäre und Natur wider (Kostengerechtigkeit). Dadurch steigen die Kosten für Tickets und das Reiseaufkommen sinkt. Städtetourismus per Flugzeug wird weniger attraktiv.

Um den Großteil der Personenbeförderung über mittlere Entfernungen bis 2050 mit der Bahn zu ermöglichen, werden die Länge der bestehenden Infrastruktur bis 2030 verdreifacht und das europäische Hochgeschwindigkeitsschienennetz bis 2050 vollendet (Weißbuch Verkehr). Dadurch werden Kurzstreckenflüge (bis 1.500 km) auf den Schienenverkehr verlagert. Durch den Einsatz von Biokraftstoffen wird der Treibhausgas-Ausstoß pro km zu reduziert.

**Ausbau des Schienennetzes**

## **Güterverkehr**

### **Verlagerung auf die Schiene und Nutzung neuer Technologien**

Die Zukunft des Güterverkehrs liegt einerseits in der maximal möglichen Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene durch Änderungen in der Infrastrukturpolitik sowie Verbesserungen des Angebots und der Servicedienstleistungen der Bahn und andererseits im Straßenverkehr in der Ausnutzung der vorhandenen Technologieoptionen.

### **ökologische Steuerreform**

Die neuen Grundsätze bei der Güterverkehrspolitik sind in eine ökologische Steuerreform eingebettet. Eine neue Preispolitik bietet einen Wettbewerbsvorteil für Unternehmen mit weniger Verkehrsleistung oder regionalen Produkten. Die Transportkette darf nicht nur bis zum Supermarkt betrachtet werden, sondern bis zum Kühlschrank/Haus, da der Einfluss der "last mile" auf die Bilanz sehr hoch ist.

### **Zero Emission Cities**

Der Weg zu Zero Emission Cities führt über Logistikzentren am Stadtrand und eine CO<sub>2</sub>-freie Stadtlogistik. An den Rändern der Ballungszentren werden größere Logistikzentren eingerichtet, wo die Güter von Groß auf Klein umverteilt werden. Es gibt keine großen Lkw mehr in der Stadt. Elektrische Klein-Lkw und Lastenfahrräder übernehmen die Nahversorgung. Eine Flexibilisierung/just in time/online-Handel tendiert zu kleineren Einheiten in Städten.

Für Schiffe werden die Treibstoffe reglementiert.

### **Ziel-Bahnnetz 2025**

Der Ausbau und die Modernisierung der Bahninfrastruktur in Richtung Österreichisches „Ziel-Bahnnetz 2025“ werden umgesetzt. Über längere Distanzen wirken Schiene und Lkw zusammen. Für die Bewältigung des vorhandenen Verkehrsaufkommens werden beide Verkehrsarten notwendig sein.

Durch eine entsprechende neue Schienen- und Verladeinfrastruktur kann ein großer Teil der Güterverkehrsleistung auf die Schiene verlagert werden. Statt in den weiteren Neubau von Straßen wird in den Ausbau bzw. Wiederaufbau der Schienennetze investiert. Ein einheitliches europäisches Schienennetz sorgt für eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit. Mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h ist „Nachtsprung“ Wien – Antwerpen bzw. – Hamburg möglich, ohne negative Auswirkungen auf den Energieverbrauch und die Lärmemissionen von Hochgeschwindigkeitszügen.

Für den Straßengüterverkehr kommt ein Mix an alternativen Technologien zum Einsatz. Je nach Einsatzfeld bieten sich aus heutiger Sicht folgende Möglichkeiten: Batterieelektrisch, Wasserstoff, Oberleitung oder Induktionsfahrbahnen in Kombination mit Batterie oder Hybrid/Range-Extender. Die „letzte Meile“ zum Güterverteilzentrum abseits der Autobahn wird jedenfalls elektrisch zurückgelegt.

### **Wasserstoff**

Das Erzeugungsprofil erneuerbarer Stromträger (Wind, PV) wird in Pumpspeichern und chemischen Tagesspeichern geglättet, um in Elektrolyseanlagen im Bandbetrieb in Wasserstoff umgewandelt zu werden. Es gibt ca. 10 dieser Anlagen in Österreich, die über Ringversorgung bedient werden.

An diesen Standorten befinden sich außerdem Power-to-Gas-Anlagen (Methanisierung), um einen Teil des Wasserstoffs für die industrielle Nutzung im Winter zu speichern.

Zudem sind dort auch große Wasserstoffspeicher und Terminals für Schwere Nutzfahrzeuge, wo diese mit gasförmigem H<sub>2</sub> betankt werden. Die Reichweiten der SNF sind so dimensioniert, dass außer diesen ca. 10 Standorten, die in geeigneter Form über Österreich verteilt sind, keine weiteren notwendig sind. Die-



ses Set-up hat den Vorteil, dass keine dezentrale Wasserstoffinfrastruktur gebraucht wird.

Bei der H<sub>2</sub>-Speicherung vom Sommer in den Winter fallen 40 % Verluste an.

Vier europäische Städte haben bereits ein Fahrverbot ab 2025 erlassen. Solche Impulse unterstützen den Transformationsprozess in der Autoindustrie. Die Arbeitsplätze in der Fahrzeugfertigung wandern von fossilen Produktionsketten (Hersteller, Zulieferer) zu alternativen. Universitäten und Berufsschulen übernehmen die Transformation in ihrem Ausbildungsprogramm, die reine Verbrennungskraftmaschine wird obsolet, neue Forschungsfelder werden eingerichtet.

**ökonomische und  
ordnungsrechtliche  
Rahmen-  
bedingungen**

Bei Pkw ist eine Umwandlung von Verbrennungsmotoren zu elektrischem Antrieb und Leichtbau notwendig. Daher sind spätestens ab 2030 keine neuen mit fossilen Brennstoffen fahrenden Pkw mehr zuzulassen. Insgesamt sinkt der Energieverbrauch (des Verkehrs) aufgrund der höheren Effizienz der Elektromotoren um den Faktor 3,5. In alternative Verkehrsangebote wird vermehrt investiert.

Die Elektromotoren, die Batterie(lade)technik, die Kapazität und somit die Reichweite werden sich noch stark verbessern. Bei kleinen Lkw ist die technische Reife (für Elektromobilität) schon vorhanden. Bis 2050 wird das auch bei 40 Tonnen-Lkw funktionieren.

**technologische  
Entwicklungen**

Wasserstoff kann mit der Brennstoffzelle sowie direkt verbrannt zum Einsatz kommen.

Die Menge an Biokraftstoffen wird gleich bleiben. Biokerosin und die Größe von Flugzeugen sowie die Technologien energieeffizienter Hochgeschwindigkeitszüge und High Speed-Magnet-Schwebebahnen werden entwickelt/verbessert.

## Gebäude

Gebäude verändern sich vom Energiekonsumenten zum Energieproduzenten. Durch installierte Solaranlagen (Solarthermie und Photovoltaik) und Speichermedien ist die jährliche Energiebilanz der Gebäude positiv.

**positive  
Energiebilanz**

Die Trends gehen zu kompakteren Siedlungsstrukturen, zur Flexibilisierung der Gebäude und der Gebäudeflächennutzung, zur Optimierung der Gebäudenutzung, zu temporären Wohnformen, verdichtetem Wohnraum (z. B. rasch aufbaubare modulare „Wohncontainer“ aus nachwachsenden Rohstoffen), flexiblen Grundrissen (Anpassung an sich verändernde Lebensumstände) bis hin zu SeniorInnenwohngemeinschaften und lokalen Bürogemeinschaften (urban und rural). Die bedarfsorientierte Änderung zwischen den energierelevanten Funktionen Wohnen und Arbeit wird baulich, organisatorisch und rechtlich flexibilisiert.

Neben der absoluten Verringerung der Nutzfläche pro Person wird durch Optimierung der Gebäudenutzung die energierelevante Konditionierung (Heizung, Kühlung, Lüftung, Befeuchtung) durch Smart Control und Gebäudeleitsysteme eng an die Zeiten der tatsächlichen Nutzung angepasst. Bei gleichzeitig höherem Komfort werden Bereitschaftsverluste durch Einsatz von modernen, IT-unterstützten Haustechniksystemen weitgehend vermieden und Synergien genutzt.

**moderne  
Haustechnik**

<b>Maßnahmen im Baubereich</b>	<p>Qualität der Planung – insbesondere hinsichtlich des Energie-Gesamtkonzeptes sowie der Kommunikation zwischen allen Gewerken auf die Qualität der Ausführung – insbesondere der Qualifikation der Ausführenden ist vorrangig.</p> <p>Notwendig sind verbesserte Ausbildung/Bewusstseinsbildung: auch für BaumeisterInnen, ArchitektInnen, VertreterInnen der Baustoffindustrie, Heizungs-, Lüftungs- und KlimatechnikerInnen. In Zusammenarbeit mit der ZAMG sind die Gebäude optimal auszurichten.</p> <p>In Neubauten ist die Umsetzung von Maßnahmen deutlich leichter. Beispielsweise werden Dachziegel mit integrierter PV vorgeschrieben (diese werden bereits angeboten), womit z. B. statische Probleme beim nachträglichen Einbau vermieden werden.</p> <p>Nachwachsende Rohstoffe werden als Baustoffe eingesetzt.</p>
<b>Bauordnung</b>	<p>Die thermisch-energetische Qualität der Gebäude und der gebäudetechnischen Anlagen wird durch die Bauordnungen der Bundesländer bestimmt. Ab 2025 wird im Neubau das Effizienzniveau von Passivhäusern erreicht. Die Bauordnung ist nicht mehr von Bürgermeister letztbestimmt. Die Ausrichtung der Gebäude wird berücksichtigt.</p>
<b>Raumplanung und Raumordnung</b>	<p>Die örtliche und die überörtliche Raumordnung bieten langfristig ein hohes Potenzial für den Klimaschutz bei Gebäuden: Eine nachhaltige Planung von Infrastruktur; eine über das Jahr energieoptimierte Ausrichtung und Abstände von Baukörpern; ein gebäudeübergreifendes Energiemanagement mit Smart Grids, Mikrowärmenetze bzw. bidirektionale Niedertemperatur-Wärmenetze oder die verstärkte Nutzung industrieller Abwärme aus Prozesswärme oder Erneuerbaren.</p> <p>Da dezentrale, erneuerbare Energie fast bei jedem Gebäude zur Verfügung steht, wird ab 2021 eine geringe verpflichtende Bereitstellungsquote im Neubau und – mit einer Befristung – für den Bestand festgelegt und alle fünf Jahre angehoben. Diese wird sukzessive bis 2031 auf ca. 30 % des Wärmebedarfs und 20 % des Strombedarfs angehoben.</p> <p>Zur Eindämmung der Zersiedelung werden Gebäude (in Kopplung mit der Wohnbauförderung) nur noch dort errichtet, wo sie mit öffentlichen Verkehrsmitteln gut erreicht werden können. Verdichtetes Bauen ist gewährleistet.</p>
<b>Förderungen</b>	<p>Die Fördermittel werden vom Neubau von Einfamilienhäusern (EFH) zum Neubau von Mehrfamilienhäusern (MFH) sowie zur umfassenden thermisch-energetischen Sanierung bzw. Teilsanierung verlagert.</p> <p>Die Förderregime für den Wohnbau werden „kundenfreundlicher“ und den gesellschaftlichen Erfordernissen rascher angepasst. Ab 2021 werden die Förderungsmodalitäten, wie die Verpflichtung, ein Darlehen aufzunehmen und dessen Rückzahlung, sowie den Betrachtungszeitraum bei Teilsanierungen betreffend in allen Bundesländern deutlich flexibilisiert. Bei Bauteilsanierungen mit einem qualitätsgesicherten Gesamtkonzept wird ab 2021 ein Betrachtungszeitraum von 10 bis 15 Jahren in allen Bundesländern verwirklicht.</p>
<b>Sanierung</b>	<p>Auch der Mindeststandard der Gebäudekennzahlen für Sanierungen wird ab Ende 2019 für die öffentlichen und ab Ende 2021 für alle anderen Gebäude weiter abgesenkt. Standards (Normen) haben in der Vergangenheit viel bewirkt, u. a. durch „economy of scale“, auch bei Gebäuden (eco-Design). Die Sanierungsaktivitäten werden durch Umsetzung von klimaaktiv Bauen &amp; Sanieren und Energiesparen als Teile der Klimaschutzinitiative beschleunigt.</p>

Auf Basis der Energieausweise wird ab 2025 auch eine Mindesteffizienz für Bestandsgebäude festgelegt, um mit ausreichender Fristsetzung sukzessive die thermisch-energetisch schlechtesten Gebäude – soweit wirtschaftlich, technisch und von Seiten des Denkmalschutzes möglich – hochwertig zu sanieren.

Gebäudemaßnahmen bis 2050, in Richtung langfristiger Klimaziele, richten sich einerseits an Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger mit dem Ziel, klimaschonende Gebäude zu forcieren und andererseits an Nutzerinnen und Nutzer, um die klimaschonenden Betrieb zu unterstützen:

Änderungen im Mietrecht (Mietrechtsgesetz, MRG) und Wohnungseigentumsrecht (Wohnungseigentumsgesetz, WEG; Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz WGG) werden Sanierungsentscheidungen und deren Finanzierung erleichtern und damit bestehende Sanierungsbarrieren im Bereich des Altbestandes großvolumiger Wohngebäude und von Dienstleistungsgebäuden im Privateigentum reduzieren. Dabei wird verstärkt darauf geachtet, dass der Nutzen von Investitionen sowohl für die Mieterin und den Mieter als auch für die Eigentümerin und den Eigentümer erhöht wird bzw. Belastungen entsprechend dem Nutzen verteilt werden. Rechtssicherheit und Fairness bei der Kostenumlegung stehen dabei im Mittelpunkt. Das einzusetzende Spektrum der Instrumente reicht von zweckgebundenen Mietzinsrücklagen für thermisch-energetische Sanierungen und vom Heizwärmebedarf abhängigen Mietzins-Richtsätzen über vereinfachte Entscheidungsfindung im Gemeinschaftseigentum bis hin zu Warmmieten und Contracting-Standards bzw. regelt umfassende Sanierungsdienstleistungen.

Die Qualität der Beratung und die Qualifikation aller Beteiligten (Installateure etc.) sorgen für die Einhaltung von Mindesteffizienzwerten bei der Sanierung.

Der Aufbau eines Systems zur freiwilligen, professionellen Überprüfung von Heizanlagen und des Energieverbrauchs als zentrales Beratungsinstrument für Gebäude und die gesetzlich verpflichtende, periodische Überprüfung von Heizanlagen heben nicht nur kurzfristig die Effizienz von Heizanlagen deutlich an und fördern langfristig die Erneuerung von Heizsystemen (Kesseltauschräte) und den Einsatz von innovativen, klimafreundlichen Heizsystemen (Nutzung von erneuerbarer Energie, Abwärme oder Mikronetze), sondern stoßen auch zusätzliche thermische Sanierungen an.

Ein duales System wird entwickelt, welches einerseits ein professionelles Dienstleistungsangebot zur freiwilligen Verbesserung der Effizienz von Heizanlagen und des Energieverbrauchs als zentrales Beratungsinstrument für alle Endverbraucher fördert und andererseits eine hinsichtlich Effizienz von Heizanlagen und Gebäuden verstärkte, gesetzlich verpflichtende, periodische Überprüfung anordnet.

Innovative Bauteile werden noch weiterentwickelt.

Die Investitionen in die Sanierung und die geänderten Ansprüche an Baustoffe wirken sich auf den Sektor Industrie aus.

### ***Überprüfung der Effizienz als Dienstleistung***

## Landwirtschaft

- Lebensmittelabfälle** Lebensmittelabfälle werden sowohl bei der Produktion und der Verteilung (Handel) als auch bei der Endfertigung (Restaurants und Haushalt) weitgehend vermieden. Laut einer schwedischen Studie betrug der Nahrungsmittelabfall in der EU-28 im Jahr 2012 87,6 Mio. Tonnen, das entspricht grob 0,5 kg pro Person und Tag (IvL 2016). Etwa die Hälfte davon entsteht in privaten Haushalten, die andere verteilt sich auf Produktion, Verarbeitung, Handel und Essensdienstleistungen (Restaurants etc.).
- Erzeugung** Die Berücksichtigung von Treibhausgas-Aspekten wird ein wichtiger Bestandteil der Förderungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union. Bewusstseinsänderungen in der Bevölkerung, die Umstellung auf nachhaltigere Produktionsweisen und allgemein höhere Preise Treibhausgasintensiver Produkte führen zu einem merklichen Rückgang in der Viehhaltung. Dieser Rückgang wird durch die gestiegene Nachfrage nach hochwertigen pflanzlichen Produkten kompensiert; die Wertschöpfung in diesem Bereich steigt.
- forcierte Kreislaufwirtschaft** Die landwirtschaftliche Produktion wird noch mehr als bisher an die gegebenen Umweltbedingungen angepasst. Durch forcierte Kreislaufwirtschaft wird die Bodenfruchtbarkeit erhalten und der Einsatz von Betriebsmitteln und wertvollen Ressourcen (z. B. Wasser) wird vermindert.
- Durch hohe Regionalität und Saisonalität der Produkte werden die KonsumentInnen mit frischen und gesunden Lebensmitteln versorgt. Durch kurze Transportwege und geringere Lagerdauer können ebenfalls Emissionen eingespart werden.
- Viehhaltung** Die forcierte Haltung von Zweinutzungsrindern (Milch und Fleisch als Koppelprodukte) und eine Verlängerung der Nutzungsdauer von Milchkühen (höhere Lebensleistung) verringern die Treibhausgas-Intensität der Tierhaltungsbetriebe bei den Rindern. Eine bestmögliche Nutzung des Grundfutters wird angestrebt, wodurch Krafffutter eingespart werden kann. Grünlandflächen bleiben erhalten, die Weidehaltung wird forciert.
- Optimierungen im Bereich der Fütterung werden weiter vorangetrieben (Stichwort „bedarfsgerechte Fütterung“). Durch Stickstoff-reduzierte Fütterung, Phasenfütterung (bedarfsgerechte Fütterung nach Wachstumsphasen), verbesserte Qualität des Futters etc. werden die Treibhausgase aus Verdauung und tierischen Ausscheidungen verringert.
- Neben dem Tierwohl werden beim Stallbau zunehmend auch die Erfordernisse des Klimaschutzes berücksichtigt. Dies betrifft sämtliche Bereiche und Themen wie z. B. Stall- und Entmistungssysteme, Beschattung, Kühlung, Abluftreinigung, Logistik etc.
- Düngemanagement** Eine möglichst vollständige Dichtheit der Wirtschaftsdünger-Lagerstätten wird hergestellt. Mehr Stickstoff verbleibt als wertvoller Nährstoff, deutlich geringere Mengen entweichen in Luft oder Wasser als Emission.
- Effiziente und emissionsarme Ausbringungstechniken werden flächendeckend in Anwendung gebracht. Je nach Morphologie der landwirtschaftlichen Nutzflächen wird eine optimal angepasste Technik für die Praxis entwickelt.

Bedarfs- und standortgerechte Düngung erfolgt zum optimalen Zeitpunkt, am letzten Stand der Technik mit modernsten Methoden. Die Attraktivität von Wirtschaftsdüngern wird (z. B. durch Installation von Wirtschaftsdüngerbörsen) erhöht, daher werden Mineraldünger nur angewendet, wenn kein Wirtschaftsdünger zur Verfügung steht.

Eine zunehmend erdölfreie Landwirtschaft setzt sich durch.

Die Produktion von Stickstoffdüngern aus Erdölprodukten und Erdöl-basierte Bewirtschaftungsmethoden mit hohem Maschineneinsatz sorgen derzeit für ein massives Ungleichgewicht mit insgesamt schlechter Energieeffizienz (höherer Energieinput als Energieoutput der Produkte). Innovative Produkte und Produktionsmethoden führen zu einem erhöhten Output pro Fläche (z. B. die Erschließung alternativer Proteinquellen, wie Algen u. a., moderne hocheffiziente Glashäuser etc.).

Ausgelöst durch eine gesündere Ernährungsweise wird weniger Fleisch konsumiert. Dies geschieht einerseits durch ein höheres Bewusstsein in der Bevölkerung, andererseits durch eine Preisgestaltung, welche die Klimawirksamkeit der Produkte berücksichtigt. Alternative Proteinquellen werden vermehrt angenommen, u. a. für Tiernahrung.

**geändertes  
Konsumverhalten**

Die Menschen geben wieder mehr Geld für ihre Ernährung aus (derzeit nur 12–13 % im EU-Durchschnitt). Durch diese gesündere und wertvollere Ernährung der Bevölkerung sinken im Gegenzug die Ausgaben im Gesundheitswesen.

Eine CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung für Konsumgüter (z. B. Lebensmittel) wird etabliert.

Importiert werden vor allem hochwertige Produkte und Güter, wie Kaffee oder Bananen, die nicht in Österreich hergestellt werden können. Auf große Mengen von Futtermitteln (z. B. Soja aus Übersee) wird verzichtet.

Technologische Entwicklungen und angepasste Methoden in der Praxis sind in sämtlichen Produktionsbereichen erforderlich (Fütterung, Stall, Lagerung, Ausbringung, Pflanzen- und Tierzucht, Bodenkultivierung etc. – siehe oben).

**geänderte  
Produktions-  
methoden**

Etwa 20 % des unbehandelten Wirtschaftsdüngers (große Betriebe und Gemeinschaftsanlagen) werden in Biogasanlagen einer luftdichten Lagerung zugeführt und vergoren. Erneuerbarer Strom und Wärme werden produziert.

Durch gesündere Ernährung der Bevölkerung sinken die Ausgaben für Krankheiten.

## Industrie

Die Ziele der „circular economy“ werden erreicht. Der Verbrauch von Ressourcen wird in der (Öko-)Bilanz berücksichtigt, um Recycling von Edelmetallen und Metallen der Seltenen Erden auch wirtschaftlich zu ermöglichen. Recycling von Batterien erfolgt z. B. durch urban mining oder die Beschränkung auf Batteriemiete mit Rückgabepflicht.

**geringerer  
Rohstoffverbrauch**

Bei der Verwendung von Werkstoffen wird auf die Wiederverwertbarkeit Wert gelegt. Es gibt nur noch sehr wenige Verbundwerkstoffe, die nicht aufgetrennt werden können.

<b>Verleih und Haltbarkeit von Produkten</b>	<p>Die Produkte werden nicht mehr primär verkauft, sondern verliehen. Dadurch übernimmt der Hersteller die Pflichten für Gewährleistung und Instandhaltung, Entsorgung bzw. Wiederverwertung. Geplante Obsoleszenz (Verringerung der Lebensdauer) wird durch geeignete Maßnahmen vermieden.</p> <p>Durch die gemeinsame Nutzung sind weniger Produkte im Umlauf.</p> <p>Die Produkte werden nicht mehr auf ein 100%iges Optimum an Performance konstruiert, sondern so, dass ein Kompromiss zwischen Leistung und Wiederverwendung geschlossen wird. Das Design in modularer Weise ermöglicht ein Upgrade und einen Austausch von Komponenten, sodass nur die kaputten oder nicht mehr funktionalen Teile ersetzt werden.</p> <p>Dadurch steigert sich sowohl der Wert der Produkte als auch die Lebensdauer. Dagegen sinkt die Anzahl vieler Produkte, die im Umlauf sind. Beispielweise werden Bohrmaschinen oder Haushaltsgeräte von vielen Personen genutzt (mit Hilfe sozialer Netzwerke).</p> <p>Technologische Weiterentwicklungen und technische Revolutionen sorgen für Energieeinsparungen pro erzeugtem Stück.</p> <p>Das EU-Eco-Design bezieht nicht nur Energie, sondern u. a. auch Ressourcenschonung, Langlebigkeit, Reparaturfähigkeit und garantierte Gewährleistungen mit ein.</p> <p>Elektrogeräte weisen neben dem energetischen Verbrauch auch die Sicherung gegen Angriffe von außen aus, um Datenangriffe über diese zu verringern.</p> <p>Eine CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung für Konsumgüter (z. B. Lebensmittel) wird eingeführt.</p>
<b>Innovation im Fahrzeugbau</b>	<p>Regelungen werden zeitgerecht erlassen, um die Umstellung der Produktionslinien und Fertigungsstraßen der Fahrzeugindustrie zu ermöglichen, sodass die Unternehmen langfristig in neue Technologien investieren können. Das Gewicht der Fahrzeuge wird reduziert.</p>
<b>alternative Energiequellen in der Produktion</b>	<p>In der Produktion kommt es zu einem vermehrter Einsatz von biogenen Brennstoffen, erneuerbarer Wärme und Strom. Bei der Auswahl der Werkstoffe für Produkte werden auch die Vorketten von Energieverbrauch und Emissionen sowie die Wiederverwertbarkeit berücksichtigt.</p> <p>Die Eisen- und Stahlerzeugung verändert sich vom klassischen Hochofenprozess hin zu Elektrostahl und Direktreduktion über Wasserstoff.</p> <p>Weitere technologische Entwicklungen sind z. B. bei der Papierindustrie, Autoindustrie und Zementindustrie möglich. Prozessemissionen werden durch neue Werkstoffe und Verfahren in Zukunft verringert.</p>
<b>Wechselwirkungen mit anderen Sektoren</b>	<p>Die Maßnahmen im Industriesektor stehen in engem Wechselspiel mit anderen Sektoren:</p> <p>Durch die Vermeidung von Lebensmittelabfällen wird der Düngereinsatz vermindert und damit auch die Düngemittelproduktion. Die geringeren Abfälle haben auch Auswirkungen auf die Nahrungsmittelindustrie.</p> <p>Auswirkungen auf die Industrie haben auch die Investitionen in die Sanierung von Gebäuden, die Wahl der Baustoffe und das Recycling von Baustoffen.</p> <p>Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur haben Auswirkungen auf die Bauindustrie und die Fahrzeugindustrie. Die Umstellung der Produktionslinien und Fertigungsstraßen für Motoren und Batterien betreffen auch viele Zulieferbetriebe.</p>

## Energieversorgung

Energieversorger werden zu Energiedienstleistern. Energie im öffentlichen Raum wird sinnvoll eingesetzt (z. B. Beleuchtungskonzepte). Gebührenrückstellungssysteme bei weniger Verbrauch werden etabliert (z. B. Abfall). Erneuerbare Energieträger werden stark ausgebaut (u. a. durch klimaaktiv erneuerbare Energie).

Um Erzeugungsmengen elektrischer Energie vom Sommer in den Winter zu transferieren, können saisonale Speicher oder permanente chemische Speicher genutzt werden. Für den kurzzeitigen Ausgleich von Lastspitzen sind Kurzzeitspeicher wie Pumpspeicher oder Batterien geeignet.

Unbeschadet der technischen Machbarkeit von Versorgungslösungen ist jedoch immer darauf zu achten, dass die Lösungen den KonsumentInnen (direkt oder indirekt) ökonomisch zumutbar und gesellschaftlich tragfähig sind (z. B. sind bei Biomasse die Nachhaltigkeit und das Schließen der Kreisläufe sicherzustellen).

Auch im Jahr 2050 wird ein Teil des Abfalls noch aus fossilen Quellen stammen. Daher wird ein Teil der in Abfallverbrennungsanlagen erzeugten Menge an Strom (und auch Wärme) als fossile Erzeugung bilanziert. Darüber hinaus werden fossile Energieträger nicht mehr eingesetzt. Erdgas-KWK mit regenerativem Methan werden in Spitzenlastkesseln (v. a. in Winternächten) und back-up-Anlagen eingesetzt.

Die Versorgungssicherheit mit Strom wird durch Regelungen auf europäischer Ebene sichergestellt. Versorgungssicherheit kann in einem vollständig synchronisierten Verbundnetz mit funktionierenden Märkten weitaus effizienter und wettbewerbsorientierter organisiert werden als auf rein nationaler Ebene. Kurzfrist-Strommärkte ermöglichen den grenzüberschreitenden Handel und die Integration erneuerbarer Energieträger sowie neue Geschäftsmodelle für „Reservelösungen“. Flexible Ressourcen (z. B. Spitzenlastkessel) werden entsprechend entlohnt. (Vorschlag Strombinnenmarkt-Richtlinie) Sozial schwache VerbraucherInnen werden durch spezielle Regelungen geschützt.

Verbraucher und Produzent verschmelzen (z. B. Aktivhäuser).<sup>4</sup> Mit dezentralen<sup>4</sup> Speichern kann auch ein Beitrag zur Netzstabilität geleistet werden. In der Schweiz gibt es bereits „Dorfspeicher“.

Regel-/Ausgleichsenergie erfolgt mittels intelligenter digitaler Systeme, um die Integration für alle Formen der erneuerbaren Energieträger zu ermöglichen. Demand Side Management ist über Digitalisierung gut umsetzbar. Neue Geschäftsmodelle sind möglich. Smart Meter sind wohl eher nur ein kleiner Teil der Lösung und der größere ist über Potenziale in der Industrie zu heben.

In Zukunft ist es möglich, jeweils eine Gruppe von z. B. fünf Häusern zu einer Mikrozelle mit einem eigenen Kundenzählpunkt zusammenzuschalten. In diesen Zellen gibt es die Erzeugung von Strom/Wärme, auch in gekoppelter Form. Der Kundenzählpunkt funktioniert also in beide Richtungen. Die Zellen werden

### **Energiedienstleistungen**

### **Strom**

### **Netzstabilität**

### **intelligente digitale Systeme**

### **Mikrozellen**

<sup>4</sup> Das Wort „dezentral“ wird neu definiert und an die künftigen Gegebenheiten angepasst. 0,5–1 MW als Größe und Einsatz zur direkten Versorgung einer Gruppe von Gebäuden und/oder Industrieanlagen wäre eine mögliche Definition. Auf Basis dieser neuen Definition werden auch die Förderungen (und Dauer derselben) festgelegt.

mit einem kleineren Speicher ausgestattet (auf der Betreiberebene gibt es größere Speicher). Somit sind Ausgleiche auf Verteilerebene und Verbraucherebene möglich. Die Steuerung erfolgt über Tarifsysteme.

Die Energieversorger bieten z. B. als Dienstleister an, die Inselbetriebsversorgung zu übernehmen (grundsätzlich wären aber auch andere größere Konzerne denkbar). Die Energieversorger haben den Vorteil, die Gefahr von nicht zulässigen Zugriffen auf die Netze zu minimieren, z. B. durch Hackerangriffe auf Waschmaschinen usw., die mit Passwörtern schlecht gesichert sind. Bei solchen Angriffen werden die Inseln abgekoppelt und somit entweder der Betrieb der Insel oder des Netzes gewährleistet. Dadurch verringert sich die Gefahr flächendeckender Blackouts. Zudem wird das Starten von Netzen erleichtert.

Wärmepumpen und Großwärmepumpen werden genutzt, Mikronetze für Fernwärme mit Biomasse gebaut, Abwärmepartnerschaften mit Industrieanlagen werden geschlossen.

### **Bürgerbeteiligungsmodelle**

Bürgerbeteiligungsmodelle sind gut geeignet, um die Bevölkerung Anteil an den erneuerbaren Energieträgern haben zu lassen. Dies ist auch zentral für die Akzeptanz.

Bei Bürgerkraftwerken (die grundsätzlich zu begrüßen sind) sollte auch bedacht werden, dass dies eine monetäre Umverteilung von den Armen zur Mittelschicht bedeuten kann, wenn bsp. Kraftwerke mit Steuergeldern (i. e. Geld von allen) gefördert werden, aber nur die Teilhaber (i. e. Mittelschicht) von den Gewinnen profitieren. Ein steuerliches Korrektiv, das ökologische wie auch gesellschaftliche Komponenten berücksichtigt und dynamisch ausgerichtet ist, könnte entsprechende Verwerfungen ausgleichen.

Flächenwidmungspläne für erneuerbare Energieträger (Wind, Photovoltaik) werden überarbeitet, um deren Potenziale auszuschöpfen.

### **Energiespeicher**

Power-to-Gas ist als saisonaler Speicher am sinnvollsten, da das bestehende Erdgasnetz genutzt werden kann. Gegen Wasserstoff spricht, dass dazu eine neue Infrastruktur notwendig ist. Ein Teil des Wasserstoffs kann in Erdgasnetze eingespeist werden.

Elektro-chemische Speicher bis 50 MW sind bereits verfügbar, geplant sind Größen bis 100 MW. Diese Einheiten wären primär zur Netzstützung (Primär-, Sekundärregelung) einzusetzen, um Netzschwankungen rasch auszugleichen. Neben Power-to-Gas kann Strom auch in Wärme oder Kälte verwandelt werden. Es ist sinnvoll, das Gas aus Power-to-Gas direkt in Industrieprozessen zu verwenden.

### **Tarifstrukturen**

Geeignete Tarifstrukturen (bezogen auf den Energiepreis oder die Netztarife) erzielen einen Lenkungseffekt, beispielsweise über ein Anreizsystem für EndkundInnen. Die Endverbrauchergeräte sind mit einem Ampelsystem ausgestattet – grün für billigen Strom, rot für höheren Tarif.

Durch den Rückgang im Verbrauch von fossilen Kraftstoffen und Heizöl werden die Kapazitäten für Raffinerien in der EU stark reduziert. Da die Anlage in Schwechat nicht zu den energieeffizientesten gehört, wird sie geschlossen.

Durch die Verfahrensumstellung in der Eisen- und Stahlindustrie werden die Verbräuche fossiler Energieträger stark reduziert.



Das Transportvolumen für den Gastransit wird durch den geringeren Gasverbrauch in der EU ebenfalls reduziert. Die Verdichterstationen werden auf elektrischen Betrieb umgestellt.

### Überlegungen zur Umstellung der Eisen- und Stahlproduktion

Für das Direktreduktionsverfahren mit Wasserstoff werden von der für die Direktreduktion benötigten Energie (2050: insgesamt 27,2 TWh) etwa 90 % als Strom eingesetzt, wovon wiederum etwa zwei Drittel mittels Elektrolyse zur Wasserstofferzeugung eingesetzt werden. Aufgrund von intensiver Forschung und der erforderlichen Dimensionierung der Elektrolyse wird dabei angenommen, dass der Wirkungsgrad der Elektrolyse sich von aktuell 75 % bis zum Jahr 2050 auf 85 % steigern lässt. Aufgrund des im Szenario Transition hinterlegten Ausbaus der erneuerbaren Energieträger, insbesondere Photovoltaik, kommt es zu einer verstärkten Produktion im Sommer bei Tageslicht. Da für die Elektrolyse eine kontinuierliche Strombandbreite benötigt wird, werden folgende Annahmen getroffen:

- Es gibt ein geeignetes Geschäftsmodell zwischen Energieversorgern und Stahlproduzenten, welches Angebot und Nachfrage für Wasserstoff regelt.
- Für die Stahlproduktion stehen ausreichend dimensionierte (chemische) Tagesspeicher zur Verfügung, mit denen die Stromerzeugungsspitzen zu Mittag aufgefangen und in die Nachtstunden transferiert werden können.
- Diese Tagesspeicher leisten auch einen Beitrag zur Netzstabilität und stehen besonders im Winter dem Netzbetreiber als Regenergie zur Verfügung. Dadurch wird der Stahlindustrie vom Stromerzeuger ein günstigerer Stromtarif als anderen Industriebetrieben angeboten.

### **zugrunde liegende Annahmen**

Die Stromerzeugungsprofile werden sich bis 2050 verstärkt so entwickeln, dass im Sommer ein großer Überschuss herrscht (der auch nicht gänzlich durch die Elektrolyseanlagen der Stahlerzeugung abgefangen wird), während im Winter die benötigte Menge nicht bereitgestellt werden kann. Daher werden als saisonale Speicher Power-to-Gas-Anlagen eingesetzt. Diese bestehen aus einer Elektrolyse und nachgelagerter Methanisierung. Dazu werden folgende Annahmen getroffen.

- Da aufgrund von economy-of-scale-Effekten bei der Elektrolyse größere Anlagen deutlich effizienter als kleinere Anlagen sind, wird der Spitzenstrom zu wenigen Anlagen transferiert, wo er über (chemische) Tagesspeicher zur Elektrolyse eingesetzt wird. Die dafür nötigen Übertragungskapazitäten werden in einem funktionierenden europäischen Strommarkt vorausgesetzt.
- Das synthetische Methan wird in Gasspeichern gelagert und im Winter in Erdgasanlagen zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung eingesetzt. Das synthetische Methan kann die vorhandenen Gasnetze nutzen und das natürliche Erdgas schrittweise ersetzen.
- Die Wirtschaftlichkeit der Erdgasanlagen wird durch geeignete Rahmenbedingungen ermöglicht.

Um die Anforderungen und Technologieoptionen der Stahlproduktion und der saisonalen Speicher zu vereinen, sind folgende Annahmen sinnvoll:

- Die Stahlproduktion wird im Winter (teilweise) mit regenerativem Methan statt mit Wasserstoff durchgeführt.

- Dies spart einerseits Verluste bei der Elektrolyse, andererseits bei der Umwandlung von Erdgas (synthetisches oder regeneratives Methan) wiederum zu Strom. Drittens wird der Strombedarf im Winter deutlich gesenkt.
- Da für die Stahlproduktion nunmehr der größte Teil des Strombedarfs im Sommer erfolgt, ist ein weiterer Abschlag beim Preis zulässig.

### **Nicht-energetische Nutzung von Energie**

Regeneratives Methan oder Biogas bzw. andere organische Produkte können auch als Basis für chemische Produkte dienen (Bioökonomie), wenn sie in entsprechender Menge verfügbar sind.

## ANHANG 2 – MAßNAHMEN SZENARIO TRANSITION

### Allgemein

- Internalisierung der externen Kosten bei Energieträgern,
- klare rechtliche Rahmenbedingungen für 2030 und 2050,
- ökologisch-soziale Steuerreform,
- Abschaffung umweltkontraproduktiver Förderungen,
- Schaffung kompakter, flächensparender Siedlungsstrukturen mit funktionaler Durchmischung durch verbesserte Raumplanung und Bauordnungen
- Annahmen
- Dem Szenario liegen weltweit abgestimmte Aktivitäten und Handlungsweisen zugrunde, um das globale Klimaabkommen von Paris zu erfüllen.
- Soziale Entwicklungen führen zu einer Verteilungsgerechtigkeit, Vermeidung sozialer Spannungen, Integration und Gleichberechtigung der Geschlechter (Information, Lohn).
- Umweltgerechtes Verhalten der Bevölkerung,
- Änderung zu einem belastbareren Finanzsystem.

### *Maßnahmen*

### Energie

- Stringentere Umsetzung des EU-Emissionshandels und damit einhergehende Erhöhung der Zertifikatspreise,
- CO<sub>2</sub>-Abgabe im non-ETS-Bereich in gleicher Höhe wie im Emissionshandel ab 2025,
- Fortführung des Energieeffizienzgesetzes,
- Umstellung der Verdichterstationen auf elektrische Antriebe,
- Adaptierung des Ökostromgesetzes, was zu einem Ausbau bzw. Potenzial erneuerbarer Stromerzeugung (bis 2050) führt:
  - Wasserkraft: rd. 47 TWh/a,
  - PV: 26,4 GW (Ausbaupfad U),
  - Wind: 10,5 GW (Anstieg Volllaststunden neu installierter Anlagen auf 2.500 bis 2030 und 2.700 bis 2050),
  - Biomasse: 1000 MW,
  - Biogas: 394 MW.
- Die Energieversorger wandeln sich zu Energiedienstleistern.
- Die Netzstabilität wird durch einen funktionierenden europäischen Markt gewährleistet, für den die entsprechende Infrastruktur bereitgestellt wird. Bedarfseitiges Management leistet auch einen Beitrag zur Stabilität.
- Große Elektrolyseanlagen zur Umwandlung von Strom in Wasserstoff bzw. Synthesegas
- **Abfall:**
  - Reduktion der Abfallverbrennung ab 2025; 2050 bei 50 % der maximalen Kapazität im Jahr 2020,
    - Änderung des biogenen Anteils durch biobased Kunststoffe und Reduktion fossiler Abfallinhaltsfraktionen von 36 % (energetisch) auf 45 %.

### *Maßnahmen*

### *Annahmen*

- **Strom:** Strompreis für Endverbraucher ähnlich wie im Szenario WEM,
- bilanzielle **Stromautarkie** ab 2030,
- Stromimporte im Winter nur während der Mittagsstunden (ab 2030),
- steigender Anteil von **PV-Anlagen mit Speichern** (2050: 100 % der Neuinstallationen mit Speicher),
- 50 % der Projekte der Pumpspeicherkapazitäten der Liste „in Planung“ von Österreichs Energie (Stand: 02/2017) werden realisiert,
- Auslaufen der Erdöl- und Erdgasförderung, der Raffineriekapazitäten.

## Industrie

- Maßnahmen**
- Stringentere Umsetzung des EU-Emissionshandels und damit einhergehende Erhöhung der Zertifikatspreise,
  - CO<sub>2</sub>-Abgabe im non-ETS-Bereich in gleicher Höhe wie im Emissionshandel ab 2025,
  - Fortführung des Energieeffizienzgesetzes,
  - Beschluss des Circular Economy Packages zu einer Kreislaufwirtschaft,
  - Erweiterung der Öko-Design Richtlinie auf Produkte zur verpflichtenden Umsetzung von Langlebigkeit, modularem Bau, Möglichkeiten zum Upgrade und Wiederverwertung im Produktionsprozess,
  - CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung und Einpreisung für Konsumgüter.
- Annahmen**
- **Konsum**
    - Geänderte Nutzung von langlebigen, hochqualitativen Produkten („sharing economy“, Leasing, Re-Use, Upgrade, Recycling) und damit auch Veränderung der Produktionsprozesse – hocheffiziente Nutzung der eingesetzten Energien und Ressourcen (verbessertes Recycling).
  - **Produktion**
    - Schaffung günstiger Wettbewerbsbedingungen und eines starken Heimatmarktes in der EU für die Entwicklung von neuen Technologien, die für die Dekarbonisierung und die Energiewende zentral sind.
    - Stahl: Umstellung auf Direktreduktion,
      - Zement: Reduktion des Klinkeranteils; 50 % neue Baustoffe,
      - Papier: Dampf zur Faseraufschlammung,
      - Glas: Elektrowannen.

## Verkehr

- Maßnahmen**
- Klimaaktiv mobil „Mobilitätsmanagement für alle Akteure“,
  - Mobilitätsmanagement ÖV: Ticketkosten – 50 %, Intervall verdoppelt,
  - Infrastrukturausbau und Qualitätsverbesserung für Fußgänger und Radverkehr,
  - Verdichtung der Raumplanung ab 2020,
  - flächendeckendes Road Pricing ab 2031 mit einer linearen Steigerung bis 0,3 Euro/km im Jahr 2050,

- Tempolimits innerorts 30/außer Orts 80/Autobahnen 100,
- Investitionen für Oberleitungen und Schienenverkehr,
- ordnungsrechtliche Begrenzung von Treibhausgas-Emissionen in den Flotten
  - **Pkw** 100 % Neuzulassung von CO<sub>2</sub> freien Antrieben ab 2030 ,
  - **LNF** 100 % Neuzulassung von CO<sub>2</sub> freien Antrieben ab 2035,
  - **SNF (3,5–40 t)** 100 % Neuzulassung von CO<sub>2</sub> freien Antrieben ab 2040,
- Diesel-Preisanpassung an Benzin über MöSt-Angleichung in drei Schritten (2020, 2024, 2028),
- Umwelt-Abgabe zur Internalisierung externer Kosten zur Treibstoffpreisanpassung an Ausland,
- ordnungsrechtliche Maßnahmen
  - zur Verlagerung von Kurzstreckenflüge auf die Bahn,
  - zur Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schien,
  - zur Begrenzung von Treibhausgas-Emissionen von offroad-Geräten,
- vollständige Elektrifizierung der Verdichterstationen.
- Annahmen
- Verfügbare Biokraftstoffmengen unverändert zu Szenario WEM; Biokraftstoffe für offroad, Randanwendungen in schwere Nutzfahrzeuge (SNF) und Flugverkehr,
- Einschleifen der Güterverkehrs-Leistung ab 2030
  - Erhöhung Tonnenkilometer (Tkm) Inland gesamt um ca. 25 % gegenüber 2015,
- Verlagerung von + 15 Mrd. Tkm auf die Schiene
  - Annahme: Kapazität Bahnzielnetz 2050 bei 40 Mrd. Tkm,
  - Flugverkehr: Verlagerung der Kurzstreckenflüge auf den Bahnverkehr; Nutzung moderner Kommunikationstechnologien statt Dienstreisen,
  - Tanken von Wasserstoff ist an ca. 10 Anlagen verteilt über Österreich möglich (Betankungs-Terminals für SNF). Diese werden über eine Ringversorgung bedient und sind gekoppelt mit Elektrolyseanlagen.

## Gebäude

### Raumordnung und Siedlungsstrukturen:

### *Maßnahmen*

- **Energieraumplanung:**
  - Förderung von Mehrgeschoß-Wohnbau: Anstieg von Gebäuden mit höherem Volumen/Oberflächen-Verhältnis (MehrfamilienWG),
  - Verdichtung von Siedlungsflächen (höheres Fernwärmepotenzial).
- **Ersatzneubau** in Regionen mit niedrigem Wachstum und Verdichtung im Zentrum: Vorzeitiger Abriss von etwa 4,5 % der EinfamilienWG, 3 % WG mit 2 Wohneinheiten.
- Reduktion der Nutzflächen im Neubau pro Wohneinheit: – 20 % pro Wohneinheit.

### **Fiskalpolitische Maßnahmen:**

- **Anpassung der Förderhöhen:** Förderung von tiefer Sanierung
- **Anpassung der Förderbudgets**
  - Höheres Förderbudgets für Sanierungen und Heizungssysteme (Neubau wie auch Sanierung)
  - Förderbudgets im Neubaubereich wie im Szenario WEM
- CO<sub>2</sub>-Steuer und Energiesteuer

### **Ordnungspolitik**

- **Verbot neuer Ölkessel** ab 2018,
- **verpflichtender Austausch von bestehenden Ölkesseln** ab 2022 innerhalb von 8 Jahren (Mindestalter 20 Jahre; + 2 Jahre Umsetzungsfrist),
- die Option des Umstiegs von fossilem Öl auf fossiles Gas wird deutlich reduziert,
- **Sanierungsfahrplan:** Verpflichtung zur Setzung von Maßnahmen in „einem angemessenem Zeitraum“ (10 Jahre), wenn Gebäude länger nicht saniert wurde (~ 25 Jahre) und thermisch schlecht sind, ist ab 2020. Pinselsanierung ist für diese Gebäude nicht mehr erlaubt!
- Sanierung gemäß OIB Nationaler Plan, Gebäude mit Stuckfassade: HWB nach Sanierung > 110 kWh/m<sup>2</sup>:
  - ab 2020:  $71 \times (1 + 2,5 /lc) = 190 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$  bei  $lc=1,5$ ,
  - ab 2025:  $49 \times (1 + 2,5 /lc) = 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$  bei  $lc=1,5$ ,
  - ab 2030:  $41,5 \times (1 + 2,5 /lc) = 110 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$  bei  $lc=1,5$ ,
  - ab 2035:  $32 \times (1 + 2,5 /lc) = 85 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$  bei  $lc=1,5$ ,
  - ab 2040:  $28,5 \times (1 + 2,5 /lc) = 75 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$  bei  $lc=1,5$ .
- **Verpflichtende Erneuerbaren Quote:**
  - Neubau: 40 % im Jahr 2021 im Neubau-WG steigt alle 5 Jahre um 5 %-Punkte auf 70 % im Jahr 2050. Nicht-WG Neubau: 5 %-Punkte niedriger,
  - Renovierter Bestand ab 2021: 70 % der Verpflichtung des Neubaus,
  - Bestand (Auslösetatbestand: Heizkesseltausch): ab 2030, 65 % der Verpflichtung des Neubaus: WG: 2030: 32 %, 2050: 45 %.

### **Annahmen Information:**

- **Transparente Kommunikation von zukünftiger Preis- und CO<sub>2</sub>-Steuererwartungen:** Akteure führen die Entscheidung unter Erwartung einer Energiepreissteigerungsrate von 2,5 % p.a. durch.

### **Landwirtschaft**

#### **Maßnahmen**

- Verstärkte Berücksichtigung von Treibhausgas-Aspekten bei Förderungen auf nationaler Ebene und auf Ebene der Europäischen Union,
- sehr ambitionierte Maßnahmen zur Vermeidung von Stickstoffverlusten,
- Forcierung von Zweinutzungsrindern (Milch und Fleisch) und verstärkte Beweidung des Viehs,
- weitere Ausweitung der Biolandwirtschaft,
- standortangepasste Produktion und Kreislaufwirtschaft,

- optimierte Nutzung von Wirtschaftsdüngern (z. B. mittels Güllebörsen) und deutliche Reduktion des Mineraldüngereinsatzes,
- gesündere Ernährung der Bevölkerung mit hochwertigen pflanzlichen Produkten und reduziertem Fleischkonsum,
- Erschließung alternativer Proteinquellen mit deutlich geringerer CO<sub>2</sub>-Intensität (z. B. Algen), z. B. für die Tiernahrung.
- Die Nachfrage nach pflanzlichen Produkten steigt, jene nach tierischen Produkten sinkt, Lebensmittelabfälle werden reduziert. In Anlehnung an den nationalen Zielpfadrechner, Level 4, <http://www.klimarechner.at>, wurde folgende Auswirkung auf den Tierbestand angenommen (Veränderung pro Jahr 2015–2050): Milchkühe (– 0,3 %), Mutterkühe (– 2 %), übrige Rinder (– 0,6 %), Schweine (– 0,6 %), Geflügel und restliches Vieh (– 0,6 %).
- Die Milchleistung pro Milchkuh wurde mit 8.000kg im Jahr 2050 gedeckelt.
- Fütterungsmaßnahmen führen zur Reduktion der durchschnittlichen N-Ausscheidung/Tier von Schweinen und Hennen um 10 % ab 2030 und 20 % ab 2050.
- Fütterungsmaßnahmen führen bei den Mastrindern zur Reduktion der durchschnittlichen N-Ausscheidung/Tier um 5 % ab 2030 und um 10 % ab 2050.
- Fütterungsmaßnahmen führen bei den Rindern zu einer Reduktion der durchschnittlichen verdauungsbedingten Methan-Emissionen/Tier um 5 % ab 2030 und um 10 % ab 2050.
- Der Weideanteil der Rinder verdoppelt sich bis 2050.
- Im Rinderbereich werden die Güllebehälter im Jahr 2030 zu 80 % mit fester Abdeckung verschlossen (Rest: Schwimmdecke). Im Jahr 2050 beträgt der Anteil an fester Abdeckung 95 % (Rest: Schwimmdecke).
- Im Schweinebereich beträgt die feste Gülleabdeckung im Jahr 2030 90 % und im Jahr 2050 98 %.
- Im Jahr 2030 werden 5 % vom unbehandelten Fest- und Flüssigmist in Biogasanlagen behandelt. Ab 2050 sind es 25 % (das sind 20 % vom gesamten anfallenden Stickstoff).
- Stickstoffverluste bei der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen werden bestmöglich vermieden (z. B. durch bodennahe Ausbringung, unmittelbares Einarbeiten in den Boden etc.).
- Die Effizienzmaßnahmen bewirken eine Halbierung des Mineraldüngereinsatzes bis 2050 (Basis 2015).
- Die Effizienzmaßnahmen bewirken weiters einen Rückgang bei der Auswaschung von Stickstoff im Boden mit Auswirkung auf die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen. Die Leaching-Rate geht von derzeit 15 % auf 9 % im Jahr 2050 zurück.

## **Annahmen**

## ANHANG 3 – KOPPLUNG VON MODELLEN UND KURZBESCHREIBUNGEN DER MODELLE

Zur Beantwortung der Fragen, die sich aus dem Transformationsprozess bis zum Jahr 2050 ergeben, ist die Verschneidung von bestehenden ökonomischen top-down- und technischen bottom-up-Modellen notwendig. Wesentliche methodische Fragestellungen bei solchen Kopplungen von Modellen werden untersucht und erläutert.

### Möglichkeiten der Kopplung von Modellen

Grundsätzlich kann man bei der Kopplung von Modellen zwischen „weichen“ und „harten“ Kopplungen unterscheiden.

**weiche Kopplung** In weichen Kopplungen werden die Modelle unabhängig voneinander (zumeist nacheinander) bearbeitet und die Ergebnisse (Output) des einen Modells als Input für die Berechnungen eines anderen Modells verwendet.

**harte Kopplung** In harten Kopplungen werden die beiden Modelle über eine Schnittstelle verbunden und laufen gleichzeitig. Der Output des einen Modells wird als Input des anderen verwendet, der Output des zweiten Modells hat Auswirkungen auf das erste Modell. So werden die Ergebnisse iterativ verändert, bis sie stabil sind.

Zwischen weicher und harter Kopplung sind einige Zwischenstufen möglich, etwa die Verwendung gleicher Eingangsdaten oder Effizienzparameter.

**Voraussetzungen** Für eine erfolgreiche Kopplung von Modellen ist vorab sicherzustellen, dass

- die gleichen Eingangsparameter für die Rahmenparameter (z. B. Dollarkurs) und Grundparameter (z. B. Bevölkerungsdaten) verwendet werden,
- die gleiche oder eine kompatible Ausgangsbasis (z. B. Bestandsdaten von Gebäuden oder Flotten) verwendet werden,
- die grundsätzlichen Trends ähnlich verlaufen,
- Maßnahmen sich in ähnlicher Weise auf die Trends auswirken.

### Vor- und Nachteile der Kopplung von Modellen gegenüber Einzelmodellen

Neben der Verschneidung von top-down- und bottom-up-Ansätzen ist auch die Verbindung von technischen und ökonomischen Betrachtungen sinnvoll. Die Kopplung bietet die Möglichkeit, dass ein Modell nicht mehr die gesamte Technik bzw. Ökonomie abbilden muss, sondern nur noch entweder Technik und rudimentäre Ökonomie bzw. Ökonomie und rudimentäre Technik. Dies sorgt dafür, dass die Modelle handhabbar und überschaubar und die Rechenzeiten in einem vertretbaren Rahmen bleiben.

**Vorteile** Eine Kopplung von Modellen hat den Vorteil, dass Antworten auf spezifische Fragestellungen gegeben werden können. Je größer der Bereich ist, den das Modell abdeckt, desto aggregierter sind die Einzeldaten, mit denen es arbeiten muss. Werden verschiedene Modelle verwendet, können diese sehr detaillierte Daten verwenden. Umso detaillierter und qualitativ hochwertiger die Eingangsdaten sind, desto einfacher ist es im Normalfall, die Wirkung von Maßnahmen oder Instrumenten abzuschätzen.



Ein Vorteil eines Gesamtmodells (und damit ein Nachteil der Kopplung) ist, dass alle Änderungen von Daten implizite Auswirkungen auf alle anderen Bereiche haben.

Durch die Beteiligung mehrerer Partner kommt es zu einem erhöhten Kommunikationsbedarf und die Berechnungen dauern länger. Andererseits führt das Einbringen von Expertise aus mehreren Fachbereichen auch zu einem Informationsaustausch und Diskussionen, die das Gesamtergebnis üblicherweise deutlich verbessern. Auch für die Kommunikation der Ergebnisse und die Außenwirkung ist ein breites Konsortium von ExpertInnen zumeist von Vorteil.<sup>5</sup>

## **Herausforderungen**

### **Beispiele für Modellkopplungen**

Auch international ist die weiche Kopplung von Modellsystemen üblich. So übernimmt z. B. für die Energie- und Emissionsszenarien der EU das PRIMES-Modell die ökonomischen Daten aus dem GEM-E3, es fließen aber keine Auswirkungen aus dem PRIMES-Modell in die ökonomischen Betrachtungen zurück. Ebenso verhält es sich beim GAINS-Modell, das Energiedaten aus PRIMES, Verkehrsdaten von TREMOVE und Landwirtschaftsdaten aus CAPRI übernimmt, wobei aber der Einsatz von Sekundärreduzierungstechnologien keine Auswirkungen auf die Ökonomie, Energie oder sonstigen Bereiche hat.

Eine harte Kopplung von Modellen ist bisher nicht bekannt.

### **Best practice – Energieszenarien 2017**

In den aktuellen Energieszenarien 2017 werden vom Projektkonsortium folgende Modelle und Module verwendet:

- DYNK (WIFO/CESAR),
- MARS (TU Wien/IVV),
- NEMO, GEORG (TU Graz/IVT),
- Elektromobilität (Umweltbundesamt),
- Invert/EE-Lab (TU Wien/EEG/e-think),
- TIMES (AEA),
- EISSEE (Umweltbundesamt)
- Module für Photovoltaik, Abfallverbrennung, Autoproducer, Raffinerie, Verdichterstationen (Umweltbundesamt).

Für den Sektor Verkehr werden die Modelle MARS, NEMO, GEORG und DYNK miteinander gekoppelt.

## **Verkehr**

Im Modell MARS können Raumordnungsmaßnahmen sehr gut abgebildet werden (wie viele Fahrzeuge sind wo unterwegs), die Stärke von NEMO liegt in den technischen Daten der Fahrzeuge (wieviel Energie brauchen und welche Emissionen verursachen diese Fahrzeuge). Ergänzt wird das System von einem

---

<sup>5</sup> Sollte das Konsortium nicht geschlossen nach außen auftreten, ist dies natürlich ein großer Nachteil.

Modul des Umweltbundesamtes zur Anzahl der Elektrofahrzeuge (inkl. Hybrid). Das MARS-Modell liefert Ergebnisse zum Modal Split und Fahrzeugaufkommen für den Personenverkehr nach den jeweiligen Strecken und Straßenrängen (Landstraße, Bundesstraße, Autobahn), die vom NEMO-Modell über Effizienzparameter in Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen (plus Emissionen von anderen Luftschadstoffen) umgerechnet werden.

Der Link zum ökonometrischen Input-Output-Modell DYNK erfolgt einerseits über einen Bestandabgleich der aktuellen Flotten in Österreich und andererseits über den Abgleich der Veränderungen der Fahrzeugeffizienz in den kommenden Jahren. Im MARS-Modell werden die Haushaltseinkommen und die BIP-Entwicklung aus DYNK verwendet. Alle Modelle verwenden die gleichen Kraftstoffpreise.

Der Offroad-Bereich (Landwirtschaft, Industrie) wird im Modell GEORG abgebildet. Es verwendet die industrielle Entwicklung aus DYNK als Eingangsparameter.

Auch in die Entwicklung des Güterverkehrs im Modell NEMO finden die wirtschaftlichen Parameter aus DYNK Eingang.

**Gebäude** Für den Sektor Gebäude werden die Modelle INVERT EE/Lab und DYNK miteinander gekoppelt. Der Bedarf Raumwärme und Warmwasser wird mit dem INVERT EE/Lab berechnet, der Strombedarf für Kleingeräte und Dienstleistungen mit dem DYNK.

Der Link zwischen den beiden Modellen erfolgt über die Gebäudebestandsdaten (Alter, Heizungsarten), den Heizwärmebedarf und die Verbesserung durch Sanierungsaktivitäten. In beiden Modellen werden die gleichen Energiepreise und Förderhöhen (z. B. Wohnbauförderung) verwendet. Im DYNK wird die Rückkopplung der Sanierungsaktivitäten auf die Baustoff- und Baubranchen gewährleistet.

**Energieversorgung** Für den Sektor Energieversorgung werden die Modelle TIMES und DYNK miteinander gekoppelt. Ergänzt wird das System durch das Modell EISSEE und Module für Photovoltaik, Abfallverbrennung, Autoproducer, Raffinerie und Verdichterstationen.

Der **Bedarf an Strom- und Fernwärme** ergibt sich aus Berechnungen der Teilströme von INVERT EE/Lab (Gebäude Raumwärme, Warmwasser), NEMO (beweglicher Verkehr), EISSEE (Metallerzeugung) und DYNK (Industrie, Landwirtschaft, Kleingeräte), den Modulen für Raffinerie, Autoproducern (Verbrauch des Sektors Energie) und Verdichterstationen (stationärer Verkehr) sowie TIMES selbst (Verbrauch des Sektors Energie, Transportverluste).

Das Modell TIMES bildet die **Erzeugung von Strom- und Fernwärme** aus öffentlichen Anlagen ab. In die Berechnungen inkludiert werden die Ergebnisse der Module für Photovoltaik, Abfallverbrennung, Autoproducer und EISSEE. Die Verknüpfung mit DYNK erfolgt über die Erzeugungstechnologien. Alle Modelle und Module verwenden die gleichen Energie- und Zertifikatspreise.

**Industrie** Für den Sektor Industrie werden das EISSEE-Modell und das DYNK-Modell miteinander gekoppelt. Das Modell EISSEE liefert auf Basis der wirtschaftlichen Entwicklung der Branche aus dem DYNK technologiebasierte Detaildaten für die Eisen- und Stahlindustrie zum energetischen Endverbrauch, Umwandlungs-

einsatz, Umwandlungsausstoß, Verbrauch des Sektors Energie, Transportverlusten und nicht energetischem Verbrauch. Diese Daten werden ins Modell DYNK übernommen. Für beide Modelle wurden die gleichen Energie- und Zertifikatspreise verwendet.

## **Ausblick**

In einem Antrag zum 10. Call des ACRP (kli.en) von Umweltbundesamt und WIFO wird die Kopplung von Modellen ebenfalls thematisiert. Geplant ist, statt einem „soft link“, wie in den bisherigen Projekten zu den Energieszenarien üblich, einen „hard link“ von DYNK und System Dynamics Modulen zu Photovoltaik und Stromverbrauch durchzuführen. Über eine gemeinsame Plattform/Modellarchitektur (z. B. GAMS) sollen die Modelle abwechselnd aufgerufen werden, um Iterationen zwischen den Modellergebnissen durchzuführen. Dadurch können Feedback-Effekte in den jeweiligen Modellen berücksichtigt werden.

Dies wäre ein erster Schritt zu einer großangelegten Kopplung zwischen dem makro-ökonomischen Modell und spezifischen bottom-up-Modulen, die über eine gemeinsame Plattform in Wechselwirkung treten und sich untereinander beeinflussen.

Ein solcher „hard link“ sorgt für eine ideale Abstimmung zwischen den Modellen. Dadurch wird auch ausgeschlossen, dass verschiedene Eingangsparameter verwendet werden können.

## **Kurzbeschreibungen der Modelle und exogenen Berechnungen**

### **Modell auf Basis von TIMES – AEA**

Die Modellierung der öffentlichen Strom- und Fernwärmeaufbringung wurde von der Austrian Energy Agency (AEA) durchgeführt und erfolgte in den Kategorien Wasserkraft, Ökostromanlagen und fossile Kraft- und Heizwerke. Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Endbericht der AEA (AEA 2017).

***Strom- und Fernwärmeaufbringung***

### **Charakterisierung und Systemgrenzen**

Das Modell der AEA bildet den Energiefluss von der Primärenergieaufbringung über verschiedene Umwandlungsstufen bis hin zur Nutzenergie ab. Bestimmender Faktor des Energieflusses ist neben den zur Umwandlung eingesetzten Technologien die Entwicklung der Nachfrage nach einzelnen Nutzenergietypen, die wiederum von der Entwicklung verschiedener makro-ökonomischer Faktoren (wie Bruttowertschöpfung und Bevölkerungswachstum) bestimmt wird.

***Energiefluss***

### **Inputdaten (für dieses Projekt)**

- Zertifikatspreise,
- Energiepreise,
- Energiebilanzen,
- Strombedarfsprofile,
- Wasserstoffbedarf.

### **Outputdaten (für dieses Projekt)**

- öffentliche Strom- und Fernwärmeaufbringung,
- Erzeugung von Wasserstoff und synthetischem Methan.

### **Anwendung**

#### **Modellgenerator TIMES**

Zur Entwicklung dieses Gesamtmodells des Energiesystems wurde der von der Internationalen Energieagentur entwickelte Modellgenerator TIMES eingesetzt. Dieses Modellierungswerkzeug wird weltweit zur Erstellung von regionalen, nationalen und globalen Energiesystemmodellen für die Entwicklung von Energie-szenarien verwendet.

### **Modell INVERT/EE-Lab – TU Wien/EEG und e-think**

#### **Energiebedarf**

Die Modellierung des Energiebedarfs von Raumwärme und Warmwasserbereitung sowie Kühlung in Gebäuden der Privathaushalte und Dienstleistungen wurde von der EEG (Energy Economics Group der TU Wien) in Zusammenarbeit mit e-think durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Endbericht der EEG (EEG & E-THINK 2017).

### **Charakterisierung und Systemgrenzen**

- Weiterentwicklung für Österreich aus dem Modell INVERT (Einsatz von Fördermitteln im Vergleich zu einem Referenzszenario, siehe [www.invert.at](http://www.invert.at)),
- Simulationsmodell – bottom-up-Modellierung,
- Modellierungsumfang bzw. Systemgrenzen: Gebäudebestand Österreichs (Heizung, Warmwasser), wobei die Sektoren Haushalte und Dienstleistungen (Wohngebäude und Nichtwohngebäude) abgebildet werden,
- Das Modell besteht im Wesentlichen aus einer disaggregierten Abbildung des Bestandes an Gebäuden in Österreich. Dieser Gebäudebestand wird zunächst in Gebäudeklassen (Alter/Größe/Renovierungsstand) abgebildet, die wiederum in mehrere Gebäudesegmente (Kombination mit Heiz- und Warmwassersystemen und Modellregionen: Stadt/Land) unterteilt werden. Die Gebäudesegmente werden im Modellalgorithmus einem jährlichen Entscheidungsverfahren unterzogen, um Technologien bzw. Maßnahmen (neue Heiz-/Warmwassersysteme, Dämmung Bauteile, Fenstertausch) einzusetzen. Ausgewählt wird die Maßnahme, die unter ökonomischen Aspekten am attraktivsten erscheint, wobei nicht-ökonomische Entscheidungsparameter über einen stochastischen Verteilungsansatz berücksichtigt werden.
- Datenstand für Österreich: 2012.

### **Inputdaten**

- Preisszenarien für Energieträger,
- Fördersysteme bzw. -höhen,
- Gebäudebestand (Teil des Modells),
- Investitions- und Betriebskosten von Heizsystemen und Sanierungsmaßnahmen (Teil des Modells),
- Neubauraten.

### **Outputdaten**

- Endenergiebedarf nach Energieträgern,
- Sanierungsraten ergeben sich endogen bis zu allfällig definierten Höchstgrenzen für verschiedene Maßnahmen und Gebäudetypen,
- Investitionssummen für Heizsystemwechsel bzw. energetische Sanierungsmaßnahmen,
- Ausgaben für Energieträger,
- Förderkosten.

### **Anwendung/Referenzen**

Umfassendere Analysen zu alternativen energiepolitischen Instrumenten bzw. deren Ausgestaltungen wurden von den Autoren im Projekt ENTRANZE (IEE/11/922/SI2.615942) durchgeführt (KRANZL et al. 2010, 2011, MÜLLER & BIERMAYR 2011).

### **Modell NEMO – TU Graz/IVT**

Die Projektionen erfolgten erstmals mit dem Simulationsprogramm NEMO (Network Emission Model). NEMO wurde am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz für die Berechnung von Emissionsausstoß und Energieverbrauch auf Verkehrsnetzen nach dem aktuellsten Stand der wissenschaftlichen Methoden entwickelt. Nachfolgend sind die Methoden und Funktionalitäten kurz dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in DIPPOLD et al. (2012) Endberichten des IVT der TU Graz zur Luftschadstoff-Inventur und den Projektionen (IVT 2015, 2016, 2017).

***Verbrauchs-,  
Emissions- und  
Verkehrsdaten***

### **Charakterisierung und Systemgrenzen**

Die Bilanzierung erfolgt dynamisch in Jahresschritten über frei wählbare Berechnungszeiträume. NEMO verknüpft eine detaillierte Berechnung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte mit fahrzeugfeiner Verbrauchs- und Emissionssimulation. In einem ersten Schritt berechnet NEMO die Zusammensetzung der inländischen Fahrzeugflotte nach Bestands- und Fahrleistungsanteilen. Die Unterteilung der Fahrzeugflotte in sog. Fahrzeugschichten basiert auf Bestandsstatistiken und erfolgt dabei nach emissions- bzw. energieverbrauchsrelevanten Kriterien.

### **KEX Modul (Kraftstoff-Export Tool)**

KEX ist ein Tool zur Schätzung der Änderung der Inlandsnachfrage und des Kraftstoffexportes in Kfz. KEX verwendet als unabhängige Variablen: BIP, Bevölkerung, Exportquote sowie Benzin- und Dieselpreise im In- und Ausland. Berechnet wird damit die Menge an Verbrauch österreichischen Kraftstoffes im In- und Ausland. KEX wird in den Szenarien verwendet, um die zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Inland als Funktion von BIP, Bevölkerung und Kraftstoffpreisen abzubilden und um die zukünftigen Mengen an in Kfz exportiertem Kraftstoff zu berechnen. Der Inlandsverbrauch wird mit dem Verkehrsmodell NEMO aus der Verkehrsnachfrage berechnet (KEX umfasst dazu ein sehr vereinfachtes statistisches Tool während NEMO die vorgegebenen Technologien bei Kfz-Neuzulassungen, deren Flottendurchdringung und die Effekte auf Verbrauch und Emissionen abbildet).

***Kraftstoffverbrauch  
Inland und Ausland***

Für die KEX-Prognose wurde in dieser Studie die historische Abweichung von KEX-Modell und tatsächlichem Kraftstoffverkauf berücksichtigt, um damit Sprünge von der aktuellen OLI hin zur Prognose bestmöglich zu vermeiden.

### **Empfehlung**

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Verwendung des KEX-Modells für NEMO mit der bisherigen GLOBEMI-Kalibrierung (Vorgängermodell), die noch immer auf das Jahr 2006 zurückgeht, größeren Unsicherheiten unterliegt. Es wird dringend empfohlen das KEX-Modell für die Verwendung mit NEMO zu überarbeiten und gemeinsam mit einer aktuellen Analyse der Inlandsfahrleistung, welche ebenfalls größeren Unsicherheiten unterliegt, abzustimmen.

### **Inputdaten**

- Fahrzeugkategorie (z. B. Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Solo-Lkw, ...),
- Antriebsart (z. B. Ottomotoren, Dieselmotoren, elektrische Antriebe),
- Größenklasse (Unterscheidungsmerkmal z. B. Hubraum oder höchstzulässiges Gesamtgewicht),
- Technologieklasse (i. A. Gesetzgebung nach der das Fahrzeug erstzugelassen wurde, ggf. in Kombination mit der eingesetzten Technologie, z. B. bei SNF: „EURO V mit SCR“),
- zusätzliche (nachgerüstete) Abgasnachbehandlungssysteme (z. B. Partikelkatalysator),
- verwendeter Kraftstoff,
- spezifischer Energieverbrauch der Kfz (Benzin, Diesel bzw. elektrische Energie je Kfz- bzw. Personen- oder Tonnen-km),
- spezifische Emissionsfaktoren,
- spezifische Jahresfahrleistung.

### **Outputdaten**

- Gesamte Jahresfahrleistungen,
- gesamte Verkehrsleistungen (Personen- und Tonnenkilometer),
- gesamter Energieverbrauch des Straßenverkehrs,
- gesamte Emissionen der Kfz-Flotte; berechnet werden die Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sowie alle gängigen Luftschadstoffe (NO<sub>x</sub>, Partikel, SO<sub>2</sub>, NMVOC usw.) sowie Verdunstungsemissionen.

## **Modell GEORG – TU Graz/IVT**

### **Energieeinsatz und Emissionen mobiler Maschinen**

Der Energieeinsatz und die Emissionen mobiler Maschinen und Geräte der Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Industrie, Haushalte und im Gartenbereich werden für das Bundesgebiet Österreich mit dem Modell GEORG (Grazer Emissionsmodell für Offroad-Geräte) berechnet.

### **Charakterisierung und Systemgrenzen**

- Die Bestandsmodellierung erfolgt automatisch in Jahresschritten.
- Die Emissionsfaktoren werden nach Jahrgängen der Erstzulassung vorgegeben („Abgasklassen“).

- Die Abhängigkeit des Emissionsniveaus von der Motorenart, der tatsächlich benötigten Motorleistung, dem Baujahr des Motors, der jährlichen Einsatzzeit und vom Alter des Gerätes wird berücksichtigt.

#### **Inputdaten**

- Gesamtbestand,
- Ausfallwahrscheinlichkeiten,
- Neuzulassungsanteile nach Motorenart.

#### **Outputdaten**

- Das Programm GEORG ermittelt die Altersstruktur des Bestandes über Ausfallwahrscheinlichkeiten. Es wird dabei der Bestand für jede Kategorie nach Jahr der Erstzulassung und Antriebsart (Diesel > 80 kW, Diesel < 80 kW, Otto-4-Takt, Otto-2-Takt) berechnet.
- Die gesamten Emissionen und der Kraftstoffverbrauch werden aus Emissionsfaktoren [g/kWh Motorleistung] berechnet. Die durchschnittliche Motorleistung wird dabei für jede Fahrzeugkategorie vorgegeben.

### **Modell MARS – TU Wien/IVV**

Im Rahmen verschiedener Projekte wurde am Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik des Instituts für Verkehrswissenschaften (IVV) der Technischen Universität Wien das dynamische, integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodell MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) entwickelt (PFAFFENBICHLER 2003, 2008).

MARS ist ein dynamisches, integriertes Flächennutzungs- und Verkehrsmodell. Das heißt, MARS modelliert nicht den Gleichgewichtszustand eines Zieljahres, sondern vielmehr den Pfad dorthin iterativ in diskreten Zeitschritten. Die technischen Grundlagen von MARS liegen in der Disziplin „System Dynamics“, welche in den 1950er-Jahren von John Forrester und Kollegen am MIT begründet wurde. MARS

#### **System Dynamics**

- ist sowohl ein qualitatives als auch ein quantitatives Modell,
- ist ein strategisches und daher räumlich relativ hoch aggregiertes Modell,
- kann sowohl als urbanes als auch als regionales oder nationales Modell verwendet werden.
- ist ein transparentes Modell („White Box“ im Gegensatz zu „Black Box“).
- berücksichtigt neben den motorisierten Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmern auch die nicht motorisierten.

Des Weiteren versucht MARS alle relevanten Rückkopplungen sowohl innerhalb des Verkehrssystems als auch zwischen Verkehr und Raum zu berücksichtigen. Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Endbericht des IVV der TU Wien zu den Projektionen (IVV 2017).

Das Verkehrsmodell deckt entsprechend dem strategischen Charakter nur die ersten drei Stufen eines klassischen vierstufigen Verkehrsmodells ab. Diese sind:

- Verkehrserzeugung,
- Verkehrsverteilung, d. h. Zielwahl, und
- Verkehrsaufteilung, d. h. Verkehrsmittelwahl.

Auf die Stufe der Verkehrsumlegung, d. h. Routenwahl, wurde aufgrund des strategischen Charakters und der Anforderung kurzer Laufzeiten bewusst verzichtet.

### Inputdaten

- Skalar­daten des Basisjahres gültig im gesamten Untersuchungsgebiet, wie Arbeitsstunden je Monat (h/m), Geschwindigkeit verschiedener Wegzwecke (km/h), Kosten MIV (Euro/km) etc.,
- Vektordaten auf Ebene der Verkehrszelle (Bezirk) wie Fläche (km<sup>2</sup>), Anzahl der EinwohnerInnen, Anzahl der Beschäftigten am Wohnstandort, Personen je Haushalt, Haushaltseinkommen (Euro/Monat) etc.,
- Matrixdaten zwischen den Verkehrszellen (Bezirken), wie durchschnittliche Entfernung zu Fuß, mit dem Fahrrad, dem Bus, der Bahn und dem motorisierten Individualverkehr (km), durchschnittliche Geschwindigkeit Bus, Bahn und motorisierter Individualverkehr zur Spitzenstunde und außerhalb der Spitzenstunde (km/h) etc.,
- Zeitreihe Szenariovariablen Gesamtösterreich wie Anteil E-Pkw (%), Verbrauch E-Pkw, Strompreis (Euro/kWh), Veränderung des Pkw-Besetzungsgrades (% p. a.)
- Wachstumsraten auf Ebene der Verkehrszelle (Bezirk), wie Veränderung der Zahl der EinwohnerInnen (% p. a.), Veränderung der Zahl der Personen je Haushalt (% p. a.), Veränderung des Haushaltseinkommens (% p. a.) etc.,
- Änderungs­raten auf Ebene der Matrix Verkehrszelle – Verkehrszelle wie Entfernung motorisierter Individualverkehr (% p. a.), Geschwindigkeit im öffentlichen Verkehr (% p. a.).

### Outputdaten

- Modal Split nach Wegen,
- Personenkilometer nach Verkehrsmittel,
- Pkw-Fahrleistungen nach Straßenkategorie innerorts, überland/außerorts und Autobahn.

### Interaktion der Modelle

Im Szenario Transition ist die Interaktion der zwei Modelle NEMO und MARS für die Abschätzung des energetischen Endverbrauchs des Personenverkehrs von besonderer Bedeutung. Die Maßnahmensimulation im Personenverkehr erfolgte dabei mit dem Modell MARS in enger Abstimmung mit dem Umweltbundesamt. Die resultierenden Pkw-Fahrleistungsdaten wurden vom IVT der TU Graz für die Bedatung des Modells NEMO verwendet.

Die im Endbericht des IVV dargestellten Ergebnisse aus MARS sind Standard-Ergebnisse bei Einführung aller Maßnahmen zwischen 2020 und 2030. Für die Endversion des Szenarios Transition wurde die Einführung einiger Maßnahmen nach hinten verschoben bzw. verlängert. Das Potenzial erstreckt sich in den Endergebnissen auf 30 Jahre, nicht wie im MARS-Modell ursprünglich angenommen auf 10 Jahre.

Der Motorisierungsgrad als Output des NEMO-Flottenmodells sowie die Abschätzungen zur Entwicklung der Elektromobilität wurden im Modell MARS unverändert übernommen. Der Besetzungsgrad wurde gleich wie im WEM-Szenario angenommen.



### Modell EISSEE – Umweltbundesamt

Der Umwandlungseinsatz in der Eisen- und Stahlherstellung sowie der Verbrauch des Sektors Energie und der energetische Endverbrauch wurden mit einem technologie- und kostenbasierten Modell des Umweltbundesamtes (EISSEE<sup>6</sup>) auf Basis der Wirtschaftsentwicklung (CESAR & WIFO 2017) ermittelt. Die Bilanzaggregate wurden mit dem Industriemodell DYNK abgestimmt. Abbildung 8 veranschaulicht die Funktionsweise des Modells.

### Eisen- und Stahlherstellung

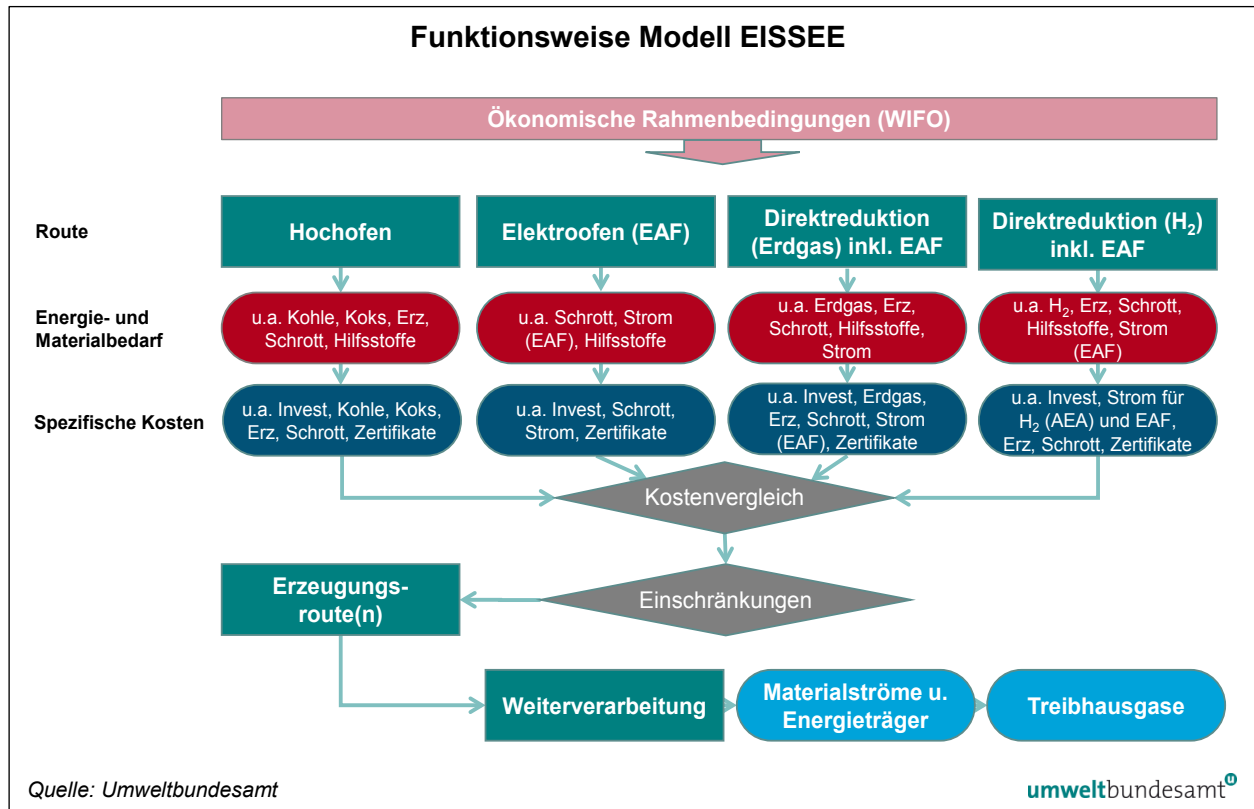


Abbildung 8: Funktionsweise Modell EISSEE (Subsektor Eisen- und Stahlherstellung).

<sup>6</sup> Eisen und Stahl Szenarien für Energie und Emissionen

Tabelle 17: Annahmen für die Erzeugung von Rohstahl (ohne Weiterverarbeitung).

	Hochföfenroute	Elektrostahl	Direktreduktion Erdgas	Direktreduktion Wasserstoff
Systemgrenzen	Kokerei, Sinteranlage, Hochföfen, Stahlwerk  Strom- und Fernwärmeproduktion als Export, Export von Restgasen (Kokerei-, Gichtgas) wie Erdgas berücksichtigt	Elektroöfen	Direktreduktion und Elektroöfen (Betrieb Direktreduktion prinzipiell mit Erdgas, H <sub>2</sub> und synthetischem CH <sub>4</sub> möglich); Heißeinsatz von Direktreduktionseisen in Elektroöfen  Einsatz von heimischen Erzen nicht möglich	
Effizienz	Reduktionsmitteleinsatz 14,7 GJ/t Roheisen; lineare Verbesserung	bestehende Anlagen: Effizienzverbesserung  neue Anlagen: Berechnung anhand ETS Benchmark mit linearer Effizienzverbesserung	10 GJ/t Direktreduktionseisen; lineare Verbesserung ab Einsatz der Technologie; sonst wie Elektrostahl	
Schrotteinsatz (bezogen auf Eisenträger)	22 %; Einsatz in Stahlwerk	Anstieg Gesamtschrotteinsatz (EAF und andere Routen) von etwa 30 % auf 41 %	22 %; Einsatz in Elektroöfen	
weitere Annahmen	Einsatz von importierten Direktreduktionseisen steigt im Szenario WEM: bis 2020 auf 0,8 Mio. t/a; läuft im Szenario Transition aus;	Begrenzung Schrotteinsatz hat nur Auswirkungen auf Elektrostahl (Primärerzeugung konstanter Schrotteinsatz)		Wasserstoffherstellung <sup>7</sup> : Wirkungsgrad bis 2050 auf 85 % steigend; teilweise Umwandlung in synthetisches CH <sub>4</sub>

### Annahmen Eisen- und Stahlproduktion

Für die Herstellung von Rohstahl (ohne Weiterverarbeitung) wurden vier Erzeugungsrouten betrachtet und mittels Kostenmodell wurde entschieden, welche Technologie zum Einsatz kommt. Die Energie- und Materialströme wurden anhand von Input-/Outputbilanzen ermittelt, wobei nach Datenverfügbarkeit die zeitliche Entwicklung bis 2050 berücksichtigt wurde. Inputdaten sind Energie- und Materialströme und Kostendaten zu Energie und Material, Investitionen und Löhnen sowie ETS-Zertifikaten. Wichtige Datengrundlage sind Statistik Austria, Worldsteel und BAT-Referenzdokumente. Die Weiterverarbeitung von Rohstahl zu Produkten wird getrennt modelliert. Generell wird in der Regel eine lineare Effizienzverbesserung von 0,5 % p. a. zugrunde gelegt. Einschränkungen, wie Verfügbarkeit von Strom aus Erneuerbaren oder Verfügbarkeit und Verarbeitungskapazität von Schrott wurden berücksichtigt. Weitere wesentliche Annahmen sind in Tabelle zusammengefasst. Rahmenbedingungen finden sich auch in Anhang 1.

<sup>7</sup> Modellierung durch AEA (Modell auf Basis von TIMES – AEA)

## Modell DYNK – WIFO/CESAR

Die Szenarien werden mit einem DYNK-Modell („Dynamic New Keynesian“) der österreichischen Wirtschaft durchgeführt, das folgende Charakteristika aufweist:

- (i) Es hat einen Input-Output Kern mit 59 Sektoren und 47 Konsumkategorien. Die Effekte auf Beschäftigung und Output der einzelnen Szenarien liegen auf Branchenebene vor.
- (ii) Es zeigt sozio-ökonomische Effekte, da der Haushaltssektor, sowohl Einkommen als auch Konsumausgaben betreffend, auf der Ebene von fünf Haushaltseinkommensgruppen (Quintile) modelliert ist.
- (iii) Die österreichische Energiebilanz ist voll in das ökonomische Modell integriert, die gesamtwirtschaftlichen Faktoren, die den Energieverbrauch treiben (BIP, Pkw-Bestand etc.) beruhen daher nicht auf Annahmen, sondern auf Modellergebnissen.

Die Methodik besteht darin, die Technologie des Sektors gemäß der Input-Output-Struktur des DYNK-Modells als gewichtete Summe der eingesetzten bottom-up-Technologien zu spezifizieren. Technischer Wandel bedeutet entweder eine Verschiebung der Anteile der (fixen) Technologien oder eine erhöhte Produktivität in den bottom-up-Technologien. Die Inputs in den Technologien umfassen auch den Faktor Kapital und importierte Güter, sodass auch Verlagerung von Investition und Produktion und „carbon leakage“ erfasst werden. Technischer Wandel wird von den Kosten der Technologien und der Verfügbarkeit – die die Diffusionsrate bestimmt – beeinflusst.

## Modell PASMA – WIFO

PASMA verwendet die Methode der Positiven Mathematischen Programmierung (PMP). Die wertschöpfenden Aktivitäten im Sektor Landwirtschaft werden auf Basis von Marktpreisen und Grenzkosten optimiert. Wichtige Datengrundlage sind die Agricultural Outlooks von OECD und FAO. PASMA berücksichtigt die Instrumente der EU-Agrarpolitik (GAP) und alle relevanten Maßnahmen des österreichischen Programms für Ländliche Entwicklung (LE 14-20).

**Wertschöpfung  
Sektor Landwirtschaft**

## Modul Photovoltaik – Umweltbundesamt

Die Entwicklung der installierten Leistung an Photovoltaikanlagen wurde mittels eines System-Dynamics-Modells simuliert. Die Berechnung basiert auf einem Marktdiffusionsmodell (BASS 1969), in welchem die Kauf- bzw. Investitionsentscheidung mittels logistischer Regression für Privathaushalte sowie über einen LCOE<sup>8</sup>-Ansatz für kommerzielle Anlagen implementiert wurde. Die zukünftigen Modulpreise wurden auf Basis der bisherigen Lernkurve und Annahmen zum weltweiten Ausbau (IEA 2010) abgeschätzt.

**System-Dynamics-  
Modell**

Das Modell wurde anhand historischer Daten kalibriert und damit die Entwicklung bis 2050 simuliert.

---

<sup>8</sup> Levelised Costs of Energy (Stromgestehungskosten)

## Exogene Berechnungen

Einige Berechnungen für die Energieszenarien wurden außerhalb der Modelle (exogen) berechnet. Diese Daten wurden als Input für die jeweiligen Modelle verwendet oder in die Gesamtübersicht eingearbeitet.

### Modul Abfallverbrennung – Umweltbundesamt

Die Abfallmenge, die künftig zur Verbrennung gelangen wird, wurde auf Grundlage der gemeldeten Abfalleinsätze der großen Müllverbrennungsanlagen und industriellen Verbrennungsanlagen (Jahre 2014 und 2015) abgeschätzt. Folgende Annahmen wurden getroffen:

#### **zugrunde liegende Annahmen**

Neben inländischem Abfallaufkommen wird es zwecks Auslastung der Anlagen auch zu Importen von Abfällen kommen. Es wird angenommen, dass die in Betrieb gegangenen Anlagen ausgelastet werden. Nach Fertigstellung der geplanten Anlage findet keine weitere Steigerung des Abfalleinsatzes statt (d. h. bei Steigerung des inländischen Aufkommens gehen die Importe im gleichen Ausmaß zurück).

Ein Abgleich mit dem Basisjahr 2015 der Energiebilanzen 1970–2015 wurde vorgenommen. Klärschlamm, Altholz und Altpapierfraktionen werden den biogenen Brenn- und Treibstoffen zugeordnet.

### Modul Verdichterstationen – Umweltbundesamt

#### **Energiebedarf**

Die Verdichterstationen werden in der Energiebilanz dem Verkehr zugeordnet. Das Umweltbundesamt hat auf Basis verfügbarer Daten eine Abschätzung des Energiebedarfs bis zum Jahr 2050 getroffen. Dafür wurde angenommen, dass die neuen Anlagen einen deutlich höheren Wirkungsgrad haben als die bestehenden. Dies liegt unter anderem an dem vermehrten Einsatz von elektrisch betriebenen Verdichtern. Diese Anlagen zeigen insbesondere im Teillastbetrieb deutliche Vorteile hinsichtlich Wirkungsgrad und Bandbreite. (Gemäß Hersteller GE OIL & GAS<sup>9</sup> ist gegenüber konventionellen Verdichtern gleicher Größe eine Minderung an CO<sub>2</sub>-Emissionen von über 60 % möglich). Des Weiteren sind durch den Ausbau bestehender Gasleitungen mittels parallel geführter Rohrleitungen (loops) weitere Energieeinsparungen möglich (Minderung des Reibungswiderstandes). Seit 2013 unterliegen die Anlagen dem EU-Emissionshandel.

Für das Szenario Transition wurde die vollständige Elektrifizierung der Stationen bis 2050 angenommen.

### Industrielle Eigenstromerzeuger – Umweltbundesamt

Die Erzeugung von Strom, Prozess- und Fernwärme der industriellen Eigenstromerzeuger (Unternehmen mit Eigenanlagen) wurde vom Umweltbundesamt berechnet. Ausgangspunkte bildeten Daten der Statistik Austria (STATISTIK AUSTRIA 2016) und das Produktionswachstum der industriellen Branchen (CESAR & WIFO 2017).

---

<sup>9</sup> Pressemitteilung vom 11. November 2009.

Der in einzelnen Energieträgern angegebene Umwandlungseinsatz für Strom- und Fernwärmeerzeugung in Unternehmen mit Eigenanlagen wurde für die Jahre 2010–2014 auf einzelne Branchen aufgeteilt. Dieser Energieträgermix wurde bis 2030 fortgeschrieben.

### **Umwandlungseinsatz**

Der Umwandlungseinsatz der Eisen- und Stahlindustrie (Kraftwerk, Hochofen und Kokerei) wurde mit einem technologiebasierten Modell des Umweltbundesamtes ermittelt (EISSEE, siehe oben).

Für den Umwandlungseinsatz von Ablauge wurden folgende Annahmen auf Basis der Daten der Austropapier (AUSTROPAPIER 2016) getroffen:

Mit einem Szenario für die Entwicklung des Produktionswertes der Papier- und Zellstoffindustrie (NACE 21) und der chemischen Industrie (NACE 24) wurde die Entwicklung der Papierproduktion bis zum Jahr 2050 berechnet (CESAR & WIFO 2017). Das ermittelte Verhältnis des Anfalls an Ablauge zur Papierproduktion wurde bis zum Jahr 2050 fortgeschrieben. Auch das Verhältnis zwischen Umwandlungseinsatz und energetischem Endverbrauch wurde bis 2050 fortgeschrieben.

### **Papierproduktion**

## **Modul Alternative Kraftstoffe im Verkehr inkl. Elektromobilität – Umweltbundesamt**

Im Szenario WEM wurde die Entwicklung von CNG (Erdgas), LPG (Auto- bzw. Flüssiggas) und Wasserstoff bis 2035 als alternative Kraftstoffe konservativer abgebildet als noch in der Energiestrategie Österreich (BMWFJ & BMLFUW 2010) angenommen, da Neuzulassungsdaten auf keinen unmittelbaren Durchbruch dieser Energieträger schließen lassen. Annahmen liegen dem Projekt „Treibstoffpfade 2020“ zugrunde (BMLFUW 2014). Aktuelle Informationen sind im Jahresbericht „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“ (BMLFUW 2017) zu finden.

Das Szenario WEM basiert auf einem Flottenmodell für die Entwicklung von Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen (BEVs – Battery Electric Vehicle) und Plug-In Hybrid-Fahrzeugen (PHEVs) (UMWELTBUNDESAMT 2016a). Eine umfassende Bedarfsanalyse wurde für den Zeitraum bis 2035 durchgeführt. Die Evaluierung befasst sich mit der zeitlichen Entwicklung der Auswirkungen von fünf potenziellen Hemmschwellen für die Registrierung von Elektrofahrzeugen:

### **Elektromobilität Szenario WEM**

- Anzahl der verfügbaren Fahrzeugmodelle,
- Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur,
- Fahrzeugkosten,
- Reichweite,
- subjektive Einstellung der Öffentlichkeit gegenüber Elektromobilität.

Zudem wurden bisher geplante Maßnahmen und Anreize auf Grundlage früherer Studien über die Entwicklung der Elektromobilität berücksichtigt (UMWELTBUNDESAMT 2010, 2015a). Viele Maßnahmen und Initiativen zum flächendeckenden Ausbau der Elektromobilität wurden bereits gesetzt. Hervorzuheben sind insbesondere:

- Der Umsetzungsplan Elektromobilität als gemeinsame Initiative von drei Ministerien (BMLFUW, BMVIT, BMWFJ),
- das Programm klimaaktiv mobil,
- der Klimafonds (Forschungsförderung und anwendungsbezogene Förderung wie beispielsweise Modellregionen).

Mittels politischer Maßnahmen könnten kurzfristig vor allem die Kosten (durch lenkende Besteuerung) und mittelfristig die Infrastruktur (Vorbereitung von Standards und Rahmenbedingungen sowie Bau und Begünstigung von Ladeinfrastrukturen) angepasst werden.

**70.000 E-Pkw im Jahr 2020**

Der Anteil der Elektromobilität am gesamten Pkw-Bestand beträgt im Jahr 2020 1 % (70.000 Fahrzeuge). Durch die Umsetzung werden bis 2020 1,4 PJ eingespart, 2035 erreicht der Flottenbestand an Elektro-Pkw (reinelektrisch und Plug-In Hybride) laut Abschätzung rund 2 Mio.

**Elektromobilität Szenario Transition**

Im Szenario Transition werden ab 2030 nur noch Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) neu zugelassen. Ab 2035 gilt dies auch für leichte Nutzfahrzeuge. Für schwere Nutzfahrzeuge werden ab 2040 nur noch CO<sub>2</sub>-freie Antriebe zugelassen. Diese setzen sich aus BEV, Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeugen, Biokraftstoffen und Elektrifizierung über Oberleitungen zusammen. Im Jahr 2050 sind E-Fahrzeuge die vorherrschende Technologie mit 100 % Anteil an der gesamten Pkw-Flotte.

**Biokraftstoffe**

Die Annahmen bzgl. der Produktionsmengen von Biokraftstoffen bis 2050 bleiben im Vergleich zum Szenario WEM unverändert. Durch die starke Zunahme an Elektro-Fahrzeugen, werden immer mehr fossil betriebene Fahrzeuge durch Strom substituiert, wodurch Biokraftstoffe aufgrund der nicht benötigten Beimengung zu fossilem Diesel und Benzin verfügbar werden. Verfügbares HVO (Hydrated Vegetable Oil) wird in erster Linie in SNF (v. a. Randanwendungen) eingesetzt.

Die anderen verfügbaren Biokraftstoffmengen (Pflanzenöl und Biodiesel) werden in mobilen Maschinen des Offroad-Verkehrs verwendet (v. a. in größeren Maschinen > 80 kW, die nicht zu 100 % elektrifiziert werden können). Die verbleibenden Biokraftstoffmengen werden im Flugverkehr eingesetzt. Die Produktion von Biotreibstoff wird qualitativ an die Erfordernisse des Flugverkehrs angepasst.

**Flugverkehr**

**Energiebedarf**

In Zusammenarbeit mit dem ökonometrischen Input-Output-Modell DYNK des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung (CESAR & WIFO 2017) wurde für die verschiedenen NACE-Sektoren in Österreich der Energiebedarf für Flugbenzin und Kerosin in der Luftfahrt abgeschätzt. Die Projektion basiert auf den Schlüsselannahmen, wie z. B. jährliches BIP-Wachstum oder durchschnittliches Haushaltseinkommen.

**Szenario WEM**

Nach der abgeschwächten Konjunktorentwicklung belief sich im Szenario WEM der Gesamtverbrauch von Flugbenzin und Kerosin auf 31 PJ im Jahr 2015. Zwischen 2015 und 2035 ergibt die durchschnittliche jährliche Steigerung des Energiebedarfs im Flugverkehr eine deutlich geringere Rate von 0,5 % p. a. im Vergleich zum WEM-Szenario 2015. Der Energieverbrauch sinkt zwischen 2015 und 2025 zuerst leicht und steigt danach langsam wieder, da das hinterlegte Wachstum des Ölpreises in den ersten zehn Jahren etwas höher ist und zudem das jährliche Wirtschaftswachstum zwischen 2015 und 2020 noch unter den 1,5 % p. a. liegt. Effizienzsteigerungen beim Energieverbrauch sind im Modell DYNK berücksichtigt.

Im Szenario Transition werden ca. 65 % aller Kurzstreckenflug-Kilometer bzw. 33 % der gesamten Flug-Kilometer, beginnend mit 2021 schrittweise auf die Bahn verlagert. Basis der Berechnungen sind die Starts ab Flughafen Wien Schwechat (VIE) mit Zieldestination innerhalb und außerhalb Österreichs bis 1.500 km (Großkreisentfernung) im Jahr 2015. Der Umstieg inkludiert auch den nationalen Flugverkehr innerhalb Österreichs, der ab 2030 keine planmäßigen Linienflüge mehr aufweist. Der Biokraftstoffeinsatz im Jahr 2050 im Flugverkehr beträgt 7,3 PJ. Zwischen 2015 und 2050 sinkt der Endenergieverbrauch im Flugverkehr um 30 %.

### ***Szenario Transition***

## ANHANG 4 – DETAILERGEBNISSE EISEN- UND STAHLERZEUGUNG

Anhand des in Anhang 3 beschriebenen kostenbasierten Technologiemoells EISSEE wurden Energiebedarf und Treibhausgas-Emissionen für die Eisen- und Stahlindustrie berechnet. Die in Kapitel 2 angeführten Ergebnisse für den Energiebedarf im Szenario WEM bzw. im Szenario Transition werden hier mit weiteren Ergebnissen ergänzt.

### Produktion und Einsatzstoffe

Während im **Szenario WEM** die Produktion kontinuierlich steigt und die Struktur der Einsatzstoffe (in Form der Eisenträger Roheisen, Schrott und importiertes Direktreduktionseisen) weitgehend unverändert bleiben, kommt es im Szenario Transition nach 2035 bei einem Rückgang der Produktion zu einer Transformation zu kohlenstoffarmen Technologien.

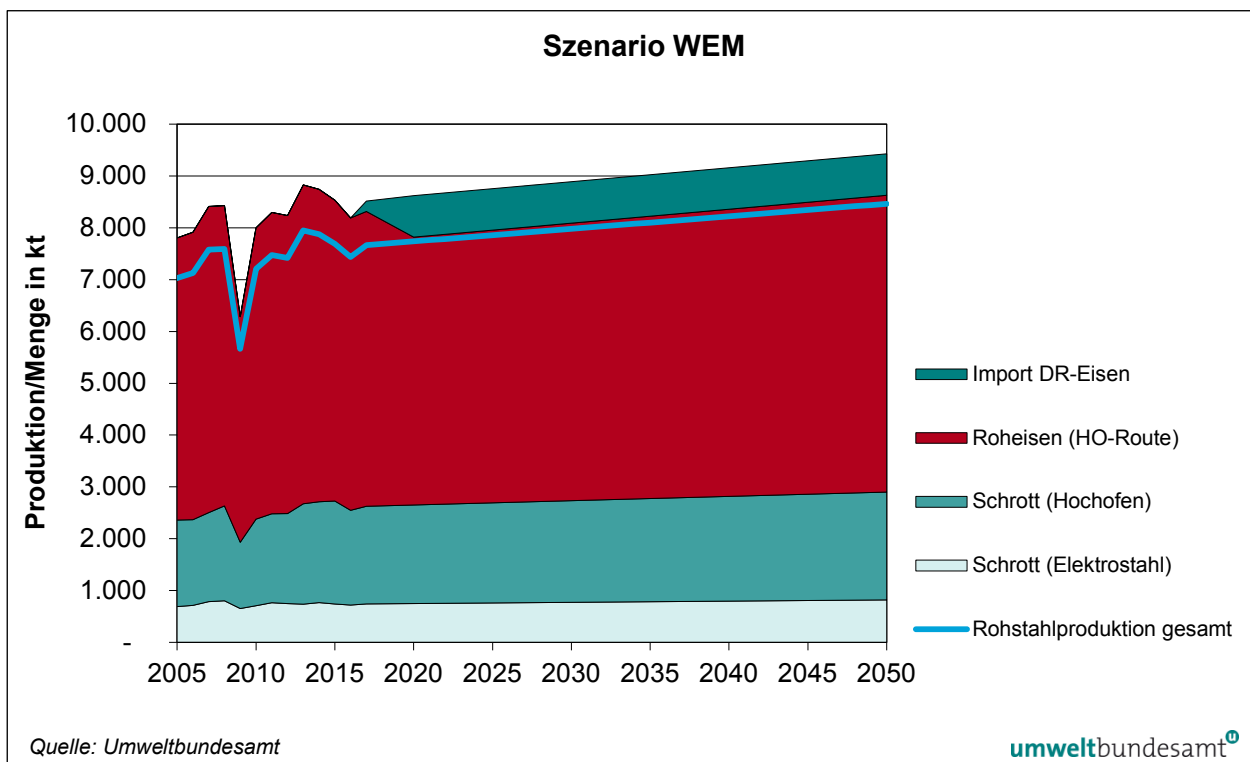


Abbildung 9: Rohstahlproduktion und Struktur der Einsatzstoffe im Szenario WEM.  
DR-Eisen: Direktreduktionseisen; HO-Route: Hochofenroute.

Insbesondere wird im **Szenario Transition** die Hochofenroute durch die Direktreduktion (zunächst auf Basis Erdgas, später zunehmend auf Basis Wasserstoff) ersetzt. Durch die Herstellung von Direktreduktionseisen vor Ort und die damit verbundenen energetischen Vorteile wird der Import von Direktreduktionseisen eingestellt. Das mit der Direktreduktion hergestellte Eisen wird in Elektroöfen zu Stahl verarbeitet. Durch die zusätzlichen Kapazitäten kann der gesamte Schrottanteil nach 2035 deutlich steigen.



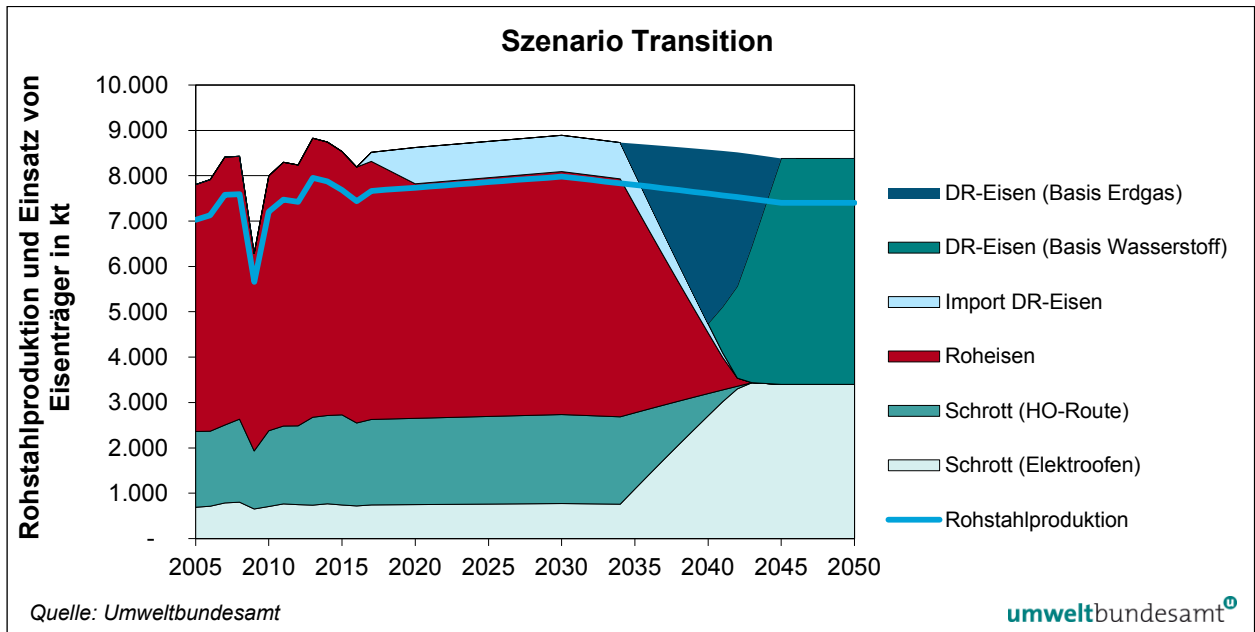


Abbildung 10: Rohstahlproduktion und Struktur der Einsatzstoffe im Szenario Transition.  
DR-Eisen: Direktreduktionseisen; HO-Route: Hochofenroute.

Während der Energieeinsatz im Szenario WEM im Wesentlichen konstant bei knapp 120 PJ bleibt, sinkt er im Szenario Transition auf etwa 100 PJ (inkl. Berücksichtigung der Umwandlungsverluste aus der Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff). Dies ist vor allem durch eine niedrigere Produktion als im Szenario WEM und durch einen höheren Anteil von Elektrostahl bedingt.

**Gesamtenergieeinsatz**

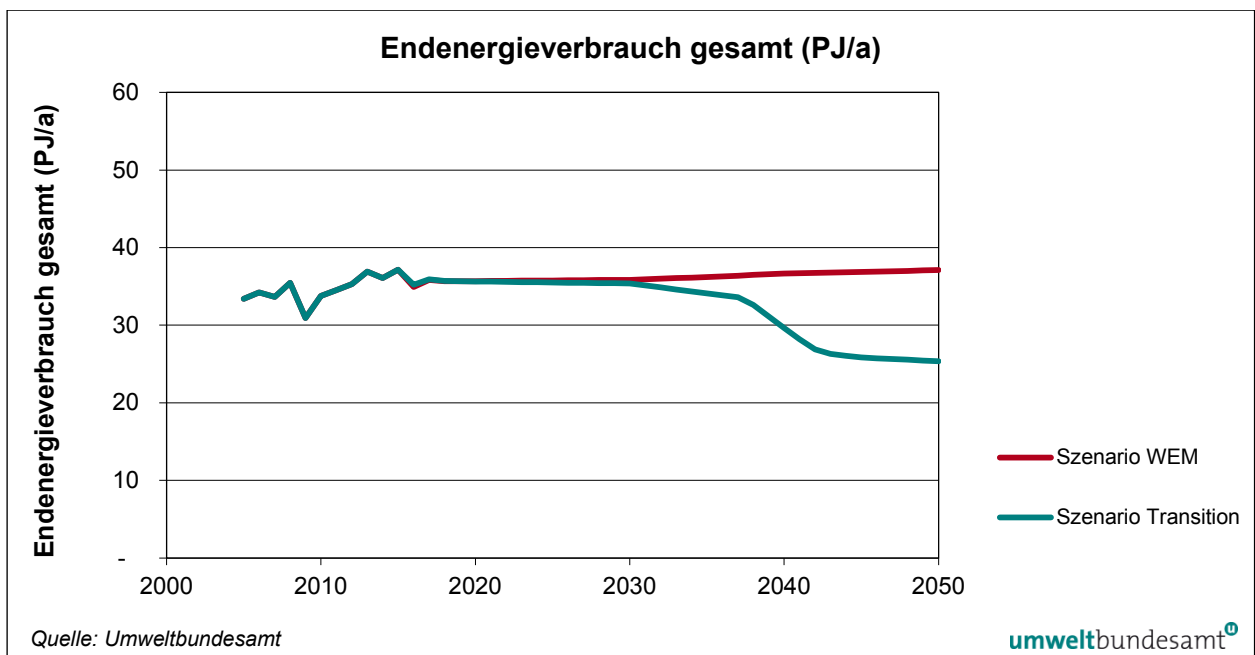


Abbildung 11: Gesamtenergieeinsatz der Eisen- und Stahlherstellung in den Szenarien WEM und Transition.

Der Gesamtenergieeinsatz ergibt sich aus der Herstellung von Flüssigstahl (Verbrauch des Sektors Energie), der Weiterverarbeitung und Sinteranlage (energetischer Endverbrauch) und Umwandlungsverlusten. Letztere ergeben sich in der Hochofenroute insbesondere aus der Herstellung von Koks aus Kohle und der Umwandlung von Koks in Gichtgas im Hochofen. Im **Szenario Transition** ergeben sich Umwandlungsverluste zudem aus der Herstellung von Wasserstoff bzw. synthetischem Methan aus Strom. Dabei liegen die Umwandlungsverluste der Herstellung von Wasserstoff (bzw. von synthetischem Methan) aus Strom und Umwandlungsverluste der Hochofenroute in einer vergleichbaren Größenordnung.

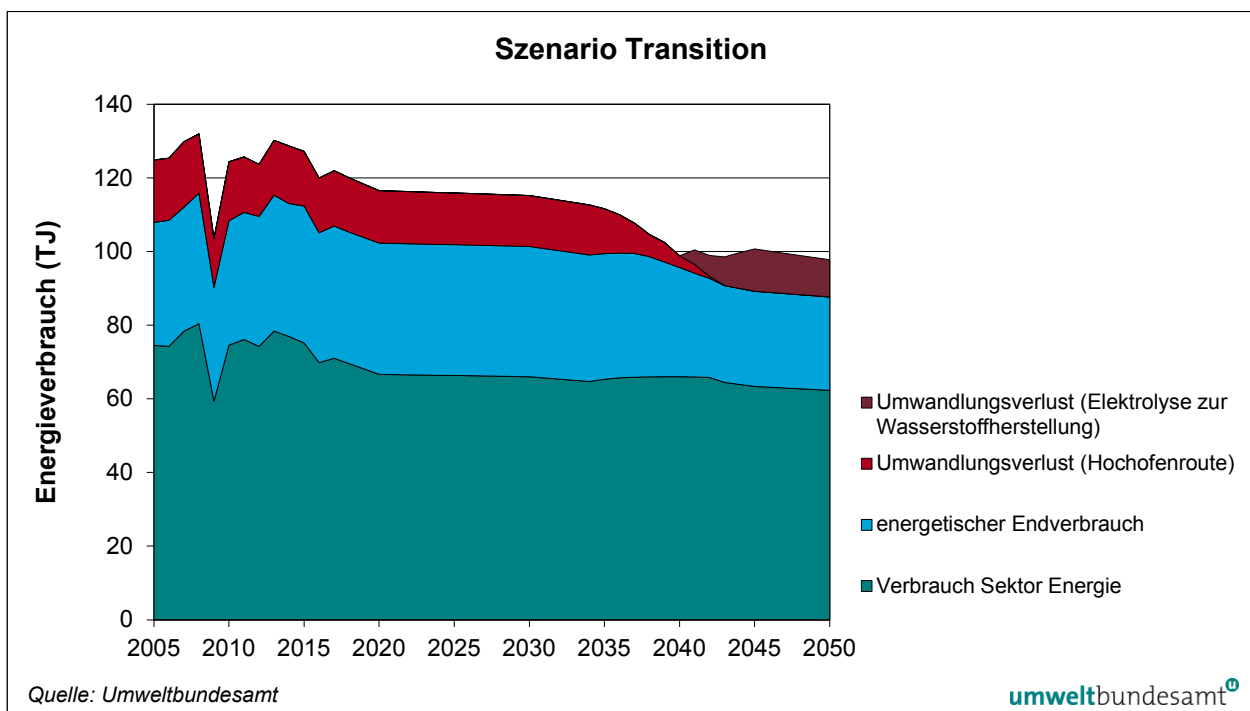


Abbildung 12: Verbrauch Sektor Energie, Umwandlungsverluste und energetischer Endverbrauch der Eisen- und Stahlherstellung im Szenario Transition.

Der deutliche Rückgang des energetischen Endverbrauchs nach 2035 im Szenario Transition ist vor allem darin begründet, dass bei der Direktreduktion keine Sinteranlage eingesetzt wird.

**eingesetzte Energieträger**

Im **Szenario WEM** ist der Energieeinsatz hauptsächlich durch den Einsatz von Kohle (zur Umwandlung von Koks in der Kokerei und zum direkten Einsatz im Hochofen) und Koks (vor allem Einsatz im Hochofen) geprägt. Darüber hinaus werden in der Elektrostahlroute Strom und Erdgas und in der Weiterverarbeitung von Rohstahl neben Strom und aus Kohle bzw. Koks abgeleitete Restgasen vor allem Erdgas eingesetzt.

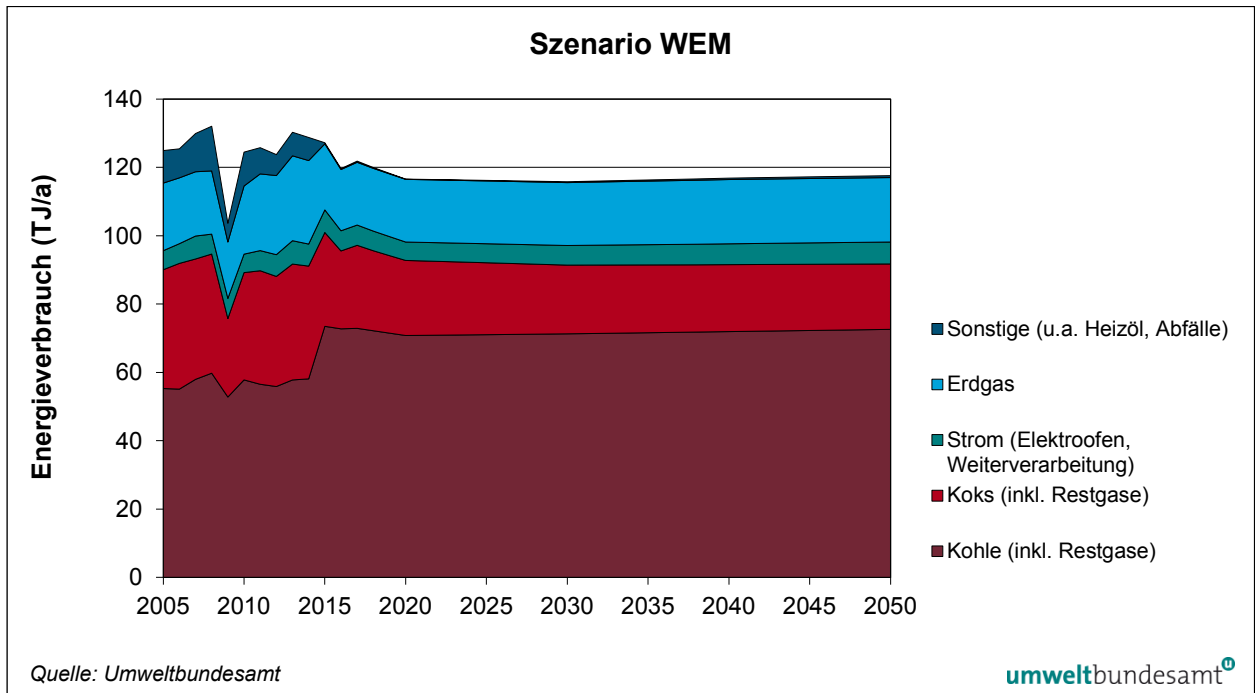


Abbildung 13: Energieträgerstruktur im Szenario WEM.

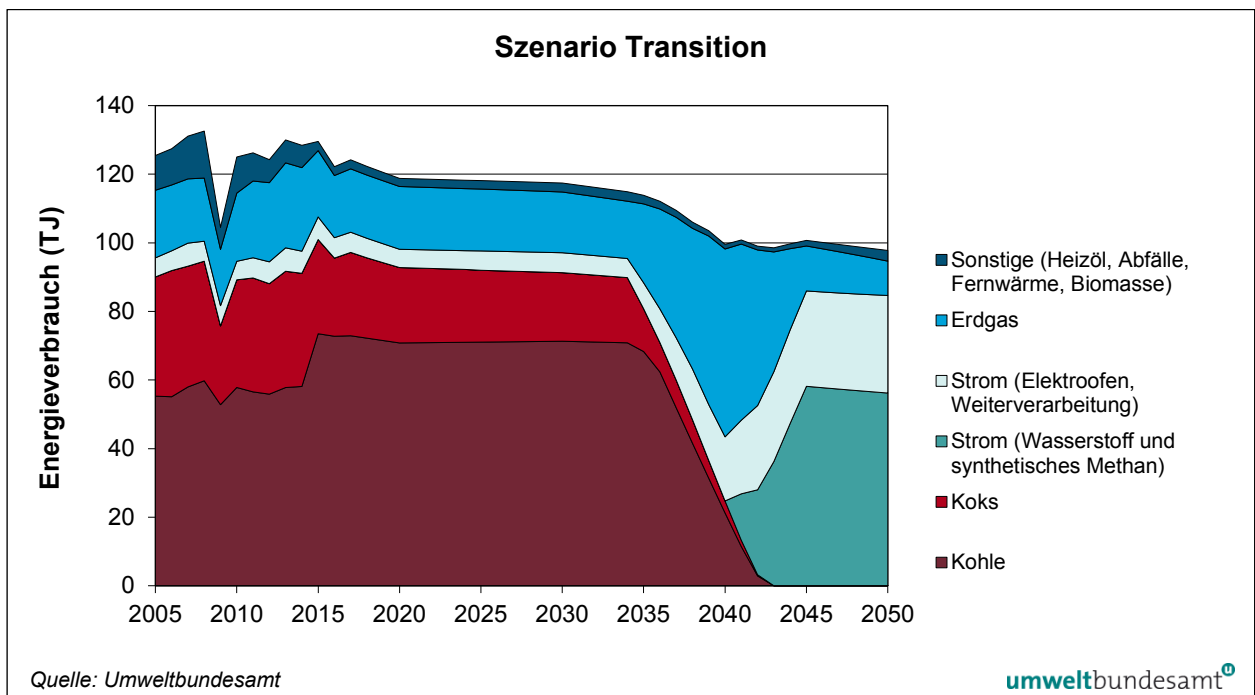


Abbildung 14: Energieträgerstruktur im Szenario Transition.

Im **Szenario Transition** wird ab 2035 in zunehmendem Ausmaß Kohle und Koks zunächst durch Erdgas und später durch Wasserstoff (bzw. synthetischem Methan) ersetzt. Strom wird einerseits für die Herstellung von Wasserstoff und andererseits für die Aufarbeitung von Direktreduktionseisen und Schrott zu Stahl im Elektroöfen benötigt. Somit werden für die Herstellung von flüssigem

**Änderung der eingesetzten Brennstoffe**

Rohstahl im Jahr 2050 keine fossilen Energieträger eingesetzt, lediglich die Weiterverarbeitung von Rohstahl benötigt neben Strom auch noch etwa 10 PJ Erdgas.

**Treibhausgas-Emissionen**

Im **Szenario WEM** bleiben die Treibhausgas-Emissionen bis 2050 weitgehend konstant. Der Produktionsanstieg wird durch Effizienzverbesserungen kompensiert. Demgegenüber sinken die Treibhausgas-Emissionen im **Szenario Transition** nach 2035 aufgrund der Umstellungen der Herstellungsrouten um über 90 %. Die verbleibenden Emissionen in der Höhe von etwa 1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>/a sind durch Prozessemissionen und durch den Erdgaseinsatz für Öfen in der Weiterverarbeitung bedingt.

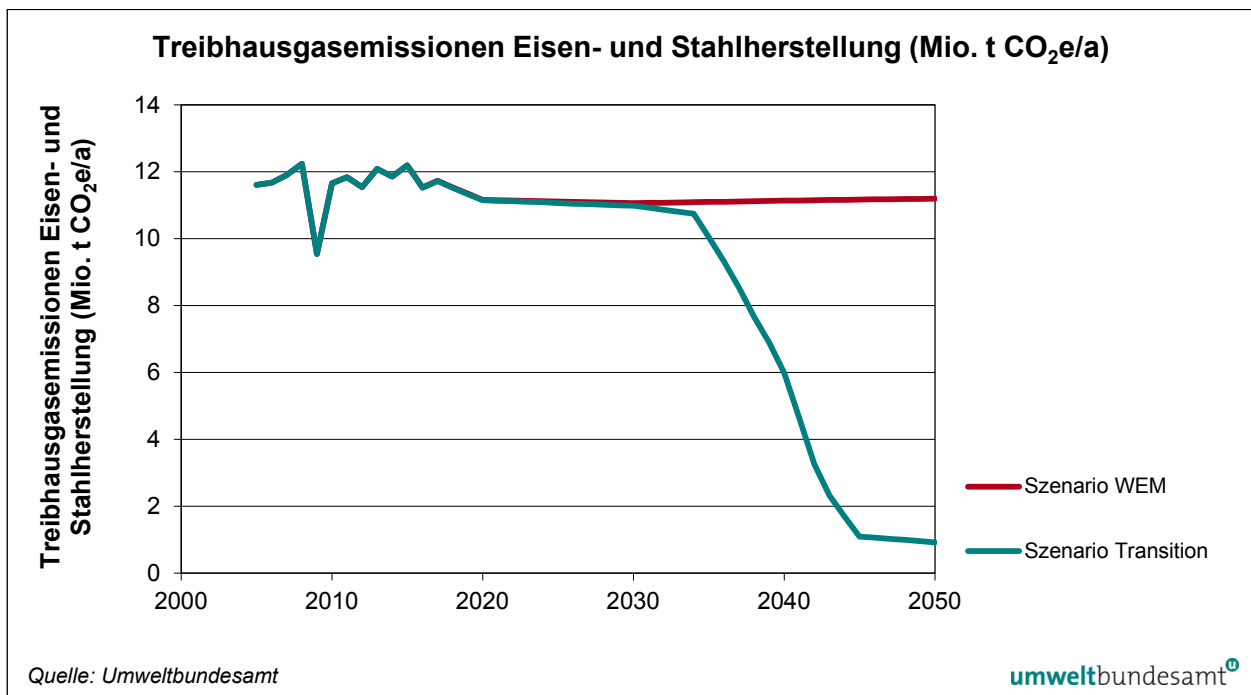


Abbildung 15: Treibhausgas-Emissionen in den Szenarien WEM und Transition.

## ANHANG 4 – Aktivitäten 2015–2050

Aktivitätszeitreihen 2015–2050 (Stützjahre)

Angaben in PJ	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Bruttoinlandsverbrauch WEM	1.454	1.380	1.371	1.353	1.333	1.310	1.288	1.262
Bruttoinlandsverbrauch Transition	1.454	1.347	1.261	1.162	1.067	920	857	802
energetischer Endverbrauch WEM	1.087	1.090	1.087	1.074	1.059	1.041	1.020	998
energetischer Endverbrauch Transition	1.087	1.064	990	904	823	725	657	623
Anteil erneuerbarer Energieträger WEM	32,8 %	35,4 %	37,1 %	38,5 %	40,0 %	40,9 %	42,8 %	44,0 %
Anteil erneuerbarer Energieträger Transition	32,8 %	36,2 %	40,5 %	47,3 %	55,5 %	69,4 %	86,7 %	93,5 %

Angaben in PJ	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
EEV Verkehr WEM	403	401	403	400	394	385	374	363
EEV Verkehr Transition	403	387	340	288	248	189	151	137
EEV Industrie WEM	300	301	308	312	317	321	322	320
EEV Industrie Transition	300	299	292	285	273	256	242	233
EEV Gebäude WEM	371	375	363	349	335	322	311	303
EEV Gebäude Transition	371	366	346	320	290	268	252	241
EEV Landwirtschaft WEM	13	12	12	12	13	13	13	13
EEV Landwirtschaft Transition	13	12	12	12	12	13	12	12

	<b>Szenario</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
BIP [Mrd. € 2015]	WEM	337,3	360	388	419	454	491	532	576
	Transition	337,3	362	396	433	470	509	557	613
Bevölkerung [1.000]	WEM	8.621	8.939	9.156	9.314	9.432	9.522	9.588	9.634
	Transition	8.621	8.939	9.156	9.314	9.432	9.522	9.588	9.634
Anzahl der Hauptwohnsitze [1.000]	WEM	3.803	3.995	4.139	4.252	4.341	4.410	4.460	4.493
	Transition	3.803	3.995	4.139	4.252	4.341	4.410	4.460	4.493
Internationaler Ölpreis [€ 2013/GJ]	WEM	7,46	11,61	13,18	14,52	15,14	16,04	16,40	16,78
	Transition	7,46	11,61	13,18	14,52	17,42	21,65	23,78	26,01
Internationaler Gaspreis [€ 2013/GJ]	WEM	6,00	7,47	8,08	8,79	9,38	9,70	9,90	10,05
	Transition	6,00	7,47	8,08	8,79	10,32	12,61	13,86	15,08
Internationaler Kohlepreis [€ 2013/GJ]	WEM	1,78	2,21	2,65	3,18	3,36	3,50	3,63	3,73
	Transition	1,78	2,21	2,65	3,18	3,87	4,91	5,27	5,78
CO <sub>2</sub> -Zertifikatspreis [€ 2013/t CO <sub>2</sub> ]	WEM	7,5	15	22,5	33,5	42	50	69	88
	Transition	7,5	15	22,5	40	60	100	150	200
Heizgradtage 12/20 (in Kd)	WEM	3.238	3.204	3.171	3.118	3.065	3.013	2.960	2.907
	Transition	3.238	3.204	3.171	3.118	3.065	3.013	2.960	2.907
Kühlgradtage 18,3/18,3 (in Kd)	WEM	153	153	157	162	170	178	187	195
	Transition	153	153	157	162	170	178	187	195

Kd..... Kelvintage

<b>Verkehr</b>	<b>Szenario</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
Mio. Pkw-km Gesamt (ohne Flug)	WEM	115.610	119.041	122.752	126.519	130.961	135.459	140.008	144.708
	Transition	111.857	119.249	111.090	107.815	108.848	110.063	112.077	114.906
Mio. Pkw-km Inland (ohne Flug)	WEM	113.027	115.810	119.629	123.503	128.044	132.659	137.350	142.170
	Transition	113.083	115.957	109.456	107.339	108.537	109.915	112.077	114.906
Mio. Tonnen-km Gesamt (ohne Flug)	WEM	170.900	171.467	185.690	201.697	216.373	230.883	245.405	259.762
	Transition	176.345	158.146	162.920	167.267	179.814	174.854	124.494	121.849
Mio. Tonnen-km Inland (ohne Flug)	WEM	71.342	76.252	81.970	87.774	91.341	94.447	97.104	99.301
	Transition	71.341	76.257	82.127	88.087	90.321	90.590	90.495	89.698

Gebäude	Szenario	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Anzahl Wohngebäude (in 1.000)	WEM	1.886	1.975	2.038	2.086	2.120	2.146	2.162	2.170
	Transition	1.886	1.975	2.037	2.079	2.109	2.132	2.145	2.152
Anzahl Wohnungen (in 1.000)	WEM	4.181	4.393	4.550	4.676	4.772	4.850	4.904	4.942
	Transition	4.180	4.393	4.550	4.676	4.772	4.850	4.903	4.941
Anzahl Dienstleistungsgebäude (in 1.000)	WEM	145	149	154	159	165	170	176	182
	Transition	145	149	154	159	165	170	176	182
Fläche Wohngebäude (Mio. m <sup>2</sup> BGF)	WEM	491	519	539	556	569	580	588	594
	Transition	491	519	538	550	559	565	569	572
Fläche Wohngebäude pro HWS-W (m <sup>2</sup> BGF)	WEM	129	130	130	131	131	132	132	132
	Transition	129	130	130	129	129	128	128	127
Fläche Dienstleistungsgebäude (Mio. m <sup>2</sup> BGF)	WEM	146	151	156	161	167	173	179	185
	Transition	146	151	156	160	164	168	172	177
Fläche Dienstleistungsgebäude pro DLG (m <sup>2</sup> BGF)	WEM	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014	1.015	1.016
	Transition	1.012	1.012	1.011	1.003	995	986	978	970
Endenergie pro m <sup>2</sup> in Wohngebäuden (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	WEM	133	120	110	100	92	85	80	75
	Transition	132	118	105	93	81	73	67	62
Endenergie pro m <sup>2</sup> in DL-Gebäuden (kWh/(m <sup>2</sup> .a))	WEM	148	136	122	109	97	87	79	73
	Transition	144	131	115	98	80	69	61	55
Sanierungsrate in Wohngebäuden (in % BGF/a)	WEM	1,0 %	1,2 %	1,1 %	1,1 %	1,0 %	1,0 %	0,9 %	0,8 %
	Transition	1,2 %	1,2 %	1,4 %	1,8 %	2,0 %	1,6 %	1,5 %	1,3 %
Sanierungsrate in DL-Gebäuden (in % BGF/a)	WEM	0,9 %	1,2 %	1,2 %	1,2 %	1,1 %	0,9 %	0,7 %	0,6 %
	Transition	1,0 %	1,3 %	1,5 %	2,4 %	2,4 %	1,9 %	1,5 %	1,0 %
Kesseltauschrte in Wohngebäuden (in % BGF/a)	WEM	2,0 %	3,5 %	3,2 %	3,1 %	2,9 %	3,1 %	4,3 %	4,6 %
	Transition	1,7 %	2,7 %	3,1 %	3,0 %	3,6 %	2,8 %	3,4 %	4,0 %
Kesseltauschrte in DL-Gebäuden (in % BGF/a)	WEM	1,4 %	3,2 %	3,2 %	2,8 %	2,5 %	2,5 %	3,5 %	3,8 %
	Transition	1,2 %	2,3 %	2,8 %	2,9 %	2,7 %	2,3 %	2,6 %	3,1 %
Renovierungskosten Wohngebäude (in €/a)	WEM	677	1.070	1.031	1.098	1.167	1.196	1.182	1.112
	Transition	843	1.079	1.287	1.611	1.966	1.792	1.780	1.677

Gebäude	Szenario	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Renovierungskosten Dienstleistungsgebäude (in €/a)	WEM	185	281	325	333	336	311	302	271
	Transition	208	317	408	612	616	531	468	362
Neubaukosten Wohngebäude (in €/a)	WEM	7.827	7.158	5.794	5.612	5.131	4.893	4.494	4.258
	Transition	7.869	7.128	5.746	4.854	4.562	4.281	4.165	4.096
Neubaukosten Dienstleistungsgebäude (in €/a)	WEM	1.271	1.540	1.645	1.798	1.994	2.142	2.288	2.400
	Transition	1.275	1.536	1.632	1.554	1.708	1.766	1.921	2.016
Heizsystemkosten Wohngebäude (in €/a)	WEM	720	1.156	1.123	1.021	941	960	1.218	1.251
	Transition	655	958	1.090	1.028	1.194	926	1.059	1.153
Heizsystemkosten Dienstleistungsgebäude (in €/a)	WEM	57	136	150	136	134	139	181	199
	Transition	52	102	127	134	136	121	140	159
Laufende Kosten Wohngebäude (in €/a)	WEM	4.649	4.794	4.709	4.557	4.275	3.996	3.714	3.482
	Transition	4.517	4.635	4.530	4.332	3.969	3.771	3.495	3.266

BGF.....Brutto-Grundfläche

DL.....Dienstleistungen

DLG.....Dienstleistungsgebäude

HWS-W.....Hauptwohnsitz-Wohnung, entspricht Hauptwohnsitzen



Landwirtschaft	Szenario	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Milchkühe	WEM	534.098	537.697	553.208	568.719	592.846	616.974	641.102	665.229
Milchkühe	Transition	534.098	526.134	518.290	510.562	502.949	495.450	488.063	480.786
Sonstige Rinder	WEM	1.423.512	1.387.392	1.315.418	1.243.445	1.270.892	1.298.338	1.325.785	1.353.232
Sonstige Rinder	Transition	1.423.512	1.366.411	1.312.435	1.261.353	1.212.955	1.167.050	1.123.461	1.082.029
Schweine	WEM	2.845.451	3.008.005	3.204.332	3.400.660	3.439.307	3.477.955	3.516.602	3.555.249
Schweine	Transition	2.845.451	2.761.106	2.679.261	2.599.842	2.522.777	2.447.996	2.375.432	2.305.019
Schafe	WEM	353.710	321.060	283.712	246.365	245.362	244.359	243.357	242.354
Schafe	Transition	353.710	343.225	333.051	323.179	313.599	304.304	295.283	286.530
Ziegen	WEM	76.620	68.772	61.103	53.435	51.932	50.429	48.926	47.422
Ziegen	Transition	76.620	74.349	72.145	70.006	67.931	65.918	63.964	62.068
Geflügel	WEM	15.771.551	14.563.319	12.549.183	10.535.048	9.853.279	9.171.510	8.489.741	7.807.973
Geflügel	Transition	15.771.551	15.304.048	14.850.403	14.410.205	13.983.056	13.568.568	13.166.366	12.776.087
Wirtschaftsdünger (kt N)	WEM	132.265	132.480	134.611	136.851	140.649	144.476	148.331	152.214
Wirtschaftsdünger (kt N)	Transition	132.265	126.063	123.075	115.583	113.068	108.826	106.690	100.991
Mineraldünger (kt N)	WEM	120.934	119.304	109.355	99.405	94.286	89.167	84.048	78.928
Mineraldünger (kt N)	Transition	120.934	112.296	103.657	95.019	86.381	77.743	69.105	60.467

## ANHANG 5 – Treibhausgas-Emissionen 1990–2050

### Szenario „mit bestehenden Maßnahmen“ (WEM)

Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalent	THG-Inventur (OLI)						WEM-Szenario										
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2005–2020	2005–2030	1990–2050	
Energie und Industrie	36,5	35,9	36,3	42,1	39,4	35,7	32,6	31,9	31,6	31,3	31,0	30,4	29,5	– 23 %	– 25 %	– 19 %	
Energie und Industrie (exkl. EH)*				6,3	6,7	6,2	6,4	6,5	6,6	6,7	6,7	6,5	6,4	1 %	4 %		
Energie und Industrie Emissionshandel**				35,8	32,7	29,5	26,2	25,5	25,0	24,6	24,3	23,8	23,1	– 27 %	– 30 %		
Verkehr (inkl. nat. Flugverkehr)	13,8	15,7	18,5	24,6	22,1	22,1	22,3	22,1	21,2	19,9	18,4	16,7	14,9	– 9 %	– 14 %	8 %	
Verkehr (exkl. nat. Flugverkehr)*				24,6	22,1	22,0	22,3	22,1	21,1	19,9	18,4	16,6	14,8	– 9 %	– 14 %		
Gebäude*	13,2	13,8	12,5	12,5	10,3	8,0	7,5	6,4	5,4	4,5	3,8	3,1	2,6	– 40 %	– 57 %	– 81 %	
Landwirtschaft*	9,5	9,1	8,7	8,2	8,0	8,0	8,2	8,2	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	0 %	1 %	– 5 %	
Abfallwirtschaft*	4,0	3,8	3,2	3,4	3,3	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	– 17 %	– 29 %	– 47 %	
Fluorierte Gase (inkl. NF <sub>3</sub> )	1,7	1,5	1,4	1,8	1,9	2,0	2,0	1,5	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	8 %	– 52 %	– 52 %	
Fluorierte Gase (exkl. NF <sub>3</sub> )*				1,8	1,9	2,0	2,0	1,4	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	8 %	– 53 %		
<b>Treibhausgase nach KSG</b>				<b>56,8</b>	<b>52,3</b>	<b>49,3</b>	<b>49,1</b>	<b>47,2</b>	<b>44,6</b>	<b>42,6</b>	<b>40,4</b>	<b>38,0</b>	<b>35,8</b>	<b>– 13 %</b>	<b>– 21 %</b>		
<b>Gesamte Treibhausgase</b>	<b>78,8</b>	<b>79,8</b>	<b>80,5</b>	<b>92,6</b>	<b>85,1</b>	<b>78,9</b>	<b>75,4</b>	<b>72,7</b>	<b>69,8</b>	<b>67,3</b>	<b>64,8</b>	<b>62,0</b>	<b>59,0</b>	<b>– 19 %</b>	<b>– 25 %</b>	<b>– 25 %</b>	

\* Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG)

\*\* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EH angepasst.

## Szenario Transition

Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalent	THG-Inventur (OLI)						Szenario Transition										
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2005-2020	2005-2030	1990-2050	
Energie und Industrie	36,5	35,9	36,3	42,1	39,4	35,7	32,2	30,7	28,8	25,5	16,9	10,3	6,9	- 23 %	- 32 %	- 81 %	
Energie und Industrie (exkl. EH)*				6,3	6,7	6,2	5,9	5,8	5,6	4,9	3,7	2,5	1,9	- 6 %	- 12 %		
Energie und Industrie Emissionshandel**				35,8	32,7	29,5	26,3	24,9	23,2	20,7	13,1	7,9	5,0	- 27 %	- 35 %		
Verkehr (inkl. nat. Flugverkehr)	13,8	15,7	18,5	24,6	22,1	22,1	21,3	17,6	13,1	8,9	3,4	0,2	0,0	- 13 %	- 47 %	- 100 %	
Verkehr (exkl. nat. Flugverkehr)*				24,6	22,1	22,0	21,3	17,5	13,1	8,9	3,4	0,2	0,0	- 13 %	- 47 %		
Gebäude*	13,2	13,8	12,5	12,5	10,3	8,0	7,4	6,2	4,7	3,1	2,2	1,4	1,0	- 41 %	- 62 %	- 92 %	
Landwirtschaft*	9,5	9,1	8,7	8,2	8,0	8,0	7,9	7,6	7,2	6,9	6,5	5,9	5,5	- 4 %	- 12 %	- 42 %	
Abfallwirtschaft*	4,0	3,8	3,2	3,4	3,3	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7	1,3	- 17 %	- 29 %	- 67 %	
Fluorierte Gase (inkl. NF <sub>3</sub> )	1,7	1,5	1,4	1,8	1,9	2,0	2,0	1,5	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	+ 8 %	- 52 %	- 67 %	
Fluorierte Gase (exkl. NF <sub>3</sub> )*				1,8	1,9	2,0	2,0	1,4	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	+ 8 %	- 53 %		
<b>Treibhausgase nach KSG</b>				<b>56,8</b>	<b>52,3</b>	<b>49,3</b>	<b>47,3</b>	<b>41,1</b>	<b>33,8</b>	<b>26,7</b>	<b>18,3</b>	<b>12,2</b>	<b>10,3</b>	<b>- 17 %</b>	<b>- 41 %</b>		
<b>Gesamte Treibhausgase</b>	<b>78,8</b>	<b>79,8</b>	<b>80,5</b>	<b>92,6</b>	<b>85,1</b>	<b>78,9</b>	<b>73,6</b>	<b>66,1</b>	<b>57,0</b>	<b>47,4</b>	<b>31,5</b>	<b>20,1</b>	<b>15,3</b>	<b>- 21 %</b>	<b>- 38 %</b>	<b>- 81 %</b>	

\* Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG)

\*\* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EH angepasst.

## ANHANG 6 – Sensitivitätsanalyse für die Jahre 2020 und 2030

Um die Erderwärmung möglichst gering zu halten, ist nicht nur der im Jahr 2050 erreichte Wert relevant, sondern auch der Pfad bis dahin. Die Gesamtmenge an Treibhausgas-Emissionen, die ausgestoßen werden darf, wird als „Carbon Budget“ bezeichnet. Um dieses möglichst wenig zu belasten, ist es sinnvoll, die Treibhausgas-Emissionen so früh wie möglich zu verringern. Daher wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, in der im Sektor Verkehr schon ab 2021 (statt 2031) mit der Maßnahme des Road Pricing begonnen wird und im Sektor Gebäude der Ausstieg aus Ölheizungen ab 2018 (statt 2022) eingeleitet wird.

Daher kommt es im energetischen Endverbrauch im Jahr 2030 zu einem um 54 PJ niedrigeren Wert (siehe Tabelle 18).

Während die Änderungen im Sektor Verkehr ausschließlich die Reduktion von fossilen Kraftstoffen betreffen, gibt es im Sektor Gebäude zusätzlich zur Reduktion auch noch eine Verlagerung von Ölkesseln zu Fernwärme und Wärmepumpen (siehe Tabelle 19 und Tabelle 20).

Tabelle 18: Energetischer Endverbrauch im Szenario Transition und Sensitivitätsszenario für die Jahre 2020 und 2030 (Quelle: Umweltbundesamt).

Sektoren	Jahr 2020			Jahr 2030		
	Transition	Sensitivität	Differenz	Transition	Sensitivität	Differenz
	in PJ					
Verkehr	387	348	39	288	240	49
Industrie	299	299	0	285	285	0
Gebäude	366	363	3	320	315	5
Landwirtschaft	12	12	0	12	12	0
<b>energetischer Endverbrauch</b>	<b>1.064</b>	<b>1.022</b>	<b>41</b>	<b>904</b>	<b>850</b>	<b>54</b>

\*..... Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

Tabelle 19: Energetischer Endverbrauch im Sektor Verkehr im Szenario Transition und Sensitivitätsszenario für die Jahre 2020 und 2030 (Quelle: Umweltbundesamt).

Energieträger	Jahr 2020			Jahr 2030		
	in PJ					
	Transition	Sensitivität	Differenz	Transition	Sensitivität	Differenz
Kohle	0	0	0	0	0	0
Öl	341	302	39	217	169	48
Gas	6	6	0	3	3	0
Biomasse	27	27	0	26	26	0
Wasserstoff	0	0	0	4	3	1
Strom	13	13	0	38	38	0
Wärme	0	0	0	0	0	0
<b>energetischer Endverbrauch Verkehr</b>	<b>387</b>	<b>348</b>	<b>39</b>	<b>288</b>	<b>240</b>	<b>49</b>

\*..... Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

Tabelle 20: Energetischer Endverbrauch im Sektor Gebäude im Szenario Transition und Sensitivitätsszenario für die Jahre 2020 und 2030 (Quelle: Umweltbundesamt).

Energieträger	Jahr 2020			Jahr 2030		
	in PJ					
	Transition	Sensitivität	Differenz	Transition	Sensitivität	Differenz
Kohle	1	1	0	0	0	0
Öl	44	40	4	22	5	17
Gas	65	65	0	50	50	0
Biomasse	65	64	1	56	57	- 1
Wasserstoff	0	0	0	0	0	0
Strom	104	104	0	100	102	- 2
Wärme	87	89	- 2	92	101	- 9
<b>energetischer Endverbrauch Gebäude</b>	<b>366</b>	<b>363</b>	<b>3</b>	<b>320</b>	<b>315</b>	<b>5</b>

\*..... Durch die Darstellung ohne Kommastelle können sich Rundungsdifferenzen ergeben.

Bei den Treibhausgas-Emissionen wird bis 2030 im non-ETS Bereich eine Reduktion von 48 % gegenüber 2005 erreicht (siehe Tabelle 21)

Tabelle 21: Treibhausgas-Emissionen im Szenario Transition und Sensitivitätsszenario für die Jahre 2020 und 2030 (Quelle: Umweltbundesamt).

Sektoren	2020			2030		
	in Mio. t CO <sub>2</sub> -eq					
	Transition	Sensitivität	Differenz	Transition	Sensitivität	Differenz
Energie & Industrie	32,2	32,2	0,0	28,8	28,4	0,4
<i>Energie &amp; Industrie (exkl. EH)*</i>	5,9	6,3	-0,4	5,6	5,8	-0,2
<i>Energie &amp; Industrie Emissionshandel **</i>	26,3	25,9	0,4	23,2	22,6	0,6
Verkehr (inkl. nat. Flugverkehr)	21,3	18,7	2,6	13,1	9,6	3,5
Verkehr (exkl. nat. Flugverkehr)*	21,3	18,6	2,7	13,1	9,6	3,5
Gebäude*	7,4	7,1	0,3	4,7	3,4	1,3
Landwirtschaft*	7,9	7,9	0,0	7,2	7,5	-0,3
Abfallwirtschaft*	2,8	2,8	0,0	2,4	2,4	0,0
F-Gase (inkl. NF <sub>3</sub> )	2,0	2,0	0,0	0,9	0,9	0,0
<i>F-Gase (exkl. NF<sub>3</sub>)*</i>	2,0	2,0	0,0	0,8	0,8	0,0
<b>THG nach KSG</b>	<b>47,3</b>	<b>44,7</b>	<b>2,6</b>	<b>33,8</b>	<b>29,6</b>	<b>4,2</b>
<b>Gesamte Treibhausgase</b>	<b>73,6</b>	<b>70,6</b>	<b>3,0</b>	<b>57,0</b>	<b>52,2</b>	<b>4,8</b>

\* Sektoreinteilung nach Klimaschutzgesetz (KSG)

\*\* Daten für 2005 bis 2012 wurden entsprechend der ab 2013 gültigen Abgrenzung des EH angepasst.

**Umweltbundesamt GmbH**

Spittelauer Lände 5  
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Das Umweltbundesamt hat in Zusammenarbeit mit ExpertInnen aus WIFO, CESAR, e-think, AEA, TU Graz und TU Wien Szenarien erstellt, um Wege zu einer klimafreundlichen Zukunft in Österreich aufzuzeigen. Während das Baseline-Szenario „WEM“ bisherige Entwicklungen fort-schreibt, wird im Szenario „Transition“ die Energiewende als gesell-schaftspolitische Zielsetzung vorausgesetzt. Für das Szenario „Transition“ spielen geänderte Rahmenbedingungen, technologische Innovationen und Änderungen im Konsumverhalten eine zentrale Rolle. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die definierten Rahmen-bedingungen und potenziellen Maßnahmen weitgehende Reduktionen des Energieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen bis 2050 (– 81 % zu 1990) erreicht werden können. Zudem sind dadurch positive Effekte für Wirtschaftswachstum, Beschäftigung und Einkommen zu erwarten.