

ZUSAMMENFASSUNG

Aufbauend auf dem Szenarien WEM und WAM plus (UMWELTBUNDESAMT 2015a, b, c, d) wurde für die Jahre 2030 und 2050 ein Szenario erneuerbare Energie berechnet. Das Ziel des Szenarios ist eine weitgehende Dekarbonisierung des Energiesystems bis zum Jahr 2050. Da für die Einhaltung des 2°C Klimaziels aber nicht nur der Wert 2050 sondern auch die kumulierten Emissionen wichtig sind, wurde das Jahr 2030 als wichtige Zwischenmarke gewählt und berechnet.

Für alle energierelevanten Sektoren wurden Annahmen getroffen, die entweder zu einer Erhöhung der Effizienz oder zu einer Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger führen. Die Berechnungen wurden auf Basis von Expertenschätzungen durchgeführt. Es wurden keine Modellläufe initiiert. Daher wurden auch weder Wechselwirkungen zwischen den Sektoren noch wirtschaftliche Aspekte in vollem Umfang berücksichtigt.

Für die zur Verfügung stehenden Potentiale erneuerbarer Energieträger wurden Studien des Österreichischen Biomasseverbandes (ÖBV 2015), des Verbandes Erneuerbare Energie Österreich (EEÖ 2015) und anderer Studien (STREICHER et al. 2010, ZEFÖ 2011) als Richtwerte herangezogen.

Die allgemeinen Rahmenbedingungen und Eingangsparameter wurden aus dem Szenario WAM plus übernommen (UMWELTBUNDESAMT 2015d, siehe Tabelle A).

Tabelle A: Grundlegende Parameter für die Modellierung des Szenarios WEM und WAM plus.
Quelle: Umweltbundesamt.

Parameter	2010	2020	2030	2040	2050
BIP [Mrd. € 2010]	285	330	383	441	495
Bevölkerung [1.000]	8.382	8.733	9.034	9.277	9.460
Anzahl der Hauptwohnsitze [Mio.]	3,62	3,86	4,05	4,17	4,25
Heizgradtage	3.252	3.204	3.118	3.013	2.907
Wechselkurs US\$/€	1,33	1,30	1,30	1,30	1,30
Internationaler Kohlepreis [US\$ 2010/t]	99,2	109	116	156	197
Internationaler Ölpreis (US\$/bbl)	78,1	148	212	267	335
Internationaler Ölpreis (US\$ 2010/bbl)	78,1	118	135	139	143
Internationaler Gaspreis [US\$ 2010/GJ]	7,1	10,4	11,9	13,1	14,3
CO ₂ -Zertifikatspreis [€ 2010/t CO ₂] WEM	13	20	30	78	100
CO ₂ -Zertifikatspreis [€ 2010/t CO ₂] WAM plus	13	20	35	87	162

Zur einfacheren Handhabung werden im Folgenden die wichtigsten Rahmenbedingungen und Storylines aus dem Szenario WAM plus aufgelistet:

Allgemeine Rahmenbedingungen in den Storylines

- Entwicklung einer gemeinsamen gesellschaftlichen Vision mit nachhaltigen Geschäftsmodellen und langfristigen Finanzierungsmodellen,
- Festlegung von verbindlichen Zielen für 2030, 2040 und 2050 und entsprechendem Monitoring und regelmäßiger Evaluierung,
- Förderung von Umweltbewusstsein und Änderungen im Lebensstil und in den Konsummustern („sharing economy“),
- Sozial inklusive und nachhaltige Wirtschaft („green economy“).

Storyline Verkehr

- Deutlich höhere Kraftstoffpreise durch Rohöl-Preisanstieg und EU-weite Energie-besteuerungs-Richtlinie auf fossile Kraftstoffe,
- Reduktion der Personenverkehrsleistung (Pkm),
- Verlagerung des Personenverkehrs auf Umweltverbund (ÖV, Rad, Fuß),
- Reduktion des Pkw-Motorisierungsgrads,
- Elektromobilität als alternativer Antrieb im motorisierten Individualverkehr,
- Reduktion der Güterverkehrsleistung (Tkm),
- Verlagerung des Güterverkehrs auf Schiene und Schiff,
- Wasserstoff und Biogas als alternative Energieträger im Straßengüterverkehr.

Storyline Gebäude

- Sehr hohe thermisch-energetische Qualität der Gebäude und der gebäudetechnischen Anlagen,
- verpflichtender Einsatz erneuerbarer Energieträger (v. a. im ländlichen Bereich) oder von Fernwärme (im städtischen Bereich),
- neue Gebäude mit sehr niedrigem Energiebedarf (NZEB),
- kompaktere Siedlungsstrukturen.

Storyline Energieaufbringung

- Integration in einen funktionierenden europäischen Strommarkt,
- deutlich stärkere angebots- und nachfrageseitige Flexibilisierung des Regulierungsrahmens,
- neue Stromspeichertechnologien,
- verbesserte Netze zur Integration der volatilen Stromerzeugung,
- Ausbau von erneuerbarer Wärme und erneuerbarem Strom,
- Rückgang der Nachfrageschwankungen durch bedarfsseitiges Management (DSM).

Storyline Industrie

- Langlebige, hochqualitative Produkte (weniger Abfälle),
- hocheffiziente Nutzung der eingesetzten Energien und Ressourcen (verbessertes Recycling),
- Entwicklung grundlegend neuer Technologien,
- eine stärkere Verschränkung von Forschungs-, Umwelt- und Wirtschaftsförderung sowie die Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit.

Aus den Storylines wurden dann Maßnahmen abgeleitet und als Maßnahmenpaket abgebildet. Der Fokus wurde auf den Effekt der Maßnahmen gelegt, nicht auf deren Ausgestaltung, für die es zumeist mehrere Möglichkeiten gibt. Die Maßnahmen werden in die Modellsysteme über Annahmen und Parameter übertragen (siehe dazu AEA 2015, EEG 2015, IVT 2015, UMWELTBUNDESAMT 2015c).

Die wichtigsten Maßnahmen sind:

- im Sektor Verkehr die Veränderung des Modal Splits im Personen- und Güterverkehr hin zu umweltfreundlicheren Verkehrsmodi bzw. Verkehrsträgern, was v. a. im Personenverkehr zu einer stark reduzierten jährlichen MIV-Fahrleistung¹ führt,
- im Sektor Energie die Ausweitung der erneuerbaren Strom- und Fernwärmeerzeugung,
- im Sektor Industrie die Verstärkung der Energie- und Ressourceneffizienz und
- im Bereich Gebäude die verpflichtende thermisch-energetische Sanierung.

Zusätzlich zu den Maßnahmen und Annahmen im Szenario WAM plus wurden noch folgende weiterführende Annahmen ins Szenario erneuerbare Energie integriert:

Annahmen Verkehr

- Der Verkauf von konventionell betriebenen PKW wird stark eingeschränkt und geht gegen Null².
- Die Ausfallswahrscheinlichkeiten für Fahrzeuge wurde aus dem Emissionsmodell NEMO (IvT 2015) entnommen.
- Der höchste Altbestand ist bei Zweirädern zu erwarten.
- Für Fahrzeuge mit Brennstoffzellen (FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle) ist im Jahr 2030 noch kein ausreichend dichtes Tankstellennetz vorhanden, daher sind die Anteile in diesem Jahr noch gering.
- Bei schweren Nutzfahrzeugen (SNF) mit Ausnahme von Linienbussen erfolgt bis 2050 bei großen Fahrtweiten und hohem Gewicht die Umstellung auf FCEV.
- Bei Linienbussen entwickelt sich bis 2030 und 2050 ein hoher Anteil von Batteriebusen aufgrund der hohen Zahl an Lademöglichkeiten auf der Strecke (bspw. Endhaltestellen einer Linie).
- Frühere Teilelektrifizierung bei Verdichterstationen
- Für die Antriebseffizienz: bei reinen Elektrofahrzeugen wurde der gemittelte Faktor (aus Literatur/Datenbanken) von 3,6 angenommen; bei Wasserstoff (H₂) liegt der Faktor wegen der Brennstoffzellen-Wirkungsgrade um 10 % darunter.
- Im Jahr 2030 steht gleichviel Biomasse zur Verfügung wie Im Jahr 2050.
- Fahrzeuge bleiben bis zum Ende der Lebensdauer in der österreichischen Flotte.

¹ Motorisierter Individualverkehr, v. a. mit Pkw

² Ähnliche Gesetzesvorschläge und Initiativen gibt es bereits in Norwegen, Indien und den Niederlanden: <http://naturschutz.ch/news/norwegen-plant-verbot-fuer-diesel-und-benzinautos/102532>; <http://www.autocarpro.in/news-national/-mobility-2030-piyush-goyal-10943>; <http://www.dutchnews.nl/news/archives/2016/03/only-electric-cars-to-be-sold-in-netherlands-from-2025/>

Annahmen Gebäude

- Eine CO₂ Abgabe stellt einen umsichtigen Umgang von fossilen Ressourcen im Sinne des Ziels eines nachhaltigen Energiesystems bis 2050 sicher.
- Ein jährlich steigender Klimateffizienzfaktor von 2020 bis 2050 wird im Rahmen der Grundsteuer festgelegt und ist progressiv abhängig von der CO₂ Kennzahl im Energieausweis (Annahme der höchsten Klasse, wenn kein Energieausweis vorgelegt wird) für Hauptwohnsitze sowie für Nebenwohnsitze und Betriebsstätten mit mehr als 75 % Anwesenheitstagen von Personen im Jahr.
- Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für „schlüsselfertige“ und „kostengünstige“, qualitätsgesicherte, umfassende thermisch-energetische Standardsanierungen mit erneuerbaren Energieträgern (EET) und Sanierungssupport nach sozialen Kriterien werden geschaffen.
- Ebenso werden rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für thermische Smart Grids mit EET, insbesondere von thermischen Mikronetzen mit hocheffizienten, stromnachfragegeführten Mikro-KWKs mit EET geschaffen.
- In ländlichen Gebieten wird deutlich mehr feste Biomasse statt Öl und Gas eingesetzt.
- Naturgas wird in ländlichen Regionen zum Teil durch gasförmige Biomasse substituiert.
- Primär in urbanen Räumen werden Umgebungswärme, Abwärme und Niedertemperatur-Geothermie mittels Wärmepumpe stärker genutzt.
- Generell wird mehr Solarthermie und Geothermie für die Bereitstellung von Raumwärme & Warmwasser genutzt.
- Die Potenziale stehen technisch u. nachhaltig zur Verfügung.
- Der erhöhte Strombedarf basiert zu 100 % auf Erneuerbarer Energie.
- Der zusätzliche Fernwärmebedarf wird zu 100 % mit Erneuerbaren gedeckt.
- Die Potenziale sind in Österreich ausreichend räumlich verteilt.

Annahmen Energieaufbringung

- Die Stromexporte wurden in ähnlicher Größenordnung zum Szenario WAM plus gewählt.
- Die höhere inländische Stromaufbringung wird durch erneuerbare Energieträger gedeckt.
- Im Jahr 2030 werden zwei Drittel der Erdgasfernwärme durch Biomasse und Großwärmepumpen ersetzt.
- Bereits im Jahr 2030 kommt es zu einer Reduktion des Abfallaufkommens und damit der Abfallverbrennung.
- Ausgelöst durch die geringere Nachfrage nach fossilen Treibstoffen wird Produktion der Raffinerie 2030 um 1/3 verringert.
- Die Erdöl- und Erdgasförderungen (inkl. diffusen Emissionen) wurden aus dem Szenario WAM plus übernommen.

Annahmen Industrie

- Verfahrensumstellungen in industriellen Prozessen führen zu höherem Stromeinsatz.
- In der Eisen- und Stahlindustrie wird neben der Elektrostahlproduktion teilweise mit vorgelagerter Direktreduktion produziert; dadurch kommt es zur Umstellung von Kohle auf Erdgas, die sich auch im nichtenergetischen Verbrauch auswirkt.
- Der Berechnungsansatz erfolgt über die Brennstoffverteilung in den Kategorien der Nutzenergieanalyse (STATISTIK AUSTRIA 2014):
 - Für die Bereitstellung von Raumwärme werden mehr Biomasse und Wärmepumpen eingesetzt.
 - Für die Bereitstellung von Prozesswärme wird mehr Biomasse eingesetzt.
 - Für den Betrieb von Standmotoren wird mehr Strom eingesetzt.
 - Bei Industrieöfen (Nahrungsmittel- und Holzindustrie, Glasherstellung) erfolgt eine selektive Umstellung auf erneuerbare Energieträger.
- Durch höheres Angebot von Strom aus öffentlichen Anlagen sinkt die Eigenerzeugung.
- Ein Teil der industriellen Niedertemperaturwärme wird bis 2030 durch Wärmepumpen mit einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl von 2,5 bereitgestellt (nicht für Metallindustrie, da ausreichend Abwärme vorhanden).
- Die Trocknung von Biomasse erfolgt u. a. durch interne Abwärme.
- Brennstoffspezifische Wirkungsgraden werden bei der Berechnung berücksichtigt.
- Keine Änderungen beim nichtenergetischen Verbrauch für chemische Industrie und Bauindustrie.

*Abbildung A:
Energetischer
Endverbrauch in
den Szenarien WEM,
WAM plus und
erneuerbare Energie*

Im Vergleich zum Szenario WEM ist der energetische Endverbrauch im Szenario erneuerbare Energie im Sektor Verkehr im Jahr 2050 um 283 PJ niedriger, im Sektor Gebäude (Haushalte und Dienstleistungen) um 113 PJ, im Sektor Industrie um 201 PJ.

Tabelle A: Energetischer Endverbrauch gesamt und nach Sektoren WEM, WAM plus, erneuerbare Energie und die Energiebilanz 1970–2012 für ausgewählte Jahre (auf ganze Zahlen gerundet).
Quellen: STATISTIK AUSTRIA (2013), Umweltbundesamt

Sektoren	Bilanzjahr	Szenario WEM		Szenario WAM plus		Szenario erneuerbare Energie	
		2030	2050	2030	2050	2030	2050
		in PJ					
Verkehr	391	434	430	299	208	276	147
Industrie	315	411	474	322	271	320	273
Haushalte	287	232	207	202	142	202	140
Dienstleistungen	131	121	112	102	66	102	66
Landwirtschaft	14	14	16	12	11	12	11
energetischer Endverbrauch	1.138	1.213	1.239	937	698	912	637

In der für die Szenarien verwendeten Energiebilanz 1970–2012 wird ein Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch³ für das Jahr 2010 von 30,8 % berechnet (STATISTIK AUSTRIA 2013). Im Jahr 2030 steigt der Anteil erneuerbarer Energieträger im Szenario WAM plus auf 46,9 % und im Szenario erneuerbare Energie auf 60,9 %. Im Szenario WAM plus erhöht sich der Anteil bis ins Jahr 2050 auf 66,6 %, im Szenario erneuerbare Energie auf 91,0 % (Abbildung B).

Abbildung B:
Anteil erneuerbarer
Energieträger am
Bruttoendenergieverbrauch
in den Szenarien
WEM, WAM plus und
erneuerbare Energie.

Der Bruttoinlandsverbrauch ist im Szenario erneuerbare Energie im Vergleich zum Szenario WEM im Jahr 2050 um 737 PJ niedriger; der Einsatz von fossilen Brennstoffen ist um 767 PJ geringer. Nettostromimporten von 56 PJ im Szenario

³ Der Bruttoendenergieverbrauch setzt sich laut Richtlinie (RL 2009/28/EG) aus dem gesamten energetischen Endverbrauch, dem Verbrauch von Strom und Fernwärme des Sektors Energie und den Transportverlusten von Strom und Fernwärme zusammen.

rio WEM stehen 71 PJ Nettostromexport im Szenario erneuerbare Energie gegenüber. Die Ergebnisse sind in Tabelle B dargestellt.

*Tabelle B: Bruttoinlandsverbrauch gesamt und nach Energieträgern für die Szenarien WEM, WAM plus, erneuerbare Energie und die Energiebilanz 1970–2012 für ausgewählte Jahre (auf ganze Zahlen gerundet).
Quellen: STATISTIK AUSTRIA (2013), Umweltbundesamt*

Energieträger	Bilanzjahr	Szenario WEM		Szenario WAM plus		Szenario erneuerbare Energie	
		2010	2030	2050	2030	2050	2030
in PJ							
Kohle	143	108	106	76	48	46	1
Öl	549	542	517	384	219	308	82
Gas	344	318	350	263	128	217	135
Abfälle	28	36	37	32	25	28	24
Biomasse	237	268	221	246	195	319	282
Umgebungswärme etc.	13	28	36	28	51	41	54
Elektrische Energie	8	34	56	-33	-60	-51	-71
Wasserkraft	138	154	154	154	154	154	163
Wind	7	27	48	38	66	63	76
Photovoltaik	0	40	64	40	71	53	85
Wasserstoff	0	0	0	0	9	1	21
energetischer Endverbrauch	1.467	1.554	1.590	1.229	907	1.179	853

*Abbildung C:
Bruttoinlandsverbrauch
in den Szenarien WEM,
WAM plus und
erneuerbare Energie*

Der Bruttoinlandsverbrauch umfasst alle Energieträger und ist daher maßgeblich für die Treibhausgasemissionen. Die Treibhausgasemissionen zeigen im Szenario WEM bis 2050 eine Reduktion von 18 % gegenüber 2005. Im Szenario WAM plus ergibt sich eine Reduktion von 63 % und im Szenario erneuerbare Energie von 78 % (siehe Tabelle C und Abbildung E).

Für die Verbrennung fossiler Rohstoffe (Summe der 1A Kategorien) ergibt sich im Szenario erneuerbare Energie im Jahr 2030 eine Reduktion von 60 % und im Jahr 2050 von 92 %. Die avisierten Ziele werden somit eingehalten.

*Tabelle C: THG-Emissionen nach Sektoreinteilung des CRF Formats für die Szenarien WEM, WAM plus und erneuerbare Energie Plus für 2030 und 2050 (in Mio. t CO₂-Äquivalent)
Quelle: (UMWELTBUNDEAMT 2015 a, b, d)*

in Mt CO ₂ -eq		Inventur	Szenario WEM		Szenario WAM plus		Szenario erneuerbare Energie	
CRF	Sektoren	2005	2030	2050	2030	2050	2030	2050
1A1	Energieaufbringung	16,4	8,3	10,9	7,6	1,3	5,5	1,3
1A2	Produzierende Industrie	11,8	12,0	12,3	9,6	6,3	7,5	3,2
1A3	Verkehr	24,9	23,0	21,5	13,7	6,8	9,5	0,1
1A4	Kleinverbraucher	13,7	7,0	5,1	5,8	2,7	5,4	0,7
1A5	Militär	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1B	Flüchtige Emissionen	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
2	Prozessemissionen	15,6	17,0	16,7	12,2	8,8	10,9	7,1
3	Landwirtschaft	6,9	7,1	7,7	6,9	6,7	6,9	6,7
5	Abfall	2,6	0,9	0,7	0,8	0,6	0,8	0,6
SUMME		92,5	76,0	75,5	57,3	33,9	47,2	20,3
SUMME 1A		66,8	50,4	49,9	36,8	17,2	28	5,4

Abbildung D: Gesamte Treibhausgasemissionen in den Szenarien WEM, WAM plus und erneuerbare Energie.