©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

ENERGIEZUKUNFT ÖSTERREICH

Szenario für 2030 und 2050

Juni 2015

Andreas Veigl im Auftrag von GLOBAL 2000, Greenpeace und WWF

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung **6**

1. Aufgabenstellung **9**

2. Vorgangsweise **9**

3. Wesentliche Annahmen für den Endenergiebedarf **13**

4. Ergebnisse für den Endenergiebedarf **19**

5. Deckung des Energiebedarfs **20**
5.1 Annahmen zur Aufbringung erneuerbarer Energie 21
5.2 Annahmen zum Energiesystem 24
5.3 Annahmen zur Nutzung fossiler Energieträger 26

6. Ergebnisse **28**
6.1 Deckung des Endenergiebedarfs 28
6.2 Ergebnisse zum Primärenergieverbrauch und Bruttoinlandsverbrauch 32
6.3 Ergebnisse zu den Treibhausgasemissionen 34
6.4 Überblick über die Ergebnisse 36

7. Schlussfolgerungen **38**

Wesentliche Literatur **40**

Anhang: Daten zum Szenario **43**

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

© GLOBAL WARMING IMAGES / WWF-CANON

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

KURZFASSUNG

Die vorliegende Arbeit entwickelt ein Szenario für eine mögliche Energiezukunft Österreichs in den Jahren 2030 und 2050, die eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien und eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um mehr als 80 % bis 95 % zum Ziel hat und gleichzeitig rücksichtsvoll mit den Bedürfnissen von Mensch und Natur umgeht.

Es kann gezeigt werden, dass ein Umstieg auf nahezu 100 % erneuerbare Energie in Österreich bis 2050 möglich ist, während erneuerbare Energien gleichzeitig rücksichtsvoll und naturverträglich ausgebaut werden. Damit können die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 82 % gegenüber 1990 bzw. 85 % gegenüber 2005 reduziert werden. Es ist dafür aber notwendig, dass die politischen Rahmenbedingungen jetzt gesetzt werden und ein gesellschaftlicher Wandel zu einem bewussteren Umgang mit wertvollen Ressourcen einsetzt.

Bereits bestehende und fundierte Untersuchungen für das Jahr 2050 zeigen, dass es möglich ist, den Energiebedarf so weit zu reduzieren, dass Österreich weitgehend mit regionalen erneuerbaren Ressourcen versorgt werden kann. Um diese Ziel zu erreichen, muss der Umbau des Energiesystems 2030 bereits weit fortgeschritten sein und entsprechende Rahmenbedingungen bereits in den nächsten Jahren geschaffen werden.

Bis 2030 wird die Bevölkerung Österreichs auf 9,2 Mio., bis 2050 auf 9,5 Mio. anwachsen. Unter der Annahme eines gleich bleibenden pro-Kopf-BIP wird ein Wirtschaftswachstum von 0,8 % p.a. bis 2030 und von 0,5 % p.a. von 2030 bis 2050 unterstellt.

Trotz wachsender Bevölkerung kann der Energiebedarf der privaten Haushalte gegenüber 2005 bis 2030 um 30% und bis 2050 um über 50% gesenkt werden. Voraussetzungen dafür sind, dass die pro-Kopf-Wohnfläche auf gleichem Niveau wie heute bleibt, sich im Neubau der Passivhausstandard durchsetzt und der gesamte Bestand bis auf schutzwürdige Gebäude bis 2050 energetisch saniert wird.

Ähnliches gilt für den Dienstleistungssektor, dessen Energiebedarf ebenfalls stark durch die Gebäude bestimmt ist. Hier besteht jedoch eine stärkere Nutzung elektrischer Energie, die geringere Effizienzpotenziale aufweist. Der Endenergiebedarf des Sektors nimmt bis 2030 um 23 % und bis 2050 um 44 % ab.

Im Produktionssektor werden laufende Effizienzsteigerungen, jedoch keine strukturellen Brüche abgebildet – große Umwälzungen werden jedoch in zwei Kernbereichen gesehen: So wird die Stahlproduktion, bei wachsendem Output, bis 2050 vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt. Die Roheisenproduktion erfolgt durch Direktreduktion mittels Wasserstoff aus Elektrolyse, die Stahlerzeugung elektrisch durch Lichtbogenöfen. Außerdem wird die Recyclingrate gesteigert und es kommt mehr Schrott zum Einsatz. Auch die Raffinerie verändert sich grundlegend: 2050 verarbeitet sie Erdöl nur noch zur Herstellung von Grundstoffen für

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

die chemische und Kunststoffindustrie. Damit gelingt eine Reduktion des Energiebedarfs im Produktionssektor gegenüber 2005 um 14 % bis 2050.

Große Veränderungen stehen im Verkehrssektor an: Nicht nur ist eine leichte Abnahme der pro Kopf zurückgelegten Strecken zu erwarten und kann die Effizienz der Fahrzeuge drastisch gesteigert werden, bis hin zur Hybridisierung und Umstellung auf Elektrofahrzeuge im motorisierten Individualverkehr. Auch die sukzessive Verlagerung auf öffentliche Verkehrsträger ist unabdingbar. Bis 2030 wird in diesem Zusammenhang vor allem auf Effizienzsteigerung gesetzt, anschließend – durch die längeren Vorlaufzeiten bei der Umgestaltung der Infrastruktur – auch auf die Verlagerung. Der Güterverkehr nimmt im Rahmen der Wirtschaftsleistung zu, wird aber ebenfalls effizienter, nach und nach auf erneuerbare flüssige und gasförmige Kraftstoffe umgestellt bzw. – vor allem nach 2030 – verstärkt auf die Bahn verlagert. Die Nachfrage nach Flugreisen steigt weiter, wird aber zunehmend stärker durch Eisenbahnreisen bedient: Flüge in Nachbarländer werden bis 2030, Flüge in Kontinentaleuropa bis 2050 auf die Bahn verlagert. Damit verringert sich der Energiebedarf im Verkehr gegenüber 2005 bis 2030 um 55 % und bis 2050 um 74 %. Dazu ist jedoch anzumerken, dass ein Teil der Reduktion durch den angenommenen Wegfall des preisbedingten Kraftstoffexports im Tank zustande kommt.

Unter der Prämisse der Natur- und Umweltverträglichkeit und der sozialen Akzeptanz werden die Potenziale für erneuerbare Energien auf Basis von Wasserkraft, Windkraft sowie land- und forstwirtschaftlicher Biomasse konservativ angesetzt und nur begrenzte Zuwächse angenommen. Eine Besonderheit weist der Landwirtschaftssektor auf: Um ohne eine Intensivierung der Flächennutzung oder Nutzung von ökologisch wichtigen Bracheflächen zusätzlich biogene Energieträger erzeugen zu können wird von einer gesundheitlich sinnvollen Umstellung hin zu einer ausgewogenen Ernährung ausgegangen. Die damit verbundene Reduktion des Fleischkonsums macht einerseits Eiweißfuttermittelimporte obsolet und gibt andererseits Ackerflächen für die Energieproduktion frei. Dies entspricht durchaus dem derzeit beobachteten Trend zu weniger Fleischkonsum und einer bewussteren Ernährungsweise sowie den Zielen des „Österreichischen Aktionsplan Ernährung“ der Bundesregierung.

Im Bereich der Umwandlungstechnologien wird ein konservativer Ansatz gewählt: Es werden nur bekannte Technologien eingesetzt oder solche, mit deren Einsatzfähigkeit und kommerzieller Verfügbarkeit 2030/2050 aus heutiger Sicht sicher zu rechnen ist. Zu den bereits jetzt am Markt verfügbaren Technologien kommt die Erzeugung von Biokraftstoffen der zweiten Generation, „Power-to-Gas“ als Verschränkung zwischen Elektrizitäts- und Gasnetz, sowie die Nutzung „tiefer Geothermie“ zur Elektrizitätserzeugung zum Einsatz.

DIE ERGEBNISSE:

Im Ergebnis sinkt der Endenergiebedarf bis 2030 um 29 % und bis 2050 um 47 %, jeweils bezogen auf 2005. Der damit korrespondierende Bruttoinlandsverbrauch an Primärenergie sinkt bis 2030 um 30 % und bis 2050 um 40 %.

Im Gegenzug legt der Anteil erneuerbarer Energie im Endenergieverbrauch von 33 % (2013) auf 61 % (2030)und 96 % (2050) zu, der Anteil erneuerbarer Energie am Bruttoinlandsverbrauch steigt von 21 % im Jahr 2005 (bzw. 30 % im Jahr 2013) auf 59 % (2030) und 89 % (2050).

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

Die verbleibenden Reste nicht-erneuerbarer Energie 2050 bestehen in der energetischen Nutzung nicht-erneuerbaren Abfalls und Erdöl zur stofflichen Verwertung (Grundstoffe für die chemische und Kunststoffindustrie) und könnten bei entsprechender Umgestaltung der Rohstoffbasis deutlich reduziert werden.

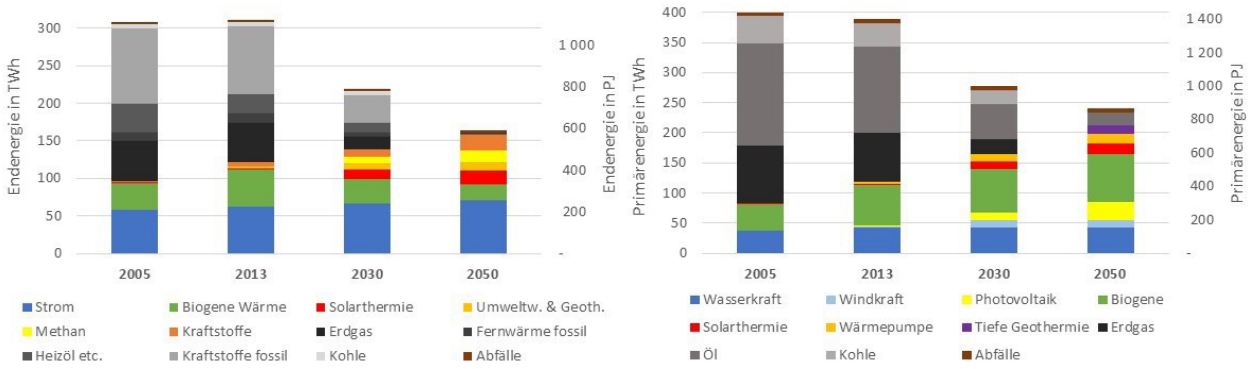

Abb.1: Endenergieverbrauch (links) und Bruttoinlandsverbrauch (Primärenergie, rechts) 2005, 2013 und im Szenario für 2030 und 2050

Die energiebedingten CO2-Emissionen sinken im Vergleich zum IPCC-Basisjahr 1990 bis 2030 um 69 % und bis 2050 um 97 %. Die absoluten Werte sinken im Szenario von 54 Mio. t (1990) bzw. 70 Mio. t (2005) auf 22 Mio. t im Jahr 2030 und auf 2 Mio. t im Jahr 2050. Bezogen auf das Jahr 2005, in dem die THG-Emissionen den höchsten Wert in der Geschichte aufweisen, beträgt die Reduktion 69 % (2030) bzw. 97 % (2050).

Die gesamten THG-Emissionen reduzieren sich, bezogen auf das IPCC-Basisjahr 1990, um 49 % bis 2030 und 82 % bis 2050. Im errechneten Szenario kann gezeigt werden, dass sie von 78 Mio. t CO2e 1990 bzw. fast 93 Mio. t CO2e im Jahr 2005 auf 42 Mio. t 2030 und 14 Mio. t im Jahr 2050 gesenkt werden können. Für weitergehende Reduktionen sind Lösungsvorschläge im Bereich der nicht-energetischen THG-Emissionen, insbesondere in der Landwirtschaft und bei prozessbedingten Emissionen, notwendig. Diese sind nicht Gegenstand dieser Arbeit. Es kann aber abgeschätzt werden, dass bei einer ähnlich konsequenten Trendwende in diesen Bereichen die THG-Reduktion von Österreich 2050 am oberen Ende der EU-weit angestrebten Reduktion von 80 – 95 % liegen wird.

Um die im Szenario abgebildeten Entwicklung einzuleiten und umzusetzen bedarf es klarer Ziele, einer stringenten, alle gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereiche umfassenden Strategie und langfristiger Rahmenbedingungen. Diese Strategie muss unter Beteiligung der Bevölkerung erarbeitet und umgesetzt werden. Nur so wird sichergestellt, dass sie von den Menschen in ihrer Eigenschaft als BewohnerInnen, WählerInnen, ArbeitnehmerInnen, UnternehmerInnen oder KonsumentInnen mitgetragen wird und notwendig zu lösende Konflikte konsensual bearbeitet werden können. Außerdem muss die Umsetzung jetzt begonnen werden, um Lock-in Effekte, also langfristig wirksame Investitionsentscheidungen die den Zielsetzungen entgegenstehen, zu vermeiden.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

1. AUFGABENSTELLUNG

Zentrale Aufgabenstellung ist die Entwicklung eines realisierbaren normativen Szenarios für die Energieversorgung und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen in Österreich für die Jahre 2030 und 2050. Drei Studien aus den vergangenen Jahren (Streicher et al. 2011, Bliem et al. 2011, Christian et al. 2011) weisen nach, dass es möglich ist, die Energieversorgung Österreichs 2050 vollständig aus erneuerbaren Energien zu bewerkstelligen. Vergleiche wie Veigl (2012) oder Stagl et al. (2014) zeigen dabei folgende gemeinsame Grundaussagen der Studien:

- 2050 kann die gesamte zur Deckung der Endenergienachfrage benötigte Primärenergie in Summe in Österreich aufgebracht werden.

- Dazu muss und kann der Endenergiebedarf auf rund die Hälfte des gegenwärtigen Wertes reduziert werden.

In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, dass eine vollständig erneuerbare Energieversorgung Österreichs 2050 technisch machbar und durch einen Transformationsprozess auch erreichbar ist. Bis 2030 muss die Energieversorgung daher bereits so weit umgestaltet sein, dass die gesetzten Ziele 2050 sicher erreicht werden können.

2. VORGANGSWEISE

Die Entwicklung der Mengengerüste für 2030 und 2050 erfolgt in Form eines technologischen Szenarios. Die Modellierung erfolgt bottom-up ausgehend von den Aktivitäten in den verschiedenen Sektoren, den nachgefragten Energiedienstleistungen, den eingesetzten Technologien und den verfügbaren Potentialen erneuerbarer Energie. Die Szenarien bilden dabei nur eine mögliche Zukunft ab. Im Detail wären natürlich zahlreiche andere Varianten möglich, um die og. Ziele zu erreichen.

Der Endenergiebedarf in den Szenarien wird gegliedert in die Sektoren

- Private Haushalte
- Dienstleistungen

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

- Produktion
- Landwirtschaft
- Verkehr (mit den Subsektoren Personenverkehr, Güterverkehr, Flugverkehr und Transport in Rohrfernleitungen)
- Zusätzlich wird speziell auf den Verbrauch der Stahlerzeugung und der Raffinerie (Bilanzaggregat „Nichtenergetischer Verbrauch“) eingegangen.

In diesen Sektoren wird jeweils der Bedarf in den Nutzenergiekategorien

- Niedertemperatur-Wärme
- Hochtemperatur-Wärme
- Elektrizität
- Kraftstoffe

abgeschätzt. Dazu wird vom Konzept der „Energiedienstleistungen“ (EDL) ausgegangen: In jedem Sektor werden EDL definiert (z.B. konditionierte Wohnnutzfläche, Personenkilometer etc.) und anhand von Effizienz-Koeffizienten aus der Literatur der Bedarf an Nutzenergie abgeschätzt. Diese Nutzenergien können aus verschiedenen Endenergieträgern gewonnen werden (z.B. Nieder¬temperaturwärme aus Biomasse, Solarthermie o.ä.). Das Niveau der Nachfrage nach EDL hängt dabei von der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung ebenso ab wie von strukturellen Faktoren und persönlichen Präferenzen (z.B. Suffizienz).

Die Endenergieträger werden durch Umwandlung aus Primärenergieträgern erzeugt. Dazu werden Umwandlungs¬technologien (z.B. Kraftwerke, KWK-Anlagen, etc.) und ihre Effizienzfaktoren definiert.

Den verfügbaren Primärenergieträgern (z.B. Wasserkraft, Wind, Sonnenenergie etc.) werden Potenziale aus der Literatur zugeordnet, teilweise werden eigene Potenzialabschätzungen getroffen. Dabei wird darauf geachtet, dass diese Potenziale nachhaltig und naturverträglich zur Verfügung stehen, also weder die Nahrungsmittelproduktion noch die natürliche Artenvielfalt negativ beeinflussen.

Im letzten Schritt werden die aus den Primärenergieträgern aufgrund natürlicher und technischer Restriktionen produzierbaren Sekundärenergieträger abgeleitet (=Angebotspotenzial) und mit dem bereits ermittelten Bedarf (=Nachfragepotenzial) zur Deckung gebracht. Tabelle 1 zeigt die abgebildeten Energieträger und Umwandlungstechnologien.

Tabelle 1: Im Modell berücksichtigte Energieträger und Umwandlungstechnologien

Primärenergie	Umwandlungstechnologie	Sekundärenergie
Wasserkraft	Kraftwerk	Elektrizität
Windkraft	Kraftwerk	Elektrizität
Sonnenenergie	Photovoltaikanlage	Elektrizität
	Solarthermieanlage	NT-Wärme

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

Primärenergie	Umwandlungstechnologie	Sekundärenergie
Biomasse (landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich, biogene Reststoffe)	KWK-Anlage	Elektrizität NT-Wärme
	Heizkessel, Heizwerk	NT-Wärme, HT-Wärme
	Biogasanlage	Methan Elektrizität NT-Wärme
	Biomass-to-liquid-Anlage	Biokraftstoff
Umweltwärme und oberflächennahe Geothermie	Wärmepumpe	NT-Wärme
Tiefe Geothermie	Wärme-Kraft-Prozesse	Elektrizität
	Wärmetauscher	NT-Wärme
Kohle	Kokerei	Koks (Hochofen)
Erdöl	Raffinerie	Heizöl Kraftstoffe Grundstoffe für chemische und Kunststoffindustrie (nichtenergetisch)
Erdgas	KWK-Anlage	Elektrizität NT-Wärme
Abfall	KWK-Anlage	Elektritzität NT-Wärme
	Heizkessel, Heizwerk	NT-Wärme
Sekundärenergie	**Umwandlungstechnologie**	**Sekundärenergie**
Elektrische Energie	Power-to-Gas	Wasserstoff und Methan
	prozessspezifisch	HT-Wärme
Wasserstoff	prozessspezifisch	Direktreduktion von Eisenerz
Methan	prozessspezifisch	HT-Wärme
	(Kraftwerk)	(Elektrizität)

ABBILDUNG DER GESAMTEN ENERGIEBILANZ

In der Modellierung werden sämtliche Aggregate der Energiebilanz[1] abgebildet. Die Bilanzgleichungen haben sowohl in der Gesamtbilanz als auch für jeden Energieträger folgende Gestalt:

Aufbringung	Verwendung
Inländische Erzeugung von Rohenergie	Umwandlungseinsatz
+ Importe	- Umwandlungsausstoß
+ Lager	+ Verbrauch des Sektors Energie
+ Recycling/Prod. Trans.	+ Transportverluste + Messdifferenzen
- Exporte	+ Nichtenergetischer Verbrauch
	+ Energetischer Endverbrauch
= Bruttoinlandsverbrauch	**= Bruttoinlandsverbrauch**

[1] Energiebilanzen der Statistik Austria. Näheres dazu im Methodendokument zu den Energiebilanzen, siehe Statistik Austria (2011)

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

Neben den in Abschnitt 3 beschriebenen Annahmen für den Endenergiebedarf werden für diese weiteren Bilanzaggregate folgende Annahmen getroffen:

- Der Verbrauch des Sektors Energie beschränkt sich 2050 nur noch auf den Eigenbedarf des Umwandlungssektors, Förderung von fossilen Energieträgern in Österreich findet nicht mehr statt.

- Die Transportverluste (in Anteilen des jeweiligen Endverbrauchs) in den Elektrizitäts-, Gas- und Wärmenetzen werden aus den Zeitreihen der Energiebilanzen abgeleitet. Sie werden als Anteil am Endverbrauch für 2030 und 2050 fortgeschrieben. Änderungen in der Netzinfrastruktur (etwa Ausbau der elektrische Übertragungsnetze oder Smart Grids) werden im Szenario nicht abgebildet.

- Der nichtenergetische Verbrauch fossiler Energieträger nimmt sukzessive ab und beschränkt sich 2050 auf Erdöl zur Herstellung von Grundstoffen für die chemische und Kunststoffindustrie. In der Roheisenherstellung wird Wasserstoff eingesetzt und (analog zur derzeitigen Behandlung des Hochofenkokses in der Energiebilanz) zwischen Endverbrauch und nichtenergetischem Verbrauch aufgeteilt.

- Für biogene Energieträger wird kein nichtenergetischer Verbrauch (etwa in Bioraffinerien) abgebildet.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

3. WESENTLICHE ANNAHMEN FÜR DEN ENDENERGIE-BEDARF

Um den Energiebedarf sukzessiver erneuerbar decken zu können, muss er deutlich gesenkt werden. Dies könnte einerseits durch eine Verringerung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen geschehen (z.B. durch Suffizienz). Im Szenario wird aber davon ausgegangen, dass die Nachfrage nach Wohnfläche, Beschäftigung, Wirtschafts- und Transportleistung weiter moderat steigt, daher müssen die Energiedienstleistungen effizienter erbracht werden.

GENERELLE ANNAHMEN

- Das Basisjahr für die erstellten Berechnungen ist 2013.
- Die Bevölkerung wächst gemäß dem Hauptszenario der Bevölkerungsprognose 2014 der Statistik Austria (2014d) von 8,5 Mio. (2013) auf 9,2 Mio. (2030) und 9,5 Mio. (2050)[2]. Damit steigt die Bevölkerung gegenüber 2013 bis 2030 um 8 % und bis 2050 um 13 %.
- Die Wirtschaft wächst im Ausmaß der Bevölkerung, das entspricht einem realen Wachstum von rd. 0,5 % p.a. bis 2030 und rd. 0,3 % p.a. von 2030 bis 2050. Im gleichen Ausmaß wachsen die Bruttowertschöpfung in den Wirtschaftssektoren und die Güterverkehrsleistung. Die Personenverkehrsleistung wächst etwas weniger stark, weil davon ausgegangen wird, dass pro Kopf 2050 um knapp 10 % weniger gefahren wird als derzeit. Die Annahme liegt darin begründet, dass der Bevölkerungszuwachs vor allem in urbanen Ballungsräumen stattfindet und damit Konzepte wie die „Stadt der kurzen Wege“ zunehmend umgesetzt werden können.
- Für die Wirtschaftssektoren werden keine strukturellen Umbrüche dargestellt. Der Trend der letzten Jahrzehnte zu Strukturverschiebungen in der Industrie wird fortgeschrieben. Abweichend dazu wird für die Landwirtschaft angenommen, dass der pro-Kopf-Flächenbedarf für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion vor allem aufgrund einer Ernährungsumstellung sinkt und damit Flächen für die Energieproduktion frei werden (siehe unten).
- Die technischen Effizienzsteigerungen werden im Ausmaß der in den erwähnten Studien

[2] Die oben zitierten Studien gehen ebenfalls von dieser Entwicklung aus und sind insofern gut vergleichbar.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

genannten angenommen. Insbesondere werden Daten aus Streicher et al. (2011) entnommen, da diese Studie sehr detailreich und in der Vorgangsweise dem vorliegenden Szenario sehr ähnlich ist.

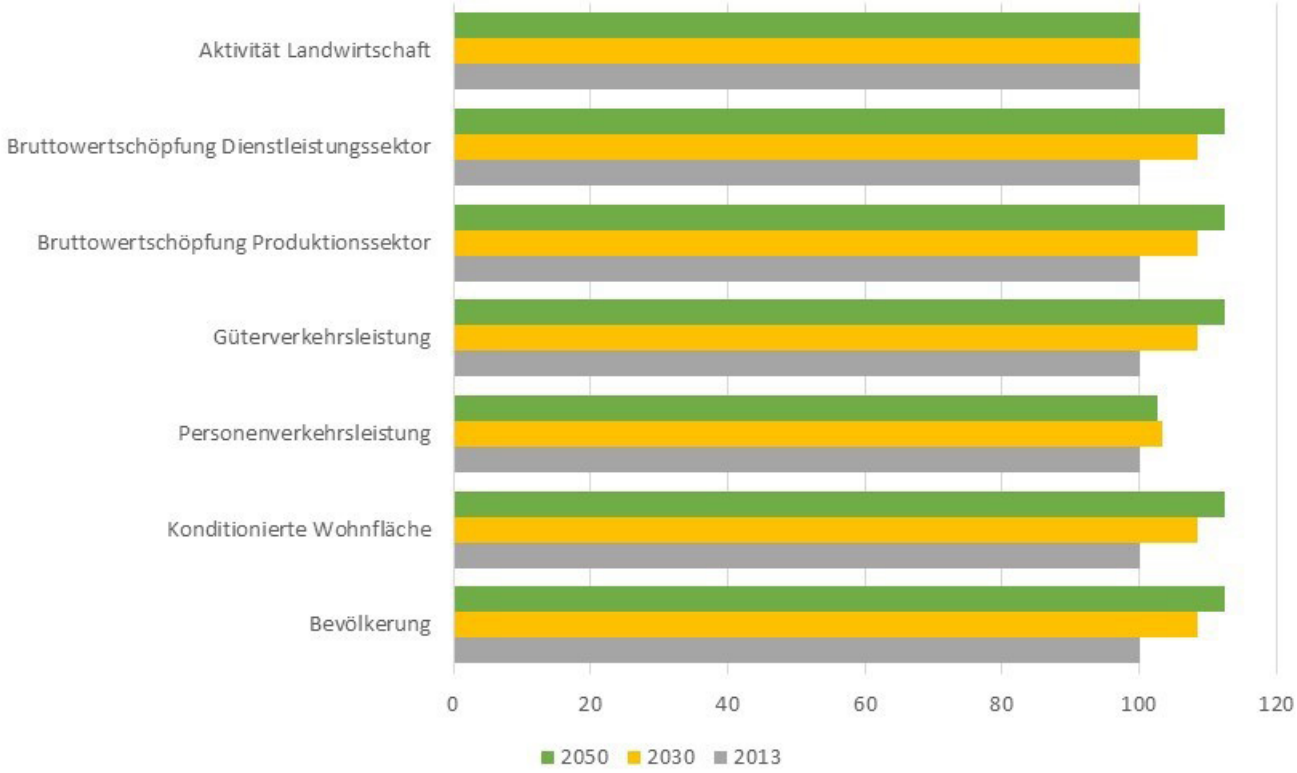

Abb.2: Annahmen zu den Aktivitäten im Szenario. Ausgangspunkt: 2013=100

ANNAHMEN FÜR DEN SEKTOR „PRIVATE HAUSHALTE“

- Die Wohnnutzfläche wird mit aktuell rd. 44 m²/Kopf konstant gehalten, die gesamte Wohnfläche wächst also mit der Bevölkerung (gegenüber 2013 bis 2030 um 8 % und bis 2050 um 13 %).

- Im Neubau setzt sich der Passivhausstandard sukzessive durch.

- Der Bestand wird bis 2050 bis auf einen kleinen Anteil von 5 % (schutzwürdige Gebäude) vollständig saniert. 2050 sind 60 % der Wohnfläche auf durchschnittlich 70 kWh/m².a und ca. 35 % auf durchschnittlich 40 kWh/m².a saniert. Die Sanierungsrate beträgt im Schnitt 3 % p.a.

- Der durchschnittliche Raumwärmebedarf sinkt von derzeit rd. 153 kWh/m².a auf 85 kWh/m².a im Jahr 2030 und 45 kWh/m².a im Jahr 2050 (Bliem et al. 2011, Renner et al. 2010).

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

ANNAHMEN FÜR DEN SEKTOR „DIENSTLEISTUNGEN“

- Die Beschäftigtenzahl und damit die genutzte Gebäudefläche wachsen im Ausmaß der Bevölkerung (gegenüber 2013 bis 2030 um 8 % und bis 2050 um 13 %).
- Im Neubau setzt sich der Passivhausstandard sukzessive durch. Der Bestand wird bis 2050 bis auf einen kleinen Anteil (schutzwürdige Gebäude) vollständig saniert.
- Der durchschnittliche Raumwärmebedarf sinkt von derzeit rd. 119 kWh/m².a auf 85 kWh/m².a im Jahr 2030 und 45 kWh/m².a im Jahr 2050 (Bliem et al. 2011, Renner et al. 2010).
- Der flächenbezogene Elektrizitätsbedarf sinkt durch Effizienzgewinne leicht, was auch auf die Reduktion des Energiebedarfs des Sektors im einstelligen Prozentbereich durchschlägt.

ANNAHMEN FÜR DEN SEKTOR „PRODUKTION“

- Die Bruttowertschöpfung pro Kopf bleibt konstant, dh. die Wirtschaftsleistung steigt mit der Bevölkerungszahl (gegenüber 2013 bis 2030 um 8 % und bis 2050 um 13 %).
- Die Effizienz steigt im Durchschnitt aller Branchen und Energieanwendungen um rd. 1,2 % p.a. Diese Effizienzsteigerung liegt etwas höher als im Durchschnitt der letzten Jahrzehnte (rd. 1 % p.a. lt. Streicher et al. 2011).
- Es werden keine Annahmen für einen großen Strukturwandel getroffen. In den angesetzten Entwicklungen der Effizienzgrade sind jedoch Verschiebungen zwischen den einzelnen Nutzenergien enthalten, die einen strukturellen Wandel im Ausmaß des Trends der Jahrzehnte abbilden (Annahmen folgen Streicher et al. 2011).
- Auch die Rohstahlproduktion steigt im Ausmaß der allgemeinen Wirtschaftsentwicklung. Allerdings verbleibt die Stahlerzeugung im Hochofenprozess bis 2030 auf dem Niveau von 2012[3], die zusätzlichen Mengen werden in Lichtbogenöfen erzeugt. 2050 ist der Hochofenprozess komplett durch die Elektrostahlerzeugung ersetzt. Als Inputmaterial werden 60 % Schrott eingesetzt und 40 % Eisenschwamm. Dieser wird durch Direktreduktion mit Wasserstoff im Inland gewonnen. Damit bleiben die Vorkette (z.B. Erz-, Schrotttransport) und die Walzwerksprozesse unberührt. Sie entwickeln sich mengen- und effizienzmäßig jeweils wie die Sektoren, in denen sie enthalten sind.
- Die Erdölverarbeitung nimmt – der Nachfrage nach Erdölprodukten folgend – stark ab und beschränkt sich 2050 auf die Herstellung chemischer Grundstoffe und Kunststoffen. Eine Umstellung zur Verarbeitung von biogenen Rohstoffen zu Energieträgern oder zur stofflichen Nutzung wäre denkbar.

[3] Aufgrund der Datenlage wird für die Modellierung der Stahlerzeugung 2012 als Basisjahr genommen.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

ANNAHMEN FÜR DEN SEKTOR „LANDWIRTSCHAFT“

- Für den Sektor Landwirtschaft wird ein Szenario entwickelt, das sich konsistent in die Annahmen zur Energieaufbringung einfügt.

- Es soll auf landwirtschaftlichen Flächen Energieproduktion ermöglicht werden, ohne einerseits in Nutzungskonkurrenz mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion zu geraten, und andererseits eine Übernutzung der Flächen bzw. intensive Energiepflanzen-Monokulturen mit allen ökologischen Folgen (Biodiversitätsverlust, Erosion, etc.) zu verursachen.

- Ein weiteres Ziel des Szenarios ist die vollständige Selbstversorgung Österreichs mit Nahrungsmitteln im Jahr 2050. Die Importe beschränken sich auf nicht in Österreich produzierbare Güter (wie etwa Kaffee, Kakao, Gewürze o.ä.), und auch Exporte bestehen nur in geringem Ausmaß. Studien zeigen, dass die gegenwärtige Ernährungsweise mit den verfügbaren Flächen und den Produktionsbedingungen in Österreich nicht gewährleistet werden kann (vgl. etwa Zessner et al. 2011). Vielmehr müssen aufgrund des hohen Fleischanteils in der Ernährung Ackerflächen in anderen Ländern genutzt werden – vor allem zur Produktion von importierten Eiweißfuttermitteln. Gleichzeitig werden bspw. Milch(-produkte) und Rindfleisch in einem Ausmaß exportiert, dass erhebliche Grünlandflächen gebunden werden[4].

- Für 2050 wird weiters angenommen, dass die Ernährung ausgewogen erfolgt und der Fleischkonsum deutlich reduziert wird. Das entspricht auch den Empfehlungen des Gesundheitsministeriums in der Österreichischen Ernährungspyramide[5].

- Mit dieser Ernährungsumstellung kann der Flächenverbrauch für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion pro Kopf um fast 30 % reduziert werden. Damit ist die Versorgung der österreichischen Bevölkerung aus inländischer Landwirtschaft möglich, es müssen keine Futtermittel mehr importiert werden, der Viehbestand sinkt deutlich.

- Diese Entwicklung kann durchaus als eine Fortsetzung eines langjährigen Trends zu einer bewussteren Ernährung gesehen werden: In Österreich ernähren sich laut einer repräsentativen Umfrage von IFES im Jahr 2013 bereits 9 % vegetarisch, 2005 waren es nur 3 % (Hnat 2013). Noch größer ist der Anteil derer, die gelegentlich auf Fleisch verzichten oder ihre Ernährung zumindest bewusster gestalten wollen. Damit, und auch durch die gleichlautenden Zielsetzungen in der österreichischen Gesundheitspolitik, kann erwartet werden, dass sich Österreich in Zukunft weiter der empfohlenen Ernährungsweise annähern wird.

- Darüber hinaus wird angenommen, dass die derzeit sehr hohen Mengen an Lebensmit-

[4] Vgl. Zessner et al. (2011). Die „Flächenbilanz“ zwischen importierten und exportierten Güter ist dabei relativ ausgeglichen, während die wirtschaftliche Außenhandelsbilanz mit landwirtschaftlichen Gütern und Lebensmitteln negativ ist (vgl. BMLFUW 2014a)

[5] Siehe BMG (2015). Die nachfolgenden Annahmen sind Zessner et al (2011) entnommen, die ihre Arbeit auf den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) aufbauen, die jenen der Österreichischen Ernährungspyramide sehr ähnlich sind. Konkret nimmt der Fleischverzehr pro Kopf um 60 % ab, der Anteil von Milchprodukten bleibt gleich.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

telabfällen deutlich reduziert werden können[6]. Vorsichtig geschätzt wird eine Reduktion angenommen, die dem Nahrungsmittelbedarf von rd. 600.000 Menschen entspricht. Das wird erreicht, indem sich der nicht energetisch genutzte Lebensmittelabfall um 75 % verringert.

- Mit den getroffenen Annahmen kann die Ernährung der bis 2050 auf 9,5 Mio. angewachsenen Bevölkerung durch inländische Landwirtschaftsproduktion sichergestellt werden. Gleichzeitig werden rund 150.000 ha Ackerfläche und 340.000 ha Dauergrünland frei. Diese Zahlen gelten für eine konventionelle Agrarproduktion, wobei unterstellt wird, dass 2050 eine um 5 % größere Ackerfläche bewirtschaftet wird als 2013[7]. Würde der Anteil biologischer Produktion weiter erhöht werden, so würde die frei werdende Fläche abnehmen[8]. Dieser Effekt kann aber durch eine weitere Reduktion des Anteils tierischer Nahrungsmittel kompensiert werden.

- Energetische Effizienzsteigerungen werden lediglich für die Gebäude und Geräte im oben angegebenen Ausmaß angenommen.

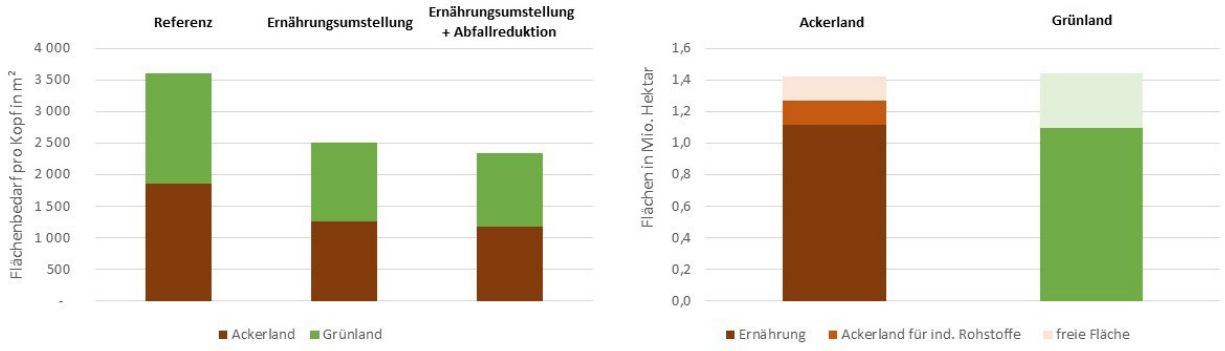

Abb.3: Landwirtschaftlicher Flächenbedarf für die Ernährung. Quelle: Zessner et al. (2011) und eigene Berechnungen

ANNAHMEN FÜR DEN SEKTOR „VERKEHR“

- Die Personenverkehrsleistung (ohne Fußwege) sinkt von rd. 12.000 km/Kopf (2013) sukzessive bis 2050 auf 11.000 km/Kopf (VCÖ 2015). Damit wird angenommen, dass der Bevölkerungszuwachs hauptsächlich in Ballungsräumen stattfindet und sich Raumordnungskonzepte durchsetzen, die zumindest bis 2050 eine Reduktion der Verkehrsleistung von durchschnittlich ca. acht Prozent ermöglichen.

[6] Derzeit werden in den Haushalten jährlich rund 157.000 t Lebensmittel (verpackt und unverpackt) sowie Speisereste im Restmüll entsorgt. Das entspricht einer Menge an Lebensmitteln (ohne Getränke und Milch), die etwa eine halbe Million Menschen in einem Jahr zu Hause konsumieren (BMLFUW 2014b). Dazu kommen knapp 110.000 t im Lebensmittelhandel und 156.400 bis 257.800 t im Bereich der Außer-Haus-Verpflegung (Lebersorger und Schneider 2014).

[7] Das entspricht der Ackerfläche im Jahr 1995.

[8] Außerdem würden dadurch auch die THG-Emissionen der Landwirtschaft gesenkt.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

- Der Personenverkehr findet 2050 je zur Hälfte im MIV (motorisierter Individualverkehr) und im ÖV (öffentlicher Verkehr) und einem kleinen Anteil Radverkehr statt. 85 % des MIV ist elektrifiziert, ebenso wie 2/3 des ÖV. Bis 2030 werden gegenüber 2013 5 %-Punkte der Verkehrsleistung vom MIV auf den ÖV gebracht, 10 % des MIV sind elektrifiziert.

- Die PKW-Flotte wird wesentlich effizienter: für PKW mit Verbrennungskraftmaschinen sinkt der kilometerbezogene Verbrauch bis 2030 um 40 % und bis 2050 um fast zwei Drittel. Bei Elektrofahrzeugen kann eine Einsparung von bis zu 40 % realisiert werden (nach Streicher et al. 2011)

- Die Güterverkehrsleistung steigt mit der Wertschöpfung im Produktionssektor (gegenüber 2013 bis 2030 um 8 % und bis 2050 um 13 %), bleibt also pro Wertschöpfungseinheit konstant.

- Der Güterverkehr wird bis 2030 zu 40 %, bis 2050 zu 50 % auf die Schiene verlegt; 4 % bzw. 5 % des Gütertransports erfolgt per Schiff. 45 % verbleiben auch 2050 auf der Straße, wobei der Zustellverkehr weitestgehend elektrifiziert wird, lediglich schwere LKW benötigen nach wie vor flüssige oder gasförmige Kraftstoffe.

- Im Szenario werden für 2030 und 2050 die Fahrleistungen im Inland und die dafür benötigte Kraftstoffmenge modelliert. Damit wird davon ausgegangen, dass sich Kraftstoffexport und -import im Tank per Saldo zu Null ergeben. Das impliziert, dass kein steuerlicher Anreiz mehr besteht, der zu preisbedingtem Kraftstoffexport im Tank („Tanktourismus“) führt.

- Für den Flugverkehr wird angenommen, dass die Nachfrage nach Flugreisen mit der Bevölkerung wächst. Allerdings wird davon ausgegangen, dass 2030 diese Nachfrage zu einem Drittel, bis 2050 zur Hälfte auf die Bahn verlagert (etwa in diesem Ausmaß starten oder landen Flugpassagiere derzeit nach/aus Nachbarländern bzw. Ländern in Kontinentaleuropa, vgl. Statistik Austria 2014c).

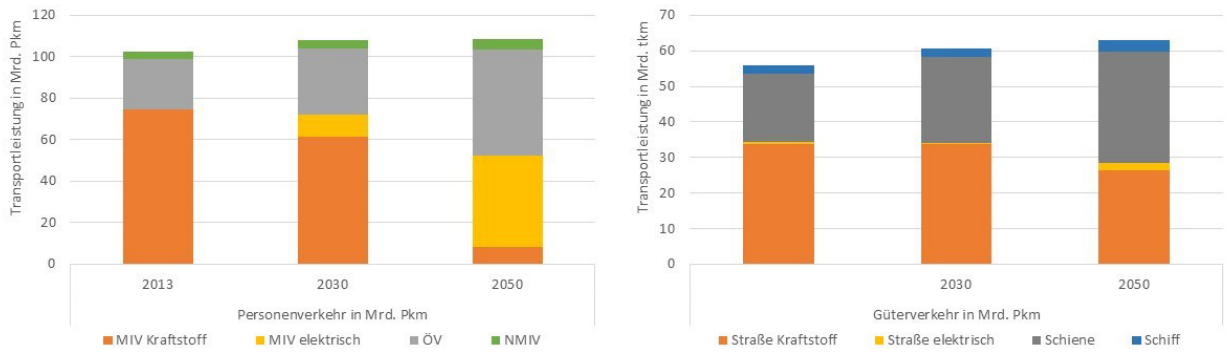

Abb.4: Annahmen zum Modal Split im Personenverkehr ohne Flugverkehr (links) und Güterverkehr (rechts). Anm.: NMIV = nicht motorisierter Individualverkehr (Fahrrad)

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

4. ERGEBNISSE FÜR DEN ENDENERGIEBEDARF

Mit den beschriebenen Annahmen sinkt der Endenergiebedarf im Szenario von 1.119 PJ (310 TWh) im Jahr 2013 auf 789 PJ (219 TWh) im Jahr 2030 und 591 PJ (164 TWh) im Jahr 2050. Das heißt um 29 % bis 2030 und um 47 % bis 2050[9] bezogen auf 2013. Am stärksten sinkt er im Verkehrsbereich: Hier beträgt die Reduktion 54 % bis 2030 bzw. 73 % bis 2050, davon gehen jedoch rd. 25 %-Punkte auf den Wegfall des preisbedingten Kraftstoffexports zurück. In den privaten Haushalten beträgt der Rückgang 29 % bis 2030 bzw. 50 % bis 2050, im Dienstleistungssektor 14 % bzw. 37 %, im Produktionssektor 9 % bzw. 22 % und der Landwirtschaft 4 % bzw. 8 %, jeweils bezogen auf 2013.

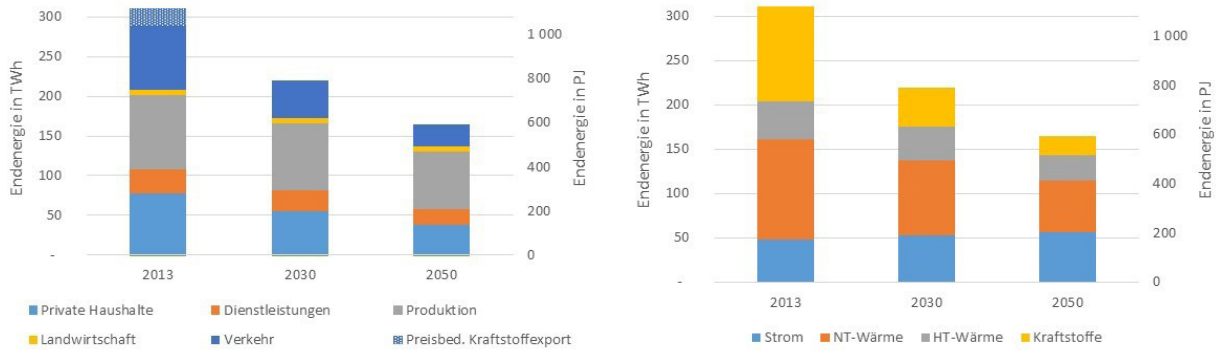

Abb.5: Gliederung des Endenergiebedarfs nach Sektoren (links) und Nutzenergiekategorien (rechts)

Auf Ebene der Nutzenergiekategorien bleibt der Bedarf an Wärme mit Anteilen über 50 % weiterhin dominierend. Während der Anteil des Elektrizitätsbedarfs stark zulegt, sinkt der Kraftstoffanteil deutlich. In absoluten Zahlen reduzieren sich der Bedarf an Niedertemperaturwärme von 114 TWh (2013) auf 85 TWh im Jahr 2030 und 59 TWh im Jahr 2050; der Bedarf an Hochtemperaturwärme entwickelt sich von knapp 44 TWh (2013) auf 38 TWh (2030) bzw. 28 TWh (2050). Der Inlandsbedarf an Kraftstoffen (flüssig oder gasförmig) sinkt von 84 TWh im Jahr 2013 auf 44 TWh (2030) und 21 TWh (2050). Der Bedarf an elektrischer Energie steigt hingegen von 47 TWh auf 52 TWh (2030) und 56 TWh (2050)[10].

[9] Dazu ist anzumerken, dass alleine 7 Prozentpunkte des Rückgangs durch das Wegfallen des preisbedingten Kraftstoffexports zustande kommen.

[10] Dabei handelt es sich um den Bedarf an elektrischer Energie, der aus der Bedeckung der Energiedienstleistungen resultiert. Der Verbrauch kann höherer sein, wenn z.B. der Bedarf an Hochtemperatur-Wärme durch elektrische Energie gedeckt wird o.ä. Siehe Abschnitt 6.1.1.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

5. DECKUNG DES ENERGIE-BEDARFS

Ziel im Szenario ist es, die Energieversorgung schrittweise auf erneuerbare Energieträger umzustellen und gleichzeitig weitgehend klimaneutral zu gestalten. Dazu müssen in steigendem Ausmaß nachhaltige erneuerbare Energien bereitgestellt werden.

Die Analyse zahlreicher Potenzialstudien zeigt eine große Bandbreite von Einschätzungen, wieviel erneuerbare Energie bis 2050 technisch genutzt werden kann. Die Unterschiede kommen durch unterschiedliche Annahmen zu verfügbaren Flächen und eingesetzten Technologien zustande, außerdem werden Einschränkungen rechtlicher Natur (z.B. Schutzgebiete), ökologische Folgen oder Akzeptanzprobleme unterschiedlich stark in die Betrachtung miteinbezogen.

Die Potenziale werden im Szenario unter folgenden Prämissen abgeschätzt:

- Es soll sichergestellt werden, dass vorwiegend jene erneuerbaren Energien genutzt werden, von denen – aus heutiger Sicht – geringere ökologische Auswirkungen und Akzeptanzprobleme zu erwarten sind (Photovoltaik, Solarthermie, Wärmepumpe, Geothermie).

- Energiequellen, die hohes ökologisches Konfliktpotential haben, jedoch bereits stark ausgebaut sind, sollten nur mit Bedacht ausgeweitet werden (Wasserkraft, forstliche Biomasse, landwirtschaftliche Biomasse).

- Bei den angenommenen Potenzialen handelt es sich um technische Angebotspotenziale[11]. Das bedeutet, dass diese Mengen nur dann optimal genutzt werden können, wenn auf der Nachfrageseite keine Restriktionen hinsichtlich ihrer Nutzung bestehen (etwa technische Restriktionen durch mangelnde Speicherbarkeit oder unzureichende Leitungskapazitäten).

[11] „Die technischen Potenziale beschreiben den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung gegebener technischer Randbedingungen nutzbar ist. Zusätzlich werden u. a. strukturelle Restriktionen sowie ggf. vorhandene gesetzliche und damit gesellschaftlich i. Allg. fest verankerte Vorgaben (z. B. Nutzungsrestriktionen in Nationalparks) berücksichtigt, da sie letztlich auch – ähnlich den technisch bedingten Eingrenzungen – „unüberwindbar“ sind. Nicht berücksichtigt werden bei der Bestimmung der technischen Potenziale demgegenüber Akzeptanzprobleme (z. B. bei Anwohnern), die bei der Installation von Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien auftreten können, da diese letztlich keine technische Einschränkung im eigentlichen Sinn darstellen.“ (Kaltschmitt und Streicher 2009)
Theoretisches Potenzial: „das in einer gegebenen Region innerhalb eines bestimmten Zeitraums theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot (z. B. die auf der Erdoberfläche auftreffende Solarstrahlung)“ (ebd.)

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

5.1 ANNAHMEN ZUR AUFBRINGUNG ERNEUERBARER ENERGIE

Die Festlegung der Potenziale für erneuerbare Energien erfolgt nach eingehender Analyse vorhandener Potenzialstudien, im Zentrum stehen aber auch hier die genannten drei Studien (Streicher et al. 2011, Bliem et al. 2011, Christian et al. 2011). Die Potenziale beziehen sich – sofern nicht anders angegeben – auf das Jahr 2050.

Zu den Primärenergiepotenzialen werden folgende Annahmen getroffen:

- Das Potenzial für **Wasserkraft** wird mit 43 TWh angenommen und liegt damit im Bereich der Annahmen von Bliem et al. (2011) und Christian et.al (2011), jedoch deutlich unter den Annahmen von Streicher et al. (2011), die mit 56 TWh den Wert aus dem „Masterplan Wasserkraft" übernehmen. Auch im Vergleich zur Schätzung des Dachverbands Erneuerbare Energie Österreich, der für 2020 von einem Potenzial von 48 TWh Großwasserkraft und 4,5 TWh Kleinwasserkraft ausgeht (siehe EEÖ 2013), ist die Annahme sehr konservativ. Sie geht davon aus, dass die zusätzlichen Mengen gegenüber dem gegenwärtigen Regelarbeitsvermögens je zur Hälfte aus Revitalisierung und Neubau kommen und bis 2030 ausgebaut sind.

- Die Nutzung der **Windkraft** wird deutlich ausgeweitet, ihr Potenzial wird allerdings deutlich restriktiver gesehen als in den meisten Studien. Mit einem Potenzial von 12 TWh für 2030, das bis 2050 nicht mehr ausgeweitet wird, liegt der Wert rund ein Drittel unter den Annahmen von Streicher et al. und Christian et al., jedoch 50% über der sehr konservativen Annahme von Bliem et al. Damit wird versucht, die Windenergie weitestgehend zu nutzen, aber geschützte Gebiete und sensible Standorte auszuschließen und die Dichte von Windkraftanlagen im Osten Österreichs nicht zu hoch werden zu lassen.

- Der Nutzung von **Photovoltaik** zur Elektrizitätserzeugung wird 2050 ein hohes Potenzial von bis zu 23 TWh zugeschrieben. Dieser Wert entspricht sehr gut dem Mittel der angeführten Studien und berücksichtigt die Flächenkonkurrenz gebäudeverbundener Photovoltaik mit solarthermischen Anlagen, auf die die verfügbaren Dach- und Fassadenflächen im Verhältnis 50:50 aufgeteilt werden. Neben den diskutierten Werten finden sich in der Literatur jedoch Arbeiten, die von noch (deutlich) höheren Potenzialen ausgehen (z.B. Stanzer et al. 2010).

- Das Potenzial für **landwirtschaftliche Biomasse** wird gegenüber den erwähnten Studien deutlich beschränkt. Ausgehend von den beschriebenen strukturellen Änderungen in der Landwirtschaft wird angenommen, dass 150.000 ha Ackerfläche für die Energiepflanzenproduktion zur Verfügung stehen. Für die frei werdenden Grünlandflächen wird aus ökologischen Gründen keine energetische Nutzung angenommen. Diese Flächen verbleiben für extensive Nutzung aus Gründen des Biodiversitätsschutzes (also um artenreiche Grünlandlebensräume wie Almen, Feuchtwiesen oder Trockenrasen zu erhalten) oder sie

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

können ganz außer Nutzung gestellt werden. Auch die ökologisch wichtigen Bracheflächen kommen nicht in energetische Nutzung. Es wird abgeschätzt, dass auf den beschrieben Ackerflächen aus Energiepflanzen 39 PJ in Form von Bio-Methan erzeugt werden können[12]. Die Nutzung der Biomasse in Biogas bietet außerdem den Vorteil, dass der Nähstoffkreislauf geschlossen werden kann, da die Reststoffe wieder der Agrarfläche zugeführt werden. Wird weiters davon ausgegangen, dass auf 60 % der Ackerfläche Getreide angebaut und 20 % des anfallenden Strohs energetisch genutzt wird, steht ein weiteres Potenzial von 8 PJ zur Verfügung. Aus der Bio-Methan-Produktion aus Wirtschaftsdünger können weitere 12 PJ genutzt werden[13]. Dabei wird unterstellt, dass der Viehbestand um rund ein Drittel gegenüber 2013 geringer ist und eine Biogaserzeugung nur in Betrieben mit einem Mindestviehbestand stattfindet (vgl. Streicher et al.). Damit ergibt sich ein Gesamtpotenzial von 59 PJ.
Es bleibt jedoch anzumerken, dass das ökologisch verträgliche Potenzial landwirtschaftlicher Biomasse teilweise deutlich höher angesetzt wird: Christian et al. (2011) gehen davon aus, dass durch integrierte Systeme als Kombination von standortangepassten, nachhaltigen Fruchtfolgesystemen mit Bioraffinerien 2050 bis zu 205 PJ landwirtschaftlicher Biomasse nutzbar sein könnten. Kommt es zu einem so großen Umbau der Österreichischen Landwirtschaft können andere Elemente des Energiesystems entlastet oder die Flächeninanspruchnahme verringert werden.

- Das energetische Nutzungspotenzial für **forstliche Biomasse** wird in den Studien im Bereich 155 bis 163 PJ (bzw. 43 bis 45 TWh) gesehen. 2013 wurde diese Spanne mit 167 PJ jedoch bereits überschritten (Statistik Austria 2014a). Die österreichische Waldinventur weist – trotz steigender Nutzung – seit 40 Jahren einen stetigen Anstieg des Holzvorrats aus, einerseits durch einen Anstieg der Waldfläche, andererseits durch steigende Hektarbestände (BMLFUW 2015). Aufgrund dieser Tatsache und auch aus dem Umstand, dass durch die angenommene Entwicklung der Landwirtschaft die Waldflächen weiter zunehmen werden, wird als Potenzial der Wert von 2013 um 10 % angehoben und mit 183 PJ festgelegt. Seitens des Biomasseverbands werden Potenziale von 191 PJ für 2020 und 217 PJ für 2030 genannt (Jauschnegg 2014, Biomasseverband 2015). Aufgrund der oben beschriebenen Prämissen wird das Potenzial in dieser Arbeit jedoch konservativ festgelegt. Es wird davon ausgegangen, dass die Biomassenutzung kaskadisch erfolgt und die angegeben Menge weiterhin Großteils als Kuppelprodukt der Säge-, Holz- und Plattenindustrie anfällt, also als Sägespäne, Hackschnitzel oder Rinde (Holzströme vgl. z.B. Strimitzer 2014).

- Für **biogene Reststoffe** wird das Potenzial konservativ im Ausmaß der derzeitigen Nutzung mit 41 PJ angesetzt. Wesentliche Fraktionen sind darin die Ablauge aus der Papier- und Zellstoffproduktion, Klärschlamm, Altöle und sonstige organische Reststoffe. Wird davon ausgegangen, dass künftig verstärkt biogene Materialien – sowohl im Bereich kurzlebiger Konsumgüter als auch für langlebige Investitionsgüter (z.B. als Baustoffe) – in Umlauf kommen und nach ihrer Nutzungsphase energetisch verwertet werden können, stünden noch höhere Potenziale zur Verfügung.

[12] Bewertet mit dem Flächenertrag von Bio-Methan. Entsprechend niedrigere Erträge würden sich bei der Produktion von Ölfrüchten oder aus dem Kurzumtrieb von schnellwachsenden Hölzern ergeben.
[13] Darüber hinaus können dadurch die Methanemissionen aus der Viehhaltung reduziert werden.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

- Für **Solarthermie** wird das technische Angebotspotenzial, Streicher et al. folgend, mit 33 TWh (119 PJ) angenommen. Die verfügbaren Dach- und Fassadenflächen werden dabei jeweils zur Hälfte von Photovoltaik und Solarthermie belegt. Weiters ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund der Ungleichzeitigkeit des Angebots und der Nachfrage lediglich rd. 40 % des Raumwärmebedarfs solarthermisch gedeckt werden können (ebd.).

- Mit der **Wärmepumpe** kann oberflächennahe Erdwärme bzw. Umgebungswärme auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Die Literatur weist eine sehr hohe Bandbreite des technisch nutzbaren Angebots auf. Für das Szenario wurde das Angebotspotenzial am oberen Ende der Bandbreite angesetzt. Tatsächlich nutzbar ist jedoch nur eine vergleichsweise kleine Menge, da einerseits die verfügbaren Flächen für die Kollektoren bzw. Sonden begrenzt sind und andererseits Wärmepumpen nur für Anwendungen eingesetzt werden, wenn hohe Arbeitszahlen erreicht werden (abhängig u.a. von den Temperaturniveaus, vgl. auch Streicher et al. (2011).

- Auch für die sogenannte **„tiefe Geothermie“**, also die Nutzung von Thermalwasser mit über 100°C aus tiefen Bohrungen, bestehen große Bandbreiten in den Potenzialschätzungen, die vor allem durch die großen Unsicherheiten hinsichtlich der Technologie zustande kommen. Es wird aber davon ausgegangen, dass diese Technologie 2050 zur Verfügung steht. Im Szenario wird sie zur Elektrizitätserzeugung eingesetzt, wobei – abhängig von der konkreten Lage der geothermischen Quelle – auch erhebliche Wärmepotenziale genützt werden könnten.

- Im Szenario nicht explizit berücksichtigt sind die Potenziale von **Abwärme** aus industriellen Prozessen. Eine Untersuchung weist für 2012 ein freies (außerbetriebliches) Abwärmepotenzial von knapp 6,9 TWh aus, 5,3 TWh davon im Temperaturbereich von 20 bis 35°C (KPC 2012). Demgegenüber schätzen Christian et al. das Potenzial 2050 auf 3,3 TWh. Es wird davon ausgegangen, dass nutzbare Abwärmepotenziale durch Effizienzsteigerungen in den Produktionsprozessen künftig einerseits sinken und andererseits weitestgehend innerbetrieblich genutzt werden. Eine darüber hinausgehende Nutzung würde das Erreichen der gesetzten Ziele für 2030 und 2050 vereinfachen.

Abbildung 6 zeigt die Bandbreite (grün) der Potenzialabschätzungen in den wesentlichsten Studien (Streicher et al. 2011, Bliem et al. 2011, Christian et al. 2011) und die für die Szenarioentwicklung angenommenen maximalen Potenziale (rot). Zusätzlich sind die realisierten Mengen 2013 gemäß der Energiebilanz (Statistik Austria 2014a) eingetragen (schwarz).

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

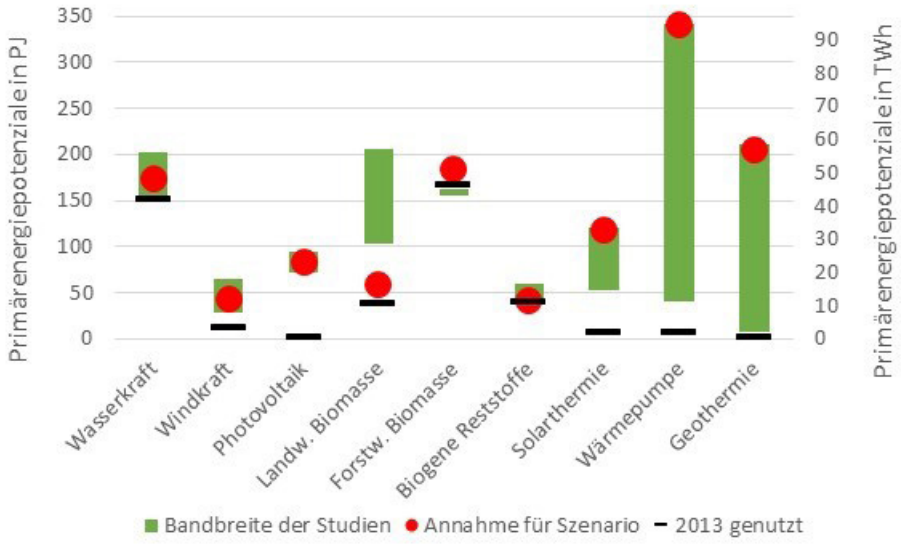

Abb.6: Primärenergiepotenziale aus der Literatur (grün), wie gewählt (rot) und realisierte Mengen 2013 (schwarz). Quellen: Bliem et al. (2011), Christian et al. (2011), Streicher et al. (2011) Statistik Austria (2014a), eigene Berechnungen

5.2 ANNAHMEN ZUM ENERGIESYSTEM

Zur Nutzung der erneuerbaren Energiepotenziale werden folgende Technologien eingesetzt:

- An Umwandlungstechnologien stehen die in Tabelle 1 angeführten zur Verfügung. Die Parameter, v.a. die Effizienzgrade werden anhand von Angaben in der Literatur und generell tendenziell konservativ angenommen.

- Damit wird ein konservativer Ansatz verfolgt: Es werden nur bekannte Technologien eingesetzt oder solche, mit deren Einsatzfähigkeit und kommerzieller Verfügbarkeit 2030/2050 aus heutiger Sicht sicher zu rechnen ist.

- An derzeit noch nicht verfügbaren Technologien werden folgende eingesetzt:

  – Biokraftstoffe der 2. Generation: Als solche werden Biomethan (aufbereitetes, netzfähiges Biogas), BtL-Kraftstoffe („Biomass-to-liquid“, synthetische Kraftstoffe auf Basis verschiedenster organischer Rohstoffe), Ethanol aus Zelluloseaufschluss und ähnliches bezeichnet.
  Der Vorteil beim Einsatz dieser Kraftstoffe ist, dass sich die Ressourcenbasis vergrößert, aus denen sie hergestellt werden können. So kann z.B. zellulosehaltige Biomasse (z.B. Holz) nicht nur verbrannt, sondern direkt zu gasförmigen oder flüssigen Kraft-

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

stoffen verarbeitet werden. Damit steht die Biokraftstoffherstellung zweiter Generation weniger in Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Möglich wäre auch der Einsatz völlig neuer Biomassefraktionen wie Algen. Solche Energieträger werden zwar nicht explizit modelliert, würden sich aber in die abgebildeten Technologiepfade einfügen und die Primärenergiepotenziale zusätzlich erweitern.

- Power-to-Gas: Durch Elektrolyse wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Der Wasserstoff kann direkt genutzt werden (z.B. im Szenario 2050 zur Direktreduktion von Eisenerz) oder mit CO2 weiter in Methan umgewandelt werden. Letzteres führt zwar zu Wirkungsgradverlusten, stellt aber einen hochwertigen Energieträger zur Verfügung, für den bereits eine ausgedehnte Infrastruktur besteht (Netze, Speicher), der sehr geringe Transportverluste aufweist und der nicht nur für Heizzwecke, sondern auch als Kraftstoff eingesetzt werden kann. Außerdem kann die Elektrolyse zur Stabilisierung des Elektrizitätsnetzes eingesetzt werden, in dem Überschussstrom (z.B. aus wetterabhängiger Elektrizitätserzeugung aus Windenergie und Photovoltaik) zu speicherbarem Wasserstoff und Methan „verarbeitet“ wird. Die Errichtung von weiteren Pumpspeicherkraftwerken mit hohem Naturschutzkonfliktpotential kann so vermieden werden. Eine Rückverstromung des Methans ist im Szenario aus Effizienzgründen nicht vorgesehen.
  Grundsätzlich können aus Wasserstoff und Methan auch flüssige Kohlenwasserstoffe hergestellt und als Kraftstoffe eingesetzt werden. Solche Technologien wurden nicht explizit modelliert, fügen sich aber in die abgebildeten Technologiepfade ein.

- Tiefe Geothermie: Zusätzlich zur heute schon gebräuchlichen oberflächennahen Geothermie könnte künftig auch verstärkt Elektrizität aus tiefer Geothermie erzeugt werden. Dabei wird in geologisch geeigneten Gebieten Thermalwasser mit über 100°C aus tiefen Bohrungen genutzt, aus dem Elektrizität erzeugt werden kann. Wo immer möglich sollen diese Thermalquellen natürlich zur kombinierten Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung genutzt werden, das hängt jedoch von einem genügend hohen Wärmebedarf in der Nähe der Thermalquellen ab. Durch die Nutzung zur Elektrizitätserzeugung kann diese Restriktion umgangen werden und der Ort der Erzeugung ist praktisch unabhängig vom Ort des Verbrauchs. Potenziell stünde damit sogar eine weitere Quelle für Niedertemperaturwärme zur Verfügung. Außerdem kann die Elektrizitätserzeugung dem Bedarf nachgeführt werden und damit Erzeugungsschwankungen anderer Energiequellen ausgeregelt werden.

- Bioraffinerien, also die kombinierte Erzeugung von chemischen Grundstoffen und Energieträgern aus biogenen Rohstoffen, werden nicht explizit modelliert, da – bis auf die Stahlerzeugung und die Erdölraffinerie – keine weiteren Annahmen zu Prozessen im Produktionssektor getroffen wurden. Durch die Abbildung von Biokraftstoffen der 2. Generation wird die energetische Komponente von Bioraffinerieprozesse jedoch implizit mit berücksichtigt, Aussagen zur stofflichen Nutzung werden jedoch nicht gemacht.

- Es werden keine Annahmen zu Saisonspeichern für Wärme getroffen. Weiters wird davon ausgegangen, dass für elektrische Energie ausreichende Speicherkapazitäten zur Verfügung stehen. Diese setzen sich einerseits aus bereits bestehenden Pumpspeichern zusammen,

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

andererseits können Power-to-Gas-Technologien das Ausbalancieren des elektrischen Energiesystems und die vollständige Nutzung des Energieangebotes unterstützen. Zu weiteren Speicherelementen (erzeugungsnahe Batterien, Akkus in Fahrzeugen, Druckluftspeicher, Schwungmassenspeicher etc.) werden keine Annahmen getroffen.

- Es wird angenommen, dass der Energiebedarf 2050 und danach im Jahresdurchschnitt aus inländischen Energiequellen gedeckt werden kann. Grenzüberschreitender unterjähriger Austausch ist damit keinesfalls ausgeschlossen, sondern im Gegenteil notwendiger Bestandteil eines stabilen Energiesystems.

5.3 ANNAHMEN ZUR NUTZUNG FOSSILER ENERGIETRÄGER

Das Szenario zielt auf die sukzessive Reduktion des Energiebedarfs und die Substitution fossiler durch erneuerbarer Energieträgern ab. Dazu werden folgende Annahmen getroffen:

KOHLE

- Kohle wird 2030 nur noch im Hochofen (in Form von Koks aus der Kokerei) als Reduktionsmittel eingesetzt und 2050 nicht mehr genutzt.

ERDÖL

- Die Erdölverarbeitung in der Raffinerie sinkt entsprechend der Nachfrage nach Erdölprodukten.
- 2050 werden keine fossilen Kraftstoffe mehr benötigt, die Raffinerie verarbeitet Erdöl nur noch für nichtenergetische Zwecke (Grundstoffe für chemische und Kunststoffindustrie, Bitumen etc.). An welchem Ort die Verarbeitung biogener Rohstoffe zu Kraftstoffen erfolgt wird nicht definiert.
- Die Verbräuche für erdölbasierte Kraft- und Brennstoffe werden wie folgt angenommen:
- Straßenverkehr: 2030 zu 20% ersetzt, 2050 vollständig
- Flugverkehr: 2030 zu 10% ersetzt, 2050 vollständig
- Brennstoff für Heizzwecke: Bereits 2030 fast vollständig ersetzt

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

ERDGAS

- Im Raumwärmemarkt sinkt der Anteil von Erdgas von rd. 24 % auf 20 % im Jahr 2030, 2050 wird es nicht mehr eingesetzt.
- Der industrielle Einsatz halbiert sich bis 2030 und sinkt 2050 auf Null.
- Die Elektrizitätserzeugung aus Erdgas beträgt 2030 noch rund die Hälfte von 2013, da einerseits noch Fernwärme-KWKs betrieben werden müssen und derzeit eine Kraftwerkskapazität von fast 2000 MWel besteht, die seit dem Jahr 2000 errichtet wurde (und demnach 2030 erst 30 Jahre oder jünger ist).

ABFÄLLE

- Biogene Reststoffe werden als Fraktion der Biomasse berücksichtigt (siehe oben).
- Es wird angenommen, dass nicht-erneuerbare Abfälle auch 2030 und 2050 noch anfallen und – soweit nicht rezykliert – verbrannt und damit energetisch verwertet[14]. Die Menge des energetisch genutzten Abfalls wird bis 2050 konstant auf dem Niveau von 2013 gehalten, die Verwertung erfolgt zum größten Teil in KWK-Anlagen, zum kleineren Teil in Heizwerken. Auf europäischer Ebene wird mit der Ressourceneffizienzstrategie allerdings auch der Weg verfolgt, zumindest recyclingfähige Produkte ab 2020 nicht mehr zu verbrennen. Weitere Schritte in eine sogenannte „Zero Waste"-Gesellschaft bedeuten, Produkte bewusster zu konsumieren und die Recyclingraten konsequent weiter zu erhöhen. Werden diese Strategien konsequent weiterverfolgt, dann würde das die Abfallverbrennung und den daraus resultierenden verbliebenen Rest an fossiler Energie im Szenario weiter reduzieren.

[14] Diese Annahme erfolgt einerseits aus Gründen der Konsistenz, da keine strukturellen Veränderungen im Produktionssektor angenommen wurden. Andererseits sind erhebliche Mengen nicht-erneuerbarer Stoffe in den Beständen gebunden (Gebäude, Anlagen, Infrastruktur,…), die im Lauf der Zeit als Abfälle anfallen werden.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

6. ERGEBNISSE

6.1 DECKUNG DES ENDENERGIEBEDARFS[15]

Die gewählten Potenziale reichen aus, um die Nachfrage nach Endenergie der Szenarien für die Jahre 2030 und 2050 abzudecken. Mit den gewählten Annahmen steigt der Anteil erneuerbarer Energie im Endverbrauch von rd. 103 TWh bzw. 33 % (2013) auf rd. 133 TWh bzw. 61 % (2030) und auf rd. 157 TWh bzw. 96% (2050). Der verbleibende nicht-erneuerbare Anteil 2050 geht auf die energetische Nutzung von Abfällen zurück, die annahmegemäß zum Teil immer noch aus fossilen Ressourcen bestehen.

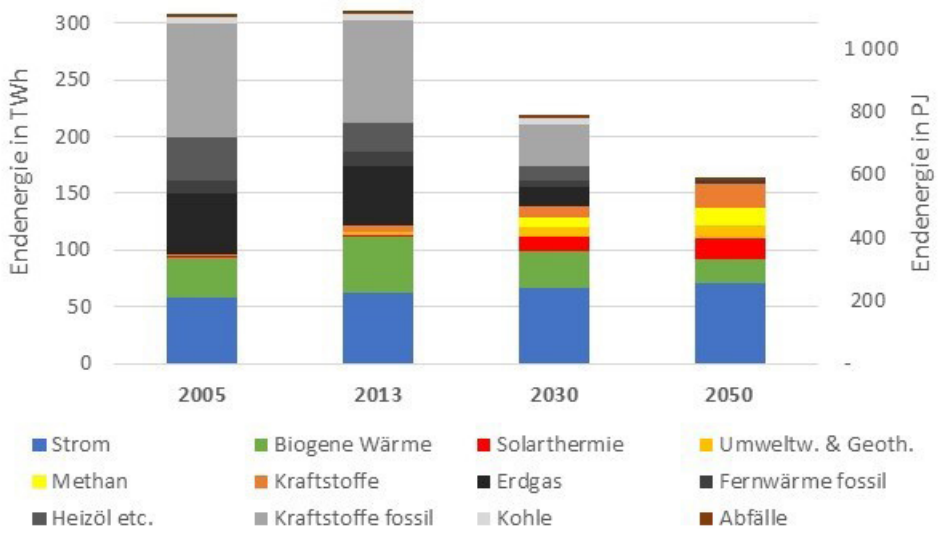

Abb.7: Endenergieverbrauch gegliedert nach Energieträgern

Im Bereich der Niedertemperaturwärme bleibt die Nutzung von Biomasse anteilsmäßig mit rd. 40 % relativ konstant, sinkt aber in absoluten Werten entsprechend der Verringerung des Bedarfs. Die Wärmeaufbringung aus Solarthermie und Wärmepumpe steigt deutlich an, ihr Beitrag ist jedoch beschränkt, da die zeitliche Charakteristik der Nachfrage nach Niedertemperaturwärme sich nicht mit jenem des Angebots deckt.

[15] Anmerkung: „Energiebedarf“ beschreibt die zur Erbringung der Energiedienstleistungen erforderlichen Energiemengen, „Energieverbrauch“ die zur Deckung des Energiebedarfs aufzuwendenden Mengen bestimmter Energieformen unter realen Bedingungen.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

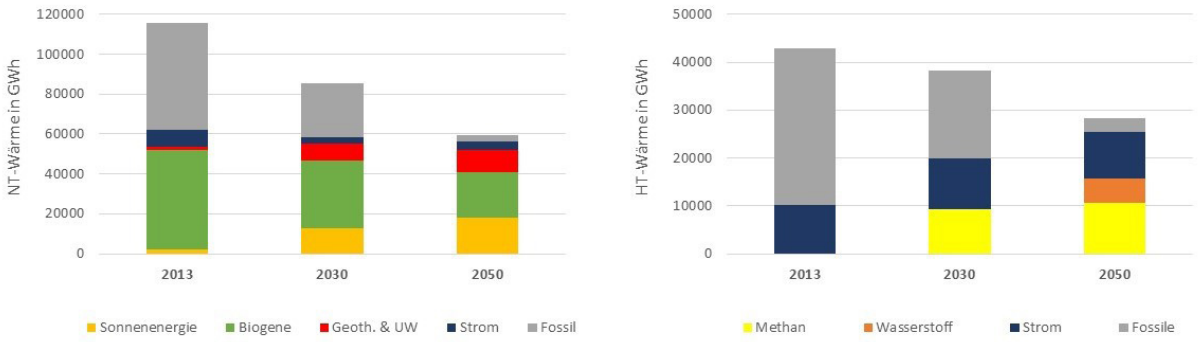

Abb.8: Aufbringung der Niedertemperaturwärme (links) und Hochtemperaturwärme (rechts)

Hochtemperaturwärme wird zunehmend je zur Hälfte aus Elektrizität und gasförmigen Energieträgern gedeckt. 2050 wird zusätzlich die Reduktion von Eisenerz durch Wasserstoff bewerkstelligt.

Der Kraftstoffbedarf wird sukzessive durch biogene Flüssigkraftstoffe der zweiten Generation abgedeckt (knapp 20 % in 2030 und über 60 % in 2050); im Lauf der Zeit gewinnt auch Methan aus biogenen Rohstoffen und Power-to-Gas immer mehr an Bedeutung und hat 2050 einen Anteil von knapp 40 %.

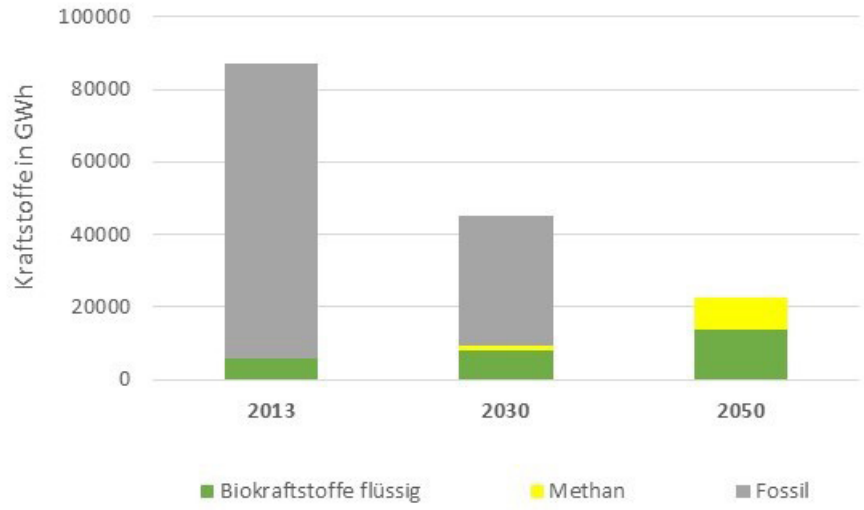

Abb.9: Aufbringung der Kraftstoffe

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

6.1.1 EXKURS: ERGEBNISSE FÜR DIE AUFBRINGUNG UND VERWENDUNG VON ELEKTRIZITÄT

Als Detail sei die Aufbringung und Verwendung des Endenergieträgers Elektrizität dargestellt, da sich hier große strukturelle Änderungen ergeben. Der Endenergiebedarf elektrischer Energie steigt von 62 TWh im Jahr 2013 um 6 % auf 66 TWh im Jahr 2030 und um 13 % auf 70 TWh im Jahr 2050. Während 2013 rd. 10 % des Bedarfs importiert wurden, erfolgt die Aufbringung 2030 und 2050 annahmegemäß im Jahresdurchschnitt im Inland. Die aufzubringende Menge an Elektrizität ist jedoch deutlich höher als der Endverbrauch: Wie beschrieben wird elektrische Energie auch zunehmend durch PtG-Technologien speicherbar und in Form gasförmiger Energieträger (für Hochtemperaturwärme und als Kraftstoff) nutzbar gemacht. Außerdem sind auch der Eigenbedarf der Elektrizitätserzeugung und die Netzverluste zu decken. Damit steigt die aufzubringende Menge an Elektrizität, ausgehend von 72 TWh 2013 auf 82 TWh 2030 und 108 TWh 2050.

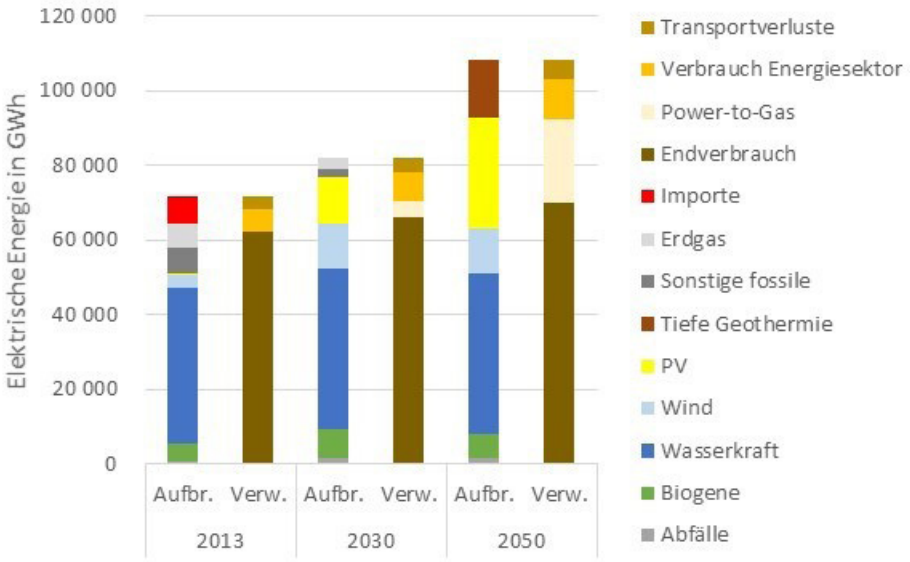

Abb.10: Aufbringung und Verwendung von Elektrizität

Die Elektrizitätserzeugung aus Wasserkraft bleibt in absoluten Zahlen nahezu konstant, entsprechend sinkt ihr Anteil an der gesamten Aufbringung an elektrischer Energie. Windkraft wird bis 2030 auf 12 TWh ausgebaut und wächst dann nicht mehr, entsprechend steigt ihr Anteil bis 2030 und sinkt dann leicht. Am stärksten legt Photovoltaik zu, von einem Anteil von 1 % auf 28 % im Jahr 2050. Biomasse spielt in der Elektrizitätserzeugung nur eine relativ kleine Rolle, sie wird bis 2030 auf 7,8 TWh ausgebaut, sinkt jedoch dann leicht; ihr relativer Anteil geht zurück.

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Aufbringung elektrischer Energie steigt von 70 % im Jahr 2013 auf 92 % im Jahr 2030 und 99 % im Jahr 2050.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

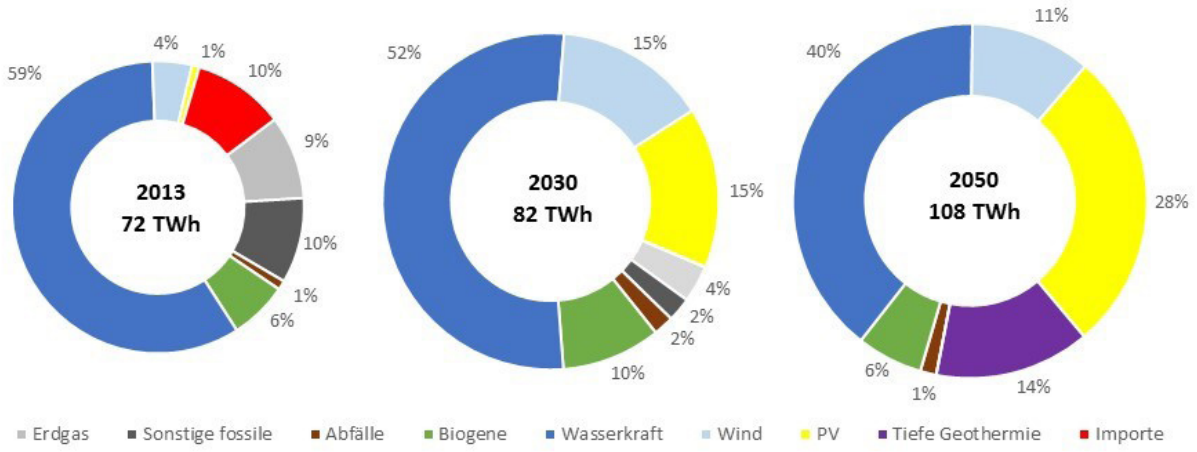

Abb.11: Zusammensetzung der Aufbringung von Elektrizität

6.1.2 EXKURS: ENERGIEBEDARFSDECKUNG DER STAHLERZEUGUNG

Abbildung 12 zeigt die Deckung des Energiebedarfs der Rohstahlerzeugung (Eisenerzreduktion und Rohstahlerzeugung, ohne Walzwerke etc.). Er hat 2030 dieselbe Struktur wie 2013, durch Effizienzsteigerungen sinkt der Koks- und Ölbedarf leicht, die zusätzlichen Stahlmengen werden annahmegemäß im Lichtbogenofen erzeugt. Im Jahr 2050 zeigt sich ein völlig geändertes Bild: Zur Reduktion des Erzes wird Wasserstoff eingesetzt, die Stahlerzeugung erfolgt elektrisch in Lichtbogenöfen. Der Energiebedarf dafür liegt bei 4,9 TWh elektrischer Energie und 12,4 TWh Wasserstoff. Mit einem angenommenen Wirkungsgrad der Wasserstofferzeugung von 75 % beträgt der gesamte Bedarf an elektrischer Energie in dem hier betrachteten Bereich 21,4 TWh.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

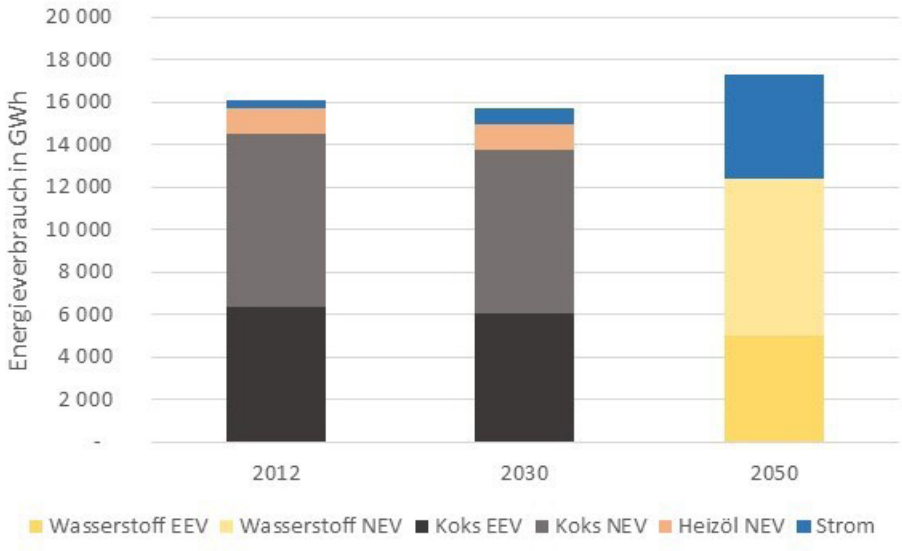

Abb.12: Deckung des Energiebedarfs der Stahlerzeugung

Aus der Abbildung ist auch ersichtlich, dass sowohl der Endenergiebedarf als auch der nichtenergetische Verbrauch – konform mit der österreichischen Energiebilanz – abgebildet werden. Die Aufteilung des Wasserstoffverbrauchs erfolgt im selben Verhältnis wie jener des Koksverbrauchs in der Energiebilanz 2013.

6.2 ERGEBNISSE ZUM PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH UND BRUTTOINLANDSVERBRAUCH

Um Konformität mit der Energiebilanz zu erhalten, werden neben dem zur Deckung des Endenergiebedarfs notwendigen Primärenergiebedarf auch jene Primärenergiemengen abgebildet, die zur Bedeckung der restlichen Aggregate der Energiebilanz (siehe oben) notwendig sind.

Damit ergibt sich folgendes Bild: Gegenüber 2013 sinkt der Bruttoinlandsverbrauch 2030 von rd. 1.400 PJ um 28 % auf rd. 1.000 PJ, jener 2050 um 38 % auf 865 PJ. Der Anteil erneuerbarer Energie steigt von rd. 425 PJ bzw. rd. 30 % (2013) auf rd. 590 PJ bzw. 59 % (2030) und rd. 766 PJ bzw. 89% (2050). Der verbleibende nicht-erneuerbare Anteil 2050 geht einerseits auf die energetische Nutzung von Abfällen (3%-Punkte) und den nichtenergetischen Verbrauch von Erdöl (8 %-Punkte) zurück. Der Anteil der Biomasse steigt dabei von 18 % im Jahr 2013 bis 2030 auf 26 % und bis 2050 auf 33 %.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

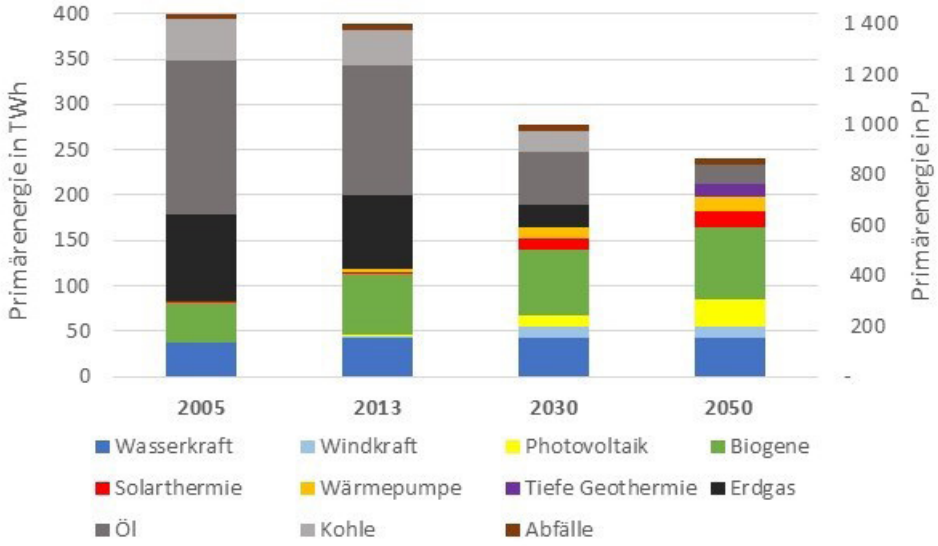

Abb.13: Bruttoinlandsverbrauch gegliedert nach Energieträgern

Abbildung 14 zeigt den sich aus der Berechnung ergebenden Ausbau erneuerbarer Energien in den Jahren 2030 und 2050 in Relation zur Bandbreite der beschriebenen Potenzialschätzungen. Es ist ersichtlich, dass die Potenziale bis 2050 sehr unterschiedlich stark ausgeschöpft werden, um den Energiebedarf zu decken. Bei Solarthermie und Wärmepumpe kann nur ein Teil des Angebotspotenzials genutzt werden, da die zeitliche Charakteristik der Nachfrage nach Niedertemperaturwärme sich nicht mit jenem des Angebots deckt bzw. die Aufbringung durch die Flächenverfügbarkeit beschränkt ist. Ein Teil der nicht genutzten Solarthermie-Flächen kann daher für zusätzliche Photovoltaik genutzt werden, was zu einer stärkeren Nutzung führt als in den Potenzialschätzungen angenommen. Wie oben beschrieben werden in der vorliegenden Arbeit besonders sensible Energieressourcen wie Wasserkraft und landwirtschaftliche Biomasse nur deutlich sparsamer genutzt als in den verglichenen Untersuchungen.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

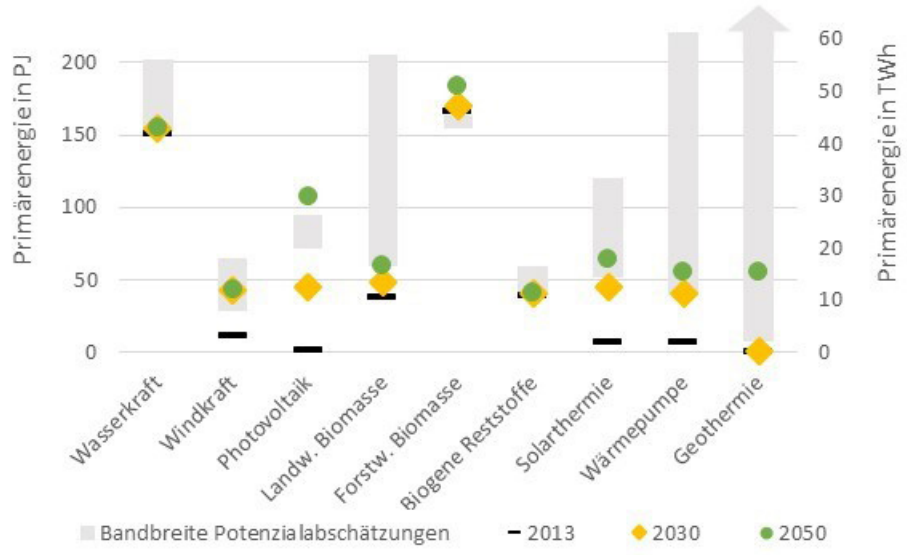

Abb.14: Genutzte Primärenergiemengen im Vergleich zu den Potenzialabschätzungen[16]

6.3 ERGEBNISSE ZU DEN TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Die energiebedingten CO2-Emissionen (ohne jene aus der Biomassenutzung[17]) sinken in den Szenarien von knapp 60 Mio.t (2013) auf 22 Mio. t im Jahr 2030 und auf 2 Mio. t im Jahr 2050 um 63 % bzw. 97 %. Bezogen auf das Jahr 2005, in dem die THG-Emissionen den höchsten Wert in der Geschichte aufwiesen, beträgt die Reduktion 69 % bzw. 97 %. Der verbleibende Rest 2050 geht auf die energetische Nutzung nichterneuerbarer Abfälle und auf kleine Mengen durch die verbleibenden Verarbeitungsprozesse von Erdöl zurück. Bei entsprechender Umsetzung von Abfallvermeidungs- und Recyclingstrategien kann dieser Wert aber noch verringert werden. Werden alle energiebedingten THG-Emissionen berücksichtigt, beträgt die Reduktion gegenüber 2005 68 % bis 2030 und 96 % bis 2050.

[16] Die Stromerzeugung aus Photovoltaik liegt 2050 höher als das abgeschätzt Potenzial. Grund dafür ist, dass ein Teil der für Solarthermie vorbehaltenen, jedoch nicht genutzten Flächen zur Stromerzeugung genutzt werden.
[17] Diese sind per Definition mit Null anzusetzen.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

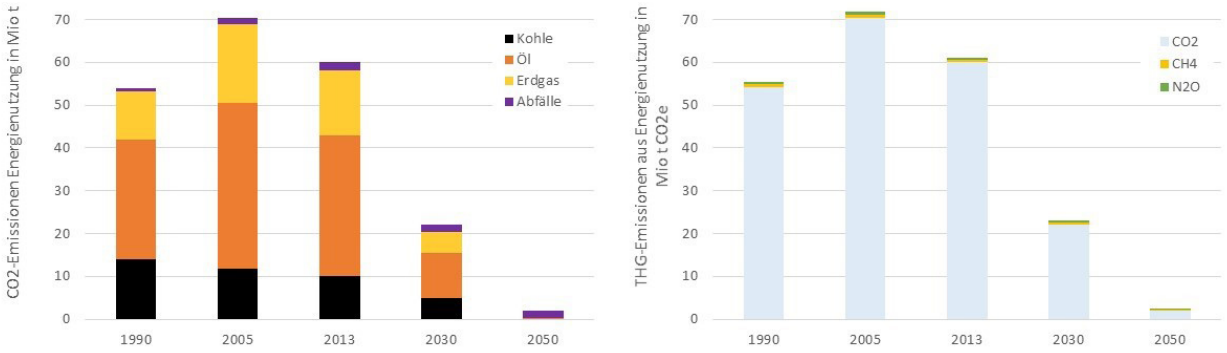

Abb.15: Energiebedingte CO2-Emissionen(links) und THG-Emissionen(rechts)

Aktuell stellen die energiebedingten THG-Emissionen mit über 70 % den größten Anteil an den gesamten THG-Emissionen dar. Bei einer Betrachtung der gesamten THG-Emissionen für 2030 und 2050 müssen noch zusätzliche Annahmen für die anderen Verursacher getroffen werden. Die wichtigsten Verursacher sind hier prozessbedingte Emissionen, Emissionen aus der Landwirtschaft und Emissionen, die sich aus der Landnutzung ergeben. Diese waren allerdings nicht Gegenstand des Szenarios und bedürfen eigens entwickelter Strategien und Maßnahmen um die Treibhausgasemissionen auch in diesen Bereichen substantiell zu reduzieren. Einige erste Überlegungen dazu können eine überblicksmäßige Einschätzung bieten. Mangels eigener Modellierung wird versucht, die Annahmen konsistent zur Modellierung des Energiebereichs zu machen, in der Regel fallen sie dadurch konservativ aus. In der Gliederung der IPCC-Berichterstattung sind das:

- Industrielle Prozesse: Es wird angenommen, das die outputspezifischen THG-Emissionen im selben Ausmaß wie die Energieeffizienzverbesserungen in der Industrie sinken (-1,2 % p.a.), die Outputs selbst wachsen mit der Bruttowertschöpfung der Industrie (siehe oben). In der Stahlproduktion verbleiben 2050 als prozessbedingte Emissionen nur noch kleine Anteile in der Elektrostahlproduktion[18].

- Lösungsmittel: Verringerung der spezifischen THG-Emissionen (-1,2 % p.a.) und höherer Verbrauch (Anstieg wie Wirtschaftswachstum)

- Abfall: Verringerung der spezifischen THG-Emissionen (-1,2 % p.a.) und höherer Anfall (Anstieg wie Wirtschaftswachstum)

- Landwirtschaft: Berücksichtigung des verminderten Tierbestands, keine Berücksichtigung eines möglichen reduzierten Handelsdüngereinsatzes und veränderter Bodenbearbeitung.

Abbildung 16 zeigt das Ergebnis: Die THG-Emissionen sinken damit von fast 93 Mio. t CO2e im Jahr 2005 und 81 Mio. t CO2e im 2013 auf 42 Mio. t 2030 und 14 Mio. t im Jahr 2050. Bezogen auf das Jahr 2005 entspricht das Reduktionen von 55 % bis 2030 und 85 % bis 2050;

[18] Die Emissionen kommen durch den Elektrodenabbrand zustande.

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

bezogen auf das IPCC-Basisjahr 1990 um 49 % bis 2030 und 82 % bis 2050.

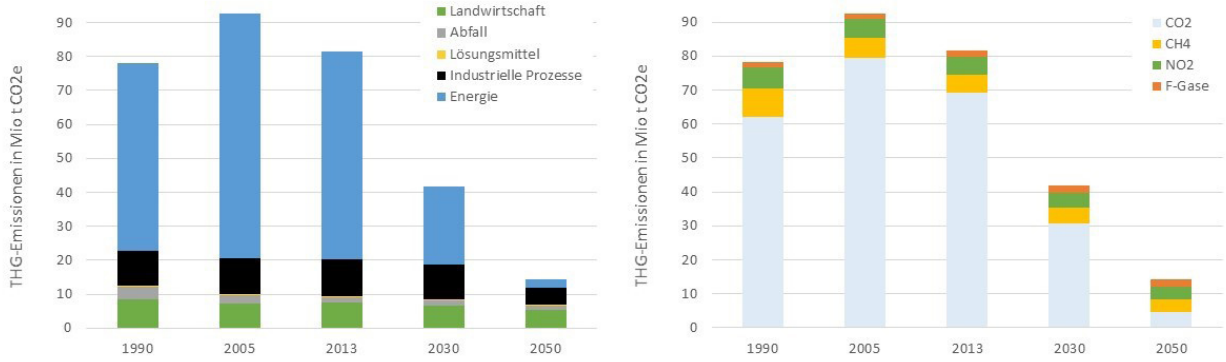

Abb.16: Gesamte THG-Emissionen, gegliedert nach Sektoren (links) und THG (rechts)

Wie aus den Abbildungen ersichtlich, steigen die Anteile der nicht-energetischen an den gesamten THG-Emissionen 2030 und 2050 deutlich an; je nach Umgestaltung der dafür maßgeblichen Sektoren können sie die THG-Bilanz sogar dominieren. Darüber hinaus kommt dem gezielten Wald- und Bodenmanagement[19] (LULUCF), die im Szenario nicht berücksichtigt sind, relativ stärkere Bedeutung zu.

6.4 ÜBERBLICK ÜBER DIE ERGEBNISSE

Zusammenfassend werden aus den Ergebnissen Indikatoren abgeleitet, die eine Interpretation der Ergebnisse erleichtern sollen.

Ausgehend von der wachsenden Bevölkerung in Österreich und – unter der Annahme eines konstanten pro-Kopf-BIP – einer leicht wachsenden Wirtschaft wird gezeigt, dass es technisch möglich ist, den Energiebedarf so weit zu reduzieren, dass eine Bedarfsdeckung aus erneuerbaren Energieträgern möglich ist. Dadurch kann eine deutliche Reduktion der THG bis 2050 auf ein global verträgliches Ausmaß von 1,5 t CO2e gelingen.

[19] Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (Land Use, Land-Use Change and Forestry – LULUCF)

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

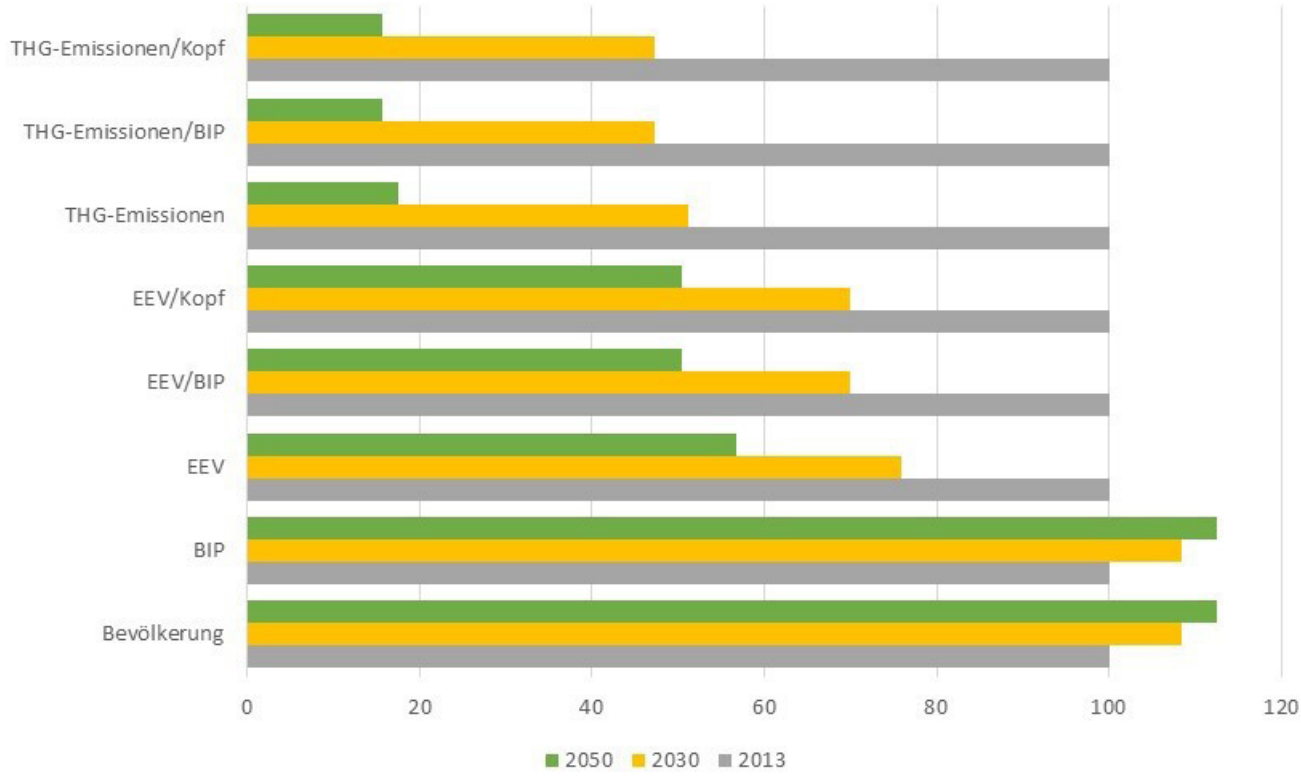

Abb.17: Abgeleitete Indikatoren. Ausgangspunkt: 2013=100

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die wissenschaftliche Evidenz zeigt klar die Hauptverantwortung der Menschheit am stattfindenden Klimawandel (IPCC 2014, APCC 2014). Werden die wissenschaftlichen Empfehlungen bzw. die politische Beschlusslage auf Ebene der internationalen Staatengemeinschaft und der Europäischen Union ernst genommen, dann müssen die THG-Emissionen in Österreich bis 2050 um 80 % bis 95 % gegenüber 1990 reduziert werden, um die globale Erwärmung auf weniger als 2°C über dem vorindustriellen Temperaturniveau zu begrenzen.

Die vorliegende Arbeit zeigt die prinzipielle technische Machbarkeit einer solchen Zielsetzung unter Einhaltung eines strengen ökologischen Vorsichtsprinzips. Um diese Entwicklung aber einzuleiten und umzusetzen bedarf es klarer Ziele, einer stringenten Strategie und langfristiger Rahmenbedingungen. Aus der Arbeit lassen sich folgende wesentliche Voraussetzungen ableiten:

- Klimaschutz und Umbau des Energiesystems können nicht mehr länger isoliert von anderen gesellschaftlichen Bereichen betrachtet werden. Um die notwendigen Klimaziele zu erreichen bedarf es klarer Zielsetzungen, die politisch außer Streit gestellt sind. Diese Ziele müssen mit einer stringenten Strategie verfolgt werden, die in alle Politikbereiche wirkt und damit langfristig voraussehbare Rahmenbedingungen für die Bevölkerung und die Wirtschaft schafft.

- Diese Strategie muss unter Beteiligung der Bevölkerung erarbeitet und umgesetzt werden. Nur so wird sichergestellt, dass sie von den Menschen in ihrer Eigenschaft als BewohnerInnen, WählerInnen, ArbeitnehmerInnen, UnternehmerInnen oder KonsumentInnen mitgetragen wird und notwendig zu lösende Konflikte konsensual bearbeitet werden können. Das ist notwendig, weil die Umsetzung der Zielsetzungen alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche betrifft. Neben der Gestaltung eines Wandlungsprozesses in Österreich braucht es auch den aktiven Einsatz der österreichischen Politik auf EU- und internationaler Ebene.

- Die Umsetzung muss rasch begonnen werden. Der notwendige Umbau des Energie- und in Teilen des Wirtschaftssystems sowie der Infrastruktur braucht längere Zeiträume und fokussierte Investitionen. Um Lock-in Effekte, also langfristig wirksame Investitionsentscheidungen, die den Zielsetzungen entgegenstehen, zu vermeiden, müssen solche Investitionsentscheidungen ab sofort an der zielgerichteten Strategie ausgerichtet werden. 2030 muss der Umbau bereits weit fortgeschritten sein, um die Ziele für 2050 erreichen zu können.

- Die wesentlichsten notwendigen Maßnahmenbündel betreffen:

  - Eindämmung des Zuwachses der Nachfrage nach Energiedienstleistungen durch gesellschafts-, wirtschafts- und raumordnungspolitische Maßnahmen

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

  - Herstellung von Kostenwahrheit für Energie und Verkehr, generell von Naturverbrauch durch gezielte Ausrichtung von Steuern, Abgaben und Förderungen

  - Sukzessives Anheben der Effizienz von Energieumwandlungs- und Verbrauchstechnologien und Anhebung der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern durch forschungs- und innovationspolitische, regulatorische und ökonomische Maßnahmen

  - Senkung des Energiebedarfs für Raumwärme und Kühlung von Gebäuden auf weniger als die Hälfte des heutigen Bedarfs

  - Sukzessive Verlagerung des Personenverkehrs auf öffentliche Verkehrsträger und des Güterverkehrs auf die Schiene

  - Umstellung der Ernährung und Neuausrichtung der Landwirtschaft

  - Schließen von Stoffkreisläufen in allen Wirtschaftsbereichen

- Wirtschaftsunternehmen brauchen klare Rahmenbedingungen, an denen sie ihre Aktivitäten ausrichten und neue Geschäftsfelder entwickeln können. Der Transformationsprozess bietet große wirtschaftliche Möglichkeiten und stellt hohe Anforderungen an die Kreativität und das Können von UnternehmerInnen und ArbeitnerhmerInnen. Ziel ist dabei die Erhaltung einer ausgewogenen Wirtschaftsstruktur.

- Der Umbau bringt eine Veränderung unserer Lebensweise mit sich – und setzt sie auch voraus: Die Art unserer Ernährung, unsere Art zu wohnen und uns fortzubewegen, die Art zu konsumieren und schließlich die Art zu arbeiten und zu produzieren werden so weiter entwickelt, dass die Gesellschaft langfristig mit ihren eigenen Ressourcen auskommt und nicht Ressourcen anderer in einer wachsenden Welt für sich beansprucht. Dazu braucht es Bewusstseinsbildung und neue Paradigmen, an denen Wohlstand ausgerichtet und gemessen wird.

„Der ‚fossilnukleare Metabolismus' der Industriegesellschaft hat keine Zukunft. Je länger wir an ihm festhalten, desto höher wird der Preis für die nachfolgenden Generationen sein."

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU 2011)

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

WESENTLICHE LITERATUR

APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich

Biermayr P et al. (2010): Heizen 2050. Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050

Biomasseverband (2015): Persönliche Mitteilung im Rahmen einer Diskussion zu den Annahmen für die Potenziale der Biomassenutzung

Bliem M et al. (2011): Energie [R]evolution Östereich 2050; IHS i.A. von EVN, Greenpeace und vida

BMG (2015): Die Österreichische Ernährungspyramide.
Unter http://bmg.gv.at/home/Schwerpunkte/Ernaehrung/Empfehlungen/Die_Oesterreichische_Ernaehrungspyramide [Zugriff 29.05.2015]

BMLFUW (2014a): Lebensmittel in Österreich. Zahlen – Daten – Fakten 2013

BMLFUW (2014b): Lebensmittelabfälle in Österreichs Haushalten.
Unter http://www.bmlfuw.gv.at/land/lebensmittel/kostbare_lebensmittel/lebensmittel.html [Zugriff 29.05.2015]

BMLFUW (2015): Österreichischer Waldbericht 2015

Christian R et al. (2011): Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich (ZEFÖ); Umweltmanagement Austria, Institut für industrielle Ökologie und Forum Wissenschaft & Umwelt im Rahmen der Ausschreibung „Energiesysteme der Zukunft“ des BMVIT

EREC (Hrsg.) (2010): RE-thinking 2050. A 100% Renewable Energy Vision for the European Union

EEÖ (2013): 2020 – 100 % sauberer Strom für alle. Eine reale Vision. Stromgipfel 2013.
Unter http://www.pvaustria.at/wp-content/uploads/2014/01/Stromgipfel-neu.pdf [Zugriff 29.05.2015]

Fachverband Bergwerke und Stahl (2015): Zahlen zu Produktion und Beschäftigung in der Stahlindustrie in Österreich und weltweit.
Unter http://www.bergbaustahl.at/index.php/statistiken/statistik-stahlindustrie.html [Zugriff 11.03.2015]

Haas R et al (2008): Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Marktchancen verschiedener Technologielinien im Energiebereich

Hnat F (2013): Neueste IFES Studie bestätigt Veggie-Boom: 9% VegetarierInnen in Österreich! Pressemitteilung 21.8.2013.
Unter http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20130821_OTS0142/neueste-ifes-studie-bestaetigt-veggie-boom-9-vegetarierinnen-in-oesterreich [Zugriff 29.05.2015]

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Jauschnegg H (2014): Bioenergie 2020 – 2030 – 2050. In: Österreichischer Biomasseverband (Hrsg.): 18. Österreichischer Biomassetag – Wertschöpfung und Innovation (Tagungsband), S. 14-18

Kaltschmitt M, Streicher W (Hrsg.) (2009): Regenerative Energien in Österreich. Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung. Vieweg+Teubner, Wiesbaden.

KPC (2012): Abwärmepotenzialerhebung 2012. Erhebung außerbetrieblicher Abwärmepotenziale der Industrie

Kranzl L et al. (2008): Strategien zur optimalen Erschließung der Biomassepotenziale in Österreich bis zum Jahr 2050 mit dem Ziel einer maximalen Reduktion an Treibhausgasemissionen

Lebersorger S, Schneider F (2014): Aufkommen an Lebensmittelverderb im österreichischen Lebensmittelhandel. Endbericht im Auftrag der ECR-Arbeitsgruppe Abfallwirtschaft 2014

Renner S et al. (2010): Visionen 2050 – Identifikation von existierenden und möglichen zukünftigen Treibern des Stromverbrauchs und von strukturellen Veränderungen bei der Stromnachfrage in Österreich bis 2050

Stagl S et al. (2014): Transformationspfade. In: APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 1025–1076.

Stanzer G et al. (2010): REGIO Energy – Regionale Szenarien erneuerbarer Energiepotenziale in den Jahren 2012/2020

Statistik Austria (2011): Standard-Dokumentation. Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu den Energiebilanzen für Österreich und die Bundesländer

Statistik Austria (2014a): Energiebilanzen Österreich 1970-2013

Statistik Austria (2014b): Nutzenergieanalyse für Österreich 1993-2013

Statistik Austria (2014c): Verkehrsstatistik 2013

Statistik Austria (2014d): Bevölkerungsprognose 2014

Streicher W. et al. (2011): Energieautarkie für Österreich 2050; i.A. des BMLFUW und des Klimafonds

Strimitzer L. (2014): Holzströme in Österreich – Datengrundlage 2012. Herausgegeben vom BMLFUW

Umweltbundesamt (2014a): Austria's National Inventory Report – Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol

Umweltbundesamt (2014b): Klimaschutzbericht 2014

Umweltbundesamt Deutschland (2015): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050

Veigl A (2012): Perspektiven für Österreich: Gegenüberstellung nationaler Studien. Vortrag beim

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

Fachdialog Roadmap 2050 am 18. Juni 2012, Wien.
Unter http://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/klimaschutz/kyoto-prozess/eu/roadmap_energie.html [Zugriff 03.04.2015]

VCÖ (2015): Persönliche Mitteilung im Rahmen einer Diskussion der Annahmen und Ergebnisse des Sektors „Verkehr“

Voestalpine Stahl (ohne Angabe): Konsolidierte Umwelterklärung 2013, Standorte: Linz, Steyrling

Voestalpine Stahl Donawitz (ohne Angabe): Umwelterklärung 2013

WBGU (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin 2011

Zessner M et al. (2011): Ernährung und Flächennutzung in Österreich. ÖWAW 5-6/2011, S. 95-104

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

ANHANG: DATEN ZUM SZENARIO

Grün hinterlegten Daten sind Werte aus der Energiebilanz der Statistik Austria Statistik Austria (2014a); gelb hinterlegte sind Annahmen und Ergebnisse des Szenarios.

ENDENERGIEBEDARF NACH SEKTOREN IN TWH

	2005	2013	2030	2050	2030	2050
	TWh		*TWh*		*Veränderung gg. 2005*	
Private Haushalte	78,1	77,3	54,6	38,4	-30%	-51%
Dienstleistungen	34,7	31,0	26,5	19,4	-23%	-44%
Produktion	84,2	93,2	84,7	72,7	1%	-14%
Landwirtschaft	6,4	6,6	6,3	6,1	-1%	-5%
Verkehr	105,3	102,8	47,1	27,4	-55%	-74%
Summe	**309**	**311**	**219**	**164**	**-29%**	**-47%**

Quelle: Werte für 2005 und 2013: Statistik Austria (2014a); Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

ENDENERGIEBEDARF NACH SEKTOREN IN PJ

	2005	2013	2030	2050	2030	2050
	PJ		*PJ*		*Veränderung gg. 2005*	
Private Haushalte	281	278	196	138	-30%	-51%
Dienstleistungen	125	111	95	70	-23%	-44%
Produktion	303	336	305	262	1%	-14%
Landwirtschaft	23	24	23	22	-1%	-5%
Verkehr	379	370	170	99	-55%	-74%
Summe	**1 111**	**1 119**	**789**	**591**	**-29%**	**-47%**

Quelle: Werte für 2005 und 2013: Statistik Austria (2014a); Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

ENDENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGERN IN TWH

	2005	2013	2030	2050	2030	2050
	TWh		*TWh*		*Veränderung gg. 2005*	
Elektrizität	57,7	62,1	66,1	70,1	14%	22%
Biogene Wärme	35,4	49,7	33,4	22,3	-5%	-37%
Solarthermie	1,1	2,1	12,5	17,8	1083%	1581%
Umweltw. & Geoth.	0,9	1,9	8,1	11,2	823%	1169%
Methan	0,0	0,0	9,3	15,6	n.a.	n.a.
Kraftstoffe	0,6	5,7	8,7	21,3	1411%	3592%
Erdgas	54,6	53,1	16,9	0,0	-69%	-100%
Fernwärme fossil	11,5	12,1	5,9	2,9	-48%	-75%
Heizöl etc.	38,3	24,9	13,7	0,0	-64%	-100%
Kraftstoffe fossil	99,5	90,9	35,7	0,0	-64%	-100%
Kohle	6,5	5,6	6,0	0,0	-7%	-100%
Abfälle	2,6	2,8	2,8	2,8	7%	7%
Summe	**308,6**	**310,9**	**219,2**	**164,0**	**-29%**	**-47%**

Quelle: Werte für 2005 und 2013: Statistik Austria (2014a); Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

ENDENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGERN IN PJ

	2005	2013	2030	2050	2030	2050
	PJ		*PJ*		*Veränderung gg. 2005*	
Elektrizität	208	224	238	252	14%	22%
Biogene Wärme	127	179	120	80	-5%	-37%
Solarthermie	4	7	45	64	1083%	1581%
Umweltw. & Geoth.	3	7	29	40	823%	1169%
Methan	0	0	34	56	n.a.	n.a.
Kraftstoffe	2	20	31	77	1411%	3592%
Erdgas	197	191	61	0	-69%	-100%
Fernwärme fossil	41	44	21	10	-48%	-75%
Heizöl etc.	138	89	49	0	-64%	-100%
Kraftstoffe fossil	358	327	129	0	-64%	-100%
Kohle	23	20	22	0	-7%	-100%
Abfälle	9	10	10	10	7%	7%
Summe	**1 111**	**1 119**	**789**	**590**	**-29%**	**-47%**

Quelle: Werte für 2005 und 2013: Statistik Austria (2014a); Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

BRUTTOINLANDSVERBRAUCH (PRIMÄRENERGIE) NACH ENERGIETRÄGERN IN TWH

	2005	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
	TWh		*TWh*		*Veränderung gg. 2005*		*Veränderung gg. 2013*	
Wasserkraft	36,7	42,0	43,0	43,0	2%	2%	17%	17%
Windkraft	1,3	3,2	12,0	12,0	281%	281%	801%	801%
Photovoltaik	0,0	0,6	12,7	29,9	2073%	5036%	60085%	142156%
Biogene	44,0	68,0	72,1	78,9	6%	16%	64%	79%
Solarthermie	1,1	2,1	12,5	17,8	507%	762%	1083%	1581%
Wärmepumpe	0,8	2,1	11,4	15,6	435%	635%	1313%	1843%
Tiefe Geo-thermie	0,0	0,0	0,0	15,4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Erdgas	94,9	81,5	26,1	0,0	-68%	-100%	-72%	-100%
Öl	169,7	143,2	58,6	20,2	-59%	-86%	-65%	-88%
Kohle	46,6	38,5	22,0	0,0	-43%	-100%	-53%	-100%
Abfälle	4,6	7,4	7,4	7,4	0%	0%	63%	63%
Summe	**399,6**	**388,5**	**277,8**	**240,3**	**-28%**	**-38%**	**-30%**	**-40%**

Quelle: Werte für 2005 und 2013: Statistik Austria (2014a); Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

BRUTTOINLANDSVERBRAUCH (PRIMÄRENERGIE) NACH ENERGIETRÄGERN IN PJ

	2005	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
	PJ		*PJ*		*Veränderung gg. 2005*		*Veränderung gg. 2013*	
Wasserkraft	132	151	155	155	2%	2%	17%	17%
Windkraft	5	11	43	43	281%	281%	801%	801%
Photovoltaik	0	2	46	108	2073%	5036%	60085%	142156%
Biogene	159	245	259	284	6%	16%	64%	79%
Solarthermie	4	7	45	64	507%	762%	1083%	1581%
Wärmepumpe	3	8	41	56	435%	635%	1313%	1843%
Tiefe Geo-thermie	0	0	0	55	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Erdgas	342	294	94	0	-68%	-100%	-72%	-100%
Öl	611	516	211	73	-59%	-86%	-65%	-88%
Kohle	168	138	79	0	-43%	-100%	-53%	-100%
Abfälle	16	27	27	27	0%	0%	63%	63%
Summe	**1 439**	**1 399**	**1 000**	**865**	**-28%**	**-38%**	**-30%**	**-40%**

Quelle: Werte für 2005 und 2013: Statistik Austria (2014a); Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

ERNEUERBARE ENERGIEN (PRIMÄRENERGIE) NACH ENERGIETRÄGERN

	Potenzial 2050	2013	2030	2050	Potenzial 2050	2013	2030	2050
	GWh				*PJ*			
Wasserkraft	43 000	41 978	43 000	43 000	155	151	155	155
Windkraft	12 000	3 151	12 000	12 000	43	11	43	43
Photovoltaik	23 000	582	12 650	29 900	83	2	46	108
Landw. Biomasse	16 476	10 630	13 346	16 641	59	38	48	60
Forstw. Biomasse	50 909	46 281	47 345	50 909	183	167	170	183
Biogene Reststoffe	11 389	10 996	11 389	11 389	41	40	41	41
Solarthermie	33 000	2 067	12 540	17 820	119	7	45	64
Wärmepumpe	94 722	1 944	11 367	15 629	341	7	41	56
Geothermie	57 000	278	278	15 390	205	1	1	55
Summe	**314 496**	**117 907**	**163 915**	**212 678**	**1 229**	**424**	**590**	**765**

Quelle: Potenzial 2050 nach eigenen Abschätzungen; Werte für 2013: Statistik Austria (2014a); Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

ENERGIEBEDINGTE CO_2-EMISSIONEN

	1990	2005	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
	Mio. t CO_{2e}			*Mio. t CO_{2e}*		*Veränderung gg. 1990*		*Veränderung gg. 2005*	
Kohle	13,9	11,9	10,0	4,8	0,0	-65%	-100%	-59%	-100%
Öl	28,1	38,7	32,9	10,6	0,3	-62%	-99%	-73%	-99%
Erdgas	11,3	18,3	15,3	4,9	0,0	-57%	-100%	-73%	-100%
Abfälle	0,7	1,4	1,8	1,8	1,8	141%	141%	28%	28%
Summe	**54,2**	**70,3**	**60,0**	**22,1**	**2,0**	**-59%**	**-96%**	**-69%**	**-97%**

Quelle: Werte für 1990 und 2005: Umweltbundesamt (2014a); Werte für 2013: eigene Abschätzungen; Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

THG-EMISSIONEN (OHNE LULUCF)

	1990	2005	2013	2030	2050	2030	2050	2030	2050
	Mio. t CO_{2e}			*Mio. t CO_{2e}*		*Veränderung gg. 1990*		*Veränderung gg. 2005*	
Energie	55,4	71,8	61,2	23,0	2,5	-59%	-95%	-68%	-96%
Industr. Prozesse	10,0	10,6	10,9	10,4	4,8	4%	-52%	-2%	-54%
Lösungs-mittel	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	-41%	-51%	-22%	-36%
Landwirt-schaft	8,6	7,4	7,5	6,7	5,5	-22%	-36%	-10%	-26%
Abfall	3,6	2,3	1,7	1,5	1,2	-59%	-66%	-37%	-48%
Summe	**78,1**	**92,6**	**81,5**	**41,8**	**14,3**	**-46%**	**-82%**	**-55%**	**-85%**

Quelle: Werte für 1990 und 2005: Umweltbundesamt (2014a); Werte für 2013: eigene Abschätzungen; Werte für 2030 und 2050: eigene Berechnungen

©Umweltverband WWF Österreich; download unter www.zobodat.at

DIESE ZIELE MÜSSEN FÜR ÖSTERREICH RASCH UND VERBINDLICH BESCHLOSSEN WERDEN, DENN WIR SORGEN UNS UM UNSERE ZUKUNFT!

-50% / -90%

Müssen die Treibhausgase-Emissionen gegenüber 2030/2050 gesenkt werden.

-30% / -50%

Muss der End-Energieverbrauch gegenüber 2030/2050 gesenkt werden.

60% / 100%

Erneuerbare Energien 2030 / 2050 in Österreich.

WWF | GLOBAL 2000 | GREENPEACE

Impressum: WWF Österreich, Ottakringer Str. 114-116, 1160 Wien, +43 1 488 17-0; ZVR. Nr.: 751753867, DVR: 0283908. Text: Andreas Veigl. Design: Meanwhile in Wonderland.
Coverfoto: Global Warming Images / WWF-Canon; Unterstützen Sie die Arbeit des WWF: Spendenkonto IBAN: AT26 2011 1291 1268 3901, BIC: GIBAATWWXXX

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: WWF Studien, Broschüren und sonstige Druckmedien

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: 108_2015

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: Energiezukunft Österreich- Szenario für 2030 und 2050 1-48