



ENERGIE-WENDEN

SchülerInnen erforschen erneuerbare Energie

Energiewende Österreich

Grundlageninformation wie die Energiewende gelingen kann und wie sie eine zum Wohlfühlen werden kann.

Autor: Günter Wind, Ingenieurbüro für Physik

Eisenstadt, 22.11.19



Kontakt: Vera Besse | hallo@energie-wenden.at | Tel.: 0699/11 24 12 59

Inhaltsverzeichnis

1 Kurzfassung.....	3
2 Technische Grundlagen.....	4
2.1 Szenario 2050-mind.....	5
2.2 Vergleich der Szenarien für 2050:.....	9
2.3 Technische Säulen der Energiewende – Zusammenfassung.....	11
3 Speicherbedarf.....	13
4 Einige wesentliche energiepolitische Maßnahmen.....	15
4.1 Energieszenario zum Wohlfühlen.....	15
4.2 Vollständige Nutzung von Dächern und versiegelten Flächen.....	15
4.3 Ausbau Photovoltaik wichtiger als Bau von Speicher.....	16
4.4 Ausbau erneuerbare Energien.....	16
4.5 ÖV, Fahrgemeinschaften verstärken.....	16
4.6 Effizienz, Suffizienz – Ökosoziales Wirtschaftssystem.....	17
4.7 Effizienz, Suffizienz & Flat-Tarife.....	18
4.8 Schwerindustrie, fossile Öfen.....	18
4.9 Netzausbau planen.....	18
4.10 PowerToFuel.....	18
4.11 Energieversorgung und Entwicklungszusammenarbeit.....	18
5 Anhang.....	20
5.1 Szenarien für 2030.....	20
6 Literatur.....	22

1 Kurzfassung

Mit der Berechnung stündlich aufgelöster umfassender Energiewende-Szenarien konnte gezeigt werden, dass mit einer ambitionierten Energieverbrauchsreduktion eine Versorgung ausschließlich aus erneuerbaren Quellen möglich ist und für die erforderlichen Photovoltaikanlagen nur Dächer und versiegelte Freiflächen benötigt werden (keine Freiflächen) und auch keine weiteren landwirtschaftlichen Flächen für die Energieproduktion benötigt werden. Die zukünftige Treibstoffproduktion aus Strom kann so in den Energiemix eingebunden werden, dass auch keine weiteren saisonalen Energiespeicher benötigt werden. Kurzzeitspeicher zum Lastausgleich können großteils mit den Speichern der stehenden E-Fahrzeuge bereitgestellt werden.

Die großen Herausforderungen in der Energiepolitik:

- Wie motiviert und erreicht man die starke Verbrauchsreduktion und verhindert gleichzeitig auch noch den Rebound-Effekt?
- Wie können möglichst einfache wirtschaftliche Rahmenbedingung geschaffen werden, dass klimaschonendes Handeln automatisch – ohne viele Vorschriften – wirtschaftlicher ist?
- Wie können die Maßnahmen zu wirtschaftlichen Impulse genutzt werden anstatt zu einer Belastung zu werden?
- Wo kann die für die Energiewende notwendige 5,5-fache Windleistung von 2016 unterbringen?
- Wie schaffen wir es, die Dachflächen zu 100% vollständig zu nützen?
- Wie gelingt der Umbau in der Mobilität – Trend weg vom Individualverkehr und Verbrennungskraftmaschinen zu ÖV und Elektroantrieb?
- Wie kann zu einem Einsatz von Biomasse als Energiespeicher in wärmegeführter Betriebsweise motiviert werden?
- Die Kenntnis einer Klima-&Energiewende-Strategie für ganz Österreich ist solange nur theoretisch, bis diese auf regionale Strategien (eigentlich bis auf Gemeindeebene) durchgängig geplant ist. Nur so kann auf Gemeindeebene ein Benchmarking durchgeführt werden, das gewährleistet, dass die regionalen Maßnahmen in Summe die funktionierende Strategie für Österreich ergeben.

Als nächster essentieller Schritt für die Manifestierung einer Energiestrategie empfiehlt sich deren Regionalisierung - eine gemeinsame Aufgabe von Energie-, Raum- und Verkehrsplaner. Mit diesem Schritt wird die Strategie für die Bevölkerung greifbarer und dringt mit der räumlichen Nähe auch tiefer ins Bewusstsein und die Partizipation der Bevölkerung.

Die nachfolgende Abhandlung skizziert die mit RESYS-Tool erarbeiteten Energieszenarien für ein Österreich ohne Fossil- und Atomenergie. Die ausgewählten Szenarien sollen die wichtigsten technischen Säulen der Energiewende darstellen, welche für das Funktionieren der Energiewende erforderlich sind. Im anschließenden Teil werden einige energiepolitische Maßnahmen aus dem technischen Hintergrundwissen heraus beschrieben, welche eine Energiewende herbeiführen sollen und mit denen sich die BürgerInnen wohlfühlen können.

2 Technische Grundlagen

RESYS-Tool simuliert alle relevanten erneuerbaren Energietechnologie, Energieverbraucher (Strom, Wärme, Mobilität), Energiespeicherung und Energieumwandlungstechnologien (z.B. Nutzung von Überschussstrom für Treibstoffherzeugung), Potenziale und Verbraucher in stündlicher Auflösung über das gesamte Jahr. RESYS-Tool wurde von der RESYS-Unternehmensgruppe in mehreren Forschungsprojekten entwickelt.

Bei den Potenzialen orientiert sich die Studie an den Angaben etablierter Studien – siehe

Tabelle 1: Zusammenfassung der Potenzialangaben etablierter Studien für regenerative Energien in Österreich [1], [2], [3], [5]

Energieträger	Veigl (2017)	Streicher et al. (2010)	Christan et al. (2011)	Stanzer et al. (2010)
Landwirtschaftliche Biomasse [PJ]	60	70-87,6	205	53
Forstwirtschaftliche Biomasse [PJ]	183	143	155	130
Biogene Reststoffe [PJ]	41	38,8	60	-
Tiefe Geothermie [PJ]	200	210,7	7,75	24
Oberflächennahe Geothermie [PJ]	350	341	95	-
Photovoltaik [PJ]	201,6	82,8	94,5	206
Solarthermie [PJ]	119	120	90	424
Wasserkraft [PJ]	154,8	201,6	152,3	185
Windkraft [PJ]	72	64,8	61	150
Summe [PJ]	1.381,4	1.238,5	920,55	1.172

Die umfassende Funktionalität und die zeitliche Auflösung von RESYS-Tool erlauben eine wesentliche Erweiterung aller bisher bekannten Energieszenarien um die Aussagekraft über Speicherbedarf, Optimierung des Energiemix und Potenzial von Lastanpassungen in einer Gesamtbetrachtung aller Energietechnologien und Verbraucher.

Auf Basis der Energie- und Strukturdaten von 2016 (Statistik Austria, E-Control, OeMAG, Bali, Grüner Bericht) wurden insgesamt 4 Energieszenarien ausgearbeitet, welche mit unterschiedlichen Strategien ein fossilenergiefreies Österreich im Jahre 2050 zum Ziel haben. Aus diesem Ziel wurde das Zwischenziel 2030 abgeleitet.

- 2050-Flug100%: Effizienz im moderaten Bereich, Flugbewegungen bleiben wie 2016, jedoch die Effizienz der Flugzeuge wird deutlich besser
- 2050-Flug50%: wie vorhin, jedoch werden 50% der Flüge durch Bahn ersetzt und teilweise eingespart.
- **2050-mind**: Mindest-Einsparungen in allen Sektoren, um Photovoltaikanlagen auf produktiven Freiflächen zu vermeiden – 160km² Dachflächen, 5,9km² Fassaden, 10km² Fläche über Deponien, Parkplätze werden genutzt (dieses Szenario stellt im Folgenden das Basisszenario dar).
- 2050-ambitioniert: weitere Einsparungen
- 2030: Mindest-Zwischenziele um 2050-mind erreichen zu können.

Diese Szenarien liefern neue Erkenntnisse, die noch nicht alle in der energiepolitischen Diskussion Eingang gefunden haben, aber eine klare Richtung für die Ausarbeitung der Energie- und Klimastrategie vorgeben.

Im Folgenden werden einige technische Aspekte aufgezeigt.

2.1 Szenario 2050-mind

Dieses Szenario beschreibt Mindesteinsparungen, sodass der verbleibende Energiebedarf mit folgendem gerade noch verträglichen Energiemix gedeckt werden kann. Dieser Energiemix nützt praktisch alle Dächer (160km²), einen Teil der Fassaden (6km²) und 10km² versiegelte Freifläche (Parkplätze Deponien, ...) für Photovoltaik; Windenergie weist etwa die gleiche Jahresproduktion wie Photovoltaik auf; Wasserkraft und das österreichische biogene Potenzial werden praktisch vollständig effizient genutzt und mit der vorhandenen Speicherkapazität von Wasserkraftwerken auskommt. Übergeordnetes Ziel ist die Nutzung weitgehend auf bereits „versiegelte“ bzw. „verbrauchte“ Fläche zu begrenzen. Vor allem die Konkurrenz zwischen Energie- und Nahrungsmittelproduktion soll vermieden werden. Nettoenergieimporte werden ausgeschlossen.

Randbedingungen:

1. Bevölkerung wächst auf 9,8 Mio
2. Spezifischer Bedarf an Personenkilometer, Tonnenkilometer bleiben gleich
3. Klima erwärmt sich um 1,5°C – Klimatisierungsbedarf nimmt stark zu, Heizwärmebedarf ab.

Effizienzmaßnahmen – Reduktionen gegenüber 2016 auf ...:

1. Raumwärme: 40%
2. Warmwasser: 77%, Sonstige Wärmebedarf: 70%
3. Stromanwendungen: 70% - EDV 100%, Chemie 85%.
4. Flugzeuge 75%, PKW 80%, LKW, Busse, Bahn: 85%
5. Flugstrecken: Reduktion auf 50% (Kurzflüge durch Bahn ersetzbar)

weitere Maßnahmen

6. Keine Konkurrenz zwischen Energie und Nahrungsmittelproduktion – d.h. keine weiteren Energieflächen. Genützte Biomasse-Potenziale: Wald, Landschaftspflege, Koppelprodukte, Zwischenbegrünung, organische Abfälle, ...
7. Biomasse fest: Verwertung in wärmegeführten BHKW und BTL-Anlagen, Kessel nur zur Spitzenlastabdeckung und zur Erzeugung von Hochtemperaturwärme – Biomasse ist Energiespeicher!
8. Biogas: Verwertung in wärmegeführten BHKW's, Einspeisung ins Gasnetz ermöglicht ganzjährigen Betrieb und Energiespeicherung. CO₂ aus der Gasreinigung wird für PowerToFuel verwendet (Zwischenspeicher).
9. Wechsel der Betriebsart bestehender BHKW's von strom- auf wärmegeführt.
10. Raumwärmeerzeugung: Wärmepumpen ersetzen großteils Öl, Gas; Biomasse, Biomethan wird überwiegend in BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt.
11. Hochtemperatur-Prozesswärme: Biomasse, Biomethan, Strom
12. Kräftige Verlagerung Personen und Güter von Straße auf ÖV
13. PKW: Elektroanteil von 83% senkt den Bedarf an flüssigen Treibstoffen
14. Besetzungsgrad PKW: 1,8 (derzeit 1,1) – senkt Fahrzeug-km.
15. PowerToFuel:
Überschussstrom aus den volatilen Quellen wird mittels PowerToFuel-Verfahren (z.B. sunfuel) in flüssige Treibstoffe verwandelt, um den Bedarf an nicht elektrischer Mobilität (Flug- und Schwerverkehr) zu decken. Das hierfür benötigte CO₂ wird aus der

Biogasreinigung, aus Verbrennungsprozessen und zur Not aus der Luft (geringere Effizienz!) gewonnen.

Die erste Stufe (Elektrolyse von Wasser) kann effizient rasche Lastwechsel verarbeiten (volatiler Stromverbraucher). Wasserstoffzwischenlagerung ermöglicht eine effiziente Fuel-Synthese (Methan, Benzin, Kerosin, Diesel).

Diese Technologie ist technisch machbar, bedarf aber noch einer Optimierung, um die Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Es ist jedoch zu erwarten, dass die Herstellungskosten ohne Förderung bzw. ohne Entwertung des Überschussstroms weit über den heutigen Kosten der fossilen Treibstoffe bleiben. Der verbleibende hohe Preis der flüssigen Energieträger wird automatisch einen Beitrag zur sparsamen Anwendung führen. Energiepolitisch muss gelöst werden, dass dennoch die fossilen Treibstoffe abgelöst werden.

Die obigen Randbedingungen und Maßnahmen wurden mit RESYS-Tool in Stundenauflösung mit einem Referenzwetterdatensatz simuliert. Die wichtigsten Ergebnisse von Energiebedarf, Produktion und Speicherbedarf sind in Abbildung 1, Abbildung 2, Tabelle 2, Tabelle 3 dargestellt.

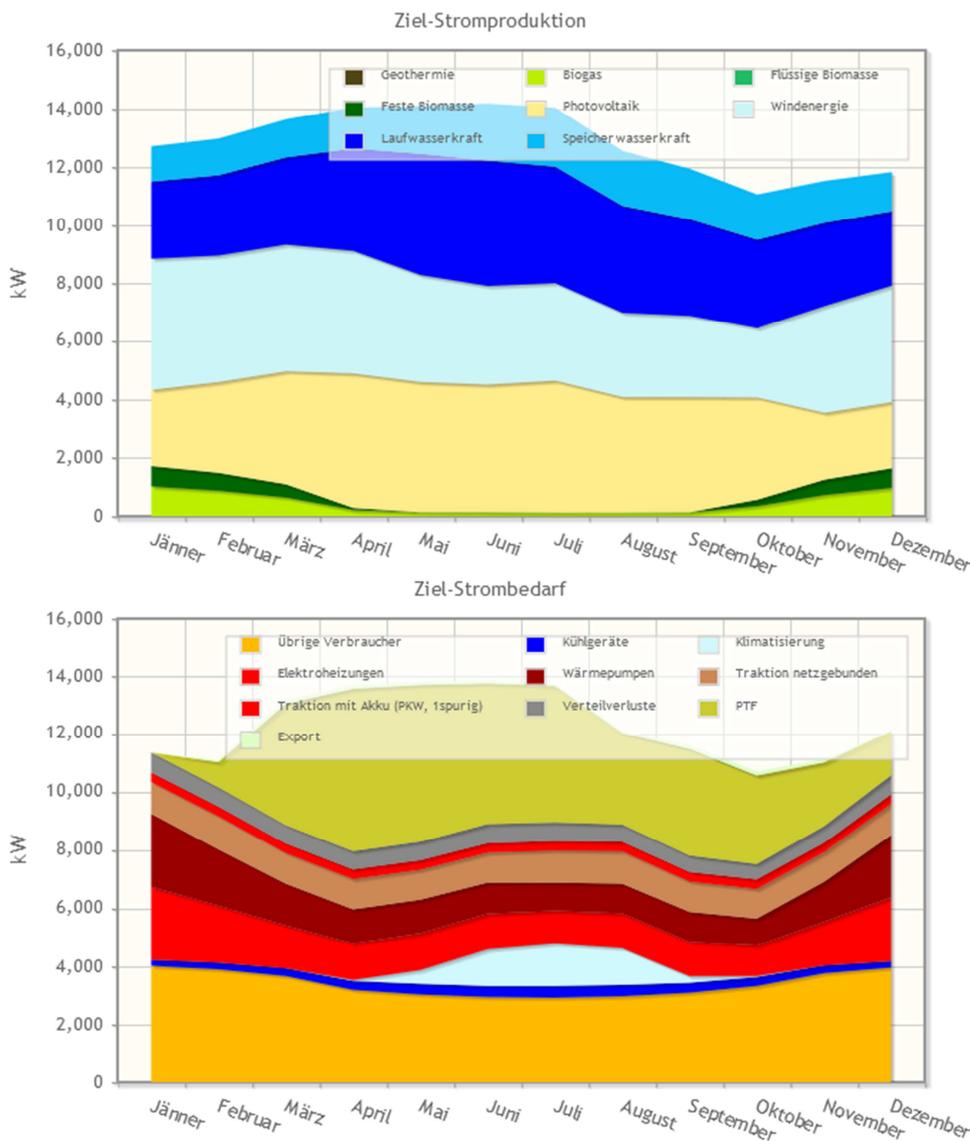


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der primären Stromproduktion (oben) und des Strombedarfs für das Szenario 2050. Die wärmegeführte Betriebsweise von Biomasseanlagen verbessert die Winterbilanz entscheidend. Die verbleibende Differenz zwischen Erzeugung und Bedarf muss durch Speicher ausgeglichen werden. Speicherbedarf: 2.256 GWh. (Korrekturanmerkung: auf der Werteachse ist kW durch MW zu ersetzen!)

Tabelle 2: Primärer Energiemix und deren Verwertung für Erzeugung von Strom, Wärme, Treibstoff in einem Durchschnittsjahr:

	Gesamt GWh/a	Strom GWh/a	Wärme GWh/a	Fuel GWh/a	Methan GWh/a	Bemerkungen
Wasser	42.941	42.941				marginale Steigerung durch Repowering möglich
Wind	31.765	31.765				Steigerung auf das 5,6-Fache von 2016
Photovoltaik	31.851	31.851				Steigerung auf das 23-Fache! Flächenbedarf: 160km ² Dächer (Potenzial: ca. 170km ²) 5,9km ² Fassaden 10km ² Freifläche (Deponien, Parkplätze, ...)
Solarthermie			2.654			6km ² Dächer, 0,4km ² Fassaden
Geothermie	83	1	82			auf Grund der hohen Kosten kein relevanter

						Ausbau
Feste Biomasse	52.693	2.347	33.301	11.077	11.077	Biomassepotenzial wird zu 95% genützt Verwertung in wärmegeführten BHKW, BTL-Anlagen – daher Betrieb in der Heizsaison
Substrate für Biogas	18.811	3.928	9.284		2.658	Biogaspotenziale zu 83% genützt Fuel ist Biomethan für Mobilität + Reserve. 2173 GWh/a für Gasmotoren, 485 GWh/a Reserve in Gasspeicher
Ölpflanzen, Altfette	1.745			1.745		wegen Konkurrenz zur Nahrungsmittelprodukt wird diese Technik reduziert
Summe	179.888	113.833				

Tabelle 3: Auszug wichtiger Energieumwandlungen und Bedarf:

<i>Umwandlung, Bedarf, Reserve</i>	<i>Strom GWh/a</i>	<i>Wärme GWh/a</i>	<i>Fuel GWh/a</i>	<i>Methan GWh/a</i>
PowerToFuel – Treibstoffherzeugung aus Überschussstrom	-28.640		17.079	
Wärmeerzeugung aus Strom: Wärmepumpen, Direktheizung für Hochtemperaturwärme	-25.321	47.342		
Bedarf für Mobilität	-12.170		-29.436	-2.173
Reserve/Überschuss	748		485	465

Speicherbedarf:

- Wärmegeführter Einsatz von Biomasse, Biogas zusammen mit dem vorhandenen Gasspeichersystem ist der größte und kostengünstigste saisonale Energiespeicher.
- Die Hälfte der am Netz befindlichen E-Autos wurde abhängig von der Residuallast (Differenz von Produktion und Bedarf) lastausgleichend geladen. Kurzzeitspeicher.
- PowerToFuel wird als volatiler Verbraucher gleichzeitig sowohl zur Erzeugung von Treibstoffen als auch zum Lastausgleich und somit zur Speicherbedarfsverringern eingesetzt.
- Weiterer Speicherbedarf: 2.271 GWh – derzeit stehen (Pump)Speicherwasserkraftwerke mit einer Speicherkapazität von über 3.000 GWh zur Verfügung.

2.2 Vergleich der Szenarien für 2050:

Der folgende Szenarienvergleich soll zeigen, ...

1. dass die Verbrauchsreduktion einen enormen Einfluss auf den Flächenbedarf zur Energiegewinnung hat. Das „mind“-Szenario ist jenes Szenario, bei der die Photovoltaik gerade noch auf schon versiegelten Flächen (Dächer, Fassaden, Parkplätze, ...) kostengünstig unterzubringen ist. Jede weitere Vergrößerung des Energiebedarfs benötigt mehr Fläche für Photovoltaik, Windenergie und letztlich auch mehr Energiespeicher.
2. dass der Flugverkehr wegen der aus heutiger Sicht fehlenden Möglichkeit eines Strombetriebs ein Nadelöhr darstellt.

Tabelle 4 : Vergleich der Szenarien für 2050 – Bedarf in Bezug auf 2016:

<i>Nutzungsbereich</i>	<i>2016</i>	<i>ambitioniert</i>	<i>mind</i>	<i>Flug 50%</i>	<i>Flug 100%</i>
Raumwärme	100%	39%	39%	41%	41%
Sonstiger Wärmebedarf	100%	70%	70%	85%	85%
Stromanwendungen allg.	100%	70%	70%	85%	85%
EDV	100%	70%	100%	100%	100%
Chemie	100%	70%	85%	85%	85%
Flugzeug	100%	70%	75%	75%	75%
PKW	100%	70%	80%	80%	80%
LKW, Busse, Bahn	100%	70%	85%	90%	90%
Flugstrecken	100%	50%	50%	50%	100%
Besetzungsgrad PKW	1,1	1,8	1,8	1,3	1,3

In Tabelle 4 sind die wesentlichen Unterschiede betreffend Energiereduktionsmaßnahmen zusammengefasst; alle übrigen Maßnahmen sind wie im Szenarien 2050-mind gleich.

Tabelle 5: Vergleich des erforderlichen Energiemix 2050:

<i>primäre Energie</i>	<i>ambitioniert GWh/a</i>	<i>mind GWh/a</i>	<i>Flug50% GWh/a</i>	<i>Flug100% GWh/a</i>
Wasser	42.941	42.941	42.941	42.941
Wind	22.757	31.765	37.701	39.630
Photovoltaik	31.851	31.851	42.815	46.469
Solarthermie	2.664	2.664	2.664	2.664
Geothermie	80	83	86	86
Feste Biomasse	52.203	52.693	52.101	52.101
Substrate für Biogas	19.720	18.811	19.359	19.273
Ölpflanzen, Altfette	1.745	1.745	1.745	1.745
Summe primär	173.961	182.553	199.412	204.909

Der erforderliche Energiemix aus regenerativen Potenzialen ist in Tabelle 5 zu finden. Die Umweltwärme, welche Wärmepumpen aufnehmen, ist hier nicht berücksichtigt (für das mind-Szenario rund 20.000 GWh/a). Die Szenarien unterscheiden sich nur bei Wind und Photovoltaik, weil die übrigen Energiepotenziale in allen Szenarien (fast) vollständig genützt werden. Es zeigt sich, dass eine geringere Energieeffizienz und mehr Flüge sich gewaltig auf den Mehrbedarf an Windenergie und Photovoltaik auswirken. Für den Windenergieausbau über das Maß von Szenario 2050-mind müssten zunehmend ungünstigere Standorte mit geringeren Erträgen und daher größerer Anzahl von Windrädern verbaut werde. Fraglich hierbei ist, ob hierbei die Konfliktpotenziale betreffend Akzeptanz seitens der Bevölkerung, Abstände zu Siedlungsgebieten, Eindringen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten dies überhaupt erreichen lässt.

Hinsichtlich Photovoltaikausbau wurden die benötigten Flächen in Tabelle 6 zusammengefasst. Weniger Effizienz, größere Flugstrecken erzwingen ein Vordringen von Photovoltaik in die Freiflächen. Bei dieser Darstellung wurde angenommen, dass das Dachflächenpotenzial mit 160km² (fast) vollständig genützt wird (theoretisch 164km²; Potenzial: 170km² - 6km² Solarthermie), während das Fassadenpotenzial aus Gründen der Optik und des Minderertrages nur mit rund 6km² genützt wird. Weitere 10km² wurden noch auf versiegelter Freifläche (Parkplätze, Deponien) angenommen. Bei der Flächeninanspruchnahme wird der Abstand zwischen Modulreihen (2,5-Fach der Modulhöhe) eingerechnet.

Tabelle 6 : Bedarf von Freifläche

	<i>ambitioniert km²</i>	<i>mind km²</i>	<i>Flug50% km²</i>	<i>Flug100% km²</i>
Modulfläche Photovoltaik gesamt	176	176	236	256
davon Modulfläche auf Dächer, Fassaden, versiegelte Freiflächen	10	10	10	10
davon Modulfläche auf weitere Freifläche	0	0	>=60	>=80
Flächeninanspruchnahme für weitere Freifläche (Abstand zwischen Modulreihen berücksichtigt)			>=150	>=200

Vor allem ein höherer Bedarf an flüssigen Treibstoffen (vor allem Flug, Schwerverkehr auf der Straße) vergrößert stark den Bedarf an Windenergie und Photovoltaik, weil vor allem mittels PowerToFuel in größerem Ausmaß Treibstoffe mit unvermeidbaren Verlusten herstellen muss (siehe Tabelle 7)

Tabelle 7 : Auszug wichtiger Energieumwandlungen/Reserven:

	<i>ambitioniert GWh/a</i>	<i>mind GWh/a</i>	<i>Flug50% GWh/a</i>	<i>Flug100% GWh/a</i>
Strombedarf für PTF	-25.372	-28.640	-34.498	-41.071
Fuel aus PTF	15.134	17.079	20.540	24.451
Wärmepumpen, E- Heizungen	-23.825	-25.321	-30.230	-30.230
E-Mobilität	-10.413	-12.170	-13.437	-12.402
Fuel für Mobilität	-27.774	-29.435	-31.100	-34.618
Biomethan für Mobilität	-2.128	-2.173	-2.264	-2.264
Fuel Reserve	433	465	291	685
Biomethan Reserve	232	485	203	475
Überschussstrom (Export?)	761	748	561	543

2.3 Technische Säulen der Energiewende – Zusammenfassung

Für ein erfolgreiches Energieszenario mit den heute zur Verfügung stehen Mitteln sind folgende Maßnahmen wichtig (Die Begründung ist im vorigen Abschnitt nachzulesen):

1. **Ambitionierte Verbrauchsreduktion** in allen Bereichen
Insbesondere Raumwärme, Mobilität. Dabei muss ein Reboundeffekt, der eine Effizienzsteigerung zu einem Mehrbedarf führt, verhindert werden.
2. **Kaskadische Abwärmenutzung** in Produktionsprozessen
3. **Biomasse ist saisonaler Energiespeicher:**
Wärmegeführte Betriebsweise von BHKW's und BTL-Anlagen auf Basis von Biomasse, Biogas, Biomethan.

4. **Vollständige(!) Nutzung von Dachflächen** und versiegelter Flächen für Photovoltaik
5. **Wärmepumpen** und wegen der Potenzialgrenze im geringeren Ausmaß auch Biomasse ersetzen fossile Heizungen.
6. **Niedertemperaturwärme** wird mittels Wärmepumpen, Solarthermie oder Wärme aus BHKW und BTL-Anlagen erzeugt.
7. **Heizkessel nur zur Spitzenlastabdeckung oder Erzeugung hoher Temperaturen** einsetzen.
8. **Umstieg auf ÖV, nicht motorisierten Verkehr, Erhöhung der Insassenzahl in Fahrzeugen** reduzieren Energiebedarf.
Autonomes Fahren frühzeitig steuern, um Insassenzahl von PKW's und Attraktivität von ÖV zu steigern.
9. **Flugverkehr reduzieren**
Kurzflugstrecken durch Bahn ersetzen, Dienstreisen durch moderne Medien ersetzen, ...
10. **E-Mobilität** reduziert Treibstoffbedarf
11. **Akkus der E-Fahrzeuge zum Lastausgleich** einsetzen.
12. **PowerToFuel** erzeugt in Zeiten von Energieüberschüssen flüssige Treibstoffe
13. Umstellung der Schwerindustrie von Kohle auf Strom
14. Netzausbau, Lastausgleich mit Akkus:
Photovoltaik in Siedlungsgebieten stellt kaum ein Problem dar. Nur in wenigen Gebieten, wo die Jahresstromproduktion deutlich über 60% des Jahresbedarfs ist (z.B. Entlegenen Bauernhöfe mit großen Dachflächen) ist die Installation von Akkus oder Netzverstärkung zu prüfen und gegebenenfalls einzuplanen.
Für den Transport von Windstrom zu den großen Verbrauchern und Energiespeichern, sowie zur Versorgung von E-Tankstellen (insbesondere entlang Autobahnen) ist die Installation von Energiespeicher (Akkus) zum Lastausgleich oder ein eventueller Netzausbau frühzeitig einzuplanen.

Bemerkung: Speicherbedarf ist nach Berücksichtigung der obigen Punkte in Form von Speicherwasserkraft ausreichend vorhanden. Kurzfristiger Lastausgleich in Netzen wird über die Einbindung der Akkus von E-Fahrzeugen erreicht.

3 Speicherbedarf

Der Speicherbedarf ist ein zentrales Thema, wenn es darum geht, mit volatilen Energiequellen die gewohnte Versorgungssicherheit bereitstellen zu können.

Während kurzfristige Abweichungen mittels Lastmanagement, Kurzfristspeicher (Akkus, Speicherwasserkraft) mit entsprechendem Betriebsmanagement ausgeglichen werden können, stellt der saisonale Speicherbedarf die weit größere Herausforderung dar, weil es hier um große Energiemenge geht, die derzeit nur mit Speicherwasserkraft, biogenen Brennstoffen und chemische Umwandlung von elektrischer Energie in synthetische Energieträger geht. Selbst in einem topografisch begünstigten Land wie Österreich ist die Speicherkapazität von Speicherseen rasch an die Potenzialgrenzen angelangt. Die Gesamtkapazität aller derzeit ausgebauten Speicherseen beträgt ca. 3200GWh, also deutlich weniger als 5% des zukünftigen Jahresstrombedarfs. Um das zukünftige Energieszenario ökologisch verträglich zu gestalten, sollte ein weiteres Zubetonieren Alpentälern vermieden werden.

Der saisonale Speicherbedarf kann im Wesentlichen durch einen definierten Überschuss an elektrischer Energie wie folgt beeinflusst werden.

Je höher die Erzeugungsleistung im Vergleich zum Energieverbrauch ist, umso mehr wird der Speicherbedarf reduziert. Ab einem Überschuss von 10% wird die derzeitige Kapazität der Speicherwasserkraft von 3200GWh unterschritten.

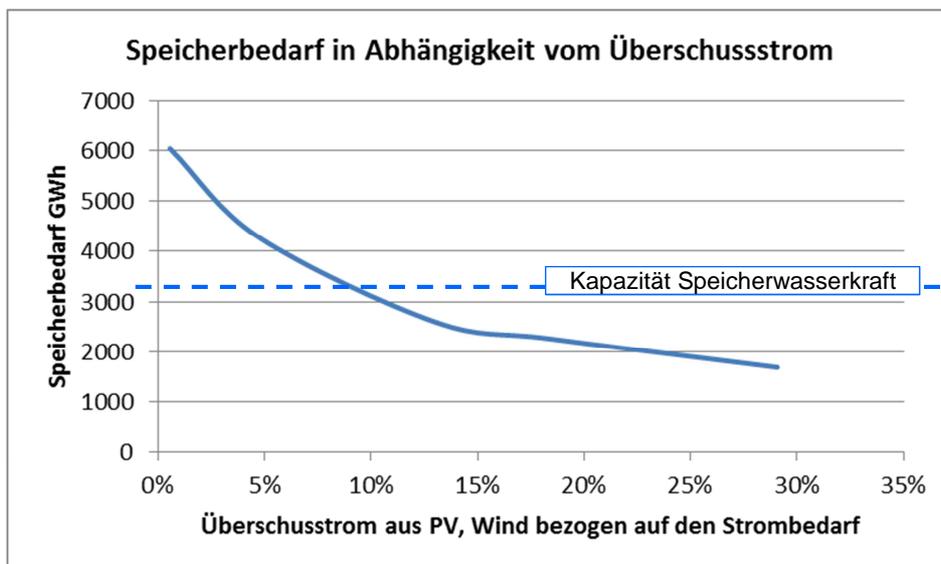


Abbildung 3: Abhängigkeit des Speicherbedarfs vom Überschussstrom bezogen auf den Verbrauch. Ab einem Überschuss von 10% wird die derzeitige Kapazität der Speicherwasserkraft unterschritten. Verhältnis Wind:PV = ca. 1.

Tabelle 8: Abhängigkeit des Speicherbedarfs vom Überschussstrom bezogen auf den Verbrauch.

Überschuss PV+Wind, GWh/a	PV+Wind Überschuss	Speicherbedarf GWh
29388	29%	1685
18670	18%	2255
13134	13%	2597
4798	5%	4281
564	1%	6042

Dieser Stromüberschuss ist keine verlorene Energie, sondern ist sogar notwendig, um den zukünftigen Restbedarf an flüssigen Treibstoffen zu decken, deren natürliche Potenziale (Biomasse) besonders rar sind.

Der Bedarf flüssiger Treibstoffe ist auch bei einem sehr ambitionierten Umstieg auf E-Mobilität und Öffentlichen Verkehr in den Bereichen Flugverkehr, Zugfahrzeuge, Schwerverkehr nicht zur Gänze ersetzbar. Im AUT-2050-mind-Szenario wird dieser Treibstoff neben einer kleineren Menge Treibstoff aus Biomasse großteils mittels PowerToFuel hergestellt und benötigt den Einsatz von 28640 GWh/a Überschussstrom. Damit sinkt der saisonale Speicherbedarf auf unter 2000 GWh/a.

Somit werden mit dem definierten Überschussstrom – aus Wind und Photovoltaik – gleichzeitig der Restbedarf an flüssigen Treibstoffen gedeckt und der saisonale Speicherbedarf so stark reduziert, sodass dieser gar nicht mehr ausgebaut werden muss.

Akkuspeicherkapazität:

- ☀ **4,9 Mio. E-Autos** mit 30kWh verfügbarer Akkukapazität, 50% am Netz:
Gesamtkapazität = 74 GWh
- ☀ 30,5 GWp **PV-Anlagen**, wobei 50% mit Akku ausgestattet sind:
Gesamtkapazität = 22,5 GWh

Folgerungen und Anwendungen zur Flexibilisierung:

- ☀ mittlere Tagesbedarf an Strom ohne PTF beträgt 215 GWh/d
 - ☀ Obige Akkuspeicherkapazität reicht für ca. 11h Gesamtstrombedarf
 - ☀ Akkus ermöglichen konstanteren Betrieb der PTF-Anlagen
- **Tagesspeicher mit 90% Wirkungsgrad**

Vergleich: Gesamtkapazität Speicherwasserkraft inkl. Schwellbetrieb
3200 – 3500 GWh (ca. 4,5% vom Jahresstrombedarf ohne PTF)

4 Einige wesentliche energiepolitische Maßnahmen

Im Folgenden werden wichtige und eher neuartige Maßnahmen zur Forcierung der Energiewende dargestellt.

4.1 *Energieszenario zum Wohlfühlen*

Je weniger im Alltag von der Energieproduktion und Energieverteilung zu sehen ist, umso besser wird die Akzeptanz sein.

Je weniger Vorschriften es zum Erreichen und Aufrechterhaltens der Energiewende gibt, umso lieber ist es jeder/m BürgerIn und UnternehmerIn.

Energieverbrauchsreduktion in allen Bereichen ist eine Säule für eine Energiewende ohne massiven Flächenverbrauch. Den Flächenverbrauch wollen wir niedrig halten, damit wir uns wohlfühlen und auch Platz für Naturräume bleibt.

Oft werden die BürgerInnen hinsichtlich Energiekonsums als unwissender dargestellt als es tatsächlich der Fall ist. Dass bisher Verbrauchsreduktionsmaßnahmen so zäh verlaufen, hat ihren Grund im Verhältnis Einkommen zu Energiepreis. Die meisten Energiesparmaßnahmen sind bedingt durch die hohen Herstellungs- und Lohnkosten nur mittels Förderungen und Prognose einer massiven Energiepreissteigerung erschwinglich bzw. wirtschaftlich. Wenn man sich vorstellt wie vielfältig der Energieeinsatz ist, müssten auch die Gesetze mit Verboten und Geboten ebenso vielfältig und flexibel gestaltet werden, um genau die Bedingungen und den Umfang dieser unzähligen Energiesparmaßnahmen zu beschreiben. Dieser Vorschriftenschwungel müsste auch laufend aktualisiert werden. Zwang und Druck und vor allem die Tatsache, nicht alle Vorschriften ausreichend zu kennen, bringt Unwohlsein und Unsicherheit, was vor allem auch in der Wirtschaft die Investitionsfreudigkeit senkt. Wenn die Rahmenbedingungen aus billiger Energie plus Einsparvorschriften bestehen, werden alle Vorhaben sich zunächst am billigen Energiepreis orientieren und dann wird versucht irgendwie den gesetzlichen Vorschriften gerecht zu werden.

Bemerkung: Vom Energieeffizienzgesetz haben wir schon erfahren, dass die Wirkung einer allgemeinen Einsparvorschrift zu teils phantasiereichen Interpretationen von Maßnahmen führt, die nur am Papier aber nicht in der Realität den Erfolg bringen.

4.2 *Vollständige Nutzung von Dächern und versiegelten Flächen*

Die derzeitigen Förder- und Rahmenbedingungen erzeugen einen Druck auf Erhöhung der Eigenbedarfsquote. Daher werden Photovoltaikanlagen nur so groß gemacht, dass noch eine ausreichend hohe Eigenverbrauchsquote erzielt wird. Dies führt zu einer sehr unvollständigen Nutzung der Dächer. Spätere Erweiterungen sind – wenn überhaupt sinnvoll - mit höheren Kosten und architektonischen Nachteilen verbunden.

Die Begrenzung der PV-Anlagen auf den Eigenbedarf hat folgende gravierende Nachteile:

1. Die Eigenversorgung des Gebäudes ist sowieso unzureichend (meist nur 30% bis 60%). Der Rest muss über das Netz von wo anderes her kommen.
2. Es gibt nur sehr wenig Überschuss, der eigentlich über das Netz an große Verbraucher im Sektor Gewerbe und Industrie verteilt werden sollte. Dort kann auch bei maximalem Photovoltaikausbau der Energiebedarf bei weitem nicht gedeckt werden.

Mit diesen aktuellen Rahmenbedingungen wird der erforderliche Photovoltaikausbau für das minimale Szenario 2050-ambitioniert NICHT erreicht, ohne massiv auf wertvolle Freiflächen zu drängen. Dies bedeutet eine Einengung von Lebens- und Naturräumen, Minderung des Wohlfühlfaktors.

Mögliche Gegenmaßnahmen:

- Tarifreform mit wesentlich höherer Vergütung des eingespeisten PV-Stroms. Vorerst genügt starrer Tarif.
- Nach weitreichendem Ausbau kann der Tarif auch abhängig von der Residuallast und eventuell auch von der augenblicklichen Netzbelastung variabel gestaltet werden

4.3 Ausbau Photovoltaik wichtiger als Bau von Speicher

Es wurden bereits Förderungen für Akkumulatoren eingeführt, welche zum Teil sogar aus dem gleichen Topf wie der Photovoltaikausbau gefördert werden. Somit wird das Kontingent für den Photovoltaikausbau verringert.

Die Szenarien zeigen, dass wir diese Speicher für die Energiewende nur in Ausnahmefällen benötigen, jedenfalls nicht zu Erhöhung der Eigenverbrauchquote, unter deren Prämisse sie installiert werden. Akkus werden für die Energiewende in erster Linie für die E-Fahrzeuge benötigt.

Die jetzt gepuschten privaten dezentralen Speicher bringen für die Netze fast nichts, wenn sie nicht in einem externen Lastmanagement eingebunden werden. Die Entwicklung geht derzeit an dieser Sinnhaftigkeit vorbei. Jedenfalls sind die kleinen privaten Lösungen volkswirtschaftlich teurer als größere Lösungen an Orten, wo sie wirklich gebraucht werden. Dieser Bedarf ist aber nur in wenigen Gebieten, wo die Jahresstromproduktion deutlich über 60% des Jahresbedarfs ist (z.B. Entlegene Bauernhöfe mit großen Dachflächen) gegeben [7]. Dort kann die Installation von Akkus zum Lastausgleich im Netz nützlich Dienste für die Energiewende leisten.

4.4 Ausbau erneuerbare Energien

In zahlreichen Arbeiten wird eine Beschleunigung gefordert und darauf hingewiesen, dass die Ausbauraten viel zu gering sind. Daher wird hier nur darauf verwiesen.

Ziel muss sein von Förderungen auf Energie wegzukommen, weil damit der Energiepreis künstlich erniedrigt wird, finanziert aus Steuereinnahmen, die derzeit in erster Linie von Lohnabgaben und UST kommen; somit wird das Verhältnis Lohnkosten zu Energiekosten hinsichtlich Verbrauchsreduktion ungünstig beeinflusst. Eine Abgabe auf Energien fossilen Ursprungs ist die bessere Lenkungsmaßnahme.

4.5 ÖV, Fahrgemeinschaften verstärken

Häufig werden in der Argumentation zur Attraktivität die Vollkosten eines PKWs herangezogen.

Vor allem im ländlichen Bereich ist diese Argumentation nicht nachvollziehbar, dort ist die Verwendung eines PKWs beim derzeitigen Ausbaustand der ÖV unerlässlich. Relevant für einen Kostenvergleich sind in diesem Fall nur die km-abhängigen Kosten.

Praktische Realität bzw. Probleme, die zur Vermeidung von ÖV führen:

- Einzelfahrten – auch mit Vorteils card – sind deutlich teurer als die km-abhängigen Kosten eines PKW's
- wenn mit dem ÖV bedingt durch die Linienführung Umwege gemacht werden müssen, erhöhen sich i.A. die Kosten des Tickets
- zahlreiche Arbeitgeber fördern Parkplätze, aber nicht das Ticket der ÖV
- km-Geld für PKW ist höher als das ÖV-Ticket

Maßnahmen:

- Einzelfahrscheine müssen deutlich billiger sein, als die km-abhängigen Kosten eines kleinen Diesel-PKW oder E-Autos.
- Parkplatzkosten nicht von der Steuer absetzbar.
- km-abhängige Maut – statt Vignette
- nur variable km-Kosten absetzbar

Private Fahrgemeinschaften verstärken

- bevorzugen von Fahrgemeinschaften im Verkehr
- Treibstoffpreis

Autonomes Fahren:

- Vorbeugen von Leerfahrten:
aufgrund der niedrigen km-abhängigen Kosten – insbesondere bei E-Autos, besteht die große Gefahr von Leerfahrten zur Vermeidung von Parkplatzsorgen und Parkplatzgebühren. Vermutlich ist der unnötige Energiebedarf noch das kleinere Problem.
- Verstärkt in Fahrgemeinschaftsbildung lenken

4.6 Effizienz, Suffizienz – Ökosoziales Wirtschaftssystem

Ein ökosoziales Abgabensystem ist das wichtigste Lenkungsinstrument für die Energiewende. Dass die Einführung von Ökosteuern wirtschaftliche Vorteile bringen kann zeigt das Beispiel Schweden bzw. betont immer wieder das WIFO.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Effizienzmaßnahmen vorgeschrieben, aber es kommen immer wieder neue intensive Energieverbraucher hinzu (z.B. Schwimmbäder, beheizte Nebengebäude, größer werdende Autos, größere beheizte Flächen, Extreme Datenzunahme im Internet (z.B. Bitcoin-mining übersteigt bereits den Strombedarf von Dänemark), leistungsstärkerer Beschneigungsanlagen in tiefen Lagen, ...). Zum Erzielen einer Energiewende zum Wohlfühlen brauchen wir aber eine ambitionierte Reduktion des Energiebedarfs durch Effizienz und Suffizienz in allen Bereichen.

Wir laufen Gefahr, dass wir die unzähligen Möglichkeiten zur Verbrauchsreduktion durch ebenso viele gesetzliche Vorschriften regulieren müssen, wenn wir nicht das Problem an der Wurzel anpacken.

Ein allgemeines Umdenken hinsichtlich Energiebedarfsreduktion erfolgt erst dann, wenn die Energiekosten viel stärker spürbar sind. Verstärkt wird der Effekt, wenn auch die Lohnkosten durch Senkung der Lohnnebenkosten gesenkt werden, sodass Effizienzmaßnahmen kostengünstiger umgesetzt werden können. Dies müsste in einem Ausmaß erfolgen, dass Verbrauchsreduktionsmaßnahmen ohne Förderungen wirtschaftlich werden und die fossilen Energien teurer als die erneuerbaren sind: Dann genügen einige wenige grundlegende Vorschriften und energiewendefreundliches Handeln ist automatisch wirtschaftlicher. Das schafft Klarheit, Akzeptanz und einen Raum zum Wohlfühlen.

Eine klare grundlegende Basis ist erforderlich, die klimaschädliches Verhalten unwirtschaftlich macht. Ohne grundlegenden Lenkungsmechanismus laufen wir Gefahr, dass wir in einen Vorschriftenschwungel für den Klimaschutz herumirren. Das demotiviert Private und verunsichert die Wirtschaft, weil man Angst hat etwas wegen irgendwelcher Klimaschutzvorschriften nicht umsetzen zu können.

Allerdings gibt es mindestens zwei Hemmschuhe – aber auch Entschärfungsmöglichkeiten

1. Soziale Verträglichkeit:
Zur Vermeidung finanzieller Probleme in der sozialschwachen Schicht muss entweder eine Unterstützung (monetär oder für Investition in Reduktionsmaßnahmen) geben werden oder es wird ein Energietarif mit kostengünstiger Ausgestaltung bis zu einer fairen Grenze gewährt; darüber hinaus wird der höhere Verbrauch voll verrechnet, sodass zum Einsparen motiviert wird. Wer viel verbrauchen will, kann es, aber es hat einen ausreichend hohen Preis, mit dem die damit verbundenen Beeinträchtigungen in allen Belangen abgegolten werden können.
2. Standortnachteil für energieintensive Betriebe:
Die Strategien für die Energiewende muss auch für diese Betriebe gelten. Allerdings braucht die Umstellung eine fair bemessene Zeit. Solange andere Länder nicht mitziehen sind höhere Energieabgaben ein Nachteil. In dieser Zeit besteht die Möglichkeit die Energieabgaben in die Umsatzsteuer zu verpacken, deren Steuersatz abhängig von der Art der Energie ist.

Maßnahmen:

- Ökosoziale Steuerreform – sobald als möglich beginnen

Wenn schon das Versprechen „keine neue Steuer in dieser Legislaturperiode“ eingehalten werden muss, dann sollte diese vorbereitet werden – sowohl auf österreichischer Seite als auch Impulse auf EU- bzw. Paris-Unterzeichnerstaaten.

- Erster und einfachster Weg: UST als Ökosteuer – kein Standortnachteil.
- Intensives internationales Engagement zur Einführung eines ökosozialen Wirtschaftssystems.
- Abbau von umweltschädlichen Förderungen (Förderung der Ölheizung, Pendler-Pauschale, km-Geld für PKW, ...)

4.7 Effizienz, Suffizienz & Flat-Tarife

Aus der Energiewirtschaft kommen immer mehr Tarife, die auf eine hohe fixe Grundgebühr und einem billigen Energiepreis abzielen („Flat-Tarife“). Damit wird das Energiesparen noch unattraktiver. Im Strombereich ist derzeit die Tarifreform „Tarife 2.0“ der E-Control in Diskussion. Auch im Strombereich wird versucht die Leistung mit Einführung der Smart Meter zu messen, um den Fixpreis-Anteil (Leistungspreis + Bearbeitungsgebühren) zu erhöhen.

Für die Verbrauchsreduktion ist das Gegenteil erforderlich. Mit Ökoabgaben auf Energie könnte dem entgegengesteuert werden, ansonsten ist eine Vorschrift zu Umverteilung der Leistungskosten auf die verbrauchsabhängigen Kosten erforderlich.

4.8 Schwerindustrie, fossile Öfen

Wechsel von Koks zu Strom in der Schwerindustrie ist unverzichtbar. Wegen der Langfristigkeit der Investitionen muss jetzt schon begonnen werden. Technologien sind bekannt. Es müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, die die Entwicklungen und Umrüstung auf Strom begünstigen bzw. das Nachrüsten von Öfen für fossile Brennstoffe unwirtschaftlich machen.

4.9 Netzausbau planen

Verstärkung der Netze zwischen leistungsstarken Windparks und vorhandenen Speichern bzw. in entlegenen Gebieten mit hohem Erzeugungspotenzial, sowie zur Versorgung von E-Tankstellen abseits leistungsfähiger Kraftwerke und Netze sollten rechtzeitig untersucht und gegebenenfalls geplant werden.

4.10 PowerToFuel

Diese Technologie ist unentbehrlich für die Treibstoffherzeugung um jenen unvermeidlichen Mobilitätsanteil zu versorgen, der nicht elektrifiziert werden kann. Gleichzeitig dient diese Technologie zur Verwertung von Energieüberschüssen aus dem Energiemix, sodass der verbleibende Speicherbedarf erheblich verringert wird.

Es gibt hier eine Vielzahl von Verfahren, die derzeit nur im Pilotstadium angewandt werden. Die Verfahren funktionieren in technischer Hinsicht. Für die Steigerung der Effizienz und Verringerung der Kosten gibt es noch Forschungsbedarf.

Mittelfristig sind Rahmenbedingungen zu schaffen, welche die Integration dieser Schlüsseltechnologie ins Energiesystem ermöglichen. Am besten gelingt dies im Rahmen einer ökosozialen Steuerreform. Es ist zu beachten, dass der Energieinput für PowerToFuel kostenmäßig nicht entwertet wird („ist eh nur Überschuss“), weil ansonsten der Ökostromausbau zum Erliegen kommt, ehe diese Überschüsse entstehen.

4.11 Energieversorgung und Entwicklungszusammenarbeit

Klimaschutz ist eine weltweite Aufgabe. Für den Erfolg ist es erforderlich, in jenen Staat, die ihre unzureichende Infrastruktur erst aufbauen und daher in naher Zukunft ihre Energieproduktion erheblich vergrößern müssen, gleich den Weg mit erneuerbaren Energiequellen und einer effizienten Energienutzung einzuschlagen. Die Klima- und Energiestrategie sollte daher die Entwicklungszusammenarbeit einschließen. Der Nutzen hierbei ist ein mehrfacher:

1. Technologie- und Knowhow-Transfer belebt die heimische Wirtschaft und Exporte

2. Zufriedenheit und Chancen im Entwicklungsland wachsen, sodass die Zahl der Migranten gesenkt wird und somit allen beteiligten Ländern hilft.
3. Klimaschutz durch rechtzeitiges Verhindern einer fossilen Energieproduktion und eines verschwenderischen Umgangs mit Energie.

5 Anhang

5.1 Szenarien für 2030

Tabelle 9: Primärer Energiemix und deren Verwertung für Erzeugung von Strom, Wärme, Treibstoff in einem Durchschnittsjahr:

	Gesamt GWh/a	Strom GWh/a	Wärme GWh/a	Fuel GWh/a	Methan GWh/a	Bemerkungen
Wasser	42.941	42.941				marginale Steigerung durch Repowering möglich
Wind	15.791	15.791				Steigerung auf das 2,75-Fache von 2016
Photovoltaik	15.251	15.251				Steigerung auf das 11,5-Fache! Auf Dächer und Fassaden, Freiflächen vermeiden. Wenn Freiflächen, dann nur Verkehrsflächen, Deponien u.ä.
Solarthermie	2.612	0	2.612			Vorrang für PV-Ausbau
Geothermie	91	1	90			auf Grund der hohen Kosten kein relevanter Ausbau
Feste Biomasse	56.428	1.652	43.200	4.937		Änderung von strom- auf wärmegeführte Betriebsweise, Neue BTL-Anlagen Betrieb in der Heizsaison
Substrate für Biogas	10.292	1.490	6.840		581	Änderung von strom- auf wärmegeführte Betriebsweise, Einspeisung der überschüssigen Gases ins Gasnetz. Neue Anlage für Gaseinspeisung
Ölpflanzen, Altfette	1.708	0	0	1.708		wegen Konkurrenz zur Nahrungsmittelprodukt wird diese Technik reduziert
Summe	145.114	77.126				

Tabelle 10: Auszug wichtiger Energieumwandlungen, Bedarfszahlen, Überschuss, Reserven

Umwandlung, Bedarf, Reserve	Strom GWh/a	Wärme GWh/a	Fuel GWh/a	Methan GWh/a	Biomasse GWh/a
PowerToFuel	-4.421		2.639		
Wärmepumpen, E-Heizungen: Wärmepumpen, Direktheizung für Hochtemperaturwärme	-24.118	40.781			
Biomass to Liquid			4.937		-12.343
Bedarf für Mobilität			-48.170	-2.150	
Überschuss/Reserve	1.946				

Tabelle 11: Vergleich Szenarien 2016, 2030-ambitioniert, 2030-mind:

Vergleich 2016-2030:	2016	2030 ambitioniert	2030 mind
	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Raumwärmebedarf	86.770	54.693	54.793

Wärmebedarf	160.533	118.146	122.179
BHKW-Abwärme	3.151	6	6
Mobilität Treibstoffe	85.141	43.312	48.170
Mobilität Strom	3.438	8.513	8.326
Mobilität Gas	2.003	2.150	2.150
Strombedarf	64.251	74.428	73.562
Fossilanteil Strom	14.583	4.980	5.527
Fossilanteil Wärme	81.904	27.423	28.655
Biomethananteil Gas	0%	29%	27%
Fossiles Erdgas	100%	16.466	17.246

6 Literatur

- [1] Veigl, A., Energie- und Klimazukunft Österreich: Szenario für 2030 und 2050, WWF, Wien, 2017
- [2] Streicher, W.; Schnitzer, H.; Titz, M.; Tatzber, F.; Heimrath, R.; Wetz, I.; Hausberger, S.; Haas, R.; Kalt, G.; Damm, A.; Steininger, K. W. & Oblasser, S.: Energieautarkie für Österreich 2050. Endbericht, Österreichischer Klima- und Energiefonds, Wien, 2010
- [3] Stanzer, G.; Novak, S.; Dumke, H.; Plha, S.; Schaffer, H.; Breinesberger, J.; Kirtz, M.; Biermayr, P. & Spanring, C. (2010): REGIO ENERGY - Regionale Energieszenarien erneuerbare Energiepotenziale in den Jahren 2012/2020
- [4] PVGIS, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html, abgerufen am 12.11.2019
- [5] Christian, Re.; Feichtinger, R.; Christian, Ru.; Bolz, R.; Windsperger, A.; Hummel, M.; Weish, P. & Pfnier, E., Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2011
- [6] Sterner, M. & Stadler, I., Energiespeicher-Bedarf, Technologien, Integration, Springer Berlin-Heidelberg, Berlin-Heidelberg, 2017
- [7] Günter Wind, Josef Bärnthaler , Petra Bußwald , Horst Lunzer , Franz Niederl , Anja Stenglein, Einfluss von Photovoltaikanlagen mit und ohne Speicher auf die Verteilnetze, EnInnov2018 Graz, Feb. 2018
- [8] Statistik Austria, https://www.statistik.at/web_de/statistiken/index.html
- [9] <http://www.e-control.at/de/statistik/strom/betriebsstatistik>
- [10] <https://www.resys-tool.at> – Link zu RESYS-Tool
- [11] <http://www.energiewenderechner.at/> - Infos zu RESYS-Tool