

ENDBERICHT

DEZENT - Masterplan Dezentrale Energieversorgung Steiermark

R. PADINGER, M. BEERMANN, M. HINGSAMER, H. VALLANT, S. MARKSTEINER
L. FICKERT
S. SEEBAUER, K. STEININGER, T. SCHINKO, W. GROSSMANN
J. BÄRNTHALER, M. BOBIK, K. KARNER, M. ROGETZER
J. GRILL, H. RAUPENSTRAUCH, F. WÖHRY, P. RIENER

FH JOANNEUM
University of Applied Sciences



Projektpartner

Im Auftrag des
LAND Steiermark, p.A. Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 8 – Wissenschaft und Forschung



Graz, im Februar 2015

*GZ: A8-22.G-9/2013-6
Projekt Nr.: RES.04-12.GF.025-01
Bericht Nr.: EUB-B-10/14*

DEZENT

**MASTERPLAN
DEZENTRALE ENERGIEVERSORGUNG STEIERMARK**

FEBRUAR 2015

GZ A8-22.G-9/2013-6
Projekt Nr.: RES.04-12.GF.025-01
Bericht Nr.: EUB-B-10/14
Freigegeben: Graz, am 31. März 2015



Dr. Reinhard Padinger
Projektleiter

Projekttitle

DEZENT – Masterplan Dezentrale Energieversorgung Steiermark

Projektkonsortium

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
RESOURCES – Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit
Energie und Bioressourcen
Reinhard Padinger, Martin Beermann, Maria Hingsamer
Elisabethstraße 18/II
8010 Graz
Tel. +43/316/876-1333
Fax +43/316/8769-1333
Email: reinhard.padinger@joanneum.at
www.joanneum.at



DIGITAL – Institut für Informations- und Kommunikationstechnologien
Intelligente Informationssysteme
Heribert Vallant, Stefan Marksteiner
Steyrergasse 17
8010 Graz
Tel. +43/316/876-1197
Fax +43/316/8769-1197
Email: heribert.vallant@joanneum.at
www.joanneum.at



Technische Universität Graz
Institut für Elektrische Anlagen
Lothar Fickert
Inffeldgasse 18/1
8010 Graz
Tel. +43/316/873-7550
Fax +43/316/873-7553
Email: lothar.fickert@tugraz.at
<http://www.tugraz.at>



Karl Franzens Universität Graz,
Wegener Center for Climate and Global Change,
Sebastian Seebauer, Karl Steininger, Thomas Schinko,
Wolf Grossmann
Brandhofgasse 5,
A-8010 Graz
Tel. +43/316/380-8441
Fax +43/316/380-9830



Email: karl.steininger@uni-graz.at
<http://www.wegcenter.at/>

FH JOANNEUM Gesellschaft mbH
Energie-, Verkehrs- und Umweltmanagement
Josef Bärnthaler, Michael Bobik, Katharina Karner,
Melanie Rogetzer
Alte Poststraße 149
A-8020 Graz
Tel. +43/3862/33600-8320
Fax +43/3862/33600-8381
Email: michael.bobik@fh-joanneum.at
<http://www.fh-joanneum.at>



Montanuniversität Leoben
Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik
Julia Grill, Harald Raupenstrauch, Florian Wöhry, Patrick Riener
Franz-Josef-Str. 18
A-8700 Leoben
Tel. +43/3842/402-5800
Fax +43/3842/402-5802
Email: harald.raupenstrauch@unileoben.ac.at
<http://www.unileoben.ac.at/>



Energie Steiermark AG
Mathias Schaffer, Egon Dorner, Gregor Taljan
Leonhardgürtel 10
A-8010 Graz
Tel. +43/316/9000-53620
Fax +43/316/9000-20869
Email: mathias.schaffer@e-steiermark.com
<http://www.e-steiermark.com/>



Dieses Projekt wird aus Mitteln der Steiermärkischen Landesregierung gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Abstract

Kurzfassung, Tätigkeiten

| | |
|--|-----|
| 1 Einleitung | 15 |
| 2 Status-Quo der steiermärkischen Energieversorgung | 18 |
| 2.1 Bestehende Leitbilder und Vorgaben | 18 |
| 2.1.1 Energiestrategie Steiermark 2025 | 18 |
| 2.1.2 Klimaschutzplan Steiermark | 21 |
| 2.1.3 Forschungsstrategie Steiermark 2005 plus | 26 |
| 2.1.4 Strategie des Landes Steiermark zur Förderung von Wirtschaft und Forschung, 2013 | 34 |
| 2.2 Aktuelle Energieversorgung in der Steiermark | 35 |
| 2.3 Relevante Akteure und verfügbares Know-how inkl. Stärkefelder | 58 |
| 2.4 Zukünftige Anforderungen für dezentrale Energieversorgung | 66 |
| 3 Technisches Umfeld für dezentrale Energieversorgung | 73 |
| 3.1 Energiepotenziale und Szenarien | 73 |
| 3.1.1 Realistische Energiepotenziale | 73 |
| 3.1.1.1 Wasserkraft | 73 |
| 3.1.1.2 Windkraft | 75 |
| 3.1.1.3 Solarthermie | 75 |
| 3.1.1.4 Photovoltaik | 76 |
| 3.1.1.5 Biomasse | 78 |
| 3.1.1.6 Tiefe Geothermie | 79 |
| 3.1.1.7 Umgebungswärme | 80 |
| 3.1.1.8 Abfall | 81 |
| 3.1.1.9 Industrieabwärme | 82 |
| 3.1.2 Künftige Szenarien unter veränderlichen Rahmenbedingungen | 82 |
| 3.1.3 Szenario Strom | 87 |
| 3.1.4 Szenario Wärme | 91 |
| 3.2 Ausblick EU-Roadmaps 2030 und 2050 | 95 |
| 3.3 Beeinflussung des Lastganges | 98 |
| 3.3.1 Variable Stromtarife | 99 |
| 3.3.1.1 Zeitvariable Tarife | 100 |
| 3.3.1.2 Lastvariable Tarife | 102 |

| | |
|---|-----|
| 3.3.1.3 Preisspreizungen..... | 102 |
| 3.3.2 Pilotversuche zur Lastverschiebung | 103 |
| 3.3.3 Technische Potenziale | 106 |
| 3.3.4 Diskussion der Möglichkeiten der Lastverschiebung | 109 |
| 3.4 Auswahl der interessantesten Technologien für die Steiermark | 110 |
| 3.4.1 Strom | 110 |
| 3.4.1.1 Wasserkraft..... | 110 |
| 3.4.1.2 Kraft-Wärme Kopplung mit Biomasse, Biomasse Heizkraftwerke | 111 |
| 3.4.1.3 Photovoltaik..... | 112 |
| 3.4.1.4 Windkraft..... | 112 |
| 3.4.1.5 Stromspeichertechnologien..... | 113 |
| 3.4.2 Wärme | 113 |
| 3.4.2.1 Raumwärme und Trinkwarmwasser | 113 |
| 3.4.2.2 Wärmespeichertechnologien | 114 |
| 3.4.3 Gas/Treibstoff | 115 |
| 3.4.4 Kälte..... | 116 |
| 4 Qualitative und quantitative Bewertung ausgewählter Technologien..... | 117 |
| 4.1 Grunddaten, Anwendungsbereiche und Bewertung der Nachhaltigkeit ausgewählter Technologien („Factsheets“) | 117 |
| 4.1.1 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Holz, Verbrennung | 118 |
| 4.1.2 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Holz, Vergasung und Pyrolyse | 119 |
| 4.1.3 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Halmgüter | 121 |
| 4.1.4 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Zucker-, Öl- und Stärkepflanzen | 122 |
| 4.1.5 Factsheet der Umwandlungstechnologien für organische Reststoffe..... | 123 |
| 4.1.6 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Restmüll | 124 |
| 4.1.7 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Sonnenenergie..... | 125 |
| 4.1.8 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Windenergie | 126 |
| 4.1.9 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Wasserkraft..... | 127 |
| 4.1.10 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Umgebungswärme | 128 |
| 4.2 Sicherheit der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) | 129 |
| 4.2.1 Lokalisieren von Bedrohungen von Seiten der IKT für einzelne Komponenten der dezentralen Energieversorgung | 130 |
| 4.2.1.1 IT Netzwerke | 132 |
| 4.2.1.2 OT Netzwerke | 132 |
| 4.2.2 Bewerten von Bedrohungen von Seiten der IKT für einzelne Komponenten der dezentralen Energieversorgung | 133 |

| | |
|--|-----|
| 4.2.2.1 Trends im OT-Netzwerk | 133 |
| 4.2.2.2 Integration von IT- und OT-Netzwerken (Smart Grid-Architektur) | 134 |
| 5 Masterplan für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen für die dezentrale Energieversorgung | 135 |
| 5.1 Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen sowie Implementierungshürden | 135 |
| 5.1.1 Zielsetzungen des Landes Steiermark für die Implementierung von nachhaltigen Energietechnologien | 135 |
| 5.1.2 Vorgaben der Europäischen Kommission..... | 143 |
| 5.1.3 Rahmenbedingungen für die Sicherheit im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)..... | 143 |
| 5.1.4 Implementierungshürden in der Steiermark..... | 145 |
| 5.2 Szenarien für die EU-Energieklimaziele 2030 und 2050 und Definition der Umsetzungsmaßnahmen | 146 |
| 5.2.1 Ableitung von Zwischenzielen für die Erfüllung der EU-Roadmaps 2030 und 2050..... | 147 |
| 5.2.2 Vergleich der zu erwartenden Marktentwicklung erneuerbarer Energieträger mit den vorhandenen Potenzialen..... | 148 |
| 5.2.3 Darstellung der verschiedenen Entwicklungsprognosen..... | 148 |
| 5.2.3.1 Energetischer Endverbrauch | 148 |
| 5.2.3.2 Strombedarf | 150 |
| 5.2.3.3 Wärmebedarf | 151 |
| 5.2.4 Maßnahmen zur Schließung von Versorgungsengpässen | 152 |
| 5.3 Technologien und deren Stellenwert im Energiesystem sowie deren ökologische und sozioökonomische Auswirkungen..... | 153 |
| 5.3.1 Factsheet der Technologien für gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung | 154 |
| 5.3.2 Factsheet der Technologien für Wärmeerzeugung..... | 155 |
| 5.3.3 Factsheet der Technologien für Stromerzeugung | 156 |
| 5.3.4 Factsheet der Technologien für Treibstofferzeugung | 157 |
| 5.4 Akteure für die Umsetzung und Beteiligungsprozesse | 158 |
| 5.5 Optimierungsmaßnahmen, Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung und Umsetzungsplan..... | 160 |
| 6 Literatur | 170 |

Abstract

Die Möglichkeiten der dezentralen Energieversorgung der Steiermark wurden analysiert. Dabei wurden sowohl die erneuerbaren als auch alle anderen relevanten Energieträger berücksichtigt. Als „dezentral“ gelten dabei grundsätzlich alle erneuerbaren Energien, die innerhalb der Steiermark nutzbar gemacht und auch verbraucht, gegebenenfalls zwischengespeichert werden. Die Arbeiten umfassen eine Analyse des Status-Quo der steiermärkischen Energieversorgung, die Untersuchung des technischen Umfeldes für dezentrale Energieversorgung, die qualitative und quantitative Bewertung der Technologien und die Ausarbeitung eines Masterplans für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen für die dezentrale Energieversorgung. Der Masterplan enthält Technologieportfolios mit Factsheets zu den einzelnen möglichen Umsetzungsmaßnahmen in Bezug auf deren Umweltwirkungen und der sozialen Auswirkungen, deren Beitrag zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger und deren Auswirkung auf den Primärenergieeinsatz unter Berücksichtigung der Energieeffizienz. Der Masterplan enthält weiters eine Analyse der Implementierungshürden für die Umsetzungsmaßnahmen zur dezentralen Energieversorgung der Steiermark sowie Vorschläge für deren Überwindung.

Abstract

Options for decentralized energy supply in the state of Styria have been analysed, which take into account all energy sources, including renewable energy. The term “decentralized” includes basically all forms of renewable energy, which are available in Styria. The study includes an analysis of the status quo of the Styrian energy supply; a review of the technical barriers to decentralized energy; a qualitative and quantitative evaluation of the relevant technologies; and the development of a master plan of measures for the implementation of decentralized energy supply. The master plan contains technology portfolios with factsheets for the different implementation options. These factsheets highlight the ecological and social impacts; the contribution to increasing the uptake of renewable energies; and the impact on primary energy demand of the different implementation options. In addition, the master plan contains an analysis of implementation barriers for decentralized energy supply in the state of Styria and options to overcome these barriers.

Kurzfassung, Tätigkeiten

Das Ziel des Projekts war die Analyse der Möglichkeiten und die anschließende Entwicklung eines Masterplans für die verstärkte dezentrale Energieversorgung der Steiermark.

Das Projekt wurde im Zeitraum vom 01. Februar 2013 bis zum 28. Februar 2015 durchgeführt.

Die Partner im Projekt waren

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Projektkoordinator
- Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Anlagen
- Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik
- Karl Franzens Universität Graz, Wegener Center for Climate and Global Change
- FH JOANNEUM Kapfenberg
- Energie Steiermark AG

Im Rahmen des Projekts wurden sowohl die erneuerbaren wie auch alle anderen relevanten Energieträger berücksichtigt. Von den erneuerbaren Formen des Energieaufkommens wurden folgende berücksichtigt:

- Wasser
- Wind
- Biomasse fest
- Biomasse flüssig
- Deponie- und Klärgas
- Biogas
- Solarenergie
- Geothermie

Der Begriff „Dezentrale Erzeugungsanlage“ ist unter anderm in §7 Z 4a des ELWOG, BGBL Nr. 106/2006 definiert als eine (Zitat) *Erzeugungsanlage, die an ein öffentliches Mittel- oder Niederspannungs-Verteilernetz (Bezugspunkt Übergabestelle) angeschlossen ist und somit Verbrauchernähe aufweist oder eine Erzeugungsanlage, die der Eigenversorgung dient.* (Zitat Ende).

Diese Definition erfasst nur elektrische Anlagen und bezieht sich auf elektrische Netzspannungsebenen. Der gegenständliche Masterplan erfasst aber, wie bereits erwähnt, auch nicht elektrische Energieformen. Da bei nichtelektrischer Energie kein Bezug zu Netzspannungsebenen hergestellt werden kann und damit in der Definition zunächst auch keine nachvollziehbaren örtlichen Grenzen der „Dezentralität“ mehr enthalten sind, erwies sie sich für den Masterplan – Dezentrale Energieversorgung Steiermark auch bei entsprechender Ausweitung auf nichtelektrische Energieformen als ungeeignet. Aus diesem Grund wurde der Begriff „dezentral“ im Einvernehmen mit dem Land Steiermark für die

Verwendung im gegenständlichen Masterplan gesondert definiert und zwar wurde festgelegt, dass alle erneuerbaren Energien, die innerhalb der Steiermark nutzbar gemacht und auch verbraucht, gegebenenfalls zwischengespeichert werden, im Sinne des Masterplans grundsätzlich als „dezentral“ gelten sollen. Da mit der Schließung des Braunkohlebergbaus in der Weststeiermark im Jahr 2006 in der Steiermark keine fossilen Energien mehr erschlossen werden, kommt der Einschränkung auf „erneuerbare“ Energien in der Definition nur vervollständigende Bedeutung zu.

Mit dieser Definition wird der Rolle des Masterplans als Umsetzungshilfe für die Energiestrategie Steiermark 2025 (E25) bestmöglich Rechnung getragen.

Das Projekt wurde methodisch in 5 Arbeitspakte (AP) gegliedert:

- AP 1: Analyse des Status-Quo der steiermärkischen Energieversorgung
- AP 2: Untersuchung des technischen Umfeldes für dezentrale Energieversorgung
- AP 3: Qualitative und quantitative Bewertung der Technologien
- AP 4: Ausarbeitung des Masterplans für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen für die dezentrale Energieversorgung
- AP 5: Projektkoordination

In **Arbeitspaket 1**, „Analyse des Status-Quo der steiermärkischen Energieversorgung“, wurden alle Vorgaben, Leitbilder und Visionen, die für den Betrieb von Energieversorgungsnetzen in der Steiermark relevant sind, erhoben. Besonderes Augenmerk wurde dabei der steirischen Energiestrategie 2025, dem Klimaschutzplan Steiermark und den nationalen und internationalen Klimaschutzz Zielen beigemessen. Die aktuelle Situation der steirischen Energieversorgung in Bezug auf die Energieerzeugung, die Verteilung und den Verbrauch wurde auf Sektorebene analysiert. Die für die Energieversorgung relevanten Akteure wurden identifiziert und das mit Ihnen verfügbare Know-how wird bewertet. Dabei wurden die in der Steiermark vorhandenen Stärkefelder besonders berücksichtigt. Die Analyse erstreckte sich auf die Bereiche Wirtschaft, Forschung und Entwicklung sowie auf die öffentlichen Stellen. Des Weiteren auf Basis von Expertenmeinungen und politischen Zielsetzungen die zukünftigen Anforderungen an die Energieversorgung erhoben.

In **Arbeitspaket 2**, „Untersuchung des technischen Umfeldes für dezentrale Energieversorgung“, wurden die in der Steiermark verfügbaren Energiepotentiale erhoben und in Hinblick auf ihre tatsächliche Verfügbarkeit bewertet. Dabei wurde die unterschiedliche Energieeffizienz verschiedener Arten der Energiebereitstellung bzw. Energienutzung berücksichtigt. Ausgehend von der derzeitigen Situation wurden mögliche künftige Szenarien unter verschiedenen Randbedingungen entwickelt.

In **Arbeitspaket 3**, „Qualitative und quantitative Bewertung der Technologien“, wurden – getrennt für verschiedene Energieträger – die Grunddaten und

Anwendungsbereiche der Technologien erarbeitet und in „Factsheets“ dargestellt. Dabei wurden die folgenden Kriterien berücksichtigt:

- Erschließbare Potenziale
- Standort-Flexibilität
- Regelbarkeit, Speicherbarkeit
- Energiegestehungskosten
- THG-Emissionen, andere Umweltwirkungen (Boden, Wasser)
- Soziale Aspekte, Akzeptanz
- Stand der Technik, Marktreife
- Verfügbarkeit von steirischem Know-How
- Umsetzbarkeit, Förderbarkeit
- Transportierbarkeit
- Kombinierbarkeit
- Exergetische Wertigkeit

In **Arbeitspaket 4**, „Ausarbeitung des Masterplans für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen für die dezentrale Energieversorgung“, wurde auf Basis der Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitsschritte der Masterplan für die Umsetzung von Möglichkeiten für die Energieversorgung in der Steiermark entwickelt. Der Masterplan enthält Technologieportfolios mit Factsheets zu den einzelnen möglichen Umsetzungsmaßnahmen. Diese enthalten eine Beschreibung der Umweltwirkungen und der sozialen Auswirkungen, insbesondere in Bezug auf ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele, ihren Beitrag zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger und die Auswirkung auf den Primärenergieeinsatz unter Berücksichtigung der Energieeffizienz. Weiters wurden die für die Umsetzung der dezentralen Energieversorgung relevanten gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen zusammengefasst. Die für die Umsetzung der dezentralen Energieversorgung maßgeblichen Akteure wurden identifiziert. Implementierungshürden für die Maßnahmen zur Umsetzung des Masterplans wurden identifiziert und Vorschläge für die Überwindung dieser Hürden wurden unterbreitet. Die Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung des Masterplans wurden untersucht und ein Umsetzungplan, mit dem die Maßnahmen für die verstärkte dezentrale Energieversorgung auch tatsächlich umgesetzt werden können, wurde erarbeitet.

In **Arbeitspaket 5**, „Projektkoordination“, erfolgte die Projektorganisation bzw. Projektleitung sowie die Dokumentation und Dissemination der Ergebnisse. Zur Sicherstellung der Projektdurchführung gemäß dem Fördervertrag bzw. den Förderbedingungen wurde ein Projektbeirat eingerichtet, dem je ein Vertreter der

Projektpartner sowie ein Vertreter des Fördergebers angehörten. Die Aufgaben des Projektbeirats waren insbesondere die Beurteilung des Projektfortschritts und die Anregung von Maßnahmen zur optimalen Projektabwicklung bzw. zur Vermeidung von allfälligen Problemen.

1 Einleitung

Die Steiermark gehört zu den Vorreitern im Streben nach einer nachhaltigen Energieversorgung mit größtmöglichem Einsatz erneuerbarer Energieträger, größtmöglicher Effizienz und geringstmöglicher Umweltbelastung. Den Herausforderungen auf diesem Gebiet hat das Land Steiermark bereits im Jahr 1984 mit dem ersten Landesenergieplan Rechnung getragen. Mit dem wachsenden Problembewußtsein, das sowohl auf globaler als auch auf europäischer Ebene zu immer strengerem Forderungen führte, stiegen auch die Anstrengungen. Mit den Energieplänen 1995 und 2005 wurden wesentliche Schritte zur Erfüllung dieser Forderungen gesetzt.

Im Jahr 2014 wurde vom Land Steiermark die „Energiestrategie Steiermark 2025“, kurz „E25“, beschlossen. Das übergeordnete Ziel der E25 besteht darin, unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte den Energieeinsatz soweit wie möglich zu reduzieren und den Restbedarf mit einem möglichst hohen Anteil an erneuerbaren Energieträgern zu decken, wobei gleichzeitig die bestmögliche stoffliche Nutzung von Biomasse sowie die Randbedingungen in Bezug auf die Infrastruktur und das Innovationspotential zu berücksichtigen sind.

Der Energieeinsatz lässt sich im wesentlichen durch die Erhöhung der Energieeffizienz und die Verringerung der Nachfrage nach Energiedienstleistung reduzieren, beide Ziele sind im Wesentlichen durch dezentrale Maßnahmen bei den Verbrauchern erreichbar. Auch die wichtigsten in der Steiermark in Betracht kommenden erneuerbaren Energieträger fallen großteils dezentral an, es sind dies die Wasserkraft, speziell auch in Kleinkraftwerken, die Biomasse zur Nutzung in Heizanlagen und Fernwärmennetzen inkl. Kraft-Wärme-Kälte Kopplung, die Solarenergie zur Nutzung in der Photovoltaik und in der Solarthermie, das Biogas aus Biogasanlagen und Deponien, die Windkraft und nicht zuletzt die Geothermie. Auch die für den Ausgleich der Unterschiede zwischen dem Lastverlauf und dem Energieangebot erforderlichen Speicher sind im wesentlichen dezentral, es kann sich um Wärmespeicher in Gefäßen oder in Umgebungsmedien, um Kältespeicher in Kühlhäusern bzw. Kühlanlagen, um Stauseen bzw. Pumpspeicherwerke oder um Stromspeicher bzw. Akkumulatoren handeln, auch andere chemische Speicher wie etwa Wasserstoff oder Bioethanol kommen natürlich in Frage. Der Einsatz von Akkumulatoren, sei es in Form von stationären Akkus in Häusern oder in Form von Akkus für Elektrofahrzeuge, erfährt im Zusammenhang bei „speicherunterstützten Photovoltaikanlagen“ derzeit einen signifikanten Aufschwung, derartige Anlagen werden in der Steiermark neuerdings mit einem eigenen Förderprogramm unterstützt.

Die oben genannten Beispiele verdeutlichen die Schlüsselrolle der dezentralen Energieversorgung in der Steiermark bei der Umsetzung der E25. Um diese Schlüsselrolle bestmöglich auszunützen zu können wurde der gegenständliche „Masterplan – Dezentrale Energieversorgung Steiermark“ erstellt. Er wurde im Rahmen eines vom Land Steiermark geförderten gleichnamigen Projektes auf Basis einer eingehenden Analyse der Möglichkeiten zur dezentralen Energieversorgung entwickelt. Hierzu wurde zunächst der Status-Quo der steiermärkischen Energieversorgung erhoben. Des Weiteren wurde das technische Umfeld für dezentrale Energieversorgung untersucht und die hierfür in der Steiermark in Betracht kommenden Technologien wurden qualitativ und quantitativ bewertet. Die Ergebnisse dieser Analysen bildeten schließlich die Grundlage für die Entwicklung des Masterplans.

Begriffsbestimmung „dezentral“

Der Begriff „dezentral“ ist unter anderem §7 Z 4a des ELWOG, BGBL Nr. 106/2006 definiert. (Zitat:) *Dezentrale Erzeugungsanlage: Eine Erzeugungsanlage, die an ein öffentliches Mittel- oder Niederspannungs-Verteilernetz (Bezugspunkt Übergabestelle) angeschlossen ist und somit Verbrauchernähe aufweist oder eine Erzeugungsanlage, die der Eigenversorgung dient.* (Zitat Ende) Eine Darstellung hierzu findet sich in E-Control GmbH 2005: „Dezentrale Erzeugung in Österreich“, siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Darstellung zum Begriff „dezentrale Stromerzeugung“, Quelle: „Dezentrale Erzeugung in Österreich“, E-Control GmbH, 2005

Die Definition in der zitierten Quelle erfasst nur elektrische Anlagen und bezieht sich auf elektrische Netzspannungsebenen. Da bei nichtelektrischer Energie kein Bezug zu Netzspannungsebenen hergestellt werden kann und damit in der Definition zunächst auch keine nachvollziehbaren örtlichen Grenzen der „Dezentralität“ mehr enthalten sind, erwies sie sich für den Masterplan – Dezentrale Energieversorgung Steiermark auch bei entsprechender Ausweitung auf nichtelektrische Energieformen als ungeeignet.

Aus diesem Grund wurde der Begriff „dezentral“ im Einvernehmen mit dem Land Steiermark für die Verwendung im gegenständlichen Masterplan extra definiert und zwar wurde festgelegt, dass alle erneuerbaren Energien, die innerhalb der Steiermark nutzbar gemacht und auch verbraucht, gegebenenfalls zwischengespeichert werden, im Sinne des Masterplans grundsätzlich als „dezentral“ gelten sollen. Da mit der Schließung des Braunkohlebergbaus in der Weststeiermark im Jahr 2006 in der Steiermark keine fossilen Energien mehr erschlossen werden, kommt der Einschränkung auf „erneuerbare“ Energien in der Definition nur vervollständigende Bedeutung zu.

Mit dieser Definition wird der Rolle des Masterplans als Umsetzungshilfe für die Ziele des E25 bestmöglich Rechnung getragen.

Eine entsprechende Darstellung findet sich in Abbildung 2.

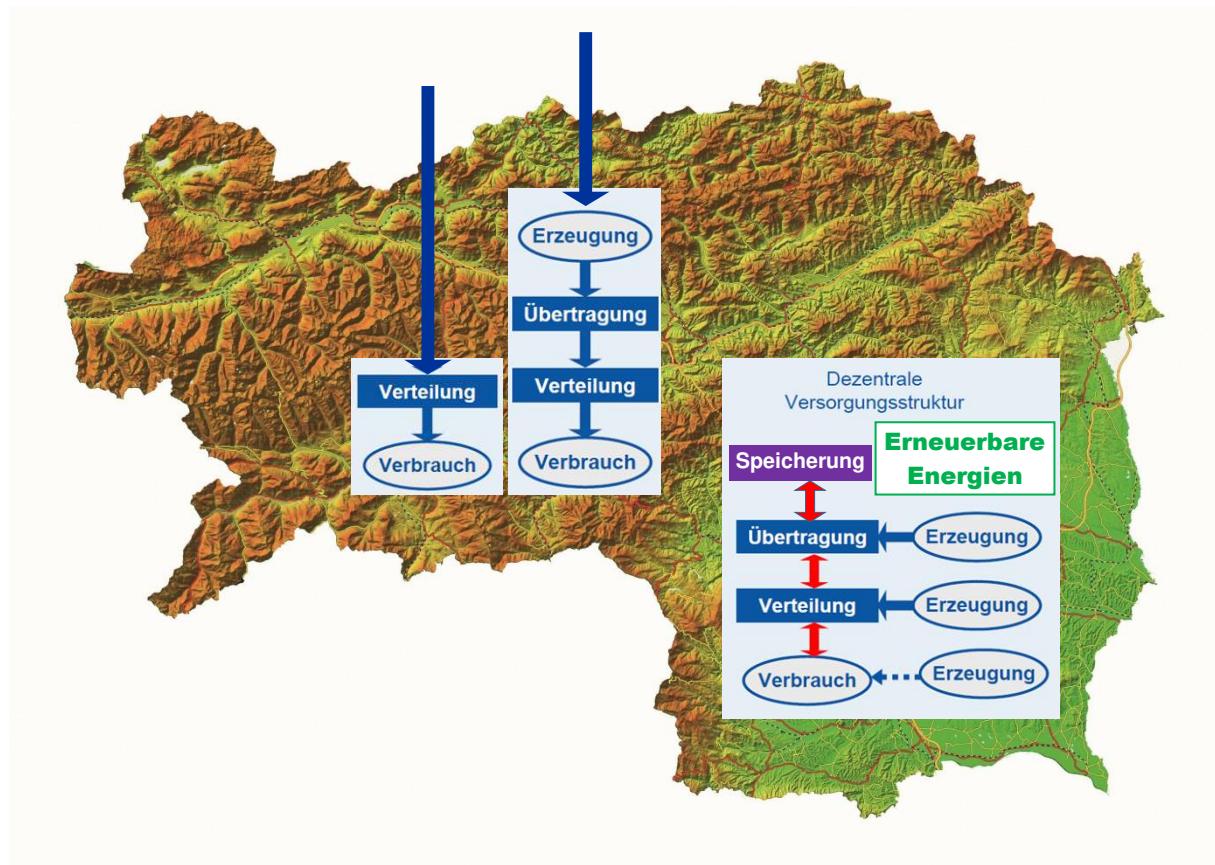


Abbildung 2: „Zentrale“ und „dezentrale“ Versorgungsstruktur im Sinne des Masterplans – Dezentrale Energieversorgung Steiermark. Zu beachten ist, dass nur erneuerbare Energien als dezentral angesehen werden. Seit der Stilllegung des Braunkohlebergbaus in der Weststeiermark werden in der Steiermark keine fossilen Energien mehr erschlossen und alle in der Steiermark erschlossenen Energien sind damit de facto erneuerbar.

Gemäß der Definition gilt insbesondere auch das Sammeln von Bioressourcen aus der gesamten Steiermark mit anschließender Verwertung an einem einzelnen Standort im Sinne des Masterplans als „dezentral“. Die wichtigste Forderung liegt auf jeden Fall in der Nutzung „erneuerbarer“ Energieträger, wobei vorausgesetzt wird, dass die Nutzung dieser Energieträger nachhaltig erfolgt.

2 Status-Quo der steiermärkischen Energieversorgung

2.1 Bestehende Leitbilder und Vorgaben

2.1.1 Energiestrategie Steiermark 2025

Unser Alltag ist von bewusstem und unbewusstem Energieverbrauch bestimmt. Bis jetzt waren wir in der Steiermark immer in der glücklichen Lage Energie in ausreichender Form für das tägliche Leben zur Verfügung zu haben. Erschreckend ist allerdings, dass aktuell fossile Energieträger $\frac{3}{4}$ des Energiebedarfs decken. Da diese aber immer knapper werden werden bzw. verbleibende Lagerstätten mit höheren Kosten erschlossen werden, wird auch der Energiepreis weiter ansteigen. Weiters ist auch eine hohe Abhängigkeit vom Ausland gegeben, Kapital fließt ab und die Kaufkraft geht zurück. Eine zuverlässige und vor allem leistbare Energieversorgung muss aber auch in Zukunft gewährleistet sein. Um dies zu ermöglichen muss auf erneuerbare Quellen, insbesondere auf Wasserkraft, Windenergie, Sonnenenergie und Biomasse zurückgegriffen werden. Bis zum Jahr 2020 sollen 34 % des Gesamtenergiebedarfes durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Dies kann aber nur mit einer zusätzlichen Reduzierung des Energieverbrauchs erreicht werden. Im Jahr 2005 wurde von der Steiermärkischen Landesregierung der ein Energieplan für die Steiermark beschlossen. Insgesamt wurden 99 Maßnahmen beschrieben um unser Bundesland in eine finanzierte und nachhaltige Energiewirtschaft zu überführen. Aus diesen Maßnahmen haben sich fünf Bereiche entwickelt die die Grundlage für die im Jahr 2009 beschlossene Energiestrategie Steiermark 2025 darstellen. Folgende Hauptpunkte wurden definiert:

- Energieeffizienz und Energiesparen,
- Erneuerbare Energien,
- Fernwärme und Kraft- Wärme- Kälte- Kopplung,
- Energieinfrastruktur, Raumordnung und Mobilität
- Energieinfrastruktur, Raumordnung und Mobilität sowie
- Forschung und Bildung, Energieberatung.

In den nachfolgenden Abschnitten wird auf diese Punkte näher eingegangen.

Energieeffizienz und Energiesparen

40 % des Energieeinsatzes erfolgt im Gebäudebereich wider. Die Sanierung älterer Gebäude ist daher von großer Wichtigkeit. Bei neuen Gebäuden liefern EU-Richtlinien die Grundlage für die Energieeffizienz. Auch das Baugesetz ist maßgeblich. Demnach müssen alle Bauwerke und all ihre technische Ausrüstung (Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung etc.) nach dem aktuellen Stand der Technik ausgeführt werden. Werden Gebäude mit einer Fläche $> 1000 \text{ m}^2$ errichtet, so müssen alternative Energiesysteme eingesetzt werden. Um die Energieeffizienz bei KMU's und in der Industrie zu gewährleisten, sollen verstärkt Umweltförderungen eingesetzt und Energieberater ausgebildet und beigezogen werden. Ein eigenes Maßnahmenpaket beschäftigt sich mit dem Energiesparen in Haushalten, wobei insbesondere Elektrogeräte, Stand-by-Verluste, Beleuchtung und Heizungspumpen abgedeckt werden sollen. Für öffentliche Gebäude sollen in Zukunft Energieausweise und darauf basierende Sanierungspläne erstellt werden. Auch im Bereich der Beschaffung von energieeffizienten Geräten soll die öffentliche Hand eine Vorbildfunktion übernehmen. Ebenso sollen alle landeseigenen Fahrzeuge sukzessiv auf den Betrieb mit biogenen oder elektrischen Treibstoffen umgestellt werden. Berechnungen ergaben, dass man auf diese Weise 361 Tonnen/Jahr an CO₂ einsparen könnte. Um dies zu verwirklichen, müssen landesweit noch zahlreiche geeignete Tankstellen errichtet werden.

Bei der Entscheidung von Investitionen sollen zukünftig auch die Betriebskosten über die zu erwartende Lebensdauer miteinbezogen werden.

Abbildung 3 zeigt eine Darstellung der „20 und 20 bis 2020“ Ziele der EU im Bereich der Energieeffizienz (Jilek W. 2013 mit Bezug auf Europäische Kommission, 2008)

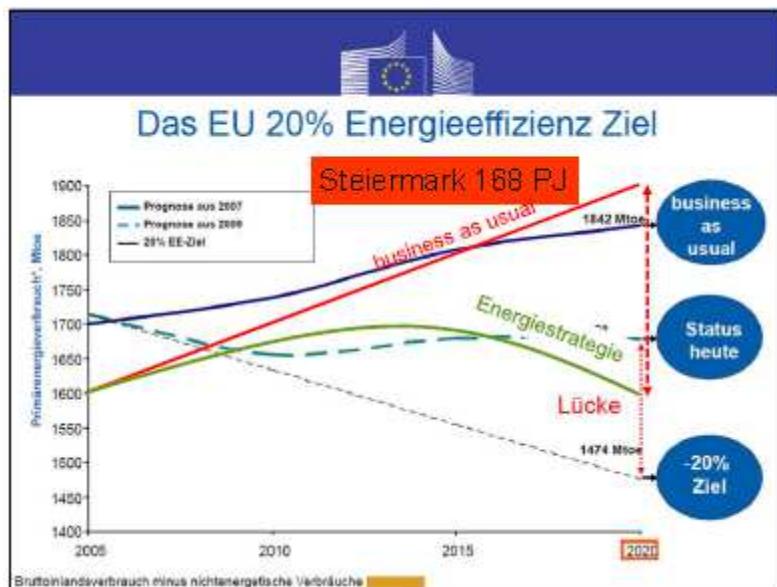


Abbildung 3: Die „20 und 20 bis 2020“-Ziele der EU, Quelle: Jilek W., 2013

Erneuerbare Energien

- Bioenergie

Der in der Steiermark am besten verfügbare Energieträger für Wärme ist die Biomasse. Derzeit dominieren noch fossile Energieträger, speziell Heizöl und Erdgas. Bis dato konnten aber bereits große Erfolge mit dem Einsatz von Biomasse für den Wärmemarkt verzeichnet werden, sowohl bei Einzelleuerungen, wie auch bei Nahwärmenetzen. Diese positive Entwicklung kann nur fortgesetzt werden, wenn der Energiebedarf verringert wird und wenn bessere organisatorische und logistische Voraussetzungen geschaffen werden. Biogas soll zukünftig nicht mehr vorrangig zur Wärme- und Strombereitstellung sondern zur Einspeisung in das Erdgasnetz und zur Bereitstellung von Treibstoff genutzt werden.

- Wasserkraft

Eine weitere erneuerbare Energiequelle, die in der Steiermark weiter ausgebaut werden soll, ist Wasserkraft. Dabei soll aber vor allem auch auf die Erneuerung von bestehenden Wasserkraftwerken wertgelegt werden. Mit Hilfe der Road Map Wasserkraft (Energie Steiermark, 2012) sollen dafür geeignete Gewässer aufgezeigt werden und Investoren gefunden werden. Bezogen auf die Wasserkraft ergab sich für die Steiermark ein technisch-wirtschaftliches Restpotential von 2.200 GWh/a. Der Großteil des aufgebrachten Stromes stammt aus Großwasserkraftwerken, doch liefern auch ungefähr 600 Kleinwasserkraftwerke einen nicht zu unterschätzenden Beitrag.

- Sonnenenergie

In Bezug auf die Nutzung der Sonnenenergie soll eine verpflichtende Nutzung im Wohnbau zur Warmwasseraufbereitung vorgeschrieben werden. Derzeit befinden sich in der Steiermark 500.000 m² an installierten Sonnenkollektoren. Durch gezielte Förderungen soll dies aber noch weiter ausgebaut werden¹. Man geht davon aus, dass etwa 10 % der Niedertemperaturwärme (unter 250 °C) über die thermische Nutzung der Solarenergie bereitgestellt werden könnte. Auch der Ausbau des Photovoltaikbereiches zur Produktion von Ökostrom ist geplant.

- Windenergie

Die Windkraft könnte einen signifikanten Beitrag zur steirischen Ökostromerzeugung in der Größenordnung von 4 % des benötigten Stromes leisten. Dazu müssen Interessenskonflikte mit Anrainern und Natur- sowie Landschaftsschützern gelöst werden. Die derzeitige Ökostromregelung in Österreich lässt Entwicklungen, wie sie schon in anderen EU-Staaten schon selbstverständlich sind, nur eingeschränkt zu.

Fernwärme und Kraft- Wärme- Kopplung

Eine weitere wichtige Form der Energie stellt die Fernwärme dar. Die Stadt Graz stößt bereits allerdings an ihre Kapazitätsgrenzen. Durch den Ausbau des Fernwärmennetzes soll in Zukunft eine potentiell höhere Leistung zur Verfügung stehen und die Energieversorgung von Graz soll damit gesichert werden. Es kann mit einem Fernwärmeverbaus von 20 bis max. 30 MW gerechnet werden. Eine mögliche Nutzung der Abwärme in Betrieben ist bei steirischen Unternehmen ebenfalls auf großes Interesse gestoßen. Das Potential der Abwärme wurde bereits im steirischen Abwärmekataster aufgezeigt. Dieser ist zu aktualisieren und auszubauen. Ein besonderes Augenmerk soll auch auf den Ausbau der Biomasse-Fernwärme gelegt werden. Zusätzlich soll der Einsatz von mittelgroßen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen geprüft werden.

Energieinfrastruktur, Raumordnung und Mobilität

Einen wichtigen Punkt der Energieinfrastruktur stellt die Energieversorgung im Krisenfall dar. Risiken für die Versorgungssicherheit können technischer, wirtschaftlicher, politischer und umwelttechnischer Natur sein. Aktuell gibt es in der Steiermark keinen Maßnahmenplan, wie im Falle einer länger andauernden Krise die Energieversorgung gewährleistet werden kann. Ziel der Energiestrategie ist es ein Krisenmanagement auf Landesebene einzuführen. Bis heute erfolgt das Krisenmanagement der Strom- und Gasversorgung nämlich vorrangig auf Bundesebene. Des Weiteren sollen in allen EU-Staaten bis 2020 intelligente Zähler (so

¹ Strom aus PV wird sehr rasch billiger, Kosten von Strom aus Wind verringern sich sehr viel langsamer. International hat PV den Wind kostenmäßig 2013 unterboten und es wurde erstmals mehr PV als Wind installiert. Diese Tendenz wird sehr rasch stärker und gilt zunehmend auch für Österreich. Wind und Sonne ergänzen sich teilweise, im Winter ist das Windangebot höher, im Sommer das PV-Angebot.

genannte smart meter) bei 80 % der Konsumenten eingeführt werden. Konsumenten können ihren Energieverbrauch selbst prüfen und ihr Verhalten dementsprechend anpassen. Allerdings fehlen bisher noch Tarifmodelle, die einen Anreiz zur zeitlichen Verschiebung von Lasten begünstigen. Einen weiteren wichtigen Punkt für die Zukunft wird die Energieraumplanung darstellen. Damit sollen Umstrukturierungsprozesse bei einer notwendigen Veränderung des Energieversorgungssystems dargelegt werden. Eine besondere Bedeutung kommt – vor allem wenn man die wachsende Belastung des Klimas und die Feinstaubproblematik betrachtet – der Schaffung eines umweltverträglichen Verkehrssystems zu. Alternative Antriebskonzepte (Biotreibstoffe, Strom) müssen auf alle Fälle weiter forciert werden. Daneben sollten kurze und mittlere Wegstrecken vermehrt mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Förderungen und eine Radverkehrsstrategie sollen dies ermöglichen. Auch das Bahnangebot soll zukünftig noch weiter ausgebaut werden.

Forschung und Bildung, Energieberatung

In der Steiermark wird der Energieforschung ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Der Nutzen besteht darin, die gewonnenen Erkenntnisse und Entwicklungen im Sinne von Innovationen in die Praxis umzusetzen. Eine Kooperation zwischen der öffentlichen Hand, der Industrie und der Energiewirtschaft in mehreren Bereichen ist in den kommenden Jahren absolut notwendig. Zur Koordination der Forschungsaktivitäten in der Steiermark sollten verstärkt auch das Netzwerk Ökoenergie Steiermark (NOEST) und ECO World Styria (als Firmennetzwerk) herangezogen werden. Für PlanerInnen und ProfessionistInnen soll eine Verbesserung des Bildungsangebots (Aus- bzw. Fortbildungsprogramme) geschaffen werden. Besonders für Kinder im Schulalter soll ein geeignetes Bildungsprogramm geschaffen werden. Bei den Erwachsenen soll eine offensive Öffentlichkeitsarbeit und eine Bewusstseinsbildung zum Thema Energiesparen erfolgen. Auch sollen künftig berufsgruppenspezifische Weiterbildungsangebote mit modernen Hilfsmitteln stattfinden.

Die **Energiestrategie 2025 fasst** also vor allem Maßnahmen zusammen, die im Wirkungsbereich des Landes Steiermark liegen und die mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umgesetzt werden können.

2.1.2 Klimaschutzplan Steiermark

Der Klimaschutzplan folgte der Linie der Europäischen Union, die mit ihrem Klima- und Energiepaket eine Neuorientierung der EU-Politik geschaffen hat. Ziel der Europäischen Union ist es, eine Loslösung von fossilen Energieträgern zu erreichen. Am 6. Juli 2010 wurde der Klimaschutzplan einstimmig vom steiermärkischen Landtag beschlossen. Ziel sollte es sein neue und vor allem deutliche Innovationsimpulse für unser Bundesland zu setzen. Aus diesem Grund wurden 3 Kernziele festgelegt:

1. Reduktion von Treibhausgasen in den Bereichen Mobilität, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft
2. Steigerung des Einsatzes erneuerbar Energieträger
3. Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der steirischen Wirtschaft durch eine konsequente Klimapolitik

Zusätzlich wurden seitens der EU auch noch verbindliche Ziele bis zum Jahr 2020 festgelegt. Diese gelten selbstverständlich auch für die Steiermark.

1. Die Treibhausgase sollen um 20 % (Bezugsjahr 1990) reduziert und der Anteil von erneuerbaren Energien soll im Endenergieverbrauch auf 20 % erhöht werden.
2. Österreich hat bis 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien am energetischen Endverbrauch von rund 29 % (im Jahr 2008) auf 34 % zu erhöhen.

Die globalen Langfrist-Ziele liegen aber noch deutlich höher als die bisherigen Ziele für das Jahr 2020. Für die Steiermark bedeutet das nun, dass die Treibhausgasemissionen um 16 % gegenüber 2005 gesenkt werden müssen. Für 2030 werden sogar – 28 % angestrebt.

In Abbildung 4 und Tabelle 1 ist das Basisziel-Szenario für die Steiermark grafisch dargestellt (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2010b)

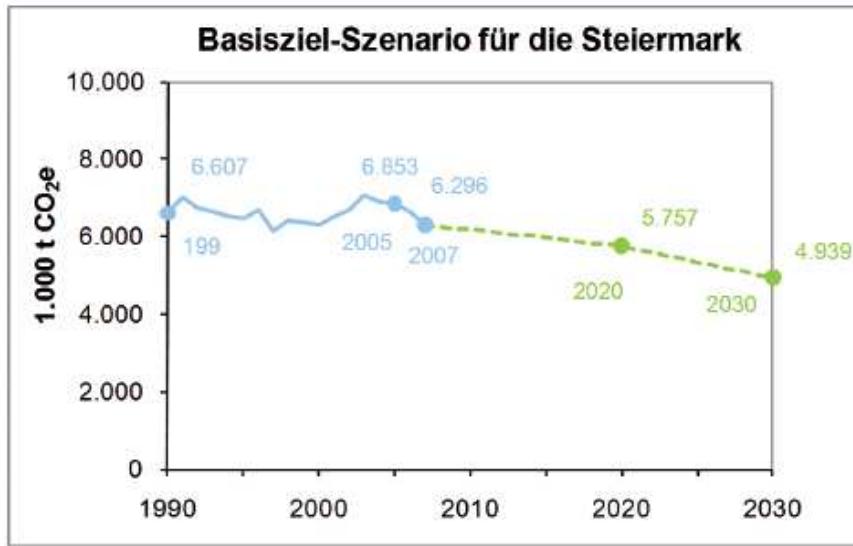


Abbildung 4: Reduktion der Treibhausgasemissionen, Basisziel-Szenario für die Steiermark, Quelle: Klimaschutzplan, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2010b

Tabelle 1: Zeitliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Steiermark

| Treibhausgase [1.000 t CO ₂ e] | | | | 2020 | | 2030 | |
|--|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | 1990 | 2005 | 2007 | Emissions- niveau | Emissions- niveau | Emissions- niveau | Reduktion geg. 2005 |
| Summe Zielsektoren | 6.607 | 6.853 | 6.296 | 5.757 | -16% | 4.939 | -28% |

Unklar ist, ob diese Reduktionen ausreichend sind, um die erwarteten Folgen des Klimawandels zu bewältigen. Die bisherige Umsetzung der Maßnahmen des Klimaschutzplans wird in den Klimaschutzberichten 2011, 2012 und 2013 dokumentiert. Im Klimaschutzbericht 2013 werden zahlreiche umgesetzte Maßnahmen und eine Abnahme der steirischen Treibhausgasemissionen angeführt.

Bezogen auf die erneuerbaren Energien bedeutet dies in Österreich einen Ausbau von 328 PJ im Jahr 2008 auf 388 PJ im Jahr 2020. Betrachtet man nun die Industrie so sollen Produktionsstandorte, durch Förderung innovativer und mit den Klimazielen kompatiblen Technologien, gesichert werden. Um nun die gesamten aufgelisteten Ziele zu erreichen

wurde der Klimaschutzplan in 6 Kernbereiche, welche insgesamt 26 Maßnahmenbündeln umfassen, erstellt (Abbildung 5).



Abbildung 5: Klimaschutzplan Steiermark, Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2010b

In der Steiermark wurde zusätzlich das Kapitel Klimastil in den Maßnahmen aufgenommen. Darin sind jene Maßnahmen enthalten, die notwendig sind, um die wirtschaftlichen Aktivitäten in der Steiermark mit einem Lebensstil vereinbaren zu können, der viel effizienter mit allen knappen Ressourcen umgeht und somit auch die Klimaziele unterstützt. In den nachfolgenden Abschnitten wird nun auf die festgelegten Bereiche und deren Maßnahmenbündel näher eingegangen.

Gebäude

Die steiermärkischen Wohn- und Dienstleistungsgebäude sind für ein knappes Drittel des gesamten Energieverbrauchs verantwortlich. Bei privaten Haushalten liegt das größte Einsparungspotential bei den Nutzern selbst. Durch eine Veränderung des Nutzerverhaltens könnten energetische Einsparungen erzielt werden. Dafür wären keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen oder Investitionen zu tätigen. Zudem könnten bei Neuanschaffungen energieeffizientere Haushaltsgeräte eingesetzt werden. Die thermische Sanierung von älteren Gebäuden stellt eine weitere wichtige Möglichkeit dar. Somit ergeben sich für den Bereich Gebäude folgende übergreifende Ziele:

- Steigerung der Sanierungsrate in der Steiermark (Anhebung von 1 % auf 4 %)
- Erhöhung der Energieeffizienz in den Haushalten
- Erhöhung der Standards für Neubauten und Dienstleistungsgebäuden

Zusätzlich soll der Ausbau von Solaranlagen ausgeweitet werden.

Mobilität

Im Bereich Mobilität ist das Hauptziel eine verkehrssparende Raumordnungsstruktur. Öffentliche Verkehrsmittel sollen attraktiver gestaltet werden und Fuß- und Radwege müssen benutzerfreundlich angelegt werden. An erster Stelle steht ganz klar die Verkehrsvermeidung, gefolgt von der Verlagerung von Verkehrsströmen. Die Treibhausgas- und Schadstoffemissionen können damit deutlich verringert werden. In der Steiermark werden Wege von bis zu 2 km bereits von 33 % der Bevölkerung mit dem Auto zurückgelegt. Des Weiteren weist die Steiermark die drittgrößte PKW-Dichte in Österreich auf. Eine effiziente Raumordnung und der Umstieg zu öffentlichen Verkehrsmitteln bewirken eine wesentliche Treibhausgasemissionsreduktion. Einen weiteren wichtigen Punkt stellen effiziente Fahrzeuge, Antriebe und alternative Treibstoffe dar. Damit ergeben sich für den Bereich Mobilität folgende übergreifende Ziele:

- Erhöhung des Anteils emissionsfreier und emissionsärmerer Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr
- Verstärkte Nutzung effizienter und alternativer Antriebe
- Verbesserung der Transparenz über das Mobilitätsverhalten und dessen Wirkung in der Steiermark

In diesem Bereich wäre es möglich die jährlichen Treibhausgasemissionen der Steiermark bis zum Jahr 2030 um bis zu 2 Mio. Tonnen gegenüber dem Vergleichsjahr 2005 zu verringern.

Land-, Forst- und Abfallwirtschaft

Die Land- und Forstwirtschaft wird in den nächsten Jahrzehnten besonders von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein. Um Schäden vorzubeugen müssen zahlreiche Anpassungen vorgenommen werden, sei es durch den Anbau trockenheits- und hitzeresistenter Pflanzen, durch boden- bzw. wasserschonende Bewirtschaftungsmethoden und durch die Entwicklung von Methoden für die Verringerung von Schäden bei Extremwetterereignissen. In der Abfallwirtschaft kann in der Steiermark erstmals eine Abnahme der Treibhausgasemissionen beobachtet werden, obwohl die kommunalen Abfallmengen weiter ansteigen. Das ist das Resultat einer erfolgreichen Abfallbehandlung. Somit ergeben sich für den Bereich Land-, Forst- und Abfallwirtschaft folgende übergreifende Ziele:

- Verringerung der direkten Emissionen aus der Land- und Abfallwirtschaft
- Verstärkte Nutzung des Bodens und des Werkstoffes Holz als Kohlenstoffspeicher
- Weitere Reduktion der Abfallmengen und Nutzung vorhandener energetischer Potenziale von Abfällen

Produktion

Durch effiziente Umwandlungsprozesse, neue Antriebe und durch Energierückgewinnung durch Wärmetausch kann eine effiziente Nutzung von Energie im Bereich Produktion erreicht werden. Auch im Bereich der Rohrleitungsdimensionierung und Netzauslegung besteht Optimierungspotential. Da gewisse Produktionshallen und Werkstätte oft nicht mehr nach einem zeitgemäßen Baustandard ausgeführt sind, liegt auch in diesem Bereich ein großes Einsparungspotential. Rund zwei Drittel des Energieverbrauchs in der steirischen Produktion entfallen derzeit auf vier Sektoren: Papier und Druck, Eisen- und Stahlerzeugung, Steine und Erden sowie Glaswaren. Es gibt bedeutende Potentiale zur Reduktion der Treibhausgase,

die wie folgt erschlossen werden können: An erster Stelle wird der Energiebedarf durch Effizienzsteigerung reduziert und in weiterer Folge werden die verbleibenden Energieträger mit hohen THG-Emissionskoeffizienten durch solche mit geringerem oder neutralem THG-Ausstoß substituiert. Somit ergeben sich für den Bereich Produktion folgende übergreifende Ziele:

- Erhöhung der Produktivität der eingesetzten Ressourcen, vor allem der verwendeten Energie
- Reduktion der Treibhausgasemissionen bei Prozesswärme durch Substitution von Energieträgern
- Verbesserte Förderprogramme zur Entwicklung von emissionsarmen Technologien

Energiebereitstellung

Elektrizität wird in der Steiermark zu nahezu gleichen Anteilen aus Kohle und aus erneuerbaren Energien hergestellt. Letztere teilen sich hauptsächlich in Wasserkraft und in biogene Brenn- und Treibstoffe auf. Betrachtet man die derzeitig genehmigten und geplanten thermischen Kraftwerksprojekte so könnte ungefähr die Hälfte des derzeitigen steirischen elektrischen Endenergieverbrauchs zusätzlich produziert werden. Dadurch ergeben sich für den Bereich Energiebereitstellung folgende übergreifende Ziele:

- Ausweitung der Bereitstellung von erneuerbaren Energieträgern von 29 % auf 34 %
- Erhöhung der Effizienz bei der Transformation von Primärenergie für den energetischen Endverbrauch

Langfristig sollte angestrebt werden, jene Technologien bevorzugt zu nutzen, die einen möglichst hohen Gesamtwirkungsgrad im Bereich von 80 % erzielen

Klimastil

Klimastil als Lebensstil schafft das Fundament für einen intelligenten Umgang mit Energie. Durch Energiesparen soll trotz einer Steigerung der Energiepreise eine höhere Lebensqualität erreicht werden. Allgemein geht es nicht darum, welche Technologien wir einsetzen, sondern wie wir damit umgehen. Leider tritt häufig der sogenannte Rebound-Effekt auf. Als Beispiel können Automotoren herangezogen werden. In den letzten Jahren sind diese in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit immer effizienter geworden. Wir fahren aber immer mehr und unsere Fahrzeuge nehmen an Gewicht und an PS-Stärke zu und zwar mehr, als die Einsparung durch die Effizienzsteigerung bei der Technologie gebracht hat, somit liegt ein klassischer Rebound-Effekt vor. Nur wenn die Menschen bereit sind, ein klimafreundliches Verhalten zu leben, werden neue Technologien am Markt eine Chance haben. Dadurch ergeben sich für den Bereich Klimastil folgende Ziele:

- Erhöhung des Anteils an klimaschonender Produkte in der Steiermark
- Stärkung einer erfüllenden und gleichzeitig klimaschonenden Freizeitgestaltung
- Fokussierung auf klimaschonende Arten des Reisens und Urlaub-Machens
- Steigerung der Lebensqualität in der Steiermark ohne Umweltzerstörung, Ungerechtigkeit und global nicht lebbaren Ressourcen- bzw. Energieverbrauchs
- Erhöhung des Wissens und Erleichterung des Zugangs zu einem klimaschonenden Lebensstil in der Steiermark

2.1.3 Forschungsstrategie Steiermark 2005 plus

Oberstes Ziel der Forschungsstrategie ist es, Akteuren in Politik, Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft eine Orientierung zu bieten, um ihr Handeln im Rahmen einer regionalen Forschungspolitik kohärent zu gestalten. So sollen die vorhandenen Forschungskapazitäten besonders für die Regionen genutzt werden. Für Außenstehende soll sie die Forschungsstrategie zusätzlich eine gewisse Orientierung darstellen. Den Bezugsrahmen für die Forschungsstrategie Steiermark bildet die technisch-naturwissenschaftliche Forschung. Des Weiteren basiert die Strategie auf einer Analyse der verfügbaren und erhobenen Daten über Umfang, Ausrichtung und Leistungsfähigkeit der steirischen Forschungslandschaft, einer Reihe von Expertengesprächen und Feedbackschleifen. Die Forschungsstrategie wird über das Forum „Forschung Steiermark“ in einen weiteren Diskussionsprozess eingebracht und laufend weiterentwickelt. Die Forschungsstrategie stützt sich auf die folgende, in der Steiermark gegebene Situation:

- Die F&E Quote erreichte bereits 1998 2,5 %.
- Unternehmen der Steiermark führen daher gemessen am Bruttoregionalprodukt bereits mehr F&E durch als der Österreich-Durchschnitt.
- Die Forschung wird auf eine relativ kleine Gruppe von Unternehmen konzentriert.
- Die forschungsintensivsten Branchen sind Eisen- und Metallurgie, Herstellung von Metallerzeugnissen, Maschinenbau, Herstellung von elektronischen Bauelementen, Papier und Zellstoff sowie Fahrzeugbau.

Die Inanspruchnahme von Universitäten, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen ist in der Steiermark stärker ausgeprägt als in anderen Bundesländern. Forschungsaktivitäten finden in vier so genannten Durchführungssektoren Hochschulsektor, Sektor Staat, privater gemeinnütziger Sektor und Unternehmenssektor statt. Ebenso wird die Finanzierungsstruktur von F&E in vier Sektoren unterschieden. Dazu zählen der Unternehmenssektor, der öffentliche Sektor, der private gemeinnützige Sektor und das Ausland. Beim Ausland wird zwischen EU-Finanzierung und sonstiger Auslandsfinanzierung unterschieden. Einen großen Anteil bei der Finanzierung der Forschungsaufwendungen hat in der Steiermark der öffentliche Sektor. Ein ebenso beachtlicher Anteil wird dabei von ausländischen Unternehmen finanziert. In der nachfolgenden Abbildung 6 wird der Zusammenhang zwischen Durchführungs- und Finanzierungssektor verdeutlicht. Die Anteile sind dabei in Prozent [%] angegeben.

Der Hochschulsektor hat in der Steiermark einen Anteil an Forschungsaktivitäten von rund 36 %. Der Großteil davon wird vom Bund finanziert. Im Unternehmenssektor findet der Großteil der Forschungsaktivitäten (~ 61 %) statt, wobei nur die Hälfte von inländischen Unternehmen finanziert wird. In absoluten Zahlen sieht das steirische Landesbudget für F&E – bezogene Ausgaben rund 50 Mio. € vor.

Wie bereits erwähnt weist das Bundesland Steiermark als Forschungsstandort eine starke Position auf. Es wird in den pro-Kopf Aufwendungen nur von Wien und teilweise von Oberösterreich übertroffen. Das rasche Wachstum der Forschung ist vor allem auf traditionelle Sektoren zurückzuführen. Es darf aber nicht außer Acht gelassen werden, dass das Wachstum zum Teil auf einen verzögerten Aufholprozess zurückzuführen ist. Dieser wird in naher Zukunft ausgeschöpft sein. Auch die Innovationsperformance hat sich in den letzten Jahren stark verbessert. Defizite bestehen bei den Klein- und Mittelbetrieben, welche aber durch eine Stärkung der Kapazitäten ausgeglichen werden sollen. Innerhalb der Forschung ist eine Vernetzung der einzelnen Forschungsbereiche noch sehr mangelhaft. Die regionale Forschungslandschaft spannt sich zwischen den Universitäten, JOANNEUM RESEARCH, und den Fachhochschulen. Zusätzlich weist die Steiermark ein hohes Potential für die Integration und für die Zusammenarbeit im gesamten europäischen Raum auf. Die

Forschungsgagenden sind in der Steiermark zwischen verschiedenen Ressorts und Abteilungen aufgeteilt. In diesem Bereich wären die Abstimmungsmechanismen zu verbessern. In der nachfolgenden Tabelle 2 ist eine zusammenfassende Übersicht über die Herausforderungen für die steirische Forschungspolitik dargestellt.

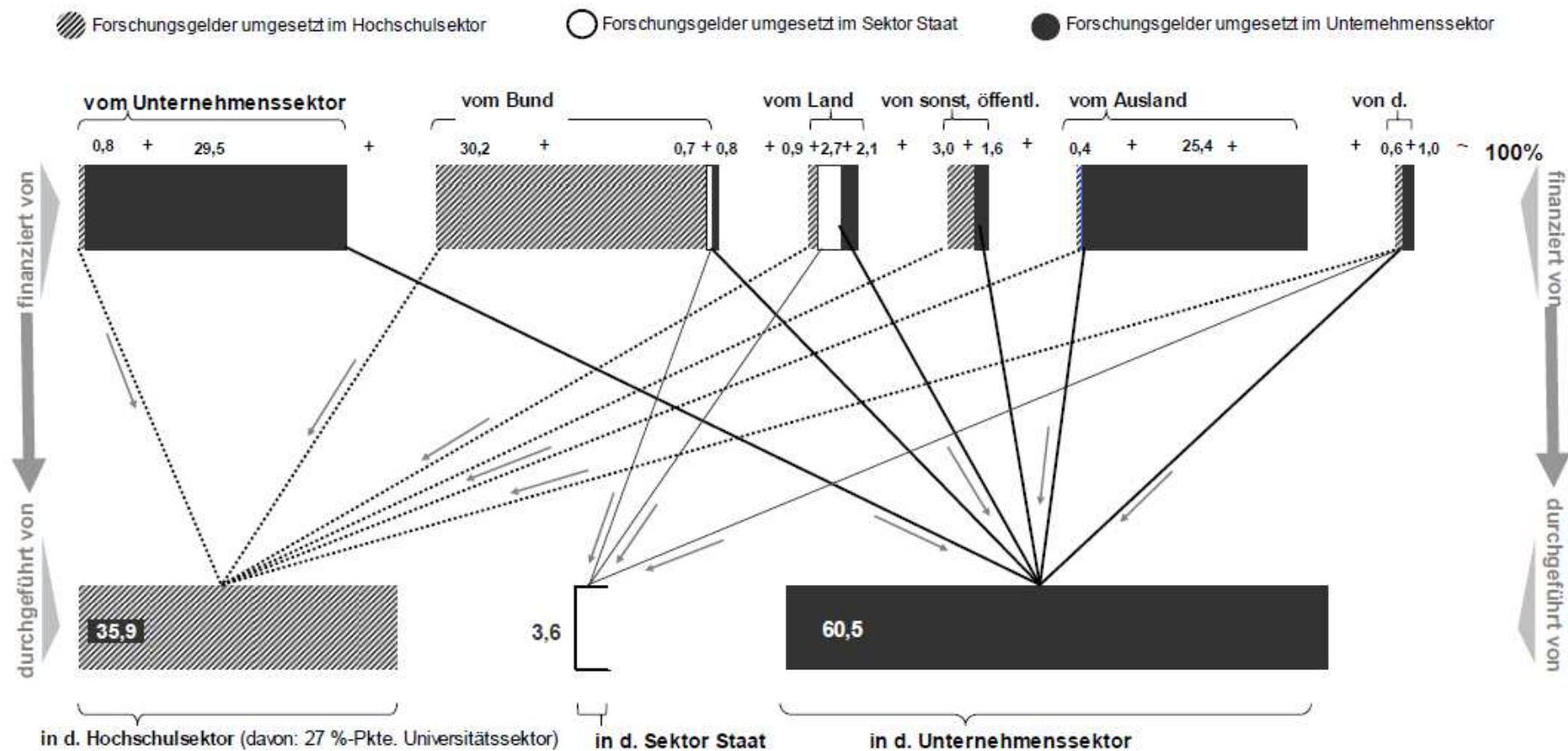


Abbildung 6: Gegenüberstellung der Finanzierung und Durchführung von F&E in der Steiermark gemäß der Forschungsstrategie Steiermark 2005 plus, Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2004

Tabelle 2: Zusammenfassende Übersicht über die Herausforderungen für die steirische Forschungspolitik

| Ausgangssituation | Herausforderungen |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Starke Position bei Innovationsindikatoren im Österreich-Vergleich, Ausnahme: Publikationen, Patente, | <p>⇒ Lissabon- und Barcelona-Ziel, die zunehmende Wissensbasierung von Wirtschaft und Gesellschaft sowie der geforderte Beitrag der Forschung zu Wachstum und Strukturwandel erfordern Anhebung der F&E-Aktivitäten.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> steirische Kernkompetenz in ingenieursbezogenen Disziplinen, | <p>⇒ auf Kernkompetenzen aufbauen und dieser erweitern:</p> <ul style="list-style-type: none"> ingenieursbezogene Kernkompetenzen mit neuen Themen und Technologien kombinieren. |
| <ul style="list-style-type: none"> starke Wachstumsdynamik der Wirtschaft, getragen durch traditionelle Sektoren, steigende Innovationskraft – starke Spitze, aber noch zu geringe Breite, insbesondere bezogen auf F&E, | <p>⇒ Wirtschafts- und Innovationsstandort Steiermark stärken:</p> <ul style="list-style-type: none"> Strukturwandel in neue Wachstumsfelder unterstützen, F&E- und Innovations-Kompetenzen in den Unternehmen verbreiten, forschungsbasierte Entwicklung bestehender Stärken („to be at technology frontier“). |
| <ul style="list-style-type: none"> einige Bereiche ausgenommen, noch zu geringe kritische Massen am Standort Steiermark, trotz hoher Dichte an Forschungsinfrastruktur ein international noch zu wenig wahrgenommenes Image als Forschungsstandort, | <p>⇒ Erreichung kritischer Größen in wichtigen Stärkefeldern anstreben:</p> <ul style="list-style-type: none"> aktive Forschungsanstrengungen des Landes auf Stärkefelder der Steiermark konzentrieren, um kritische Größen und internationale Sichtbarkeit zu erlangen. Profilbildung als Forschungsstandort und internationales „Wissenschaftsmarketing“. |
| <ul style="list-style-type: none"> Vielfalt der Forschungseinrichtungen, aber nur wenige formale Abstimmungsmechanismen, interne Abstimmungsmechanismen (Land) bzw. mit anderen Bundesländern und mit dem Bund verbesserbar, | <p>⇒ strategische Koordination:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kohärenz im regionalen Forschungssystem und bei der regionalen Forschungsförderung sicherstellen, Abstimmung und Koordination mit Bund und anderen Bundesländern forcieren. |
| <ul style="list-style-type: none"> noch zu geringe Abstimmung mit angrenzenden Regionen (Österreich, EU-Zukunftsregion). | <p>⇒ steirische Forschung im transnationalen Kooperationsraum der EU-Zukunftsregion positionieren.</p> |

Um die Forschung auch zukünftig weiter zu stärken, muss eine gewisse Positionierung vorgenommen werden bzw. müssen Handlungsfelder definiert werden. Folgende vier Hauptaufgaben und Handlungsfelder lassen sich ableiten:

- strategische Schwerpunkte setzen (Handlungsfeld 1)
- Governance des regionalen Forschungssystems (Handlungsfeld 2)
- horizontale Maßnahmen (Handlungsfeld 3)
- flankierende Maßnahmen (Handlungsfeld 4)

Im Rahmen des **1. Handlungsfeldes** wurden sogenannte Stärkefelder definiert. Diese bieten einerseits einen Orientierungsrahmen und damit eine thematische Koordination und erlauben andererseits eine gezielte Entwicklung bestehender Forschungspotenziale in der Region. Je nach Reifestadium eines Feldes unterscheidet man zwischen entwickelten wissenschaftlichen Stärkefeldern, wissenschaftlichen Entwicklungsfeldern sowie zwischen emergenten wissenschaftlichen Stärkefeldern. Eine Analyse ergab zehn wissenschaftliche Stärkefelder mit unterschiedlichem Reifestadium in der Steiermark. Betrachtet man das Stärkefeld der Energieforschung und -technik so hat dieses in der Steiermark sowohl Angebots- als auch nachfrageseitig eine geringe Relevanz. Auf Österreich bezogen ist die Branche allerdings stark positioniert.

Im **Handlungsfeld 2** wurde das Ziel festgelegt, die Koordinations- und Selbststeuerungskraft zu stärken. Sogenannte Governance-Prozesse setzen die Rahmenbedingungen für die Selbststeuerungskraft der steirischen Forschungslandschaft, die inhaltlich-strategische Koordination und die strategische Weiterentwicklung des regionalen Forschungssystems. Die Kerngruppe des Governance-Prozesses hat die inhaltlich-strategische Ausrichtung der Forschungspolitik und -förderung zur Aufgabe. Sie sollte sowohl die politischen Institutionen des Landes als auch die entsprechenden Verwaltungsabteilungen umfassen. Die Prozessverantwortung liegt beim Forschungsreferenten des Landes Steiermark, dem die Koordinationsaufgabe zukommt. Die Institutionalisierung der wissenschaftlichen Stärkefelder muss unter der Berücksichtigung der entsprechenden Gegebenheiten erfolgen. Folgende Handlungsansätze sind geplant:

- Entwicklung eines Interventionsplans,
- Schwerpunktsetzungen längerfristig verfolgen,
- Entwicklung themenspezifischer regionaler Communities,
- bei Bedarf Einrichtung einer umfassenden Förderberatung und zentralen Förderbetreuung sowie
- regelmäßige Monitoring- und Evaluierungsprozesse.

Ein kontinuierlicher Dialog zwischen den Akteuren des regionalen Forschungssystems muss auf alle Fälle sichergestellt werden. Für die Steiermark bedeutet dies insbesondere, dass sie einerseits eine Koordination mit der Bundesebene anstreben und andererseits in einen intensiven Austausch mit anderen Regionen treten muss.

Als **Handlungsfeld 3** werden horizontale Maßnahmen bezeichnet. Dabei soll die regionale Forschungsbasis durch internationale Einbindung, durch die Förderung des Humankapitals, durch die Steigerung der Nachfragekompetenz regionaler Unternehmen sowie durch das Schnittstellenmanagement in der regionalen Institutionenlandschaft unterstützt werden. Der derzeitige Internationalisierungsgrad der strategischen Forschung ist als sehr positiv einzuschätzen. 2004 wiesen F&E – orientierte Unternehmen eine Exportorientierung von 85 % auf. Bemerkenswert ist der hohe Auslandsfinanzierungsanteil, der deutlich über dem internationalen Durchschnitt liegt.

Das 4. und somit letzte **Handlungsfeld** befasst sich mit den sogenannten flankierenden Maßnahmen. Die Entwicklung des regionalen Forschungssystems wird auch maßgeblich von Faktoren und Politikfeldern beeinflusst. Durch flankierende Maßnahmen soll das Umfeld für Forschung verbessert werden und dadurch soll eine „forschungsfreundliche“ Gestaltung und Entwicklung von anderen Politikfeldern erreicht werden. Aus Sicht der regionalen Forschung wären insbesonders die folgenden vier Maßnahmenbereiche von großer Bedeutung:

- Sicherstellung der Standortattraktivität für innovative Milieus,
- Entwicklung einer integrierten Kooperationsstrategie in der EU-Zukunftsregion,
- Belebung des Wissenschafts-, Forschungs- und Kongresstourismus sowie
- Verstärkung des Wissenschaftsstandortmarketings – Imageaufbau.

Tabelle 3 beinhaltet einen Überblick über empfohlene Handlungsfelder der Forschungsstrategie Steiermark.

Tabelle 3: Überblick über empfohlene Handlungsfelder der Forschungsstrategie Steiermark

| STRATEGISCHE SCHWERPUNKTSETZUNG | wissenschaftliche Stärkefelder | |
|---------------------------------|--|---|
| | Kernkompetenzen in entwickelten Stärkefeldern bewahren und weiter stärken | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Werkstoff-Forschung ➢ Fahrzeugtechnik und Maschinenbau ➢ Internet of things ➢ Vernetzung ➢ Softwareentwicklung ➢ Intelligente Robotik ➢ Einsatz von 3D-Druckern ➢ Batterieforschung ➢ Rahmenbedingungen für technologie-zusammenführende Unternehmen stärken. |
| | Entwicklungsfelder für die Wirtschaft nutzbar machen und wissenschaftliche Stärken ausbauen | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Humantechnologie ➢ TIME ➢ Umweltforschung ➢ Energietechnik ➢ Gebäudetechnik (Holz) ➢ Gebäudetechnik für zukunftsorientierte Plus-Energiegebäude mit wegweisender Technik (wie etwa SOMs „Pearl-River Tower“) |
| | Querschnittsmaterien in ihren Unterstützungsfunctionen weiter ausbauen | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik, besonders Ablösung fossiler Energieträger als Chemierohstoffe. ➢ Nanotechnologie ➢ Computersimulation und mathematische Modellierung ➢ Anbindung der Computersimulation an die Fertigung, auch mit 3D und vielen anderen Verfahren |

| | | |
|----------------------|---|---|
| GOVERNANCE - PROZESS | Einrichtung der Kerngruppe | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Strategische Koordination im Land |
| | Institutionalisierung der Stärkefelder | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Entwicklung von stärkefeldspezifischen Interventionsplänen ➢ Verfolgung längerfristiger Schwerpunktsetzungen ➢ Entwicklung einer themenspezifischen regionalen Community (Vernetzung) ➢ bei Bedarf Einrichtung einer zentralen |

| | | |
|--|---|--|
| | | <p>Förderberatung und –betreuung ➤ regelmäßige Monitoring- und Evaluierungsprozesse</p> |
| | Bearbeitung neuer Themenstellungen | <p>➤ Calls für themenbezogene Forschungsförderung ➤ Ad-hoc-Arbeitsgruppen</p> |
| | Einrichtung eines Forums „Forschung Steiermark“ | <p>➤ Einbindung aller Forschungsakteure der Region ➤ regelmäßige Arbeitstreffen zum Informationsaustausch ➤ anlassbezogene Einladung an ExpertInnen von außen (z.B. Bund)</p> |
| | Koordination mit der Bundesebene | <p>➤ aktive Einbringung regionaler Interessen und pro-aktive Nutzung informeller Kommunikationskanäle ➤ Orientierung an Programmschwerpunkten des Bundes (Ratsempfehlungen) ➤ aktive Kofinanzierung unter Mitgestaltung von Bundesprogrammen</p> |
| | Zusammenarbeit mit anderen Bundesländern | <p>➤ informelle Kontakte ➤ Abstimmung themenspezifischer Positionen und Strategien gegenüber Bund (Koalitionsbildung) ➤ Durchführung gemeinsamer Calls für F&E-Projekte ➤ Integration von Akteuren von außerhalb der Steiermark im Rahmen des stärkefeldspezifischen Netzwerkaufbaus ➤ wechselseitige Beteiligungen der JOANNEUM RESEARCH an außeruniversitären Forschungseinrichtungen in anderen Regionen als Option</p> |
| | Sicherstellung der Strategic Policy Intelligence („Politiklernen“) | <p>➤ Beobachtung und Erfassung des Politikfeldes (Analysen, Foresight, Benchmarking) ➤ Monitoring in Stärkefeldern ➤ Evaluierungen auf Ebene der längerfristigen Schwerpunktsetzungen ➤ Qualifizierte Diskussion im Forum „Forschung Steiermark“ ➤ Anlassbezogene Adaptierung der Forschungsstrategie Steiermark ➤ Regelmäßige Erstellung eines Wissenschaftsberichtes</p> |
| | Koordination und Ausrichtung der F&E-Förderung | <p>➤ Stärkung der Ressourcen für strategische Aufgaben, Entlastung von operativer Abwicklung durch technische Hilfe ➤ Schwerpunktsetzungen für erhöhte Strukturwirksamkeit ➤ Ausbau der projektorientierten Forschungsförderung</p> |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| HORIZONTALE MASSNAHMEN | Stärkung der Internationalisierung, Positionierung in der EU-Zukunftsregion | <p>➤ Teilnahme an internationalen Forschungsprogrammen ➤ Internationalisierung durch Markterschließung, graduelle Intensivierung der Akquisition von Direktaufträgen ➤ Netzwerkaufbau mit steirischen ForscherInnen im Ausland</p> |
|-------------------------------|--|--|

| | | | |
|--|---|--|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grenzüberschreitende Forschungs- und Entwicklungsnetworks in der EU-Zukunftsregion ➤ Intensivierung strategischer Partnerschaften mit Universitäten/Forschungseinrichtungen in der EU-Zukunftsregion sowie in den MOEL („Kooperationspakete für Universitäten“) ➤ Forschungspolitische Koordination insbesondere in der EU-Zukunftsregion |
| | Förderung des Humankapitals | | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Absicherung des Bildungsstandortes Steiermark ➤ Verstärkte Kooperation von Ausbildungseinrichtungen in der EU-Zukunftsregion ➤ „Exzellenzprogramm“ für Kooperationen und Austausch mit internationalen Spitzenforschungseinrichtungen ➤ Mobilitätsprogramme (Professor-Fellowships etc.) ➤ Awareness-Maßnahmen (Interesse für technisch-naturwissenschaftliche Studien, Erhöhung des Frauenanteils) |
| | Entwicklung der Nachfragekompetenz regionaler KMU | | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Anreizstrukturen für regionale Forschungseinrichtungen zur KMU-Adressierung ➤ Fortführung und Weiterentwicklung aktiver Technologietransfermodelle in Abstimmung zwischen Forschungs- und Innovationspolitik |
| | Schnittstellenmanagement in der regionalen Institutionenlandschaft | | <ul style="list-style-type: none"> ➤ institutionelle Förderung als zentrales Element der regionalen Forschungsförderung ➤ strategische Abstimmung und Koordination zwischen naturwissenschaftlich-technischen Universitätsinstituten und JOANNEUM RESEARCH ➤ Zusammenarbeit mit dem Bund im Hinblick auf die Sicherung aufgebauter Kompetenzzentren über die erste Programmperiode hinausgehend und Erarbeitung einer längerfristigen Position ➤ aktive Nutzung der JOANNEUM RESEARCH für forschungspolitische Ziele (Internationalisierung, Abstimmung mit Universitäten, Entwicklung neuer Themenbereiche, Netzwerkfunktion) ➤ Ausbau von Schwerpunktsetzungen bei F&E-Aktivitäten an den Fachhochschulstudiengängen abgestimmt mit Interessen des Landes Steiermark und steirischen Forschungseinrichtungen, enges Zusammenführen der F&E-Aktivitäten der landeseigenen außeruniversitären Einrichtungen |

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| FLANKIERENDE MASSNAHMEN | Standortattraktivität für innovatives Milieu | <ul style="list-style-type: none"> ➤ reichhaltiges Kultur- und Freizeitangebot ➤ gute Infrastrukturerschließung ➤ internationale Schulen und Kindergärten |
| | Integrierte Kooperationsstrategie in der | <ul style="list-style-type: none"> ➤ integrierte Kooperationsstrategie (Infrastruktur, Wirtschaft, Bildung, Forschung) |

| | | |
|--|--|---|
| | EU-Zukunftsregion | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kooperation zwischen Zentralräumen der EU-Zukunftsregion ➤ Forcierung von institutionellen und Unternehmens-Kooperationen |
| | Belebung des Wissenschafts-, Forschungs- und Kongrestourismus | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Verbesserung der unterstützenden Soft-Infrastruktur und Organisationskapazitäten (Kongressmanagement etc.) ➤ Förderung regelmäßiger Konferenz- und Kongressveranstaltung in der Steiermark |
| | Verstärkung des Wissenschaftsstandort-marketing – Imageaufbau | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Profilbildung (Stärkefelder) ➤ spezifisches Standortmarketing mit (Wissenschafts-) entsprechender Informationsaufbereitung |

2.1.4 Strategie des Landes Steiermark zur Förderung von Wirtschaft und Forschung, 2013

Ziel der Forschungsstrategie ist es das Bundesland Steiermark als Wissenschaftsstandort weiter auszubauen. Zurzeit gehört es mit einer Forschungsquote von 4,3 % (im Jahr 2009) zu den forschungsintensivsten Regionen Europas. In der Steiermark stehen dem Forschungssektor aktuell 5 Universitäten, 2 Fachhochschulen, 2 Pädagogische Hochschulen, die Forschungsgesellschaft JOANNEUM RESEARCH und zahlreiche weitere außeruniversitäre Forschungseinrichtungen zur Verfügung. Universitäten sollen laut dem Forschungsrat Steiermark näher bei der Grundlagenforschung angesiedelt sein. JOANNEUM RESEARCH soll den Fokus hingegen auf den Bereich der anwendungsorientierten Forschung legen. Bei Fachhochschulen sollte die Forschung ausschließlich auf die praktische Anwendung und Lösung industrieller Fragestellungen ausgerichtet sein.

Die F&E-Ausgaben in der Steiermark bezogen auf ganz Österreich betragen 18 %. Besonders eine Kooperation zwischen den einzelnen Einrichtungen – auch fächerübergreifend – wird als äußerst wichtig erachtet. Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft ergänzen sich synergetisch. Geld wird in der Wissenschaft zu Wissen und in der Industrie wird Wissen zu Geld. Die Forschung wird in der Steiermark zu 37 % aus dem Unternehmenssektor finanziert. 23 % der erworbenen Mittel werden sogar aus dem Ausland bezahlt. Trotz der zahlreichen Stärken sind auch steiermarkweit eine Reihe von Schwächen vorhanden. Dazu zählen:

- mangelnde Internationalität,
- durch temporäre Finanzierung gibt es kein stabiles Forschungssystem,
- geringe Konkurrenzfähigkeit und
- geringe Veränderungs- und Risikobereitschaft.

Zu den Themenschwerpunkten, auf die sich alle Forschungseinrichtungen spezialisieren sollen, zählen Energie, Ressourcen & Nachhaltigkeit, Mobilität, Informationsgesellschaft, Materialien sowie Gesundheit & Biotechnologie. Der Ressortbereich Wissenschaft und Forschung setzt auf Interdisziplinarität, Diversität und Chancengleichheit. Hochschulen sind autonom, müssen sich aber an der von der Bundesseite vorgegebene Zielsetzung im Hinblick auf Forschungsleistung und Ausbildung orientieren. Einen Schwerpunkt der Forschung bildet daher die Einbindung von qualifizierten und ambitionierten NachwuchsforscherInnen.

Die Wirtschaftsstrategie Steiermark 2020 setzt auf Wachstum durch Innovation. Know-how in regionale Wertschöpfung umsetzen, ist ein besonderes Ziel. Als ebenso bedeutend hat sich die Förderung von jungen Menschen im Bereich der Wissenschaft und Forschung herausgestellt. Wünschenswert wäre eine Koordinationsplattform zur Berufsorientierung. Die österreichische Bundesregierung verfolgt das Ziel, die Forschungsquote bis 2020 auf 3,76 % zu erhöhen, der private F&E-Finanzierungsanteil soll auf 70 % steigen. Zusätzlich sollen auch viele europäische Förderprogramme genutzt werden.

2.2 Aktuelle Energieversorgung in der Steiermark

Der gesamte energetische Energieverbrauch ist in Tabelle 4 dargestellt. Im Vergleich zu dem Jahr 2005 ist der Energieverbrauch bis zum Jahr 2012 um 5% gesunken. In den nachfolgenden Ausführungen wird immer Bezug auf den energetischen Endverbrauch genommen.

Tabelle 4: Energetischer Endverbrauch, Quelle: Statistik Austria

| 2005 | 2012 | Änderung |
|--------------|--------------|----------|
| 176.489 [TJ] | 166.815 [TJ] | - 5 [%] |

Verteilung der Energieträger am Gesamtenergieverbrauch

Kohle spielt als Energieträgerträger nur mehr eine untergeordnete Rolle. Obwohl vom Jahr 2005 bis zum Jahr 2012 ein leichter Anstieg am Bedarf von Erdgas zu verzeichnen ist, bleibt dieses jedoch nur der dritt wichtigste Energieträger für die Steiermark. Durch Einsparungs- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen konnte der Bedarf an Erdöl vom Jahr 2005 bis zum Jahr 2012 um fast 10 % gesenkt werden. Dadurch liegt der Energieträger mit seiner Wichtigkeit bereits hinter den erneuerbaren Energieträgern. Erneuerbare Energieträger stellen mehr als ein Drittel des Bedarfs für die Energieversorgung in der Steiermark bereit.

In Abbildung 7 ist die Verteilung der Energieträger am Gesamtenergieverbrauch für die Steiermark für die Jahr 2005 bis 2012 dargestellt. Erneuerbare Energieträger fassen Brennholz, brennbare Abfälle, biogene Brenn- und Treibstoffe, Umgebungswärme (Geothermie, Solarenergie, Reaktionswärme, Umgebungswärme), Wasserkraft, Wind und PV zusammen. Zu den Energieträgern Erdöl zählen Benzin, Petroleum, Diesel, Gasöl für Heizzwecke, Heizöl, Flüssiggas sowie sonstige Produkte aus der Erdölverarbeitenden Industrie. Steinkohle, Braunkohle, Braunkohle-Briketts sowie Koks waren unter dem Begriff Kohle zusammengefasst.

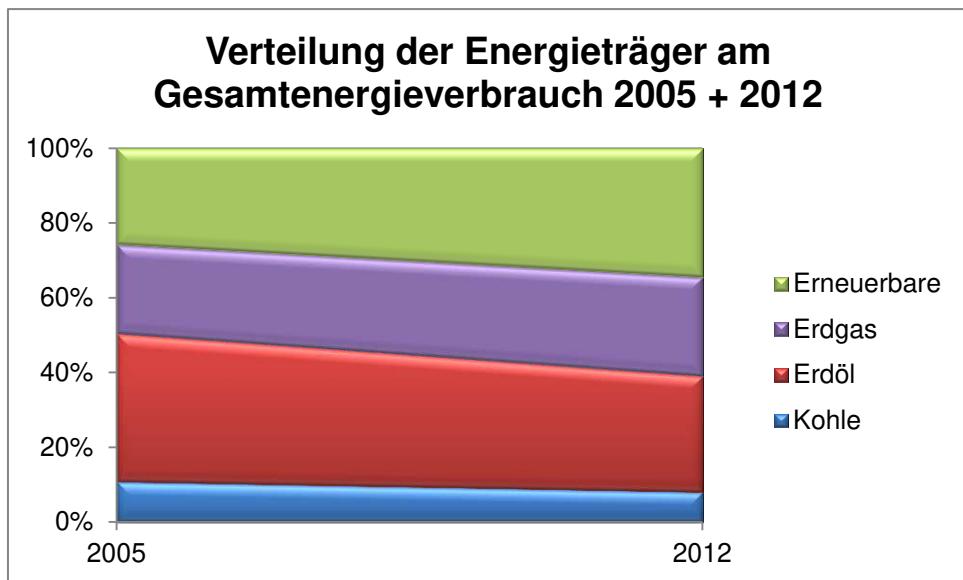


Abbildung 7: Verteilung der Energieträger am Gesamtenergieverbrauch 2005-2013,
Quelle: Statistik Austria

Einen Überblick über die Zusammensetzung der Strom-, Wärme- und Treibstoffbereitstellung aus erneuerbaren und fossilen Energieträgern bzw. Energieimporten sowie der Verbrauch in den Sektoren Industrie, Haushalte, Dienstleistungen und Landwirtschaft sowie Verkehr an fossilem und erneuerbarem Strom, fossiler und erneuerbarer Wärme sowie fossilen und erneuerbaren Treibstoffen stellt [Abbildung 8](#) dar. Die in diesem Diagramm verwendeten Daten beziehen sich auf Auswertungen der Statistik Austria vom Mai 2014 und können in einigen Bereichen aufgrund der unterschiedlichen Aktualität zu späteren, in diesem Kapitel vorgestellten Zahlen abweichen.

Der Energetische Endverbrauch der Steiermark betrug 2012 167.838 TJ. Der für die Erzeugung von Wärme benötigte Anteil betrug 56 %, jener für die Strom- und Treibstoffbereitstellung jeweils 22 %.

Kohle, Erdölprodukte, Erdgas und Stromimporte verzeichneten im Jahr 2012 einen Anteil von 73 % am Energetischen Endverbrauch. Die Verbrennung, Verstromung und Vergasung von Biomasse trug mit 63 % den Hauptanteil der erneuerbaren Energieträger, gefolgt von Wasserkraft (32 %), Umgebungswärme (4 %), Wind (0,8 %) und Photovoltaik (0,4 %).

Folgt man dem Weg der fossilen Energieträger, wird deutlich, dass 56 % davon für die Erzeugung von Wärme, 15 % für die Erzeugung von Strom und 29 % für die Treibstoffbereitstellung (in Form von Importen von Mineralölprodukten) verwendet werden.

Aus dem Energieangebot der erneuerbaren Energieträger flossen 26 % in Form von Brennholz, 25 % aus sonstigen biogenen Heizwerken und KWK-Anlagen sowie 4 % aus Umgebungswärme in die Wärmeproduktion. Damit setzte sich die Wärmeproduktion in der Steiermark zu 73 % aus fossilen und 27 % aus erneuerbaren Energieträgern zusammen.

In die Stromproduktion flossen 32 % aus Wasserkraft, 7 % aus biogenen Kraftwerken und KWK-Anlagen, sowie 1,2 % aus Wind- und PV-Anlagen. Insgesamt wurden 51 % des Stroms aus fossilen Energieträgern sowie Stromimporten und 49 % aus erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt.

In der Treibstoffproduktion wurden 5 % der erneuerbaren Energieträger durch Vergasung von Biomasse verwendet. Damit betrug der Anteil an biogenen Treibstoffen am gesamten Treibstoffverbrauch 6 %, 94 % stammten noch immer aus fossilen Quellen.

Verwendungsseitig wurden vom Sektor Industrie 42 % des gesamten Energetischen Endverbrauchs benötigt, 35 % gingen in die Sektoren Dienstleistungen, Landwirtschaft sowie die steirischen Haushalte, und 27 % in den Bereich Verkehr.

Um Szenarien für die Bereitstellung von Strom, Wärme und Treibstoffen zu entwickeln, macht es Sinn, den Bedarf an Fernwärme, Wärme aus Eigenproduktionsanlagen sowie den Strom- und Treibstoffbedarf den einzelnen Verbrauchergruppen zuzuordnen.

Der Sektor Industrie benötigte 73 % seines Energetischen Endverbrauchs für die Erzeugung von Wärme, wobei 94 % aus Unternehmenseigenanlagen, 6 % aus der Nutzung von Fernwärme stammten. In den Eigenanlagen wurde Wärme überwiegend – zu 82 % - aus fossilen Energieträgern erzeugt. Der Strommix aus erneuerbaren und fossilen Energieträgern wurde dem Verhältnis aus der Gesamtstromproduktion der Steiermark gleichgesetzt (51 % fossil, 49 % erneuerbar). Insgesamt wurden also im Bereich Industrie 74 % der benötigten Energie aus fossilen, 26 % aus erneuerbaren Energieträgern eingesetzt.

Bei den Sektoren Dienstleistungen, Landwirtschaft und Haushalte (DL, LW, HH) verteilte sich der Energetische Endverbrauch zu 73 % auf den Wärme- und zu 27 % auf den Strombedarf. Der Anteil der Fernwärme am gesamten Wärmeverbrauch betrug 19 %, der Anteil an Wärmeeigenversorgung 81 %, wobei bereits 38 % aus erneuerbaren, die restlichen 62 % aus fossilen Vorräten gedeckt wurde. Dies ist vor allem auf den Einsatz von Brennholz zurückzuführen, das nahezu vollständig in privaten Hausheizungen zur Wärmeerzeugung verwendet wird. Die Zusammensetzung des Stroms aus erneuerbaren und fossilen Quellen entspricht der Verteilung der Gesamtstrombereitstellung. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in dieser Verbrauchergruppe die Anteile an erneuerbaren Energieträgern 41 %, an fossilen Energieträgern 59 % des Energetischen Endverbrauchs betragen.

Für den Sektor Verkehr wurde neben Treibstoffen auch Strom benötigt. 4 % des gesamten Energetischen Endverbrauchs dieses Sektors wurden in Form von Strom bereitgestellt. 94 % der Treibstoffe stammten aus fossilen Energieträgern, 6 % aus biogenen. Damit stammten 2012 insgesamt 7 % des Energetischen Endverbrauchs im Sektor Verkehr aus erneuerbaren, 93 % aus fossilen Quellen.

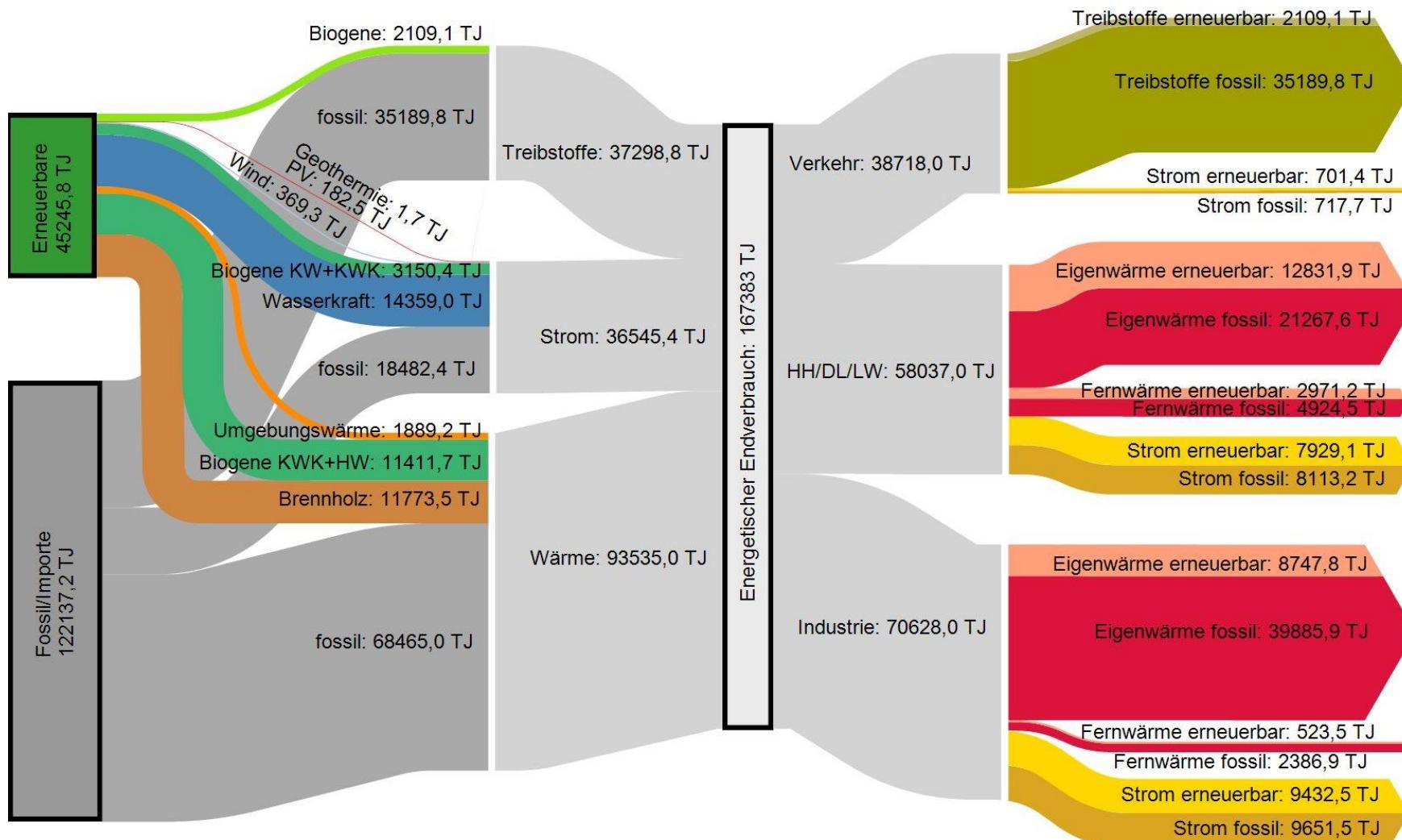


Abbildung 8: Energieströme Steiermark 2012, Quelle: Statistik Austria

Verteilung nach Sektoren

Die Hauptverbraucher im Jahr 2005 sind der produzierende Bereich, private Haushalte und der Verkehrsbereich. Öffentliche und private Dienstleistungen spielen mit insgesamt knapp 12% eine eher untergeordnete Rolle. Die Verteilung ist in Abbildung 9 ersichtlich.

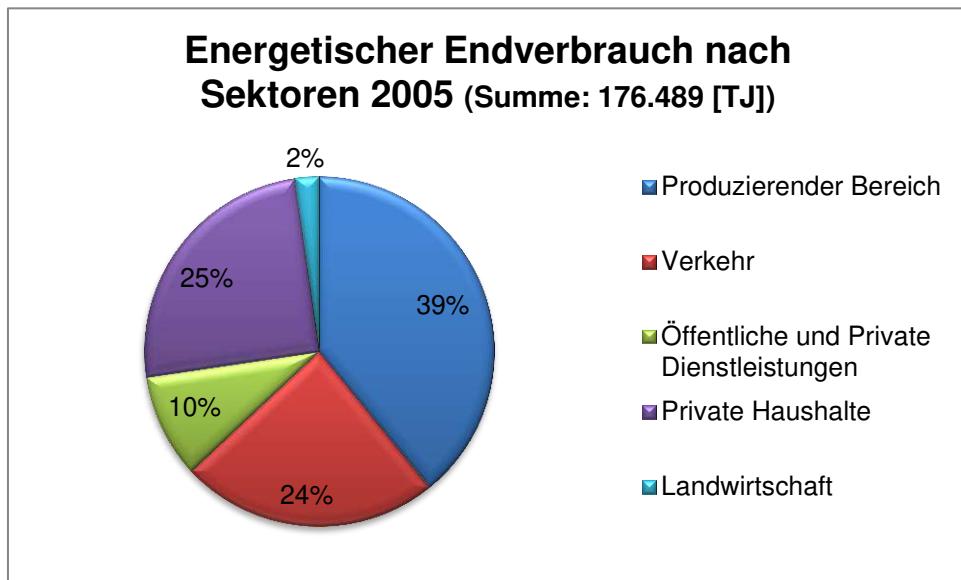


Abbildung 9: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren für 2005, Quelle: Statistik Austria

Im Vergleich dazu ist das Jahr 2012 in Abbildung 10 dargestellt. Neben der Reduktion des energetischen Endverbrauchs ist auch ein Anstieg des Verbrauchs im produzierenden Bereich zu erkennen. Dafür verzeichnen private Haushalte, öffentliche und private Dienstleistungen sowie der Verkehrsbereich eine leichte Abnahme. Der Verbrauch in der Landwirtschaft hat sich unwesentlich reduziert.

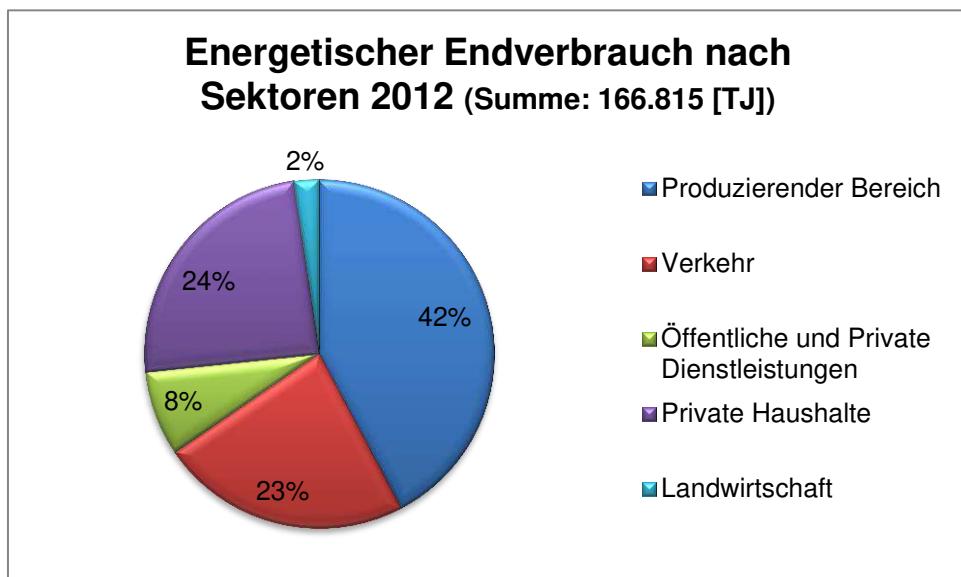


Abbildung 10: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren für 2012, Quelle: Statistik Austria

Produzierender Bereich

Zum produzierenden Bereich zählen folgende Sektoren: Eisen- und Stahlerzeugung, Chemie und Petrochemie, Nicht Eisen Metalle, Steine und Erden, Glas, Fahrzeugbau, Maschinenbau, Bergbau, Nahrungs- und Genussmittel, Tabak, Papier und Druck, Holzverarbeitung, Bau, Textil und Leder und Sonst. Produzierender Bereich.

Ein Vergleich zwischen den Jahren 2005 und 2012 für den produzierenden Bereich ist in Abbildung 11 dargestellt. Im Jahr 2005 wird der Großteil (70 %) des Energiebedarfs durch fossile Energieträger gedeckt. Für das Jahr 2012 ist neben einem Anstieg des gesamten Energiebedarfs (+2 %) eine deutliche Erhöhung des Verbrauchs an erneuerbaren Energieträgern erkennbar (+16 %).

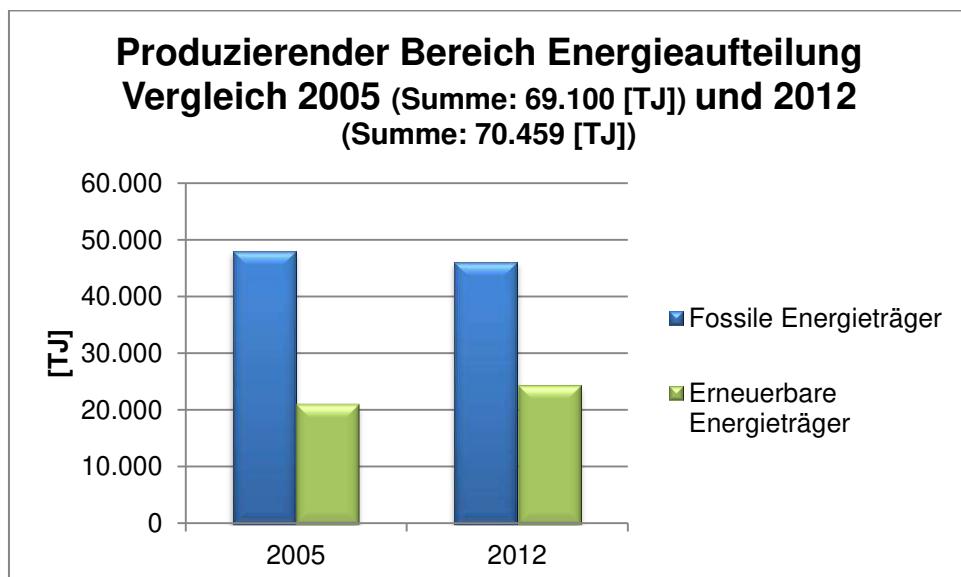


Abbildung 11: Vergleich der Energieaufteilung im produzierenden Bereich für 2005 und 2012, Quelle: Statistik Austria

Eine detailliertere Betrachtung der Energieträgerverteilung ist in Abbildung 12 ersichtlich. Den Großteil der Energieversorgung übernehmen dabei Erdgas, Strom aus Erneuerbaren und Strom aus fossilen Energieträgern sowie biogene Brenn- und Treibstoffe. Eine untergeordnete Rolle spielt Fernwärme (aus erneuerbaren und fossilen Energieträgern), brennbare Abfälle und Brennholz.

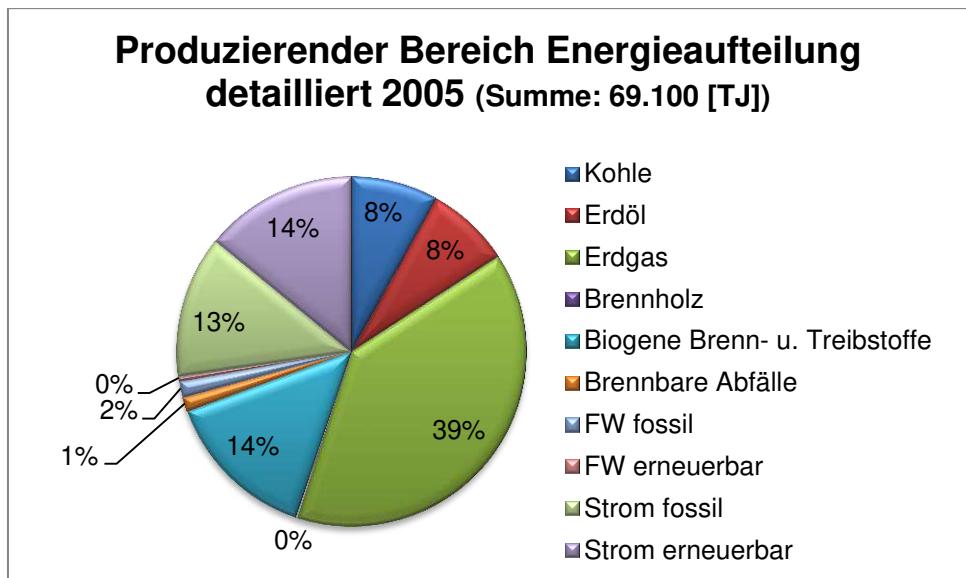


Abbildung 12: Detaillierte Energieaufteilung für den produzierenden Bereich 2005,
Quelle: Statistik Austria

Im Vergleich zum Jahr 2005 ist im Jahr 2012 (siehe [Abbildung 13](#)) eine Verschiebung von den fossilen Energieträgern zu den erneuerbaren Energieträgern zu verzeichnen. Der Verbrauch an Erdgas, Kohle, Erdöl und Strom aus fossilen Energieträgern ist gesunken. Im Zuge dessen gab es einen Anstieg bei Strom aus Erneuerbaren, biogenen Brenn- und Treibstoffen sowie bei Fernwärme aus Erneuerbaren Energieträgern.

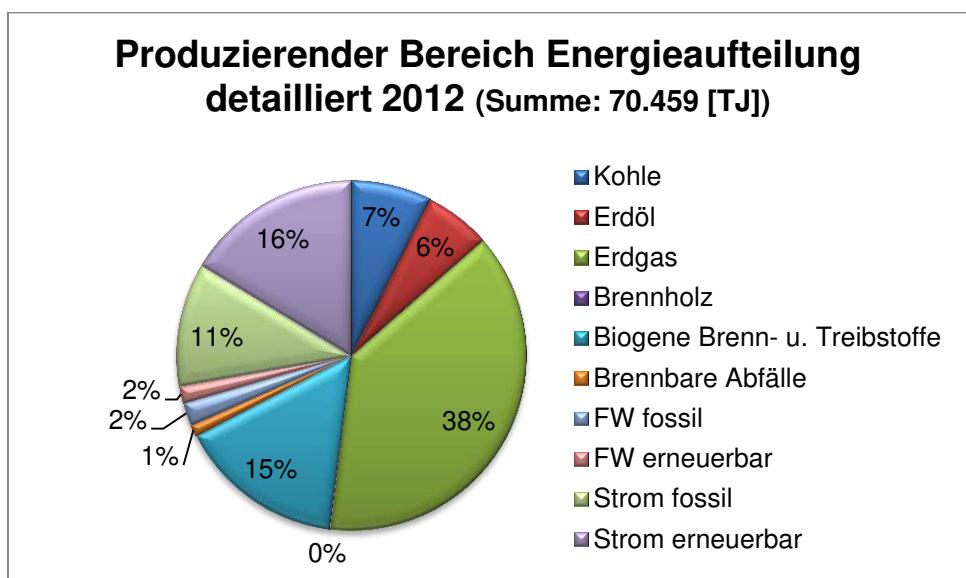


Abbildung 13: Detaillierte Energieaufteilung für den produzierenden Bereich 2012,
Quelle: Statistik Austria

Private Haushalte

Ein Vergleich für die Energieaufteilung für private Haushalte ist in [Abbildung 14](#) abgebildet. Im Jahr 2005 wird mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs durch fossile Energieträger abgedeckt. Im Vergleich zum Jahr 2005 kann für das Jahr 2012 eine Reduktion des Energiebedarfs um 8 % verzeichnet werden. Außerdem konnte der Verbrauch an fossilen

Energieträgern gesenkt werden und Erneuerbare forciert werden. So kommt es zu einem Wechsel beim Verbrauch von fossilen und erneuerbaren Energieträgern. Jetzt wird mehr als die Hälfte der privaten Haushalte mit erneuerbaren Energienträgern versorgt.

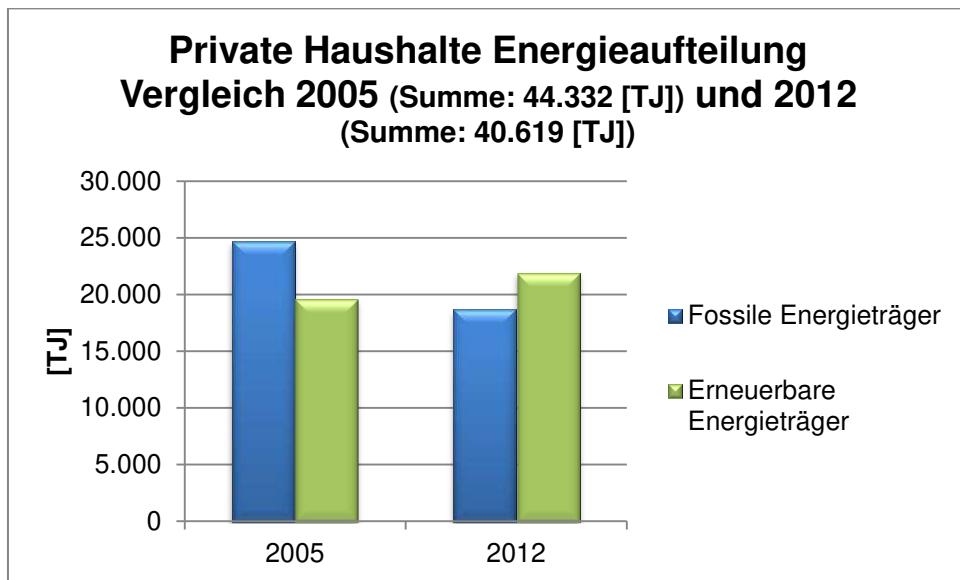


Abbildung 14: Vergleich Energieaufteilung für private Haushalte für 2005 und 2012
Quelle: Statistik Austria

Eine detailliertere Betrachtung der Energieträgerverteilung für private Haushalte ist in Abbildung 15 ersichtlich. Den Großteil der Energieversorgung übernehmen dabei Erdöl, Brennholz sowie Strom aus fossilen und erneuerbaren Energieträgern. Kohle und Erdgas spielen von den fossilen Energieträgern eine eher untergeordnete Rolle. Der Großteil der Fernwärme wird aus fossilen Energieträgern erzeugt. Fernwärme aus erneuerbaren Energieträgern sowie Umgebungswärme, also Geothermie, Solarenergie, Umgebungswärme und Reaktionswärme sowie biogene Brenn- und Treibstoffe spielen auch eine untergeordnete Rolle.

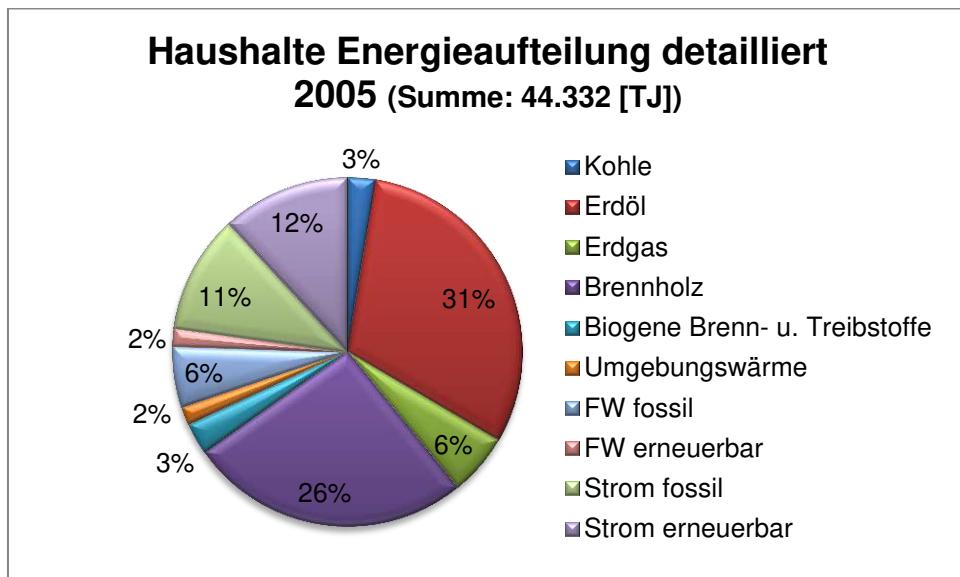
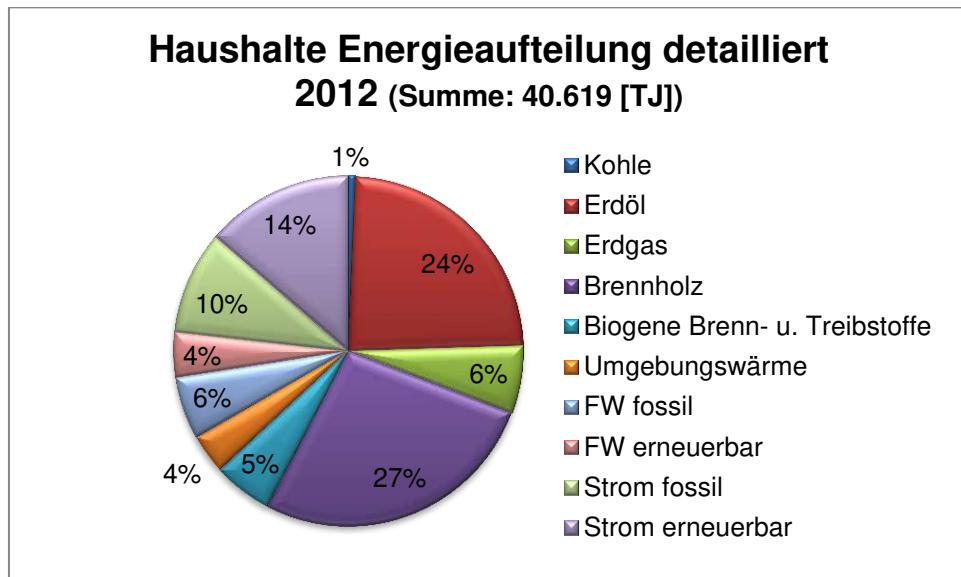


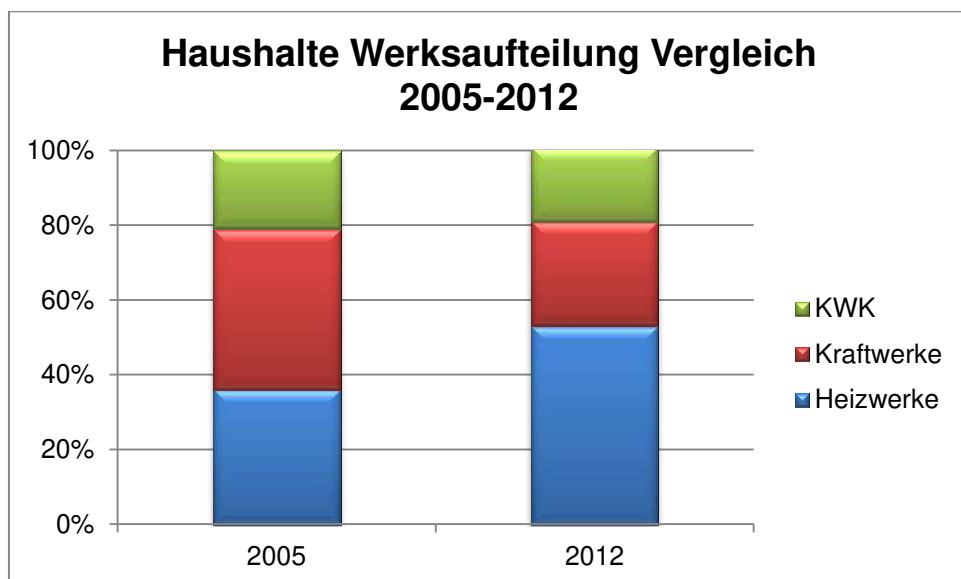
Abbildung 15: Detaillierte Energieaufteilung für private Haushalte 2005, Quelle: Statistik Austria

Im Gegensatz zum Jahr 2005 weist das Jahr 2012 neben einer Reduktion des Gesamtenergiebedarfs auch eine Reduktion fossiler Energieträgern auf (siehe [Abbildung 16](#)). Der Verbrauch von Erdgas sinkt auf 6 % und der von Kohle auf 1 %. Der Bedarf an Erdöl bleibt annähernd gleich. Eine vermehrte Verwendung von Brennholz, biogenen Brennstoffen, Umgebungswärme, Fernwärme und Strom aus erneuerbaren Energieträgern ist zu bemerken (Erhöhung um insgesamt 10%).



[Abbildung 16](#): Detaillierte Energieaufteilung für private Haushalte 2012, Quelle: Statistik Austria

In [Abbildung 17](#) ist die Werksaufteilung für die Energieerzeugung der Haushalte im Vergleich für die Jahre 2005 und 2012 dargestellt.



[Abbildung 17](#): Aufteilung der verschiedenen Werke für die Energieerzeugung für Haushalte 2005-2012, Quelle: Statistik Austria

Im Vergleich zum Jahr 2005 ist ein vermehrter Einsatz von Heizwerken zu verzeichnen. Kraftwerke und KWK-Anlagen wurden dagegen im Jahr 2012 weniger verwendet um den Energiebedarf zu decken. Gründe dafür dürften Energieeffizienz- und Energiesparmaßnahmen sein. Für die Reduktion der Verwendung von KWK-Anlagen dürften neben den oben genannten Gründen auch ökonomische Gründe des Kraftwerksbetriebs sein (Merit-Order, hohe Betriebskosten etc.).

Die Verwendung der einzelnen Werke sind in Abbildung 18 für das Jahr 2005 und in Abbildung 19 für das Jahr 2012 dargestellt. Die Energieaufteilung ist für Raumheizung und Warmwasserbereitung und für die Stromversorgung aufgeteilt. Der nicht-zuordnbare Teil entsteht in KWK-Anlagen und kann nicht eindeutig der Stromgestehung bzw. der Wärmeauskoppelung zugeordnet werden.

Im Jahr 2005 werden 40 % des gesamten Energieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasserbereitung verwendet. Dreiviertel davon werden bereits von erneuerbaren Energieträgern, wie z.B. Brennholz, Umgebungswärme und biogene Abfälle gedeckt. 47 % des Energiebedarfs ist dem Strom zuzuschreiben. Hier wird lediglich ein Viertel von erneuerbaren Energien (z.B. Wasserkraft, Wind etc.) abgedeckt.

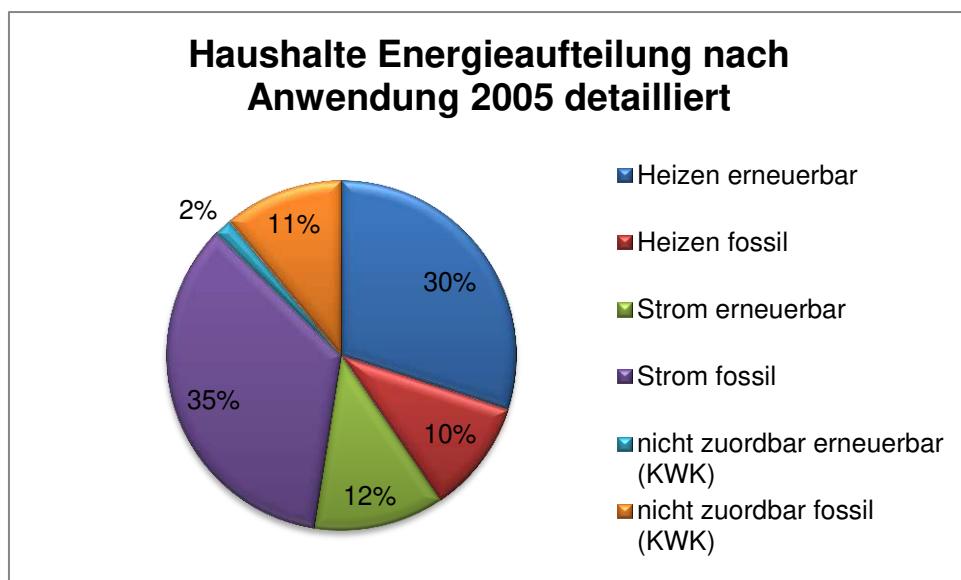


Abbildung 18: Energieaufteilung nach Anwendungen für Haushalte 2005, Quelle: Statistik Austria

Obwohl das Jahr 2012 eine Reduktion des gesamten Energieverbrauchs verzeichnen kann, stieg der Bedarf an Raumwärme und Warmwasserbereitstellung um 30 % an. Dadurch verdoppelte sich auch, durch fossile Energieträger bereitgestellte Menge an Energie. Die Menge an Erneuerbaren stieg jedoch vergleichsweise nur um 12 % an. Der Stromverbrauch konnte im Jahr 2012 um fast 40 % gesenkt werden. Gleichzeitig konnte auch die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern um mehr als 50 % gesenkt werden und die Stromerzeugung aus Erneuerbaren um etwa 8 % erhöht werden.

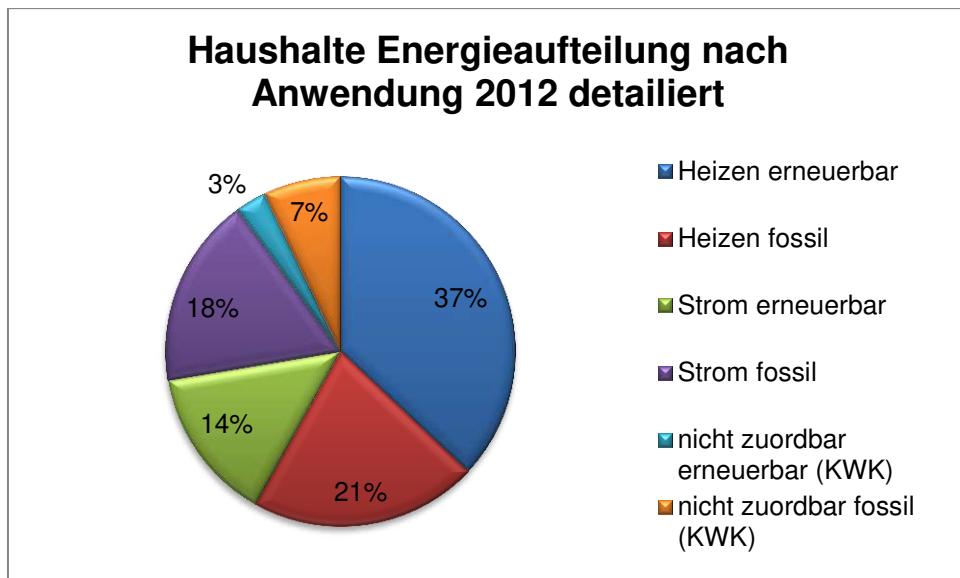


Abbildung 19: Energieaufteilung nach Anwendungen für Haushalte 2012, Quelle: Statistik Austria

Öffentliche und private Dienstleistungen

Ein Vergleich für die Energieaufteilung für öffentliche und private Dienstleistungen ist in Abbildung 20 abgebildet. Im Jahr 2005 wird mehr Dreiviertel des Energieverbrauchs durch fossile Energieträger abgedeckt. Im Vergleich zum Jahr 2005 kann für das Jahr 2012 eine Reduktion des Energiebedarfs verzeichnet werden (-22 %). Außerdem konnte der Verbrauch an fossilen Energieträgern um mehr als 40 % gesenkt werden. Die starke Reduktion des Gesamtenergiebedarfs und der Einsparung an fossilen Energieträgern, resultiert in einem hohen Anteil an Erneuerbaren Energieträgern. In Wirklichkeit kam es jedoch nur zu einer Erhöhung von 35 %.

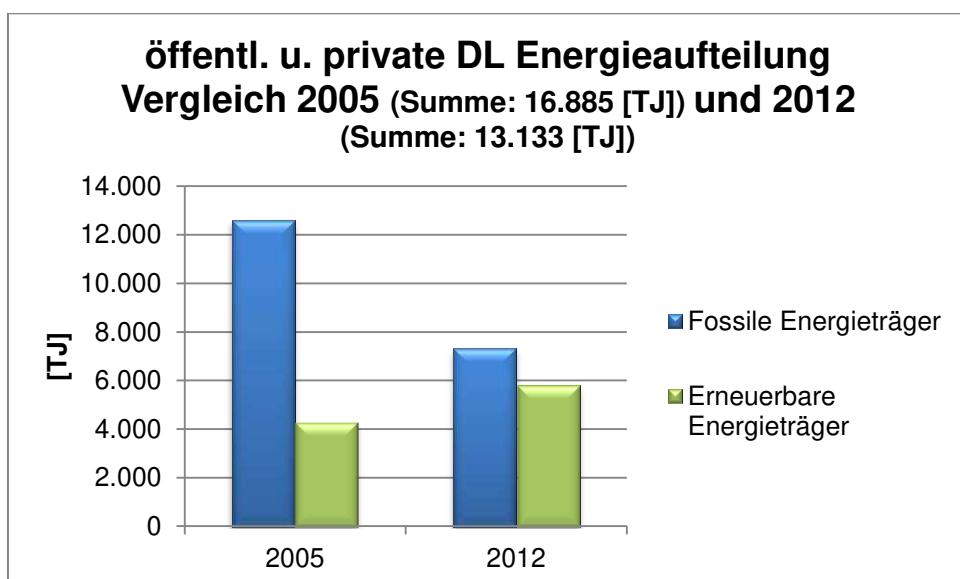


Abbildung 20: Vergleich Energieaufteilung für öffentl. u. private DL 2005 und 2012, Quelle: Statistik Austria

Eine detailliertere Betrachtung der Energieträgerverteilung für private und öffentliche Dienstleistungen für das Jahr 2005 ist in Abbildung 21 dargestellt. Der Großteil des

Energiebedarfs wird durch Erdgas, Erdöl und Strom aus fossilen Energieträgern gedeckt. Bei den regenerativen Energiequellen spielt vor allem Strom aus Erneuerbaren eine große Rolle.

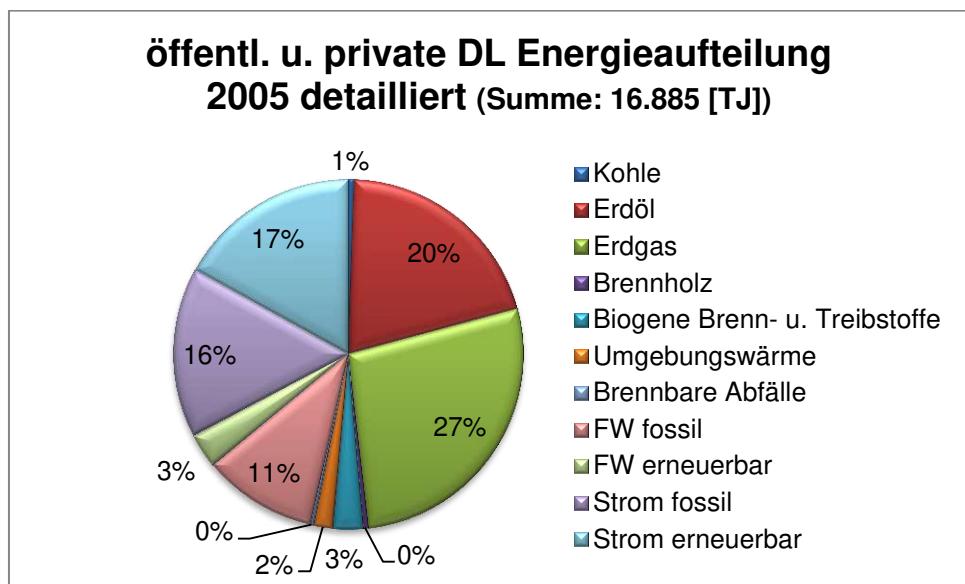


Abbildung 21: Detaillierte Energieaufteilung für öffentl. u. private DL 2005,
Quelle: Statistik Austria

In Abbildung 22 ist die detaillierte Energieaufteilung für das Jahr 2012 dargestellt. Der Verbrauch an fossilen Energieträgern wurde in Bezug auf Erdöl und Erdgas um zwei Drittel drastisch reduziert. Dafür wurde aber eine Zunahme bei Strom und Fernwärme aus fossilen Energieträgern verzeichnet. Bei den erneuerbaren Energieträgern kam es vor allem bei Strom und Fernwärme aus Erneuerbaren sowie bei der Nutzung von Umgebungswärme zu einem Zuwachs. Dies wurde unter anderem durch die Substitution von Einzelheizungen durch Fernwärmeanlagen bewirkt.

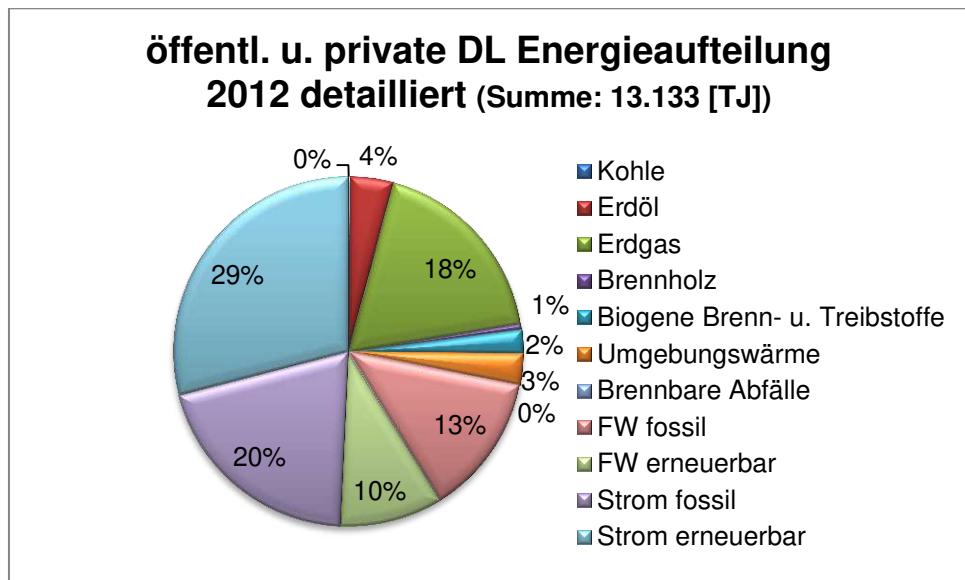


Abbildung 22: Detaillierte Energieaufteilung für öffentl. u. private DL 2012,
Quelle: Statistik Austria

In Abbildung 23 ist die Werksaufteilung für die Energieerzeugung der Dienstleistungen im Vergleich für die Jahre 2005 und 2012 dargestellt. Da im Jahr 2012 eine Reduktion des Gesamtenergiebedarfs verzeichnet wurde, kommt es prozentuell gesehen zu einem Anstieg der Verwendung von Heizwerken und Kraftwerken. In Wirklichkeit kommt es jedoch zu einer leichten Reduktion der Verwendung von Heiz- und Kraftwerken und einer starken Reduktion bei dem Einsatz von KWK-Anlagen. Die Gründe dafür dürften ähnlich wie bei den Haushalten sein.

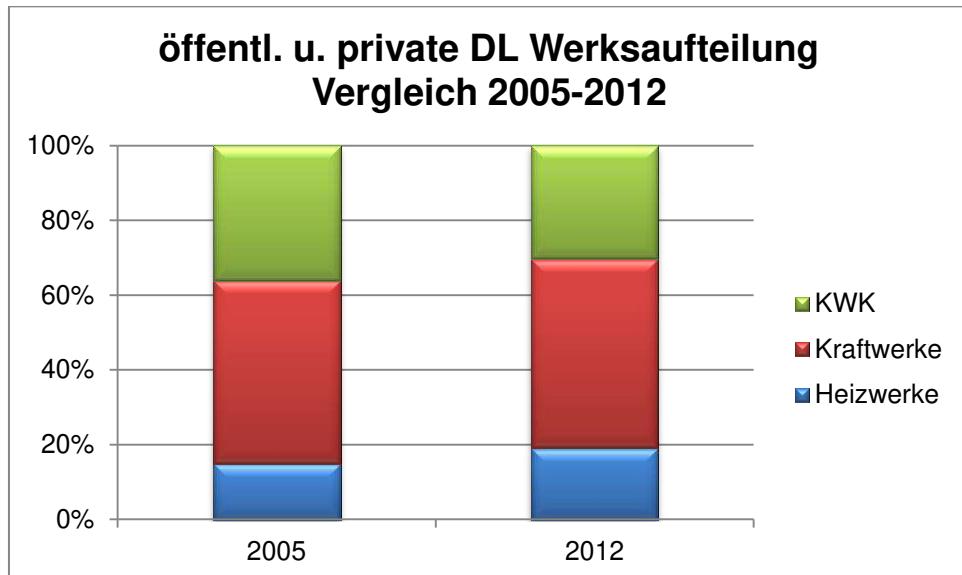


Abbildung 23: Aufteilung der verschiedenen Werke für die Energieerzeugung für öffentl. u. private DL 2005-2012, Quelle: Statistik Austria

Die Verwendung der einzelnen Werke sind in Abbildung 24 für das Jahr 2005 und in Abbildung 25 für das Jahr 2012 dargestellt.

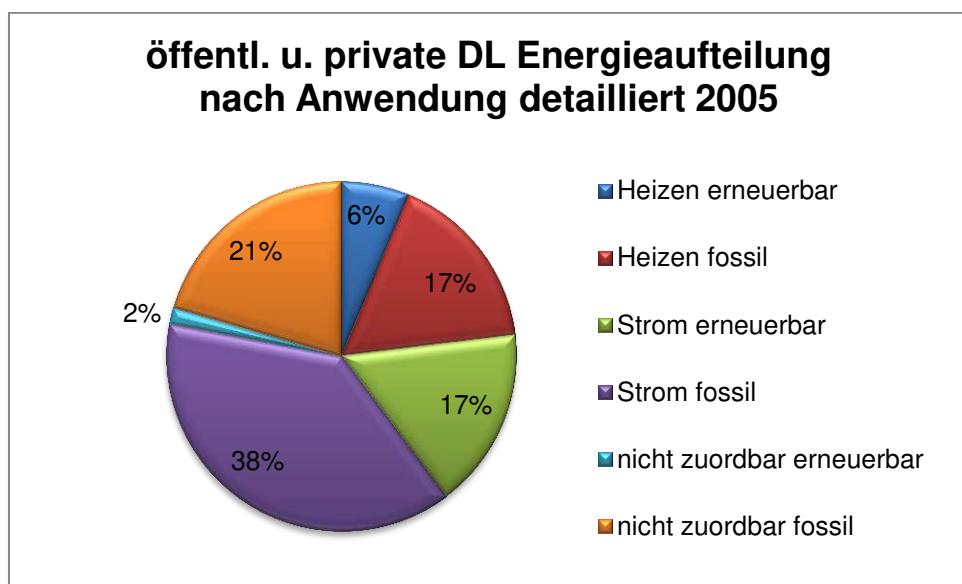


Abbildung 24: Energieaufteilung nach Anwendungen für öffentl. u. private DL 2005, Quelle: Statistik Austria

Die Energieaufteilung ist für Raumheizung und Warmwasserbereitung und für die Stromversorgung aufgeteilt. Der nicht-zuordenbare Teil entsteht in KWK-Anlagen und kann nicht eindeutig der Stromgestehung bzw. der Wärmeauskoppelung zugeordnet werden.

Etwa ein Viertel der benötigten Energie wird fürs Heizen und für die Warmwasserbereitung verwendet, wobei der Großteil davon aus fossilen Energieträgern erzeugt wird. Mehr als die Hälfte der eingesetzten Energie wird als Strom genutzt. Auch hier wird der Strom zum größten Teil aus fossilen Energieträgern erzeugt.

Im Vergleich zum Jahr 2005 ist im Jahr 2012 ein Zuwachs Raumwärme und Warmwasser zu erkennen. Dieser Zuwachs wurde vor allem durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger kompensiert. Beim Bedarf an Strom kam es zu einer leichten Reduktion und zu einer Verschiebung der Abdeckung von fossilen auf erneuerbare Energieträger.

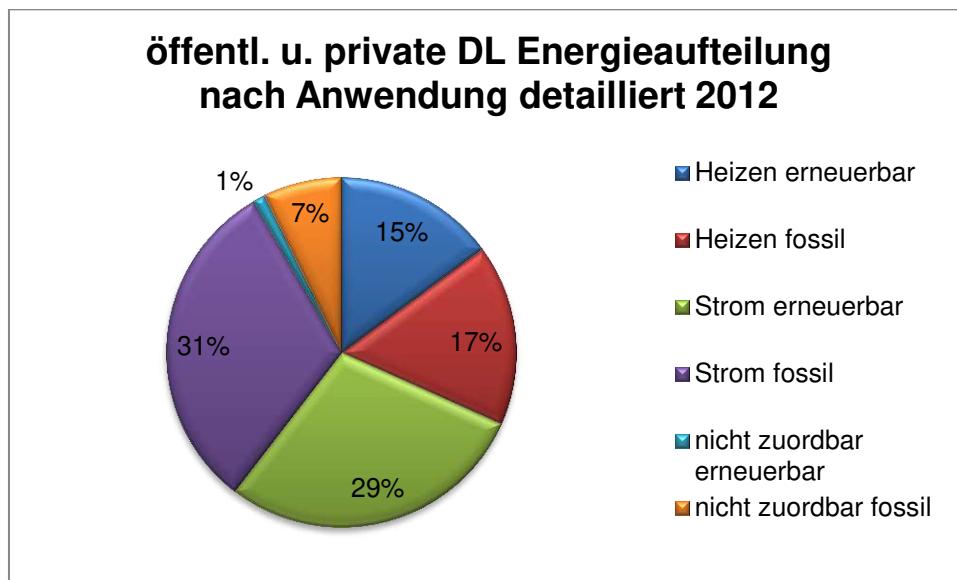


Abbildung 25: Energieaufteilung nach Anwendungen für öffentl. u. private DL 2012,
Quelle: Statistik Austria

Verkehr

Zum Bereich Verkehr gehören die Bereiche Eisenbahn, sonstiger Landverkehr, Transport in Rohrfernleitungen und Flugverkehr dazu.

Im Jahr 2005 wurden 97 % des gesamten Energiebedarfs durch fossile Energieträger gedeckt (siehe Abbildung 26). Im Vergleichsjahr 2012 konnte nicht nur der Energieverbrauch um 9 % gesenkt werden sondern auch der Anteil der erneuerbaren Energieträger erhöht werden (+180 %).

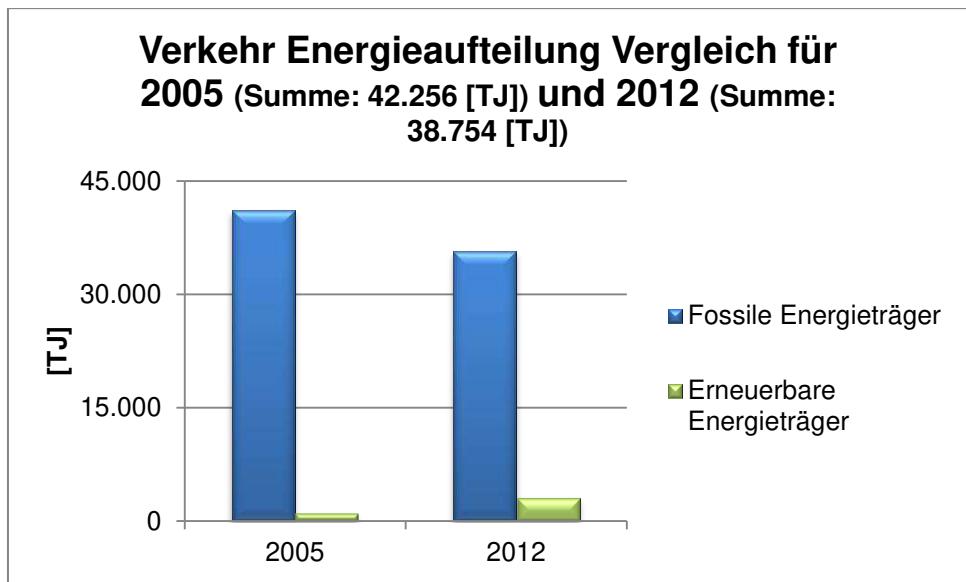


Abbildung 26: Vergleich Energieaufteilung für Verkehr 2005 und 2012,
Quelle: Statistik Austria

Eine detaillierte Energieaufteilung ist für das Jahr 2005 in Abbildung 27 und für das Jahr 2012 in Abbildung 28 ersichtlich. In beiden Jahren ist Erdöl der dominante Energieträger, wobei für das Jahr 2012 eine leichte Abnahme zu verzeichnen ist. Kohle spielt beinahe keine Rolle mehr für die Energieversorgung im Verkehrsbereich. Von den erneuerbaren Energieträgern spielen nur biogene Brenn- und Treibstoffe sowie Strom aus erneuerbaren Energieträgern eine Rolle.

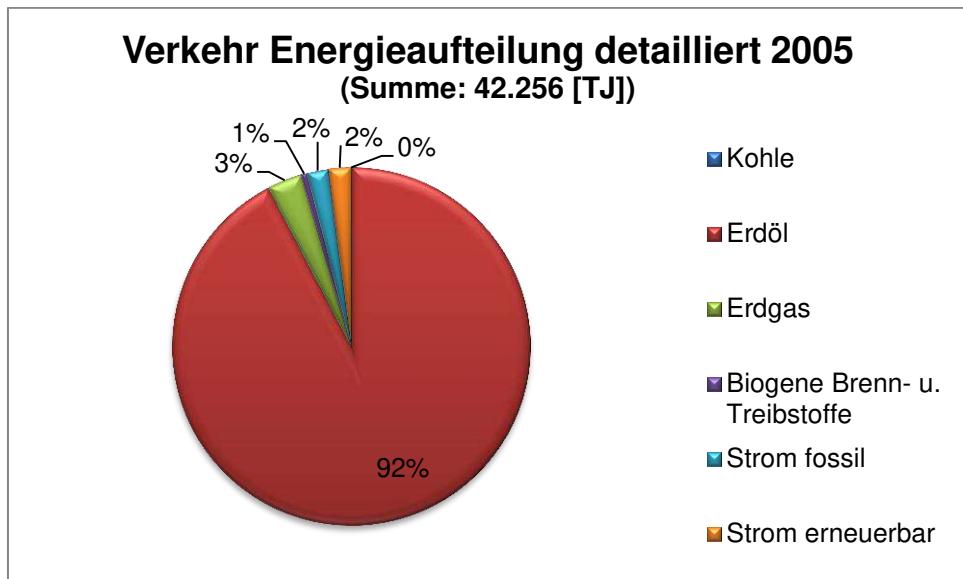


Abbildung 27: detaillierte Energieaufteilung für Verkehr 2005, Quelle: Statistik Austria

Für das Jahr 2012 kann ein deutlicher Zuwachs im Bereich der biogenen Brenn- und Treibstoffe verzeichnet werden. Zusätzlich konnte auch der Anteil an Strom aus Erneuerbaren erhöht werden.

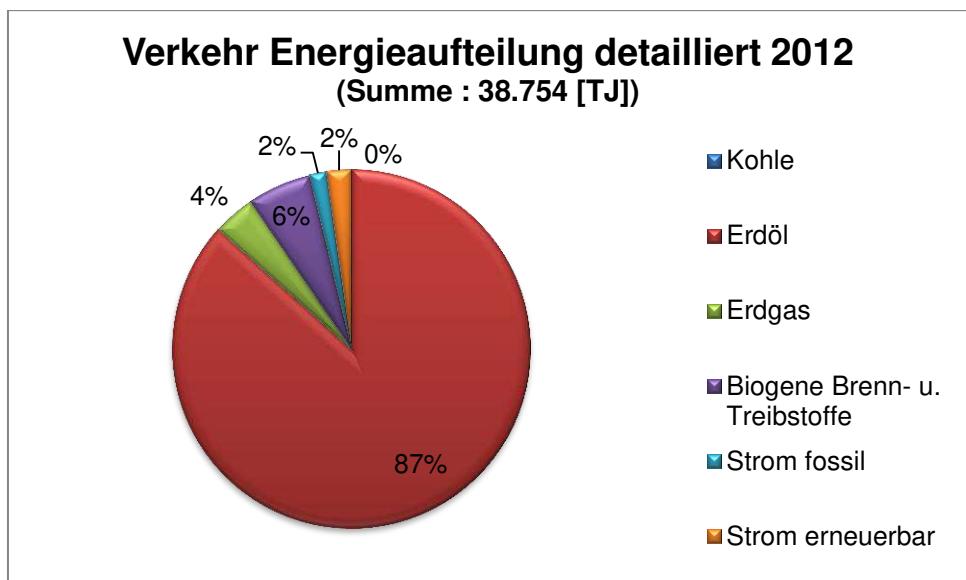


Abbildung 28: detaillierte Energieaufteilung für Verkehr 2012, Quelle: Statistik Austria

Importe/Exporte/Eigenerzeugung

Die Energiebilanzen sind auf Basis des Bruttoinlandsverbrauchs, der Importe und Exporte sowie der inländischen Erzeugung von Rohenergie erstellt.

Für das Jahr 2005, in Abbildung 29 dargestellt, werden fast 80 % des gesamten Bruttoinlandsverbrauchs durch Importe abgedeckt. Nur etwa ein Viertel der gesamten benötigten Energie wird auch in der Steiermark erzeugt. 7 % der inländisch erzeugten Energie wird exportiert.

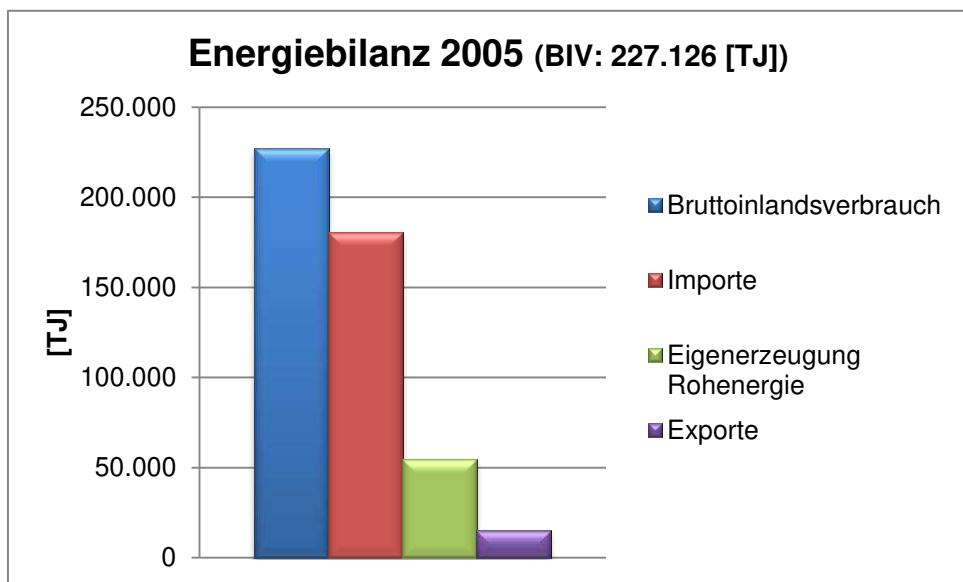


Abbildung 29: Energiebilanz für das Jahr 2005, Quelle: Statistik Austria

In Abbildung 30 ist die Energiebilanz für das Jahr 2012 abgebildet. Für das Jahr 2012 kann eine Reduktion des Bruttoinlandsverbrauchs um 10 % verzeichnet werden. Anteilmäßig an der Energiebilanz für das Jahr 2012 steigen die Importe relativ, absolut gesehen sinken jedoch die Importe ebenfalls. Für die inländische Erzeugung an Rohenergie kann ein Zuwachs von 6 %, vor allem bei den Energieträgern Wasserkraft, Umgebungswärme, Wind

und Photovoltaik, verzeichnet werden. Der Anteil der Exporte stieg ebenfalls um 30 %. Besonders der Export von Strom und Erneuerbaren trug dazu maßgeblich bei.

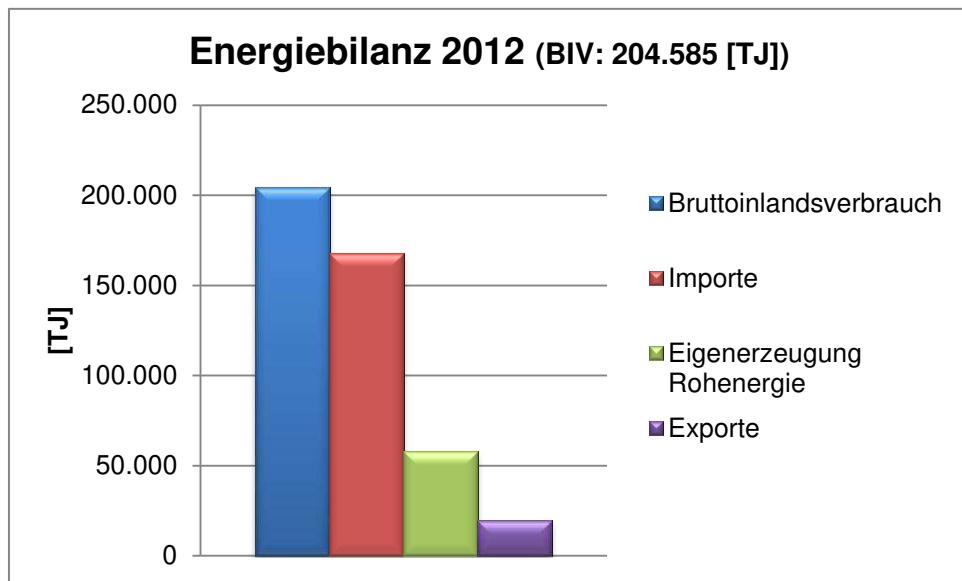


Abbildung 30: Energiebilanz für das Jahr 2012, Quelle: Statistik Austria

Struktur der Energieversorgung – Strom

Für die Stromversorgung bzw. die elektrischen Netze in der Steiermark sind der Landesenergiedienstleister bzw. die Energie Steiermark AG, der den Großteil der Stromversorgung übernimmt, zuständig. Der überregional agierende Verbundkonzern betreibt über seine Tochterunternehmen VTH und VHP Kraftwerke in der Steiermark. An diesen Kraftwerken ist die Energie Steiermark AG teilweise beteiligt. Weiters betreibt die Verbundtochter APG bundesweit bzw. in der Regelzone OST das übergeordnete Netz mit einer Höchstspannung von 220/380 kV.

Hier ist durch das „Unbundling“ seit der Liberalisierung am Energiemarkt zwischen den unterschiedlichen Markttrollen zu unterscheiden: Energieerzeugung, Netzbetrieb (Verteiler) und Energielieferant (Händler) sind organisatorisch getrennt und in eigene Gesellschaften gegliedert. Dazu bedienen sich die Konzerne eigener Tochterfirmen auch mit wechselseitigen Beteiligungen. Zusätzlich gibt es noch lokale Energiedienstleister (zahlreiche Stadtwerke), die vor Ort die Dienstleistungen des Netzbetriebes und der Energielieferung für die Bevölkerung bereitstellen, und auch Kraftwerke betreiben.

Landesenergieversorgung

Energie Steiermark – Energienetze Steiermark GmbH (<http://www.e-netze.at/>)

Den Großteil der Energieversorgung im Bundesland Steiermark übernimmt die Firma Energie Steiermark AG über die Tochter Energienetze Steiermark GmbH. Die Energie Steiermark AG ist das viertgrößte Energieunternehmen Österreichs mit den Kerngeschäftsfeldern Strom, Erdgas und Fernwärme. Mehrheitseigentümer der Energie Steiermark ist das Land Steiermark (Anteil: 75 % minus 1 Aktie). Der französische Energiekonzern Electricité de France (EdF) hält 25 % plus eine Aktie. Energie Steiermark ist für mehr als 600.000 Kunden – Unternehmen, Gemeinden, Groß- und Privatkunden – im In- und Ausland zuständig. Auf in- und ausländischen Märkten verkauft die Energie Steiermark mehr als 25.000 GWh Strom, 15.600 GWh Erdgas und 2.200 GWh Fernwärme pro Jahr.

Die Energie Steiermark-Tochter Energienetze Steiermark GmbH betreibt ein 24.700 Kilometer langes Stromnetz im Hoch-, Mittel- und Niederspannungsbereich sowie das Erdgasnetz. In Abbildung 31 ist das Betriebsgebiet der Stromnetz Steiermark abgebildet. Es umfasst das 10-, 20-, 30- und 110 kV Netz.

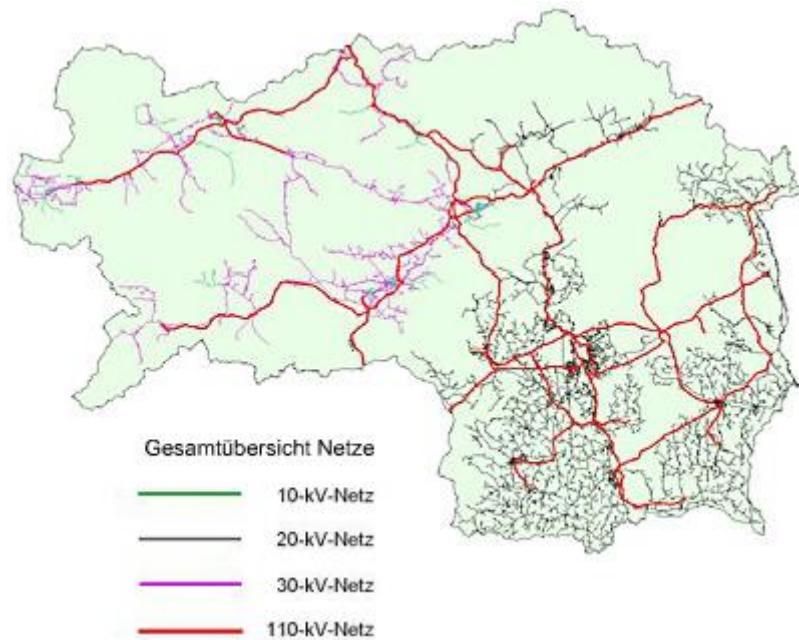


Abbildung 31: Betriebsgebiet der Energienetze Steiermark GmbH

In Abbildung 32 ist das Netzgebiet in der Steiermark dargestellt. Unterschieden wird zwischen dem Stromnetz der Energienetze Steiermark GmbH, dem Stromnetz beteiligter Unternehmen und dem Fremdstromnetz. Gut drei Viertel des Stromnetzes befinden sich in der Hand der Energienetze Steiermark GmbH.

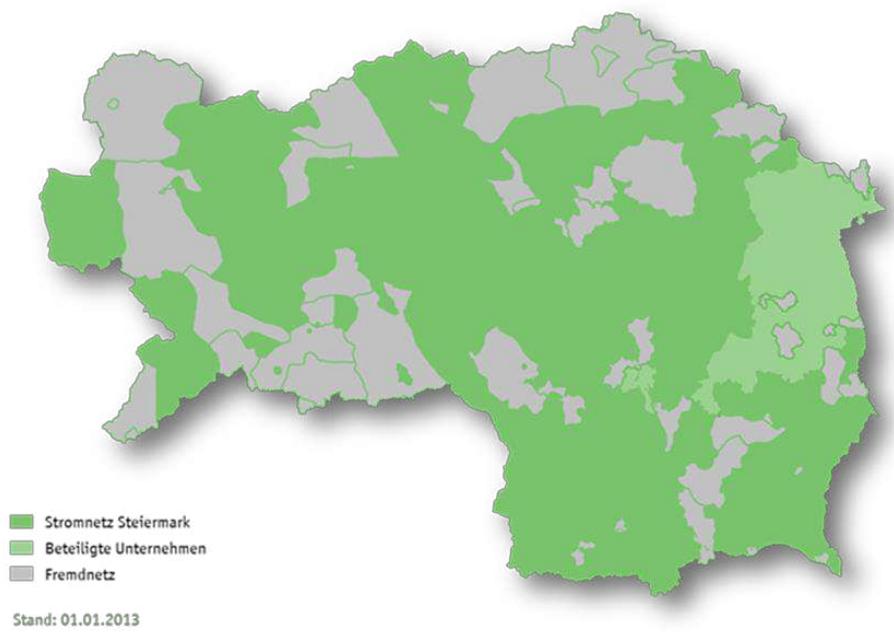
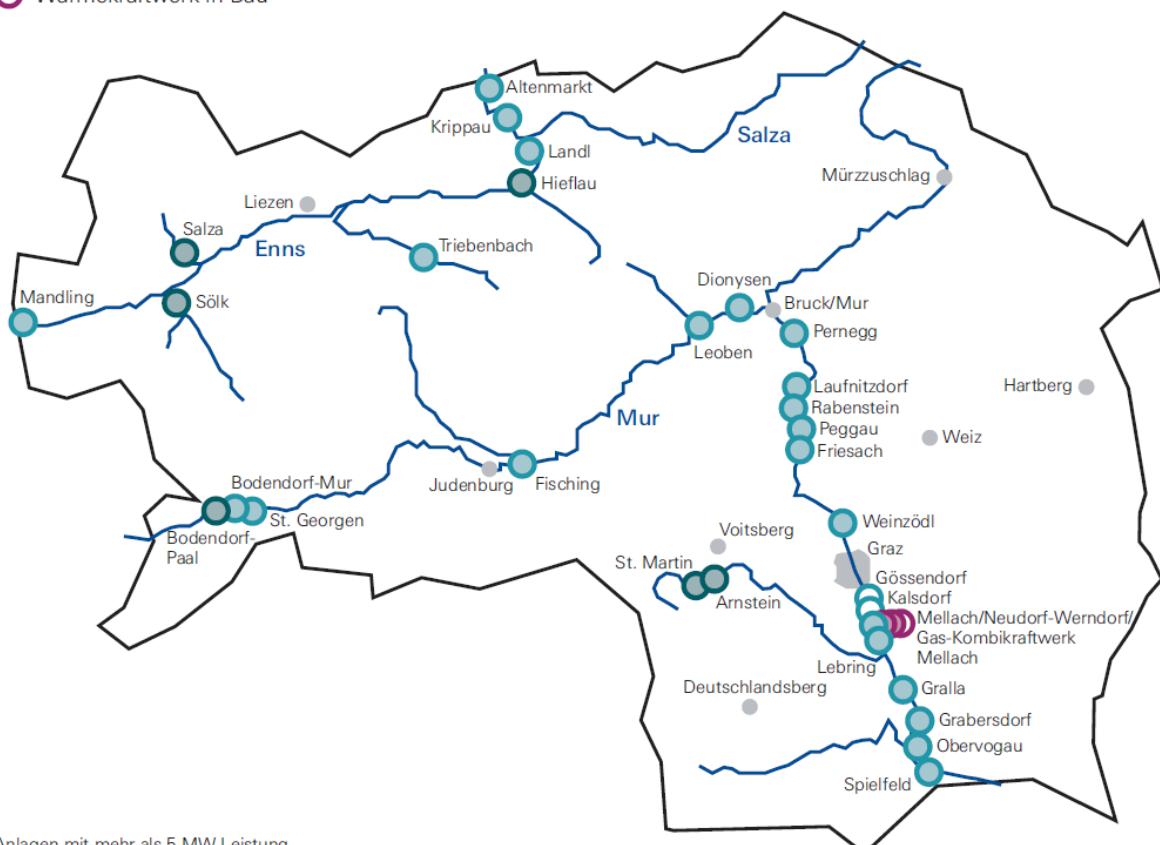


Abbildung 32: Netzgebiet in der Steiermark

Bundesweiter Energiedinsteiler VERBUND AG

Die Verbund AG betreibt in der Steiermark insgesamt 49 Kraftwerke (siehe [Abbildung 33](#)), darunter 38 Laufkraftwerke, 7 Speicherkraftwerke, 3 Wärmekraftwerke und eine Windkraftanlage. Insgesamt haben die Kraftwerke eine Leistung von 1.915 MW und eine Jahreserzeugung von 3.001 GWh. Die Wasserkraftwerke befinden sich entlang folgender Flüsse: Enns (5), Erzbach (2), Großsölkbach, Mandling, Mur (24), Packbach, Pöls, Ramsaubach, Salza, Schwarze Sulm, Sulm, Talbach, Teigitsch (3), Triebenbach und Vordernbergbach.

- Laufkraftwerk
- Laufkraftwerk in Bau
- Speicherkraftwerk
- Wärmekraftwerk
- Wärmekraftwerk in Bau



[Abbildung 33: Verbund Kraftwerke in der Steiermark](#)

Stadtwerke

Stadt- und Gemeindewerke, manchmal zusammengefasst unter dem Oberbegriff Kommunalwerke, sind kommunale Unternehmen, d. h. öffentliche oder gemischtwirtschaftliche Unternehmen im mehrheitlichen Besitz einer oder mehrerer Kommunen, die im öffentlichen Auftrag technische Dienstleistungen und Versorgungsleistungen, insbesondere im Bereich der Grundversorgung und der Daseinsvorsorge der Bevölkerung, erbringen oder kommunale Infrastruktur bereitstellen.

Die Stadtwerke in der Steiermark sind:

- Holding Graz
- Stadtwerke Bruck

- Stadtwerke Fürstenfeld
- Stadtwerke Gleisdorf
- Stadtwerke Hartberg
- Stadtwerke Judenburg
- Stadtwerke Kapfenberg
- Stadtwerke Köflach
- Stadtwerke Leoben
- Stadtwerke Murauer
- Stadtwerke Mürzzuschlag
- Stadtwerke Radkersburg
- Stadtwerke Rottenmann
- Stadtwerke Trofaiach
- Stadtwerke Voitsberg

Typische Leistungen von Stadtwerken sind u. a.:

- Energieversorgung: Stromversorgung, Betrieb von Verteilnetzen, teilweise auch von Kraftwerken
- Gasversorgung: Betrieb von Verteilnetzen
- Fernwärmeverversorgung: Betrieb von Verteilnetzen und Heizwerke
- Wasserwirtschaft: Wasserversorgung, Betrieb von Verteilnetzen, Speichern und Wasserwerken
- Abwasserentsorgung: Betrieb von Sammelnetzen und Kläranlagen
- Regenwassersammlung und –rückhaltung
- Gewässerregulierung: Betrieb von Stau- und Hochwasserschutzanlagen, Uferbefestigungen, Brücken, Stege
- Telekommunikation: Betrieb von Kabelnetzen für Telefon, Kabelfernsehen, Internet, ...
- Entsorgung: Abfallentsorgung, Müllabfuhr und ggf. Betrieb von Sammelstellen, Sortier- und Recyclinganlagen, Deponien oder Verbrennungsanlagen
- Straßenreinigung: Straßenmeisterei: Straßenreinigung, Winterdienst
- Aufbau, Pflege und Unterhalt kommunaler Infrastruktureinrichtungen
- Transport- und Verkehrsinfrastruktur
- Öffentlicher Verkehr
- Straßenbeleuchtung, -beschilderung und -sicherung, Ampelanlagen
- Parkhäuser und –plätze
- Öffentliche Gebäude und Anlagen für Bildung, Kultur, Sport und soziale Dienste: Schwimmbäder, Grünanlagen, Spielplätze, Grillplätze, Kleingartenanlagen, Markt- und Festplätze, Friedhöfe, Trauerhallen, Krematorien sowie Bestattung, Sporthallen

und -plätze, Mehrzweckhallen, Schulen, Kindergärten, Jugend- und Veranstaltungszentren, Bürgerhäuser, Bibliotheken, Theater, Museen, Krankenhäuser, Pflegeheime, Wohnheime, Zivil- und Katastrophenschutzeinrichtungen, Feuer- und Rettungswachen, kommunale Verwaltungsgebäude, Dienstwohnungen

In der folgenden Abbildung 34 wird der Anteil erneuerbarer Energieträger in der Steiermark, im Vergleich zu den anderen Bundesländern, des Bundes und der EU wiedergegeben. Darin ist zu erkennen, dass die Steiermark im Vergleich zu den anderen Bundesländern und damit auch im Österreich-Durchschnitt deutlich hinterherhinkt. Einerseits kann man anmerken, dass die Steiermark über eine ausgeprägte Schwerindustrie mit dementsprechend hohen fossilen Energieverbräuchen und kalorischen Kraftwerken verfügt, andererseits sollten die verfügbaren Potentiale und Ressourcen, sowie das knowhow steirischer Firmen, Institutionen und Forschungspartner auch Auftrag zur Hebung des Anteiles an erneuerbaren Energieträgern sein.

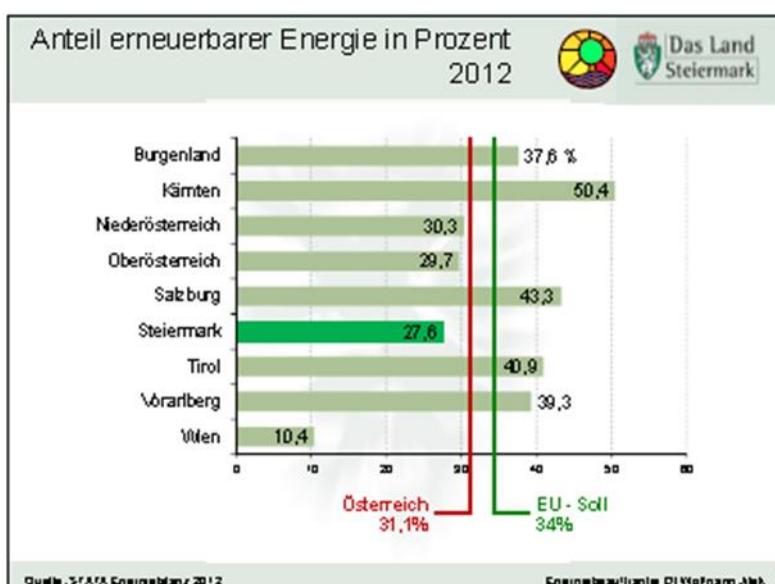


Abbildung 34: Anteil erneuerbarer Energie in der Steiermark im Vergleich, 2012

Struktur der Energieversorgung – Wärme

Wie man in den oberen Abschnitten erkennen kann, wird zu mindest in privaten Haushalten, die meiste Energie für die Raumwärme und die Warmwasserbereitstellung verwendet. Die Wärmeversorgung kann nun dezentral (privat) durch Holz, Solarthermie, Geothermie und Heizöl erfolgen. Als zentrale Varianten stehen jedoch auch Fernwärmennetze, Gasnetze sowie Biomassenahewärmennetze zur Verfügung.

Fernwärme

Die Bereitstellung der Fernwärme erfolgt durch Heizwerke (Energieträger: Kohle, Erdöl, Erdgas, Biomasse und biogene Abfälle, Geothermie), Auskoppelung der Wärme aus KWK-Anlagen und durch die Nutzung der Abwärme von Industrieanlagen. Durch einen Fernwärmemanschuss werden die Kunden direkt mit erwärmten Wasser (rund 90 °C) versorgt und können es direkt zum Heizen oder Warmwasserbereitung nutzen.

In der Steiermark sind insgesamt 136 Fernwärmenetze in Betrieb. In Abbildung 35 ist die Anzahl der Fernwärmenetze der Steiermark pro Bezirk abgebildet. Einige Städte darunter z.B. Judenburg, Leoben und Graz besitzen mehr als ein Fernwärmennetz. Fernwärmennetze sind vor allem in Ballungsgebieten anzutreffen, da die dort vorhandene Wärmedichte am wirtschaftlichsten ist. Im ländlichen Raum dominieren Nahwärme- und Mikronetze auf Basis von Biomasse. Zur Nomenklatur sei angemerkt, dass es keine klare Definition für Fernwärme und Nahwärme gibt, die Begriffe werden wahlweise verwendet und meinen im Prinzip dasselbe. Mikronetze sind kleine Gruppen von bis zu 5 Objekten, welche über eine Heizzentral versorgt werden.

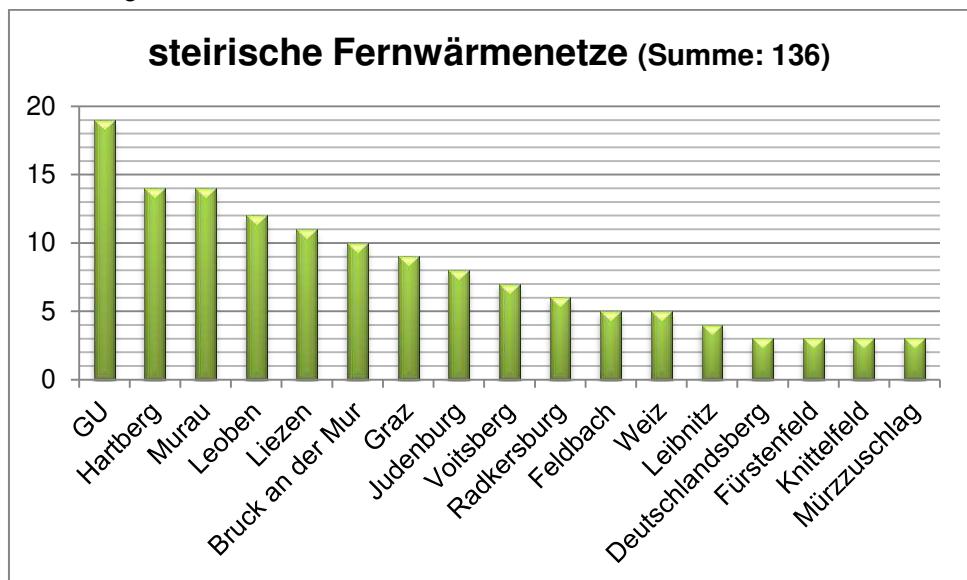


Abbildung 35: Anzahl der Nah-/Fernwärmennetze in den Bezirken der Steiermark, Quelle: <https://www.e-steiermark.com/waerme/fernwaerme/preise/Default.aspx>

Biomasse-Nahwärmennetze

Unter den Begriff Nahwärmennetze fallen dezentrale Wärmennetze, während als Fernwärmennetze meist größere Netze bezeichnet werden, die meist große Transportleitungen beinhalten, der Übergang in der Definition ist fließend. Technisch ist diese Unterscheidung allerdings nicht von großer Bedeutung. Die grundlegende Funktionsweise ist für beide Typen von Wärmennetzen die gleiche. Auch gibt es keine weltweit einheitliche Definition bis zu welcher Leitungslänge man von Nahwärme spricht, und ab welcher Länge von Fernwärme. Im Gegensatz zur Fernwärme wird die Wärme in diesem Fall in Heizwerken erzeugt, die hauptsächlich Biomasse als Energieträger verwenden. In vielen Heizwerken kommen zur Spitzenlastabdeckung und auch als Ausfallsreserve fossil gefeuerte Anlagen zum Einsatz, wobei der jährliche Einsatz von Öl oder Gas in der Regel deutlich unter 5 % liegt.

In Abbildung 36 sind die Biomasse-Nahwärmennetze (210), die Biomasse-Mikronetze (91) sowie die Biomasse Objektversorgungen (114) dargestellt.

BIOMASSE - WÄRMENETZE in der Steiermark

Gesamtleistung: ca. 383 MW
Berücksichtigt wurden nur Anlagen mit über 80 kW

Stand: März 2008

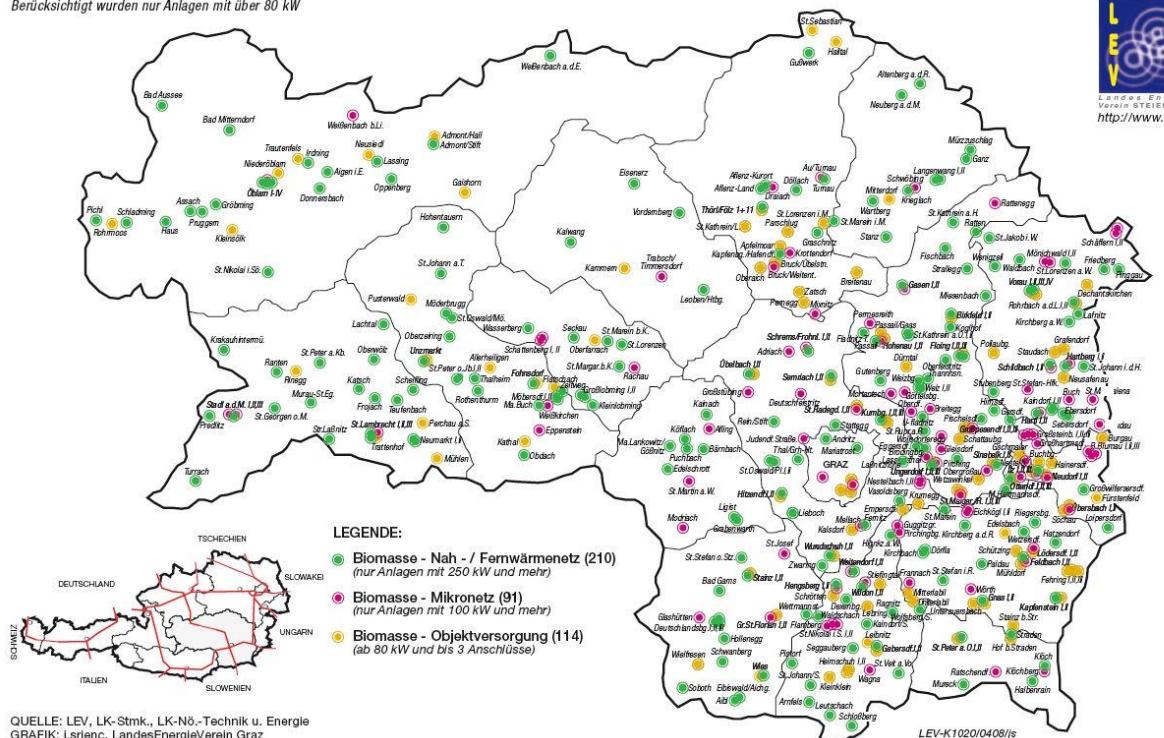


Abbildung 36: Biomasse-Wärmenetze in der Steiermark (Stand 2008, eine Neuauflage ist derzeit in Bearbeitung aber noch nicht publiziert)

Erdgas

Durch die Steiermark führen neben den Leitungen für die Ortversorgung auch die Trans-Austria-Gasleitung und die Süd-Ost-Leitung wie in Abbildung 37 ersichtlich.

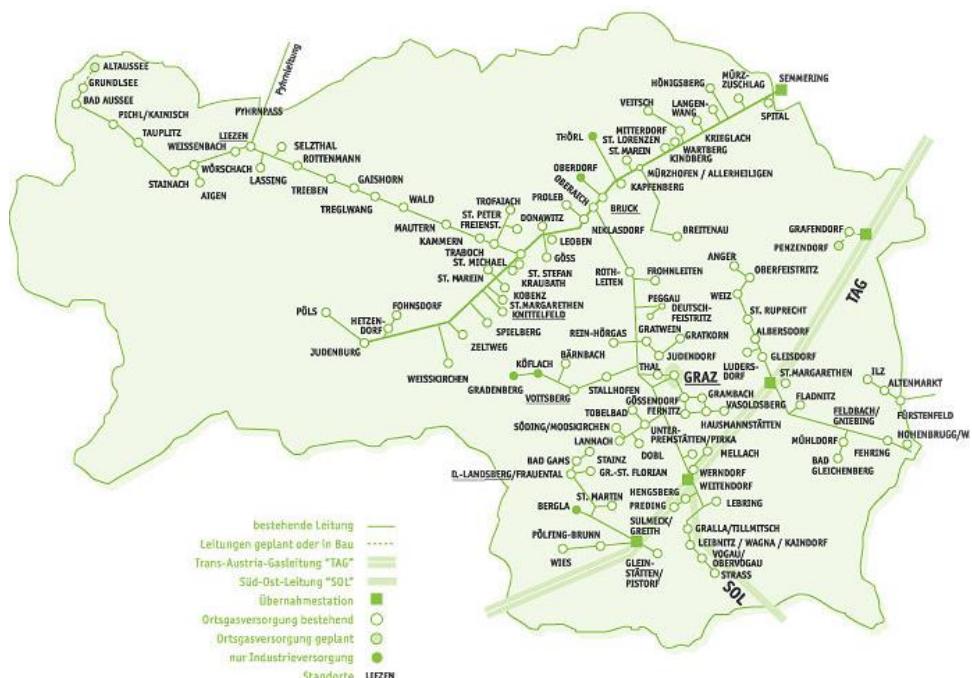


Abbildung 37: steirische Erdgasleitungsnetz

Über ein rund 3.500 Kilometer langes Leitungsnetz der Energienetze Steiermark GmbH wird nahezu die gesamte heimische Industrie sowie rund 61.000 Haushalte und Gewerbebetriebe direkt bzw. indirekt über die Energie Graz, die Stadtwerke Kapfenberg und Leoben mit Erdgas versorgt.

2.3 Relevante Akteure und verfügbares Know-how inkl. Stärkefelder

Green Tech Cluster „ECO WORLD STYRIA“

Das Green Tech Valley ist ein globaler Hub für grüne Innovationen und liegt in der Steiermark, im Süden Österreichs. Hier befindet sich im Umkreis einer Stunde Fahrzeit mehr globale Umwelt-Technologieführer als irgendwo sonst auf der Welt.

Innerhalb des Clusters ECO WORLD STYRIA arbeiten rund 170 Unternehmen und Forschungseinrichtungen an den Spitzentechnologien in den Bereichen Biomasse-, Solar- und Recycling, die von hier aus die Weltmärkte erobern. Dazu initiiert ECO neue Forschungsprojekte (z.B. EIT, Forschungsverbund Green Tech, konkrete Produktentwicklungen), forciert technologische Innovationsprojekte (z.B. Landfill Mining, Smart City und Automotive Recycling) und verstärkt den internationalen Einsatz dieser Innovationen (z.B. Aufträge für Unternehmen in China und USA).

Bis 2015 werden so 20 globale Technologieführer mit 20.000 Umwelttechnik-Arbeitsplätzen angestrebt und aus heutiger Sicht erreicht bzw. übertroffen. Im Schnitt haben die Unternehmen seit der Cluster-Gründung im Jahr 2005 über 1.000 Arbeitsplätze pro Jahr geschaffen und sind mit durchschnittlich 16,4 % beim Umsatz nahezu doppelt so schnell wie die Weltmärkte gewachsen.

Mit einer Forschungsquote von 4,6 % liegt diese deutlich über dem EU-Lissabon Ziel 2010 von 3 %. Zusätzlich haben 5 Universitäten und führende Forschungszentren für Energie- und Umwelttechnik ihren Sitz in der Steiermark. Bereits jetzt werden 25 % des energetischen Endverbrauchs durch erneuerbare Energie gedeckt, wieder deutlich über dem EU-Ziel von 2020. Außerdem zeichnet sich die Steiermark als 4-fache Pionierregion (Biomasse, Solarenergie, Stoffstrom-Management, Wasserkraft) aus.

Technologien und Dienstleistungen aus dem Green Tech Valley sind auf allen Kontinenten nachgefragt. Mit ihren innovativen Produkten, dem Know How im internationalen Management, Verlässlichkeit und nicht zuletzt einem großen Plus im Aufbau interkultureller Beziehungen zählen die Unternehmen aus dem Green Tech Valley zu Österreichs Exportweltmeistern.

Vision „The World's Green Tech Valley“

Steirische Unternehmen sind bereits heute internationale Technologie- und Marktführer in den Bereichen Energie- und Umwelttechnik. Um diese Position zu stärken und auszubauen, unterstützt ECO WORLD STYRIA die Unternehmen und den Standort Steiermark mit Basisleistungen und Projekten mit strategischen Hebeln entlang der Wachstumstreiber Innovation, Know-how und Neue Märkte.

Mission

ECO ist die Trägerorganisation der wirtschaftspolitischen Initiative im Bereich der Energie- und Umwelttechnik des Landes Steiermark. Mit 170 Mitgliedern im Jahr 2013 zielt ECO WORLD STYRIA in den Stärkefeldern Biomasse, Sonnenenergie, Stoffstrom und Wasser/Abwasser auf „E-C-O 20-20-20“:

- E („Employment“): Erhöhung der in steirischen Umwelttechnik-Unternehmen Beschäftigten auf 20.000 bis 2015

- C („Competence“): Verdoppelung der Anzahl steirischer Technologieführer auf 20 bis 2015
- O ("On top"): Erhöhung der internationalen Präsenzen in Medien und Messen auf rund 20 pro Jahr bis 2015

Organisation

Die ECO WORLD STYRIA Umwelttechnik Cluster GmbH steht im Eigentum der Steirischen Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH (SFG), des Landes Steiermark, Abteilung 14 – Referat Abfallwirtschaft u. Nachhaltigkeit, der Stadt Graz, Abteilung für Wirtschafts- und Tourismusentwicklung, der Binder+Co AG, der e² group umweltengineering GmbH, der FIBAG Forschungszentrum für integrales Bauwesen AG sowie der KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH. Die Finanzierung erfolgt durch Beiträge der Mitglieder, Projekteinnahmen sowie Förderungen der Eigentümer und der Europäischen Union im Rahmen des EFRE-Programmes.

Stärkefelder:

- Biomasse, Biogas, Biodiesel

Die Steiermark zählt zu einem der waldreichsten Regionen Europas. Dadurch ist die Grundlage für die jahrzehntelange Erfahrung in der Verarbeitung biogener Rohstoffe und die Umwandlung von Biomasse zu Wärme, Strom und Biogas im industriellen und gewerblichen Bereich ebenso wie Biodieseltechnologien der zweiten Generation auf Basis von Abfällen gegeben.

- Sonnenenergie

Seit den 1970-er Jahren entwickeln steirische Unternehmen intelligente Lösungen zur Nutzung solarer Energie. Steirische Spitzentechnologien für solare Prozesswärme, solare Heizwärme und solare Kühlung finden weltweit ihren Einsatz.

- Stoffstrom-Management

Mit über 70 % hat Österreich die mit Abstand höchste Recyclingquote im Vergleich zu anderen Industrienationen und setzt in den Bereichen Logistik, Abfallaufbereitung, höchstqualitative Sortierung von Glas internationale Standards.

- Wasser und Abwasser

Wasser als Lebensquelle hat aufgrund der alpinen Lage seit jeher große Bedeutung für die Steiermark. Dadurch entwickelten sich Weltmarktführer im Bereich der Stromerzeugung aus Wasserkraft im großen und mittleren Leistungsbereich. Besonderes Augenmerk wird auch der Abwasser- und Klärschlammbehandlung gewidmet.

- Energieeffizienz und mehr

Mit gleich mehreren Kompetenzzentren im Bereich der Energieeffizienz für Mobilität, Gebäuden und Elektrogeräten entstehen hier innovative Lösungen wie zum Beispiel die effizientesten Kompressoren und Motoren.

- Windenergie

Die Fa. Elin in Weiz stellt Generatoren für Windenergieanlagen her, weiters betreiben Hersteller von Windenergieanlagen Servicebüros und tragen somit zur Wertschöpfung bei.

Der Umwelttechnikcluster ECO WORLD STYRIA repräsentiert sehr gut die steirischen Wirtschafts- und Forschungsschwerpunkte zum Thema Erneuerbare Energie und Energieeffizienz, da ein Großteil der Unternehmen Partner im Cluster sind.

Weiterführende Infos und Unterlagen sind erhältlich auf: www.eco.at, wie beispielsweise:

- Forschungslandkarte
- Green Tech Valley Guide 2013/2014
- News, Termine...

Steirische innovative Unternehmen und Know-how-Träger aus dem Schwerpunktbereich mit firmeneigener Forschung und Entwicklung sind – ohne Gewähr auf Vollständigkeit – in der nachstehenden Tabelle 5 aufgelistet.

Tabelle 5: Steirische innovative Unternehmen und Know-how-Träger mit firmeneigener Forschung

| Biomasse: Produzierende Unternehmen mit integrierter F&E | Technologie-Kompetenz (mit eigener Technologieentwicklung) |
|---|---|
| Andritz Energy&Environment http://www.andritz.com/pp-andritz-energy-environment-gmbh | Biomasse-Vergasung, Torrefikation; Dampfkessel und Rauchgasreinigung; Pelletspressen zur Herstellung von Holz-Pellets |
| BDI BioEnergy International www.bdi-bioenergy.com/de-index.html | Biotreibstoffe, Biodiesel, Biogas |
| Christof Holding AG www.christof-group.at/ | Engineering, Apparate- und Anlagenbau, Kraftwerksbau |
| KWB-Biomasseheizungen www.kwb.at/ | Markt- und Technologieführer bei Pellets- und Hackgutanlagen |
| Komptech www.komptech.com/ | Zerkleinerung und Aufbereitung von Biomasse |
| Sattler AG www.sattler-global.com/ | Spezialist für Biogas/Gasspeicher und Membrane |
| VTU Engineering www.vtu.com/ | Solvent Recovery, Abgasreinigung |

| Solar | Technologie-Kompetenz (mit eigener Technologieentwicklung) |
|--|--|
| FIBAG - Hans Höllwart Forschungszentrum für integrales Bauwesen (SFL Technologies) www.fibag.at/ | Optimierung der Gebäudehülle, Integration von aktiven und passiven Solarsystemen; gebäudeintegrierte Windkraftanlagen; Prozesswasseraufbereitung |
| Isovoltaic www.isovoltaic.com/ | Rückseitenfolien für PV-Module, thermoplastische Verkapselungen |

| | |
|---|--|
| Neovoltaic www.neovoltaic.com/ | Speichersysteme für PV |
| Pink www.pink.co.at/ | thermische Speicher und solare Kühlanlagen "pink chiller" |
| PV Products www.pvp.co.at/ | PV-Module, Glas-Glas-Module |
| S.O.L.I.D Gesellschaft für Solarinstallation und Design www.solid.at/ | Marktführer bei solaren Großanlagen, solare Kühlung, Bürgerbeteiligung bei Solarthermieanlagen |

| Waste to Energy | Technologie-Kompetenz (mit eigener Technologieentwicklung) |
|---|---|
| ATM Recyclingsystems www.atm-recyclingsystems.com/de/home.html | Brikettpressen und Shredder |
| Bright Yellow Future www.brightyellowfuture.at/ | Bioethanol der 2. Generation aus biogenen Reststoffen, Schwerpunkt Papierindustrie |
| Komptech www.komptech.com/ | Zerkleinerung und Aufbereitung von Biomasse; Separation verschiedener Stoffe; Kompostwender |
| Saubermacher Dienstleistungs AG – Thermoteam http://www.thermoteam.at/cms/front_content.php?lang=1 | Reststoffaufbereitung, Herstellung von Ersatzbrennstoffen aus Kunststoffen |

| Wasser, Abwasser | Technologie-Kompetenz (mit eigener Technologieentwicklung) |
|---|---|
| Andritz Group www.andritz.com/de/ | Wasserkraftanlagen, Turbinen |

| Energieeffizienz | Technologie-Kompetenz (mit eigener Technologieentwicklung) |
|---|---|
| Anton Paar www.anton-paar.com/ | Messtechnik, Sensorik für Energieeffizienz und Erneuerbare |
| AccuPower Forschungs, Entwicklungs, und Vertriebsgesellschaft mbH www.accupower.at/ | Batteriespeicher für PV |
| AHT Cooling Systems www.aht.at/ | Kühlsysteme |

| | |
|--|--|
| Frigopol Kälteanlagen GmbH www.frigopol.com/ | Wärmepumpen, Kühlsysteme, Wasseraufbereitung |
| AVL List – qpunkt https://www.avl.com/ | Gebäudeintegrierte Energiegewinnung, Windturbine für Gebäude Energieeffiziente / alternative Antriebe |
| Elin Motoren GmbH www.elinmotoren.at/ | Generatoren, Wasser- und Windkraft |

| Mobilität | Technologie-Kompetenz (mit eigener Technologieentwicklung) |
|--|--|
| AVL List https://www.avl.com/ | Forschungszentrum für Verbrennungskraftmotoren, Effizienzsteigerung und Abgasreduktion, energieeffiziente Antriebe |
| Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG www.magnasteyr.com/ | Energieeffiziente Antriebe, Speichersysteme für Kraftstoffe und Batteriespeicher |
| Siemens AG Österreich http://www.siemens.com/answers/at/de/ | Smart Grids, Bahnsysteme, Gebäudetechnik |

| Energiedienstleister mit Schwerpunkten in Erneuerbarer Energie und Energieeffizienz | Energie – Dienstleistung - Energieberatung |
|---|--|
| Energie Steiermark AG https://www.e-steiermark.com/ | Strom, Erdgas, Wärme, Energiedienstleistungen, Mobilität, PV und Wärmepumpe |
| Stadtwerke <ul style="list-style-type: none"> • Holding Graz www.holding-graz.at/ • Stadtwerke Bruck www.stadtwerke-bruck.at/ • Stadtwerke Fürstenfeld www.stwff.at/ • Stadtwerke Gleisdorf www.stadtwerke-gleisdorf.at/ • Stadtwerke Hartberg www.stadtwerke-hartberg.at/ • Stadtwerke Judenburg www.stadtwerke.co.at/ • Stadtwerke Kapfenberg | Die Stadtwerke sind unterschiedlich ausgerichtet und erbringen verschiedene Leistungen in den Bereichen der Energieerzeugung, Energieverteilung von Strom und Gas, Wasserversorgung, Entsorgung von Abwasser und Abfall sowie Telekommunikationsdienstleistungen oder im Bereich des öffentlichen Verkehrs |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> www.stadtwerke-kapfenberg.at/ • Stadtwerke Köflach www.stadtwerke-koeflach.at/ • Stadtwerke Leoben www.stadtwerke-leoben.at/ • Stadtwerke Murau www.stadtwerke-murau.at/ • Stadtwerke Mürzzuschlag www.stadtwerkemuerzzuschlag.at/ • Stadtwerke Radkersburg www.ewerk-baddrakersburg.at • Stadtwerke Rottenmann http://www.sb-rottenmann.at/evu • Stadtwerke Trofaiach www.stadtwerke-trofaiach.at/ • Stadtwerke Voitsberg www.stadtwerke-voitsberg.at/ | |
| <p>Lokale und regionale Energieagenturen</p> <ul style="list-style-type: none"> • EAS - Energie Agentur Stainz.at http://www.energieagentur-stainz.at • Energieagentur Obersteiermark http://www.eao.st • Energieagentur Weststeiermark http://www.energie-agentur.at • Grazer Energie-Agentur www.grazer-ea.at • Lokale Energieagentur – LEA www.lea.at • EnergieAgentur Steiermark Nord http://www.eaeg.at • EnergieAgentur GU www.energieagentur.or.at • Energieagentur Hochsteiermark www.eahs.at • Energieagentur Südsteiermark www.eass.at | <p>Energieagenturen wurden als Dienstleister für Energieberatung zur Bewusstseinsbildung und Verbreitung von energieeffizienten Technologien und Erneuerbaren Energien gegründet.</p> <p>Sie agieren und beraten firmen- und produktneutral.</p> <p>Kunden sind Private, Unternehmen und öffentliche Körperschaften wie Gemeinden, Bund, Land und EU.</p> |

| | |
|--|---|
| nahwaerme.at-Energiecontracting www.nahwaerme.at/ | Errichter und Betreiber von Nahwärmeanlagen, Contractingspezialist |
| S.O.L.I.D Gesellschaft für Solarinstallation und Design www.solid.at/ | Marktführer bei solaren Großanlagen, solare Kühlung, Bürgerbeteiligung bei Solarthermieranlagen |

| Forschungseinrichtungen, Forschungspartner | Forschungs-Kompetenz |
|--|---|
| 4wardenergy www.4wardenergy.at/ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |
| AEE Intec - Institut für nachhaltige Technologien www.aee-intec.at/ | Entwicklung von solarthermischen Kollektoren und Komponenten |
| Bioenergy 2020+ www.bioenergy2020.eu/ | Biomasse Verbrennung, Vergasung, Simulation und Modellierung |
| CAMPUS 02 – FH der Wirtschaft https://www.campus02.at/ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |
| JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft www.joanneum.at/ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt, Studiengang Energie-, Verkehrs- und Umweltmanagement |
| FH Fachhochschule JOANNEUM http://www.fh- joanneum.at/aw/~a/home/?lan=de | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |
| FGM www.fgm.at/ | Mobilität |
| IFZ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |
| Montanuniversität Leoben www.unileoben.ac.at/ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |
| STENUM www.stenum.at/ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |
| TU Graz www.tugraz.at/ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |
| KFU Graz www.uni-graz.at/ | Energieeffizienz, Erneuerbare Energie, Umwelt |

| Interessensverbände | Verantwortungsbereiche, Zuständigkeit, Ziele |
|----------------------------|---|
|----------------------------|---|

| | |
|--|--|
| Land Steiermark www.steiermark.at/ , A15 www.wohnbau.steiermark.at/ Landesenergiebeauftragter, http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/75932468/DE/ Klimaschutzbeauftragte, Umweltanwaltschaft | Energieplanung, Politikberatung, Strategieentwicklung, Energie- und Klimaschutzpläne |
| Energieagentur Steiermark www.lev.at/ | Energieplanung, Energiestrategie, Bewusstseinsbildung zu Energieeffizienz und Erneuerbare Energien |
| Landwirtschaftskammer Steiermark https://stmk.lko.at/ ; Österreichischer Biomasseverband www.biomasseverband.at/ , Landesgruppe Steiermark www.staedtebund.gv.at/landesgruppen/steiermark/willkommen.html | Interessensvertretung der Land- und Forstwirte |
| Wirtschaftskammer Steiermark https://www.wko.at/Content.Node/Interessenvertretung/st/index.html | Interessensvertretung der gewerblichen Wirtschaft |
| IV Industriellenvereinigung Steiermark www.iv-steiermark.at/ | Interessensvertretung der Industrie |
| Kammer der Arbeiter und Angestellten www.arbeiterkammer.at/ | Interessensvertretung für unselbstständig Beschäftigte |
| Klimabündnis www.klimabuendnis.at/ | Freiwillige Gemeinschaft für Klimaschutz, Netzwerk von Gemeinden |
| Klima-Energie-Modellregionen www.klimaundenergiemodellregionen.at | Regionen die sich zum Schutz des Klimas und der nachhaltigen Energienutzung zusammenfinden und Umsetzungsstrategien entwickeln www.klimaundenergiemodellregionen.at |
| Bürgerinitiativen | Freiwillige Zusammenschlüsse zur Erreichung spezifischer Ziele |

2.4 Zukünftige Anforderungen für dezentrale Energieversorgung

In Vorbereitung auf den Weltklimagipfel 2015 in Paris hat der Europäische Rat die bisherigen EU-20-20-20-Ziele weiter verschärft: Bis 2030 sollen (i) die EU-internen Treibhausgasemissionen um mind. 40 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 reduziert werden, (ii) erneuerbare Energien einen Anteil von mind. 27 % am Energieverbrauch erreichen, und (iii) die Energieeffizienz um mind. 27 % verbessert werden. Zusätzlich fordert der Europäische Rat einen besser, bis auf die regionale Ebene vernetzten Energiebinnenmarkt. (Euroäischer Rat, 2014)

Die Klimawandelanpassung-Strategie Steiermark wird zur Zeit im Rahmen eines Stakeholder-Beteiligungsprozesses ausgearbeitet. In der Entwurfsfassung vom 30. Oktober 2014 werden für den Bereich Energieversorgung einerseits eine Diversifizierung der Energieversorgung und ein weiterer Ausbau erneuerbarer Energieträger wie Windkraft, Geothermie, Photovoltaik oder Biomasse vorgeschlagen, andererseits wird auf eine Optimierung der Netzinfrastruktur mit Einspeisern hingewiesen. Durch dezentrale, kleinräumige Versorgungsstrukturen soll das steirische Energiesystem resilenter gegenüber Klimawandelauswirkungen gemacht werden (UBA, 2014).

Im Hinblick auf die Anforderungen an eine zukünftige dezentrale Energieversorgung wurden einerseits die bestehenden Leitbilder und Strategiepapiere analysiert, andererseits war es das Ziel, Stakeholder aus der steirischen Energieszene einzuladen und einen Dialog mit den Betroffenen – bzw. potentiellen Umsetzungspartnern zu führen.

Ziel des Workshops war es, Anforderungen und Bedürfnisse von Energieversorgern und Dienstleistern, sowie produzierenden Unternehmen abzufragen und gemeinsam mit den Forschungspartnern zu diskutieren.

Der Workshop wurde durch Dr. Reinhard Padinger von JOANNEUM RESEARCH mit der Vorstellung des Projekts DEZENT – Dezentrale Energieversorgung Steiermark eingeleitet.

Der Landesenergiebeauftragte DI Wolfgang Jilek präsentierte den Status quo der Bemühungen um eine optimale Energieversorgung in der Steiermark mit den derzeit aktuellen Handlungsfeldern, politischen Zielen und Herausforderungen für die Zukunft. Eine besondere Herausforderung aus seiner Sicht ist das Thema Energieeffizienz. Für Jilek ist eine zukünftige dezentrale Energieversorgung sehr wichtig und erstrebenswert. Es soll aber nicht nur versucht werden, die Energieaufbringung aus erneuerbaren Quellen zu schaffen, sondern es soll auch die gesamte Energieverwendung effizienter werden, d.h. Energie eingespart werden. Hohe Potentiale werden dabei in den Bereichen Gebäude bzw. Gebäudesanierung, Autoverkehr sowie Energiebereitstellung und Industrie geortet, siehe Abbildung 38. Hinsichtlich des Energiebedarfs lässt sich im Jahr 2012 ein leichter Rückgang feststellen, wobei im Bereich der erneuerbaren Energie in der Steiermark im Vergleich zu anderen Bundesländern Aufholbedarf besteht. In Zukunft muss ein guter Mix zwischen zentraler und dezentraler Energieversorgung gefunden werden.



Abbildung 38: Potential der Energieeinsparung in der Steiermark bis 2025 kumuliert für die Jahre 2014 bis 2025 (Quelle Jilek W. 2013)

Die Anforderungen und Statements seitens der Unternehmensvertreter und Forschungsinstitutionen im Workshop werden nachstehend – teilweise ergänzt um Inhalte aus den oben genannten Leitbildern und Strategien – kursiv gedruckt im Sinne von Zitaten zusammengefasst.

a) Wind und Kleinwasserkraft – Begleitforschung-Auswirkungen

In der dezentralen Energieversorgung spielen auch die Kleinwasserkraft und die Windkraft eine Rolle und sind für die Stromversorgung sehr wichtig.

Die Windkraft könnte lt. Energiestrategie Steiermark ca. 4 % des steirischen Strombedarfs decken. Allerdings wurden bisher einige der ausgewiesenen Standorte von Anrainern oder Bürgerinitiativen verhindert. Mittelfristig ist jedoch mit einem Ausbau von Potentialen zu rechnen. Bei der Windkraft ist hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen noch Bedarf der Begleitforschung vorhanden, z. B. hinsichtlich der Auswirkungen auf den Lebensraum des Birkhuhns.

Der Ausbau bzw. das Ausbaupotenzial bei der Kleinwasserkraft hält sich in Grenzen. Höheres Potenzial besteht bei der Effizienzsteigerung von älteren Wasserkraftwerken. Laut einer im Rahmen der Energiestrategie Steiermark durchgeföhrten Abschätzung kann durch eine Revitalisierungsoffensive bei bestehenden Kleinwasserkraftwerken – beruhend auf der Annahme dass ca. 200 Kraftwerke revitalisiert werden – eine Leistungssteigerung von durchschnittlich 15 % erzielt werden. Es ist dabei zu erwähnen, dass die einzelnen Kraftwerksstandorte mit durchaus unterschiedlichen Voraussetzungen konfrontiert sind, etwa durch das bestehende Wasserrecht. Möglicherweise sind auch Ertragseinbußen und Produktionseinschränkungen durch ökologische Forderungen und Auflagen zu erwarten, etwa durch die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie.

In den Möglichkeiten, die im Masterplan aufgezeigt werden, müssen die am ehesten wettbewerbsfähigen aktuellen Technologien enthalten sein, und das sind u. a. Windkraft und Kleinwasserkraft.

b) Speicher – thermisch, elektrisch, mechanisch, chemisch

Dezentrale Energieversorgung funktioniert nur mit Speicherung. Die Speicherung ist somit im Zusammenhang mit der dezentralen Energieversorgung einer der Schlüsseltechnologien der Zukunft.

Dabei wird unter anderem die thermische Speicherung als ein wichtiges Forschungsthema angesehen.

Auch die Speicherung von Strom spielt eine sehr große Rolle, insbesondere ist im Bereich von Haushalten und Betreibern von PV-Kleinanlagen bis 5 kWp gemäß der Leistungsgrenze für Direktförderungen ein großes Interesse zur Erhöhung des Deckungsanteiles für den Eigenverbrauch gegeben.

Die Kombination von PV und Speicherung wird als wichtiges Thema angesehen. Durch die Zwischenspeicherung von solarem Überschussstrom in einer eigenen Batterie kann das Stromnetz entlastet werden. Mögliche Synergien bestehen auch zur E-Mobilität, indem die Batterien der Autos teilweise auch als Spitzenspeicher für Stromnetze genutzt werden. Dafür müssen allerdings die durchschnittliche Kapazität dieser Batterien sowie ihre Ladezeit und Leistung bei Ladung und Entladung deutlich erhöht werden. Die Ladezeit hängt von der Leistung der Ladestationen sowie der erlaubten Leistung bei der Ladung ab. Diese Nutzung würde die Lebensdauer der Batterien derzeit noch sehr negativ beeinflussen. Daher ist Batterieforschung ein wichtiges Thema, das eng mit der Weiterentwicklung der Nanotechnologie insofern zusammenhängt, als Verbesserungen der Batterien vor allem im Bereich der Kathoden erfolgen. Diese erfahren durch Nanotechnologie derzeit eine deutliche Entwicklung. Seit etwa 20 Jahren wird die Kapazität bzw. Kosten pro kWh um 7 %/Jahr bei den 18650-Batterien verbessert, die von Tesla Motors verwendet werden. Dies ist der Batterietyp, dessen Fertigung mit Abstand am stärksten gewachsen ist, wodurch er auf der Lernkurve am weitesten fortgeschritten ist. Es sind derzeit Batteriespeicher in Kraftwerksgröße im Aufbau, also Bereich dutzender MWh. Untersuchungen der Energie Steiermark belegen die Kosten je kWh aus Kleinspeicheranlagen von 20 - 40 ct/kWh. Dabei wird davon ausgegangen dass die eingespeicherte Energie nichts kostet.

Für beide Bereiche stehen kompetente Unternehmen und Forschungspartner zur Verfügung.

c) Solarthermie – Wärmenetze/Speicherung – Kostensenkung, Standardisierung

Im Bereich der Solarthermie ist die Verknüpfung mit IKT sowie mit der Regelungstechnik in Netzen ein wichtiges Thema. Um mehrere Wärmeerzeuger sinnvoll zu nutzen, muss ein entsprechendes Wärmenetz vorhanden sein.

Thermische Speicher könnten in Zukunft eine größere Rolle im Lastmanagement einnehmen. Hier ist die technische und kostenmäßige Konkurrenz von solarthermischen Anlagen und PV-Anlagen genauestens zu beobachten. Im Jahr 2011 wurde Stromerzeugung mittels PV-Anlagen deutlich billiger als mit Solarthermie.

Weitere Ansatzpunkte im Bereich der Solarthermie sind Standardisierungen zur Kostensenkung von Gesamtsystemen sowie zur Erleichterung von digitalen Vernetzungen.

d) „Sinnvolle Energie-Zukunft“

Die Energieeinsparung ist ein wichtiger Schritt. In weiterer Folge soll eine sinnvolle Kombination von dezentraler und zentraler Energieversorgung zur Deckung des Energiebedarfs angestrebt werden. Auch hier ist eine beständige Beobachtung der aktuellen Entwicklung durch die damals befassten Gremien erforderlich, denn es zeichnet sich ein

möglichen Szenario ab, das viele Randbedingungen grundlegend verändern und eine weitgehende technische Umorientierung erfordern würde.

Als wesentliche Handlungsfelder werden Energieeinsparungen in Gebäuden, in Industrie- und Gewerbe, der Energiebereitstellung und Verteilung, sowie in der Mobilität genannt.

Auch die Nutzung von industrieller Abwärme soll verstärkt behandelt werden, insbesondere sind Lösungen zur Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme gesucht.

e) **Geothermie, Tiefe Erdwärme**

Die tiefe Geothermie bietet in der Steiermark zwar insgesamt nicht sehr viel Nutzungspotenzial, dort, wo Geothermie allerdings nutzbar ist, ist das regionale Potenzial aber verhältnismäßig hoch, zum Beispiel in Fürstenfeld.

Die oberflächennahe Geothermie bietet ein hohes Potenzial im Wege der direkten Nutzung der Wärme im Grundwasser. Besonders in Ballungszentren wie beispielsweise südlich von Graz werden Grundwasserkörper durch Wärmeeinträge „künstlich aufgeladen“; das könnte bei ausreichend verfügbaren Abwärmemengen auch gezielt eingesetzt werden.

Weiters sind auch so genannte Erdwärmesonden, mit denen die Erdwärme ohne Grundwasserentnahme genutzt wird, relevant. Mit Erdwärmesonden kann man auch gut Wärme im Boden speichern: Im Sommer wird Wärme im Boden gespeichert, im Winter wird sie wieder zurückgeholt. Durch diese Speicherung wäre auch eine nachhaltigere Nutzung der oberflächennahen Geothermie möglich, da durch die Rückführung der Wärme eine längerfristige Auskühlung der Massen verhindert werden kann.

f) **Biomasse-Potenziale**

Zu den Potenzialen der Biomasse gibt es wenig aussagekräftige Daten. Es ist daher hoher Forschungsbedarf gegeben. Teilweise widersprechen sich Daten, vor allem was die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen betrifft. Teilweise liegt der Verdacht nahe, dass sich in den Potentialstudien verschiedener Technologien dieselben Flächen wiederfinden.

Freie Flächen aufgrund des Bauernsterbens sowie nicht genutzte Hangflächen können zur Bereitstellung von Biomasse verwendet werden. Das Potential wird im Vergleich zur forstlichen Biomasse eher gering sein, da die Nachfrage nach größeren zusammenhängenden Flächen relativ hoch ist und diese nicht frei verfügbar sind.

Die Konkurrenz zur stofflichen Nutzung darf nicht außer Acht gelassen werden. Die Nahrungsmittelproduktion sollte immer den Vorrang besitzen.

g) „**Energiewald**“

Der Ertragswert eines Energiewalds ist rund 20 tatro/ha*a entsprechend ca. 100 MWh/ha*a an Wärme bzw. 30 MWh/ha/a bei Umwandlung in Strom.

Für die Nutzung von Energiewald im großen Stil fehlen in der Steiermark die Flächen. Insbesondere besteht eine Nutzungskonkurrenz zwischen Energieproduktion und Nahrungs- bzw. Futtermittelproduktion.

In einem Energiewald muss eine automatisierte Ernte erfolgen können, dadurch kann die Bewirtschaftung wirtschaftlich sein. Auf den überwiegend steilen Waldfächnen in Österreich ist die Nutzung als Energiewald schwierig.

Wird auf einer Fläche Mais zur Produktion von Biogas angebaut, sollte untersucht werden, ob eine Umwandlung in Energiewald einen höheren Energieertrag bringt.

h) Agroforst-Kultur

Agroforst-Kultur hätte nach Meinung mancher Experten gewisse Vorteile, da dadurch der Flächenertrag gesteigert werden kann bzw. Zusatzerträge produziert werden können. Für diese Umstellung in der Bewirtschaftung müsste aber auch ein entsprechendes Umdenken eingeleitet werden.

i) Biogene Reststoffe – neue Brennstoffe

Biogene Reststoffe sollten in Zukunft verstärkt als neue Brennstoffe energetisch genutzt werden. Teilweise werden diese bereits energetisch verwertet, beispielsweise in der Lebensmittelindustrie oder in Kläranlagen. Die Nutzung ist noch steigerbar. Größere Potentiale werden auch in der Landwirtschaft, im Nutzpflanzenanbau geordnet. Hier gäbe es auch bestimmte nutzbare Fraktionen wie Maisspindeln, Stroh u.ä..

j) Asche-Dünger/Verwendung/Logistik

Bei der energetischen Nutzung von Biomasse ist der Aschekreislauf zu schließen. In den Biomasse-Aschen sind wertvolle mineralische Bestandteile enthalten, welche durch Ganzbaumentnahme dem Wald entzogen werden. Nicht Schwermetall- belastende Aschen z. B. aus der Biomasseverbrennung sollten daher in den Wald zurückgeführt werden. Dies kann entweder direkt in Form von Pellets oder auf dem Wege der Kompostierung erfolgen.

Eine Herausforderung besteht auch in der Logistik der Asche von vielen Kleinanlagen, hier wären mögliche Synergien mit der Brennstofflogistik denkbar.

k) Urbanisierung / Raumordnung / Raumordnungsgesetz

Die Urbanisierung der Siedlungsstrukturen ist ein großes Thema. Die Zersiedelung bedeutet hohen Energieverbrauch, vor allem im Bereich der Mobilität.

In vielen Bereichen fehlt bei der Planung eine übergeordnete Betrachtung. Durch eine solche könnte Effizienz gewonnen sowie Energie und somit auch viel Geld eingespart werden.

Das Thema Raumordnung ist ein leidiges Thema. Eine Verlagerung der Kompetenzen von Gemeinden zum Land wäre vorteilhaft.

Eine Energieraumplanung wird als nötig erachtet, ein gesamtheitlicher Ansatz sollte gefordert werden. Dadurch kann die Effizienz deutlich gesteigert werden, in jeder Gemeinde ab einer bestimmten Größe würde es sinnvoll sein, wenn ein Energiebeauftragter mit den energetischen Agenden betraut wäre.

Um den Flächenverbrauch durch die Bebauung zu minimieren sollte auch mehr in die Höhe als in die Fläche gebaut werden.

In der überörtlichen Raumordnung hat ein Umdenken bereits vor einiger Zeit begonnen. Als Problem wird die Kompetenzlage angesehen. Die Energieraumplanung wird wieder zu einem Thema.

Vor allem bei der dezentralen Energieversorgung muss auch die Energieraumplanung mitgedacht werden. Dies soll im Projekt als Ansatzpunkt formuliert werden und dem Auftraggeber als wichtige Handlungsempfehlung übermittelt werden.

I) Abwärmennutzung aus dem Kanalsystem

Nutzbare Abwärmepotentiale sind auch in städtischen Kanalsystemen zu finden, welche mittels Wärmepumpen auf nutzbare Temperaturniveaus gebracht werden könnten.

m) Abwärme aus der Industrie

Derzeit werden in der Industrie hauptsächlich Hochtemperatur-Abwärmen rückgewonnen und entweder selbst genutzt, oder in Form von Fernwärme ausgekoppelt. Es besteht seitens der TU Graz eine Abwärmepotentialstudie, diese ist derzeit allerdings noch nicht öffentlich, bzw. ist derzeit noch in Überarbeitung. Es stehen noch ungenutzte Abwärmemengen zur Verfügung, im Hoch wie auch im Niedertemperaturbereich. Vor allem für die Nutzung von Niedertemperaturabwärmen im Bereich < 80 °C wären auch entsprechende wirtschaftliche technische Lösungen interessant.

n) Sicherheit der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

Von Seiten der IKT werden im Projekt ein Bedrohungskatalog und eine Risikoanalyse durchgeführt. Ziel ist dabei die Kombinationen dezentraler Systeme sicher zu machen.

o) Integrierte Fassaden/Gebäude

Integrierte Fassaden sind im Themenfeld Smart Cities ein Thema. Eine Kombination von PV, Speicherung in Elektrofahrzeugen sowie der Elektromobilität könnte ein interessanter Ansatz sein.

In einem Gebäude ist es möglich Energie einzusparen, zu erzeugen sowie auch zu speichern.

Betreffend Flächenverbrauch bzw. Konkurrenz zwischen Solarthermie und PV sind auch Hybridkollektoren denkbar, welche Strom und Wärme erzeugen, sog. PVT-Kollektoren.

p) Intelligente Stromnetze – Smart Grids

Neue Geschäftsmodelle im Zusammenwirken von Erzeugern und Verbrauchern sind möglich. Durch ein verbessertes Zusammenwirken von Erzeugung und Verbrauch ließe sich die Effizienz im Gesamtsystem steigern. Hier bedarf es neben technischen Lösungen auch markttaugliche Modelle, sowie die Einbindung der NutzerInnengruppen.

q) Förderung/Finanzierung/Anreize

Wie wäre es möglich Förderschienen für KMUs leichter zugänglich zu machen, um somit auch langfristig Tätigkeiten von KMUs zu sichern? Welche Vereinfachungen der Förderschienen wären dafür nötig?

Wie wäre zukünftig eine zusätzliche Finanzierung bzw. Ausfinanzierung von Projekten möglich? Wer sind potenzielle Investoren bzw. wo könnte man Investorenpools finden, z.B. Crowd Funding?

Welche Anreizsysteme werden benötigt, um Tätigkeiten von Personen zu forcieren, z.B. Solarförderungen, spezielle Förderungen PV bzw. welche Hindernisse sind zu beseitigen, die

einem deutlich erhöhten Einsatz von PV im Wege stehen? Welche Anreize bzw. Schulungen/Werbekampagnen werden benötigt um ein Umdenken in der Bevölkerung zu schaffen?

Weitere Diskussionsbeiträge und Vorschläge aus dem Workshop

- *Es geht nicht primär um neue Technologien sondern um die Umsetzung und zum Teil deutliche Verbesserung (Energiespeicher, Leistungselektronik) der bestehenden Technologien, sowie auch um das Zusammenwirken einzelner Technologien.*
- *Verbauung: Wo es möglich ist, sollte in die Höhe gebaut werden, anstatt Ackerland großflächig zu verbauen. Der optimalen Nutzung von Grund und Boden soll in Zukunft wieder verstärkt Bedeutung beigemessen werden.*
- *Hybride Systeme bzw. die Kombination mehrerer erneuerbarer Energieträger und Netze/Energiespeicher/ Leistungselektronik sind ein wichtiges Forschungsthema.*
- *Die EU-Richtlinien enthalten viele grundlegende Informationen zur Frage der dezentralen Energieversorgung. Die dort angeführten Forderungen sind einzuhalten bzw. im Zuge der weiteren technologischen Entwicklung auch anzupassen. Sie sollten allerdings bis auf weiteres als Ausgangspunkte für weitere Überlegungen herangezogen werden. Vor allem kann daraus abgeleitet werden, was noch nicht in Betracht gezogen wurde und wo neue Ansätze möglich sind.*
- *Im Masterplan sollen die Maßnahmen mit hohem Umsetzungspotenzial besonders beachtet werden. Es kann nicht „alles“ gemacht werden. Die Entscheidungsträger sollen mit Hilfe des Masterplans in die Lage versetzt werden, möglichst sinnvolle Lösungen umzusetzen.*

Resümee des Workshops und Ausblick

Die Ergebnisse des Workshops werden wie folgt zusammengefasst:

- Die Frage der Potenziale, speziell der Energieformen Biomasse, Solarthermie, PV und Wasserkraft ist zu behandeln.
- Die Energiespeicherung und Leistungs- und digitale Steuerelektronik mit intelligenten Apps sind wesentliche Themen. Sie ermöglichen erst das Zusammenwirken von verschiedenen Energietechnologien.
- Für den Masterplan ist es wichtig in Richtung eines integrierten Gesamtsystems zu denken. Die einzelnen Technologien sollen nicht getrennt bewertet werden, sondern die möglichen Synergien in einem Gesamtsystem sind zu beschreiben.
- In der Frage der dezentralen Energieversorgung kommt der Raumordnung eine hohe Bedeutung zu.
- Die dezentrale Energieversorgung soll im Masterplan auf keinen Fall isoliert betrachtet werden, sondern sie ist als wichtiger Teil einer gesamten optimierten Energieversorgung darzustellen, wobei auch Einsparungspotenziale zu berücksichtigen sind.

3 Technisches Umfeld für dezentrale Energieversorgung

3.1 Energiepotenziale und Szenarien

Ausgangsbasis zur Berechnung der realistischen Energiepotenziale dienen bei den zitierten Studien ÖROK, 2008 und REGIO, 2010 jeweils die theoretischen Potenziale der einzelnen Energieträger. Nach einem „Top-Down“-Ansatz werden daraus die entsprechenden technischen bzw. eingeschränkten technischen Potenziale ermittelt.

Die zu treffenden Annahmen und Restriktionen zur Bestimmung der verschiedenen Potenziale, die für jeden Energieträger spezifische Merkmale aufweisen, werden in den nachfolgenden Abschnitten detailliert erläutert.

3.1.1 Realistische Energiepotenziale

3.1.1.1 Wasserkraft

Ausgehend von einem Höhenmodell, der Fließrichtung und den jährlich vorhandenen Wassermengen (aus jährlichen Niederschlags- und Verdunstungsmengen sowie hydrogeologischen Gegebenheiten und dem möglichen Wassereinzugsgebiet aus benachbarten Bundesländern) kann das theoretische Wasserkraftpotenzial, das in der Studie ÖROK, 2008 ausgewiesen wird, berechnet werden.

Das technische Potenzial berücksichtigt durchschnittliche Anlagenwirkungsgrade von Lauf- und Speicherkraftwerken.

Bei der Berechnung des eingeschränkten technischen Potenzials werden zudem Schutzgebiete, in welchen Wasserkraft nicht ausgebaut werden kann, von der Potenzialermittlung ausgenommen. Hier weist die Studie ÖROK, 2008 ein Potenzial für Wasserkraft in der Steiermark von 19.440 TJ/a aus.

REGIO, 2010 bezieht sich in der Studie auf die Wasserkraftpotenzialstudie von Pöyry, 2008. Dort wird ein theoretisches Potenzial („Abflusslinienpotenzial-brutto“) von 9.800 TJ/a für die Steiermark ausgewiesen. Weiters wird ein technisches Potenzial („Abflusslinienpotenzial-netto“) unter Berücksichtigung von einem Anlagenwirkungsgrad von 87 % von 8.526 TJ/a angegeben. Das technische Potenzial in der Studie Regio, 2010 wird per Definition aus dem Mittelwert des theoretischen und des technisch-wirtschaftlichen Potenzials, welche in Pöyry, 2008 ermittelt wurden, berechnet und entspricht damit, umgerechnet in TJ, einem Wert von 40.536 TJ/a.

Das eingeschränkte technische Potenzial gibt (REGIO, 2010) ebenfalls in Bezug auf (Pöyry, 2008) mit 26.640 TJ/a an. Die Berechnung erfolgte über definierte Anlagen- und Gebietsnutzungsgrade.

Tabelle 6 stellt die Potenziale für Wasserkraft aus den Studien ÖROK, 2008 und REGIO, 2010 gegenüber.

Tabelle 6: Potenzial Wasserkraft gemäß ÖROK, 2008 und REGIO, 2010

| POTENZIAL | ÖROK, 2008 | REGIO, 2010 | Einheit |
|---------------------------------------|------------|-------------|---------|
| theoretisches Potenzial | k.A. | 51.044 | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 27.000 | 40.536 | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial | 19.440 | 26.640 | [TJ/a] |

Einer Studie der Energie Steiermark folgend (Energie Steiermark 2012) stellt sich das Wasserkraftpotential in der Steiermark gemäß Abbildung 39 dar:

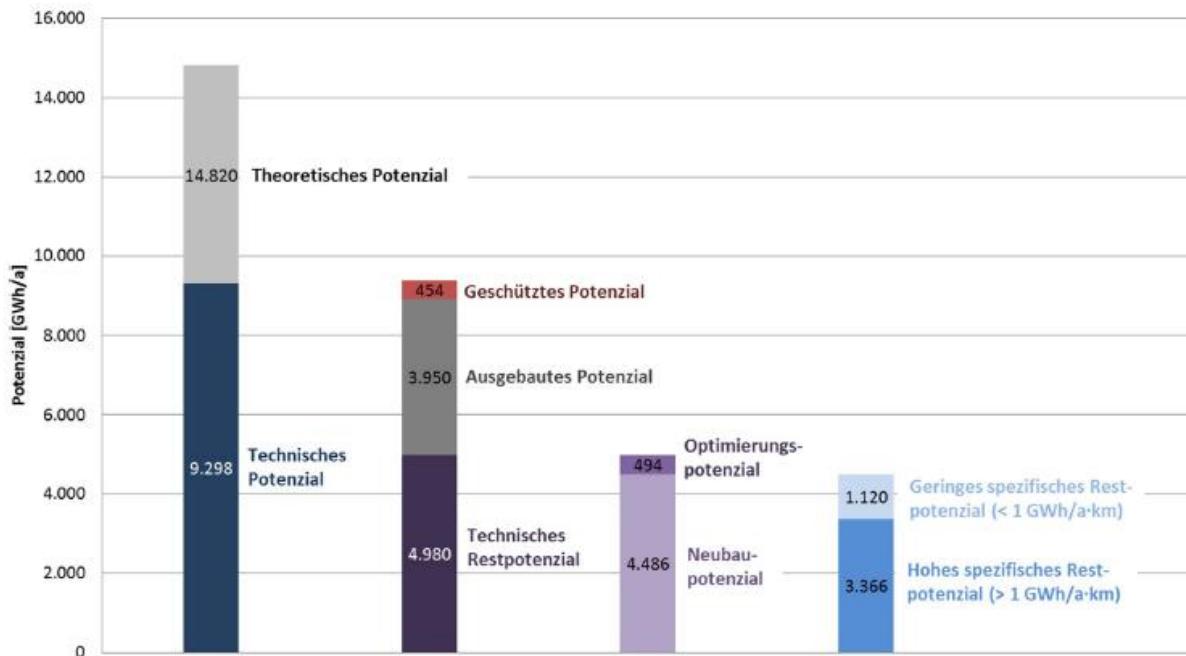


Abbildung 39: Wasserkraftpotentiale gemäß Energie Steiermark, 2012

Die Zahlenwerte zum Wasserkraftpotential gemäß Energie Steiermark, 2012 sind in der nachstehenden Tabelle 7 noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 7: Wasserkraftpotentiale gemäß Energie Steiermark, 2012

| POTENZIAL | Energie Steiermark, 2012 | Einheit |
|---|--------------------------|---------|
| theoretisches Potenzial | 14.820 | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 9.298 | [TJ/a] |
| Neubaupotenzial gesamt | 19.440 | [TJ/a] |
| Neubaupotenzial mit geringem spezifischen Restpotential, < 1 GWh/(a·km) | 1.120 | [TJ/a] |
| Neubaupotenzial mit hohem spezifischen Restpotential, > 1 GWh/(a·km) | 3.366 | [TJ/a] |

3.1.1.2 Windkraft

ÖROK, 2008 berechnet aus jährlich gemittelten Windgeschwindigkeiten und einem differenzierten Reliefmodell das theoretische Potenzial für Windkraft.

Das technische Potenzial unterliegt Restriktionen bezüglich der Hangneigung (max. 15 %), der Seehöhe (max. 2.000 m) sowie dem typischen Turbinenwirkungsgrad.

Für die Ermittlung des eingeschränkten technischen Potenzials werden außerdem Siedlungs- und Schutzgebiete sowie Verkehrsflächen ausgenommen. Außerdem ist ein Mindestabstand zum Siedlungsraum von mindestens 500 m einzuhalten. ÖROK, 2008 weist unter den getroffenen Annahmen ein eingeschränktes technisches Windkraftpotenzial von 6.480 TJ/a für die Steiermark aus.

In der Studie REGIO, 2010 werden zum theoretischen Windkraftpotenzial keine Angaben gemacht. Allerdings dienen zur Berechnung weiterer Potenziale jährlich gemittelte Windgeschwindigkeiten, Höhen- und Reliefmodelle sowie Daten aus vorangegangenen Studien (z.B. Alpine Windharvest, Schaffner B., 2005).

Das technische Potenzial umfasst Windeignungszonen mit einer Windgeschwindigkeit von mindestens 4 m/s. Davon ausgenommen sind Ausschlussflächen, wie z.B. Siedlungsflächen, Gewässer sowie Flächen mit einer Hangneigung größer 20° bzw. oberhalb von 2.000 m Seehöhe gelegen.

Für die Berechnung des eingeschränkten technischen Potenzials werden weiters Mindestabstände zu Siedlungsräumen und Luftfahrt-Ausschlusszonen von 1000 m bzw. zu Schutzgebieten und Landverkehrs-Ausschlusszonen von 200 m gefordert. Unter diesen Voraussetzungen ermittelt REGIO, 2010 ein eingeschränktes Windkraftpotenzial für die Steiermark von 3.237 TJ/a.

Tabelle 8 zeigt eine Übersicht über die Potenziale für Windkraft der Studien ÖROK, 2008 und REGIO, 2010.

Tabelle 8: Potenzial Windkraft

| POTENZIAL | ÖROK, 2008 | REGIO, 2010 | Einheit |
|---------------------------------------|------------|-------------|---------|
| theoretisches Potenzial | 195.966 | k.A. | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 78.984 | 15.404 | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial | 6.480 | 3.237 | [TJ/a] |

3.1.1.3 Solarthermie

Grundlage zur Ermittlung des theoretischen Solarthermiepotenzials bildet in der Studie von ÖROK, 2008 die täglich verfügbare direkte Sonneneinstrahlung (31 % der Globalstrahlung), sowie die diffuse Himmelsstrahlung bei einer Kollektorneigung von 38° in südlicher Ausrichtung.

Das technische Potenzial unterliegt einem Wirkungsgrad von 50 % bezogen auf das theoretische Potenzial.

Das eingeschränkte technische Potenzial hingegen berücksichtigt überdies nur Dachflächen, die in unmittelbarer Nähe zum Wärmeabnehmer stehen. Damit stünden 55.080 TJ/a an Wärme in der Steiermark zur Verfügung. Aus Ergebnissen eines ExpertInnen-Workshops lässt sich allerdings die Annahme von lediglich 54 % nutzbarer Dachfläche ableiten, was einer Wärmeproduktion von 29.520 TJ/a entspräche.

REGIO, 2010 weist das theoretische Potenzial für Solarthermie nicht getrennt aus.

Das technische Potenzial wird aus verfügbaren Dach-, Fassaden- und Gartenflächen berechnet. Dazu wurden Annahmen in Bezug auf die Ausrichtung (es wurden nur Dach- und Fassadenflächen in südlicher Ausrichtung zur Potenzialermittlung berücksichtigt), Form und Verschattung der Dachflächen (maximal 45 % der insgesamt vorhandenen Dachflächen), Verschattung und nicht nutzbare Fläche von Fassaden sowie die maximal nutzbare verschattungsfreie Fassadenfläche (insgesamt 33,75 % der vorhandenen Fassadenflächen) getroffen. Solarthermisch nutzbare Gartenflächen fließen mit 5 % der verfügbaren Gartenflächen in die Berechnung des technischen Potenzials mit ein.

Das eingeschränkte technische Potenzial ergibt sich aus der Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik. Hier wurde eine Aufteilung der Technologien zu jeweils 50 % angenommen. Außerdem wurde im urbanen Gebiet eine verstärkte Verschattung der Fassadenflächen sowie eine Restriktion aufgrund denkmalgeschützter Flächen mittels eines generellen Abschlages berücksichtigt. Unter diesen Annahmen stehen rund 75.956 TJ/a Wärme in der Steiermark zur Verfügung.

Tabelle 9 liefert eine Zusammenfassung über die unterschiedlichen Potenziale für Solarthermie der Studien ÖROK, 2008 und REGIO, 2010.

Tabelle 9: Potenzial Solarthermie

| POTENZIAL | ÖROK, 2008 | REGIO, 2010 | Einheit |
|---------------------------------------|------------|-------------|---------|
| theoretisches Potenzial | 60.609.899 | k.A. | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 30.304.949 | 113.897 | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial | 55.080 | 75.956 | [TJ/a] |

3.1.1.4 Photovoltaik

Das theoretische Potenzial der Photovoltaik unterliegt bei der Studie von ÖROK, 2008 denselben Annahmen wie das theoretische Potenzial der Solarthermie.

Das technische Potenzial wird mit einem Wirkungsgrad von 14 %, bezogen auf das theoretische Potenzial, ermittelt.

Das eingeschränkte technische Potenzial berücksichtigt insbesondere die nutzbaren Dach- und Fassadenflächen, sowie in geringem Anteil Äcker und Wiesen (0,5 % der verfügbaren Fläche). Unter Berücksichtigung dieser Kriterien wird in der Studie ÖROK, 2008 ein Potenzial von 21.240 TJ/a ermittelt.

Das theoretische Potenzial für Photovoltaik wird in der Studie REGIO, 2010 nicht gesondert ausgewiesen.

Das technische Potenzial für Photovoltaik unterliegt denselben Einschränkungen wie das technische Potenzial für Solarthermie. Dabei stehen 45 % der Dachflächen² sowie 33,75 % der Fassadenflächen zur Stromproduktion zur Verfügung. Außerdem wird angenommen, dass 2 % der Verkehrsflächen und je 1 % der landwirtschaftlichen Nutz- und Ödlandflächen für Photovoltaikanlagen geeignet sind.

Das reduzierte technische Potenzial wird vor allem durch die Flächenkonkurrenz zur Solarthermie eingeschränkt und folglich mit 50 % Abschlag bewertet. Zusätzlich reduzieren generelle Annahmen aufgrund der Verschattung von Gebäudeflächen und denkmalgeschützter Fassaden das technische Potenzial. REGIO, 2010 weist hier ein eingeschränktes technisches Potenzial für Photovoltaik von 31.961 TJ/a aus.

Die verschiedenen Potenziale für Photovoltaik sind in Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: Potenzial Photovoltaik

| POTENZIAL | ÖROK, 2008 | REGIO, 2010 | Einheit |
|---------------------------------------|------------|-------------|---------|
| theoretisches Potenzial | 60.609.899 | k.A. | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 8.485.386 | 39.773 | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial | 21.240 | 31.961 | [TJ/a] |

Allerdings ist bei der Flächenkonkurrenz mit Solarthermie zu beachten, dass aufgrund des immer größeren Kostenvorteils von PV gegenüber Solarthermie ein zunehmender Anteil der Fläche für PV verwendet werden wird. Die Entwicklung installierter Kapazitäten bestätigt dies, die Verkaufszahlen von solarthermischen Anlagen sanken im Jahr 2013 das vierte Jahr in Folge, dagegen wuchs die installierte PV-Kapazität auch 2013 wiederum um 70 % an. Damit dürfte ein deutlich höherer Anteil der Dachflächen für PV verwendet werden als für Solarthermie.

Des weiteren ist zu beachten, dass mit den immer geringeren Kosten von PV auch die Nutzung von Flächen mit Ost- bzw. Westorientierung lohnend geworden ist.

Zudem werden nur Dachflächen gerechnet, die in unmittelbarer Nähe zum Wärmeabnehmer stehen. Diese unmittelbare Nähe ist nur für Wärmenutzung, nicht hingegen für Stromnutzung notwendig. Dies erhöht die für PV verfügbare Fläche noch einmal.

Eine Erzeugung des gesamten österreichischen Stromverbrauchs mit PV würde nominell 315 km² Fläche erfordern (bei 1160 kWh/m²/a Einstrahlung und 20 % Wirkungsgrad³, wie er 2020 im Durchschnitt erreicht sein dürfte). In Österreich gibt es 140 Quadratkilometer Dachflächen mit Südausrichtung (Kronberger H., 2010). Davon sind nicht nutzbare Dachflächen,

² Der Wert von 49 % ergibt sich aus dem Umstand, dass 50 % der Dachflächen eine südliche Orientierung aufweisen, diese allerdings aufgrund von Rauchfängen, etc, nur zu 90 % nutzbar sind.

³ REGIO, 2010 rechnet mit 1.143 kWh/m²/a und 10,3% Wirkungsgrad

insbesondere die unter Denkmalschutz stehenden und dergleichen, abzuziehen. Dazu käme überschlagsweise das doppelte an Dachfläche mit Ost- oder Westausrichtung, die etwa 70 % von Süddächern erbringt, in Summe (bewertet) das Äquivalent von 340 km² Dachfläche. Dies würde eine Vollversorgung nominell mit PV erlauben. Es gelten die Einschränkungen, dass dabei im Sommer Stromüberschuss anfallen würde, der nicht für den Winter verwendbar ist, wohingegen die Last im Winter am höchsten ist. Nach unseren Berechnungen sind maximal 45 % der Last ohne Speicher zu decken.

3.1.1.5 Biomasse

ÖROK, 2008 erfasst das theoretische Potenzial für Biomasse aus land- und forstwirtschaftlichen Ressourcen in einem kumulierten Wert. Die verfügbaren Flächen wurden anhand von Satellitenbildern bestimmt und in Klassen mit spezifischen Ertragswerten gegliedert. Biomasseerträge aus landwirtschaftlicher Produktion werden sowohl auf Acker-, als auch auf Grünlandflächen erwirtschaftet, in Biogas und in weiterer Folge in Wärme und elektrische Energie umgewandelt.

Das technische Potenzial wird zuerst getrennt für land- und forstwirtschaftliche Biomasse berechnet, da hier unterschiedliche Einschränkungen zu treffen sind. Neben der Topografie (in der Forstwirtschaft gelten Hänge mit einer Hangneigung größer als 50° bzw. einer Seehöhe höher 1.800 m als nicht nutzbar, für Landwirtschaft werden Flächen mit einer Hangneigung größer 35° bzw. über 1.500 m ausgeschlossen) sind vor allem Verluste aufgrund der Erntetechniken (Landwirtschaft: mittlere Ernteverluste von 15 %) und der Anlagenwirkungsgrade (Forstwirtschaft: 80 %, Landwirtschaft: 71 %) zu nennen.

Für die Ermittlung des eingeschränkten technischen Potenzials werden Flächen in Schutzgebieten ausgenommen. Auch hier gelten für land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen unterschiedliche Annahmen. Das eingeschränkte technische Potenzial für die Steiermark liegt bei 46.800 TJ/a.

REGIO, 2010 weist Potenziale für Biomasse getrennt nach forstlicher Biomasse, Biomasse aus dem Ackerbau sowie aus Grünland-Viehwirtschaft aus.

Das technische Potenzial für forstwirtschaftliche Biomasse geht von der Annahme aus, dass der gesamte innerhalb eines Jahres theoretisch nutzbare Zuwachs (irgendwann) in Form von primären oder sekundären Rohstoffen, zum Beispiel in Form von Altpapier oder Altholz für die Energieproduktion zur Verfügung steht. Ausgeschlossen sind Flächen, welche nicht in Produktion stehen, sowie Ernteverluste von 20 %, um einer Bodenverarmung entgegenzuwirken.

Das technische Potenzial für landwirtschaftliche Biomasse wird aus für die Produktion von Energiepflanzen zur Verfügung stehenden Flächenanteilen berechnet. Dazu zählen Stilllegungsflächen sowie frei werdende Flächen, wenn die Nahrungsmittelproduktion auf 100 % des Eigenversorgungsgrades reduziert bzw. der Flächenertrag erhöht würde. Außerdem werden Kuppelprodukte aus der Energieproduktion (DDGS, Pflanzenölpresskuchen) dem Bedarf an Futtermitteln zugerechnet und die sich daraus ergebenden Freiflächen zur Energieproduktion herangezogen.

Das technische Potenzial aus Grünland und Viehwirtschaft stützt sich auf die Annahmen, dass die gesamte innerhalb eines Jahres nachwachsende Grünmasse und andererseits die vollständige Produktion von Wirtschaftsdünger aus Viehhaltung einer energetischen Verwertung zugeführt werden kann.

Das eingeschränkte technische Potenzial forstwirtschaftlicher Biomasse berücksichtigt die Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Verwertung. Damit beträgt das eingeschränkte technische Potenzial aus der Forstwirtschaft 38.153 TJ/a.

Das eingeschränkte technische Potenzial für landwirtschaftliche Biomasse wird mit 20 % der verfügbaren Ackerfläche berechnet und entspricht damit 1.083 TJ/a.

Das eingeschränkte technische Potenzial aus Grünland und Viehwirtschaft berücksichtigt nur jene Flächen, die nicht für die Produktion von Futtermitteln beansprucht werden. Außerdem ist mit 33 % Verlust bei der Verwertung des Wirtschaftsdüngers aufgrund verstärkter Weidehaltung zu rechnen. Daraus ergibt sich ein Potenzial von 6.160 TJ/a.

Daraus ergibt sich ein eingeschränktes technisches Gesamtpotenzial für Biomasse von 45.396 TJ/a für die Steiermark.

Einen Überblick über die Potenziale aus Biomasse entsprechend der Studien ÖROK, 2008 und REGIO, 2010 gibt Tabelle 11.

Tabelle 11: Potenzial Biomasse

| POTENZIAL *) | ÖROK, 2008 | REGIO, 2010 | Einheit |
|---------------------------------------|------------|-------------|---------|
| theoretisches Potenzial | k.A. | k.A. | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 74.160 | 103.698 | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial | 46.800 | 45.396 | [TJ/a] |

*) Alle Biomassepotenziale: Holz, Gülle, landwirtschaftliche Rohstoffe

Das künftig nutzbare Biomassepotential aus der Forstwirtschaft in der Steiermark wurde auch von der Landwirtschaftskammer Steiermark abgeschätzt. Metschima, 2014 geht dabei von den Einschlagszahlen in den letzten Jahren in der Größenordnung von 5 Mio fm/a aus. Davon gehen rund 60 % in die Sägeindustrie und 20 % in die Papierindustrie. Weitere 20 %, also ca. 1 Mio fm/a gehen direkt in eine energetische Verwertung, was rund 10.000 TJ/a entspricht. Für das Jahr 2020 wird eine mögliche Steigerung auf rund 1,2 Mio fm/a für möglich erachtet, entsprechend 12.000 TJ/a. Dazu ist der Rückfluss aus der stofflichen in die energetische Verwertung, also die Altholz- und die Altpapierverbrennung hinzuzurechnen. Nach konservativer Einschätzung wird damit ein Wert von insgesamt 19.000 - 20.000 TJ/a erreicht. Zu diesem Wert ist noch das Brennholz hinzuzurechnen, das in den Einschlagszahlen nicht erfasst wird, vorwiegend Stückholz und Hackgut im bäuerlichen Bereich für die Nutzung im eigenen Betrieb. Hierüber liegen allerdings keine näheren Angaben vor.

3.1.1.6 Tiefe Geothermie

Zur Potenzialabschätzung tiefer Geothermie weist die Studie ÖROK, 2008 keine genauen Daten aus. Deshalb wurde zum Vergleich die Studien Kaltschnmitt, 2009 und REGIO, 2010 herangezogen.

Von Kaltschmitt, 2009 wird das theoretische Potenzial für Wärmegewinnung aus tiefer Geothermie unter der Annahme eines vollständigen Wärmeentzugs über eine Nutzungsdauer von 500 Jahren angegeben. Das theoretische Potenzial für die Stromerzeugung kann nur für die Gebiete mit Thermalwassertemperaturen größer 100 °C nutzbar gemacht werden.

Das technische Potenzial für Wärme wird von Kaltschnmitt, 2009 mit „technischem Angebotspotenzial“ und berücksichtigt eine Mindesteinjektionstemperatur von 15 °C in den Aquifer. Für Strom wird von den Annahmen ausgegangen, dass einerseits nur rund 15 % der Wärme der im Aquifer gespeicherten Wärme entnommen werden können, ohne eine langfristige Auskühlung des Gesteins zu riskieren, und andererseits ein Anlagenwirkungsgrad nach derzeitigem Stand der Technik von ca. 7 % stark limitierend wirkt.

Das eingeschränkte technische Potenzial für Wärme, in Kaltschmitt, 2009 mit „technischem Nachfragepotenzial“ bezeichnet, wird durch eine Ausnutzung von 4.000 Vollaststunden mit

einer Rücklauftemperatur von 35 °C begrenzt und entspricht einem Wärmeertrag von 2.099 TJ/a. Das eingeschränkte technische Potenzial für die Stromgewinnung berücksichtigt Netzverluste von 3 %. Daraus ergibt sich ein Potenzial von 34.920 TJ/a für die Steiermark.

REGIO, 2010 weist das theoretische Potenzial für tiefe Geothermie nicht gesondert aus.

Das technische Potenzial wird in der Studie REGIO, 2010 aus dem geothermischen Potenzial, bezogen auf die Bezirksfläche, bei vollständiger Nutzbarkeit ohne Flächenkonkurrenzen oder Beschränkungen durch den Aquifer berechnet.

Das eingeschränkte technische Potenzial unterliegt hingegen Beschränkungen in Bezug auf nutzbare Flächen – Flächen außerhalb des Dauersiedlungsraumes sind auszuschließen – und konkurrierende wirtschaftliche Interessen, um bestehende Thermenbäder ist zum Beispiel ein Schutzzradius von 5 km anzunehmen. Daraus lässt sich ein eingeschränktes technisches Potenzial für tiefe Geothermie von 589 TJ/a ermitteln.

Die Potenziale für tiefe Geothermie aus den Studien Kaltschnitt, 2009 und REGIO, 2010 sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Potenzial tiefe Geothermie

| POTENZIAL | Kaltschmitt 2009 | REGIO, 2010 | Einheit |
|---|---------------------|-------------|---------|
| theoretisches Potenzial (Wärme) | 16.200.000 | k.A. | [TJ/a] |
| technisches Potenzial (Wärme) | 5.400 | 3.928 | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial (Wärme) | 2.099 | 2.210 | [TJ/a] |
| theoretisches Potenzial (Strom) | 3.499.999 | k.A. | [TJ/a] |
| technisches Potenzial (Strom) | 36.000 | k.A. | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial (Strom) | 34.920 | k.A. | [TJ/a] |

3.1.1.7 Umgebungswärme

Der Begriff „Umgebungswärme“ wird in der Literatur oft nicht eindeutig verwendet und zum Teil mit dem Begriff „oberflächennahe Geothermie“ gleichgesetzt, da hier zwei Technologien nebeneinander zum Einsatz kommen können, nämlich die Wärmeerzeugung mittels Erdsonden oder Erdwärmekollektoren.

ÖROK, 2008 weist Potenziale für beide Technologien getrennt aus. In diesem Kapitel wird allerdings aus Gründen der Vergleichbarkeit nur die Potenzialerhebung für Erdwärmesonden herangezogen.

Das theoretische Potenzial für Umgebungswärme ist in der Studie ÖROK, 2008 nicht ausgewiesen, wird aber unter Verwendung der Hydrogeologischen Karte Österreichs unter besonderer Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse sowie mittlerer Wärmeleitfähigkeiten der örtlich vorhandenen Gesteine, einer Jahresausnutzung von 2.400 Vollbetriebsstunden und einer mittleren Sondentiefe von 40 m bei 10 m Sondenabstand festgelegt.

Das technische Potenzial berücksichtigt die geforderte Nähe zum Verbraucher. Daher werden in dieser Betrachtung nur 56 % des Dauersiedlungsraumes zur Berechnung herangezogen, da die übrigen Flächen (z.B. Verkehrsflächen, sonstige Infrastrukturelemente) für eine Nutzung von Umgebungswärme nicht geeignet sind.

Das eingeschränkte technische Potenzial für Umgebungswärme berücksichtigt zusätzlich konkurrierende Nutzungen und beträgt in der Studie ÖROK, 2008 560.520 TJ/a. Weiters wird ein reduziertes technisches Potenzial, das den Gebäudeflächen direkt zugeordnet werden kann und daher in unmittelbarer Nähe zum Verbraucher liegt, von 17.640 TJ/a für die Steiermark ermittelt.

REGIO, 2010 nimmt ebenfalls keinen Bezug auf das theoretische Potenzial von Umgebungswärme.

Das technische Potenzial wird im Gegensatz zur Studie ÖROK, 2008 allerdings als Nachfragepotenzial definiert und bezieht sich auf den Gesamtwärmebedarf aller Gebäude in der Steiermark. Dafür wurden Gebäudetypen und die dafür am besten geeignete Technologie bestimmt.

Das eingeschränkte technische Potenzial wird um die Annahme, dass Einfamilienhäuser erst ab einem Baujahr von 1981 mit Wärmepumpen ausgestattet werden, reduziert. Daraus ergibt sich ein Potenzial von 18.349 TJ/a aus Umgebungswärme für die Steiermark.

Tabelle 13 stellt die Potenziale für Umgebungswärme aus den Studien ÖROK, 2008 und REGIO, 2010 vergleichend gegenüber.

Tabelle 13: Potenzial Umgebungswärme

| POTENZIAL | ÖROK, 2008 | REGIO, 2010 | Einheit |
|---------------------------------------|------------|-------------|---------|
| theoretisches Potenzial | k.A. | k.A. | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 593.575 | 30.362 | [TJ/a] |
| eingeschränktes technisches Potenzial | 560.520 | 18.349 | [TJ/a] |
| reduziertes technisches Potenzial | 17.640 | k.A. | [TJ/a] |

3.1.1.8 Abfall

Das theoretische Potenzial aus Abfall errechnet sich aus dem Aufkommen der verschiedenen Fraktionen und ihrem jeweiligen Heizwert. Für den gesamten kommunalen Siedlungsabfall errechnet sich daher ein theoretisches Potenzial von 3.473 TJ/a. Unter der Annahme, dass gewerblicher Restmüll mit einem Heizwert, der kommunalem Restmüll entspricht, ebenfalls zur Verfügung steht, erhöht sich das theoretische Potenzial aus Abfall auf 4.465 TJ/a für die Steiermark. Die Daten wurden dem Landesabfallwirtschaftsplan (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2010) entnommen.

Zum technischen bzw. eingeschränkten technischen Potenzial werden im Landesabfallwirtschaftsplan keine Angaben gemacht.

Tabelle 14 zeigt das theoretische Potenzial aus Abfall für die Steiermark (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2010a).

Tabelle 14: Potenzial Abfall

| POTENZIAL | LAP2010 | Einheit |
|---------------------------------------|---------|---------|
| theoretisches Potenzial | 3.473 | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | k.A. | [TJ/a] |
| Eingeschränktes technisches Potenzial | k.A. | [TJ/a] |

3.1.1.9 Industrieabwärme

Zum theoretischen und technischen Potenzial aus Industrieabwärme kann auf eine Studie von Schnitzer (Schnitzer H., 2012) Bezug genommen werden. In dieser Studie wurden diejenigen Betriebe in der Steiermark, die den energieintensiven Branchen zugeordnet werden können, befragt.

Das theoretische Potenzial für Abwärme (in der Studie Schnitzer H., 2012 als „technisches Potenzial“ bezeichnet) entspricht jenem noch nutzbaren Potenzial, welches in den Betrieben als Abwärme in Gas- oder Abwasserströmen anfällt und noch nicht zur Wärmegewinnung genutzt wird.

Das technische Potenzial (in der Studie Schnitzer H., 2012 als „wirtschaftliches Potenzial“ bezeichnet) beschreibt die nutzbare Abwärme unter wirtschaftlichen (Amortisationszeiten), technischen (Charakteristika der Abwärmeströme) und strukturellen (Entfernung/Kapazität des Fernwärmennetzes) Charakteristika.

Das eingeschränkte technische Potenzial (in der Studie Schnitzer H., 2012 als „umsetzbares Potenzial“ bezeichnet) berücksichtigt spezifische standortbedingte Einschränkungen, wie z.B. den finanziellen Aufwand, Produktionssicherheit des Kerngeschäfts oder die technische Machbarkeit. Die Studie ermittelt unter diesen Annahmen ein eingeschränktes technisches Potenzial von 1.206 TJ/a für die Steiermark.

Tabelle 15 zeigt die Potenziale für Industrieabwärme aus der Studie (Schnitzer H., 2012).

Tabelle 15: Potenzial Industrieabwärme

| POTENZIAL | Schnitzer 2012 | Einheit |
|---------------------------------------|----------------|---------|
| theoretisches Potenzial | 9.270 | [TJ/a] |
| technisches Potenzial | 1.872 | [TJ/a] |
| Eingeschränktes technisches Potenzial | 1.206 | [TJ/a] |

3.1.2 Künftige Szenarien unter veränderlichen Rahmenbedingungen

Sowohl in den Studien REGIO, 2010 und ÖROK, 2008, als auch in der Energiestrategie 2020 und dem „Klimaschutzplan“ (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2010b) sind mögliche Szenarien zur Nutzung erneuerbarer Energieträger unter der Berücksichtigung sozialer, ökonomischer und ökologischer Aspekte untersucht worden. Einen Überblick über realisierbare Potenziale dieser Energieträger bietet Tabelle 16. Die Beschreibungen, Begriffsdefinitionen und getroffenen Einschränkungen der einzelnen Szenarien können den entsprechenden Studien entnommen werden und werden hier nur auszugsweise beschrieben.

Die von der Studie REGIO, 2010 getroffenen Einschränkungen in der Szenariengenerierung für die untersuchten Energieträger lauten wie folgt:

Solarthermie:

Im Szenario mini wird von einer konstanten Ausbaurate mit dem Referenzwert des Jahres 2008 ausgegangen. Die Szenarien midi und maxi bilden hingegen eine 5%- bzw. 10%-ige Erhöhung der Ausbaufläche im Vergleich zum Vorjahr ab.

Photovoltaik:

In allen Szenarien werden konstante Ausbauraten angenommen, wobei das Szenario mini das historische Ausbaumaximum von 2003 fortschreibt; das Szenario midi wurde pragmatisch mit dem fünffachen historischen Maximum und das Szenario maxi mit dem zehnfachen historischen Maximum berechnet.

Umgebungswärme:

Der Entwicklung der Szenarien für Umgebungswärme wurden die Neuinstallationen des Jahres 2008 als Basis herangezogen. Im Szenario mini wurde ein konstantes Wachstum von 3 %, im Szenario midi 5 % und im Szenario maxi 10 % definiert.

Windkraft:

Das Szenario mini schreibt das Wachstum der schwächsten Ausbaurate der Windkraft während der Referenzperiode von 2006 bis 2008 fort. Das Szenario mini hingegen wird erreicht, wenn der historisch stärkste Anlagenzuwachs, der in den Jahren 2002 bis 2006 erfolgte, bis 2020 weitergeführt würde und zusätzlich 2,5 % der bestehenden Anlagen repowert werden. Das Szenario maxi geht ebenfalls von der stärksten Zuwachsrate entsprechend dem Szenario midi aus, allerdings werden 5 % der Altanlagen repowert. Durch Zusatzförderungen und technische Innovationen kann der Jahreszuwachs um weitere 50 % des durchschnittlichen Jahreszuwachses gesteigert werden.

Forst:

Das Szenario mini bildet eine der Marktentwicklung entsprechenden Zunahme an Holznutzung im Jahr 2020 bei gleichbleibenden Erntestrukturen wie 2008 ab. Die Szenarien midi und maxi gehen hingegen von einer steigenden Holzrestmassennutzung durch verbesserte Erntetechniken aus, ohne das ökologische Gleichgewicht zu stören. Das Szenario maxi berücksichtigt darüber hinaus verbesserte Rahmenbedingungen in Bezug auf die Nachfragesituuation.

Acker- und Viehwirtschaft:

Zusätzlich zum eingeschränkten technischen Potenzial werden im Szenario mini 10 %, im Szenario midi 15 % und im Szenario maxi 20 % der in der landwirtschaftlichen Erzeugung anfallenden Koppelprodukte (Stroh, Rübenblätter) zu jeweils 50 % thermisch und 50% in Form von Biogas zur Bereitstellung von Energie genutzt.

Die Szenarien der Entwicklung der Grünland- und Viehwirtschaft unterscheiden sich in den gewählten Nachfragesituationen nach tierischen Produkten. Generell gilt die Annahme, dass mit steigender Fleisch- und Milchnachfrage weniger Wiesenflächen für die energetische Nutzung zur Verfügung stehen. So wird dem Szenario mini eine um 10 % über dem Selbstversorgungsgrad liegen die Nachfrage an tierischen Produkten zugrunde gelegt; beim Szenario midi bleibt der Selbstversorgungsgrad von 100 % erhalten und beim Szenario maxi wird von einer Änderung der Ernährungsgewohnheiten ausgegangen, wodurch es zu einer Reduktion von 5 % der tierischen Nahrungsmittel im Jahr 2020 kommt.

Geothermie:

Im Szenario mini wird von einer jährlichen Zuwachsrate von 0,25 GWh/a ausgegangen. Für die Szenarien midi und maxi gelten die Annahmen von linearen Zuwachsralten von 2,5 GWh/a und einer Repowering-Rate von 25 % bzw. 50 %.

Wasserkraft:

Die Szenarien beschreiben die Energiepotenziale im Jahr 2020 unter den Annahmen von konstanten jährlichen Ausbauraten. Aus den Daten der Studie REGIO, 2010 die für Gesamtösterreich vorliegen, kann auf die Ausbauraten der Steiermark in guter Näherung geschlossen werden. Für die Szenarien mini, midi und maxi wurden konstante Ausbauraten

von 8 MW, 16 MW bzw. 24 MW angenommen. Die von der Studie ÖROK, 2008 getroffenen Einschränkungen in der Szenariengenerierung für die untersuchten Energieträger entsprechen wie folgt:

Solarthermie:

Das Szenario 1 wird anhand der in der Referenzstudie (Fink C. et. al., 2008) ausgewiesenen Flächenangaben berechnet. Das Szenario 2 geht von der Annahme aus, dass 54 % der geeigneten Dachflächen, die bereits zur Berechnung des eingeschränkten technischen Potenzials herangezogen wurden, für Solarthermie genutzt werden.

Photovoltaik:

Beide Szenarien gehen von der Nutzung von 52 % bzw. 27 % der geeigneten Dach- und Fassadenflächen aus, wobei das Szenario 2 noch um 0,5 % der Acker und Wiesen (exklusive Schutzgebiete) erweitert wird.

Umgebungswärme:

Beide Szenarien wurden in Anlehnung an den Wärmepumpenaktionsplan für Österreich (Lutz G., 2007) erstellt. Das Szenario 1 entspricht einer Nutzung von 28 % des technisch möglichen Potenzials auf den Gebäuden zuordenbaren Flächen; im Szenario 2 werden hingegen rund 33 % genutzt.

Windkraft:

Das eingeschränkte technische Potenzial für Windkraft verringert sich in den gewählten Szenarien aufgrund der Annahme einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 4,5 m/s. In Szenario 1 wird ein Mindestabstand der Windkraftanlagen zum Siedlungsraum von 1.000 m, in Szenario 2 von 500 m angenommen.

Biomasse:

Szenario 1 geht von energieisch nutzbaren Flächenanteilen von 16 % der Ackerflächen, 18 % des Grünlands sowie 68 % der Waldflächen aus. In Szenario 2 werden nur die nicht für die Deckung des Nahrungsmittelbedarfs benötigten Flächen (unter der Annahme von 0,2 ha/Einwohner) sowie dem erwarteten Mehrpotenzial aus der Forstwirtschaft für die Energieerzeugung herangezogen. Das Szenario 3 wurde in Anlehnung an die im Nationalen Biomasseaktionsplan für Österreich (BMLFUW, 2006) als energiewirtschaftlich nutzbar ausgewiesenen land- und forstwirtschaftlichen Flächen erstellt.

Wasserkraft:

In Szenario 1 wird von einer Reduktion des eingeschränkten technischen Potenzials um 50 % aufgrund von Akzeptanzproblemen, ökonomischen Einschränkungen etc. ausgegangen, im Szenario 2 von 20 % Reduktion.

Die Energiestrategie 2025 (Amt der Stmk. Landesregierung 2009) definiert zwar mögliche Ausbaupotenziale der erneuerbaren Energieträger, gibt aber keinerlei Aufschluss darüber, unter welchen Annahmen diese Potenziale ermittelt wurden.

Im Klimaschutzplan (Amt der Stmk. Landesregierung 20010b) sind Szenarien als Referenz-, Basisziel- bzw. Innovationszielszenario anhand von zu erreichenden Treibhausgas-Reduktionen definiert. Im Basiszielszenario wird das von der EU angestrebte Ziel entsprechend der Roadmap 20-20by2020 umgesetzt, im Innovationszielszenario hingegen wird von einer Reduktion der THG-Emissionen um 80 % als Zielvorgaben für 2050 ausgegangen.

Zur Erreichung dieser Reduktionsziele wurden für den Gebäudebereich der verstärkte Einsatz von Solarthermie, Biomasse und Umgebungswärme berechnet. Da die getroffenen Annahmen sehr umfangreich und in der zitierten Studie detailliert beschrieben sind, werden hier nur die dort ermittelten Potenziale angeführt.

Tabelle 16 zeigt die realisierbaren Gesamt- bzw. Ausbau-Potenziale erneuerbarer Energieträger.

Tabelle 16: Realisierbare Potenziale erneuerbarer Energieträger

| TECHNOLOGIE | REGIO | ENERGIESTRATEGIE | | KLIMASCHUTZPLAN PERSPEKTIVEN | | ÖROK |
|--------------------------|---------------|------------------|-----------------|------------------------------|---------|-------------------|
| | | [TJ/a] | 2020 | [TJ/a] | 2020/30 | |
| Solarthermie | Szenario mini | 1.091 | | Referenzszenario | 2.035 | Szenario 1 8.280 |
| | Szenario midi | 1.354 | Ausbaupotenzial | Basisziel | 4.367 | |
| | Szenario maxi | 1.732 | | Innovationsziel | 4.321 | Szenario 2 29.880 |
| Photovoltaik | Szenario mini | 52 | | Referenzszenario | k.A. | Szenario 1 9.720 |
| | Szenario midi | 210 | Ausbaupotenzial | Basisziel | k.A. | |
| | Szenario maxi | 407 | | Innovationsziel | k.A. | |
| Umgebungs-wärme | Szenario mini | 1.800 | | Referenzszenario | 382 | Szenario 1 4.320 |
| | Szenario midi | 1.998 | Ausbaupotenzial | Basisziel | k.A. | |
| | Szenario maxi | 2.646 | | Innovationsziel | k.A. | Szenario 2 5.040 |
| Windkraft | Szenario mini | 498 | | Referenzszenario | k.A. | Szenario 1 1.080 |
| | Szenario midi | 734 | Ausbaupotenzial | Basisziel | k.A. | |
| | Szenario maxi | 885 | | Innovationsziel | k.A. | Szenario 2 1.440 |
| Forst | Szenario mini | 25.787 | | Referenzszenario | 1.798 | Szenario 1 33.840 |
| | Szenario midi | 29.146 | Ausbaupotenzial | Basisziel | k.A. | Szenario 2 37.080 |
| | Szenario maxi | 32.695 | | Innovationsziel | k.A. | Szenario 3 46.800 |
| Acker- u. Viehwirtschaft | Szenario mini | 9.947 | | Referenzszenario | k.A. | |
| | Szenario midi | 10.192 | Ausbaupotenzial | Basisziel | k.A. | |
| | Szenario maxi | 10.483 | | Innovationsziel | k.A. | |
| Geothermie | Szenario mini | 173 | | Referenzszenario | k.A. | k.A. |
| | Szenario midi | 270 | Ausbaupotenzial | Basisziel | k.A. | |
| | Szenario maxi | 371 | | Innovationsziel | k.A. | |
| Wasserkraft | Szenario mini | 13.460 | | Referenzszenario | k.A. | k.A. |
| | Szenario midi | 14.764 | Ausbaupotenzial | Basisziel | k.A. | |
| | Szenario maxi | 16.121 | | Innovationsziel | k.A. | |
| Abwärme | | k.A. | | k.A. | k.A. | k.A. |
| | | k.A. | | k.A. | k.A. | |
| | | k.A. | | k.A. | k.A. | |
| Abfall | | k.A. | | k.A. | k.A. | k.A. |
| | | k.A. | | k.A. | k.A. | |
| | | k.A. | | k.A. | k.A. | |

*) Dieses Potential wurde bereits 2014 übertroffen.

Für einzelne erneuerbare Energieträger wurden weitere Untersuchungen angestellt, um das realisierbare Potenzial, welches keiner Konkurrenz zu stofflicher Verwertung oder Nahrungsmittelproduktion unterliegt, genauer beschreiben zu können. Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Restmüllverbrennung:

Um die Fernwärmeversorgung der Stadt Graz ab dem Jahr 2020 zu gewährleisten, wurde der Beitrag, den die Verbrennung von Abfall liefern kann, ermittelt. Dazu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Bevölkerungsentwicklung wurde den Steirischen Statistiken, Regionale Bevölkerungsprognose 2009/10, Heft 13/2010 entnommen.
- Das steigende kommunale Müllaufkommen pro Einwohner wurde gemäß der Kommunalen Abfallmengenprognosse für die Steiermark mit 1,2 % pro Jahr angenommen.
- Der Heizwert für Restmüll entspricht den Angaben aus dem Landesabfallwirtschaftsplan 2010, ebenso der Wirkungsgrad für eine Restmüllverbrennungsanlage.

Unter Berücksichtigung kurzer Transportwege kann somit aus dem prognostizierten Restmüllaufkommen im Jahr 2020 in den Bezirken Graz und Graz-Umgebung mit einem Fernwärmeertrag von 480 TJ/a gerechnet werden. Durch thermische Verwertung des gesamten in der Steiermark anfallenden Restmüllaufkommens könnten 1.272 TJ/a an Fernwärme bereitgestellt werden.

Photovoltaik aus Dachflächennutzung:

Der zurzeit in Bearbeitung befindliche Solardachkataster Steiermark weist für Graz ein Potenzial von 1.145 TJ/a an Strom aus Photovoltaikanlagen auf Dachflächen aus. Die Fertigstellung des Solardachkatasters für die Photovoltaiknutzung für die restliche Steiermark wird mit 2016 erwartet. Gebäudeintegrierte PV würde eine noch höhere Annahme zulassen.

Photovoltaik auf Flächen geschlossener Deponien:

Die Nutzung von Flächen stillgelegter Deponien für die Stromerzeugung aus Photovoltaik bietet den Vorteil, dass sie konkurrenzlos zu Nahrungsmittelproduktion oder stofflicher Verwendung erfolgen kann. Eine erste Abschätzung für den Energieertrag auf Flächen geschlossener Restmülldeponien ergibt eine jährliche Stromerzeugungsmenge von rund 30 TJ/a. In Zusammenarbeit mit den Abteilungen 13 und 14 der Steiermärkischen Landesregierung soll demnächst eine Potenzialanalyse weiterer Deponiestandorte durchgeführt werden.

Solarthermie aus Dachflächennutzung:

Der Solardachkataster Steiermark ermittelt neben dem Photovoltaikpotenzial auch das Potenzial an Solarthermie auf Dachflächen. Für den Bezirk Graz ist die Erhebung abgeschlossen und weist einen Energieertrag von 4.464 TJ/a aus. Dieser Wert aus dem Solardachkataster Steiermark bezieht sich allerdings auf das Gesamtpotenzial und nicht auf das wirtschaftlich realisierbare Potenzial. Im Mai 2014 wurden ca. 50 % der Steiermark bearbeitet; das bis dato ermittelte Potenzial an Solarthermie beläuft sich auf 28.003 TJ/a.

Stromerzeugung durch Aufrüstung bestehender Biomasse-Heizwerke zu KWK-Anlagen:

Durch Umrüstung bestehender Biomasse-Heizwerke zu KWK-Anlagen können 455 TJ/a zusätzlich an Strom erzeugt werden. Damit beträgt die gesamte in Biomasse-KWK erzeugte Strommenge 927 TJ/a.

Wärmeversorgung mittels oberflächennaher Geothermie:

Oftmals wird das Potenzial von Wärme aus oberflächennaher Geothermie (Umgebungswärme) ohne den zum Betrieb von Wärmepumpen notwendigen Strombedarf angegeben. Daher wurde die zusätzlich benötigte Strommenge unter Annahme des Szenarios midi aus der Studie REGIO, 2010 berechnet. Bei einem Wärmeertrag von 1.998 TJ/a müssen rund 700 TJ/a elektrisch aufgebracht werden.

Tabelle 17: weitere Potenziale erneuerbarer Energieträger

| TECHNOLOGIE | REALISIERBARES POTENZIAL [TJ/a] | |
|---|--|-----------------|
| Fernwärme aus Restmüllverbrennung | Graz + Graz Umgebung Stmk. | 480 1.372 |
| Fernwärme aus Müllverbrennung | Graz + Graz Umgebung Stmk. | 2.604 7.446 |
| Fernwärme aus Müllverbrennung (kommunal: Gesamtmüll, gewerblich: Restmüll) | Stmk. | 8.440 |
| Photovoltaik aus Deponieflächennutzung | Abschätzung | 29,8 |
| Photovoltaik aus Dachflächennutzung | Graz | 1.145 |
| Solarthermie aus Dachflächennutzung | Graz Stmk. (Bearbeitungsstand 05/14) | 4.464 28.003 |
| Strom aus Biomasse-KWK | zusätzlich durch Aufrüstung der HW gesamt | 455 927 |
| Umgebungswärme | REGIO, 2010 Szenario midi | 1.998 |
| Stromverbrauch | 35 % | 698 |
| Nettoleistung | REGIO, 2010 Szenario midi-reduziert | 1.300 |

3.1.3 Szenario Strom

Im Szenario Strom wird der Status Quo der Stromversorgung der Steiermark sowie mögliche in der Literatur benannte Szenarien und Potenziale verglichen.

Der energetische Endverbrauch an Strom betrug 2012 in der Steiermark 36.545 TJ. Rund 50 % des benötigten Stroms stammen dabei aus fossilen Quellen bzw. Importen. Weitere 39 % stammen aus Wasserkraft, 9 % aus biogenen KWK-Anlagen sowie 1 % aus Windkraft.

Die Ermittlung des Eigenversorgungsgrades an Strom aus erneuerbaren Energieträgern wird aus der Studie REGIO, 2010 mit Hilfe des Szenarios midi berechnet. Die Deckung liegt hier,

unter Ausnützung realisierbarer Potenziale an Wasser- und Windkraft, Photovoltaik, Geothermie und biogenen KWK-Anlagen, bei ca. 61 %.

Das gesamte eingeschränkte technische Potenzial an erneuerbaren Energieträgern, bezogen auf die Studie REGIO, 2010, ermöglicht einen Eigenversorgungsgrad von 170 %.

Abbildung 40 stellt den Status Quo der Stromversorgung 2012 mit dem Szenario midi 2020 aus der Studie REGIO, 2010 sowie den kumulierten eingeschränkten technischen Potenzialen aus erneuerbaren Energieträgern gegenüber.

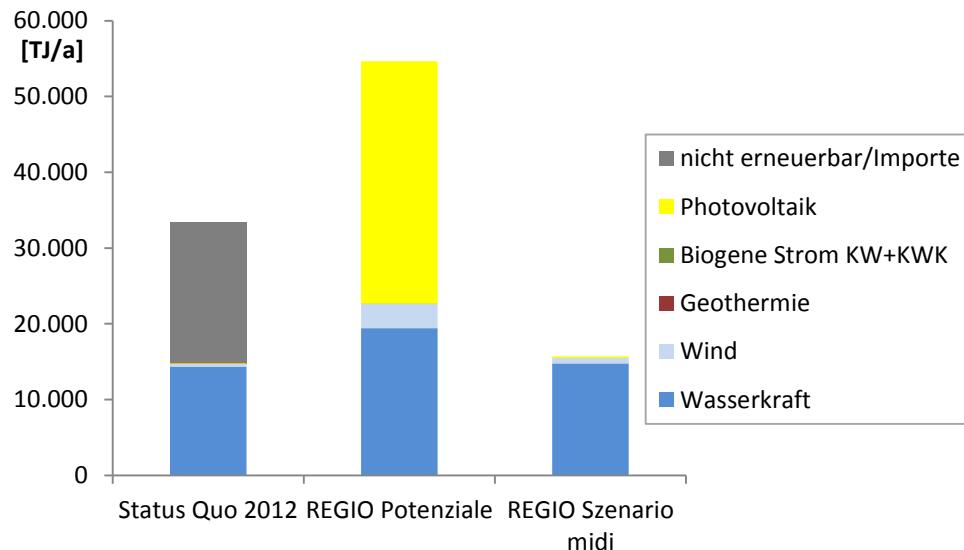


Abbildung 40: Szenarienvergleich 2020 Strom

Den Szenarien aus der Literatur steht die Marktentwicklung der erneuerbaren Energieträger der letzten Jahre gegenüber. Daraus lässt sich die zu erwartende Stromzusammensetzung für das Jahr 2020 voraussagen.

Wasserkraft:

Bislang fehlen Daten über die Anzahl an Revitalisierungsmaßnahmen, die eine Steigerung der Kleinwasserwirtschaft in der Steiermark erwirken sollen. Deshalb war es bislang nicht möglich, eine Voraussage zu liefern, um welchen Anteil die Wasserwirtschaft an der Gesamtstromerzeugung steigen wird. Als Annahme für die Entwicklung der Wasserwirtschaft in den Jahren 2013 – 2020 wurde daher auf die Annahme zurückgegriffen, dass die Stromerzeugung dem Trend der letzten Jahre linear folgt und eine leichte Steigerung auf ca. 15.585 TJ/a im Jahr 2020 ansteigen wird.

Windkraft:

Die jährlich neu installierte Leistung an Windkraft schwankte in der Vergangenheit erheblich. So wurden in den Jahren 2008 – 2012 mit Ausnahme des Jahres 2010 keine Windkraftanlagen in der Steiermark in Betrieb genommen; erst 2013 erfolgte mit 30 MW zusätzlich installierter Leistung erneut ein Boom. Dadurch sind qualifizierbare Voraussagen äußerst schwierig zu treffen. Im Durchschnitt liegt die neu installierte Leistung an Windkraft seit dem Jahr 2004 bei 12 MW. Mit der Annahme, dass die Ausbaurate konstant bleibt und keine Steigerung der Ausbaurate zu erwarten ist, liegt der Erwartungswert an installierter Leistungskapazität aus Windkraft im Jahr 2020 bei max. 165 MW. Statistisch etwas genauere Daten lassen sich über eine Betrachtung der kumulierten Leistung ableiten. In diesem Fall wird eine Gesamtkapazität an 96 MW erwartet. Dies entspricht, bei einer

durchschnittlichen Stromerzeugung von rund 7 TJ/MJ (errechnet aus den Jahresleistungen der Jahre 2005 und 2006 und der entsprechend installierten Kapazität) ca. 26 TJ/a. Im Jahr 2020 stehen rund 640 TJ an elektrischer Energie aus Windkraft bereit. Die Energie Steiermark schätzt, dass bis 2020 ca. 300 – 400 MW installierte Windenergieanlagen möglich sein werden.

Biomasse:

Für die Stromgewinnung aus Biomasse werden nur Biomasseverbrennungsanlagen, die eine Anlagengröße von 1 MW überschreiten, in Betracht gezogen. Entsprechend der vorliegenden Daten seit 1997 kann aufgrund der hohen Schwankungsbreite an jährlich neu installierten Kapazitäten der weitere Trend nur grob abgeschätzt werden. Ausgehend von einer konstanten Ausbaurate von 24,6 MW thermischer Leistung pro Jahr und einem Wirkungsgrad für die Stromerzeugung von 22 % entspricht dies einem Ausbau von 410 TJ/Jahr. 2020 können unter diesen Annahmen rund 9.200 TJ aus der KWK-Technologie von fester Biomasse gewonnen werden.

Photovoltaik:

Die jährlich installierte Leistung ist statistisch relativ genau belegbar und steigt konstant. Allerdings ist die Erfassung der installierten Leistungen schwierig, da bei der Photovoltaik eine Vielzahl an Förderungen zur Anwendung kommt, die sehr unterschiedliche Abrechnungszeiträume aufweisen. Zum Einen erfolgt eine Förderung über festgelegte Einspeisetarife durch die OeMAG, des Weiteren gibt es Investitionsförderungen des Bundes durch den Klima- und Energiefonds sowie seitens des Landes in Form einer Direktförderung bzw. im Rahmen der Wohnbauförderung. Zusätzlich bieten Gemeinden für den Ausbau von Photovoltaik verschiedene Fördermodelle an. Die Förderung des Landes wird in der Steiermark besonders gut angenommen. Je nach Jahr, ist die Investitionsförderung des Landes ausschlaggebend für 33-50% der neu installierten Photovoltaikleistung. Einen Überblick über die gängigsten Förderungen, die für den Ausbau von Photovoltaik in Anspruch genommen wurden, und deren Anteile an der jährlich installierten Gesamtleistung zeigt Abbildung 41.

Im Jahr 2020 werden unter der Annahme, dass sich die Förderungen entsprechend des Referenzzeitraumes von 2009 – 2013 entwickeln, rund 1.400 MWp an Photovoltaik installiert sein. Unter der Annahme von rund 1.000 Vollaststunden errechnet sich eine mögliche Stromproduktion von ca. 4.500 TJ im Jahr 2020 für die Steiermark.

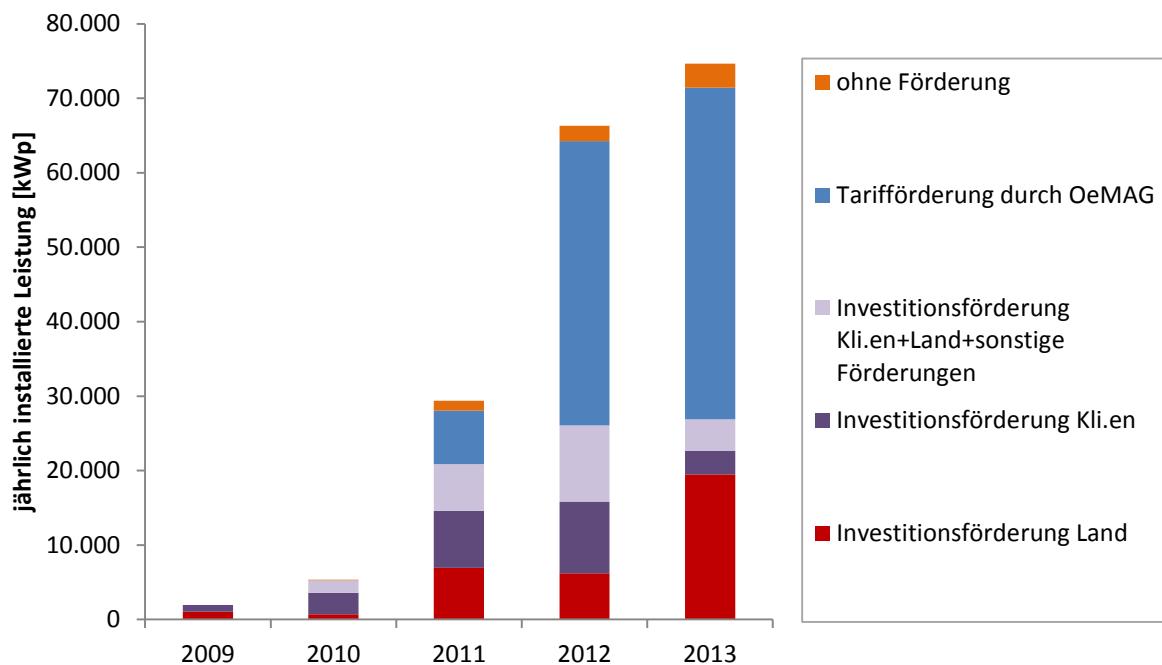


Abbildung 41: Förderungen für Photovoltaik

Abbildung 42 zeigt die Marktentwicklung der erneuerbaren Energieträger für die Stromproduktion unter oben beschriebenen Annahmen bis zum Jahr 2020. Mit diesen Technologien können rund 23.400 TJ an Strom erzeugt werden. Der Strombedarf des Jahres 2012 lag bei ca. 36.000 TJ und ist als Referenz im Diagramm dargestellt. Von Seiten der Energie Steiermark wird ein stärkeres Wachstum bei Wind und ein geringeres Wachstum bei PV erwartet,

Exkurs: Weltweite Entwicklung der PV und die damit verbundenen Stromerzeugungskosten

Durch die Existenz und den deutlichen weiteren Ausbau des EU27-Stromnetzes ist des weiteren von zunehmendem Angebot von Solarstrom zu sehr konkurrenzfähigen Kosten auszugehen, der in nicht anderweitig nutzbaren (ariden) Flächen in südeuropäischen Ländern erzeugt wird. Die Erzeugungskosten mit neuen Panelen würden hier derzeit bei 5 Cent/kWh liegen. Kalkulation: PV-Kosten First Solar, lead lines, 100 % Auslastung, die Rezyklierungskosten der Panelen betragen 0,42 \$/Wp. Die BOS-Kosten für Kraftwerke betragen etwa 0,58 \$/Wp, die Systemkosten also etwa 1 \$/Wp. Bei einer Einstrahlung von 1600 kWh/m²/a (Südspanien) gibt dies levelized costs of electricity (LCOE) bei 20 % Stromverlust in Leitungen, Schaltern, Wechselrichter usw, 40 Jahren Panel-Lebensdauer und 5 % Zinsen von 3,8 Cent/kWh. Dazu kommen etwa 20 % Gewinnspanne. Diese Kosten werden in der Praxis noch nicht erreicht, sind aber mit den besten derzeit verfügbaren Panelen und Fertigungsanlagen erreicht. Bis 2020 ist eine Halbierung dieser Kosten zu erwarten. Dazu kommen Leitungskosten Südeuropa- Österreich in Höchstspannungs-Gleichstromkabeln (unterirdisch, nur sehr geringe Neben- und Umweltwirkungen im Vergleich mit den gängigen Wechselstromleitungen auf Masten) von etwa 1 Cent/kWh. Es gibt hier keinen Flächenmangel, da z.B. für eine 90 % globale Energievollversorgung (aller Energienachfrage, nicht nur Strom) weniger als 1 % der Wüstenfläche der Erde ausreicht. Da die Effizienz der PV-Panelen rascher steigt (bis 2020 um etwa 35 %) als die Stromnachfrage, gilt dieser Flächenwert auch für die kommenden Jahrzehnte.

Zusätzlich werden Höchstspannungsgleichstromleitungen zwischen Europa und arabischen Ländern installiert; weitere sind geplant. Stromerzeugungskosten sind in diesen Ländern noch einmal um 20 % geringer, die Leitungskosten dagegen kaum höher, da deutliche Kostenanteile der Leitung durch die Wechselrichterstationen und andere Leistungselektronik bedingt sind, deren Kosten auch bei sehr langen Leitungen nicht ansteigen.

Dieses zu erwartende Kostenniveau von Strom betrifft letztlich auch die hier diskutierten regionalen Energieversorgungsüberlegungen, auch wenn die hier genannten Flächen nicht in der Steiermark und nicht einmal alle in Europa liegen müssten.

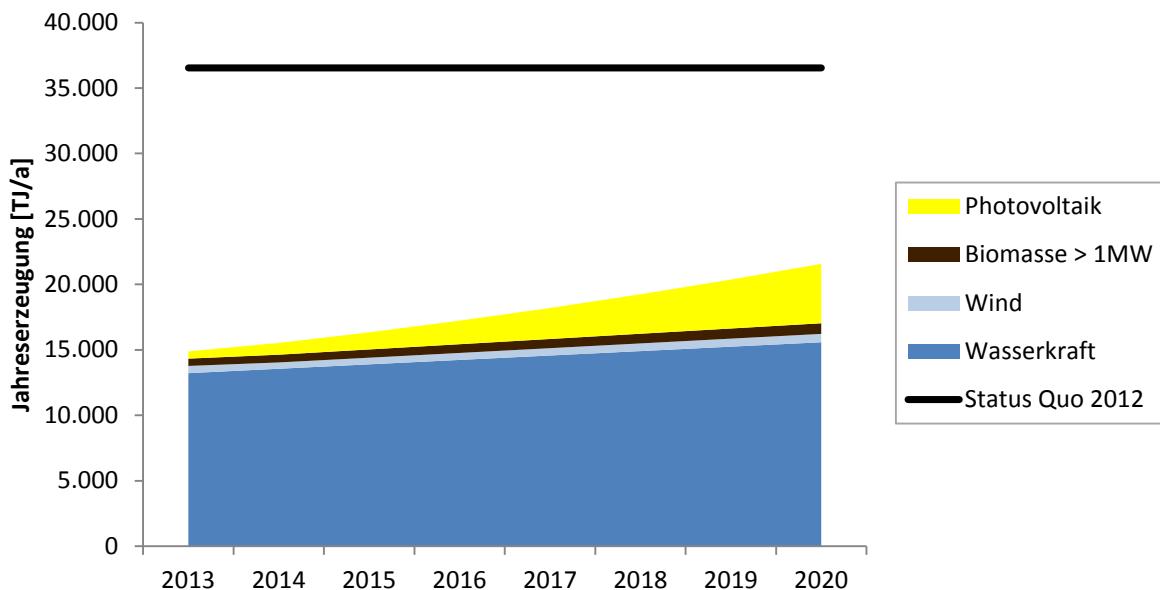


Abbildung 42: Marktentwicklung erneuerbarer Energieträger bis 2020 für die Stromerzeugung

3.1.4 Szenario Wärme

Um die für die Steiermark interessanten Energieträger zur Wärmebereitstellung auszuwählen, wird sinnvollerweise nach der Art der Wärmenutzung unterschieden. Dazu zählt die Nachfrage an Raumwärme und Trinkwarmwasser sowie an Prozesswärme.

Nach Kaltschnitt, 2009 werden rund 85 % des gesamten Wärmebedarfs im Privat- und Dienstleistungsbereich für Raumwärme, die verbleibenden 15 % für Trinkwarmwasser nachgefragt. 2012 betrug die Produktion dieser sogenannten Niedertemperaturwärme in der Steiermark insgesamt 41.995 TJ und stammte zu 62 % aus fossilen Energieträgern, zu 28 % aus Brennholz, zu 5 % aus sonstigen biogenen Brennstoffen sowie zu 4 % aus Umgebungswärme.

Die Nachfrage nach industrieller Prozess- und Raumwärme betrug in der Steiermark 2012 51.544 TJ und wurde zu 82 % aus fossilen Energieträgern und zu 18 % aus Brennholz erzeugt. Die Nutzung von erneuerbaren Energien kann aufgrund prozesstechnisch geforderter Parameter nicht in jedem Fall die Deckung an Prozesswärme gewährleisten, falls z.B. Wärme aus solarthermischen Anlagen oder aus der Nutzung oberflächennaher Geothermie die geforderten Temperaturniveaus nicht erreichen kann.

Der gesamte Wärmebedarf in der Steiermark inklusive Prozess- und Haushaltswärme betrug 2012 93.539 TJ. Rund 73 % entfielen dabei auf die Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern, 13 % auf Brennholz, 12 % auf sonstige biogene Energieträger aus KWK-Anlagen sowie 2 % aus Umgebungswärme.

Die Ermittlung des Eigenversorgungsgrades an Wärme aus erneuerbaren Energieträgern wird aus der Studie REGIO, 2010 mit Hilfe des Szenarios midi berechnet. Die Deckung liegt hier, unter Ausnutzung realisierbarer Potenziale an Brennholz, Solarthermie, Umgebungswärme, Industrieabwärme, Restmüllverbrennung und sonstiger biogener Energieträger in KWK-Anlagen, bei ca. 37 %.

Durch die Nutzung des gesamten eingeschränkten technischen Potenzials an erneuerbaren Energieträgern, bezogen auf die Studien REGIO, 2010 und Schnitzer H., 2012 kann ein Eigenversorgungsgrad von annähernd 100 % erreicht werden.

Abbildung 43 stellt den Status Quo der Wärmeversorgung 2012 mit dem Szenario midi 2020 aus der Studie REGIO, 2010 sowie den kumulierten eingeschränkten technischen Potenzialen aus erneuerbaren Energieträgern gegenüber.

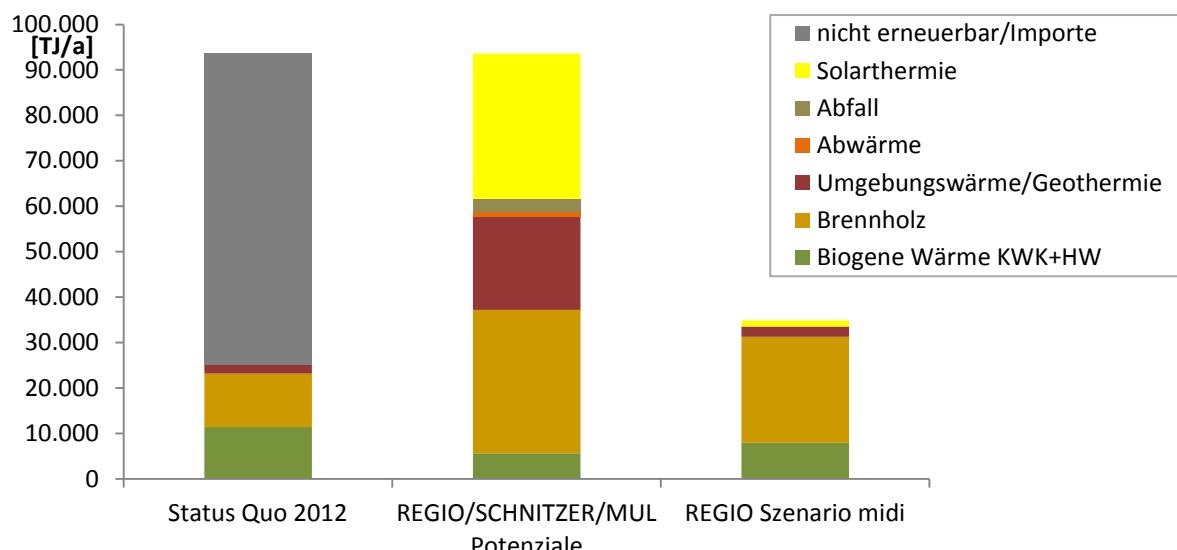


Abbildung 43: Szenarienvergleich 2020 Wärme

Den Szenarien aus der Literatur wird nun die Entwicklung der erneuerbaren Energieträger der letzten Jahre gegenüber gestellt und eine Hochrechnung für das Jahr 2020 angestrebt.

Biomasse:

Im Bereich der Wärmegewinnung aus Biomasse wird in drei Kategorien der Anlagenkapazität unterschieden. Die kleinsten Anlagen werden bis 100 kW zusammengefasst, die mittlere Kategorie umfasst Anlagen zwischen 100 kW und 1 MW und Anlagen größer 1 MW werden in die dritte Kategorie eingeordnet.

Biomasse Anlagenkapazität kleiner 100 kW:

Die vorliegende Datenlage erlaubt eine Analyse der jährlich installierten Biomasseöfen unter 100 kW seit dem Jahr 1997. Innerhalb einer gewissen Schwankungsbreite steigt die Anzahl an jährlich neu installierten Biomasseverbrennungsanlagen konstant an. Obwohl Förderungen für den Umstieg von Öl- auf Holzheizungen vorhanden sind, gibt es keine verfügbaren Daten zu den daraus finanzierten Anlagenkapazitäten. Unter der Annahme,

dass bereits installierte Holzöfen nach Ablauf einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 20 Jahren wiederum durch Holzöfen ersetzt werden, werden im Jahr 2020 ca. 1.700 MW thermischer Leistung an Kleinfeuerungen installiert sein. Bei einer durchschnittlichen Heizperiode von 1.300 Stunden pro Jahr werden ca. 8.200 TJ an Wärme erzeugt.

Biomasse Anlagenkapazität zwischen 100 kW und 1 MW:

In dieser Kategorie lässt sich aus den vorhandenen Daten kein Trend zur Beschreibung der jährlich installierten Anlagenleistung ableiten. Deshalb wurde für die Voraussage für die gesamt installierte Leistung im Jahr 2020 eine konstanten Ausbaurate von 11,4 MW zugrunde gelegt, die der durchschnittlichen Ausbaurate der Jahre 1997 - 2012 entspricht. 2020 wird eine Gesamtkapazität dieser Biomasseverbrennungsanlagen von 450 MW thermischer Leistung erwartet. Durchschnittliche Jahresarbeitszahlen von 2.000 Vollaststunden ergeben eine verfügbare Wärmemenge von ca. 3.300 TJ. Die Annahme einer konstanten Zuwachsrate bei Biomasse wird natürlich durch den Wunsch, die Potentiale in Zukunft bestmöglich auszunützen, mitgetragen. Voraussetzung dafür ist natürlich die weitere Steigerung des - derzeit schon recht hohen - Ausbaugrads und die Sicherstellung der Brennstoffverfügbarkeit angesichts der bestehenden Rohstoffkonkurrenz und der Kosten.

Biomasse Anlagenkapazität größer 1 MW:

Auch in dieser Kategorie der Biomasseverbrennungsanlagen schwanken die jährlich neu installierten Kapazitäten so stark, dass sich keine zuverlässige Voraussage treffen lässt. Unter diesem Umstand musste auf eine konstante Ausbaurate von 12,3 MW thermischer Leistung zurückgegriffen werden. Damit kann eine installierte Gesamtkapazität von 490 MW im Jahr 2020 erreicht werden, wobei von der Annahme, dass bereits amortisierte Anlagen bzw. Anlagen, deren Investitionsförderung bereits ausgelaufen ist, durch neue Biomasseanlagen ersetzt werden, auszugehen ist. Unter der Berücksichtigung einer durchschnittlichen Auslastung von 2.500 Vollaststunden können somit 4.400 TJ an Wärme bereitgestellt werden.

In Summe können im Jahr 2020 aus Klein-, Mittel- und Großfeuerungsanlagen ca. 15.800 TJ Wärme aus Biomasse zur Verfügung gestellt werden.

Solarthermie:

Die jährlich installierten Flächen zur Wärmeproduktion durch Solarthermie gehen seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 2009 stetig zurück. Werden keine Maßnahmen ergriffen, diese Entwicklung zu stoppen, ist mit einem Nullausbau an Solarthermie ab dem Jahr 2020 zu rechnen. Der Großteil der installierten Anlagen wird zudem ohne Finanzierung aus Fördermitteln errichtet. Einen Überblick über verfügbare Daten zu den Förderschienen der KPC (Förderungen des Gewerbes und der Industrie sowie Förderungen solarer Großprojekte) gibt Abbildung 44.

Im Jahr 2020 werden rund 240 MW an installierter Leistung aus Solarthermie zur Verfügung stehen. Theoretisch kann auch bei durchgängiger Wolkenbedeckung Wärme mittels Solarthermie erzeugt werden, praktisch hat sich aber eine Jahresarbeitszahl von 900 Vollaststunden zur Berechnung der jährlich erzeugbaren Wärmemenge durchgesetzt. Damit können 2020 rund 770 TJ Wärme durch Solarthermie bereitgestellt werden.

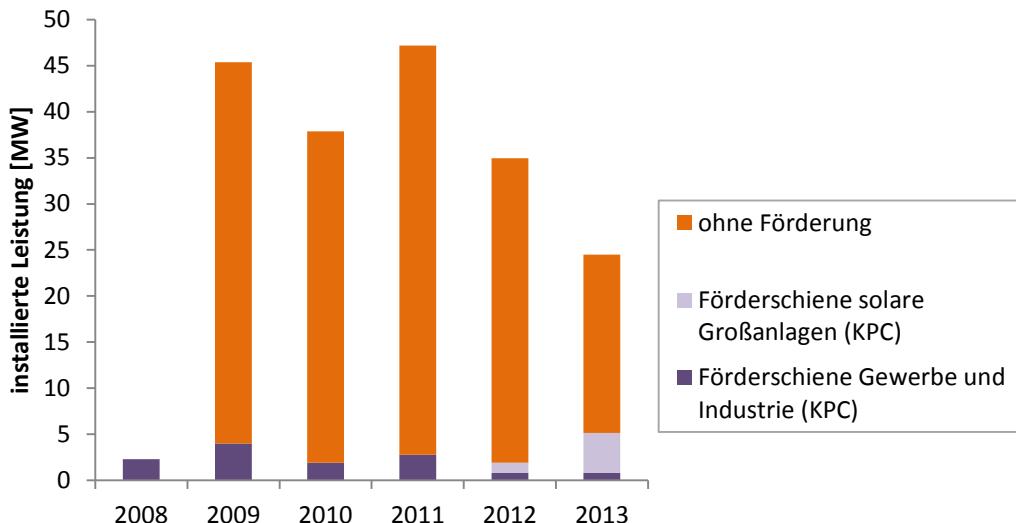


Abbildung 44: Förderungen für Solarthermie

Umgebungswärme:

Auch die jährlich neu installierten Kapazitäten sind im Bereich der geförderten Wärmepumpen seit 2010 stark rückläufig. Obwohl in den Jahren 2008 – 2010 der Anteil an installierten Wärmepumpen, die dank einer Förderung durch das Land errichtet wurden, größer als der eigenfinanzierte Anteil war, kehrt sich in den Jahren 2011 und 2012 dieser Trend um. Die vorliegenden Daten zu den Förderprogrammen des KPC und des Landes zeigt Abbildung 45.

2020 werden rund 2.200 TJ an Wärme durch den Einsatz von Wärmepumpen zur Verfügung gestellt werden können. Die Ausbaurate ist allerdings stark abhängig vom Einsatz in Neubauten.

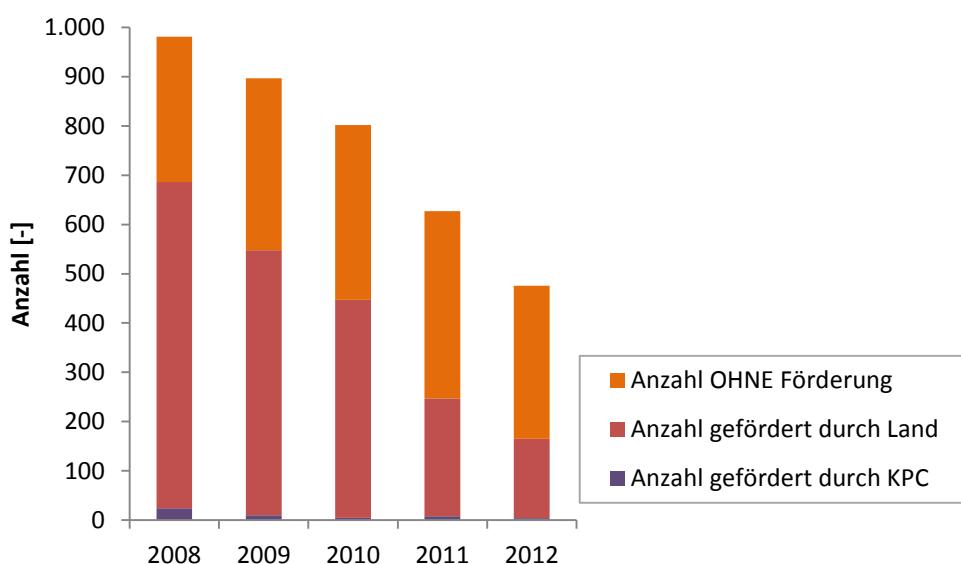


Abbildung 45: Förderungen für Wärmepumpen

Abbildung 46 fasst die Marktentwicklung der Biomasseverbrennungsanlagen, gegliedert in Anlagenkapazitäten unter 100 kW, 100 kW bis 1 MW und über 1 MW sowie die zu erwartenden Installationskapazitäten an Solarthermie und Wärmepumpen (dargestellt unter der Bezeichnung Umgebungswärme) zusammen. Insgesamt könnten mit diesen Technologien rund 32.700 TJ Wärme erzeugt werden. Als Referenz dient der Gesamtwärmeverbrauch des Jahres 2012 von ca. 93.000 TJ.

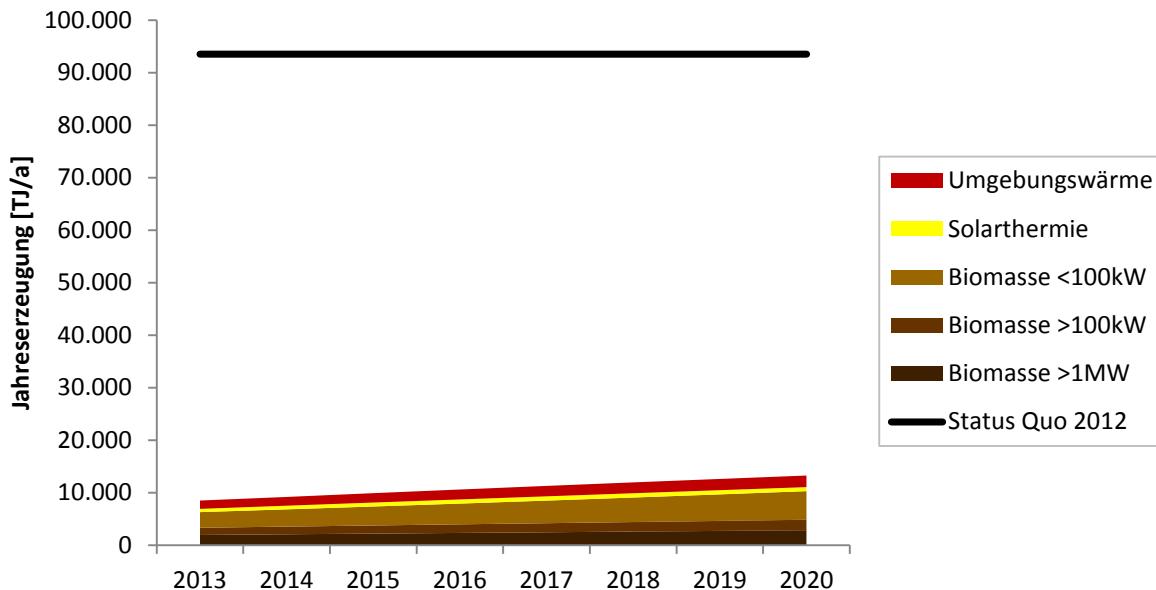


Abbildung 46: Marktentwicklung erneuerbarer Energieträger bis 2020 für die Wärmeerzeugung

3.2 Ausblick EU-Roadmaps 2030 und 2050

In der momentan vorliegenden Fassung der Energieroadmap der EU für das Jahr 2030, „Power Perspectives 2030“, wird ein Anteil an erneuerbaren Energieträgern am Gesamtenergiebedarf von 27 % vorgeschrieben. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern an der Stromproduktion soll 45 % im Jahr 2030 betragen.

Für das Jahr 2050 gilt laut „Roadmap 2050 – A Practical Guide To A Prosperous, Low-Carbon Europe“ ein Anteil von 55 % an erneuerbaren Energieträgern am Gesamtenergiebedarf und ein Anteil von 84 – 97 % an erneuerbaren Energieträgern an der Stromproduktion. Zur Berechnung der möglichen Szenarien wurde ein durchschnittlicher Anteil an erneuerbaren Energieträgern an der Stromproduktion von 80,5 % kalkuliert.

Abbildung 50 zeigt den zu erwartenden Energieverbrauch der Steiermark bis in das Jahr 2050 (schwarz dargestellt), sowie die notwendige Entwicklung der erneuerbaren Energieträger, um die Zielvorgaben von 2030 (rot) bzw. 2050 (grün) zu erreichen.

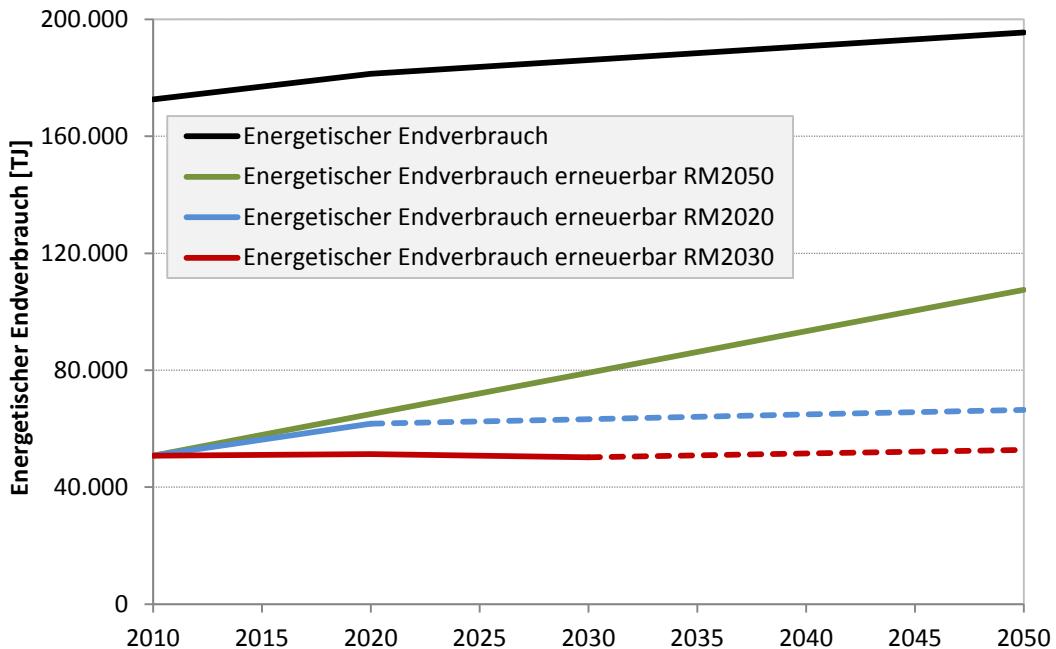


Abbildung 47: EU-Roadmaps 2030 und 2050, Energetischer Endverbrauch

Obwohl in der Steiermark die EU-Energieziele für 2030 bereits jetzt annähernd erreicht werden, müsste im Fall eines steigenden Energiebedarfs das Angebot an Energie aus erneuerbaren Quellen stetig erhöht werden. Unter Annahme einer linearen Steigerungsrate müssen daher 2020 rund 51.300 TJ aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden. Ob der Energiebedarf tatsächlich steigt wird allerdings erst die Zukunft zeigen. Die Bemühungen um Erhöhung der Energieeffizienz wirken einem Anstieg auf jeden Fall entgegen.

Im Hinblick auf die EU-Energieziele 2050 müsste der Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Jahr 2020 bereits rund 65.000 TJ betragen, um die Zielvorgaben für 2050 einhalten zu können.

Der Stromverbrauch unterliegt laut EU-Prognose einer höheren Steigerungsrate als der Energetische Endverbrauch, da ein Teil der Wärmeproduktion von der Verbrennung fossiler Energieträger auf die Bereitstellung durch Strom umgestellt werden kann.

In Abbildung 48 ist die Entwicklung des Stromverbrauchs und die für die Erreichung der EU-Ziele 2030 und 2050 notwendige Bereitstellung erneuerbarer Energieträger dargestellt.

Für das Jahr 2020 ergibt sich aus dieser Vorhersage ein Bedarf an erneuerbaren Energieträgern für die Stromgewinnung von rund 15.800 TJ (Zwischenzielvorgabe der EU-Roadmap 2030), bzw. 21.500 TJ (Zwischenzielvorgabe der EU-Roadmap 2050).

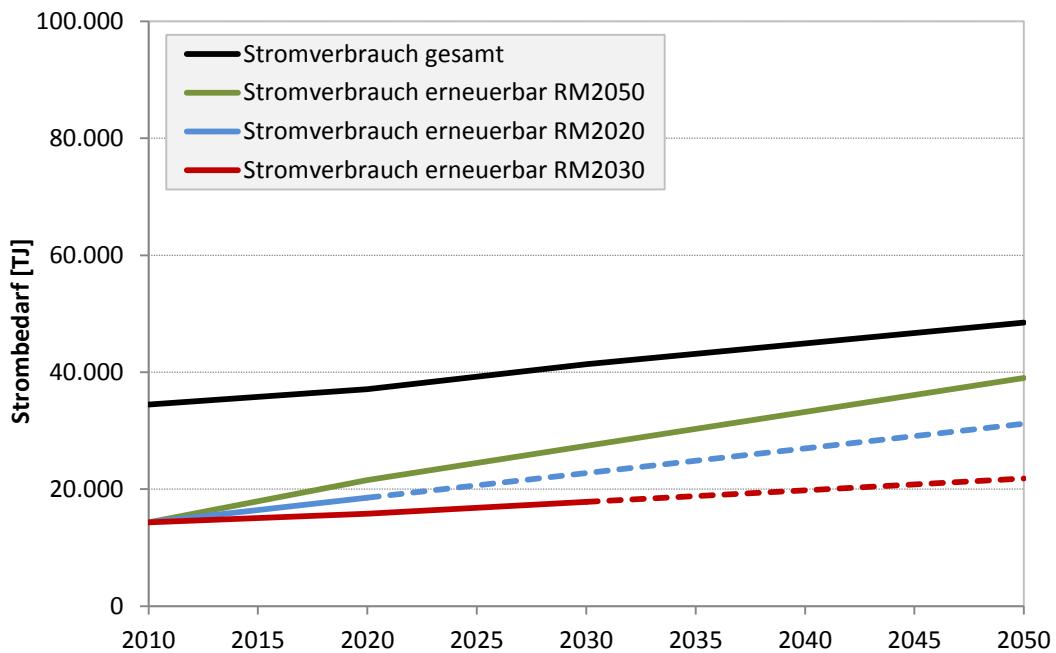


Abbildung 48: EU-Roadmaps 2030 und 2050, Stromverbrauch

Der Wärmebedarf wird auf jeden Fall geringer zunehmen als der Energetische Endverbrauch, aufgrund der Bemühungen um Erhöhung der Energieeffizienz möglicherweise sogar sinken. Der zu erwartende Maximalwert der Zunahme liegt hier im Jahr 2020 bei rund 3% bezogen auf 2010 und wird aufgrund des überproportional stark steigenden Strombedarfs in Zukunft etwas zurückgehen. Für die Erfüllung des Zwischenziels der EU-Roadmap 2030 liegt die bereitzustellende Wärme aus erneuerbaren Energieträgern bei ca. 32.300 TJ (im Vergleich zu 25.000 TJ im Jahr 2012). Für die Zielerreichung der Roadmap 2050 sind allerdings im Jahr 2020 schon 40.000 TJ an Wärme aus Erneuerbaren zu gewährleisten.

Die weitere Entwicklung der erneuerbaren Energieträger zur Wärmegewinnung ist in Abbildung 49 dargestellt.

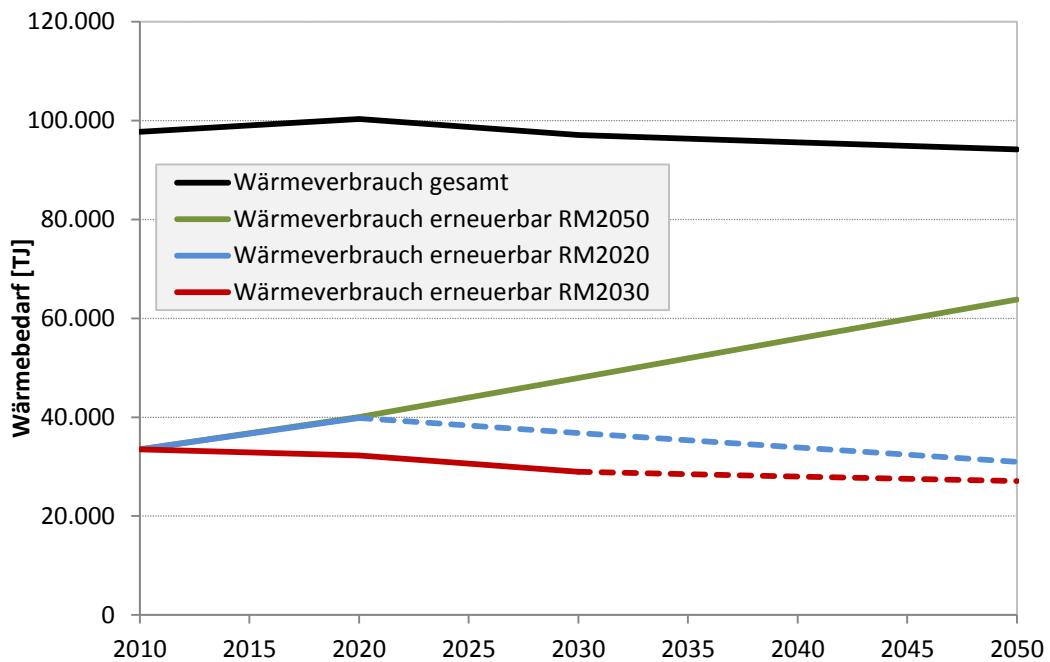


Abbildung 49: EU-Roadmaps 2030 und 2050, Wärmeverbrauch

3.3 Beeinflussung des Lastganges

Der steigende Anteil von erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung und die damit verbundene Volatilität der Energiebereitstellung, stellt die Netzbetreiber vor die Herausforderung, verstärkt für Netzstabilität und Ausgleich zwischen Verbrauch und Produktion elektrischer Energie sorgen zu müssen. Auch die regional stark schwankende Einspeisung durch Erneuerbare zu unterschiedlichen Tageszeiten kann sich auf die Lastflüsse auswirken und zu Engpässen im Netz führen. Anpassungen an diese Schwankungen werden normalerweise durch Kraftwerke gewährleistet. Zusätzlich können nachfrageseitige Lastverschiebungen bei VerbraucherInnen die unregelmäßige Energiebereitstellung durch dezentrale, erneuerbare Energieträger ausgleichen. Durch bessere Nutzung der Übertragungsnetze und Erzeugungskapazitäten können Stromeinsparungen realisiert bzw. vorhandene Kapazitäten effizienter genutzt werden. Wenn man davon ausgeht, dass Photovoltaik-Strom und Windkraft in Zukunft einen bedeutenden Anteil der Nachfrage abdecken wird, werden variable Stromtarife eine wichtige Rolle als Signalgeber im Verbund von PV-Panelen, Speichern, Leitungen und Leistungselektronik spielen.

Alle Maßnahmen zur kurz- oder langfristigen Beeinflussung des Lastgangs von VerbraucherInnen werden im Englischen unter dem Begriff Demand Response zusammengefasst. Demand Response bezieht sich auf den Zeitpunkt, wann Elektrizität verbraucht wird; ein Absenken des absoluten Verbrauchsniveaus durch Energiesparmaßnahmen (z.B. Austausch von Glühbirnen, energieeffiziente Haushaltsgeräte) wird in diesem Kontext nicht betrachtet. Demand Response dient also in erster Linie der Verlagerung des Stromverbrauchs von Spitzen- auf Schwachlastzeiten (Kollmann et al., 2013).

Demand Response setzt unter anderem auf finanzielle Anreize, um eine zeitliche Verschiebung der Stromnachfrage zu erreichen. Preisbasierte Programme „bestrafen“ Stromverbrauch zu Spitzenzeiten durch höhere Tarife. Bonusbasierte Programme „belohnen“ Lastverschiebung durch Bonuszahlungen oder Prämien (Nabe, Beyer et al., 2009). Solche Programme wurden bereits in mehreren Pilotstudien getestet.

Demand Bidding, Emergency Demand Response, Curtailable Load und Interruptible Load haben für Haushalte kaum Bedeutung, sondern bleiben vorwiegend Großkunden vorbehalten, bei denen höhere Verschiebungspotentiale zu erwarten sind (Kollmann et al., 2013). Lastvariable Tarife richten sich nach der Menge des Stromverbrauchs der EndkundInnen in einem bestimmten Zeitraum, oder der Gesamtnetzlast. Der Zeitraum kann sich über Stunden, Tage, Monate oder bis zu einem Jahr erstrecken. Auch hier gibt es mehrere variierende Preisstufen. Lastvariable Tarife werden üblicherweise mit zeitvariablen Tarifen kombiniert und werden kaum in reiner Form eingesetzt.

Demand Response Programme setzen technische Geräte für die zeitgenaue Erfassung des Stromverbrauchs und die Visualisierung des aktuellen Stromtarifs an die VerbraucherInnen voraus (Smart Meter). Nach europäischer und nationaler Gesetzgebung (EU-Direktiven 2009/72/EG und 2012/27/EG, IME-VO 2012) werden in den kommenden Jahren durch den flächendeckenden Rollout von Smart Metern die technischen Voraussetzungen für Demand Response in den meisten steirischen Haushalten geschaffen werden. Für die direkte Laststeuerung sind in Österreich laut Schmautzer et al., 2011 smart-grid-fähige Haushaltsgeräte notwendig. Das derzeit mögliche Regelpotenzial wird in Abschnitt 3.3.3 erläutert.

Tabelle 18 zeigt die Klassifizierung von Demand Response Programmen nach Nabe C. et al., 2009

Tabelle 18: Klassifizierung von Demand Response Programmen (Quelle: Nabe C. et al., 2009)

| Preisbasierte Programme | | Bonusbasierte Programme | |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Englisch | Deutsch | Englisch | Deutsch |
| Time of Use (TOU) | Zeitvariabler Tarif | Direct Load Control (DLC) | direkte Laststeuerung |
| Critical Peak Pricing (CPP) | Spitzenlastvariabler-Tarif | Emergency Demand Response | Notfallprogramme |
| Real Time Pricing (RTP) | Echt-Zeit Tarif | Curtailable Load | Lastbegrenzung |
| | | Interruptible Load | Unterbrechbare Lasten |
| | | Demand Bidding | Nachfrage-Bieterverfahren |
| | | Critical Peak Rebate | Spitzenlast Bonus |

Neben den rein passiven Verbrauchern haben auch Privatkunden und KMU's mit Eigenerzeugung die Möglichkeit zur Optimierung des Lastgangs. Bei einer Einführung von variablen Tarifen und/oder Erhöhung der Leistungspreise kommt es zweifelsohne zu einer Veränderung dieser kundenseitigen Optimierungsstrategien bis hin zum ‚Lastmanagement‘, zum Beispiel unter von batterieunterstützten PV-Anlagen zur Vermeidung von Spitzen.

3.3.1 Variable Stromtarife

Das Ziel der variablen Tarife bzw. dynamischen Preisgestaltung (engl. dynamic pricing) ist es, KonsumentInnen dazu zu bewegen, ihren Energieverbrauch von Spitzenlastzeiten auf weniger stromverbrauchsintensive Tageszeiten zu verlagern. Sie eignen sich daher zur langfristigen Harmonisierung von Angebot und Nachfrage am Energiemarkt (Fleissner D. et al., 2014). Dynamische Strompreise geben die Kosten für Energieerzeugung bzw. –versorgung im Laufe des Tages besser wieder. Den Endkunden wird ein realitätsnahe

Preissignal gesendet, indem die Strompreise zu Spitzenlastzeiten erhöht werden und zu anderen Tageszeiten niedriger als zum derzeit üblichen Einheitstarif liegen.

Die KonsumentInnen haben die Möglichkeit, ihre Haushaltsgeräte zu Spitzenlastzeiten auszuschalten, bzw. gewisse Tätigkeiten – typischerweise Wäsche waschen, Geschirr spülen, Heizen mit Elektroheizung/Wärmepumpe, Kühlen mit der Klimaanlage – auf billigere Schwachlastzeiten zu verschieben. Die Reduktion des Energieverbrauchs während der Spitzenlastzeiten führt somit automatisch zu einer reduzierten Stromrechnung, wenn der Haushalt seinen Stromverbrauch beibehält (Ariu T. et al., 2012). Es kann allerdings auch zu sogenannten Rebound-Effekten kommen, wenn die geringere Rechnung durch zusätzlichen Verbrauch kompensiert wird.

Wichtig ist, dass variable Tarife durch weitere Maßnahmen begleitet werden, um das Verhalten der EnergiekonsumentInnen erfolgreich zu beeinflussen. Dazu gehören umfassendes, verständliches Feedback, angemessene Technik und Einfachheit und Transparenz der Tarifstruktur (Fleissner D. et al., 2014 und Dütschke E., Paetz A.-G., 2013).

Wenn man davon ausgeht, daß PV-Strom einen bedeutenden Anteil der Nachfrage abdecken wird, werden variable Stromtarife sehr wichtig als Signalgeber im Quadro-Verbund von PV-Panelen, Speichern, Leitungen und Leistungselektronik. Eine Diskussion, die diesen Quadro-Verbund nicht einbezieht, vernachlässigt ganz wesentliche Aspekte.

Variable Stromtarife sollten in Kombination mit Kopplungstechnologien gesehen werden z.B. PV-Überschüsse in Wechselwirkung mit Wärmepumpe, Boiler, Speicher.

Preissignale kann aktuell nur der Energielieferant setzen kann, z.B. bei einem Überangebot an PV, Wind. Das Netz ist aber lokal zu betrachten, wobei insbesondere zu beachten ist, dass PV-Überschussenergie auf der Niederspannungsebene anfällt. Den Bestrebungen um „Smart Grids“ kommt hier besondere Bedeutung zu.

3.3.1.1 Zeitvariable Tarife

An dieser Stelle wird näher auf die unterschiedlichen Formen zeitvariabler Tarife eingegangen. Die am häufigsten eingesetzten zeitvariablen Tarifmodelle sind: Time of Use (TOU), Critical Peak Pricing (CPP) und Real-Time Pricing (RTP). Time of Use Tarife sind mit den beiden anderen Tarifformen kompatibel und werden oftmals kombiniert.

Zeitvariabler Tarif (Time of Use - TOU):

Zeitvariable Tarife sind durch tageszeit-, wochentags- oder saisonabhängige Strompreise gekennzeichnet. Für einen längeren Zeitraum werden Preisstufen vorab fixiert. Der Strompreis richtet sich nach den durchschnittlichen Kosten für die Stromerzeugung und – übertragung in den jeweiligen Zeitperioden (Fleissner D. et al. 2014). Die Endkunden werden über Zeit- und Tarifschema der Spitzenlaststufen informiert. Aufgrund der hohen Stabilität von TOU Tarifen, werden sie manchmal nicht als dynamisches Preismodell angesehen (Dütschke E., Paetz A.-G., 2013).

Bei tageszeitabhängigen zeitvariablen Tarifen ist der Strompreis zu Spitzenlastzeiten hoch und den Rest des Tages niedriger. Üblicherweise gibt es eine lange, oder zwei kürzere Preisstufen pro Tag (Stromback J. et al. 2011). Typisch ist eine Grundlaststufe in den Nachtstunden und am Wochenende, eine Teillaststufe untertags sowie eine Spitzenlaststufe zu Mittag und am frühen Abend.

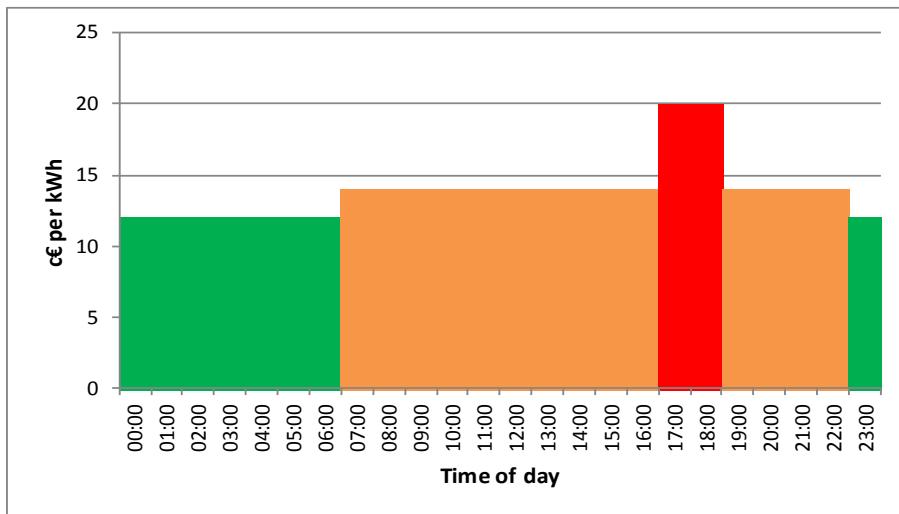


Abbildung 50: Beispiel für einen zeitvariablen Tarif mit drei Preisstufen (Quelle: Commission for Energy Regulation, 2011)

Spitzenlastvariabler Tarif (Critical Peak Pricing - CPP)

Beim Spitzenlastvariablen Tarif wird der Strompreis angehoben, sobald es zu Phasen erhöhter Marktpreise durch erhöhten Energiebedarf (z.B. an besonders heißen Tagen) kommt, bzw. wenn die Stabilität des Systems durch Stromausfälle gefährdet ist.

Für relativ niedrige Strompreise während der Nicht-Spitzenlastzeiten nehmen die KonsumentInnen in Kauf, dass während Phasen hoher Nachfrage der Preis bedeutend höher ist. Die Häufigkeit und Länge der kritischen Tage bzw. Tageszeiten an denen das Energieversorgungsunternehmen höhere Preise veranschlagt, wird meist im Voraus vereinbart, um das Risiko für die KonsumentInnen zu reduzieren.

Das Auftreten kritischer Spitzenlastzeiten kann im Allgemeinen nicht vorhergesagt werden, sondern hängt von Marktbedingungen ab. Konsumenten werden üblicherweise am Vortag darüber in Kenntnis gesetzt (Stromback J. et al., 2011).

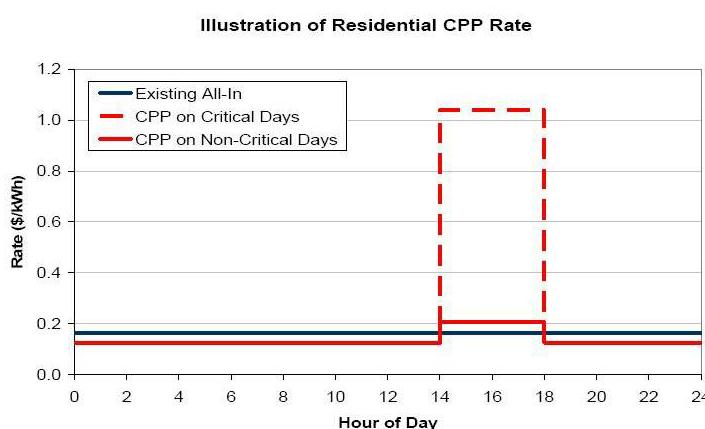


Abbildung 51: Beispiel für einen spitzenlastvariablen Tarif (Quelle: Miner M., 2011)

Echt-Zeit Tarif (Real-Time Pricing - RTP)

Im Fall von Echt-Zeit Tarifen ist der Strompreis an den aktuellen Spotpreis an der Strombörse für Stromerzeugung bzw. –versorgung, oder an die Grenzkosten der Stromversorgung eines Energieversorgers gebunden. Den KonsumentInnen wird in Echtzeit der aktuelle Strompreis angezeigt. Es besteht die Gefahr, dass die EndverbraucherInnen das Interesse daran verlieren, laufend die Strompreise zu überprüfen, die zwischen zwei Tagen oft nur geringen Schwankungen unterliegen. Alternativ können die KonsumentInnen lediglich gewarnt werden, sobald der Marktpreis eine gewisse Schwelle übersteigt (Stromback J. et al., 2011).

3.3.1.2 Lastvariable Tarife

Lastvariable Tarife richten sich nach dem Verbrauch der EndkundInnen. Liegt dieser über einer bestimmten Schwelle, wird ein höherer Preis verrechnet. Mögliche lastvariable Tarifformen werden in Tabelle 19 angeführt.

Tabelle 19: Übersicht über lastvariable Tarife (Quelle: Nabe, Beyer et al., 2009, S.41f.)

| Lastvariable Tarife |
|--|
| Lastbegrenzter Tarif |
| Lastvariabler Tarif mit alternativen Preisstufen |
| Spitzenlastbonus (Peak-Time Rebate) |

Lastbegrenzter Tarif

Für den lastbegrenzten Tarif wird eine Maximallast vorgegeben. Überschreitet der/die Endkunde/in die Vorgabe, wird durch ein zählerinternes Relais die Stromversorgung unterbrochen, kann aber nach kurzer Zeit wieder aktiviert werden.

Lastvariabler Tarif mit alternativen Preisstufen

Es werden zwei (oder mehrere) Preisstufen eingeführt. Die Bepreisung erfolgt über die Ermittlung der durchschnittlichen Last eines 15-minütigen Intervalls. Liegt diese unter einer bestimmten Schwelle, wird das Intervall über die niedrigere Preisstufe abgerechnet. Liegt der Verbrauch des Intervalls über der Lastschwelle, fällt er in die höhere Preisstufe.

Spitzenlast Bonus (Critical Peak Rebate - CPR)

Spitzenlast Bonus Tarife funktionieren als Gegenteil von Spitzenlastvariablen Tarifen (CPP). Dabei erhalten die KonsumentInnen Zahlungen, sobald ihr Stromverbrauch geringer ist, als der für die Spitzenlastzeit prognostizierte Verbrauch. Dieser Stromtarif wurde in bisherigen Versuchen wegen seiner belohnenden Anreizstruktur sehr gut angenommen. Allerdings sind CPR-Tarife relativ neu und wurden erst in wenigen Pilotstudien getestet.

Wie beim Spitzenlastvariablen Tarif werden die Tage mit kritischen Spitzenlastzeiten im Voraus mit dem Energieversorger vereinbart und KonsumentInnen werden einen Tag vorher informiert, dass am nächsten Tag Spitzenlast Bonus Tarife gelten. Der Spitzenlast Bonus Tarif kann mit einem zeitvariablen Tarif kombiniert werden (Stromback J. et al. 2011).

3.3.1.3 Preisspreizungen

Die Preisspreizung zwischen den unterschiedlichen Preisstufen spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Je größer das Preisverhältnis, desto höher ist der Anreiz den Stromverbrauch in

Zeiträume mit niedrigeren Stromkosten zu verschieben. Wie weit KonsumentInnen auf Preisspreizungen reagieren, hängt allerdings noch von anderen Faktoren wie Feedback, ermögliche Technologie, Kundenkontakte, Informationen etc. ab (Stromback J. et al. 2011). Außerdem können Preisspreizungen nicht beliebig erhöht werden, denn höhere Preise führen nicht gleichermaßen zu immer größerer Lastverschiebung durch die EndkundInnen (Faruqui A., Sergici S., 2010). Dieser Effekt ist auch als Gesetz des sinkenden Grenzertrags bekannt und wird in Abbildung 52 dargestellt.

Pilot Results by Peak to Off-Peak Price Ratio

Price-only results

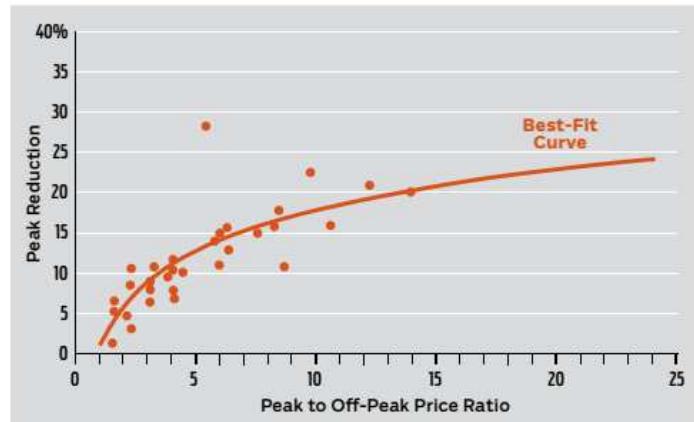


Abbildung 52: Lastverschiebung in Abhängigkeit vom Preisverhältnis zwischen Spitzenlastzeit und Nicht-Spitzenlastzeit, Quelle: Faruqui A., Palmer J., 2011

Bei zeitvariablen Tarifen (TOU) ist der Spitzenlastpreis üblicherweise zwei bis viermal höher als zur restlichen Zeit und bei Spitzenlastvariablen Tarifen (CPP) liegt der Spitzenlastpreis etwa sechs- bis achtmal höher als zu Zeiträumen mit niedriger Nachfrage (Stromback J. et al. 2011). Darum werden mit Spitzenlastvariablen Tarifen auch größere Lastverschiebungen erreicht, als mit zeitvariablen Tarifen.

3.3.2 Pilotversuche zur Lastverschiebung

Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurde eine Reihe von Pilotversuchen durchgeführt, um Lastverschiebungspotentiale durch variable Tarife zu testen. Allerdings ist beim Vergleich der Studien Vorsicht geboten, da sie sich durch Rahmenbedingungen, Einsatz ermöglicher Technologie, geographische Gegebenheiten, Tarifschemata, Preisspreizung, Teilnehmerzahl etc. erheblich unterscheiden können. In manchen Pilotstudien wurden beispielsweise andere Grundlagen gewählt, um die prozentuelle Lastverschiebung zu ermitteln.

In der folgenden Tabelle 20 werden die Ergebnisse verschiedener Pilotstudien angeführt.

Beispiel: Beim Statewide Pricing Pilot in Kalifornien, der zwischen 2004 und 2005 stattfand, wurde unter anderem ein zweistufiger Spitzenlastvariabler Tarif (hier CPP-F) getestet. Dieser Tarif wurde 606 TeilnehmerInnen angeboten. In der Basispresstufe lag der Preis bei 0,09 /kWh, in der höheren Preisstufe 0,22 \$/kWh und an kritischen Tagen 0,59 \$/kWh. Die höhere Preisstufe ist also um 2,44-mal teurer, als die Basisstufe und an kritischen Tagen beträgt das Preisverhältnis 6,56. Bei diesem Tarif wurde eine Einsparung zur Spitzenlastzeit von 4,7 %

an nicht-kritischen und 13,1 % an kritischen Tagen erreicht. Es wurde keine ermögliche Technologie eingesetzt.

Tabelle 20: Erreichte Lastverschiebung und Preisspreizungen ausgewählter Pilotprojekte (angelehnt an Klobasa M. et al., 2006)

| Pilotstudie | Jahr | Laufzeit (Jahre) | Teilnehmer | Tarif | Preisverhältnis (niedrigster/ höchster Preis) | Lastverschiebung (Spitzenlast) | Ermögliche Technologie |
|---|-----------|------------------|--------------------|----------------|---|---|--|
| California's Statewide Pricing Pilot, USA* (Faruqui, Sergici, 2010) | 2004-2005 | 1,5 | 200 | TOU | 2,2 | 2003: 5,9% 2004: 0,6% gesamt: 4,7% | nein |
| | | | 606 | CPP-F | 2,44; 6,56 | 4,7 - 13,1% | nein |
| | | | 300 | CPP-V | 6,5 | 15,8 - 27,2% | ja, Intelligenter Thermostat |
| Automated Demand Response System Pilot, USA** (Faruqui, Sergici, 2010) | 2004-2005 | 2 | 52 (E), 71(K) | CPP | 3 | Event Days 51% (2004) 43% (2005) | ja, programmierbare Klimaanlage |
| | | | | | | Non-Event Days 32% (2004) 27% (2005) | |
| Ontario Energy Board's Smart Price Pilot, Kanada** (Faruqui, Sergici, 2010) | 2006-2007 | 1,5 | 224 (E) 125 (K) | TOU | 2,14 3 (Critical hours) | 2,4% 5,7% (Critical hours) | ja, Smart Meter |
| | | | 224 (E) 125 (K) | TOU- CPP | 3,39 9,68 (Critical hours) | 11,9% 25,4% (Critical hours) | |
| The Gulf Power Select Program, USA (Faruqui, Sergici, 2010) | 2000-2001 | k.A. | 2300 | CPP (3-stufig) | 2,66 | 22% | ja, erweiterte Zähler & Gerätesteuerung |
| | | | | CPP | 8,29 | 41% | |
| Efflocom - Skagerak Nett, Norwegen (Kärkkäinen et al. 2004) | 2003-2004 | 0,5 | 198 | TOU | ca. 2 | 8 - 9% | nein |
| | | | 34 | RTP | ca. 2 | 16 - 24% | nein |
| | | | 24 | TOU- RTP | ca. 2 | 14 - 28% | ja, Fernsteuerung von Geräten |
| E-Energy Minimum Emission Region Feldtest, Deutschland (EnBW, 2013) | 2009-2012 | 3 | 1000 | CPP | 1,4 (2009-10) 1,6 (2010-12) | Niedrigste gegen Höchste Preisstufe 25-35% (<3 Monate) 7-12% (>3 Monate) | ja, Smart Meter; intelligente Haushaltsgeräte; schaltbare Steckdosen |

| | | | | | | | |
|---|---------------|-------|---------------------|-------------|-------|----------|--|
| E-Energy Modellregion Mannheim - Feldtest 2, Deutschland (Kießling, 2013) | 2010- 2011 | ca. 1 | 104 | TOU | 1,67 | 6 - 8% | ja, Smart Meter; teils Energie- manager |
| Intellekon, Deutschland und Österreich (Schleich et al., 2011) | 2010 | 0,25 | 1114 (E) 977 (K) | TOU | 1,77 | 2% | ja, Smart Meter |
| Efflocom - Buskerud Kraftnett, Norwegen*** (Kärkkäinen et al. 2004) | 2003- 2004 | 0,5 | 39 | TOU | ca. 2 | 7 - 10% | nein |
| | | | 1230 | DL | ca. 2 | 12 - 14% | ja, Fern- steuerung von Geräten |
| | | | 17 | RTP | ca. 2 | 15 - 22% | ja, Fern- steuerung von Geräten |
| | | | 6 | TOU- RTP | ca. 2 | 31 - 35% | ja, Fern- steuerung von Geräten |
| Eckernförde, Deutschland (Pilhar et al., 1997) | 1994- 1996 | 2 | 1000 | RTP | 6 | 5-6% | ja, Stromwert- schalter und -ampel |
| Saarland, Deutschland (Hegemann, 1992) | 1992 | 2,5 | 219 | TOU | 2,18 | 8,7% | k.A. |

* CPP-F=festgelegte Dauer für CPP, Bekanntgabe einen Tag im Voraus; CPP-V=variable CPP Dauer, Bekanntgabe am Tag des Events;

** E...Experimentalgruppe, K...Kontrollgruppe

***DL...Direktes Lastmanagement

Prinzipiell sind zeitvariable (Time of Use) und spitzenlastvariable Tarife (Critical Peak Pricing) zur Steuerung der Lasten am weitesten verbreitet. Durchschnittlich können beim Einsatz von zeitvariablen Tarifen Lastverschiebungen von 5 - 10 % erwartet werden. Spitzenlastvariable Tarife führen je nach Bedingungen (z.B. Einsatz von ermöglichen Technologien) zu einer Lastverschiebung von 10 - 25 % (Faruqui A., Sergici S., 2008). Bei beiden Tarifformen zeigen sich höhere Lastverschiebungen während des ersten halben Jahres nach der Einführung, die später – vermutlich durch Abnahme des Neugkeitseffekts und Rückfall in alte Gewohnheiten – absinken.

Die Ergebnisse aus Lastverschiebungs-Pilotstudien in Deutschland und Österreich liegen ebenfalls in dieser Bandbreite. Im ECO2-Management Smart Meter Pilotversuch wurden zeitvariable Tarife unter anderem von der Energie Graz eingesetzt. Bei einer Preisspreizung von 1,5 war keine statistisch signifikante Verlagerung auf billigere Tarifzeiten zu beobachten (Kandler N., in Vorbereitung), obwohl 70 - 80 % der Teilnehmer von sich berichten, dass sie die Nutzung verschiedener Haushaltsgeräte auf andere Tageszeiten verschoben hätten (Seebauer S., Wolf A., 2013). Nur ein Viertel der Teilnehmer konnte am Ende der einjährigen Testphase die Tarifzeiten korrekt angeben (Seebauer S., Wolf A., 2013). Generell dürften die meisten Pilotstudien das Verlagerungspotenzial tendenziell überschätzen: Während an Pilotversuchen freiwillige, oft hochmotivierte Haushalte teilnehmen, kann ein Rollout in der breiten Bevölkerung nicht von einem solchen Selbstselektionseffekt profitieren (Bitzan G., Seebauer S., 2012).

3.3.3 Technische Potenziale

Unter technischen Potenzialen werden hier die Möglichkeiten für eine Lastverschiebung in Haushalten bzw. der Industrie verstanden, wie sie durch das Nutzungsprofil und die technischen Eigenschaften der elektrischen Geräte vorgegeben werden. Bequemlichkeit und Gewohnheiten der KonsumentInnen, die einer zeitlich flexiblen Nutzung entgegenstehen, werden in dieser Betrachtung ausgeklammert. Dabei muss zwischen dem Verschiebepotenzial und dem Regelpotenzial unterschieden werden:

- Das Verschiebepotenzial wird indirekt gesteuert, indem Preissignale die EnergiekonsumentInnen dazu bewegen, ihren Stromverbrauch in billigere Zeiten zu verlagern. Das Verschiebepotenzial wird in kWh angegeben.
- Das Regelpotenzial (oftmals synonym mit „Demand Side Management (DSM)“ verwendet) steuert hingegen direkt verschiedene Haushaltsanwendungen (z.B. Kühlschrank) oder industrielle Prozesse (z.B. Aluminiumherstellung). Diese Form der Lastverschiebung kann nur bei Geräten erfolgen, die technisch für die direkte Laststeuerung ausgelegt sind und entweder über einen Kälte- oder Wärmespeicher verfügen oder deren Prozess über einen bestimmten Zeitraum unterbrochen werden kann. Die verlagerbare Leistung im Regelpotenzial wird meist in kW oder MW angegeben (Klobasa M. et al., 2011; Sonnenschein M. et al., 2010; Nabe C. et al. 2009).
- Die Preissignale können des weiteren den Einsatz von Stromspeichern steuern, die zeitlich während Hochpreisperioden Strom abgeben. Es wäre denkbar, dass diese nicht nur den jeweiligen Kunden vor Hochpreisen bewahren sondern dies auch zu günstigen Tarifen einspeisen. SolarCity vermarktet Li-Ion-Speichersysteme um derartige Preissignale für seine Kunden in den USA auszunutzen. Diese sind wirtschaftlich, und das bei bedeutend höheren BOS-Kosten in den USA als in Österreich oder Deutschland und mit Speicherkosten von derzeit noch 1.000,-- \$/kWh – bei Herstellungskosten für diese Speicher von 170 \$/kWh, aber Tesla unternimmt natürlich Anstrengungen, möglichst gewinnbringend zu arbeiten und es läuft derzeit eine staatliche Untersuchung gegen SolarCity wegen überhöhter Preise.

Verschiebepotenzial kann auch mit Stromspeichern realisiert werden, die während Hochpreisperioden Strom abgeben. In August-Oktober 2014 forderte die FA Energie und Wohnbau des Landes Steiermark in begrenztem Ausmaß die Errichtung von PV-Anlagen von max. 5 kWp mit Akkumulatoren (Grazer Zeitung, 2014). Bei den geförderten Anlagen können langfristige Erfahrungen mit der praktischen Eignung und Rentabilität von Stromspeichern gesammelt werden.

Haushalte

Nicht alle Haushaltsgeräte eignen sich zur Verschiebung des Stromverbrauchs. Um diesen Zweck zu erfüllen, muss das Gerät oder der Haushalt über einen Speicher verfügen oder die Zeiten der Inbetriebnahme müssen tageszeitlich verschiebbar sein. Manche Anwendungen werden jahres- und tageszeitlich verschieden genutzt und stehen nicht ununterbrochen für Lastverschiebung zur Verfügung. Das technische Potenzial ergibt sich aus dem Strombedarf des Geräts und der zeitlichen Flexibilität seiner Nutzung (Klobasa M., 2007). Kühl-, Wärme-, Raumfeuchte- und Lüftungsanwendungen haben daher besonders hohes Regelpotenzial. Sie liefern auch nach der Abschaltung noch eine Zeit lang Wärme oder Kälte bzw. nutzen die

Raumluft als Speichermedium. Laut Klobasa M, 2007 können in Haushalten vor allem die großen Geräte, wie Waschmaschine, Geschirrspüler, Wäschetrockner, Kühl- und Gefrierschrank zur Lastverschiebung eingesetzt werden.

In Deutschland liegt das Verschiebepotenzial für diese Anwendungen bei ca. 72 kWh pro Haushalt und Monat (Nabe C. et al., 2009). Hierbei muss beachtet werden, dass dieser Wert ein Potenzial beschreibt, das nicht zwingenderweise erreicht wird. Ausgehend von Tabelle 20 ist eher mit einer geringeren Lastverschiebung zu rechnen.

Schmautzer et al., 2011 haben für österreichische Haushalte ein theoretisches Regelpotenzial von 600 MW errechnet. Praktisch sind allerdings österreichweit nur 150 MW zwischen 09:00 und 15:00h erreichbar, da die Nutzungscharakteristik zu anderen Tageszeiten eine Lastverschiebung nicht zulässt. Schmautzer et al., 2011 identifizierten Geschirrspülmaschinen, Waschmaschinen, Wäschetrockner, Wärmepumpen, Gefriergeräte und Kühlschränke als jene Geräte, die sich tatsächlich zum Lastmanagement eignen. Über den gesamten Beobachtungszeitraum zwischen 00:00 und 24:00 und alle im Einsatz befindlichen Geräte hinweg sind zwar theoretisch große Potenziale vorhanden, aber nur ein kleiner Prozentsatz davon ist untertags als Lastverschiebungspotenzial für positive und negative Regelleistung nutzbar. Die Ergebnisse hängen stark von den gewählten Systemzeiten – dem Toleranzzeitraum, dem Pufferzeitraum und der Dauer des Prozesses – ab. Diese Systemzeiten wurden von Schmautzer et al., 2011 für die wichtigsten Haushaltsanwendungen ermittelt und werden in Tabelle 21⁴ dargestellt.

CapGemini, VaasaETT und Enerdata (CapGemini, 2008) stellen der Stand der Entwicklung von Demand Response Programmen der EU-15 dar. Szenarien vergleichen, wie die vorhandenen Demand Response Potenziale bis 2020 ausgeschöpft werden können. Das Moderate Szenario geht davon aus, dass derzeitige Trends wie bisher weitergehen und nur 40 % der Maßnahmen zur Erreichung der EU2020 Ziele umgesetzt werden. Im Dynamischen Szenario wird mit der vollen Unterstützung aller Stakeholder (Energieversorgungsunternehmen, Industrie und KonsumentInnen) gerechnet, sodass alle möglichen Potenziale voll ausgeschöpft werden.

Darunter fällt beispielsweise die vollständige Einführung von Smart Metern, flächendeckende Verwendung von energiesparenden Geräten und die Umsetzung von Energieeffizienzgesetzen (CapGemini, 2008). Laut CapGemini et al. (2008) könnten 2020 unter dem Dynamischen Szenario in Österreich 2 GW an Spitzenlastkapazität eingespart werden. Im Moderate Szenario, bei gleichbleibendem Engagement aller Beteiligten sind Einsparungen der Spitzenlastkapazitäten von nur 500 MW erwarten. Die Einsparungen werden hier im Sinne von vermiedenen Kraftwerkskapazitäten verstanden und umfassen Haushalte, sowie gewerbliche Abnehmer.

⁴ Aufgrund von unpräziser Erklärung in der Literatur besteht hier eine Diskrepanz zwischen theoretischem und praktischem Potenzial in der Tabelle und dem im Text beschriebenen Regelpotenzial.

Tabelle 21: Praktisch nutzbare zuschaltbare Leistung zur Lastverschiebung je Haushaltsgerät (Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Schmautzer, Aigner et al., 2011)

| 2011 (3.278.000 Haushalte) | Geschirrspül- maschine | Wasch- maschine | Wäsche- trockner | Wärme- pumpe | Gefrier- gerät | Kühl- schrank |
|---|---------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Ausstattung (Geräte in Stk.) | 1.875.016 | 3.120.656 | 1.203.026 | 250.000 | 2.415.886 | 3.769.700 |
| Stromverbrauch (je Prozess in kWh) | 0,97 | 1 | 1,8 | 0,18 | 0,6 | 0,2 |
| Leistung (in kW je Gerät) | 0,97 | 0,5 | 0,9 | 0,03 | 0,15 | 0,1 |
| Prozessdauer (in h) | 1 | 2 | 2 | 6 | 4 | 2 |
| Toleranzzeitraum für die Lastverschiebung 06:00-22:00h (in h) | 6 | 7 | 7 | 24 | 12 | 12 |
| Pufferzeitraum um Prozess zu beenden (in h) | 1 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 |
| Theoretisches Einschaltpotenzial (in MW) | 160 | 370 | k.A. | k.A. | 70 | 115 |
| Praktisch realisierbare DSM Potenziale (in MW) | 20 | 50 | k.A. | k.A. | 10 | 10 |

Industrie

Neben Privathaushalten kann auch die Kapazität einiger energieintensiver Industrien genutzt werden, die sich durch flexible Prozesse auszeichnen und hohe Leistung verlagern können. Industrien mit großem verfügbarem Lastverschiebungspotenzial sind:

- Aluminiumelektrolyse für Primäraluminiumherstellung
- Elektrolichtbogen-Öfen in der Stahlproduktion
- Holzschleifer und Refiner in der Papierindustrie
- Chlorelektrolyse in der Chemieindustrie
- Roh- und Zementmühlen in der Zementindustrie
- Power to Heat Anwendungen

Meist steht nur ein prozessspezifischer Anteil als Regelpotenzial zur Verfügung, weil die meisten Prozesse produktionsbedingt nicht zu 100 % flexibel sind. Da die Netzbetreiber einen Kernanteil an Regelleistung in ihrer Regelzone ausweisen müssen, werden die Regelpotenziale regional aggregiert ausgewiesen. Dazu müssen die mittlere Last je Prozess und Unternehmen, sowie der flexibilisierbare Anteil bekannt sein (Gruber A. et al., 2014).

Durch die Flexibilisierung der oben genannten industriellen Prozesse, sind folgende Lastmanagementpotenziale (Tabelle 22) in Österreich und Deutschland zu erwarten:

Tabelle 22: Lastmanagement-Potenzial in Österreich und Deutschland (Quelle: Gruber A. et al., 2014)

| | Österreich | Deutschland |
|------------------|--|--------------------|
| Papier | 109 MW | 313 MW |
| Zement | 21 MW | 152 MW |
| Aluminium | 0 (nur Herstellung von Sekundäraluminium mit geringer Stromintensität) | 267 MW |
| Chlor | 10 MW | 593 MW |
| Stahl | 35 MW | 718 MW |
| Insgesamt | 175 MW | 2043 MW |

Von den in Tabelle 22 angeführten Regelpotenzialen in Österreich entfallen auf die Steiermärkischen Bezirke:

- Papier: 20-36 MW (Bruck-Mürzzuschlag) und 37-38 MW (Graz-Umgebung)
- Zement: 3-6 MW (Graz-Umgebung) und 3-6 MW (Leibnitz)
- Stahl: < 16 MW (Bruck-Mürzzuschlag) und 17-31 MW (Graz)

3.3.4 Diskussion der Möglichkeiten der Lastverschiebung

Wie zahlreiche Studien gezeigt haben, eignen sich variable Stromtarife zur Lastverschiebung. Selbst Zeitvariable Tarife (TOU) können zu einer Verschiebung von 5 - 10 % des Stromverbrauchs führen, wenn sie mit ermöglichen Technologien und umfassender Information bzw. Feedback für die KonsumentInnen kombiniert werden.

Laut Nabe C. et al. 2009 ist das Verlagerungspotenzial jedoch nicht in allen Ländern gleich ausgeprägt. In Skandinavien, den USA und Australien ist dieses Potenzial viel höher als beispielsweise in Deutschland, da in diesen Ländern die Verbreitung von Klimaanlagen bzw. elektrischen Heizungen (Skandinavien) viel größer ist. Generell liegt Europa im internationalen Vergleich im Spitzenveld, was die Ergebnisse der Lastverschiebungsprogramme betrifft, obwohl die nationalen Stromverbräuche relativ niedrig sind. Beim Vergleich europäischer Ergebnisse mit Ergebnissen anderer Regionen ist also Vorsicht geboten, da sich die Rahmenbedingungen stark unterscheiden (Stromback J. et al. 2011).

Bei einem Ausbau der Photovoltaik-Stromerzeugung müssten die zur Zeit gängigen Tarifzeiten angepasst werden: Wenn zu Mittag ein Überangebot an Solarstrom herrscht, würden die niedrigpreisigen Tarifstufen in diese Tageszeit fallen, während in den Abend- und Nachtstunden entsprechend teurere Strompreise gelten könnten.

Befragungen zur Akzeptanz haben ergeben, dass ein Großteil der Haushalte zufrieden oder sehr zufrieden mit dem variablen Stromtarif war und Stromkosten eingespart werden konnten. Am Ende des Feldtests der E-Energy Modellregion Mannheim, hatten 48% der KundInnen Interesse daran, den variablen Tarif weiterhin zu nutzen und nur 10% der TeilnehmerInnen lehnten einen variablen Tarif ab (Kießling A., 2013). Beim California Statewide Pricing Pilot waren 42 % der Befragten sehr zufrieden mit dem Tarif. Meist ist die Zufriedenheit der TeilnehmerInnen von der erreichten Einsparung abhängig, die oft die Hauptmotivation bei Feldtests zu variablen Stromtarifen darstellt (Nabe C. et al., 2009, S.70).

Laut Herter K. und Wayland S. 2010 konnten im California Statewide Pricing Pilot, was die Höhe der Lastverschiebung betrifft, Unterschiede zwischen den Haushalten festgestellt

werden. Dabei spielten vor allem die Haushaltsgröße und klimatische Bedingungen eine Rolle. Einfamilienhäuser mit üblicherweise hohem Verbrauch und in den wärmsten Klimazonen zeichneten sich durch die höchsten absoluten und relativen (7,8 %) Lastverschiebungen gegenüber der Baseline aus. TeilnehmerInnen in Wohnungen und in Einfamilienhäusern mit geringem Verbrauch erreichten Lastverschiebungen im Bereich von 2,9 - 3,2 %. In einer britischen Studie wurde die höchste prozentuelle Lastverschiebung (bezogen auf die Kontrollgruppe) in kleinen Haushalten mit ein bis zwei Bewohnern festgestellt (Raw G., Ross D., 2011).

Was das Regelpotenzial von Haushaltsgeräten durch direkte Steuerung betrifft, ist zu beachten, dass die derzeit verbreiteten Geräte meist nicht mit den notwendigen Kommunikationsschnittstellen ausgestattet sind. Unter der derzeitigen Abrechnungsstruktur mit tagsüber undifferenzierten Preisen würde eine direkte Steuerung eher mit Mehrkosten verbunden sein, die aus der Vorbereitungszeit – z.B. zusätzliches Herunterkühlen von Gefriergut vor der Abschaltung – und geräteinternen Optimierungslogarithmen – die der energieeffizienten Arbeitsweise des Geräts bei veränderlicher Beladung und Außentemperatur dienen – resultieren. Außerdem wird sich das Lastverschiebungspotenzial von Kühlgeräten tendenziell eher verschlechtern, da der Energieverbrauch mit der steigenden Energieeffizienz von elektrischen Geräten zunehmend sinkt (Becker A. et al., 2012).

Die technologische Entwicklung zu Smart Homes und zum Internet of Things lässt aber für die Zukunft höhere Regelpotenziale in Privathaushalten erwarten. Die Kopplung von Heizung oder PV-Anlage mit Raumthermostaten und Hygrometern, oder die Fernsteuerung von Geräten mittels schaltbaren Steckdosen sind Anwendungen, die bereits jetzt verfügbar sind und in absehbarer Zeit in den Massenmarkt diffundieren werden.

Die Potenziale zur kundenseitigen Lastverschiebung sollten immer im Kontext zur Regelenergie gesehen werden, auf die die Netzbetreiber Zugriff erhalten um die Netzstabilität zu gewährleisten.

Die einzelnen Markttrollen können zu Widersprüchen führen, zum Beispiel, wenn der Energielieferant den Lastgang über Preissignale steuern will, das Netz aber nicht in der Lage ist, die entsprechenden Leistungen bereit zu stellen.

Weitere Widersprüche können unter den Optimierungsstrategien der Kunden mit Eigenerzeugung und jenen der Netzbetreiber auftreten, insbesondere können hier die Betrachtungen eines „Energy-Only-Marcets“ einerseits und eines Kapazitätsmarkts andererseits einander entgegenstehen.

3.4 Auswahl der interessantesten Technologien für die Steiermark

3.4.1 Strom

3.4.1.1 Wasserkraft

In der Steiermark produzieren derzeit bereits über 400 Kleinwasserkraftwerke dezentralen erneuerbaren Strom. Die Technologie ist ausgereift, Erfahrungen in Bezug auf die ökologisch verträgliche Nutzung dieser Ressource liegen vor. Viele Betreiber von Kleinwasserkraftwerken stehen derzeit allerdings vor der Herausforderung, ihre Anlagen gemäß der Wasserrahmenrichtlinie anzupassen. Durch eine Revitalisierung kann nicht nur der ökologische Zustand der Kleinwasserkraftwerke verbessert sondern auch die Effizienz gesteigert werden. Potenziale der Effizienzsteigerungen werden durch Vorschriften zu Erhöhung der Restwassermengen und Fischaufstiegshilfen gemäß der Wasserrahmenrichtlinie wiederum reduziert.

Für Kleinstwasserkraftwerke im Bereich bis ca. 500 kW stehen für Fallhöhen bis zu ca. 10 m so genannte „Wasserkraftschnecken“ zur Verfügung. Der Vorteil dieser Wasserkraftschnecken besteht darin, dass sie – im Gegensatz zu Wasserrädern – für Fische in beiden Richtungen durchgängig sind. Eine weitere grundsätzlich interessante Technologie für Kleinstwasserkraftwerke sind die so genannten „Strombojen“. Diese können in Fließgewässern verankert werden und nehmen die kinetische Energie des Wassers auf.

Der weitere Ausbau der Wasserkraft setzt allerdings vielfach auch Ausbaumaßnahmen im Bereich der elektrischen Netze voraus. Entsprechende Raumplanung mit Berücksichtigung von möglichem dezentralem Energieaufkommen aus Wasserkraft könnte hierbei ein großer Vorteil sein.

3.4.1.2 Kraft-Wärme Kopplung mit Biomasse, Biomasse Heizkraftwerke

Für die Stromerzeugung mit Biomasse stehen im Wesentlichen folgende Technologien zur Verfügung:

- Biomasseverbrennung mit nachgeschaltetem Dampfkreislauf
- Biomasseverbrennung mit nachgeschaltetem ORC-Kreislauf
- Biomasseverbrennung mit nachgeschaltetem Stirling Kreislauf
- Biomasseverbrennung mit nachgeschalteter Heißluftturbine
- Biomassevergasung bzw. -pyrolyse mit nachgeschaltetem Gas-Otto Motor
- Biomassefermentation (Biogasanlage) mit nachgeschaltetem BHKW

Für die Steiermark sind aufgrund der gegebenen Randbedingungen und aufgrund des technologischen Entwicklungsstandes derzeit vor allem der Dampfkreislauf und der ORC-Kreislauf interessant. Der Einsatzbereich dieser beiden Technologien erstreckt sich auf Leistungen ab ca. 100 kW elektrisch. Für Dampfturbinen liegt die Untergrenze bei 500 kW elektrisch. ORC-Anlagen werden aktuell eher zurückgebaut, da der elektrische Wirkungsgrad relativ gering ist, der elektrische Eigenverbrauch und die Betriebskosten hingegen eher hoch sind.

Die Stirling Technologie könnte Einsatzbereiche in Leistungsbereich unter 100 kW erschließen. Die technische Machbarkeit derartiger Optionen wurde in der Steiermark in den letzten Jahren in 2 Pilotprojekten mit einem 30-kW- bzw. einem 3-kW Stirlingmotor demonstriert. Die eingesetzten Stirlingmotoren sind allerdings keine Serienprodukte sondern Prototypen. Ein Anlauf zur Entwicklung eines Serienprodukts für Betrieb mit Biomasse erfolgte in den letzten Jahren durch die Fa. KWB, führte aber nicht zum gewünschten Markterfolg. Weitere Entwicklungen sind notwendig, um dem Stirlingmotor zum Durchbruch zu verhelfen.

Auch mit Heißluftturbinen wurden bereits Pilotprojekte durchgeführt, ein wirtschaftlicher Betrieb konnte bisher aber nicht demonstriert werden.

Eine offenbar aufstrebende Technologie ist die Biomassevergasung mit nachgeschaltetem Gas-Otto Motor. Diese Technologie war früher Pionieren vorbehalten, die sich im persönlichen Einsatz mit den Vergasern und Motoren „abgaben“ und diese in Betrieb hielten. In letzter Zeit werden aber auch professionelle Vergasungsanlagen mit entsprechenden Gewährleistungen angeboten. Es bleibt zu hoffen, dass sich dieser Trend fortsetzt und die Vergasungstechnologie ihren möglichen Beitrag zur dezentralen Stromerzeugung mit Biomasse in der Steiermark ausbaut. KWB hat allerdings das Projekt „Cleanstgas“, das eine Stromerzeugung im Leistungsbereich von 125 - 250 kW zum Ziel hatte, aufgrund mangelnder geeigneter Projektstandorte und der hohen Stromgestehungskosten aufgeben müssen. Es ist daher auf jeden Fall noch Entwicklungsbedarf gegeben.

Biogasanlagen mit anschließender Strom- und Wärmeerzeugung im BHKW sind Stand der Technik und werden meist stromgeführt betrieben. Viele Anlagen speisen den Ökostrom nach dem Ökostromgesetz in das Netz ein und verfügen über keine oder nur eine geringe Wärmenutzung. In einer dezentralen Energieversorgung mit zunehmend nicht-regelbaren Stromanteilen aus PV und Wind könnte ein stromorientierter BHKW-Betrieb ein wichtiges Element einer flexiblen Stromerzeugung darstellen. Für die Sicherstellung einer von der Stromerzeugung entkoppelten Wärmenutzung müssten entsprechende Methan bzw. Wärmespeicher vorgesehen werden.

3.4.1.3 Photovoltaik

Die Photovoltaik als Stromerzeugungstechnologie ist in der Steiermark als hoch interessant einzuschätzen und könnte sich zu einer wichtigen Technologie für die dezentrale Stromversorgung entwickeln. PV Anlagen können sowohl auf Dächern und Fassaden als auch auf Freiflächen angebracht werden, wobei die Freiflächenanlagen seit dem Jahr 2015 nicht mehr gefördert werden. Die Installation an Gebäuden stößt offenbar auf keinerlei Widerstand in der Bevölkerung, Voraussetzung ist natürlich die Einhaltung der Forderungen nach Schutz des Stadt- bzw. Ortsbildes. Die Errichtung größerer Photovoltaikanlagen auf Freiflächen erfreut sich allerdings nicht uneingeschränkter Zustimmung. Weiters gibt es in Stadt- und Ortskernen Einschränkungen aufgrund von Ortsbildschutzregelungen. Es kann allerdings angenommen werden, dass allfällige Akzeptanzbarrieren in Zukunft soweit überwunden werden können, dass auch weiterhin mit einer stark zunehmenden Nutzung dieser Technologie gerechnet werden kann. Seit 2015 werden österreichweit keinen neuen Freiflächenanlagen mehr bewilligt und gefördert. Weiters wurde die maximale Anlagengröße auf 200 kWp eingeschränkt, obwohl auf vielen Gewerbe-/Industrieobjekten größere Anlagen möglich wären. Es ist zu erwarten, dass die Regelung durch mehrere Anlagen nebeneinander umgangen wird.

Die Photovoltaik gehört zu den witterungsabhängigen und daher nicht regelbaren und nur bedingt vorhersehbaren Energieformen. Ihre Erschließung setzt daher entsprechende Maßnahmen im Bereich des Energiemanagements und der Speicherung voraus. Dies betrifft sowohl die Nutzung der Photovoltaik auf Gebäuden wie auch auf Freiflächen. Die erforderlichen Maßnahmen werden derzeit in einer Reihe von Forschungs- und Pilotprojekten untersucht bzw. weiterentwickelt. Einen sehr guten Überblick über den Stand der Technik und den aktuellen Forschungsbedarf bot die heuer in Graz abgehaltene Smart Grids Week. <http://www.smartgrids.at/presse/presseaussendungen/#smart-grids-week-2014-oesterreich-bei-intelligenten-energieinfrastrukturen-im-spitzenfeld->

Für die Photovoltaik können für die Zeit bis 2020 technische Verbesserungen des Wirkungsgrads von ~ 40% als auch eine Verringerung der Stromkosten um 50 % als gesichert angesehen werden, da alle hierfür notwendigen Technologien schon existieren. Da die physikalische Grenze der Effizienz mit dann 20 % (für CdTe) bzw. 21,5 % (Si) bei CdTe erst zu zwei Dritteln ausgeschöpft ist, erscheint weitere Kostensenkung auch über 2020 hinaus als möglich.

3.4.1.4 Windkraft

Die Windkraft als dezentrale Energieform ist für die Steiermark grundsätzlich interessant, ihr Einsatz wird aber auch in Zukunft auf einige wenige Standorte mit hinreichendem Windaufkommen beschränkt bleiben. Diese befinden sich naturgemäß vor allem in höheren Regionen. Windkraftanlagen stellen einen signifikanten Eingriff in das Landschaftsbild dar und ihr Betrieb ist mit Geräuschen verbunden. Windkraftanlagen sind vielerorts auch aus der Sicht des Tierschutzes umstritten. Die Akzeptanzbarriere für Windkraftanlagen ist in der Steiermark in bestimmten Gruppen, zum Beispiel in der Jägerschaft, im Tierschutz und im

Tourismus eher als hoch einzuschätzen. Eine Abwägung zwischen öffentlichen Interessen, Interessen von Kleingruppen und energetischen Nutzungsaspekten ist vorzunehmen.

3.4.1.5 Stromspeichertechnologien

Speichertechnologien werden zum Ausgleich von zeitlich verschobenem Endenergieangebot und -bedarf eingesetzt. Für diesen Ausgleich stehen neben Speichern auch andere Möglichkeiten zur Verfügung, wie z.B. flexible Kraftwerke auf der Erzeugerseite oder Lastverschiebungen auf der Verbraucherseite. Mit zunehmendem Anteil des Stroms aus nicht-regelbaren Quellen wie PV und Wind ist aber von einem steigenden Bedarf an Stromspeichertechnologien auszugehen. Elektrische Energiespeicher lassen sich grundsätzlich in angebotsnahe und verbrauchernahe Speicher bzw. Tages- und Wochenspeicher unterteilen. Folgende Technologien kommen für die Steiermark grundsätzlich in Frage:

Angebotsnahe Stromspeicher:

- Pumpspeicher (zur Zeit immer noch die effizienteste und günstigste Speicheranwendung)
- Druckluftspeicher
- Schwungradspeicher
- Elektrochemische Speicher (Batterien, diese haben allerdings sehr geringe Speicherkapazitäten)
 - Li-Ionen-Akkumulatoren
 - Hochtemperatur-Batterie
 - Redox-Flow-Batterie
- Power-to-Gas (Wasserstoff- bzw Methanspeicher) (Vorteil: Mit dem Erdgasnetz und Gasspeichern stehen sehr große Speicherkapazitäten zu Verfügung, die Umwandlungseffizienz ist allerdings noch gering)

Verbrauchernahe Stromspeicher:

- Blei-Säure-Batterie
- Li-Ionen-Akkumulatoren
- Wasserstoffspeicher

Zur Frage der Speichertechnologien wurden von JOANNEUM RESEARCH in den letzten Jahren eine Studie „Energiespeicher der Zukunft“ erstellt (Felberbauer et. al. 2012). In diesem Projekt wurden die unterschiedlichen Energiespeicher zur Strom- und Wärmespeicherung bzw. zur Speicherung von festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen, die im stationären und im mobilen Bereich Einsatz finden, nach technologischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien für eine nachhaltige Energiewirtschaft bewertet, um durch zukünftige Entwicklungs- und Marktperspektiven den erforderlichen wissenschaftlichen und technologischen Entwicklungsbedarf in Österreich aufzuzeigen.

3.4.2 Wärme

3.4.2.1 Raumwärme und Trinkwarmwasser

Niedertemperaturwärme für die Verwendung als Raumwärme und Trinkwarmwasser kann aus Biomasse in Form von direkter Verbrennung oder nach Umwandlung in Biogas und aus der Nutzung von Solarthermie sowie tiefer und oberflächennaher Geothermie erzeugt werden. Außerdem kann aus der Stromproduktion aus Wasser- und Windkraft sowie Photovoltaik direkt oder mittels Wärmepumpe Wärme erzeugt werden. Bei der Bereitstellung

von Fernwärme kann die Verwertung von Abfallstoffen und Prozessabwärme den erneuerbaren Energieformen zugerechnet werden.

Die durchschnittliche Nachfrage nach Raumwärme und Trinkwarmwasser, unterschieden nach der Bauweise von Ein- und Mehrfamilienhäusern, ist in Anlehnung an Kaltschmitt M., 2009 in Tabelle 23 dargestellt, wobei für Mehrfamilienhäuser die Annahme von 15 Wohneinheiten zugrunde gelegt wird.

Tabelle 23: Durchschnittliche Nachfrage nach Raumwärme und Trinkwarmwasser

| | Raumwärme | | Trinkwarmwasser | | Gebäudeheizlast |
|-------------------------|-----------|---------|-----------------|---------|-----------------|
| | [GJ/a] | [kWh/a] | [GJ/a] | [kWh/a] | [kW] |
| Passivhaus | 7,6 | 2.111 | 10,7 | 2.972 | 1,5 |
| Niedrigenergiehaus | 22 | 6.111 | 10,7 | 2.972 | 5 |
| Altbau um 1985 | 45 | 12.500 | 10,7 | 2.972 | 8 |
| Altbau um 1975 | 108 | 30.000 | 10,7 | 2.972 | 18 |
| Mehrfamilienhaus Passiv | 68 | 18.889 | 64,1 | 17.806 | 20 |
| Mehrfamilienhaus 1985 | 432 | 120.000 | 64,1 | 17.806 | 60 |

Zur Beurteilung der Wärmebereitstellung in Nahwärmennetzen dient, unter Verwendung von Kaltschnitt M., 2009, die nachstehende Tabelle 24.

Tabelle 24: Wärmeeinspeisung bei unterschiedlichen Netzkonfigurationen

| | Netzlänge | Netzheizlast | Nahwärmennachfrage | Wärmeeinspeisung |
|----------|-----------|--------------|--------------------|------------------|
| | [m] | [kW] | [GJ/a] | [GJ/a] |
| Netz I | 2.000 | 1.000 | 8.000 | 9.900 *) |
| Netz II | 6.000 | 3.600 | 26.000 | 32.200 *) |
| Netz III | 12.000 | 7.200 | 52.000 | 64.400 *) |

*) Die erforderliche Wärmeeinspeisung ist bei zu deckender Nachfrage aufgrund von Netzverlusten von 15 % bzw. Verlusten an den Hausübergabestationen von 1 - 2 % entsprechend zu erhöhen. 15 % Netzverluste bei Wärme sind eine Idealvorstellung. Es sind Wärmenetze in Betrieb die Verluste bis zu 40 % als Extremwert aufweisen. Ein Großteil der Anlagen liegt derzeit zwischen 10 und 30 %, dabei handelt es sich um ältere Anlagen in ländlichen, dünn besiedelten Orten, hauptsächlich in Ostösterreich.

3.4.2.2 Wärmespeichertechnologien

Thermische Energiespeicher werden eingesetzt, um thermische Energie, also Wärme und Kälte zu speichern. Folgende Technologien sind für die Steiermark grundsätzlich interessant:

- sensible thermische Energiespeicher
 - Heißwasserwärmespeicher
 - Dampfspeicher
 - Kies-Wasser-Wärmespeicher
 - Erdsondenschreiber
 - Aquiferwärmespeicher

- Latentwärmespeicher
- thermochemische Energiespeicher
 - Adsorptions- und Absorptionsspeicher

Sensible („sentire“ lat. für „fühlen“) Wärmespeicher verändern beim Laden und Entladen ihre fühlbare Temperatur. Bei Latentwärmespeichern ändert sich die fühlbare Temperatur nicht maßgeblich, jedoch ändert sich der Aggregatzustand des Speichermediums und die Wärme wird latent gespeichert, z.B. in Salzhydraten oder Paraffinen. Thermochemische Speicher speichern die thermische Energie durch endotherme, also Energie aufnehmende bzw. exotherme, also Energie abgebende Reaktionen.

3.4.3 Gas/Treibstoff

Für die Erzeugung von Biogas und Biomethan als Energieträger bzw. von erneuerbaren gasförmigen und flüssigen Treibstoffen stehen verschiedene Technologieoptionen zur Verfügung. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen bzw. der Erzeugung von Treibstoffen der „2. Generation“.

- Biogasanlage und Biogasaufbereitung zu Biomethan
- Bioethanolerzeugung aus Holz und Stroh bzw. aus Reststoffen der Papierindustrie
- Holzvergasung und Polygeneration (gekoppelte Erzeugung von gasförmigen bzw. flüssigen Treibstoffen, Strom- und Wärme)
- Biogasanlage für biogene Abfälle (Anlage in Leoben bzw. geplante Anlage in Graz/Graz Umgebung)

Die Biogasproduktion aus unterschiedlichsten Substraten und Mischungen aus landwirtschaftlichen Energiefrüchten und Reststoffen ist Stand der Technik. Als Alternative zur reinen Strom- und Wärmeerzeugung in Biogas-BHKWs wurde in den letzten Jahren verstärkt Biogas zu Biomethan aufbereitet. Damit wird sowohl die Einspeisung ins Erdgasnetz als auch die Nutzung als Treibstoff für Erdgas-Fahrzeuge ermöglicht. Dies ist vor allem interessant, wenn im Umfeld einer dezentralen Biogasanlage keine sinnvolle Wärmenutzung möglich ist.

Die Bioethanolerzeugung aus lignozellulosen Roh- und Reststoffen wie Holz und Stroh erfolgt über den Prozess der Hydrolyse bzw. Verzuckerung und der nachfolgenden Fermentation der Zucker. Diese Technologie ist derzeit in einigen Demonstrationsanlagen in Europa in Betrieb. Solche Anlagen erfordern allerdings eine gewisse Mindestgröße, sodass eine Integration in bestehende Infrastrukturen mit vorhandener Rohstofflogistik bzw. für Strom, Wärme und Wasser anzustreben ist. Interessant können z.B. Standorte der Papier- und Zellstoffindustrie sowie größere Biomasse-Heizkraftwerke sein. In der Papierindustrie fällt als Reststoff zudem Sulfidlauge an, die direkt fermentiert und in Bioethanol umgewandelt werden kann. Derzeit wird diese Lauge über eine Verbrennung in Energie umgewandelt. Es wird über eine Dampfturbine Ökostrom zur Eigenversorgung erzeugt, der Überschuss wird in das Netz eingespeist. Weiters wird Fernwärme ausgekoppelt. Erfolgreiche Umsetzungen sind die Wärmeauskoppelung aus der Zellstoff Pöls AG für die Wärmeversorgung des Aichfeldes in Judenburg, Fohnsdorf, Zeltweg und Knittelfeld, sowie jene aus der SAPPI für Gratwein, Gratkorn und Judendorf-Straßengel. In der Zellstoff Pöls AG wird weiters Tallöl aus der Sulfidlauge gewonnen, welches als Heizölersatz für die Industrie verkauft wird.

Über die Biomassevergasung wird ein Synthesegas mit einem gewissen Anteil an CO und H₂ erzeugt, das in unterschiedliche Folgeprodukte umgewandelt werden kann. Relevant für die Steiermark sind davon vor allem das Bio-Synthetic Natural Gas (Bio-SNG) und die Fischer-Tropsch-Treibstoffe. In sogenannten Polygeneration-Anlagen werden neben den

Synthesegasprodukten zudem Strom und Wärme erzeugt. Die Holzvergasung ist heute Stand der Technik, die Syntheseanlagen befinden sich als Demonstrationsanlagen – z.B. in Güssing – in Betrieb.

3.4.4 Kälte

Für die Kälteerzeugung mit erneuerbaren Energieträgern stehen im Wesentlichen folgende Technologien zur Verfügung:

1. Desiccant Anlagen
2. Adsorptions- und Absorptionskältemaschinen

Ein Demonstrations- und Pilotprojekt zur Klimatisierung von Geschäftsräumen mit einer Desiccant Klimaanlage wurde am Ökopark Hartberg erfolgreich durchgeführt.

Adsorptions- und Absorptionskältemaschinen sind serienreif und werden unter anderem von der steirischen Firma Pink in Langenwang angeboten und auch bereits in zahlreichen Projekten eingesetzt.

Die Technologien sind als ausgereift anzusehen und könnten in größerem Maßstab zur dezentralen Kälteerzeugung mit erneuerbaren Energieträgern eingesetzt werden. Hierbei sind aber grundsätzlich die Möglichkeiten des „ökologischen Bauens“ zu berücksichtigen. In unseren Breiten ist es durchaus möglich so zu bauen, dass keine Klimaanlagen erforderlich sind.

4 Qualitative und quantitative Bewertung ausgewählter Technologien

4.1 Grunddaten, Anwendungsbereiche und Bewertung der Nachhaltigkeit ausgewählter Technologien („Factsheets“)

Für die Nutzung der dezentralen Energieträger wurden die in der Steiermark relevanten Technologien beschrieben und in Bezug auf die folgenden Kriterien bewertet:

Technologiebeschreibung:

- Umwandlungstechnologien
- Endenergie, Einsatzbereich für Strom, Niedertemperatur-wärme, Prozesswärme, Treibstoffe
- Technologieparameter (Leistungsbereich, Nutzungsgrade)
- Stand der Technik (Marktreife, Markteinführung, Demonstrationsanlage, Pilotanlage)
- Steirisches Know-How (Unternehmen, F&E)

Technologiebewertung:

- Eignung für dezentrale Erzeugung
 - Standort-Flexibilität (Standort Umwandlungstechnologie - Ort des Energieträgerpotentials)
 - Kombinierbarkeit mit anderen Technologien (Möglichkeit von Hybridsystemen)
 - Speicherbarkeit (Gesamtbewertung für Prozessmedien in Umwandlungsketten)
 - Flexibilität (Teillastfähigkeit - Gesamtbewertung für Technologien in Umwandlungsketten)
- Nachhaltigkeit
 - Energiegestehungskosten
 - Treibhausgasemissionen
 - Konfliktpotential

Die Technologien wurden in Hinblick auf die Umwandlung der in der Steiermark verfügbaren dezentralen Energieträger gegliedert, siehe Tabelle 25.

Tabelle 25: Primärenergieformen und deren Umwandlungstechnologien

| FS | Primärenergie | Umwandlungstechnologien | Nutzenergie |
|------|---|---|---------------------------|
| FS1 | Holz (Waldrestholz, Plantagenholz, Altholz, Sägenebenenprodukte) | Verbrennung, Heizkessel, KWK | Strom, Wärme |
| FS2 | Holz (Waldrestholz, Plantagenholz, Altholz, Sägenebenenprodukte) | Vergasung, Pyrolyse, KWK, Treibstofferzeugung | Strom, Wärme, Treibstoffe |
| FS3 | Halmgüter (Stroh) | Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse, Treibstofferzeugung | Strom, Wärme, Treibstoffe |
| FS4 | Zucker-, Stärke-, Ölpflanzen | Vergärung, Treibstofferzeugung | Strom, Wärme, Treibstoffe |
| FS5 | Organische Reststoffe (Gülle, Altspeiseöl, Tierfett, Biomüll, Ablage P&Z-Industrie) | Verbrennung, Gvergasung, Vergärung, Treibstofferzeugung | Strom, Wärme, Treibstoffe |
| FS6 | Restmüll | Verbrennung, Pyrolyse, KWK, Treibstofferzeugung | Strom, Wärme, Treibstoffe |
| FS7 | Sonnenenergie | Photovoltaik, Solarthermie, Elektrolyse | Strom, Wärme, Treibstoffe |
| FS8 | Windkraft | Windkraft, Elektrolyse | Strom, Treibstoffe |
| FS9 | Wasserkraft | Wasserkraft, Elektrolyse | Strom, Treibstoffe |
| FS10 | Umgebungswärme | Wärmepumpe, ORC | Strom, Wärme |

Für diese Technologien bzw. die oben genannten Bewertungskriterien wurden „Factsheets“ (FS) erstellt, die in den folgenden Abschnitten 4.1.1. - 4.1.10 dargestellt sind. Mit der Darstellung in Form von Factsheets wurde das Ziel verfolgt, die Fülle der Informationen kurz (zum Teil mit entsprechenden Symbolen) aber übersichtlich zusammenzustellen. Auf weiterführende Erläuterungen wurde daher wissentlich verzichtet.

4.1.1 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Holz, Verbrennung

| Primärenergie / Sekundärenergie | Holz (Waldrestholz, Plantagenholz, Altholz, Sägenebenprodukte) | Scheitholz | | Pellets | | Hackgut | | Hackgut+Pellets | | | | |
|--|---|---------------------------|--------------|------------------------------|--|------------------------------|--|--|--|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Umwandlungstechnologien | | Verbrennung | | Verbrennung | | Verbrennung | | Verbrennung | | | Verbrennung / Vergasung | |
| | | Scheitholzofen | Heizkessel | Pelletsofen | Heizkessel | Heizkessel | Heizkessel | Dampfturbine (KWK) | Dampfkolbenmotor (Mikro-KWK) | Dampf-schraubenmotor (Mikro-KWK) | Heißgasmotor-Stirling (Mikro-KWK) | |
| Endenergie | | Wärme | Wärme | Wärme | Wärme | Wärme | Wärme | Strom+ Wärme | Strom+ Wärme | Strom + Wärme | Strom + Wärme | |
| Einsatzbereich | Strom | - | - | - | - | - | - | X | X | X | X | |
| | Nieder-temperatur-Wärme | | Raum-heizung | Gebäude-Zentral-heizung | Raum-heizung | Gebäude-Zentral-heizung | Zentral-heizung (Nähe LW, FW) | Nah- / Fernwärme-netz | Fernwärme-netz | Gebäude-Zentral-heizung | Gebäude-Zentral-heizung | |
| | Prozess-Wärme, Dampf | | - | - | - | - | - | - | Gewerbe, Industrie | Klein-gewerbe | Klein-gewerbe | |
| | Treibstoffe | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, t/a | 1) | <10 kWh | <100 kWh (typ. 30 kWh) | <10 kWh | 20-500 kWh | <100 kWh (typ. 50 kWh) | 0,1-10 MWth (typ. 1-4 MW) | 0,5-25 MWel | 20-2000 kWel | <50 kWel |
| | Nutzungsgrad el | el % | | - | - | - | - | - | 18-30% | 6-20% | 10-15% | 20-25% |
| | Nutzungsgrad el + th | ges % | | 80% | 80% | 93% | 93% | 91% | 91% | 80% | 80-90% | >90% |
| | Stand der Technik | | 2) | M | M | M | M | M | M | M | D | ME |
| | F&E Bedarf | | | Emissionen, Wärme-verteilung | Emissionen, Brennstoff-flexibilität, Brennwert-technik | Emissionen, Wärme-verteilung | Emissionen, Brennstoff-flexibilität, Brennwert-technik | Emissionen, Brennstoff-flexibilität, Brennwert-technik | Emissionen, Brennstoff-flexibilität, Brennwert-technik | Hochtemperatur-feste Werkstoffe | Schmierungs-freie Kolben | Trocken-laufende Motoren |
| | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | | Binder, KWB, Herz, Perhofer | Binder, KWB, Herz, Perhofer | Binder, KWB, Herz, Perhofer | Binder, KWB, Herz, Perhofer | Binder, KWB, Herz, Perhofer | Binder, KWB, Herz, Perhofer | Andritz | Andritz | JR |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | | möglich | möglich | möglich | möglich | möglich | möglich | möglich | möglich | möglich |
| | Speicherbarkeit | | | gut | gut | gut | gut | gut | gut | gut | gut | gut |
| | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | | | gut | gut | gut | gut | gut | gut | mäßig | mäßig | mäßig |
| Nachhaltigkeit | Energiegestaltungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) | 0,10-0,15 | 0,08-0,10 | 0,12-0,18 | 0,105- 0,20 | 0,10-0,15 | 0,06- 0,10 | 0,09- 0,14 | 0,15-0,25 | 0,15-0,25 |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Äq / kWh Endenergie | 3) | 25-35 | 25-35 | 35-45 | 35-45 | 25-30 | 20-30 | 30-40 | 45-65 | 45-65 |
| | Konfliktpotential Interessengruppen | @@@ | 4) | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |

1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, t/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen

2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P

3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung;
= 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration

4) @@=gering; @=mittel; @=hoch

5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte

x) Keine gesicherten Daten verfügbar

4.1.2 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Holz, Vergasung und Pyrolyse

Teil I

| Primärenergie / Sekundärenergie | Holz (Waldrestholz, Plantagenholz, Altholz, Sägenebenenprodukte) | Hackgut, Pellets | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Umwandlungstechnologien | | Vergasung | | | | | | | | |
| | | Gasmotor (KWK+Mikro-KWK) | Gasturbine (KWK) | GuD (KWK) | Gasturbine (Mikro-KWK) | Brennstoffzelle (Mikro-KWK) | Synthese+Polygeneration | | | |
| Endenergie | | Strom + Wärme | Strom + Wärme | Strom + Wärme | Strom + Wärme | Strom + Wärme | Strom + Wärme + SNG | Strom + Wärme + FT-Treibstoff | Strom + Wärme + H2 | |
| Einsatzbereich | Strom | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| | Niedertemperatur-Wärme | Mikro- bis Fernwärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | Fernwärmennetz | Mikro-Wärmennetz | Mikro-Wärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | |
| | Prozess-Wärme, Dampf | Industrie, Gewerbe | Industrie, Gewerbe | Industrie, Gewerbe | Kleingewerbe | Kleingewerbe | Industrie, Gewerbe | Industrie, Gewerbe | Industrie, Gewerbe | |
| | Treibstoffe | - | - | - | - | - | X | X | X | |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, t/a | 1) | 5 kWel-10 Mwel | >5 MWel | 100 -700 MWel | 30-300 kWel | 1 - 10 kWel (Kraftwerk bis 10 MWel) | 20-400 MW | 20-400 MW |
| | Nutzungsgrad el | el % | | 35-48% | 25-35% | 0,6 | 15-25% | 40-60% | 5) | 5) |
| | Nutzungsgrad el + th | ges % | | 80-90% | 70-90% | <70% | 70-90% | 60% | 5) | 5) |
| | Stand der Technik | | 2) | M | M | M | D-ME | D-ME | D | P |
| | F&E Bedarf | | | - | Hochtemperatur-feste Werkstoffe | - | Marktreife | Marktreife, Slack-materialien | Synthese-prozess | Synthese-prozess |
| | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | | Christoph Holding | Andritz, Christoph | Andritz, | Andritz | TU Graz, AVL | Andritz, Christof | Andritz, Christof |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch | mittel (Gasnetz) |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | | möglich | möglich | möglich | möglich | möglich | nicht relevant | nicht relevant |
| | Speicherbarkeit | | | gut | gut | gut | gut | gut | gut | gut |
| | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | | | gut | gut | gut | gut | gut | gut/mäßig | gut/mäßig |
| Nachhaltigkeit | Energiegestehungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) | 0,08 - 0,58 | 0,14 - 0,17 | x) | x) | 0,55 - 0,85 | 0,80-0,90 | 0,60-0,70 |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Aq / kWh Endenergie | 3) | 50-60 | 35-45 | 35-50 | 40-50 | 30-45 | 20-30 | 20-30 |
| | Konfliktpotential Interessengruppen | ⊕⊕⊕ | 4) | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| 1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, t/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen | | | | | | | | | | |
| 2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P | | | | | | | | | | |
| 3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration | | | | | | | | | | |
| 4) ⊕=gering; ⊕=mittel; ⊕=hoch | | | | | | | | | | |
| 5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte | | | | | | | | | | |
| x) Keine gesicherten Daten verfügbar | | | | | | | | | | |

Factsheet der Umwandlungstechnologien für Holz, Vergasung und Pyrolyse

Teil II

| | | | | | | | | |
|--|--|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Primärenergie / Sekundärenergie | Holz (Waldrestholz, Plantagenholz, Altholz, Sägenebenenprodukte) | Hackgut | v.a. Altholz | | | | | |
| Umwandlungstechnologien | Bioethanol-Anlage | | Pyrolyse | | | | | |
| Endenergie | Bioethanol + Strom (+ Biomethan) | | Wärme | Strom+Wärme | Strom+Wärme | Strom + Wärme + SNG | Strom + Wärme + FT-Treibstoff | Biotreibstoff |
| Einsatzbereich | Strom | X | - | X | X | X | X | - |
| | Niedertemperatur-Wärme | - | Nah-/Fernwärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | Nah-/Fernwärmennetz | - |
| | Prozess-Wärme, Dampf | - | Industrie, Gewerbe | - |
| | Treibstoffe | X | - | - | - | X | X | X |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich kW, t/a | 1) 50kt-100kt/a Bioethanol | >5 MW (Pyrolyse) | >5 MW (Pyrolyse) |
| | Nutzungsgrad el el % | - | - | 30-38% | 20-28% | 5) | 5) | 5) |
| | Nutzungsgrad el + th ges % | 55-65% | 65% | 65% | 55% - 70% | 5) | 5) | 5) |
| | Stand der Technik 2) | P - D D (Pyrolyse) + M (Heizkessel) | P | P | P | P | P | D |
| | F&E Bedarf | Demo-anlage | Pyrolyse-prozess | Pyrolyse-prozess | Pyrolyse-prozess | Pyrolyse-prozess | Pyrolyse-prozess | Pyrolyse-prozess |
| | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | Andritz | BDI, Andritz | BDI, Andritz | BDI, Andritz | BDI, Andritz | BDI, Andritz | BDI, Andritz |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | niedrig (Nähe P&Z Industrie) | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch | hoch |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | nicht relevant | möglich | möglich | möglich | nicht relevant | nicht relevant | nicht relevant |
| | Speicherbarkeit | gut | gut | gut | gut | gut | gut | gut |
| | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | nicht relevant | gut | gut | gut | gut | gut | nicht relevant |
| Nachhaltigkeit | Energiegestehungskosten EUR / kWh Endenergie | 3) 0,6-1€/l Benzinäquivalent | 0,03-0,06 (Pyrolyseöl) | 0,03-0,06 (Pyrolyseöl) | 0,03-0,06 (Pyrolyseöl) | 0,03-0,06 (Pyrolyseöl) | 0,03-0,06 (Pyrolyseöl) | 0,03-0,06 (Pyrolyseöl) |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Aq / kWh Endenergie | 3) 115-125 | 55-65 | 55-65 | x) | x) | x) |
| | Konfliktpotential Interessengruppen | ⊕⊕⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| 1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, t/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen | | | | | | | | |
| 2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P | | | | | | | | |
| 3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration | | | | | | | | |
| 4) ⊕=gering; ⊕=mittel; ⊕=hoch | | | | | | | | |
| 5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte | | | | | | | | |
| x) Keine gesicherten Daten verfügbar | | | | | | | | |

4.1.3 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Halmgüter

| Primärenergie / Sekundärenergie | Halmgüter | Stroh | | | | |
|---|---|---------------------------|--|---|------------------------------------|------------------------------------|
| Umwandlungstechnologien | | (Ganzballen-) Verbrennung | Vergasung | Pyrolyse | Bioethanol-Anlage | |
| | | Dampfturbine KWK | Varianten + Bewertung siehe Holz - Vergasung | Varianten + Bewertung siehe Holz - Pyrolyse | Schleme Verbrennung + Fermentation | Schleme Verbrennung + Dampfturbine |
| Endenergie | | Strom+Wärme | | | Bioethanol + Strom + Biomethan | Bioethanol + Strom + Wärme |
| Einsatzbereich | Strom | X | X | X | X | X |
| | Niedertemperatur-Wärme | | Nah-/Fernwärmenetze | Nah-/Fernwärmenetz | - | Fernwärmenetze |
| | Prozess-Wärme, Dampf | | Gewerbe, Industrie | Industrie, Gewerbe | Industrie, Gewerbe | - |
| | Treibstoffe | - | | X | X | X |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, t/a | 1) 0,5 bis 50 MW th | - | - | 50kt-100kt/a Bioethanol |
| | Nutzungsgrad el | el % | 10-23% | - | - | 26-36% |
| | Nutzungsgrad el + th | ges % | 80% | - | - | 45-65% |
| | Stand der Technik | | 2) M | - | - | P |
| | F&E Bedarf | | - | - | Pyrolyse-prozess | Demo-anlage |
| | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | KWB | - | - | Andritz, Christof |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | hoch | hoch | hoch | hoch |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | möglich | nicht relevant | nicht relevant | nicht relevant |
| | Speicherbarkeit | | gut/mäßig | gut/mäßig | gut/mäßig | gut/mäßig |
| | Flexibilität (Teilaufnahmefähigkeit Technologien) | | gut/mäßig | gut | gut | nicht relevant |
| Nachhaltigkeit | Energiegestehungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) 0,18 - 0,21 | x) | x) | 1€/l Benzinäquivalent |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Äq / kWh Endenergie | 3) 20-30 | - | - | 100-130 |
| | Konfliktpotential Interessengruppen | ⊕⊕⊕ | 4) ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| 1) kWth bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, t/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen | | | | | | |
| 2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P | | | | | | |
| 3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration | | | | | | |
| 4) ⊕=gering; ⊕= mittel; ⊕= hoch | | | | | | |
| 5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte | | | | | | |
| x) Keine gesicherten Daten verfügbar | | | | | | |

4.1.4 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Zucker-, Öl- und Stärkepflanzen

| Primärenergie / Sekundärenergie | Zucker- und Stärkepflanzen, Ölpflanzen | Mais, Weizen, Rüben | Nachwachsende Rohstoffe (z.B. Maissilage) | Raps | Algen | | | |
|--|---|---------------------------|---|-------------------------|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|
| Umwandlungstechnologien | | Bioethanol-Anlage | Biogasanlage | | Biodieselanlage | | | |
| Endenergie | | Bioethanol | Strom + Wärme | Biomethan | Biodiesel | Biodiesel | | |
| Einsatzbereich | Strom | - | X | - | - | - | | |
| | Niedertemperatur-Wärme | - | Nah-/Fernwärmenetze | - | - | - | | |
| | Prozess-Wärme, Dampf | - | Gewerbe, Industrie | - | - | - | | |
| | Treibstoffe | X | - | X | X | X | | |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, t/a | 1) | >100.000 t Bioethanol/a | 500-1.000kWel | >100 m³/h Biomethan | 10.000 - 100.000 t/a | >10.000 t/a |
| | Nutzungsgrad el | el % | | - | 30-40% | - | - | - |
| | Nutzungsgrad el + th | ges % | | - | <80% | - | - | - |
| | Stand der Technik | | 2) | M | M | M | M | P |
| | F&E Bedarf | | | - | - | - | - | Demo-anlage |
| | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | | Andritz, Christof | Bauer, Sattler | Bauer, Sattler | BDI | JR, TU Graz, Uni Graz, BDI |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | | hoch | hoch | mittel (Gasnetz) | hoch | mittel (Transportier-barkeit) |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | | nicht relevant | möglich | nicht relevant | nicht relevant | nicht relevant |
| | Speicherbarkeit | | | gut | gut | gut | gut | gut |
| | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | | | nicht relevant | gut | gut/mäßig | nicht relevant | nicht relevant |
| Nachhaltigkeit | Energiegestehungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) | 0,4-0,5 €/l | 0,10 - 0,16 | 0,06-0,15 | 0,6-0,7 €/l | x) |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Äq / kWh Endenergie | 3) | 250-270 | 70-100 | 55-65 | 140-160 | 170-340 |
| | Konfliktpotential Interessengruppen | ⊕⊕⊕ | 4) | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |

1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, t/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen
 2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P
 3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung;
 = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration
 4) ⊕=gering; ⊕=mittel; ⊕=hoch
 5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte
 x) Keine gesicherten Daten verfügbar

4.1.5 Factsheet der Umwandlungstechnologien für organische Reststoffe

| Primärenergie / Sekundärenergie | Organische Reststoffe | Gülle | Altspeiseöl+Tierfett | | Biomüll | | Ablauge d. Papierindustrie | | | | | |
|--|---|---------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Umwandlungstechnologien | | Biogasanlage | Biodiesel-Anlage | Biogasanlage | | Biogasanlage | | Vergasung | Bioethanolanlage | Verbrennung | | |
| | | Gasmotor (KWK+Mikro-KWK) | | Gasmotor (KWK+Mikro-KWK) | Methanisierung | Gasmotor (KWK+Mikro-KWK) | Methanisierung | Varianten + Bewertung siehe Holz - Vergasung | | Heizkessel/ Dampfturbine | | |
| Endenergie | | Strom + Wärme | Biodiesel | Strom+Wärme | Biomethan | Strom+Wärme | Biomethan | | Bioethanol | Strom+Wärme | | |
| Einsatzbereich | Strom | X | - | X | - | X | - | - | - | X | | |
| | Niedertemperatur-Wärme | Nah-/Fernwärmenetze | - | Nah-/Fernwärmenetze | - | Nah-/Fernwärmenetze | - | - | - | Nah-/Fernwärmenetze | | |
| | Prozess-Wärme, Dampf | Gewerbe, Industrie | - | Gewerbe, Industrie | - | Gewerbe, Industrie | - | - | - | Nah- | | |
| | Treibstoffe | - | X | - | X | - | X | - | X | - | | |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, to/a | 1) | 50-500 kWel | >10.000 to/a | 300-500 (1000) kWel | >100 m³/h Biometan | 300-500 (1000) kWel | >100 m³/h Biometan | - | 50.000-100.000 t Bioethanol/a | 10-50 Mwel |
| | Nutzungsgrad el | el % | | 25-40% | - | 25-40% | - | 25-40% | - | - | - | 25-30 % |
| | Nutzungsgrad el + ih | ges % | | <80% | - | <80% | - | <80% | - | - | - | <70% |
| | Stand der Technik | | 2) | M | M | M | D-ME | M | D-ME | D | M | M |
| | F&E Bedarf | | | - | - | Marktreife | - | Marktreife | Demo-anlage in Österreich | - | - | - |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | | Bauer, Sattler | SEEG | Bauer, Sattler | Bauer, Sattler | Bauer, Sattler | Andritz | Andritz | - | - |
| | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | | mittel (Transportierbarkeit) | mittel (Transportierbarkeit) | mittel (Transportierbarkeit) | mittel (Gasnetz) | mittel (Transportierbarkeit) | mittel (Gasnetz) | niedrig (Nähe P&Z Industrie) | niedrig (Nähe P&Z Industrie) | niedrig (Nähe P&Z Industrie) |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | | möglich | nicht relevant | möglich | nicht relevant | möglich | nicht relevant | nicht relevant | nicht relevant | möglich |
| | Speicherbarkeit | | | mäßig | gut | gut | gut | nicht | nicht | gut | gut | gut |
| Nachhaltigkeit | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | | | gut | nicht relevant | gut | gut | gut | gut | nicht relevant | gut | gut |
| | Energiegestehungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) | 0,11-0,25 | 0,4-0,5 €/l | 0,135-0,210 | 0,06-0,15 | 0,07-0,15 | 0,06-0,15 | - | 0,6-1€/l Benzinäquivalent | Eigenbedarf P&P |
| | THG-Emissionen | g CO2-Äq / kWh Endenergie | 3) | -850 | 40-45 | 130-170 | x) | 130-170 | x) | - | x) | 15-20 |
| | Konfliktpotential Interessensgruppen | ⊕⊕⊕ | 4) | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |

1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, to/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen

2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P

3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration

4) ⊕=gering; ⊕= mittel; ⊕= hoch

5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte

x) Keine gesicherten Daten verfügbar

4.1.6 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Restmüll

| Primärenergie / Sekundärenergie | Restmüll | | | |
|--|---|---------------------------|----------------------------|---|
| Umwandlungstechnologien | | | Verbrennung | Pyrolyse |
| | | | Dampfturbine KWK | Varianten + Bewertung siehe Holz - Pyrolyse |
| Endenergie | | | Strom+Wärme | |
| Einsatzbereich | Strom | | X | X |
| | Niedertemperatur-Wärme | | Nah-/Fernwärmenetze | Nah-/Fernwärmenetze |
| | Prozess-Wärme, Dampf | | Nah-/Fernwärmenetze | Industrie, Gewerbe |
| | Treibstoffe | | - | X |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, to/a | 1) | 30-120 MW Brennstoff |
| | Nutzungsgrad el | el % | | <20% |
| | Nutzungsgrad el + th | ges % | | <80% |
| | Stand der Technik | | 2) | M |
| | F&E Bedarf | | | Pyrolyse-prozess |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | Andritz Energy&Environment | BDI, Andritz |
| | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | hoch | hoch |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | nicht relevant | nicht relevant |
| | Speicherbarkeit | | nicht | nicht |
| Nachhaltigkeit | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | | gut/mäßig | gut |
| | Energiegestehungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) | x) |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Äq / kWh Endenergie | 3) | 280 |
| | Konfliktpotential Interessensgruppen | ⊕⊕⊕ | 4) | ⊕ |

1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, to/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen

2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P

3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis

4) ⊕=gering; ⊕ = mittel; ⊕ = hoch

5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte

x) Keine gesicherten Daten verfügbar

4.1.7 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Sonnenenergie

| Primärenergie / Sekundärenergie | Sonnenenergie | | | | | |
|--|---|---------------------------|---|--|-----------------------------|---------------------------|
| Umwandlungstechnologien | | PV | Solarthermie | PV + Solarthermie | Elektrolyse | |
| | | PV-Zellen | Solarkollektoren | | Brennstoffzelle (Mikro-KWK) | |
| Endenergie | | Strom | Wärme | Strom+Wärme | Strom+Wärme | CGH2 |
| Einsatzbereich | Strom | X | - | X | X | - |
| | Niedertemperatur-Wärme | - | Gebäude-Zentralheizung, Wärmenetz | Gebäude-Zentralheizung, Wärmenetz | Mikro-Wärmenetz | - |
| | Prozess-Wärme, Dampf | - | - | - | Kleingewerbe | - |
| | Treibstoffe | X | - | X | | X |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, t/a | 1) 1-500 kW, seit 2015 auf 200 kW eingeschränkt | 5->1000 m ² | 5->1000 m ² | 1-10 kWel |
| | Nutzungsgrad el | el % | 15-20% | - | <17% | 25-35% |
| | Nutzungsgrad el + th | ges % | - | 60-80% | <80% | - |
| | Stand der Technik | | 2) M | M | D | D |
| | F&E Bedarf | | Effizienz-verbesserung, neue Materialien | Kostenreduktion, neue Absorber-materialien | Effizienz-verbesserung | Effizienz-verbesserung |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | FIBAG, Isovoltak, Neovoltak, pv products | SOLID, Pink | AEE Intec | TU Graz, JR, HyCentA, AVL |
| | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | hoch | hoch | hoch | hoch |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | gut | gut | gut | gut |
| | Speicherbarkeit | | mäßig | gut | gut/mäßig | gut |
| Nachhaltigkeit | Flexibilität (Teilaufnahmefähigkeit Technologien) | | nicht relevant | nicht relevant | nicht relevant | gut |
| | Energiegestehungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) 0,08 - 0,15 | 0,07-0,14 | x) | 0,5-0,7 |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Äq / kWh Endenergie | 3) 60-80 (kristallin) | 15-20 | x) | 220-260 |
| | Konfliktpotential Interessensgruppen | ⊕⊕⊕ | 4) ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |

1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, t/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen

2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P

3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration

4) ⊕=gering; ⊕=mittel; ⊕=hoch

5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte

x) Keine gesicherten Daten verfügbar

4.1.8 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Windenergie

| Primärenergie / Sekundärenergie | Windenergie | | | | |
|--|--|--|---|---|--|
| Umwandlungstechnologien | | Windanlage | | Elektrolyse | |
| Endenergie | | Strom | Strom+Wärme | CGH2 | |
| Einsatzbereich | Strom Niedertemperatur-Wärme Prozess-Wärme, Dampf Treibstoffe | X - - X | X Mikro-Wärmenetz Kleingewerbe - | - - | - |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich Nutzungsgrad el Nutzungsgrad el + th Stand der Technik F&E Bedarf Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | kW, to/a el % ges % 2) - | 1) (3-20kW); 0,5-2,5 MW 0,37 - M ELIN, AVL/qpunkt | 1-10 kWel 25-35% <50% D TU Graz, JR, HyCentA, AVL | 0 25-35% - D Effizienz-verbesserung TU Graz, JR, HyCentA, AVL |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) Kombinierbarkeit mit anderen Technologien Speicherbarkeit Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | | mittel (Umwelt-auflagen) | mittel (Umwelt-auflagen) | mittel (Umwelt-auflagen) |
| Nachhaltigkeit | Energiegestehungskosten THG-Emissionen (Lebenszyklus) Konfliktpotential Interessensgruppen | EUR / kWh Endenergie g CO2-Äq / kWh Endenergie ☺☺☺ | 3) 0,05-0,10 10-20 4) ⊗ | 0,3-0,4 35-65 ☺ | 0,3-0,6 40-80 ☺ |
| <p>1) kWth bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, to/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen</p> <p>2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P</p> <p>3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration</p> <p>4) ☺=gering; ☻=mittel; ☻=hoch</p> <p>5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte</p> <p>x) Keine gesicherten Daten verfügbar</p> | | | | | |

4.1.9 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Wasserkraft

| Primärenergie / Sekundärenergie | Wasserkraft | | | | |
|---|---|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| Umwandlungstechnologien | | Wasserkraftwerk (Klein, groß) | | Elektrolyse | |
| Endenergie | | | Brennstoffzelle (Mikro-KWK) | | |
| Einsatzbereich | Strom | X | X | - | |
| | Niedertemperatur-Wärme | - | Mikro-Wärmenetz | - | |
| | Prozess-Wärme, Dampf | - | Kleingewerbe | - | |
| | Treibstoffe | X | - | X | |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich kW, to/a | 1) 30 kW-700 MW | 1-10 kWel | 0 | |
| | Nutzungsgrad el el % | 0,9 | 25-35% | 25-35% | |
| | Nutzungsgrad el + th ges % | - | <50% | - | |
| | Stand der Technik | 2) M | D | D | |
| | F&E Bedarf | - | Effizienz-verbesserung | Effizienz-verbesserung | |
| | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | Andritz, Elin | TU Graz, JR, HyCentA, AVL | TU Graz, JR, HyCentA, AVL | |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | mittel (Umwelt-auflagen) | mittel (Umwelt-auflagen) | mittel (Umwelt-auflagen) | |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | nicht relevant | gut | gut | |
| | Speicherbarkeit | gut/Pumpsp | gut | gut | |
| | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | gut | gut | gut | |
| Nachhaltigkeit | Energiegestehungskosten EUR / kWh Endenergie | 3) 0,02-0,08 | 0,3-0,4 | 0,3-0,6 | |
| | THG-Emissionen g CO2-Äq / kWh Endenergie (Lebenszyklus) | 3) 10-20 | 35-65 | 50-90 | |
| | Konfliktpotential Interessensgruppen ☺☺☺ | 4) ☺ | ☺ | ☺ | |
| 1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, to/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen | | | | | |
| 2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P | | | | | |
| 3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung; = 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration | | | | | |
| 4) ☺=gering; ☺ = mittel; ☺ = hoch | | | | | |
| 5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte | | | | | |
| x) Keine gesicherten Daten verfügbar | | | | | |

4.1.10 Factsheet der Umwandlungstechnologien für Umgebungswärme

| Primärenergie / Sekundärenergie | Umgebungswärme | Tiefe Geothermie | Oberflächennahe Geothermie, Wasser | Luft | |
|--|---|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Umwandlungstechnologien | | | | Wärmepumpe | |
| Endenergie | | | Wärme | Wärme | Wärme |
| Einsatzbereich | Strom | | X | - | |
| | Niedertemperatur-Wärme | | Wärmenetz | Gebäude-Zentralheizung, Wärmenetz | Gebäude-Zentralheizung, Wärmenetz |
| | Prozess-Wärme, Dampf | | - | - | |
| | Treibstoffe | | - | - | |
| Technologie-parameter, Stand der Technik, Steirisches Know-How | Typischer Leistungsbereich | kW, to/a | 1) 500-2.500 kW | 5-100 kW | 5-100 kW |
| | Nutzungsgrad el | el % | | - | - |
| | Nutzungsgrad el + th | ges % | | 1 AZ 3-4 | AZ 2-3 |
| | Stand der Technik | | 2) M | M | M |
| | F&E Bedarf | | | - | - |
| | Steirisches Know-How (Produktion, F&E) | | | - | - |
| Eignung für dezentrale Erzeugung | Standortflexibilität Anlage - Primärenergieangebot (einschränkender Faktor) | | niedrig | niedrig | niedrig |
| | Kombinierbarkeit mit anderen Technologien | | gut | gut | gut |
| | Speicherbarkeit | | gut | gut | gut/mäßig |
| | Flexibilität (Teillastfähigkeit Technologien) | | mäßig | nicht relevant | nicht relevant |
| Nachhaltigkeit | Energiegestehungskosten | EUR / kWh Endenergie | 3) 0,2-0,27 | 0,09-0,12 | 0,09-0,12 |
| | THG-Emissionen (Lebenszyklus) | g CO2-Äq / kWh Endenergie | 3) 29-109 | 10-20 (Wärmepumpe mit Ökostrom) | 10-20 (Wärmepumpe mit Ökostrom) |
| | Konfliktpotential Interessensgruppen | ☺☺☺ | 4) ☺ | ☺ | ☺ |

1) kWh bei Heizanlagen, kWel bei Stromerzeugung und gekoppelter Strom+Wärmeerzeugung, to/a bzw. MW Brennstoffeinsatz bei Treibstoffanlagen

2) Markt M, Markteinführung ME, Demonstration D, Pilotanlage P

3) 1 kWh Endenergie = 1 kWh Wärme bei Heizanlagen; = x kWh Strom + y kWh Wärme (x+y=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei Kraft-Wärme-Kopplung;
= 1 kWh Treibstoff bei Treibstoffanlagen; = x kWh Treibstoff + y kWh Strom + z kWh Wärme (x+y+z=1) im jeweils erzeugten Verhältnis bei treibstofforientierter Polygeneration

4) ☺=gering; ☺=mittel; ☺=hoch

5) große Bandbreiten, abhängig von Anlagenkonzept und Nutzungsgrad der Ko-Produkte

x) Keine gesicherten Daten verfügbar

4.2 Sicherheit der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)

Der anhaltende Infrastrukturumbau in Haushalten und Unternehmen, weg von fossilen Brennstoffen und zentraler Energieversorgung hin zu erneuerbaren Energiequellen und dezentraler Versorgung zur Verringerung der Treibhausgasemissionen und hin zu Nachhaltigkeit und mehr Energieeffizienz, bringt auch eine Reihe von Gefahren mit sich, die bereits im Vorfeld beachtet werden müssen. Bei diesem in den nächsten Jahren anhaltenden Trend hin zu einer kombinierten digitalisierten bidirektionalen Energieinfrastruktur, spielen Privacy Aspekte sowie Sicherheitsanforderung bezüglich IT/OT (Information Technology/ Operational Technology) in Systemen, Netzen und Anwendungen eine entscheidende Rolle, um die Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit der Energieversorgung zu gewährleisten. Abbildung 53 zeigt eine Darstellung der in einem Energieversorgungssystem vorhandenen Informationsflüsse.

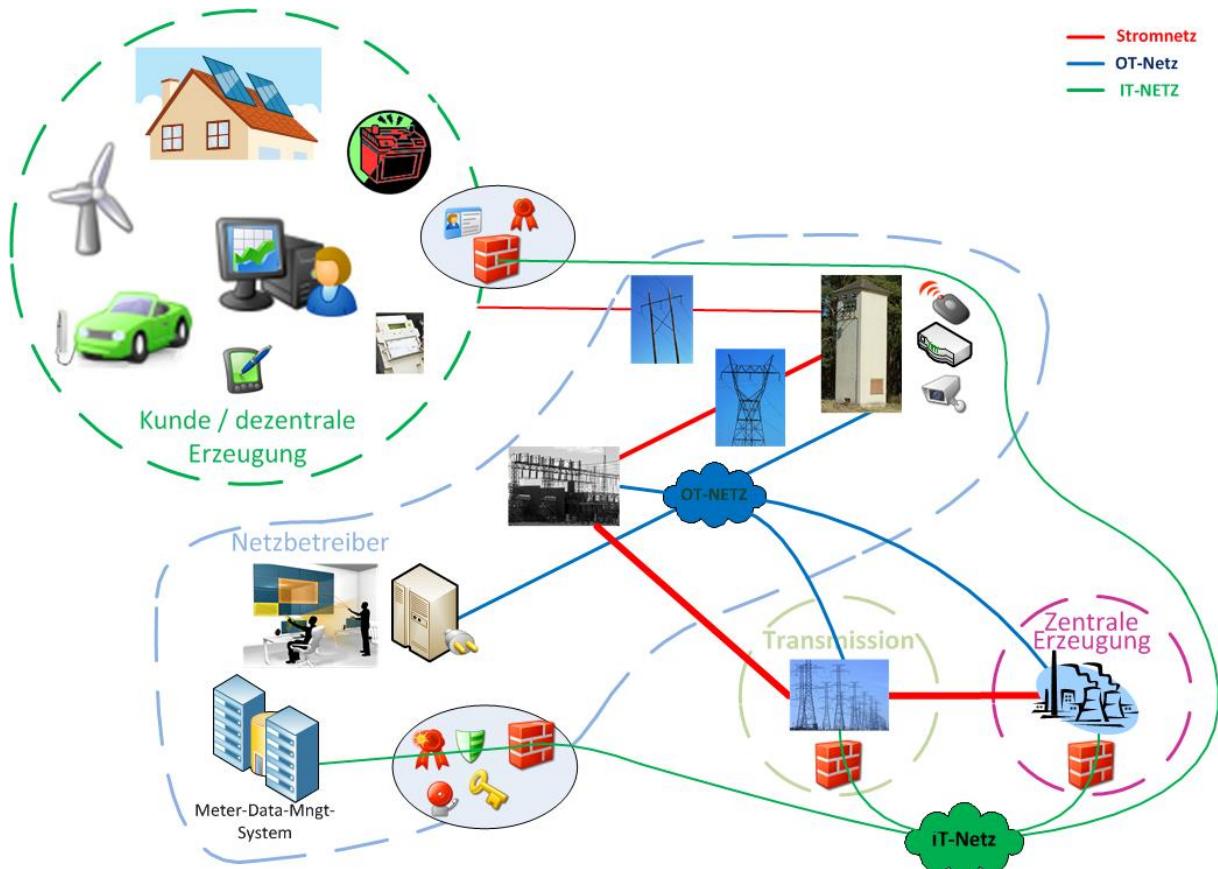


Abbildung 53: Schema der Informationsflüsse in einem Energieversorgungssystem

Im gegenständlichen Masterplan werden Bedrohungen und entsprechende Maßnahmen aufgelistet um die Cybersicherheit bei der dezentralen Energieversorgung zu verbessern. Ziel ist es, dass in Zukunft im Bereich der dezentralen Energieversorgung in der Steiermark widerstandsfähige Systeme konzipiert, installiert, betrieben und auch entsprechend gewartet werden, um bei etwaigen Cyber-Attacken eine Aufrechterhaltung der kritischen Infrastruktur „Energieversorgung“ zu gewährleisten. Aufgrund der immer anspruchsvolleren und ausgeklügelten Art sowie der Geschwindigkeit, mit der sich Schadsoftware oder Denial-of-Service-Attacken ausbreiten, ist die menschliche Reaktionszeit für Gegenmaßnahmen oft unzureichend. Weiters beruhen mehr als 85 % der erfolgreich durchgeführten Cyber Attacken auf bekannten Sicherheitslücken oder fehlkonfigurierten Systemen. Es ist deshalb wichtig die Cyber-physikalischen Energiesysteme mittels neuartiger technologischer Lösungen im Bereich Kryptographie, Zugangskontrollen, Trust Management oder Situational Awareness Systemen abzusichern und auch regelmäßig bzw. im Bedarfsfall zu patchen. Interoperabilität ist neben Cyber Security und Data Privacy die dritte Herausforderung für ein dezentrales Energiesystem.

und diese kann nur funktionieren, wenn Security bereits von Beginn an berücksichtigt wird und fixer Bestandteil des Designs ist. (IEEE-USA Energy Policy Committee, 2014)

Die Notwendigkeit zur Absicherung der Netzwerke wird deutlich, wenn miteinbezogen wird, dass in der DACH-Region 25 % der Unternehmen in den letzten zwei Jahren von E-Crime-Handlungen betroffen waren. Auch der Lagebericht zur IT-Sicherheit in Deutschland des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2014a) sieht eine stärkere Vernetzung zwischen klassischer IT und Industrial Control Systems (ICS), also zwischen IT- und OT-Netzen, und bemängelt dass viele dieser Systeme mögliche Angriffe nicht im Konzept berücksichtigen. Der Bericht identifiziert dies als eine der „zentralen Ursachen und Bedrohungen für Wirtschaft und Staat“ und nennt auch Beispiele für gezielte Angriffe auf Industriesysteme (Angriff auf ein Stahlwerk, Dragonfly).

4.2.1 Lokalisieren von Bedrohungen von Seiten der IKT für einzelne Komponenten der dezentralen Energieversorgung

Im Bereich der Smart Grids gibt es zahlreiche Initiativen die sich mit der Thematik Sicherheit beschäftigen. In Österreich beschäftigt bzw. beschäftigen sich mehrere Projekte damit:

- Risikoanalyse für die Informationssysteme der Elektrizitätswirtschaft (E-Control GMBH, 2014)
- Smart Grid Security Guidance (SG²) (Hecht T. et al., 2014)
- Sichere Architektur für Österreichische Smart Grids (RASSA, Reference Architecture for secure Smart Grids in Austria, laufendes Projekt im Rahmen der Förderschiene Haus der Zukunft des bmvit, <http://www.hausderzukunft.at/results.html?id7820>)

International werden gerade vom NIST (US National Institute of Standards and Technology) Guidelines für Smart Grid erarbeitet. In dieser Norm wird die Smart Grid Architektur im Detail beschrieben sowie auch auf die Security Aspekte alle beteiligten Komponenten eingegangen. Diese Norm hatte auch sehr starken Einfluss auf die österreichische Studie „Risikoanalyse für die Informationssysteme der Elektrizitätswirtschaft“.

Im Gegensatz zu den USA gibt es auf europäischer Ebene eine Reihe von länderspezifischen Richtlinien, was auch damit zu tun hat das jedes Land für sich allein dafür verantwortlich ist. Der Versuch einer einheitlichen Europäischen Sichtweise bildet die Initiative Smart Grid Information Security (CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, 2012) die ausgehend von Smart Grid Architekturmodell Sicherheitslevels und Datenschutzklassen für die unterschiedlichen Layer des SGAM Modells definiert.

Die deutsche Normungsroadmap IT Sicherheit (Koordinierungsstelle IT-Sicherheit, 2013), die für die verschiedensten Technikbereiche die vorhandenen IT-Sicherheitsnormen auflistet und für den jeweiligen Anwendungszweck die geeigneten Normen auswählt, bietet einen Überblick über die Vielzahl an vorhanden Normen und den unterschiedlichen Normungsgremien. Beim Thema dezentrale Einspeisung erneuerbarer Energien wird auf das BSI Schutzprofil (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2014c) verwiesen.

Im Projekt „Risikoanalyse für die Informationssysteme der Elektrizitätswirtschaft“ wurden 15 Gefahrenfelder und insgesamt 114 Einzelgefahren selektiert. Es sind dies folgende Gefahrenfelder:

1. Maschinen-Maschinen Kommunikation mit hohem Rechenaufwand und/oder hoher Bandbreitenanforderung
2. Gefahren an der Schnittstelle Steuerungs- und Kontrollsysteme innerhalb einer Organisation
3. Gefahren an der Schnittstelle Steuerungs- und Kontrollsysteme zwischen verschiedenen Organisationen

4. Gefahren, die sich aus Back-Office-Systemen ableiten lassen. Innerhalb einer Organisation oder auch von und zu verschiedenen Netzbetreibern.
5. Gefahren, die sich aus interorganisatorischer Kommunikation (z.B. Fahrplanmanagement) ableiten lassen.
6. Gefahren, die sich aus Schnittstellen zwischen Steuerungssystemen und Verwaltungs- und Administrationssystemen ableiten lassen
7. Gefahren, die sich aus Schnittstellen Sensor-Sensornetzwerk und Überwachungstechnik ableiten lassen.
8. Gefahren, die sich aus Schnittstellen im Smart Meter Netzwerk ableiten lassen.
9. Gefahren, die sich aus der Nutzung von Kunden HAN/BAN/NAN Netzwerken ableiten lassen.
10. Gefahren, die sich aus der Nutzung externer Systeme ableiten lassen, die eine "direkte" Beziehung zum Endverbraucher haben.
11. Gefahren, die sich aus Service- und Wartungsschnittstellen ableiten lassen.
12. Gefahren, die sich aus den Schnittstellen am Smart Meter ableiten lassen.
13. Gefahren, die sich aus der Nutzung von Decision Support Systemen ableiten lassen.
14. Gefahren, die sich aus der Schnittstelle Entwicklung/ Wartung an der Sekundärtechnik ableiten lassen.
15. Gefahren, die sich aus der Nutzung von Netzwerküberwachung und Securitymonitoring- Systemen ableiten lassen.

Im Projekt „Smart Grid Security Guidance“ wurde ausgehend von den BSI IT-Grundschutzkatalog (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2014b) und BSI Schutzprofil (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2014c) 6 Bedrohungskategorien und 31 Bedrohungen selektiert und bewertet. Dabei handelt es sich um folgende Kategorien:

1. Authentifizierung / Autorisierung
2. Integrität / Verfügbarkeit
3. Interne / externe Schnittstellen
4. Kryptographie / Vertraulichkeit
5. Wartung / Instandhaltung / Systemzustand
6. Fehlende / falsche Sicherheitsmechanismen

Prinzipiell sind im Bereich der Energieerzeugung und -verteilung zwei verschiedene Arten von Informations- und Kommunikationsnetzwerken zu unterscheiden:

- das *Information Technology (IT)*-Netzwerk und
- das *Operational Technology (OT)*-Netzwerk (Betriebsführung/Netzleittechnik).

Für beide Netzwerke gilt dass, um ein ganzheitliches und technischen Neuerungen gerecht werdendes Maß an Sicherheit zu gewährleisten, ein Informationssicherheitsmanagementsystem (ISMS) notwendig ist, welches auf einem risikoanalysebasiertem Ansatz zyklisch überarbeitet wird. Beispiele für ISMS sind jene, welche in der ISO 27000- (International Organization for Standardization, 2013a) und der BSI-Standard 100 Reihe (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2013) definiert sind. Dies fordert auch die deutsche Bundesnetzagentur in einem Entwurf eines Sicherheitskatalogs (Bundesnetzagentur Energieabteilung, 2013). Dieser Entwurf fordert außerdem einen Netzstrukturplan, der sämtliche IT-Systeme, OT-Systeme und deren Schnittstellen enthält. Ebenso soll das geforderte ISMS extern und unabhängig zertifiziert werden. Dem deutschen Chaos Computer Club (CCC) geht

dieser Entwurf nicht weit genug. Er fordert darüber hinaus dass auch das dafür notwendige Risikomanagement und die Ermittlung des Schutzbedarfs eine unabhängige Instanz durchführt, sowie dass sich letztere am aktuellen Stand der Technik und erstere an der Volkswirtschaft statt der Unternehmensökonomie orientiert. Dieselbe unabhängige Stelle soll auch Leistungen von Drittfirmen in Zusammenhang mit dem Energieversorger überprüfen. Darüber hinaus fordert die Stellungnahme ein öffentlich einsehbares Verzeichnis für Sicherheitsvorfälle.

4.2.1.1 IT Netzwerke

Für die Steuerung des Energienetzes spielen klassische IT-Netzwerke nur eine untergeordnete Rolle. Durch die weitgehend strikte Trennung der IT- und OT-Netze von Energieversiegern spielen erstere nur eine sehr untergeordnete Rolle in der Steuerung von Energienetzen (Ausnahmen siehe Abschnitt 4.2.2.2).

Davon unberührt verwalten Energieversorger sensible Daten in ihren IT-Netzen. Dies betrifft einerseits Kundendaten, sowohl persönliche – inklusive Bankverbindungen – als auch Verrechnungsdaten, welche auf das Energieprofil und somit auf das Verhalten der Strombenutzer rückschließen lassen und daher hohe Anforderungen an die Vertraulichkeit (Privacy) stellt. Andererseits beinhalten diese Daten auch kritische Informationen welche die Versorgungssicherheit der österreichischen Energiewirtschaft betreffen – Standorte, Zugangsprotokolle, Zugangscodes, etc. – und somit für Cyberkriminelle eine lohnende Beute darstellen.

Um die Sicherheit dieser kritischen Daten im klassischen IT-Netzwerk zu gewährleisten, sind dazu entsprechende State-of-the-Art-Maßnahmen notwendig. Dies betrifft nicht nur technische Maßnahmen bezüglich der Daten (z.B. durch entsprechende User- und Rollenbasierte Zugriffsrechtevergabe), Hosts (z.B. VirensScanner, Patchmanagement und Host-based IPs), Perimetersicherheit (Firewalling, IPS) und lokaler Netzsicherheit (NAC und SIEM-Systeme), sondern auch physische (Schlösser, Zutrittskontrollen) und organisatorische (Security Policy, Nutzungsrichtlinien, Schulungen) Maßnahmen. Wie schon in Absatz 4.2.1 erwähnt, ist hierbei ein ISMS notwendig, das sich am Stand der Technik orientiert, um ein gleichbleibend hohes Maß an Sicherheit gewährleisten zu können.

4.2.1.2 OT Netzwerke

Derzeit sind die Leitsysteme von Energienetzen, insbesondere Stromnetzen, von der *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)*-Architektur geprägt. Diese sind zum überwiegenden Teil proprietäre Systeme, welche die in der IEC-Norm 60870-5 standardisierten Kommunikationsprotokolle nutzen, insbesondere das Protokoll 101 (International Electrotechnical Commission, 2003) für serielle und 104 (International Electrotechnical Commission, 2006) für IP-basierte Kommunikation, und physisch strikt vom IT-Netz segregiert sind. Hierbei zeichnet sich ein starker Trend zum IP-basierten Protokoll ab. Physisch funktioniert das Netz über eigene Leitungen im Besitz des Energiebetreibers, bzw. wo eigene Leitungen nicht möglich sind, über Drittnetze (z.B. GSM) mittels verschlüsselten VPNs. Während im Hochspannungsnetz sämtliche Stationen in Bezug auf Wirk- und Blindstrom etc. von der Ferne aus überwacht, gesteuert und gemessen werden, passiert diese im Mittelspannungsnetz nur sporadisch und im Niederspannungsnetz (Ausnahme: Smart Metering) im Regelfall gar nicht. Die fehlenden Daten werden durch statistische Methoden extrapoliert. Mit der Integration von Smart Meter-Daten in das Netzeleitsystem ist zwar innerhalb des Betrachtungszeitraums des Masterplans nicht zu rechnen, die Smart Grid- und Metering-Architektur wird jedoch gesondert in Kapitel 4.2.2.2 behandelt. Physische Zugriffspunkte, beispielsweise an Baustellen und Umspannwerken, bieten daher keinen direkten Zugriff ins Fernwirksystem, da nur Daten geliefert werden. Hier gibt es jedoch Potential für indirekte Angriffe, zum Beispiel durch Einspeisen von falschen Messdaten, darüber hinaus ist die Absicherung der SCADA-Systeme des Fernwirksystems gegenüber diesen Zugriffspunkten mittels eines rein physischen Schutzes

kritisch zu hinterfragen. Aus diesem Grund fordert auch die in Kapitel 4.2.1 zitierte Kritik des CCC auch abgeschottete Teile (OT-Netzwerk) mit Schutzmaßnahmen nach Stand der Technik abzusichern, dies beinhaltet Passwortschutz und Ende-zu-Ende-Verschlüsselung, eine rein physische Segregation ist nicht ausreichend. Zusätzlich sind als Schutzmaßnahme SCADA-IPS bzw. gegenüber den erwähnten indirekten Angriffen Systeme zur Fehlerdetektion und Anomalieerkennung empfehlenswert, sowie Schutzmaßnahmen nach Whitelisting-Ansatz, welche nur bestimmte, vordefinierte Aktionen auf einem Kontrollsysteem zulassen und dadurch Missbrauch verhindern (Critical System Protection).

Zusätzlich existiert eine ISO-Norm aus der 27000er-Serie, welche sich auf Kontrollsysteme der Energiewirtschaft spezialisiert (International Organization for Standardization, 2013b). Diese stellt vor allem erhöhte Anforderungen an die physische Sicherheit, speziell für Orte am Perimeter wie zum Beispiel Trafostationen, sowie an die Unfallsicherheit. Ebenso sollen verstärkt Katastrophenszenarien, beispielsweise Blackout und Naturkatastrophen, in eine Sicherheitspolitik integriert werden. Ein weiteres Augenmerk liegt auf der Behandlung veralteter Systeme. Diese sollten isoliert laufen, im Allgemeinen sehr strikte Zugriffsrichtlinien und im Speziellen, falls möglich, keinen Fernzugriff besitzen. Auch die Passwort-Politik muss entsprechend an die Möglichkeiten der Systeme angepasst werden. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die IEC-Norm TS 62351 (International Electrotechnical Commission, 2007), welche auf kryptographische Absicherung, Zugriffsschutz (Zugriffsmanagement, Rate Limiting, Firewalling), Monitoring (Logging, IPS, Virenschutz) und Disaster Recovery (mittels Backups) setzt.

4.2.2 *Bewerten von Bedrohungen von Seiten der IKT für einzelne Komponenten der dezentralen Energieversorgung*

Im Projekt „Risikoanalyse für die Informationssysteme der Elektrizitätswirtschaft“ wurden 73 Einzelrisiken identifiziert. Die Risikomatrix aller Einzelgefahren wurde mit Experten der Netzbetreiber und Stromerzeuger sowie mit Verantwortlichen aus den Ministerien erarbeitet und zusammengestellt. Aufgrund der Sensibilität der Aussagen der Risikomatrix steht die Auflistung der Einzelrisiken nur Fachexperten zur Verfügung. Zusammenfassend sind hier sieben Risiko-Cluster gelistet:

- Eskalation und Kommunikation
- Design und Architektur
- Human Factor
- Organisatorische Sicherheit
- Hardware und Software
- Normung und Recht
- Zugriffskontrolle und Kryptographie

Im Projekt „Smart Grid Security Guidance“ wurde das Risikopotential einzelner Bedrohungen von 10 Experten bezüglich Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungen bewertet. Das Projekt befindet sich gerade in der Abschlussphase und die öffentlich zugänglichen Dokumente werden in Kürze über die KIRAS Homepage abrufbar sein.

4.2.2.1 Trends im OT-Netzwerk

Derzeit sind die Leitsysteme österreichischer Energieversorger mehrheitlich über multiplexed Point-to-Point-Systeme untereinander verbunden. Entsprechend der allgemeinen technischen Entwicklung ist hier jedoch ein Trend zu Multiprotocol Label Switching (MPLS) zu beobachten. Dies erzeugt in diesem kritischen Umfeld die Notwendigkeit die speziellen Angriffspunkte dieser Technologie genauer zu untersuchen. Vorgeschlagene Methoden zur Absicherung bestehen aus kryptographischen Authentifizierungs- und Verschlüsselungs-technologien und entsprechenden Protokollen, beispielsweise IPsec, von Ende zu Ende, Segregationstechniken

(Filtering, Firewalling, Zugriffskontrolle und Isolation der Infrastruktur), sowie Verfügbarkeitsmonitoring (Qualitätssicherungsprozesse, Verbindungs- und Serviceverfügbarkeitstests). (Fang L., 2010) Diese Maßnahmen sind notwendig, da ein MPLS-Netzwerk in der Regel in der Hand eines (Dritt-)Providers liegt und dieses daher als neutrale oder feindselige Umgebung einzustufen ist. Auch bei Architekturen in der Hand des Energiebetreibers selbst sind diese Maßnahmen aus den in Kapitel 4.2.1.2 dargelegten Gründen empfehlenswert.

4.2.2.2 Integration von IT- und OT-Netzwerken (Smart Grid-Architektur)

Die zukünftige Synergie von Datenbanken – beispielsweise Daten aus Meter-Data-Management (MDM), Customer-Relation-Management (CRM), GIS- und SCADA-Daten – stellt erhöhte Anforderungen an die Perimeter-Sicherheit und Zugriffskontrolle des Systems in der zentralen Leitstelle beziehungsweise im Rechenzentrum. Dies erfordert abgesehen von der Absicherung nach außen (über den Perimeter) auch ein genaues Regelwerk innerhalb einer Security Policy, welches die Zugriffe interner Mitarbeiter (Role-based bzw. Identity-based Access) steuert.

Im Betrachtungszeitraum zu erwartende Ansätze bezüglich Smart Grid Architektur beziehen sich im Wesentlichen auf Smart Metering. Diese werden zum jetzigen Zeitpunkt von Energieversorgern lediglich pilotweise und nur über das Meta-Data-Management (MDM) für Verrechnungszwecke verwendet (Messwerte und Zustandsinformationen). Denkbare mittelfristig umsetzbare Anwendungen für Smart Metering Daten sind Störungsbehebung durch Integration in Kunden- und Workflowmanagementsysteme, Steuerung des Nachtstroms (Ersetzung der Radiosteuerung) und Erkennung von Stromdiebstahl. Die Integration dieser Daten zur direkten Steuerung des Leitsystems ist im Betrachtungszeitraum nicht zu erwarten. Um diese Anwendungen auf technischer Ebene abzusichern ist, abgesehen von den zuvor in Abschnitt 4.2.1.1 erwähnten Anforderungen, die Sicherheitsebene auf diese beim Endkunden installierten Geräte (Customer Premise Equipment - CPE) auszudehnen. Einen Leitfaden hierfür bieten die technischen Vorgaben des deutschen Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2013). Diese definieren auch Schutzprofile für ein Smart Meter Gateway (Zentrale Kommunikationseinheit im Smart Metering System), welches nach Common Criteria (CC) EAL 4 evaluiert wird. Ein Augenmerk liegt dabei auch auf der physischen Manipulationssicherheit auch potentiell durch den Kunden selbst. Es empfiehlt sich daher, derartig zertifizierte Produkte einzusetzen. Ebenso ist die Kommunikation, da diese sich über potentiell unsichere Netzwerke bewegt, mit einer entsprechend starken Ende-zu-Ende-Verschlüsselung zu versehen. Darüber hinaus sind für diese Ausweitung organisatorische Maßnahmen notwendig; insbesondere ist die Schaffung eines Sicherheitsbewusstseins des Kundenkreises, in dessen Einflussbereich Smart Meter zumindest teilweise liegen, ein erhebliches Kriterium, vor allem wenn Smart Meter in Smart Home-Systeme eingebunden werden.

Im Zuge der dezentralen Energieproduktion können über Smart Meter Systeme hinaus auch Prosumer-Energieproduktionssysteme, beispielsweise PV-Anlagen auf Einfamilienhäusern, per Schnittstellen zu IT-Systemen gesteuert oder zumindest abgefragt werden. Da sich diese Anlagen gegebenenfalls vollständig unter Kundenkontrolle befinden, ist an diesem Punkt auf die Stärkung des Sicherheitsbewusstseins besonders einzugehen. Auch wenn die Netzsteuerung von diesen Systemen entkoppelt bleibt und durch Fehler oder Angriffe herbeigeführten Zuständen außerhalb der Norm, beispielsweise bei Übereinspeisung, gegebenenfalls das Netz abriegeln können, werden Blackout-Szenarien beziehungsweise Stresstests benötigt, um im Anlassfall mit existierenden Bedrohungen umgehen zu können. Ein Beispiel für ein solches Szenario wäre, dass alle PV-Anlagen eines Herstellers durch eine existierende Sicherheitslücke gehackt und gleichzeitig abgeschaltet werden.

5 Masterplan für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen für die dezentrale Energieversorgung

Der Masterplan für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen für die dezentrale Energieversorgung wurde auf der Grundlage der in den vorangegangenen Abschnitten behandelten Einzelheiten erarbeitet. Der „Masterplan“ tritt im gegenständlichen Bericht zwar als einer von mehreren Abschnitten auf, es wurde jedoch darauf geachtet, dass er im Sinne der Zielsetzung des Projekts einen für sich alleine lesbaren Abschnitt bildet. Dies bedingte, dass einige der in den vorangegangenen Abschnitten enthaltenen Informationen in zusammengefasster Form noch einmal dargestellt werden mussten. Auf eine erneute Bezugnahme auf die Literaturquellen wurde aber in Hinblick auf die angestrebte Kompaktheit verzichtet.

5.1 Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen sowie Implementierungshürden

5.1.1 Zielsetzungen des Landes Steiermark für die Implementierung von nachhaltigen Energietechnologien

Die Zielsetzungen für die Implementierung von nachhaltigen Energietechnologien in der Steiermark sind im Wesentlichen durch die folgenden Leitbilder und Vorgaben gekennzeichnet:

- Energiestrategie 2025 (E25)
- Klimaschutzplan Steiermark
- Klimawandelanpassungsstrategiepapier⁵
- Forschungsstrategie Steiermark 2005 plus
- Forschungsleuchtturm „Smarte Lebenswelten“
- Strategie des Landes Steiermark zur Förderung von Wissenschaft und Forschung, 2013

Die wesentlichen Einzelzeiten dieser Zielsetzungen werden nachfolgend zusammengefasst:

Energiestrategie 2025 (E25)

Bis 2020 sollen 34 % des Gesamtenergiebedarfes (20 % europaweit) durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Dies kann aber nur mit einer zusätzlichen Reduzierung des Energieverbrauchs erreicht werden. 2005 wurde der Energieplan für die Steiermark von der Landesregierung beschlossen. Insgesamt wurden 99 Maßnahmen beschrieben um unser Bundesland in eine finanzierte und nachhaltige Energiewirtschaft zu überführen.

⁵ In Bearbeitung

Aus diesen Maßnahmen haben sich fünf Bereiche entwickelt die die Grundlage für die Energiestrategie 2025 darstellen. Folgende Hauptpunkte wurden daher definiert:

- Energieinfrastruktur, Raumordnung und Mobilität

Einen wichtigen Punkt der Energieinfrastruktur stellt die Energieversorgung im Krisenfall dar. Risiken für die Versorgungssicherheit können technischer, wirtschaftlicher, politischer und umwelttechnischer Natur sein. Aktuell gibt es in der Steiermark keinen Maßnahmenplan wie im Falle einer länger andauernden Krise die Energieversorgung auszusehen hat. Ziel der Energiestrategie ist es, ein Krisenmanagement auf Landesebene einzuführen. Bis dato arbeitet das Krisenmanagement der Strom- und Gasversorgung nämlich vorrangig auf Bundesebene. Des Weiteren sollen in allen EU-Staaten bis 2020 bei 80 % der Konsumenten intelligente Zähler (so genannte smart meter) eingeführt werden. Konsumenten können ihren Energieverbrauch selbst prüfen und ihr Verhalten dementsprechend anpassen. Allerdings fehlen bisher noch Tarifmodelle, die einen Anreiz zur zeitlichen Verschiebung von Lasten begünstigen. Einen weiteren wichtigen Punkt für die Zukunft wird die Energieraumplanung darstellen. Damit sollen Umstrukturierungsprozesse bei einer notwendigen Veränderung des Energieversorgungssystems dargelegt werden. Eine besondere Bedeutung kommt, vor allem wenn man die wachsende Belastung des Klimas und die Feinstaubproblematik betrachtet, der Schaffung eines umweltverträglichen Verkehrssystems zu. Alternative Antriebskonzepte (Biotreibstoffe, Strom) müssen auf alle Fälle weiter forciert werden. Nichts desto trotz sollten kurze und mittlere Wegstrecken vermehrt mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Förderungen und eine Radverkehrsstrategie sollen dies ermöglichen. Auch das Bahnangebot soll zukünftig noch weiter ausgebaut werden. So können die Umweltauswirkungen um 70 - 90 % reduziert werden.

Die unterschiedlichen Energie-Infrastrukturen sollten vor allem in Richtung Hybridnetze entwickelt werden, ein Thema, das im F&E Bereich derzeit sehr aktuell ist. Durch die dezentrale Kopplung der einzelnen Netze Strom, Gas und Wärme bzw. Kälte könnte die Resilienz des Gesamtsystems signifikant erhöht werden. Wichtig ist auch die integrierte Betrachtung auf städtischer und regionaler Ebene.

Im Bereich des Verkehrs wären vor allem multimodale Verkehrsknoten auszubilden und das Car-Sharing zu fördern.

Bezüglich der Versorgungssicherheit wären Szenarien für die so genannte „Schwarzstartfähigkeit“, also für das ehestmögliche Wiederanfahren nach einem weiterreichenden Netzausfall zu entwickeln. Die bestehenden Wasserkraftwerke im Raum Graz könnten beispielsweise eine vorübergehende Notversorgung der Stadt Graz im Inselbetrieb gewährleisten.

- Energieeffizienz und Energiesparen

Auf den Gebäudebereich entfallen ca. 40 % des Energieeinsatzes. Der Gebäudesanierung kommt daher wesentliche Bedeutung zu. Laut einer aktuellen Umfrage wäre jeder 5. Hausbesitzer bereit, bei einer entsprechenden Förderung sein Eigenheim thermisch zu sanieren. Neue Gebäude werden unter Berücksichtigung der entsprechenden EU-Richtlinien errichtet. Auch das Baugesetz wurde in Richtung höherer Energieeffizienz geändert. Demnach sollten alle Bauwerke bzw. die technische Gebäudeausrüstung Heizung, Warmwasserbereitung, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung etc. nach dem aktuellen Stand der Technik gebaut werden. Nach dem Stand der Technik dürften nur mehr Passiv- oder Plusenergiehäuser gebaut werden. Werden Gebäude mit einer Fläche größer als 1.000 m² errichtet, so müssen alternative Energiesysteme eingesetzt werden. Um die Energieeffizienz bei KMU's und in der Industrie zu gewährleisten, sollen verstärkt Umweltförderungen eingesetzt und Energieberater ausgebildet werden. Ein eigenes Maßnahmenpaket beschäftigt

sich mit Energiesparen in Haushalten. Die wesentlichen Bereiche (Elektrogeräte, Stand-by-Verluste, Beleuchtung und Heizungspumpen) sollen dabei erfasst werden. Für öffentliche Gebäude sollen in Zukunft eine sogenannte Road Map (Energieausweise und darauf basierende Sanierungspläne) erstellt werden. Auch im Bereich der Beschaffung von energieeffizienten Geräten soll die öffentliche Hand eine Vorbildfunktion übernehmen. Ebenso sollen alle landeseigenen Fahrzeuge sukzessiv auf den Betrieb mit biogenen Treibstoffen oder auf Elektroantrieb umgestellt werden. Berechnungen ergaben, dass man auf diese Weise 361 Tonnen/Jahr an CO₂ einsparen könnte. Um dies zu verwirklichen müssen landesweit noch zahlreiche geeignete Tankstellen errichtet werden. Bei der Entscheidung von Investitionen sollen zukünftig auch die Betriebskosten über die zu erwartende Lebensdauer miteinbezogen werden.

- Erneuerbare Energien

Die in der Steiermark relevanten erneuerbaren Energien sind

- * Wasserkraft,
- * Windenergie,
- * Biomasse fest,
- * Biomasse flüssig,
- * Deponie- und Klärgas,
- * Biogas,
- * Sonnenenergie und
- * Geothermie.

Die Wasserkraft ist die wichtigste erneuerbare Energiequelle in der Steiermark und soll weiter ausgebaut werden. Dabei soll aber vor allem auch auf die Erneuerung von bestehenden Wasserkraftwerken wertgelegt werden. Mit Hilfe der Road Map Wasserkraft sollen dafür geeignete Gewässer aufgezeigt werden und Investoren gefunden werden. Bezogen auf die Wasserkraft ergab sich für die Steiermark ein technisch-wirtschaftliches Restpotential von 2.200 GWh/a. Der Großteil des aufgebrachten Stromes stammt aus Großwasserkraftwerken, doch liefern auch ungefähr 600 Kleinwasserkraftwerke einen nicht zu unterschätzenden Beitrag.

Die Windkraft könnte einen signifikanten Beitrag zur steirischen Ökostromerzeugung in der Größenordnung von 4 % des benötigten Stromes leisten. Dazu müssen Interessenskonflikte mit Anrainern und Natur- sowie Landschaftsschützern gelöst werden. Die derzeitige Ökostromregelung in Österreich lässt Entwicklungen, wie sie schon in anderen EU-Staaten schon selbstverständlich sind, nur eingeschränkt zu.

Zur Nutzung der Biomasse ist festzustellen, dass diese zwar zur Stromerzeugung stark forciert werden soll, aber im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern, insbesondere Wasserkraft und Windenergie, relativ hohe Stromgestehungskosten hat.

Die Nutzung der Sonnenenergie sollte im Wohnbau verpflichtend vorgeschrieben werden. Derzeit befinden sich in der Steiermark 500.000 m² an installierten Sonnenkollektoren. Durch gezielte Förderungen soll dies aber noch weiter ausgebaut werden. Man geht davon aus, dass etwa 10 % der Niedertemperaturwärme (unter 250 °C) über die thermische Nutzung der Solarenergie bereitgestellt werden könnte. Auch der Ausbau des Photovoltaikbereiches zur Produktion von Ökostrom ist zu forcieren.

- Fernwärme und Kraft- Wärme- Kopplung

Eine weitere wichtige Form der Energie stellt die Fernwärme dar. Besonders die Stadt Graz stößt bereits an ihre Kapazitätsgrenzen. Durch den Ausbau des Fernwärmennetzes soll in Zukunft eine potentiell höhere Leistung zur Verfügung stehen und somit die Energieversorgung von Graz gesichert werden. Es kann mit einem Fernwärmeausbau von 20 bis max. 30 MW gerechnet werden. Eine mögliche Nutzung der Abwärme in Betrieben ist bei steirischen Unternehmen ebenfalls auf großes Interesse gestoßen. Das Potential der Abwärme wurde bereits im steirischen Abwärmeatlas aufgezeigt. Dieser ist nun zu aktualisieren und auszubauen. Ein besonderes Augenmerk soll auch auf den Ausbau der Biomasse-Fernwärme gelegt werden. Zusätzlich soll der Einsatz von mittelgroßen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen geprüft werden. Speziell im Zusammenhang mit der künftigen Wärmeversorgung von Graz wurden vor kurzem interessante Ergebnisse einer Studie einer Arbeitsgruppe des Umweltamtes der Stadt Graz „Wärmeversorgung Graz 2020/2013“ vorgelegt. Gemäß dieser Studie sind zur künftigen Aufbringung der Fernwärme für Graz unter anderem folgende Maßnahmen vorgesehen (Prutsch W., 2015):

- * Ausbau Solaranlage am Areal FHKW Graz auf 7.000 m² (zusätzl. Fläche 2.000 m², 2014 umgesetzt)
 - * Steigerung Wärmeleistung FHKW Thondorf auf 70 MW (Erdgas, 70 MW)
 - * Biomasseanlage mit Hackgut aus regionaler Aufbringung (bis 5 MW, 3-4 Mio. €) Speicherprojekt „HELIOS“ mit solaren Ertragskomponenten (Entladeleistung bis 10 MW, Solarflächen 2.000 – 10.000m² in Kombination mit Deponiegas-BHKW und Power to Heat, ca. 3 Mio. €)
 - * Weitere Abwärmenutzung mit Wärmepumpen in der Marienhütte (6,6 MW, ca. 11 Mio. €, bis Ende 2015. Einbindung FW-Netz & ECR)
 - * Wärmezentrale West: Modernisierung der bestehenden Heizzentrale Waagner-Biro Straße (Erdgas, 14 MW, ca. 1,8 Mio. €)
- Forschung und Bildung, Energieberatung

In der Steiermark wird der Energieforschung ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Der Nutzen besteht darin die gewonnenen Erkenntnisse und Entwicklungen im Sinne von Innovationen in die Praxis umzusetzen. Eine Kooperation zwischen der öffentlichen Hand, der Industrie und der Energiewirtschaft in mehreren Bereichen ist in den kommenden Jahren absolut notwendig, wobei die F&E Kooperationen hinsichtlich der Interdisziplinarität sowie der Innovation und der Marktfähigkeit optimiert werden sollten. Zur Koordination der Forschungsaktivitäten in der Steiermark sollten verstärkt auch das Netzwerk Ökoenergie Steiermark (NOEST) und ECO World Styria (als Firmennetzwerk) herangezogen werden. Für PlanerInnen und ProfessionistInnen soll eine Verbesserung des Bildungsangebots (Aus- bzw. Fortbildungsprogramme) geschaffen werden. Besonders für Kinder im Schulalter soll ein geeignetes Bildungsprogramm geschaffen werden. Bei den Erwachsenen soll eine offensive Öffentlichkeitsarbeit und eine Bewusstseinsbildung zum Thema Energiesparen erfolgen. Auch sollen künftig berufsgruppenspezifische Weiterbildungsangebote mit modernen Hilfsmitteln stattfinden.

Die Energiestrategie 2025 sieht also vor allem Maßnahmen vor, die im Wirkungsbereich des Landes Steiermark liegen und die mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umgesetzt werden können.

Klimaschutzplan Steiermark

Der Klimaschutzplan folgte der Linie der Europäischen Union, die mit ihrem Klima- und Energiepaket eine Neuorientierung der EU-Politik geschaffen hat. Ziel der Europäischen Union ist es eine Loslösung von fossilen Energieträgern zu erreichen. Im Juli 2010 wurde der Klimaschutzplan einstimmig vom steiermärkischen Landtag beschlossen. Ziel sollte es sein neue und vor allem deutliche Innovationsimpulse für unser Bundesland zu setzen. Aus diesem Grund wurden 3 Kernziele festgelegt:

1. Reduktion von Treibhausgasen in den Bereichen Mobilität, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft
2. Steigerung von erneuerbaren Energieträgern
3. Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Steirischen Wirtschaft durch eine konsequente Klimapolitik

Zusätzlich wurden seitens der EU auch noch verbindliche Ziele bis zum Jahr 2020 festgelegt. Diese gelten selbstverständlich auch für die Steiermark.

1. Die Treibhausgase sollen um 20 % (Bezugsjahr 1990) reduziert und der Anteil von erneuerbaren Energien soll im Endenergieverbrauch auf 20 % erhöht werden.
2. Bei den erneuerbaren Energien hat Österreich den Anteil am energetischen Endverbrauch von rund 29 % (im Jahr 2008) auf 34 % bis 2020 zu erhöhen.

Die globalen Langfrist-Ziele liegen aber noch deutlich höher als die bisherigen Ziele für das Jahr 2020. Für die Steiermark bedeutet das, dass die Treibhausgasemissionen um 16 % gegenüber 2005 gesenkt werden müssen. Für 2030 werden sogar -28 % angestrebt.

In der nachfolgenden Abbildung 54 und in

Tabelle 26 ist das Basisziel-Szenario für die Steiermark grafisch dargestellt.

Bezogen auf die erneuerbaren Energien bedeutet dies in Österreich einen Ausbau von 328 PJ im Jahr 2008 auf 388 PJ im Jahr 2020. Betrachtet man nun die Industrie so sollen Produktionsstandorte, durch Förderung innovativer und mit den Klimazielen kompatiblen Technologien, gesichert werden.

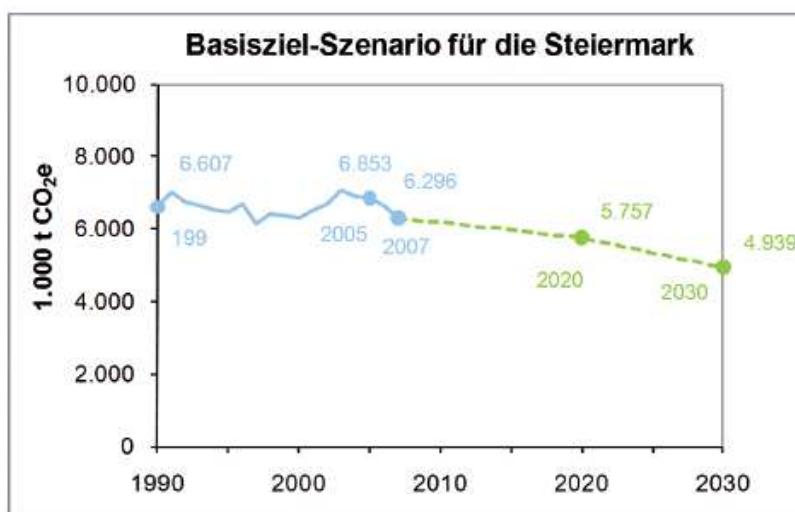


Abbildung 54: Basisziel-Szenario für die Steiermark

Tabelle 26: Treibhausgase

| Treibhausgase [1.000 t CO ₂ e] | 2020 | | | Emissions- niveau | 2030 | | |
|--|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | 1990 | 2005 | 2007 | | Emissions- niveau | Emissions- niveau | Reduktion geg. 2005 |
| Summe Zielsektoren | 6.607 | 6.853 | 6.296 | 5.757 | -16% | 4.939 | -28% |

Um die aufgelisteten Ziele zu erreichen wurde der Klimaschutzplan in 6 Kernbereiche, welche insgesamt 26 Maßnahmenbündeln umfassen, geteilt (siehe Abbildung 55).



Abbildung 55: Klimaschutzplan Steiermark

In der Steiermark wurde zusätzlich das Kapitel „Klimastil“ in den Maßnahmenkatalog aufgenommen. Darin sind jene Maßnahmen enthalten, die notwendig sind, um die wirtschaftlichen Aktivitäten in der Steiermark mit einem Lebensstil vereinbaren zu können, der viel effizienter mit allen knappen Ressourcen umgeht und somit auch die Klimaziele unterstützt.

Forschungsstrategie Steiermark 2005 plus

Im Rahmen der Forschungsstrategie sollen Akteuren in Politik, Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft Orientierungen geboten werden, die es ihnen ermöglichen, ihr Handeln im Rahmen einer regionalen Forschungspolitik kohärent zu gestalten. So sollen die vorhandenen Forschungskapazitäten besonders für die Region genutzt werden. Für Außenstehende soll sie zusätzlich eine gewisse Orientierung darstellen. Den Bezugsrahmen für die Forschungsstrategie Steiermark bildet die technisch-naturwissenschaftliche Forschung. Des Weiteren basiert die Strategie auf einer Analyse der verfügbaren und erhobenen Daten über Umfang, Ausrichtung und Leistungsfähigkeit der steirischen Forschungslandschaft, einer Reihe von Expertengesprächen und Feedbackschleifen. Die Forschungsstrategie wird über das Forum „Forschung Steiermark“ in einen weiteren Diskussionsprozess eingebracht und laufend weiterentwickelt. In den

nachfolgenden Aufzählungspunkten wird auf die Forschungssituation in der Steiermark näher eingegangen:

- Die F&E Quote erreichte bereits 1998 im Durchführungssektor 2,5 %.
- Unternehmen der Steiermark führen daher gemessen am Bruttoregionalprodukt bereits mehr F&E durch als der Österreich-Durchschnitt.
- Die Forschung wird auf eine relativ kleine Gruppe von Unternehmen konzentriert.
- Die forschungsintensivsten Branchen sind Eisen- und Metallurgie, Herstellung von Metallerzeugnissen, Maschinenbau, Herstellung von elektronischen Bauelementen, Papier und Zellstoff sowie Fahrzeugbau.

Die Inanspruchnahme von Universitäten, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen ist in der Steiermark stärker ausgeprägt als in anderen Bundesländern. Forschungsaktivitäten finden in vier sogenannten Durchführungssektoren (Hochschulsektor, Sektor Staat, privater gemeinnütziger Sektor, Unternehmenssektor) statt. Ebenso wird die Finanzierungsstruktur von F&E in vier Sektoren unterschieden. Dazu zählen der Unternehmenssektor, der öffentliche Sektor, der private gemeinnützige Sektor und das Ausland. Beim Ausland wird zwischen EU-Finanzierung und sonstiger Auslandsfinanzierung unterschieden. Einen großen Anteil bei der Finanzierung der Forschungsaufwendungen hat in der Steiermark der öffentliche Sektor.

Der Hochschulsektor hat in der Steiermark einen Anteil an Forschungsaktivitäten von rund 36 %. Der Großteil davon wird vom Bund finanziert. Im Unternehmenssektor findet der Großteil der Forschungsaktivitäten statt, nämlich rund 61 %, wobei nur die Hälfte von inländischen Unternehmen finanziert wird. In absoluten Zahlen sieht das steirische Landesbudget für F&E - bezogene Ausgaben rund 50 Mio. € vor.

Das Bundesland Steiermark weist als Forschungsstandort eine starke Position auf. Das rasche Wachstum der Forschung ist vor allem auf traditionelle Sektoren zurückzuführen. Es darf aber nicht außer Acht gelassen werden, dass das Wachstum zum Teil auf einen verzögerten Aufholprozess zurückzuführen ist. Dieser wird in naher Zukunft ausgeschöpft sein. Auch die Innovationsperformance hat sich in den letzten Jahren stark verbessert. Defizite bestehen bei den Klein- und Mittelbetrieben, welche aber durch eine Stärkung der Absorptionskapazitäten ausgeglichen werden sollen. Innerhalb der Forschung ist eine Vernetzung der einzelnen Forschungsbereiche noch sehr mangelhaft. Die regionale Forschungslandschaft spannt sich zwischen den Universitäten, der Forschungsgesellschaft JOANNEUM RESEARCH und den Fachhochschulen. Zusätzlich weist die Steiermark ein hohes Potential für die Integration und für die Zusammenarbeit im gesamten europäischen Raum auf.

Forschungsleuchtturm „Smarte Lebenswelten“

Im Sommer 2012 erarbeitete eine Strategiearbeitsgruppe des Landes Steiermark mit Vertretern der Forschungseinrichtungen, der Wirtschaft und der Öffentlichen Hand im politischen und planerischen Umfeld eine gemeinsame Vision sowie erste Maßnahmen für eine Initiative „Green Tech Research Styria“.

Im Rahmen des Forschungsleuchtturms wurden drei zukunftsorientierten Themen im Bereich der "Smarten Lebenswelten" definiert:

- Intelligente Gebäude,
- Grüne Mobilität und
- Dezentrale Energie- und Stromversorgung.

Ergänzt werden diese durch die zwei Querschnittsthemen

- Materialien/Ressourcen/Recycling sowie
- Klimawandel & Services.

Mit Bezug auf diesen Forschungsleuchtturm wurde unter anderem das gegenständliche Forschungsvorhaben beim Land Steiermark zur Förderung eingereicht.

Strategie des Landes Steiermark zur Förderung von Wirtschaft und Forschung 2013

Ziel der Forschungsstrategie ist es das Bundesland Steiermark als Wissenschaftsstandort weiter auszubauen. Zurzeit gehört es mit einer Forschungsquote von 4,3 % (im Jahr 2009) zu den forschungsintensivsten Regionen Europas. In der Steiermark stehen dem Forschungssektor aktuell 5 Universitäten, 2 Fachhochschulen, 2 Pädagogische Hochschulen, die Forschungsgesellschaft JOANNEUM RESEARCH und zahlreiche weitere außeruniversitäre Forschungseinrichtungen zur Verfügung. Universitäten sollen laut dem Forschungsrat Steiermark näher bei der Grundlagenforschung angesiedelt sein. JOANNEUM RESEARCH soll den Fokus hingegen auf den Bereich der anwendungsorientierten Forschung legen. Bei Fachhochschulen sollte die Forschung ausschließlich auf die praktische Anwendung und Lösung industrieller Fragestellungen ausgerichtet sein.

18 % betragen die F&E-Ausgaben in der Steiermark bezogen auf ganz Österreich. Besonders eine Kooperation zwischen den einzelnen Einrichtungen (auch fächerübergreifend) wird als äußerst wichtig erachtet. Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft ergänzen sich synergetisch. Geld wird in der Wissenschaft zu Wissen und in der Industrie wird Wissen zu Geld. Die Forschung wird in der Steiermark zu 37 % aus dem Unternehmenssektor finanziert. 23 % der erworbenen Mittel werden sogar aus dem Ausland bezahlt. Trotz der zahlreichen Stärken sind auch steiermarkweit eine Reihe von Schwächen vorhanden. Dazu zählen:

- mangelnde Internationalität,
- durch temporäre Finanzierung gibt es kein stabiles Forschungssystem,
- geringe Konkurrenzfähigkeit und
- geringe Veränderungs- und Risikobereitschaft.

Zu den Themenschwerpunkten, auf die sich alle Forschungseinrichtungen spezialisieren sollen, zählen Energie, Ressourcen & Nachhaltigkeit, Mobilität, Informationsgesellschaft, Materialien sowie Gesundheit & Biotechnologie. Der Ressortbereich Wissenschaft und Forschung setzt auf Interdisziplinarität, Diversität und Chancengleichheit. Hochschulen sind autonom, müssen sich aber an die von der Bundesseite vorgegebene Zielsetzung im Hinblick auf Forschungsleistung und Ausbildung orientieren. Einen Schwerpunkt der Forschung bildet daher die Einbindung von ambitionierten Nachwuchsforschern.

Die Wirtschaftsstrategie Steiermark 2020 setzt auf Wachstum durch Innovation. Know-how in regionale Wertschöpfung umzusetzen, ist ein besonderes Ziel. Als ebenso bedeutend hat sich die Förderung von jungen Menschen im Bereich der Wissenschaft und Forschung herausgestellt. Wünschenswert wäre eine Koordinationsplattform zur Berufsorientierung. Die österreichische Bundesregierung verfolgt das Ziel, die Forschungsquote bis 2020 auf 3,76 % zu erhöhen, der private F&E-Finanzierungsanteil soll auf 70 % steigen. Zusätzlich sollen auch viele europäische Förderprogramme genutzt werden.

5.1.2 Vorgaben der Europäischen Kommission

Die aktuellen Vorgaben der Europäischen Kommission sind im Wesentlichen im so genannten „Energy Package“ vom 23. Jänner 2008 (Europäische Kommission, 2008) festgelegt. Darin werden folgende Ziele gesetzt:

- 20 % weniger Treibhausgasemissionen als im Jahr 2005 bis zum Jahr 2020
- 20 % Anteil an erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020

Zur Reduktion der Treibhausgasemissionen tragen alle Mitgliedstaaten mit unterschiedlichen nationalen Zielen bei, die im Rahmen eines „Burden Sharing“-Prozesses ermittelt wurden. Dabei unterliegen alle Länder dem EU-weiten Emissionshandelssystem, demzufolge Großemittenten wie Kraftwerke und Industrieanlagen im Jahr 2020 nur mehr um 21 % weniger Emissionsrechte bekommen als 2005. Österreich ist verpflichtet, die restlichen Emissionen bis zum Jahr 2020 um 16 % gegenüber dem Jahr 2005 zu reduzieren.

Um diese Vorgaben zu erreichen wurde eine Reihe von Einzelbestimmungen erlassen. Die beiden wichtigsten, bzw. die für den Masterplan Dezentrale Energieversorgung Steiermark besonders relevanten sind, sind:

- Die „Erneuerbare Energien Richtlinie (directive 2009/28/EU)

Die Richtlinie setzt für jedes Mitgliedsland gesondert den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch fest, der bis zum Jahr 2020 erreicht werden muss, damit sich in der gesamten EU der Anteil dann auf 20 % beläuft. Die für Österreich festgelegte Quote beträgt 34 %. Die Quoten sind verbindlich, das heißt dass die Europäische Kommission bei Nichteerreichen der Ziele Sanktionen verhängen kann. Der Tagsatz für Österreich beträgt 40.215,-- Euro. Für den Verkehrsbereich wurde zudem festgesetzt, dass innerhalb des Gesamtziels in jedem Mitgliedstaat mindestens 10 % der verbrauchten Energie aus erneuerbaren Energien stammen muss.

- Die „Energieeffizienzrichtlinie“ (directive 2012/27/EU)

Mit dieser Richtlinie wird ein gemeinsamer Rahmen für Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz in der Union geschaffen. Die EU will damit sicherstellen, dass ihr übergeordnetes Energieeffizienzziel – eine Steigerung um 20 % bis 2020 – erreicht wird, und weitere Effizienzverbesserungen für die Zeit danach vorbereiten. Damit müssen alle 28 EU-Länder künftig Energie auf allen Stufen der Energieversorgungskette von der Umwandlung und Verteilung bis zum Endverbrauch effizienter nutzen. Daneben sieht sie die Festlegung nationaler Energieeffizienzziele bis 2020 vor. Die EU-Länder müssen der Kommission alle drei Jahre einen Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) übermitteln.

Die Wirksamkeit des „Energy Package“ endet allerdings mit dem Jahr 2020. Um weitere Entwicklungen zu gewährleisten wären daher dringend verpflichtende Ziele für den Zeitraum nach dem Jahr 2020 festzulegen.

5.1.3 Rahmenbedingungen für die Sicherheit im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)

Die Funktionsfähigkeit kritischer Infrastrukturen wie jene der Energieversorgungseinrichtung spielt eine bedeutende Rolle für die Aufrechterhaltung der gesellschaftlichen Funktion eines Landes. Eine Fehlfunktion würde gravierende wirtschaftliche und auch soziale Folgen bei der Bevölkerung hinterlassen aber auch politische Auswirkungen mit sich bringen. Im Hintergrund möglicher Cyber-Bedrohungen werden dezentral kontrollierte Microgrids bzw. quasi-selbstheilende Energieversorgungssysteme eine entscheidende Rolle für die Gesamtstabilität des Systems leisten, deshalb werden verpflichtende Anforderungen an die

Sicherheitsarchitektur sowie Sicherheitsrichtlinien einer dezentralen Energieversorgung als erforderlich angesehen, um sowohl Datenschutz als auch Datensicherheit zu gewährleisten.

Generell ist festzuhalten, dass es in hinreichend komplexen Verbünden von unterschiedlichen Kommunikationssystemen keine absolute Sicherheit gibt – es werden immer Restrisiken bestehen die gemanagt werden müssen. Sicherheit ist ein sich immer weiter entwickelnder Prozess der nicht statisch ist, sondern auf kontinuierlicher Schulung und Weiterentwicklung beruht, um die notwendigen Prozesse und Maßnahmen der beteiligten Systeme an die sich ändernden Bedrohungen anzupassen. Folgende Punkte sind strategisch besonders wichtig um Cyberattacken auf die zunehmend dezentrale Energieversorgung abzuwehren:

- Trennung zwischen dem Netzwerk für Informationstechnologie (öffentliches IT)-Netzwerk und dem Operational Technology (Betriebsführungs)-Netzwerk.
- Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten (Bürgern, Stakeholdern, Forschern) – Durch umfangreiche Trainings, Schulungen und Kommunikation soll der Informationsaustausch gefördert und das Sicherheitsverständnis geschärft werden.
- Erstellung von Cybersecurity „Best Practices“, die periodisch überarbeitet werden, sodass die sich immer schnelle verändernden dezentralen Energieversorgungssysteme weiterhin gegen neuartige Bedrohungen immunisiert bleiben.
- Entwicklung von Tools welche die Stakeholder bei der Beurteilung ihrer Sicherheitslage unterstützen, damit potenzielle Risiken schnell erfasst und umgehend Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können, um somit den Schaden zu begrenzen.
- Härtung des Systems – durch fortlaufende Forschung, Entwicklung und Tests werden Systemschwachstellen erkannt und Gegenmaßnahmen entwickelt und somit das Risiko reduziert.
- Entwicklung von Werkzeugen zur Erkennung von Cyber-Intrusions aber auch Tools zur Wiederherstellung, Mängelbeseitigung und Restaurierung.
- Anwenden des “defense-in-depth” Prinzips um bei Versagen eines oder mehrerer Abwehrmechanismen weiterhin operativ zu bleiben (z.B. Verschachtelung von Firewalls, Intrusion Detection/Prevention Systemen, Antivirus Software, sowie Authentifizierung und Verschlüsselung).
- Ende-zu-Ende Kryptographie von außenstehenden Systemen (z.B. Leitsysteme, Trafostationen)
- Zertifizierung sowohl auf der Soft- und Hardwareebene als auch hinsichtlich der generellen Sicherheitsrichtlinien die im Unternehmen zur Anwendung gelangen.
- Entsprechendes Risikomanagement etablieren
- Anomaliedetektion (bzw. SCADA IDS/IPS und SIEM)
- An vitalen Schnittstellen (insbesondere zwischen IT- und OT-Netzen) Absicherung durch „Whitelisting“-Ansatz (taxative Definition erlaubten Verkehrs) und eventuell Einsatz von Datendioden
- Ausweitung den Sicherheitsperimeters bis zum Kundenkreis für Smart-Metering
- Desaster-Szenarien, auch in Hinblick auf flächendeckende Angriffe auf dezentrale Erzeuger, mit entsprechenden Stresstests, sowie Schutz- und Recovery-Plänen
- Zusätzlich zu physischem auch logischer Zugriffsschutz an Außenstationen
- Spezielle Behandlung veralteter („legacy“) Systeme:
 - a. möglichst weitgehende Segregation

- b. stringenter Zugriffsschutz, sowohl durch spezialisierte Passwortpolitik als auch Access Control Lists und Rate Limiting
- c. Whitelisting-basierte Kontrollmechanismen am System selbst
- Absicherung der Zentrale:
 - a. Zusätzlicher Sicherheits-Perimeter zwischen IT-Zentrale und äußerem Netz
 - b. Role-based Authorization innerhalb zentraler Systeme

5.1.4 Implementierungshürden in der Steiermark

Die Steiermark ist daran interessiert, alle Ressourcen und Möglichkeiten der dezentralen Energieversorgung zu nützen und die Energieeffizienz bestmöglich zu steigern.

Aufgrund der bestehenden, nur begrenzt änderbaren Randbedingungen in Bezug auf gesellschaftliche Strukturen bzw. Entwicklungen sowie aufgrund der Vorgaben der Raumordnung bestehen in Bezug auf die Nutzung dezentraler Energien im wesentlichen die Folgenden Implementierungshürden:

- Die Nutzung des Windpotentials ist durch Verordnungen sehr eingeschränkt.
- Die Nutzung der Wasserkraft ist durch die Gesetzeslage zwar eingeschränkt, dennoch darf auf einen weiteren Ausbau der Wasserkraft, welche den größten Anteil am Potential an erneuerbaren Energieträgern aufweist, nicht verzichtet werden. Weiters ist eine Revitalisierung bei ca. einem Drittel der Kraftwerke möglich, wobei mit einer Effizienzsteigerung von etwa 50 % gerechnet werden kann.
- Das Interesse an Solarthermie geht offenbar signifikant zurück: Der Zuwachs in der Steiermark ist in den letzten Jahrzehnten von rund 70.000 m² pro Jahr auf rund 15.000 m² pro Jahr gesunken. Die Förderanträge für solarthermische Anlagen gehen signifikant zurück. Als Abhilfe wird derzeit eine Erhöhung der Förderung überlegt. Ein neues Anwendungsfeld wären solarthermische Großanlagen mit saisonalen Speichern. Auch die Integrationsmöglichkeiten von Solarthermie in Fernwärmeanlagen sollten verstärkt genutzt werden.
- Die Photovoltaik ist in ihrer Implementierung dadurch eingeschränkt, dass die Raumordnung im Allgemeinen keine Freiflächenanlagen vorsieht. Der Anteil der Freiflächenanlagen wird demgemäß bis 2020 nicht signifikant steigen. Anlagen im Megawattbereich werden heute nur mehr selten genehmigt, die Einwände gegen die Veränderung des Landschaftsbildes spielen eine immer größere Rolle. Der Ausbau von großen Freiflächen PV-Anlagen wäre aber auch aus der Sicht der Netzintegration problematisch. In Zusammenhang mit den Genehmigungen solcher Anlagen müsste auch der allenfalls erforderliche Netzausbau mit berücksichtigt werden.
- Das Potential für Biomasseheizwerke bzw. Nahwärmenetze ist schon ziemlich ausgeschöpft – in der Steiermark gibt es derzeit rund 600 Anlagen. Die Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist vielfach nicht gegeben, die Mindest-Streckenbelastung der Nahwärmenetze müsste erhöht werden. Eine Verdichtung und Erweiterung ist auf jeden Fall noch möglich. Biomasse Heizwerke stellen einen Einsatzfall dezentraler Energieversorgung mit sehr hoher Effizienz dar. Der Umbau von Biomasseheizwerken zu KWK-Anlagen wäre zu forcieren. Neue Anlagen sollten optimiert ausgelegt werden, allfällige Spitzenlasten sind gegebenenfalls mit einem weiteren Biomassekessel auszugleichen. Die Energie Steiermark bemüht sich seit Jahren, die Biomassepotentiale stärker zu nutzen, bislang mit geringem Erfolg. Eine genauere Untersuchung der Ursachen wäre erstrebenswert.
- Die Situation bei den Biogasanlagen ist dadurch gekennzeichnet, dass die Fördertarife auslaufen. Nachfolgetarife werden zwar diskutiert, aber die Länder Steiermark und Niederösterreich sind ziemlich allein aktiv. Kritisch zu betrachten ist der Umstand, dass die

Mehrheit der Biogasanlagen – in der Steiermark derzeit von 30 von 47 – keinen Wärmenetzzugang haben. Die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen kann durch ein Marktmodell erhöht werden, bei dem das hohe Speichervermögen für Biogas ausgenutzt und die Leistung damit dem Bedarf angepasst wird. Damit kann ein höherer Preis zu Spitzenlastzeiten erzielt werden. Biogasanlagen lassen sich auch zu so genannten Virtuellen Kraftwerken zusammen schließen. Es ist im Einzelnen zu prüfen, was günstiger ist: Ein neues Verteilnetz oder ein größere Speicher. Im ÖMAG-Vertrag wird eine Effektivität der Gesamtnutzung von 60 % vorgeschrieben, ansonsten wird keine Förderung gewährt.

- Auch die Photovoltaik ist durch wirtschaftliche Randbedingungen in Bezug auf ihre Implementierung begrenzt. Der Preis für die PV-Panels nimmt zwar noch immer ab und ein weiterer Preisverfall wird prognostiziert. Die übrigen Kosten einer Photovoltaikanlage sind aber nur begrenzt reduzierbar. Bei einem hypothetischen Ansatz von 0,-- € für das Panel selbst wird der PV-Strom aufgrund der Kosten für Wechselrichter und Kabel etc. auf Basis der derzeit verfügbaren Technologien auf einem Wert von ca. 3 Cent/kWh stagnieren, womit die Netzparitätskosten erreicht wären. Auch hier gibt es aber Entwicklungen mit dem Ziel der Kostensenkung. Insbesondere könnte man das Gesamtsystem generell optimieren und zum Beispiel die Integration der Wechselrichter in die Module anstreben. Auch 'Plug & Play-Systeme' zur Selbsmontage könnten die Gesamtkosten voraussichtlich senken.
- Der Einsatz von Wärmepumpe ist derzeit noch stark auf Einfamilienhäuser konzentriert, in manchen Regionen verfügen 90 % der Einfamilienhäuser über eine Wärmepumpe. Die Akzeptanz im Geschoßwohnbau und z. B. in Dienstleistungsgebäuden ist aber stagnierend niedrig, diese heizen hauptsächlich mit Fernwärme und Gas. Der Trend in Neubauten geht allerdings in Richtung Kombination von PV und Wärmepumpe. Die zunehmende Nutzung von Grundwasserwärme könnte hier eine Verbesserung bringen. Die Grundwasserwärme wurde in der steirermärkischen Energiestrategie bisher nur wenig betrachtet. Bei Neubauten wird die Grundwasserwärme zunehmend genutzt, bei Altbauten ist die Sanierungsrate zu gering. Der Einsatz von Großwärmepumpen für Wärmenetze sollte forciert werden. Allerdings ist dabei in bestimmten Regionen, speziell in der Oststeiermark auf das allenfalls bestehende Gefährdungspotential für das Grundwasser Rücksicht zu nehmen. Speziell in der Oststeiermark, wo artesische Wässer als Krisenreserven vorhanden sind, sollten Bohrungen eingeschränkt bzw. verboten werden.
- Für die Nutzung von Abwärme bestünde noch ein erhebliches technisches Potenzial, eine wirtschaftliche Nutzung ist allerdings nur in eingeschränktem Mass gegeben.
- Hinsichtlich der Finanzierung von dezentralen erneuerbaren Energien besteht das Problem, dass die Marktpreise sowohl national als auch international durch die teilweise geförderten fossilen Energien bestimmt werden. Die fossilen Energien dominierten die Märkte und verdrängten die erneuerbaren Energien. Hier sollte auf nationaler Ebene ein Ausgleichsmechanismus eingerichtet werden. Die übergeordneten Mechanismen, insbesondere der CO₂-Zertifikatehandel, sind bis heute nicht hinreichend wirksam.

5.2 Szenarien für die EU-Energieklimaziele 2030 und 2050 und Definition der Umsetzungsmaßnahmen

Dezentrale Energieversorgung bedeutet nicht nur, regionale Potenziale erneuerbarer Energieformen verstärkt zu nutzen, sondern vor allem die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger zu reduzieren. Da besonders die Verbrennung von Erdöl, Erdgas und Kohle zum Ausstoß von CO₂ und damit zu einer Erhöhung des Treibhauseffektes führt, liegt es nahe, die Klimastrategien der EU, die bereits eine Zieldefinition für den Einsatz erneuerbarer Energieträger am Gesamtenergiemix der Jahre 2020, 2030 und 2050 enthalten, in den Masterplan der dezentralen Energieversorgung der Steiermark zu integrieren.

Grundlage der Szenarien bildet die Annahme, dass der Energetische Endverbrauch, im Gegensatz zu den meisten geläufigen Prognosen, in der EU und damit auch der Steiermark weiter steigen wird. Dies hat einen einfachen Grund: Die Zielsetzung des Masterplans zur dezentralen Energieversorgung ist klar mit der Erhebung geeigneter Maßnahmen zur Erhöhung des regionalen, erneuerbaren Energieangebots definiert. Da diese Maßnahmen erst im Zuge der Umsetzung des Masterplans eingeführt werden können, ist es methodisch unzulässig, von einem Szenario für die Entwicklung des Energetischen Endverbrauchs auszugehen, in welchem ebendiese Maßnahmen schon enthalten wären und die daher einen rückläufigen Energetischen Endverbrauch prognostizieren könnten.

In der Klimastrategie „20 und 20 bis 2020“ der EU hat sich Österreich freiwillig zu einem Anteil von 34 % an erneuerbaren Energieträgern verpflichtet. Diese Vorgabe soll auch von der Steiermark mit dem Schwerpunkt auf regional verfügbaren Energieformen umgesetzt werden.

Die Klima- und Energieziele der EU für das Jahr 2030 wurden in den „Power Perspectives 2030“ veröffentlicht. Diese sehen einen Einsatz von 27 % an erneuerbaren Energieträgern am Gesamtenergieverbrauch, bei der Stromproduktion 45 % vor. Nach aktuellem Stand der Verhandlungen zu diesem Klimapaket soll die Umsetzung der Vorgaben aber nicht wie in den Klimazielen „20 und 20 bis 2020“ gesetzlich verpflichtend, sondern auf freiwilliger Basis der Mitgliedstaaten erfolgen. Nachdem die gesetzlichen Bestimmungen zur Einführung von 34 % erneuerbarer Energieträger im Jahr 2020 allerdings ihre Gültigkeit bereits im Jahr 2021 verlieren, arbeitet die EU momentan an einem Rahmen zur Weiterführung der Energie- und Klimapolitik. Für Österreich und die Steiermark bedeutet die Roadmap „Power Perspectives 2030“, dass das im Jahr 2020 zu erreichende Energieziel von 34 % nicht weiter gehalten werden muss, sondern im Jahr 2030 lediglich 27 % aus erneuerbaren Energieträgern zur Verfügung gestellt werden müssen.

Der weitere Ausblick auf die Energieziele der EU wurden in der „Roadmap 2050 – A Practical Guide to a Prosperous, Low-Carbon Europe“ vorgestellt. Diese Ziele stellen sich im Vergleich zu den Zielen für 2030 ambitioniert dar, denn neben einer Treibhausgasreduktion von 80 % (im Vergleich zum Jahr 1990) sollen erneuerbare Energieträger 55 % am Gesamtenergiemix betragen. Bei der Stromproduktion sollen sogar 64 - 97 % aus regenerativen Quellen stammen. Obwohl von der EU noch keine Vorgaben gemacht wurden, wie diese Zielerreichung unter den Mitgliedsstaaten verteilt wird, müssen wir davon ausgehen, dass Österreich und die Steiermark zumindest diesen geforderten Anteil an erneuerbaren Energieträgern bereitstellen werden müssen.

5.2.1 Ableitung von Zwischenzielen für die Erfüllung der EU-Roadmaps 2030 und 2050

Um langfristige Maßnahmen zur Erreichung der von der EU vorgegebenen Klimazielle treffen zu können, ist es zweckmäßig, geeignete Zwischenziele der unterschiedlichen Roadmaps anzugeben. Diese Zwischenziele wurden in einem 5-Jahres-Rhythmus aufgelöst und der Anteil an erneuerbaren Energieträgern, der im jeweiligen Jahr aliquot zur Gesamtenergieerzeugung beitragen muss, ermittelt. Da vor allem bei der Stromproduktion regenerative Energiequellen eine immer größere Rolle spielen sollen und sich überdies nicht jede der erneuerbaren Energieträger gleich für die Produktion von Strom, Wärme und Treibstoffen eignet, wurden Zwischenziele für den Energetischen Endverbrauch, für den Strombedarf und für den Wärmebedarf einzeln ausgewiesen.

Aus den von der Statistik Austria jährlich veröffentlichten Energiebilanzen kann der Anteil an erneuerbaren Energieträgern, der zur Energieproduktion beigetragen hat, abgelesen werden. Der Vergleich mit den dargestellten Prognosen hilft somit, die Einhaltung der Energieziele für 2030 und 2050 besser im Blick zu behalten und die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen zu deren Erreichung zu überprüfen, gegebenenfalls zu intensivieren oder neuesten technologischen und sozialen Entwicklungen anzupassen.

5.2.2 Vergleich der zu erwartenden Marktentwicklung erneuerbarer Energieträger mit den vorhandenen Potenzialen

Die Auswahl der am besten geeigneten Maßnahmen, um die Klima- und Energieziele der EU zu erreichen und den Eigenversorgungsgrad der Steiermark mit erneuerbaren Energien zu erhöhen, ist direkt an die Marktentwicklung der unterschiedlichen Energieträger gekoppelt. Deshalb ist eine detaillierte Kenntnis der Prognosen, wie sich die Energiegewinnung aus den unterschiedlichen Formen der Biomasse sowie der Nutzung von Sonnen-, Wasser- und Windenergie in Zukunft entwickeln könnte, unumgänglich. Da auf den Markt bekanntermaßen eine Vielzahl an unterschiedlichen Faktoren wirkt, die mit der Volks- und Betriebswirtschaftslehre einen eigenen Wissenschaftszweig bedingt, sei an dieser Stelle angemerkt, dass für die Erstellung von Trends für die Steiermark auf die bisherige Entwicklung der verschiedenen Erneuerbaren Energieträger zurückgegriffen und diese Daten mit mathematischen Modellen extrapoliert wurden. Der Vorteil dieser Methode liegt vor allem darin, dass bestimmte marktbeeinflussende Faktoren und deren Veränderung, wie z.B. Rohstoffpreise, Technologieschübe und politisch getriebene Förderungsmodelle bereits enthalten sind.

Obwohl zumindest Sonnenenergie theoretisch nahezu unbegrenzt zur Verfügung steht, unterliegt die Nutzung erneuerbarer Energieträger ebenso wie fossile Energie limitierten Ressourcen. Die limitierenden Faktoren können dabei sehr vielfältig sein: So stehen für den Anbau von Biomasse, die einer energetischen Umwandlung zugeführt werden soll, nur begrenzte Anbauflächen zur Verfügung, wobei überdies Konkurrenzen zur Nahrungsmittel- und Produkterzeugung bestehen, Wasser- und Windkraft unterliegen tages- und jahreszeitlichen Schwankungen und müssen unter dem Aspekt des Naturschutzes bewertet werden und im Zuge des Landschaftsbildes soll Photovoltaikmöglichst unauffällig auf Hausdächern und -fassaden installiert werden. Auf die begrenzte Anzahl an Sonnenstunden sei nur am Rande verwiesen. Aus diesen Einschränkungen ergeben sich nutzbare Potenziale der einzelnen erneuerbaren Energiequellen, die die Höchstgrenze für die Verwendung dieser Energieträger darstellen.

Unter Umständen kann also die Marktentwicklung einiger regenerativer Energieformen dazu führen, dass deren Nachfrage nicht mehr aus regional verfügbaren Quellen bereitgestellt werden kann. Falls eine erneute Abhängigkeit von Importen dieser, wenn auch erneuerbaren, Rohstoffe oder in umgewandelter Form als Strom oder Treibstoff vermieden werden soll, müssen Potenzialerhebungen in die Bewertung der Marktentwicklung zwingend einfließen.

5.2.3 Darstellung der verschiedenen Entwicklungsprognosen

Die Entwicklung des Energetischen Endverbrauchs sowie des Strom- und Wärmebedarfs und die Marktprognosen der einzelnen erneuerbaren Energieträger werden im Folgenden mit den in der Steiermark vorhandenen Potenzialen verglichen, in Tabellenform ausgewertet und grafisch dargestellt.

5.2.3.1 Energetischer Endverbrauch

Entsprechend der Annahmen, die in den zitierten Roadmaps der EU zur Entwicklung des Energetischen Endverbrauchs getroffen wurden, muss mit einem Anstieg von rund 12 % im Vergleich zu 2010 gerechnet werden. Dadurch steigt auch der Anteil an erneuerbaren Energieträgern, die pro Jahr zur Erreichung der Zwischenziele notwendig sein werden.

Die Energieziele der EU für 2030 (im Diagramm in Abbildung 56 durch die rote Linie gekennzeichnet) können mit den bis zum heutigen Stand eingeführten Maßnahmen zur Steigerung der erneuerbaren Energien bereits gedeckt werden, auch wenn keine zusätzlichen Maßnahmen zur Reduktion oder Verhinderung eines weiteren Anstiegs des Energetischen Endverbrauchs getroffen werden. Allerdings müssten ab dem Jahr 2030 überproportional große Anstrengungen unternommen werden, um die darauf folgenden Klimaziele für 2050 erreichen zu

können. Daher ist es erstrebenswert, breites heute dem weitaus ambitionierten Ziel der Klimastrategie 2050 zu folgen (im Diagramm in Abbildung 56 grün dargestellt). Dass sich die Steiermark auf dem besten Weg dazu befindet, zeigen die Zwischenziele für die Erfüllung der „20 und 20 bis 2020“ Ziele (im Diagramm in Abbildung 56 durch die blaue Linie veranschaulicht): Wird der gesetzlich vorgeschriebene Anteil von 34 % im Jahr 2020 erreicht und diese Entwicklung konsequent weitergeführt, können die angestrebten Ziele 2050 erreicht werden. Werden allerdings keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen, um den Anteil erneuerbarer Energieträger weiter zu erhöhen, erfolgt eine Stagnation und in weiterer Folge die Verfehlung der Klimaziele 2050.

Auch der Markt für erneuerbare Energieträger entwickelt sich weiter positiv. Trotz stark konservativer Annahmen in Bezug auf die Neuinstallation von Biomassekraftwerken – hier wurde lediglich der Ersatz veralteter Biomasseverbrennungsanlagen durch neue und eine jährlich konstante Neuinstallationsrate angenommen – steigt die Gesamtkapazität an Energie aus Biomasse stark an. Allerdings gibt es ab dem Jahr 2050 kein ausreichendes Potenzial an land- und forstwirtschaftlicher Biomasse für die Nachfrage des Marktes mehr. Daher müssen ab dem Folgejahr Optionen zur Deckung der Nachfrage nach Biomasse gefunden werden – etwa durch Importe oder die Erschließung weiterer Potenziale. Dies gilt auch für den Einsatz von Photovoltaik. Bei dieser Technologie werden jährlich mehr Anlagen installiert als im Jahr zuvor; es handelt sich also um eine progressive Neuinstallationsrate. Auch hier wird das Potenzial an verfügbaren Dach- und Fassadenflächen im Jahr 2029 erschöpft sein, da hier auch eine Konkurrenz zur Solarthermie besteht. Wird diese Flächenkonkurrenz allerdings aufgrund der Prognosen für Solarthermie nicht berücksichtigt und sämtliche auch der Solarthermie zur Verfügung stehenden Flächen für die Installation von Photovoltaik (unter Annahme des entsprechenden Wirkungsgrades für PV) genutzt, wird das maximal erzielbare Potenzial erst 2038 erreicht.

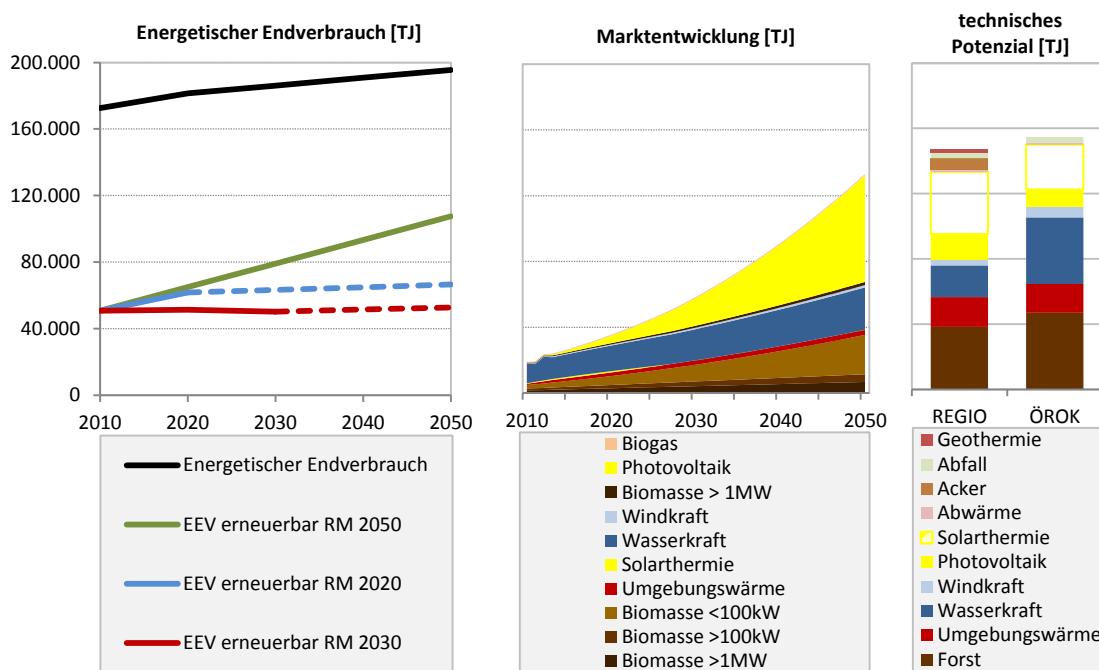


Abbildung 56: Energetischer Endverbrauch: Prognosen und Potenziale

Es gibt aber auch negative Entwicklungen: So ist bei der Solarthermie mit einem Rückgang an neu installierten Anlagen zu rechnen, bis ab dem Jahr 2028 möglicherweise überhaupt keine neuen Anlagen mehr errichtet werden. Auch der Markt für Wärmepumpen zur Gewinnung von Umgebungswärme ist – was die geförterten Anlagen betrifft – rückläufig, da vor allem Neuinstallationen, die mit Hilfe von Förderprogrammen finanziert wurden, stark zurückgehen. Bei den eigenfinanzierter Wärmepumpen ist hingegen in den letzten Jahren eine gewisse konstante Zubaurate festzustellen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass besonders bei

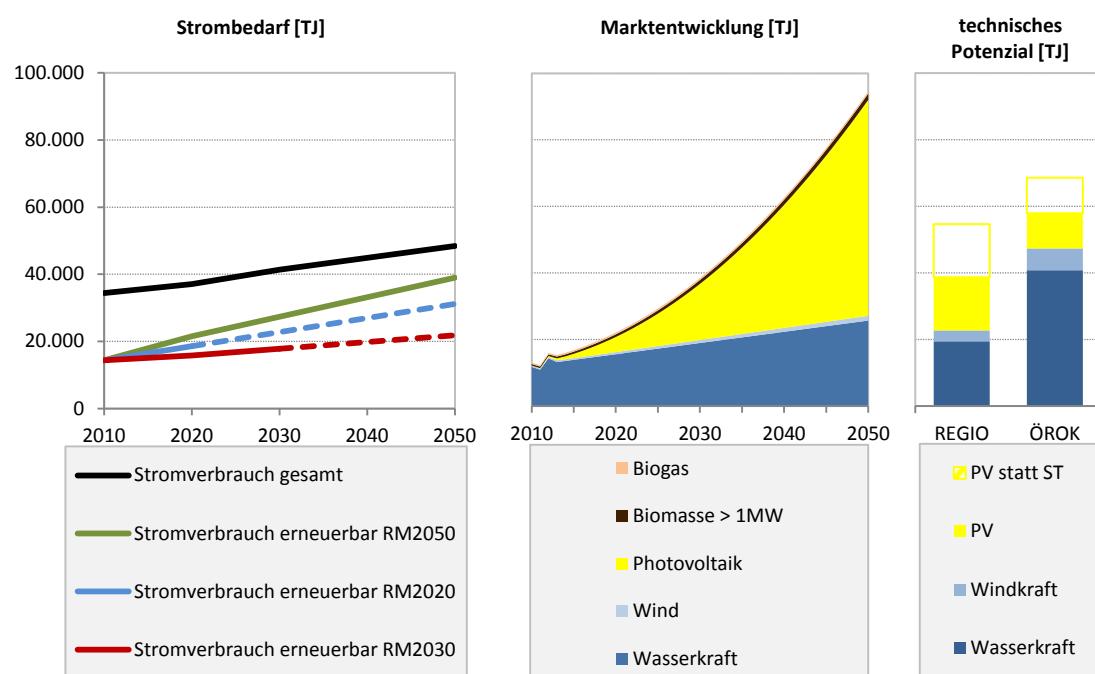
Neubauten die Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpe meist schon in der Planungsphase berücksichtigt wird. Verringert sich in Zukunft die Neubaurate, hätte dies direkte Auswirkungen auf die Installationsrate an Wärmepumpen. Durch den Betrieb bestehender Anlagen kann aber auch 2050 noch Wärme aus dem Erdreich erzeugt werden, und dies aufgrund einer Effizienzsteigerung durch thermische Sanierung sogar etwas mehr als bisher.

5.2.3.2 Strombedarf

Im Gegensatz zum Energetischen Endverbrauch ist beim Strombedarf mit einem weit höheren Anstieg von fast 40 % in Bezug auf 2010 zu rechnen. Obwohl die Studien der EU nicht von einem massiv ansteigenden Einsatz von E-Mobilität ausgehen, ist vor allem die Zunahme an Haushalten und Dienstleistungen für den zusätzlichen Strombedarf verantwortlich. Auch im industriellen Sektor ist von einer höheren Stromnachfrage auszugehen.

Das Energieeffizienzgesetz schreibt vor, dass Energielieferanten jährlich Energieeffizienzmaßnahmen in der Höhe von mind. 0,6 % ihrer Energieabsätze an österreichischen Endkunden nachweisen. Wie stark diese Verpflichtung das allgemeine Wachstum des Strombedarfs bremsen wird, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abzuschätzen.

In allen Szenarios muss für die Erreichung der Zwischenziele zur Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen eine weitere Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger angestrebt werden. Die Verfolgung der Klimaziele 2050 bedarf wiederum der größten Anstrengungen. Werden lediglich die Roadmaps für 2020 und 2030 umgesetzt, müssen in den Folgejahren zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um die Ziele für 2050 einhalten zu können (siehe Abbildung 57).



Der Markt für Strom aus erneuerbaren Quellen entwickelt sich hingegen ausgesprochen optimistisch. Wenn von einer weiteren Steigerung des Einsatzes von Wasserkraft und Windkraft ausgegangen wird, so könnte – bei entsprechender Neuinstallationsrate von Photovoltaik – bereits 2030 der gesamte im Jahr 2050 benötigte Anteil an erneuerbaren Energiequellen für die Strombereitstellung erreicht werden. Allerdings muss in diesem Fall auch die Verstromung von Biomasse in KWK-Anlagen entsprechend erhöht werden. Wird eine Flächenkonkurrenz der Photovoltaik zur Solarthermie unterstellt, ist das Potenzial an verfügbaren Dach- und

Fassadenflächen für Photovoltaik ab dem Jahr 2029 vollständig genutzt. Für eine weitere Marktentwicklung der Photovoltaik muss in den Folgejahren auf Flächen, die der Solarthermie vorbehalten waren, zurückgegriffen oder neue Flächenpotenziale erschlossen werden. Eine Potenzialerweiterung ist ebenfalls durch den Einsatz von Hybridmodulen, die Strom und Wärme aus Sonnenenergie erzeugen, möglich, da mit dieser Technologie die derzeit bestehenden Flächenkonkurrenzen entfallen würden

5.2.3.3 Wärmebedarf

Aufgrund des überproportional starken Anstiegs des zukünftigen Strombedarfs wird die Nachfrage nach Wärme ab dem Jahr 2020 tendenziell nachlassen, wofür einerseits eine hohe thermische Sanierungsrate und andererseits eine erhöhte Nachfrage nach Treibstoffen aus dem Verkehrssektor verantwortlich sind.

Trotzdem muss auch im Bereich der Wärmebereitstellung zur Erfüllung der Klimaziele 2050 mit einem deutlich erhöhten Einsatz von erneuerbaren Energien gerechnet werden; im Vergleich zu 2010 muss 2050 beinahe die doppelte Menge an Wärme aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden.

Dies gelingt nur, wenn bereits jetzt an der Erreichung der Zwischenziele für die Roadmap 2050 gearbeitet wird. Wie das Diagramm deutlich belegt, würde eine Verfolgung der Roadmaps 2020 und 2030 zu einer massiven Verfehlung der für 2050 geplanten Klimaziele führen (siehe Abbildung 58)

Allerdings kann die Marktentwicklung für Biomasse mit den herkömmlichen Potenzialen nur mehr bis 2050 vorangetrieben werden können, in weiterer Folge ist die Konkurrenz zur Lebensmittel-, Holz- und Papierindustrie zu groß, um die Nachfrage nach der energetischen Nutzung von Biomasse aus heimischen Potenzialen decken zu können. Leider können auch die weiteren Zwischenziele zur Wärmebereitstellung der Roadmap 2050 spätestens ab dem Jahr 2030 nicht mehr durch die Verbrennung von land- und forstwirtschaftlicher Biomasse erfüllt werden, da die herkömmlichen Potenziale erschöpft sind. Es ist daher in Zukunft zwingend erforderlich, einerseits auf andere Erzeugungstechnologien, z.B. die Beheizung von Gebäuden durch Solarthermie oder Wärmepumpen, und die Erschließung neuer Potenziale gesetzt werden.

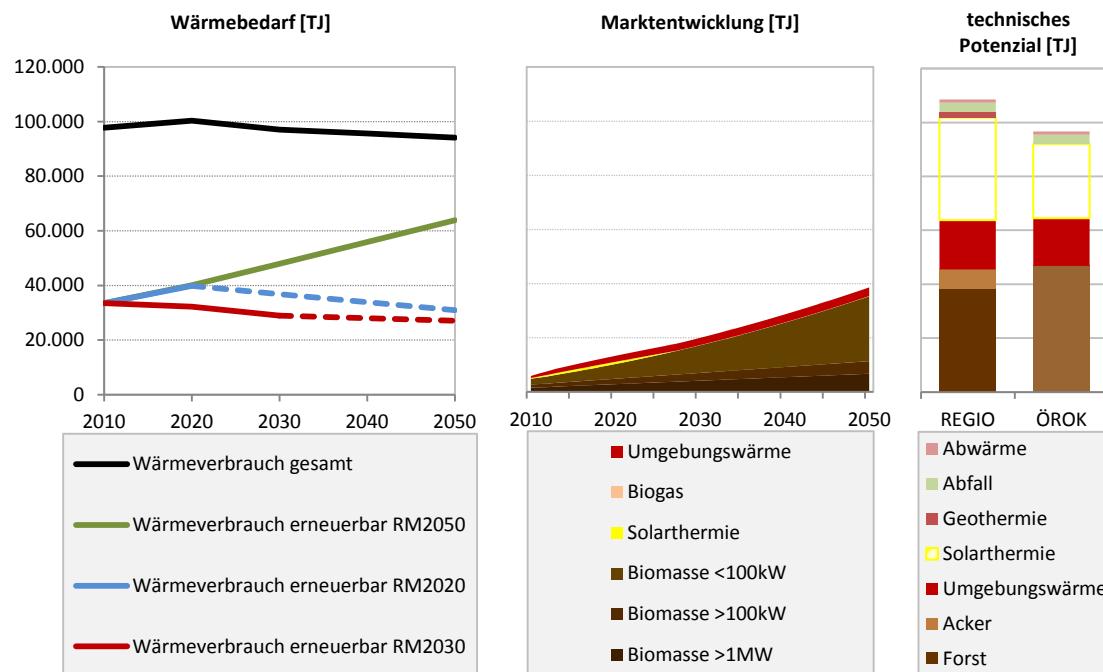


Abbildung 58: Wärmebedarf: Prognosen und Potenziale

5.2.4 Maßnahmen zur Schließung von Versorgungsengpässen

Vor allem in der Wärmenachfrage kann es bei einer Verfolgung der EU-Klimaziele für 2050 ab dem Jahr 2030 zu Engpässen bei der Bereitstellung von energetisch nutzbarer Biomasse kommen. Auch der Markt für Photovoltaik könnte durch die Eingrenzung auf Dach- und Fassadenflächen je nach Entwicklung der Solarthermie ab 2029 begrenzt sein. Daher müssen auf der einen Seite Maßnahmen zur Schließung von Versorgungsengpässen und auf der anderen Seite zur Verhinderung einer Stagnierung des Photovoltaik-Marktes getroffen werden.

Dies erfolgt in vier Kategorien:

- Erhöhung von vorhandenen Potenzialen:

Z.B. durch die Nutzung von Freiflächen für PV, die keiner anderwärtigen Verwendung zugeführt werden können, insbesondere Flächen geschlossener Restmülldeponien. Hier ist nach ersten Studien mit einem zusätzlichen Potenzial in der Steiermark von zusätzlich 280 TJ zu rechnen.

- Erschließung neuer Potenziale:

Die Nachfrage nach Wärme aus erneuerbaren Energiequellen kann nur durch die Erschließung neuer Potenziale gedeckt werden, da auf die Konkurrenz zur Holz- und Papierindustrie größtes Augenmerk gelegt werden muss. Dies kann nur erfolgen, wenn auch die thermische Verwertung von Abfall für die Fernwärmeerzeugung genutzt wird.

Die thermische Verwertung von Restmüll ist in Österreich vorgeschrieben. Die entstehende Wärme wird dabei immer genutzt, ansonsten ist die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben.

Allein durch die Restmüllverbrennung der Bezirke Graz und Graz-Umgebung kann im Jahr 2020 ein Viertel bis ein Drittel der in Graz benötigten Fernwärme zur Verfügung gestellt werden. Aus dem Restmüllaufkommen der gesamten Steiermark könnte annähernd der Fernwärmebedarf von Graz gedeckt werden. Hinsichtlich des Standortes Graz ist allerdings festzuhalten, dass sich diese Berechnung auf die Menge bezieht, die notwendige Leistungsabdeckung wäre mit einer Restmüllverwertungsanlage nur in entsprechend verringertem Maße gegeben.

- Steigerung der Energieeffizienz

Durch Umrüstung von Biomasse-HW in Biomasse-KWK könnten rund 450 TJ an zusätzlicher Energie in Form von Strom bereitgestellt werden. Studien zur Abwärmenutzung von Industrieprozessen belegen in ersten Schätzungen ein Potenzial von 1.200 TJ pro Jahr. Eine Steigerung der Energieeffizienz ist vor allem auch im Bereich der Mobilität möglich.

- Senkung des Energiebedarfs

Wird weniger Energie benötigt, muss auch weniger Energie in Form von erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt werden. Dazu müssen Maßnahmen zur thermischen Sanierung von Gebäuden und vor allem in der Bewusstseinsbildung der Mitmenschen in der Steiermark, wie sie im Klimaschutzplan 2020 bereits erhoben wurden, konsequent weitergeführt werden. Energie-Suffizienz in Kombination mit Erneuerbaren und Speichern sollte letztlich keine Versorgungsengpässe zulassen.

Zur Umsetzung dieser und weiterer Maßnahmen sind vor allem die eingesetzten Technologien zur Umwandlung von Wasserkraft, Windenergie, Sonnenlicht und Biomasse in die benötigten Energieformen maßgebend. Sie wurden daher im vorliegenden Masterplan im Rahmen von eigenen Kapiteln behandelt.

5.3 Technologien und deren Stellenwert im Energiesystem sowie deren ökologische und sozioökonomische Auswirkungen

Die Technologien und deren Stellenwert im Energiesystem sowie deren ökologische und sozioökonomischen Auswirkungen werden in den folgenden Abschnitten in Form so genannter „Factsheets“ zusammengefasst dargestellt.

Für die Nutzung der dezentralen Energieträger wurden die in der Steiermark relevanten Technologien beschrieben und in Bezug auf die folgenden Kriterien bewertet:

- Eignung für dezentrale Erzeugung
 - Anwendungsbereich
 - Nutzenergie
 - Primärenergie
 - Umwandlungstechnologien
 - Thermischer Wirkungsgrad
 - Technologiereife
 - Kombinierbarkeit mit anderen Technologien (Möglichkeit von Hybridsystemen)
 - Speicherbarkeit (Gesamtbewertung für Prozessmedien in Umwandlungsketten)
 - Flexibilität (Teillastfähigkeit - Gesamtbewertung für Technologien in Umwandlungsketten)
- Nachhaltigkeit
 - Energiegestehungskosten
 - Treibhausgasemissionen
 - Konfliktpotential

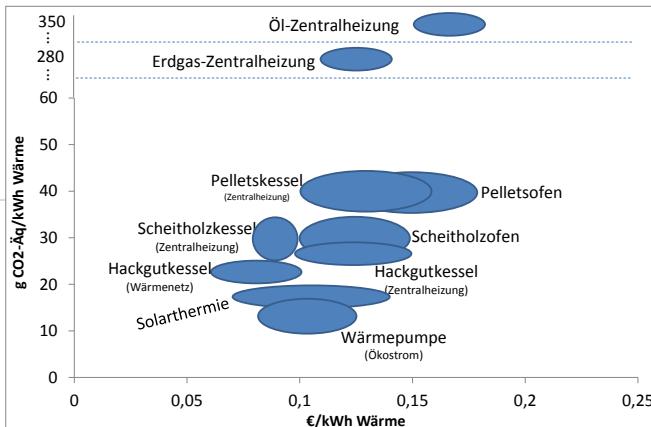
Die nachfolgenden dargestellten Factsheets enthalten im Grunde die gleichen Informationen wie die bereits in den Abschnitten 4.1.1 bis 4.1.10 dargestellten Factsheets, sie sind jedoch anders gegliedert: Während die vorangegangenen Factsheets in Bezug auf die in der Steiermark verfügbaren erneuerbaren Energieträger bzw. in Bezug auf die Primärenergien gegliedert sind, sind die in den folgenden Abschnitten 5.3.1 bis 5.3.4 dargestellten Factsheets in Bezug auf die Nutzenergieformen Strom, Wärme und Treibstoffe gegliedert. Dies erscheint einerseits vorteilhafter in Hinblick auf den Zweck des „Masterplans“ an sich, der vermutlich öfter als Entscheidungshilfe bei „nutzergiebezogenen“ Maßnahmen (also im Bereich der Energieversorgung) als bei „energieträgerbezogenen“ Maßnahmen herangezogen werden wird, andererseits führt die andere Gliederung zum Vorteil, dass der vorliegende Bericht letztlich beide Varianten enthält, die wahlweise für verschiedene Bedarfssfälle herangezogen werden können.

Mit der Darstellung in Form von Factsheets wurde – gleich wie bei der beschriebenen anderen Darstellungsform – das Ziel verfolgt, die Fülle der Informationen kurz (zum Teil mit entsprechenden Symbolen) aber übersichtlich zusammenzustellen. Auf weiterführende Erläuterungen wurde daher wissentlich verzichtet.

5.3.1 Factsheet der Technologien für gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung

| Strom+Wärme | <50 kWel | 50 kWel-250 kWel | 0,5-2 MWel | 2-25 MWel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|--------------------------------------|---------------------------------|---------------|----------|---|------|------|-----------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|----------|-----|----------|----------|-----|-----|------------|-----------------|-----|---|-----|-----|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Anwendungsbereich Wärme | Raum-, Gebäudeheizung, Kleingewerbe | Mikro-, Nahwärmennetz, Gewerbe, Industrie | Fernwärme, Industrie | Fernwärme, Industrie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nutzenergie | Niedertemperatur-wärme, Kälte, Strom als Nebenprodukt | Strom, Niedertemperatur-wärme, Prozesswärme, Kälte | Strom, Niedertemperatur-wärme, Prozesswärme, Kälte | Strom, Niedertemperatur-wärme, Prozesswärme, Kälte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Primärenergie | Holz (Hackgut, Pellets, Altholz, Sägeneverprodukte), Zucker-, Stärkepflanzen, organische Reststoffe, Restmüll, Sonnenenergie, Wind-, Wasserkraft | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Umwandlungs-technologien | <i>Verbrennung +</i> Stirlingmotor, Dampfmotor <i>Vergasung +</i> Gasmotor, Mikrogasturbine, Brennstoffzelle <i>Sonnenenergie, Wind-, Wasserkraft+</i> Elektrolyse + Brennstoffzelle | <i>Verbrennung +</i> Stirlingmotor, Dampfmotor <i>Vergasung +</i> Gasmotor, Mikrogasturbine, Brennstoffzelle <i>Biogasanlage +</i> BHKW, Mikrogasturbine, Brennstoffzelle | <i>Verbrennung +</i> Dampfturbine, ORC <i>Vergasung/Pyrolyse +</i> Gasturbine, Gasmotor, Brennstoffzelle <i>Biogasanlage +</i> BHKW, Gasturbine, Brennstoffzelle | <i>Verbrennung +</i> Dampfturbine <i>Vergasung/Pyrolyse +</i> Gasturbine, Gasmotor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elektrischer Wirkungsgrad | | <table border="1"> <caption>Efficiency Data from Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th><50 kWel (%)</th> <th>50 kWel-250 kWel (%)</th> <th>0,25-2 MWel (%)</th> <th>2-25 MWel (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Stirling</td><td>20%</td><td>25%</td><td>6%</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Dampfkolbemotor</td><td>6%</td><td>20%</td><td>6%</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Dampfschraubemotor</td><td>10%</td><td>15%</td><td>10%</td><td>15%</td></tr> <tr><td>Gasmotor</td><td>35%</td><td>45%</td><td>35%</td><td>45%</td></tr> <tr><td>Mikrogasturbine</td><td>15%</td><td>25%</td><td>15%</td><td>25%</td></tr> <tr><td>Brennstoffzelle</td><td>40%</td><td>50%</td><td>60%</td><td>50%</td></tr> <tr><td>Biogas-BHKW</td><td>25%</td><td>25%</td><td>40%</td><td>25%</td></tr> <tr><td>Dampfturbine</td><td>18%</td><td>30%</td><td>25%</td><td>35%</td></tr> <tr><td>Gasturbine</td><td>25%</td><td>30%</td><td>35%</td><td>35%</td></tr> <tr><td>ORC</td><td>15%</td><td>15%</td><td>15%</td><td>15%</td></tr> </tbody> </table> | Technologie | <50 kWel (%) | 50 kWel-250 kWel (%) | 0,25-2 MWel (%) | 2-25 MWel (%) | Stirling | 20% | 25% | 6% | 20% | Dampfkolbemotor | 6% | 20% | 6% | 10% | Dampfschraubemotor | 10% | 15% | 10% | 15% | Gasmotor | 35% | 45% | 35% | 45% | Mikrogasturbine | 15% | 25% | 15% | 25% | Brennstoffzelle | 40% | 50% | 60% | 50% | Biogas-BHKW | 25% | 25% | 40% | 25% | Dampfturbine | 18% | 30% | 25% | 35% | Gasturbine | 25% | 30% | 35% | 35% | ORC | 15% | 15% | 15% | 15% | |
| Technologie | <50 kWel (%) | 50 kWel-250 kWel (%) | 0,25-2 MWel (%) | 2-25 MWel (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stirling | 20% | 25% | 6% | 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dampfkolbemotor | 6% | 20% | 6% | 10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dampfschraubemotor | 10% | 15% | 10% | 15% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gasmotor | 35% | 45% | 35% | 45% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mikrogasturbine | 15% | 25% | 15% | 25% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brennstoffzelle | 40% | 50% | 60% | 50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Biogas-BHKW | 25% | 25% | 40% | 25% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dampfturbine | 18% | 30% | 25% | 35% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gasturbine | 25% | 30% | 35% | 35% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ORC | 15% | 15% | 15% | 15% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Technologiereife | | Markt/Markteinführung: Stirling, Dampfmotor, VKM, ORC, Vergasung, Gasturbine Demo: Brennstoffzelle, Mikrogasturbine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kombinierbarkeit | Gute Kombinierbarkeit von Biomasse-technologien, Solarthermie, Umgebungswärme-Wärmepumpe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Speicherbarkeit | Speicherbarkeit von Biomasse gut, Speicherbarkeit von (Zwischen-) Prozessmedien gut (z.B. Syngas aus Vergasung, Biogas) bis mäßig (z.B. Dampf) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teillastfähigkeit | Teillastfähigkeit der Umwandlungstechnologien gut (z.B. Gasturbine, Brennstoffzelle) bis mäßig (z.B. Dampfturbine, VKM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kosten | | <table border="1"> <caption>Cost and CO2 Data from Bubble Chart</caption> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>CO2 Emissions (g CO2-Aq/(x kWh Strom + y kWh Wärme))</th> <th>Cost (€/(x kWh Strom + y kWh Wärme))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Erdgas-Dampfturbine / -Gasmotor</td><td>~220</td><td>~250</td></tr> <tr><td>Brennstoffzelle (PV-Strom_Elektrolyse_H2)</td><td>~120</td><td>~150</td></tr> <tr><td>Biogas-BHKW (Navaros)</td><td>~80</td><td>~80</td></tr> <tr><td>ORC</td><td>~60</td><td>~60</td></tr> <tr><td>Dampfmotor</td><td>~40</td><td>~40</td></tr> <tr><td>Gasmotor</td><td>~30</td><td>~30</td></tr> <tr><td>Stirling</td><td>~30</td><td>~30</td></tr> <tr><td>Gasturbine</td><td>~30</td><td>~30</td></tr> <tr><td>Brennstoffzelle (Wind-, Wasserkraft_Elektrolyse_H2)</td><td>~20</td><td>~20</td></tr> <tr><td>Brennstoffzelle (Holzgas)</td><td>~20</td><td>~20</td></tr> </tbody> </table> | Technologie | CO2 Emissions (g CO2-Aq/(x kWh Strom + y kWh Wärme)) | Cost (€/(x kWh Strom + y kWh Wärme)) | Erdgas-Dampfturbine / -Gasmotor | ~220 | ~250 | Brennstoffzelle (PV-Strom_Elektrolyse_H2) | ~120 | ~150 | Biogas-BHKW (Navaros) | ~80 | ~80 | ORC | ~60 | ~60 | Dampfmotor | ~40 | ~40 | Gasmotor | ~30 | ~30 | Stirling | ~30 | ~30 | Gasturbine | ~30 | ~30 | Brennstoffzelle (Wind-, Wasserkraft_Elektrolyse_H2) | ~20 | ~20 | Brennstoffzelle (Holzgas) | ~20 | ~20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Technologie | CO2 Emissions (g CO2-Aq/(x kWh Strom + y kWh Wärme)) | Cost (€/(x kWh Strom + y kWh Wärme)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erdgas-Dampfturbine / -Gasmotor | ~220 | ~250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brennstoffzelle (PV-Strom_Elektrolyse_H2) | ~120 | ~150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Biogas-BHKW (Navaros) | ~80 | ~80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ORC | ~60 | ~60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dampfmotor | ~40 | ~40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gasmotor | ~30 | ~30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stirling | ~30 | ~30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gasturbine | ~30 | ~30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brennstoffzelle (Wind-, Wasserkraft_Elektrolyse_H2) | ~20 | ~20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brennstoffzelle (Holzgas) | ~20 | ~20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Umwelt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Konfliktpotential | Biomasse-Technologien geringes Konfliktpotential und hohe Wertschöpfung, Umgebungswärme geringes Konfliktpotential und mäßige Wertschöpfung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

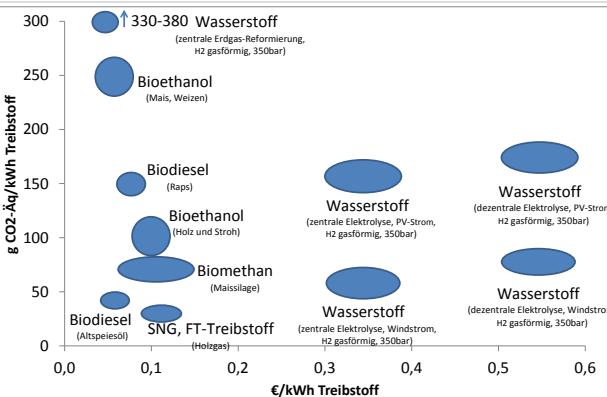
5.3.2 Factsheet der Technologien für Wärmeerzeugung

| Wärme | <10 kW _{th} | 10 - 100 kW _{th} | 100 - 10 MW _{th} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|-------------|--------------------|-------------------|-------|------|-----------------------|-------|------|-------------|-------|-----|--------------------------------|-------|-----|----------------|-------|-----|-----------------------------------|-------|-----|---------------------------|-------|-----|--------------------------------|-------|-----|--------------|-------|-----|-----------------------|-------|-----|--|
| Anwendungsbereich Wärme | Raum-, Gebäudeheizung | Gebäudezentralheizung, Kleingewerbe, Mikro-, Nahwärmenetz | Nahwärmenetz, Gewerbe, Industrie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nutzenergie | Niedertemperatur-wärme, Kälte, | Niedertemperatur-wärme, Prozesswärme, Kälte | Niedertemperatur-wärme, Prozesswärme, Kälte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Primärenergie | Holz (Hackgut, Pellets, Altholz, thermisch vorbehandeltes Holz), Stroh, Restmüll, Sonnenenergie, Umgebungswärme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Umwandlungs-technologien | Verbrennung + Scheitholz-/ Pelletsofen, Solarthermie, Umgebungswärme - Wärmepumpe | Verbrennung + Heizkessel, Solarthermie, Umgebungswärme- Wärmepumpe | Verbrennung + Heizkessel, Solarthermie, Umgebungswärme- Wärmepumpe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Thermischer Wirkungsgrad | Generell von Wärmenutzungsgrad abhängig, bei Biomasse-Heizungen zwischen ca. 80% (Anlagen <100 kW _{th}) und 90% (Anlagen 100 kW-10 MW) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Technologiereife | Markt: alle angeführten Umwandlungs-Technologien | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kombinierbarkeit | Gute Kombinierbarkeit von Biomassetechnologien, Solarthermie, Umgebungswärme- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Speicherbarkeit | Speicherbarkeit von Biomasse gut, Speicherbarkeit von Warmwasser gut | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teillastfähigkeit | Teillastfähigkeit der Umwandlungstechnologien gut (z.B. Gasturbine, Brennstoffzelle) bis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kosten | |  <table border="1"> <caption>Approximate data points from the bubble chart</caption> <thead> <tr> <th>Technology</th> <th>€/kWh Wärme</th> <th>g CO2-Äq/kWh Wärme</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Öl-Zentralheizung</td> <td>~0.22</td> <td>~300</td> </tr> <tr> <td>Erdgas-Zentralheizung</td> <td>~0.20</td> <td>~280</td> </tr> <tr> <td>Pelletsofen</td> <td>~0.20</td> <td>~40</td> </tr> <tr> <td>Pelletskessel (Zentralheizung)</td> <td>~0.15</td> <td>~40</td> </tr> <tr> <td>Scheitholzofen</td> <td>~0.15</td> <td>~35</td> </tr> <tr> <td>Scheitholzkessel (Zentralheizung)</td> <td>~0.10</td> <td>~30</td> </tr> <tr> <td>Hackgutkessel (Wärmenetz)</td> <td>~0.08</td> <td>~20</td> </tr> <tr> <td>Hackgutkessel (Zentralheizung)</td> <td>~0.12</td> <td>~20</td> </tr> <tr> <td>Solarthermie</td> <td>~0.05</td> <td>~15</td> </tr> <tr> <td>Wärmepumpe (Ökostrom)</td> <td>~0.08</td> <td>~10</td> </tr> </tbody> </table> | Technology | €/kWh Wärme | g CO2-Äq/kWh Wärme | Öl-Zentralheizung | ~0.22 | ~300 | Erdgas-Zentralheizung | ~0.20 | ~280 | Pelletsofen | ~0.20 | ~40 | Pelletskessel (Zentralheizung) | ~0.15 | ~40 | Scheitholzofen | ~0.15 | ~35 | Scheitholzkessel (Zentralheizung) | ~0.10 | ~30 | Hackgutkessel (Wärmenetz) | ~0.08 | ~20 | Hackgutkessel (Zentralheizung) | ~0.12 | ~20 | Solarthermie | ~0.05 | ~15 | Wärmepumpe (Ökostrom) | ~0.08 | ~10 | |
| Technology | €/kWh Wärme | g CO2-Äq/kWh Wärme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Öl-Zentralheizung | ~0.22 | ~300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Erdgas-Zentralheizung | ~0.20 | ~280 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pelletsofen | ~0.20 | ~40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pelletskessel (Zentralheizung) | ~0.15 | ~40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Scheitholzofen | ~0.15 | ~35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Scheitholzkessel (Zentralheizung) | ~0.10 | ~30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hackgutkessel (Wärmenetz) | ~0.08 | ~20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hackgutkessel (Zentralheizung) | ~0.12 | ~20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solarthermie | ~0.05 | ~15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wärmepumpe (Ökostrom) | ~0.08 | ~10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Umwelt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Konfliktpotential | Biomasse-Technologien geringes Konfliktpotential und hohe Wertschöpfung, Umgebungswärme geringes Konfliktpotential und mäßige Wertschöpfung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.3.3 Factsheet der Technologien für Stromerzeugung

| Strom | < 500 kW _{el} | < 2,5 MW _{el} | < 700 MW _{el} | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------|------|--------------|-----------|-----|-----------|-------|-------------|-------------|-------|------|--|
| Primärenergie | | Sonnenenergie, Windkraft, Wasserkraft, Brennstoffzelle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Umwandlungs-technologien | Photovoltaik, Kleinwasserkraft | Wasserkraft, Windkraft | Wasserkraft | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elektrischer Wirkungsgrad | | <table border="1"> <caption>Efficiency Data (approximate values from chart)</caption> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>< 500 kW_{el}</th> <th>< 2,5 MW_{el}</th> <th>< 700 MW_{el}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Photovoltaik</td> <td>~18%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Windkraft</td> <td></td> <td>~38%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wasserkraft</td> <td></td> <td></td> <td>~88%</td> </tr> </tbody> </table> | Technologie | < 500 kW _{el} | < 2,5 MW _{el} | < 700 MW _{el} | Photovoltaik | ~18% | | | Windkraft | | ~38% | | Wasserkraft | | | ~88% | |
| Technologie | < 500 kW _{el} | < 2,5 MW _{el} | < 700 MW _{el} | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Photovoltaik | ~18% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Windkraft | | ~38% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wasserkraft | | | ~88% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Technologiereife | Markt: alle angeführten Umwandlungs-Technologien | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kombinierbarkeit | Gut für Photovoltaik mit Solarthermie | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Speicherbarkeit | Gut für Wasserkraft (potentielle Energie) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teillastfähigkeit | Nicht relevant | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kosten | <table border="1"> <caption>Cost and Emissions Data (approximate values from chart)</caption> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>€/kWh Strom</th> <th>g CO2-Äq/kWh Strom</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strom-Mix Österreich (Energiepreis)</td> <td>~0.15</td> <td>~180</td> </tr> <tr> <td>Photovoltaik</td> <td>~0.15</td> <td>~60</td> </tr> <tr> <td>Windkraft</td> <td>~0.05</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>Wasserkraft</td> <td>~0.01</td> <td>~5</td> </tr> </tbody> </table> | | | Technologie | €/kWh Strom | g CO2-Äq/kWh Strom | Strom-Mix Österreich (Energiepreis) | ~0.15 | ~180 | Photovoltaik | ~0.15 | ~60 | Windkraft | ~0.05 | ~10 | Wasserkraft | ~0.01 | ~5 | |
| Technologie | €/kWh Strom | g CO2-Äq/kWh Strom | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Strom-Mix Österreich (Energiepreis) | ~0.15 | ~180 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Photovoltaik | ~0.15 | ~60 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Windkraft | ~0.05 | ~10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wasserkraft | ~0.01 | ~5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Umwelt | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Konfliktpotential | Photovoltaik geringes Konfliktpotential und geringe Wertschöpfung, Wind- und Wasserkraft mittleres bis hohes Konfliktpotential und geringe Wertschöpfung | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.3.4 Factsheet der Technologien für Treibstofferzeugung

| Treibstoffe (ohne Strom) | Biodiesel | Bioethanol | Biomethan | Wasserstoff | Synthetische Treibstoffe |
|---|--|---|--|---|---|
| Primärenergie | Ölpflanzen, Algen | Zucker- und Stärkepflanzen, Holz, Stroh, Reststoff Sulfitlauge | Zucker- und Stärkepflanzen, Reststoffe (Gülle, Altspeiseöl, Biomüll) | Sonnenenergie, Wind-, Wasserkraft, Primärenergie für Biogas | Holz |
| Umwandlungs-technologien | Biodieselanlage (Veresterung) | Bioethanolanlage (Fermentation) | Biogasanlage+ Methanisierung | Elektrolyse, Biomethanreformierung | Vergasung+Synthese (FT-Treibstoff, SNG, H2) Pyrolyse+Bioöl-Upgrade |
| Wirkungsgrad (von Primärenergie zum Treibstoff) | 29% | 25% | 58% | 50-60% (Elektrolyse) | 80-85% (Treibstoff, Strom, Wärme) |
| Technologiereife | Markt: Biodiesel, Bioethanol (aus Agrarfrüchten), Bioethanol aus Sulfitlauge, Elektrolyse Demo: dezentrale Elektrolyse, Biomethanreformierung, Pyrolyse-Öl-Upgrade, Holz-Vergasung+Synthese Pilot: Biodiesel aus Algen | | | | |
| Kombinierbarkeit | Kombinierbarkeit wenig relevant, Beimischung der Biotreibstoffe zu konventionellen Treibstoffen möglich | | | | |
| Speicherbarkeit | Speicherbarkeit von Primärenergie gut, Speicherbarkeit von Endenergie gut | | | | |
| Teillastfähigkeit | Teillastfähigkeit der Umwandlungstechnologien wenig relevant | | | | |
| Kosten |  | | | | |
| Umwelt | Biomasse-Technologien geringes Konfliktpotential und hohe Wertschöpfung | | | | |
| Konfliktpotential | | | | | |

5.4 Akteure für die Umsetzung und Beteiligungsprozesse

Die Steiermark verfügt über eine große Zahl von Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Interessensverbänden, die sich intensiv mit Maßnahmen und Innovationen zur Umsetzung der energiepolitischen Ziele befassen. Diese stehen darüber hinaus über den Cluster ECO WORLD STYRIA miteinander in Verbindung und koordinieren ihre strategischen Entscheidungen mit dem Ziel, gemeinsame Ziele mit vereinter Kraft zu erreichen. Die Steiermark ist unter dem Namen "Green Tech Valley" weltweit als globale Drehscheibe für grüne Innovationen bekannt. In der Steiermark befinden sich im Umkreis einer Stunde Fahrzeit mehr globale Umwelt-Technologieführer als irgendwo sonst auf der Welt. Die Aktivitäten werden der steirischen in diesem

Innerhalb des Clusters ECO WORLD STYRIA arbeiten rund 170 Unternehmen und Forschungseinrichtungen an den Spitzentechnologien in den Bereichen Biomasse-, Solar- und Recycling, die von hier aus die Weltmärkte erobern. Dazu initiiert ECO WORLD STYRIA neue Forschungsprojekte (z.B. EIT, Forschungsverbund Green Tech, konkrete Produktentwicklungen), forciert technologische Innovationsprojekte (z.B. Landfill Mining, Smart City und Automotive Recycling) und verstärkt den internationalen Einsatz dieser Innovationen (z.B. Aufträge für Unternehmen in China und USA).

Bis 2015 werden so 20 globale Technologieführer mit 20.000 Umwelttechnik-Arbeitsplätzen angestrebt und aus heutiger Sicht erreicht bzw. übertroffen. Im Schnitt haben die Unternehmen seit der Cluster-Gründung im Jahr 2005 über 1.000 Arbeitsplätze pro Jahr geschaffen und sind mit durchschnittlich 16,4% beim Umsatz nahezu doppelt so schnell wie die Weltmärkte gewachsen.

Mit einer Forschungsquote von 4,6 % liegt diese deutlich über dem EU- Lissabon Ziel 2010 von 3 %. Zusätzlich haben 5 Universitäten und führende Forschungszentren für Energie- und Umwelttechnik ihren Sitz in der Steiermark. Bereits jetzt werden 25 % des Energetischen Endverbrauchs durch Erneuerbare Energie gedeckt, wieder deutlich über dem EU-Ziel von 2020. Außerdem zeichnet sich die Steiermark als 4-fache Pionierregion (Biomasse, Solarenergie, Stoffstrom-Management, Wasserkraft) aus.

Technologien und Dienstleistungen aus dem Green Tech Valley sind auf allen Kontinenten nachgefragt. Mit ihren innovativen Produkten, dem Know How im internationalen Management, Verlässlichkeit und nicht zuletzt einem großen Plus im Aufbau interkultureller Beziehungen zählen die Unternehmen aus dem Green Tech Valley zu Österreichs Exportweltmeistern.

Vision „The World's Green Tech Valley“

Steirische Unternehmen sind bereits heute internationale Technologie- und Marktführer in den Bereichen Energie- und Umwelttechnik. Um diese Position zu stärken und auszubauen, unterstützt ECO WORLD STYRIA die Unternehmen und den Standort Steiermark mit Basisleistungen und Projekten mit strategischen Hebeln entlang der Wachstumstreiber Innovation, Know-how und neue Märkte.

Mission

ECO ist die Trägerorganisation der wirtschaftspolitischen Initiative im Bereich der Energie- und Umwelttechnik des Landes Steiermark. Mit 170 Mitgliedern im Jahr 2013 zielt ECO WORLD STYRIA in den Stärkefeldern Biomasse, Sonnenenergie, Stoffstrom und Wasser/Abwasser auf „E-C-O 20-20-20“:

- E („Employment“): Erhöhung der in steirischen Umwelttechnik-Unternehmen Beschäftigten auf 20.000 bis 2015

- C („Competence“): Verdoppelung der Anzahl steirischer Technologieführer auf 20 bis 2015
- O („On top“): Erhöhung der internationalen Präsenzen in Medien und Messen auf rund 20 pro Jahr bis 2015 Mission

Organisation

Die ECO WORLD STYRIA Umwelttechnik Cluster GmbH steht im Eigentum der Steirischen Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH (SFG), des Landes Steiermark, Abteilung 14 - Referat Abfallwirtschaft u. Nachhaltigkeit, der Stadt Graz, Abteilung für Wirtschafts- und Tourismusentwicklung, der Binder+Co AG, der e² group umweltengineering GmbH, der FIBAG Forschungszentrum für integrales Bauwesen AG sowie der KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH. Die Finanzierung erfolgt durch Beiträge der Mitglieder, Projekteinnahmen sowie Förderungen der Eigentümer und der Europäischen Union im Rahmen des EFRE-Programmes. Die Stärkefelder der ECO WORLD STYRIA sind

- Biomasse, Biogas, Biodiesel

Die Steiermark zählt zu einen der waldreichsten Regionen Europas. Dadurch ist die Grundlage für die jahrzehntelange Erfahrung in der Verarbeitung biogener Rohstoffe und die Umwandlung von Biomasse zu Wärme, Strom und Biogas im industriellen und gewerblichen Bereich ebenso wie Biodieseltechnologien der zweiten Generation auf Basis von Abfällen gegeben.

- Sonnenenergie

Seit den 1970er Jahren entwickeln steirische Unternehmen intelligente Lösungen zur Nutzung solarer Energie. Steirische Spitzentechnologien für solare Prozesswärme, solare Heizwärme und solare Kühlung finden weltweit ihren Einsatz.

- Stoffstrom-Management

Mit über 70 % hat Österreich die mit Abstand höchste Recyclingquote im Vergleich zu anderen Industrienationen und setzt in den Bereichen Logistik, Abfallaufbereitung, höchstqualitative Sortierung von Glas internationale Standards.

- Wasser und Abwasser

Wasser als Lebensquelle hat aufgrund der alpinen Lage seit jeher große Bedeutung für die Steiermark. Dadurch entwickelten sich Weltmarktführer im Bereich der Stromerzeugung aus Wasserkraft im großen und mittleren Leistungsbereich. Besonderes Augenmerk wird auch der Abwasser- und Klärschlammbehandlung gewidmet.

- Energieeffizienz und mehr

Mit gleich mehreren Kompetenzzentren im Bereich der Energieeffizienz für Mobilität, Gebäuden und Elektrogeräten entstehen hier innovative Lösungen wie zum Beispiel die effizientesten Kompressoren und Motoren.

Der Umwelttechnikcluster ECO WORLD STYRIA repräsentiert sehr gut die steirischen Wirtschafts- und Forschungsschwerpunkte zum Thema Erneuerbare Energie und Energieeffizienz, da ein Großteil der Unternehmen Partner im Cluster sind.

Neben den Unternehmen und Know-how-Trägern sind als Akteure auch noch andere Initiativgruppen von Bedeutung, insbesondere diverse regionale Arbeitsgemeinschaften, Energieagenturen und Klima-Energie Modellregionen.

Zu den Akteuren gehören selbsterständlich auch die Energieproduzenten und -verteiler wie beispielsweise die Energie Steiermark, Stadtwerke und private Kraftwerksbetreiber samt ihren Endkunden.

5.5 Optimierungsmaßnahmen, Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung und Umsetzungsplan

Zur Optimierung der Umsetzung dezentraler Energieversorgung in der Steiermark sind sowohl weitere technische Entwicklungen durchzuführen als auch Maßnahmen im Bereich der Rahmenbedingungen für die Umsetzung dieser Entwicklungen zu setzen.

Als Ergebnis eines am 18. November 2013 in Graz abgehaltenen Workshops mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen einerseits sowie politischen Entscheidungsträgern andererseits wird von den Teilnehmern in den nachstehend genannten Themen besonderes Optimierungspotential gesehen. Die Aussagen sind im Sinne von Zitaten kursiv gedruckt zusammengefasst.

- **Windenergie, Begleitforschung, Auswirkungen**

Die Windenergie könnte lt. Energiestrategie Steiermark ca. 4 % des steirischen Strombedarfs decken. Allerdings wurden bisher einige der ausgewiesenen Standorte von Anrainern oder Bürgerinitiativen verhindert. Mittelfristig erscheint diese Zielsetzung - insbesondere vor dem Hintergrund, dass derzeit bereits ca. 2 % erreicht wurden -, jedoch wenig ambitioniert und es ist mit einem Ausbau von Potentialen zu rechnen. Bei der Windenergie ist hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen noch Bedarf der Begleitforschung vorhanden, z. B. die Auswirkungen auf den Lebensraum des Birkhuhns. Nach Schätzung der Energie Steiermark wären bis zum Jahr 2020 Windenergieanlagen mit 300 - 400 MW installierte Leistung möglich.

- **Wasserkraft**

Nach wie vor ist ein gewisses Ausbaupotenzial bei der Kleinwasserkraft vorhanden. Die Energie Steiermark schätzt das ausbauwürdige Restpotential – beschränkt auf ungenutzte Gewässerabschnitte mit einem spezifischen Potential von mehr als 1 GWh/km/a – auf 3,4 TWh/a. Das zusätzliche Potenzial durch Effizienzsteigerung von älteren Wasserkraftwerken wird auf 0,49 TWh/a geschätzt. Laut einer im Rahmen der Energiestrategie Steiermark durchgeführten Abschätzung kann allein durch eine Revitalisierungsoffensive bei bestehenden Kleinwasserkraftwerken – beruhend auf der Annahme dass ca. 200 Kraftwerke revitalisiert werden – eine Leistungssteigerung von durchschnittlich 15 % erzielt werden. Es ist dabei zu erwähnen, dass die einzelnen Kraftwerksstandorte mit durchaus unterschiedlichen Voraussetzungen konfrontiert sind, etwa durch das bestehende Wasserrecht. auch unter Berücksichtigung von Ertragseinbußen und Produktionseinschränkungen durch ökologische Forderungen und Auflagen zu erwarten, etwa durch die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, bleibt die Wasserkraft ein maßgeblicher Faktor für die Erreichung der Energieziele des Landes Steiermark.

- **Speicher – thermisch, elektrisch, mechanisch, chemisch**

Für die dezentrale Energieversorgung ist aufgrund der Fluktuationen der dezentralen Energieformen Solarstrom und Wind einerseits und im Sinne des bestmöglichen Lastmanagements andererseits die Vefügbarkeit entsprechender Speicherung von großem Vorteil.

Neben den elektrischen Speichern wird vor allem auch die thermische Speicherung als ein wichtiges Forschungsthema angesehen.

Aber auch die Speicherung von Strom spielt eine sehr große Rolle, insbesondere im Bereich von Haushalten und Betreibern von PV-Kleinanlagen bis 5 kWp könnte sich der Deckungsanteil des Eigenverbrauch mit Akkumulatoren entsprechend erhöhen. Die Kombination von PV und dezentraler Speicherung ist daher als sehr wichtiges Thema angesehen. Durch die Zwischenspeicherung von solarem Überschussstrom in einer eigenen Batterie kann das Stromnetz entlastet werden.

Überschussstrom wird allerdings nur in relativ kurzen Zeiträumen produziert. Die Kapazitäten der Batterien müssen entsprechend angepasst sein. Die Optimierung des Lastmanagements liegt vor allem im Interesse der Kunden mit eigener Stromerzeugung. Der Beitrag zur Systemdienstleistung ist gering, die Netzbetreiber haben derzeit auch keinen Regelzugriff. Neue Regelwerke, Marktrollen und Geschäftsmodelle sollten entwickelt werden. Mögliche Synergien bestehen auch zur E-Mobilität, indem die Batterien der Autos teilweise auch als Spitzenspeicher für Stromnetze genutzt werden. „Vehicle to grid“ wird langfristig zum wichtigen Thema, sobald die Speichersysteme die so genannte „Netzparität“ erreichen. Derzeit existieren aber noch günstigere Speichermöglichkeiten. Vorerst sollte die E-Mobilität aber vordergründig als „grüne“, emissionsarme Mobilität die fossilen Treibstoffe verdrängen.

- Solarthermie – Wärmenetze/Speicherung – Kostensenkung, Standardisierung

Im Bereich der Solarthermie ist die Verknüpfung mit IKT sowie Regelungstechnik in Netzen ein wichtiges Thema. Um mehrere Wärmeerzeuger sinnvoll zu nutzen, muss ein entsprechendes Wärmenetz vorhanden sein. Thermische Speicher werden in Zukunft eine größere Rolle im Lastmanagement einnehmen, wobei sie vor allem zur Spitzenlastabdeckung herangezogen werden können.

Weitere Ansatzpunkte im Bereich der Solarthermie sind Standardisierungen zur Kostensenkung von Gesamtsystemen.

- Geothermie, Tiefe Erdwärme

Die tiefe Geothermie bietet in der Steiermark zwar insgesamt nicht sehr viel Nutzungspotenzial. Dort, wo Geothermie allerdings nutzbar ist, ist das regionale Potenzial aber verhältnismäßig hoch, zum Beispiel in Fürstenfeld.

Die oberflächennahe Geothermie bietet ein hohes Potenzial im Wege der direkten Nutzung der Wärme im Grundwasser. Besonders in Ballungszentren wie beispielsweise südlich von Graz werden Grundwasserkörper durch Wärmeeinträge „künstlich aufgeladen“; das könnte bei ausreichend verfügbaren Abwärmemengen auch gezielt eingesetzt werden.

Weiters sind auch so genannte Erdwärmesonden, mit denen die Erdwärme ohne Grundwasserentnahme genutzt wird, relevant. Mit Erdwärmesonden kann man auch gut Wärme im Boden speichern: Im Sommer wird Wärme im Boden gespeichert, im Winter wird sie wieder zurückgeholt. Durch diese Speicherung wäre auch eine nachhaltigere Nutzung der oberflächennahen Geothermie möglich, da durch Rückführung der Wärme eine längerfristige Auskühlung verhindert werden kann.

- Biomasse-Potenziale

Zu den Potenzialen der Biomasse gibt es stark widersprüchliche Angaben. Es ist daher hoher Forschungsbedarf gegeben. Teilweise widersprechen sich Daten, vor allem betreffend die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen. Teilweise liegt die Vermutung nahe, dass sich dieselben Flächen in den Potentialstudien verschiedener Technologien wiederfinden.

Freie Flächen aufgrund von Rückgängen bei der landwirtschaftlichen Nutzung sowie nicht genutzte Hangflächen können zur Bereitstellung von Biomasse verwendet

werden. Das Potential wird im Vergleich zur forstlichen Biomasse eher gering sein, da die Nachfrage nach größeren zusammenhängenden Flächen relativ hoch ist und diese nicht frei verfügbar sind.

Die Konkurrenz zur stofflichen Nutzung darf nicht außer Acht gelassen werden. Die Nahrungsmittelproduktion sollte immer den Vorrang besitzen.

Biomasse spielt eine sehr wichtige Rolle als „Energiespeicher“ und kann in einem gewissen Maß für die Bereitstellung von Regelenergie herangezogen werden. Besonders flexibel und sind Biogasanlagen. Die Biogasmotoren können in kürzester Zeit angefahren werden. Die Biogasspeicherung in Ballonspeichern stellt eine der günstigsten Formen der Energiespeicherung dar. Aufgrund der meist vorhandenen Synchrongeneratoren kann auch auf einfache Weise eine Blindleistungskompensation im Netz erreicht werden. Dabei können vor allem die naturbedingten Schwankungen der Sonnen- und Windenergie ausgeglichen werden.

- „Energiewald“

Der Ertragswert eines Energiewalds ist rund 20 tatro/ha*a entsprechend ca. 100 MWh/ha*a an Wärme bzw. 30 MWh/ha/a bei Umwandlung in Strom.

Für die Nutzung von Energiewald im großen Stil fehlen in der Steiermark die Flächen. Insbesondere besteht eine Nutzungskonkurrenz zwischen Energieproduktion und Nahrungs- bzw. Futtermittelproduktion.

In einem Energiewald muss eine automatisierte Ernte erfolgen können, dadurch kann die Bewirtschaftung wirtschaftlich sein. Auf den überwiegend steilen Waldflächen in Österreich ist die Nutzung als Energiewald schwierig.

Wird auf einer Fläche Mais zur Produktion von Biogas angebaut, sollte untersucht werden, ob eine Umwandlung in Energiewald einen höheren Energieertrag bringt.

- Agroforst-Kultur

Agroforst-Kultur hätte viele Vorteile, da dadurch der Flächenertrag gesteigert werden kann bzw. Zusatzerträge produziert werden können. Für diese Umstellung in der Bewirtschaftung müsste aber auch ein entsprechendes Umdenken eingeleitet werden.

- Biogene Reststoffe – neue Brennstoffe

Biogene Reststoffe sollten in Zukunft verstärkt als neue Brennstoffe energetisch genutzt werden. Teilweise werden diese bereits energetisch verwertet, beispielsweise in der Lebensmittelindustrie oder in Kläranlagen. Die Nutzung ist noch steigerbar. Größere Potentiale werden auch in der Landwirtschaft, im Nutzpflanzenanbau geordnet. Hier gäbe es auch bestimmte nutzbare Fraktionen wie Maisspindeln, Stroh u.ä.. Nachhaltige Systeme bedeuten aber auch in erster Linie „Nüll-Vermeidung“ und Schließen der natürlichen Stoffkreisläufe.

- Asche-Dünger/Verwendung/Logistik

Bei der energetischen Nutzung von Biomasse ist der Aschekreislauf zu schließen. In den Biomasse-Aschen sind wertvolle mineralische Bestandteile enthalten, welche durch Ganzbaumentnahme dem Wald entzogen werden. Nicht Schwermetallbelastende Aschen z. B. aus der Biomasseverbrennung sollten daher in den Wald zurückgeführt werden. Dies kann entweder direkt in Form von Aschenpellets oder auf dem Wege der Kompostierung erfolgen.

Eine Herausforderung besteht auch in der Logistik der Asche von vielen Kleinanlagen, hier wären mögliche Synergien mit der Brennstofflogistik denkbar.

- Urbanisierung / Raumordnung / Raumordnungsgesetz

Die Urbanisierung der Siedlungsstrukturen ist ein großes Thema. Die Zersiedelung bedeutet hohen Energieverbrauch, etwa ein Drittel der Energie wird für Mobilität benötigt. Auch der innerstädtische Verkehr spielt eine große Rolle, etwa wenn die Wohnung an einem, der Arbeitsplatz hingen an einem anderen Stadtrand liegt. Mit Hilfe einer optimierten City-Logistik könnte im urbanen Bereich vermieden werden, dass Kleingüter mit großen Lieferwagen transportiert bzw. zugestellt werden, wobei der Lieferwagen nahe zu ausschließlich „sich selbst“ transportiert.

In vielen Bereichen fehlt bei der Planung eine übergeordnete Betrachtung. Durch eine solche könnte Effizienz (und Lebensqualität) gewonnen sowie Energie und somit auch viel Geld eingespart werden.

Das Thema Raumordnung ist sehr wichtig. Eine Verlagerung der Kompetenzen von Gemeinden zum Land od. auf Bezirksebene könnte viele Vorteile bieten lokale Interessenskonflikte auf Gemeinde-Ebene vermeiden.

Eine Energieraumplanung wird als nötig erachtet, ein gesamtheitlicher Ansatz sollte gefordert werden. Dadurch kann die Effizienz deutlich gesteigert werden, in jeder Gemeinde ab einer bestimmten Größe würde es sinnvoll sein, wenn ein Energiebeauftragter mit den energetischen Agenden betraut wäre. Diese Agenden sollten weiterhin durch einen Landesenergiebeauftragten koordiniert werden.

Um den Flächenverbrauch durch die Bebauung zu minimieren, sollte auch mehr in die Höhe als in die Fläche gebaut werden.

In der überörtlichen Raumordnung hat ein Umdenken bereits vor einiger Zeit begonnen. Als Problem wird die Kompetenzlage angesehen. Die Energieraumplanung wird zunehmend für wichtig erachtet.

- Abwärmenutzung aus dem Kanalsystem

Nutzbare Abwärmepotentiale sind auch in städtischen Kanalsystemen zu finden, welche mittels Wärmepumpen auf nutzbare Temperaturniveaus gebracht werden könnten.

- Abwärme aus der Industrie

Derzeit werden in der Industrie hauptsächlich Hochtemperatur-Abwärmen rückgewonnen und entweder selbst genutzt, oder in Form von Fernwärme ausgekoppelt. Es besteht seitens der TU-Graz eine Abwärmepotentialstudie, diese ist derzeit allerdings noch nicht öffentlich zugänglich, bzw. ist derzeit noch in Überarbeitung. Es stehen sowohl im Hoch wie auch im Niedertemperaturbereich noch ungenutzte Abwärmemengen zur Verfügung. Vor allem für die Nutzung von Niedertemperaturabwärmen im Bereich von unter 80 °C wären entsprechende wirtschaftliche technische Lösungen interessant. Für die so genannten „Reininghausgründe“ liegt zum Beispiel seitens der Energie Graz ein genehmigtes Projekt zur Nutzung von Niedertemperaturwärme aus der Marienhütte vor, welches für ähnliche Projekte richtungweisend sein kann.

- Sicherheit der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

In Form von Bedrohungskatalogen und Risikoanalysen sind die Bedrohungspotentiale der IKT festzustellen und Maßnahmen für deren Abwendung zu identifizieren und ggf. zu entwickeln. Ziel ist dabei, die Kommunikationspfade dezentraler Systeme sicher zu machen.

- Integrierte Fassaden/Gebäude, energieproduzierende Gebäude

Integrierte Fassaden sind im Themenfeld Smart Cities ein Thema. Eine Kombination von PV, Speicherung in Elektrofahrzeugen sowie der Elektromobilität könnte ein

interessanter Ansatz sein. Insbesondere Modelle wie Urban Boxes sind vielversprechende Anwendungsbereiche für Energieeffizienz und nachhaltiger Mobilität.

In einem Gebäude ist es möglich Energie einzusparen, zu erzeugen sowie auch zu speichern.

Im Zusammenhang mit dem Flächenverbrauch bzw. der Konkurrenz zwischen Solarthermie und PV sind auch Hybridkollektoren denkbar, welche Strom und Wärme erzeugen, sog. PVT-Kollektoren.

Eine interessante Möglichkeit ist auch die Entwicklung funktionaler Fassaden für die Sanierung. Dabei könnte sowohl der Energieverbrauch, als auch der Einsatz von umweltgefährdenden polymerisierten Kunststoffen für die Dämmung verringert werden.

- **Intelligente Stromnetze – Smart Grids**

Neue Geschäftsmodelle im Zusammenwirken von Erzeugern und Kunden sind möglich. Durch ein verbessertes Zusammenwirken von Erzeugung und Verbrauch ließe sich die Effizienz im Gesamtsystem steigern. Hier bedarf es neben technischen Lösungen auch markttaugliche Modelle, sowie die Einbindung der NutzerInnengruppen. Besonders wichtig sind systemübergreifende Lösungen in Bezug auf Strom, Wärme, Gas, Speicherung, Lastmanagement, Verbrauchssteuerung. So genannte „Hybride Netze“ in denen verschiedene Energieformen übertragen, ausgetauscht und gespeichert werden, bieten naturgemäß Vorteile beim Lastmanagement und werden daher in Zukunft zunehmend an Bedeutung gewinnen. „Virtuelle Kraftwerke“ bestehen aus einem regelungstechnischen Verbund mehrerer Einzelkraftwerke. Sie sind in Bezug auf das Lastmanagement in dezentralen Netzen ebenfalls flexibler und können in elektrischen Netzen auch für die Blindleistungsregelung bzw. Spannungsstabilisierung eingesetzt werden.

- **Förderung/Finanzierung/Anreize**

Das Thema Förderung/Finanzierung/Anreize wurde vor allem in Bezug auf offene Fragen auf diesem Gebiet diskutiert:

Wie wäre es möglich Förderschienen für KMUs leichter zugänglich zu machen, um somit auch langfristig Tätigkeiten von KMUs zu sichern? Welche Vereinfachungen der Förderschienen wären dafür nötig?

Wie wäre zukünftig eine zusätzliche Finanzierung bzw. Ausfinanzierung von Projekten möglich? Wer sind potenzielle Investoren bzw. wo könnte man Investorenpools finden, z.B. Crowd Funding?

Welche Anreizsysteme werden benötigt, um Tätigkeiten von Personen zu forcieren, z.B. Solarförderungen, spezielle Förderungen PV? Welche Anreize werden benötigt um ein Umdenken in der Bevölkerung zu schaffen? Welche Ausgleichsmechanismen zwischen fossilen und erneuerbaren Energieträgern könnten auf regionaler Ebene geschaffen werden, wie könnte das „alte System“ das „neue System“ finanzieren?

Bei der Umsetzung der Maßnahmen zur dezentralen Energieversorgung der Steiermark geht es nicht primär um neue Technologien sondern um die Umsetzung der bestehenden Technologien sowie auch um das Zusammenwirken einzelner Technologien. Hybride Systeme bzw. die Kombination mehrerer erneuerbarer Energieträger sind ein wichtiges Forschungsthema. Bei allen Maßnahmen ist auch auf den sparsamen Umgang mit Flächen Rücksicht zu nehmen. Wo immer es möglich ist, sollte in die Höhe gebaut werden.

Die EU-Richtlinien enthalten viele grundlegende Informationen zur Frage der dezentralen Energieversorgung. Die dort angeführten Forderungen sind einzuhalten und können als Ausgangspunkte für weitere Überlegungen bzw. Optimierungen herangezogen werden.

Die genaue Kenntnis der Potenziale, speziell der Energieformen Biomasse, Solarthermie, PV und Wasserkraft, spielt bei der Umsetzung natürlich eine große Rolle. Desgleichen ist die

Energiespeicherung ein sehr wichtiges Thema. Sie ermöglicht das Zusammenwirken von verschiedenen Energietechnologien.

Für die dezentrale Energieversorgung muss immer ein integriertes Gesamtsystems ins Auge gefasst werden. Die einzelnen Technologien sollen nicht getrennt bewertet werden, sondern die möglichen Synergien in einem Gesamtsystem sind zu nutzen.

Eine sehr hohe Bedeutung bei der dezentralen Energieversorgung kommt selbstverständlich auch der Raumordnung zu.

Die dezentrale Energieversorgung darf auch auf keinen Fall isoliert betrachtet werden, sondern sie ist als wichtiger Teil einer gesamten optimierten Energieversorgung darzustellen, wobei auch Einsparungspotenziale zu berücksichtigen sind.

Aus den oben genannten Optimierungsmöglichkeiten und Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung lässt sich zusammenfassend ein Umsetzungsplan für die dezentrale Energieversorgung der Steiermark ableiten, der fünf Maßnahmenpakete mit insgesamt 15 konkreten Umsetzungsmaßnahmen beinhaltet:

Maßnahmenpaket 1: **Politische Rahmenbedingungen**

Maßnahmenpaket 2: **Bewusstseinsbildung**

Maßnahmenpaket 3: **Bereitstellung von Infrastruktur (Smart Grids)**

Maßnahmenpaket 4: **F&E Programme**

Maßnahmenpaket 5: **Förderprogramme, Schaffung von Anreizsystemen**

Maßnahmenpaket 1, „Politische Rahmenbedingungen“ beinhaltet die folgenden wichtigen Umsetzungsmaßnahmen U1 - U3:

Umsetzungsmaßnahme U1: Energieraumplanung

Die Raumplanung sollte in Verbindung mit der Energieplanung erfolgen. Eine solche „Energieraumplanung“ wird dringend als nötig erachtet, ein gesamtheitlicher Ansatz sollte gefordert werden. Nur dadurch kann der Forderungen nach dezentraler Energieversorgung im Sinne des gegenständlichen Masterplans und in weiterer Folge den anderen energie- und umweltpolitischen Zielen bei der Raumplanung Rechnung getragen werden. Eine Verlagerung der Kompetenzen von Gemeinden zum Land oder auf Bezirksebene würde viele Vorteile bieten und lokale Interessenskonflikte auf Gemeindeebene vermeiden. Dadurch könnte die Effizienz deutlich gesteigert werden.

Zuständig: Land Steiermark

Umsetzungszeitraum: Bis 2020

Umsetzungsmaßnahme U2: Regionale Energiebeauftragte

In jeder Gemeinde ab einer bestimmten Größe sollte ein Energiebeauftragter mit den energetischen Agenden betraut wäre. Diese Agenden sollten weiterhin durch einen Landesenergiebeauftragten koordiniert werden.

Zuständig: Land Steiermark, Gemeinden

Umsetzungszeitraum: Bis 2020

Umsetzungsmaßnahme U3: Vereinfachung der Genehmigungsverfahren

Der Zeit- und Kostenaufwand für die Genehmigungsverfahren dezentraler Erzeugungsanlagen ist zu hoch. Teilweise sind bis zu 5 und mehr Verfahren erforderlich. Die Grenze für die UVP Pflicht müsste angehoben werden um die

Hürden für neue Projekte abzusenken. Bestehende „Tabuzonen“ sind zu hinterfragen. Als Vorbild könnte hier der Ausbau der Windenergie im Burgenland dienen.

Verantwortlich: Gesetzgeber in Land und Bund
Umsetzungszeitraum: Bis 2020

Maßnahmenpaket 2, „Bewusstseinsbildung“ beinhaltet die folgenden wichtigen Umsetzungsmaßnahmen U4 und U5

Umsetzungsmaßnahme U4: Bildungsmaßnahmen

Bildungsmaßnahmen sollen die Menschen über die Folgen des Energieverbrauchs aufklären und Alternativen aufzeigen. Dabei ist vor allem auch auf die Umweltwirkung der zunehmend rascheren Stoff- bzw. Güterströme vom Rohstoff über die Erzeugung und den Vertrieb, gefolgt von einer immer kürzer werdenden Nutzungsphase durch den Konsumenten bis hin zum Müll bzw. der Problematik dessen Entsorgung einzugehen, sind doch letztlich alle diese Prozesse mit einem Energieverbrauch verbunden. Bildungsmaßnahmen zum Themenbereich Energie, Umwelt und Konsum sollten sowohl im Bereich der Erwachsenenbildung angeboten als auch verstärkt in das Schulbildungswesen aufgenommen werden. Auch die Vorbildrolle öffentlicher Einrichtungen spielt dabei eine sehr große Rolle, besonders hervorzuheben sind dabei zum Beispiel die geplanten Maßnahmen im medialen Bereich im Rahmen des Luftreinhalteprogramms Graz.

Zuständig: Land Steiermark, Schulbehörden, Bildungseinrichtungen
Umsetzungszeitraum: Ehestmöglich beginnend

Umsetzungsmaßnahme U5: Konfliktprävention, Beteiligungsprozesse

Viele Formen der dezentralen Energienutzung sind bei deren Umsetzung an die Akzeptanz der Bevölkerung gebunden, wobei naturgemäß Interessenskollisionen auftreten. Oft bestehen begründete oder auch unbegründete Ängste vor negativen Einflüssen. Vielfach bestehen Vorbehalte gegen die „wirtschaftliche Ausnutzung“ natürlicher Ressourcen durch Einzelne auf Kosten bzw. zum Schaden der Allgemeinheit. Eine frühzeitige öffentliche Diskussion von geplanten Projekten unter Einbeziehung der Betroffenen sowie der verschiedenen Interessensgruppen in entsprechend modifizierten Beteiligungsprozessen ist daher für die Konfliktprävention bzw. die Akzeptanz von allerhöchster Bedeutung.

Zuständig: Land Steiermark, Gemeinden, Projektträger
Umsetzungszeitraum: Ehestmöglich beginnend

Maßnahmenpaket 3, „Bereitstellung von Infrastruktur (Smart Grids)“ beinhaltet die folgenden wichtigen Umsetzungsmaßnahmen U6 und U7:

Umsetzungsmaßnahme U6: Versorgungssicherheit

Die Versorgungssicherheit der Energiesysteme und die Stabilität der Stromversorgungssysteme dürfen im Zuge einer Dezentralisierung nicht beeinträchtigt werden. Zu den wichtigsten Umsetzungsmaßnahmen hierzu gehört die Einrichtung von „Smart Grids“. Klimaänderung und damit einhergehende Wetterextreme können die Versorgungsinfrastruktur beschädigen. Dies wurde zum Beispiel im Februar 14 bei den katastrophalen Schäden an den elektrischen Versorgungssystemen in Slowenien, verursacht durch Eisregen deutlich. Neben den naturbedingten Herausforderungen sind auch die zeitlichen Diskontinuitäten vor allem der erneuerbaren Energieträger Photovoltaik und Wind zu berücksichtigen. Um die Energieversorgung widerstandsfähiger zu gestalten, bedarf es

daher auch hoher Investitionen in die Stromnetze. Dies kann insbesondere durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien und der Verstärkung und Erweiterung der Netze in der Steiermark gewährleistet werden. Ebenso werden zukünftig entsprechende Speichersysteme notwendig sein, um mögliche Ausfälle zu kompensieren bzw. Überschussenergie aus hochvolatilen Einseisern zu einem späteren Zeitpunkt verfügbar zu machen. Die Herausforderung besteht darin die unterschiedlichen Erzeuger und Speichersysteme über die Strom- und IKT-Netze so zu vernetzen, damit bei Extremsituationen die Versorgung der steirischen Bevölkerung gewährleistet werden kann. Schritte zur Umsetzung:

- Grad der Redundanz entlang der Wertschöpfungskette weiter verbessern;
- Hybridisierung des Systems inklusive Speichertechnologien (Entwicklung)
- Einsatz neuer Technologien zur Schaffung intelligenter Systeme (Smart Grids)
- Inselfähigkeit des Systems durch regionale Netzwiederaufbau- und Betriebskonzepte sicherstellen

Umsetzungsmaßnahme U7: Spannungs- und Frequenzstabilisierung

Für die Erhaltung der Spannungs- und Frequenzstabilität sind entsprechende Maßnahmen wie zum Blindleistungskompensation oder zusätzliche Regeltransformatoren vorzusehen. Der Netzbetrieb soll mit den heute bestehenden Möglichkeiten der Laustflussprognose optimiert werden.

Zuständig: Ministerien, Bund, E-Control Austria, Netzeigentümer
Umsetzungszeitraum: Laufend, den Erfordernissen entsprechend

Maßnahmenpaket 4, „F&E Programme“ beinhaltet die folgenden wichtigen Umsetzungsmaßnahmen U8 - U13:

Umsetzungsmaßnahme U8: PV mit Akkumulatoren

Die technischen Entwicklungen im Bereich der Energiespeicherung und des Lastmanagements sind voranzutreiben. Dies betrifft insbesondere die Entwicklung von elektrischen Speichersystemen – also Akkumulatoren in Verbindung mit Lastflusssteuerungssystemen – für den Einsatz in der PV.

Verantwortlich: Land Steiermark als Fördergeber
Umsetzungszeitraum: Bis 2018

Umsetzungsmaßnahme U9: Langzeitwärmespeicher

Durch die Realisierung von Langzeitwärmespeichern und deren Integration in Fernwärmennetze kann ein erheblicher Beitrag zur verbesserten Nutzung dezentralen Energien geleistet werden.

Verantwortlich: Land Steiermark, Projektträger
Umsetzungszeitraum: Bis 2020

Umsetzungsmaßnahme U10: Biomasse für Regelleistung

Die bessere Ausnutzung von Biomasse bzw. ihre mögliche Rolle als Energiespeicher bzw. Energieträger für Regelleistung ist wahrzunehmen und in entsprechenden Pilotprojekten voranzutreiben.

Verantwortlich: Energieversorger, Betreiber von Biomasseanlagen, Technologie-Lieferanten, Stakeholder
Umsetzungszeitraum: Bis 2020

Umsetzungsmaßnahme U11: Konzepte, Modellstudien

Regionale Konzepte für die dezentrale Energieversorgung unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen, ggf. im Wege von Modellierungen sind zu entwickeln. Hauptaugenmerk liegt auf der Lastflussoptimierung und der Speicherung elektrischer wie auch thermischer Energie in Form von Wärme und Kälte unter Berücksichtigung des dezentralen erneuerbaren Energieaufkommens inkl. von Abwärme.

Zuständig: Land Steiermark, Gemeinden, Energieversorger, Verbraucher
Umsetzungszeitraum: Bis 2020

Umsetzungsmaßnahme U12: Energieeffizienz

Die Energieeffizienz birgt vor allem im Gebäudebereich noch Optimierungspotential, welches erschlossen werden könnte. F&E-Bedarf besteht dabei vor allem im Bereich der Gebäudeplanung, wobei die architektonischen Anforderungen mit jenen der Energieeffizienz stärker verschränkt werden sollten.

Zuständig: Land Steiermark, Bund, Umsetzungszeitraum: Bis 2025

Umsetzungsmaßnahme U13: Umwelttechnologien

Viele der unter dem Begriff „Umwelttechnologien“ verstandenen Technologien sind mit energetischer Umsetzung verbunden. Dazu gehören sowohl die Technologien, die direkt auf die Nutzung erneuerbarer Energien abzielen, zum Beispiel hocheffiziente Verbrennungs- und KWK-Anlagen für verschiedene Brennstoffe, einschließlich aller Arten von Biomasse sowie industrielle Reststoffe, als auch die Technologien zur Energieeinsparung und zur Erhöhung der Energieeffizienz verschiedenster Energienutzungsformen. Die Entwicklungen im Bereich der Umwelttechnologien sind im Sinne der dezentralen Energieversorgung voranzutreiben

Zuständig: Land Steiermark, Bund, Umsetzungszeitraum: Bis 2025

Maßnahmenpaket 5, „Förderprogramme, Schaffung von Anreizssystemen“ beinhaltet die folgenden wichtigen Umsetzungsmaßnahmen U14 und U15:

Umsetzungsmaßnahme U14: Finanzielle Förderung von Maßnahmen im Haushalt, in der Industrie und in den Kommunen

Die finanzielle Förderung von Maßnahmen zur dezentralen Energieversorgung inklusive der Erhöhung der Energieeffizienz bzw. der Verringerung des Energiebedarfs in Haushalten, in Industrie und Gewerbe sowie in Kommunen ist zu verstärken.

Verantwortlich: Land Steiermark
Umsetzungszeitraum: Bis 2020

Umsetzungsmaßnahme U15: Anreize: Wettbewerbe, Preise, Prämierungen, Auszeichnungen

Öffentlichkeitswirksame Anreizaktionen zur Verstärkung des Interesses an dezentraler Energieversorgung und Erhöhung der Energieeffizienz bzw. Verringerung des Energiebedarfs sind verstärkt durchzuführen. Dies betrifft insbesondere Wettbewerbe, Prämierungen, Preise, Auszeichnungen, Ehrungen

und dergleichen. Die Anreizaktionen sollten sich sowohl an die Öffentlichkeit als auch an Kindergärten und Schulen wenden.

Zuständig: Land Steiermark
Umsetzungszeitraum: Bis 2020

In Abbildung 59 sind die Maßnahmenpakete mit den einzelnen Umsetzungsmaßnahmen U1 bis U15 noch einmal übersichtlich zusammengefasst.

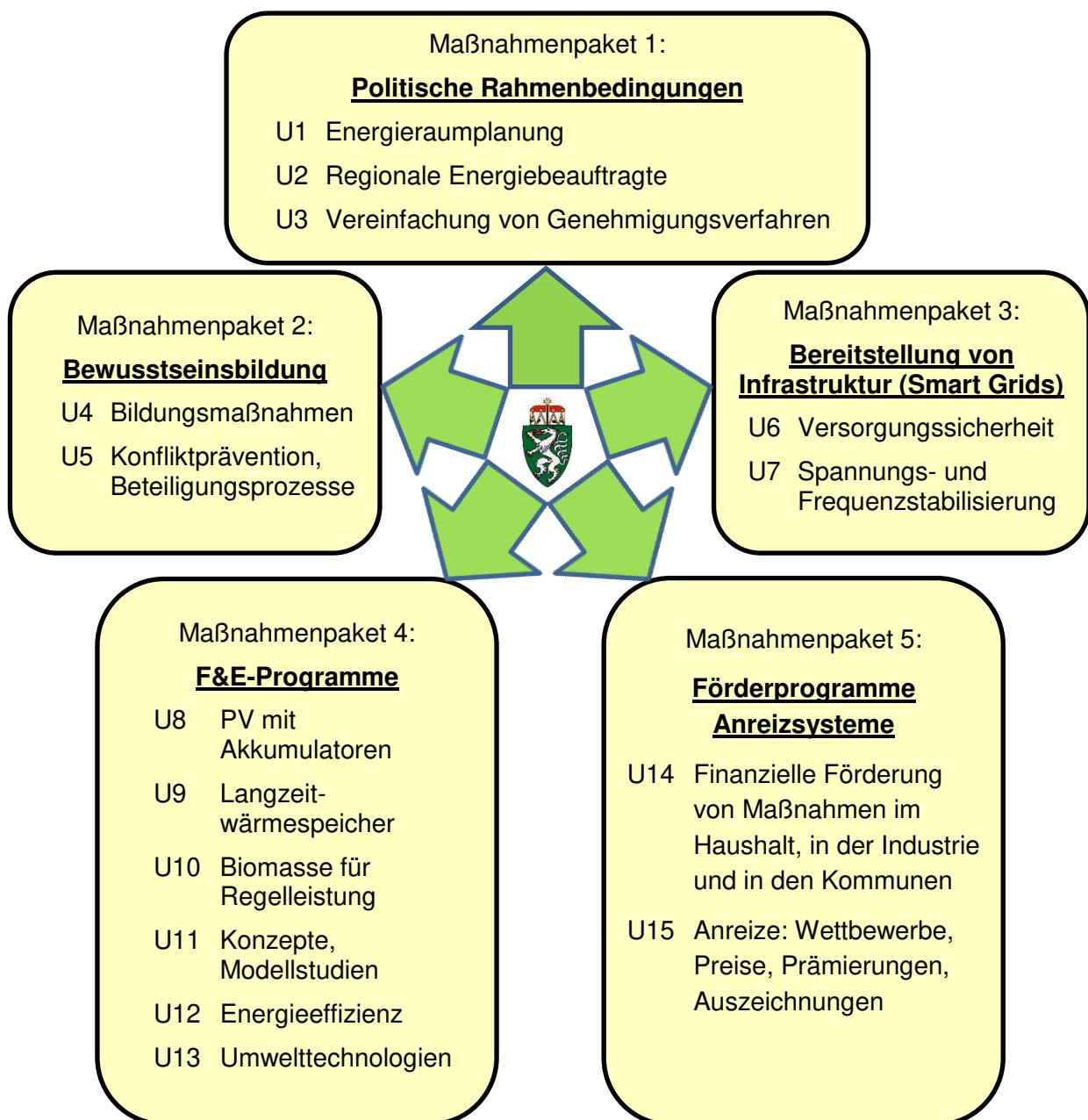


Abbildung 59: Umsetzungsplan Dezentrale Energieversorgung Steiermark

6 Literatur

- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2004): Forschungsstrategie des Landes Steiermark 205 plus,
http://www.forschungsrat.steiermark.at/cms/dokumente/11107742_33997004/7791817f/forschungsstrategie.pdf (Online abgerufen am 31. März 2015)
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2009): Energiestrategie Steiermark 2025,
http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11140577_44162181/23079a27/Energiestrategie_2025_inkl_Vorwort%20FINAL_20100816.pdf, (Online abgerufen am 31. März 2015)
- http://www.forschungsrat.steiermark.at/cms/dokumente/11107742_33997004/7791817f/forschungsstrategie.pdf
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2010a): Landesabfallwirtschaftsplan Steiermark, Beschluss vom 17.5.2010
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2010b): Klimaschutzplan, Beschluss Juli 2010, <http://www.technik.steiermark.at/cms/ziel/67473811/DE/>, (Online abgerufen am 31. März 2015)
- ARIU, T., LEWIS, P. E., GOTO, H., DROMACQUE, C., BRENNAN, S. (2012): Impacts and Lessons from the Fully Liberalized European Electricity Market, Residential Customer Price, Switching and Services, 75S.
- BECKER, A., DREXLER, R., JANSSEN, R., HERMSMEIER, J., EWE (2012): Wo steckt noch Lastverschiebepotenzial?, in: Energy 2.0, Ausg. 2, S.48-51.
- BITZAN, G., SEEBAUER, S. (2012): Smart Metering in Privathaushalten. Umsetzungserfahrungen aus dem Pilotversuch €CO2-Management. In: IEE, Graz University of Technology (Ed.): Proceedings 12. Symposium Energieinnovation.
- BMLFUW (2006): Nationaler Biomasseaktionsplan für Österreich
- BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK (2008): IT-Grundschutz-Standards, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzStandards/ITGrundschutzStandards_node.html, (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)
- BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK (2013): Technische Richtlinie BSI TR-03109, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/SmartMeter/TechnRichtlinie/TR_node.html, (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)
- BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK (2014a): Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2014,
https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht_2014.pdf?blob=publicationFile, (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)
- BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK (2014b): ITGrundschutz-Kataloge 14. Ergänzungslieferung 2014, https://gsb.download.bva.bund.de/BSI/ITGSK/IT-Grundschutz-Kataloge_2014_EL14_DE.pdf, (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)
- BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK (2014c): Protection Profile for the Gateway of a Smart Metering System (Smart Meter Gateway PP),
https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Zertifizierung/ReportePP/pp0073b_pdf.pdf?blob=publicationFile, (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)

BUNDESNETZAGENTUR ENERGIEABTEILUNG (2013): Sicherheitskatalog gem. . 11 Abs.1a EnWG
. Abgerufen von
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/IT_Sicherheit/IT_Sicherheitskatalog.pdf?blob=publicationFile&v=2, (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)

CAPGEMINI (2008) Demand Response: a decisive breakthrough for Europe, 32 S.

CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group (2012): Smart Grid Information Security.
http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/doc/xpert_group1_security.pdf, (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)

COMISSION FOR ENERGY REGULATION (2011): Electricity Smart Metering Customer Behaviour Trials (CBT), Findings Report.

DÜTSCHKE, E., PAETZ, A.-G. (2013): Dynamic electricity pricing—Which programs do consumers prefer?, in: Energy Policy, Ausg. 59, S. 226–234.

E-CONTROL GMBH (2005): Dezentrale Erzeugung in Österreich, <http://www.e-control.at/de/publikationen/publikationen-strom/studien/dezentrale-erzeugung> (Online abgerufen am 31. März 2015)

E-CONTROL GMBH (2014): Risikoanalyse für die Informationssysteme der Elektrizitätswirtschaft,
http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/publikationen/dokumente/pdfs/Projektendbericht_IKT-Risikoanalyse_TLP-Green.pdf (Online; abgerufen am 15. Jänner 2015)

ENBW (2013): Endbericht Teilvorhaben EnBW, E-Energy: MeRegio – Aufbruch zur Minimum-Emission-Regions, 49S.

ENERGIE STEIERMARK (2012): Road Map Wasserkraft, Potentialstudie Steiermark, Endbericht November 2012

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2008): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Spialausschuss und den Ausschuss der Regionen, 20 und 20 bis 2020 Chancen Europas im Klimawandel (Energy Package) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0030&from=EN> (Online abgerufen am 31. März 2015)

EUROPÄISCHER RAT (2009): Richtlinie 2009/72/EG des europäischen Parlaments und des Rates über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt. Amtsblatt der Europäischen Union L 211/55.

EUROPÄISCHER RAT (2012). Richtlinie 2012/27/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Energieeffizienz. Amtsblatt der Europäischen Union L 315/1.

EUROPÄISCHER RAT (2014). Schlussfolgerungen zum Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030. Tagung des Europäischen Rates am 23./24. Oktober 2014.
http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/de/ec/145377.pdf (Online abgerufen am 31. März 2015)

FANG, L. (2010): RFC5920: Security Framework for MPLS and GMPLS Networks. Internet Engineering Task Force. Geschonneck, A., Fritzsche, T., & Weiand, K. (2013). e-Crime Computerkriminalität in der deutschen Wirtschaft mit Kennzahlen für Österreich und Schweiz. KPMG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. Abgerufen von

http://www.kpmg.com/DE/de/Documents/e-Crime_Studie-2013-KPMG.pdf (Online abgerufen am 31. März 2015)

FARUQUI, A., PALMER, J. (2011): Dynamic Pricing and its Discontents, in: Regulation, S. 16-22.

FARUQUI, A., SERGICI, S. (2008): The Power of Experimentation – New Evidence on Residential Demand Response, 39 S.

FARUQUI, A., SERGICI, S. (2010): Household response to dynamic pricing of electricity: a survey of 15 experiments, in: Journal of Regulatory Economics, Ausg. 38, Nr. 2, S. 193-225.

FELBERBAUER et al. (2012): Energiespeicher der Zukunft, Projektbericht JOANNEUM RESEARCH 2012

FINK C. et al. (2008): Solarwärme 2020 Eine Technologie- und Umsetzungsroadmap für Österreich http://www.fabrikderzukunft.at/nw_pdf/20090514_roadmap_solarwaerme_2020.pdf, (Online abgerufen am 31. März 2015)

FLEISSNER, D., HAHNEL, U.J.J., & GÖLZ, S. (2014): Auswirkungen eines zeitvariablen Tarifes auf Verhalten und Einstellungen von Energiekonsumenten, in: Umweltpsychologie, Ausg. 18, Nr. 1, S. 20-41.

GRAZER ZEITUNG (2014): Verlautbarungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung. Ausschreibung ABT15 33.10-1/2011-16, 25. Juli 2014.

GRUBER, A., BIEDERMANN, F., ROON, S., 2014, Regionale Lastmanagement-Potenziale stromintensiver Prozesse, 13. Symposium Energieinnovation, Graz., 2 S.

HECHT, T., LANGER, L., & SMITH, P. (2014): Cybersecurity risk assessment in smart grids. In F. Kupzog (Ed.), Tagungsband ComForEn 2014 (Vol. 77, pp. 39_46). Wien: Österreichischer Verband für Elektrotechnik. Abgerufen von http://energyit.ict.tuwien.ac.at/wp-content/uploads/2014/10/ComForEn_2014_Tagungsband.pdf (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)

HEGEMANN, K.H., HEIN, L., HEINRICH, F., JAGER, P., KUHN, P., PLÖGER, W., ROSE, B., SCHLOMANN, B. (1992): Das Modellvorhaben „Zeitvariabler linearer Stromtarif“ – Abschlussbericht Arbeitsgemeinschaft Tarifstudie Saarland, Stadtwerke Saarbrücken.

HERTER, K., WAYLAND, S. (2010): Residential response to critical-peak pricing of electricity: California evidence, in: Energy, Ausg. 35, S. 1561–1567.

IEEE-USA Energy Policy Committee (2014): National Energy Policy Recommendations. Abgerufen von <https://www.ieeeusa.org/policy/positions/IEEE-USA-NEPR-2014.pdf> (Online abgerufen am 15. Jänner 2015)

IME-VO (2012): Intelligente Messgeräte-Einführungsverordnung 2012. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, ausgegeben am 24.04.2012, 138. Verordnung des BMWFJ.

INTELLIEKON PROJEKTVERBUND (2011): Ergebnisse, Fazits, Interpretationen und Folgerungen aus dem INTELLIEKON Feldversuch, Präsentation, Ergebnisse und Fazits, Freiburg, Frankfurt am Main, Karlsruhe, 33 Folien.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (2003): IEC 60870-5-101 ed2.0: Transmission protocols - Companion standard for basic telecontrol tasks.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (2006): IEC 60870-5-104 ed2.0:
Transmission protocols - Network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (2007): IEC/TS 62351-1 ed1.0:
Communication network and system security _ Introduction to security issues.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2013a): ISO/IEC 27001 - Information security management.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2013b): ISO/IEC TR 27019 -
Information security management guidelines based on ISO/IEC 27002 for process control systems specific to the energy utility industry.

JILEK W. (2013): Vortrag im Rahmen des Stakeholderworkshops des gegenständlichen Projekts am 18. November 2013 in Graz

KALTSCHMITT, M. (2009): Regenerative Energien in Österreich, Vieweg+Teubner

KANDLER, N. (in Vorbereitung): Potentials of Dynamic Pricing for Shifting Electricity Demand Peaks. Data Analysis of a Pilot Test in Selected Austrian Cities. Masterarbeit am Institut für Systemwissenschaften, Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung, Universität Graz.

KÄRKKÄINEN S., IKÄHEIMO, J., KOFOD , C., GIRAUD, D., NORDVIK , H., GRANDE, O.S., (2004): Energy efficiency and load curve impacts of commercial development in competitive markets - Results from the EFFLOCOM Pilots, 137 S.

KIEBLING, A. (2013): Modellstadt Mannheim, Abschlussbericht - Beiträge von moma zur Transformation des Energiesystems für Nachhaltigkeit, Beteiligung, Regionalität und Verbundenheit, S.104-125.

KLOBASA, M. (2007): Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz auf Landesebene unter regelungstechnischen und Kostengesichtspunkten, Diss., ETH Zürich, 221 S.

KLOBASA, M., ERGE, T., BUKVIC-SCHÄFER, A.S., HOLLMANN, M. (2006): Demand Side Management in dezentral geführten Verteilnetzen (Erfahrungen und Perspektiven), in: 11th Kasseler Symposium Energy Systems Technology 2006, S. 115-134.

KOLLMANN, A., AMANN, C., ELBE, C., HEINISCH, V., KRAUSSLER, A., MOSER, S., SCHMAUTZER, E., SCHMIDTHALER, M. (2013): Lastverschiebung in Haushalt, Industrie, Gewerbe und kommunaler Infrastruktur – Potenzialanalyse für Smart Grids – LOADSHIFT, 16 S.

KOORDINIERUNGSSTELLE IT-SICHERHEIT (2013): Normungsroadmap IT Sicherheit. Deutsches Institut für Normung. Abgerufen von http://www.dke.de/de/std/Informationssicherheit/Documents/KITS_NR_IT-Sicherheit-v1%5B1%5D.pdf

KRONBERGER H. (2010), zitiert in <http://www.pressetext.com/news/20100624002?likes=like>, (Online abgerufen am 31. März 2015)

LUTZ, G. (2007): Wärmepumpenaktionsplan für Österreich, http://www.ochsner.com/uploads/media/WP-Aktionsplan_AT_kurz.pdf (Online abgerufen am 31. März 2015)

METSCHINA, C. (2014): Entwicklungen und zukünftige Herausforderungen im Biomassesektor

MINER M. (2011): Dynamic pricing, <http://www.neuralenergy.info/2009/06/dynamic-pricing.html> (Online abgerufen am 31. März 2015)

NABE, C., BEYER, C., BRODERSEN, N., et al. (2009): Einführung von lastvariablen und zeitvariablen Tarifen, 184 S.

ÖROK (2008): Energie und Raumentwicklung, Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger, Salzburg

PILHAR, R., MÖHRING-HÜSER, W., MOROVIC, T. (1997): Kostenorientierte Strompreisbildung – Entwicklung und Test eines lastabhängigen Echtzeit-Tarifs in Eckernförde, Energiestiftung Schleswig-Holstein, Kiel.

PÖYRY (2008): VEÖ Wasserkraftpotenzialstudie Österreich, Wien

Prutsch W. (2015): Wärmeversorgung Graz 2020/30, Vortrag am 27. Jänner 2015 in Graz, Umweltamt Graz
http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.graz.at%2Fcms%2Fdokumente%2F10245743_6247100%2Fe0457a8f%2FDr%2520%2520Prutsch_Fernw%25C3%25A4rme%2520Graz%25202020-2030neues%2520Logo.ppt&ei=uTkbVYKFDcPxUqG7hJAK&usg=AFQjCNG1zbyQWnHJ3DDfXoLL3SJsOorTZQ&sig2=fmQZiWPPbXrEsWAhLeUVbg&bvm=bv.89744112,d.d24
(Online abgerufen am 31. März 2015)

RAW, G., ROSS, D. (2011): Energy Demand Research Project: Final Analysis – Executive Summary, 10S.

REGIO (2010): Regio Energy: Regionale Szenarien erneuerbarer Energiepotenziale in den Jahren 2012/2020, Wien/St. Pölten

SCHAFFNER, B. (2005): Projekt Alpine Windharvest, Schlussbericht, <http://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CDIQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.bfe.admin.ch%2Fphp%2Fmodules%2Fenet%2Fstreamfile.php%3Ffile%3D0000008951.pdf%26name%3D000000250036.pdf&ei=iAEbVd3YMcHhaprYgbAM&usg=AFQjCNHRXNc2MPdCEFse78-1s93TBkwojg&sig2=uyLOVGRZNxsSjHXdhToSnA&bvm=bv.89744112,d.d2s>, (Online abgerufen am 31. März 2015)

SCHLEICH, J., KLOBASA, M., BRUNNER, M., GÖLZ, S., GÖTZ, K., SUNDERER, G. (2011): Smart metering in Germany and Austria – results of providing feedback information in a field trial, 17S.

SCHMAUTZER, E., AIGNER, M., FICKERT, L., ANACA, M.-O. (2011): Leistungseinsparpotentiale elektrischer Haushaltsgeräte durch den koordinierten Einsatz smarter Technologien, 7. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, 9 S.

SCHNITZER, H. (2012): Abwärme potenziale in der steirischen Industrie 2012, erneuerbare energie – Zeitschrift für eine nachhaltige Energiezukunft ee 1-13, S. 36-38

SEEBAUER, S., WOLF, A. (2013): ECO2-Management Sub3 Sozioökonomische Begleitforschung. Wirkung auf Nutzerverhalten. Langfassung. Bericht an den Klima- und Energiefonds, Graz.

SONNENSCHEIN, M., RAPP, B., BREMER, J. (2010): Demand Side Management und Demand Response, in: Handbuch Energiemanagement, Ausg. 30.

STROMBACK, J., Dromacque, C., YASSIN, M.H. (2011): The potential of Smart Meter enabled Programs to Increase Energy and Systems Efficiency, Helsinki, 91 S.

UMWELTBUNDESAMT UBA (2014): Entwurf Klimawandel-Anpassung Steiermark. Präsentation bei der Dialogveranstaltung Die Steiermark im Klimawandel, 30.10.2014, Graz.

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
Leonhardstraße 59
8010 Graz
Tel. +43 316 876-0
Fax +43 316 876-1181
pr@joanneum.at
www.joanneum.at