



Dipl. Ing. Michaela Titz

**Strategien zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen
betreffend den Energiebedarf in der österreichischen Produktion
2030/2050**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der technischen Wissenschaften

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Ao. Univ. Prof. i. R. Dr. Dipl. Ing. Michael Narodoslawsky

Institut für Prozess- und Partikeltechnik

Univ. Prof. Dr. Dipl. Ing. Wolfgang Streicher
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, UIBK

Graz, Februar, 2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Dissertation identisch.

Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen besonderen Dank jenen entgegen bringen, ohne welche diese Dissertation nie zustande gekommen wäre.

Ich möchte mich ganz besonders herzlich bedanken,

...bei Prof. Michael Narodoslawsky für die kompromisslose Hilfe und Unterstützung, als sie am dringendsten nötig war.

...bei Prof. Wolfgang Streicher für die hervorragende Betreuung und den fachlichen Diskurs, in seiner ohnehin sehr raren Zeit.

...bei Priv.Doz. DDr. Human-Friedrich Unterrainer für all die motivierenden, humorvollen Stunden, ohne die es diese Dissertation nicht geben würde.

...beim Institut für Prozess und Partikeltechnik, im Speziellen bei Prof Hans Schnitzer für die Anstellung, welche das Verfassen dieser Arbeit ermöglichte.

...bei Maria Deweis für die mühevollen Arbeit des Korrekturlesens.

...bei allen Projektpartnern in meiner Zeit an der TU Graz, für den wechselseitigen Austausch, welcher essentiell für den Aufbau meiner Expertise war.

...bei meinen Kollegen am Institut für Prozess und Partikeltechnik im speziellen bei Nora, für die gemeinsame Zeit.

...bei Isabell, für die wirklich relevanten Dinge im Leben.

...bei meinen Freunden für all die moralische Unterstützung sowie ihr Verständnis.

...bei Esther und Theres, dafür das ich ein Teil ihres Lebens sein kann.

...bei meinen Eltern, für ganz einfach alles!

Zusammenfassung

In Österreich werden etwa 30 % der benötigten Endenergie für Produktionszwecke verwendet. Dies erfolgt zu 46 % mittels fossiler Energieträger und trägt mit 32 % in 2014 einen beachtlichen Teil zum Treibhausgas-Ausstoß Österreichs bei. Das im Jahr 2005 in Kraft getretene europäische Emissionshandelssystem deckt nur die energieintensiven Produktionsbereiche ab und hat bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht die vereinbarten Reduktionen erzielt. Aufgrund der heterogenen Energiebedarfsstrukturen innerhalb des Sektors wird die Produktion in den nationalen Strategien zu dieser Thematik nur peripher behandelt.

Anhand von Fallstudien lässt sich belegen, dass Reduktionen des Energiebedarfs bis zu 20 % erreicht werden können. Ausgehend von einer Analyse der Energiebedarfsstrukturen des Produktionsbereichs sowie den Energiebilanzen und der Nutzenergieanalyse wird ein Fahrplan zur Treibhausgas-Emissionsreduktion in der Produktion erstellt. Die darin behandelten Maßnahmenbereiche basieren auf den Ergebnissen von selbst bearbeiteten Forschungsprojekten und Auftragsstudien im Bereich Produktion. Der Fahrplan soll Entwicklungsmöglichkeiten zur Erreichung der Treibhausgas-Emissionsreduktionsziele aufzeigen. Im Gegensatz zu anderen Arbeiten in diesem Themenbereich liegt der Fokus primär auf bereits entwickelten technologischen Lösungen. Die Maßnahmen sind in den Bereichen Bedarf und Versorgung angesiedelt und beruhen auf einer ganzheitlichen Betrachtung des Energiesystems im Produktionssektor.

Durch diese Betrachtungsweise zeigte sich, dass nur mittels der hierarchischen Kombination aus Effizienz und erneuerbaren Energieträgern der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Produktion möglich ist.

Schlagwörter:

Energieeffizienz, CO₂-Vermeidung, nachhaltige Energieerzeugung, Treibhausgas-Reduktion, Fahrplan 2050

Abstract

Nearly 30 % of the overall Austrian final energy demand is used for the production of goods. Owing to a share of 46 % fossil fuels in the production sector, the manufacturing contributed a substantial amount of 32% to the Austrian greenhouse gas emissions, in 2014. The most comprehensive tool of the European Union concerning climate change mitigation in the production, the European Emission Trading System (ETS), covers only the energy intensive sectors. Beside all, until now caused reductions by the EU ETS have not met their expectations.

National strategies in this field mainly exclude the production or just casually mention it. Although case studies have shown, that a reduction of 20 % in most companies would be achievable. During this study a roadmap for a development path of the GHG-emission reductions in the Austrian production sector was established. Based on an analysis of the energy demand patterns in the production sector, referring to the energy-balances and useful-energy-analysis, the results of self-conducted projects were reviewed. Contrary to other studies the approach is mainly predicated on already established technologies. The aim is to show, which steps have to be taken to reach the GHG-targets, by still considering a holistic view of the production sector.

It is concluded, that only a combination of energy efficiency measures primarily and subsequently the use of renewable energy sources, will enable the transition to a low carbon production.

Key words:

Energy efficiency, Carbon mitigation, Renewable energy production, Greenhouse gas reduction, Roadmap 2050

Eigene Publikationen mit Bezug zur Dissertation in chronologischer Reihenfolge

- Köppl, A., Kettner, C., Kletzan-Slamanig, D., Schleicher, S., Damm, A., Steininger, K., Wolkingner, B., Schnitzer, H., Titz, M., Artner, H. & Karner, A. (2014). Energy Transition in Austria: Designing Mitigation Wedges. *Energy & Environment* 25(2), 281-304.
- Schnitzer, H., Streicher, W., Steininger, K. W., Titz, M., Berger, T., Brunner, C., Passer, A., Schneider, J., Trimmel, H. & Türk, A. (2014). Klimawandel in Österreich: Vermeidung und Anpassung – Produktion und Gebäude. Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014, S. 979-1024.
- Shahzad, K., Kettl, K.-H., Koller, M., Titz, M., Schnitzer, H. & Narodoslowsky, M. (2013). Comparison of Ecological Footprint for Biobased PHA Production from Animal Residues Utilizing Different Energy Resources, *Clean technologies and environmental policy* 15(3), 525-536.
- Titz, M., Kettl, K.-H., Shahzad, K., Koller, M., Schnitzer, H. & Narodoslowsky, M. (2012). Process Optimization for Efficient Biomediated PHA Production from Animal-Based Waste Streams, *Clean technologies and environmental policy* 14(3), pp. 495–503.
- Titz, M., Schnitzer, H., Kletzan-Slamanig, D., Kettner, C., Köppl, A. & Schleicher, S. (2011). Reformstrategien für den produzierenden Bereich in Österreich – Ein Technology Wedges Approach. IEWT 2011, S. 1–10.
- Titz, M., Schnitzer, H., Muster-Slawitsch, B. & Brunner, C. (2011). Methode und Ergebnisse bei der Bearbeitung des Bereiches Produktion zum Klimaschutzplan Steiermark, Umweltverträgliche Produktion und nachhaltiger Erfolg, S. 110–120, Leoben.
- Titz, M. & Schnitzer, H. (2011). Production in transition – Is it possible to about – face energy supply patterns in the production sector until 2020/2050? Sustainable Intelligent Manufacturing, pp. 187–195.
- Kettl, K.-H., Titz, M., Koller, M., Shahzad, K., Schnitzer, H. & Narodoslowsky, M. (2011). Process design and evaluation of biobased polyhydroxyalkanoates (PHA) production. *Chemical engineering transactions* 25, 983–988.
- Kettl, K.-H., Titz, M., Shahzad, K., Koller, M., Schnitzer, H. & Narodoslowsky, M. (2010). Process Design and Evaluation of Biobased PHA Production. Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction.
- Schnitzer, H. & Titz, M. (2010). Technology Wedges for low Carbon-Strategies in Industry. Energy Options Impact on Regional Security, pp. 109–122.

Forschungsberichte inklusive durchgeführter Tätigkeiten

AEE-intec, BRI, Ainia; Aguiasol, TU Graz; KAPE, Greenfoods – Towards Zero fossil CO₂-emission in the European food & beverage industry. IEE Forschungsprojekt (2013–2015). Zwischenbericht, [WP-Leader: WP3, Mitarbeit an WP 1,2,4,6,7].

Austrian Panel on Climate Change (Hrsg.) (2014). Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014.[Mitwirkung an Band 3 Kapitel 5 Bereich Produktion].

TU Graz im Auftrag des Landes Steiermark, Industrielle Wärme-Kraft-Kopplungen zur Verbindung der Netze Gas/Wärme/Strom/Kälte. Fallstudien in der Steiermark (2013). Endbericht [Koordination und Durchführung der Studie].

TU-Wien, Bioenergy 2020+, TU Graz,AEE-intec: Solar Foods – Solarthermische Branchenkonzepte für die Lebensmittelindustrie. FFG-Forschungsprojekt (2010–2013). Endbericht [WP 3].

TU Graz im Auftrag des Landes Steiermark: Abwärmekataster für die Steirische Industrie (2012). Endbericht [Mitarbeit in allen Bereichen der Studie].

TU Graz im Auftrag des Landes Steiermark: e fuels-Vorstudie Methanproduktion aus Überschussenergie (2012). Endbericht [Alleinverantwortlich für die Studie].

Graz University of Technology, University of Padova, University of Zagreb, KF-University - Institute of Chemistry, Argent Energy Ltd, Termoplast, University of Pisa, Polish Academy of Sciences, Centre of Polymer and Carbon Materials, National Institut of Chemistry, Argus Umweltbiotechnologie GmbH, Ulrike Reistenhofer Ges.m.b.H.: ANIMPOL – Biopolymere aus organischen Reststoffen. FP6 Forschungsprojekt (2010–2012). Endbericht [WP-Leader: WP2, Mitarbeit an WP 5, 4 1, 6].

Uibk Innsbruck, TU Graz, TU Wien, Wegener Center, Landesenergiebeauftragter Tirol: Energieautarkie für Österreich 2050. FFG- Forschungsprojekt (2011). Endbericht [verantwortlich für den Bereich Produktion, Kapitel4.4].

Klimaschutzplan Steiermark – Band Produktion. Im Auftrag der Steirischen Landesregierung (2010). Endbericht [verantwortlich für Bereich Produktion, Band 5].

WIFO, Wegener Center, TU Graz, KWI, Montan Universität: Energy Transition 2012\2020\2050. Strategies for the Transition to Low Energy and Low Emission Structures. FFG-Forschungsprojekt (2009–2011). Endbericht [WP-Leader: WP 3, Mitarbeit an WP 6].

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	i
Danksagung	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract.....	iv
Eigene Publikationen mit Bezug zur Dissertation in chronologischer Reihenfolge	v
Inhaltsverzeichnis	vii
1. Einleitung	1
1.1. Was sind Treibhausgas-Emissionen und woher kommen sie?	2
1.1.1. Kohlenstoffdioxid – das am häufigsten emittierte Treibhausgas	2
1.1.2. Treibhauspotenzial – eine Normierung der Treibhausgase.....	4
1.2. Ziele zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen und deren Bedeutung	4
1.2.1. Europäische Ziele zur Reduktion und Zwischenbilanz.....	5
1.2.2. Österreichische Ziele und Zwischenbilanz	6
1.3. Pfade zur Zielerreichung in Österreich	9
2. Problemstellung der Arbeit	13
Stand der Forschung.....	13
3. Situation der Treibhausgas-Emissionen sowie des Energiebedarfs in der österreichischen Produktion	15
3.1. Emissionsstatistiken, Zurechnungen, Abgrenzungen	15
3.2. Einflussfaktoren auf die Energiebereitstellungs-Strukturen des Produktionsbereichs.....	20
3.2.1. Energiebedarfsstrukturen und deren Analyse	22
3.3. Endenergiebedarf Österreich.....	24
3.3.1.1. Papier und Druck	27
3.3.1.2. Eisen und Stahl	30
3.3.1.3. Steine, Erden und Glas.....	32
3.3.1.4. Chemie und Petrochemie	33
3.3.1.5. Maschinenbau	36
3.3.1.6. Holzverarbeitung	37
4. Methodik zur Erstellung der Studien	40
5. Ansätze sowie Möglichkeiten zur Verringerung der Treibhausgase, verursacht durch den Energiebedarf im Produktionsbereich.....	43
5.1. Energiebedarfsentwicklung in der Produktion.....	43
5.2. Strategische sowie politische Ansätze zur Verringerung des Treibhausgas- Ausstoßes	44

5.2.1. Der „Technology Wedges“-Ansatz nach Pacala und Socolow.....	44
5.2.1.1. „Stabilization Wedges“	46
5.2.1.2. Erweiterung des Ansatzes auf den österreichischen Produktionsbereich	50
5.2.2. Szenarien für die Bereitstellung des Energiebedarfs der österreichischen Produktion im Jahr 2050	72
5.2.3. Strategische Handlungsoptionen zur Treibhausgas-Reduktion für den Produktionssektor des Bundeslandes Steiermark	84
5.2.3.1. Energiebedarf der steirischen Produktion.....	85
5.2.3.2. Maßnahmenbündel.....	88
5.2.3.3. Reduktionen an Treibhausgas-Emissionen und Energie	107
5.2.4. Erhebung und Bewertung der Daten relevanter Produktionssektoren des Bundeslandes Steiermark.....	109
5.2.4.1. Erhebungen in den Betrieben der Steiermark.....	110
5.2.4.2. Bewertung der erhobenen Daten.....	111
5.2.4.3. Potenziale und Kennzahlen der relevanten Sektoren.....	112
6. Fahrplan zur Verringerung der Treibhausgase in der Österreichischen Produktion bis 2050	119
6.1. Langfristige Ziele	119
6.2. Kurz- und mittelfristige Ziele.....	120
6.3. Barrieren, fehlendes Wissen und Technologien.....	121
6.4. Maßnahmenbereiche	123
6.4.1. Bedarf	123
6.4.2. Versorgung.....	127
6.5. Zeitrahmen	130
Instrumente.....	131
7. Diskussion und Analyse der Ergebnisse	133
Literaturverzeichnis	1
Abkürzungsverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis	14
Abbildungsverzeichnis	17
Anhang	20

1. Einleitung

„Ohne eine erfolgreiche europäische Energiepolitik werden alle Konsequenzen des Treibhauseffekts sukzessive eintreten – nicht erst nach Ablauf der vielfach genannten Frist von 2030: Die Überflutung tiefliegender Küstengebiete, die Versalzung von Anbauflächen, Ertragsverringerungen der Landwirtschaft und Wüstenausbreitungen. Dies alles ist in Europa nicht von der Tragweite wie z. B. in vielen Südseestaaten, die es dann nicht mehr gibt.“ (Weinzierl, 1989)

Schlagworte wie Klimawandel, globale Erderwärmung oder Treibhauseffekt sind seit den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in aller Munde. Wurde zunächst nur die Vermeidung des Temperaturanstiegs propagiert, so liegt der Fokus jetzt bereits auf der Anpassung an den Klimawandel (McCarthy, 2001).

Der natürliche Treibhauseffekt ist dafür verantwortlich, dass ein Leben, so wie wir es kennen, auf unserem Planeten überhaupt existieren kann. Die im Laufe des Neoproterozoikum und Paläozoikum entstandene Erdatmosphäre ermöglicht es, dass die mittlere globale Durchschnittstemperatur von 288 K, gegenüber der mit 2,7 K nach Penzias und Wilson angenommenen Temperatur des Weltalls, aufrecht gehalten werden kann (Assis & Neves, 1995; Brune, 2010; Catlin & Claire, 2005). Dieser Effekt wird durch die in der Atmosphäre vorhandenen Treibhausgase verursacht (Schwedt & Schreiber, 1996).

Die oft diskutierte Klimaerwärmung basiert auf der Erhöhung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre. Eine höhere Konzentration der Treibhausgase führt mittelbar zu einer Erhöhung der gespeicherten Energie innerhalb der Atmosphäre, was in weiterer Folge, aufgrund der Erwärmung der Erdoberfläche, die Temperatur innerhalb der Atmosphäre ansteigen lässt. Dieser zusätzliche Effekt – abseits vom natürlichen Treibhauseffekt – wird als anthropogener Treibhauseffekt bezeichnet (Arrhenius, 1896; Schwedt & Schreiber, 1996).

1.1. Was sind Treibhausgas-Emissionen und woher kommen sie?

Als Treibhausgase (THG) bezeichnet man die Gase, welche innerhalb der Atmosphäre verweilen und die einen Effekt hervorrufen, der mit den Abläufen innerhalb eines Glashauses verglichen werden kann. Dabei wird kurzwellige Sonnenstrahlung (Wellenlänge zumeist 500 nm) von der Erdoberfläche absorbiert und zum Teil auch in der Atmosphäre reflektiert. Der in der Atmosphäre absorbierte Anteil wird wiederum abgestrahlt, jedoch erhöht sich dabei, nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz, die Wellenlänge auf zumeist 10.000 nm. Durch die in der Atmosphäre verweilenden Treibhausgase kann diese langwellige Strahlung nicht entweichen, da sie von diesen absorbiert und wiederum abgestrahlt wird. Diese führt zu einer Erhöhung des Widerstandes für die Abstrahlung der langwelligen Strahlung. Dadurch kann ein Teil der Strahlung nicht mehr aus der Atmosphäre und die Temperatur des Erdreichs erhöht sich, bis sich wieder ein Equilibrium von Einstrahlung und Abstrahlung einstellt. (Heinloth, 2013).

Für ca. 80 % des natürlichen Treibhauseffektes ist Wasserdampf verantwortlich (Brune, 2010). Dieser zählt jedoch nicht zu den klassischen anthropogenen Treibhausgasen. Die zusätzliche Menge an Wasserdampf, welche bedingt durch den Temperaturanstieg in der Atmosphäre verweilen kann, verstärkt daher den Erwärmungseffekt noch (Brune, 2010).

1.1.1. Kohlenstoffdioxid – das am häufigsten emittierte Treibhausgas

Kohlenstoffdioxid (CO₂), der Hauptverursacher des anthropogenen Treibhauseffekts, ist ebenso, wenn auch in einer geringeren Konzentration, für den natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich (IPCC, 2007). Da die vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen zum überwiegenden Teil aus fossilen Energieträgern stammen, führt dies zu einer temporären Verschiebung innerhalb des Kohlenstoffkreislaufs der Erde. Der zuvor in Form von fossilen Energieträgern in tiefen Erdschichten gelagerte Kohlenstoff gelangt als CO₂ in die Atmosphäre, siehe Abbildung 1-1. Zur zeitlichen Verschiebung innerhalb des Kreislaufs kommt es aufgrund des Entstehungszeitraums fossiler Energieträger im neogenen Erdzeitalter (Schwedt & Schreiber, 1996).

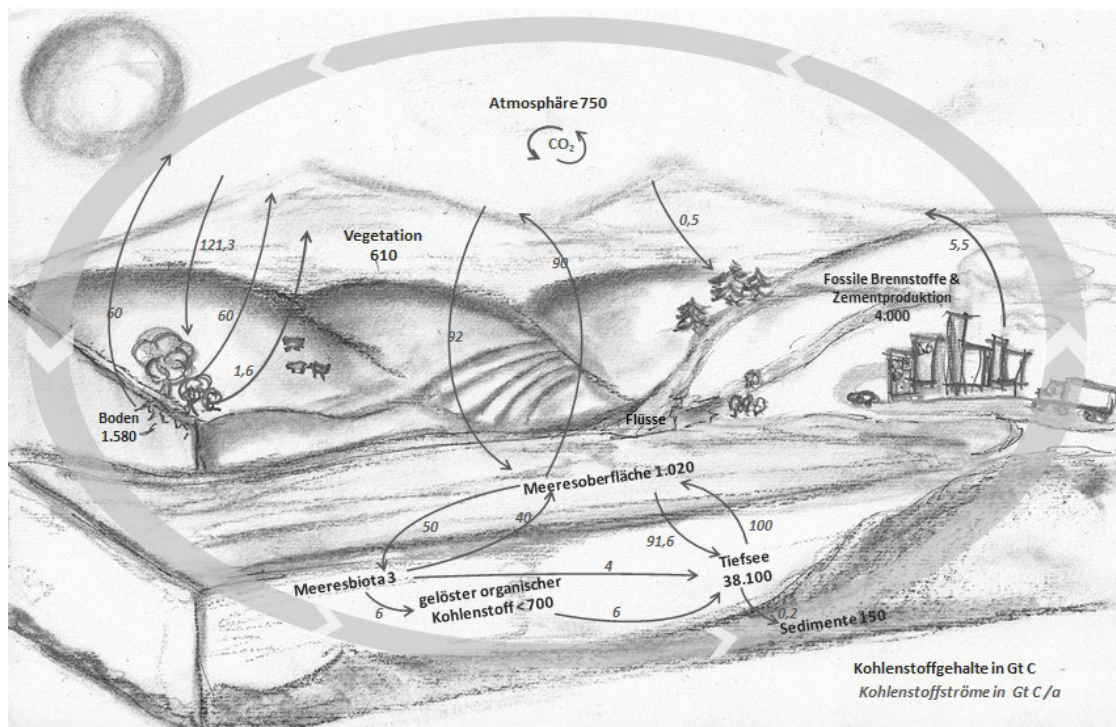
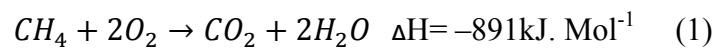


Abbildung 1-1: Eigene Skizze des Kohlenstoffkreislaufs (nach Lorentz, 2007)

CO₂ wird zum überwiegenden Teil als Abgas aus Verbrennungsprozessen emittiert; als Beispiel hierfür ist in Gleichung (1) die Verbrennung von Methan angeführt.



Wie sich anhand dieser Gleichung zeigt, entsteht die thermische Energie durch die exotherme Reaktion von Sauerstoff mit Methan. Thermische Energie kann, abgesehen von ihrem direkten Einsatz, in weitere Energieformen umgewandelt werden. Als Beispiel für eine Umwandlungskette der via Oxidation gewonnenen thermischen Energie kann die Konvertierung thermischer in mechanische und in weiterer Folge elektrische Energie angeführt werden. Bedingt durch die weit verbreitete Nutzung der mittels Oxidation von Kohlenstoffverbindungen gewonnenen thermischen Energie, ist CO₂ das am häufigsten anthropogen emittierte Treibhausgas.

Bei Verbrennung von Biomasse entstehen ebenfalls CO₂-Emissionen. Im Unterschied zu den durch Kohlenstoffverbindungen fossilen Ursprungs verursachten Emissionen werden diese als nicht treibhauswirksam¹ bezeichnet. Da Biomasse im Laufe ihres Wachstumsprozesses CO₂ aus der Atmosphäre entnimmt (IPCC, 2007) fungiert sie als

¹ Diese Bezeichnung bezieht sich nur auf den anthropogen verursachten Treibhauseffekt.

Senke für Treibhausgase. Daraus folgt, dass die bei der Oxidation von Biomasse entstandenen CO₂-Emissionen nur in fester Form zwischengespeichert waren und bei der Verbrennung wiederum in die Atmosphäre entlassen werden.

1.1.2. Treibhauspotenzial – eine Normierung der Treibhausgase

Die Treibhausgase haben unterschiedliche Auswirkungen auf den Treibhauseffekt. Da CO₂ am häufigsten emittiert wird, erfolgte einer Normierung auf dieses Gas in Form von CO₂-Äquivalenten (CO₂e).

Dies bedeutet, dass der Beitrag eines Treibhausgases zur globalen Erwärmung, bezogen auf seine Masse, in äquivalentem CO₂ referenziert wird. Diese mittlere Erwärmungswirkung wird über einen definierten Zeitraum betrachtet, am häufigsten über 100 Jahre (IPCC, 2007).

Anhand eines Beispiels kann dies besser veranschaulicht werden: 1 kg emittiertes Methan verursacht im Zeithorizont von 100 Jahren dieselben Auswirkungen wie 21 kg CO₂.

Im

Anhang ist eine Tabelle mit den häufigsten Treibhausgasen (THG) sowie deren Treibhauspotenzial mit den Zeithorizonten 20, 100 und 500 Jahre angeführt (Climate Change, 1995).

1.2. Ziele zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen und deren Bedeutung

Mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls 1997 verpflichteten sich die im Annex B des Protokolls angeführten industrialisierten Vertragsstaaten², ihre THG-Emissionen um 5,2 % von 2008 bis 2012 gegenüber dem Basisjahr 1990 zu senken (UNFCCC, 2008).

² Annex I-Staaten der Klimarahmenkonvention mit Ausnahme Weißrusslands und der Türkei

Dabei wurden landesspezifische Faktoren, wie z. B. der wirtschaftliche Entwicklungsstand, berücksichtigt. So verpflichtete sich zum Beispiel Japan zu einer Senkung der THG-Emissionen um 6 %, im Gegensatz dazu stabilisiert Neuseeland seine Emissionen nur auf dem Level von 1990 (UNFCCC, 2008). Für Entwicklungs- und Schwellenländer wurden keine Ziele festgelegt. Die USA, der Hauptemittent innerhalb der industrialisierten Staaten, hat das Kyoto-Protokoll nie unterzeichnet.

1.2.1. Europäische Ziele zur Reduktion und Zwischenbilanz

Für die Europäische Union wurde der Begriff „burden sharing“ in das Protokoll mit aufgenommen. Dies bedeutet, dass sich die Staatengemeinschaft als Gesamtheit zu einem Reduktionsziel von – 8 % verpflichtet und die Reduktion der Unionsstaaten sich – bedingt durch wirtschaftliche Faktoren – unterschiedlich verteilt (UNFCCC, 2008). In der ersten Periode übererfüllte die EU mit einer Reduktion von 11,8 %³ zum Basisjahr 1990 ihr Ziel (EEA, 2014).

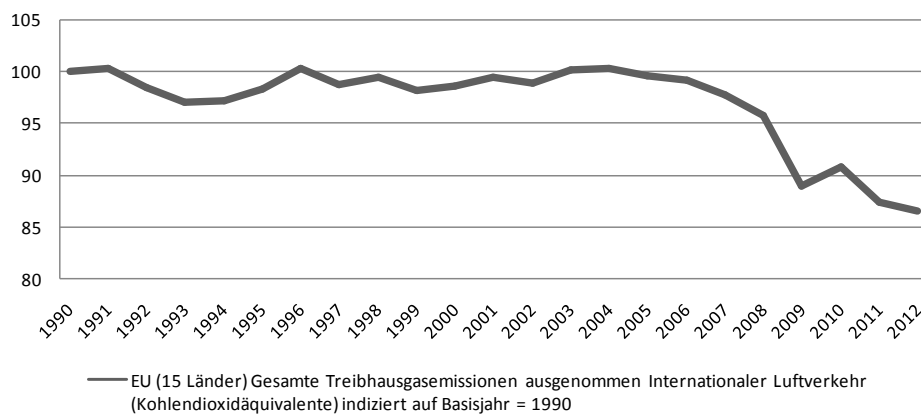


Abbildung 1-2: THG-Emissionen der EU, bezogen auf das Basisjahr 1990, eigene Darstellung, (Eurostat, 2014)

Die Einhaltung der Reduktionsziele ist jedoch teilweise nur auf die Auswirkungen der Wirtschaftsentwicklung zurückzuführen, wie sich anhand der Emissionsdaten in Abbildung 1-2 ab Mitte 2007 zeigt und von Matthes et al. (2009) und Umweltbundesamt (2012) belegt wurde.

³ exkl. Anrechnungen aus flexiblen Mechanismen und LULUCF-Maßnahmen

Als Zeichen für eine geschlossene europäische Klimapolitik wurden im März 2007 die ambitionierten 20/20/20 Ziele gesetzt (KOM(2007) 1). Ihre Ratifizierung erfolgte durch das Klima- und Energiepaket, in welchem die EU-Mitgliedstaaten folgende Ziele vereinbarten:

- Die THG-Emissionen um 20 %, bezogen auf das Basisjahr 1990, zu reduzieren;
- die Energieeffizienz um 20 %, bezogen auf den prognostizierten Endenergiebedarf⁴ 2020, zu steigern und
- einen Anteil von 20 % erneuerbaren Energien vom gesamten Endenergiebedarf im Jahr 2020.

Diese Ziele sollen durch die nationale Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie (Richtlinie 2012/27/EU) und der Erneuerbare Energien Richtlinie (Richtlinie 2009/28/EG) sowie das Europäische Emissionshandelssystem (Richtlinie 2009/29/EG) erreicht werden. Es wurden auch noch weitere Richtlinien, wie z. B. jene zur geologischen Speicherung von CO₂-Emissionen (CCS) erlassen, welche zur Zielerreichung beitragen sollen (Richtlinie 2009/31/EG). Laut der Mitteilung der Europäischen Kommission vom 26.05.2010 wird angestrebt, die THG-Emissionen bis 2020 um 30 % zu reduzieren. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass die Zielerreichung nur unter Einbeziehung der Reduktionen, bedingt durch die flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls, erfolgt (KOM(2010) 265).

Für 2050 wird von der EU eine Treibhausgas-Reduktion um 80–95 %, bezogen auf das Basisjahr 1990, angestrebt. Mit der Einhaltung dieses Zielpfades zur „low-carbon-society“ will die EU ihren Beitrag leisten, um die Erderwärmung auf 2 °C zu limitieren (KOM(2011) 885).

1.2.2. Österreichische Ziele und Zwischenbilanz

Österreichs Zielvorgaben orientieren sich in erster Linie an den innerhalb der EU vereinbarten Zielen. Für die THG-Emissionen bedeutet dies, dass Österreich laut dem Kyoto-Protokoll seine Emissionen von 2008 bis 2012 gegenüber dem Basisjahr 1990 um 13 % reduzieren sollte (UNFCCC, 2008).

⁴ die Berechnung des Endenergiebedarfs erfolgt für jeden Mitgliedstaat laut Anhang I der Energieeffizienzrichtlinie (Richtlinie 2012/27/EU)

Ende 2010 hatte Österreich jedoch seine THG-Emissionen um 8,2 %, bezogen auf 1990, gesteigert. Großteils bedingt durch die wirtschaftliche Situation, schloss Österreich die erste vereinbarte Periode 2012 mit einem Plus von 1,3 % an Emissionen, ausgehend vom Basisjahr 1990, ab (Umweltbundesamt, 2012; EEA, 2014; Köppl & Schleicher, 2014).

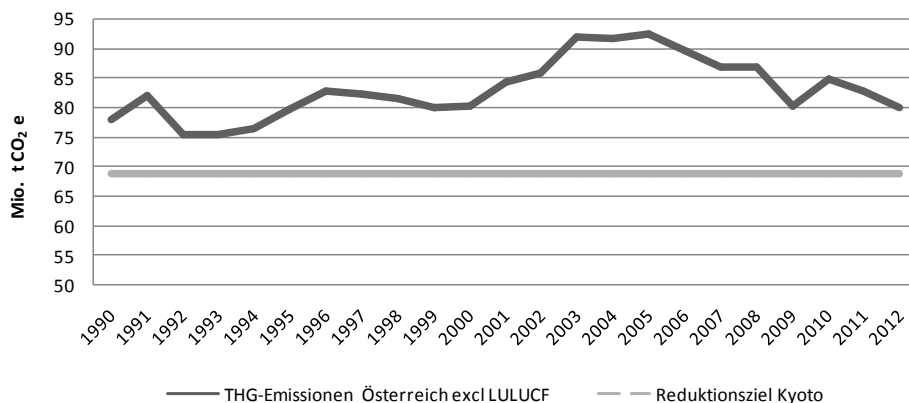


Abbildung 1-3: Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zum Kyoto-Ziel, eigene Darstellung (EEA, 2014)

Abbildung 1-3 zeigt die Entwicklung der österreichischen THG-Emissionen ohne LULUCF-Emissionen von 1990 bis zum Ende der ersten Kyoto- Periode 2012.

Um die vereinbarten THG-Reduktionen erreichen zu können, wurden sektorale Ziele festgelegt. In Abbildung 1-4 sind die Abweichungen vom Kyoto-Ziel für 2011, dem vorletzten Jahr der Periode, nach Sektoren in absoluten Zahlen angeführt.

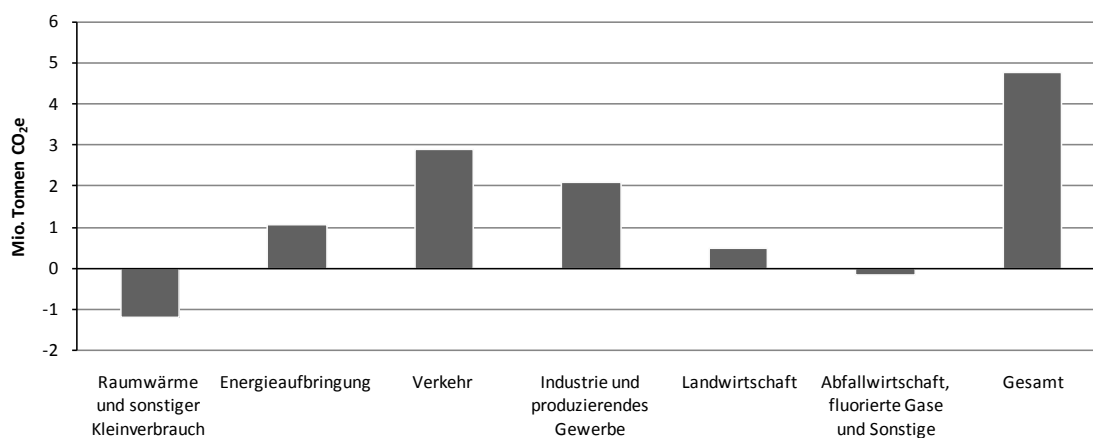


Abbildung 1-4: Abweichung der Sektoren vom Kyoto-Ziel 2011 (Umweltbundesamt, 2013)

Lediglich in den Sektoren Raumwärme und Abfallwirtschaft wurden die sektoralen Ziele erreicht. Zu den Sektoren Industrie und Energieaufbringung muss angemerkt werden, dass es sich hierbei nur um Emissionen aus Anlagen handelt, welche nicht dem Emissionshandelssystem⁵ unterliegen.

Die EU-Ziele für den Anteil an Erneuerbaren wurden ebenfalls auf die Mitgliedstaaten umgelegt. Für Österreich wurde der Anteil an erneuerbaren Energieträgern am Bruttoendenergieverbrauch mit 34 % bis Ende 2020 festgelegt. Diese Entscheidung erfolgte aufgrund des Ausgangswertes von 23,3 % in Jahr 2005 (Richtlinie 2009/28/EG). Im Jahre 2012 stammten bereits 32,2 % des Bruttoendenergieverbrauchs, berechnet nach den Vorgaben der EU Richtlinie 2009/28/EG, aus erneuerbaren Energieträgern. Dies ist bei näherer Betrachtung am ehesten auf den Umstand zurückzuführen, dass die Elektrizitätserzeugung einen Anteil von 65,3 % an erneuerbaren Energieträgern aufweist, welcher zu 84 % historisch bedingt aus Wasserkraft gedeckt wird (Statistik Austria, 2013).

In Bezug auf die europäische Energieeffizienzrichtlinie ist das europaweite Ziel auch für Österreich bindend. Im Jahr 2020 muss die Energieeffizienz um 20 %, bezogen auf den prognostizierten Bedarf im Jahr 2020, gesteigert werden. Im Folgenden sind die gesamtstaatlichen Ziele und Richtwerte aus dem Bundes-Energieeffizienzgesetz (EEffG) angeführt. Das EEffG ist die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie 2012/27/EU.

„§ 4. (1) Ziel der Republik Österreich ist es, die Energieeffizienz derart zu steigern, dass

1. der auf ein Regeljahr bezogene Endenergieverbrauch in Österreich im Jahr 2020 die Höhe von 1 050 Petajoule (Energieeffizienzrichtwert) nicht überschreitet,
2. ein Beitrag für unionsrechtlich verbindliche, über das Jahr 2020 hinausgehende Energieeffizienzziele geleistet wird;
3. ein kumulatives Endenergieeffizienzziel von 310 Petajoule durch gemäß der Richtlinie 2012/27/EU zusätzliche anrechenbare Energieeffizienzmaßnahmen in den Jahren 2014 bis einschließlich 2020, davon 159 Petajoule durch Beiträge der Energielieferanten sowie 151 Petajoule durch strategische Maßnahmen, erreicht wird und
4. bis zum 31. Dezember 2016 österreichweit durch gemäß der Richtlinie 2006/32/EG anrechenbare Maßnahmen von insgesamt mindestens 80,4 Petajoule nachgewiesen werden können.“ (BGBl. I Nr. 72/2014, idF 14.10.2014, § 4)

⁵ flexibler Mechanismus des Kyoto-Protokolls: für jede Tonne emittiertes CO₂e muss ein Zertifikat vorliegen; die Anlagenbetreiber können mit diesen frei handeln, das Kontingent an verfügbaren Zertifikaten wird in jeder Periode reduziert (Richtlinie 2009/29/EG)

In den in Österreich getroffenen Zielvereinbarungen zum Themenbereich Klimawandel werden die Zielpfade bis 2050 zwar des Öfteren berücksichtigt, jedoch wurden bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keine gesetzlich bindenden Ziele erlassen. Es ist anzunehmen, dass die 2050er-Ziele, welche von der EU definiert werden, ebenfalls in österreichisches Recht übergehen werden.

Ebenso wie bei der Umsetzung der europäischen Ziele verhält es sich mit der Umlegung der definierten Ziele innerhalb Österreichs. Diese österreichischen Zielvorgaben werden wiederum auf Bundesländerebene heruntergebrochen und gehen in Landesgesetze über. In der Steiermark wurde im Juli 2010 einstimmig der Klimaschutzplan beschlossen, in welchem die Ziele für erneuerbare Energieträger sowie für die THG-Emissionsreduktionen festgehalten wurden. Es wurde eine Reduktion des THG-Ausstoßes um 16 % gegenüber dem Jahr 2005 sowie eine Ausweitung des Anteils an erneuerbaren Energien auf zumindest 7,5 PJ bis 2020 vereinbart⁶ (Amon et al., 2010)

1.3. Pfade zur Zielerreichung in Österreich

Die rechtliche Grundlage für Entscheidungen, den Klimaschutz betreffend, bildet in Österreich das Klimaschutzgesetz. Es wurde 2011 erlassen und 2013 nach Beendigung der ersten Kyoto-Periode novelliert. Mittels dieses Gesetzes werden die THG-Emissionsobergrenzen der nicht im Emissionshandelssystem (ETS) inkludierten Anlagen und Sektoren festgelegt. Des Weiteren regelt es die Erarbeitung sowie die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen. Im Klimaschutzgesetz wurden Vorgaben für die Sektoren Raumwärme, Verkehr, Abfallwirtschaft, Landwirtschaft, fluorierte Gase sowie Energieaufbringung und Produktion außerhalb des ETS-Sektors definiert (BGBl. I Nr. 106/2011).

Innerhalb des Emissionshandelssystems sollen sich die THG-Emissionen durch eine Verknappung der Zertifikate regulieren (Richtlinie 2009/29/EG). Die dem Emissionshandel zugeteilten Anlagen für die Periode 2013–2020 sind in Anhang 3 des Emissionszertifikatgesetzes (EZG) angeführt (BGBl. I Nr. 118/2011): Diese Anlagen sowie deren THG-Emissionen werden aufgrund des flexiblen Mechanismus des Kyoto-Protokolls in

⁶ Aufgrund der Novelle zum Klimaschutzgesetz vom 17. Juni 2013 (BGBl. I Nr. 94/2013) müssen diese Ziele jedoch nochmals angepasst werden.

den meisten Ansätzen zur THG-Reduktion vernachlässigt. Bereits im Jahr 2009 wurde die Energiestrategie Österreich entwickelt; diese soll die Richtung für künftige Maßnahmen vorgeben (BMWFJ, 2009). Sie basiert auf einem 3 Säulen-Modell:

1. Steigerung der Energieeffizienz in allen relevanten Sektoren
2. Ausbau der erneuerbaren Energieträger
3. Langfristige Gewährleistung der Energieversorgung

Im Entstehungsprozess der Energiestrategie wurde ein Maßnahmenkatalog mit 327 Maßnahmen erarbeitet. Lediglich 23 davon (siehe

Anhang) betreffen dezidiert Maßnahmen im Produktionssektor.

Weiterführend zur Energiestrategie wurde 2010 der nationale Aktionsplan für erneuerbare Energie (NREAP)⁷ erstellt (BMWFJ, 2010). Darin wurden alle Maßnahmen und Strategien, welche die Erreichung eines Anteils von 34 % erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch gewährleisten sollen, zusammengestellt. Basierend auf dem Energieszenario des Wirtschaftsförderungsinstituts (WIFO) wurden die erzielbaren Effizienzsteigerungen bis 2020 berücksichtigt. In dem von der Europäischen Kommission am 30.06.2009 für den Aktionsplan vorgegebenen Template werden die Sektoren lediglich in Wärme + Kälte, Elektrizität und Verkehr unterteilt. Er beinhaltet nur zwei Maßnahmen (siehe

Anhang), die dezidiert den Produktionssektor betreffen, jedoch wurden im Erstellungsprozess die speziellen Anforderungen des Produktionsbereichs berücksichtigt.

Im Speziellen wird auch die Umweltförderung im Inland (UFI) darin aufgegriffen. Ausgehend vom Umweltförderungsgesetz (BGBI. Nr. 185/1993) ist sie das zentrale Instru-

⁷Die Erstellung dieses Aktionsplans ist eine verpflichtende Maßnahme der Richtlinie 2009/28/EG.

ment zur Finanzierung von Maßnahmen zum Schutz der Umwelt. Im Jahr 2010 wurden Investitionen, erneuerbare Energieträger betreffend, mit einem Förderbarwert von 48,6 Mio. € forciert, das umweltrelevante Investitionsvolumen betrug 298,2 Mio. € (Lebensministerium, 2011).

Per Definition werden durch die UFI Vorhaben, welche durch Vermeidung oder Verringerung von Belastungen in Form von Luftverunreinigung, klimarelevanten Gasen, Lärm und Abfällen zum Schutz der Umwelt beitragen, gefördert.

Im Jahr 2010 wurden 93 % der Fördergelder für klimarelevante Maßnahmen verwendet. 21 % der bewilligten Projekte entfielen auf den Förderschwerpunkt Biomasse, 15 % auf Solaranlagen und 13 % auf betriebliche Energiesparmaßnahmen. Dadurch wurde eine jährliche Reduktion von etwa 360.000 t CO₂e realisiert, welche zu einer absoluten Einsparung⁸ von beinahe 7 Mio. t CO₂e führte (Lebensministerium, 2011).

Die Förderungen für betriebliche Energiesparmaßnahmen werden durch das nationale Energieeffizienzpaket des Bundes (BGBl. I Nr. 72/2014) definiert. 2011 wurde bereits der zweite nationale Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich erstellt (AEA, 2011). Er soll die Erreichung der Zielvorgaben in der Energieeffizienzrichtlinie (Richtlinie 2012/27/EU) gewährleisten. In dem Plan werden jedoch nur kleine und mittlere Unternehmen (KMU) berücksichtigt. Verpflichtende Maßnahmen für große Unternehmen⁹ sind direkt im § 9 des Energieeffizienzpakets festgehalten:

„§ 9. (Verfassungsbestimmung) (1) Unternehmen in Österreich haben für die Jahre 2015 bis 2020, abhängig von ihrer Größe, Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz gemäß Abs. 2 zu setzen, zu dokumentieren und der Monitoringstelle zu melden.

(2) Große Unternehmen haben

1. entweder

a) in regelmäßigen Abständen, zumindest alle vier Jahre, ein externes Energieaudit gemäß §17 und §18 durchzuführen

b) oder

aa) ein zertifiziertes Energiemanagementsystem in Übereinstimmung mit der Norm EN16001 oder der ISO50001 oder entsprechenden Nachfolgenormen oder

bb) ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem gemäß ISO 14000 oder entsprechenden Nachfolgenormen oder gemäß Art.13 der Verordnung (EG) Nr.1221/2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem

⁸ bezogen auf die technische Lebensdauer

⁹ Unternehmen ab 50 Beschäftigten und mit einem Umsatz über 10 Mio. € oder einer Bilanzsumme über 10 Mio. €

Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung oder

- cc) ein einem Energiemanagement- oder Umweltmanagementsystem gleichwertiges, innerstaatlich anerkanntes Managementsystem einzuführen, das auch ein regelmäßiges internes oder externes Energieaudit gemäß § 17 und § 18 umfassen muss. Die Einführung des Managementsystems ist zu dokumentieren und aufrechtzuerhalten;*
- 2. den Anwendungsbereich und die Grenzen ihres Managementsystems festzulegen und zu dokumentieren oder die Durchführung und Ergebnisse des Energieaudits zu dokumentieren;*
 - 3. die Einführung des Managementsystems oder die Durchführung des Energieaudits, deren Inhalte und gewonnenen Erkenntnisse unverzüglich der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle zu melden oder melden zu lassen“ (BGBI. I Nr. 72/2014, idF 14.10.2014, § 9).*

Da das Energieeffizienzpaket erst 2014 in Kraft trat, kann der bereits zweite Fortschrittsbericht 2012 über die Entwicklung der Energieeffizienz in Österreich nicht als aussagekräftig bezeichnet werden. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts fielen Betriebe, welche im Emissionshandel erfasst sind, nicht unter die Berichtspflicht in Sinne der EU-Richtlinie 2006/32/EG (Energieeffizienz-Monitoringstelle, 2012).

Auf Bundesländerebene werden Effizienzmaßnahmen im Rahmen der Klimaschutzpläne berücksichtigt. Jedoch sind Maßnahmen oder Förderungen, wenn überhaupt, nur für KMU definiert. Für die Steiermark wurde 2010 ein Klimaschutzplan entwickelt. Im Rahmen der Erstellung wurden zwar ebenfalls die Bereiche Produktion sowie Energiebereitstellung untersucht und deren Potenziale für THG-Reduktionen errechnet, jedoch wurden diese Sektoren von der Zielsetzung explizit ausgenommen. Begründet wurde dies wiederum mit der Teilnahme der meisten Betriebe am Emissionshandelssystem.

2. Problemstellung der Arbeit

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, prospektiv eine mögliche Reduktion der Treibhausgas-Emissionen im Produktionsbereich zu ermitteln. Der Fokus liegt dabei auf einer angestrebten Stabilisierung der THG-Emissionen des Produktionsbereichs im Jahr 2050 auf – 80 % des Basisjahrs 1990. Des Weiteren soll aufgezeigt werden, welche Wege zur Emissionsreduktion im Produktionsbereich in Österreich beschritten werden können. Anhand der Ergebnisse von vier durchgeführten Studien wird ein Fahrplan zur Zielerreichung im Jahr 2050 erstellt. Die möglichen Entwicklungspfade zur Zielerreichung basieren auf den Ergebnissen der eigenen Studien. Der Fokus liegt dabei in erster Linie auf bereits entwickelten Technologien. Der Beitrag von F&E-Aktivitäten wird nur marginal berücksichtigt.

Letztlich wird auch untersucht, ob zur THG-Reduktionszielerreichung die Entwicklung neuer Technologien abgewartet werden muss, oder ob bisher bestehende Technologien effizienter eingesetzt werden können. Dazu werden notwendige Umstrukturierungen des Energiesystems untersucht und deren Möglichkeiten und Grenzen aufgezeigt.

Stand der Forschung

Neben den im Zuge dieser Dissertation bearbeiteten Studien wurden die österreichischen Handlungspfade zur Treibhausgas-Reduktion im Jahr 2050 auch noch in mehreren anderen Publikationen behandelt. Im Jahr 2011 wurde eine Studie vom Institut für höhere Studien erstellt mit dem Namen Energie [R]evolution Österreich 2050 (Bliem et al, 2011). Des Weiteren wurde 2011 der Bericht ZEFÖ veröffentlicht, welcher eine verwandte Zielsetzung aufweist (Christian et al., 2011).

Alle angeführten Studien beinhalten auch Betrachtungen des Produktionsbereichs; jedoch liegt deren Fokus zum überwiegenden Teil auf dem Gesamtsystem, weshalb der Produktionsbereich nicht im Detaillierungsgrad der vorliegenden Dissertation untersucht wurde.

Auf sektoraler Ebene sowie Prozessebene wurden viele Studien betreffend verschiedenste Sektoren des österreichischen Produktionsbereichs mit dem Fokus auf die Energieeinsparung und Optimierung einzelner relevanter Subprozesse, wie z. B. Solarfoods, durchgeführt (Hummel et al, 2013).

Im Kontext internationaler Studien zeigt sich ein anderes Bild. Von der IEA wurde 2009 der Bericht *Energy Technology Transitions for Industry* veröffentlicht. Dieser behandelt jedoch die EU in ihrer Gesamtheit und geht weder auf Mitgliedsländer noch auf deren spezifische Umstände im Detail ein (IEA, 2009).

Bei genauerer Betrachtung zielen auch die österreichischen Treibhausgas-Szenarien, welche biennial unter der Monitoring Mechanism Regulation (MMR) laut der EU Verordnung Nr. 525/2013 berichtet werden müssen, zum Teil auf diesen Themenbereich ab. Ausgehend von den österreichischen Energieszenarien wird der Treibhausgas-Ausstoß¹⁰ aller Sektoren bis zum Jahr 2030 verpflichtend (bis 2050 auf freiwilliger Basis) prognostiziert. Die Maßnahmen, welche zur Zielerreichung beitragen, werden jedoch nur in reduzierter Form öffentlich publiziert (Umweltbundesamt, 2016).

Der zukünftige Forschungsbedarf, im Speziellen in den energieintensiven Produktionsbereichen in Österreich, wurde mit dem F&E-Fahrplan-Energieeffizienz in der energieintensiven Industrie zum Teil bereits diskutiert (Moser, Leitner & Steinmüller, 2014). Die Intention dieser Roadmap war jedoch in erster Linie die Energieeinsparung und nicht die Treibhausgasreduktion.

¹⁰Es werden die energetisch bedingten THG-Emissionen, wie z. B. Methan in der Landwirtschaft, berücksichtigt.

3. Situation der Treibhausgas-Emissionen sowie des Energiebedarfs in der österreichischen Produktion

Wie bereits erwähnt, entsteht der überwiegende Teil der anthropogenen Treibhausgas-Emissionen¹¹ durch die energetische Nutzung fossiler Energieträger. Aufgrund dieses Umstands hat das Energiesystem unmittelbaren Einfluss auf den THG-Ausstoß. Zum einen erfolgt dies durch die direkten vor Ort entstanden Emissionen aufgrund der Umwandlung von Primärenergieträgern fossilen Ursprungs. Zum anderen durch die Nutzung von Sekundärenergieträgern, welche der Umwandlung fossiler Energieträger entstammen. Der für unser Energiesystem relevanteste Sekundärenergieträger ist die elektrische Energie, sprich Strom. Strom ist ein leitungsgebundener Energieträger, der an beliebigen Punkten dem Netz entnommen und eingespeist werden kann. In Hinblick auf die Ermittlung der THG-Emissionen muss aus diesem Grund ein spezifizierter Emissionsfaktor herangezogen werden. Dieser Emissionsfaktor wird vereinfacht anhand der unten angeführten Formel (2) berechnet.

$$Emissionsfaktor_{el} = \frac{[\sum Emissionen_{el\ inland} + Emissionsfaktor_{el\ Import} \times \sum Energiebedarf_{el\ Import}]}{Energiebedarf_{el\ gesamt}} \quad (2)$$

Die Emissionsberechnung der vor Ort umgewandelten Energieträger – die physikalischen Emissionen – erfolgt über eine Bilanzierung oder ebenfalls mittels Emissionsfaktoren. Jedoch ist deren Ermittlung bei weitem einfacher, da der Umwandlungsschritt vor Ort stattfindet und die Menge des Energieträgers direkt gemessen werden kann. Oftmals werden die Emissionsfaktoren des IPCC herangezogen, um diese Emissionen zu bilanzieren.

3.1. Emissionsstatistiken, Zurechnungen, Abgrenzungen

Mit dem Unterzeichnen des Kyoto-Protokolls verpflichtete sich Österreich, jährlich seine Treibhausgase im Rahmen einer Luftschadstoffbilanz zu inventarisieren. Dies unterliegt der Berichtspflicht gegenüber den UNFCCC, der EU sowie anderer Konventionen

¹¹ als Beispiel für nicht energetisch bedingte THG-Emissionen können die CH₄ Emissionen aus Depo-nien, diese sind biogenen Ursprungs, aber von Relevanz, weil sie aufgrund anaerober Verhältnisse als CH₄ anfallen

(z. B. Aarhus Protokoll). In diesen jährlichen Emissionsbilanzen (Annual Emission Inventory) werden die Parameter CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC und SF₆ sowie SO₂, NO_x, NMVOC¹², CO sowie diverse andere Luftschadstoffe (z. B. POPs¹³) auf sektoraler Ebene erfasst und in weiterer Folge auch auf die Bundesländer disaggregiert. Die Erhebung der Treibhausgase erfolgt laut der EU Verordnung Nr. 525/2013. Als Grundlagen für die Erstellung dienen die österreichischen Energiebilanzen, Modelle des österreichischen Gebäudebestands und des Verkehrsaufkommens, Aufzeichnungen der ETS-Anlagen sowie Berechnungen, basierend auf Informationen der Anlagenbetreiber.

Die Zuordnungskriterien innerhalb der Richtlinie zur Erstellung der THG-Bilanzen stimmen jedoch nicht mit der Aufteilung innerhalb den österreichischen Energiebilanz überein.

Aus diesem Grund ist zu berücksichtigen, dass die Berechnungen dieser Arbeit auf den Energiebilanzen der Statistik Austria basieren. Diese Entscheidung wurde getroffen, da die öffentlich zugänglichen Energiedaten der Statistik Austria für den Produktionsbereich ein hohes Maß an Detaillierungsgrad aufweisen. Um sicherzustellen, dass dennoch keine Bilanzierungsfehler durch das Verwenden dieser Daten entstehen, wurden die THG-Emissionen anhand der Energiedaten der Statistik Austria und gemittelter THG-Emissionsfaktoren berechnet. Die Abweichung von der Emissionsinventur lag unter 5 %.

Energiebilanzen Österreich

Die Bilanz des energetischen Endverbrauchs (EEA) für Österreich ist online unter www.statistik.at abrufbar. Der jährliche Verbrauch ist darin nach Energieträgern sowie Sektoren in Zeitreihen seit 1970 dokumentiert. Die Statistik ist eine Hochrechnung, welche auf den Daten einer direkten Erhebung in Anlagen und Betrieben sowie dem Energieaufkommen innerhalb Österreichs basiert.

In

Tabelle 1 sind die Sektoren der EEA angeführt. Diese Sektoren sind weder mit den international standardisierten NACE-Kategorien konform, noch mit der darauf basierenden ÖNACE-Klassifizierung (Eurostat – Referat 02.2008).

¹² Non Methan Volatile Organic Components

¹³ Persistente organische Schadstoffe

Tabelle 1: Sektoren der österreichischen Energiebilanzen EEA (Statistik Austria, 2009e)

Produzierender Bereich	Verkehr	Sonstige
Eisen- und Stahlerzeugung	Eisenbahn	Landwirtschaft
Chemie und Petrochemie	Sonstiger Landverkehr	Private Haushalte
Tabak, Nahrungs- und Genussmittel	Transport in Rohrfernleitungen	Öffentliche und Private Dienstleistungen
Nicht Eisen Metalle	Binnenschifffahrt	
Steine und Erden, Glas	Flugverkehr	
Fahrzeugbau		
Maschinenbau		
Bergbau		
Papier und Druck		
Holzverarbeitung		
Bau		
Textil und Leder		
Sonst. Produzierender Bereich		

Die Sektoren wurden, basierend auf den NACE-Kategorien, für die EEA zusammengefasst (Statistik Austria, 2009e). Mit den Energieträgern verhält es sich anders: Die in der Bilanz erfassten Energieträger sind in Tabelle 2 angeführt. Seit 2005 werden die Bilanzen Berichtspflicht-konform im Rahmen der Erneuerbare Energien Richtlinie (Richtlinie 2009/28/EG) erstellt. Des Weiteren werden die EEA-Bilanzen nach dem europaweit standardisierten Handbuch der Eurostat erstellt (OECD & IEA, 2005).

In vereinfachter Form sind die Energiebilanzen aller europäischen Länder unter epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/ abrufbar. Die in staatlichen Statistiken enthaltenen Informationen erlauben keinerlei Rückschlüsse auf einzelne Unternehmen. Aufgrund dieser Anonymisierung sind die öffentlichen Statistiken für Österreich nur für die in

Tabelle 1 angeführten Sektoren unterteilt, erhältlich.

Diese sektorale Verteilung findet sich auch in einer weiterführenden Statistik wieder – dem Energetischen Endverbrauch nach Nutzenergiekategorien, kurz Nutzenergieanalyse (NEA) genannt. Sie gibt Aufschluss darüber, in welchen Kategorien der energetische Endverbrauch anfällt. Es ist anzumerken, dass nur der energetische Endverbrauch Ge-

genstand der Betrachtung ist und nicht die Nutzenergie¹⁴. Für die Erstellung der NEA werden als Stichproben Betriebe der ÖNACE 2008 Klassen B bis F mit drei oder mehr Beschäftigten befragt (Statistik Austria, 2013a).

Tabelle 2: Energieträgeraufteilung laut der österreichischen Energiebilanzen EEA (Statistik Austria, 2009e)

Primärenergieträger	Abgeleitete Energieträger
Fossile Energieträger	Elektrische Energie
Steinkohle	Fernwärme
Braunkohle	Braunkohlebriketts
Brenntorf	Koks
Erdöl	Sonstiger Raffinerieeinsatz
Naturgas	Benzin
Erneuerbare Energieträger	Leucht- und Flugpetroleum
Brennholz	Dieselmotortreibstoff
Hackschnitzel ¹ , Sägenebenprodukte ¹	Gasöl für Heizzwecke
Waldhackgut ¹ , Rinde ¹ , Stroh ¹	Heizöl
Ablauge der Papierindustrie ¹	Flüssiggas
Biogas ¹ , Klärgas ¹ , Deponiegas ¹	Sonstige Produkte der Erdölverarbeitung
Klärschlamm ¹ , Rapsmethylester ¹	Raffinerierestgas
Tiermehl und -fett ¹	Gichtgas
Energie aus Wärmepumpen ²	Kokereigas
Geothermische Energie ²	¹ ausgewiesen unter Biogenen Brenn- und Treibstoffen
Solarwärme ² , Solarstrom ⁴	² ausgewiesen unter Umgebungswärme
Windkraft ⁴	³ ausgewiesen unter Brennbarren Abfällen.
Wasserkraft	⁴ ausgewiesen unter Wind und Photovoltaik
Müll ³ , Sonstige Abfälle ³	

Tabelle 3 zeigt die in der NEA angeführten Nutzenergiekategorien und Energieträger. Nach Sektoren und in Nutzenergiekategorien aufgesplittet, geben die Energieträger Aufschluss darüber, wie CO₂-intensiv die relevanten Anwendungen sind. Ferner erlaubt diese Statistik Rückschlüsse auf die energieintensiven Prozesse.

¹⁴jene Energie, welche der Endnutzer direkt nutzt. Als Beispiel hierfür können Wärme, Licht oder Kälte angeführt werden. Der Nutzenergieanteil ist geringer als die Endenergie, da es zu Übertragungs- und Umwandlungsverlusten kommt

Tabelle 3: Nutzenergiekategorien und Energieträger NEA (Statistik Austria, 2013)

Nutzenergiekategorien	Energieträger
Raumheizung und Klimaanlage mit den Subkategorien	Steinkohle
• Raumheizung	Braunkohle
• Klimaanlage	Koks
• Warmwasserbereitung und Kochwärme	Petrolkoks
Dampferzeugung	Heizöl
Industrieöfen	Gasöl für Heizzwecke
mit den Subkategorien	Diesel
• Industrieöfen	Benzin
• Trocknung	Petroleum
Standmotoren	Flüssiggas
mit den Subkategorien	Naturgas
• Standmotoren	Elektrische Energie
• Kühlung	Fernwärme
• Sonstige Zwecke	Brennholz
Transport	Biogene Brenn- und Treibstoffe
Beleuchtung und EDV	Brennbare Abfälle
Elektrochemische Zwecke	Umgebungswärme etc.
	Gichtgas
	Kokereigas
	Brenntorf

Österreichische Emissionsinventur

Wie bereits erwähnt, muss Österreich seinen Berichtspflichten gegenüber der UNFCCC und der Europäischen Union jährlich nachkommen. Die gesetzliche Grundlage für diese Pflichten bildet das Umweltkontrollgesetz (BGBl. Nr. 185/1993). Die Erhebung sowie Verwertung nach den internationalen Richtlinien und die Publikation in den geforderten Formaten werden vom Umweltbundesamt durchgeführt. Im Rahmen der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur (OLI) werden die Treibhausgase sowie Luftschadstoffe erhoben, welche die Grundlage für alle weiteren Berichtspflichten bildet. Die Methodik, welche das Umweltbundesamt dabei anwendet, entspricht den einschlägigen Richtlinien des IPCC sowie des EMEP/CORINAIR Handbuches der Europäischen Umweltagentur (Umweltbundesamt, 2014). Abbildung 3-1 zeigt die Treibhausgas-Emissionen Österreichs von 1990 bis 2012. Anhand der Darstellung in CO₂-Äquivalenten sticht sofort ins Auge, welche geringen Beiträge die Nicht-Kohlenstoffdioxid THG-Emissionen leisten. Aufgrund des Trends zu Energieträgern mit geringeren Emissionsfaktoren wuchsen die Emissionen in den letzten 17 Jahren deutlich langsamer an als der Energiebedarf. Seit 1990 gab es auch keine essenziellen Veränderungen innerhalb der als „andere Treib-

hausgase“ bezeichneten Kategorie. Die fluorierten Gase steigen seit 2001 kontinuierlich an.

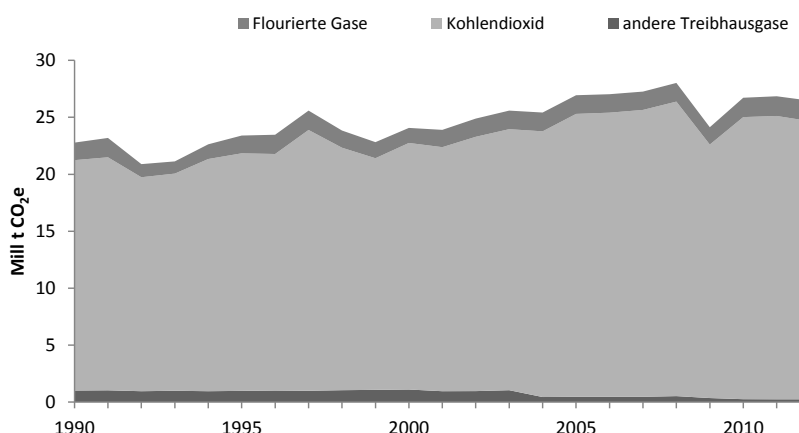


Abbildung 3-1: Die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen UNFCC konform von 1990 bis 2012 (Umweltbundesamt, 2014a)

3.2. Einflussfaktoren auf die Energiebereitstellungs-Strukturen des Produktionsbereichs

Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind die Basis der Maßnahmen zur THG-Reduktion. Wechselwirkungen innerhalb der unterschiedlichen gesetzlichen Grundlagen verhindern allerdings oft die Umsetzung von zweckmäßigen Projekten.

Als Paradebeispiel dient die direkte Kollision zwischen der Energieeffizienzrichtlinie und dem Emissionszertifikatengesetz in Bezug auf die Eigenstromproduktion. Ein Betrieb, welcher den ETS zugehört, erhöht seinen Bedarf an Zertifikaten beim Betrieb einer KWK-Anlage mit fossilen Energieträgern. Auf den ersten Blick erscheint dies logisch, jedoch muss zum Verständnis angemerkt werden, dass er für aus dem Netz bezogenen Strom keine Zertifikate vorlegen muss. Die Emissionen der Stromproduktion werden den Energieerzeugungsunternehmen zugeordnet. Bezogen auf die Energieeffizienz des gesamten Prozesses (Strom und Wärmeerzeugung) wäre die Erzeugung von Strom als Koppelprodukt der Wärmeerzeugung zielführender. Einige diesbezügliche Unstimmigkeiten wurden bereits bereinigt, wie sich anhand der Problematik des biogenen Anteils in der thermischen Nutzung von Abfällen in der Produktion zeigt.

Dennoch besteht Handlungsbedarf in der Klärung dieser Wechselwirkungen, im Speziellen Anlagen betreffend, welche dem ETS unterliegen. Dies umfasst Betriebe der Sparten Papier und Druck, Eisen und Stahl, Chemie und Petrochemie sowie Steine, Erden und Glas. Des Weiteren zählen auch Anlagen dazu, auf welche die Bestimmungen in Anhang 1 und 3 des Emissionszertifikatgesetzes zutreffen. Dies hat in vielen Fällen mit der installierten Leistung zu tun (BGBl. I Nr. 118/2011).

Das Prinzip des ETS basiert auf einer Selbstregulation der Emissionen durch eine Verknappung frei handelbarer Zertifikate. Wie sich in der ersten Periode zeigte, führt dies jedoch nur in Zeiten einer stabilen Wirtschaftslage zu realen Emissionseinsparungen, da – bedingt durch die Abweichung von den Prognosen – ansonsten ein Überschuss an Zertifikaten generiert wird. In den nationalen Zielen wird der ETS nicht berücksichtigt, was jedoch auch zu einer Vernachlässigung des Sektors in Förderprogrammen führt. Argumentiert wird diese Ausgliederung mit den bereits vorhandenen Reduktionsverpflichtungen durch die allokierten, limitierten Zertifikate. Des Weiteren wird von Seiten der Industriellenvereinigung auch auf die flexiblen Mechanismen des Kyotoprotokolls (JI/CDM) hingewiesen (IV, 2013).

Als problematisch in Bezug auf THG-Reduktionen erwiesen sich auch die Energiepreise, die geringer anstiegen als erwartet. Noch 2008 wurde in konservativen Schätzungen von einer jährlichen Energiepreisteigerung bis zu 20 % ausgegangen. Im Jahr 2007 kam es noch zu Preisteigerungen im Segment fossile Energieträger von bis zu 30 % (Energie Graz, 2008).

Abbildung 3-2 zeigt die Entwicklung des Industrie-Gaspreises seit 2004. Wie sich deutlich erkennen lässt, wurden die Preise von 2009 lediglich 2012 und 2013 leicht überschritten. Der Trend 2014 liegt bereits wieder merklich unter den Gaspreisen 2008. Angesichts dieser geringen Preise fällt es schwer die geforderten Amortisationszeiten für THG-Reduktionsprojekte im Produktionssektor zu erreichen.

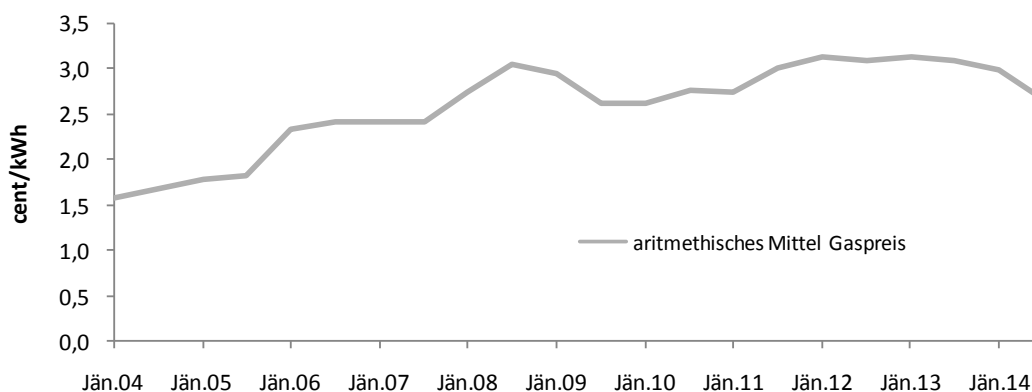


Abbildung 3-2: Gaspreisentwicklung von 2004 bis 2012; arithmetisches Mittel der Industrieenergiepreise über die Kategorien Jahresverbrauch > 100.000.000 kWh, > 10.000.000 kWh < 100.000.000 kWh und < 10.000.000 kWh (e-control, 2014)

Wie sich anhand des Österreichischer Strompreisindex (ÖSPI) in Abbildung 3-3 zeigt, ist die Situation des Strompreises noch dramatischer. Das arithmetische Mittel für 2014 beträgt 71,3, bezogen auf das Basisjahr 2006.

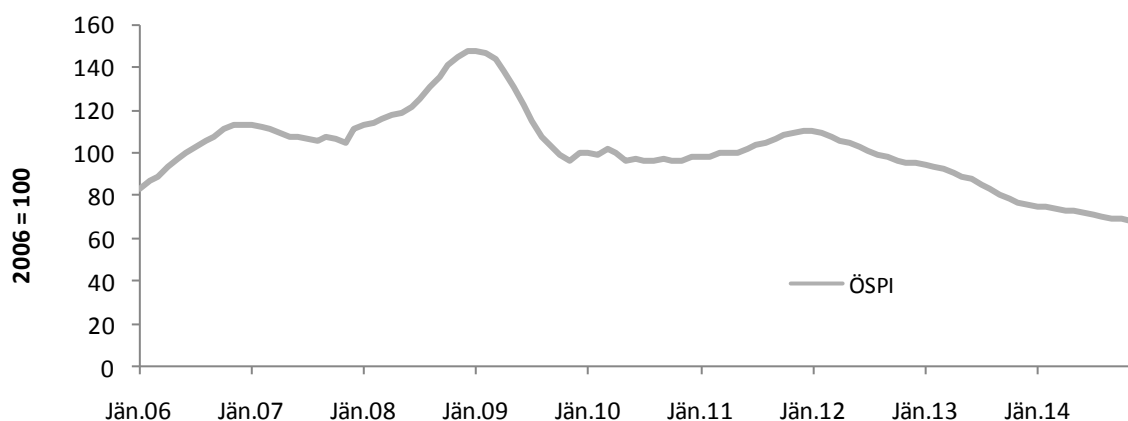


Abbildung 3-3: Österreichischer Strompreisindex (ÖSPI) Monatswerte von 2006 bis 2014, Basis Jahr 2006 (AEA, 2014)

3.2.1. Energiebedarfsstrukturen und deren Analyse

Über die Jahrzehnte haben sich die Strukturen im Produktionsbereich verändert. Neue Technologien sowie steigende Energiepreise haben ihren Teil zur Erhöhung der Effizienz beigetragen. Ein gerne zur Analyse der Effizienz herangezogener Indikator ist die Energieintensität. Sie ist – bezogen auf den Produktionsbereich – als der energetische Endverbrauch je Bruttowertschöpfung real definiert. In Abbildung 3-4 ist die Entwicklung der Energieintensität seit 1990 dargestellt, wobei 1990 als Basisjahr angesetzt ist.

Es lässt sich eindeutig ein Rückgang der Energieintensität über den betrachteten Zeitraum feststellen. Von 1990 bis 2007 nahm die Energieintensität¹⁵ im Produktionsbereich um 9 Prozentpunkte ab, im Vergleich dazu ging sie, bezogen auf Österreich (Österreichs Endenergieeinsatz/BWS), nur um 5 Prozentpunkte zurück. Es wurden Daten vor der Wirtschaftskrise verwendet, da diese in Bezug auf die Strukturen der Energienutzung aussagekräftiger sind. Verzerrungen nach der Wirtschaftskrise sind durch den Produktionsrückgang und die damit verbundenen Einbußen im definierten Auslastungsbereich bedingt.

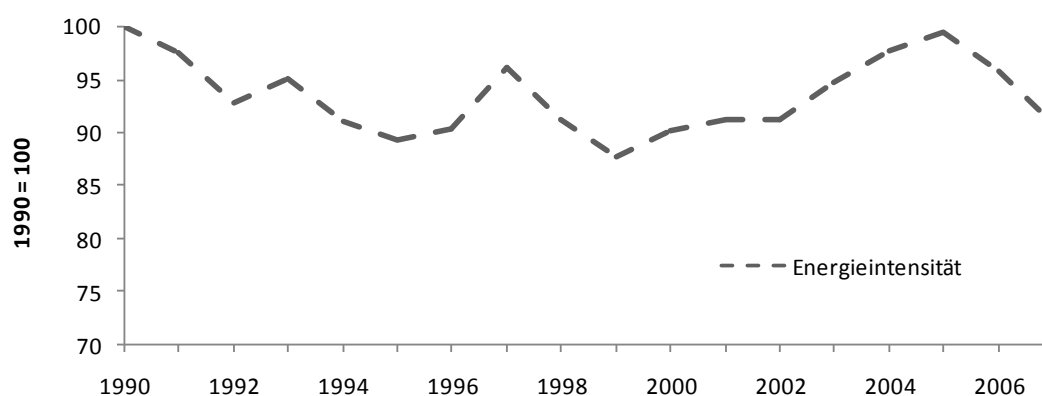


Abbildung 3-4: Entwicklung der Energieintensität in der Produktion, nicht temperaturbereinigt, Basisjahr 1990 (Statistik Austria, 2009d)

Ein Rückgang der Energieintensität spricht zwar eindeutig für eine Erhöhung der Effizienz, er erlaubt jedoch keinerlei direkte Rückschlüsse auf die quantitative oder qualitative Zusammensetzung des Energiebedarfs. Die beiden in Abbildung 3-5 dargestellten Energieträger sind in Bezug auf die THG-Strukturen und Tendenzen in der Produktion signifikanter.

Die erneuerbaren Energiequellen geben Aufschluss über die Diffusionsrate an Technologien, die mit CO₂-neutralen Energieträgern betrieben werden. Anhand der Darstellung lässt sich ein überproportionaler Anstieg im Bereich der Erneuerbaren seit 2003 erkennen. Bis 2003 geht der Zuwachs mit dem allgemeinen Anstieg des Endenergiebedarfs konform.

¹⁵ Energieintensität = Endenergieeinsatz/Bruttowertschöpfung

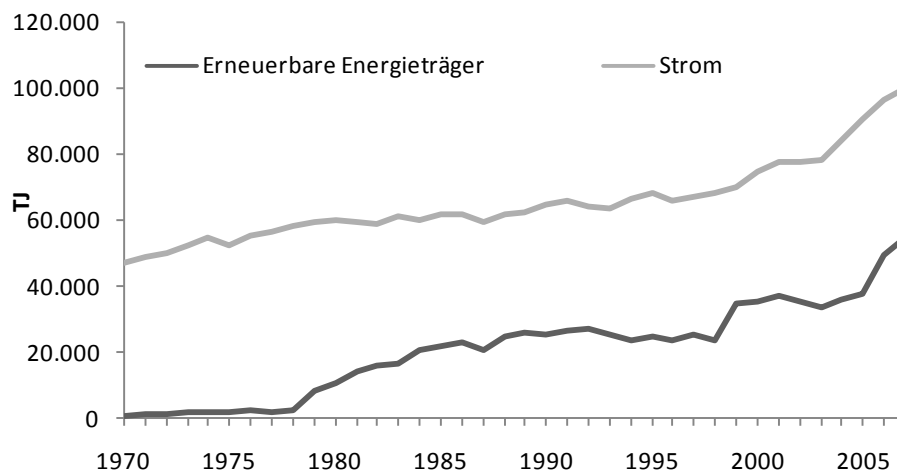


Abbildung 3-5: Entwicklung des Anteils an erneuerbarer Energie sowie der elektrischen Energie von 1970 bis 2007 im Sektor Produktion (Statistik Austria, 2008)

Der Bedarf an elektrischer Energie steigt seit 1970 kontinuierlich an, was sich in allen Sektoren der Energiebilanz, mit Ausnahme des Verkehrs, zeigt. Dieser Umstand ist ohne Zweifel auf die verwendeten Technologien sowie deren Entwicklung über die Jahre zurückzuführen (Shell Royal Dutch, 2008).

Ein Wandel innerhalb der Strukturen mündet, wie bereits erwähnt, in einer deutlichen Erhöhung der Effizienz im Produktionsbereich (Aiginger & Sieber, 2009).

Trotz eindeutiger Anzeichen eines Wandels innerhalb der Struktur stieg der Energiebedarf von 1990 bis 2007 um 45 % an (die Bruttowertschöpfung um 58 %). Im selben Zeitraum stieg der gesamte österreichische Energiebedarf um 41 %.

3.3. Endenergiebedarf Österreich

Der Endenergiebedarf im Sektor Produktion nimmt langfristig gesehen zu. Im Jahr 2012 benötigte die Produktion 30 % der Endenergie (Statistik Austria, 2007a). Anteilsmäßig ist Erdgas mit 108.559 TJ der am häufigsten verwendete Energieträger innerhalb dieses Sektors, dicht gefolgt von elektrischer Energie mit 101.359 TJ. Diese Umstände sind aufgrund der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten dieser Energieträger nicht weiter verwunderlich. Überdies sind sie leitungsgebunden und in Österreich kann die Versorgung bereits seit Jahrzehnten flächendeckend gewährleistet werden.

Der Trend zum vermehrten Einsatz von Gas basiert auf den einfachen Anwendungstechnologien sowie den geringeren Investitionskosten. Gasbrenner sind einfacher handzuhaben, wartungsärmer als Kohle oder ölbefeuerte Anlagen, und überdies benötigt man für Erdgas keine Zwischenspeicher vor Ort. Ein weiterer Vorteil, der immer mehr an Bedeutung gewinnt, sind die geringeren spezifischen THG-Emissionen der Erdgasnutzung, verglichen mit anderen fossilen Energieträgern. Die THG-Reduktionen sind auch die Triebfeder für den wachsenden Anteil an erneuerbaren Energien. In Abbildung 3-6 ist der Anstieg der Erneuerbaren deutlich zu erkennen, wie auch der Rückgang an Kohle und Öl zugunsten von Erdgas.

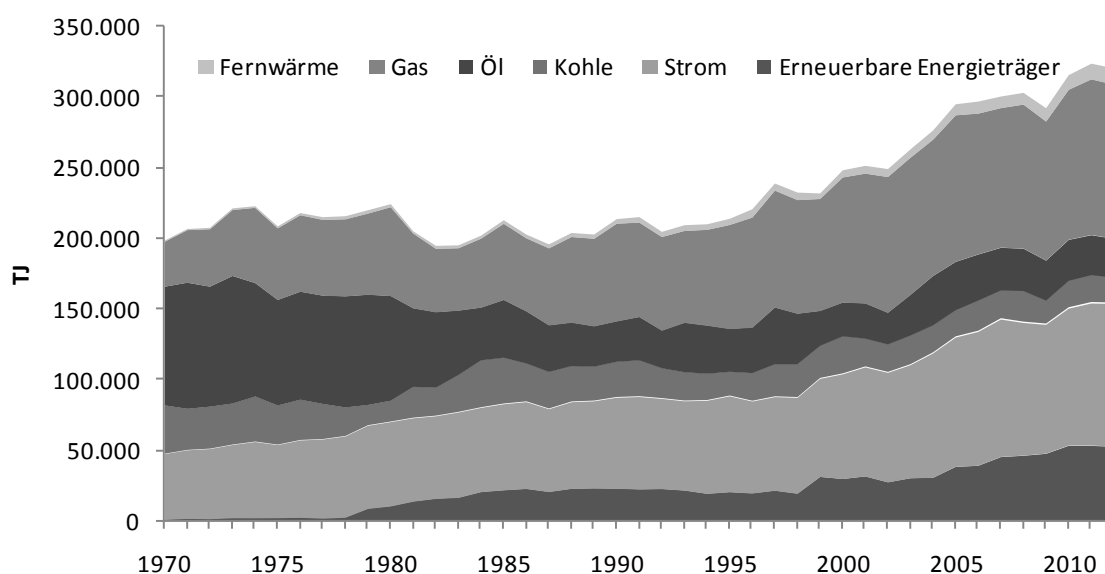


Abbildung 3-6: Entwicklung der Energiebedarfs im Produktionssektor (Statistik Austria, 2014)

Ein Großteil der verbleibenden Kohle kommt in der Eisen- und Stahlindustrie zum Einsatz. Der hohe Anteil an energieintensiven Produktionssektoren ist auf die traditionell verankerte Schwerindustrie innerhalb Österreichs zurückzuführen. Diese Bereiche hatten jedoch in den letzten Jahren keine namhaften Zuwächse (Statistik Austria, 2014).

Wie sich in Abbildung 3-7 erkennen lässt, heben sich nur zwei Sektoren durch die überdurchschnittlichen Zuwachsraten ihres Energiebedarfs hervor: Einerseits die chemische Industrie, die einen Energiebedarfszuwachs von 150 %, verglichen mit dem Basisjahr 1980, hatte. Andererseits der Bereich Papier und Druck, der innerhalb dieser Periode einen Zuwachs von 75 % aufwies.

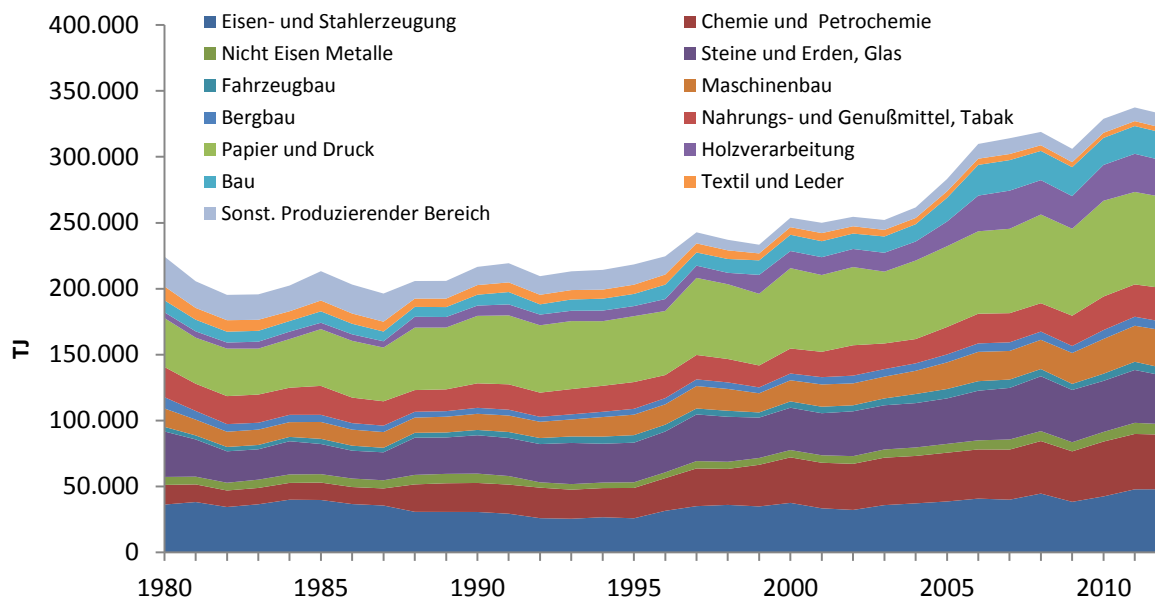


Abbildung 3-7: Endenergiebedarf der österreichischen Produktion nach Sektoren (Statistik Austria, 2014)

In Jahr 2012 betrug der energetische Endverbrauch des Sektors Produktion 331.797 TJ. In Abbildung 3-8 ist der Energiebedarf der Produktionssektoren anteilmäßig für dieses Jahr dargestellt. Die dominanten Sektoren lassen sich deutlich erkennen.

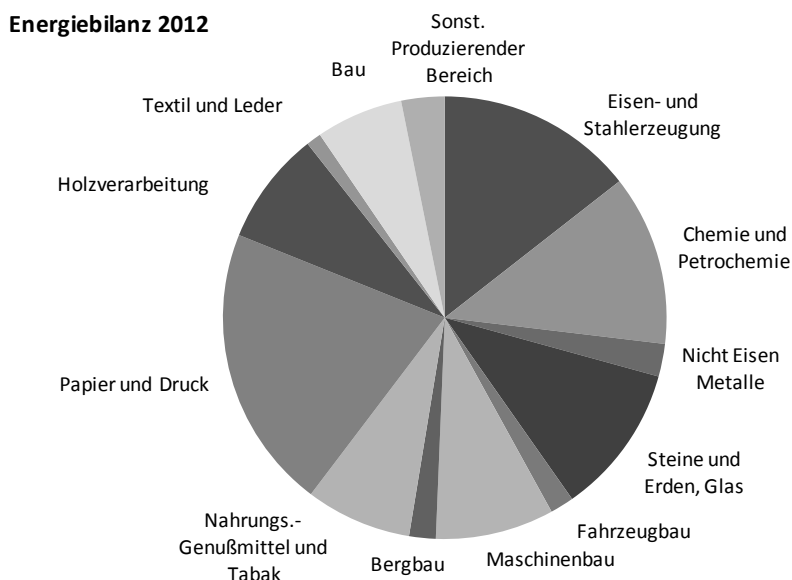


Abbildung 3-8: Anteile der Sektoren am Endenergiebedarf im Jahr 2012 (Statistik Austria, 2014)

Im Weiteren wird auf die relevanten Produktionssektoren näher eingegangen. Es erfolgt eine Reihung der Sektoren anhand ihres Energiebedarfs; im Folgenden werden die sechs

Bereiche mit dem höchsten Energiebedarf beschrieben. Die in Tabelle 4 angeführten Sektoren benötigen 75 % des Endenergiebedarfs des Produktionsbereichs.

Tabelle 4: Produktionsbereiche mit dem höchsten Energiebedarf (Statistik Austria, 2014)

Endenergiebedarf in TJ	1990	1995	2000	2007	2012
1. Papier und Druck	51.194	49.979	60.926	64.004	68.954
2. Eisen und Stahl	30.628	25.828	37.514	39.942	47.868
3. Chemie und Petrochemie	29.103	30.036	32.109	39.114	41.362
4. Steine, Erden und Glas	22.008	23.024	34.532	38.014	36.451
5. Maschinenbau	12.244	15.523	15.985	22.152	28.676
6. Holzverarbeitung	7.776	7.660	13.004	28.931	27.524
Gesamt	216.571	218.416	253.786	314.121	331.797

In den nachfolgenden Analysen wurde die NEA 2007 verwendet, da zum Zeitpunkt der Analyse die aktuelle Version der NEA nicht kostenfrei erhältlich war. Die hier verwendeten Daten wurden im Rahmen des Projekts Energy Transition 2020/2030/2050 erworben (Köppl et al., 2010).

Die Kategorie Traktion¹⁶ wurde erst nach 1993 in die Nutzenergieanalyse aufgenommen.

3.3.1.1. Papier und Druck

Den höchsten Energiebedarf weist der Bereich Papier und Druck auf. Die Prozesse in der Papierproduktion sind äußerst energieintensiv und dieser Sektor ist einer der am stärksten entwickelten Wirtschaftszweige in Österreich. Laut der Erörterungen der Statistik Austria werden diesem Bereich die folgenden Unterkategorien zugeordnet:

- Produktion von Papier, Pappe und Karton,
- Produktion von Produkten aus Pappe und Karton,
- Verlagswesen,
- Druckereien,
- Filmproduktion.

Etwa 20 % des österreichweiten Endenergiebedarfs werden in der Papierproduktion eingesetzt. Abbildung 3-9 zeigt, in welchen Nutzenergieklassen die Endenergie zum

¹⁶ beinhaltet den Transport sektoral verteilt/energiebilanzkonform sowie den Transport abseits öffentlicher Verkehrsflächen

Einsatz kommt. Anhand der Nutzenergiekategorien zeigt sich eindeutig die Relevanz der thermischen Nutzung der Energieträger. Über 70 % der eingesetzten Energie werden in Wärme umgewandelt; beinahe 25 % entfallen allein auf die Nutzenergieklasse Industrieöfen.

Von den 47.000 TJ des energetischen Endverbrauchs, die 2007 zur Bereitstellung von thermischer Energie benötigt wurden, wurden nur 17 % in einem Temperaturbereich von über 400 °C verwendet. Der Großteil dieser Energie liegt auf einem Temperaturniveau zwischen 100 °C und 400 °C.

Der nicht unbeträchtliche Teil von 25 %, der zum überwiegenden Teil aus elektrischer Energie besteht, kommt in Standmotoren zum Einsatz. In der gesamten Verteilung innerhalb der Nutzenergieklassen gab es in den letzten 15 Jahren keine relevanten Veränderungen.

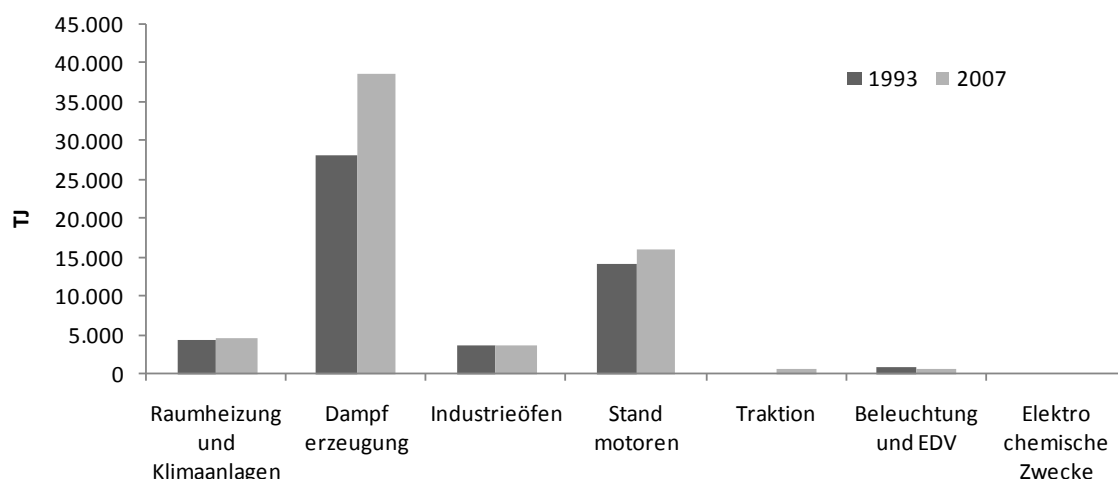


Abbildung 3-9: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Papier und Druck (Statistik Austria, 2008)

Abbildung 3-10 zeigt den Endenergiebedarf von 68.954 TJ in Jahr anteilmäßig nach Energieträgern. Wie im Allgemeinen setzt sich auch in diesem Sektor der Trend zum Gas durch. Im Jahr 2012 betrug der Gasanteil am Endenergieverbrauch ein Drittel (Köppl et al., 2010).

Über ein Drittel (37 %) des Energiebedarfs wird von erneuerbaren Energieträgern gedeckt. Dieser hohe Anteil resultiert aus der Verwendung großer Mengen an organischem Abfall (Laugen, Holzrestmassen, Spuckstoffe) vor Ort. Bereits seit Jahrzehnten

werden Reststoffe in Form von thermischer oder auch elektrischer Energie wiederum dem Produktionsprozess zugeführt.

Die Verwertung erfolgt vor allem mittels Kraft-Wärme-Kopplungen (KWK). So wird der Energieinhalt der Reststoffe in Strom und Wärme transformiert. Begünstigt wird dies durch die nur marginalen saisonalen Schwankungen und die damit verbundene hohe Auslastung. Der überwiegende Bedarf an thermischer Nutzenergie liegt unter einem Temperaturlevel von 400 °C.

Aufgrund dieser Eigenstromproduktion in den KWK-Anlagen kann angenommen werden, dass der in der EEA angeführte Strombedarf von 24 % nach oben revidiert werden muss. Die Energieträger, die innerhalb des Produktionsprozesses als Reststoffe anfallen und in weiterer Folge direkt vor Ort verwertet werden, scheinen zum Teil in der EEA auf. Ein Erfassen in der Energiebilanz ist nur möglich, wenn diese Daten aufgezeichnet und an die Statistik Austria weitergegeben werden. Deutliche Abweichungen zeigen sich bereits im direkten Vergleich der Energiebilanz mit den publizierten Kennzahlen der Austropapier¹⁷ (Austropapier, 2009).

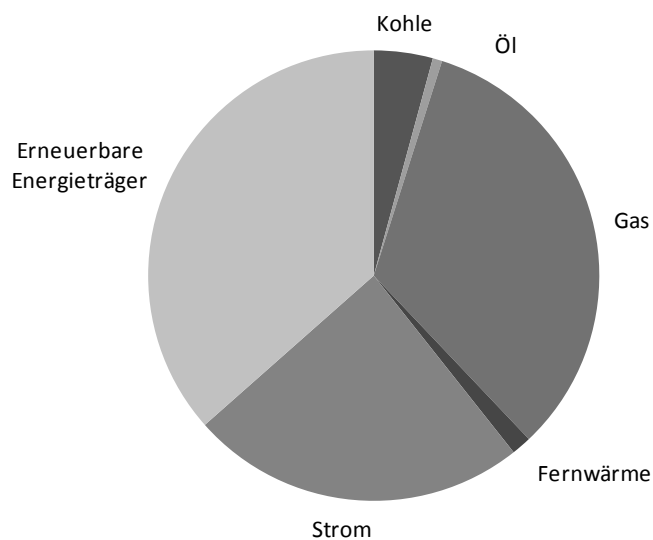


Abbildung 3-10: Endenergiebedarf des Sektors Papier und Druck 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)

¹⁷ Interessenvertretung der österreichischen Papierindustrie

3.3.1.2. Eisen und Stahl

Der Bereich Eisen und Stahl stellt innerhalb der Energiebilanz für den Produktionssektor den zweitgrößten Verbraucher dar. Dies gründet auf der historischen Verankerung dieses Sektors in der österreichischen Industrie. Als Beispiel hierfür kann angeführt werden, dass zwei Drittel aller Stahlwerke weltweit das Linz-Donawitz-Verfahren anwenden.

Laut Statistik Austria sind die folgenden Branchen in dieser Kategorie inkludiert:

- Erzeugung von Roheisen,
- Erzeugung von Stahl,
- Erzeugung von Ferrolegierungen,
- Erzeugung von Rohren,
- sonstige erste Bearbeitung von Eisen und Stahl.

80 % des Endenergiebedarfs dieses Sektors werden zur Bereitstellung von thermischer Energie verwendet. Der überwiegende Teil davon entfällt auf die Nutzenergiekategorie Industrieöfen (siehe Abbildung 3-11). Bei näherer Betrachtung der angewandten Prozesse ist dies nicht verwunderlich, da 93 % der Wärme auf einem Temperaturniveau über 400 °C benötigt werden. Der Endenergiebedarf betrug 2007 31.865 TJ, ein minimaler Anteil von 18 TJ entfiel auf elektrochemische Prozesse¹⁸.

Das Produktionsequipment hat eine sehr hohe Altersstruktur, zum Teil sind die verwendeten Geräte bis zu 40 Jahre alt. (Statistik Austria, 2013). Aus diesem Grund gab es in den vergangenen Jahren nur in einer Nutzenergiekategorie deutliche Veränderungen. Wie Abbildung 3-11 zeigt, ist die Dampferzeugung stark zurückgegangen. Ein radikaler Wandel innerhalb der Eisen- und Stahlproduktionsstrukturen wäre mit enorm hohen Investitionskosten verbunden. Die bereits in den letzten Jahrzehnten entwickelten Technologien dringen so tief in Produktionsstrukturen vor, dass ein Nachrüsten bestehender Anlagen problematisch ist.

¹⁸Die Elektrostahlproduktion stellt im Moment noch eine der klimatechnisch minimal-invasivsten Alternativen zum klassischen Hochofenprozess dar.

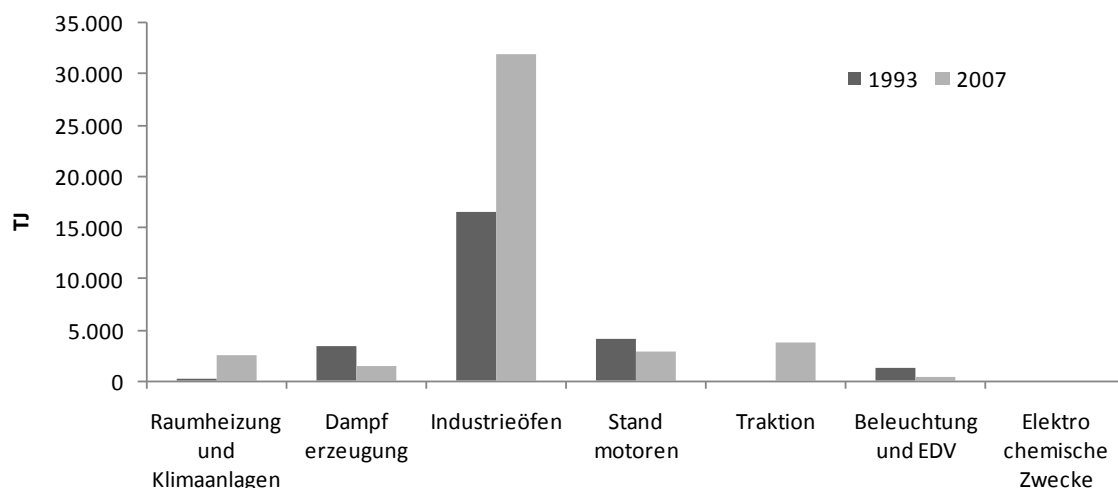


Abbildung 3-11: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Eisen und Stahl (Statistik Austria, 2008)

Der Einsatz der Hochöfen spiegelt sich auch in der Zusammensetzung der Energieträger in Abbildung 3-12 wider. Entgegen der anderen Produktionssektoren ist dieser Bereich völlig von fossilen Energieträgern dominiert. 25 % des Energiebedarfs deckt der Einsatz von Kohle ab; dieser hohe Anteil wird durch Prozesse bedingt, in welchen die Kohle zeitgleich stofflich sowie energetisch genutzt wird.

Der restliche Energiebedarf wird von zwei Energieträgern dominiert: Gas und elektrische Energie. Infolge der bereits oben erwähnten Produktionsprozesse können erneuerbare Energien im Sektor Eisen- und Stahlerzeugung nur sehr limitiert eingesetzt werden. Dennoch kamen 2012 bereits 22 TJ zum Einsatz.

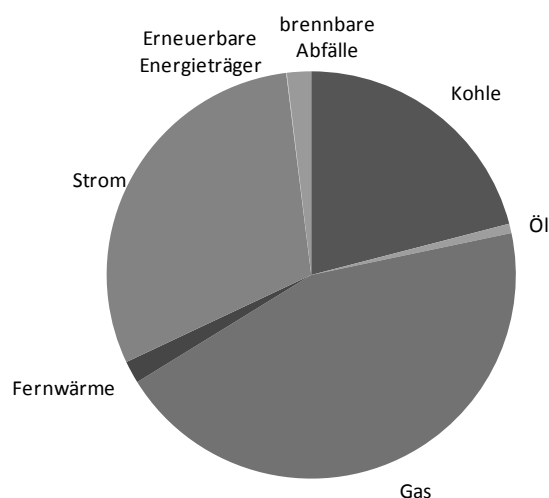


Abbildung 3-12: Endenergiebedarf des Sektors Eisen und Stahl 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)

3.3.1.3. *Steine, Erden und Glas*

Im Jahr 2012 betrug der energetische Endverbrauch im Sektor Steine, Erden und Glas 36.451 TJ; dies macht ihn zum viertgrößten Verbraucher in der Produktion. Innerhalb der österreichischen Energiebilanzen sind in diesem Sektor die folgenden Unterbereiche inkludiert:

- Herstellung von Glas,
- Bearbeitung von Glas,
- Herstellung von Waren aus Glas,
- Herstellung von Waren aus Steinen und Erden,
- Herstellung von Ziegel und Fliesen und Baumaterialien aus Keramik,
- Herstellung von Zement, Beton und Gips,
- Herstellung von Waren aus Beton Zement und Gips,
- Herstellung von Waren aus nicht metallischen Materialien.

Wie Abbildung 3-13 zeigt, wurden im Jahr 2007 83 % des gesamten Energiebedarfs für Industrieöfen verwendet. Dies ist auf die hergestellten Produkte und die damit verbundenen Prozesse, wie z. B. Sintern, zurückzuführen. Aus diesem Grund ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass 90 % der Wärme in einem Temperaturbereich über 400 °C benötigt werden (Euroheat & Power, 2006). Überdies werden beinahe 90 % der in diesem Sektor verwendeten Endenergie für thermische Zwecke verwendet.

Durch Zuwachseinbußen hebt sich nur die Nutzenergiekategorie Standmotoren leicht vom Sektor-weiten Trend ab. Alle anderen Nutzenergiekategorien hatten, bezogen auf den Bedarf in den letzten 15 Jahren, kontinuierliche Zuwachsraten.

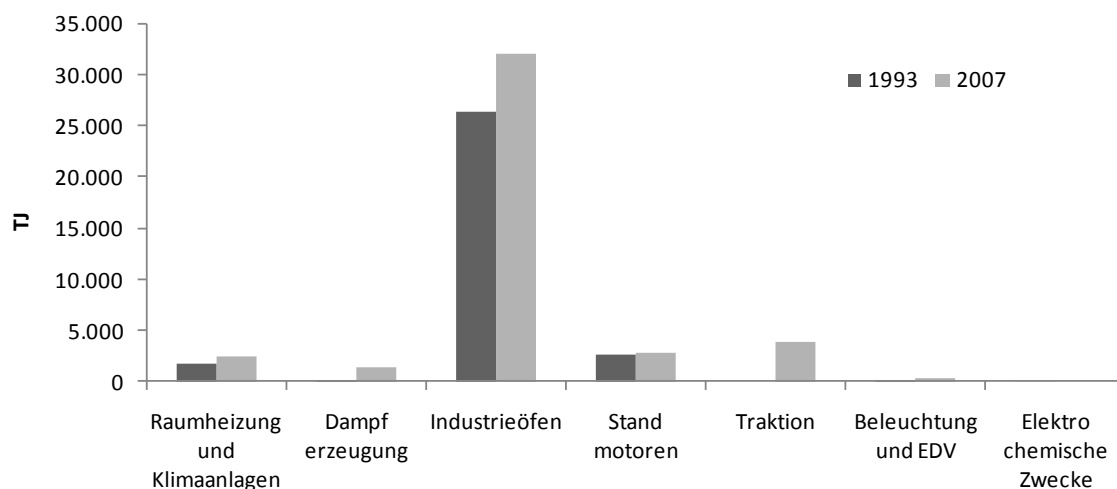


Abbildung 3-13: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Steine, Erden und Glas (Statistik Austria, 2008)

In Abbildung 3-14 lässt sich der Anteil von beinahe 10 % erneuerbarer Energieträger erkennen. Dies verwundert auf den ersten Blick, da der thermische Energiebedarf auf einem hohen Temperaturniveau liegt. Dieser Anteil an Erneuerbaren ist auf den hohen Einsatz von Ersatzbrennstoffen zurückzuführen. An die 80 % der erneuerbaren Energien in diesem Sektor sind lediglich der biogene Anteil der thermisch verwerteten Abfälle (Statistik Austria, 2008).

Ebenso ist ein Wechsel von Energieträgern mit hohen Emissionsfaktoren (Kohle, Öl) zu solchen mit geringeren – vorzugsweise Erdgas – deutlich sichtbar (Köppl et al., 2010). Diese Tendenzen sind durchaus auf die Einführung des europäischen Emissionshandels-systems zurückzuführen (IEA, 2016), insbesondere da in diesem Sektor aufgrund der meist niedrigen Produktpreise, die wirtschaftlichen Anforderungen an den Brennstoff von hoher Bedeutung sind.

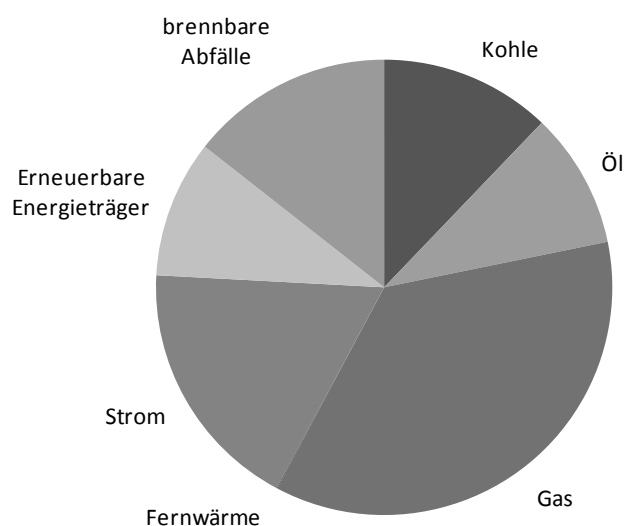


Abbildung 3-14: Endenergiebedarf des Sektors Steine, Erden und Glas 2012 nach Energieträgern
(Statistik Austria, 2014)

3.3.1.4. *Chemie und Petrochemie*

In der chemischen und petrochemischen Industrie sind im Jahr 2012 41.362 TJ zur Bereitstellung von Energie verwendet worden. Damit ist dies der Sektor mit dem dritthöchsten Verbrauch in der Produktion.

Dieser breit gefächerte Sektor setzt sich aus den folgenden Segmenten zusammen:

- Herstellung von chemischen Grundstoffen,

- Herstellung von Schädlingsbekämpfungs- und Pflanzenschutzmitteln,
- Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten,
- Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen,
- Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln,
- Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen,
- Herstellung von Chemiefasern,
- Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen,
- Mineralölverarbeitung.

Von 1993 bis 2007 hat sich der Energiebedarf dieses Sektors beinahe verdoppelt. Dieser Aufschwung führte dazu, dass der Sektor nach der klassischen, energieintensiven Industrie zu einem weiteren Standbein der österreichischen Wirtschaft wurde.

Der Schwerpunkt innerhalb der Verteilung der Nutzenergiekategorien liegt wiederum im Bereich der thermischen Energieverbraucher, jedoch liegt hier mit 75 % bereits ein deutlicher geringerer Anteil vor.

Nur ein Viertel der benötigten thermischen Energie liegt im Bereich unter 100 °C. Zirka die Hälfte der thermischen Energie wird in einem Temperaturbereich über 400 °C benötigt (Euroheat & Power, 2006). Wie sich in Abbildung 3-15 erkennen lässt, entfallen 63 % der thermischen Energie auf den Bereich der Dampfproduktion. Diese Kategorie verzeichnete in den letzten 15 Jahren signifikante Zuwächse. Einen überdurchschnittlichen Anstieg gab es des Weiteren auch im Bereich der Raumheizung und der Klimaanlage.

Da die chemische Industrie im letzten Jahrzehnt expandierte, entspricht der überwiegende Teil ihrer Anlagen dem Stand der Technik. Diese neuen Anlagen haben, verglichen mit dem Altbestand, relativ geringe thermische Verluste, was sich in der Raumwärme niederschlägt. Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Punkt ist die Raumklimatisierung. In der chemischen und im Speziellen der pharmazeutischen Industrie ist ein kontrolliertes und konditioniertes Raumklima zwingend notwendig für die Qualität der Erzeugnisse. In keinem anderen der angeführten Sektoren gibt es eine solch hohe Anzahl an Reinräumen.

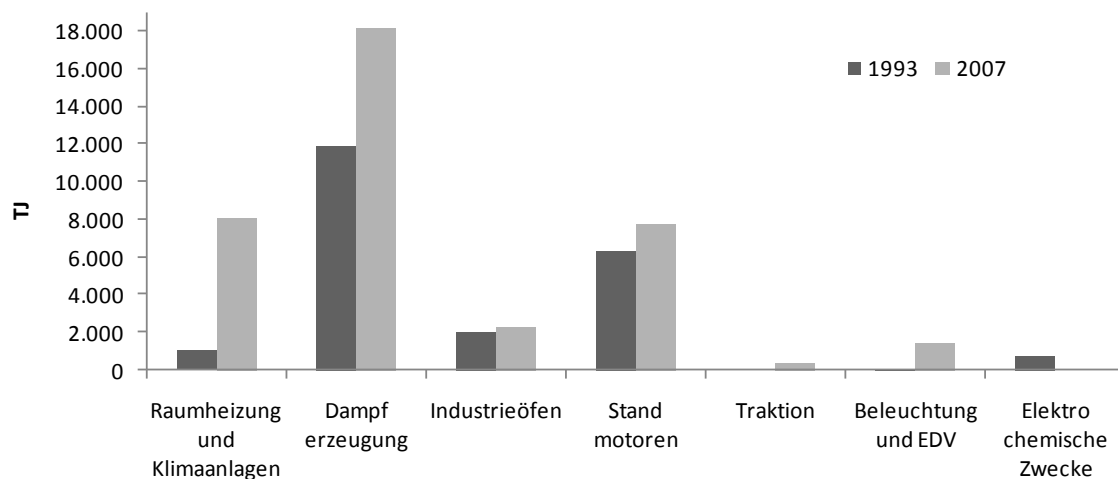


Abbildung 3-15: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Chemie und Petrochemie (Statistik Austria, 2008)

Abbildung 3-16 zeigt die Zusammensetzung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im Sektor Chemie und Petrochemie. In diesem Sektor setzt sich ebenfalls der allgemeine Trend zu Energiequellen mit geringeren Emissionsfaktoren durch. Resultierend aus der höheren Relevanz der CO₂-Emissionen wurde zur Nutzung brennbarer Abfälle sowie zu erneuerbaren Energieträgern übergegangen (Köppl et al., 2010). Wie in allen anderen produzierenden Sektoren steigt der Bedarf an elektrischer Energie kontinuierlich an (Köppl et al., 2010).

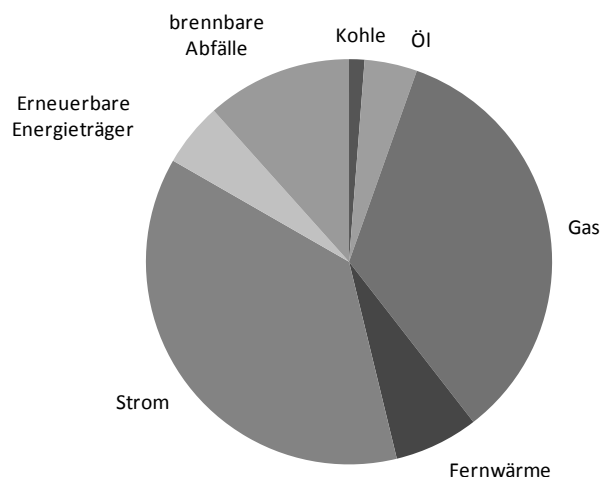


Abbildung 3-16: Endenergiebedarf des Sektors Chemie und Petrochemie 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)

3.3.1.5. *Maschinenbau*

Mit einem Energiebedarf von 28.676 TJ nimmt dieser Sektor Platz fünf in der Reihung nach dem Energiebedarf ein. Dieser Sektor verzeichnete in den letzten 20 Jahren einen enormen Aufschwung. Darin enthalten sind die folgenden Bereiche:

- Herstellung von Maschinen für die Erzeugung und Nutzung von mechanischer Energie,
- Herstellung von sonstigen Maschinen unspezifischer Verwendung,
- Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen,
- Herstellung von Werkzeugmaschinen,
- Herstellung von Maschinen für sonstige Wirtschaftszweige,
- Herstellung von Waffen und Munition,
- Herstellung von Haushaltsgeräten.

Dieser Sektor hat seinen Energiebedarf von 1993 bis 2012 beinahe verdoppelt (Statistik Austria, 2009a). Aus Abbildung 3-18 lässt sich erkennen, dass es in der Kategorie Dampferzeugung einen überdurchschnittlichen Zuwachs gab. Des Weiteren hat auch die Kategorie Industrieöfen deutlich zugenommen. Eine für die Bearbeitung von Metall relevante Nutzenergiekategorie sind auch die Standmotoren.

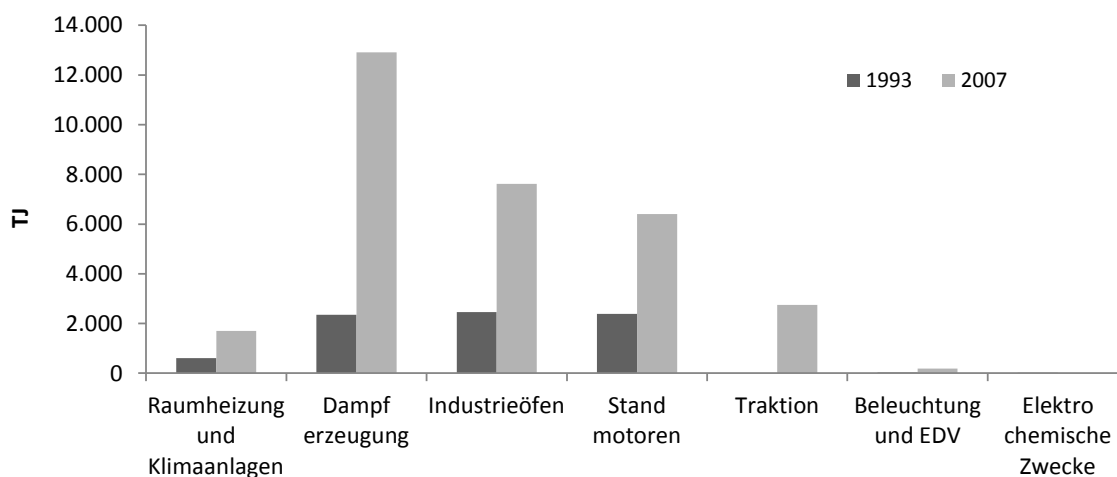


Abbildung 3-17: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Maschinenbau (Statistik Austria, 2008)

Im Jahr 2012 betrug der Stromanteil am Endenergiebedarf im Maschinenbau 52 %. Kein anderer in den Energiebilanzen angeführter Produktionssektor hat einen anteilmäßig so hohen Strombedarf. Dieser Umstand ist auf die Bearbeitungsmethoden und die daraus resultierenden Prozesse im Maschinenbau zurückzuführen. Öl und Kohle werden, wie bereits erwähnt, zunehmend vom Erdgas verdrängt (Köppl et al., 2010).

Der Anteil von 6 % an erneuerbaren Energien besteht zum überwiegenden Teil aus Holz. (Statistik Austria, 2009a). Nicht zu vernachlässigen ist auch der Fernwärmeanteil von 5 %. Dieser lässt schlussfolgern, dass etliche Betriebe im urbanen Umfeld angesiedelt sind. Die Nutzung dieser Energieträger wird auch dadurch begünstigt, dass nur 2 % der thermischen Energie auf einem Niveau über 400 ° C benötigt werden und über 66 % unter 100 °C.

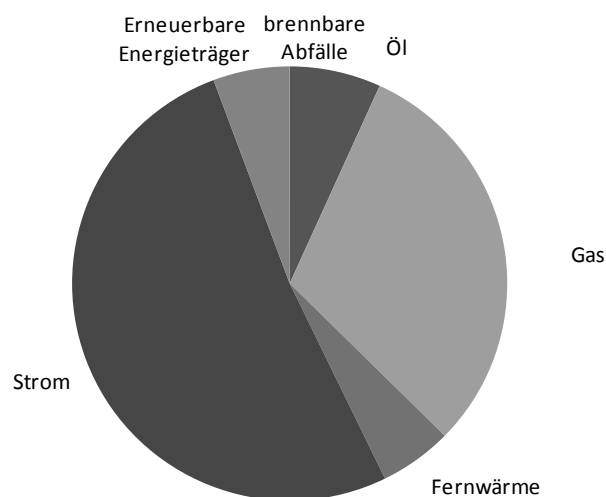


Abbildung 3-18: Endenergiebedarf des Sektors Maschinenbau 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)

3.3.1.6. *Holzverarbeitung*

Den sechsten Platz in der Reihung der Sektoren nimmt mit 27.524 TJ die Holzverarbeitung ein. In diesem Sektor ist die Herstellung von Möbeln nicht enthalten, da sie laut Klassifikation der Statistik Austria zum Gewerbe zählt und nicht der Industrie zugeschrieben wird. Zu diesem Sektor gehören lediglich die folgenden Bereiche:

- Säge, Hobel- und Holzimprägnierwerke,
- Furnier-, Sperrholz-, Holzfaserverplatten- und Holzspanplattenwerke,
- Herstellung von Konstruktionsteilen, Fertigbauteilen, Ausbauelementen und Fertigteilbauten aus Holz,
- Herstellung von Verpackungsmitteln und Lagerbehältern aus Holz,
- Herstellung von Holzwaren sowie von Kork-, Flecht- und Korbwaren.

Aufgrund der relevanten Prozesse, wie zum Beispiel die Holz Trocknung oder die Spannplattenherstellung, hat dieser Bereich einen Bedarf von 70 % an thermischer

Energie. Wie in Abbildung 3-19 ersichtlich, entfällt dabei der größte Teil auf den Sektor Dampfproduktion. Dieser Dampf wird prozessbedingt benötigt, denn der hohe Dampfbedarf liegt im Widerspruch zur Temperaturverteilung dieses Sektors. Etwa die Hälfte der benötigten thermischen Energie wird auf einem Temperaturniveau unter 100 °C benötigt und 17 % liegen im Bereich von über 400 °C (Euroheat&Power, 2006). In den letzten 17 Jahren hat sich die Verteilung innerhalb der Nutzenergiekategorien deutlich verändert. Dies ist auf die Veränderungen in den Produktionsstrukturen aufgrund des überdurchschnittlichen Aufschwungs einiger weniger Branchen, wie der Spannplattenherstellung, zurückzuführen (Statistik Austria, 2016).

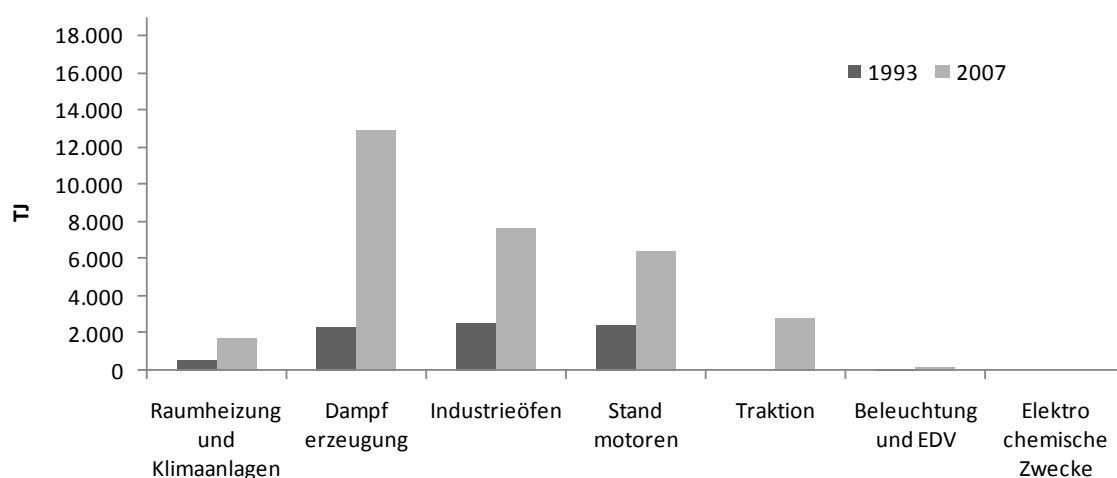


Abbildung 3-19: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Holzverarbeitung (Statistik Austria, 2008)

In der Verteilung der Energieträger in Abbildung 3-20 fällt der dominante Anteil an erneuerbaren Energieträgern auf. Dieser ist auf die thermische Verwertung bei der Produktion anfallender Nebenprodukte, sprich biogenen Abfalls, zurückzuführen. Aus diesem Grund ist auch kein anderer Bereich der österreichischen Produktion momentan in der Lage, einen solch hohen Anteil an erneuerbaren Energieträgern zu gewährleisten.

Dennoch ist prozessbedingt ein geringer Anteil der Energieträger fossil. Das ist auf den Umstand zurückzuführen, dass sich der Einsatz (direkte Verbrennung) von Biomasse in hohen Temperaturbereichen¹⁹ komplexer gestaltet als jener fossiler Energieträger. Auch

¹⁹ Temperaturen von über 500 °C am Wärmeüberträger führen häufig zu Hochtemperaturkorrosion, bedingt durch die Zusammensetzung der Biomasse (Kaltschmitt & Streicher, 2009)

die vor Ort verwendeten Transportmittel, welche in der Kategorie Traktion angeführt sind, werden fossil betrieben.

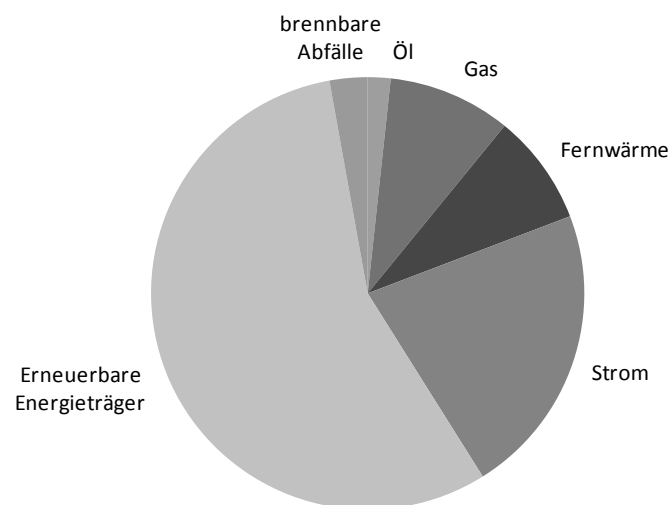


Abbildung 3-20: Endenergiebedarf des Sektors Holzverarbeitung 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)

4. Methodik zur Erstellung der Studien

Die Aussagen der Projekte Energieautarkie 2050, Energy Transition 2020/30/50 sowie des steirischen Klimaschutzplans beruhen auf Energiebedarfsszenarien. Die Datengrundlage bildete die historische Entwicklung des Endenergiebedarfs laut den Sektoren der Energiebilanz, disaggregiert nach Nutzenergiekategorien und Energieträgern. Mittels eines Bottom-up Ansatzes wurden anhand von Schlüsselindikatoren wie dem Wirtschaftswachstum oder dem Bevölkerungswachstum die historischen Trends im erwähnten Detaillierungsgrad linear extrapoliert. Dieser Ansatz wurde gewählt um belastbare Aussagen über den zukünftigen Energiebedarf treffen zu können. Die so erstellten Szenarien bilden das BAU²⁰, welches zur Ermittlung der Handlungsbereiche herangezogen wird. Mittels der gewählten Methodik zur Ermittlung des zukünftigen Energiebedarfs fließen strukturelle Veränderungen dynamisch, bedingt durch die historischen Trends in die Berechnungen, ein. Da sich die Sektoren der Energiebilanz von der Nace-Systematik unterscheiden wurden eine Analyse der inkludierten Nace-Kategorien mittels des Umsatzes sowie Beschäftigten durchgeführt um die repräsentativen Sektoren und Prozesse definieren zu können.

Ausgehend von einer Ist-Analyse der vorhandenen Strukturen auf sektoraler Ebene, siehe Kapitel 3.3, wurden Ergebnisse der Energiebedarfsszenarien untersucht. Dies erfolgte mittels relevanten Nutzenergiekategorien. Der prozessbedingte thermische Endenergiebedarf, welcher die Nutzenergiekategorien Industrieöfen, Dampferzeugung, Trocknung beinhaltet, wurden in drei Kategorien unterteilt: Hoch (>500°C) und Nieder(< 100°C) und Mitteltemperaturanwendungen (100°C bis 500°C) nach AGFW, (2000) ausgehend von Hofer (1994) unterteilt. Mittels einer großen Anzahl an Stichproben wurden den Sektoren anhand der repräsentativen Prozesse die relevanten Temperaturverteilungen unter Einbeziehung der inkludierten Produktionszweige zugeteilt. Der thermische Energiebedarf verursacht von Gebäuden, welchen die Nutzenergiekategorien Raumheizung und Warmwasser beinhalten, wurde zur Gänze dem Niedertemperaturbereich zugeordnet. In weiterer Folge wurde die Energieträgerverteilung der Temperaturaggregaten überprüft und gegebenenfalls händisch bereinigt um gewährleisten zu können,

²⁰ business as usual

dass Energieträger, wie z. B.: Solarthermie, nur den Temperaturbereichen zugeordnet werden, welche nicht mittels dieser auch bereit gestellt könnten bzw. werden.

Für die Kategorie Standmotoren wurde ebenfalls eine Analyse der Strukturen durchgeführt, ausgehend von den Altersstrukturen der Nutzenergieanalyse, wurden die Potentiale für einen Umstieg von brennstoffbetriebene auf strombetriebene Aggregate ermittelt.

Die in den Energiebedarfsszenarien ermittelten Daten wurden zur Berechnung der Potentiale herangezogen. Es wurden zum Teil bereits vorhandene Potentialstudien auf den Ansatz umgelegt, jedoch nur nach einer Analyse der zugrunde liegenden Annahmen sowie einer Adaptierung. Je nach Detaillierungsgrad der vorhandenen Daten konnten, wie z. B.: auf Bundeslandebene, die Potentiale auch ausgehend von Fallstudien ermittelt werden. Für andere Maßnahmen musste das Potential anhand des Disaggregierungsgrades der Energiebedarfsanalyse ermittelt werden. Dies erfolgte anhand der geforderten Temperaturbereiche sowie der eingesetzten Energieträger. In vielen Fällen wurde der Durchdringungsgrad der Technologie ausgehend von einer Literaturrecherche abgeschätzt.

Wechselwirkungen verursacht durch die berechneten Maßnahmen wie z.B.: eine Erhöhung des Bedarfs an elektrischer Energie durch die Pumpen einer solarthermischen Anlage, wurden soweit bekannt, berücksichtigt. Bei Substitutionsmaßnahmen, wie z. B.: dem Wechsel von Kohle auf Gas erfolgte auch eine Berücksichtigung der Energieeinsparungen, verursacht durch die Effizienzsteigerung der neuen Technologie. Falls nicht anderwärtig definiert, wurde angenommen, dass alle Maßnahmen im Zuge von Ersatzinvestitionen realisiert werden. Dies bedeutet, dass nur Anlagen, die das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben, durch Neuanlagen ersetzt werden.

Die Studie: „Erhebung und Bewertung der Daten relevanter Produktionssektoren des Bundeslandes Steiermark“ (Schnitzer et al, 2012) wurde anhand einer großangelegten Betriebsbefragung erstellt. Die Hochrechnung auf die Gesamtpotentiale erfolgte anhand plausibler Korrelationen wie z. B.: Anzahl der Produktionsmenge und die erzeugte Abwärme. Die zuvor erhobenen Rohdaten auf Anlagenebene flossen anonymisiert in die Erstellung dieser Arbeit ein.

Anhand der Ergebnisse der durchgesehenen Studien wurde ein Fahrplan für den Produktionsbereich bis 2050 ausgehend vom Leitfaden „Technology Roadmaps“ der International Energy Agency (IEA, 2010) erstellt. Das es sich um bereits publizierte Studien

handelt, wurden weder die Ergebnisse, die Analysen noch die Datengrundlage einem Update unterzogen.

5. Ansätze sowie Möglichkeiten zur Verringerung der Treibhausgase, verursacht durch den Energiebedarf im Produktionsbereich

5.1. Energiebedarfsentwicklung in der Produktion

Die Prognosen zur Entwicklung des Energiebedarfs – in weiterer Folge zu den Treibhausgas-Emissionen – liegen weit auseinander. Im World Energy Outlook wird von einer Steigerung der THG-Emissionen in der Produktion von 15–16 %, bezogen auf den Zeitraum 2006 bis 2050, in OCED-Europa als BAU-Szenario ausgegangen (IEA, 2009). Da diese Prognose für Europa gilt, kann sie als Referenzwert für den österreichischen Produktionsbereich herangezogen werden. Die Ansätze zur Erstellung von Prognosen über einen langen Zeitraum sind vielfältig und oftmals unsicher. Um die Entwicklungen innerhalb Österreichs abschätzen zu können, wird der Bedarf anhand des Trends der historischen Energiebedarfsdaten hochgerechnet.

Die Abbildung 5-1 zeigt ein Energiebedarfsszenario für Österreich bis 2020 (Köppl et al., 2010). Auf der linken Seite ist der Bedarf nach Energieträgern dargestellt. Rechts ist dieser nach den Kategorien, welche Energie benötigen, unterteilt. Anhand dieser Vorgehensweise erlaubt dieses Szenario sowohl quantitative wie auch qualitative Aussagen über die Entwicklung des Energiebedarfs (Köppl et al., 2010).

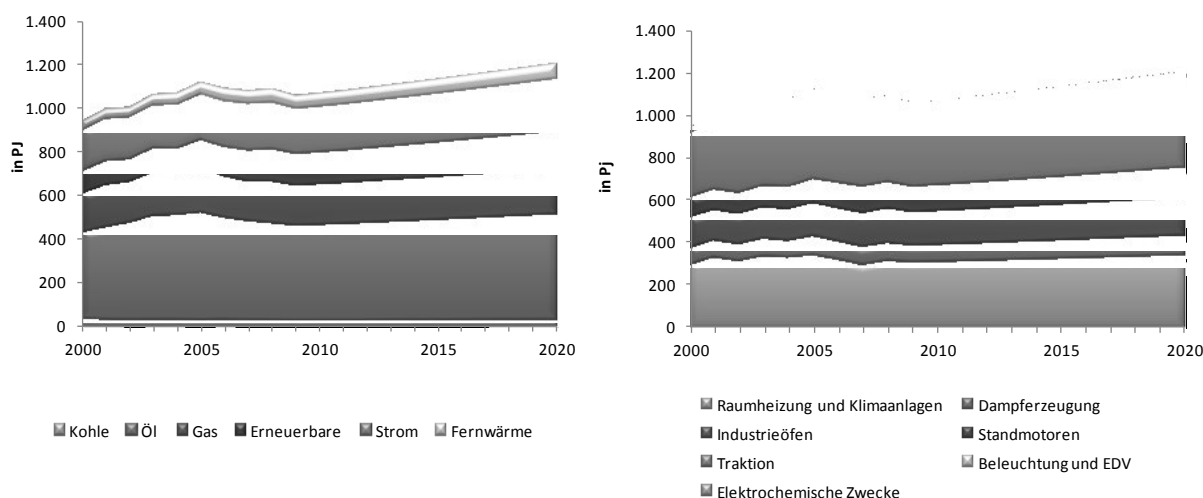


Abbildung 5-1: Energiebedarfsszenario für Österreich aus dem Projekt Energy Transition 2020/30/50 (Köppl et al., 2010)

5.2. Strategische sowie politische Ansätze zur Verringerung des Treibhausgas-Ausstoßes

Um kohlenstoffarme Energiestrukturen im Produktionsbereich zu erreichen, ist es unumgänglich, den energetischen Ressourcenbedarf in seiner Gesamtheit zu betrachten. Nur durch Reduktion der fossilen Energieträger wird es nicht möglich sein, die angestrebten Ziele zu erreichen. Die Maßnahmen der THG-Emissionsreduktion im Energiebereich können in zwei generelle Betrachtungsansätze unterschieden werden: Zum einen eine Verringerung des Ausstoßes, basierend auf einer Reduktion des Energiebedarfs. Diese Lösung stellt den Idealfall dar, es ist aber leider nicht möglich, den Energiebedarf auf null zu reduzieren. Dies führt uns zum zweiten Ansatz – der Reduktion des Ausstoßes über das Ersetzen vorhandener Energieträger durch solche mit keinen oder geringeren THG-Emissionen.

Basierend auf diesen beiden Betrachtungswinkeln gibt es vielfältige Möglichkeiten zur Emissionsreduktion. Ausgehend von den Entscheidungsträgerinnen und -trägern, welche die entsprechenden Maßnahmen umsetzen könnten, werden diese in politische und strategische unterschieden.

Im Folgenden wird näher auf die Ansätze, welche im Rahmen der Forschungsarbeiten von 2009 bis 2015 zum Einsatz kamen, eingegangen.

Die im Folgenden beschriebenen Ansätze sind bereits in Forschungsberichten sowie Publikationen veröffentlicht worden; aus diesem Grund kann es zu inhaltlichen Überschneidungen mit den eigenständigen Betrachtungen der vorliegenden Arbeit kommen.

5.2.1. Der „Technology Wedges“-Ansatz nach Pacala und Socolow

Erstmalig wurde die These von Pacala und Socolow im Jahr 2004 im Magazin Science unter dem Titel „Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the next 50 Years with current Technologies“ publiziert (Pacala & Socolow, 2004). Die Entwicklung der These erfolgte im Rahmen der Carbon Mitigation Initiative an der Universität Princeton in Zusammenarbeit mit BP und der Ford Motor Corp.

Im Gegensatz zu den meisten ExpertInnen vertreten Pacala und Socolow die Meinung, dass es keiner revolutionären, technologischen Veränderungen bedarf, um die ange-

strebt Reduktionsziele zu erreichen. Der Reduktionansatz der These beruht ausschließlich auf bereits entwickelten Technologien.

Basierend auf den Emissionsszenarien des IPCC wurde bewiesen, dass es möglich ist, mittels bereits entwickelter Technologien die CO₂-Emissionen auf dem derzeitigen Stand zu stabilisieren. Dadurch wäre es möglich, in 50 Jahren ein stabiles CO₂-Konzentrationsniveau von 500 ppm in der Atmosphäre zu erreichen. In Abbildung 5-2 ist dies vereinfacht dargestellt.

Um diese Stabilisation zu erreichen, wurden 15 technologische Maßnahmen definiert, welche auf vielfältige Weise kombiniert werden können. Mittels dieser Kombinationen werden die unterschiedlichen Reduktionsszenarien erstellt.

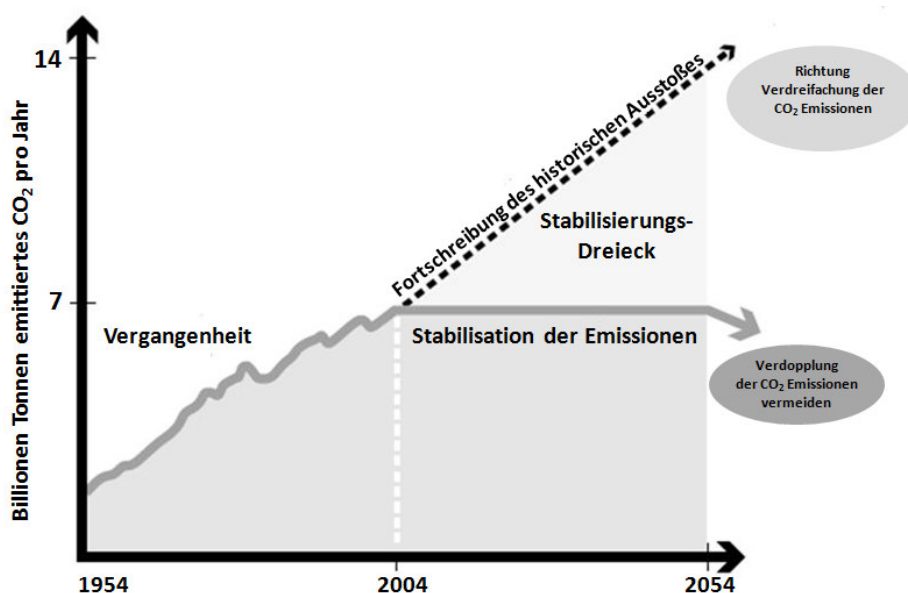


Abbildung 5-2: CO₂-Emissionsverlauf nach Pacala und Socolow (Pacala & Socolow, 2004)

Ein Themenpunkt, welcher unbehandelt blieb, sind die anfallenden Kosten der realen Umsetzung des Konzeptes (Pacala & Socolow, 2004). Zu dieser Thematik hat sich Robert Socolow während eines Interviews geäußert:

„We will have to spend real money but addressing the global carbon problem now will provide a tremendous stimulus to the economy and will promote the development of needed international institutions, while averting the most serious environmental consequences.“ Originalzitat R. Socolow (Princeton University, 2004)

Robert Socolow betont in dem Interview jedoch auch, dass die Maßnahmen wirtschaftlichen Nutzen stiften, insbesondere aufgrund der Bildung neuer Industriezweige sowie des Entfalls der fossilen Abhängigkeit. Ein wegen der Kosteninstabilität ebenfalls nicht zu vernachlässigender Punkt sind die fossilen Energiekosten sowie deren Begleitkosten.

5.2.1.1. „Stabilization Wedges“

Der Ausdruck „Wedges“ steht für einen Keil, der entsteht, wenn die THG-Emissionsreduktionen auf den Betrachtungszeitraum hochgerechnet werden. Bereits in Abbildung 5-2 zeigt sich, dass die zu reduzierenden THG-Emissionen ein Dreieck (also quasi einen Keil) bilden. Dieses Ausgleichsdreieck, welches sich zwischen prognostiziertem Pfad und der Emissionsstabilisation bildet, wird als „Stabilization Triangle“ bezeichnet. Wie bereits erwähnt, verwendeten Pacala und Socolow die Emissionsszenarien des IPPC als prognostizierten Entwicklungspfad (in den Abbildungen ist dieser vereinfacht als Gerade dargestellt). Die untere Gerade, die das Stabilization Triangle begrenzt, ist das Zielszenario – im vorliegenden Fall die Stabilisation der CO₂-Emissionen auf dem Wert von 2004 (Pacala & Socolow, 2004).

Die auf diese Weise erhaltene Emissionsreduktion wird mittels einer Kombination aus „Stabilization Wedges“ erreicht. Diese werden des Öfteren auch als „Technology Wedges“ bezeichnet. Die Begriffe sind analog, jedoch kommt der Ausdruck „Stabilization Wedges“ nur zum Einsatz, wenn mittels ihrer Anwendung der THG-Ausstoß auf einen Zielwert stabilisiert wird.

Das „Stabilization Triangle“ wird mit einer Kombination aus „Stabilization Wedges“ gefüllt, siehe Abbildung 5-3. Ein „Stabilization Wedge“ ist eine Technologie oder Anwendung, die im 50. Jahr der Implementierung ein normiertes THG-Reduktionspotenzial aufweist.

Dem erstellten Modell liegen aufgrund dieses Zeitraums von 50 Jahren einige Annahmen zugrunde, die bei genauerer Betrachtung als äußerst unsicher eingestuft werden müssen. Weder politische Veränderungen noch das Wirtschaftswachstum können über 50 Jahre prognostiziert werden (Endlicher, 2007). Dennoch benötigt es diese auf den ersten Blick unbedarft wirkende Betrachtungsspanne, um eine gravierende strukturelle Veränderung durch in der Gegenwart indizierte Eingriffe in das Gesamtsystem zu erzielen.

Die Normierung auf ein Potenzial von einer Billion t CO₂e bei Pacala und Socolow gewährleistet, dass nur Maßnahmen mit namhaften Auswirkungen in die Betrachtungen einfließen. Überdies sind diese Technologieoptionen so gewählt, dass sie in einem Zielszenario öfter angewendet werden können. Um zu vermeiden, dass zum Beispiel eine Wärmebereitstellungsmaßnahme auf den Mobilitätsbereich angewendet wird, erfolgt eine Beschränkung der Anzahl angewendeter „Wedges“ pro Kategorie. Aus diesem Grund werden die „Wedges“ in die Kategorien Stromproduktion, thermische Energie sowie direkte Treibstoffnutzung, Mobilität und LULUCF-Maßnahmen unterteilt.

Dadurch ist es möglich, die „Wedges“ frei untereinander zu kombinieren. Dies unterscheidet diesen Ansatz von der üblichen Szenarientwicklung, da mit jeder „Wedge“-Kombination ein neues Emissionsreduktionsszenario entsteht.

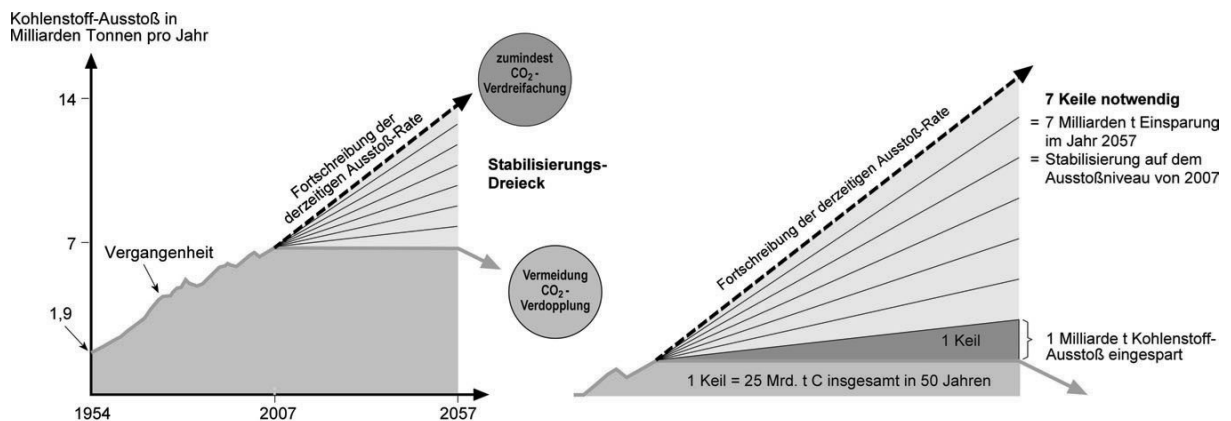


Abbildung 5-3: Konzept der „Stabilization Wedges“, adaptiert von Endlicher (Endlicher, 2007) © Prof. Endlicher mit freundlicher, persönlicher Genehmigung

Die „Wedges“ nach Pacala und Socolow sind in den folgenden Themenbereichen angesiedelt:

- *Energieeffizienz und Energieeinsparungen*
Veränderungen in der Verwendung von Energie sowie technologische Verbesserungen zur sparsameren Nutzung von Energien
- *Wechsel des Energieträgers (Fuel Switch)*
Substitution von fossilen Energieträgern mit hohen Emissionsfaktoren durch solche mit geringeren Emissionsfaktoren
- *CCS (Carbon Capture and Storage)*
Abscheiden und Einlagern der im Prozess anfallenden CO₂-Emissionen, zurzeit am ehesten in unterirdischen Lagerstätten

- *Erneuerbare Energien*
Einsatz von CO₂-neutralen Energieträgern
- *Kernspaltung*
Substitution von fossilen Energieträgern durch Atomenergie im Bereich Elektrizitätserzeugung
- *Natürliche Senken*
Wälder und landwirtschaftliche Flächen bieten ein erhebliches Potenzial zur Reduktion des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre, da sie, aufgrund der Speicherung des Kohlenstoffs in Form von Biomasse, natürliche CO₂-Senken darstellen (Pacala & Socolow, 2006)

Um nun ein Szenario erstellen zu können, bedarf es einer Ausformulierung konkreter Maßnahmen, sprich „Wedges“. Die von Pacala und Socolow in der Publikation angeführten 15 „Wedges“ sind thematisch drei Bereichen zugewiesen:

Energieeffizienz und Energieeinsparung:

1. Steigerung der Effizienz von Fahrzeugen
2. Reduzierte Autonutzung
3. Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden
4. Effizienzsteigerung von Kraftwerken, die zur Deckung der Grundlast im Bereich der elektrischen Energieversorgung benötigt werden

Dekarbonisierung von Elektrizität und Kraftstoffen

5. Substitution von Kohle durch Erdgas
6. Abtrennung und Speicherung von CO₂ bei der Verwendung von Kohle
7. Substitution der Elektrizität aus Kohle durch Atomenergie
8. Substitution der Elektrizität aus Kohle durch Windenergie
9. Substitution der Elektrizität aus Kohle durch Energie aus Photovoltaik
10. Abtrennung und Speicherung von CO₂ bei der Erzeugung von Wasserstoff- bzw. synthetischen Kraftstoffen
11. Abtrennung und Speicherung von CO₂ bei der Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen aus Kohle
12. Substituierung von fossilen Kraftstoffen in Hybridfahrzeugen durch Wasserstoff aus Windenergie
13. Substituierung von fossilen Kraftstoffen durch Bio-Kraftstoffe

Natürliche Senken

14. Wald-Management

15. Management landwirtschaftlicher Böden

(Pacala & Socolow, 2006)

Um die Maßnahmen konkret umsetzen zu können, bedarf es einer Adaption des Ansatzes. Die „Wedges“ müssen quantitativ detaillierter definiert werden. Als Beispiel hierfür kann die Adaption des Ansatzes nach Pacala und Socolow durch die Humboldt Universität Berlin angeführt werden. In Abbildung 5-4 ist das „Wedge“ Portfolio nach Endlicher für Deutschland dargestellt.

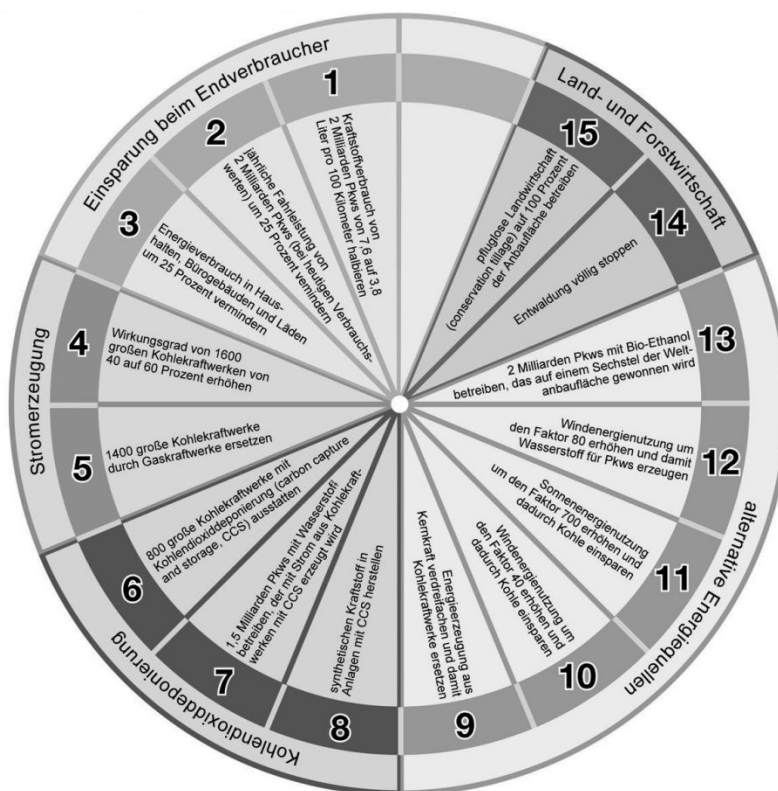


Abbildung 5-4: „Wedge“ Portfolio nach Endlicher (Endlicher, 2007) © Prof. Endlicher, mit freundlicher, persönlicher Genehmigung

Wie sich im direkten Vergleich mit den nach von Pacala und Socolow formulierten „Wedges“ zeigt, ist das an der Humboldt-Universität entwickelte Portfolio im Wesentlichen eine quantifizierte Ausformulierung der „Wedges“ (Endlicher, 2007).

Es ist anzunehmen, dass dies durch Pacala und Socolow auch erfolgte, jedoch sind diese Daten nicht öffentlich zugänglich.

5.2.1.2. Erweiterung des Ansatzes auf den österreichischen Produktionsbereich

Im Projekt Energy Transition 2012\2020\2050 wurde der Ansatz nach Pacala und Soclow auf das österreichische Energiesystem angewendet. Es bedurfte einiger grundlegender Veränderung in der Ausgestaltung des Konzepts, da bei näherer Betrachtung eine Aufgliederung des Bedarfs auf die essenziellen Verbrauchssektoren, wie

- Mobilität
- Gebäude
- Produktion

notwendig war.

Zur tiefergehenden Analyse wurden für die einzelnen Sektoren Energiedienstleistungen definiert. Das Konzept der Energiedienstleistung erlaubt eine entkoppelte Betrachtung des Bedarfs von der Energiequelle. In Kapitel 1, Artikel 3, Absatz e der Richtlinie 2006/32/EG sind Energiedienstleistungen folgend definiert:

„Energiedienstleistung: der physikalische Nutzeffekt, der Nutzwert oder die Vorteile als Ergebnis der Kombination von Energie mit energieeffizienter Technologie und/oder mit Maßnahmen, die die erforderlichen Betriebs-, Instandhaltungs- und Kontrollaktivitäten zur Erbringung der Dienstleistung beinhalten können; sie wird auf Grundlage eines Vertrages erbracht und führt unter normalen Umständen erwiesenermaßen zu überprüf- und mess- oder schätzbaren Energieeffizienzverbesserungen und/oder Primärenergieeinsparungen“.

Die Anwendung des Energiedienstleistungskonzepts ermöglicht auch eine Optimierung der gesamten Energiekaskade ohne Komforteinbußen. In Abbildung 5-5 ist die betrachtete Energiekaskade dargestellt.



Abbildung 5-5: Betrachtete Energiekaskade

Die Umlegung auf den Produktionsbereich gestaltet sich etwas schwierig, da die benötigte Wärme oder Licht oft nicht primär den Nutzwert darstellen. Aus diesem Grund

wurde auch der Produktions-Output als Energiedienstleistung herangezogen. In den Betrachtungen wurde aber die Verteilung der Nutzenergiekategorien berücksichtigt. So ergaben sich die Kategorien:

thermische Energiedienstleistungen

Da sich die Anwendungstechnologien sowie die Prozesse je nach gefordertem Temperaturbereich massiv unterscheiden, wurde diese Kategorie unterteilt in

- thermische Energiedienstleistungen bis 100 °C
- thermische Energiedienstleistungen bis 500 °C
- thermische Energiedienstleistungen über 500 °C

mechanische Energiedienstleistungen

- Standmotoren

spezifische elektrische Energiedienstleistungen

- Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnologien, elektrochemische Zwecke

Diese Kategorien kamen in den im Folgenden weiter ausgeführten, für den Produktionsbereich definierten, „Technology Wedges“ zum Einsatz. Es wurden sieben „Technology Wedges“ erarbeitet, welche in die beiden Kategorien Reduktion des Energiebedarfs und Substitution der Energieträger aufgeteilt wurden. Die Berechnungen der „Technology Wedges“ beziehen sich auf das Energy Transition Referenzszenario, welches dem Endbericht entnommen werden kann (Köppl et al., 2010).

5.2.1.2.1. „Technology Wedge“ Energiebedarf der Produktionsgebäude

In diesem „Technology Wedge“ wird der Energiebedarf der Produktionsgebäude reduziert. Die THG-Einsparung erfolgt zum überwiegenden Teil durch die thermische Sanierung der Gebäude. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Energiebedarf der Produktionsgebäude (Köppl et al., 2010)

Energiebedarf der Produktionsgebäude

Reduktion des Energiebedarfs	7.776 TJ werden bis 2020* eingespart
Energiedienstleistung	Produktions-Output wächst um 23 % bis 2020
Technologie	Reduktion des Energiebedarfs der Produktionsgebäude
Diffusionsrate	Linear
Investitionskosten	1.577577 Mio. € bis 2020
Zusätzl. Betriebskosten	– 171 Mio. € im Jahr 2020
Emissionsreduktion*	0,247 Mio. t CO ₂ im Jahr 2020

* verglichen mit dem Referenzszenario

Dem relativ hohen Energiebedarf der Produktionsgebäude wurde erst in den letzten Jahren Aufmerksamkeit geschenkt. Für die Beheizung und Klimatisierung der Gebäude im Produktionssektor wurden im Jahr 2008 13 % der sektoralen Energiebedarfs verwendet. Der Anteil an fossilen Energieträgern zur Temperierung der Gebäude betrug 56 %.

Der überwiegende Teil der Produktionsgebäude kann als thermisch äußerst ineffizient bezeichnet werden (Amon et al., 2010). Eine Isolierung ist in nicht ausreichendem Maße oder gar nicht vorhanden. Dies ist mitunter auch darauf zurückzuführen, dass die Notwendigkeit einer Beheizung von Produktionsgebäuden ein relativ neues Phänomen ist und durch die steigende Effizienz der Produktionsanlagen verursacht wird. Früher wurden die Gebäude schlichtweg mittels der Abwärme der darin installierten Anlagen beheizt. Aufgrund der Reduktion der thermischen Verluste der Anlagen fällt diese Wärmequelle weg. Im Sommer war die schlechte Isolierung ebenfalls von Vorteil, da diese zu einer besseren Ausschleusung der Anlagenabwärme führte.

Der überwiegende Teil der Emissionsreduktionen dieser Maßnahme basiert auf der Reduktion des thermischen Energiebedarfs. Dies wird mittels einer thermischen Sanierung des Gebäudebestands sowie der Einhaltung der Zielwerte im Neubau erreicht. Zur Berechnung der spezifischen Heizwärmebedarfskennzahlen wurden die Daten aus der Studie „Design Guidelines – Solar Space Heating of Factory Buildings“ herangezogen (Jähnig & Weiss, 2007). Als durchschnittlicher Heizwärmebedarf wurden 57 kWh/m²/a veranschlagt. Die jährliche Sanierungsrate des Bestandes beträgt 1 %.

Die zweite Maßnahme in diesem Bereich betrifft die Beleuchtung der Gebäude. Durch intelligente Beleuchtungssysteme oder definierte Tageslichtnutzung können deutliche

Reduktionen des Bedarfs an elektrischer Energie erreicht werden. Die Basisdaten zur Kalkulation des Potenzials lieferte die Studie AWWEEMS (Energieninstitut Linz, 2010).

Die Investitionskosten, welche in Tabelle 5 angeführt sind, setzen sich aus Investitionen für die thermische Sanierung und den Kosten für das neue Beleuchtungssystem zusammen. Für die Kostenberechnung der thermischen Sanierung wurde eine Fallstudie der KPC herangezogen und adaptiert (KPC, 2007). Für eine Einsparung von 65 kWh/m²/a belaufen sich die Investitionskosten auf 53,31 €/m². Die Kosten für die Beleuchtung wurden über eine Amortisationszeit von zwei Jahren berechnet. Dies führt zu einer jährlichen Investitionssumme von 143 Mio. €.

Mittels dieser Investitionen können die in Tabelle 6 angeführten Einsparungen erreicht werden. Die Differenzen für 2020 beziehen sich auf das Energy Transition Referenzszenario. Es sind variable Veränderungen innerhalb der Energieträger erkennbar, welche aufgrund eines Austausches der Heizsysteme entstehen.

Durch die Einsparungen an Strom und Fernwärme werden zusätzlich 0,47 Mio. t CO₂-Emissionen eingespart, welche aufgrund der Berechnungsmethode dem Sektor Energiebereitstellung zugerechnet werden. Die Berechnung beruht auf der Annahme, dass nur Strom und Fernwärme aus mittels Kohle und Gas betriebenen Anlagen eingespart wird.

Tabelle 6: Auswirkungen der Reduktion des Energiebedarfs der Produktionsgebäude auf den Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Energiequelle	Endenergiebedarf			CO ₂ -Emissionen		
	2008 in PJ	Differenz* 2020 in PJ	2020 in %	2008 in Mio. t	Differenz* 2020 in Mio. t	2020 in %
Kohle	19,99	- 0,01	0,0	1,99	0,00	- 0,1
Öl	32,64	- 1,39	- 4,3	2,41	- 0,11	- 4,5
Gas	103,69	- 2,49	- 7,6	5,70	- 0,14	- 2,4
Erneuerbare	48,36	- 0,51	- 0,5	1,29	0,00	0,0
Strom	98,69	- 2,27	- 4,7	0,00	0,00	0,0
Fernwärme	8,46	- 1,11	- 1,1	0,00	0,00	0,0
Gesamt	311,84	- 7,78	- 2,5	11,40	- 0,25	- 2,2

* Abweichungen zum Referenzszenario

Die Abbildung 5-6 zeigt die Auswirkungen dieser Maßnahme, angewendet auf das Referenzszenario. Links sind die eingesparten 7.776 TJ Endenergie als Keil, sprich „Wedge“, dargestellt. Die größten Einsparungen werden im Bereich Gas und Strom

erreicht. In der rechten Abbildung erfolgt dies analog mit den in diesem Sektor verbuchten CO₂-Emissionen, welche sich auf 0,25 Mio. t CO₂ im Jahr 2020 belaufen.

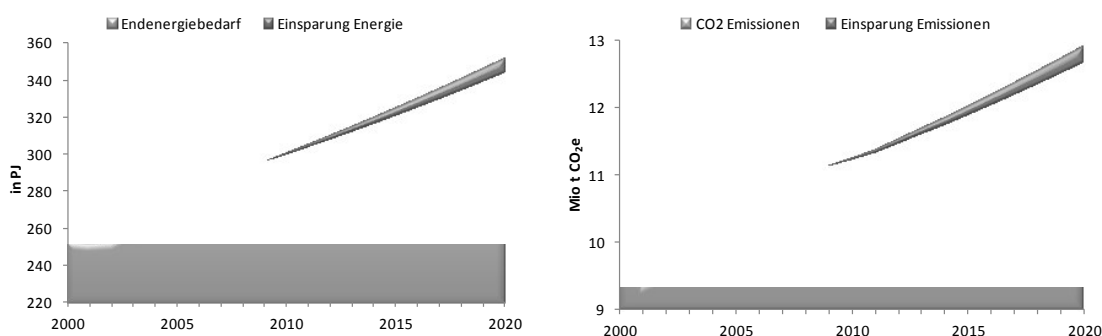


Abbildung 5-6: Auswirkungen der Reduktion des Energiebedarfs der Produktionsgebäude auf die Emissionen und den Energiebedarf (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

5.2.1.2.2. „Technology Wedge“ Energieeffiziente Antriebe

Der „Technology Wedge“ Energieeffiziente Antriebe beinhaltet den Ersatz von veralteten Anlagenteilen durch effiziente Anlagen. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für diese Kategorie.

Tabelle 7: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Energieeffiziente Antriebe (Köppl et al., 2010)

Energieeffiziente Antriebe

Reduktion des Energiebedarfs	9,964 TJ werden bis 2020* eingespart
Energiedienstleistung	Mechanisch
Technologie	Ersatz durch Energieeffiziente Antriebe
Diffusionsrate	Linear
Investitionskosten	700 Mio. € bis 2020
Zusätzl. Betriebskosten	– 350 Mio. € im Jahr 2020
Emissionsreduktion*	0,056 Mio. t CO ₂ im Jahr 2020

* verglichen mit dem Referenzszenario

Im gesamten Produktionsbereich kommen Antriebe zum Einsatz. Beinahe alle Prozessschritte, welche bewegliche Anlagenkomponenten benötigen, werden mittels Antrieben, sprich Motoren, ermöglicht. Das Spektrum der Anwendungen von Antrieben in der Produktion ist weitreichend; als Beispiele hierfür können Mahlwerke, Pumpen, Ventilatoren, Mixer, Förderbänder usw. angeführt werden. Zum überwiegenden Teil werden diese Motoren durch elektrische Energie betrieben. Nur ein verbleibender kleiner Anteil für einige spezielle Anwendungen wird mittels Gas oder Erdöl betrieben.

Neue energieeffiziente Antriebe unterscheiden sich in erster Linie durch geringere thermische und mechanische Verluste. Die Unterschiede im Effizienzgrad werden von den Herstellern durch kontinuierliche Verbesserung in der Konstruktion, den verwendeten Materialien sowie dem Produktionsprozess der Antriebe erreicht. Oft können sie dadurch auch längere Garantiezeiten sowie einen geringeren Wartungsaufwand gewährleisten.

Die korrekte Dimensionierung der Antriebe wirkt sich direkt auf den Energiebedarf aus. Veraltete Anlagen sind meist überdimensioniert und weisen überdies auch ein schlechtes Teillastverhalten auf. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass es in früheren Zeiten zur gängigen Praxis gehörte, sehr hohe Sicherheitsfaktoren bei der Dimensionierung anzuwenden. Heute wird bei der Auslegung schon dazu übergegangen, die Antriebe möglichst lange unter Vollast zu betreiben und die Spitzen mittels Backup-Systemen abzudecken.

Laut European Motor System Database im Jahr 2010 (EuroDEEM, 2010) könnten mittels energieeffizienter Antriebe in der Europäischen Union ca. 600 TWh pro Jahr eingespart werden. Das ist eine Reduktion des Bedarfs um ein Drittel (EuroDEEM, 2010). Im Jahr 2005 hatten laut Statistik Austria 46 % der Antriebe ein Alter von über 5 Jahren (Statistik Austria, 2013a). Die Grenzen nach oben hin sind offen, bei sehr großen Aggregaten ist es durchaus im Rahmen des Möglichen, dass die Erstinbetriebnahme bereits vor 40 Jahren erfolgt ist. Eine besonders hohe Altersstruktur weisen die mit Diesel betriebenen Anlagen auf.

Die Berechnungen für diese Maßnahme gehen davon aus, dass die mit Gas und Diesel betriebenen Anlagen vollständig durch elektrisch betriebene ersetzt werden. Im Allgemeinen sind laut European Motor System Database 4.000.000 Betriebsstunden im Produktionsbereich anzustreben, um eine Amortisationszeit von zwei Jahren zu erreichen. Antriebe mit mehr als 4.000 Betriebsstunden pro Jahr sollten bevorzugt ausgetauscht werden, da sich die Amortisationszeit deutlich verringern kann. Dennoch ist dies im Einzelfall immer konkret abzuklären. Für die Berechnung der Investitionen sowie der Einsparungen wurde davon ausgegangen, dass sich der Ersatz der Aggregate innerhalb von zwei Jahren amortisiert (Köppl et al., 2010).

In Tabelle 8 sind die Veränderungen im Energieträger-Mix sowie die Einsparungen von CO₂-Emissionen angeführt. Durch die mit Öl betriebenen Aggregate werden bis 2020

lediglich 0,72 PJ und in weiterer Folge 0,06 Mio. t CO₂ reduziert. Der überwiegende Teil wird im Strombedarf eingespart. Dadurch werden zusätzlich 1,9 Mio. t CO₂-Emissionen eingespart, welche aber aufgrund der Bereitstellung hier nicht verbucht werden können. Die Einsparungen berechnen sich aus der Annahme, dass nur Strom aus mittels Kohle und Gas betriebenen Anlagen eingespart wird.

Tabelle 8: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen durch die Implementierung energieeffizienter Antriebe (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Energiequelle	Endenergiebedarf			CO ₂ -Emissionen		
	2008 in PJ	Differenz* in PJ	2020 in %	2008 in Mio. t	Differenz* in Mio. t	2020 in %
Kohle	19,99	0,00	0,0	1,99	0,00	0,0
Öl	32,64	- 0,72	- 2,2	2,41	- 0,06	- 2,3
Gas	103,69	- 0,01	0,0	5,70	0,00	0,0
Erneuerbare	48,36	0,00	0,0	1,29	0,00	0,0
Strom	98,69	- 9,24	- 19,1	0,00	0,00	0,0
Fernwärme	8,46	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
gesamt	311,84	- 9,96	- 3,2	11,40	- 0,06	- 0,5

* Abweichungen zum Referenzszenario

Die Abbildung 5-6 zeigt die Auswirkungen dieser Endenergie Maßnahme, angewendet auf das Referenzszenario, an. Links sind die eingesparten 9,96 TJ als Keil, sprich „Wedge“, dargestellt. Die größten Einsparungen werden im Bereich Gas und Strom erreicht. In der rechten Abbildung erfolgt dies analog mit den in diesem Sektor verbuchten CO₂-Emissionen, welche sich auf 0,0,6 Mio. t CO₂ im Jahr 2020 belaufen.

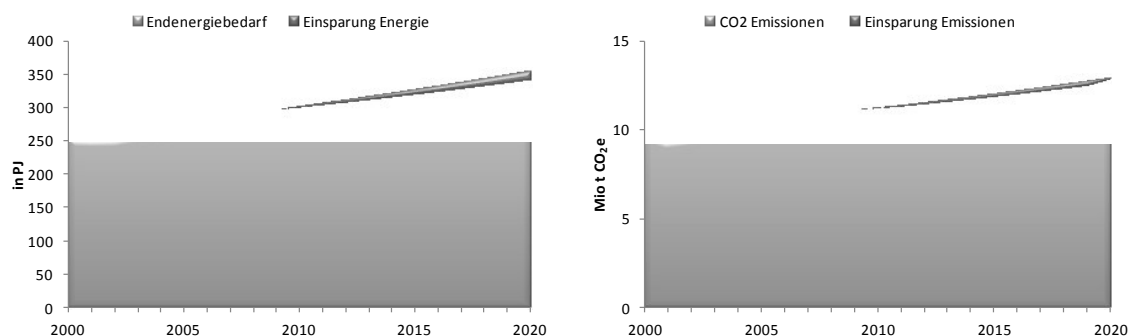


Abbildung 5-7: Auswirkungen der Reduktion der Energieeffizienten Antriebe auf die Emissionen und den Energiebedarf (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

5.2.1.2.3. „Technology Wedge“ Prozessintensivierung und Prozessintegration

Im „Technology Wedge“ Prozessintensivierung und Prozessintegration wird der Energiebedarf durch die Optimierung der Prozesse sowie die Nutzung von Abwärmeströmen reduziert. Tabelle 9 zeigt die zusammengefassten Ergebnisse dieses Maßnahmenbündels.

Tabelle 9: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Prozessintensivierung und Prozessintegration (Köppl et al., 2010)

Prozessintensivierung und Prozessintegration

Reduktion des Energiebedarfs	38.380 TJ werden bis 2020* eingespart
Energiedienstleistung	thermisch, elektrisch und mechanisch
Technologie	Prozessoptimierung und Abwärmennutzung
Diffusionsrate	Linear
Investitionskosten	2.217 Mio. € bis 2020
Zusätzl. Betriebskosten	– 739 Mio. € im Jahr 2020
Emissionsreduktion*	1,482 Mio. t im Jahr CO ₂

* verglichen mit dem Referenzszenario

Das Konzept Prozessintensivierung wurde bereits in den 1970er-Jahren von Colin Ramshaw und seiner Forschungsgruppe im Unternehmen „Imperial Chemical Industries“ entwickelt. Per Definition sollte es sich um eine Reduktion der Anlagengröße um den Faktor 100 bei gleichbleibendem Output handeln (Reay, Ramshaw & Harvey, 2008). Der Ansatz dient der Planung von effizienteren Prozessen und steht oft auch in direktem Zusammenhang mit den Green Chemistry Konzepten (Anastas & Warner, 2000). Im Allgemeinen kann man die verschiedenen Prozessoptimierungskonzepte äußerst schwer voneinander abgrenzen. Wenn es zu einer Unterscheidung kommt, dann oft nur durch Analyse, wie die energetische Reduktion erreicht wird. So wird bei der Prozessintegration, welche auch das Tool Pinchanalyse²¹ beinhaltet, eine Optimierung durch vorhandene Ressourcen bei bestehenden Anlagen vorausgesetzt. Hingegen geht man bei einer Prozessintensivierung davon aus, dass durch ein neues Prozessdesign die Anlagen neu gebaut werden.

²¹ Systematik zur Erstellung eines Wärmetauschernetzwerkes um prozessinterne Wärmequellen und -senken zu nutzen

Die Berechnungen in dieser Maßnahme inkludieren auch die Nutzung von direkt anfallenden Abwärmeströmen. Stellvertretend für die angewendeten Techniken wird die Prozessintensivierung in den Sektoren Chemie & Petrochemie sowie Nahrungs-, Genussmittel & Tabak aufgezeigt. Im Jahr 2007 wurde vom niederländischen Senter Novem der europäische Fahrplan für Prozessintensivierung publiziert (Senter Novem, 2007). Darin wird auch im Speziellen auf diese Bereiche eingegangen, da sie äußerst komplexe Prozessstrukturen haben. Des Weiteren ist ein großer Anteil der darin anfallenden Energiedienstleistungen thermisch.

In Abbildung 5-8 sind die Verteilungen der Energiedienstleistungen in den Jahren 2008 und 2020 nach Umsetzung der Prozessintensivierungsmaßnahmen dargestellt. Die Berechnungen bezogen sich auf das Referenzszenario. Dies bedeutet, dass in derselben Zeit, in der sich der Energiebedarf um 12 % verringert, der Produktionsoutput um 22 % steigt.

Bei der Berechnung der Investitionskosten wurde davon ausgegangen, dass sich die Maßnahmen im Bereich Prozessoptimierung innerhalb von drei Jahren amortisieren (Köppl et al., 2010). In zuvor bereits durchgeführten Fallstudien zeigte sich jedoch, dass diese Zeitspanne – je nach Wirtschaftslage – oft als zu lange angesehen wird.

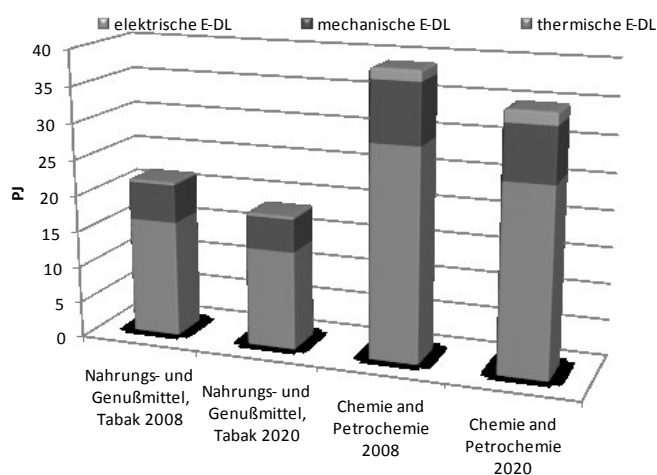


Abbildung 5-8: Endenergiebedarf nach Nutzenergiekategorien 2008 und 2020 nach der Maßnahme der Reduktion (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009b)

Anhand der Abbildung 5-8 lässt sich erkennen, dass sowohl die thermischen als auch die mechanischen Energiedienstleistungen zurückgehen, die elektrischen jedoch ansteigen. Dies erklärt sich anhand der im Fahrplan des Senter Novems publizierten Einspa-

lungspotenziale für die Lebensmittelproduktion in den nächsten 30 bis 40 Jahren, bezogen auf spezielle Prozesse (Senter Novem, 2007):

- 20 % Einsparung durch Verbesserung der Anlagenoberflächen mit Produktkontakt;
- 15–30 % durch den Ersatz thermischer Energie durch alternative Anwendungen (z. B. UV, Pulse Electric Fields);
- 30 % durch den Wandel zu kontinuierlichen Prozessen;
- 60 % durch Steigerung der Kapazität.

In diesen Potenzialen zeigt sich deutlich, dass es einen Wandel von rein thermischen zu mit Strom betriebenen Technologien gibt. Dies schlägt sich auch in den Veränderungen der Energieträger bis 2020 nieder. In Tabelle 10 zeigt sich, dass die Reduktion im Bereich Strom überdurchschnittlich gering ist. Die Einsparungen gehen eindeutig zu Lasten der thermischen Energieträger. Zusätzlich werden 1,38 Mio. t CO₂ durch die Stromreduktion eingespart. Diese werden jedoch im Energiebereitstellungssektor verbucht und berechnen sich aus der Annahme, dass nur Strom aus mittels Kohle und Gas betriebenen Anlagen eingespart wird.

Tabelle 10: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen der Prozessoptimierungen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Energiequelle	Endenergiebedarf			CO ₂ -Emissionen		
	2008 in PJ	Differenz* 2020 in PJ	in %	2008 in Mio. t	Differenz* 2020 in Mio. t	in %
Kohle	19,99	- 2,41	- 12,1	1,99	- 0,23	- 11,7
Öl	32,64	- 5,63	- 17,2	2,41	- 0,44	- 18,2
Gas	103,69	- 14,85	- 14,3	5,70	- 0,82	- 14,3
Erneuerbare	48,36	- 8,34	- 17,3	1,29	0,00	0,0
Strom	98,69	- 6,72	- 6,8	0,00	0,00	0,0
Fernwärme	8,46	- 0,43	- 5,1	0,00	0,00	0,0
Gesamt	311,84	- 38,38	- 12,3	11,40	- 1,49	- 13,1

* Abweichungen zum Referenzszenario

Abbildung 5-9 zeigt die Auswirkungen der Maßnahme, umgelegt auf das Referenzszenario. Auf der linken Seite sind die Einsparungen von 38,38 PJ, dargestellt in der typischen Keilform, zu sehen. Das Potenzial dieser Maßnahme kann als sehr hoch eingestuft werden. Rechts sind die CO₂-Einsparungen, welche im Produktionssektor verbucht werden, angeführt. Es können 1,49 Mio. t durch die Reduktion fossiler Energieträger eingespart werden.

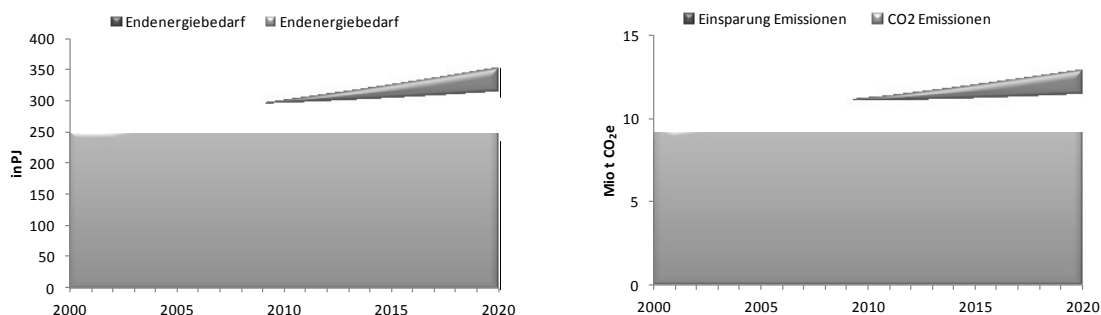


Abbildung 5-9: Auswirkungen der Prozessoptimierung auf die Emissionen und den Energiebedarf , (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

5.2.1.2.4. „Technology Wedge“ Wechsel innerhalb der fossilen Energieträger

Dieser „Technology Wedge“ beinhaltet Emissionsreduktionen, verursacht durch einen Wechsel von fossilen Energieträgern mit höheren Emissionsfaktoren zu solchen mit geringeren. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse dieses Energieträgerwechsels zusammengefasst.

Tabelle 11: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Wechsel innerhalb der fossilen Energieträger (Köppl et al., 2010)

Ersatz von Kohle und Öl durch Erdgas

Ersatz von Kohle und Öl	2.773 TJ thermische Energie werden mittels Erdgas bereitgestellt
Energiedienstleistung	Thermisch
Technologie	Gaskessel
Diffusionsrate	Linear
Investitionskosten	65 Mio. € bis 2020
Zusätzl. Betriebskosten	– 73 Mio. € im Jahr 2020
Emissionsreduktion *	0,840 Mio. t CO ₂ im Jahr 2020

* verglichen mit dem Referenzszenario

Seit Jahrzehnten geht der Einsatz von Kohle und Öl stetig zurück. So fiel die Verwendung von Kohle im Produktionsbereich von einem Anteil von 9 % im Jahr 2000 auf einen Anteil von 6 % im Jahr 2008. Dies bedeutet eine Reduktion an Kohle im Endenergiebedarf um annähernd 2 PJ von 2000 bis 2008.

Gegenläufig dazu verhält sich der Erdgasbedarf, welcher kontinuierlich ansteigt. Die Gründe für einen Wechsel von Kohle und Öl zu Erdgas sind vielfältig. In Bezug auf den THG-Ausstoß sticht eine Eigenschaft des Erdgases besonders hervor – sein im Vergleich zu anderen fossilen Energieträgern geringer Emissionskoeffizient. Werden durch

die Verbrennung von 1 TJ Steinkohle²² etwa 94 t CO₂ emittiert, so betragen die CO₂-Emissionen bei der Verbrennung von 1 TJ Erdgas nur 55 t. Die gravierendste Triebfeder für diesen Wechsel im Produktionsbereich sind jedoch die wirtschaftlichen Vorteile von Erdgas. Dies ist durchaus auf die einfachen Anwendungstechnologien zurückzuführen, welche bereits äußerst hohe Effizienzgrade erreicht haben. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung ist die Bereitstellung der thermischen Energie auch im Hochtemperaturbereich möglich. Des Weiteren benötigen erdgasbetriebene Anlagen zumeist keine Abgasreinigungsanlagen, da das Gas bereits in aufbereiteter Qualität dem Netz entnommen wird. Durch dieses flächendeckend ausgebaute Netz entfallen auch die Kosten für eine Speicherung des Energieträgers vor Ort.

Trotz aller Vorteile gibt es Anwendungen, in welchen Kohle und Öl zum jetzigen Zeitpunkt nicht durch Erdgas substituiert werden können. Eine dieser Anwendungen ist die Stahlherstellung. Im Hochofen laufen die stoffliche sowie die energetische Nutzung der Kohle parallel ab und können zwar rechnerisch, jedoch nicht real getrennt werden.

Es gibt jedoch auch Anwendungen, für welche schlichtweg noch nicht genügend ausge-reifte Technologien vorhanden sind, wie sich an den Maschinen im Bausektor zeigt.

Für die Berechnungen der Investitionskosten wurden nur die im Rahmen von Ersatzin-vestitionen getätigten erdgasbetriebenen Anlagen berücksichtigt. Anhand Tabelle 12 zeigen sich eindeutig die Veränderungen innerhalb der Energieträger. Die Einsparungen an Energie absolut ergeben sich durch die Effizienzsteigerungen der Neuanlagen.

Tabelle 12: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen des Wechsels innerhalb der fossilen Energieträger (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Energiequelle	Endenergiebedarf			CO ₂ -Emissionen		
	2008 in PJ	Differenz* 2020 in PJ	2020 in %	2008 in Mio. t	Differenz* 2020 in Mio. t	2020 in %
Kohle	19,99	- 9,15	- 41,1	1,33	- 0,89	- 40,0
Öl	32,64	- 13,79	- 35,9	2,85	- 1,08	- 37,8
Gas	103,69	21,38	18,7	6,28	1,18	18,7
Erneuerbare	48,36	0,00	0,0	1,53	0,00	0,0
Strom	98,69	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Fernwärme	8,46	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
gesamt	311,84	- 1,56	- 0,4	12,88	- 0,79	- 6,1

²² durchschnittlicher Emissionskoeffizienten, Zusammensetzung der Kohle variiert nach Abaustätte

* Abweichungen zum Referenzszenario

Abbildung 5-10 zeigt die Auswirkungen des Umstiegs von Kohle und Öl auf Erdgas, angewendet auf das Referenzszenario. In der linken Abbildung zeigen sich die Reduktionen, welche durch die höhere Effizienz der Gaskessel erzielt werden. Sie belaufen sich auf 1,56 PJ.

Rechts ist die Einsparung an CO₂-Emissionen dargestellt. In diesem Sektor können im Jahr 2020 Reduktionen im Ausmaß von 0,79 Mio. t CO₂ verbucht werden.

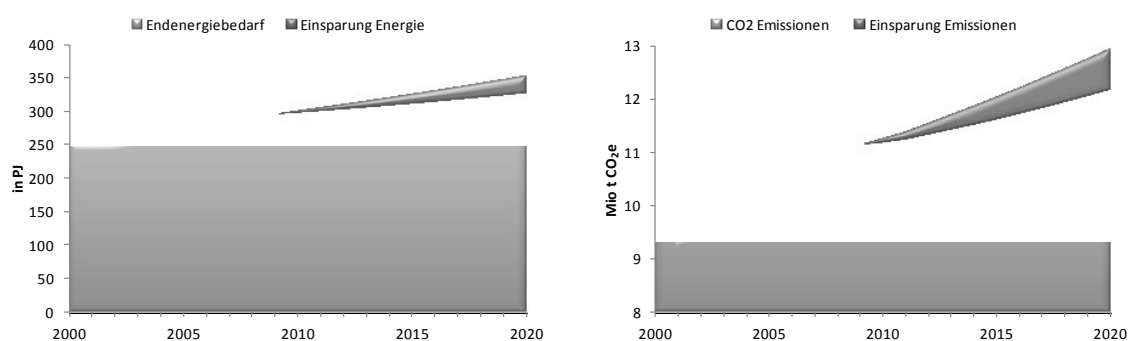


Abbildung 5-10: Auswirkungen des Wechsels innerhalb der fossilen Energieträger auf die Emissionen und den Energiebedarf (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

5.2.1.2.5. „Technology Wedge“ Solarthermische Anlagen

In diesem „Technology Wedge“ wird thermische Energie auf einem geringeren Temperaturniveau bereitgestellt, indem Erdgas durch Solarthermie substituiert wird. Die Emissionsreduktion erfolgt durch Einsparungen an Erdgas. Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse dieses Energieträgerwechsels.

Tabelle 13: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Solarthermische Anlagen (Köppl et al., 2010)

Solarthermie

Ersatz von Erdgas	4.448 TJ thermische Energie werden mittels Solarthermie bereitgestellt
Energiedienstleistung	Produktionsoutput wächst um 23 % bis 2020
Technologie	solarthermische Kollektoren
Diffusionsrate	Linear
Investitionskosten	1.236 Mio. € bis 2020
Zusätzl. Betriebskosten	– 72 Mio. € im Jahr 2020
Emissionsreduktion*	0,245 Mio. t CO ₂ im Jahr 2020

* verglichen mit dem Referenzszenario

Solarthermie ist definiert als die Umwandlung von solarer Strahlung in thermische Energie. Dies erfolgt über Kollektoren, welche mittels eines Mediums die solare Strahlung absorbieren. Als Medium werden Luft oder Flüssigkeiten eingesetzt. Über ein Verteilsystem wird die thermische Energie an die Verbraucher transportiert, zumeist ist im Gesamtsystem ein Speicher eingebettet (Kaltschmitt & Streicher, 2009).

Biomasse und Wasserkraft sind traditionell die weltweit am häufigsten eingesetzten erneuerbaren Energieträger. In 2012 belegte die Windkraft den vierten Platz und danach folgt bereits die Nutzung von Solarenergie. Obwohl bereits in den 50er-Jahren solarthermische Anlagen errichtet wurden, begann diese Technologie sich erst in den 90er-Jahren durchzusetzen. Bedingt durch instabile Energiemärkte und die steigende Relevanz der Treibhausgas-Problematik konnte sie nennenswerte Zuwächse verbuchen. Im Jahr 2007 belief sich die weltweit installierte Kollektorfläche bereits auf 209 Mio. m², welche sich in einer Leistung von 146.8 GW_{th} niederschlägt (Weiss, Bergmann & Stelzer, 2009).

In Europa betrug die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Solarthermie im Zeitraum von 1999 bis 2007 beinahe 20 %, in Kanada sogar 26 % und in China 24 %. Ausgehend von diesen acht Jahren lassen sich eindeutig die Tendenzen für eine rasche Marktdurchdringung dieser Technologie erkennen. Nach China belegt bereits die EU Platz zwei im Ranking der installierten solarthermischen Anlagen. Da regenerative Wärme zum überwiegenden Teil mittels Biomasse, Geothermie oder Solarthermie bereitgestellt wird, ist eine Forcierung solarthermischer Anlagen zur Erreichung der EU 2020-Ziele unumgänglich. Im Jahr 2005 wurden 49 % des Endenergiebedarfs der Europäischen Union zur Bereitstellung von thermischer Energie verwendet (Weiss, Bergmann & Stelzer, 2009; Weiss & Biermayr, 2005).

Solarthermische Prozesswärme unterscheidet sich von den konventionellen Warmwasseranwendungen durch die geforderten Temperaturlevel. In der Studie POSHIP wurde 2001 der Einsatz von Solarthermie zur Prozesswärmebereitstellung, basierend auf den benötigten Temperaturen, untersucht. Die Studie zeigte, dass die Potenziale der Solarthermie in Produktionsprozessen deutlich höher sind als zunächst angenommen. Viele der mit Dampf versorgten Prozesse könnten durchaus mittels Warmwasser versorgt werden, der Dampfeinsatz ist oftmals lediglich historisch bedingt. Laut IEA liegen mehr als 50 % des thermischen Prozesswärmebedarfs der Sektoren Nahrungs- und Genussmittel inkl. Tabak sowie Bergbau unter 100 °C. In den Sektoren Maschinen- und Fahr-

zeugbau werden sogar mehr als 60 % der Prozesswärme unter 100 °C benötigt. Nicht zu vernachlässigen ist auch die gesamte Raumwärme, welche unter 100 °C betrieben wird. Dieser Temperaturbereich kann mit Flachkollektoren versorgt werden. Die geringeren Kosten der Flachkollektoren kommen auch den Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit sehr entgegen (Ellehaug, 2003; Weiss, Bergmann & Stelzer, 2009).

Die Potenziale für Österreich wurden der Studie "PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie" entnommen. Des Weiteren wurde auch das Potenzial bis 250 °C, wie in der Studie erörtert, berücksichtigt. Die Berechnungen dieses „Wedges“ basieren zum einen auf dem Prozesswärmebedarf und zum anderen auf dem Heizwärmebedarf. Dieser wurde, basierend auf den "Design Guidelines Solar Space Heating of Factory Buildings", für solare Kombi-Systeme errechnet. Der theoretische Ertrag der Solaranlagen liegt bei 350 kWh/m². Als durchschnittliche Investitionskosten pro m² installierter Kollektorfläche wurden 350 € herangezogen (Jähnig & Weiss, 2007; Müller et al., 2004).

In Tabelle 14 sind die Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Energieträger ersichtlich. Bis 2020 werden 4,45 PJ mittels solarthermischer Kollektoren bereitgestellt.

Tabelle 14: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen der solarthermischen Anlagen (Köpl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Energiequelle	Endenergiebedarf			CO ₂ -Emissionen		
	2008 in PJ	Differenz* in PJ	2020 in %	2008 in Mio. t	Differenz* in Mio. t	2020 in %
Kohle	19,99	0,00	0,0	1,99	0,00	0,0
Öl	32,64	0,00	0,0	2,41	0,00	0,0
Gas	103,69	- 4,45	- 3,9	7,46	- 0,24	- 3,9
Erneuerbare	48,36	4,45	8,0	1,29	0,00	0,0
Strom	98,69	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Fernwärme	8,46	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
gesamt	311,84	0,00	0,0	11,40	- 0,24	- 1,9

* Abweichungen zum Referenzszenario

Abbildung 5-11 zeigt die Auswirkungen des Ersatzes von Erdgas durch Solarthermie auf das Referenzszenario. Dadurch werden 0,24 Mio. t CO₂ im Jahr 2020 eingespart. Die Maßnahme hat keinen Einfluss auf den Energiebedarf, da lediglich der thermische Energiebedarf substituiert wurde. Der Mehraufwand durch die zusätzlichen elektrischen Aggregate wurde vernachlässigt.

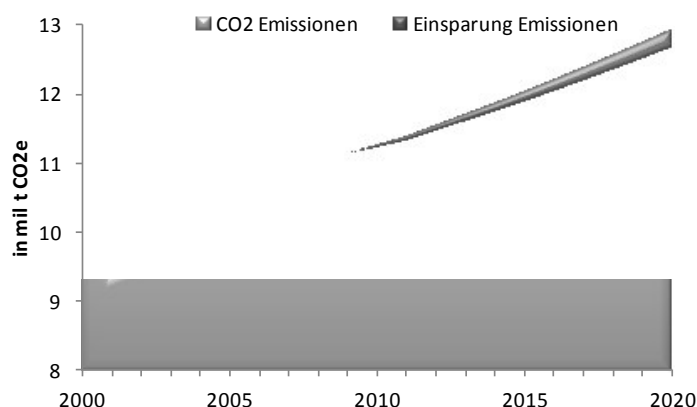


Abbildung 5-11: Auswirkungen der solarthermischen Anlagen auf die Emissionen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

5.2.1.2.6. „Technology Wedge“ Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie

Der „Technology Wedge“ Biomasse beinhaltet den Ersatz von Erdgas zur Bereitstellung thermischer Energie im Mitteltemperaturbereich durch Biomasse. In Tabelle 15 sind die Kernaussagen dieser Maßnahme dargestellt.

Tabelle 15: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie (Köppl et al., 2010)

Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie

Ersatz von Erdgas	11.112 TJ thermische Energie werden bis 2020 mittels Biomasse bereitgestellt
Energiedienstleistung	Thermisch
Technologie	Thermische Biomasseanlagen
Diffusionsrate	Linear
Investitionskosten	386 Mio. € bis 2020
Zusätzl. Betriebskosten	– 143 Mio. € im Jahr 2020
Emissionsreduktion*	0,611 Mio. t CO ₂ im Jahr 2020

* verglichen mit dem Referenzszenario

Biomasse wird zumeist als die mittels Photosynthese aus Sonnenenergie entstandene organische Materie definiert. Für den Prozess der Photosynthese wird auch CO₂ benötigt, welches der Atmosphäre entnommen wird. Die Biomasse ist vereinfacht dargestellt eine Speicherform der Sonnenenergie und des Kohlenstoffs. Unter dem Begriff Biomasse werden jedoch nicht nur Energieträger pflanzlichen Ursprungs, sondern auch jene tierischen Ursprungs zusammengefasst. Da Biomasse jedoch während ihrer Wachs-

tumsphase ebenso viel Kohlenstoff aus der Atmosphäre absorbiert, wie bei der Nutzung emittiert wird, bezeichnet man sie als CO₂-neutral. Biomasse ist also ein Teil des Kohlenstoffkreislaufs, ebenso wie fossile Energieträger, deren Ursprung auch Biomasse ist (Schwedt & Schreiber, 1996; Kaltschmitt & Streicher, 2009).

Die Nutzung von Biomasse ist die älteste und weltweit am meisten verbreitete Form der Wärmebereitstellung. Im Produktionsbereich wurde sie mit dem Zeitalter der fossilen Energieträger weitgehend verdrängt. Erst in den letzten beiden Jahrzehnten wurde der Biomasseeinsatz wieder populärer. Oftmals erfolgt die Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplungen. Zum Einsatz kommen Holz verschiedensten Ursprungs, meist in Form von Hackschnitzeln oder Pellets, sowie organische Abfälle verschiedenster Art. Die Verwendung von Energiepflanzen ist in der Produktion nicht verbreitet, was sicher auch auf das erhöhte Lagervolumen zurückzuführen ist. Aufgrund der relativ geringen Energiedichte (verglichen mit fossilen Energieträgern) werden auch lange Transportwege unwirtschaftlich. Diesem Umstand ist es aber auch zu verdanken, dass der Einsatz von Biomasse unmittelbare positive Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft hat.

Für die Berechnungen wurde nur der Temperaturbereich unter 500 °C herangezogen, da der Einsatz von Biomasse in Kesseln bis zu diesen Temperaturen noch als wirtschaftlich angesehen werden kann. In dem Maßnahmenbereich Biomasse werden alte Gaskessel durch neue Biomassekessel ersetzt. Die Aufbringung der benötigten Biomasse war nicht Teil der hier diskutierten Betrachtungen sondern wurde von einem Projektpartner bearbeitet.

Anhand der Tabelle 16 zeigen sich die Veränderungen in der Energieträgerzusammensetzung. Die erneuerbaren Energieträger können eine Steigerung von 23 % aufweisen.

Tabelle 16: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen des Einsatzes von Biomasse (Köpl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Energiequelle	Endenergiebedarf			CO ₂ -Emissionen		
	2008 in PJ	Differenz* in PJ	2020 in %	2008 in Mio. t	Differenz* in Mio. t	2020 in %
Kohle	19,99	0,00	0,0	1,99	0,00	0,0
Öl	32,64	0,00	0,0	2,41	0,00	0,0
Gas	103,69	- 11,11	- 10,7	7,46	-0,61	- 10,7
Erneuerbare	48,36	11,11	23,0	1,29	0,00	0,0
Strom	98,69	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Fernwärme	8,46	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Gesamt	311,84	0,00	0,0	11,40	- 0,61	- 5,4
---------------	---------------	-------------	------------	--------------	---------------	--------------

* Abweichungen zum Referenzszenario

In der Abbildung 5-12 sind die Einsparungen an Emissionen, welche durch die Biomasse-
senutzung im Produktionsbereich erreicht werden können, bezogen auf das Referenz-
szenario, dargestellt. Mittels dieser Maßnahme kann eine Reduktion von 0,61 Mio. t
CO₂ im Jahr 2020 realisiert werden.

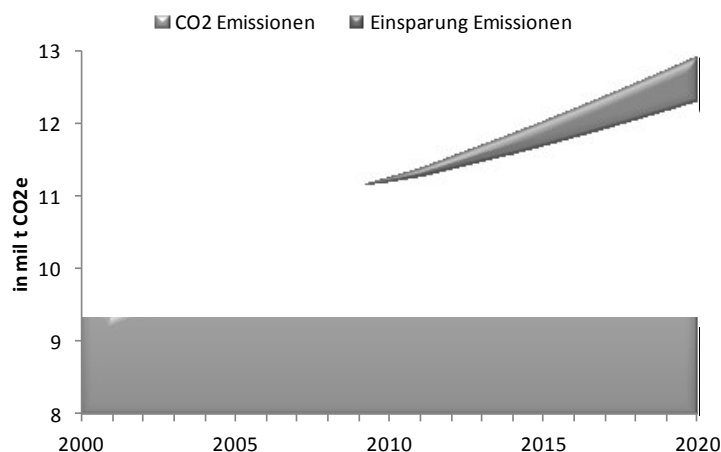


Abbildung 5-12: Auswirkungen des Einsatzes von Biomasse auf die Emissionen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

5.2.1.2.7. „Technology Wedge“ Kraft-Wärme-Kopplungen

In dem „Technology Wedge“ Kraft-Wärme-Kopplungen werden Gaskessel durch gas-
betriebene KWK-Anlagen ersetzt. Aufgrund der Überschneidungen in den Sektoren
Energieversorgung und Produktion weichen die Erörterungen für diesen Maßnahmenbe-
reich vom zuvor angeführten ab. Tabelle 17 zeigt die Hauptaspekte dieses Handlungsbe-
reichs.

Tabelle 17: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Kraft-Wärme-Kopplungen (Köppl, et al., 2010)

Kraft-Wärme-Kopplungen

Bereitstellung von elektrischer Energie mittels KWK	9.900 TJ elektrische Energie werden mittels Erdgas KWK-Anlagen bis 2020 bereitgestellt
Energiedienstleistung	keine Zuordnung möglich
Technologie	Kraft-Wärme-Kopplungen
Diffusionsrate	Linear
Investitionskosten	331 Mio. € bis 2020
Zusätzl. Betriebskosten	- 108 Mio. € im Jahr 2020
Emissionszuwachs*	+ 0,55 Mio. t CO ₂ im Jahr 2020

* verglichen mit dem Referenzszenario

Alle kalorischen Kraftwerke sind im Wesentlichen Kraft-Wärme-Kopplungen. Jedoch wird dieser Terminus nur angewandt, wenn es zu einer Nutzung des Koppelprodukts Wärme kommt. Diese Wärmenutzung führt zu einer dementsprechenden Erhöhung des Wirkungsgrades. Konventionelle kalorische Kraftwerke werden oftmals stromgeführt betrieben. Das bedeutet, dass die Auslastung des Kraftwerkes von der benötigten elektrischen Energie abhängig ist. Die anfallende Wärme stellt ein Abfallprodukt dieser Stromproduktion dar und muss oft vernichtet werden (Schmitz & Schaumann, 2005).

Aufgrund des thermischen Energiebedarfs im Produktionsbereich verhält sich dies anders: Die KWK-Anlagen können wärmegeführt betrieben werden. Durch die gleichzeitige Nutzung der anfallenden Wärme können Gesamtwirkungsgrade von 65 % bis 90 % erreicht werden. Hierbei ist anzumerken, dass auch der exegetische Wirkungsgrad eines KWK-Kraftwerks, verglichen zur Wärmeproduktion, ungleich höher ist (E-Bridge Consulting, 2005).

Es können verschiedenste Energieträger in KWK-Anlagen eingesetzt werden. Der Sektor mit der höchsten Eigenstromproduktion in KWK-Anlagen ist derzeit die Papier- und Zellstoffproduktion. Betrieben werden diese KWK mit den anfallenden Reststoffen aus dem Produktionsprozess. Diese Verwertung von Abfällen zu Strom und Wärme ist die wirtschaftlich optimalste Lösung im KWK-Einsatz. Dennoch sind auch bereits Klein- und Mikro-KWK, betrieben mit konventionellen Energieträgern, je nach Anwendungsfall wirtschaftlich (Schmitz & Schaumann, 2005; ASUE, 2008).

Nachdem in den letzten Jahren die Thematik der dezentralen Energieversorgung immer mehr in den Mittelpunkt rückte, wurde die Forschung und Entwicklung von Klein- und Mikro-KWK-Anlagen gefördert. Die Mikroanlagen bewegen sich im Bereich von 1–6 kW_e und wurden für Gebäude entwickelt. Als Klein-KWK bezeichnet man Anlagen mit weniger als 500 kW_e. Am häufigsten kommen Verbrennungsmotoren, welche mit Erdgas betrieben werden, zum Einsatz (ASUE, 2008).

Für die Berechnungen dieses Maßnahmenbereichs wurde von einer durchschnittlichen Leistung von 500 kW_e ausgegangen. Es werden alte erdgasbetriebene Brenner durch KWK ersetzt. Die dabei entstandene thermische Energie wird im Temperaturbereich von 100–500 °C eingesetzt.

Da im Gegensatz zu allen zuvor erörterten „Technology Wedges,, Strom produziert wird, ist es nicht ausreichend aussagekräftig, lediglich die Veränderung der Energieträgerzusammensetzung darzustellen. In Tabelle 18 sind die Veränderungen des Transformations-Inputs im Produktionssektor dargestellt. Bis 2020 steigt der Transformations-Input der Eigenstromhersteller im Produktionsbereich um 49 %, verglichen mit 2008.

Die Emissionen, die bei der Stromproduktion anfallen, werden dem Sektor Energieerzeugung zugerechnet. Aus diesem Grund erhöhen sich die Emissionen in der Produktion durch die Eigenstromherstellung um 17 %.

Tabelle 18: Auswirkungen auf den Transformations-Input der Eigenstromproduzenten im Produktionsbereich der Kraft-Wärme-Kopplungen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Energiequelle	Transformationsinput			CO ₂ -Emissionen		
	2008 in PJ	Differenz* in PJ	2020 in %	2008 in Mio. t	Differenz* in Mio. t	2020 in %
Kohle	15,47	0,00	0,0	1,50	0,00	0,0
Öl	7,61	0,00	0,0	0,74	0,00	0,0
Gas	20,09	- 9,94	- 49,5	1,11	- 0,55	- 49,5
Gesamt	43,17	- 9,94	- 21,6	3,34	+ 0,55	+ 15,8

* Abweichung zum Referenzszenario

Abbildung 5-13 zeigt die Auswirkungen der KWK auf die CO₂-Emissionen. Wie sich zeigt, erhöhen sich die Emissionen in der Produktion aufgrund der Eigenstromherstellung. In Summe kommt es in der Produktion zu einer Erhöhung um 0,55 Mio. t CO₂.

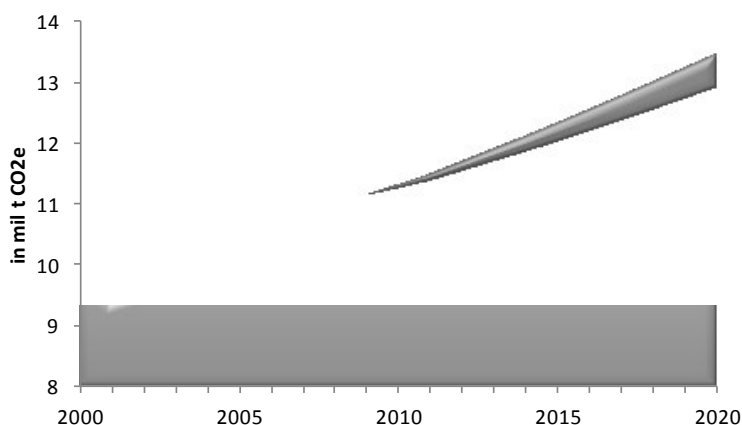


Abbildung 5-13: Auswirkungen der KWK auf die Emissionen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)

Durch die Einbußen im Strombedarf werden jedoch 0,65 Mio. t CO₂-Emissionen eingespart, welche aber aufgrund der Bereitstellung hier nicht verbucht werden können. Die Einsparungen berechnen sich aus der Annahme, dass nur Strom aus mittels Kohle und Gas betriebenen Anlagen eingespart wird.

5.2.1.2.8. Erstellung des Szenarios mittels der „Technology Wedge“ Kombination

Die Potenziale der einzelnen Maßnahmen interagieren. Zum einen verringert die Anwendung eines „Technology Wedge“ das Potenzial des darauffolgenden und zum anderen werden sie auf den gleichen Temperaturbereich oder Energieträger angewendet. Aus diesem Grund erfolgte eine Anwendungsreihung, um zu gewährleisten, dass die realen Potenziale berechnet werden. Die Anwendung der Maßnahmenbereiche unterliegt der folgenden Reihung:

1. Energiebedarf der Produktionsgebäude
2. Prozessintensivierung & Prozessintegration
3. Energieeffiziente Antriebe
4. Kraft-Wärme-Kopplungen
5. Wechsel innerhalb der fossilen Energieträger
6. Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie
7. Solarthermische Anlagen

Ausgehend von dieser Reihung wurden die Interaktionen betrachtet und deren Einfluss auf die Berechnungen der Potenziale berücksichtigt. Die Maßnahmen 1 bis 4 dienen der Effizienzsteigerung. Durch ihr Ziel – die Reduktion des Energiebedarfs – verringern sie unweigerlich die Potenziale für einen Wechsel der Energieträger. Aus diesem Grund müssen alle Effizienzmaßnahmen zu Beginn getroffen werden, um dann in weiterer Folge den verringerten Energiebedarf substituieren zu können. Die „Technology Wedge“ Energiebedarf der Produktionsgebäude und Prozessintensivierung & Prozessintegration interagieren nicht, da sie unterschiedliche Nutzenergiekategorien betreffen. Jedoch hat die Prozessintensivierung & Prozessintegration Einfluss auf die energieeffizienten Antriebe und verringert deren Potenzial. Die Kraft-Wärme-Kopplungen sowie ein Wechsel innerhalb der fossilen Energieträger werden aufgrund des geringeren Bedarfs an fossilen Energieträgern durch die Maßnahmenbereiche Energiebedarf der Produktionsgebäude sowie Prozessintensivierung & Prozessintegration beeinflusst. Das

Potenzial der Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie reduziert sich ebenfalls, da die Erdgaskessel teilweise bereits ersetzt wurden. Der als letzter angewendete "Technology Wedge" ist die Solarthermie. Diese wird durch all die zuvor getroffenen Maßnahmen im gleichen Temperaturbereich sowie durch den verringerten Heizwärmebedarf der Produktionsgebäude definiert (Köppl et al., 2010).

Die Ergebnisse dieser hierarchischen Anwendung der Maßnahmen auf den Endenergiebedarf zeigt Tabelle 19. Darin sind die Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Energieträger im Jahr 2020, bedingt durch die Kombination der „Technology Wedges“ und bezogen auf das Energy Transition Referenzszenario, dargestellt.

Tabelle 19: Veränderungen in der Zusammensetzung des Endenergiebedarfs im Jahr 2020, verglichen mit dem Referenzszenario (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b)

Technology Wedge	Endenergiebedarf 2020						
	Abweichungen zum Referenzszenario in PJ						
	Kohle	Öl	Gas	Erneuerbare	Strom	Fernwärme	gesamt
Energiebedarf der Produktionsgebäude	- 0,01	- 1,39	- 2,49	- 0,51	- 2,27	- 1,11	- 7,78
Prozessintensivierung & Prozessintegration	- 2,41	- 5,63	- 14,85	- 8,34	- 6,72	- 0,43	- 38,38
Energieeffiziente Antriebe	0,00	- 0,63	0,00	0,00	- 8,08	0,00	- 8,71
Kraft-Wärme-Kopplungen	keine Zuordnung möglich						
Wechsel innerhalb der fossilen Energieträger	- 8,79	- 6,05	13,92	0,00	0,00	0,00	- 0,93
Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie	0,00	0,00	- 9,43	9,43	0,00	0,00	0,00
Solarthermische Anlagen	0,00	0,00	- 4,45	4,45	0,05	0,00	0,05
Gesamt	- 11,21	- 13,70	- 13,65	5,02	- 19,93	- 1,54	- 55,01

Ausgehend von den Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger der Kombinationen wurden die CO₂-Emissionen errechnet. In Tabelle 20 sind die Emissionsreduktionen, bezogen auf das Energy Transition Referenzszenario, angeführt. Im Jahr 2020 kann mittels der Kombination der 7 Maßnahmenbereiche eine Reduktion von 2,87 Mio. t CO₂ erreicht werden. Diese Reduktion inkludiert nicht die Einsparungen durch den verringerten Strombedarf, diese werden dem Sektor Energiebereitstellung angerechnet.

Tabelle 20: Veränderungen der CO₂-Emissionen, bedingt durch den Endenergiebedarf im Jahr 2020, verglichen mit dem Referenzszenario (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b)

Technology Wedge	CO ₂ -Emissionen 2020						
	Abweichungen zum Referenzszenario in Mio. t						
	Kohle	Öl	Gas	Erneuerbare	Strom	Fernwärme	gesamt
Energiebedarf der Produktionsgebäude	0,00	-0,11	-0,14	0,00	0,00	0,00	-0,25
Prozessintensivierung & Prozessintegration	-0,23	-0,44	-0,82	0,00	0,00	0,00	-1,48
Energieeffiziente Antriebe	0,00	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,05
Kraft-Wärme-Kopplungen	keine Zuordnung möglich						
Wechsel innerhalb der fossilen Energieträger	-0,83	-0,47	0,77	0,00	0,00	0,00	-0,53
Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie	0,00	0,00	-0,52	0,00	0,00	0,00	-0,52
Solarthermische Anlagen	0,00	0,00	-0,24	0,00	0,00	0,00	-0,24
Gesamt	-1,05	-1,07	-0,75	0,00	0,00	0,00	-2,87

5.2.2. Szenarien für die Bereitstellung des Energiebedarfs der österreichischen Produktion im Jahr 2050

Die Szenarien wurden im Rahmen der vom BMLFUW in Auftrag gegebenen Feasibility Studie Energieautarkie für Österreich 2050 erarbeitet (Streicher et al., 2011). Darin erfolgte eine Betrachtung des gesamten österreichischen Energiesystems mit dem Ziel, im Jahr 2050 dieses vollständig mit erneuerbaren Energieträger aus Österreich (Energieautarkie) zu versorgen.

Für die Berechnungen wurden die Verbrauchssektoren Gebäude, Mobilität und Produktion berücksichtigt. Ausgehend von diesen Sektoren erfolgte eine Gegenüberstellung des Energiebedarfs und der verfügbaren Ressourcen. Der Fokus lag dabei auf den Entwicklungspfaden des Energiesystems, um 2050 Energieautarkie zu erreichen. Es gibt keine einheitliche Definition für den Begriff Energieautarkie; aus diesem Grund erfolgte die Definition der Rahmenbedingungen für die Versorgung:

„Österreich wird im Jahr 2050 zu 100 % aus heimischen erneuerbaren Energieträgern versorgt.

Es wird unterstellt, dass der derzeit gegebene Netto-Energieimport in Form von grauer Energie in Gütern nicht weiter zunimmt. Österreich importiert derzeit deutlich mehr Energie in Form von grauer Energie in Gütern als es auf ebendiese Weise exportiert. Würde diese Netto-Bilanzierung mit dem Ausland via „Energie in Gü-

tern“ berücksichtigt, wäre Österreichs Verbrauch an fossiler Energie derzeit um 44 % höher als in der Energiestatistik ausgewiesen. Dieser Umstand ist auch für die Interpretation des Begriffs „Energieautarkie“ und das in dieser Studie entwickelte Szenario höchst relevant.

Es werden nur landwirtschaftliche Überschussflächen zur Deckung mit erneuerbaren Energieträgern herangezogen. Die landwirtschaftliche Fläche Österreichs für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion wird konstant gelassen. Diese Annahme könnte bei einem verstärkten Bevölkerungswachstum oder geänderter Bewirtschaftungsweise nicht haltbar sein.

Energieaustausch mit den EU-Nachbarländern wird im Import/Export auf Tagesbasis und Wochenbasis zugelassen – im Jahresmittel beträgt der Import/Exportsaldo Null.

Österreich wird bei Elektrizität Saisonspeicherung für andere EU-Mitgliedstaaten übernehmen müssen und nur temporär in das Ausland auslagern können. Für diese Studie wird vereinfachend angenommen, dass Österreich nur die eigene nationale Überproduktion an Strom im Sommer in eigenen Pumpspeicherkraftwerken oder chemischen Speichern zwischen zu speichern braucht und damit keine Speicheraufgaben für andere europäische Länder übernimmt.

Die mögliche zukünftige Rolle von Smart Grids zur Vernetzung von (dezentralen) Erzeugern, Speichern und Verbrauchern wird in der Studie nur insofern berücksichtigt, als dies eine notwendige Voraussetzung zur Aufrechterhaltung des heute hohen Niveaus der Versorgungssicherheit darstellt und den Ausgleich elektrischer Energie über mehrere Stunden bis zu wenigen Tagen gewährleistet.“ (Streicher et al., 2011)

Mittels eines Backcasting-Ansatzes wurden die Modifikationen der veränderlichen Kernvariablen erarbeitet. Die Szenarien-Entwicklung erfolgte basierend auf den historischen Veränderungen des Energiebedarfs. So wurden drei Szenarien entwickelt, welche eine differente Analyse des Energiesystems erlauben.

Szenario 1: Die Energiedienstleistung in den Sektoren Mobilität und Gebäude sowie die Bruttowertschöpfung im Sektor Industrie von 2008 bis 2050 bleibt konstant.

Szenario 2: Das Wachstum der Energiedienstleistung in den Sektoren Mobilität und Gebäude sowie die Bruttowertschöpfung im Sektor Industrie steigt von 2008 bis 2050 konstant an. Das Wachstum der Bruttowertschöpfung um 0,8 % p.a. generiert einen Anstieg um ca. 40 % im Jahr 2050, bezogen auf 2008.

Szenario 3: Analog Szenario 2

Da die Energieaufbringungsseite den Zielpfad der Entwicklungen aller sektoralen Szenarien vorgibt, erfolgte zu Beginn die Erhebung der verfügbaren Ressourcen im Jahr 2050. Auf der Versorgungsseite flossen folgende Energieträger in die Erhebung ein:

- Biomasse (Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Grünabfälle, Klärschlamm und Schwarzlauge, Reststoffe von Industrie und Gewerbe, Altspeiseöle und Fette)
- Windenergie
- Wasserkraft
- Photovoltaik
- Solarthermie
- Oberflächennahe Geothermie
- Tiefe Geothermie

Die Potenziale im Bereich Biomasse wurden abzüglich des Bedarfs für die Produktion von Lebensmitteln sowie des Bedarf für stoffliche Nutzung erhoben. Des Weiteren erfolgte eine Berechnung sowie Berücksichtigung der benötigten Speicherkapazitäten für die Bereitstellung an elektrischer Energie. Für die Umwandlung des berechneten Aufkommens an Energie wurden die nachstehenden Technologien herangezogen. Dabei kamen überwiegend bereits zum jetzigen Zeitpunkt verbreitete Technologien zum Einsatz. Jedoch ist hier anzumerken, dass die Umwandlungstechnologien im Bereich der alternativen Kraftstoffe sich zum Teil erst im Forschungsstadium befinden.

Wärmebereitstellung

- Niedertemperatur sowie Mitteltemperatur Prozesswärme (100–400 °C) aus Biomasse
- Niedertemperatur per Wärmepumpen aus oberflächennaher Umweltwärme und Strom
- Niedertemperatur per Solarthermie
- Niedertemperatur per tiefer Geothermie

Bereitstellung von elektrischer Energie

- KWK-Strom aus Biomasse (inkl. Wärmeauskopplung Niedertemperatur)
- Wasserkraft
- Windenergie
- Photovoltaik
- Tiefe Geothermie mittels Wärme-Kraft-Prozessen

Herstellung alternativer Kraftstoffe

- Bioethanol
- Biotreibstoffe der 2. Generation (FT-Diesel, Biomethan)
- Kraftstoffe sowie Methan aus Überschusselektrizität (erneuerbares Methan, langkettige Kohlenwasserstoffe aus Elektrizität und CO₂)

Im Folgenden wird auf den Sektor Produktion eingegangen. Die Sektoren Mobilität und Gebäude werden nicht weiter behandelt, da diese von anderen Studienteilnehmern un-

tersucht wurden. Die Energieflussbilder der Szenarien 1 und 2 für alle Sektoren gemeinsam sind im Anhang angeführt.

5.2.2.1.1. Szenarien im Sektor Produktion

Im Produktionssektor konnten nur zwei Szenarien für den Zeitrahmen von 2008 bis 2050 erstellt werden. Das **Szenario 1** mit einem Nullwachstum der Bruttowertschöpfung und **Szenario 2** mit einem kontinuierlichen Zuwachs von 0,8 % pro Jahr. Szenario 3 ist in der Produktion analog zu Szenario 2, da in Szenario 2 aufgrund der hohen Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit die Effizienzpotenziale bereits ausgenutzt wurden. Im Jahr 2050 liegt in Szenario 2, trotz eines Wachstums von 40 %, der Energiebedarf bereits unter dem Stand von 2008.

Da sich nicht alle Veränderungen mittels der historischen Daten abbilden lassen, flossen zusätzliche Informationen durch eine Abwandlung der Verteilung der Energiebedarfskategorie in das BAU-Szenario ein. Es konnten keine schlüssig nachweisbaren Zusammenhänge zwischen dem Bevölkerungswachstum und einem Anstieg des Produktionsvolumens bewiesen werden. Demzufolge wurde der Faktor Bevölkerungswachstum nicht gesondert in die Berechnungen inkludiert. Der fehlende Beweis könnte auf den Umstand zurückgeführt werden, dass es aufgrund des Exports sowie Imports von Waren zu einer Entkopplung der beiden Faktoren kommt.

Zur Erstellung des Szenarios wurden Zusammenhänge definiert, welche den Rahmen der Szenario-Erstellung bilden:

- Die Entwicklung der Energieintensität beruht auf den historischen Daten von 1990 bis 2008. Die Ergebnisse dieser Betrachtung zeigen, dass die im Rahmen der Energieeffizienzrichtlinie gesetzten Vorgaben erreicht werden.
- Die Wachstumsraten der Sektoren des Produktionsbereichs, sprich Wirtschaftsbereiche, werden basierend auf den Daten der letzten 4 Jahrzehnte ermittelt. Es wurden die jährlichen Durchschnittsraten verwendet.
- Die Betrachtung der Verteilungsstrukturen innerhalb der Energiebedarfskategorien sowie des Energieträgermixes erfolgt dynamisch. Dies ermöglicht die Einbindung des Strukturwandels.
- Die berücksichtigten Energieträger wurden bereits 2008 eingesetzt. Dies bedeutet, dass der theoretische Bedarf an fossilen Energieträgern ebenfalls berechnet wird.

- Die für die Einteilung verwendeten Energiebedarfskategorien im Jahr 2050 sind ident mit jenen des Jahres 2008.
-

Energiebedarfskategorien in der Produktion und deren Entwicklung

In den Sektoren Mobilität sowie Gebäude kamen als funktionelle Einheit die Energiedienstleistungen zum Einsatz. Dieses Konzept kann jedoch nicht auf den Produktionsbereich angewendet werden. Im Gegensatz zu den anderen Sektoren gibt es in der Produktion eine Vielzahl von Produkten (z. B. 1 t Stahl), welche die funktionelle Einheit, bezogen auf den Endnutzen, bilden würden. Des Weiteren würden diese Faktoren aufgrund ihrer Inhomogenität zu wenig Aufschluss über die Energiebedarfsentwicklungen geben.

Um quantitative sowie qualitative Aussagen treffen zu können, wurden die Energiestatistiken der Statistik Austria herangezogen. Die Energiebedarfskategorien sind angelehnt an die Nutzenergiekategorien der Statistik Austria. In die Berechnungen floss die Energieintensität mit ein, um den Strukturwandel und die Effizienzsteigerung abbilden zu können. Es wurde der Endenergiebedarf verwendet, da es durch die inhomogenen Strukturen innerhalb der Sektoren der Produktion zu viel Unschärfe bei der Verwendung des Nutzenergieeinsatzes kommt.

Die Bedarfskategorien gliedern sich in die im Folgenden erörterten Bereiche. Ausgehend vom Jahr 2008 wurde der gesamte Endenergiebedarf in diese Kategorien unterteilt.

Elektrochemische Zwecke

Der Anteil dieser Kategorie am Energiebedarf der Produktion ist gering. Es handelt sich dabei um Umwandlungsprozesse, welche mittels Strom betrieben werden. Beispielhaft für die inkludierten Anwendungen sind die Elektrolyse oder das Elektroschweißen. Tabelle 21 veranschaulicht die Resultate der beiden Szenarien. Es fällt auf, dass der Rückgang in Szenario 1 marginal ist, verglichen mit dem Zuwachs von ca. 50 % in Szenario 2.

Tabelle 21: Ergebnisse der Kategorie elektrochemische Zwecke (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Elektrochemische Zwecke	2008	2030	2050
Szenario 2	306	375	456
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
elektrische Energie	306	375	456
Szenario 1	306	302	300
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
elektrische Energie	306	302	300

Elektrische Anwendungen

Die Kategorie elektrische Anwendungen inkludiert den Strombedarf, welcher für die EDV- bzw. IKT-Systeme und Beleuchtungszwecke verwendet wird. Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für die beiden Szenarien. Im Szenario 1 mit Nullwachstum fällt der Bedarf um beinahe 30 %.

Tabelle 22: Ergebnisse der Kategorie elektrische Anwendungen (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Elektrische Anwendungen	2008	2030	2050
Szenario 2	7.684	7.999	8.247
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
elektrische Energie	7.684	7.999	8.247
Szenario 1	7.684	6.426	5.430
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
elektrische Energie	7.684	6.426	5.430

Mechanische Anwendungen

Den mechanischen Anwendungen unterliegen alle Arten von Antrieben und Motoren. Es kommen zum überwiegenden Teil elektrische Antriebe zum Einsatz. In Tabelle 23 sind die Auswirkungen der beiden Szenarien dargestellt. Der Anteil an fossilen Energieträgern ist jener, welcher zusätzlich von der Aufbringungsseite per erneuerbarer Energieträger versorgt werden muss. Im Falle der mechanischen Anwendungen sind dies die mittels Kraftstoffen oder Erdgas betriebenen Aggregate.

Tabelle 23: Ergebnisse der Kategorie mechanische Anwendungen (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Mechanische Anwendungen	2008	2030	2050
Szenario 2	82.770	88.466	93.244
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	771	897	998
fossile Energieträger*	17.178	19.940	22.169
elektrische Energie	64.821	67.630	70.077
Szenario 1	82.770	71.073	61.393
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	771	720	657
fossile Energieträger*	17.178	16.020	14.596
elektrische Energie	64.821	54.333	46.140

*dieser Bedarf muss zusätzlich mittels erneuerbarer Energieträger bereitgestellt werden

Thermischer Energiebedarf

Für diese Kategorie wurden 2008 70 % des gesamten Endenergiebedarfs im Produktionssektor verwendet. Die thermische Energie wird sowohl zur Bereitstellung von Prozesswärme wie zur Beheizung von Gebäuden verwendet. Aus diesem Grund variieren der Temperaturbereich und damit der exogetische Anteil der benötigten Wärme. Um die Gesamteffizienz der thermischen Energieversorgung so effizient wie möglich zu gestalten, ist es zwingend notwendig, den Bedarf in Temperaturklassen zu unterteilen. Weiteren können auch die Anwendungen in den höheren Temperaturbereichen nicht mittels jedes Energieträger versorgt werden. Es erfolgte darum eine Einteilung in drei Temperaturklassen für den thermischen Energiebedarf.

Tabelle 24: Ergebnisse des gesamten thermischen Energiebedarfs (Streicher et al., 2011) (Statistik Austria, 2009c)

Thermischer Energiebedarf gesamt	2008	2030	2050
Szenario 2	221.075	216.593	215.608
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	47.592	55.026	62.466
fossile Energieträger*	139.150	128.113	120.032
elektrische Energie	25.875	23.847	22.335
Fernwärme	8.459	9.607	10.775
Szenario 1	221.075	174.010	141.960
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	47.592	44.207	41.129
fossile Energieträger*	139.150	102.925	79.031
elektrische Energie	25.875	19.159	14.706
Fernwärme	8.459	7.719	7.094

* dieser Bedarf muss zusätzlich mittels erneuerbarer Energieträger bereitgestellt werden

Tabelle 24 veranschaulicht die Ergebnisse des gesamten thermischen Energiebedarfs. Wie sich zeigt, sinkt der Bedarf an thermischer Energie absolut, verglichen mit 2008, in beiden Szenarien.

a. Niedertemperatur

In dieser Kategorie ist der gesamte Heizwärme- und Warmwasserbedarf angesiedelt. Es handelt sich um den thermischen Energiebedarf, welcher im Temperaturbereich unter 100 °C benötigt wird. Eine Versorgung dieses Temperaturniveaus kann mit einer Vielzahl von Energiebereitstellungstechnologien erfolgen.

Tabelle 25: Ergebnisse der Kategorie thermischer Energiebedarf Niedertemperatur (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Thermischer Energiebedarf Niedertemperatur	2008	2030	2050
Szenario 2	78.801	81.684	85.929
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	14.114	17.067	20.042
fossile Energieträger*	42.651	41.223	40.831
elektrische Energie	13.577	13.786	14.282
Fernwärme	8.459	9.607	10.775
Szenario 1	78.801	65.625	56.578
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	14.114	13.712	13.196
fossile Energieträger*	42.651	33.119	26.884
elektrische Energie	13.577	11.076	9.403
Fernwärme	8.459	7.719	7.094

* dieser Bedarf muss zusätzlich mittels erneuerbarer Energieträger bereitgestellt werden

Anhand der Ergebnisse in Tabelle 25 sieht man einen Anstieg in Szenario 2 um 9 %. Dies ist mitunter darauf zurückzuführen, dass durch die historisch gewachsenen Versorgungssysteme zurzeit viele der Anwendungen unter 100 °C mittels thermischer Energie auf einem deutlich höheren Temperaturniveau bedient werden.

b. Mitteltemperatur

Als Mitteltemperaturbereich wurde der thermische Energiebedarf von 100 °C bis 400 °C definiert. In diesem Bereich sind die dampfbetriebenen Prozesse zumeist angesiedelt. Auf der Versorgungseite kommt es bei der Energieträgerwahl bereits zu deutlichen Einschränkungen der einsetzbaren Quellen. In Tabelle 26 sind die Resultate darge-

stellt. Dieser Temperaturbereich hat die höchste Zuwachsrate in Szenario 2, verursacht wird dies zum überwiegenden Teil durch eine Reduktion der Hochtemperaturapplikationen.

Tabelle 26: Ergebnisse der Kategorie thermischer Energiebedarf Mitteltemperatur (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Thermischer Energiebedarf Mitteltemperatur	2008	2030	2050
Szenario 2	50.394	54.074	58.270
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	15.762	19.307	22.764
fossile Energieträger*	32.991	33.278	34.128
elektrische Energie	1.640	1.489	1.378
Szenario 1	50.394	43.442	38.366
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	15.762	15.511	14.988
fossile Energieträger*	32.991	26.735	22.471
elektrische Energie	1.640	1.196	907

* dieser Bedarf muss zusätzlich mittels erneuerbarer Energieträger bereitgestellt werden

c. Hochtemperatur

Der verbleibende thermische Energiebedarf (nach Abzug des Bedarfs im Niedertemperatur- sowie im Mitteltemperaturbereich) liegt auf einem Temperaturniveau über 400 °C. Die Versorgung dieser Hochtemperaturanwendungen mittels erneuerbarer Energieträger gestaltet sich am schwierigsten.

Tabelle 27: Ergebnisse der Kategorie thermischer Energiebedarf Hochtemperatur (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Thermischer Energiebedarf Hochtemperatur	2008	2030	2050
Szenario 2	91.881	80.835	71.408
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	17.715	18.651	19.661
fossile Energieträger*	63.508	53.612	45.072
elektrische Energie	10.658	8.573	6.675
Szenario 1	91.881	64.943	47.017
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	17.715	14.984	12.945
fossile Energieträger*	63.508	43.071	29.677
elektrische Energie	10.658	6.887	4.395

* dieser Bedarf muss zusätzlich mittels erneuerbarer Energieträger bereitgestellt werden

Die Energieträger, die eingesetzt werden können, sind alternative Treibstoffe und elektrische Energie. Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse der Szenarien für den Hochtemperaturbereich. In beiden Szenarien erfolgt ein deutlicher Bedarfsrückgang dieser Kategorie. In Szenario 1 – dem Nullwachstum – liegt dieser bei beinahe 50 %, bezogen auf das Jahr 2008.

5.2.2.1.2. *Energieversorgung der Produktion laut dem Energieautarkie 2050 Gesamtkonzept*

In Abbildung 5-14 ist der Energiebedarf der verschiedenen Kategorien kumuliert dargestellt. Damit ist der Beitrag der unterschiedlichen Kategorien am gesamten Bedarf erkennbar. Den höchsten Anteil haben der thermische Energiebedarf unter 100 °C sowie die mechanischen Anwendungen. Die Veränderungen betreffend den technologischen Wandel sind mit Ausnahme einer speziellen Maßnahme bereits in den Szenarien inkludiert.

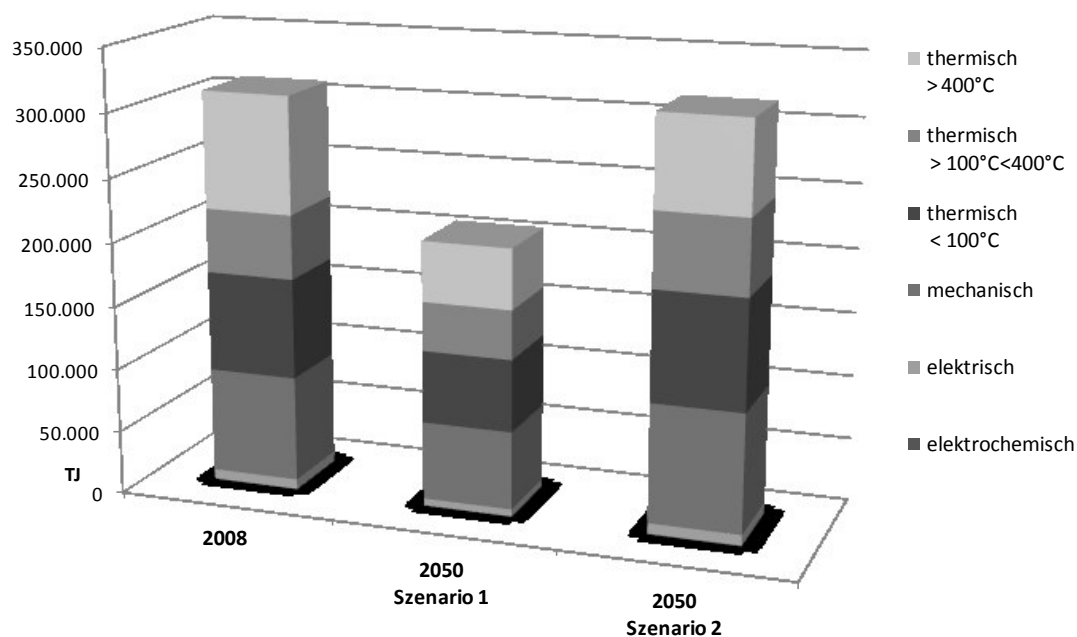


Abbildung 5-14: Energiebedarf nach den Kategorien im Jahr 2050 für beide Szenarien (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Tabelle 28 zeigt den Bedarf an Energieträgern. Es ist deutlich erkennbar, wie hoch der Anteil an fossilen Energieträgern ist, der zusätzlich mittels erneuerbarer Energie substituiert werden muss.

Tabelle 28: Verteilung des Energiebedarfs nach Energieträgern (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Energiebedarf Produktion	2008	2030	2050
Szenario 2	311.835	301.973	304.812
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	48.363	55.026	62.466
fossile Energieträger*	156.328	128.113	120.032
elektrische Energie	98.685	109.227	111.539
Fernwärme	8.459	9.607	10.775
Szenario 1	311.835	242.604	200.694
<i>Verteilung Energieträger laut Szenario Produktion in TJ/a</i>			
erneuerbare Energieträger	48.363	44.207	41.129
fossile Energieträger*	156.328	102.925	79.031
elektrische Energie	90.695	87.753	73.439
Fernwärme	8.459	7.719	7.094

* dieser Bedarf muss zusätzlich mittels erneuerbarer Energieträger bereitgestellt werden

Der Energiebedarf der Produktion wurde in das Gesamtkonzept der Studie eingebunden. Dies erfolgte, indem er zu dem Bedarf der Sektoren Gebäude und Mobilität, verteilt nach den Energiebedarfskategorien, addiert wurde. Die dort zur Anwendung kommenden Kategorien sind:

- Elektrizität
- Wärme < 100 °C
- Wärme > 100 °C < 400 °C
- Wärme > 400 °C
- erneuerbare flüssige Kraftstoffe
- erneuerbare gasförmige Kraftstoffe

Tabelle 29 zeigt die Verteilung des Sektors Produktion nach der Einbindung in das Gesamtkonzept. Mit einer Ausnahme kann in allen Bereichen eine Bereitstellung mittels erneuerbarer Energien erzielt werden. Der Kraftstoffbedarf für die mechanische Anwendung stellt ein Problem dar. Der Kraftstoff, welcher in der Autarkie bereitgestellt werden kann, wird für den Sektor Mobilität benötigt. Aus diesem Grund wurde in die Szenarien eine weitere Maßnahme inkludiert: der Umstieg von kraftstoffbetriebenen Antrieben auf elektrische. Dies führt zu einer Reduktion des Kraftstoffbedarfs in der Produktion auf null. Der thermische Mittel- und Hochtemperaturbedarf ist in der Kategorie „Wärme über 100 °C“ zusammengefasst. Hierzu ist anzumerken, dass der Bedarf über 400 °C nur mittels Gas und Strom bereitgestellt wird, da sich Biomasse nicht für Hochtemperaturanwendungen eignet. Im Anhang sind die Energieflussbilder der beiden Szenarien für alle Sektoren angefügt.

Tabelle 29: Verteilung des Energiebedarfs nach Einbindung in das Gesamtkonzept (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Energiebedarf Produktion	2008	2030	2050
Szenario 2	311.835	301.973	304.812
<i>Verteilung Energiekategorien laut Energieautarkie 2050</i>			
Wärme > 100 °C	129.976	134.909	129.678
Wärme < 100 °C	65.224	81.684	85.929
elektrische Energie	98.685	85.380	89.205
Kraftstoffe	17.949		
Szenario 1	311.835	242.604	200.694
<i>Verteilung Energiekategorien laut Energieautarkie 2050</i>			
Wärme > 100 °C	129.976	108.385	85.383
Wärme < 100 °C	65.224	65.625	56.578
elektrische Energie	98.685	68.594	58.734
Kraftstoffe	17.949		

Abbildung 5-15 ist die grafische Darstellung der Inhalte aus Tabelle 29. Es lässt sich auf den ersten Blick erkennen, dass es in Szenario 2 obgleich des jährlichen Wachstums der Bruttowertschöpfung von 0,8 % zu einer absoluten Reduktion des Energiebedarfs, verglichen mit 2008, kommt.

Im direkten Vergleich von Abbildung 5-15 mit Abbildung 5-14 wird die Reduktion des Energiebedarfs durch die Substitution der kraftstoffbetrieben Antriebe, bedingt durch die höhere Effizienz der elektrischen Aggregate, sichtbar.

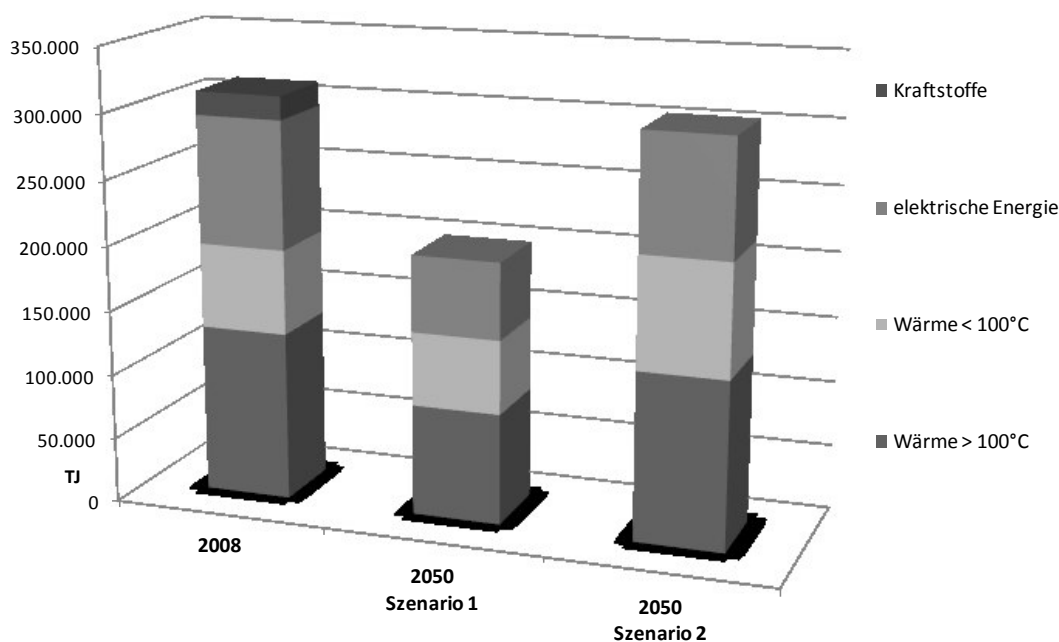


Abbildung 5-15: Energiebedarf der Produktion 2050 nach Einbindung in das Gesamtkonzept für beide Szenarien (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)

Abschließend kann gesagt werden, dass die Energieautarkie, wie zu Beginn definiert, theoretisch möglich ist. Dies wurde bis zu einem jährlichen Wirtschaftswachstum von maximal 0,8 % im Zeitraum von 2008 bis 2050 gezeigt. Ein höheres Wirtschaftswachstum würde eine stärkere Erhöhung der Energieeffizienz sowohl in der Industrie wie auch in den anderen Sektoren benötigen. Im Jahr 2011 betrug das Wirtschaftswachstum in Österreich bereits 3,1 % (Statistik Austria, 2015).

5.2.3. Strategische Handlungsoptionen zur Treibhausgas-Reduktion für den Produktionssektor des Bundeslandes Steiermark

Die strategischen Handlungsoptionen entstanden im Rahmen des steirischen Klimaschutzplans. Dieser ist die Umsetzung des im Dezember 2008 von der EU beschlossenen Energie- und Klimapakets auf Bundesländerebene. Darin sind die Entwicklungspfade zur Erreichung der EU-Ziele in der Steiermark definiert. Verpflichtende Ziele für Energie- und Emissionsreduktionen wurden nur für die nicht im ETS inkludierten Sektoren festgelegt. Als Basiszielvorgabe galten die auf Bundesebene zu diesem Zeitpunkt aktuellen Reduktionen an THG-Gasen um 16 % im Jahr 2020, bezogen auf 2005. Daraus abgeleitet wurde ein Innovationsziel, welches eine Reduktion um 33 % beinhaltet (Amon et al., 2010).

Die Handlungsoptionen wurden von außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie den Universitäten KFU und TU Graz in enger Zusammenarbeit mit der Klimaschutzkoordinatorin des Landes Steiermark erstellt. Die folgenden Sektoren wurden unter Einbindung der involvierten Stakeholder bearbeitet:

- Gebäude
- Mobilität
- Land- und Forst- sowie Abfallwirtschaft
- Produktion
- Energiebereitstellung

Die Abbildung 5-16 zeigt die Schritte, welche den Aufbau zur Erstellung des Klimaschutzplans bildeten. Der Startpunkt war die Bestandaufnahme der Treibhausgase.

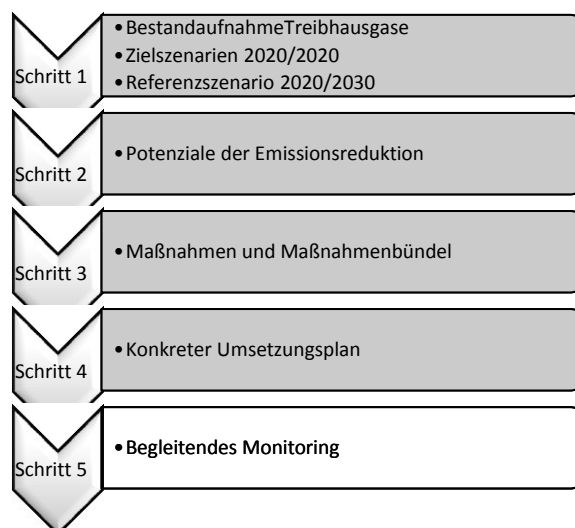


Abbildung 5-16: Ablaufplan des Klimaschutzplans Steiermark (Amon et al., 2010)

Basierend auf den historischen Daten erfolgte die Erstellung eines Referenzszenarios, welches auf dem BAU²³-Szenario beruht. Ausgehend von der Fortschreibung der Entwicklungen wurden die Zielpfade definiert. Dies erfolgte mittels eines Top-down-Ansatzes. Ausgehend von den Zielszenarien erfolgte die Berechnung der Emissionsreduktionspotenziale. Um diese Ziele zu erreichen, wurden sektorale Maßnahmenkataloge definiert und aus diesem wurden Portfolio-Maßnahmenbündel geschnürt. Den letzten Schritt in der Erstellung des Klimaschutzplans bildet die Ausformulierung eines konkreten Umsetzungsplans mit einer Aufteilung auf Landes- und Bundeskompetenzen. Schritt 5, das begleitende Monitoring, soll die Auswirkungen der Umsetzung des Klimaschutzplans messen und evaluieren.

Von Seiten des Landes Steiermark wurde bereits 2005 eine Energiestrategie entwickelt. Die Ergebnisse dieser strategischen Leitlinie flossen in den Klimaschutzplan ein (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2009).

5.2.3.1. Energiebedarf der steirischen Produktion

Im Jahr 2007 belief sich der energetische Endverbrauch in der Produktion der Steiermark auf 64.466 TJ. Dies entspricht immerhin 40 % des gesamten Endenergiebedarfs in diesem Bundesland. Der Anteil an Energie, welcher für Produktionszwecke verwendet wird, liegt in der Steiermark deutlich über dem österreichweiten Durchschnitt. 2007

²³ Business as usual = Entwicklung ohne zusätzliche Maßnahmen

betrug der Anteil der Produktion am Energiebedarf, bezogen auf das gesamte Bundesgebiet, unter 30 % (Statistik Austria, 2007a).

Anhand der Abbildung 5-17 lässt sich deutlich erkennen, dass die Energieversorgung der steirischen Produktion zum überwiegenden Teil auf fossilen Energieträgern basiert. Der österreichweite Trend von fossilen Energieträgern mit hohen Emissionsfaktoren hin zu solchen mit geringeren, sprich der Wechsel von Kohle und Öl zu Gas, setzt sich auch in der Steiermark durch. Abweichungen von der österreichweiten Tendenz lassen sich in Bezug auf die erneuerbaren Energieträger und den Bedarf an elektrischer Energie erkennen. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern sank von 15 % im Jahr 1989 auf 7 % im Jahr 2005. Seit 2005 lässt sich jedoch wieder ein deutlicher Zuwachs der Erneuerbaren erkennen (Statistik Austria, 2007a).

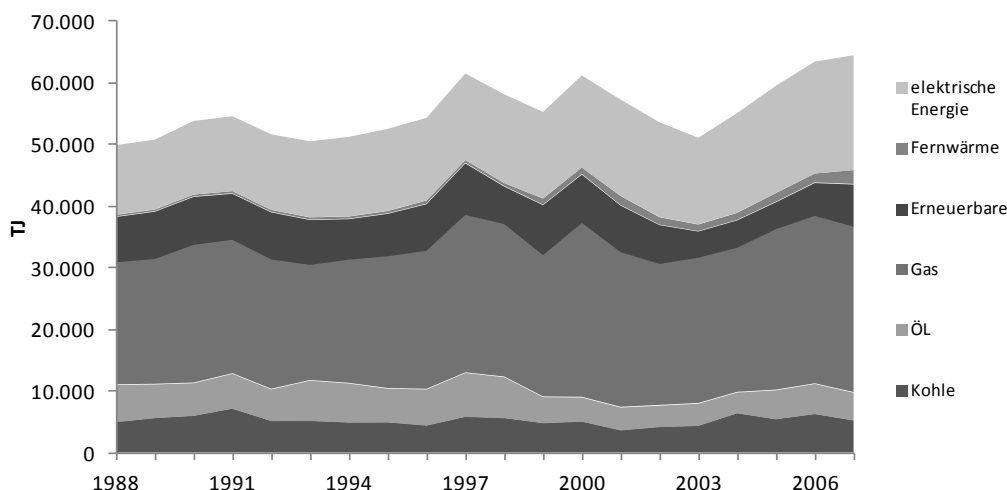


Abbildung 5-17: Verteilung des Energiebedarfs der steirischen Produktion nach Energieträgern (Statistik Austria, 2007a)

Der Bedarf an elektrischer Energie wächst, verglichen mit den österreichweiten Zuwachsraten, unterdurchschnittlich an. Bedingt durch die Sektoren, welche die Energie benötigen, dargestellt in Abbildung 5-18, werden drei Viertel der benötigten Energieträger in thermische Energie konvertiert. In Bezug auf die thermische Energie ist die Tatsache, dass 30 % dieses Bedarfs auf einem Temperaturniveau unter 100 °C liegen, von äußerster Relevanz (Titz et al., 2010).

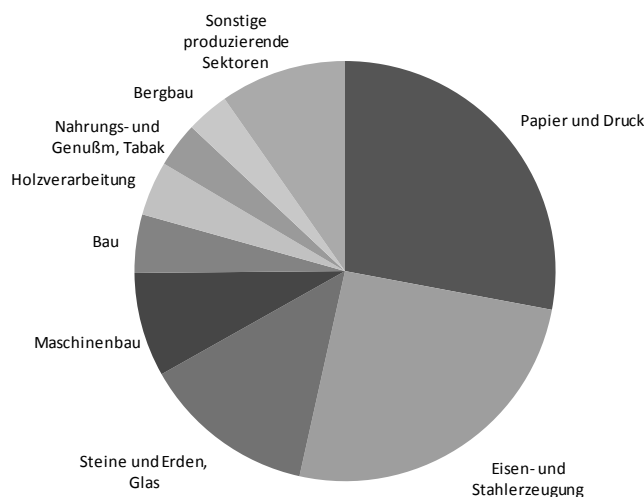


Abbildung 5-18: Verteilung des Energiebedarfs der steirischen Produktion nach Sektoren im Jahr 2007 (Statistik Austria, 2007a)

Wie Abbildung 5-18 zeigt, haben die energieintensiven Produktionssektoren einen hohen Anteil am Energiebedarf. In absoluten Zahlen belegt die Papierindustrie Platz 1, knapp gefolgt von der Eisen- und Stahlerzeugung. In den energieintensiven Sektoren hat aufgrund des hohen Anteils der Energiekosten an den Gesamtkosten das Thema Effizienz einen hohen Stellenwert.

Dieser Umstand führt zu den in Abbildung 5-19 grafisch dargestellten Unterschieden zwischen Österreich und der Steiermark. Die Abbildung stellt den Verlauf der Energieintensitäten, bezogen auf das Jahr 1990 als Basis 100 dar. Wie sich zeigt, fällt die Energieintensität der steirischen Produktion im Vergleich zu Österreich deutlich mehr ab. Die Schwankungen in der Steiermark sind auf die Produktionsauslastungen zurückzuführen (Amon et al., 2010; Titz et al., 2010).

Für die Berechnung der Energieintensität in der Steiermark wurden die wirtschaftlichen Daten der Interreg Gruppe der Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH herangezogen (Amon et al., 2010).

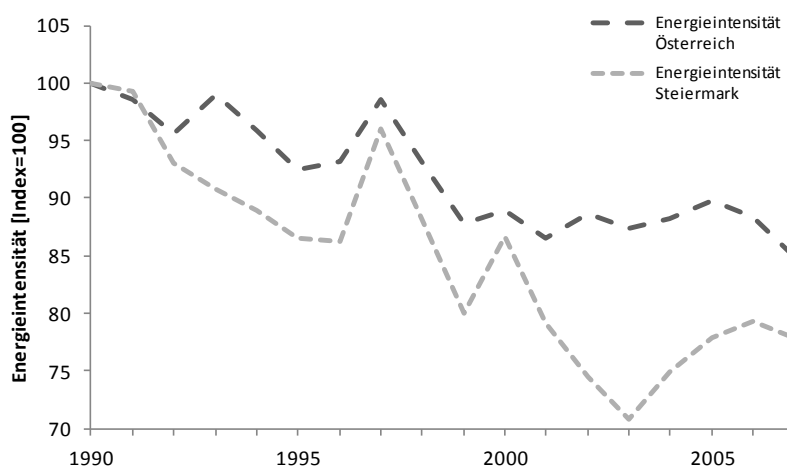


Abbildung 5-19: Entwicklung der Energieintensität in der Steiermark und in Österreich (Statistik Austria, 2007a), (Titz et al., 2010), (Amon et al., 2010)

5.2.3.2. Maßnahmenbündel

Die Produktion der Steiermark emittierte im Jahr 2007 6.093.000 t CO_{2e}, verursacht durch den Endenergiebedarf von 64.466 TJ. Der Klimaschutzplan deckt lediglich die durch den Energiebedarf verursachten THG-Emissionen ab. In Abbildung 5-20 sind bis zum Jahr 2007 die realen Daten des steirischen Produktionssektors angeführt. Ab 2007 sind die Ergebnisse des BAU-Szenarios dargestellt. Die Ausgangslage für dieses Referenzszenario bilden die historischen Energie- und in weiterer Folge die Emissionsdaten sowie regionale Wirtschaftsprognosen (Amon et al., 2010).

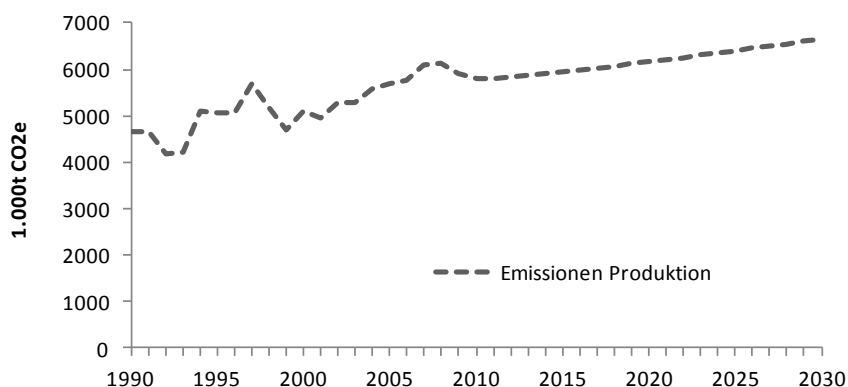


Abbildung 5-20: Entwicklung der THG-Emissionen der steirischen Produktion (Umweltbundesamt, 2009; Titz et al., 2010; Amon et al., 2010)

Ausgehend von diesen prognostizierten Emissionsentwicklungen wurden die Szenarien und Handlungsoptionen abgeleitet. Die Entwicklungen der Produktionssektoren flossen in die Erstellung der Referenz ein und werden im Rahmen der Maßnahmen nicht weiter berücksichtigt. Aufgrund der bestehenden Produktionssektoren erfolgt die Reduktion an Treibhausgasen basierend auf zum einen einer Reduktion des Bedarfs an Energie und zum anderen durch die Substitution fossiler Energieträger. Die Reduktion des Bedarfs sollte immer vor dem Ersatz des Energieträgers erfolgen.

Bedingt durch die wirtschaftlichen Anforderungen in der Produktion, müssen die gesetzten Maßnahmen einen monetären Nutzen generieren, um eine Realisierung gewährleisten zu können. Da oft die gleichen Produkte mittels unterschiedlicher Verfahren hergestellt werden, sind die Strukturen der Sektoren sehr heterogen. Dies erfordert zumeist eine differenzierte Betrachtungsweise der einzelnen Betriebe. Dennoch wurde versucht, die Maßnahmenbereiche nach dem Bedarf zusammenzufassen.

Anhand von internen Fallstudien hat sich gezeigt, dass in den meisten Produktionsbetrieben eine Reduktion des Energiebedarfs von bis zu 20 % möglich ist, wenn das gesamte betriebliche Energiesystem analysiert und optimiert wird. Nur durch einen Ersatz des derart verringerten Energiebedarfs durch CO₂-neutrale Energieträger können die Zielvorgaben erreicht werden. Hierzu kann angemerkt werden, dass die Steiermark bereits im Jahr 2007 CO₂-neutrale Produktionsstätten vorweisen konnte.

5.2.3.2.1. Steigerung der Energieeffizienz

Wie bereits zuvor erwähnt, sind die Steigerung der Effizienz und die dadurch hervorgerufene Reduktion des Bedarfs vorrangig zu behandeln. Energie, welche nicht benötigt wird, schlägt sich nicht nur in den physikalischen Emissionen der direkten Transformation nieder. Eine Betrachtung über die gesamte Transformationskette und den Lebenszyklus der darin inkludierten Anlagen zeigt auch, wieviel mehr durch das Nicht-Benötigen dieser Energie eingespart werden kann. Eine alleinige Substitution der fossilen Energieträger durch CO₂-neutrale könnte im schlimmsten Fall sogar zu einer Erhöhung dieser „grauen Emissionen“ führen (Cherubini et al., 2009).

In diesem Maßnahmenbündel sind Maßnahmen, welche die Bereiche Produktionsgebäude, Kraft-Wärme-Kopplungen, Prozessstrukturen und Abwärmenutzung abdecken, inkludiert.

Energiebedarf der Produktionsgebäude reduzieren

Die benötigte Energie zum Beheizen von Produktionsgebäuden wird meist vernachlässigt. Sie hat aber mittlerweile keinen geringen Anteil am Energiebedarf. Im Jahr 2007 wurden über 8 % des gesamten Energiebedarfs der Produktion in Österreich zum Beheizen von Gebäuden benötigt (Statistik Austria, 2008). Berechnungen, basierend auf der Systematik der Nutzenergieanalyse, ergaben, dass in der steirischen Produktion im Jahr 2007 5.800 TJ zur Bereitstellung von Raumwärme aufgewendet wurden (Statistik Austria, 2013).

Die Baustandards von Produktionsgebäuden, sprich Hallen und Werkstätten, sind so gering, dass namhafte Energieeinsparungspotenziale bestehen. Des Weiteren liegen die benötigten Raumtemperaturen deutlich unter denen von Wohnräumen.

Mittels thermischer Sanierung sowie der Einführung von Niedrigenergie- bzw. Passivhausstandards kann der Energiebedarf pro Energiedienstleistung drastisch gesenkt werden. Tabelle 30 veranschaulicht die möglichen Einsparungen pro m², basierend auf den Ergebnissen der Studie Design Guidelines – Solar Space Heating of Factory Buildings (Jähnig & Weiss, 2007).

Tabelle 30: Referenzberechnung für den Energiebedarf und die Emissionsreduktionspotenziale (Steiermark) (Jähnig & Weiss, 2007; Titz et al., 2010)

Produktionshallen	
Energiedienstleistung	
<i>Raumwärme pro Jahr</i>	<i>[KWh/m²]</i>
schlechter thermischer Zustand mit hoher Luftwechselrate	150
schlechter thermischer Zustand	105
Standard	70
Passivhausstandard	< 15
Emissionen	
<i>Emissionsreduktion pro Jahr</i>	<i>[kg CO₂/m²]</i>
bei Verringerung der Luftwechselrate	10
bei Verbesserung des thermischen Zustands	8
Wechsel auf Passivhausstandard	12
<i>Referenzsystem Gaskessel</i>	

Um diese Werte erreichen zu können, bedarf es einer gezielten Forcierung von Seiten der steirischen Regierung. Eine Erhöhung der Sanierungsrate der Produktionsgebäude wird nur erfolgen, wenn diese Gebäudeklasse in die Sanierungsoffensive mit eingebun-

den wird. Bislang sind Gebäude dieser Nutzung nur im Rahmen der Förderungen für KMU und den Dienstleistungssektor berücksichtigt.

Um diese Sanierung quantifizieren zu können, bedarf es einer standardisierten Klassifizierung der Gebäude dieser Nutzung. Bisher fallen sie unter den Gebäudetyp „sonstige konditionierte Gebäude“, für welchen keine Energieeffizienzklassen gesetzlich festgelegt wurden. Sind quantifizierbare Maßstäbe mittels Energieeffizienzklassen für Produktionsgebäude gesetzt, kann ihre Erreichung – im Neubau wie in der Sanierung – durch gezielte Anreizsysteme forciert werden.

Die in der Energiestrategie 2025 beinhaltete Alternativenprüfung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden > 1.000 m² Nutzfläche muss auf Produktionsgebäude erweitert werden. Eine Herabsetzung der Nutzfläche für die verpflichtende Alternativenprüfung der Heizsysteme ist ebenfalls zu empfehlen (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2009).

Tabelle 31 stellt die Investitionskosten für diese Maßnahme den Einsparungen gegenüber. Diese Daten wurden im Klimaschutzplan zur Berechnung der makroökonomischen Partialeffekte herangezogen. Wie sich anhand der ersparten Aufwendungen in diesem Bereich zeigt, bedarf es der gezielten Forcierung, da sie nicht den im Produktionssektor geforderten Ansprüchen genügen (Titz et al., 2010).

Tabelle 31: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahme Senkung des Energiebedarfs der Gebäude (Steiermark) (Titz et al., 2010)

Senkung des Energiebedarfs der Produktionsgebäude	
Investitionskosten	[Mio. €]
Investitionskosten 2020	51
Investitionskosten 2030	98
laufende Kosten	[Mio. €/Jahr]
eingesparte Aufwendungen Ø 2010–2030	3

Kraft-Wärme-Kopplungen zur Bereitstellung von Prozesswärme installieren

Kraft-Wärme-Kopplungen (KWK) sind kalorische Anlagen, die Energieträger in Wärme und Elektrizität umwandeln. Im Produktionsbereich können sie aufgrund des kontinuierlichen Wärmebedarfs ohne saisonale Schwankungen äußerst effizient betrieben werden. Durch das gezielte Betreiben der Anlage, bezogen auf den Prozesswärmebe-

darf, erreichen die Systeme hohe Gesamtwirkungsgrade. Die als quasi Nebenprodukt anfallende elektrische Energie verursacht weniger physikalische Emissionen im Vergleich zu konventionell kalorisch erzeugter Elektrizität (Schmitz & Schaumann, 2005).

Ausgehend von der Studie KWK-Potenziale in Österreich kann festgestellt werden, dass im Jahr 2007 18 % der benötigten Prozesswärme der österreichischen Produktion auf einem Temperaturniveau lagen, welches mittels KWK versorgt werden kann (E-Bridge Consulting, 2005).

Tabelle 32: Referenzwert zur Veranschaulichung der Kraft-Wärme-Kopplungen (ASUE, 2009; Titz et al., 2010)

Kraft-Wärme-Kopplung

Gasmotor	Leistung	Energiedienstleistung
	<i>[MW]</i>	<i>pro Jahr</i> <i>[MWh]</i>
thermisch	1,4	6.400
elektrisch	0,5	1.782

Tabelle 32 zeigt als Referenzwert für diese Technologie einen Gasmotor des oberen Segments der mittleren Leistungsklasse im Produktionsbereich. Die Daten entstammen realen Anlagen, welche in Deutschland jährlich von der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch erhoben werden (ASUE, 2009).

Bis auf einige wenige Produktionssektoren kommen Kraft-Wärme-Kopplungen selten zum Einsatz. Bevor diese Technologie gezielt gefördert werden kann, muss zuvor ihr theoretisch umsetzbares Potenzial erhoben werden. Die Energiestrategie 2025 beinhaltet bereits eine Potenzialerhebung, aber nur für die mittleren und kleinen Anlagengrößen. Das noch realisierbare Potenzial für Großanlagen sollte in diese Erhebung einbezogen werden (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2009).

Um das Risiko für die Unternehmen zu minimieren, bedarf es einer Unterstützung zur Investitionsentscheidung. Eine kostenlose Vorplanung sowie Angebotslegung kann aufgrund der Wirtschaftlichkeit der Systeme die Durchdringungsrate der KWK deutlich erhöhen. Es kann nicht als zielführend erachtet werden, diese Maßnahme nur für die kleinen und mittleren Anlagen anzubieten, da die Einspeisung aus großen Anlagen kalkulierbarer ist und deutlich zur Versorgungssicherheit beitragen kann.

Innovative Anlagenkonzepte sind die Triebfeder des technologischen Vorsprungs. Aus diesem Grund sollten besonders innovative KWK-Anlagen von Seiten des Landes ver-

gütet werden, da sie unmittelbar zur Erreichung des Effizienzziels auf Länderebene beitragen.

Tabelle 33: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahme KWK (Steiermark) (Titz et al., 2010)

Kraft-Wärme-Kopplung zur Prozesswärmebereitstellung	
Investitionskosten	[Mio. €]
Investitionskosten 2020	6
Investitionskosten 2030	12
laufende Kosten	[Mio. €/Jahr]
eingesparte Aufwendungen Ø 2010–2030	2

Tabelle 33 stellt die Investitionskosten für diese Maßnahme den Einsparungen gegenüber. Diese Daten wurden im Klimaschutzplan zur Berechnung der makroökonomischen Partialeffekte herangezogen. Wie sich anhand der ersparten Aufwendungen in diesem Bereich zeigt, kann diese Maßnahme als wirtschaftlich rentabel für die Unternehmen angesehen werden. Ein Unsicherheitsfaktor, welcher jedoch zu bedenken ist, sind die instabilen Energiepreise (Titz et al., 2010).

Abwärme nutzen

Abwärme ist definiert als thermische Energie, welche ungenutzt bewusst oder definiert an die Umgebung abgeführt wird. Im Allgemeinen stehen zwei Varianten zu deren Nutzung zur Verfügung.

Die innerbetriebliche Nutzung: Die Abwärme wird mittels der betrieblichen Energiebereitstellungssysteme genutzt. Dies erfolgt zum überwiegenden Teil durch die direkte Nutzung der thermischen Energie über Wärmetauscher. Jedoch kann diese thermische Energie auch mittels Wärmepumpen oder Absorptionskälteanlagen modifiziert (sprich in ihrer Temperatur angepasst) werden. Im Rahmen des Klimaschutzplans überschneidet sich die innerbetriebliche Abwärmenutzung mit dem Maßnahmenbereich Prozessintensivierung und Wärmerückgewinnung.

Die innerbetriebliche Nutzung ist, wenn möglich, immer der im Folgenden ausgeführten Auskopplung vorzuziehen, da diese Nutzung vor Ort die ressourcenschonendste, effizienteste Alternative darstellt und ein erhöhter Abwärmeanfall oft mit einem erhöhten Bedarf an Wärme zusammenfällt (gekoppelte Produktion).

Die Auskopplung von Abwärme: Dies ist die Einspeisung der im Betrieb entstehenden Abwärme in ein Fern- oder Nahwärmenetz. Bei dieser Variante hat eine Vielzahl von Faktoren Einfluss. Die Wärmemengen sowie deren zeitlicher Anfall müssen mit den Wärmeabnahmeprofilen des Wärmenetzes (unter Berücksichtigung von Speichern) kompatibel sein. Des Weiteren ist die Auskopplung nur sinnvoll, wenn das Wärmenetz effizient betrieben wird, sprich die Abnehmerdichte hoch genug ist. In Tabelle 34 sind zwei Best-Practice-Beispiele der Fernwärme Wien angeführt. Aufgrund der hohen Abnahmedichte des Wiener Fernwärmenetzes kommt es an vielen Stellen zur dezentralen Einspeisung von Abwärme. Tabelle 34 zeigt stellvertretend ein Wiener Beispiel für die Potentiale der Abwärmenutzung.

Tabelle 34: Referenzwerte zweier Best-Practice-Beispiele der Fernwärme Wien (Bachmann et al., 2006), (Titz et al., 2010)

Fernwärme Wien		
	Henkel Austria	vereinigte Eisfabriken Wien
Eingespeiste Wärme [MWh]	19.400	13.400
<i>Emissionsreduktion, berechnet mittels Emissionsfaktor Fernwärme Wien</i>		
Emissionseinsparung [t CO ₂ /a]	2.600	1.150

Vorrangig sollte immer abgewogen werden, ob eine interne Nutzung der Abwärme möglich ist. Bei den Überlegungen zur Auskopplung ist zu bedenken, dass nicht nur die physikalischen Emissionen vor Ort anfallen. Der Betrieb eines Netzes benötigt sogenannte „graue Energie“. Dies ist die Energie, welche – bedingt durch den Lebenszyklus – andernorts entsteht. Ebenfalls in den Entscheidungsprozess mit einfließen muss die Entwicklung des Wärmebedarfs der Gebäude und damit in weiterer Folge die verringerte Abnehmerdichte während der langen Lebensdauer eines Fernwärmenetzes.

Stellt sich die Auskopplung nach den Kriterien Emissionen sowie Wirtschaftlichkeit als rentabel dar, muss diese verpflichtend dem Neubau einer Wärmeerzeugungsanlage (Heizwerk) vorgezogen werden.

Das Abwärmepotenzial der Produktionsstätten in der Steiermark wurde 1983 zuletzt erhoben. Dieser Abwärmekataster muss aktualisiert werden, um quantifizierte Aussagen über das Potenzial treffen zu können. Das Land Steiermark muss nach der Aktualisierung der Daten aktiv eine Schnittstellenfunktion zwischen Einspeisern und Betreibern der Fernwärmenetze übernehmen.

Im Bereich der Einspeisung in kleinere Nahwärmenetze sowie der Nutzung von industrieller Abwärme im kleinen Segment bedarf es der Unterstützung von Seiten des Landes durch eine kostenlose Vorplanung sowie Angebotslegung.

Tabelle 35: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahme Abwärmenutzung (Steiermark)
(Titz et al., 2010)

Abwärmenutzung	
Investitionskosten	[Mio. €]
Investitionskosten 2020	0,7
Investitionskosten 2030	1,4
laufende Kosten	[Mio. €/Jahr]
eingesparte Aufwendungen Ø 2010–2030	0,2

Tabelle 35 stellt die Investitionskosten für diese Maßnahme den Einsparungen gegenüber. Diese Daten wurden im Klimaschutzplan zur Berechnung der makroökonomischen Partialeffekte herangezogen. Wie sich anhand der ersparten Aufwendungen in diesem Bereich zeigt, kann diese Maßnahme als wirtschaftlich rentabel für die Unternehmen angesehen werden. Unsicherheiten in diesem Bereich sind dennoch gegeben. Die instabilen Energiepreise sowie die Problematik der Haftung im Falle der Auskoppelung der Wärme sind ein Hemmschuh für die reale Umsetzung der Projekte (Titz et al., 2010).

Prozessintensivierung, Wärmerückgewinnung und energieeffiziente Antriebe

Die Optimierung von Prozessen führt in den meisten Fällen unweigerlich zu einer Steigerung der Energie- sowie Ressourceneffizienz. In den energieintensiven Produktionssektoren sind die Effizienzbestrebungen aufgrund der wirtschaftlichen Relevanz der Energiekosten seit jeher gegeben und daher sind die noch realisierbaren Potenziale eher gering. Jedoch in den Sektoren, in welchen der Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten im einstelligen Prozentbereich liegt, betragen die Energieeinsparungspotenziale oft bis zu 20 %.

Es gibt eine Vielzahl von Wegen, um diese Potenziale zu erreichen: Von der Implementierung von Wärmetauschernetzwerken, ermittelt durch Pinch-Analysen, bis zu einer vollständigen Restrukturierung der Produktionsprozesse. Im Gebiet der komplexen Kernprozessstrukturen erfolgt dieser Wandel oft durch die Anwendung der Prozessin-

tensivierung (PI). Für die relevanten Produktionssektoren wurde 2007 eine Roadmap für PI erstellt (Senter Novem, 2007). Tabelle 36 zeigt die möglichen Emissionsreduktionen der steirischen Lebensmittelproduktion bis 2030 durch PI-Technologien. Für die chemische Industrie werden bis 2050 Einsparungen von 50 % des Endenergiebedarfs prognostiziert.

Tabelle 36: Referenzwert zur Veranschaulichung der Einsparung durch PI in der steirischen Lebensmittelproduktion (Senter Novem, 2007)

Prozessintensivierung	
Lebensmittelindustrie	
<i>Energiebedarf 2007</i>	<i>[TJ]</i>
thermisch	1.385
elektrisch	854
Emissionen	
<i>Emissionsreduktion</i>	<i>[t CO₂]</i>
bis 2030	26.500

Aber auch ohne einen direkten Eingriff in die Prozessstrukturen können Einsparungen erreicht werden, z. B. durch den Austausch veralteter Aggregate. In der österreichischen Produktion werden beinahe 60 % der benötigten elektrischen Energie für den Betrieb von Antrieben verwendet. Bedenklich ist die Altersstruktur dieser Antriebe. Über 46 % sind älter als 5 Jahre, wobei deren Alter bis zu 40 Jahren reicht. Im Zuge des kontinuierlichen Ersatzes dieser Aggregate wird es zu hohen Einsparungen an elektrischer Energie kommen. Des Weiteren werden die Diesel-betriebenen Antriebe, welche in den großen Leistungsbereichen angesiedelt sind, durch elektrische Antriebe ersetzt werden.

Tabelle 37: Referenzwerte für energieeffiziente Antriebe (EU-ET, 2003)

Energieeffiziente Antriebe		
	min	max
energieeffiziente Motoren		
<i>Einsparungen</i>	2 %	8 %
Strom [TJ]	235	940
Emissionen[t CO _{2e}]	13.726	54.904
Motoren mit veränderlicher Drehzahl		
<i>Einsparungen</i>	10 %	50 %
Strom [TJ]	1.175	5.873
Emissionen[t CO _{2e}]	68.630	343.151

Tabelle 37 zeigt die Unter und Obergrenzen, welche durch effiziente Antriebe eingespart werden können. Zu bedenken sind auch die Potenziale durch eine korrekte Wartung der Anlagen.

Zumeist wird nur die Initialisierung für diese Maßnahmenbereiche benötigt. Diese kann bei Unternehmen, welche noch kein internes Energiemanagement haben, mittels eines Optimierungsschecks erfolgen. Sie benötigen meist lediglich Hilfestellung für das Aufdecken und Quantifizieren der Potenziale. Für Unternehmen, welche bereits ein Energiemanagement implementiert haben, ist das Bereitstellen von Benchmarkdaten empfehlenswerter. Das Anbieten internationaler Vergleichsdaten für Ressourcen sowie Energie von Seiten des Landes erlaubt es den Unternehmen, ihre Einsparpotenziale zu erkennen und sich zu positionieren.

Diese Daten können auch zur Definition von Effizienzzielen verwendet werden. Damit Maßnahmen getroffen werden, müssen Ziele festgelegt werden. Diese Effizienzziele müssen spezifisch, messbar, angemessen, realistisch und zeitlich fixiert sein. Die Erreichung der Ziele muss mittels Anreizsystemen forciert werden. Diese Anreizsysteme können nach den folgenden Ansätzen ausgeführt sein:

Effizienzgutschriften: Definierte Effizienzziele werden für 2020 und 2030 festgelegt. Bei vorzeitiger Erfüllung oder Übererfüllung der Ziele wird dies mittels einer Gutschrift honoriert. Diese Gutschrift kann sich individuell gestalten, eventuell in Form eines erhöhten Investitionszuschusses oder einer Steuerminderung. Ein derartiges Anreizsystem kann verpflichtend (mit Sanktionen bei Nichterreichung) oder auch auf freiwilliger Basis eingeführt werden. Ob freiwillig oder verpflichtend muss sich in der Gutschrift niederschlagen.

Bonussysteme: Das Erreichen eines definierten Wertes mittels einer effizienten Investition im Bereich Ressourcen sowie Energie wird mit einem Bonus honoriert. Dieser Bonus muss spezifisch an den Effizienzgrad angepasst werden. Für die Ausgestaltung können wiederum Förderungen oder Erleichterungen herangezogen werden. Der Unterschied zur Effizienzgutschrift liegt darin, dass der Bonus an keine Zielerreichung gekoppelt ist und aus diesem Grund nur auf freiwilliger Basis funktioniert.

Mengenbezogene Besteuerung: Werden die definierten Ziele für Ressourcen sowie Energie nicht erreicht, erhöht sich die Besteuerung. Hierfür müssen abgestufte Zielrahmen definiert werden.

Tabelle 38 stellt die Investitionskosten für diese Maßnahmen den Einsparungen gegenüber. Diese Daten wurden im Klimaschutzplan zur Berechnung der makroökonomischen Partialeffekte herangezogen. Wie sich anhand der ersparten Aufwendungen in diesem Bereich zeigt, können diese Maßnahmen als wirtschaftlich rentabel eingestuft werden. Bedingt durch das Risiko für die Unternehmen werden sie dennoch oft nicht umgesetzt (Titz et al., 2010).

Tabelle 38: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahmenkombination PI, energieeffiziente Antriebe und WRG (Titz et al., 2010)

Prozessintensivierung, Wärmerückgewinnung und effiziente Antriebe	
Investitionskosten	[Mio. €]
Investitionskosten 2020	123
Investitionskosten 2030	235
laufende Kosten	[Mio. €/Jahr]
eingesparte Aufwendungen Ø 2010–2030	56

5.2.3.2.2. *Substitution fossiler Energieträger*

Nach dem Ausschöpfen aller Einsparungspotenziale können nun Maßnahmen betreffend den verbleibenden Energiebedarf getroffen werden. Ziel dieses Maßnahmenbündels ist es, eine Reduktion des Treibhausgas-Ausstoßes durch eine Substitution der bisher verwendeten Energieträger zu erreichen.

Es handelt sich in erster Linie nur um die Substitution von Energieträgern, die zur Bereitstellung thermischer Energie verwendet werden. Aufgrund des Umstandes, dass beinahe drei Viertel des Endenergieeinsatzes auf den thermischen Energiebedarf entfallen, können dort die höchsten Emissionsreduktionen erzielt werden.

Zu bedenken ist bei einer Substitution der Energieträger zur Bereitstellung von Wärme, dass nicht jeder Temperaturbereich mit den klassischen regenerativen Energieträgern abgedeckt werden kann. Für die Maßnahmenerstellung wurden die Einsatzbereiche in die Temperaturklassen unter 100 °C, 100 °C bis 400 °C und über 400 °C unterteilt.

In diesem Maßnahmenbündel sind Maßnahmen inkludiert, welche einen Ersatz durch die Energieträger Erdgas, Biomasse, Solarthermie und Abfälle betreffen,.

Wechsel zu Energieträgern mit geringen Emissionsfaktoren

Für die Bereitstellung thermischer Energie wird sich der Trend von Kohle und Erdöl hin zu Erdgas weiter fortsetzen. In Bezug auf die Treibhausgas-Reduktion ist dies, obwohl Erdgas ein fossiler Energieträger ist, durchaus erstrebenswert.

Anhand der Tabelle 39 lassen sich die möglichen Einsparungen dieses Wechsels veranschaulichen. Die darin enthaltenen Werte basieren auf den Emissionen der Nutzenergiekategorie Industrieöfen der Statistik Austria. Mittels der durchschnittlichen Emissionsfaktoren für Kohle und Öl können diese Einsparungen bei der Bereitstellung eines TJ Wärme erzielt werden (Statistik Austria, 2008).

Tabelle 39: Referenzwert für einen Umstieg von Kohle und Erdöl auf Gas (Titz et al., 2010), (Statistik Austria, 2008)

Wechsel zu Erdgas	
Industrieöfen	
<i>Emissionsreduktion</i>	<i>[t CO₂/TJ]</i>
Wechsel von Kohle auf Erdgas	56
Wechsel von Heizöl auf Erdgas	28

Dieser Wechsel sollte in klimapolitischen Langzeitbetrachtungen nur einen Zwischenschritt darstellen. Deshalb bedarf es keiner gezielten Forcierung. Es wird die Annahme getroffen, dass bereits 2020 der überwiegende Teil der Anlagen umgerüstet ist. In der Eisen- und Stahlproduktion wird jedoch weiterhin Kohle eingesetzt werden, da eine vollständige Umstellung der Produktionsprozesse aufgrund der hohen Lebensdauer der Anlagen nicht möglich ist.

Erdgas-betriebene Anlagen sind bereits sehr effizient, was eine Definition von Energieeffizienzklassen für diesen Anlagentypus erübrigt. Um die Gesamteffizienz dieser fossilen Nutzung zu erhöhen, könnte der verpflichtende Einsatz von KWK-Anlagen zur Wärmebereitstellung mittels Erdgas ab 2020 ins Auge gefasst werden. Es bedarf jedoch einer exakten Definition der Rahmenbedingungen, um finanzschwache Unternehmen durch eine gesetzliche Verankerung nicht zu benachteiligen.

Nutzung von Abfällen

Bevor die energetische Nutzung von Abfällen erwogen wird ist abzuklären, ob sie nicht einer höherwertigen Nutzung zugeführt werden können. Das Drei-Stufen-Prinzip des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) – 1. Stufe: Abfall zu vermeiden, 2. Stufe: Abfall zu verwerten und 3. Stufe: Abfall zu beseitigen – bildet für diese Entscheidungen den Bewertungsrahmen (AWG 2002, i.d.F. 26.09.2008). Durch die Berücksichtigung dieser Kriterien erweitert sich die Effizienzsteigerung auch auf den Ressourcenbedarf.

Primär ist jegliches Abfallaufkommen zu reduzieren; dieses minimierte Aufkommen ist dann so gut wie möglich zu verwerten. Erst in der letzten Stufe der Abfallbeseitigung ist die energetische Nutzung von Abfällen angesiedelt. Bezüglich des Produktionssektors im steirischen Klimaschutzplan ist nur die Betrachtung der thermischen Verwertung von Abfällen relevant.

Da eine stoffliche Verwertung der vor Ort anfallenden Abfälle oft nicht möglich ist, stellt die thermische Verwertung eine relevante Alternative hin zur Kreislaufwirtschaft dar. In einigen Produktionsbereichen leistet die Nutzung der anfallenden Abfälle bereits einen namhaften Beitrag zur Energieversorgung. Als Beispiele können die energetische Nutzung der Laugen sowie der Holzabfälle in der Papierindustrie, die Erzeugung von Biogas aus den organischen Abfällen der Lebensmittelindustrie und die Verbrennung von Holzabfällen zur Versorgung von Holz Trocknungsanlagen angeführt werden.

Es wäre zielführend, wenn die anfallenden Abfallmengen sowie deren Qualität als Energieströme bewertet würden. Aus diesem Grund muss das Potenzial der Abfallströme zentral erhoben werden. Die Daten liegen durchaus in den Betrieben auf, da die Nachverfolgbarkeit im Sinne des AWG gewährleistet werden muss. Es mangelt im Moment lediglich an einer zentralen Erfassung sowie Verwaltung der Daten in Bezug auf deren energetische Nutzung. Diese Daten müssen öffentlich zugänglich gemacht werden, um synergetische Effekte zwischen Produktionsstätten zu generieren.

In der steirischen Energiestrategie 2025 sind die Abschätzung des Potenzials sowie die Einsatz- und Verbesserungsmöglichkeiten bei der energetischen Nutzung von Abfällen der jeweiligen Reststoffe sowie Deponie- und Klärgas, ebenfalls mit dem Fokus auf Bereitstellung von Prozesswärme, bereits inkludiert.

Der Weg vom Abfall zur Ressource kann flächendeckend nur über das gezielte Eingreifen des Landes erfolgen. Die verpflichtende Berücksichtigung der energetisch nutzbaren Abfallfraktionen bei der Ausschüttung von Fördermitteln kann dies gezielt forcieren.

Tabelle 40 stellt die Investitionskosten für diese Maßnahme den Einsparungen gegenüber. Diese Daten wurden im Klimaschutzplan (Titz et al., 2010). zur Berechnung der makroökonomischen Partialeffekte herangezogen. Wie sich anhand der ersparten Aufwendungen in diesem Bereich zeigt, kann diese Maßnahme als wirtschaftlich rentabel für die Unternehmen angesehen werden. Jedoch hält die strenge Reglementierung des AWG viele Unternehmen an der realen Umsetzung von Projekten im Bereich der thermischen Abfallverwertung ab (Titz et al., 2010).

Tabelle 40: Investitionskosten und Einsparungen bei der Nutzung von Abfällen (Steiermark)

Energetische Nutzung von Abfällen	
Investitionskosten	[Mio. €]
Investitionskosten 2020	11
Investitionskosten 2030	22
laufende Kosten	[Mio. €/Jahr]
eingesparte Aufwendungen Ø 2010–2030	3

Biomasse

Der limitierende Faktor der Biomassenutzung ist ihre lokale Verfügbarkeit. Angesichts ihrer geringen Energiedichte stehen die durch lange Transportwege verursachten Emissionen in direkter Konkurrenz zu den eingesparten THG-Emissionen. Lediglich durch eine Beschränkung des Beschaffungsradius der eingesetzten nachwachsenden Energieträger können real THG-Emissionen eingespart werden. Die Ermittlung der Potenziale, welche in der Steiermark für die Produktion aufgewendet werden könnten, führte das Joanneum Research für den Bereich Energiebereitstellung durch (Amon et al., 2010).

Basierend auf der Begrenztheit dieser Ressource sowie deren vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten, ist es anzustreben, diese einer höherwertigen Nutzung als der Wärmebereitstellung zuzuführen. Eine effiziente Alternative für den Produktionsbereich stellt

hier die Produktion von Strom und Wärme mittels einer Biomasse-befeuerten KWK dar. Tabelle 41 zeigt die Kennwerte einer Organic Rankine Cycle²⁴ (ORC)-Anlage, welche mittels Waldhackgut befeuert wird. Eine Anlage in diesem Leistungsbereich benötigt in etwa 100.000 Schüttraummeter Brennstoff pro Jahr (Reisinger et al., 2003). Da eine lokale Versorgung in diesem Ausmaß nur in wenigen Gebieten der Steiermark sichergestellt werden kann, ist das Potenzial solcher Großanlagen als gering einzuschätzen.

Tabelle 41: Referenzwert für die Nutzung von Biomasse in einer Organic Rankine Cycle-Anlage (Reisinger et al., 2003)

ORC-Anlage	
Nennleistung	[kW]
thermisch	7.000
elektrisch	1.000
Emissionen	
<i>Emissionsreduktion</i>	<i>[t CO₂/a]</i>
Strom und Wärme	13.504

Um einen klaren Überblick des verfügbaren Potenzials an Biomasse zu erhalten, muss dieses in differenzierter Form erhoben werden. Das real verfügbare Ausmaß, sprich abzüglich der bereits genutzten Mengen, muss aufgeschlüsselt nach seiner regionalen Verfügbarkeit öffentlich einsehbar aufliegen. In einer solchen Erhebung haben bisher vernachlässigte Faktoren wie die Wechselwirkungen zwischen der realen Verfügbarkeit und der Anwendung als Rohstoff für die Industrie mit einzufließen. Das so ermittelte Potenzial soll die gezielte Platzierung von Anlagen, basierend auf dem Aufkommen, erlauben.

Unter der Berücksichtigung spezieller Nutzungen bedarf es einer Aufnahme der Anlagen im Produktionsbereich in den Bioenergieausbauplan. Ökologische sowie ethische Überlegungen zur Nutzung müssen in diese gezielte Forcierung einfließen. Nur ohne Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion sowie mit einer Beschränkung des Beschaffungsradius kann die industrielle Nutzung von Biomasse ökologisch sowie ethisch vertretbar erfolgen.

²⁴ hat das Funktionsprinzip einer Dampfturbine, jedoch wird eine organische Flüssigkeit als Arbeitsmedium eingesetzt

Im Speziellen bei der Biogasproduktion muss auch die Gesamteffizienz der Anlagen berücksichtigt werden. Da die industriellen Anlagen Strom und Wärme nutzen, sollte es zu keiner Benachteiligung gegenüber Biogasanlagen mit Netzeinspeisung kommen.

Tabelle 42 stellt die Investitionskosten für diese Maßnahme den Einsparungen gegenüber. Diese Daten wurden im Klimaschutzplan zur Berechnung der makroökonomischen Partialeffekte mittels des Modells Multireg herangezogen (Amon et al., 2010). Auf den ersten Blick erscheint diese Maßnahme als rentabel, jedoch ist eine Reihe von nicht monetären Faktoren, wie sich am Beispiel Getreideheizung zeigt, in diesem Bereich essenziell (Titz et al., 2010).

Tabelle 42: Investitionskosten und Einsparungen durch den Einsatz von Biomasse (Steiermark) (Titz et al., 2010)

Substitution durch Biomasse	
Investitionskosten	[Mio. €]
Investitionskosten 2020	12
Investitionskosten 2030	23
laufende Kosten	[Mio. €/Jahr]
eingesparte Aufwendungen Ø 2010–2030	3

Solare Wärme

Die Nutzung von Solarthermie – in einem zurzeit wirtschaftlich rentablen Rahmen – hängt vom benötigten Temperaturniveau ab. Bedingt durch die geografische Lage und die davon abhängende solare Einstrahlung, ist der Temperaturbereich unter 100 °C für die Produktion in der Steiermark relevant. Ein Faktor, welcher ebenfalls die Nutzung von solarer Wärme limitiert, ist die Abhängigkeit von den saisonalen Schwankungen der Verfügbarkeit. Es kommen zwei Anwendungen der Solarthermie für den Produktionsbereich in Frage – die solare Prozesswärme und die solare Hallenheizung.

Eine vollständige Deckung eines dieser Bereiche mittels Solarthermie ist aufgrund der solaren Einstrahlung und deren jahreszeitlichem Verlauf in der Produktion unrentabel. Aus diesem Grund geht man dazu über, nur einen Teil der benötigten thermischen Energie aus solarer Strahlung zu generieren. Diese teilsolaren Systeme können dennoch einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Treibhausgas-Reduktion liefern.

Das Potenzial der solaren Prozesswärme der Steiermark wurde bereits in der Studie „PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie“ erhoben. Tabelle 43 zeigt die Ergebnisse dieser Studie (Brunner et al., 2007).

Tabelle 43: Potenzial der solaren Prozesswärme in der Steiermark aus dem Jahr 2007 (Brunner et al., 2007)

Solare Prozesswärme	
Energiedienstleistung	
<i>Wärme</i>	<i>[TJ]</i>
Potenzial Steiermark	
Industrie	618
Gewerbe	567
Emissionen	
<i>Emissionseinsparungen</i>	<i>[t CO₂]</i>
Gesamt	68.000

In Tabelle 44 sind die Referenzberechnungen der zweiten relevanten solaren Anwendung für den Produktionsbereich angeführt. Produktionshallen sind aufgrund der – verglichen mit Wohnräumen – niedrigeren geforderten Raumtemperaturen besonders geeignet für teilsolare Beheizungssysteme. Die angeführten Ergebnisse basieren auf den Werten eines durchschnittlichen Gebäudes der Studie „Design Guidelines – Solar Space Heating of Factory Buildings“ (Jähnić & Weiss, 2007).

Tabelle 44: Referenzwert für die teilsolare Beheizung von Produktionsgebäuden (Jähnić & Weiss, 2007)

Teilsolare Hallenheizung	
Energiedienstleistung	
<i>Raumwärme</i>	<i>[KWh/m²]</i>
Bedarf gesamt	67
solarer deckbarer Anteil	20
<i>Referenztechnologie</i>	
Energieträger	Gas
<i>Referenzgebäude</i>	
Fläche	500
Emissionen	
<i>CO₂-Emissionen</i>	<i>[kg/m²]</i>
solare Wärme kombiniert mit Gas	9
<i>CO₂-Emissionsreduktion</i>	<i>[kg CO₂/m² a]</i>
im Vergleich zur Referenztechnologie	5

Der Anteil der solarthermischen Anlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme ist sehr gering. Es bedarf einer gezielten Förderung, um diesen zu erhöhen. Mittels der Einbindung von solarthermischen Anlagen für Prozesswärmebereitstellung in Impulsförderprogramme kann dies gelingen.

Für den Produktionsbereich ist die Kopplung der Förderungen an die Solarthermienutzung, wie im Wohnbau, nicht zu empfehlen, da es einer differenzierten Betrachtung des Gesamtsystems bedarf.

Tabelle 45 stellt die Investitionskosten für diese Maßnahme den Einsparungen gegenüber. Diese Daten wurden im Klimaschutzplan zur Berechnung der makroökonomischen Partialeffekte herangezogen. Wie sich anhand der ersparten Aufwendungen in diesem Bereich zeigt, bedarf es der gezielten Forcierung, da sie nicht den im Produktionssektor geförderten Ansprüchen genügen, da die Amortisationszeit über 3 Jahren liegt (Titz et al., 2010).

Tabelle 45: Investitionskosten und Einsparungen für solarthermische Anlagen (Steiermark) (Titz et al., 2010)

Förderung des Anteils der Solarthermie für Prozesswärme	
Investitionskosten	[Mio. €]
Investitionskosten 2020	91
Investitionskosten 2030	174
laufende Kosten	[Mio. €/Jahr]
eingesparte Aufwendungen Ø 2010–2030	3

5.2.3.2.3. *Überblick der Maßnahmen*

Zur Veranschaulichung erfolgt eine Zusammenfassung der zuvor erörterten Maßnahmen und deren Verteilung auf Landes- und Bundeskompetenzen. Im Rahmen der Stakeholder-Einbindung wurden diese Maßnahmen in drei Workshops im Rahmen des Energieentwicklungsplans evaluiert und ergänzt.

Die Maßnahmen wurden in die beiden Bereiche Energieeffizienz und Ersatz fossiler Energieträger unterteilt.

Maßnahmenbündel: Steigerung der Energieeffizienz (Titz et al., 2010)

- a. Reduktion des Energiebedarfs der Produktionsgebäude
 - i. Einbindung von Gebäuden industrieller Nutzung in die Sanierungsoffensive (KMU und Dienstleistung zum Teil berücksichtigt) [Land]
 - ii. Einführung von Anreizsystemen bei Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen auf spezielle Nutzungen (Energieeffizienzklassen) [Bund/Land]
 - iii. Überprüfung der Gesamtenergieeffizienz bei Flächenwidmung von Gewerbeparks [Land]
- b. Erhöhung des Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung zur Prozesswärmebereitstellung
 - i. Erhebung des Potenzials auch für Großanlagen [Land]
 - ii. Hilfestellung bei der Realisierung: kostenlose Vorplanung sowie Angebotslegung, Abstufung nach Anlagengröße [Land]
 - iii. Finanzielle Anreize zur Umsetzung spez. Einbindung großer Anlagen spez. Vergütung innovativer Anlagen [Bund/Land]
- c. Nutzung prozessinterner Ressourcen
 - i. Optimierungskcheck durch Betriebsberatung [Land]
 - ii. Bereitstellung internationaler Benchmarkdaten von Energie sowie Ressourcen, Effizienzgutschriften bei Erreichung der Ziele, definierte Effizienzziele bis 2020 und 2030 [Bund/Land]
 - iii. Umsetzungsanreize zur Erreichung der definierten Effizienzziele, z. B. mengenbezogene Besteuerungen in Bezug auf Reststoffe sowie Verbrauch oder Bonussysteme bei vorzeitiger Erreichung [Land]
 - iv. Qualifizierungen sowie Zertifizierungen für BeraterInnen [Bund/Land]
- d. Forcierung der Abwärmenutzung
 - i. Erhebung des Abwärmepotenzials in der Steiermark [Land]
 - ii. Einspeisung der Abwärme in das Fernwärmenetz Land als Schnittstelle zwischen Einspeisern und Abnehmern [Land]
 - iii. Förderung von kleineren Abwärme-Nahwärmenetzen und industrieller Nahwärmenutzung, kostenlose Vorplanung sowie Angebotslegung [Land]

Maßnahmenbündel: Ersatz fossiler Energieträger (Titz et al., 2010)

- a. Wechsel zu nachwachsenden Energiequellen
 - i. Erhebung der Biomassepotenziale sowie deren Verfügbarkeit, Transportwege und Preisentwicklungen [Land]
 - ii. Berücksichtigung der Wechselwirkungen der Potenziale, Verfügbarkeit, Preisstrukturen für industrielle Anwendungen sowie als Rohstoff [Land]

- iii Gezielte Förderung der Biomassenutzung zur Bereitstellung von Prozesswärme (keinerlei Benachteiligung von Biogasanlagen zur Prozesswärmebereitstellung gegenüber Anlagen mit Netzeinspeisung) [Land]

b. Wechsel zu regenerativen Energieträgern

- i Einbindung von Anlagen zur Prozesswärmebereitstellung in Impulsförderprogramme [Bund/Land]
- ii Potenzialabschätzung von Einsatz- und Verbesserungsmöglichkeiten bei der energetischen Nutzung von Abfällen, Reststoffen sowie Deponie- und Klärgas [Land]
- iii Forcierung der Nutzung von heizwertreichen Abfallfraktionen sowie gezielte Förderung unter Einhaltung der geltenden Bestimmungen [Bund/Land]

5.2.3.3. *Reduktionen an Treibhausgas-Emissionen und Energie*

Die Reduktionen der beiden Maßnahmenbündel wurden ausgehend von den möglichen Einsparungen in den Handlungsbereichen quantifiziert. Die Berechnungen erfolgten in Anlehnung an die Systematik der Nutzenergiekategorien der Statistik Austria. Der Referenzwert, von welchem ausgehend die Reduktionen erfolgten, ist das erstellte BAU-Szenario.

Es wurden die möglichen Reduktionen an Treibhausgasen und Energie für die beiden Maßnahmenbündel Steigerung der Energieeffizienz und Ersatz fossiler Energieträger gesondert berechnet. Einsparungen an elektrischer Energie tragen nicht zur Emissionsreduktion im Produktionssektor bei, da diese THG-Einsparungen nach dem Verursacherprinzip der Energiebereitstellung angerechnet werden.

Tabelle 46 zeigt die Ergebnisse für das Maßnahmenbündel Energieeffizienz. Im Jahr 2020 kann in der Steiermark eine Energieeinsparung von 4.736 TJ/a im Nicht-ETS-Sektor des Produktionsbereichs erzielt werden; bis zum Jahr 2030 steigert sich dies sogar auf 8.380 TJ/a. Dadurch wird 2020 der Ausstoß von 54.000 t CO₂e und 2030 von 176.000 t CO₂e vermieden. Diese Reduktionen erfolgen zusätzlich zu den durch den Emissionshandel eingesparten THG-Emissionen. Die Einsparungen an elektrischer Energie tragen nicht zur Emissionsreduktion bei, da diese dem Sektor Energiebereitstellung angerechnet werden.

Tabelle 46: Mögliche Einsparungen an Energie und Emissionen durch die Steigerung der Effizienz (Steiermark) (Titz et al., 2010)

Effizienzsteigerung

	Energiebedarf	Energiebedarf Effizienzsteigerung	Energieeinsparung*	Emissionsreduktion*
	[TJ/a]	[TJ/a]	[TJ/a]	[t CO _{2e} /a]
2007	64.466	64.466	-	-
<i>prognostizierter Energiebedarf</i>				
2020	65.215	60.479	4.736	54.000
2030	70.688	62.308	8.380	176.000

* bezogen auf den prognostizierten Energiebedarf

Der reduzierte Energiebedarf nach der Effizienzsteigerung war die Ausgangssituation für die Substitution fossiler Energieträger. In Tabelle 47 sind die Ergebnisse dieser Maßnahmen dargestellt. Hier kommt es zu deutlich höheren, im Sektor verbuchbaren, THG-Reduktionen als im Bereich der Effizienzsteigerung. Anhand der Verteilung der Energieträger lässt sich der Wechsel von den fossilen zu den erneuerbaren Energieträgern deutlich erkennen. Durch diesen Wechsel werden im Jahr 2020 249.000 t CO_{2e} und 2030 432.000 t CO_{2e} weniger Treibhause ausgestoßen.

Tabelle 47: Mögliche Reduktionen durch die Substitution fossiler Energieträger (Steiermark) (Titz et al., 2010)

Substitution fossiler Energieträger

	Kohle	Erdölprodukte	Gas	Erneuerbare	Elektrizität	Fernwärme	gesamt
Energiebedarf [TJ]							
2007	5.251	4.508	26.981	6.826	18.667	2.233	64.466
<i>prognostizierter Energieverbrauch [TJ]</i>							
2020	3.850	3.102	28.769	5.709	20.679	3.107	65.215
2030	4.173	3.362	31.183	6.188	22.414	3.368	70.688
Emissionsreduktion durch die Substitutionsmaßnahmen							
<i>Gesamt, bezogen auf prognostizierten Energieverbrauch nach Effizienzsteigerung [t CO_{2e}]</i>							
2020							249.000
2030							432.000
Energiebedarf nach Substitutionsmaßnahmen [TJ]							
2020	3.443	3.089	24.931	9.413	17.421	2.181	60.479
2030	2.206	2.410	25.909	11.460	18.008	2.304	62.296

In Summe kann durch die Kombination der beiden Maßnahmenbündel im Jahr 2020 eine Reduktion von 3030.000t CO_{2e} erreicht werden. Bis zum Jahr 2030 steigert sich

diese Emissionsreduktion auf 518.000 t CO₂e, verglichen mit der prognostizierten Entwicklung.

Abschließend muss gesagt werden, dass der Klimaschutzplan vor der in Kraft getretenen Richtlinie 2006/32/EG (Energieeffizienzrichtlinie) der Europäischen Union erstellt wurde. Des Weiteren wurde in der Zwischenzeit auch das Klimaschutzgesetz (BGBl. I Nr. 106/2011) novelliert. Nach Anpassung an die veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen ist mit höheren als den konservativ berechneten Einsparungen des Klimaschutzplans zu rechnen.

5.2.4. Erhebung und Bewertung der Daten relevanter Produktionssektoren des Bundeslandes Steiermark

All die zuvor erörterten Ansätze basieren zwar auf durchgeführten institutsinternen Fallstudien, wurden aber ausgehend von den Energiebilanzen berechnet. Um nun die realisierbaren Potenziale ermitteln zu können, wurden diese im Rahmen eines Nachfolgeprojekts des Klimaschutzplans Steiermark erhoben (Schnitzer et al,2012). Die Erhebung der Potenziale dient unter anderem der Validierung der Ergebnisse sowie der Datentlage. Im Rahmen dieser Auftragsstudie des Landes Steiermark wurden die folgenden Themenbereiche behandelt:

- Abwärmepotenziale zur externen wie internen Nutzung,
- KWK-Potenziale mit und ohne Auskopplung der Wärme in ein Nah- oder Fernwärmenetz,
- Solarpotenzialflächen,
- Energiebedarf der Produktionsgebäude,
- Kleinwasserkraftstandorte.

Die Festlegung der zu erhebenden Betriebe erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber. Zunächst wurden aufgrund des Energiebedarfs laut der Energiebilanzen des Bundeslandes die augenscheinlich relevanten Sektoren ermittelt. Diese wurden nach wirtschaftspolitischen Kriterien erweitert. Basierend auf dem Umsatz und der Zahl der MitarbeiterInnen wurden auch Betriebe außerhalb dieser Sektoren erhoben, um brachliegende relevante Potenziale nicht zu vernachlässigen.

5.2.4.1. Erhebungen in den Betrieben der Steiermark

Parallel zur Auswahl der Betriebe wurde erarbeitet, welche betriebsinternen Daten, basierend auf dem Auswertungsdesign, relevant sind. Die Befragungen erfolgten mittels eines eigens zusammengestellten Fragebogens, welcher im Anhang der vorliegenden Arbeit ersichtlich ist. In Abbildung 5-21 ist der Aufbau des Fragebogens schematisch dargestellt. Die erhobenen Daten umfassen allgemeine Betriebs- und Unternehmensdaten sowie alle relevanten Daten betreffend die Energieströme und Versorgungstechnologien. Abschließend wurden die Rahmenbedingungen und Hemmnisse für die Umsetzung energietechnischer Vorhaben im Unternehmen abgefragt.

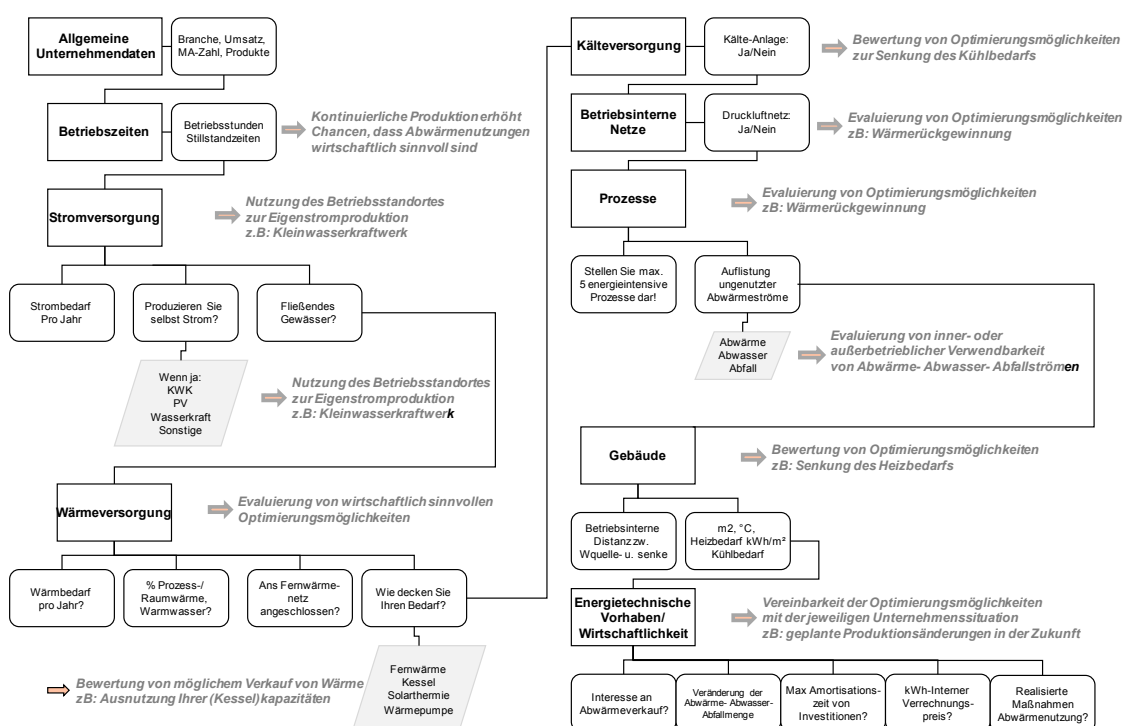


Abbildung 5-21: Ablaufplan des Befragung (Schnitzer et al., 2012)

Die Befragung erfolgte zunächst in den Pilotbranchen Papier und Lebensmittel. Nach der Pilotbefragung flossen diese Ergebnisse in die Anpassung des Fragebogens sowie das Auswertungsdesign ein. Zunächst wurden 200 Betriebe zur Teilnahme an der Online-Befragung kontaktiert. Da der Online-Fragebogen jedoch nur eine Rücklaufquote von 8 % hatte, wurde dazu übergegangen, die Daten persönlich oder telefonisch zu erheben. Durch den Online-Fragebogen und die Telefonate konnten die Daten von 30 Unternehmen vollständig erhoben werden. Bei 40 Betrieben erfolgten die Erhebungen persönlich. Diese persönlich vor Ort erhobenen Datensätze verteilen sie wie folgt auf die Branchen:

- 18 % Papier und Druck
- 13 % Steine, Erden und Glas
- 20 % Eisen und Stahlverarbeitung
- 8 % Eisen- und Stahlerzeugung
- 15 % Lebensmittelindustrie
- 20 % Maschinenbau
- -8 % Sonstige

5.2.4.2. *Bewertung der erhobenen Daten*

Gemäß der ursprünglichen Intention des Projektes lag das Hauptaugenmerk der Datenanalyse auf einer Bewertung der Abwärmeströme. Die erhobenen Abwärmeströme wurden nach ihrem Medium, der thermischen Leistung und ihrem Temperaturniveau mit einer Technologiematrix auf ihre Nutzungsmöglichkeiten hin untersucht (Technologiematrix siehe Anhang). Die in dieser Matrix inkludierten Möglichkeiten zur Nutzung der Abwärme sind in Abbildung 5-22 dargestellt.

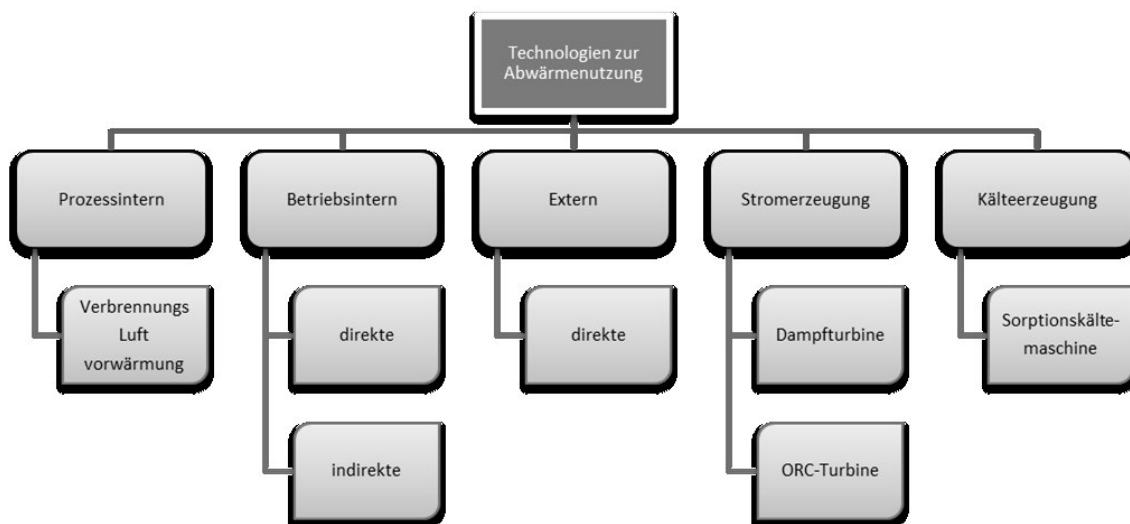


Abbildung 5-22: Technologische Möglichkeiten der Abwärmenutzung (Schnitzer et al., 2012)

Die Technologien, welche in der Bewertung die höchste Punkteanzahl erreichten, wurden einer adaptierten Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätenmethode laut VDI 2067 unterzogen (VDI, 2000, 1998). Ein Screenshot des Berechnungsblattes ist im Anhang angefügt. Es wurde nur für die Nutzung von Abwärme eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit, basierend auf den einzelnen Strömen, durchgeführt.

Für die Kraft-Wärme-Kopplungen erfolgte die Potenzialberechnung ausgehend vom Prozesswärmebedarf und jährlichen Betriebsstunden von mindestens 4.000 h. In Bezug

auf die Bewertung der Auskopplung der KWK-Abwärme musste in einem definierten Radius eine potenzielle Wärmesenke vorhanden sein. Des Weiteren wurden nur jene Betriebe berücksichtigt, welche mindestens 80 % der produzierten elektrischen Energie betriebsintern verwenden können.

Bezüglich der Solarpotenzialflächen gab es einen Abgleich mit den betriebsinternen Nutzungsmöglichkeiten. Jedoch wurde das Potenzial letztendlich nur auf Basis der Ausrichtung sowie der Tragfähigkeit der vorhandenen Flächen berechnet. Zu dieser Betrachtung wurde übergegangen, um die mögliche Nutzung der brachliegenden Flächen durch externe Investoren nicht außer Acht zu lassen. Ebenso verhält es sich bei der Erhebung der potenziellen Kleinwasserstandorte.

Für die Berechnungen des Heizwärmebedarfs der Sektoren wurden die erhobenen Flächen sowie der Bedarf an thermischer Energie in der Heizperiode extrahiert, um die Kennzahl zu ermitteln.

5.2.4.3. *Potenziale und Kennzahlen der relevanten Sektoren*

Die Potenziale und Kennzahlen, basierend auf real erhobenen Daten in den Betrieben der Steiermark, sollen dem Land als Entscheidungsgrundlage dienen. Sie gewährleisten überdies eine Erweiterung und Absicherung der im steirischen Klimaschutzplan erarbeiteten Handlungsoptionen.

Aus diesem Grund wurden nicht nur – wie zunächst in den Handlungsoptionen empfohlen – die Abwärmepotenziale erhoben. Das Portfolio wurde angepasst und um die Bereiche KWK, Solarpotenzialflächen und Heizwärmebedarf erweitert.

Des Weiteren wurde auch die Thematik Kleinwasserkraft berücksichtigt. Zum Zeitpunkt der Erhebung konnte eine Anschlussleistung von 21 MW, durch bereits realisierte oder noch im Bau befindliche Projekte, nachgewiesen werden. Das noch realisierbare, mittels Vorprojektierungen nachgewiesene, Kleinwasserkraftpotenzial betrug damals 53 GWh. Auf die Ergebnisse der anderen Bereiche wird nun im Folgenden näher eingegangen.

5.2.4.3.1. *Abwärme*

Diese Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist ausschlaggebend für die Umsetzung der Abwärmepotenziale. Aus diesem Grund wurden die Potenziale in drei Kategorien unterteilt

Das **technische Potenzial** inkludiert die Abwärmeströme, die jährlich anfallen und nach dem Stand der Technik zur direkten oder indirekten Nutzung verwendet werden könnten. Die Berechnungen erfolgten nach der Formel (3) und das Potenzial wird in GWh/a angegeben. Die Bezugstemperatur T_{bez} liegt hierbei bei 20 °C, dieser Referenzwert wurde gewählt, um das Potenzial auf Umgebungstemperatur zu beziehen. T_{ab} ist die Temperatur des Abwärmestroms.

$$P = m * c_p * (T_{ab} - T_{bez}) \quad (3)$$

Das **wirtschaftliche Potenzial** inkludiert die Abwärmeströme, die jährlich anfallen und nach dem Stand der Technik zur direkten oder indirekten Nutzung verwendet werden könnten. Die Berechnung der Abwärmemenge erfolgte ebenfalls nach Formel (3) und das Potenzial wird in GWh/a angegeben. T_{bez} wurde an die spezielle Nutzungsform angepasst. Es wurden jedoch nur Ströme berücksichtigt,

- deren Amortisationszeit in der Wirtschaftlichkeitsberechnung²⁵ angelehnt an die VDI 2067 unter 5 Jahren lag und
- die alle Kriterien für die mögliche Auskopplung in ein Fern- oder Wärmenetz erfüllten.

Das **umsetzbare Potenzial** basiert auf dem wirtschaftlichen Potenzial. Es ist ebenfalls in GWh/a angeführt. Jedoch wurden die Hindernisse, welche eine reale Umsetzung der Projekte beeinflussen, in den Berechnungen berücksichtigt. Im Rahmen der Erhebungen wurden die Parameter, welche eine Realisierung der Abwärmenutzungsprojekte behindern, erhoben. In Abbildung 5-23 ist die Auswertung dieser Hindernisse nach ihrer Häufigkeit dargestellt.

²⁵ ein Beispiel der Berechnungsmethodik ist im Anhang angeführt

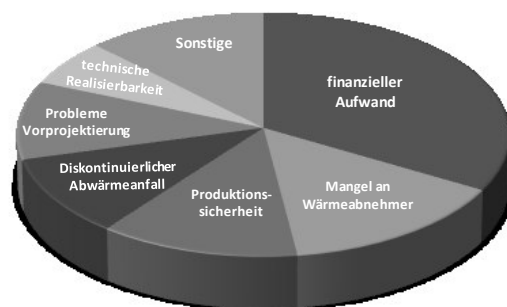


Abbildung 5-23: Hindernisse in Bezug auf Abwärmenutzungsprojekte

Die technischen, wirtschaftlichen und umsetzbaren Abwärmepotenziale sind, gegliedert nach Sektoren, in Tabelle 48 ersichtlich. Wie zu erwarten, liegen die höchsten Potenziale in den energieintensiven Industriesektoren vor. Anhand bereits realisierter Projekte, wie der Einspeisung von ca. 60 GWh aus der Marienhütte in das Grazer Fernwärmenetz oder die Versorgung von 15.000 Haushalten in Aichfeld durch die Heinzl Pulp Zellstoff Pöls AG zeigen, das auch die externe Abwärmenutzung bereits durchaus etabliert ist (Energie Graz, 2010; Schnitzer et al., 2012).

Tabelle 48: Abwärmepotenziale der erhobenen Sektoren (Steiermark) (Schnitzer et al., 2012)

Abwärmepotenziale	technisch	wirtschaftlich	umsetzbar
	<i>Abwärmemengen in GWh pro Jahr</i>		
Papier und Druck	1.300	300	250
Eisen- und Stahlerzeugung und -verarbeitung	1.100	130	50
Steine, Erden und Glas	225	50	20
Maschinenbau	50	30	13
Lebensmittel	50	10	2
Gesamt	2.725	520	335

5.2.4.3.2. *Kraft-Wärme-Kopplungen*

Kraft-Wärme-Kopplungen sind im Speziellen für ganzjährig betriebene Wärmeversorgungssysteme, wie die Prozesswärme, besonders lukrativ. Unter 4.000 Betriebsstunden können KWK im Moment in der Produktion nur unter äußerst seltenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich betrieben werden. Der Faktor, welcher unter den gegebenen Umständen den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Kraft-Wärme-Kopplung

hat, ist der Energiepreis. Aufgrund der im Moment tendenziell niedrigen Strompreise können Betriebsweisen, welche eine Auskopplung der produzierten elektrischen Energie zum Ziel haben, nicht als zweckmäßig erachtet werden. Aus diesem Grund wurde das Potenzial nach dem Kriterium beurteilt, dass mindestens 80 % der produzierten elektrischen Energie betriebsintern benötigt werden. Das Potenzial an KWK in der steirischen Produktion wurde in zwei Kategorien unterteilt:

Das **KWK-Potenzial ohne Auskopplung der Wärme**, welches bezogen auf den internen Prozesswärmebedarf berechnet wurde.

Das **KWK-Potenzial mit Auskopplung der Wärme**, welches bezogen auf den betriebsinternen Strombedarf berechnet wurde. Jedoch unter Berücksichtigung einer Wärmesenke in der direkten Umgebung, welche die überschüssige thermische Energie potenziell verwerten kann.

Tabelle 49: Potenziale für KWK mit und ohne Auskopplung der Wärme in den relevanten Sektoren (Steiermark) (Schnitzer et al., 2012)

Kraftwärmekopplungen

	Papier und Druck	Steine, Erden und Glas	Lebensmittel	Eisen- und Stahlverarbeitung	Maschinenbau
<i>Bedarf in GWh</i>					
Strom	1.525	136	53	1.062	309
Wärme	2.800	456	166	2.269	212
KWK ohne Auskopplung der Wärme					
<i>max. Deckung in % des Bedarfs</i>					
Strom	0 %	0 %	92 %	2 %	5 %
Wärme	0 %	0 %	36 %	2 %	8 %
KWK mit Auskopplung der Wärme					
<i>max. Deckung in % des Bedarfs</i>					
Strom	1 %	33 %	96 %	13 %	33 %
<i>Auskopplung in Nah- oder Fernwärmenetz in GWh</i>					
Wärme	11	53	1	137	103

Die so kalkulierten Potenziale für KWK sind in Tabelle 49 dargestellt. Auf den ersten Blick fällt auf, dass in den Sektoren Papier und Druck sowie Steine, Erden und Glas das Potenzial kleiner 1 % ist, ohne eine Auskopplung der Wärme. In der Papierproduktion ist dies darauf zurückzuführen, dass der Anteil an KWK in der Steiermark bereits beinahe ausgeschöpft ist. Der KWK-Anteil am benötigten Strom lag laut Austropapier im Jahr 2009 in der österreichischen Papierproduktion bei 75 % (Austropapier, 2009).

Beim Sektor Steine, Erden und Glas hat dies jedoch eine völlig andere Ursache. Prozessbedingt wird in diesem Sektor der überwiegende Teil der thermischen Energie in direkt befeuerten Anlagen benötigt.

5.2.4.3.3. *Solarpotenzialflächen*

Als Solarpotenzialflächen wurden Dachflächen definiert, welche bedingt durch ihren Neigungswinkel, ihre Ausrichtung und die Traglast für solarthermische oder Photovoltaik-Anlagen geeignet sind. Während der Erhebung zeigte sich, dass die Unternehmen ihre Dachflächen zum Teil bereits auf die Eignung für solare Anwendungen überprüfen ließen. In der Abbildung 5-24 sind die Flächen, ausgewertet nach Sektoren, dargestellt. Im Sektor Papier und Druck ist es sehr unwahrscheinlich, dass diese Flächen für solare Anlagen verwendet werden. Dies ist zum einen bedingt durch die bereits überdurchschnittlich hohe Eigenstromproduktion und zum anderen aufgrund des bereits hohen Überschusses an thermischer Energie im Temperaturbereich unter 100 °C. Der Sektor mit der größten Anzahl an Dachflächen – der Maschinenbau – bietet sich aufgrund der tendenziell geringen, geforderten Prozesstemperaturen und der kaum vorhandenen Eigenproduktion für die Installation von solarthermischen Kollektoren sowie Photovoltaikanlagen an. Bereits installierte solarthermische Anlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme kann die Lebensmittelproduktion vorweisen.

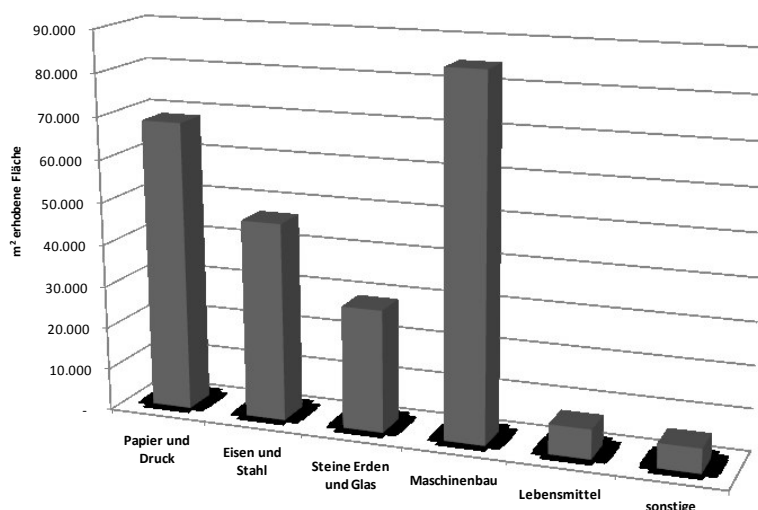


Abbildung 5-24: Solarpotenzialflächen der erhobenen Sektoren (Steiermark) (Schnitzer et al., 2012)

5.2.4.3.4. *Raumwärmebedarf*

Seit Inkrafttreten der OIB-Richtlinie 6 ist der Heizwärmebedarf von Gebäuden im Allgemeinen sehr gut dokumentiert. In Bezug auf die Heizlast von Industriehallen musste jedoch festgestellt werden, dass in allen erhobenen Betrieben der Heizwärmebedarf für den Altbestand dieser Gebäudeklasse nicht auflag.

Zur Klassifikation des Heizwärmebedarfs wird in der OIB-Richtlinie der Bedarf an thermischer Energie in kWh zur thermischen Konditionierung eines Quadratmeters Netto-Nutzfläche pro Jahr herangezogen. Produktionshallen und Lager unterliegen der Gebäudekategorie „sonstige konditionierte Gebäude“ im Segment Nicht-Wohngebäude. Da für die Gebäudekategorie keine Energieeffizienzklassen definiert wurden, bedarf es zumeist auch keiner Berechnung der Kennzahlen für den Bestand.

Um nun dennoch den thermischen Zustand qualifizieren zu können, erfolgte eine Berechnung dieser Kennzahl anhand der erhobenen Daten. Basierend auf den Flächen der Produktionsgebäude und Lager sowie dem Heizwärmebedarf wurde die benötigte Energie berechnet. Um nun lediglich den Heizwärmebedarf für diese Nutzungsklasse zu ermitteln, wurde der Bedarf zur Beheizung der anderweitig genutzten Nicht-Wohngebäude abgezogen. Falls nicht in der Erhebung angegeben, wurde für diese Kalkulationen das Mittel der in der OIB-Richtlinie 6 angegebenen Werte für Nicht-Wohngebäude der Kategorie 1 herangezogen (OIB, 2011).

Abbildung 5-25 zeigt die Ergebnisse der relevanten Sektoren. Es wurden jeweils der gemittelte Wert über alle Ergebnisse sowie der maximale Wert im Sektor dargestellt. Es wurden die Sektoren Papier sowie Eisen- und Stahlerzeugung nicht berechnet, da sie aufgrund ihrer hohen internen Wärmegewinne für diese Betrachtungen irrelevant sind.

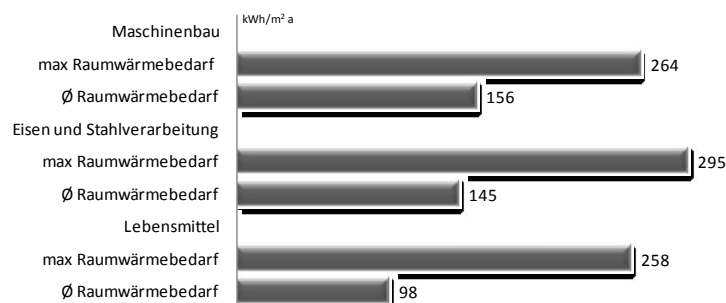


Abbildung 5-25: Berechneter Heizwärmebedarf aus den erhobenen Daten in kWh/m²a (Schnitzer et al., 2012)

Vergleicht man die Ergebnisse der Berechnung des Heizwärmebedarfs der Produktionsgebäude und Lager mit den in der Studie „Design Guidelines – Solar Space Heating of Factory Buildings“ angegebenen Werten von 105 kWh/m²a für schlecht gedämmte Gebäude und 70 kWh/m²a für ein Standard-Gebäude, zeigt sich, dass lediglich der Sektor Lebensmittel durchschnittlich unter dem Wert für schlecht gedämmte Gebäude liegt (Jähnig & Weiss, 2007).

6. Fahrplan zur Verringerung der Treibhausgase in der Österreichischen Produktion bis 2050

Gegenstand der Betrachtungen innerhalb des Fahrplans sind die von Seiten der Europäischen Union vorgegeben Ziele, um eine Treibhausgas-Reduktion im Produktionsbereich zu erreichen. Die Systematik der Erstellung dieses Fahrplans erfolgte in Anlehnung an den Leitfaden zur Erstellung von „Technology Roadmaps“ der International Energy Agency (IEA, 2010). Aufgrund fehlender Finanzierung konnten keine Stakeholder-Workshops für die Erstellung des Fahrplans durchgeführt werden. Eine von Seiten der Europäischen Union oft propagierte Maßnahme – die CO₂-Abscheidung und Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) (IEA & UNIDO, 2011) – wurde bewusst aus den Überlegungen ausgeschlossen, da zum einen die Anlagengröße im Produktionsbereich oft zu gering ist für diese Technologie und zum anderen die Möglichkeit besteht, dass sich Österreich gegen diese Technologie entscheidet, wie es bereits 1983 in Bezug auf die Nuklearenergie erfolgt ist.

6.1. Langfristige Ziele

Bis 2050 sollen die im Rahmen des Fahrplans der Europäischen Union für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050 festgelegten Emissionsreduktionen, erfüllen werden (KOM (2011) 112). In Tabelle 50 sind die gesamteuropäischen Ziele angeführt.

Tabelle 50: Emissionssenkung der einzelnen Sektoren des Fahrplans 2050 der Europäischen Union (KOM (2011) 112)

THG-Emissionsverringerung gegenüber 1990	2005	2030	2050
Gesamt	– 7 %	– 40 bis – 44 %	– 79 bis – 82 %
Sektoren			
Stromerzeugung	– 7 %	– 54 bis – 68 %	– 93 bis – 99 %
Industrie	– 20 %	– 34 bis – 40 %	– 83 bis – 87 %
Verkehr (einschl. CO ₂ aus der Luftfahrt, ohne Seeverkehr)	+ 30 %	+ 20 bis – 9 %	– 54 bis – 67 %
Wohnen und Dienstleistungen (CO ₂)	– 12 %	– 37 bis – 53 %	– 88 bis – 91 %
Landwirtschaft (Nicht-CO ₂)	– 20 %	– 36 bis – 37 %	– 42 bis – 49 %
Andere Nicht-CO ₂ -Emissionen	– 30 %	– 72 bis – 73 %	– 70 bis – 78 %

Die Reduktionen sind sektoral verteilt und unterliegen dem Verursacherprinzip. Dieses besagt, dass die THG-Emissionen dem zugerechnet werden, der sie verursacht. Dies muss allerdings nicht bedeuten, dass er die daraus gewonnene Energiedienstleistung selbst konsumiert. Am deutlichsten zeigt sich dies am Sektor Stromerzeugung: Der Verursacher hat nur einen marginalen Bedarf an elektrischer Energie, jedoch werden ihm alle Emissionen, die bei der Stromproduktion anfallen, zugerechnet.

Die Zielvorgaben des Fahrplans sind noch nicht auf die Mitgliedstaaten verteilt. Dies führt dazu, dass die Ziele noch nicht ratifiziert wurden und daher auch noch nicht rechtlich bindend sind. Aus diesem Grund basieren die Vorgaben auf nationalen, ebenfalls nicht bindenden Zielen. Für das Jahr 2050 wird eine Reduktion von 80 % der THG-Emissionen, bezogen auf das Jahr 1990, angestrebt. Dies entspricht einem absoluten THG-Ausstoß von 16,99 Mio. t CO₂e²⁶ im Jahr 2050, bezogen auf das Basisjahr 1990, für Österreich (Umweltbundesamt, 2013).

Die im Folgenden betrachteten Einsparungen betreffen in erster Linie THG-Emissionen, welche durch den Energiebedarf verursacht werden. Jedoch werden für den Produktionsbereich relevante Maßnahmen, deren THG-Emissionen anderen Sektoren zugerechnet werden, nicht aus den Betrachtungen ausgeschlossen.

6.2. Kurz- und mittelfristige Ziele

Die Zwischenziele halten sich strikt an die bisher verabschiedeten Vorgaben innerhalb der Europäischen Union. Diese stellen die Mindestanforderungen dar. Es müssen ohnehin 20 % an Energieeffizienzsteigerung sowie ein Anteil von 30 % an erneuerbaren Energien ausgewiesen werden. Die Einhaltung dieser Zielvereinbarungen trägt unmittelbar dazu bei, das Ziel einer 80%igen THG-Reduktion im Jahr 2050 zu erreichen (Hale, 2016).

²⁶ Die Berechnungen erfolgten auf Basis der sektoralen Verteilung der Energiestrategie und beinhalten ebenfalls die prozessbedingten Emissionen exklusive der Kategorie fluorierte Gase

In Abbildung 6-1 sind die prozentuellen THG-Einsparungen für die Produktion dargestellt. Diese sind jeweils auf das Basisjahr 1990 und das Jahr 2012 bezogen. Das Jahr 1990 wurde gewählt, da es das Kyoto-Basisjahr ist. 2012 wurde gewählt, da zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit für dieses Jahr die aktuellsten veröffentlichten Zahlen zur Verfügung standen.

Für die Reduktionsentwicklung wurde vereinfacht eine lineare Durchdringung, angenommen. Es ist wahrscheinlich, dass der Durchdringung in der Realität ein exponentielles Wachstum zugrunde liegt, jedoch sind nicht genügend Informationen vorhanden, um dieses abzubilden.

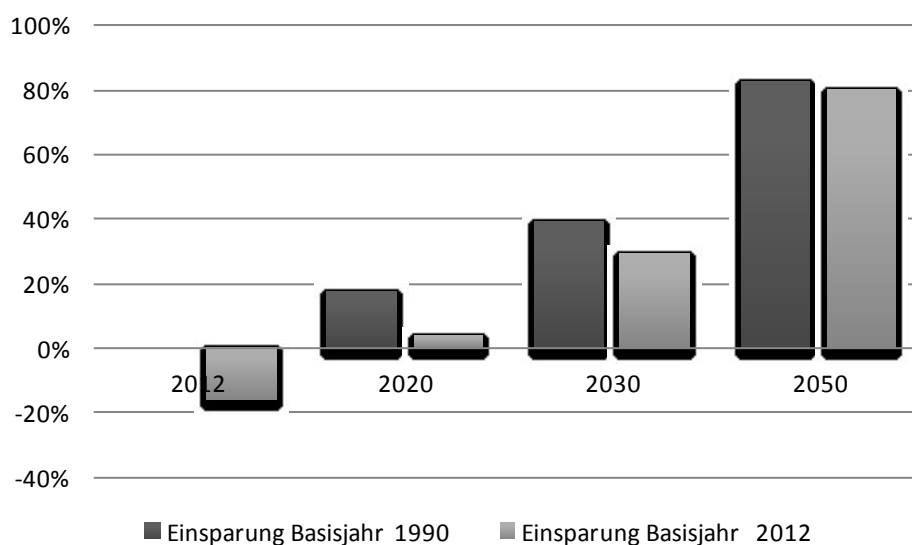


Abbildung 6-1: Prozentuelle Einsparungen an CO₂e bis 2050; eigene Darstellung basierend auf dem Datensatz des Umweltbundesamts,(2014)

Diese Annahmen ergeben eine absolute Einsparung von 1,95 Mio. t CO₂e im Jahr 2020 und von 6,25 Mio. t CO₂e im Jahr 2030, bezogen auf das Basisjahr 1990.

6.3. Barrieren, fehlendes Wissen und Technologien

Das Kerngeschäft der Produktion ist unumstritten die Herstellung von Waren und Gütern. Da Unternehmen gewinnorientiert arbeiten müssen, sollen sich Investitionen amortisieren oder einen Zusatznutzen generieren. In Zeiten unsteter Wirtschaftslage verkürzen sich die unternehmensintern geforderten Amortisationszeiten, aufgrund des Risikos. Diese gehobenen Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit der Investitionen sind zurzeit die größte Barriere für Maßnahmen zur THG-Reduktion. Im Moment erfolgt ein

Großteil der THG-Reduktionsmaßnahmen im Rahmen von Ersatzinvestitionen (Ehrenfeld, 2012). Dies lässt schlussfolgern, dass die Thematik bereits als in der Zukunft wirtschaftlich relevant eingestuft wird. Anders als im Bereich der ausschließlichen THG-Reduktion steigen die Investitionen zur Effizienzsteigerung, bedingt durch die Energieeffizienzrichtlinie, deutlich an (Wang et al, 2016). Die fehlenden Investitionen zur THG-Reduktion im Produktionsbereich sind durchaus auch auf das bisherige Versagen des Emissionshandelssystems zurückzuführen. Im ETS-Sektor werden zwar die Auflagen erfüllt, da aber die Preise der Zertifikate derzeit noch immer deutlich unter den prognostizierten Werten liegen, setzt dies keine Investitionsanreize. Es bleibt zu hoffen, dass die tendenziell hohen Altersstrukturen der österreichischen Produktionsanlagen und Verschärfungen im ETS-Bereich den Investitionen Starthilfe geben werden.

Obwohl einige neue Technologien – sie werden oft als „emerging technologies“ bezeichnet – wie zum Beispiel Ohmic heating bereits im Begriff sind, in den Stand der Technik überzugehen, gibt es Themenbereiche, in welchen noch Forschungsbedarf besteht. Zurzeit gibt es noch keine Lösungen für große Abwärmemengen auf hohen Temperaturniveaus, welche aufgrund ihres Trägermediums nicht genutzt werden können. Diese Thematik ist in der Eisen- und Stahlherstellung und -verarbeitung äußerst relevant, da die im Feststoff enthaltene Wärme bis dato nicht genutzt werden kann. Dies führt zu einer weiteren relevanten Anwendung der Speicherung von Wärme auf einem hohen Temperaturniveau. Es bedarf hier noch einiger zukunftssträchtiger Technologien, auch in der Speicherung von Energieträgern anderer Art, wie sich am Beispiel Wasserstoff oder Power to Gas in Richtung Methan zeigt.

Langsamer als erwartet geht auch die Miniaturisierung der Prozesse vor sich. Die bereits in den 90er-Jahren propagierten Faktor 100-Ansätze zeigen heute noch keine weitreichenden Ergebnisse (Sheldon, 2007). Diese Unsicherheiten zeigen sich bei vielen Prozessneuerungen und setzen sich ebenfalls in den produzierten Waren fort. Bis 2050 werden sich die in Österreich produzierten Waren deutlich von den heutigen unterscheiden. Was dann in Österreich produziert werden wird, hat wohl den massivsten Einfluss auf die Energiestrukturen innerhalb der Produktion und birgt aus diesem Grund die größten Unsicherheiten.

6.4. Maßnahmenbereiche

Bezugnehmend auf die inhomogenen Strukturen des Produktionssektors werden die Maßnahmen in Themenbereiche unterteilt:

- Den **Bedarf**, welcher Veränderungen innerhalb der Prozesse und in weiterer Folge hinsichtlich der benötigten Energie abbildet.
- Die **Versorgung**, innerhalb welcher die Bereitstellung der Energie und die dadurch entstehenden Emissionen, welche überwiegend im Sektor Produktion anfallen, behandelt werden.
- Da sich aber die Auswirkungen übergeordneter Maßnahmen nur indirekt auf diese Bereiche umlegen lassen, wurden sie unter dem Punkt **Instrumente** (Kapitel 6.5) zusammengefasst.

6.4.1. Bedarf

Eine Reduktion des Bedarfs an Energie führt unweigerlich zu einer Reduktion der Emissionen, selbst im Falle der Bereitstellung mittels erneuerbarer Energieträger. Dies ist auf den Anteil an „grauer Energie“ in den Energiebereitstellungs- sowie -verteilungsanlagen zurückzuführen. Als „graue Energie“ bezeichnet man jene Energie, welche im Lebenszyklus eines Produkts außerhalb der Betriebsphase benötigt wird. Vereinfacht ausgedrückt, benötigt man keine Energie zur Produktion oder Entsorgung der Energieversorgungsanlagen, wenn diese eingespart werden. Aus diesem Grund sollte sich der primäre Fokus in Bezug auf die THG-Einsparung auf die Reduktion des Bedarfs richten und erst in weiterer Folge auf die Deckung des reduzierten Bedarfs.

Die Möglichkeiten zur Veränderung des Bedarfs sind zum einen in einer Umstrukturierung oder radikalen Veränderung der Prozesse angesiedelt und zum anderen in der kontinuierlichen Verbesserung des dazu benötigten Equipments. Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Punkt ist die Ressourceneffizienz in Bezug auf den Materialbedarf und der energetischen Nutzung von Nebenprodukten.

Eindeutiger Handlungsbedarf besteht beim **Energiebedarf der Produktionsgebäude**. Im Jahr 2013 wurden 13,4 % der benötigten Energie im Sektor Produktion zum Beheizen der Gebäude verwendet (Statistik Austria, 2014a). Einsparungen in diesem Bereich lassen sich im Allgemeinen leicht erreichen, da diese Nutzungsklasse meist eine man-

gelhaft bis gar nicht isolierte Gebäudehülle hat. Die Problematik des Heizbedarfs der Produktionsgebäude ist ein relativ neues Phänomen. Produktionsgebäude wurden über lange Zeit nur mittels der anfallenden Maschinenabwärme direkt beheizt. Im Rahmen von Effizienzsteigerungsmaßnahmen wurden diese thermischen Verluste der Anlagen jedoch auf ein Minimum reduziert. Aufgrund der geringen geforderten Behaglichkeitskriterien lassen sich schnell hohe Einsparungen erzielen. Des Weiteren eignet sich diese Gebäudeklasse, bedingt durch ihre Geometrie und Außenhautverhältnisse, besonders gut für die Anwendung von Passivhaus- sowie Plusenergiehaus-Konzepten.

Die **Nutzung von Abwärme** besitzt trotz der kontinuierlichen Verbesserung der Anlageneffizienz immer noch nutzbare Potenziale, insbesondere im Niedertemperaturbereich, wie sich anhand einer Studie in der Steiermark gezeigt hat (Schnitzer et al, 2012).

Der Anfall von Abwärme wird zumeist nicht durch ineffiziente Anlagen verursacht, sondern ist prozessbedingt. Um das Potenzial abschätzen zu können, bedarf es einer differenzierten Betrachtung des qualitativen, quantitativen und zeitlichen Aufkommens der Abwärme. Die Nutzung der Abwärme kann auf zwei Arten erfolgen: intern oder extern. Als externe Nutzung bezeichnet man eine Auskopplung der Wärme in ein Verteilsystem, welches Abnehmer außerhalb der Produktionsstätte versorgt. Dies erfolgt mittels eines Nah oder Fernwärmenetzes, das optional mit Hilfe eines Speichers – um zeitliche Schwankungen auszugleichen – versorgt wird. Bei Weitem vielfältiger sind die Möglichkeiten zur internen Nutzung von Abwärme. Anhand einer Pinch-Analyse können die Ströme zur Einbindung in ein Wärmetauschernetzwerk ermittelt werden. Die realen Anwendungen reichen von einer simplen Brennerluftvorwärmung bis zu ausgefeilten Systemen, die Produktströme in einem definierten zeitlichen Verlauf abkühlen und deren Wärmeinhalt andernorts wieder in den Prozess einbringen. Der größte Teil der Abwärme bewegt sich auf einem Temperaturniveau unter 30 °C, diese Ströme können zum jetzigen Zeitpunkt leider meist nicht wirtschaftlich genutzt werden. Ebenso fällt ein nicht unbeträchtlicher Teil als Strahlungswärme an, sprich das Trägermedium der Wärme ist ein Feststoff. Basierend auf den Ergebnissen des F&E Fahrplans Energieeffizienz in der energieintensiven Industrie, werden Lösungen für die Nutzung dieser Ströme bis 2030 erwartet (Moser et al., 2014).

Die **Prozessoptimierung** steht in direkter Verbindung mit der Nutzung von Abwärme. Dieser Terminus umfasst eine Reihe verschiedenster Konzepte, unter anderem auch die Prozessintegration und die Prozessintensivierung. Im Allgemeinen wird in diesen An-

sätzen auf eine drastische Veränderung der Prozesse mittels neuer Technologien abgezielt. Der Fokus liegt dabei auf einem ganzheitlichen Ansatz der Optimierung nach ökonomischen sowie ökologischen Gesichtspunkten. 2007 wurde von Senter Novem ein Fahrplan für die Prozessintensivierung erstellt. In diesem werden die Bereiche Petrochemie, chemische Industrie und Lebensmittelproduktion behandelt. Durch die Anwendung neuer Technologien – wie den Wandel von diskontinuierlichen Prozessen in kontinuierliche oder die Miniaturisierung der Anlagen – sind zum Beispiel in der Lebensmittelproduktion in den nächsten 40 Jahren Energieeinsparungen in einzelnen Prozessen von bis zu 60 % möglich (Senter Novem, 2007). Im Zuge des Wandels der Produktionsstrukturen gewinnen Automatisierungskonzepte immer mehr an Bedeutung. Zunächst zielen diese lediglich auf eine Optimierung der Kosten ab. Die Automatisierungstechnik geht aber nun auch von ihren klassischen Anwendungen in der Fertigungstechnik – Sektoren mit eher geringem spezifischem Energiebedarf – hin zur energieintensiven Industrie. So ist anzunehmen, dass Industrie 4.0-Konzepte²⁷ bald auch die Thematik Energieeffizienz abseits der Ressourceneffizienz berücksichtigen. Es bleibt zu hoffen, dass die vierte industrielle Revolution nicht ohne Berücksichtigung der ökologischen Rahmenbedingungen vonstattengehen kann.

Auch die **Effizienz der Anlagenkomponenten** wird direkt von diesen Automatisierungskonzepten beeinflusst. Mittels einer geplanten Auslastung können Teillastbetriebe sowie Anlagenstopps minimiert werden. Da Anlagenkomponenten immer auf einen definierten Betriebspunkt ausgelegt sind, liefern sie in diesem das Optimum an Output, verglichen zur benötigten Energie. Eine Berücksichtigung dieses energetischen Optimums in der Produktionsplanung führt zu weitreichenden Einsparungen. Ein weiterer Punkt, welcher ohne Investitionskosten zu bewältigen ist, ist die korrekte Wartung der Anlagen. Laut dem Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie können im Bereich der elektrischen Antriebe 5 % an Energie allein durch korrekte Wartung der überalterten elektrischen Anlagen eingespart werden (ZVEI, 2006). Bis 2050 werden diese Motoren durch drehzahlgeregelte Anlagen ersetzt werden, welche eine Effizienzsteigerung von bis zu 50 % erreichen (EU-ET, 2003). Der wirtschaftliche Betrieb von Frequenzumwandlungsanlagen auch im Mittel- und Kleinbereich könnte enorme Einsparungen an elektrischer Energie erreichen. Für Deutschland wurde bereits 2006 eine

²⁷ Unter diesem Begriff werden Konzepte zusammengefasst, in welchen der Vernetzung und Digitalisierung über die gesamte Wertschöpfungskette ein zentrale Rolle zufällt.

erreichbare Einsparung von 9 % des gesamten deutschlandweiten Strombedarfs mittels dieser Maßnahme errechnet (ZVEI, 2006).

In der Produktion gibt es jedoch nicht nur THG-Einsparungspotenziale, welche sich lediglich durch eine Reduktion des Energiebedarfs erzielen lassen. Treibhausgase fallen auch aufgrund einer stofflichen Nutzung von fossilen Energieträgern an.

Die **stoffliche Nutzung von fossilen Energieträgern** wird bis 2050 nur noch in reduzierter Form vorliegen (Field et al., 2008). Als problematisch wird sich dieser Punkt in Bezug auf die Kunststoffproduktion erweisen. Nach Lang und Kicker (2010) wird alles im Jahr 2050 geförderte Erdöl zur Erzeugung von Kunststoffen benötigt, wenn der Konsum dieser Produkte kontinuierlich um 6 % p.a. steigt. Die österreichische Produktion wird davon zwar betroffen sein, jedoch wird in Österreich wenig Kunststoff produziert. Im Sektor Eisen- und Stahlerzeugung sieht dies jedoch völlig anders aus. An den Standorten Linz und Donawitz wird über die integrierte Hochofenroute Stahl produziert. Im Hochofenprozess laufen die stoffliche und energetische Nutzung der Kohle in einem Prozessschritt ab. Bedingt durch die lange Lebensdauer der Hochöfen ist es wahrscheinlich, dass die Verwendung von Kohle im Hochofen auch im Jahr 2050 noch existieren wird. Im Jahr 1970 stammten 25 % des jährlich weltweit produzierten Stahls aus Europa (International Iron and Steel Institute, 1978), 2013 wurden nur noch 9 % des weltweit produzierten Stahls in Europa hergestellt und 46 % in China (Worldsteel, 2014). Anhand dieser geografischen Produktionsentwicklung ist es wahrscheinlich, dass die Standorte neuer Anlagen, welche mittels emissionsarmer Direktreduktionsverfahren arbeiten, nicht in Europa liegen könnten. Zu bedenken ist auf lange Sicht ebenfalls, dass Stahl zu 100 % recycelt werden kann. Bedingt durch das mehrmalige Recycling wird der THG-Ausstoß, bezogen auf die erstmalige Aufbereitung des Erzes, immer geringer.

Die **Kreislaufwirtschaft** hat sich in der Eisen- und Stahlproduktion sowie der Verarbeitung bereits etabliert. Das Recycling von Rohstoffen hat auf den ersten Blick nichts mit der Energieversorgung zu tun. Erweitert man jedoch die Grenzen über den Blick auf die jährlichen Statistiken hinaus, so zeigt sich schnell, dass die benötigte Energie für die Erstaufbereitung des Rohstoffes sehr wohl zu Buche schlägt (Nicholson et al., 2009). Eine Betrachtung der Produkte über den gesamten Lebenszyklus (Life Cycle Assessment, LCA) ist bereits zum Teil in verpflichtenden Alternativenprüfungen berücksichtigt. Bis 2050 ist ein System etabliert, welches Lebenszyklusbetrachtungen in Entscheidungen betreffend die Produktpalette einbezieht. Der Grundstein dazu ist bereits mit der

Ökodesign-Richtlinie und der Ökolabel-Verordnung gelegt. Das Beurteilungskriterium LCA führt auch zu einer Nutzung bisher wenig behandelte Nebenprodukte. Durch den Weg vom Abfall zum Nebenprodukt werden neue alternative Geschäftsfelder erschlossen. Ein perfektes Beispiel hierfür ist die grüne Bioraffinerie in der aus Grassilagensaft organische Säuren gewonnen werden (Kromus et al., 2002). Aufgrund dieser vorgeschalteten Anwendung gestaltet sich mittlerweile auch die anaerobe Vergärung des Presskuchens wirtschaftlich (Kromus et al., 2002).

6.4.2. Versorgung

Maßnahmen im Bereich der Versorgung sollten erst getroffen werden, wenn alle Möglichkeiten zur Reduktion des Bedarfs an Energie zuvor ausgeschöpft sind. Die kaskadische Betrachtung des Energiesystems in seiner Gesamtheit führt zu einem Optimum nach ökonomischen sowie ökologischen Gesichtspunkten. Zu berücksichtigen ist hierbei die Energiekaskade über die Grenzen des Produktionsbereichs hinaus. Nur wenn die zurzeit nicht in der Produktion verrechneten THG-Emissionen ebenfalls in die Optimierung mit einbezogen werden, kann eine Umstrukturierung des Energiesystems erfolgreich sein. Die im Folgenden ausgeführten Betrachtungen gehen jedoch nicht dezidiert auf die Bereitstellung von elektrischer Energie mittels erneuerbarer Energieträger im Sektor Energieerzeugung ein.

Da es trotz aller Bemühungen nicht möglich sein wird, in der Produktion gänzlich auf thermische Energie zu verzichten, ist die Bereitstellung der Restenergie mittels erneuerbarer Energieträger das Ziel. Dies stellt einen massiven Eingriff in das Energiesystem dar, welcher nur durch den geplanten Aufbau dezentraler, divergenter Strukturen bewerkstelligt werden kann (Hoogwijk et al., 2005). Ein Übergang zu klimaneutralen Energieträgern kann nicht ohne fossile Zwischenlösungen erfolgen.

Der Trend zum **Ersatz von Energieträgern mit hohen Emissionsfaktoren** zeigt sich bereits seit 1980 in der Produktion. Kontinuierlich wurden Erdöl und Kohle durch Erdgas substituiert. Dieser Wechsel des Energieträgers wurde nicht aus klimapolitischen Überlegungen forciert. Er erfolgte schlichtweg aufgrund des Baus eines flächendeckenden Versorgungsnetzes. Die Anwendungstechnologien für Erdgas sind vergleichsweise einfach und günstig, außerdem muss es aufgrund der Versorgungsleitungen nicht vor Ort gespeichert werden. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist der auf den Energieinhalt bezogene THG-Ausstoß von 55,4 t CO₂/TJ. Trotz all dieser Vorteile ist Erdgas ein fos-

siler Energieträger und sollte nur eine Zwischenlösung im Übergang zu einer kohlenstoffarmen Gesellschaft darstellen. Die Abschaffung der Erdgasnutzung könnte sich aber äußerst problematisch gestalten, denn sie stellt ein **technologisches Lock-in** im klassischen Sinne dar. Damit wird eine Technologie bezeichnet, welche den Markt durch ihre alleinige flächendeckende Anwendung beherrscht (Unruh, 2002). Zum Zeitpunkt ihrer Einführung wären durchaus konkurrenzfähige Alternativen vorhanden gewesen. Bedingt durch Monopolstellung und die daraus resultierende, intensive Weiterentwicklung dieser einzelnen Technologie, wird die Entwicklung alternativer Konzepte zur Gänze verhindert. Das geeignetste Beispiel für ein technologisches Lock-in ist der Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs – ein, verglichen mit den thermischen Verlusten, lediglich geringer Anteil der Energie wird zur Fortbewegung verwendet – dennoch galt er über ein Jahrhundert hinweg als die einzig anstrebenswerte Alternative.

In Bezug auf den Umstieg zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft sollte die Gefahr eines technologischen Lock-ins durch die bewusste Wahl eines divergenten, dezentralen Energiesystems minimiert werden.

Die **dezentrale Erzeugung von Energie** ist daher unumgänglich. Sie trägt unmittelbar zur Stabilisierung des Energiesystems bei. Für die Problematik der dezentralen Einspeisung netzgebundener Energieträger sind bereits technologische Lösungen vorhanden. Handlungsbedarf, jedoch in Bezug auf die benötigten Kapazitäten besteht bei der Speicherung. Dennoch muss der Ausbau dezentraler Energieerzeugungssysteme gezielt forciert werden, da er beträchtlichen Einfluss auf die Effizienz des Gesamtsystems hat.

Am Beispiel der **Kraft-Wärme-Kopplung** lässt sich dies besonders gut veranschaulichen. Aufgrund der Nutzung des Koppelprodukts Wärme ist deren Effizienz ungleich höher im Vergleich zu einem kalorischen Kraftwerk. Optimal ausgelegt auf den Bedarf an Prozesswärme kann das Maximum an Wirkungsgrad erreicht werden. Mit dem Fokus auf das Maximum an Wärmebereitstellung fällt die elektrische Energie als ein additiver Output an. Da der Bedarf an elektrischer Energie im Gesamtsystem aufgrund des Wegfalls thermisch betriebener Technologien kontinuierlich steigt, ist die gleichzeitige Produktion von Wärme und Strom äußerst erstrebenswert. Es kann eine Vielzahl von Energieträgern in KWK-Anlagen eingesetzt werden. Besonders simpel gestalten sich dabei im kleineren Anwendungsbereich die Anlagen mit Erdgas und Heizöl. Durch den Einsatz von KWKs können die fossilen Zwischenlösungen bis 2050 zusätzlichen Nutzen generieren.

Ein solcher entsteht auch bei der **energetischen Nutzung von Abfällen**. Die stoffliche Nutzung ist immer der energetischen vorzuziehen. Falls eine stoffliche Nutzung jedoch nicht möglich ist, stellt die energetische vor Ort die erstrebenswerteste Variante dar. Im Allgemeinen kommen meist zwei Verwertungsvarianten zum Einsatz: die thermische, sprich Verbrennung, und die anaerobe Vergärung. Zur thermischen Verwertung sei angemerkt, dass diese – wenn möglich – mittels einer KWK erfolgen soll. Als Beispiel für den weit verbreiteten Einsatz der Verwertung von Abfällen in KWK-Anlagen dient die Papierproduktion. Laut Austropapier (2009) wurden im Jahr 2012 75 % des Strombedarfs der Papierindustrie in den eigenen KWK-Anlagen erzeugt. Das durch anaerobe Vergärung gewonnene Biogas wird ebenfalls in KWK verwertet. Der Einsatz von organischen Abfällen vor Ort ist auch beim Anfall kleinerer Abfallmengen anzustreben. Das im Moment etablierte System der Sammlung und zentralen Verwertung muss durch effiziente Kleinanlagen ersetzt werden. Aufgrund des eher geringen Energieinhalts tragen die durch den Transport entstehenden Emissionen ungleich höher zur Treibhausgasbilanz bei. Im Bereich der Abwasserbehandlung per Anaerobtechnik sind kleine Reaktoren bereits Stand der Technik.

Beim Einsatz von **Biomasse** sind die Transportwege aufgrund der geringen Energiedichte der Ressourcen relevant. Biomasse wird im Jahr 2050 nicht den erwarteten Beitrag zur Energieversorgung leisten (Hoogwijk et al., 2005; Field et al., 2008). Die Anwendungen werden sich auf die Verwertung biogener Abfälle und die Verwendung von Biomasse, welche nur noch energetisch genutzt werden kann, beschränken (Hoogwijk et al., 2003). Es gibt bereits 2020 Spannungsfelder im Kontext stoffliche versus energetische Nutzung. Da die stoffliche Nutzung fossiler Energieträger in einer kohlenstoffarmen Gesellschaft abgeschafft werden muss und viele Ersatzprodukte auf Biomasse basieren werden, wird sich dieser Konflikt manifestieren. Jedoch stellt dies ein vergleichsweise geringes Problem dar, gegenüber den ethischen Konflikten in Bezug auf die energetische Nutzung von Biomasse. Bedingt durch den Klimawandel besteht die Möglichkeit einer Verknappung der verfügbaren Anbauflächen (Hoogwijk et al., 2005). Aufgrund der Beschränkung dieser Ressource steht die Energiegewinnung aus Biomasse in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Nichtsdestotrotz wird die energetische Nutzung der Biomasse eine Zwischenlösung auf dem Weg zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft sein.

Die **Solarthermie** bedient sich einer Ressource, die im Überfluss vorhanden ist – der solaren Strahlung. Unser gesamtes Energiesystem hängt zum praktisch ausschließlichen Teil mit der indirekten Nutzung solarer Strahlung zusammen, seien es nun Wasser- und Windkraftwerke, Biomasse oder fossile Energieträger. Die direkte Nutzung solarer Strahlung mittels Photovoltaik und thermischer Kollektoren wird stetig zunehmen (Weiss & Biermayr, 2009). Dies ist auf die kontinuierliche Verbesserung der Solarmodule und Kollektoren und die Preisdegression, bedingt durch die Wachstumsrate der Technologie zurückzuführen. Aufgrund der Wirkungsgradsteigerungen sind Photovoltaik und solarthermische Anlagen schon in geografischen Lagen mit vergleichsweise geringer solarer Einstrahlung – welche überdies einen hohen Anteil an diffuser Strahlung haben – rentabel. Die Solarthermie wird sich weg von den klassischen Warmwasserversorgungsanwendungen im Niedertemperaturbereich hin zu den Hochtemperaturanwendungen entwickeln (Weiss & Biermayr, 2009). Angesichts ihrer hohen Wachstumsraten wird die vermehrte Forschung im höheren Temperaturbereichen Früchte tragen. Der Einsatz von mittels Photovoltaik erzeugtem Strom stellt im Speziellen für Hochtemperaturanwendungen eine geeignete Alternative dar.

Auf die **Elektrifizierung** thermischer Prozesse wird im Fahrplan nicht näher eingegangen, da deren Versorgung zumeist über den Sektor Energieversorgung erfolgen wird. Die Umwandlung von elektrischer Energie in thermische wird in Zukunft im Hochtemperaturbereich an Bedeutung gewinnen.

6.5. Zeitrahmen

Der Zeitrahmen zur Umsetzung der Maßnahmenbereiche erstreckt sich von 2015 bis 2050. In Abbildung 6-2 sind die Zeithorizonte dargestellt. Die Graustufen indizieren die Wachstumsraten der technologischen Optionen und die dadurch erzielten Einsparungen. Der Startpunkt wurde für alle Bereiche mit 2015 festgelegt. Das Ende ist erreicht, wenn diese Lösungen vollständig implementiert wurden und ihr Potenzial ausgeschöpft ist. Ausgehend vom Wissenstand der in Kapitel 5 erörterten Studien erfolgte eine Abschätzung der technologischen Optionen. Die Zeithorizonte ergaben sich aus den Ergebnissen dieser Forschungsprojekte. Die abgestuft dargestellte Implementierung ist bewusst unscharf, da keine Validierung der Ergebnisse durch Stakeholder stattfand.

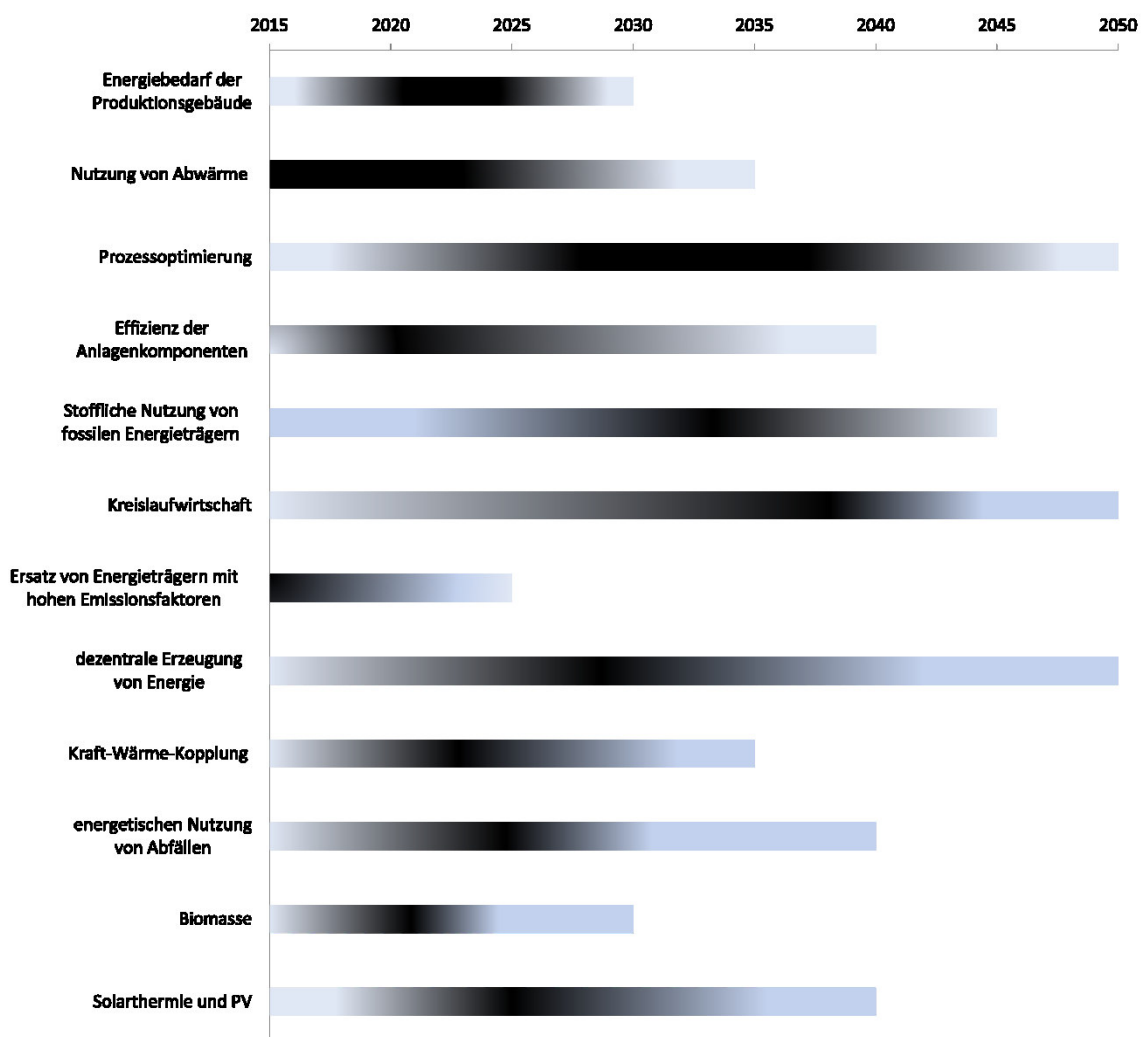


Abbildung 6-2: Zeitrahmen der Maßnahmenbereiche

Instrumente

Für die reale Umsetzung der Maßnahmen bedarf es einer gezielten Forcierung. Ohne die gesetzliche Verankerung von Maßnahmen auf nationaler sowie europäischer Ebene ist eine Erreichung der Ziele unrealistisch. Die Ausformulierung dieses gesetzlichen Rahmens kann in vielfältiger Form erfolgen: Von einer höheren Besteuerung der zurzeit konventionellen Systeme bis hin zum verpflichtenden Einsatz definierter technologischer Lösungen.

Von besonderem Interesse sind jedoch die Instrumente, welche in indirekter Form an der Umsetzung teilhaben. In diesem Graubereich sind viele Systeme der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zu finden, aber auch systematische Ansätze, wie das Energiebedarfsmonitoring.

Ein Schritt in Richtung Zielerreichung wurde bereits mit der 2011 in Kraft getretenen ISO 50001 gesetzt. Die Einführung von Energiemanagementsystemen trägt zur Reduktion der THG-Emissionen über Einsparungen im Energiebedarf der Unternehmen bei, obwohl dies nicht die ursprüngliche Intention war. Der kontinuierliche Verbesserungsansatz führt zur rascheren Implementierung von Vernetzungssystemen, welche zur Optimierung des Bedarfs beitragen. Als Beispiel hierfür können das Demand-Side-Management oder Smart-Meters herangezogen werden. Diese beiden Systeme werden zurzeit nur im Bereich der Elektrizität angewendet, jedoch spricht nichts dagegen, die Ansätze auf den thermischen Energiebedarf umzulegen. In Zukunft wird dem THG-Ausstoß, bedingt durch den thermischen Energiebedarf, höhere Bedeutung zugemessen werden, da dies der Bereich ist, in welchem von Seiten der Unternehmen unmittelbar anrechenbare THG-Emissionen eingespart werden können.

Die sogenannte vierte industrielle Revolution „Industrie 4.0“ beinhaltet bereits den Terminus Ressourceneffizienz. Die im Moment entstehenden Konzepte behandeln das Thema Energie aber nur peripher, aufgrund ihres Ursprungs aus der Fertigungstechnik. Mit steigender Relevanz des Themas Treibhausgase werden sich diese hochtechnologischen Lösungen um die Emissionseffizienz erweitern. Das in „Industrie 4.0“ inkludierte Konzept des „Internets der Dinge“ bietet eine umfassende Möglichkeit, den gesamten Produktlebenszyklus zu betrachten und zu optimieren. Diese industrielle Revolution wird, bedingt durch die sich ändernden Rahmenbedingungen, einen essenziellen Beitrag zum Übergang in eine kohlenstoffarme Produktion leisten.

7. Diskussion und Analyse der Ergebnisse

Die Herstellung von Waren und Gütern trägt in Österreich einen nicht unbeträchtlichen Teil zum THG-Ausstoß bei. Bedingt wird dies zum überwiegenden Teil durch den Bedarf an fossilen Energieträgern in diesem Sektor. Beinahe ein Drittel des gesamten österreichischen Endenergiebedarfs wird in der Produktion benötigt und annähernd die Hälfte dieser benötigten Energie ist fossilen Ursprungs. Auf europäischer Ebene wurden bereits Maßnahmen gesetzt, um den THG-Ausstoß der Produktion zu verringern, jedoch lassen die erhofften Auswirkungen bislang auf sich warten. Das umfassendste Werkzeug der Europäischen Union, das Emissionshandelssystem, betrifft nur die energieintensiven Sektoren und großen Unternehmen.

Auf nationaler Ebene wird der Produktionssektor in den Strategien sowie Maßnahmenpaketen zumeist exkludiert oder peripher behandelt. Dies erfolgt zum einen mit der Argumentation, dass der Produktionsbereich bereits durch den Emissionshandel abgedeckt ist, und zum anderen schlichtweg aufgrund der heterogenen, komplexen Strukturen sowie der inadäquaten Ansätze für den Produktionssektor in seiner Gesamtheit.

Die vorliegende Arbeit betrachtet den Produktionsbereich mit dem Fokus auf die Reduktion der durch den Energiebedarf verursachten THG-Emissionen. Das angestrebte Ziel ist es, eine Verringerung der THG-Emissionen im Jahr 2050 von – 80 %, bezogen auf das Basisjahr 1990, zu erreichen. Es werden Möglichkeiten und Entwicklungspfade zur Zielerreichung aufgezeigt. Anhand der Ergebnisse von vier selbst durchgeführten Studien im österreichischen Produktionssektor, wurde einen Fahrplan zur THG-Zielerreichung bis 2050 erstellt. Primär liegt der Fokus des Fahrplans auf bereits verfügbaren technologischen Optionen. Es wurde untersucht, ob die Entwicklung neuer Technologien abgewartet werden muss, oder ob mittels der bereits etablierten Möglichkeiten alle Bereiche abgedeckt werden können. Die Betrachtungen umfassen des Weiteren die relevanten Umstrukturierungen des Energiesystems sowie deren Grenzen und Möglichkeiten.

Die Betrachtungen unterscheiden sich von den im Allgemeinen in der Produktion angewendeten Ansätzen durch die Berücksichtigung der Auswirkungen auf das Gesamtsystem. Zumeist werden nur die innerhalb des Sektors anrechenbaren Emissionen untersucht. Dies bedeutet, dass Maßnahmen zur Einsparung von elektrischer Energie oft nur

beiläufig betrachtet werden und effiziente Maßnahmen welche, die sektoralen Emissionen erhöhen (z. B. KWK) außer Acht gelassen werden (IEA, 2008). Dies führt zwangsläufig zu einer Verringerung der Einsparungspotenziale an THG-Emissionen im Gesamtsystem. Außerdem münden diese sektoral angelegten Sichtweisen oft in Lösungen, welche auf das Gesamtsystem fatale Auswirkungen haben. Als negatives Beispiel hierfür kann der Ersatz von fossilen Energieträgern durch Biomasse ohne eine Beschränkung des Beschaffungsradius herangezogen werden, wie auch von Cherubini et al. (2009) erwähnt. Nur durch die Berücksichtigung der Auswirkungen auf das gesamte Energiesystem kann eine Umstrukturierung der Sektors Produktion erfolgreich sein. Aus diesem Grund können sektoral gesteckte Ziele und Abgrenzungen nur als Richtwerte gelten, um die österreichischen Zielvorgaben zu erreichen. Der Produktionsbereich überschneidet sich in Bezug auf die THG-Emissionen mit den Sektoren Gebäude, Energiebereitstellung und Verkehr. Wie Fiksel (2009) bestätigt, müssen diese Interaktionen zwischen den Sektoren in deren Emissionsbilanzen mit einfließen, um das realisierbare Potenzial an THG-Einsparungen ausschöpfen zu können.

Um jedoch alle THG-Emissionen zu berücksichtigen zu können, bedarf es einer Betrachtung des gesamten Lebenszyklus. Diese Erweiterung um die sogenannten „grauen Emissionen“ zeigt auf, dass eine Einsparung an Materialien und Infrastruktur ebenfalls zu einer Reduktion der THG-Emissionen führt. Die Thematik Ressourceneffizienz wurde aus diesem Grund ebenfalls im Fahrplan berücksichtigt. Überdies ist es äußerst wahrscheinlich, dass es bis 2050 zu einer Verknappung der Ressourcen kommen wird und dies direkte Auswirkung auf den Produktionssektor haben wird. Eine Steigerung der Effizienz in Bezug auf Ressourcen sowie Energie führt unweigerlich in weiterer Folge zu einer Einsparung an THG-Emissionen (vgl. Stern, 2007, S. 247–249). Untersuchungen zeigten, dass der erste Schritt immer die Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems sein muss, wie sich nach IEA (2007a) bestätigt. Anhand von Fallstudien lässt sich belegen, dass in den meisten Unternehmen mögliche Energieeinsparungen von bis zu 20 % brachliegen. Da Unternehmen kostenorientiert betrieben werden, kommt es nur zu einer Umsetzung der Maßnahmen, wenn die Kosteneinsparungen rentabel sind oder eine Minimalgrenze unterschreiten oder wenn die gesetzlichen Rahmenbedingungen dies erfordern. Durch die Verschärfung der Gesetzeslage sowie die Entwicklung der Energiepreise wird es zukünftig zu einer raschen Implementierung von Effizienzmaßnahmen kommen, womit Hamit-Hagggar (2012) und Stern (2007) konform gehen. Technologien, die noch an der Schwelle zum Durchbruch stehen, sind binnen kurzer Zeit

schon Stand der Technik. Der erste Schritt in Richtung Forcierung der Energieeffizienz wurde bereits mit der europäischen Energieeffizienzrichtlinie gesetzt (Oberthür & Roche Kelly, 2008).

Nur wenn alle Effizienzmaßnahmen ausgeschöpft sind, kann der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern erfolgen. Wie Worrell et al. (2009) bestätigen, müsste ohne eine vorherige Umstrukturierung und Optimierung der Prozesse ein Vielfaches mehr an erneuerbaren Energieträgern aufgebracht werden. Viele der Reformkonzepte im Produktionsbereich fokussieren lediglich auf den Bedarf des Energiesystems oder die Versorgung mittels regenerativer Energieträger, was auch Kannan & Strachan (2009) bereits kritisierten. Die hier angewendete hierarchische Abfolge aus Effizienzsteigerung und der nachfolgenden nachhaltigen Energieversorgung stellt das Optimum hinsichtlich der THG-Reduktion dar.

Die Deckung dieses zuvor optimierten Bedarfs stellt in Bezug auf die thermische Energieversorgung im Jahr 2050 eine durchaus große Herausforderung dar. Der thermische Energiebedarf der Produktion kann grob in drei Bereiche unterteilt werden: Niedertemperatur unter 100 °C, Mitteltemperatur von 100 °C bis 400 °C und Hochtemperatur über 400 °C. Diese Klassifizierung des Bedarfs ist notwendig, da nicht jeder regenerative Energieträger alle Temperaturbereiche versorgen kann. Die Berücksichtigung dieser prozessbedingten Temperaturlevel ist für den gezielten Einsatz der regenerativen Energieträger essenziell, wird jedoch in Studien, den Produktionsbereich betreffend, häufig vernachlässigt (vgl. Hammond, 2007). Der Niedertemperaturbereich kann mit nahezu allen Energieträgern versorgt werden, besonderes Hauptaugenmerk sollte bei der Optimierung aber zuvor auf die mögliche Versorgung mittels Abwärme gelegt werden. Oftmals bieten sich für den Temperaturbereich unter 100 °C auch flammenlose Versorgungstechnologien, wie die Solarthermie, an. Der Mitteltemperaturbereich unterliegt einigen Einschränkungen, mögliche anwendbare Energiebereitstellungssysteme betreffend. Zu einer massiven Begrenzung der einsetzbaren Energieträger kommt es bei den Hochtemperaturanwendungen, wie sich auch laut IEA (2007) zeigt. Ihre Versorgung kann nur mittels biogener Treibstoffe und Biogas oder elektrischer Energie erfolgen. Das Aufkommen an biogenen Brenn- und Treibstoffen ist jedoch begrenzt, bedingt durch die Konkurrenz anderweitiger Nutzungen der verfügbaren Anbauflächen. Vernachlässigt man hierbei die mögliche Verknappung der Anbauflächen durch den Klimawandel, wird dennoch die nutzbare Fläche heiß umkämpft sein (vgl. IEA, 2007). Der

ethische Konflikt Nahrungsmittelproduktion versus Energiepflanzen zeigt sich bereits deutlich am Beispiel Südamerika. Hinzu kommt auch noch, dass zukünftig ein höherer Anteil der verfügbaren Biomasse stofflich genutzt werden muss, wie auch Haberl & Geissler (2000) bereits erwähnten.

Nur durch den Einsatz aller verfügbarer Ressourcen in einem dezentralen und divergenten Energieversorgungssystem kann eine sichere Versorgung gewährleistet werden. Die Beschränkung auf einige wenige Energieversorgungssysteme – wie bisher – kann aufgrund der sich ändernden Bedingungen nicht als zielführend betrachtet werden. „Technologische Lock-ins“, betreffend die eingesetzten Technologien, können durch eine bewusste Wahl an eingesetzten Lösungen vermieden werden, wie ebenfalls von Witt (1997) bereits beschrieben. Diese Lösungen müssen spezifisch auf die Umgebungsbedingungen angepasst sein und ihre Auswirkungen auf das Gesamtsystem dürfen nicht vernachlässigt werden. Solch eine Betrachtungsweise birgt vielerlei Vorteile. Unweigerlich wird dadurch der Begriff „Abfall“, wie er heute definiert ist, obsolet werden. Es kann darüber hinaus zu einer Verknüpfung der Sektoren führen, sodass die Produktionsunternehmen auch die Rolle eines Energieversorgers einnehmen. Ohne diese strukturellen Maßnahmen können die THG-Reduktionspotenziale nicht voll ausgeschöpft werden und die Zielerreichung steht in Frage (vgl. IEA, 2007a).

Betrachtet man dies vom heutigen Standpunkt aus, so erscheint es auf den ersten Blick ein wenig utopisch und realitätsfern. Jedoch hat der Wandel in vielen Bereichen bereits begonnen. Als Beispiel hierfür können die Auskopplungen von prozessbedingter Abwärme in Fern- und Nahwärmenetze herangezogen werden (Schnitzer et al., 2012). Wie bei jedem Veränderungsprozess kann die Umstrukturierung des Energiesystems im Produktionsbereich nur schrittweise erfolgen. Obgleich es aussehen mag als ob sich die Produktionsstrukturen nur schleichend verändern würden, werden namhafte Einsparungen bereits unmerklich durch den kontinuierlichen Austausch alter Anlagenkomponenten erzielt, wie auch in der Studie von Harvey & Axelsson (2010) erwähnt. Es ist gängige Praxis in diesem Sektor, dass Systeme nicht vor Ablauf ihrer Lebensdauer ersetzt werden. Aus diesem Grund wird der Übergang nur unter Einbindung von fossilen Zwischenlösungen erfolgen können. Der Wechsel von Kohle und Öl zu Erdgas ist die umfassendste Maßnahme im Bereich der fossilen Zwischenlösungen. Es bleibt zu hoffen, dass 2050 die dadurch entstandene Infrastruktur zur Verteilung von erneuerbaren gasförmigen Energieträgern genutzt wird. Die Studie der IEA (2009) geht mit der Aussage

konform, dass nur mittels einer zeitlich begrenzten Nutzung der fossilen Zwischenlösungen der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Produktion möglich ist.

Ein Problemfeld, in welchem die adäquaten Lösungen noch als mangelhaft einzustufen sind, ist die stoffliche Nutzung fossiler Energieträger. Im Speziellen stellen die kombinierten Nutzungsvarianten, wie der Hochofenprozess (Norgate & Langberg, 2009), in welchem die Energieträger stofflich sowie thermisch zugleich verwertet werden, eine besondere Herausforderung für die Zukunft dar. In diesem Themenfeld besteht eindeutig Forschungsbedarf, wie sich auch in einer kürzlich veröffentlichten Studie von Moser et al. (2014) zeigt.

Schlußfolgerungen

In die Erstellung des Fahrplans flossen die Ergebnisse der durchgeführten Forschungsprojekte, Auftragsstudien sowie Fallstudien, welche im Rahmen der Dissertationszeit von 2010 bis 2015 bearbeitet wurden, ein. Basierend auf diesen Informationen konnte der Prototyp eines Fahrplans zur Erreichung der THG-Emissionsreduktionsziele im Jahr 2050 erstellt werden.

Die Kernaussagen dieses in Kapitel 6 angeführten Fahrplan können folgender Maßen zusammengefasst werden:

- Der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern darf erst nach der Ausschöpfung aller Effizienzsteigerungsmaßnahmen erfolgen.
- Nur durch eine Betrachtung des Gesamtsystems (Bedarf sowie Ressourcen im System) kann die maximale Reduktion erreicht werden.
- Der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Produktion ist nur durch den gezielten Einsatz von fossilen Zwischenlösungen möglich.
- Die Divergenz der Energieerzeugungstechnologien gewährleistet die stabile optimierte Energieversorgung.
- Es sind noch keine Lösungen für den Ersatz der stofflichen Nutzung von Energieträgern vorhanden.

Die Ergebnisse des Fahrplans wurden jedoch nicht von Stakeholdern, wie in der Guideline der IEA vorgesehen, evaluiert (IEA, 2010). Da Prognosen über einen solch langen Zeitraum eine Vielzahl an Unsicherheiten beinhalten, könnten durch die Einbindung der

Stakeholder die Aussagen des Fahrplans evaluiert und gegebenenfalls quantifiziert werden. Durch die mehrstufige Begutachtung eines umfangreichen ExpertInnenpools würden die Unsicherheitsfaktoren für diese Langzeitprognosen minimiert. Eine Absicherung der Aussagen kann nur mittels der Größe der Schnittmenge des inkludierten Wissens erfolgen, wie Kostoff & Schaller (2001) bereits erörterten. Für eine Quantifizierung der Aussagen wäre es auch vonnöten, den Ansatz auf die aktuellste Energiebilanz umzulegen. Für all diese Vorhaben bedürfte es weiterer finanzieller Mittel.

Ein mögliches Forschungsprojekt müsste, basierend auf dieser Skizze eines Fahrplans, wie folgt ausgeführt werden. Die Erarbeitung eines BAU-Szenarios des Produktionsbereichs nach den Hauptkriterien: Entwicklung der Sektoren, basierend auf dem Wirtschafts- sowie dem Bevölkerungswachstum, Entwicklung der Energiebedarfskategorien, basierend auf dem technologischen Wandel und Entwicklung des Energieträgermix zur Versorgung der Energiebedarfskategorien. Dieses Szenario müsste mehrstufig durch Stakeholder aus den Bereichen Wirtschaft, Forschung sowie der Produktionssektoren validiert und mittels der Ergebnisse adaptiert werden. Auf dieses BAU-Szenario würden, ausgehend von den aktuellen Energiebilanzen, die Maßnahmenbereiche des vorliegenden Fahrplans umgelegt. Eine solche Erstbeurteilung könnte es ermöglichen, das Potenzial der Maßnahmen abzuschätzen und das Maßnahmenportfolio gegebenenfalls anzupassen. Zunächst müssten in einem mehrstufigen Prozess Stakeholder aus den Produktionssektoren, Hersteller der Anlagenkomponenten und Energieversorger die nicht quantifizierten Maßnahmen validieren. Die Ergebnisse dieses Prozesses könnten in die Ausformulierung und Quantifizierung der Maßnahmen einfließen. Anschließend erfolgt die Erstellung einer ersten Version des Fahrplans. Diese Version bildet den Startpunkt für eine groß angelegte dreistufige Delphistudie der involvierten Stakeholder. Durch die Einbindung der Stakeholder in die Erarbeitung des Szenarios und der Maßnahmenbereiche sowie die Bewertung der Ergebnisse mittels einer Delphistudie könnte eine Vielzahl der Unsicherheitsfaktoren minimiert werden.

Literaturverzeichnis

- AEA. (2011). *Zweiter nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich* 2011. Wien: Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend.
- AEA. (2014). [www.energyagency.at](http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/energie_in_zahlen/OESPI_Monatswerte_pdf_pdf). Abgerufen am 30.11.2014 von http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/energie_in_zahlen/OESPI_Monatswerte_pdf_pdf
- Agency, E. E. (2014). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014. Luxemburg: European Union.
- AGFW (2000). Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien. Frankfurt/M.: Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V. (AGFW).
- Aiginger, K. & Sieber, S. (2009). *Industriepolitik in Österreich: von selektiver Intervention zu einem systemischen Ansatz*. Wien: WIFO.
- AK-Steiermark, IV-Steiermark, LK-Steiermark, WK-Steiermark & ÖGB-Steiermark. (2009). *Energiestrategie 2020 – Möglichkeiten und Realitäten von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz in der Steiermark*. Positionierungsvorschlag, Graz.
- Allplan GmbH, Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2007). *Energieeffizienz der österreichischen Zementindustrie*. Wien: Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie.
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (2000). *Green chemistry: theory and practice*. Oxford: Oxford university press.
- Amon, B., Bachner, G., Damm, A., Grossmann, W., Kirchengast, G., Kufleitner, A. et al. (2010). *Klimaschutzplan Steiermark 2010*. Hintergrund, Ziele und Gestaltungsmöglichkeiten des Landes. Graz: Studie im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung.
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung. (2009). *Energiestrategie Steiermark 2025*. Vorlage für die Steiermärkische Landesregierung. Graz: Land Steiermark.
- Arnsfeld, S. B. A. (2012). 27. Aachener Stahlkolloquium. Einsatz torrefizierter Biomasse im Hochofen. Aachen.
- Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5(41), 237–276.

- Assis, A. K., & Neves, M. C. (1995). History of the 2.7 K temperature prior to Penzias and Wilson. *Apeiron*, 2(3), 79-87.
- ASUE. (2008). BHKW Kenndaten. Frankfurt am Main, Deutschland: Stadt Frankfurt am Main – Energiereferat.
- ASUE. (2009). BHKW Kenndaten. Frankfurt am Main, Deutschland: Stadt Frankfurt am Main – Energiereferat.
- Austropapier. (2009). Direkte Informationen der Statistikabteilung; zum Teil unter <http://www.austropapier.at/uploads/media/> abrufbar.
- Bachmann, G., Berger, H., Kaderabek, D., Kohlhauser, A., Lampersberger, A. & Litzelachner, A. (2006). Best Practice MA27. Nutzung von Abwärmepotenzialen in Wien. Wien: EU Strategie und Wirtschaftsentwicklung Energie und SEP-Koordinierungsstelle.
- Beekes, M. & Cremers, M. (2012). Torrefaction Cracks the Biomass Challenge. *Renewable Energy World* (June 25).
- BGBI. I Nr. 102/2002. (i.d.F. 26.09.2008). Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002). Republik Österreich.
- BGBI. I Nr. 106/2011. (i.d.F. 17.10.2014). Bundesgesetz zur Einhaltung von Höchstmengen von Treibhausgasemissionen und zur Erarbeitung von wirksamen Maßnahmen zum Klimaschutz (Klimaschutzgesetz – KSG). Republik Österreich.
- BGBI. I Nr. 94/2013. (i.d.F. 17.10.2014). Bundesgesetz Änderung des Klimaschutzgesetzes (Klimaschutzgesetz – KSG). Republik Österreich.
- BGBI. I Nr. 118/2011. (i.d.F. 20.10.2014). Bundesgesetz über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (Emissionszertifikatengesetz 2011 – EZG 2011). Republik Österreich.
- BGBI. I Nr. 72/2014. (i.d.F. 14.10.2014). Energieeffizienzpaket des Bundes. Republik Österreich.
- BGBI. Nr. 185/1993. (i.d.F. 21.10.2014). Bundesgesetz über die Förderung von Maßnahmen in den Bereichen der Wasserwirtschaft, der Umwelt, der Altlastensanierung, zum Schutz der Umwelt im Ausland und über das österreichische JI/CDM-Programm für den Klimaschutz (Umweltförderungsgesetz - UFG). Republik Österreich.
- BGBI. I Nr. 152/1998. (i.d.F. 27.11.2014). Bundesgesetz über die Umweltkontrolle und die Einrichtung einer Umweltbundesamt Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Umweltkontrollgesetz). Republik Österreich.
- BGBI. II Nr. 126/2007 (i.d.F. 27.11.2014). Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforder-

- rungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Ökodesign-Verordnung 2007 – ODV 2007). Republik Österreich.
- BGBI. II Nr. 126/2007 (i.d.F. 27.11.2014). Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Ökodesign-Verordnung 2007 – ODV 2007). Republik Österreich.
- Bliem, M., Friedl, B., Balabanov, T. & Zielinska, I. (2011). Energie [R] evolution Österreich 2050. Der Weg zu einer sauberen Energie-Zukunft in Österreich. Wien: Institut für Höhere Studien.
- BMWFJ. (2009). Energie Strategie Österreich Maßnahmenvorschläge. Wien: BMWFJ und Lebensministerium .
- BMWFJ. (2010). Nationaler Aktionsplan 2010 für erneuerbare Energien für Österreich. Wien: BMWFJ.
- BMWFJ. (2013). Methoden zur richtlinienkonformen Bewertung der Zielerreichung gemäß Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie 2006/32/EG. Wien: BMWFJ.
- Brune, W. (2010). Atmosphäreneffekt, Klimabedingung (2. Auflage Ausg.). Leipzig: Wolfgang Brune.
- Brunner, C., Slawitsch, B., Giannakopoulou, K. & Schnitzer, H. (2007). Styrian Promise (Produzieren mit solarer Energie). Initiative zur Nutzung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien (solare Prozesswärme) in steirischen Betrieben. Joanneum Research.
- Buscar, G. & Schinnerl, D. (2007). WasteWaterHeat – technisches und wirtschaftliches Marktpotential der Wärmeenergienutzung aus dem Abwasser in Österreich. Graz: Grazer Energieagentur.
- Catlin, D. & Claire, M. (2005). How Earth's atmosphere evolved to an oxic state: A status report. *Earth and Planetary Science Letter*, 1–2.
- Cherubini, F., Bird, N., Cowie, A., Jungmeier, G., Schlamadinger, B. & Woess-Gallasch, S. (2009). Energy-and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(8), pp. 434–447.
- Christian, R., Feichtinger, R., Christian, R., Bolz, R., Windsperger, A., Hummel, M., Weish, P. & Pfnier, E. (2011). Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich. *Berichte aus Energie-und Umweltforschung. Schriftenreihe des BMVIT*, (13).
- Climate Change. (1995). The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report.

- DIN (2011). 50001 DIN EN ISO50001: Energiemanagementsysteme–Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung. Dezember 2011. Deutsches Institut für Normung e. V.
- Durnberger, C., Formowitz, B., Grimm, H. & Uhl, A. (2009). Experten Delphi zur ethnischen Bewertung von Energie aus Biomasse, Ludwig Maximilians Universität, München.
- E-Bridge Consulting (2005). KWK-Potentiale in Österreich. Studie erstellt im Auftrag von Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Industriellenvereinigung, Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs sowie Wirtschaftskammer. Villach.
- Eceee (2013). Understanding the Energy Efficiency Directive: Steering through the maze #6. Stockholm: Eceee.
- e-control (2014). www.e-control.at. Abgerufen am 28.11.2014 von <http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/statistik/dokumente/pdfs/IPE/ipe-entwicklung-energiepreise-gas-2-2014.pdf>
- EEA (2012). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory. Kopenhagen: European Environment Agency.
- EEA (2014). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014. Kopenhagen: European Environment Agency.
- Ehrenfeld, W. (2012). Klimawandel und betriebliche Innovationsprozesse.
- Ellehaug, K. (2003). Key Issues in Solar Thermal – Solar Combisystems. Aarhus: EU.
- Endlicher, W. (2007). Das unbeherrschbare Vermeiden und das Unvermeidbare beherrschen – Strategien gegen die gefährlichen Auswirkungen des Klimawandels. Berlin: Humboldt Universität.
- Energie Graz (2008). Geschäftsbericht 2007. Graz: Energie Graz.
- Energie Graz (2012). Geschäftsbericht 2011. Graz: Energie Graz.
- Energieeffizienz-Monitoringstelle (2012). Im zweiten Fortschrittsbericht über die Entwicklung der Energieeffizienz in Österreich im Hinblick auf die Richtlinie 2006/32/EG. Wien: BMWFJ.
- Energieinstitut Linz (2010). AWEEMSS – Endbericht der Studie Analyse der Wirkungsmechanismen von Endenergieeffizienz-Maßnahmen und Entwicklung geeigneter Strategien für die Selektion ökonomisch. Linz: JKU Linz.
- ESTTP (2010). Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe. Brüssel: European Solar Thermal Technology Plattform.
- EU-ET (2003). Das europäische Motor Challenge Programm: Modul Antriebe. Brüssel: Europäische Kommission-Generaldirektion Energie und Transport.

- Euroheat & Power (2006). ECOHEATCOOL – The European heat market – final report, Brüssel: Euroheat & Power.
- EuroDEEM (2010). European Commission – Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport. Abgerufen am 16.06.2010 von <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/eurodeem/index.htm>
- Eurostat – Referat 02. (2008). NACE Rev. 2, Struktur und Erläuterungen. Eurostat.
- Eurostat (2014). Eurostat. Abgerufen am 25.09.2014 von <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- Field, C. B., Campbell, J. E. & Lobell, D. B. (2008). Biomass energy: The scale of the potential resource. *Trends in ecology & evolution*, 23(2), 65–72.
- Fiksel, J. (2009). Sustainability and resilience: toward a systems approach. *Sustainability: Science Practice and Policy*, 2(2), pp. 14–21.
- Friedl, A. (2007). Polygeneration – Produktion alternativer Treibstoffe, Wärme, Strom & nichtenergetischer Produkte unter Berücksichtigung der Optimierung der Gesamtenergiebilanz sowie der Materialflüsse. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Haberl, H. & Geissler, S. (2000). Cascade utilization of biomass: strategies for a more efficient use of a scarce resource. *Ecological Engineering*, 16, pp. 111–121.
- Hale, T. (2016). “All hands on deck”: The Paris agreement and nonstate climate action. *Global Environmental Politics*
- Hamit-Haggar, M. (2012). Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: A panel cointegration analysis from Canadian industrial sector perspective. *Energy Economics*, 34(1), pp. 358–364.
- Hammond, G. (2007). Industrial energy analysis, thermodynamics and sustainability. *Applied energy*, 84(7), pp. 675–700.
- Harvey, S. & Axelsson, E. (2010). Scenarios for assessing profitability and carbon balances of energy investments in industry. Göteborg: Chalmers University of Technology.
- Heinloth, K. (2013). *Energie: Physikalische Grundlagen ihrer Gewinnung, Umwandlung und Nutzung*. Springer-Verlag.
- Hofer, R. (1994). Technologiegestützte Analyse der Potenziale industrieller Kraft-Wärme-Kopplung. München: Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der technischen Universität München.
- Hoogwijk, M., Faaij, A., Van Den Broek, R., Berndes, G., Gielen, D. & Turkenburg, W. (2003). Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass and bioenergy*, 25(2), 119–133.

- Hoogwijk, M., Faaij, A., Eickhout, B., de Vries, B. & Turkenburg, W. (2005). Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios. *Biomass and Bioenergy*, 29(4), 225–257.
- Hummel, M., Kranzl, L., Herzog, U., Titz, M., Schnitzer, H. & Brunner, C. (2013). *Solarthermie-Branchenkonzepte für die Lebensmittelindustrie*. Wien: Klima und Energiefonds.
- IEA (2007). *Energy Use in the new Millennium*. Paris: OECD/IEA.
- IEA (2007a). *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂-Emissions*. Paris: OECD/IEA.
- IEA (2008). *Combined Heat and Power – Evaluating the benefits of greater global investment*. Paris: OECD/IEA.
- IEA. (2009). *Energy Technology Transitions for Industry*. Paris: OECD/IEA.
- IEA (2010). *Energy Technology Roadmaps – a guide to development and implementation*. Paris: OECD/IEA.
- IEA (2016). *Medium-Term Gas Market Report 2016*. Paris: OECD/IEA.
- IEA & UNIDO (2011). *Technology Roadmap – Carbon Capture and Storage in Industrial Applications*. Paris: OECD/IEA/UNIDO.
- International Iron and Steel Institute (1978). *A handbook of world steel statistics*. Brüssel: International Iron and Steel Institute.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Genf: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2007a). *Vierter Sachstandsbericht des IPCC – Klimaänderung 2007. Vierter Sachstandsbericht des IPCC – Klimaänderung 2007 (Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger)*. Genf: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IV (2013). *Pressekonferenz: Standortsicherung Energieintensive Industrie*. Wien: Industriellenvereinigung.
- Jähnig, D. & Weiss, W. (2007). *Design Guidelines – Solar Space heating of Factory Buildings*. Gleisdorf: AEE-Intec.
- Kaltschmitt, M. & Streicher, W. (2009). *Regenerative Energien in Österreich – Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalysen, Potenziale, Nutzung*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Kannan, R. & Strachan, N. (2009). Modelling the UK residential energy sector under long-term decarbonisation scenarios: Comparison between energy systems and sectoral modelling approaches. *Applied Energy*, 86(4), pp. 416–428.

- Kemp, I. (2007). *Pinch Analysis and Process Integration: A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy* (2. Auflage Ausg.). Burlington: Butterworth-Heinemann.
- KOM (2007) 1. (10.01.2007). Eine Energiepolitik für Europa. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.
- KOM (2011) 112. (08.03.2011). Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.
- KOM (2010) 265. (26.05.2010). Analyse der Optionen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen um mehr als 20 %. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.
- KOM (2011) 885. (15.12.2011). Energiefahrplan 2050. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.
- Köppl, A. & Schleicher, S. (2014). Policy Brief: Die Energiebilanz 2013 und die Erreichbarkeit der Energieziele für 2020. Wien: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Köppl, A., Kettner, C., Kletzan-Slamanig, C., Schleicher, S., Titz, M., Schnitzer, H. et al. (2010). *Energy Transition 2012/2020/2050*. Wien: Klima und Energiefonds.
- Kostoff, R. & Schaller, R. (2001). Science and technology roadmaps. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(2), pp. 132–143.
- KPC (2007). Fördermöglichkeiten für hochwertige Sanierung im Gebäudebereich. Ökosan 07. Gleisdorf: AEE-Intec.
- Kromus, S., Narodoslawsky, M. & Krotscheck, C. (2002). Grüne Bioraffinerie – Integrierte Grasnutzung als Eckstein einer nachhaltigen Kulturlandschaftsnutzung. *Berichte aus Energie und Umweltforschung*, 18, 2002.
- Kunz, P. (2007). *Wärmepumpen und Kältetechnik – Arbeitsmittel*. Schweiz: Kunz-Beratungen.
- Lang, R. & Kicker, H. (2010). Inaugurationsrede an der JKU Linz. *Polymeric Materials and Polymer Science for Sustainable Development Technologies*. Linz.
- Lebensministerium. (2011). *Korrigendum zur Evaluierung der Umweltförderung des Bundes 2008–2010*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

- Lorentz, K. (04.12.2007). NASA. Abgerufen am 06.05.2015 von NASA-Researcher News:
http://www.nasa.gov/centers/langley/news/researchernews/rn_carboncycle_prt.htm
- Matthes, F., Gores, S., Harthan, R., Mohr, L., Penninger, G., Markewitz, P. et al. (2009). Politiksznarien für den Klimaschutz V – auf dem Weg zum Strukturwandel. Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030. Climate Change Report, 16.
- McCarthy, J. J. (2001). Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability: Contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Mc Kinsey & Company Inc. (2007). Kosten und Potential der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Berlin: Bundesverband der Deutschen Industrie.
- Moser, S., Leitner, K.-H. & Steinmüller, H. (2014). F&E-Fahrplan- Energieeffizienz in der energieintensiven Industrie. Wien: Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung.
- Müller, T., Weiss, W., Schnitzer, H., Brunner, C., Begander, U. & Themel, U. (2004). Produzieren mit Sonnenenergie – Potenzialstudie zur thermischen Solarenergienutzung in österreichischen Gewerbe und Industriebetrieben. Wien: BMVIT.
- National Institute for Environmental Studies; Kyoto University; Ritsumeikan University; Mizuho Information and Research Institute (2008). Japan Scenarios and Actions towards low Carbon Societies. Endbericht, Tsukuba.
- Nicholson, A. L., Olivetti, E. A., Gregory, J. R., Field, F. R. & Kirchain, R. E. (2009). End-of-life LCA allocation methods: Open loop recycling impacts on robustness of material selection decisions. In *2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology* (pp. 1–6). IEEE.
- Norgate, T. & Langberg, D. (2009). Environmental and economic aspects of charcoal use in steelmaking. *ISIJ international*, 49(4), pp. 587–595.
- Oberthür, S. & Roche Kelly, C. (2008). EU leadership in international climate policy: achievements and challenges. *The international spectator*, 43(3), pp. 35–50.
- OECD & IEA (2005). Handbuch Energiestatistik. Paris: EuroStat.
- OIB (09.2011). OIB-Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik.
- Pacala, S. & Socolow, R. (2004). Stabilisation Wedges: Solving the Climate Problem for the next 50 years with Current Technologies. *Science*, 305, pp. 968–972.

- Pacala, S. & Socolow, R. (Sept 2006). A Plan to Keep Carbon in Check. *Scientific American*, pp. 28–35.
- POSHIP (2003). Solar heat for industrial processes. Barcelona: European Commission.
- Princeton University. (2004) .Interview mit Robert Sokolov. Technology Already Exists To Stabilize Global Warming. *ScienceDaily.*, abgerufen am 24.8.2017 www.sciencedaily.com/releases/2004/08/040816091135.htm
- Reay, D., Ramshaw, C. & Harvey, A. (2008). Sustainability and Flexibility. Process Intensification: Engineering for Efficiency. Oxford.
- Recycling, A. G. (2012). Aus Kontinuität wächst Nachhaltigkeit (Aktualisierte Umweltklärung, Nachhaltigkeitsbericht). Austria Glas Recycling.
- Reisinger, H., Pointner, G., Obernberger, I., Thondorfer, P. & Reisenhofer, E. (2003). LOW EMISSION BIO-ORC. Fuzzy logic controlled chp plant for biomass fuels based on a highly efficient orc process. Graz: Stadtwärme Lienz.
- Richtlinie 2006/32/EG (05.04.2006). Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG. Europäisches Parlament und der Rat.
- Richtlinie 2009/28/EG (23.04.2009). Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. Europäisches Parlament und der Rat.
- Richtlinie 2009/29/EG (29.04.2009). Richtlinie zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten. Europäisches Parlament und der Rat.
- Richtlinie 2009/31/EG (23.04.2009). Richtlinie über die geologische Speicherung von Kohlendioxid und zur Änderung der Richtlinie 85/337/EW des Rates sowie der Richtlinien 2000/60/EG, 2001/80/EG, 2004/35/EG, 2006/12/EG und 2008/1/EG sowie der Verordnung (EG) Nr.1013/2006. Europäisches Parlament und der Rat.
- Richtlinie 2012/27/EU (25.10.2012). Richtlinie zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG. Europäisches Parlament und der Rat.
- Schmitz, K. & Schaumann, G. (2005). Kraft-Wärme-Kopplung. Berlin Heidelberg, Deutschland: Springer Verlag.
- Schnitzer, H., Schmied, J., Titz, M., Jägerhuber, P., Enzi, C. & Filzwieser, P. (2012). Abwärmekataster Steiermark. Graz: Land Steiermark.
- Schwedt, G. & Schreiber, J. (1996). Taschenatlas der Umweltchemie. Thieme.

- Senter Novem (2007). *European Roadmap for Process Intensification*. Den Haag: Senter Novem.
- Shell Royal Dutch. (2008). *Shell Energy Scenarios to 2050: An Era of Revolutionary Transitions*. Shell.
- Sheldon, R. A. (2007). The E factor: fifteen years on. *Green Chemistry*, 9(12), 1273–1283.
- Socolow, R. (12.08.2004). Technology already exists stabilize climate say experts. (B. Green, Interviewer).
- Statistik Austria (2007). *Energiebilanzen 1970 (1988)–2005. Dokumentation der Methodik*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria. (2007a). EEA. *Gesamtenergiebilanzen Steiermark 1970–2007. Detailinformationen*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2008). NEA. *Einteilung des Endenergiebedarfs nach Nutzenergiekategorien 1993–2007*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2009a). EEA. *Gesamtenergiebilanzen Österreich 1970–2009 Detailinformationen*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2009b). NEA. *Einteilung des Endenergiebedarfs nach Nutzenergiekategorien 1993–2009*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2009c). EEA. *Gesamtenergiebilanzen Österreich 1970–2008 Detailinformationen*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2009d). *Energieeffizienzindikatoren*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2009e). *Standard-Dokumentation-Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu den Energiebilanzen*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2013). *Gesamtenergiebilanz Österreich 1970–2012*. Wien
- Statistik Austria (2013a). *Standard-Dokumentation-Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zur Nutzenergieanalyse*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2014). EEA. *Gesamtenergiebilanzen Österreich 1970–2012 Detailinformationen*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2014a). NEA. *Einteilung des Endenergiebedarfs nach Nutzenergiekategorien 1993–2013*. Wien: Statistik Austria.
- Statistik Austria (2015). *Bruttoinlandsprodukt nach Wirtschaftsbereichen, verkettete Volumenindizes*. Wien: Statistik Austria.

- Statistik Austria (2016). Spezialauswertung basierend auf der Leistungs- und Strukturstatistik 2005–2007 nach ÖNACE 2008. Wien: Statistik Austria.
- Stern, N. (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Streicher, W., Damm, A., Haas, R., Hausberger, S., Heimrath, R., Kalt, G. et al. (2011). *Energieautarkie für Österreich 2050. Feasibility Study*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Titz, M., Köppl, A., Kettner, C., Kletzan-Slamanig, C., Schleicher, S., Schnitzer, H. et al. (2010). *Energy Transition 2012/2020/2050*. Wien: Klima und Energiefonds.
- Titz, M., Schnitzer, H., Amon, B., Bachner, G., Damm, A., Grossmann, W. et al. (2010). *Klimaschutzplan Steiermark 2010. Erläuterungen 5: Produktion*. Graz: Studie im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung.
- TUG, I. (Hrsg.) (2014). *13. Symposium Energieinnovationen*. Graz: Udo Bachhiesl.
- Umweltbundesamt (2009). *Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2007. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten*. Wien: Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt (2012). *Klimaschutzbericht 2012*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Umweltbundesamt (2013). *Klimaschutzbericht 2013*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Umweltbundesamt (2014). www.umweltbundesamt.at. Abgerufen am 27.11.2014 von www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/emissionsinventur/#
- Umweltbundesamt (2014a). *Emissionstrends 1990–2012*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Umweltbundesamt (2016). *GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria*. Reporting under Regulation (EU) 525/2013. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- UNFCCC (2008). *Kyoto Protocol Reference Manual*. Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC (2010). *Nationale Emissionsinventur Österreich 2010*. Bonn: UNFCCC.
- Unruh, G. C. (2002). Escaping carbon lock-in. *Energy policy*, 30(4), 317-325
- VDI (12/1998). *VDI 2067 – Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Blatt 7: Blockheizkraftwerke*. Berlin: Verein Deutscher Ingenieure.
- VDI (09/2000). *VDI 2067 – Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Blatt 1: Grundlagen und Kostenberechnung*. Berlin: Verein Deutscher Ingenieure.
- Verordnung (EU) Nr. 525/2013 (2013). *Verordnung über ein System für die Überwachung von Treibhausgasemissionen sowie für die Berichterstattung über die*

- Emissionen und über andere klimaschutzrelevante Informationen auf Ebene der Mitgliedstaaten und der Union und zur Aufhebung der Entscheidung 280/2004/EG. Europäisches Parlament und der Rat.
- Wang, D., Büttner, S. M. & Sauer, A. (2016). Makroökonomische Betrachtung. In: *Energieeffizienz in Deutschland – eine Metastudie* (S. 23–54). Springer Berlin Heidelberg.
- Weinzierl, H. (1989). Ende der Kompromissbereitschaft. Reden anlässlich der Delegiertenversammlung am 11. Juni 1989 in Ludwigshafen. Ludwigshafen.
- Weiss, W. & Biermayr, P. (2005). Potential of Solar Thermal. Wien: EU.
- Weiss, W. & Biermayr, P. (2009). Potential for Solar Thermal in Europe. Brüssel: ESTIF – European Solar Thermal Industry Federation.
- Weiss, W., Bergmann, I. & Stelzer, R. (2009). Solar Heat Worldwide – Markets and Contribution to the Energy Supply. Wien: IEA Solar Heating & Cooling.
- WIFO, Wegener-Center, TU-Graz, JKU-Linz & TU-Wien (2010). Nationaler Aktionsplan 2010 für erneuerbare Energie für Österreich (NREAP-AT). Wien: Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend.
- Witt, U. (1997). “Lock-in” vs. “critical masses” – Industrial change under network externalities. *International Journal of Industrial Organization*, 15(6), pp. 753–773.
- Worldsteel (2014). Steel Statistical Yearbook 2014. Brüssel: World Steel Association (worldsteel).
- Worrell, E., Bernstein, L., Roy, J., Price, L. & Harnisch, J. (2009). Industrial energy efficiency and climate change mitigation. *Energy Efficiency*, 2(2), pp. 109–123.
- ZVEI (2006). Position Paper on the Green Paper on Energy Efficiency – Improving Energy Efficiency by Power Factor Correction. Frankfurt: Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V.

Abkürzungsverzeichnis

Abk. 1:	THG.....Treibhausgas
Abk. 2:	IPCC.....Intergovernmental Panel on Climate Change
Abk. 3:	CO ₂ e.....Kohlenstoffdioxidäquivalent
Abk. 4:	CCS.....Carbon Capture and Storage
Abk. 5:	LULUCF.....Land Use, Land-Use Change and Forestry
Abk. 6:	ETS.....Emission Trading System
Abk. 7:	JI.....Joint Implementation
Abk. 8:	CDM.....Clean Development Mechanism
Abk. 9:	EEA.....Bilanz des energetischen Endverbrauchs
Abk. 10:	NEA.....Energetischer Endverbrauch nach Nutzenergiekategorien
Abk. 11:	KWK.....Kraft-Wärme-Kopplung
Abk. 12:	OLI.....Österreichischen Luftschadstoff-Inventur
Abk. 13:	LCA.....Life Cycle Assessment
Abk. 14:	WRG.....Wärmerückgewinnung
Abk. 15:	ORC.....Organic Rankine Cycle
Abk. 16:	GMST.....Global Mean Surface Temperature
Abk. 17:	IKT.....Informations- und Kommunikationstechnik
Abk. 18:	BAU.....Business as Usual

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sektoren der österreichischen Energiebilanzen EEA (Statistik Austria, 2009e)	17
Tabelle 2: Energieträgeraufteilung laut der österreichischen Energiebilanzen EEA (Statistik Austria, 2009e)	18
Tabelle 3: Nutzenergiekategorien und Energieträger NEA (Statistik Austria, 2013)	19
Tabelle 4: Produktionsbereiche mit dem höchsten Energiebedarf (Statistik Austria, 2014)	27
Tabelle 5: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Energiebedarf der Produktionsgebäude (Köppl et al., 2010)	52
Tabelle 6: Auswirkungen der Reduktion des Energiebedarfs der Produktionsgebäude auf den Endenergiebedarf sowie die CO ₂ -Emissionen (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	53
Tabelle 7: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Energieeffiziente Antriebe (Köppl et al., 2010)	54
Tabelle 8: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO ₂ -Emissionen durch die Implementierung energieeffizienter Antriebe (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	56
Tabelle 9: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Prozessintensivierung und Prozessintegration (Köppl et al., 2010)	57
Tabelle 10: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO ₂ -Emissionen der Prozessoptimierungen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	59
Tabelle 11: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Wechsel innerhalb der fossilen Energieträger (Köppl et al., 2010)	60
Tabelle 12: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO ₂ -Emissionen des Wechsels innerhalb der fossilen Energieträger (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	61
Tabelle 13: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Solarthermische Anlagen (Köppl et al., 2010)	62
Tabelle 14: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO ₂ -Emissionen der solarthermischen Anlagen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	64
Tabelle 15: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Biomasse zur Bereitstellung thermischer Energie (Köppl et al., 2010)	65
Tabelle 16: Auswirkungen auf den Endenergiebedarf sowie die CO ₂ -Emissionen des Einsatzes von Biomasse (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	66
Tabelle 17: Zusammenfassung des „Technology Wedges“ Kraft-Wärme-Kopplungen (Köppl, et al., 2010)	67

Tabelle 18: Auswirkungen auf den Transformations-Input der Eigenstromproduzenten im Produktionsbereich der Kraft-Wärme-Kopplungen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010).....	69
Tabelle 19: Veränderungen in der Zusammensetzung des Endenergiebedarfs im Jahr 2020, verglichen mit dem Referenzszenario (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b)	71
Tabelle 20: Veränderungen der CO ₂ -Emissionen, bedingt durch den Endenergiebedarf im Jahr 2020, verglichen mit dem Referenzszenario (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b).....	72
Tabelle 21: Ergebnisse der Kategorie elektrochemische Zwecke (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c).....	77
Tabelle 22: Ergebnisse der Kategorie elektrische Anwendungen (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c).....	77
Tabelle 23: Ergebnisse der Kategorie mechanische Anwendungen (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c).....	78
Tabelle 24: Ergebnisse des gesamten thermischen Energiebedarfs (Streicher et al., 2011) (Statistik Austria, 2009c)	78
Tabelle 25: Ergebnisse der Kategorie thermischer Energiebedarf Niedertemperatur (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)	79
Tabelle 26: Ergebnisse der Kategorie thermischer Energiebedarf Mitteltemperatur (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)	80
Tabelle 27: Ergebnisse der Kategorie thermischer Energiebedarf Hochtemperatur (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)	80
Tabelle 28: Verteilung des Energiebedarfs nach Energieträgern (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c).....	82
Tabelle 29: Verteilung des Energiebedarfs nach Einbindung in das Gesamtkonzept(Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)	83
Tabelle 30: Referenzberechnung für den Energiebedarf und die Emissionsreduktionspotenziale (Steiermark) (Jähnig & Weiss, 2007; Titz et al., 2010)	90
Tabelle 31: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahme Senkung des Energiebedarfs der Gebäude (Steiermark) (Titz et al., 2010)	91
Tabelle 32: Referenzwert zur Veranschaulichung der Kraft-Wärme-Kopplungen (ASUE, 2009; Titz et al., 2010)	92
Tabelle 33: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahme KWK (Steiermark) (Titz et al., 2010).....	93
Tabelle 34: Referenzwerte zweier Best-Practice-Beispiele der Fernwärme Wien (Bachmann et al., 2006), (Titz et al., 2010)	94
Tabelle 35: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahme Abwärmenutzung (Steiermark) (Titz et al., 2010).....	95
Tabelle 36: Referenzwert zur Veranschaulichung der Einsparung durch PI in der steirischen Lebensmittelproduktion (Senter Novem, 2007).....	96
Tabelle 37: Referenzwerte für energieeffiziente Antriebe (EU-ET, 2003).....	96

Tabelle 38: Investitionskosten und Einsparungen der Maßnahmenkombination PI, energieeffiziente Antriebe und WRG (Titz et al., 2010).....	98
Tabelle 39: Referenzwert für einen Umstieg von Kohle und Erdöl auf Gas (Titz et al., 2010), (Statistik Austria, 2008).....	99
Tabelle 40: Investitionskosten und Einsparungen bei der Nutzung von Abfällen (Steiermark).....	101
Tabelle 41: Referenzwert für die Nutzung von Biomasse in einer Organic Rankine Cycle-Anlage (Reisinger et al., 2003).....	102
Tabelle 42: Investitionskosten und Einsparungen durch den Einsatz von Biomasse (Steiermark) (Titz et al., 2010).....	103
Tabelle 43: Potenzial der solaren Prozesswärme in der Steiermark aus dem Jahr 2007 (Brunner et al., 2007)	104
Tabelle 44: Referenzwert für die teilsolare Beheizung von Produktionsgebäuden (Jähnig & Weiss, 2007)	104
Tabelle 45: Investitionskosten und Einsparungen für solarthermische Anlagen (Steiermark) (Titz et al., 2010).....	105
Tabelle 46: Mögliche Einsparungen an Energie und Emissionen durch die Steigerung der Effizienz (Steiermark) (Titz et al., 2010).....	108
Tabelle 47: Mögliche Reduktionen durch die Substitution fossiler Energieträger (Steiermark) (Titz et al., 2010).....	108
Tabelle 48: Abwärmepotenziale der erhobenen Sektoren (Steiermark) (Schnitzer et al., 2012)	114
Tabelle 49: Potenziale für KWK mit und ohne Auskopplung der Wärme in den relevanten Sektoren (Steiermark) (Schnitzer et al., 2012).....	115
Tabelle 50: Emissionssenkung der einzelnen Sektoren des Fahrplans 2050 der Europäischen Union (KOM (2011) 112)	119

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Eigene Skizze des Kohlenstoffkreislaufs (nach Lorentz, 2007)	3
Abbildung 1-2: THG-Emissionen der EU, bezogen auf das Basisjahr 1990, eigene Darstellung, (Eurostat, 2014)	5
Abbildung 1-3: Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zum Kyoto-Ziel, eigene Darstellung (EEA, 2014)	7
Abbildung 1-4: Abweichung der Sektoren vom Kyoto-Ziel 2011 (Umweltbundesamt, 2013)	7
Abbildung 3-1: Die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen UNFCCC konform von 1990 bis 2012 (Umweltbundesamt, 2014a)	20
Abbildung 3-2: Gaspreisentwicklung von 2004 bis 2012; arithmetisches Mittel der Industrieenergiepreise über die Kategorien Jahresverbrauch > 100.000.000 kWh, > 10.000.000 kWh < 100.000.000 kWh und < 10.000.000 kWh (e-control, 2014)	22
Abbildung 3-3: Österreichischer Strompreisindex (ÖSPI) Monatswerte von 2006 bis 2014, Basis Jahr 2006 (AEA, 2014)	22
Abbildung 3-4: Entwicklung der Energieintensität in der Produktion, nicht temperaturbereinigt, Basisjahr 1990 (Statistik Austria, 2009d).....	23
Abbildung 3-5: Entwicklung des Anteils an erneuerbarer Energie sowie der elektrischen Energie von 1970 bis 2007 im Sektor Produktion (Statistik Austria, 2008).....	24
Abbildung 3-6: Entwicklung der Energiebedarfs im Produktionssektor (Statistik Austria, 2014).....	25
Abbildung 3-7: Endenergiebedarf der österreichischen Produktion nach Sektoren (Statistik Austria, 2014)	26
Abbildung 3-8: Anteile der Sektoren am Endenergiebedarf im Jahr 2012 (Statistik Austria, 2014).....	26
Abbildung 3-9: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Papier und Druck (Statistik Austria, 2008)	28
Abbildung 3-10: Endenergiebedarf des Sektors Papier und Druck 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)	29
Abbildung 3-11: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Eisen und Stahl (Statistik Austria, 2008)	31
Abbildung 3-12: Endenergiebedarf des Sektors Eisen und Stahl 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)	31
Abbildung 3-13: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Steine, Erden und Glas (Statistik Austria, 2008)	32
Abbildung 3-14: Endenergiebedarf des Sektors Steine, Erden und Glas 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)	33
Abbildung 3-15: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Chemie und Petrochemie (Statistik Austria, 2008)	35

Abbildung 3-16: Endenergiebedarf des Sektors Chemie und Petrochemie 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)	35
Abbildung 3-17: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Maschinenbau (Statistik Austria, 2008)	36
Abbildung 3-18: Endenergiebedarf des Sektors Maschinenbau 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)	37
Abbildung 3-19: Endenergiebedarf nach Nutzenergieklassen im Sektor Holzverarbeitung (Statistik Austria, 2008)	38
Abbildung 3-20: Endenergiebedarf des Sektors Holzverarbeitung 2012 nach Energieträgern (Statistik Austria, 2014)	39
Abbildung 5-1: Energiebedarfsszenario für Österreich aus dem Projekt Energy Transition 2020/30/50 (Köppl et al., 2010).....	43
Abbildung 5-2: CO ₂ -Emissionsverlauf nach Pacala und Socolow (Pacala & Socolow, 2004)	45
Abbildung 5-3: Konzept der „Stabilization Wedges“, adaptiert von Endlicher (Endlicher, 2007) © Prof. Endlicher mit freundlicher, persönlicher Genehmigung	47
Abbildung 5-4: „Wedge“ Portfolio nach Endlicher (Endlicher, 2007) © Prof. Endlicher, mit freundlicher, persönlicher Genehmigung	49
Abbildung 5-5: Betrachtete Energiekaskade	50
Abbildung 5-6: Auswirkungen der Reduktion des Energiebedarfs der Produktionsgebäude auf die Emissionen und den Energiebedarf (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	54
Abbildung 5-7: Auswirkungen der Reduktion der Energieeffizienten Antriebe auf die Emissionen und den Energiebedarf (Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	56
Abbildung 5-8: Endenergiebedarf nach Nutzenergiekategorien 2008 und 2020 nach der Maßnahme der Reduktion (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009b).....	58
Abbildung 5-9: Auswirkungen der Prozessoptimierung auf die Emissionen und den Energiebedarf , (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	60
Abbildung 5-10: Auswirkungen des Wechsels innerhalb der fossilen Energieträger auf die Emissionen und den Energiebedarf (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	62
Abbildung 5-11: Auswirkungen der solarthermischen Anlagen auf die Emissionen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010)	65
Abbildung 5-12: Auswirkungen des Einsatzes von Biomasse auf die Emissionen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010).....	67
Abbildung 5-13: Auswirkungen der KWK auf die Emissionen (Köppl et al., 2010; Statistik Austria, 2009a; 2009b; UNFCCC, 2010).....	69
Abbildung 5-14: Energiebedarf nach den Kategorien im Jahr 2050 für beide Szenarien (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c)	81

Abbildung 5-15: Energiebedarf der Produktion 2050 nach Einbindung in das Gesamtkonzept für beide Szenarien (Streicher et al., 2011; Statistik Austria, 2009c).....	84
Abbildung 5-16: Ablaufplan des Klimaschutzplans Steiermark (Amon et al., 2010)....	85
Abbildung 5-17: Verteilung des Energiebedarfs der steirischen Produktion nach Energieträgern (Statistik Austria, 2007a).....	86
Abbildung 5-18: Verteilung des Energiebedarfs der steirischen Produktion nach Sektoren im Jahr 2007 (Statistik Austria, 2007a)	87
Abbildung 5-19: Entwicklung der Energieintensität in der Steiermark und in Österreich (Statistik Austria, 2007a), (Titz et al., 2010), (Amon et al., 2010)	88
Abbildung 5-20: Entwicklung der THG-Emissionen der steirischen Produktion (Umweltbundesamt, 2009; Titz et al., 2010; Amon et al., 2010).....	88
Abbildung 5-21: Ablaufplan des Befragung (Schnitzer et al., 2012).....	110
Abbildung 5-22: Technologische Möglichkeiten der Abwärmenutzung (Schnitzer et al., 2012)	111
Abbildung 5-23: Hindernisse in Bezug auf Abwärmenutzungsprojekte.....	114
Abbildung 5-24: Solarpotenzialflächen der erhobenen Sektoren (Steiermark) (Schnitzer et al., 2012).....	116
Abbildung 5-25: Berechneter Heizwärmebedarf aus den erhobenen Daten in KWh/m ² a (Schnitzer et al., 2012)	117
Abbildung 6-1: Prozentuelle Einsparungen an CO ₂ e bis 2050; eigene Darstellung basierend auf dem Datensatz des Umweltbundesamts,(2014).....	121
Abbildung 6-2: Zeitrahmen der Maßnahmenbereiche.....	131

Anhang

Tabelle A-1: Global Warming Potential (Climate Change, 1995, S. 22)

Species	Chemical formula	Lifetime (years)	Global Warming Potential (time horizon)		
			20 years	100 years	500 years
CO ₂	CO ₂	variable §	1	1	1
Methane*	CH ₄	12 ± 3	56	21	6.5
Nitrous oxide	N ₂ O	120	280	310	170
HFC-23	CHF ₃	264	9100	11700	9800
HFC-32	CH ₂ F ₂	5.6	2100	650	200
HFC-41	CH ₃ F	3.7	490	150	45
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	17.1	3000	1300	400
HFC-125	C ₂ H ₂ F ₅	32.6	4600	2800	920
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	10.6	2900	1000	310
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14.6	3400	1300	420
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	1.5	460	140	42
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	3.8	1000	300	94
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	48.3	5000	3800	1400
HFC-227ea	C ₃ H ₂ F ₇	36.5	4300	2900	950
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	209	5100	6300	4700
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	6.6	1800	560	170
Sulphurhexafluoride	SF ₆	3200	16300	23900	34900
Perfluoromethane	CF ₄	50000	4400	6500	10000
Perfluoroethane	C ₂ F ₆	10000	6200	9200	14000
Perfluoropropane	C ₃ F ₈	2600	4800	7000	10100
Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	2600	4800	7000	10100
Perfluorocyclobutane	c-C ₄ F ₈	3200	6000	8700	12700
Perfluoropentane	C ₅ F ₁₂	4100	5100	7500	11000

§ Derived from the Bern carbon cycle model.

* The GWP for methane includes indirect effects of tropospheric ozone production and stratospheric water vapour production.

Tabelle A-2: THG-Bilanz der 15 Staaten mit dem höchsten Ausstoß aus Annex B, excl. LULUCF (EEA, Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory, 2012)

Staat	Emissionen 1990 in Mio. t CO ₂ e	Verpflichtete Emissions- änderung 2008–2012	Emissionen 2010 in Mio. t CO ₂ e	Reale Emissions- änderung 2010
USA	6.161	– (urspr. – 7,0 %)	6.802	+ 10,4 %
Russland	3.350	0 %	2.208	– 34,1 %
Japan	1.267	– 6,0 %	1.258	– 0,7 %
Deutschland	1.246	– 21,0 %	937	– 24,8 %
Ukraine	930	0 %	383	– 58,8 %
Vereinigtes Königreich	767	– 12,5 %	594	– 22,6 %
Kanada	589	– 6,0 %	692	+ 17,4 %
Polen	564	– 6,0 %	401	– 28,9 %
Frankreich	562	0 %	528	– 6,0 %
Italien	519	– 6,5 %	501	– 3,5 %
Australien	418	+ 8,0 %	543	+ 30,0 %
Rumänien	290	– 8,0 %	123	– 57,6 %
Spanien	283	+ 15,0 %	356	+ 25,8 %
Niederlande	212	– 6,0 %	210	– 0,9 %
Tschechien	196	– 8,0 %	140	– 28,9 %
Belgien	143	– 7,5 %	132	– 7,6 %
Österreich	78	– 13,0 %	85	+ 8,2 %
Schweiz	53	– 8,0 %	54	+ 2,2 %
Gesamt	17.629	–	15.946	– 9,5 %

Tabelle A-3: Auszug aus dem Maßnahmenpaket Energiestrategie Österreich (BMWFJ, Energie Strategie Österreich Maßnahmenvorschläge, 2009)

AG VI – Haushalte und Betriebe (Kleinverbrauch, KMU)

Energieeffizienz in Gewerbe und Produktion

197 Energieeffizienz in Gewerbe und Produktion

198 Marktentwicklung für energieeffiziente gewerbliche Kühlgeräte und -anlagen: Einsatz energieeffizienter Technologie im Bereich der gewerblichen Kühlung (Schwerpunkt Handel und Gastronomie)

199 Erhöhung der jährlichen Anlagenerneuerungsrate bei Beleuchtungssystemen

200 Energieeffiziente elektrische Antriebssysteme

201 Mitgestaltung und Nutzung der EUP und Labelstandards in der Energiestrategie

Energieberatung

211 Energieberatung für Haushalte und KMU: Flächendeckende Durchführung hochwertiger haushalts- und KMU-spezifischer Energie- und Mobilitätsberatungen. Die Erstberatung wird zur Gänze gefördert und ist daher für Haushalte und Betriebe generell kostenlos.

212 Energieeffizienz-Offensiven bei Industrie- und Gewerbebetrieben und öffentlichen Einrichtungen (Gesamtpaket für eine hohe Umsetzungsrate)

AG VII – Energieintensive Unternehmen

Einführung von Energiemanagementsystemen

219 Einführung von Energiemanagementsystemen

Forcierung von Großwärmepumpen

220 Informations-, Beratungs- sowie Planungs- und Umsetzungspaket zur forcierten Nutzung betrieblicher Abwärme- und Abwasserwärmepotentiale durch bspw. effiziente Großwärmepumpen

221 Planungsförderung zur Nutzung industrieller Niedertemperaturabwärme durch hocheffiziente Großwärmepumpen

222 Förderung des Einsatzes von Wärmepumpen zur Nutzung von kommunalen und betrieblichen Abwässern

Eingereicht für die AG 9

223 Austrian Carbon Trust (ACT): Einrichtung eines Austrian Carbon Trust (ACT) für eine Verwendung der CO₂-Zertifikatsversteigerungserlöse für zukunftsgerichtete Investitionen in der Energieversorgung und Industrie

224 Domestic Offset Projects: Unternehmen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, generieren verifizierte Emissionsreduktionen, aus deren Verkauf sie zusätzlichen Erlös ziehen können. ETS-Unternehmen und der Bund treten als Käufer zu Preisen unter dem ETS-Preis auf.

225 Einführung BorderTaxAdjustments: Vermeiden von „Carbon Leakage“ (Produktionsverlagerung in Richtung Staaten ohne Klimaschutzverpflichtungen). Koordiniert mit anderen Arbeitsgruppen

Koordiniert mit anderen Arbeitsgruppen

226 Forcierter Einsatz von standardisierten Biomassereststoffen und biogenen Altstoffen, die den Forderungen Verfügbarkeit, Qualitätsstandard und adäquatem Preis entsprechen, in industriellen Prozessen und Energieerzeugungsanlagen

227 FEEI-Antriebssysteme

Tabelle A-4:Auszug aus NERAP- Überblick aus sämtlichen Strategien und Maßnahmen (WIFO, Wegener-Center, TU-Graz, JKU-Linz, & TU-Wien, 2010)

Bezeichnung und Referenz der Maßnahme	Art der Maßnahme	Erwartetes Ergebnis	Zielgruppe und/oder -tätigkeit	Existiert/geplant	Beginn- und Endzeitpunkt
Übergeordnete Maßnahmen					
Energiestrategie Österreich - Maßnahmenvorschläge	Gesamtstrategie	Strategische Schwerpunkte einer zukünftigen Energie- und Klimapolitik	Endnutzer, öffentliche Verwaltung, Interessensgruppen, etc.	existiert	Umsetzung geplant, laufende Aktualisierung
klima:aktiv	Informationskampagne und finanziell	Förderung und Forcierung der Nutzung von erneuerbaren Energien	Endnutzer, Architekten, Installateure, etc.	existiert	2004 -
Klima- und Energiefondsgesetz (KLI.EN FondsG)	gesetzgeberisch	Förderung erneuerbarer Energiesysteme und Klimapolitik	Endnutzer	existiert	StF: 2007 geändert 2009
Umweltförderungsgesetz (UFG)	gesetzgeberisch	Förderung von betrieblichen Maßnahmen zum Schutz der Umwelt	Endnutzer	existiert	StF: 1993 geändert 2009
Umweltförderung im Inland (UFI)	finanziell	Förderung erneuerbarer Energiesysteme	Endnutzer	existiert	1993
Umweltinformationsgesetz (UIG)	gesetzgeberisch	Freier Zugang zu Umweltinformation	Öffentlichkeit	existiert	StF: 1993 geändert 2009
Vereinbarung gem. Art. 15a B-VG (Bund-Länder)	gesetzgeberisch	Harmonisierung und Verstärkung von EE-Maßnahmen im Gebäudesektor	Endnutzer	existiert	2009
Bezeichnung und Referenz der Maßnahme	Art der Maßnahme	Erwartetes Ergebnis	Zielgruppe und/oder -tätigkeit	Existiert/geplant	Beginn- und Endzeitpunkt
Produktion, Dienstleistung in Industrie, Gewerbe und Kleinverbrauch					
Zertifizierung von Installateuren	gesetzgeberisch	Ausbildung und Auszeichnung von Fachleuten	Installateure	existiert Überarbeitung geplant	2000
Energieberatung für KMU und Haushalte, Einführung von Energiemanagementsystemen, Erstellung von Energiekonzepten	finanziell Informationskampagne	Unterstützung bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen und Förderung des Einsatzes von erneuerbaren Energiequellen	Unternehmen, Haushalte, Bund, Länder	existiert Überarbeitung geplant	2010/2011
Mobilität					
Biokraftstoff-Richtlinie	gesetzgeberisch	Beimischung von Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen	Mineralölindustrie	existiert	2004
Mineralölsteuergesetz	Gesetzgeberisch / finanziell	Steuererleichterung für biogene Treibstoffe	Endnutzer	existiert	2007
5-Punkte Aktionsprogramm für Erd- und Biogas	Informationskampagne / gesetzgeberisch	Forcierung von Biogas als Kraftstoff	Endnutzer	existiert	2005 - 2010
Forcierung der schrittweisen, flächendeckenden Einführung von Elektromobilität in Österreich	Strategie (steuerliche Anreize, Information, Bewusstseinsbildung...)	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie im Individualverkehr	Unternehmen, Bund, Länder, Gemeinden, Endnutzer	in Diskussion	in Diskussion
klima:aktiv mobil	finanziell	Förderung von Fahrzeugen mit emissionsarmen und energieeffizienten Flotten von Unternehmen und Gebietskörperschaften sowie privater Fahrzeughalter	Bund, Länder, Gemeinden, Endnutzer	existiert teilweise/Erweiterung geplant	schrittweise Umsetzung bis 2020

Bezeichnung und Referenz der Maßnahme	Art der Maßnahme	Erwartetes Ergebnis	Zielgruppe und/oder -tätigkeit	Existiert/geplant	Beginn- und Endzeitpunkt
Übergeordnete Maßnahmen					
Österreichische Umweltprogramm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) Klimaschutzgesetz	gesetzgeberisch	Einhaltung eines guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands	Landwirte	existiert	2007-2013
	gesetzgeberisch	Festlegung von verbindlichen Klimazielen und Verantwortlichkeiten	Bundesländer und betroffene Bundesministerien	geplant	
Ökologische Steuerreform	gesetzgeberisch	Stärkere Besteuerung von Ressourcen und Energieverbrauch	Endnutzer	In Diskussion	In Diskussion
Energieraumplanung	gesetzgeberisch	Österreichisches Raumentwicklungskonzept 2011. Einbindung von Zielen und Maßnahmen zum Energie- und Klimaschutz	Bund, Länder, OEROK	geplant	ab 2010
Energieeffizienzgesetz	gesetzgeberisch	Gesetzliche Regelungen zur Erhöhung der Energieeffizienz	Endnutzer, Unternehmungen	geplant	Vorbereitungsarbeiten 2010
Gebäude					
Bautechnische Vorschriften in der Bauordnung der Länder	gesetzgeberisch	Förderung erneuerbarer Energiesysteme im Gebäudereich	Bauwerber	existiert Überarbeitung geplant	laufende Aktualisierung
Weiterentwicklung der rechtlichen Vorgaben im Gebäudebereich	gesetzgeberisch	Weiterentwicklung von bau- und energietechnischen Vorschriften, Sanierungsverpflichtungen, sowie Mindestanforderungen an den Neubau und Sanierung von öffentlichen Gebäuden	Bund und Länder	geplant	ab 2010
Weiterentwicklung von Förderkriterien und -instrumenten im Gebäudebereich	finanziell	Stärkere Fokussierung der Wohnbauförderung auf die thermische Sanierung	Bund und Länder, Endnutzer	geplant	soll 2013 in Kraft treten

Bezeichnung und Referenz der Maßnahme	Art der Maßnahme	Erwartetes Ergebnis	Zielgruppe und/oder -tätigkeit	Existiert/geplant	Beginn- und Endzeitpunkt
Energiebereitstellung					
Österreichisches Gaswirtschaftsgesetz (GWG)	gesetzgeberisch	Regelung des Netzzugangs für Biogas	Erzeuger	existiert	2006
Österreichisches Wärme- und Kälteleitungsbaugesetz (WKLG)	gesetzgeberisch	Förderung erneuerbarer Energiesysteme	Erzeuger	existiert	Volle Dotierung ab 2011
Ökostromgesetz	gesetzgeberisch	Förderung von Ökostrom	Erzeuger	existiert Überarbeitung geplant	2002 mehrfach novelliert Erarbeitung bis 2011
Biogas- und Biomethanstrategie für die Kette von Aufbringung bis Vermarktung	Strategie	Einsatz von Biomethan in allen Anwendungssegmenten durch Schaffung nachfrageseitiger Instrumente	Bund, Länder, Gemeinden, Energieversorger, Landwirtschaft, Endnutzer	geplant	
Mobilisierung von Biomasse und der Einsatz in Nah- und Fernwärmenetzen (inkl. Mikronetzen)	Strategie	Bessere und nachhaltige Nutzung des Potenzials	Land- und Forstwirtschaft und Energieerzeuger	existiert Überarbeitung geplant	ab 2010 laufend
Energieversorgungssicherheit					
Ausbau der österreichischen Übertragungs- und Verteilernetze	Strategie (Masterplan 2009 – 2020)	Mittel- und langfristige Schaffung einer bedarfsgerichten Netzinfrastruktur	Bund, Länder, Netzbetreiber	existiert/geplant	ab 2010 laufend
Fernwärme- und Fernkälteausbau	finanziell	Infrastrukturausbau und Stärkung der Versorgungssicherheit	Energieversorger	existiert/geplant	ab 2010 laufend
Ausbau und Ermöglichung umweltfreundlicher Stromspeicherung	finanziell	Ausbau und Absicherung der Speicherkraftwerke zur Integration der Erneuerbaren Energien	Energieversorger	existiert/geplant	ab 2010 laufend

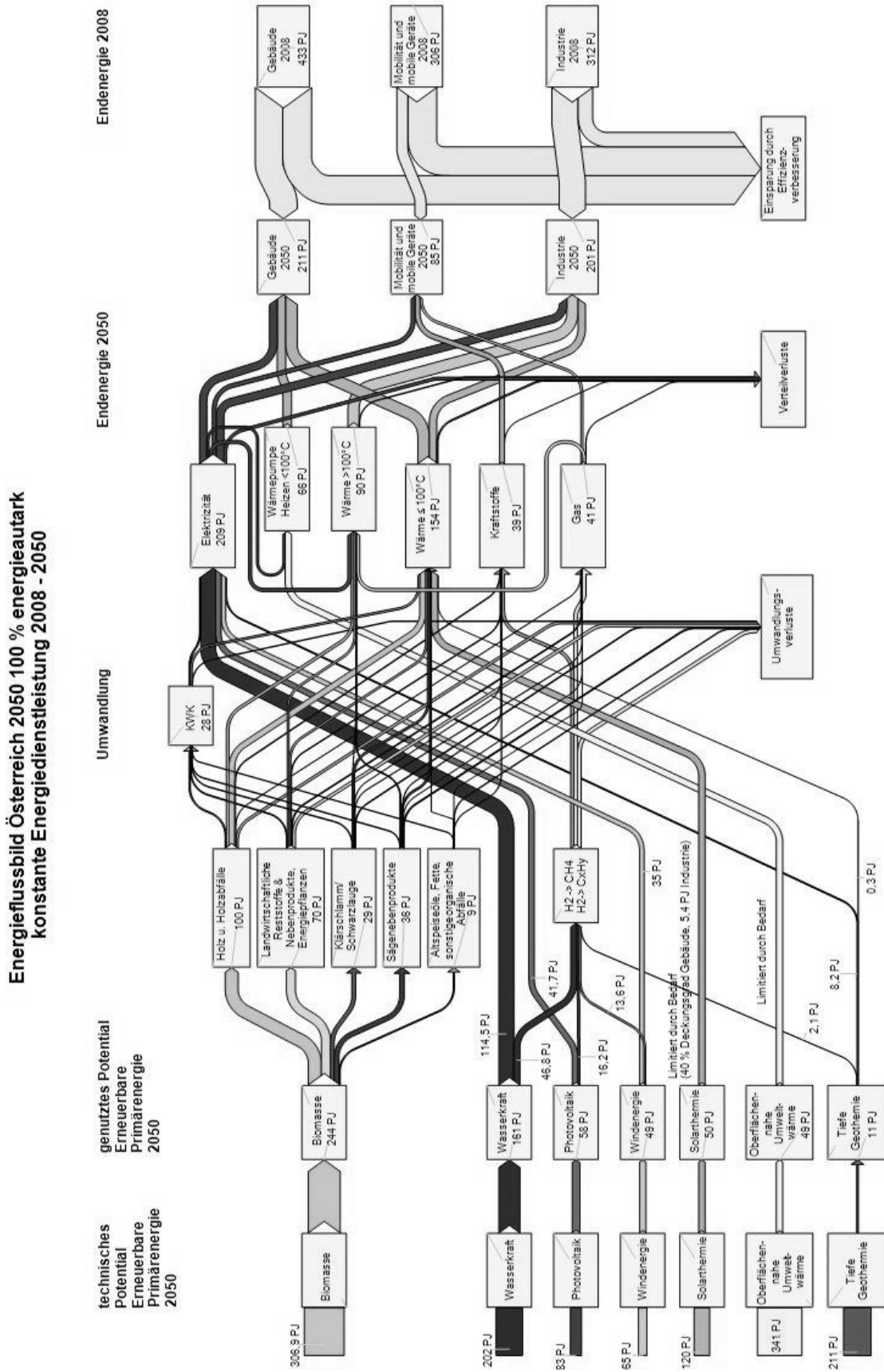


Abbildung A-1: Energieflussbild Österreich 2050 mit Energieautarkie für **konstante** Energiedienstleistung bis 2050 (Streicher et al., 2011)

**Energieflussbild Österreich 2050 100 % energieautark
Wachstum der Energiedienstleistung um 0,8 %/a**

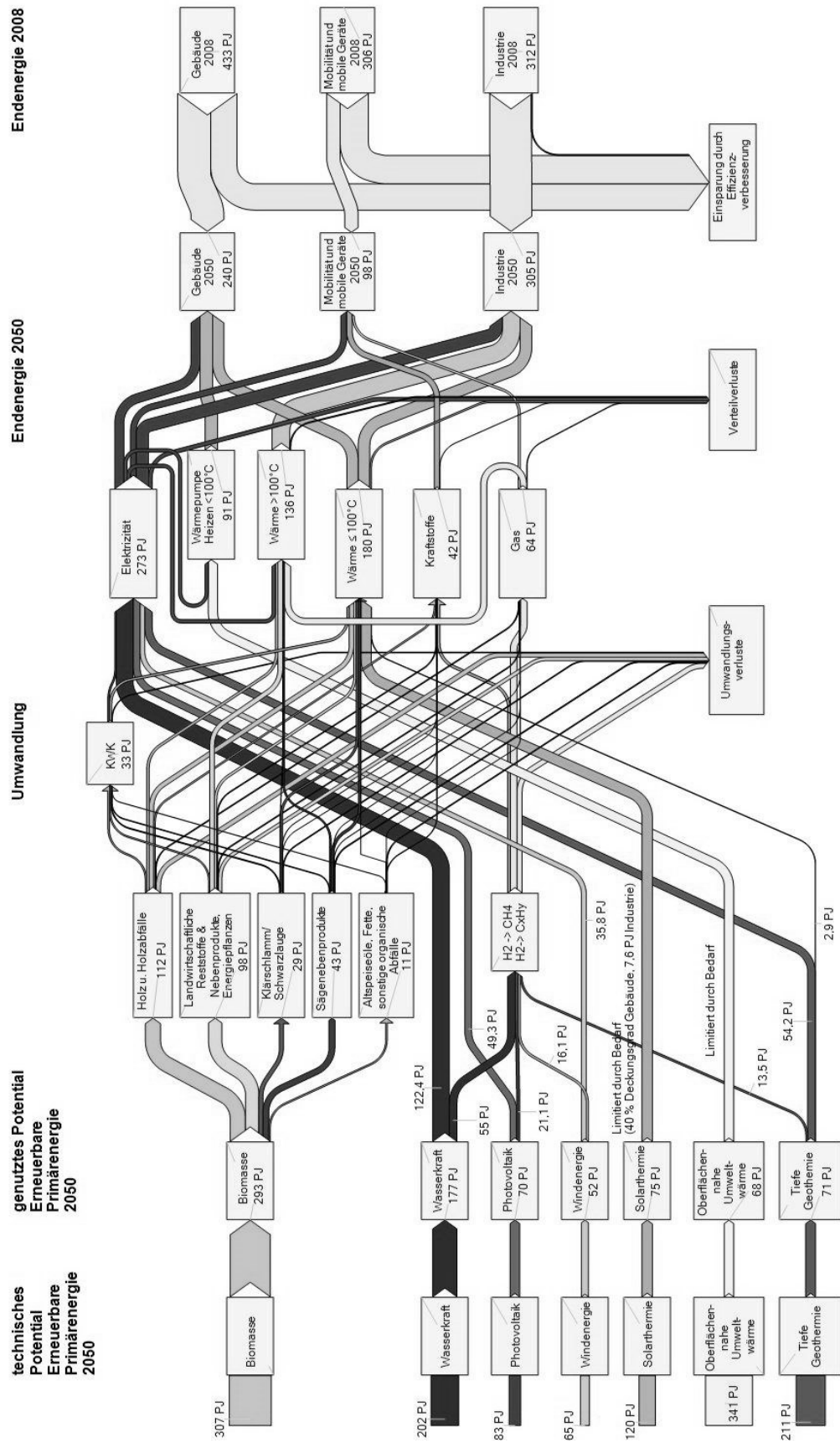


Abbildung A-2: Energieflussbild Österreich 2050 mit Energieautarkie für ein Wachstum der Energiedienstleistung mit 0,8 %/a (Streicher et al., 2011)

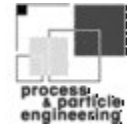
Fragebogen Betriebe Steiermark

Absender

.....

Empfänger:

IPPT – Institut für Prozess- und Partikeltechnik
 z.H. Johannes Schmied
 Inffeldgasse 25b, 1.Stock
 8010 Graz

**Fragebogen zur Abwärmenutzung steirischer Unternehmen**

Firmenname: _____
 Ansprechpartner: _____
 Email: _____
 Telefon: _____
 Adresse(PLZ, Ort, Anschrift): _____

Allgemein

1. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig? Papier&Druck
 Eisen&Stahl Steine, Erden, Glas Maschinenbau Lebensmittel
 Bau Holzverarbeitung Bergbau Chemie&Petrochemie
 Fahrzeugbau Nicht Eisen Metalle Textil und Leder
 Sonst. produzierender Bereich _____
 - a. Wie hoch ist Ihr Unternehmensumsatz? _____
 - b. Wie viele vollzeitäquivalente Mitarbeiter beschäftigen Sie? _____ Hinweis: Inklusive Teilzeitkräfte, Ferialarbeiter, Saisonarbeiter, Leiharbeiter
 - c. Geben Sie Ihre wichtigsten Produkte an:
2. Produkt: _____

Menge: _____
 Produkt: _____
 Menge: _____
 Produkt: _____
 Menge: _____
 Produkt: _____
 Menge: _____
 Produkt: _____
 Menge: _____

Hinweis: Bitte geben Sie die Menge mit der entsprechenden Einheit an z. B: Stück, Liter, kg etc.

Betriebszeiten

3. Bitte geben Sie die Betriebsstunden/Tag in Ihrem Unternehmen an: _____ Drop Down (8–24 h)
4. Wie viele Tage pro Woche wird in Ihrem Betrieb produziert?
 5 6 7 stark schwankend
Wenn stark schwankend: Aus welchem Grund ist Ihre Produktion stark schwankend?:
5. Gibt es in Ihrem Unternehmen Stillstandszeiten (z. B: Saisonbetrieb, Betriebsurlaub, Revision etc.)? Ja Nein
Wenn ja: In welchen Zeiträumen haben Sie jährlich betriebsbedingte Unterbrechungen des Produktionsbetriebes?

	Beginn	Ende
1. Unterbrechung		
2. Unterbrechung		
3. Unterbrechung		
4. Unterbrechung		
5. Unterbrechung		

Hinweis: Zum Beispiel: Beginn: 24.12. Ende -6.1

6. Wie hoch ist der Prozentanteil der Energiekosten an den Gesamtkosten? _____

Stromversorgung

7. Wie hoch ist Ihr Strombedarf pro Jahr? _____ kWh/a.
 Hinweis: Bitte geben Sie Ihre aktuellsten verfügbaren Daten, wenn möglich 2011, an.
- a. Können Sie uns Daten zum Stromverbrauchsprofil zur Verfügung stellen?
- Jänner: _____ kWh
 Februar: _____ kWh
 März: _____ kWh
 April: _____ kWh
 Mai: _____ kWh
 Juni: _____ kWh
 Juli: _____ kWh
 August: _____ kWh
 September: _____ kWh
 Oktober: _____ kWh
 November: _____ kWh
 Dezember: _____ kWh
- b. Zusätzlich haben Sie auch die Möglichkeit Dateien zu Ihrem Stromverbrauch hochzuladen:
 Hinweis: Aufstellung des monatlichen Stromverbrauchs (wenn möglich aus 2011)
8. Produzieren Sie selbst Strom? Ja Nein
- a. *Wenn ja:* Wie erzeugen Sie Strom? Kraft-Wärme-Kopplungsanlage(KWK) Photovoltaik Kleinwasserkraft Sonstige
- b. *Wenn KWK:* Mit welcher Technologie erzeugen Sie in dieser KWK-Anlage Strom? _____ Dropdown (Brennstoffzelle, Dampfkolbenmotor, Dampfschraubenmotor, Dampfturbine, Gasturbine, GuD-Turbine, Heißluftturbine, Inverse Gasturbine, ORC-Anlage, Stirlingmotor, Verbrennungsmotor)
- c. *Wenn KWK:* Welchen Brennstoff verwenden Sie in dieser KWK-Anlage? _____ Dropdown (Ablauge der Papierindustrie, Biodiesel, Biogas, Biomasse, Braunkohle, Brenntorf, Deponiegas, Diesel, Erdgas, Flüssiggas, Gichtgas,

Hackschnitzel, Halmgutartige Biomasse, Heizöl extra leicht, Heizöl leicht, Klärgas, Klärschlamm, Kokereigas, Koks, Methanol, Pellets, Petrokoks, Pflanzenöl, Rinde, Sägenebenprodukte, Scheitholz, Sekundärbrennstoff, Schweröl, Steinkohle, Vergasung von Sonstige Abfälle, Waldhackgut, Sonstige)

Hinweis: Falls Sie mehrere Brennstoffe einsetzen, geben Sie bitte nur den Hauptbrennstoff an.

- d. *Wenn KWK:* Wie hoch ist die erzeugte Wärmemenge dieser KWK-Anlage pro Jahr? _____ kWh/a
- e. *Wenn KWK:* Wofür wird die mittels KWK erzeugte Wärmemenge verwendet? Prozesswärme ___ % Raumwärme ___ % Warmwasser ___ %
- f. *Wenn KWK:* Wie hoch ist die erzeugte Strommenge dieser KWK-Anlage pro Jahr? _____ kWh/a
- g. *Wenn KWK:* Falls Sie Anmerkungen zu diesem Kessel haben, geben Sie diese hier an:

- h. *Wenn KWK:* Betreiben Sie weitere KWK?: Ja Nein (Wenn ja, bitte KWK-Formular anbei ausfüllen)
- i. *Wenn Photovoltaik:* Wie viel kW_p-Leistung hat Ihre Photovoltaikanlage? _____ kW_p
Hinweis: kW_p (Kilowatt peak) entspricht der abgegebenen elektrischen Leistung unter Standard-Testbedingungen
- j. *Wenn Photovoltaik:* Bitte geben Sie die durchschnittlich produzierte Strommenge aus Photovoltaik pro Jahr an (geschätzt). _____ kWh/a
- k. *Wenn Kleinwasserkraft:* Wie viel kW-Leistung hat Ihre Kleinwasserkraftanlage? _____ kW
Hinweis: Die kW-Leistung kann vom Typenschild an der Anlage abgelesen werden.
- l. *Wenn Kleinwasserkraft:* Bitte geben Sie Ihre durchschnittlich produzierte Strommenge pro Jahr aus Kleinwasserkraft an _____ kWh/a
- m. *Wenn Sonstige:* Wie erzeugen Sie sonst noch Strom?

- n. *Wenn Sonstige:* Bitte geben Sie Ihre durchschnittlich produzierte Strommenge pro Jahr mit dieser Technologie an. _____ kWh/a
9. Liegt Ihr Betriebsstandort an einem fließenden Gewässer? Ja Nein
- a. *Wenn ja:* An welcher Art Gewässer liegt Ihr Betriebsstandort:
 Kanal/Mühlgang natürliches fließendes Gewässer Sonstige: _____
- b. *Wenn ja:* Wie hoch ist die Durchflussmenge dieses Gewässers:

Hinweis: Angabe z. B. in m³/s
- c. *Wenn ja:* Hat es an Ihrem Standort jemals (weitere) Wasserkraftnutzungen gegeben? Ja Nein Keine Antwort
- d. *Wenn ja:* Wie hoch war die Nennleistung dieser Kleinwasserkraftanlage? _____ kWh
- e. *Wenn ja:* Was war der Grund der Stilllegung der Wasserkraftanlage? _____

Wärmeversorgung

10. Wie hoch ist Ihr Jahreswärmebedarf? _____ kWh/a
- a. Können Sie uns Daten zum Jahreswärmebedarf zur Verfügung stellen?
- Jänner: _____ kWh
 Februar: _____ kWh
 März: _____ kWh
 April: _____ kWh
 Mai: _____ kWh
 Juni: _____ kWh
 Juli: _____ kWh
 August: _____ kWh
 September: _____ kWh
 Oktober: _____ kWh
 November: _____ kWh
 Dezember: _____ kWh
- b. Zusätzlich haben Sie auch die Möglichkeit Dateien zu Ihrem Wärmeverbrauch hochzuladen:
 Hinweis: Zum Beispiel: Gasrechnung, Aufstellung des monatlichen Wärmebedarfs (wenn möglich aus dem Jahr 2011)
11. Wie verteilt sich der Jahreswärmebedarf in Ihrem Betrieb auf Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser (geschätzt)? Prozesswärme ___ %
 Raumwärme ___ % Warmwasser ___ %
12. Wie decken Sie Ihren Jahreswärmebedarf? Fernwärme Kessel Solarthermie Wärmepumpe Sonstige: _____
- a. *Wenn mehr als ein Haken:* Wie viel Prozent Ihres Jahreswärmebedarfs decken Sie mit Ihren verschiedenen Wärmequellen (geschätzt)? Fernwärme: _____ %
 Kessel: _____ % Solarthermie: _____ % Wärmepumpe: _____ %
 Sonstige: _____ %
- a. *Wenn kein Hacken bei Fernwärme:* Ist Ihr Unternehmen an ein Fernwärmenetz angeschlossen? Ja Nein
- b. *Wenn nein:* Wie weit ist das nächste Fernwärmenetz von Ihrem Betriebsstandort entfernt (geschätzt)? _____ km
- c. *Wenn Hacken bei Fernwärme ODER wenn ja (Ist Ihr Unternehmen an ein Fernwärmenetz angeschlossen?)* Sind Sie Fernwärmekonsument oder Fernwärmeproduzent & Konsument nur am Fernwärmenetz angeschlossen Fernwärmeproduzent
- b. *Wenn Fernwärme:* Wie hoch ist Ihr jährlicher Fernwärmebedarf? _____ kWh/a
- c. *Wenn Fernwärme:* Handelt es sich um ein konventionell beheiztes Fernwärmenetz oder ein Biomassefernwärmenetz?
- d. *Wenn Fernwärme:* Wofür wird die mittels Fernwärme erzeugte Wärme verwendet? Prozesswärme ___ % Raumwärme ___ % Warmwasser ___ %
- e. *Wenn Solarthermie:* Welche Solarkollektorenart besitzen Sie?
 Flachkollektoren Vakuumröhrenkollektoren
- f. *Wenn Solarthermie:* Bitte geben Sie Ihre Kollektorfläche an: _____ m²
- g. *Wenn Solaranlage:* Wofür wird die mittels Solaranlage erzeugte Wärmemenge verwendet? Prozesswärme ___ % Raumwärme ___ %
 Warmwasser ___ %
- h. *Wenn Wärmepumpe:* Welche Wärmequelle verwenden Sie zum Betrieb Ihrer Wärmepumpe? _____ Erdwärme Luft Wasser
- i. *Wenn Wärmepumpe:* Wie hoch ist die effektive Leistungszahl der Wärmepumpe? _____
 Hinweis: Leistungszahl = COP, erkennbar am Typenschild

- j. *Wenn Wärmepumpe:* Wie hoch ist die Heiz-Nennleistung Ihrer Wärmepumpe?

- k. *Wenn Wärmepumpe:* Wie hoch ist die erzeugte Wärmemenge Ihrer Wärmepumpe pro Jahr? _____ kWh/a
- l. *Wenn Wärmepumpe:* Wofür wird die mittels Wärmepumpe erzeugte Wärmemenge verwendet? Prozesswärme ___ % Raumwärme ___ % Warmwasser ___ %
- m. *Wenn Sonstige:* Wie erzeugen Sie sonst noch Wärme? _____
- n. *Wenn Sonstige:* Wie hoch ist die so erzeugte Wärmemenge pro Jahr? _____ kWh/a
- o. *Wenn Sonstige:* Wofür wird diese Wärmemenge verwendet? Prozesswärme ___ % Raumwärme ___ % Warmwasser ___ %
- p. *Wenn Kessel:* Mit welchem Energieträger befeuern Sie diesen Kessel? _____ Dropdown (Ablauge der Papierindustrie, Biodiesel, Biogas, Biomasse, Brenntorf, Braunkohle, Deponiegas, Diesel, Erdgas, Flüssiggas, Gasöl, Gichtgas, Hackschnitzel, Halmgutartige Biomasse, Heizöl extra leicht, Heizöl leicht, Klärschlamm, Klärgas, Kokereigas, Koks, Methanol, Petrolkoks, Pflanzenöl, Pellets, Rapsmethylester, Rinde, Sägenebenprodukte, Sekundärbrennstoff, Scheitholz, Schweröl, Tiermehl- und -fett, Steinkohle, Vergasung von Biomasse, Waldhackgut, Sonstige, Strom)
Hinweis: Im Anschluss können Sie noch weitere Kessel angeben.
- q. *Wenn Kessel:* Wie hoch ist Ihr jährlicher Brennstoffbedarf für diesen Kessel? _____ (m³, t, l, srm, rm)
Hinweis: Bitte geben Sie immer die entsprechende Einheit mit an. Zum Beispiel: 10.000 Liter
- a. Können Sie uns Daten zum Bedarfsprofil zur Verfügung stellen? z. B.: als pdf, xls, jpg, etc.
Hinweis: Aufstellung des monatlichen Brennstoffbedarfsprofils (wenn möglich aus dem Jahr 2011)
- r. *Wenn Kessel:* Um welche Art von Kessel handelt es sich? Dampfkessel Warmwasserkessel
- s. *Wenn Kessel:* Besitzt der Kessel eine Brennwertnutzung? Ja Nein
- t. *Wenn Kessel:* Bitte geben Sie das Baujahr des Kessels an: _____
Hinweis: Das Baujahr kann vom Typenschild an der Anlage abgelesen werden.
- u. *Wenn Kessel:* Wie hoch ist die Nennleistung des Kessels: _____ kW
Hinweis: Die Nennleistung kann vom Typenschild an der Anlage abgelesen werden.
- v. *Wenn Kessel:* Wie hoch ist die erzeugte Wärmemenge dieses Kessels pro Jahr? _____ kWh/a
- w. *Wenn Kessel:* Wofür wird die mittels Kessel erzeugte Wärmemenge verwendet? Prozesswärme ___ % Raumwärme ___ % Warmwasser ___ %
- x. *Wenn Kessel:* Sind die Betriebsstunden des Kessels ident mit Betriebsstunden des Unternehmens? Ja Nein
- a. *Wenn Nein:* Wie viele Stunden pro Tag wird der Kessel befeuert? _____ h
- b. *Wenn Nein:* An wie vielen Tagen pro Woche wird der Kessel befeuert?: 1 2 3 4 5 6 7
- c. *Wenn andere Betriebsstunden:* In welchen Zeiträumen haben Sie jährlich prozess- und betriebsbedingte Unterbrechungen der Befeuerung dieses Kessels?

	Beginn	Ende
1. Unterbrechung		
2. Unterbrechung		
3. Unterbrechung		
4. Unterbrechung		
5. Unterbrechung		

Hinweis: Zum Beispiel: 24.12–6.1; 3.4–15.4; 8.9–13.9

- y. *Wenn Kessel:* **Wird dieser Kessel unter Vollast gefahren?** Ja Nein
 Hinweis: Unter Vollast oder Nennwärmeleistung versteht man die vom Hersteller festgelegte und im Dauerbetrieb unter Beachtung des vom Hersteller angegebenen Wirkungsgrades als einhaltbar garantierte größte Wärmeleistung (bei Heizgeräten in Kilowatt).
- a. *Wenn ja:* Geben Sie die jährlichen Volllaststunden dieses Kessels an: _____
 Hinweis: max. 8.760 h
- b. *Wenn nein:* Wie hoch ist die durchschnittliche prozentuelle Kessel-
 auslastung: _____ %
- z. *Wenn Kessel:* **Haben Sie freie Kapazität für die Versorgung externer Abnehmer in Ihrem Kessel?** Ja Nein
- aa. *Wenn Kessel:* Falls Sie Anmerkungen zu diesem Kessel haben, geben Sie diese hier an:

- bb. Sind weitere Kessel vorhanden: Ja Nein
 (Wenn ja, bitte Kessel-Formular anbei ausfüllen)
- a. *Wenn nein:* Ist eine Ausfallsreserve vorhanden? Ja Nein
 Hinweis: Gibt es weitere Kessel die mit anderen Brennstoffen befeuert werden.
1. *Wenn ja:* Wie hoch ist die Nennleistung des Ausfallsreserve-
 kessels? _____ kW
- 2.

Kälteversorgung

13. Besitzen Sie eine Kälteerzeugungsanlage? Ja Nein
- a. *Wenn ja:* Welche Kühltechnik wird verwendet? Kompressionskälteanlage
 Absorptionskälteanlage Adsorptionskälteanlage
- b. *Wenn ja:* Wie hoch ist die Kälteleistung der Anlage? _____ kW
 Hinweis: Die Kälteleistung kann vom Typenschild an der Anlage abgelesen werden.
- c. *Wenn ja:* Betriebsstunden: _____
- d. *Wenn ja:* Wie hoch ist die Kühltemperatur?: _____ °C
- e. Wofür wird diese Kälteerzeugungsanlage eingesetzt? zur Prozesskühlung
 für Kühlhaus für Tiefkühlager
- a. *Wenn für Kühlhaus:* Bitte geben Sie die Fläche des/der Kühlha(ä)uses/r an: _____ m²
- b. *Wenn für Tiefkühlager:* Bitte geben Sie die Fläche des Tiefkühlagers an: _____ m²
- f. Besitzen Sie weitere Kälteerzeugungsanlagen? Ja Nein
 (Kälteverteilung-Formular)

Prozesse

14. Wie viele **energieintensive** Prozesse wollen Sie angeben (max. 5)?: 1 2
 3 4 5
- a. *Wenn Prozess 1:* Art des Prozesses 1: _____
 Hinweis: z. B. Brennerei, Brauerei – → Destillieren; Mühlen, Ölmühlen – → Mah-

len/Pressen; Fleischer – → Räuchern, Kochen; Fruchterzeugnisse – → Pasteurisieren/Wärmebehandeln; Kelly – → Kochen (frittieren); Snack – → Hacken; Molkerei – → Pasteurisieren/Wärmebehandeln; Bäckerei – → Backen (Durchlaufbackofen, Bandofen); Ziegelwerke – → Brennen (Trocknen); Zementwerk – → Mahlen (Rohmühle, Kugelmühle), Wärmebehandlung/Brennen (Drehrohrofen); Verzinkereien – → Einfetten, Saure Reinigung (in erhitzter saurer Reinigungslösung), Verzinken (Zinkbad); Bergbau – → Shreddern (Zerkleinern); Porzellanherstellung – → Brennen (Wärmebehandlung); Kunststoffherstellung – → Zerkleinern, Kühlen; Glasherstellung – → Kühlen; Pharmazie – → Ultrafiltration, Trocknung; Mikrochipherstellung – → Thermodiffusion, Ätzen, Belichtung, Photoresist; Kabelproduktion – → Verseilen, Extrudieren (Ummantelung aufspritzen); Maschinenbau – → Fertigen (Fräsen, Drehen, Zerspanen); Metallerzeugung und Verarbeitung – → Fertigen (Fräsen, Drehen, Zerspanen); Textilien und Lederverarbeitung – → Stanzen, Nähen, Gerben (nur Leder)

- b. *Wenn Prozess1:* **Temperaturniveau des Prozesses1:** _____ °C
- c. *Wenn Prozess1:* **Anteil des Prozesses1 am betrieblichen Energieverbrauch:**
_____ %
- d. *Wenn Prozess1:* **Wird dieser Prozess direkt befeuert?** Ja Nein
- e. *Wenn Prozess2:* **Art des Prozesses2:** _____
- f. *Wenn Prozess2:* **Temperaturniveau des Prozesses2:** _____ °C
- g. *Wenn Prozess2:* **Anteil des Prozesses2 am betrieblichen Energieverbrauch:**
_____ %
- h. *Wenn Prozess2:* **Wird dieser Prozess direkt befeuert?** Ja Nein
- i. *Wenn Prozess3:* **Art des Prozesses3:** _____
- j. *Wenn Prozess3:* **Temperaturniveau des Prozesses3:** _____ °C
- k. *Wenn Prozess3:* **Anteil des Prozesses3 am betrieblichen Energieverbrauch:**
_____ %
- l. *Wenn Prozess3:* **Wird dieser Prozess direkt befeuert?** Ja Nein
- m. *Wenn Prozess4:* **Art des Prozesses4:** _____
- n. *Wenn Prozess4:* **Temperaturniveau des Prozesses4:** _____ °C
- o. *Wenn Prozess4:* **Anteil des Prozesses4 am betrieblichen Energieverbrauch:**
_____ %
- p. *Wenn Prozess4:* **Wird dieser Prozess direkt befeuert?** Ja Nein
- q. *Wenn Prozess5:* **Art des Prozesses5:** _____
- r. *Wenn Prozess5:* **Temperaturniveau des Prozesses5:** _____ °C
- s. *Wenn Prozess5:* **Anteil des Prozesses5 am betrieblichen Energieverbrauch:**
_____ %
- t. *Wenn Prozess5:* **Wird dieser Prozess direkt befeuert?** Ja Nein
15. **Fallen in Ihrem Prozess ungenutzte Abwärme-, Abwasser- bzw. Abfallströme an?** Ja Nein
Hinweis: z. B. Abwärmeströme (Abluft, Dampf, Brüden, Rauchgas,...), Abwasser, biogene/brennbare Abfallströme (Schlamm, Karton, Verpackungsmaterial, ...)
16. *Wenn ja:* **Welche ungenutzten Abwärme-, Abwasser bzw. Abfallströme fallen bei Ihren Prozessen in Ihrem Betrieb an?** Abwärmeströme (Abluft, Dampf, Brüden, Rauchgas, ...) Abwasser biogene/brennbare Abfallströme
Hinweis: Erklärung welcher Abfall in jeweilige Kategorie fällt
- a. *Wenn Abwärme:* **Medium des Abwärmestroms:**

Hinweis: z. B. Abluft, Dampf, Brüden, Rauchgas, ...)
- b. *Wenn Abwärme:* **Wie hoch ist das Temperaturniveau des Abwärmestromes?:**
_____ °C
Hinweis: Um Ihr Abwärmepotenzial zu ermitteln, geben Sie bitte die kontinuierlich anfallende Abwärmetemperatur an.
- c. *Wenn Abwärme:* **Wie hoch ist die Abwärmemenge?:** _____
Hinweis: Bitte geben Sie die kontinuierlich anfallende Abwärmemenge an, damit wir

Ihr Abwärmepotenzial ermitteln können. Bitte geben Sie die entsprechende Einheit an, z. B. mit: Nm³/h

- d. *Wenn Abwärme:* Ist die Abwärmemenge stark saisonabhängig? Ja Nein
 a. *Wenn ja:* In welcher Jahreszeit liegt am wenigsten Abwärme vor?
 Frühling Sommer Herbst Winter
 Hinweis: Mehrfachnennungen möglich
- e. *Wenn Abwärme:* Falls Sie Anmerkungen zu diesem Abwärmestrom haben, geben Sie diese hier an:

- f. *Wenn Abwärme:* Fallen bei Ihren betrieblichen Prozessen weitere Abwärmeströme an? Ja Nein (Wenn ja, bitte Abwärmeströme-Formular anbei ausfüllen)
- g. *Wenn Abwasser:* Wie hoch ist das Temperaturniveau des **Abwasserstromes**?
 _____ °C
 Hinweis: Bitte geben Sie die kontinuierlich anfallende Abwassertemperatur an, damit wir Ihr Abwasserpotenzial ermitteln können.
- h. *Wenn Abwasser:* Wie hoch ist die Abwassermenge? _____
 Hinweis: Um Ihr Abwasserpotenzial zu ermitteln, geben Sie bitte die kontinuierlich anfallende Abwassermenge an. Bitte geben Sie die entsprechende Einheit an, z. B. mit: m³/Tag
- i. *Wenn Abwasser:* Ist die Abwassermenge stark saisonabhängig? Ja Nein
 a. *Wenn ja:* In welcher Jahreszeit liegt das Abwasserminimum?
 Frühling Sommer Herbst Winter
 Hinweis: Mehrfachnennungen möglich
- j. biogene/brennbare Abfallströme:

Gebäude

17. Wie groß ist die Produktions-, Büro- und Lagerfläche in Ihrem Betrieb?
18. Produktionsfläche _____ m² Bürofläche _____ m² Lagerfläche _____ m²
19. Wie viel m² Dachflächen weisen die Betriebsgebäude auf (geschätzt)?
 _____ m²
 Hinweis: Frage zur Möglichkeit einer Solaranlage zur Wärmeproduktion
- a. Von wie viel m² Ihrer Dachflächen befinden sich nach Süden ausgerichtete Dachschrägen bzw. sind Flachdächer? _____ m²
 Hinweis: Frage zur Möglichkeit einer Solaranlage zur Wärmeproduktion
20. Spricht aus statischer Sicht etwas gegen die Errichtung von Solarpaneelen auf den Betriebsgebäuden? Ja Nein
 Hinweis: Unter Berücksichtigung etwaiger Schneelasten im Winter

Wirtschaftlichkeit

21. Haben Sie Interesse in Ihrem Betrieb nicht genutzte Abwärmeströme bzw. überschüssige Kesselleistung zu verkaufen (z. B. Einspeisung in Fernwärmenetz etc.)? sehr großes Interesse großes Interesse generelles Interesse
 kaum Interesse kein Interesse
22. Haben Sie Interesse, sich an einem Fernwärmenetz zu beteiligen? sehr großes Interesse großes Interesse generelles Interesse kaum Interesse
 kein Interesse

- a. Wie hoch ist die maximale Amortisationsdauer für zukünftige Investitionen in Ihrem Betrieb? _____ Dropdown (Amortisationsdauer in Jahren)
Hinweis: Nach wie vielen Jahren muss sich eine Investition, die Sie in Ihrem Unternehmen tätigen, spätestens rechnen, damit Sie sich für die Durchführung der Investition entscheiden?

Energetische Vorhaben

23. Haben Sie in absehbarer Zukunft Umstellungen in Ihrem Betrieb vor, die eine Veränderung der zur Verfügung stehenden **Abwärmemenge** zur Folge haben?

Ja Nein

- a. *Wenn ja:* Um wieviel Prozent werden sich die jährlichen **Abwärmemengen** verändern?

prozentuelle Erhöhung der Abwärmemenge: _____ %

prozentuelle Verminderung der Abwärmemenge: _____ %

- b. *Wenn ja:* Welche Umstellungsmaßnahmen, die eine Veränderung der Abwärmemenge auslösen, sind geplant?

24. Haben Sie in absehbarer Zukunft Umstellungen in Ihrem Betrieb vor, die eine Veränderung der zur Verfügung stehenden **Abfallmenge** zur Folge haben?

Ja Nein

- c. *Wenn ja:* Um wieviel Prozent wird sich die **Abfallmenge** verändern?

prozentuelle Erhöhung der Abfallmenge: _____ %

prozentuelle Verminderung der Abfallmenge: _____ %

- d. *Wenn ja:* Welche Umstellungsmaßnahmen, die eine Veränderung der **Abfallmenge** auslösen, sind geplant?

25. Haben Sie bereits Maßnahmen im Bereich der **Abwärmenutzung** realisiert?

Ja Nein

- e. *Wenn ja:* Welche internen bzw. externen Abwärmenutzungen haben Sie bereits umgesetzt? **Welche Leistung haben die Abwärmenutzungen?**

26. Welche Motivation sehen Sie in Projekten, Ihre **Abwärme** betriebsintern oder extern zu nutzen?

Hinweis: 1 = bietet sehr große Anreize 4 = bietet keine Anreize etwas zu unternehmen

Motivation Abwärmenutzung	1	2	3	4
Imagegewinn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kosteneinsparung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Steigende Energiepreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Förderungen zur Abwärmenutzung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zusätzliches Geschäftsfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27. Haben Sie bereits Projekte im Bereich erneuerbare Energien realisiert?

Ja Nein

- f. *Wenn Ja:* Welche Projekte im Bereich erneuerbarer Energien haben Sie umgesetzt?

-
28. Haben Sie die Anschaffung einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage überlegt?
 Ja Nein
Wenn ja: Wann? _____
29. Was ist das Haupthindernis für Abwärmenutzungen in Ihrem Betrieb:
 Kein Abwärmeabnehmer in der Umgebung Schwierige Vorbereitung
 Desinteresse potenzieller Abnehmer Finanzieller Aufwand
 Keine Info über Wärmeabnehmer
 Mangel an Personal und Wissen Produktionssicherheit Kerngeschäft
 Sonstige: _____
30. Wie hoch schätzen Sie das Abwärmepotenzial in Ihrem Betrieb ein?
Hinweis: Bitte nur ungenutzte Abwärmemengen berücksichtigen.
 Sehr hoch hoch mittelmäßig gering sehr gering
31. Wie hoch schätzen Sie das Potenzial zur energetischen Nutzung Ihres **Abfalls** ein?
Hinweis: Bitte nur ungenutzte biogene/brennbare Abfälle berücksichtigen.
 Sehr hoch hoch mittelmäßig gering sehr gering
32. Wieviel Prozent Ihrer Abwärme können Sie durch Prozessoptimierungen reduzieren? _____ %
33. Die KPC (= Kommunalkredit Public Consulting) führt momentan eine Abwärmekatastererhebung auf Bundesebene durch. Können wir die Abwärmeströme (Temperatur, Massenstrom/Zeit, Wärmeträger, zeitliche Verfügbarkeit, Unternehmen, Kontaktperson, Standort), die wir bei Ihnen erhoben haben, an die KPC weitergeben?
 Ja Nein
34. Im Rahmen des Projektes werden die erhobenen Abwärmedaten, wenn dies von Ihnen hier ausdrücklich angegeben, in einem Online-Abwärmeatlas dargestellt.
Hinweis: Kreuzen Sie an, welche Art der Darstellung Ihrer Abwärmeströme Sie bevorzugen:
 Volle Darstellung (Unternehmen, Kontaktperson, Standort, Abwärmemenge, Wärmeträger, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit)
 Reduzierte Darstellung (= Nur Firmenkontakt: Unternehmen, Kontaktperson, Standort)
 Keine Darstellung im Online-Abwärmeatlas

Kriterien	Wärmenutzung				Stromerzeugung			Kälteerzeugung
	Prozessintern	Betriebsintern	Extern	Wärmepumpe	ORC	Dampfturbine	Stirlingmotor	Sorptionskältemaschine
Abwärmquelle	Temperaturniveau							
bis 50 °C	-2	-2	-2	2	-2	-2	-2	-2
50 °C bis 150 °C	0	1	0	0	0	-2	-2	1
150 °C bis 500 °C	1	1	1	-1	2	1	-2	0
über 500	2	1	1	-2	1	2	1	0
	durchschnittliche Leistung							
bis 10 kW	-1	-1	-2	0	-2	-2	-1	-1
10 kW bis 100 kW	1	1	-1	2	0	0	1	1
100 kW bis 1 MW	2	2	1	1	1	1	1	1
1 Mw bis 10 MW	2	1	2	0	2	2	-2	0
über 10 MW	2	1	2	-1	2	2	-2	-2
	Aggregatzustand							
gasförmig	1	0	0	-1	-1	0	1	0
flüssig	1	1	1	1	1	1	1	1
	Verfügbarkeit							
kontinuierlich	0	1	1	1	1	1	1	1
diskontinuierlich	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Stunden							
bis 2000	1	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1
2000 bis 4000	2	0	-1	1	-1	-1	-1	1
4000 bis 6000	2	1	0	2	1	1	1	2
über 6000	2	2	2	2	2	2	2	2
Abwärmesenke								
	Bedarf an Kälte, Wärme, Strom							
Kälte	0	0	0	0	0	0	0	2
Wärme	2	2	2	2	0	0	0	0
Strom	0	0	0	0	2	2	2	0
	Stunden der Nutzenergie							
bis 1000	0	0	-2	-1	-2	-2	-2	-2
1000 bis 2000	1	1	-1	1	-2	-2	-2	-1
2000 bis 4000	2	2	2	2	0	1	-1	1
über 4000	2	2	2	2	2	2	1	2
spez. Investitionskosten								
	2	2	1	0	-1	-2	-2	0
Summe	11	11	8	7	5	4	2	8

Abbildung A-3: Bewertungsmatrix Abwärmeströme am Beispiel Rauchgas

Luftvorwärmung (VDI 2067 modifiziert)							
	Kapitalgebundene Kosten	Anschaftungs- kosten in Euro	Nutzungsdauer in Jahren	Kapitalzins in %	Jahreskosten in €/a	Faktoren	Anmerkungen
A.							
A.1	Luftvorwärmer (Wärmetauscher)	22.500	15	6,00%	2317		
A.2	Zusätzlicher Spitzenkessel		15	6,00%	0		
A.3	Pufferspeicher		15	6,00%	0		
A.4	Heiznetz		15	6,00%	0		
A.5	Finanzierungskosten		15	6,00%	0		
A.5	Grundstück		50	6,00%	0		
A.6	Instandsetzung und Erneuerung	338	15	6,00%	35	1,0%	
A.7	Planungskosten	6.750	15	6,00%	695	20,0%	20% d. Investition
A.8	Mehrpreis Brenner	4.500	15	6,00%	463	20,0%	
A.9	sonstiges		15	6,00%	0		
A.10	Bauliche Anlagen/Installationskosten	6.750	50	6,00%	428	30,0%	30% d. Investition
A.11	sonstiges		50	6,00%	0		
	Zwischensumme	33.750					
	Zwischensumme + Planungskosten inkl. Förderung	40.838 0%		0 EURO	3.938 3.938 EURO		
B.	Verbrauchsgebundene Kosten	Menge/a	spezifische Kosten (Verbrauch)	spezifische Kosten (Erzeugung)			
B.1	Brennstoff Hackschnitzel		20 €/MWh		0		
B.2	Brennstoff Restholz		5 €/MWh		0		
B.2	Brennstoff für Spitzenkessels		20 €/MWh		0		
B.3	Aschedeponierung	0,0	50 €/t		0		
B.4	Elektrische Hilfsenergie		130 €/MWh		0		
B.5	Gas		38 €/MWh		0		
B.6	Wasser Betriebsmittel				169	0,5%	
	Zwischensumme				169 EURO		
C.	Betriebsgebundene Kosten	Menge/a	Spezifische Kosten				
C.1	Befähigung	10 h	30,00 €/h		300		
C.2	sonstiges						
C.3	Instandhaltung				675	2,0%	
C.4							
	Zwischensumme				975 EURO		
D.	Sonstige Kosten						
D.1	Verwaltungskosten				408	1,0%	
D.2	Kosten für Versicherungen				61	0,15%	
D.3	sonstiges						
	Zwischensumme				470 EURO		
E.	Jahreskosten (ohne Steuern)				5.551 EURO		
F.	Erlöse	Menge/a					
F.1	Wärmeverkauf/Brennstoffeinsparung	500 MWh		38 €/MWh	15.200	18200/253	
F.2	Netzkostenbeiträge		25	5,00%	0		
F.3	Stromerlöse			130 €/MWh			
	Zwischensumme				15.200 EURO		
				Gewinn	9.649 EURO		
				Amortisationszeit	4,23 Jahre		

Abbildung A-4: Wirtschaftlichkeitsberechnungs-Sheet mit Beispiel Luftvorwärmung