

METHODISCHE GRUNDLAGEN FÜR EIN INDIKATORENBASIERTES EX-ANTE IMPACT ASSESSMENT VON ENERGIE- UND MOBILITÄTSRELEVANTEN FTI- FÖRDERPROGRAMMEN DES BMVIT

Thomas Gallauner
Nikolaus Ibesich
Elisabeth Kappel
Günther Lichtblau
Friedrich Pötscher
Wolfgang Schieder
Alexander Storch
Gudrun Stranner
Pia Thielen
Budde Björn (AIT)
Klaus Kubeczko (AIT)
Katy Whitelegg (AIT)

Inhaltliche Leitung

Günther Lichtblau, Umweltbundesamt

Projektleitung

Elisabeth Kampel & Gudrun Stranner, Umweltbundesamt

AutorInnen

Thomas Gallauner, Umweltbundesamt

Nikolaus Ibesich, Umweltbundesamt

Elisabeth Kampel, Umweltbundesamt

Günther Lichtblau, Umweltbundesamt

Friedrich Pötscher, Umweltbundesamt

Wolfgang Schieder, Umweltbundesamt

Alexander Storch, Umweltbundesamt

Gudrun Stranner, Umweltbundesamt

Pia Thielen, Umweltbundesamt

Budde Björn, AIT – Austrian Institute of Technology

Klaus Kubecko, AIT - Austrian Institute of Technology

Katy Whitelegg, AIT – Austrian Institute of Technology

Diese Publikation wurde im Auftrag von Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien (in Zusammenarbeit mit Abteilung für Mobilitäts- und Verkehrstechnologien) erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2014

Alle Rechte vorbehalten

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	9
SUMMARY	15
1 EINLEITUNG.....	15
2 ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN	23
3 GRENZEN UND MÖGLICHKEITEN.....	24
4 METHODIK	30
5 PROGRAMMÜBERBLICK.....	34
5.1 Programm Energieforschung 2020	34
5.2 Programm Mobilität der Zukunft.....	38
6 WIRKUNGSANALYSE - PROGRAMM ENERGIEFORSCHUNG 2020.....	40
6.1 Hocheffiziente neue Gebäude.....	40
6.1.1 Einleitung.....	40
6.1.2 Abgrenzung	41
6.1.3 Akteure	42
6.1.4 Forschungsthemen	42
6.1.5 Wirkung	43
6.1.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	43
6.1.7 Potenzialabschätzung	44
6.2 Gebäudesanierung.....	48
6.2.1 Einleitung.....	48
6.2.2 Abgrenzung	49
6.2.3 Akteure	49
6.2.4 Forschungsthemen	50
6.2.5 Wirkung	50
6.2.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	51
6.2.7 Potenzialabschätzung	52
6.3 Multifunktionale Fassadensysteme	53
6.3.1 Einleitung.....	53
6.3.2 Abgrenzung	53
6.3.3 Akteure	54
6.3.4 Forschungsthemen	54
6.3.5 Wirkung	54
6.3.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	55
6.3.7 Potenzialabschätzung	55
6.3.8 Ausblick	55

6.4	Thermische Bauteilaktivierung.....	55
6.4.1	Einleitung.....	55
6.4.2	Abgrenzung.....	57
6.4.3	Akteure.....	57
6.4.4	Forschungsthemen.....	58
6.4.5	Wirkung.....	58
6.4.6	Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden.....	59
6.4.7	Potenzialabschätzung.....	59
6.4.8	Ausblick.....	60
6.5	Biogene Brennstoffe.....	60
6.5.1	Einleitung.....	60
6.5.2	Abgrenzung.....	61
6.5.3	Akteure.....	61
6.5.4	Forschungsthemen.....	62
6.5.5	Wirkung.....	62
6.5.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden.....	62
6.5.7	Potenzialabschätzung.....	63
6.5.8	Ausblick.....	64
6.6	Photovoltaik.....	65
6.6.1	Einleitung.....	65
6.6.2	Abgrenzung.....	66
6.6.3	Akteure.....	66
6.6.4	Forschungsthemen.....	67
6.6.5	Wirkung.....	68
6.6.6	Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden.....	68
6.6.7	Potenzialabschätzung.....	69
6.6.8	Ausblick.....	71
6.7	Windenergie.....	72
6.7.1	Einleitung.....	72
6.7.2	Abgrenzung.....	73
6.7.3	Akteure.....	73
6.7.4	Forschungsthemen.....	73
6.7.5	Wirkung.....	73
6.7.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden.....	74
6.7.7	Potenzialabschätzung.....	75
6.7.8	Ausblick.....	76
6.8	Solarthermie.....	77
6.8.1	Einleitung.....	77
6.8.2	Abgrenzung.....	78
6.8.3	Akteure.....	79
6.8.4	Forschungsthemen.....	79
6.8.5	Wirkung.....	80
6.8.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden.....	81
6.8.7	Potenzialabschätzung.....	82
6.9	Wärmepumpen (inkl. Geothermie).....	83
6.9.1	Einleitung.....	83

6.9.2	Abgrenzung	85
6.9.3	Akteure	85
6.9.4	Forschungsthemen	86
6.9.5	Wirkung	87
6.9.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	87
6.9.7	Potenzialabschätzung	88
6.9.8	Ausblick	89
6.10	Speichertechnologien.....	89
6.10.1	Einleitung.....	89
6.10.2	Abgrenzung	89
6.10.3	Akteure	90
6.10.4	Forschungsthemen	90
6.10.5	Wirkung	91
6.10.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	91
6.10.7	Potenzialabschätzung	92
6.10.8	Ausblick	92
6.11	Bioraffinerie	93
6.11.1	Einleitung.....	93
6.11.2	Abgrenzung	93
6.11.3	Akteure	93
6.11.4	Forschungsthemen	94
6.11.5	Wirkung	94
6.11.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	94
6.11.7	Potenzialabschätzung	95
6.11.8	Ausblick	95
6.12	Energieeffizienz in der Industrie.....	95
6.12.1	Einleitung.....	95
6.12.2	Abgrenzung	96
6.12.3	Akteure	96
6.12.4	Forschungsthemen	96
6.12.5	Wirkung	97
6.12.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	97
6.12.7	Potenzialabschätzung	97
6.12.8	Ausblick	99
6.13	Intelligente Netze.....	100
6.13.1	Einleitung.....	100
6.13.2	Abgrenzung	101
6.13.3	Akteure	101
6.13.4	Forschungsthemen	101
6.13.5	Wirkung	102
6.13.6	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	102
6.13.7	Potenzialabschätzung	102
6.13.8	Ausblick	102
6.14	Smart Cities	103
6.14.1	Abgrenzung	104
6.14.2	Akteure	105

6.14.3	Forschungsthemen	105
6.14.4	Wirkung	106
6.14.5	Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden	106
6.14.6	Potenzialabschätzung	107
7	WIRKUNGSANALYSE - PROGRAMM MOBILITÄT DER ZUKUNFT	109
7.1	Innovationspfad Alternative Antriebe	109
7.1.1	Einleitung.....	109
7.1.2	Forschungsthemen	109
7.1.3	Wirkungen	110
7.1.4	Wechselwirkungen	110
7.1.5	Potenzialabschätzung (inklusive Innovationspfad Leichtbau)	110
7.2	Innovationspfad Leichtbau	116
7.2.1	Einleitung.....	116
7.2.2	Forschungsthemen	117
7.2.3	Wirkungen	117
7.2.4	Wechselwirkungen	118
7.2.5	Potenzialabschätzung	118
7.3	Innovationspfad Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern (Güterverkehr)	119
7.3.1	Einleitung.....	119
7.3.2	Forschungsthemen	119
7.3.3	Wirkungen	120
7.3.4	Wechselwirkungen	120
7.3.5	Potenzialabschätzung	120
7.4	Innovationspfad Optimierung (Güterverkehr).....	122
7.4.1	Einleitung.....	122
7.4.2	Forschungsthemen	122
7.4.3	Wirkungen	123
7.4.4	Wechselwirkungen	123
7.4.5	Potenzialabschätzung	123
7.5	Innovationspfad Transportmittel und -medien (Güterverkehr)	125
7.5.1	Einleitung.....	125
7.5.2	Forschungsthemen	126
7.5.3	Wirkungen	127
7.5.4	Wechselwirkungen	127
7.5.5	Potenzialabschätzung	127
7.6	Innovationspfad Aktive Mobilität – Gehen & Radfahren	131
7.6.1	Einleitung.....	131
7.6.2	Forschungsthemen	132
7.6.3	Wirkungen	133
7.6.4	Wechselwirkungen	134
7.6.5	Potenzialabschätzung	134
7.7	Innovationspfad Multimodale Lebensstile	141

7.7.1	Einleitung.....	141
7.7.2	Forschungsthemen	142
7.7.3	Wirkungen	142
7.7.4	Wechselwirkungen	143
7.7.5	Potenzialabschätzung	143
7.8	Innovationspfad Verkehrsinfrastruktur	146
7.8.1	Einleitung.....	146
7.8.2	Forschungsthemen	147
7.8.3	Wirkungen	148
7.8.4	Wechselwirkungen	148
7.8.5	Potenzialabschätzung	148
8	ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES THG- REDUKTIONSPOTENZIAL JE INNOVATIONSPFAD	150
8.1	Programm Energieforschung	150
8.1.1	Themenfeld: Energieeffizienz in Gebäuden.....	150
8.1.2	Themenfeld: Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien	153
8.1.3	Themenfeld: Umfassende intelligente Energiesysteme.....	158
8.2	Programm Mobilität der Zukunft.....	160
9	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	167
10	LITERATUR	172

ZUSAMMENFASSUNG

In Österreich ist seit Beginn 2013 eine wirkungsorientierte Folgenabschätzung (WFA) von Regelvorhaben und finanziell bedeutsamen Vorhaben vorgeschrieben (BGBl. II Nr. 489/2012). Diese WFA verlangt die Betrachtung verschiedener Wirkungsdimensionen, eine dieser Wirkungsdimension ist Umwelt.

Im Rahmen dieses Projektes wurden die zwei FTI-politischen Programme (Forschung-Technologie-Innovation) - **Energieforschung 2020** und **Mobilität der Zukunft** des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den Indikator Treibhausgas (THG) hin analysiert. Die Indikatoren Erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz wurden insofern mitberücksichtigt, als eine Veränderung in den THG-Emissionen zumeist auf einer Änderung der Energieeffizienz und/oder auf einer Änderung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger beruht.

Die konkreten Fragestellungen des Projektes waren

- Welche Menge an THG-Emissionen (CO₂-Äquivalente) kann durch die FTI-Programme des BMVIT im Energie bzw. Mobilitätsbereich eingespart werden?
- Welche Möglichkeiten einer sinnvollen Ex-ante-Abschätzung zur Bestimmung der THG-Einsparungen gibt es?
- Wo liegen die Grenzen und Möglichkeiten einer möglichen Methodik zur Ex-ante-Abschätzung?

Fragestellungen

Generell besteht bei ex-ante Abschätzungen die Herausforderung, dass noch keine konkreten Projektergebnisse der induzierten Forschungsvorhaben vorliegen. Bei anderen Projekten in der Vergangenheit wurde etwa auf Basis der verfügbaren Programmdefinitionen und konkreten Projekte (Klima- und Energiefonds, 2012) THG-Potenziale bestimmt, was in der vorliegenden Studie auf Grund der ex-ante Aufgabenstellung nicht möglich war. Aus diesem Grund wurde auf Basis zu bestimmender Innovationspfade eine ex-ante-Bewertung durchgeführt, ohne auf konkrete Projektergebnisse zurückzugreifen.

Herausforderung

Methodisch wurde ein Top-Down-Ansatz gewählt, bei welchem die zugrundeliegenden **Programmdokumente** „Energieforschung 2020“ und „Mobilität der Zukunft“ inhaltlich – gemeinsam mit dem Auftraggeber – analysiert wurden, um **Innovationsfelder** und davon abgeleitet **Innovationspfade** zu identifizieren.

Definitionen

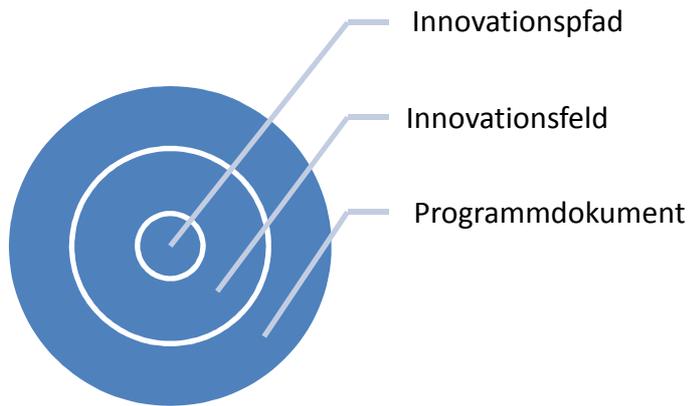


Abbildung 1: Übersicht zur gewählten Aufspaltung der Programmdokumente

Für die beiden Programmdokumente wurden die folgenden Innovationspfade identifiziert:

Energieeffizienz in Gebäuden	Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien	Umfassende Intelligente Energiesysteme
<ul style="list-style-type: none"> •Hocheffiziente neue Gebäude •Gebäudesanierung (Bestandsbauten) •Multifunktionale Fassadensysteme •Thermische Bauteilaktivierung 	<ul style="list-style-type: none"> •biogene Brennstoffe •Windenergie •Photovoltaik •Solarthermie •Wärmepumpen •Speichertechnologien 	<ul style="list-style-type: none"> •Bioraffinerie •Energieeffizienz in der Industrie •Intelligente Netze •Smart Cities

Abbildung 2: Innovationsfelder und Innovationspfade des Programms „Energieforschung 2020“

Identifizierte Innovationspfade

Fahrzeugtechnologien	Güterverkehr	Personenverkehr	Infrastruktur
<ul style="list-style-type: none"> •Alternative Antriebe •Leichtbau 	<ul style="list-style-type: none"> •Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern •Optimierung •Transportmittel- und medien 	<ul style="list-style-type: none"> •Gehen und Radfahren •Multimodale Lebensstile 	<ul style="list-style-type: none"> •Verkehrsinfrastruktur

Abbildung 3: Innovationsfelder und Innovationspfade des Programms „Mobilität der Zukunft“

Auf Basis der Programmdokumente und der identifizierten Innovationsfelder war es möglich, für die meisten Innovationspfade Abschätzungen hinsichtlich deren gesamten THG-Potenzials darzustellen.

Ein Rückschluss auf jenen Beitrag, der durch die vorgesehenen FTI-politischen Maßnahmen ausgelöst werden könnte, war aufgrund der komplexen Zusammenhänge und zahlreichen (unbekannten) externen Einflussfaktoren im Rahmen dieses Projektes nicht möglich da sich die Wirkung von FTI Programmen auf THG Emissionen häufig erst im Zusammenspiel mit Maßnahmen in anderen Politikfeldern (bspw. Energie-, Verkehrspolitik, Klimapolitik) entfaltet.

Die ermittelten Potenziale stellen jene Werte dar, die unter optimalen Bedingungen hinsichtlich aller relevanten Faktoren (z.B. andere Politikfelder, generelle Entwicklung der Rahmenbedingungen, Akzeptanz, Marktdiffusion, etc.) erzielt werden können (siehe auch Abbildung 4). Als Basis wurde in allen Fällen vom BAU-Szenario (Business-As-Usual) der *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013) ausgegangen. Das BAU-Szenario beschreibt energiewirtschaftliche Grundlagendaten bis 2030 in den unterschiedlichen Sektoren und Bereichen unter ausschließlicher Berücksichtigung bereits umgesetzter Maßnahmen.

Darauf aufbauend wurde mittels Annahmen zu zusätzlichen Maßnahmenumsetzungen – wie etwa einer forcierten Förderung von Forschung, Technologie und Innovation, der Schaffung rechtlicher und ökonomischer Rahmenbedingungen etc. – mögliche Potenziale abgeleitet. Das derart ermittelte Potenzial eines Innovationspfades wird jedoch wesentlich von anderen ökonomischen, rechtlichen und technologischen Rahmenbedingungen beeinflusst. Die Herangehensweise mittels Potenzialabschätzung ermöglicht allerdings für einige der identifizierten Innovationspfade eine quantitative Gesamtabschätzung der Emissionseffekte.

Die damit ausgewiesenen Werte stellen damit somit jene Effekte dar, die unter bestimmten Voraussetzungen und Annahmen abgeleitet werden können. Diese stellen eine mögliche Grundlage für weitere Bewertungen dar, da im Rahmen der Erstellung der Innovationspfade herausgearbeitet werden konnte, welche Themen im Bereich der FTI politischen Aktivitäten adressiert werden, und wie diese Innovationsaktivitäten zukünftig auf eine Reduktion der Treibhausgasemissionen wirken könnten.

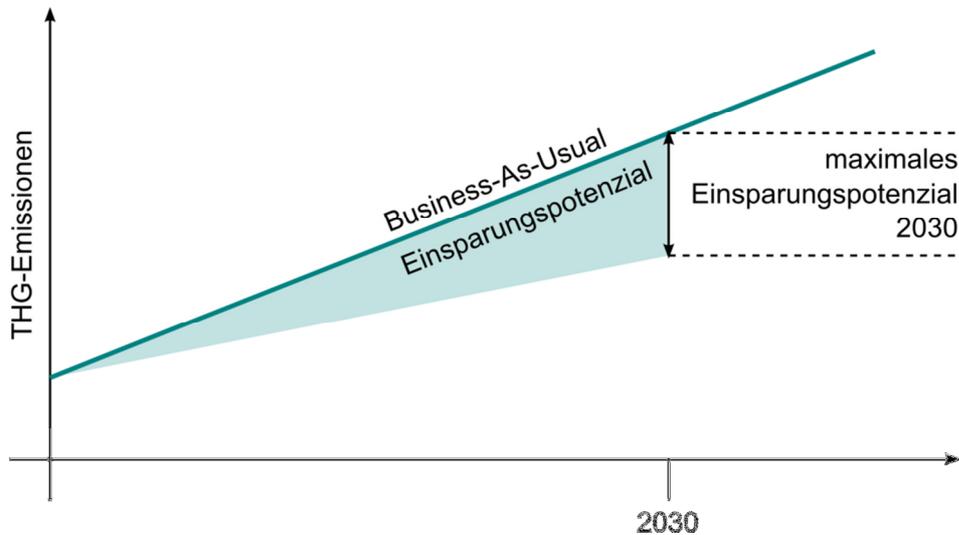


Abbildung 4: Schematische der Minderungspotenziale auf Basis der zugrundeliegenden Szenarien.

Um mögliche Potenziale der Innovationspfade zu ermitteln, galt es vorerst, diese klar abzugrenzen und zu bestimmen. Dazu erfolgte die Auseinandersetzung mit folgenden Fragen:

- Welche Bereiche fallen unter den jeweiligen Innovationspfad?
- Wie grenzt sich der Innovationspfad ab?
- Wer sind die betroffenen Akteure?
- Was sind die möglichen Forschungsfelder?
- Welche Wirkungen sind zu erwarten?
- Welche Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden gibt es?
- Kann eine Potenzialabschätzung erfolgen, wenn ja, wie?

Analyse der Innovationspfade

Es zeigte sich, dass die Größenordnung der allgemeinen Potenziale der einzelnen Innovationspfade hinsichtlich einer Minderung an Treibhausgasen bis 2030 sehr unterschiedlich ist. Dies liegt u.a. an der Auswahl der für die Evaluierung angesetzten Szenarien sowie an dem gewählten Betrachtungszeitraum. In Summe wurden im vorliegenden Projekt 22 Innovationspfade untersucht, für 15 Innovationspfade konnte ein THG Minderungspotenzial ausgewiesen werden.

Für den Energiebereich konnten für 8 Innovationspfade THG Potenziale ermittelt werden, von sechs Innovationspfaden wurden die Potenziale u.a. aufgrund komplexer Verflechtungen und Zusammenhänge nicht abgeleitet.

Unter den bewerteten Innovationspfaden zeigt die Windenergie das größte Potenzial bis 2030, die Ausschöpfung dessen hängt aber maßgeblich von Anstrengungen bei Entwicklung und Ausbau von intelligenten Netzen, Übertragungsnetzen und Energiespeichern ab. Die Potenziale der Innovationspfade im Gebäudebereich sind vergleichsweise niedrig, dies liegt v.a. an den in den Szenarien hinterlegten Möglichkeiten zu zusätzlichen thermischen Verbesserungen, andererseits an den möglichen THG wirksamen Veränderungen an der Energiebereitstellung für Raumwärme.

Eine konkrete Schwierigkeit stellte die Zuordnung von Potenzialen zu den einzelnen Innovationspfaden dar. So haben etwa intelligente Netze an sich kein Potenzial zur direkten Emissionsreduktion, stellen jedoch für viele erneuerbare Energieträger eine notwendige Grundvoraussetzung dar, um die bei anderen Innovationspfaden vorhandenen Potenziale ausschöpfen zu können.

Für das FTI-politische Programm Mobilität der Zukunft konnten sechs der sieben identifizierten Innovationspfade abgeschätzt werden.

***Ergebnisse der
Potenzialabschätzung
- Energie***

Die wesentliche Aussage der Potenzialabschätzung ist, dass alle abgeschätzten Innovationspfade ein wesentliches THG-Reduktionspotenzial aufweisen. Besonders hoch sind die Potenziale im Bereich multimodale Lebensstile sowie in der Fahrzeugtechnologie.

Auch die qualitative Abschätzung des Innovationspfades Verkehrsinfrastruktur zeigt, dass in diesem Bereich große Potenziale liegen, Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Für den Innovationspfad Infrastruktur war mittels der gewählten Herangehensweise bzw. der vorhandenen Datengrundlage jedoch keine quantitative Abschätzung möglich (siehe Innovationspfad Verkehrsinfrastruktur).

***Ergebnisse der
Potenzialabschätzung
- Mobilität***

Damit konnten im vorliegenden Projekt für beide FTI Programme für die Mehrheit der identifizierten Innovationspfade die allgemeinen THG Reduktionspotenziale bis 2030 quantitativ abgeschätzt werden. Ein Aufsummieren ist aufgrund der potentiellen Mehrfachzählungen, die auf den zum Teil nicht isolierbaren Wechselwirkungen mit anderen Pfaden beruhen, nicht sinnvoll.

Der Beitrag der FTI-Politik zu den THG Potenzialen der Innovationspfade konnte im Rahmen dieses Projektes nicht ausgewiesen werden. Dies liegt an der fehlenden wissenschaftlichen Methodik für eine derartige Evaluierung, eine solche würde einen extrem hohen modelltechnischen Aufwand erfordern. Das Ergebnis würde wiederum von einer Vielzahl von Variablen und Annahmen beeinflusst werden und wäre mit entsprechend hohen bzw. nicht vertretbaren Unsicherheiten behaftet.

Die Schwierigkeit hinsichtlich der Ableitung des FTI-Beitrages liegt unter anderem darin, dass die Forschung, Technologie und Innovation in Beziehung zu verschiedenen nationalen Politikfeldern, internationalen wirtschaftlichen Entwicklungen, autonomen Entwicklungen, gesellschaftlichen Veränderungen oder gesetzlichen Vorgaben steht (siehe Abbildung 5). Diese lassen sich im Allgemeinen – auch im Rahmen der zugrundeliegenden Szenarien – nicht isoliert betrachten. Dies ist insofern von Bedeutung, als im Rahmen dieses Projektes die Effekte eines gesamten Forschungsbereiches zu evaluieren waren.

***Grenzen und
Möglichkeiten***

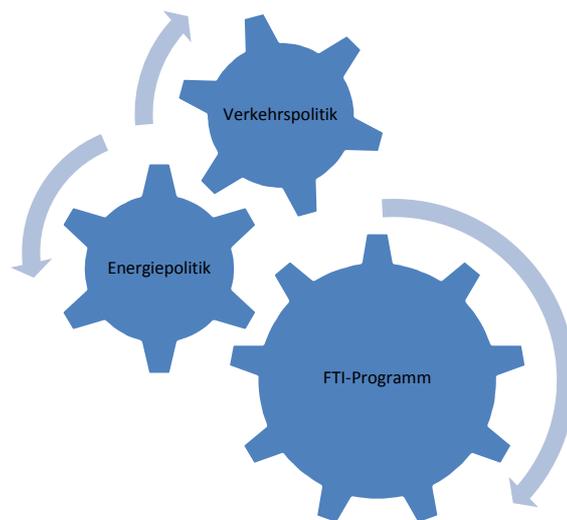


Abbildung 5: Einige Einflussfaktoren und Zusammenhänge hinsichtlich der Wirkungen von den FTI Programmen Energie der Zukunft und Mobilität der Zukunft

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass Forschung, Technologie und Innovation jedenfalls einen wesentlichen Baustein zu tatsächlichen Ausschöpfung der gezeigten Reduktionspotenziale leisten.

Erkenntnis

Die Kenntnis der durch FTI politische Interventionen beeinflussten Innovationspfade und deren allgemeines THG-Potenziale ist sinnvoll und wesentlich, um den Einsatz von Fördermitteln möglichst effizient zu gestalten und sich der möglichen Wirkungsweise auch hinsichtlich des THG Reduktionspotenzials bewusst zu werden.

SUMMARY

In Austria, an Outcome oriented impact assessment (“Wirkungsfolgenabschätzung”) of legislation and financially relevant projects or plans is compulsory since 2013 (BGBl. II Nr. 489/2012). This impact assessment requires the consideration of different impact dimensions, one of these is environment.

In this project, two RTI-political programs (research-technology-innovation) – “Energy Research 2020” and “Mobility of the future” of the Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology – have been analysed with regard to their impact on the indicator greenhouse gases (GHG). Thus, the indicators “renewable energy” and “energy efficiency” are taken into account, as a change in GHG-emissions is usually due to a change in energy efficiency and/or a change in the use of renewable energy sources.

The underlying questions of the project were:

- What amount of GHG-emissions (CO₂ equivalent) can be saved due to the FTI programs of the Ministry in the energy and the mobility sector?
- What are the possibilities of a meaningful ex-ante impact assessment to determine GHG-savings?
- What are the limits and possibilities of such an ex-ante assessment methodology?

In general, a specific challenge of ex-ante assessments is that no detailed project results of the research that has been induced is available. In other past projects (Klima- und Energiefonds, 2012), GHG-reduction potentials have been determined based on available program definitions and real project data and results. However, this approach could not be applied in this project due to the ex-ante perspective. For that reason an ex-ante assessment was carried out based on innovation paths, without being able to make use of concrete project information.

Challenge

Methodologically, a top-down approach was chosen, starting with an analysis of the **program documents** “Energy Research 2020” and “Mobility of the future” concerning their content and potential impacts in co-ordination with our client. The analysis allowed to identify **innovation fields** and **innovation paths**, which summarize innovation activities which are directed towards a similar impact.

Definitions

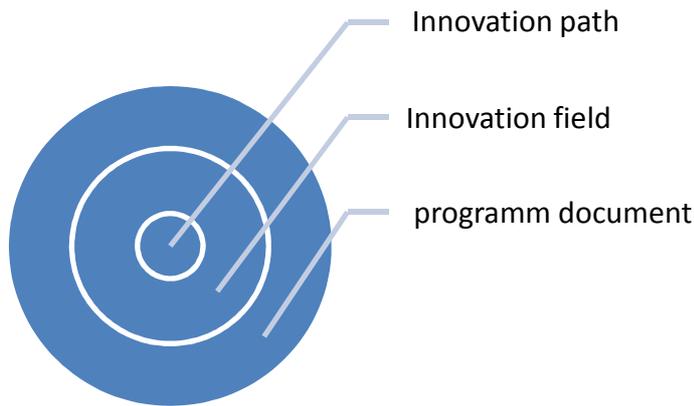


Figure 6: Overview to the chosen elements within the program documents

For both program documents, the following innovation paths have been identified:

Energy efficiency in buildings	Generating and conversion technologies	Intelligent energy systems
<ul style="list-style-type: none"> • Highly efficient new buildings • Building renovation • multifunctional Facade systems • Thermal activation of building components 	<ul style="list-style-type: none"> • biogenic fuels • wind power • photovoltaic • Solar thermal energy • heat pumps • energy saving technologies 	<ul style="list-style-type: none"> • Bio refinery • energy efficiency in the industria sector • smart grids • Smart Cities

Figure 7: Innovation fields and Innovation paths of the programm "Energy Research 2020"

Identified Innovation paths

automotive technology	freight traffic	passenger traffic	Infrastructur
<ul style="list-style-type: none"> • Alternative propulsion systems • lightweight materials & design 	<ul style="list-style-type: none"> • Modal Shift to energy efficient traffic modes • Optimisation • means of transportation and media 	<ul style="list-style-type: none"> • walking and cycling • Multi-modal Life styles 	<ul style="list-style-type: none"> • transport infrastructure

Figure 8: Innovation fields and Innovation paths of the program "Mobility of the future"

Based on the program documents and the identified innovations fields, the GHG reduction potential for most of the innovation paths was estimated.

However, it was not possible to estimate the specific contribution of RTI policy to this GHG reduction potential. The reasons are the high complexity and numerous (unknown) external drivers. Furthermore the impact of RTI policy interventions unfolds only, if they are complemented by measures in other policy areas (e.g. energy, transport or climate policy). Thus, the specific contribution or share of the RTI policy interventions could not be estimated.

Die ermittelten Potenziale stellen jene Werte dar, die unter optimalen Bedingungen hinsichtlich aller relevanten Faktoren (z.B. andere Politikfelder, generelle Entwicklung der Rahmenbedingungen, Akzeptanz, Marktdiffusion, etc.) erzielt werden können (siehe auch Abbildung 4). Als Basis wurde in allen Fällen vom BAU-Szenario (Business-As-Usual) der *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013) ausgegangen. Das BAU-Szenario beschreibt energiewirtschaftliche Grundlagendaten bis 2030 in den unterschiedlichen Sektoren und Bereichen unter ausschließlicher Berücksichtigung bereits umgesetzter Maßnahmen.

The estimated total GHG reduction potentials present values, which could be achieved under optimal conditions (e.g. activities in other policy areas, general development of framework conditions, social acceptance, market diffusion, etc.). The baseline for the estimation of the potential is the BAU (business-as-usual) scenario (source: *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013)). The BAU-scenario is based on energy and economic relevant data sets until 2030 for different sectors and fields, whereby only already implemented measures are considered.

Building upon these estimates, potentials have been derived by assuming additional measures – e.g. enforced funding of research, technology and innovation, creation of optimal legal and economic conditions etc. However these potential of an innovation path is heavily influenced by other economic, legal and technology conditions. The chosen way to estimate the potential of an innovation path allowed an ex ante assessment of the GHG reduction potential for a number of the identified innovation-paths.

These estimated reduction potentials, present the impacts, which can be deducted under determined preconditions and assumptions. These present a possible basis for further evaluations, as in the description of the innovation paths it is elaborated which topics of RTI political activities have been addressed thereunder and how these innovation activities can influence the reduction of GHG emissions

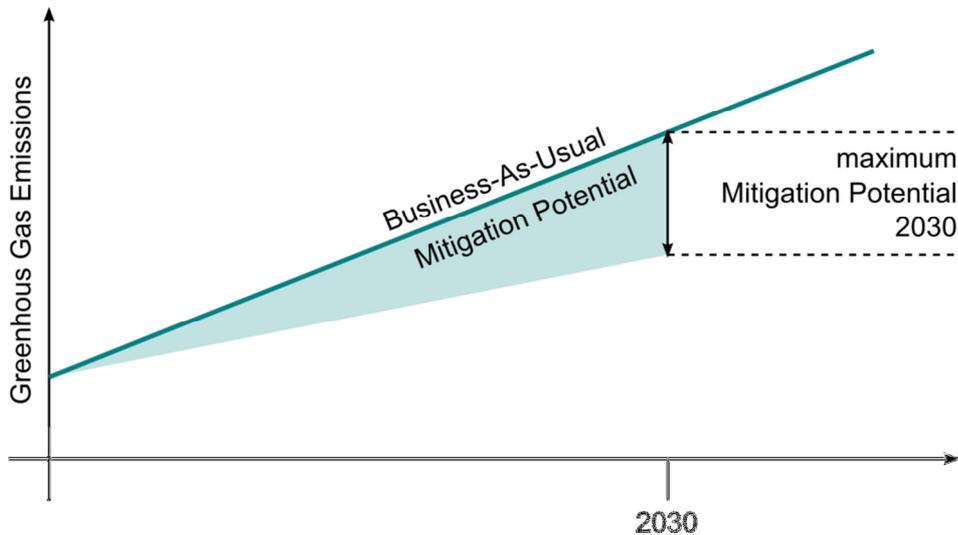


Figure 9: Schematic presentation of reduction potentials based on the underlying scenarios.

In order to estimate possible potentials of innovation paths, a clear definition of these innovation paths was necessary: For this reason the following questions have been answered:

- Which areas are part of this innovation path?
- How to delineate the specific innovation path?
- Who are the stakeholders?
- What are the possible research areas and topics?
- What effects and impacts can be expected?
- What are the interactions with other innovation paths?
- Can the GHG-reduction potential be assessed, if yes, how?

Analysis of innovation paths

The results of the e-ante impact assessment show that the magnitudes of the reduction potentials until 2030 are very different for the identified innovations paths. This is amongst other things due to the selected scenarios and the chosen time frame. In total 22 innovations paths have been analysed within the project, whereby for 15 a GHG-reduction potential has been quantified.

Concerning the energy related innovation paths, the GHG reduction potential of eight innovation paths could be estimated, whereas it was not possible to quantify the reduction potential for the other six due to the high complexities and overlaps with other innovation paths.

Results of the impact assessment - Energy

Regarding the innovation paths which could be estimated, wind energy shows the greatest reduction potential until 2030. However, the realisation of this potential is strongly depends on the further development and the installation of smart grids, transmission systems and energy storage systems.

The reduction potential of the innovation paths in the building sector are comparably lower, which is mainly due to the underlying scenario concerning the possibilities for further thermal renovation. Other factors that are possible are GHG relevant changes in the energy supply for space heating.

A specific challenge during the course of the project was the attribution of GHG potentials to specific innovation path Smart grids, for instance do not have a

direct potential for a emission reduction, but are a necessary precondition for an intensified use of renewable energy sources in order to fully realise the potential of these.

For the RTI-policy program „Mobility of the Future“ the GHG reduction-potential for six of seven innovation paths could be estimated. The main message of the potential assessment is, that all innovation paths show a relevant GHG-reduction potential. Particularly high are the potentials for innovations in the field of multimodal life styles, as well as for alternative propulsion technologies.

Moreover, the qualitative assessment of the innovation path transport infrastructure shows, that important GHG-reductions could be achieved in this area. However, a quantitative assessment was not possible due to the chosen approach and the data availability respectively.

To conclude, we were able to estimate the GHG reduction potential for the majority of the identified innovation paths, addressed by the two RTI policy programs. Nevertheless, these reduction potentials should not be added up, due to possible double counting and overlaps between several innovation paths.

We were not able to quantify the specific contribution of RTI-policy to the GHG-reduction potentials during the course of this project. Currently there are no scientific methods available which would allow such an ex ante impact assessment with reasonable effort. Moreover, even such an extremely time and resource consuming effort would suffer from the high complexity and would be dependent on assumptions. Thus, even such estimates would be subject to an extremely high or even unacceptable level of uncertainty.

The main challenge regarding the deduction of the RTI-contribution is the complex relationships of research, technology and innovation activities and other policy fields or autonomous developments. These contributions can in general – but also within the frame of the underlying scenarios – not be isolated. Thus, the impact of RTI policy could not be estimated within the frame of this project.

Results of the impact assessment - Mobility

Limits and possibilities

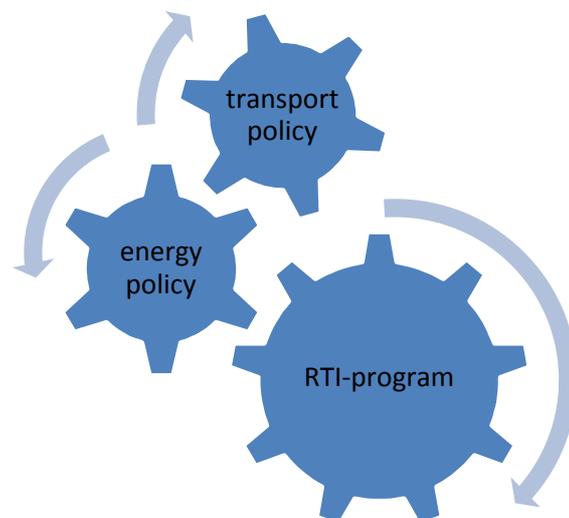


Abbildung 10: Some factors and their interrelation regarding the effects of RTI programs

However, it should be noted that research, technology and innovation are absolutely necessary in order to realise the GHG reduction potentials estimated in this study.

Moreover, the knowledge about innovation paths being influenced by RTI policy interventions is meaningful and important for the efficient use of financial resources and for being aware of possible impacts, also in regard to possible greenhouse gas reductions.

Findings

1 EINLEITUNG

Die Aufgabenstellung der vorliegenden Studie ist es, Möglichkeiten und Grenzen des ex ante Impact Assessments an Hand der beispielhaften Abschätzung der Wirkung von zwei Forschungs-, Technologie und Innovation (FTI) politischen Programmen im Hinblick auf Treibhausgasemissionen aufzuzeigen.

Obwohl im Rahmen dieses Projektes die Wirkung von FTI politischen Programmen auf Treibhausgasemissionen untersucht wird, sollte bedacht werden, dass FTI Politik im Allgemeinen, bzw. missionsorientierte FTI Politik im Speziellen auf eine Vielzahl von Wirkungen abzielt. Ein grundsätzliches Ziel von FTI Politik ist es durch den Einsatz ihrer Instrumente die Entstehung und Diffusion von Innovationen zu fördern und die Wettbewerbsfähigkeit des Landes zu steigern. Darüber hinaus zielt missionsorientierte FTI Politik darauf ab einen Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen (wie etwa dem Klimawandel) zu leisten. Hierbei sollte allerdings nicht vergessen werden, dass die Reduktion von Treibhausgasemissionen zwar eine bedeutende aber nicht die einzige Herausforderung ist, mit der unsere Gesellschaft konfrontiert ist. Darüber hinaus stellen etwa der demografische Wandel und die damit verbundene Alterung der Gesellschaft oder die Verknappung fossiler Ressourcen Herausforderungen dar, zu deren Bewältigung Forschung, Technologie und Innovation einen Beitrag leisten sollen.

Insofern ist es wenig überraschend, dass missionsorientierte FTI-politische Programme, wie Energieforschung 2020 und Mobilität der Zukunft neben ihrer Wirkung auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen, weitere Wirkungen erwarten lassen, welche im Rahmen dieses Projektes nicht abgeschätzt werden. FTI Aktivitäten zielen sowohl darauf ab, einen Beitrag zu leisten CO₂-Emissionen zu reduzieren, aber auch die Reduktion von Luftschadstoffen (Staub, NO_x, etc.) darf hierbei nicht vergessen werden. Darüber hinaus sollen Innovationen auch einen Beitrag leisten Lärmemissionen zu verringern. Neben diesen umwelt- und klimapolitischen Zielen sollen auch energiepolitische Ziele wie etwa eine Reduktion der Abhängigkeit von Erdöl und eine Erhöhung der Versorgungssicherheit adressiert werden. Zudem gilt es durch Forschung, Technologie und Innovationen auch einen Beitrag zu leisten Mobilität und Energie möglichst allen Bevölkerungsgruppen zugänglich zu machen. Man denke hier etwa an das Thema Energiearmut oder Einschränkungen der Mobilität für bestimmte Bevölkerungsgruppen wie etwa ältere Menschen oder Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen. Auch in diesen Bereichen wird an Innovationen geforscht und entwickelt um mit Hilfe von innovativen Lösungen diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Nicht zuletzt leisten FTI-politische Programme auch einen Beitrag zu industrie- und wettbewerbspolitischen Zielen. Es wird also klar, dass die vorliegende Arbeit eine wichtige Wirkungsdimension FTI-politische Programme adressiert, hierbei jedoch keinesfalls vergessen werden sollten, dass die Senkung von Treibhausgasemissionen ein wichtiges, aber keinesfalls alleiniges Ziel von (FTI) politischen Interventionen ist.

Im folgenden *Kapitel 3* werden zunächst die Zielsetzungen und Fragestellungen dieser Studie diskutiert, bevor in *Kapitel 4* die Grenzen und Möglichkeiten im Bereich der Wirkungsabschätzung von FTI politischen Interventionen generell

Aufgabenstellung

Wirkungsebenen

und die speziellen Herausforderungen von ex-ante Abschätzungen diskutiert werden.

In *Kapitel 5* wird die im Rahmen dieses Projektes entwickelte Methodik vorgestellt und deren Möglichkeiten und Grenzen diskutiert. Die angewandte Methodik zielt vor allem darauf ab, mögliche realistische Reduktionspotenziale der von der FTI Politik unterstützten Innovationen abzuschätzen und somit eine Orientierung über die Größenordnung der erzielbaren Reduktionen der Treibhausgasemissionen zu geben, bei einem optimalen Zusammenspiel von FTI Politik und anderen relevanten Politikbereichen.

In Kapitel 6 werden die beiden FTI politischen Programme, deren Wirkung beispielhaft abgeschätzt werden soll, kurz dargestellt, bevor in *Kapitel 7* die Abschätzung des Treibhausgas Reduktionspotenzials der im Rahmen der Energieforschung 2020 unterstützten FTI Aktivitäten Innovationen und Lösungen erfolgt. In *Kapitel 8* erfolgt die ex ante Wirkungsabschätzung für den Bereich des FTI politischen Programms Mobilität der Zukunft. Hierbei sollte allerdings festgehalten werden, dass jeweils Maximalpotenziale ausgewiesen werden, welche erst durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Politikfelder realisiert werden können.

In *Kapitel 9* erfolgt eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Potenzialabschätzung in den Bereichen Energie und Mobilität, bevor in *Kapitel 10* Schlussfolgerungen gezogen werden. Hierbei wird insbesondere auf Grenzen und Möglichkeiten des ex-ante Impact Assessments im Bereich der FTI Politik eingegangen.

2 ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN

Ziel der vorliegenden Studie ist es, Möglichkeiten und Grenzen des ex ante Impact Assessments an Hand der beispielhaften Abschätzung der Wirkung von zwei FTI politischen Programmen im Hinblick auf Treibhausgasemissionen aufzuzeigen.

Vor diesem Hintergrund wurden konkret folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Welche Menge an THG-Emissionen (CO₂-Äquivalente) kann durch die FTI-Programme des BMVIT im Energie- bzw. Mobilitätsbereich eingespart werden?
- Welche Möglichkeiten einer sinnvollen ex-ante Abschätzung zur Bestimmung der THG-Einsparungen gibt es?

Um abzuschätzen, wie viele Treibhausgasemissionen durch die FTI politischen Programme des BMVIT im Energie- und Mobilitätsbereich eingespart werden können, wird in einer ersten Phase des Projektes eine Methodik erarbeitet. Obwohl es im Bereich des ex ante Impact Assessments von FTI Politik bereits seit Jahren Aktivitäten gibt, stellt die Abschätzung der Wirkung von FTI politischen Interventionen auf Umweltindikatoren wie CO₂ eine große methodische Herausforderung dar. Im Rahmen dieser Studie werden zunächst aktuelle Entwicklungen in Bezug auf ex ante Impact Assessment auf europäischer Ebene diskutiert. Aufbauend auf diesen Überlegungen wurde eine Methode erarbeitet, um mögliche Wirkungspotenziale FTI politischer Programme auf Umweltindikatoren wie CO₂ Emissionen darzustellen.

- Wo liegen die Grenzen und Möglichkeiten einer möglichen Methodik zur ex-ante Abschätzung?

Basierend auf der erarbeiteten Methode dienen im Rahmen des Projektes die FTI politischen Programme des BMVIT im Energie- und Mobilitätsbereich als Beispiele, um die Möglichkeiten, aber insbesondere auch die methodologischen Grenzen des ex ante Impact Assessments innerhalb dieses Projektes aufzuzeigen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der im Bundeshaushaltsgesetz 2013 eingeführten Wirkungsfolgenabschätzung relevant, um zu zeigen, wie weit Wirkungen von FTI politischen Programmen seriös abschätzbar sind.

Übergeordnetes Ziel dieser Studie ist es somit, sowohl an Hand aktueller Entwicklungen auf europäischer Ebene und der Expertise der beteiligten Organisationen (Umweltbundesamt & AIT – Austrian Institute of Technology) einzuschätzen, in wie weit ein ex ante Impact Assessment möglich ist, bzw. Möglichkeiten und Grenzen einer Wirkungsfolgenabschätzung aufzuzeigen.

Darüber hinaus gilt es festzuhalten, dass im Rahmen dieses Projektes versucht wurde mit vertretbarem Aufwand und haltbaren Annahmen Potenzialabschätzungen zu einer Fülle an Innovationen durchzuführen. Im gegebenen Projektrahmen konnten aus diesem Grund nicht für jeden Innovationspfad detaillierte Modellierungen und Abschätzungen durchgeführt werden.

3 GRENZEN UND MÖGLICHKEITEN

Vor dem Hintergrund der Reform des Bundeshaushaltsgesetzes (BHG 2013) und der damit verbundenen Einführung der Wirkungsorientierten Folgenabschätzung steigt die Anforderung einer rational begründeten ex-ante Legitimierung von sogenannten „Vorhaben“ nach BHG 2013: § 57 Abs. 1¹, auch im Bereich von Forschung und Innovation, zur Bewältigung zentraler gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Herausforderungen. Insbesondere in Bezug auf deren nicht-monetäre Wirkungen nimmt damit auch der Bedarf nach der Begründung von staatlichen Eingriffen im Bereich der Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik (FTI-Politik) zu. Wurden in der Vergangenheit Maßnahmen durch Marktversagen und das Beseitigen struktureller Defizite (Systemversagen) im Bereich der Forschung und Technologieentwicklung gerechtfertigt, so besteht zunehmend auch der Bedarf, durch eine entsprechend ausgerichtete FTI-Politik Innovationen zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen (etwa Treibhausgasemissionsreduktion) auszulösen.

Bevor in diesem Kapitel auf die spezifischen Schwierigkeiten bei der Abschätzung der Wirkung von missionsorientierten FTI politischen Interventionen eingegangen wird, erfolgen zunächst einige allgemeine Befunde zur Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Wirkungsabschätzung im FTI politischen Bereich.

So kommt eine Studie der Austrian Research Centers (heute AIT) nach einer umfassenden Betrachtung der Vor- und Nachteile verschiedene Methoden der Wirkungsanalyse zu dem Schluss, dass der Nachweis bzw. die Antizipation möglicher Wirkungen und Wirkungszusammenhänge von FTI Politik mit erheblichen methodischen und empirischen Herausforderungen und Problemen verbunden ist (Rhombert et al., 2006). Gründe hierfür reichen von der Nicht-Verfügbarkeit adäquater Daten über die Vielfältigkeit der zu bewertenden, teilweise erst langfristig erkennbaren Wirkungstypen und -dimensionen bis hin zur Isolierung der Effekte von Politikmaßnahmen von jenen, die im Kontext anderer Einflussfaktoren hervorgerufen werden („Attributions- und Additionalitätsproblem“) (Rhombert et al., 2006). Diese Probleme treten bereits bei einer ex post oder Interim Evaluierung FTI politischer Interventionen auf, wobei die methodischen Herausforderungen im Rahmen eines ex ante Impact Assessment weitaus größer sind. Zudem zielen etablierte Methoden der Wirkungsanalyse wie Befragungen, Kosten-Nutzen Analysen, ökonometrische Ansätze, Soziale Netzwerkanalysen und bibliometrische Methoden zumeist auf relativ direkte Wirkungen von Forschung und Entwicklung („output“ bzw. „outcome“) wie etwa Patente oder Publikationen ab, während im vorliegenden Fall die weitaus indirektere Wirkung auf die Entwicklung von CO₂ Emissionen („impact“) abzuschätzen ist.

Die Notwendigkeit grundlegende gesellschaftliche Probleme zu lösen, gepaart mit der Erwartung einer frühzeitigen internationalen Positionierung und Vernetzung nationaler Forschungs- und Innovationskompetenzen, hat zunehmend Zweifel an der Angemessenheit einer weitestgehend auf Strukturierungsleistungen abzielenden FTI-Politik geführt. Dies erklärt das

¹ Siehe BMF 2013: Handbuch Wirkungsorientierte Folgenabschätzung – Arbeitsunterlage, Version 1.2, Jänner 2013

derzeitige Wiedererstarben des Interesses an Instrumenten für eine neue Missionsorientierung in der FTI-Politik, sowie an der Fähigkeit strategische Initiativen in ausgewählten Feldern zu lancieren (BMVIT, 2007): Sowohl die Verwaltungsreform als auch die neue Missionsorientierung bedeuten jeweils für sich, aber in verstärktem Maße auch in ihrem Zusammenspiel einen Paradigmenwandel in der ex-ante und ex-post Legitimierung FTI-politischer Maßnahmen. Dieser Paradigmenwechsel ist derzeit im Gang und noch nicht abgeschlossen. Daher werden zunächst Widersprüche in der Interpretation und Umsetzung der administrativen Erfordernisse der Wirkungsfolgeabschätzung zu erwarten sein, was erhöhten Bedarf an Klärung, Abstimmung und Politikkoordination (Bauer et al., 2012) erwarten lässt.

FTI-politische Maßnahmen dürfen per OECD Definition keine Marktverzerrung verursachen. Das bedeutet auch, dass anders als etwa im Bereich der direkten Wirtschaftsförderung keine unmittelbaren Folgen auf klimapolitisch relevante Kriterien erwartet werden können. Vielmehr sind derartige Folgen nach Art der Forschung (Grundlagenforschung, Angewandte Forschung, Industrielle Forschung) und nach dem Grad der technologischen Umsetzbarkeit erst nach erfolgreicher Diffusion eines möglicherweise daraus entstehenden innovativen Produktes oder einer Dienstleistung absehbar. Ebenso wirken sich Maßnahmen durch die Aktivitäten des Förderprogramms, die auf Verhaltensänderungen, soziale Innovationen und institutionellen Wandel abzielen, nicht unmittelbar auf Umweltfaktoren aus.

Die EU Kommission steht insbesondere im Zusammenhang mit der Implementierung von Horizon 2020 und deren Förderschiene für „Grand Societal Challenges“ vor den gleichen Herausforderungen wie das BMVIT und andere Forschungsförderer auf nationaler Ebene.

Vor diesem Hintergrund wurde etwa im Rahmen des Projektes "Research and Innovation Policies and Programmes and Impact Assessment Methodologies for Climate Change, Resource Efficiency and Raw Materials in Europe". im Auftrag der DG Research & Innovation eine Guideline entwickelt, die auch für den vorliegenden Bericht von großer Bedeutung sein kann.

Im Folgenden wird auf einige relevante Ausschnitte aus dem in diesem Zusammenhang verfassten Guidebook "A guidebook to assessing environmental impacts of research and innovation policy" eingegangen (ERAWATCH Network ASBL, 2013). Das von einem europäischen Konsortium erarbeitete Guidebook ergänzt die offiziellen Guidelines der europäischen Kommission zu Impact Assessment um die spezifischen Herausforderungen und methodologischen Probleme in Bezug auf Environmental Impact Assessment. Grundlage für die Erarbeitung dieses Guidebooks waren internationale Erfahrungen mit Impact Assessments. Hierzu wurden 12 Case Studies zu unterschiedlichen Interventionen der Innovationspolitik und deren Wirkung auf Umweltbelastungen hin untersucht.²

² Innovative Green Public Procurement (SE), 2 Resource Efficiency Programme (ProgRes) (DE)

3 LWEC-Living with Environmental Change (UK), 4 Economy, Ecology, Technology Programme (NL), 5 NISP - National Industrial Symbiosis Programme, (UK), 6 Environment-driven markets (SE), 7 The Green Investment Bank (UK), 8 Joint UNIDO-UNEP Programme on Resource Efficient and Cleaner Production (51 Developing and Transition Countries), 9 EIB loan scheme for

Im Folgenden sollen die wesentlichen Aussagen und Definitionen auf Grundlage des erstellten Guidebooks“ (ERAWATCH Network ASBL, 2013) herausgearbeitet werden. Hierbei wurden auf Grundlage des verfügbaren Wissens und Kompetenzen sowie bestehenden Erfahrungen versucht ein kohärentes Impact Assessment Modell zu entwickeln. Hierbei wird voran gestellt, dass jedes Environmental Impact Assessment auf Grundlage eines robusten Verständnisses darüber wie die Effekte von Politikintervention im Sozio-ökonomischen System aussehen werden. Ohne ein robustes Verständnis und Belege („evidence“) wie sich die Diffusion innovativer Produkte entwickeln wird und wie diese Produkte genutzt werden, ist es nicht möglich ihren Einfluss auf Umweltindikatoren auszuweisen. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen mit Wirkungspfaden („impact pathways“) zu arbeiten im Rahmen Environmental Impact Assessments von FTI Politik (Miedzinski et al., 2013).

Um Wirkungen von Innovationspolitik abzuschätzen wurde ein konzeptioneller Rahmen entwickelt, welche in folgende Komponenten unterschieden werden:

- Öffentliche Interventionen in Forschung und Innovation
- Outputs, outcomes und Impacts von Forschungs- und Innovationspolitik
- Umweltbelastungen („environmental pressures“) und der Impact von Forschungs- und Innovationspolitik
- Kausale Zusammenhänge und Impacts von Forschungs- und Innovationspolitik und Wirkungspfade (inkl. Annahmen zur Attribution und Beitrag)
- Determinanten, inklusive Einflüsse des Marktes und der Rahmenbedingungen welche die Outcomes und Impacts der Forschungs- und Innovationspolitik und ihre Umweltwirkungen beeinflussen

Um den Zusammenhang zwischen FTI politischen Interventionen und Auswirkungen Umweltindikatoren, wie im Falle der vorliegenden Studie CO₂ Emissionen, herzustellen, ist in unterschiedliche Ebenen der Wirkung von FTI-Politik zu unterscheiden.

Hierzu ist in Inputs, Outputs, Outcomes und Impact zu unterscheiden:

- Inputs: Ressourcen zur Implementierung einer Politikintervention, wie etwa Fördermittel
- Output: Produkt oder Services, als direkter Output der Politikintervention; Outputs sind typischerweise kurzfristig und führen zu Ergebnissen, welche langfristig zu den intendierten Policy Impacts beitragen
- Outcome: Resultate von Politikinterventionen welche dazu beitragen die Ziele der FTI Politik zu erreichen. Outcomes tragen dazu bei die

RE projects (EU-27+non-EU), 10 Pulp and Paper Green Transformation Program (CA), 11 Rural R&D Corporations (RDC) model (AUS), 12 Advanced Manufacturing Office – AMO (USA)

gewünschten Veränderungen zu erreichen, welche ursprünglich Grund für die Politikintervention waren

- Impact: typischerweise langfristige Wirkung und Effekte einer Politikintervention. Impacts können in unterschiedlichen Dimensionen analysiert werden (sozio-ökonomisch, technologisch, kulturell, politische oder Umweltwirkungen). (Miedzinski et al., 2013)

Während Outputs und Outcomes direkt einer spezifischen Innovation zugeordnet werden können, sind Impacts indirekter bzw. breiter zu verstehende Effekte von Interventionen, welche oft erst auch lange Zeit nach der eigentlichen Intervention auftreten. Impacts werden aus diesem Grund oft auf volkswirtschaftlicher oder gesamtgesellschaftlicher Ebene geschätzt, wobei Politik bzw. Politikinterventionen auf diese Ebene häufig nicht der größte Einflussfaktor sind. Politikmaßnahmen sind nur einer der Faktoren, welche auf eventuelle Impacts wirken, ein kausaler Zusammenhang kann also nur durch die Zuschreibung von Outputs und Outcomes bzw. im Weiteren Impacts zu den Politikinterventionen erfolgen. Hierbei wird auch im zuvor bereits referenzierten Guidebook festgehalten, dass insbesondere die Herstellung von kausalen Zusammenhängen zwischen Politikinterventionen und Impacts besonders schwierig ist, da öffentliche Interventionen nur ein kleiner Teil der gesamten Veränderung in einem Bereich bewirken und es eine Vielzahl an Einflussfaktoren gibt (ERAWATCH Network ASBL, 2013).

Die Zuordnung von sozio-ökonomischen oder Impacts auf die Umwelt zu Politikinterventionen muss hierbei komplexe Zusammenhänge und Prozesse berücksichtigen, welche nicht linear, iterativ und kumulativ sein können (ERAWATCH Network ASBL, 2013). D.h. eine einfache (lineare) Zuschreibung von Impacts zu einzelnen Politikmaßnahmen, bspw. in Anteilen ausgedrückt ist in solchen Fällen nicht möglich. Gründe hierfür liegen etwa darin, dass sich die Rahmenbedingungen über die langen Wirkzeiträume ändern oder auch, dass FTI Politikinterventionen und deren Begründung und Orientierung an sich wiederum einen Einfluss auf andere Politikfelder haben können. Zudem haben die Outputs, Outcomes und Impacts der Politikinterventionen in anderen Politikfeldern wiederum eine Wirkung auf die Begründung und Orientierung von FTI Politik.

Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen wurde ein konzeptioneller Rahmen zum (ex ante) Impact Assessment von Innovationspolitik erarbeitet. Dieser ist in Abbildung 11 grafisch dargestellt. Forschungs- und Innovationspolitik, führt zu Outputs und Outcomes, welche der Politikintervention zugeordnet werden („Attribution of outputs“). Diese Outputs und Outcomes wiederum sollen einen Beitrag leisten eine Wirkung im Sozio-ökonomischen System zu erzielen. Die Herausforderung liegt hier darin die der FTI Politik im vorhergehenden Schritt zugeordneten Outputs und Outcomes im Hinblick auf ihre Wirkung auf das sozio-ökonomische System einzuschätzen. In einem weiteren Arbeitsschritt gilt es abzuschätzen inwieweit diese Wirkungen und Änderungen im Sozio-ökonomischen wiederum einen Effekt auf die Umweltbelastungen haben. Änderungen in diesem Bereich führen letztendlich zum Environmental Impact der Politikintervention.

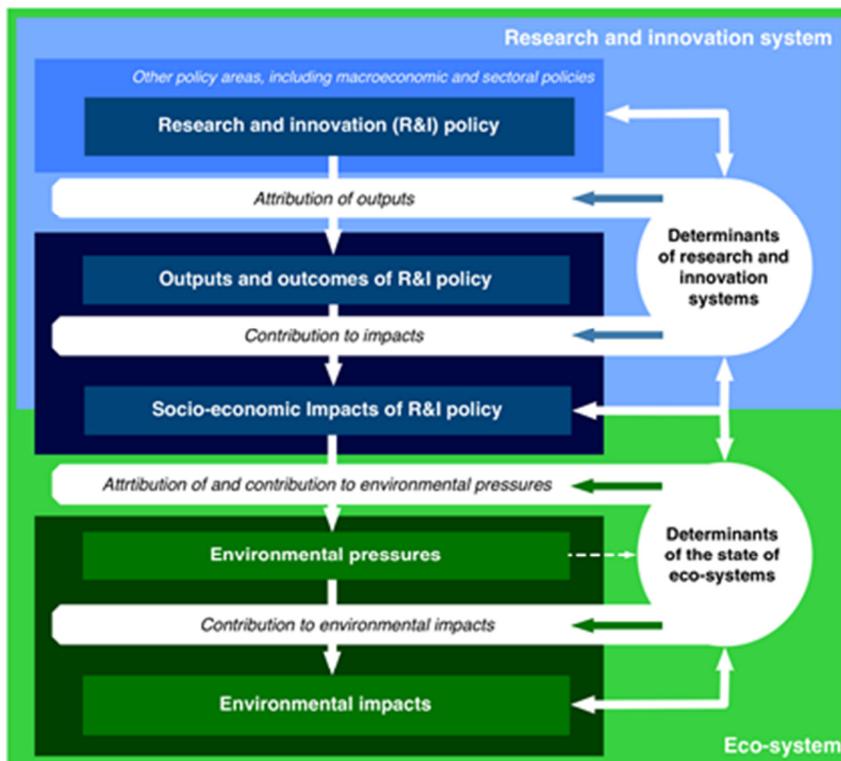


Abbildung 11: Hauptkomponenten des Impact Assessment, ERAWATCH Network ASBL (2013)

Bei Betrachtung des konzeptionellen Rahmens wird klar, dass mit jedem Arbeitsschritt die Komplexität und damit verbunden die Unsicherheit steigt. Während im ersten Schritt, der Zuordnung von Outputs und Outcomes zu FTI politischen Maßnahmen, der Zusammenhang noch relativ leicht ein- und abzuschätzen ist, so ist die Zuordnung von Impacts auf Ebene der soziö-ökonomischen Wirkung schon weit aus diffiziler. Die Abschätzung der Environmental Impacts erfordert einen weiteren Arbeitsschritt, welcher wiederum mit Unsicherheiten verbunden ist. Die Robustheit und Signifikanz von Ex Ante Impact Assessments ist auch wesentlich von der „Distanz“ zwischen Wissen und seiner Anwendung bzw. zum Markt abhängig. Bis sich Wissen in Artefakten oder Praktiken und Routinen niederschlägt, muss auf Annahmen zurückgegriffen werden, wie sich FTI Politik letztendlich auf die Entwicklung von Environmental „Pressures“ und Impacts auswirkt (Miedzinski et al., 2013). Dies bedeutet jedoch nicht, dass ex ante Impact Assessment nutzlos sind. Vielmehr wurde auch im Rahmen des erwähnten Projektes im Auftrag der DG Research and Innovation der EU Kommission festgestellt, dass genaue Angaben zwar spekulativ und unpräzise sein müssen, diese jedoch robust genug sein sollten die Richtung von intendierten Outcomes und Impacts der Politikintervention (in diesem Fall der beiden FTI politischen Programme) anzugeben (Miedzinski et al., 2013, p. 11).

Vor dem Hintergrund der grundsätzlichen konzeptionellen Überlegungen und der internationalen Erfahrungen mit Impact Assessment von Innovationspolitik auf die Umweltdimension wurde im Folgenden versucht eine Methodik zu entwickeln, wie die Wirkung von FTI politischen Intervention abgeschätzt

werden kann. Hierbei ist der Anspruch insbesondere die intendierte Richtung von Outputs, Outcomes und Impact robust darzustellen. Hierbei stehen im Sinne der oben diskutierten Methodik Innovations- oder Wirkungspfade im Mittelpunkt, welche den Zusammenhang von FTI politischer Intervention und Wirkung darstellen.

4 METHODDIK

Vor dem Hintergrund der im vorhergehenden Kapitel diskutierten Herausforderungen wurde im vorliegenden Projekt eine Methodik erarbeitet, um an Hand des Beispiels der FTI politischen Programme im Energie- sowie Mobilitätsbereich ein ex ante Impact Assessment exemplarisch durchzuführen. Nachdem dieses Unterfangen mit einer Reihe von Schwierigkeiten verbunden ist, wird diese Methodik beispielhaft zur Wirkungsabschätzung der beiden FTI politischen Programme angewendet. Aufbauend auf diesen Erfahrungen werden letztendlich Schlussfolgerungen über die Möglichkeiten und Grenzen eines ex ante Impact Assessments gezogen.



Abbildung 12: Schematische Darstellung der methodischen Vorgehensweise

In Abbildung 12 ist die erarbeitete methodische Vorgehensweise schematisch dargestellt. In einer *ersten Phase* wurden, basierend auf bestehenden Arbeiten im Bereich des FTI ex ante Impact Assessments, bereits vorhandene Ansätze und damit verbundenen Herausforderungen herausgearbeitet (siehe Kapitel 3).

Aufbauend auf dieser Analyse wurde eine weitere Vorgehensweise entwickelt, um zu einer Abschätzung der Wirkung der beiden FTI politischen Programme zu kommen.

Nachdem im Rahmen einer ex-ante Abschätzung eines FTI-politischen Programmes noch keine konkreten Projekte vorliegen, wurden in *einem zweiten Schritt* in Abstimmung mit den Themenverantwortlichen des BMVIT und unter Berücksichtigung von bestehenden Strategiedokumenten (Programmdokumenten, Strategic Research Agenda, Roadmaps, etc.) sogenannte Innovationspfade abgeleitet. Diese Innovationspfade stellen somit zukünftige Entwicklungspfade dar, welche durch das entsprechende FTI politische Programm unterstützt werden. D.h. bei der Ableitung der Innovationspfade werden FTI Aktivitäten, welche aus heutiger Perspektive in den nächsten Jahren durch das FTI politische Programm unterstützt werden sollen, auf aggregierter Ebene zusammengefasst. Diese Zusammenfassung ist notwendig, um eine handhabbare Menge an abzuschätzenden Innovationspfaden zu haben (nicht jede im Rahmen der Programme zu entwickelnde Innovation kann einzeln abgeschätzt werden). Zudem wird auf Ebene der Innovationspfade die potenzielle Wirkung dargestellt. Dies bedeutet,

dass im Rahmen der Erarbeitung der Innovationspfade dargestellt wird, wie der jeweilige Innovationspfad letztendlich zu einer Reduktion der THG-Emissionen führen könnte.

Um ein Beispiel aus dem Mobilitätsbereich zu nennen: Hier fasst etwa ein Innovationspfad alle Innovationsaktivitäten zusammen, welche zukünftig in Richtung eines Modal Shifts hin zu energieeffizienten Verkehrsträgern wirken könnten. Im Rahmen der Beschreibung des Innovationspfades wird dargelegt, was darunter verstanden wird, welche FTI Aktivitäten in diesem Innovationspfad zu erwarten sind und wie diese wirken. Im konkreten Beispiel werden etwa F&E Aktivitäten zur Entwicklung von nachhaltigen Güterzentren oder die Entwicklung von Konzepten zur Verbesserung der Interoperabilität im Güterverkehr zu einem Innovationspfad „Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern“ zusammengefasst, da diese Innovationsaktivitäten darauf abzielen mit Hilfe von Innovation Verkehr auf nachhaltige Verkehrsträger zu verlagern.

In einer dritten Phase, der „Analyse von (Maximal)-Potenzialen je Innovationspfad“, wurde daraufhin abgeschätzt, wie hoch das Potenzial des Innovationspfades ist. An Hand von Literaturrecherchen werden verschiedene Einschätzungen aus einschlägigen Studien aufbereitet.

In Abbildung 13 ist die detaillierte Vorgehensweise zur besseren Übersicht nochmals schematisch dargestellt: Von der Ableitung der Innovationspfade auf Grundlage der Programmdokumente und unter Einbeziehung der Themenverantwortlichen im BMVIT, der nachfolgenden Analyse und Literaturrecherche zum Potenzial der Innovation bzw. der im Innovationspfad zusammengefassten Innovationspfade, bis hin zur Abschätzung des maximalen CO₂-Reduktionspotenzials für Österreich. Unter diesem Potenzial ist in blau dargestellt, dass die Realisierung dieses Potenzials nicht auf die alleinige Wirkung von FTI Politik zurückgeführt werden kann, sondern dass die Wirkung erst durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Politikfelder realisiert werden kann.

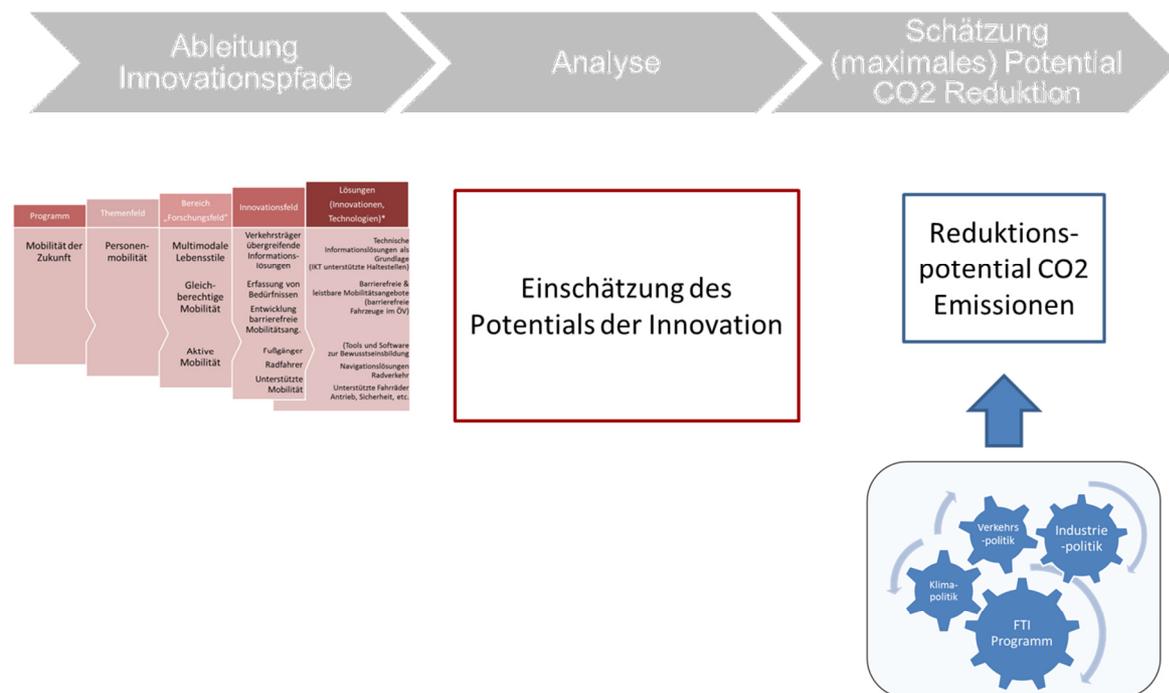


Abbildung 13: Schematische Darstellung der methodischen Vorgehensweise, detailliert

In den nächsten beiden Phasen wurden auf Grundlage der durchgeführten Literaturrecherchen sowie bereits existierender Modelle und Szenarien (*Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013)) berechnet wie groß das Einsparungspotenzial in Österreich ist. Dazu wird entweder das WAM+-Szenario (Kratena, K., Meyer, I., & Sommer, M. W. (2013)) herangezogen, oder aber Maximalpotenziale aus der Literaturrecherche. Im Verkehrsbereich wurde beispielsweise die Steigerung der Effizienz des Fahrzeugs um 25% umgelegt und hochgerechnet, was dies unter Berücksichtigung maßgeblicher Faktoren wie der Flottendurchdringung (wie schnell wird die Flotte ersetzt) für die österreichische Situation bedeuten würde. Dies wird letztendlich für den jeweiligen Innovationspfad ausgewiesen. Die getroffenen Annahmen und die Nutzung verschiedener Modelle werden im jeweiligen Innovationspfad im Detail dargestellt.

Dieser Forschungsprozess von der Ableitung der Innovationspfade bis hin zur Abschätzung der maximalen Potenziale erfordert zudem häufige Rückkopplungen, so dass von einem iterativen Prozess ausgegangen werden muss. So müssen die abgeleiteten Innovationspfade einerseits den erwarteten Inhalten des FTI politischen Programms entsprechen und andererseits auch an existierende Modelle und Szenarien anschlussfähig sein, um eine Quantifizierung zu erlauben. Darüber hinaus sind auch Wechselwirkungen zwischen den Innovationspfaden zu beachten bzw. zu minimieren, was eine wiederholte Anpassung der Innovationspfade erfordert. Zudem ist festzustellen, dass in einigen Fällen eine Einschätzung des Potenzials nicht möglich war. Häufig erscheinen bestimmte Innovationen und Technologien als vielversprechend, wobei das Potenzial aber erst im Laufe der eigentlichen Forschung klar wird. In diesem Fall wurde das Potenzial qualitativ beschrieben bzw. auf Basis vorhandener Literaturquellen abgesichert, aber auf Grund der hohen Unsicherheiten von einer Quantifizierung abgesehen.

Mit Hilfe der beschriebenen Herangehensweise ist es möglich, das maximal erreichbare CO₂⁽³⁾-Reduktionspotenzial einzelner Innovationspfade abzuschätzen. Es ist jedoch innerhalb dieses Projektes nicht möglich, den spezifischen Beitrag der FTI Politik oder einzelner Programme gesondert auszuweisen.

Dies bedeutet auch, dass eine Abschätzung der Größenordnungen der Reduktionspotenziale einzelner Innovationspfade ermöglicht wird, daraus aber *nicht* gefolgt werden kann, dass FTI-politische Interventionen sich ausschließlich auf die Innovationspfade mit dem größten Reduktionspotenzial konzentrieren sollten. So ist es beispielsweise möglich, dass in einem Innovationspfad das Gesamtpotenzial zwar niedriger ist als in einem anderem Innovationspfad, FTI Politik aber im ersten Innovationspfad mit gleichen Mitteln wesentlich mehr bewirken kann. Zudem gilt es auch zu bedenken, dass einige Innovationspfade zum heutigen Zeitpunkt nicht abgeschätzt werden können. Hier ermöglichen FTI politische Programme überhaupt erst mögliche zukünftige Potenziale zu identifizieren, welche in Zukunft enormes Potenzial aufweisen könnten. Das abgeschätzte Potenzial, in welchem der FTI-Beitrag integriert ist, wird ab dem Zeitpunkt der Modelldaten (bzw. sofort) ausgewiesen. Die Wirkung eines FTI politischen Programms wird sich jedoch erst in einigen Jahren

³ Bzw. CO₂ äquivalent, was in den untersuchten Fällen zu keinen wesentlichen Unterschieden führt.

entfalten⁴. Bei näherer Betrachtung, insbesondere im Zusammenhang mit der Wirkungsfolgenabschätzung (siehe vorhergehendes Kapitel) sei aber darauf hingewiesen, dass die FTI politischen Aktivitäten oft nur langfristige (aber potentiell sehr große) Effekte auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen haben können.

In der vorliegenden Studie wurden die Reduktionspotenziale der Innovationspfade bis 2030 ausgewiesen. Abschätzungen über das Jahr 2030 hinausgehend sind nicht möglich, da die für die Quantifizierung notwendigen Modelle und Szenarien (Energieszenarien, Verkehrsszenarien) derzeit nur bis 2030 bestehen. Von einer linearen Fortschreibung der Ergebnisse wurde abgesehen, da dies nach Einschätzung des Projektteams nicht seriös machbar wäre. Die ohnehin bestehenden Unsicherheiten in der Potenzialabschätzung bis 2030 würden drastisch zunehmen. An dieser Stelle sei darüber hinaus auch darauf hingewiesen, dass die mit Hilfe der zuvor beschriebenen Methode abgeschätzten Potenziale sich auf ein maximal mögliches Szenario beziehen und keinesfalls als Prognose interpretiert werden dürfen.

Eine weitere Einschränkung der entwickelten Methode betrifft die räumliche Ebene. In der vorliegenden Studie wurden die Reduktionspotenziale der Innovationspotenziale auf Österreich hochgerechnet. Hierbei wurden keine über Österreich hinausgehenden Effekte berücksichtigt, weder im Sinne eines möglichen Innovationstransfers nach Österreich, noch potentielle Effekte, wenn in Österreich entwickelte Innovationen in anderen Staaten zur Einsparungen führen. Die Berücksichtigung der Komplexität der internationalen Verflechtungen in Forschung und Innovation ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Zudem sei darauf hingewiesen, dass es auch vor dem Hintergrund industriepolitischer Überlegungen nicht als Option angesehen werden kann, auf die Entwicklung von Innovationen zur Reduzierung von CO₂ Emissionen in Österreich zu verzichten und stattdessen darauf zu setzen diese zu importieren.

⁴ Man denke etwa an ein durch eines der beiden FTI Programme unterstütztes Projekt welches im Jahr 2014 startet und eine Projektlaufzeit von 3 Jahren hat. Im Idealfall wurden am Ende dieser 3 jährigen Projekte neue Erkenntnisse gewonnen, welche sich in Folge in einem Produkt oder Service verwerten lassen. Angenommen das auf diesen Erkenntnissen basierte Produkt kann innerhalb eines Jahres auf den Markt gebracht werden (optimistische Annahme), so sind erste Wirkungen im Jahr 2018 zu erwarten. Aber auch diese Wirkungen werden in den ersten Jahren typischerweise relativ klein sein, wenn typische Diffusionsmodelle betrachtet werden (bspw. S-Kurve).

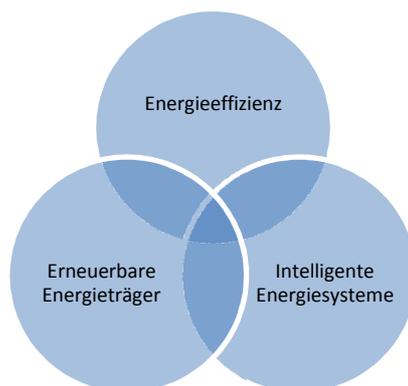
5 PROGRAMMÜBERBLICK

5.1 Programm Energieforschung 2020

Das Programmdokument Energieforschung 2020 wurde im Juli 2012 publiziert, und hat eine formale Laufzeit bis 31.12.2013. Das Programmdokument kommt für alle energierelevanten Schwerpunkte des bmvit und des Klima- und Energiefonds zur Anwendung. Es wurde auf Basis der Ergebnisse des vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiierten Strategieprozesses ENERGIE 2050, der Empfehlung des Rats für Forschung und Technologieentwicklung zur Energieforschung und der FTI-Strategie der Bundesregierung erstellt.

Das Programmdokument nimmt direkten Bezug zu den europäischen 20-20-20 Zielen, da die Erreichung der für Österreich festgelegten Vorgaben und Ziele das Zusammenwirken von verschiedenen Politikbereichen erfordert. Der FTI Strategie im Bereich Energie kommt damit eine hohe Bedeutung zu, was sich in der Ausrichtung des Programmdokuments widerspiegelt.

Abbildung 14: Ausrichtung des Programmdokument Energieforschung 2020, Juli 2012



Mit den drei Ausrichtungen (1) Energieeffizienz, (2) Erneuerbare Energieträger und (3) Intelligente Energiesysteme wurden auch die folgenden prioritären Themenfelder erarbeitet, die auch Bezüge zu mehr als einer Ausrichtung haben können.

- Energiesysteme und intelligente Netze
- Fortgeschrittene Brennstoffproduktion
- Energie in Industrie und Gewerbe
- Energie in Gebäuden
- Energie und Endverbraucher
- Fortgeschrittene Umwandlungs- und Verbrennungstechnologien
- Foresight und strategische Querschnittsfragen

Das Programmdokument stellt den Rahmen für direkte Forschungsförderungen dar, wobei die Abwicklung der FTI-Förderungen über den FFG erfolgt. Das bmvit hat sich mehrere Forschungsschwerpunkte gesetzt, die in verschiedenen Programmen resultieren:

- Haus der Zukunft

- Smart grids
- Urban Europe JPI
- KliEn – Energieforschungsprogramm: e!mission.at (1. und 2. Ausschreibung)
- Smart Energy Demo – Fit for SET des KliEN

Jedes dieser Sub-Programme widmet sich spezifischen Themenfeldern, die sich jedoch auch überschneiden. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick zu den Themenfeldern der einzelnen Programme.

Tabelle 1: Themenfelder des Programms „Haus der Zukunft“

Schlüsseltechnologien für Gebäude der Zukunft	Industrielle Umsetzung innovativer Technologien	Demonstrationsgebäude	Strategisches Arbeiten, Know-how- und Transfer und Vernetzung
Innovative Systemlösungen und Technologien zur Gebäudesanierung	Überleitung innovativer Technologien und Produkte zur Serien- bzw. Industriellen Fertigung	Neubauten von Gebäuden mit Plusenergiestandard mit hoher Signal- und Multiplikationswirkung	Gebäudeübergreifender Energieaustausch: rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen sowie Einflussfaktoren
Gebäudeintegrierte Energieerzeugung und -speicherung sowie gebäudeübergreifender Energieaustausch			Senkung des Kühlenergiebedarfs in Gebäuden durch optimierte Bauungsstrukturen und integrale Gebäudeplanung
Intelligente Haustechniksysteme			Qualitätssicherung und Optimierung der Betriebsführung von Gebäuden
Innovative Gebäudekomponenten und -systeme			Technologische Herausforderungen bei der Betriebsführung in Passivhäusern
	Screening von Endverbrauchstechnologien im Bereich der Haustechnik		
	Wirtschaftliche Nutzung von PV-Strom in Gebäuden		
	Aktualisierung des Handbuchs für Energieberaterinnen		
	Nationale und internationale Vernetzung im Bereich innovativer, wirtschaftlich umsetzbarer Gebäudetechnologien und -konzepte		

Tabelle 2: Themenfelder des Programms e!mission.at (1.Ausschreibung, Mai 2012)

Energieeffizienz und	Erneuerbare Energien	Intelligente Netze	Speicher	Testbeds
----------------------	----------------------	--------------------	----------	----------

Energieeinsparungen				Energieforschung
Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe	Bioenergie	Stromnetze	Chemische Speicher	Leitinitiative Industrie
Energieeffiziente Produkte und Systemlösungen	Photovoltaik	Thermische Netze	Elektrische/elektromagnetische Speicher	Intelligente Speicher
Energieeffizienz und intelligente Gebäude	Solarthermie	Verbundprojekte und transnationale Kooperationen	Mechanische Speicher	Energie aus Bauwerken
	Tiefe Geothermie Sonstige Erneuerbare Energieträger u. Umwandlungstechnologien		Thermische Speicher	

Tabelle 3: Themenfelder des Programms eMission.at (2.Ausschreibung, Dez. 2012)

Emerging Technologies	Energiewirtschaftliche Systemanalysen
Energieeffizienz und Energieeinsparung: Werkstoff- und Materialforschung, Optische Technologien, Bionik	Entgelte und Bepreisung zur Steuerung von Lastflüssen im Stromnetz
Erneuerbare Energien der nächsten Generation: Solarenergie, Bioenergiekonversion	Anforderungen an Smart Grids zur Reduktion von Backupkapazitäten an den Energiemärkten
Speicher: Materialforschung, Solare Wasserstoffnutzung	Methodenentwicklung zur Darstellung des Kundennutzens von Smart Grids-Anwendungen
	Technologie Roadmap Fernwärme und -kälte Österreich
	Energiearmut – Sanieren im Altbaubestand mit BewohnerInnenbeteiligung
	Pilotprojekt zur Umsetzung clusterübergreifender Maßnahmen zur Durchdringung des Innovationheimmarktes für innovative Energie- und Umwelttechnologien
	Wissensbasierte Dienstleistungen in Energie- und Umweltbereich Erfolgsfaktoren, Hemmnisse, Wirkungen
	Windenergietechnologie-Roadmap

Tabelle 4: Themenfelder des Programms Urban Europe JPI (call 2013)

Governance of Urban Complexity	Urban Vulnerability, adaptability, and Resilience
Explore new forms of participatory and/or self-organising urban governance	Analysis of system transitions
explore policy choices and governance frameworks enabling urban centres to manage and address the challenges of urban complexity	Develop tools to manage large scale disruptions and small scale continuous changes
Development of new forms of real-time monitoring, making use of diffusion of ICT	develop new tools for monitoring/forecasting growth and change
Development of large scale data on urban issues to analyse the complex relationship between different entities	
Explore new forms of participatory and/or self-organising urban governance	

Tabelle 5: Themenfelder des Programms Smart Cities – FIT for SET (KliEn), Okt. 2012

System "Stadt" System "Urbane Region"	Integrierte urbane Infrastrukturentwicklung Gebäude Energienetze Ver- und Entsorgung	Urbane Mobilität	Kommunikation und Information
integrierte Stadt(teil)-, Raum-, Energie-, Mobilitätsplanung auf kommunaler Ebene	Gebäudeübergreifendes Energiemanagement energieeffizienter interaktiver Gebäude(-verbünde)	Probetrieb e integrierter Lösungen für intermodale Mobilität – über die Stadtgrenze n hinausreichend, vernetzt, innovativ	Systemübergreifender Einsatz und Integration von Informations und Kommunikationstechnologien z. B. in Gebäude-, Energie- / Verund Entsorgungsbzw. Mobilitätssystemen
Entwicklung urbaner Transformationsszenarien und -prozesse	Gebäudeübergreifendes Energiemanagement energieeffizienter interaktiver Gebäude(-verbünde)	Modellhafter Einsatz intelligenter Verkehrssysteme und -dienste im urbanen Kontext	Stakeholderprozesse, die relevante Akteure mit ihren unterschiedlichen Interessen und Kompetenzen einbinden
Gestaltung von Rahmenbedingungen im Sinne der Governance	Optimierte erneuerbare Energieversorgungstechnologien für urbane Räume		

Analyse der Programmdokumente und resultierende Innovationspfade

Das Projekt sieht eine ex-ante Evaluierung des Programmdokuments hinsichtlich der Treibhausgasreduktion vor. Dazu ist es notwendig, Innovationspfade zu definieren und analysieren, die eine quantitative Abschätzung der CO₂-Umweltwirkung zulassen. Eine Analyse der Programmdokumente (siehe Tabellen 1-4) zeigt, dass die Themenbereiche sehr weitläufig und divers sind, was einerseits die Marktreife (Technology Readiness levels) aber auch die angesprochenen Stakeholder betrifft. Die meisten Themenfelder lassen einen großen Spielraum, wo sich die eingereichten Projekte bewegen können, da die Themenfelder oftmals die Ziele beschreiben, aber der Weg dorthin offen ist.

Die folgende Darstellung zeigt die identifizierten Innovationspfade, wobei die Auswahl der Innovationspfade und die drei Ausrichtungen in Absprache mit dem Auftraggeber erfolgt sind.



Abbildung 15: Resultierende Innovationspfade für die ex-ante Evaluierung

Bei Betrachtung dieser Zusammenstellung wird deutlich, dass manche Themenfelder der einzelnen Programmdokumente nicht inkludiert sind, da

- sie bereits in anderen Innovationsfeldern abgedeckt sind (z.B. Werkstoff und Materialforschung, Systemlösungen integriert in smart grids, smart cities und Bauteilaktivierung)
- es sich um Begleitmaßnahmen handelt (z.B. Kommunikation und Information, good governance, Entwicklung von Monitoring-Tools)
- keine direkte Auswirkungen auf Treibhausgase erwartet werden (strategische Arbeiten hinsichtlich wirtschaftlicher und rechtlicher Rahmenbedingungen)
- sie abgedeckt sind in der Wirkungsabschätzung des Mobilitätsprogramms (Urbane Mobilität).

Es zeigt sich, dass einige der identifizierten Innovationspfade miteinander konkurrieren bzw. sich überschneiden. Da die Potenzialabschätzung – soweit machbar - auf Ebene der Innovationspfade durchgeführt wird, ist eine Addition der Einzelpotenziale nicht zulässig, um das Gesamtpotenzial des Programms Energieforschung zu erheben.

5.2 Programm Mobilität der Zukunft

Die Grundlage für das FTI politische Programm „Mobilität der Zukunft“ stellt das finale Programmdokument von Februar 2013 dar.

Dieses Programmdokument legt Schwerpunkte und Interventionslogik des BMVIT im Bereich der Mobilitäts- und Verkehrstechnologien (in Verantwortung der Abteilung bmvit III/I4) fest. Diese wurden wie auch im Programmdokument dokumentiert wird „vor allem unter Berücksichtigung der internationalen Entwicklungen, der FTI- Strategie der Bundesregierung sowie der Evaluierungsergebnisse der Vorgängerprogramme (IV2S, IV2S plus) und unter Einbindung repräsentativer Stakeholder aus der Community entwickelt“ (BMVIT 2013).

Im Vergleich zu Vorgängerinitiativen wurden hierbei insbesondere folgender Veränderungen beschrieben:

- „keine fixen Programmlinien, sondern Interventionen in den vier Themenfeldern „Mobilität von Personen“, „Gütermobilität“, „Verkehrsinfrastruktur“ und „Fahrzeugtechnologien“; innerhalb dieser Themenfelder werden zu flexiblen thematischen Schwerpunktsetzungen Ausschreibungen auf Basis regelmäßig zu aktualisierender FTI-Roadmaps durchgeführt (Planbarkeit)
- erhöhte Interventionsflexibilität durch themenfeld- und programmübergreifende Interaktionen (z.B. Kooperationen zwischen Themenfeldern und auch mit anderen Programmen und Initiativen – national und international). Durch die flexible Gestaltung der Ausschreibungen können Handlungs- und Kooperationsmöglichkeiten erweitert und systemische Lösungsansätze besser adressiert werden.

- Neben technologischen werden verstärkt organisatorische und soziale Innovationen im Rahmen von Forschungsk Kooperationen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene forciert.
- Forcierung programmbegleitender Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Forschungsergebnisse und zur Unterstützung der Implementierung.
- Einführung eines umfassenden Themenmanagements: das FTI-Mobilitätsprogramm wird mit den Möglichkeiten der themenoffenen Förderung der FFG (Basis-/ Strukturpro-gramme) ergänzt. Im Hinblick auf Implementierung und Marktüberleitung werden die Instrumente des awa, investive Förderungen sowie FTI-relevante Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt. Die internationale Vernetzung bildet sowohl in Richtung Forschung als auch Umsetzung ein wichtiges strategisches Element.“ (BMVIT, 2013)

Wie bereits aus dem obigen Auszug aus dem Programmdokument hervorgeht, gliedert sich das Programm in vier Themenbereiche:

- Personenmobilität
- Gütermobilität
- Fahrzeugtechnologien
- Infrastrukturtechnologien

Das Ziel von Mobilität der Zukunft ist es „Lösungsbeiträge“ zur Erreichung von gesellschaftlichen, umweltpolitischen sowie wirtschafts- und forschungspolitischen Zielen ist. Unter Lösungsbeiträge wird hierbei verstanden, dass Mobilität der Zukunft bzw. „die aus den Förderprojekten direkt oder indirekt resultierenden Erkenntnisse, Innovationen und Technologien [...] wesentliche Beiträge zur Erreichung einer oder mehrerer strategischen Zielsetzungen [leisten].“ (BMVIT, 2013)

Obwohl die vorliegende Studie sich in erster Linie mit der Wirkung auf die Entwicklung von CO₂ Emissionen beschäftigt, sollte an dieser Stelle nochmals hervorgehoben werden, dass die Umweltdimension eine von mehreren Dimensionen ist. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass die grundsätzlichen methodischen Herausforderungen und die im Rahmen des Projektes entwickelte Vorgehensweise auch für die Abschätzung der Wirkung auf die anderen Dimensionen von Gültigkeit besitzen.

6 WIRKUNGSANALYSE - PROGRAMM ENERGIEFORSCHUNG 2020

Im Folgenden wird jeder der 14 identifizierten Innovationspfade des Förderprogramms „Energieforschung 2020“ detailliert beschrieben und bezüglich seines THG-Reduktionspotenzials analysiert.

Die Reduktionspotenziale von fünf Innovationspfaden (Hocheffiziente neue Gebäude, Gebäudesanierung, Smart Cities, Solarthermie, Wärmepumpen (inkl. Geothermie)) wurden unter Verwendung derselben Szenarien abgeschätzt. Die zugrundeliegenden Szenarien werden nur im Innovationspfad ‚Hocheffiziente neue Gebäude‘ in einer Textbox auf Seite 45 detailliert beschrieben ist, in den weiteren vier Innovationspfade findet sich lediglich ein Verweis darauf.

6.1 Hocheffiziente neue Gebäude

6.1.1 Einleitung

Die energetischen Anforderungen im Neubau werden immer anspruchsvoller. So fordert die EU-Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie (EPBD) von 2010, dass die Mitgliedsstaaten ab 2021 nur noch Niedrigstenergie-Neubauten erlauben. Für öffentliche Gebäude soll dieses bereits ab 2019 gelten.

Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck „Niedrigstenergiegebäude“ ein Gebäude, das eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen – einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird – gedeckt werden⁵.

Tatsächlich sind aufgrund intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeiten Niedrigst- und Null-Energie-Gebäude schon Realitäten und werden seit Jahren erfolgreich gebaut. Sogar Plus-Energie-Gebäude haben erste Erfolge zu verzeichnen, hier sind die Gebäude so konzipiert, dass diese im Jahresmittel mehr Energie produzieren als sie und ihre Nutzer verbrauchen.

In diesem Kapitel werden Null-Energie- und Plus-Energie-Gebäude behandelt. Gegenüber herkömmlicher Bauweise fußen diese Gebäude auf 3 resp. 4 Grundsätzen:

1. Energieeffizienz des Gebäudes soweit wie möglich steigern
2. Energiebedarf der Haushaltsprozesse so weit wie möglich reduzieren
3. Erneuerbare Energien zur Restdeckung einsetzen
4. Erneuerbare Energiegewinnsysteme einbinden (für das „Plus“ im Gebäude)

Die Ausgangsbasis für Null- und Plus-Energie-Gebäude ist daher meist der Passivhausstandard, welcher sich auszeichnet durch:

- Sehr gute Kompaktheit
- Optimale Orientierung (Nutzung der solaren Gewinne durch Fenster bei Tageslicht)

⁵ RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

- Thermisch und optisch hocheffiziente Fenster
- Sehr gute Dämmung der Gebäudehülle
- Qualitativ hochwertige Baustoffe
- Möglichst wärmebrückenfreie und luftdichte Verarbeitung
- Energiebewusstes Bewohnerverhalten

Die Energieeffizienz lässt sich weiter durch nachfolgende zusätzlichen Maßnahmen erhöhen:

- Niedrige Systemtemperaturen in der Heizanlage
- Kurze Leitungen bei Heiz-, Warmwasser- und Lüftungsanlagen
- Wärmerückgewinnungssysteme
- Hydraulischer Abgleich in allen Anlagen
- Effiziente Antriebe für Pumpen und Ventilatoren
- Bedarfsgesteuerte Heiz- und Lüftungssysteme
- Effiziente Haushaltsgeräte (A⁺⁺ oder besser)
- Effiziente Beleuchtung (LED- oder Energiesparlampen)

Zusätzlich sollen erneuerbare Energien im Gebäude genutzt werden durch:

- Passive Solargewinne über die Fenster inkl. Tageslichtnutzung
- Thermische Solarkollektoren
- Biogene Brennstoffe
- Geothermie
- Wärmerückgewinnung

Das „Plus“ für die Gebäude wird schließlich durch stromerzeugende Systeme wie:

- Photovoltaikanlagen
- Windkraftanlagen

erreicht, die produzierte Überschüsse im Gebäude speichern und ins Netz der Energieanbieter einspeisen.

6.1.2 Abgrenzung

In diesem Kapitel werden die gesamten Potenziale der Null- resp. Plus-Energie-Gebäude im Neubau betrachtet, die zum Ziel haben in Summe über das Kalenderjahr (fast) keinen Energiebedarf resp. sogar ein energetisches Plus zu erzeugen. Sanierungen und Modernisierungen werden in diesem Innovationspfad nicht behandelt.

In diesem Kapitel wird weder auf den Gebäudetyp noch auf die Bauweise oder sonstige Details zur baulichen Anlage eingegangen. Auch die Wahl der erneuerbaren Energien und Art der Nutzung zur Energiegewinnung kann aus Gründen der vielfältigen Möglichkeiten nicht näher beleuchtet werden.

Die zusätzlichen Optionen, wie die überschüssige Energien mit anderen Bereichen wie z.B. der Mobilität vernetzt werden können, sind ebenfalls nicht Gegenstand dieses Kapitels.

6.1.3 Akteure

Akteure hinsichtlich der Umsetzung von hocheffizienten Gebäuden sind Kommunen, private Bauherren, Bauträgersellschaften, Energieplaner, Architekten, private und öffentliche Dienstleistungsbetriebe.

Derzeit fehlt es jedoch oftmals noch an den Kenntnissen und der praktischen Erfahrung für die Errichtung hocheffizienter Gebäude, für die am Bauprozess beteiligten Akteure. Deswegen sieht die EU-Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie (EPBD) von 2010 auch vor, dass nach dem 31. Dezember 2018 zuerst nur die öffentlichen Bauten als Niedrigstenergie-Neubauten errichtet werden müssen (und erst 2 Jahre später alle Gebäude), damit diese die Rolle als Vorbild übernehmen können.

Einen relevanten Beitrag zur Umsetzung des Niedrigstenergiestandards in der EU stellen die Forschungstätigkeiten dar.

6.1.4 Forschungsthemen

Weltweit sind seit den frühen 1990er Jahren erst mehrere hundert Gebäudeprojekte verwirklicht worden, deren Zielvorgabe darin bestand, eine ausgeglichene oder sogar positive Energie- oder Emissionsjahresbilanz zu erreichen. Viele dieser Projekte sind im Forschungsprogramm „Towards Net Zero Energy Solar Buildings“ erfasst worden.⁶

In Deutschland hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) ein neues Förderprogramm für Modellhäuser aufgelegt, die den sogenannten „Plus-Energie-Standard“ erfüllen. Mit dem Programm werden Bauherren unterstützt, Gebäude zu errichten, die deutlich mehr Energie produzieren, als für deren Betrieb notwendig ist. Derzeit befinden sich 21 umgesetzte Projekte auf der Homepage des BMVBS. Weitere 14 Modellprojekte für Bauvorhaben im Effizienzhaus Plus Standard sind derzeit in Planung. Insgesamt gibt es in Deutschland derzeit in etwa 70 Häuser in Plus-Energiebauweise.

Auch in Österreich wird intensiv geforscht, entwickelt und umgesetzt. Viele wichtige Initiativen werden im Rahmen des „Haus der Zukunft“ gefördert. In der Kategorie: „Plus-Energie-Gebäude (Studien und Umsetzung)“ sind im Bereich „Innovative Projekte und Publikationen“ derzeit ca. 40 Einträge publiziert. Auf die Projekte kann im Rahmen dieser Studie nicht weiter eingegangen werden.

Hocheffiziente Häuser stehen jedenfalls erst am Beginn der Entwicklung und viele Technologien im Bereich der Energieeffizienz und Hausautomation müssen erst erprobt respektive weiterentwickelt werden. Die Forschungsthemen umfassen daher vor allem innovative Systemlösungen und Technologien. So gibt es z.B. noch immer keine optimale technische Lösung zur Stromspeicherung über einen längeren Zeitraum.

Neuerrichtete Null- resp. Plus-Energie-Gebäude sollen darüber hinaus im Rahmen von wissenschaftlichen Begleitprogrammen ausgewertet werden. Mit den Ergebnissen kann das Energiemanagement von modernen Gebäuden

⁶ Weltkarte international bekannter Null- und Plusenergiegebäude, [Net Zero Energy Buildings: worldwide](#)

verbessert und die notwendigen Komponenten für die energieeffiziente Gebäudehülle und die Nutzung erneuerbarer Energien fortentwickelt werden.

Im Rahmen von Projekten werden daher oftmals Versuche gestartet bei denen Bürger über längere Zeit ein Plus-Energiehaus bewohnen und dabei praktische Erfahrung sammeln können. Die Ergebnisse haben dabei gezeigt, dass intensive Monitoring Programme der Gebäude, bei denen z.B. Heizenergieverbrauch, Stromverbrauch, Stromgewinnung, erneuerbaren Energie, Eigennutzungsgrad usw. erfasst und bewertet werden, sowie Einregulierungsphasen eingeplant werden müssen, da Überschreitungen von prognostizierten Energieverbräuchen bei bereits realisierten Projekten durchaus verbreitet sind.

6.1.5 Wirkung

Die Bedarfsmenge an Energie für Plus-Energiehäuser sollte so gering wie möglich sein, da bei diesen Gebäudetypen die Summe aller im Haus benötigten Energiemengen über erneuerbare Energien ausgeglichen werden sollen. Die Ausgangsbasis von Plus-Energiehäusern ist daher in der Regel der Passivhausstandard.

Durch den im Vorhinein geringen Energiebedarf und durch den effizienten Einsatz von erneuerbarer Energie sind die Gebäude im Idealfall durch selbst erzeugte Energie versorgt und somit energieautark. Dadurch können die THG-Emissionen aus Verbrennungsprozessen vor Ort oder beim Energiedienstleister in anderen Sektoren (Wärme- und Strombereitstellung) vermieden werden.

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.1.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Für ein hocheffizientes Gebäude – das unabhängig vom Gas oder Stromnetz und fossilen Energieträgern ist oder sogar mehr Energie erzeugt, als ihre Bewohner verbrauchen – sind viele innovative Technologien im Bereich Energieeffizienz und Hausautomation notwendig.

Daher überschneiden sich die hocheffizienten Gebäude mit den meisten in diesem Projekt aufgezählten Innovationspfaden.

Hinsichtlich Optimierung der Energieeffizienz sind „Multifunktionale Fassadensysteme“ und „Thermische Bauteilaktivierung“ relevant.

Die benötigte Energie für Heizung und Warmwasser wird im oder am Haus selbst gewonnen, meist durch „Solarthermie“ und „Photovoltaik“. Überschneidungen gibt es ebenfalls bei den Energiesystemen „Wärmepumpen“ und „Biogene Brennstoffe“ zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien.

Wechselwirkungen mit den Innovationspfaden „Speichertechnologien“ und „Smart Grids“ gibt es dann, wenn moderne Haustechnik zur Steuerung von multimodalen Systemen der Raumkonditionierung und Warmwasserbereitstellung Elemente der Energiegewinnung und Speichertechnologien für Verbundlösungen mit anderen Gebäuden beinhaltet.

6.1.7 Potenzialabschätzung

Noch immer haben Gebäude mit rund 35% einen sehr hohen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch und der Bedarf an Neubauten ist hoch. Gleichzeitig sieht die neue EU-Richtlinie vor, dass alle Neubauten der EU ab 2021 kaum mehr Energie verbrauchen dürfen, als sie selbst erzeugen. Diese Rahmenbedingungen lassen demnach ein sehr hohes Potenzial erkennen.

Im Neubau gibt es auch seit längerem innovative und hochentwickelte Ideen mit dem Potenzial, den Energiebedarf von Büro- und Wohngebäuden um ein Vielfaches zu senken. Inzwischen werden Häuser gebaut die wie „autarke kleine Kraftwerke“ sind; die nicht nur viel weniger Energie verbrauchen als ein Großteil aller Gebäude, sondern die selbst mehr – saubere – Energie produzieren, als sie benötigen.

Wie hoch der Beitrag der Plus-Energiehäuser an der Energieversorgung sein wird, ist aber noch unklar. Tatsächlich erzeugen Plus-Energiehäuser mehr als sie dem Netz entnehmen. Da es aber immer noch keine optimale technische Lösung zur Stromspeicherung über einen längeren Zeitraum gibt, sind sie nach wie vor vom öffentlichen Stromnetz abhängig, besonders zu Tageszeiten mit hohen Bedarfsspitzen.

Im städtischen Bereich sind die Plus-Energiebauweise, durch den Gebäudebestand, die Ausrichtung und die Beschattung Grenzen gesetzt und ist daher in ländlicheren Gebieten besser umzusetzen.

Derzeit fehlt es insgesamt noch an den Kenntnissen und der praktischen Erfahrung der am Bauprozess Beteiligten. Daher müssen noch viele Technologien im Bereich der Energieeffizienz und Hausautomation erst erforscht und erprobt werden respektive weiterentwickelt werden.

Referenzszenario und Grundannahmen zur Potenzialabschätzung

Bei ausgewählten Innovationspfaden wurde die Abschätzung des Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoringmechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) durchgeführt (UMWELTBUNDESAMT 2013c, EEG – ENERGY ECONOMICS GROUP 2013):

- Gebäudesanierung – Sektor Gebäude
- Hocheffiziente Gebäude – Sektor Gebäude
- Smart Cities – alle Sektoren (non-ETS)
- Solarthermie – alle Sektoren (non-ETS) ohne Sektor Verkehr
- Wärmepumpen (inkl. Geothermie) – alle Sektoren (non-ETS) ohne Sektor Verkehr

Die angegebenen Potenziale stellen keine technologischen Maximalpotenziale, sondern betrachten die Möglichkeiten des jeweiligen Innovationspfades innerhalb des WAMplus Szenarios.

Die betroffenen Sektoren wurden entsprechend dem Innovationspfad ausgewählt, der Emissionshandel wurde jeweils nicht berücksichtigt.

Die Potenzialabschätzungen selbst finden sich in den entsprechenden Detailkapiteln der hier aufgelisteten und weiteren Innovationspfade.

In der folgenden Tabelle sind die Grundannahmen für die beiden Szenarien zusammengestellt.

Parameter	Quelle	WEM	WAM plus
BIP Wachstum	WIFO	ca. 1,5% p.a. im Schnitt bis 2030	
CO ₂ -Zert.	AEA, EEG/TU Wien, TU Graz, Umweltbundesamt,WIFO	2010: 13€/t CO ₂ 2020: 20€/t CO ₂ 2030: 30€/t CO ₂	2010: 13€/t CO ₂ 2020: 20€/t CO ₂ 2030: 70€/t CO ₂
Ölpreis 0 WIFO, EEG, TU Graz	WEO	118 US\$ in 2020 134 US\$ in 2030	
Gaspreis (pro MbtU)	WIFO	11 US\$ in 2020 12,6 US\$ in 2030	

Quellen: WIFO, EEG, AEA, Umweltbundesamt (ÖROK 2010), Statistik Austria

Das WEM-Szenario beinhaltet alle von Bund und Ländern beschlossenen und umgesetzten Maßnahmen bis zum Stichtag 8. März 2012.

Das WAMplus-Szenario beinhaltet alle zum Berechnungszeitpunkt von Bund und Ländern geplanten Maßnahmen, die nach Meinung der ExpertInnen mit hoher Wahrscheinlichkeit durchgeführt werden. So sind in diesem Szenario nicht nur eine Fortsetzung bisheriger vertikaler und horizontaler Technologieprogramme zu erwarten, sondern entsprechend dem ambitionierten

Szenario WAMplus verstärkte Forschungsimpulse und Begleitmaßnahmen wie Demonstration, Marktdiffusion, Aus- und Weiterbildung und Beratung.

Die Energieszenarien basieren im Sektor Gebäude u.a. auf österreichweiten Annahmen zur Anzahl dauerhaft bewohnter Wohnungen und von Nicht-Wohngebäuden, zur Wirtschaftsentwicklung, zu Sanierungsqualität, zu Förderungen, zur Effizienz und Kosten von Heizungssystemen sowie zu CO₂-Zertifikatspreisen und Energiepreisentwicklung bis 2030. Mittels einem agentenbasierten Modell wird den Akteuren eine kostenoptimale Entscheidungsstrategie für Maßnahmen der thermisch-energetischen Gebäudesanierung unterstellt und mit der Struktur der Gebäude und ihrer Wärmebereitstellung, sowie mit den bestehenden Energieträgerpräferenzen der Entscheidungsträger für Sanierungsinvestitionen verknüpft. Der Zeitpunkt für den Sanierungsbedarf eines Bauteiles wird durch seine technische Lebensdauer definiert und mit einer charakteristischen statistischen Verteilung variiert. Das verwendete Raumwärmemodell kam nicht nur in einigen EU Projekten zum Einsatz, sondern wurde auch über einen Periode von 10 Jahren mit den Endenergieeinsätzen der Privathaushalte und des Dienstleistungssektors kalibriert. Die Entwicklung der Endenergieeinsätze und der Aktivitäten zur Sanierung der Gebäudehüllen und Wärmebereitstellungssysteme der verschiedenen Gebäudekategorien werden endogen berechnet (UMWELTBUNDESAMT 2013b).

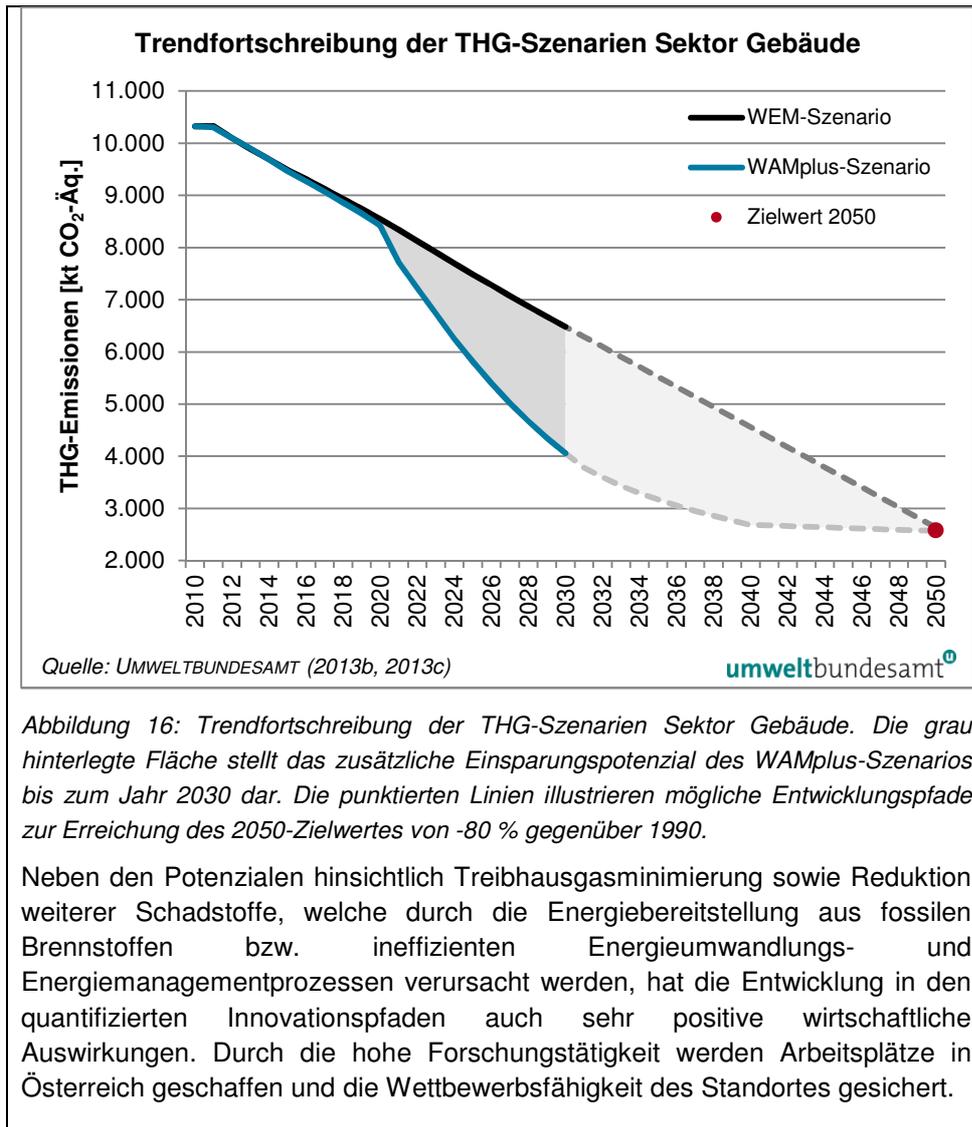
Darüber hinaus wurden ambitionierte Maßnahmen, welche besonders ab 2020 wirksam werden, für die Abbildung längerfristiger Ziele im Sektor Gebäude ergänzt.

- Verpflichtende thermisch-energetische Sanierung, durch ordnungsrechtliche Instrumente wenn technisch-organisatorisch möglich und wirtschaftlich darstellbar.
- Verpflichtende Erneuerung alter, ineffizienter Hauptheizungen in IG-L Sanierungsgebieten mit Feinstaubreduktion und im Rahmen einer Klima- und Energieraumplanung
- Einschränkung des Ausbaues und der Wiedernutzung von Erdgas (außer wenn IG-L Maßnahme des Bundeslandes)
- CO₂-Abgabe in Höhe von 70 €/ t CO₂

Der überwiegende Einsparungseffekt im Sektor Gebäude resultiert aus der verpflichtenden thermisch-energetischen Sanierung.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen wird durch informelle Begleitmaßnahmen und ökonomische Anreizsysteme unterstützt. Die Größenordnung der heutigen Förderinstrumente (Wohnbauförderung, UFI, KLIEN) bleibt in diesem Szenario etwa erhalten, aber es kommt zu einer Verlagerung der Fördermittel vom Neubau zur qualitätsgesicherten Sanierung unter starker Berücksichtigung sozialer Aspekte und der optimalen Finanzierungsart.

Zur grafischen Beschreibung der möglichen Emissionstrends der beiden Szenarien bis 2050 wurden die Modellergebnisse im Sektor Gebäude in charakteristischer Weise fortgeschrieben. Es handelt dabei ab 2030 nicht um Modellergebnisse (siehe Abbildung 16).



Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 erfolgt durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoringmechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den vorläufigen Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) im Sektor Gebäude (UMWELTBUNDESAMT 2013c, EEG – ENERGY ECONOMICS GROUP 2013).

Die Differenz der beiden Szenarien liegt im Sektor Gebäude bei rund 2,4 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030 und etwa 7,5% (±2,5%) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-Reduktionspotenzial durch Neubau. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad „Hocheffiziente Gebäude“ nach Expertenschätzung davon etwa 19% (±8%) zugerechnet werden.

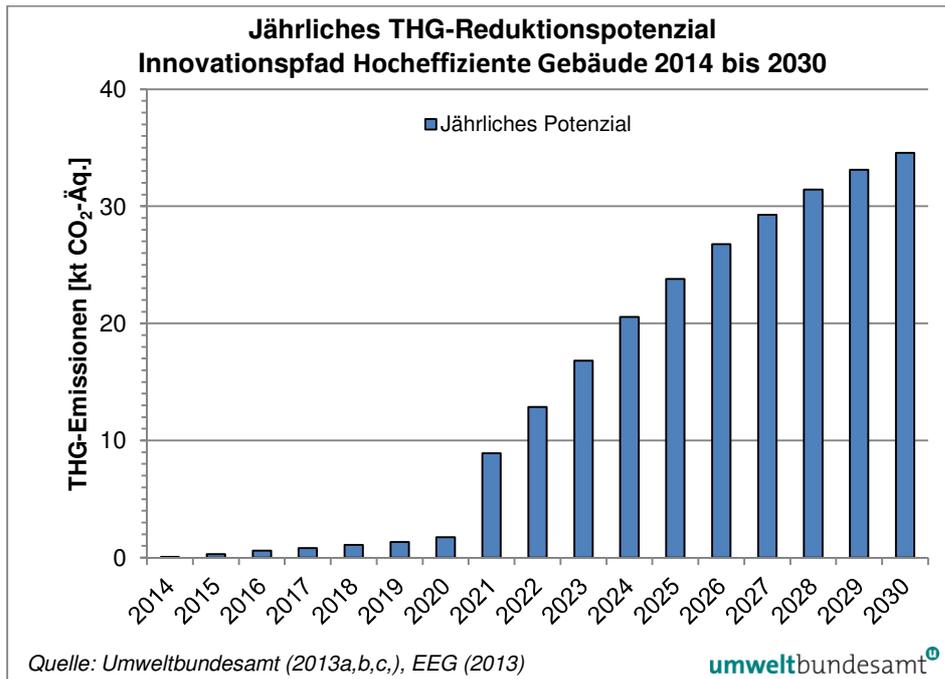


Abbildung 17: Jährliches THG-Reduktionspotenzial Innovationspfad Hocheffiziente Gebäude 2014 bis 2030.

Daraus resultiert für den Innovationspfad „Hocheffiziente Gebäude“ für das Jahr 2030 ein Reduktionspotenzial von rund 34,6 ($\pm 0,5$) kt CO₂-Äq. (Abbildung 17); kumuliert bis 2030 ergibt sich ein Potenzial von 244 kt CO₂-Äq.

6.2 Gebäudesanierung

6.2.1 Einleitung

Die Gebäudesanierung zielt primär auf Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle von Wohngebäuden und Dienstleistungsgebäuden ab, woraus eine potenzielle Senkung von Heizwärmebedarf (HWB), Kühlbedarf (KB) sowie der bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) resultiert. Die pyrogenen THG-Emissionen der Raumwärme-, Raumkälte- und Warmwasserbereitstellung sowie die Emissionen des Sektors Energieversorgung (Wärme, Strom) können dadurch gesenkt werden. Nur durch die Abstimmung von thermischer Sanierung und Heizsystemerneuerung können optimale Einsparungen erreicht werden.

Die mittlere Rate der umfassenden thermisch-energetischen Gebäudesanierungen im Zeitraum 2000 bis 2010 ohne Berücksichtigung von thermischen Sanierungen im Kellerbereich liegt bei etwa 0,9 ($\pm 0,1$) % (UMWELTBUNDESAMT 2013d) und damit weit unter dem Zielwert der Klimastrategie 2007 von 3 % (LEBENSMINISTERIUM 2007) .

Die in der Klimastrategie 2007 (LEBENSMINISTERIUM 2007) geplante Steigerung der jährlichen Rate umfassender thermisch-energetischer Sanierungen auf zumindest 3 % im Zeitraum 2008 bis 2012 und mittelfristig auf 5 % konnte in diesem Umfang bei Wohngebäuden nicht erzielt werden.

Im Rahmen der Wohnbauförderung erzielte mittlere HWB-Werte nach gesamthafter thermisch-energetischer Sanierung liegen bei 49 kWh/m².a für das Jahr 2011 und haben seit dem Jahr 2007 mit 60 kWh/m².a eine kontinuierliche Senkung erfahren (LEBENS MINISTERIUM 2013).

Integrative, qualitätsgesicherte Sanierungskonzepte berücksichtigen zumindest die Erneuerung und (Re-)Dimensionierung der Heizungsanlage (Anpassungsfähigkeit der Leistung und der Regelung, Pufferspeicher) zur Vermeidung von diesen starken, technischen Rebound-Effekten. Der Einsatz erneuerbarer Energieformen und innovativer Technologien zur Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung kann den THG-Reduktionseffekt der Gebäudesanierung deutlich erhöhen. Die Lebenszyklusbetrachtung von Material- und Energieeinsatz sowie Emissionen für die vor- und nachgelagerten Prozesse des Gebäudelebenszyklus ist Teil des Innovationsfeldes Gebäudesanierung und wird in aktuellen Forschungsprojekten intensiv diskutiert. Generell rechnet sich eine hocheffiziente thermische Gebäudesanierung über den Lebenszyklus meist erheblich besser, als über die üblichen Finanzierungszeiträume von drei bis fünf Jahren bei Betrieben bzw. 10 bis 25 Jahren bei Privatpersonen, da die reale technische Lebensdauer der Bauteile und damit der Zeitraum der Kostenreduktion in der Regel deutlich länger ist.

6.2.2 Abgrenzung

In diesem Kapitel werden ausschließlich die Potenziale der thermischen Verbesserungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und der damit verbundenen Wirkung auf die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung betrachtet. Emissionsreduktionen aus dem Heizungsanlagentausch, aus Gebäudekühlung, aus Energieumwandlungsprozessen (aktive Dächer und Fassaden) oder Bauteilaktivierung sind nicht Gegenstand der Quantifizierung.

6.2.3 Akteure

Hauptakteure hinsichtlich der Umsetzung der ausgewiesenen Gebäudesanierung-Potenziale stellen als BauherrInnen private Haushalte im Bereich der Eigentümer von Wohnungen und Einfamilienhäusern, Bauträger oder Anbieter von Genossenschafts- und Mietwohnungen, sowie private und öffentliche Dienstleistungsunternehmen dar.

Finanzierungsmöglichkeiten ergeben sich neben dem Eigenkapital durch Fremdfinanzierungen aus Bausparangeboten und öffentlichen Kredit- und Investitionsförderungen seitens des Bundes (Umweltförderung Inland), der Länder (Wohnbauförderung) und der Gemeinden.

Am Forschungsprozess sind öffentliche und private Forschungsinstitutionen, Interessensvertretungen, Consulting-Dienstleister, ausführende Betriebe des Baugewerbes sowie des Facility-Managements beteiligt.

6.2.4 Forschungsthemen

Die Forschungsthemen umfassen, neben werkstoff-, material- und bauteilbezogenen Verbesserungsstrategien der thermischen Sanierung, auch innovative Systemlösungen und Technologien der Gebäudesanierung für die Herstellung, Errichtung, Instandhaltung, Sanierung und Wiederverwertbarkeit innovativer Dämmsysteme und Fenster hinsichtlich Technik, Verbreitung und Kosten. Nachfolgend eine Auflistung möglicher Schwerpunkte zum Innovationspfad Gebäudesanierung:

- Intelligente, innovative, effiziente, vorausschauende und anpassungsfähige Haustechniksysteme
- Benutzerfreundliche, attraktive Haustechnik-Bedienungskonzepte mit Rückmeldung die Nutzerinnen und Nutzer zum bisherigen, aktuellen und zukünftigen Verbrauch sowie Einsparpotenzialen (Smart Metering)
- Informationssysteme zur aktiven NutzerInnenunterstützung (Mobile Applikationen)
- Innovative, multifunktionale Gebäudekomponenten und -systeme (Photovoltaik und Solarthermie als vollwertiges Dach-/Fassadenelement, aktive und passive Kühlung, Energierückgewinnung)
- Gebäudeintegration von innovativen, multifunktionalen Gebäudekomponenten (bautechnische Umsetzung)
- Reparatur- und Recyclingfähigkeit und Nutzung von NAWAROs für die Gebäudesanierung
- Integrierte Planung und optimierte Gesamtkonzepte für die Gebäudesanierung und Verbesserung des Zusammenspiels von Beratung, Planung, Bauaufsicht und Förderung (Schnittstellen der Akteure, Wartungsfreundlichkeit)
- Qualitätssicherung und Optimierung der Betriebsführung von Gebäuden (Facility Management)
- Simulation von thermischen Nutzungsprofilen unter Integration der betroffenen Personen
- Kosten-/Nutzen-Rechnung mittels integrativer Gebäudelebenszyklusmodelle
- Überleitung von Best-Practice Beispielen in die allgemeine Baupraxis
- Überleitung innovativer Technologien und Produkte zur Serien- bzw. industriellen Fertigung
- Energiearmut – Sanieren im Altbaubestand mit BewohnerInnenbeteiligung
- Marktdurchdringung des Clusters für innovative Energie- und Umwelttechnologien
- Optimierung von Finanzierungsmodellen und Förderstrategien für die thermisch-energetische Gebäudesanierung
- Optimierung von Gebäudenutzung und Siedlungsstrukturen (Verdichtung, Nutzungsflexibilität)

6.2.5 Wirkung

Durch thermische Gebäudesanierung kann der Energiebedarf für das Heizungs- oder Kühlsystem indirekt verringert werden. Geringerer

energetischer Endverbrauch reduziert die THG-Emissionen aus Verbrennungsprozessen vor Ort oder beim Energiedienstleister in anderen Sektoren (Wärme- und Strombereitstellung) sowie die entstehenden Kosten im Betrieb der Gebäudeheizung/-kühlung.

In diesem Kapitel werden ausschließlich die Potenziale der thermischen Verbesserungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und der damit verbundenen Wirkung auf die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung betrachtet. Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.2.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Die ergänzenden Innovationspfade im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden sind unmittelbar relevant für integrative thermisch-energetische Gesamtkonzepte der Gebäudesanierung, sofern sie für Gebäudesanierungen einsetzbar sind.

- Innovationspfad „Multifunktionale Fassadensysteme“
- Innovationspfad „Thermische Bauteilaktivierung“

Die thermische Gebäudesanierung steht in enger Wechselwirkung mit den Innovationspfaden für die Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien, da für eine effiziente Wirkung eine Erneuerung der Heizungsanlage notwendig ist.

Im Sinne des Klimaschutzes ist ein Energieträgerwechsel hin zu weniger CO₂-intensiven Brennstoffen bzw. Erneuerbaren oder die Nutzung von energieeffizienteren Technologien von Bedeutung. So ist zum Beispiel eine teilsolare Warmwasserbereitstellung bei Nutzung biogener Brennstoffe aus Erwägungen der Luftreinhaltung, der Umwandlungseffizienz von Nutzwärme und der Ressourcenschonung bzw. -knappheit der Biomasse empfehlenswert. Ähnliches gilt auch für die thermische Nutzung von Geothermie oder die Nutzung von Umgebungswärme und Abwärme mittels effizienter Wärmepumpen (Jahresarbeitszahl > 4). Betreffend Gebäudesanierung stehen auch die folgenden Innovationspfade in Wechselwirkung, sofern es sich um potenzielle Sanierungstechnologie handelt:

- Innovationspfad „Biogene Brennstoffe“
- Innovationspfad „Wärmepumpen (inkl. Geothermie)“
- Innovationspfad „Solarthermie“

Moderne Haus- und Energietechnik zur Steuerung von multimodalen Systemen der Raumkonditionierung und Warmwasserbereitstellung kann auch Elemente der Energiegewinnung und Speichertechnologien, sowie für thermische und elektrische Energienetze mit anderen Gebäuden beinhalten, sofern es um potenzielle Sanierungstechnologien handelt:

- Innovationspfad „Photovoltaik“
- Innovationspfad „Speichertechnologien“
- Innovationspfad „Intelligente Netze“

Gebäudeübergreifende Lösungsansätze beinhalten im Allgemeinen auch die thermisch-energetische Sanierung des Gebäudebestandes außer es handelt sich zu 100% um ein Neubaugebiet. Die betrifft den folgenden Innovationspfad:

- Innovationspfad „Smart Cities“

6.2.7 Potenzialabschätzung

Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 erfolgt durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoringmechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den vorläufigen Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) im Sektor Gebäude (UMWELTBUNDESAMT 2013c, EEG – ENERGY ECONOMICS GROUP 2013).

Ergänzende Erklärungen zu Referenzszenario und Grundannahmen zur Potenzialabschätzung sind auf Seite 45 zu finden.

Die Differenz der beiden Szenarien liegt im Sektor Gebäude bei rund 2,4 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030 und etwa 80% (±10%) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-Reduktionspotenzial durch thermisch-energetische Sanierung. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad Gebäudesanierung nach Expertenschätzung davon etwa 11% (±6%) zugerechnet werden.

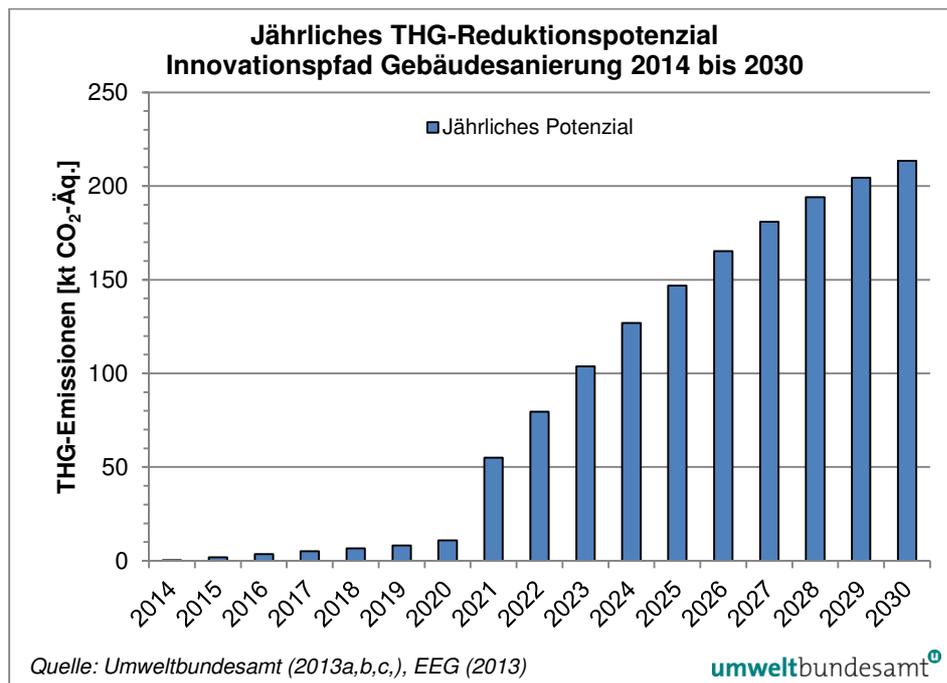


Abbildung 18: Jährliches THG-Reduktionspotenzial Innovationspfad Gebäudesanierung 2014 bis 2030.

Daraus resultiert für den Innovationspfad „Gebäudesanierung“ für das Jahr 2030 ein Reduktionspotenzial von rund 213,4 (±17,1) kt CO₂-Äq (Abbildung 18); kumuliert bis 2030 ergibt sich ein Potenzial von 1507 kt CO₂-Äq.

6.3 Multifunktionale Fassadensysteme

6.3.1 Einleitung

Fassaden stellen die Gebäudehülle dar, und sind damit die Schnittstelle zur Außenwelt. Herkömmliche Fassaden dienen vor allem dem Witterungs- und Wärmeschutz. In den letzten Jahren wurde das Potenzial zu einer aktiven Nutzung von Fassaden erkannt und moderne Fassadenkonstruktionen berücksichtigen weitere Aspekte, wie: Energiegewinnung, Wärmedämmung, Wärmeregulierung, Wärmespeicherung, Kühlung, Belüftung, Beleuchtung/Beschattung. Somit können Fassaden wesentlich zur Realisierung von „Plus-Energie-Häusern“ beitragen.

Es kann zwischen folgenden Fassadentypen unterschieden werden⁷

- Holzfassaden: großformatig vorgefertigte Holz-Fassaden-Elemente, die sich auszeichnen durch das verwendete Dämmmaterial als auch für die Vermeidung von Wärmebrücken, geeignet für Bestandsbauten als auch Neubauten
- Hybridfassaden: Innovative hocheffiziente Dämmsysteme aufgrund Verwendung von neuen Materialien und Verarbeitungstechnologien (z.B. Nanotechnologie, Aerogel (hochporöse Festkörper), Vakuum-Isolations-Paneele, transparente Wärmedämmung)
- Speicherfassaden: Hierunter fällt einerseits die thermische Bauteilaktivierung (siehe Kapitel 6.4) als auch die Verwendung von phasen- oder viskositätsveränderliche Materialien. Diese können durch Einwirkung von Temperatur, elektrischer Spannung oder magnetischen Feldern ihren Aggregatzustand reversibel verändern und dabei Wärme aufnehmen oder abgeben.
- Solaraktive Fassaden: Nutzung der Sonnenenergie mittels Kollektor
- Energiefassaden: Hybridsysteme mit Solar- und Photovoltaikmodulen, Warmwassergewinnung
- Grüne Fassaden: Fassadenbegrünungen können das Kleinklima aufgrund der beschattenden Wirkung und Verdunstung positiv beeinflussen.
- Intelligente Fassaden: Hier kommen multifunktionelle Materialien und Werkstoffsysteme zur Anwendung, die auf ändernde Beanspruchungen reagieren und ihre Eigenschaften sinnvoll anpassen (lernfähige Gebäudehüllen).

6.3.2 Abgrenzung

Die Abgrenzung erfolgt ausschließlich über die Definition Fassade, die hier als senkrechte Gebäudehülle verstanden wird. Hinsichtlich Technologieart, Materialien, Zweck sind hier keine Grenzen gesetzt, solange sie dem grundsätzlichen Ziel der Effizienzsteigerung und Energieeinsparung dienen.

⁷plusFASSADEN, Internationaler Know-how- und Wissenstransfer über "intelligente Fassadensysteme" für österreichische AkteurInnen und KompetenzträgerInnen, Schriftenreihe 50/2011 E. Haselsteiner, Herausgeber: bmvit, Deutsch, 283 Seiten

6.3.3 Akteure

Einige Fassadensysteme haben bereits die Marktreife erreicht, und sind damit für private Hausbauer genauso interessant wie für kommunale oder betriebliche Gebäude. Energieintensive Einrichtungen mit einem hohen Bedarf an Niedrigtemperatur-Warmwasser (z.B. Schwimmbäder, Lebensmittel- und Getränkeindustrie) können von Solarfassaden oder anderen multifunktionalen Systemen profitieren.

Innovative Fassadensysteme können sowohl im Neubau als auch in der Sanierung von Altbauten eingesetzt werden, wobei die Wahl des Systems in Altbauten eingeschränkter ist.

6.3.4 Forschungsthemen

Der Forschungsbedarf ist relativ groß, und kann daher in allen Entwicklungsstadien ansetzen, z.B., Pilotprojekte, Materialienforschung, Entwicklung zur Marktreife, themenübergreifende Forschung. Insbesondere werden folgende Themen als zukunftssträchtig erachtet:

- Integration multifunktionaler Fassaden in bestehende Gebäudehüllen
- Entwicklung und Verwendung von nachhaltigen, langlebigen, kostengünstigen Materialien und Materialienverbänden
- Multifunktionalität: abdecken mehrerer Ansprüche (Energiegewinnung, Dämmung, Licht, Belüftung, Kühlung, Installation)
- Verknüpfung mit anderen Energiequellen: z.B. Solarfassaden kombiniert mit Wärmepumpen oder Erdkollektoren
- Gebäudeübergreifende Vernetzung: Sonnenseitig orientiertes Gebäude gekoppelt mit schattenseitig orientierten Gebäude um Wärmeaustausch zu ermöglichen
- Innovative Fassaden: z.B. Bioreaktor Fassade
- Optik und Architektur: optisch ansprechende Gestaltung (Ästhetik)

Eine besonders innovative Fassade wurde in Hamburg im sogenannten „Algenhaus“⁸ eingesetzt, dieses ist als Pilotprojekt seit 2012 in Betrieb. In einer Bioreaktor-Fassade werden Mikroalgen gezüchtet. Diese werden regelmäßig abgeerntet und in Biogas umgewandelt. Aus dem Biogas wird in der Brennstoffzelle Strom, Wärme und CO₂ zur Ernährung der Algen gewonnen.

6.3.5 Wirkung

Mit einer emissionsreduzierenden Wirkung ist allenfalls zu rechnen aufgrund des reduzierten Energiebedarfs durch verbesserte Wärmedämmung und aufgrund der teils autonomen Energieproduktion innerhalb eines Gebäude(komplexes).

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projekts nicht näher untersucht.

⁸ <http://www.colt-info.de/news-reader/items/bioreaktoren-fassade-als-energielieferant.html>

6.3.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Es bestehen Überschneidungen mit folgenden Innovationspfaden:

- Photovoltaik
- Solarthermie
- Speichertechnologien
- Hocheffiziente Gebäude
- Gebäudesanierung
- Thermische Bauteilaktivierung

6.3.7 Potenzialabschätzung

Aufgrund der zahlreichen Überlappungen mit anderen Innovationspfaden kann kein Einzelpotenzial ausgewiesen werden. Darüber hinaus lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Anwendungsformen und Ausprägungen von Fassadensystemen deren Auswirkung auf Energieeffizienz und Energieeinsparung nicht abschätzen. Es konnten diesbezüglich auch in der Literatur keine Angaben zu spezifischen Fassadensystemen gefunden werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Entwicklung und der Einsatz multifunktionaler Fassadensystem zu einer Treibhausgasreduktion beitragen. Über indirekte Auswirkungen resultierend aus der Produktion kann keine Aussage getroffen werden.

6.3.8 Ausblick

Fassadensysteme wurden und werden ohnehin von den Anbietern weiterentwickelt, um vor allem dem Kundenwunsch nach Energieeinsparung zu entsprechen. Um jedoch die innovative Entwicklung neuartiger multifunktionaler Fassadensystem zu ermöglichen, sind Förderprogramme absolut sinnvoll. Vor allem wenn es um die Kopplung mehrere Energiesysteme bzw. gebäudeübergreifender Lösungen geht, sind Pilotprojekte gefragt. Eine zentrale Frage wird sein wie auch Bestandsbauten von neuen Ansätzen und Lösungen profitieren können.

Innovative Fassadensysteme sind derzeit ein aktuelles Thema, und es ist nicht absehbar, dass sich daran kurzfristig etwas ändern wird. Insofern ist mittel- bis langfristig mit einer Zunahme von multifunktionalen Fassadensystemen sowohl in Neugebäuden als auch Bestandsbauten zu rechnen, vor allem wenn die Forschung diese Entwicklung unterstützt.

6.4 Thermische Bauteilaktivierung

6.4.1 Einleitung

Bauteile aus Beton können Wärme beziehungsweise Kälte sehr gut speichern. Ein Thermisch-Aktives-Bauteil-System (TABS) macht sich diese Eigenschaft des Betons zunutze indem sie Wärme von einem Medium wie Luft oder Wasser aufnimmt, speichert und sie zeitversetzt an die Umgebung weitergibt und

gleichzeitig eine Flächenheizung mit minimalem Unterschied zwischen Raumbooberflächen- bzw. Vorlauftemperatur und Raumlufttemperatur darstellt.

Zur thermischen Aktivierung der Bauteile werden Rohrsystem in Decken, Böden oder Wände verlegt, durch die Wasser oder Luft zirkuliert. Durch diese Leitungen wird einem Gebäude je nach Bedarf Wärme oder Kälte zugeführt. Die große Oberfläche der thermisch aktivierten Decken und Wände ermöglicht einen Betrieb des Systems mit sehr kleinen Temperaturunterschieden zur gewünschten Raumtemperatur. Dies ist eine gute Voraussetzung für eine energiesparende und wirtschaftliche Lösung.

Vorteile der thermischen Bauteilaktivierung sind:

- Robustes, einfaches und stabiles System
- Gute Alternative zu Klimaanlage
- Keine Heizkörper
- Zugluftfreie kühlende Oberflächen bei Deckenkühlung im Dachgeschoßausbau
- Kühlung durch Estrichaktivierung, optimal im Sanierungsfall
- Optimale und effiziente Koppelung mit erneuerbarer Energie

In vielen Dienstleistungsgebäuden aber auch in Einfamilienhäuser wird die thermische Bauteilaktivierung auch bereits erfolgreich eingesetzt. Die Nutzung von Bauteilen aus Beton zur gezielten und gesteuerten Klimaregulierung von ganzen Gebäuden ist allerdings sehr komplex und noch nicht ausgereift und es fehlen noch für die praktische und flächendeckende Umsetzung dieser Technologie entscheidende Bausteine.

Ein großer Impuls kam aus der Forschungsinitiative „Nachhaltigkeit massiv“, welches im Rahmen des Programmes „ENERGIE DER ZUKUNFT“ aus dem Jahr 2007 gefördert wurde.

<http://www.nachhaltigkeit-massiv.at/>

2010 wurde der Innovationspreis „Energiespeicher Beton 2010“ als Grundlage des Forschungsvorhaben „thermische Bauteilaktivierung - Nutzung des Energiespeichers Beton“ im Rahmen des Förderprogramms „Haus der Zukunft plus“ in Kooperation mit dem BMVIT, verliehen.

Der Preis wurde in der Schweiz, in Deutschland und in Österreich zur Erlangung von Good-Practise Beispielen ausgeschrieben. Mit der Durchführung des Wettbewerbes sollten realisierte bzw. in Bau befindliche Gebäude erhoben werden (Good-Practise Beispiele). Anhand dieser konnte der aktuelle Kenntnisstand der aktiven Nutzung der Betonspeichermasse dokumentiert werden und von den Ergebnissen weiterführende Forschungs- und Ausbildungsinhalte abgeleitet werden. Die Ergebnisse des Wettbewerbs (63 Einreichungen) sollen dazu dienen, einen Überblick über den aktuellen Stand der Entwicklung zu gewinnen und Anregungen für die weiterführenden Forschungen zu generieren.

<http://www.betonmarketing.at/modules/home/bleatterkatalog/>

Bei großen Gebäuden – insbesondere Dienstleistungsgebäuden - hat sich die Kombination der folgenden innovativen Technologien mit der thermischen Bauteilaktivierung als besonders effizient und kostengünstig erwiesen:

- Passivhausstandard bei der Gebäudehülle
- Erdreichvorwärmung der Zuluft an Heiztagen im Winter und Erdreichvorkühlung der Zuluft an Kühltagen im Sommer („passive Kühlung“)
- Energiepfähle und Gründungen für die großflächige saisonale Speicherung von Wärme im Sommer aus der Gebäudekühlung und der Nutzung Wärme im Winter mittels ultraeffizienten Wärmepumpensystemen ($JAZ > 8$) zur Gebäudeheizung
- Grundwasser- oder Erdreichsonden-Wärmepumpen für Heizung und Kühlung
- Teilsolare Raumheizung mit Wasser- oder Luftkollektoren
- Energetische Optimierung der aktiven Abschattung transparenter Flächen in der Gebäudehülle zur passiven Nutzung der Solarthermie und zur Reduktion der außeninduzierten Kühllast im Sommer
- Nutzung von Geothermie und von Abwärme aus Industrie und KWK Anlagen

6.4.2 Abgrenzung

In diesem Kapitel werden die gesamten Potenziale der thermischen Bauteilaktivierung betrachtet, d.h. es wird nicht nach der speziellen Technik (Medium Luft oder Wasser) oder Lage der Rohrsysteme in den Bauteilen (z.B. Wand oder Decke) unterschieden. Die thermische Bauteilaktivierung kann sich auch nur auf einzelne Bauteile eines Gebäudes beziehen, muss aber thermische aktive Elemente – in der Regel Rohre - im Bauteil aufweisen.

6.4.3 Akteure

Die ganzheitliche, nachhaltige und energieeffiziente Planung von Gebäuden steht immer stärker im Fokus von Bauschaffenden und Bauherren. Daher wird die Technologie der thermischen Bauteilaktivierung in immer mehr Einfamilienhäuser und Büro- oder Gewerbebauten realisiert. Darüber hinaus sind sie auch für öffentlich genutzte Gebäude wie z.B. Schulen, Krankenhäuser, Museen geeignet. Im Wohnbau ist das innovative Gebäudekonzept noch nicht so etabliert, kommt aber auch hier immer mehr zur Anwendung. Seit vielen Jahren ist die Fa. ENERCRET GmbH (<http://www.enercret.com/>) der Nägele Bau aus Vorarlberg einer der führenden Know-how Träger in Europa für TABS und Energiepfähle bei Gründungen und Fundamenten großer Gebäude und im Tiefbau. Der Fachverband der Steinindustrie und keramischen Industrie Österreichs in der WKÖ und seine Mitglieder setzen sich für die Verbreitung dieser Technologie ein. Weitere wirtschaftsnahe Akteure sind in der Bundesinnung Bau und im Österreichischen Baustoffhandel zu finden. Auf Seite der Forschung sind das Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO), die AEE Intec in Gleisdorf, Baustoff-, Gebäudeplanungs- und Architekturinstitute an Universitäten, sowie das AIT und die Fachhochschule Pinkafeld aktiv.

6.4.4 Forschungsthemen

Die Nutzung der Eigenschaften von Beton bei der Speicherung und Leitung von Wärme hat großes Potenzial für das Heizen respektive Kühlen von Gebäuden. Die theoretischen Grundlagen für die thermische Bauteilaktivierung sind auch bereits in wichtigen Ansätzen vorhanden, müssen aber noch weiter ausgebaut werden. Auch technisch gesehen gibt es bereits viele Lösungen, die eine hohe Energie- und Kosteneffizienz ermöglichen. Aber die Voraussetzungen und Werkzeuge für eine nutzergerechte baupraktische Anwendung dieser Technologie müssen noch weiter optimiert werden. Das Spektrum der notwendigen Arbeiten reicht von der Erstellung entsprechender Regelwerke für Berechnung, Planung und Ausführung bis hin zum praktischen Unterricht im Rahmen der Berufsausbildung und der berufsbegleitenden Ausbildung. Hier sei besonders auf die beiden Schwerpunkte Bauen & Sanieren sowie Energie- & Gebäudetechnik in der klima.aktiv Bildungscoordination hingewiesen.
<http://www.klimaaktiv.at/bildung.html>

Überdies können die Vorzüge der Technologie am besten ausgeschöpft werden, wenn die thermische Bauteilaktivierung in optimaler Abstimmung mit dem Gesamtgebäudekonzept geplant und umgesetzt wird. Auch hier besteht noch Forschungs- und Standardisierungsbedarf.

Auf Initiative der Vereinigung Österreichischer Zementindustrie (VÖZ) sind in den letzten Jahren auch bereits erfolgreiche Kooperationsprojekte mit Fachhochschulen, Bauakademien und der TU Wien entstanden. Aufbauend auf deren Forschungsergebnissen werden praxistaugliche Standards für die Bauwirtschaft entwickelt und das System dann österreichweit in die Bauausbildung integriert.

http://www.lebensart.at/images/doku/nachhaltigkeitsbericht_2012.pdf

<http://www.buildupskills.at/>

Eine besonders hohe Bedeutung werden Gebäude mit thermischer Bauteilaktivierung in Zusammenhang mit dem Thema Smart City durch gebäudeübergreifenden Wärme- und Kühlungsnetzen, thermischen Smart Grids, Niedertemperatur-Mikronetze und Mikro-KWK erhalten.

Da das thermisch-hygienische Verhalten von Gebäuden im Zusammenspiel von aktiven und passiven Elementen einerseits und den Nutzern andererseits komplexer und anspruchsvoller wird, müssen in Zukunft verstärkt validierte Modelle mit qualifizierten Usern für die Simulation, Planung, Optimierung und Regelung herangezogen werden. Um die Gebäudesimulation zu intensivieren sind Maßnahmen zur Kostensenkung und zur Qualitätssicherung zu setzen.

6.4.5 Wirkung

Es genügen bereits geringfügige Temperaturunterschiede im Heizsystem und damit auch nur ein kleiner Energieaufwand, um die großen Flächen der Betonbauteile effizient zu wärmen oder zu kühlen beziehungsweise auf Temperatur zu halten. Durch die Raumtemperierung mittels einbetonierter Rohrsysteme kann daher gegenüber vergleichbaren Systemen deutlich weniger Energie verbraucht werden und die damit verbundenen THG-Emissionen

gemindert bzw. durch den effizienten Einsatz von Erneuerbarer Energie sogar vermieden werden.

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.4.6 Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden

Thermisch aktivierte Bauteile stehen insbesondere in enger Wechselwirkung mit der Energieversorgung. Der notwendige Energieaufwand der zum Erwärmen oder Kühlen notwendig ist, kann bevorzugt durch erneuerbare Energiequellen abgedeckt werden z.B. durch Geothermie, Umgebungswärme aus dem Grundwasser oder Solarthermie.

Überschneidungen bestehen ebenfalls mit den Innovationspfaden „Hocheffiziente Gebäude“, „Gebäudesanierung“ und „multifunktionale Fassadensysteme“.

6.4.7 Potenzialabschätzung

Die thermische Bauteilaktivierung bietet gegenüber vergleichbaren Klimasystemen entscheidende energetische und funktionale Vorteile. Die Möglichkeit zusätzlich erneuerbare Energien einzusetzen, schafft darüber hinaus weitere verstärkte Anwendungsmöglichkeiten. Durch die Nachhaltigkeitsdiskussion und den Trend zur Gebäudezertifizierung nach Green Building Kriterien ist damit zu rechnen, dass die Technologienachfrage steigen wird.

Mit zunehmenden Wärmedämmstandards sowie dem Trend zu großflächigen Verglasungen wird insbesondere die Kühlung mittels thermischer Bauteilaktivierung immer interessanter. Denn durch den Trend zu immer höherwertigen Dämmstoffen, Fenstern und Fassaden muss künftig immer mehr gekühlt werden und die Heizphasen treten immer stärker in den Hintergrund. Neben den genannten günstigen Rahmenbedingungen für diese Technologie, gibt es auch einige Hemmnisse. Zu nennen ist hier besonders, die Trägheit des Heizsystems, die eine vorausschauende Regelung der Heizung und Ertragsteigerung der Erneuerbaren erschwert, sowie eine gegenüber dem Leichtbau erschwerte Reparierbarkeit des Wärmeabgabe bzw. -aufnahmesystems. Zudem ist die Flexibilität der Anpassung der Flächen im Baukörper bei Nutzungsänderungen niedriger.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die thermische Bauteilaktivierung zu einer wesentlichen Treibhausgasreduktion beitragen kann. Eine detaillierte Abschätzung des Einzelpotenzials zur THG-Reduktion dieses Systems ist jedoch im Rahmen dieser Studie nicht möglich, da es zu zahlreichen Überlappungen mit anderen Innovationspfaden kommt. Ein wesentlicher Faktor für die positive Einschätzung des Potenzials ist das günstige Kosten-Nutzen Verhältnis dieser Technologie und das niedrige Entwicklungsrisiko.

6.4.8 Ausblick

Insgesamt bedarf es für die Vertiefung und Verbreitung einer ausgereiften Technologie mit zentraler Bedeutung noch intensivster F&E&D. Maßnahmen zur langjährigen Technologieentwicklung, horizontale Begleitmaßnahmen und Programme zur Förderung der Marktdurchdringung sind Voraussetzung dafür, um die Potenziale die in der thermischen Bauteilaktivierung stecken, noch besser auszuschöpfen und um sie in der Breite wirksam werden zu lassen.

6.5 Biogene Brennstoffe

6.5.1 Einleitung

Dieses Kapitel behandelt sämtliche biogenen Brennstoffe sowie konventionelle biogene Treibstoffe der ersten Generation (z.B. Rapsmethylester). Biogene Treibstoffe neuerer Generation werden im Kapitel 6.11 Bio-Raffinerie beschrieben.

Die größten Verbraucher an biogenen Brennstoffen stellen private Haushalte dar. Im produzierenden Bereich stellen die Papier und Zellstoffindustrie sowie die Holzverarbeitung die bedeutendsten Verbraucher dar. Der Gesamtverbrauch biogener Brennstoffe in Österreich ist seit über 30 Jahren allgemein zunehmend, insbesondere seit 2004 hat sich der Anstieg signifikant erhöht (siehe Abbildung 19). Im Jahr 2012 betrug der Gesamtverbrauch rund 186 PJ (Statistik Austria, 2013).

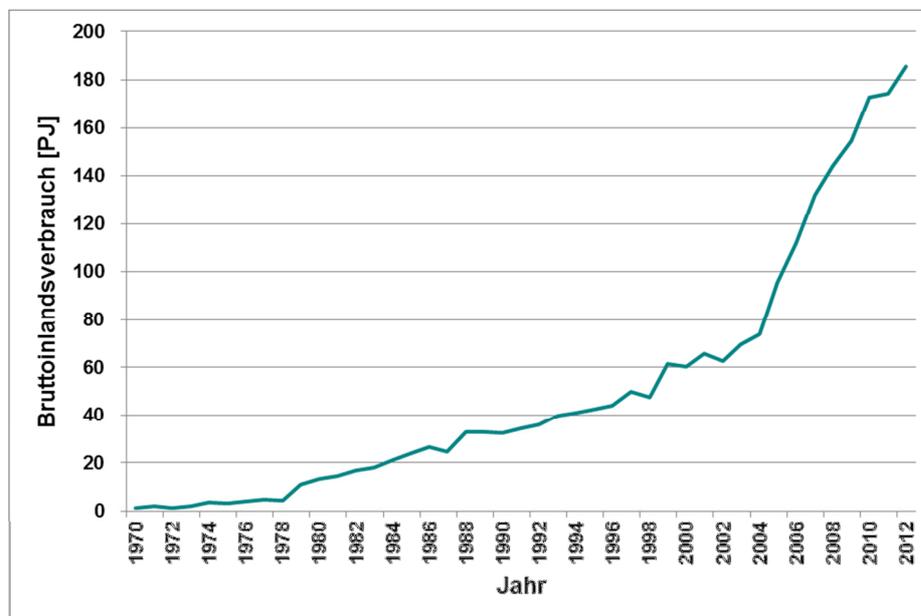


Abbildung 19: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches biogener Brennstoffe (Quelle: (Statistik Austria, 2013))

Der Großteil der eingesetzten Brennstoffe entfällt auf feste Brennstoffe, wie Hackgut, Stückholz und Pellets und betrug im Jahr 2012 rund 174 PJ (siehe auch Abbildung 20). Die eingesetzten Mengen von Biogas und Biodiesel betragen im Jahr 2012 jeweils rund 7,7 PJ.

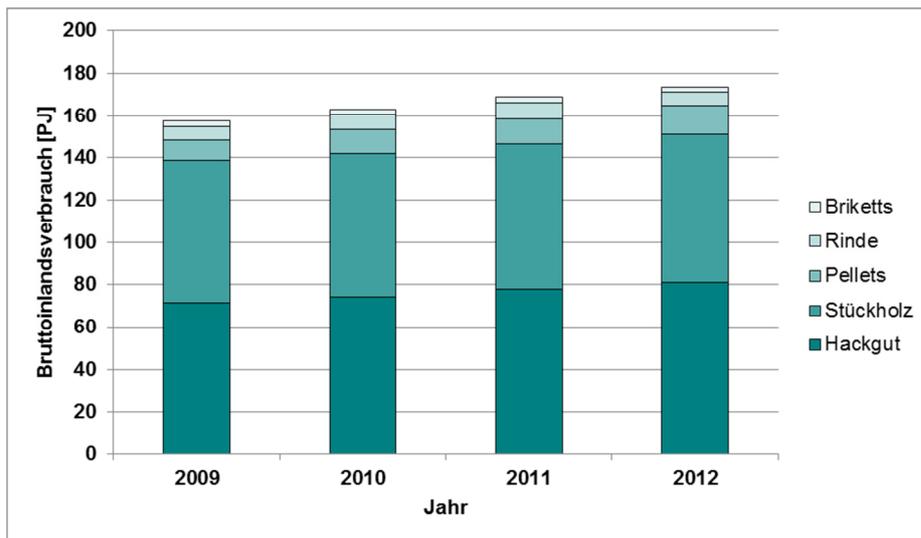


Abbildung 20: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches fester biogener Brennstoffe (Quelle: (Biermayr, et al., 2013))

Neben der industriellen Verwendung als Rohstoff (z.B. Papierindustrie) stellt die Biomasse eine alternative zur Verbrennung dar, um THG-Emissionen aus fossilen Energieträgern zu vermeiden bzw. zu vermindern. Aus diesem Grund wird der Einsatz von Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung auch mittels Förderungen unterstützt.

Nachteilig gegenüber konventionellen Energieträgern ist dabei die niedrigere Energiedichte sowie - vor allem bei Kleinanlagen – die schwierigere Automatisierbarkeit der Beschickung.

Mit Entwicklung wie Pellets (leichtere Beförderung und Beschickung) sowie der thermischen Vorbehandlung (Torrefizierung) zur Erhöhung der Energiedichte soll der Einsatz von biogenen Brennstoffen weiter vereinfacht und vor allem auch kostengünstiger ermöglicht werden.

6.5.2 Abgrenzung

In diesem Kapitel werden sämtliche konventionellen festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe sowie Treibstoffe zur Verbrennung in KFZ-Motoren (1. Generation; z.B.: RME, Bioethanol; inkl. Beimischung) behandelt.

Ausgenommen werden hierbei biogene Brenn- und Treibstoffe, welche mittels neuartiger bzw. möglicher zukünftiger Verfahren hergestellt werden (2. Generation; z.B.: Biomass-To-Liquid); diese werden im Kapitel 6.11 behandelt.

6.5.3 Akteure

Diese Form der Energiebereitstellung umfasst einen großen Pool an Akteuren. Davon sind sowohl landwirtschaftliche und industrielle Produktion betroffen sowie sämtliche Verbraucher, welche die biogenen Brenn- und Treibstoffe zur Bereitstellung von Wärme, Strom und mechanischer Energie einsetzen. Darüber hinaus sind sämtliche Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten zu

berücksichtigen, die Neuentwicklungen und Verbesserungen zur energetischen Nutzung von Biomasse verfolgen.

Eine weitere Gruppe von Betroffenen basiert auf der Problematik der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Anbauflächen und der daraus folgenden Konkurrenz mit anderen land- und forstwirtschaftlichen Produkten (z.B.: Lebensmittel, Futtermittel, Rohstoffe).

6.5.4 Forschungsthemen

Die Forschungsthemen, welche hinsichtlich einer Minderung an fossilen THG-Emissionen relevant sind, betreffen hauptsächlich die Steigerung der Energieeffizienz. Die Steigerung des Wirkungsgrades von Anlagen ist insbesondere auch hinsichtlich der begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen von Bedeutung.

Weitere Forschungsthemen betreffen u.a. die Minderung der Schadstoffemissionen, Verbesserungen bei den Brennstoffen (inkl. deren Aufbereitung; z.B. Torrefizierung) und Brennstoffflexibilität. Vorteile der Torrefizierung sind die große Bandbreite an möglichen Ausgangsmaterialien und die signifikant gesteigerte Energiedichte bei gleich guter Handbarkeit wie bei Pellets. Aufgrund der hohen Energiedichte ist es möglich die Kosten für Lagerung und Transport zu senken.

6.5.5 Wirkung

Durch die Strom- und Wärmeengewinnung aus Biomasse kann der Einsatz fossiler Energieträger reduziert und die damit verbundenen fossilen THG-Emissionen gemindert werden. Dies betrifft auch die Verwendung von (beigemischten) Treibstoffen, welche aus erneuerbaren Rohstoffen hergestellt werden (z.B.: RME, Bioethanol).

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht. Es ist allerdings anzumerken, dass durch die Verbrennung von Biomasse relevante Emissionen an Stickoxiden (NO_x) und Staub verursacht werden. Des Weiteren ist die Konkurrenz mit dem Anbau von Pflanzen zur Lebens- und Futtermittelproduktion sowie weiterer Rohstoffe (z.B. für die Papierindustrie) zu berücksichtigen.

6.5.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Aufgrund der Energiebereitstellung auf Basis der Verbrennung von Biomasse bestehen Wechselwirkungen mit den Innovationspfaden Intelligente Netze, Energieeffizienz in Gebäuden, Energieeffizienz in der Industrie sowie Bio-Refinery.

Der Bezug zu den intelligenten Netzen besteht bei einer dezentralen Einspeisung von Wärme und Strom in lokale Netze (bei kleinen Anlagen). Hinsichtlich Energieeffizienz in Gebäuden und Industrie ist das Bestreben, die bereitgestellte Energie möglichst effizient zu nutzen und damit

Einsparpotenziale auszuschöpfen. Dies ist insbesondere aufgrund der begrenzten Ressourcenlage relevant.

6.5.7 Potenzialabschätzung

Gemäß BAU-Szenario der *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013) wird bis 2030 mit einem weiteren Anstieg des Bruttoinlandsverbrauches bis rund 200 PJ/a erwartet (siehe Abbildung 21). Die maximal verfügbaren Potenziale für die Bereitstellung von biogenen Brenn- und Treibstoffen werden in unterschiedlichen Quellen auf rund 200 PJ (bis maximal 250 PJ) abgeschätzt ((Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 2009), (Kaltschmitt & Streicher, 2009)).

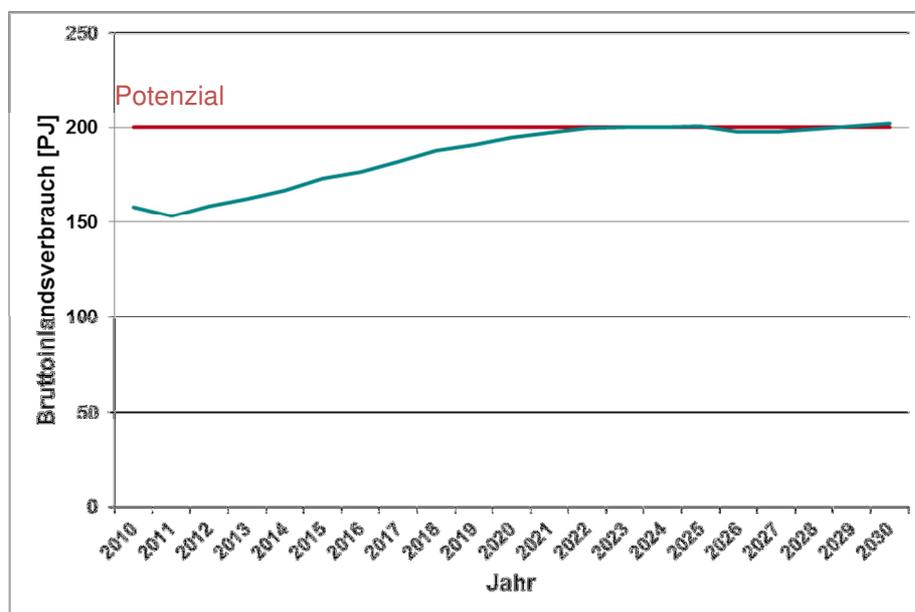


Abbildung 21: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches biogener Brenn- und Treibstoffe gemäß WEM-Szenario (Quelle: (Krutzler, et al., 2013))

Dies bedeutet, dass das verfügbare Potenzial in Österreich bereits weitestgehend ausgeschöpft ist. Dieser Umstand zeigt sich auch an der Bilanz hinsichtlich Export und Import an biogenen Treib- und Brennstoffen. Während die importierten und exportierten Mengen lange Zeit etwa ausgeglichen waren und seit 1995 relevante Mengen exportiert wurden, übersteigen die Importe die Exporte seit 2006 beträchtlich (siehe Abbildung 22).

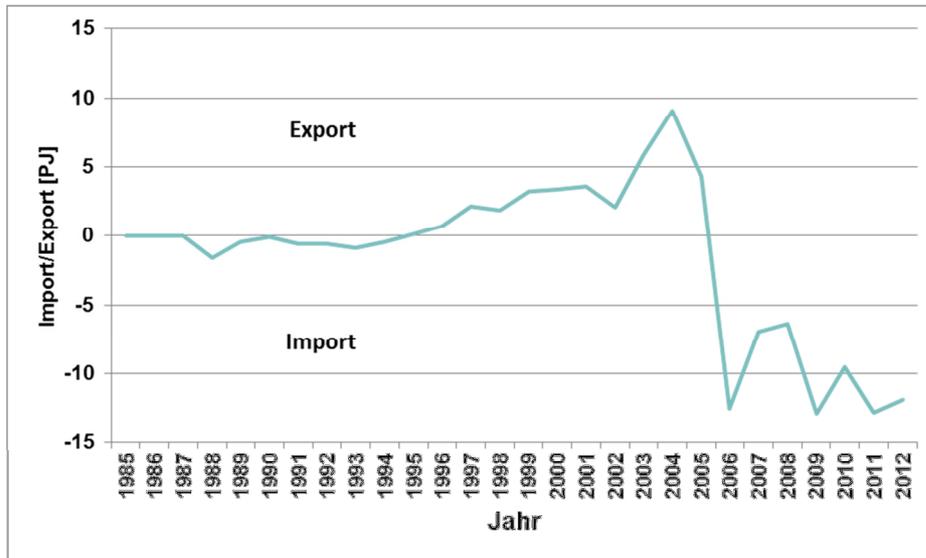


Abbildung 22: Import/Export von biogenen Treib- und Brennstoffen (Quelle: (Statistik Austria, 2013))

Damit ist eine Minderung der fossilen THG-Emissionen durch ein weiteres Ausschöpfen der vorhandenen Ressourcen kaum möglich. Auch wenn das theoretische Potenzial mit bis max. 250 PJ angeführt wird, ist bereits der jetzige Biomasseverbrauch zum Teil problematisch, da die verfügbaren Anbauflächen in Konkurrenz zum Anbau von Pflanzen zur Lebens- und Futtermittelproduktion stehen. Um eine Minderung der fossilen THG-Emissionen zu erzielen ist jedenfalls ein nachhaltiger Anbau notwendig, um eine ausgeglichene CO₂-Bilanz zu gewährleisten. Dies trifft ebenfalls auf zum Teil notwendigen Importe von biogenen Treib- und Brennstoffen zu.

Potenziale hinsichtlich einer THG-Minderung bestehen daher hauptsächlich über Effizienzsteigerungen und eine möglichst nachhaltige Produktion. Eine Quantifizierung allfälliger Einsparungspotenziale – insbesondere jener, welche durch Forschungsaktivitäten ausgelöst werden – ist aufgrund der komplexen Zusammenhänge allerdings nicht möglich.

6.5.8 Ausblick

Ein bedeutender Gesichtspunkt beim Einsatz erneuerbarer Energieträger ist die Gewährleistung der Nachhaltigkeit. Im Bereich der biogenen Brennstoffen ist dies hinsichtlich der beschränkten Anbauflächen bereits beim gegenwärtigen Verbrauch problematisch (vgl. (Österreichische Landesumweltanwaltschaften, 2013)). Neben der direkten Verbrennung fester Biomasse betrifft dies auch die (geplante) Kraftstoff-Beimischung von biogenen Treibstoffen. Ohne die Berücksichtigung einer entsprechenden Nachhaltigkeit, kann dem Einsatz biogener Treib- und Brennstoffe auch nicht die gewünschte THG-Minderung zugeschrieben werden. Die THG-Minderung ist nur im Rahmen einer geschlossenen CO₂-Bilanz erzielbar.

Neben der Frage der Nachhaltigkeit und der damit verbundenen Wirksamkeit der THG-Minderung resultieren aus der Verbrennung von Biomasse relevante

Emissionen an Stickoxiden und Staub. Dies ist insofern problematisch, als Österreich bereits jetzt seine NEC-Ziele hinsichtlich NO_x verfehlt sowie der häufigen regionalen Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten von Feinstaubgrenzwerten.

Auf Basis oben angeführter Problematiken ist es jedenfalls notwendig die Energieeffizienz der Anlagen zu verbessern, um ein Ansteigen des benötigten Energieeinsatzes zu minimieren. Damit einhergehend sind ebenfalls verbrauchsseitig Verbesserungen anzustreben (z.B. Gebäudesanierung). Des Weiteren ist gegebenenfalls der Wechsel auf andere erneuerbare Energieträger in Erwägung zu ziehen (z.B. Solarthermie).

Auf längere Sicht ist jedenfalls eine kaskadische Nutzung der verfügbaren Ressourcen anzustreben, d.h. die Rohstoffe erst nach einer stofflichen Nutzung (z.B. Bauholz) der Energiegewinnung durch Verbrennung zuzuführen. Dieses Potenzial lässt sich eventuell auch durch die Entwicklung neuer Technologien (2. Generation; vgl. auch Kapitel 6.11) weiter erschließen.

6.6 Photovoltaik

6.6.1 Einleitung

Bei Photovoltaik erfolgt die direkte Erzeugung von Strom aus Sonnenenergie mittels Solarzellen. Diese Technologie konnte in den letzten Jahren deutliche Zugewinne am Markt (siehe Abbildung 23) erzielen und gilt als einer der großen Stützpfeiler für eine zukünftige Low-Carbon-Society. Der Großteil der Anlagen ist mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden und erlaubt damit sowohl eine (teilweise) Eigenversorgung sowie eine Einspeisung von Energie ins Stromnetz.

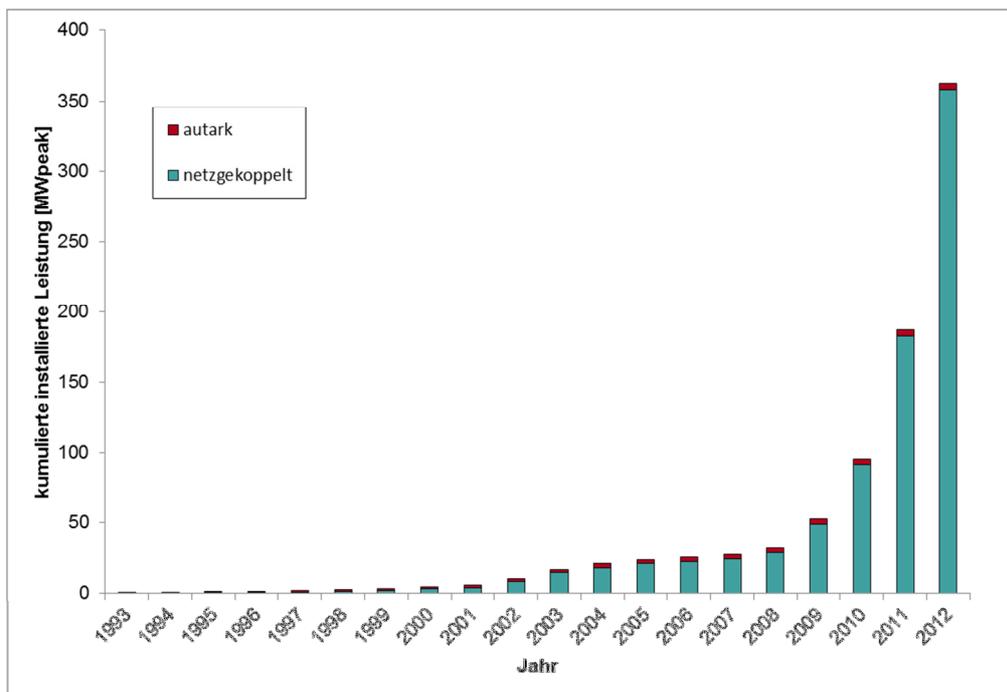


Abbildung 23: Marktentwicklung Photovoltaik (Quelle: (Biermayr, et al., 2013))

Aufgrund der derzeit noch vergleichsweise hohen Stromgestehungskosten gegenüber anderen Formen der Strombereitstellung bzw. gegenüber dem derzeitigen Netztarif, müssen die Anlagen über Fördermittel gestützt werden, um sich über die Lebensdauer zu amortisieren. Dies erfolgt in Österreich entweder durch einmalige Investitionszuschüsse (vorwiegend bei Kleinanlagen $< 5 \text{ MW}_{\text{peak}}$) oder über gestützte Einspeisetarife (bei Großanlagen $> 5 \text{ MW}_{\text{peak}}$). Es ist allerdings davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren die Netzparität erreicht wird und PV-Anlagen sich somit bald ohne Förderung rentieren.

Neben der Anlagenerrichtung spielt auch der Forschungs- und Produktionsstandort Österreich eine wesentliche Rolle. Ein großer Teil der im Inland hergestellten Module wird ins Ausland exportiert. Des Weiteren stellt die Erzeugung von Komponenten und Zubehör einen wesentlichen Wirtschaftsfaktor dar, insbesondere die Herstellung von Wechselrichter. Die Exportquote für Wechselrichter lag im Jahr 2012 bei über 99 % (Biermayr, et al., 2013).

6.6.2 Abgrenzung

In diesem Kapitel werden die gesamten Potenziale der Technologie betrachtet, d.h. es wird nicht nach der speziellen Technik (z.B.: Dünnschicht, Polykristallin) oder Art der Errichtung (aufdach, gebäudeintegriert, freistehend) unterschieden.

Es ist allerdings anzumerken, dass Aufdachanlagen derzeit den wesentlichen Anteil der Installationen ausmachen (rund 93 % im Jahr 2012; (Biermayr, et al., 2013)). Es kann aber davon ausgegangen werden, dass – insbesondere im Neubau bzw. im Rahmen von Sanierungsprojekten – die gebäudeintegrierte (GIPV) zukünftig wesentlich an Bedeutung gewinnen wird.

6.6.3 Akteure

Hauptakteur hinsichtlich der Umsetzung der ausgewiesenen Photovoltaik-Potenziale stellen private Haushalte dar. Der Großteil des vorhandenen Potenzials auf Anlagen entfällt, welche auf privaten Häusern installiert werden (aufdach oder gebäudeintegriert). Bei ausreichend hohem Eigenverbrauch besteht der Kostenvorteil aufgrund des ersparten – im Vergleich zu den Stromgestehungskosten teureren – Strombezuges. Freistehende Großanlagen stellen nur einen geringen Anteil dar. Diese müssten sich (ohne entsprechende Förderung) gegenüber dem wesentlich niedrigeren Netzeinspeisetarif rentieren. Aufgrund des limitierten Förderbudgets ist in naher Zukunft nur mit einem beschränkten Zubau freistehender Anlagen zu rechnen.

Weiteren relevanten Beitrag zur Zielerreichung stellen die Forschungstätigkeiten dar. Diese sind unerlässlich, um zukünftig günstige und flexible Anlagen (GIPV, etc.) zu gewährleisten. Ohne diese weiteren Entwicklungen wird es nicht möglich sein, die ausgewiesenen Potenziale auszuschöpfen.

6.6.4 Forschungsthemen

Aufgrund internationaler Forschung und Entwicklung konnten die Preise für PV-Module kontinuierlich gesenkt werden. Die damit verbundene Abnahme der Stromgestehungskosten machen die Photovoltaik zunehmend für die Strombereitstellung attraktiv, was sich auch in den steigenden Absatzzahlen – trotz abnehmender Förderungsbeiträge – widerspiegelt.

In Abbildung 24 ist die sogenannte Erfahrungskurve dargestellt, welche den Zusammenhang zwischen der Menge an weltweit produzierten PV-Modulen und der damit verbundenen Anlagenkosten beschreibt. In dem doppelt logarithmischen Diagramm ist die kontinuierliche Kostenreduktion gut ersichtlich, welche einer Lernrate⁹ von rund 21 % aufweist.

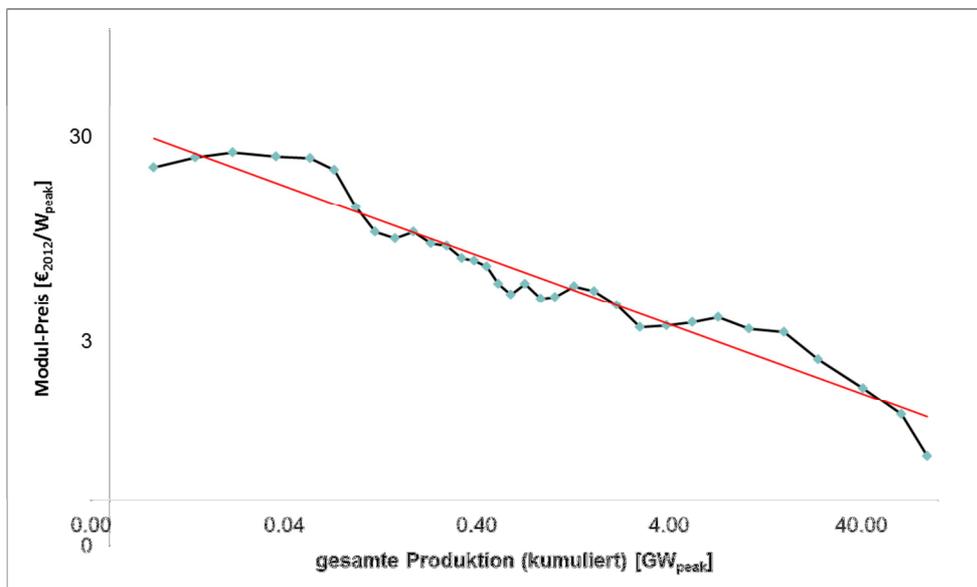


Abbildung 24: Lernkurve für Photovoltaikmodule. Preise inflationsbereinigt auf Basis des Jahres 2012 Quelle: (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2012)

Aufgrund der hohen Aktivitäten im Bereich Forschung und Entwicklung, verbunden mit voraussichtlich großen Absatzsteigerung (vgl. (International Energy Agency - IEA, 2013)), ist von weiteren signifikanten Preissenkungen bei der PV-Technologie auszugehen.

International stehen dabei folgende Bereiche im Fokus der Forschung und Entwicklung (Fechner, Technologieplattform Photovoltaik Österreich, 2012):

- Zellforschung, Moduloptimierung
- PV-Netzintegration
- Speicherung zur besseren Nutzung der volatilen Erzeugung
- Gebäudeintegration von Photovoltaik
- Recycling
- Kostensenkung

⁹ Die Höhe der Lernrate gibt an, um welchen Wert die Kosten nach Verdopplung der kumulierten (weltweiten) Produktion gegenüber dem vorhergehenden Wert abnehmen.

Österreich konnte sich dabei in einigen Themenfeldern im internationalen Spitzenfeld behaupten (z.B.: Wechselrichter, Netzanbindung), wie beispielsweise an der hohen Exportquote an Wechselrichtern zu erkennen ist.

Die Forschungsinstitutionen und Herstellerfirmen in Österreich sind über die Technologie Plattform Photovoltaik (tppv.at) vernetzt. Mit dieser Plattform sollen Innovation und Forschung für die heimische Photovoltaikwirtschaft optimiert werden.

6.6.5 Wirkung

Durch den Einsatz von Photovoltaik kann die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern reduziert und die damit verbundenen THG-Emissionen gemindert werden.

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.6.6 Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden

Da Photovoltaik einer von mehreren erneuerbaren Energieträgern ist, stehen diese teilweise untereinander in Konkurrenz, jedoch in geringem Ausmaß (z.B.: Solarthermie hinsichtlich Flächenangebot). Deren Auswirkungen werden im Rahmen einer Potenzialabschätzung nicht berücksichtigt.

Bedeutende Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden bestehen hauptsächlich aufgrund der stark volatilen Stromerzeugung. Die Photovoltaik stellt damit einen der Haupttreiber (neben der Windkraft) für die Errichtung von Smart-Grids sowie für die Forschung und Entwicklung von Energiespeichern dar. In Abbildung 25 ist ein beispielhafter Tagesgang der Stromproduktion aus Photovoltaik gezeigt (14.08.2013 Deutschland; Quelle: EEX).

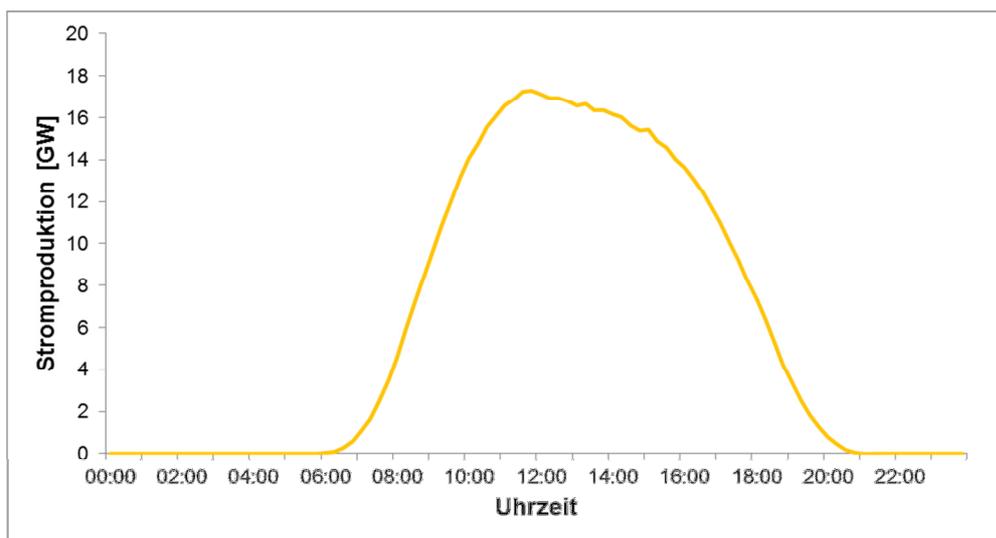


Abbildung 25: Stromproduktion aus Photovoltaik - Tagesverlauf (14.08.2013 Deutschland; Quelle: EEX)

In diesem Kapitel werden sämtliche Potenziale ausgewiesen, die durch die Installation von PV-Modulen erzielt werden können. Die notwendigen Technologien zur Übertragung und Speicherung werden dabei als vorhanden unterstellt, deren Beitrag zu den Potenzialen aber nicht gesondert ausgewiesen. Es muss daher festgehalten werden, dass es folglich bei den Potenzialabschätzungen zu Intelligenten Netzen und Speichertechnologien Überlappungen gibt, die zu Mehrfachzählungen von Potenzialen führen können.

6.6.7 Potenzialabschätzung

Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur THG-Reduktion erfolgt durch den Vergleich zwischen dem BAU-Szenario (Business as Usual) der *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013) und der *Technologie-Roadmap für Photovoltaik* (Fechner, Lugmaier, Suna, Resch, Haas, & López-Polo, 2007).

Die Szenarien basieren auf den installierten Kapazitäten bzw. der zu erwarteten Kapazitäten von Photovoltaik (auf Basis definierter Annahmen) in Österreich. Bei der PV-Roadmap wird – unter Berücksichtigung des Flächenpotenziales, der installierbaren Leistung sowie des möglichen Wirkungsgrades – eine installierte Leistung von 22,46 GW im Jahr 2050 angenommen. Im Vergleich dazu wird das gesamte technische Potenzial (Kaltschmitt & Streicher, 2009) für Österreich mit 21,2 – 48,5 GW geschätzt.

In Abbildung 26 ist der Vergleich zwischen den Energieszenarien (BAU) und der PV-Roadmap bis 2030 dargestellt. Dabei wurde die Entwicklung gemäß PV-Roadmap bis zum Jahr 2012 an jene des BAU-Szenarios angepasst, um den tatsächlichen höheren Marktdaten zu entsprechen.

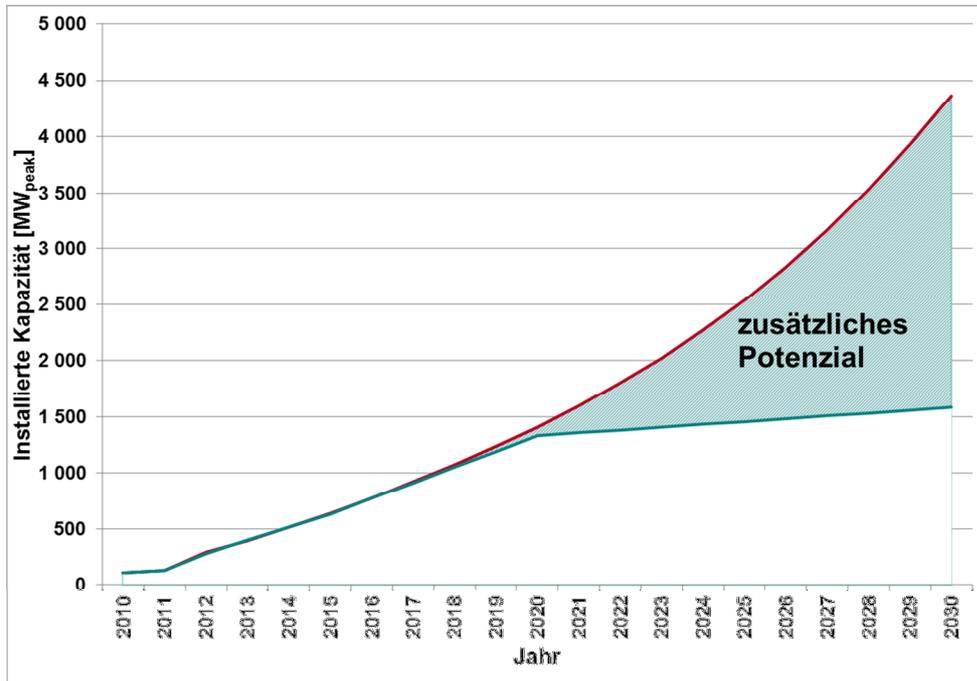


Abbildung 26: Potenzialabschätzung Photovoltaik (Quelle: (Krutzler, et al., 2013), (Fechner, Lugmaier, Suna, Resch, Haas, & López-Polo, 2007) sowie eigene Berechnungen). Die grüne Fläche stellt das mögliche Einsparungspotenzial dar.

Vergleicht man diese zwei Szenarien, so ergibt sich ein Unterschied an installierter Leistung von rund 2.600 MW_{peak} im Jahr 2030. Bezogen auf die Stromproduktion bedeutet dies ein Potenzial von rund 12.600 MWh bis zum Jahr 2030 (kumuliert).

Werden diese Potenziale auf Emissionen umgelegt – unter der Annahme eines Emissionsfaktors¹⁰ von 400 g CO_{2,eq}/kWh (Gallauner, et al., 2012) – so bedeutet dies ein mögliches kumuliertes THG-Einsparpotenzial von rund 5.000 kt CO_{2,eq} bis zum Jahr 2030 (siehe auch Abbildung 27).

¹⁰ Es wird davon ausgegangen, dass mittels PV-Einspeisung ausschließlich Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern (GuD-Kraftwerk) substituiert wird.

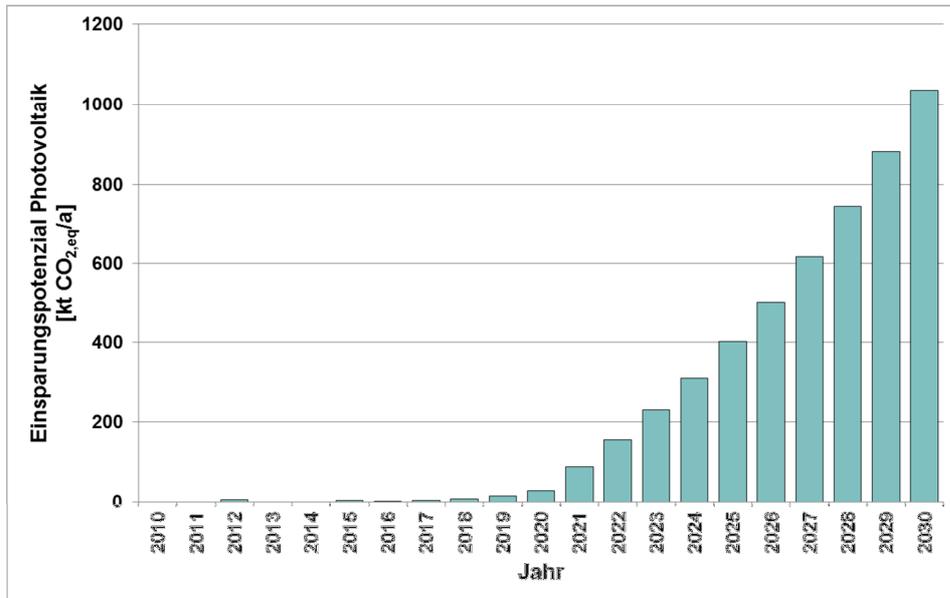


Abbildung 27: THG-Einsparungspotenzial Photovoltaik

Aufgrund der hohen Exportquote werden auch im Ausland Minderungseffekte erzielt, die im Rahmen dieser Studie allerdings nicht berücksichtigt werden können. Des Weiteren trägt die internationale Forschung und Entwicklung maßgeblich zu einer weiteren Verbesserung der Anlagen und des Produktionsprozesses bei und führt in Folge zu niedrigeren Anlagenkosten (vgl. auch Kapitel 6.6.4). Dies unterstützt wiederum eine hohe Anzahl an Neuinstallationen in Österreich.

Der Beitrag am ermittelten Einsparungspotenzial, welcher durch die österreichische Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten erzielt wird, kann aufgrund der komplexen (weltweiten) Zusammenhänge nicht abgeschätzt werden.

Neben den Potenzialen hinsichtlich Treibhausgasminimierung sowie Reduktion weiterer Schadstoffe, welche durch die Energiebereitstellung aus fossilen Brennstoffen verursacht werden, hat die Entwicklung am Photovoltaikmarkt auch wirtschaftlich positive Auswirkungen. Durch die hohe Forschungstätigkeit sowie den produzierenden Sektor werden Arbeitsplätze in Österreich geschaffen. Im Jahr 2012 waren rund 4.850 Personen am Photovoltaik-Markt beschäftigt (Biermayr, et al., 2013).

6.6.8 Ausblick

Wie im vorigen Kapitel erwähnt, liegt das für Österreich abgeschätzte Potenzial für Photovoltaik bei über 20 GW_{peak} installierter Leistung. Es wird davon ausgegangen, dass dieses bis 2050 auch erreicht werden kann (Fechner, Lugmaier, Suna, Resch, Haas, & López-Polo, 2007). Um die zur Verfügung gestellte Energie auch nutzbar zu machen sind jedenfalls auch begleitende Entwicklungen und ein Ausbau in den Bereichen der intelligenten (Übertragungs-)Netze sowie Energiespeicher unumgänglich.

6.7 Windenergie

6.7.1 Einleitung

Die Stromerzeugung mittels Windkraft basiert auf der Energieumwandlung der kinetischen Energie der strömenden Luft (Wind). Mittels eines Rotors wird der Luftstrom abgebremst und die Energie auf den Rotor übertragen, welche genutzt wird, um einen Generator zur Stromproduktion anzutreiben.

Der erste nennenswerte Ausbau der Windkraft begann 1994 im Rahmen einer ersten Förderregelung (Näher, 2010). Im Rahmen des Elektrizitätswirtschafts- und –organisationsgesetzes von 1998 (EIWOG) wurden Einspeisetarife sowie die Abnahmepflicht für Erneuerbare Energien vorgeschrieben. Ein erheblicher Zubau wurde durch Verabschiedung des Ökostromgesetzes von 2002 bewirkt, welches zusammen mit der Ökostromverordnung einen fixen Einspeisetarif über 13 Jahre garantierte.

Durch eine Novelle des Ökostromgesetzes im Jahr 2006 wurden die Förderhöhe sowie die Förderdauer herabgesetzt, wodurch es faktisch zu einem Ausbaustopp kam. Durch neuerliche Änderungen im Ökostromgesetz mit höheren verordneter Einspeisetarife sowie einer Verlängerung der Förderdauer auf den Wert vor 2006 kam es nach 2010 wieder zu einem relevanten Ausbau an Windkraftanlagen. In Abbildung 28 ist die Marktentwicklung (installierte Leistung) für Windkraftanlagen dargestellt.

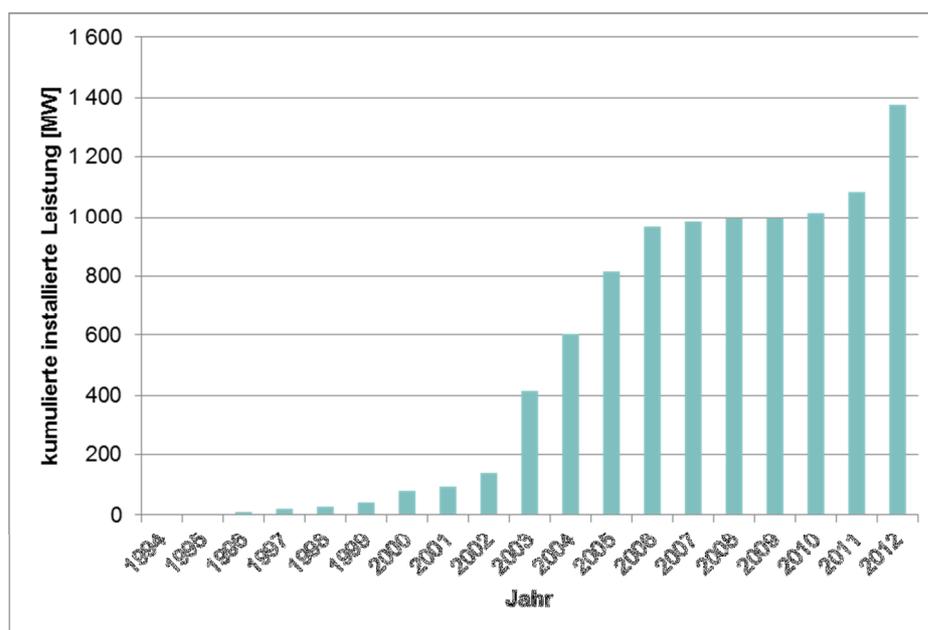


Abbildung 28: Marktentwicklung der Windenergie in Österreich (Quelle: (IG Windkraft))

Im Jahr 2012 waren Windkraftanlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 1.378 MW in Betrieb (IG Windkraft). Die durchschnittliche Anlagengröße, welche im Jahr 2012 installiert wurde, lag bei rund 2,7 MW.

Wie bereits erwähnt, ist derzeit noch eine Förderung notwendig, damit die Anlagen kostendeckend am Markt betrieben werden können. Mit rund 6 bis 8 Eurocent (Kost, et al., 2013) hat die Windkraft allerdings vergleichsweise

niedrige Stromgestehungskosten. Aufgrund zukünftiger Kostensenkungen durch weitere Verbesserungen an Design, Technologie und Materialien wird davon ausgegangen, dass bereits im Jahr 2016 der Großteil der neu installierten Anlagen die Netzparität erreicht (McCrone, 2011).

Aufgrund der Anlagengröße erfolgen Anlagenerrichtung und Betrieb hauptsächlich durch Energieversorgungsunternehmen. Der erzeugte Strom wird direkt in die Mittel- und Niederspannungsnetze eingespeist.

Wirtschaftliche Relevanz für Österreich besteht neben der Errichtung von Anlagen hauptsächlich aufgrund der Herstellung von Systemkomponenten.

6.7.2 **Abgrenzung**

Die in diesem Kapitel diskutierten Potenziale beziehen sich auf moderne Anlagen zur öffentlichen Stromerzeugung; Kleinstanlagen werden hierbei nicht berücksichtigt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass deren Beitrag vernachlässigbar ist (Kaltschmitt & Streicher, 2009).

6.7.3 **Akteure**

Aufgrund der Anlagengröße stellen hauptsächlich Energieversorgungsunternehmen relevante Akteure beim Windkraftausbau dar.

Eine weitere relevante Gruppe ist die Bevölkerung, welche einem weiteren Windkraftausbau aufgrund des relevanten Eingriffes in das Landschaftsbild zunehmend ablehnend gegenüberstehen könnte.

6.7.4 **Forschungsthemen**

In Österreich werden vorwiegend Anlagenkomponenten erzeugt. Im Jahr 2009 waren von den ca. 2.500 Beschäftigten, welche Leistungen für Windkraftanlagen erbringen, rund 135 im Bereich der Forschung tätig (Moidl, et al., 2011).

Internationale Forschungsthemen stellen u.a. Verbesserungen der Windkraftanlagen hinsichtlich Konstruktion, Technologie und Materialien dar, um die Kosten der Anlagen weiter zu senken und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern.

6.7.5 **Wirkung**

Durch die Stromgewinnung aus Windkraft kann der Einsatz fossiler Energieträgern reduziert und die damit verbundenen THG-Emissionen gemindert werden.

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.7.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Aufgrund der Charakteristik der Stromerzeugung aus Windenergie ist nicht davon auszugehen, dass diese in Konkurrenz zu anderen Erneuerbaren Energien oder anderen Innovationspfaden steht.

Die Windenergie hat allerdings wesentliche Effekte auf andere Innovationsbereiche. Aufgrund der teils nur schwer prognostizierbaren und volatilen Stromerzeugung sind für die effektive Nutzung der Windenergie (wie bei der Photovoltaik) maßgebliche Anstrengungen bei Entwicklung und Ausbau von intelligenten Netzen, Übertragungsnetzen und Energiespeichern notwendig.

In Abbildung 29 ist zur Illustration der volatile Verlauf der Stromerzeugung für September 2013 dargestellt (Österreich; Quelle: EEX). Dabei stellen insbesondere die teils steilen Flanken bereits jetzt große Anforderungen an die bestehenden Stromnetze und Erzeugungsstrukturen dar.

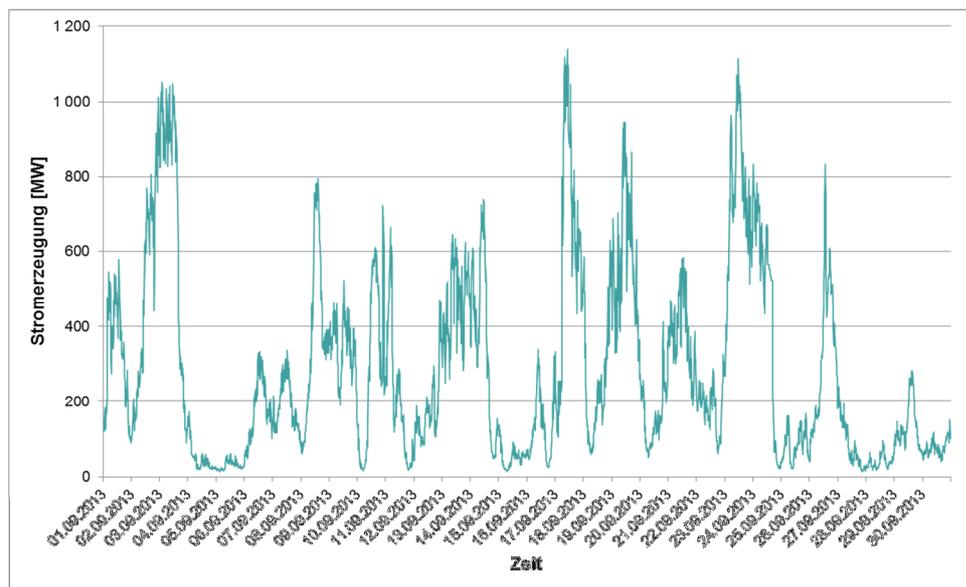


Abbildung 29: Lastgang der Stromerzeugung aus Windenergie in Österreich (September 2013; Quelle: EEX)

Aufgrund der geographisch bedingten Konzentration der Stromerzeugung aus Wind im Osten Österreichs ist es notwendig, die Übertragungsnetze entsprechend auszubauen, um die Energie zum Verbraucher bzw. Speicher (Pumpspeicher) transportieren zu können.

In diesem Kapitel werden sämtliche Potenziale ausgewiesen, die durch die Installation von Windkraftanlagen erzielt werden können. Die notwendigen Technologien zur Übertragung und Speicherung werden dabei als vorhanden unterstellt; deren Beitrag zu den Potenzialen aber nicht gesondert ausgewiesen. Es muss daher festgehalten werden, dass es folglich bei den Potenzialabschätzungen zu Intelligenten Netzen und Speichertechnologien Überlappungen gibt, die zu Mehrfachzählungen von Potenzialen führen.

6.7.7 Potenzialabschätzung

Die Bestimmung des Windenergiepotenziales erfolgt auf Basis eines Vergleiches zwischen dem BAU-Szenario (Business-As-Usual) der *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013) und mit in der Literatur ausgewiesenen Maximal-Potenzialen.

Das BAU-Szenario der Energieszenaren gibt den zu erwartenden Ausbau der Windenergie mit 2.920 MW im Jahr 2020 bzw. 4.010 MW im Jahr 2030 an (siehe auch Abbildung 30).

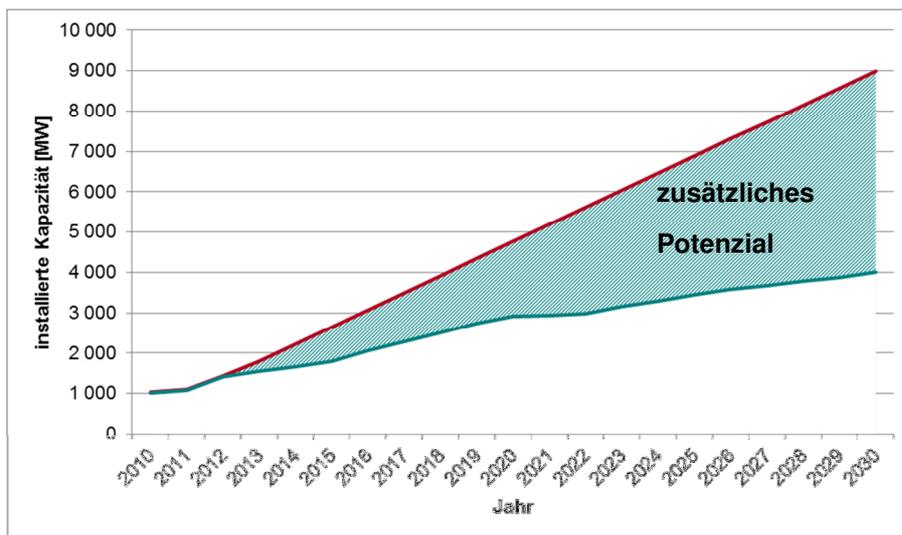


Abbildung 30: Potenzialabschätzung Windenergie

Auf Basis unterschiedlicher Quellen ((Kaltschmitt & Streicher, 2009); (Hantsch & Moidl, 2007) (Energiewerkstatt, RSA-Studio iSpace, Meteotest, Wegener Center, 2009 - 2011); (Krenn, 2011)) wurde das maximal realisierbare Potenzial mit 18 TWh/a abgeschätzt. Dies entspricht – bei durchschnittlich 2000 Vollaststunden pro Jahr ((Hantsch & Moidl, 2007); (Kaltschmitt & Streicher, 2009)) – einer installierten Kapazität von 9.000 MW. Der Vergleich des BAU-Szenarios mit der angenommenen Entwicklung bis zum maximalen Potenzial im Jahr 2030 ist in Abbildung 30 dargestellt; die schraffierte Fläche stellt das mögliche zusätzliche Potenzial dar.

Zur Potenzialabschätzung wurde ein linearer Zuwachs bis zum Maximalpotenzial im Jahr 2030 angenommen. Die Annahme wurde auf Basis der Technology Roadmap – Wind Energy der IEA (IEA - International Energy Agency, 2013) gewählt, welche in den ausgewiesenen Szenarien ein weitestgehend lineares Wachstum bis 2030 angibt.

Aus obigen Annahmen leitet sich für Österreich ein zusätzliches Potenzial von ca. 5.000 MW an installiert Leistung ab. Damit ließen sich im Jahr 2030 rund 9.900 GWh an zusätzlichem Strom erzeugen.

Unter der Annahme, dass damit vornehmlich Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern substituiert wird, ließen sich 3.970 kt an THG-Emissionen einsparen. Über den Betrachtungszeitraum bis 2030 liegt das gesamte

Minderungspotenzial bei rund 35.600 kt CO_{2,eq} (kumulierte Summe; siehe auch Abbildung 31).

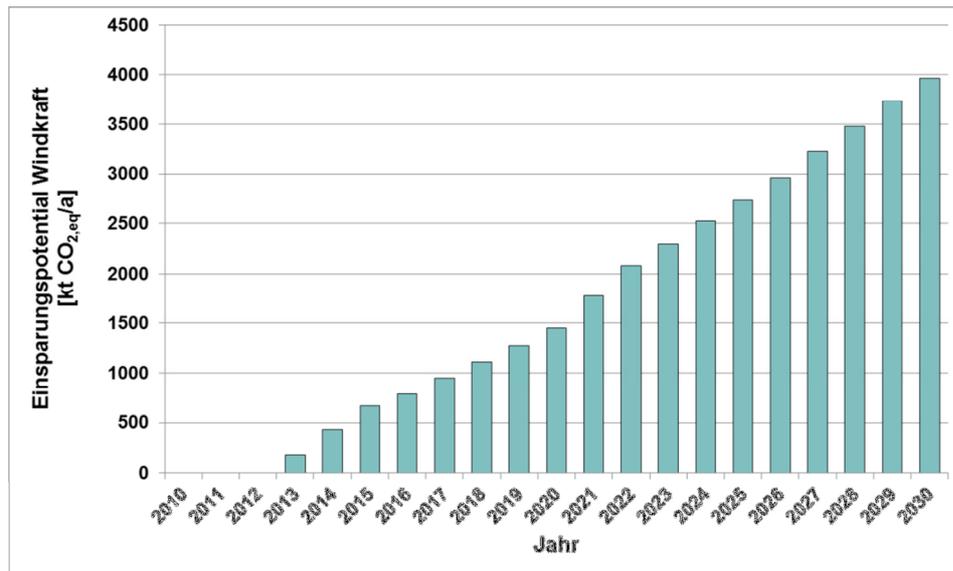


Abbildung 31: THG-Einsparungspotenzial Windkraft

Der Beitrag, welcher durch österreichische Forschungs- und Entwicklungsarbeit erzielt wird, kann daraus allerdings nicht abgeleitet werden. Aufgrund der Tatsache, dass Österreich vorrangig Komponenten für Windkraftanlagen herstellt, ist davon auszugehen, dass der mögliche Beitrag an Entwicklungen der Windkraftanlagen (Technik, Konstruktion, Design) beschränkt ist.

6.7.8 Ausblick

Das österreichische Potenzial ist aufgrund der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Standorte für Windkraftanlagen limitiert. Hierbei spielt auch die Akzeptanz durch die Bevölkerung eine wesentliche Rolle. Steigerungen des Ertrages aus Windenergie über das hier abgeschätzte Potenzial hinaus sind in weiterer Folge nur über eine zunehmende Anlagengröße möglich; sowohl bei Neuerrichtung als auch bei Ersatz bestehender Anlagen.

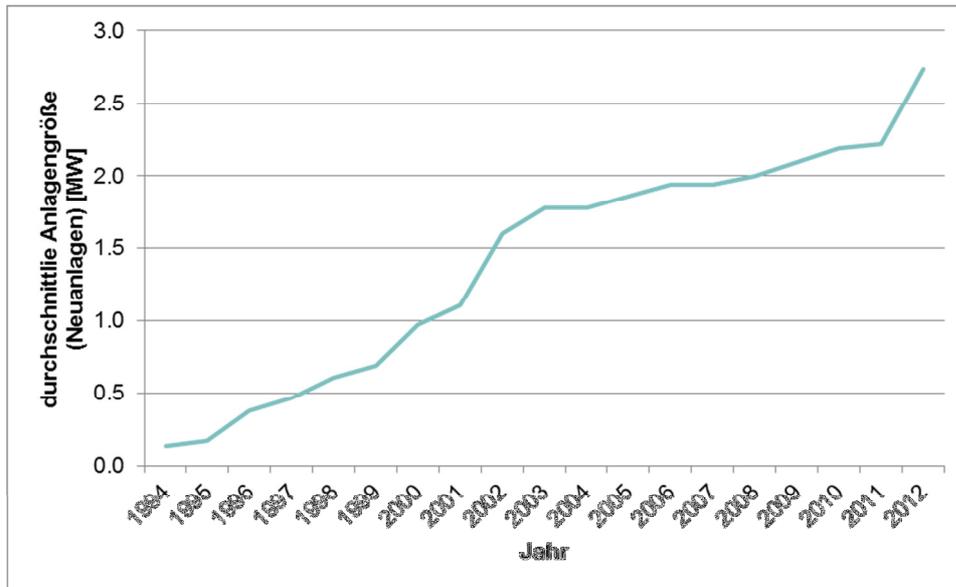


Abbildung 32: Entwicklung der durchschnittlichen Anlagengröße von Neuanlagen (Quelle: (IG Windkraft))

In Abbildung 32 ist die Entwicklung der durchschnittlichen Anlagengröße von installierten Neuanlagen seit dem Jahr 1994 dargestellt. Es ist daher anzunehmen, dass die Leistung zukünftiger Anlagen weiter steigen wird. Themen von Forschung und Entwicklung zielen primär die Kostenreduktion ab, welche durch Verbesserungen an Technik, Design und Materialien erzielt werden kann. Dies ermöglicht einen kostengünstigeren Betrieb (Beitrag für Netz-Anschlusskosten, etc. nehmen anteilmäßig ab) sowie eine bessere Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Standortflächen. Aufgrund der für Erneuerbare Energieträger bereits sehr niedrigen Stromgestehungskosten und der zu erwartenden Kostensenkungen, wird die Netzparität für den Großteil der neu installierten Anlagen für das Jahr 2016 erwartet (McCrone, 2011).

Wegen der volatilen und teilweise schwer prognostizierbaren Stromerzeugung sowie der Konzentration von Anlagen im Osten Österreichs, ist die begleitende Entwicklung und der Ausbau an intelligenten Netzen, Übertragungsnetzen und Stromspeichern unerlässlich.

6.8 Solarthermie

6.8.1 Einleitung

Die aktive Solarthermie, d.h. die Wärmegewinnung aus der kurzwelligen, solaren Einstrahlung basiert auf der direkten Nutzung, der in Wärme umgewandelten Strahlungsleistung der Sonne mit einem aktiv bewegtem Wärmeträgermedium und hat vielfältige Anwendungsbereiche:

- Teilsolare Raumheizung
- Kombinierten Warmwasserbereitung und teilsolare Raumheizung
- Warmwasserbereitung
- Schwimmbadbeheizung
- Bereitstellung von Niedertemperatur-Prozesswärme

- Solare Kälteerzeugung und Gebäudekühlung
- Einspeisung in Wärmenetze

Die Vorteile der Nutzung von Sonnenenergie sind primär die ubiquitäre Verfügbarkeit und das in Bezug auf die Strahlungsleistung enorme Potenzial an erneuerbarer Energie. Der Betrieb ist frei von direkten Emissionen von Treibhausgasen oder Luftschadstoffen vor Ort. Soweit der Anlagenstrom für Regelung und Pumpensysteme aus erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt wird, ist der ein gänzlich CO₂-neutraler Betrieb möglich. Stellt man die rechnerisch vermiedenen Treibhausgasemissionen über den Lebenszyklus den Emissionen durch die übliche Herstellung, Betrieb, Verwertung und Entsorgung gegenüber, ergibt sich in der Regel eine „Amortisationszeit“ unter einem Jahr. Daraus ist auch die Emissionsbilanz über den Lebenszyklus hervorragend.

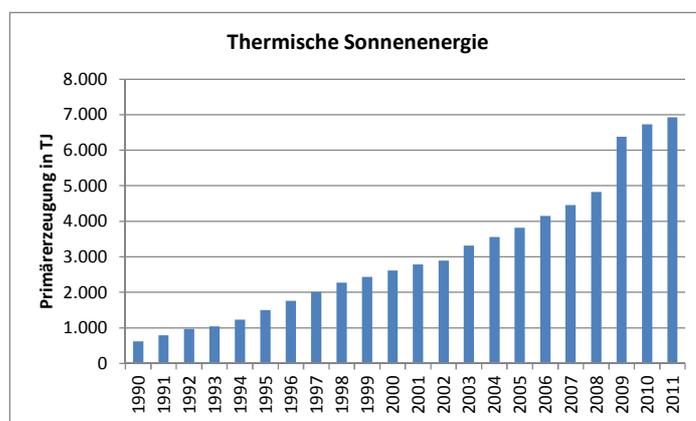


Abbildung 33: Entwicklung der Wärme-Primärerzeugung aus thermischer Sonnenenergie (Quelle: Eurostat)

Die Nachteile liegen vor allem in den wetter-, tages- und jahreszeitabhängigen Erträgen, die meistens nicht mit Lastspitzen des Wärmebedarfes zeitlich übereinstimmt und zum Ausgleich von Verbrauchsschwankungen einen Pufferspeicher benötigt. Die Unterstützung der Wärmebereitstellung ist nur mit Nutzung von Speichertechnologien, welche in einem gesonderten Innovationspfad behandelt werden, zu gewährleisten. Die Nutzungskonflikte mit anderen erneuerbaren Energieträgern, eine suboptimale Ausrichtung der Kollektoren, der niedrige Flächenertrag bei der teilsolaren Raumheizung in den Sommermonaten, unzureichende Effizienz von Flachkollektoren bei Nutzungstemperaturen über 80°C für Prozesswärme, die Integration in bestehende Gebäudehüllen und Heizanlagen, und ein seit fast 15 Jahren fast konstant hohes Preisniveau zählen zu den limitierenden Faktoren der Solarthermie bzw. zu den Herausforderungen der Forschung.

6.8.2 Abgrenzung

In diesem Kapitel werden die Potenziale von Solarthermie für private, öffentliche und industrielle Anwendungen betrachtet. Sanierungen und Modernisierungen zur Heizlastreduktion sowie Technologien zur effizienteren Nutzung von Warmwasser, Prozesswärme, Kälte und Kühlenergie werden in diesem Innovationspfad mitberücksichtigt sofern sie sich auf den

solarthermischen Ertrag auswirken. Die Veränderung nachgelagerter Prozesse benötigt in der Regel eine Anpassung der solarthermischen Anlage zur Ertragsoptimierung. Auch die Emissionswirkung der Veränderung des Strombedarfes durch die Solarthermie ist in die Betrachtung implizit einbezogen. Die Vernetzung mit anderen Wärmeabnehmern oder Wärmebereitstellungsanlagen, die Gebäudeintegration bei Neubau und Sanierung sowie die Speicherung werden primär in anderen Innovationspfaden behandelt.

6.8.3 Akteure

Hauptakteur im Bereich der Solarthermie sind seitens der Bedarfsträger sowohl Privathaushalte, als auch gewerbliche/industrielle Abnehmer bzw. Betreiber von solaren Anlagen. Im gesamten Wirtschaftsbereich Solarthermie sind seitens der Technologieentwicklung die Forschungs- und Entwicklungsinstitutionen und seitens der Technologiebereitstellung die Hersteller und die Installationsunternehmen, sowie die Hersteller von Zubehör und die Anbieter von Nebenleistungen als Akteure zu nennen.

6.8.4 Forschungsthemen

Die Forschungsthemen umfassen, neben werkstoff- und materialbezogenen Verbesserungsstrategien u.a. auch innovative Systemlösungen der Kombination mit alternativen und erneuerbaren Wärmebereitstellungssystemen – mit Berührungspunkten zu anderen Innovationspfaden. Nachfolgend eine Auflistung möglicher Schwerpunkte im Innovationspfad Solarthermie:

- Identifikation und Nutzung von energetischen Verbesserungspotenzialen im Betrieb (Regeltechnik, Wärmespeicherung, Anlageneffizienz)
- Kostensenkung der Herstellung und Errichtung von Kollektoren, Speichern, Komponenten und Gesamtsystemen und
- Integrative Analyse der technologischen Anforderungen für den Einsatz von Solarthermie an Wärme- und Kältebereitstellungssysteme für Dienstleistungs- und Produktionsbetrieben
- Entwicklung von multivalenten Kompaktsystemen inklusive Regelungsoptimierung
- Markt- und Technologieanalysen, Roadmaps, Masterpläne und nationale Umsetzungskonzepte
- Echtzeit-Monitoring des realisierten solarthermischen Ertrages
- Vorausdenkende, aus dem Bedarf lernende Steuerungen mit Nutzung von Wetterprognosen
- Entwicklung von Hochtemperaturkollektoren und –anlagentechnik für die Bereitstellung von Prozesswärme und solarer Kühlung bzw. Kälte
- Kollektortechnologieentwicklung hinsichtlich flexibler einfacher und sicherer Montage am Dach und an Fassaden
- Entwicklung von Hybridkollektoren Solarthermie-PV
- Hydraulik und Regelung von Großanlagen mit Betriebstemperaturen über 80 °C
- Einspeisung in Fernwärmenetze

- Anlagen mit Monatsspeicherung der solaren Wärme
- Kombination mit Wärmepumpen
- Solar Cooling und kombinierte Anlagen für Heizen und Kühlen
- Drain-Back-Anlagen
- Integration von Fassadenkollektoren bei thermischer Sanierung, inklusive Gestaltungs- und Anpassungsoptionen der Kollektoren
- Materialforschung für Kollektoren
- Neue Kollektorkonzepte und -innovationen
- Solarpotenzialanalysen von Siedlungsgebieten mit GIS

Für solarthermische Kollektoren kann bei sommerlicher Nutzung zur Kühlung, Warmwasserbereitung oder Schwimmbadbeheizung und zur winterlichen Nutzung mit Unterstützung der Raumheizung und Warmwasserbereitung ein erheblicher Mehrertrag pro m² Apertur und daher auch ein deutlicher Kostenvorteil erreicht werden.. Gleichzeitig können dadurch Stagnationsprobleme in Anlagen vermieden werden. Solche Anlagen mit einem sehr hohen solaren Ertrag je m² Kollektorfläche haben im Dienstleistungssektor und bei Wohngebäuden ein zunehmendes Potenzial besonders bei Gebäuden deren sommerliche Überhitzung nicht mit passiven Maßnahmen gelöst werden können. Eine andere mögliche Strategie gegen Stagnationsprobleme und die thermische Belastung des Wärmeträgers sind Drain-Back-Systeme. Ein Entwicklungsschwerpunkt der Solarthermie ist insbesondere die Prozesswärme bei Nutzttemperaturen bis unter 200 °C in den Sektoren Dienstleistung und produzierendes Gewerbe – hier existiert ein erhebliches Substitutionspotenzial. Gleichzeitig besteht für die Solarthermie ein technologischer Entwicklungsbedarf hinsichtlich Komponenten und Systemintegration für den Nutztemperaturbereich von 90 bis 200 °C. Da die weitere Verbreitung der Solarthermie stark von der Einbringung entsprechend großer Pufferspeicher in Gebäude abhängt bzw. durch sie begrenzt wird, kann durch die Entwicklung leichter, modular aufbaubarer und kostengünstiger solarthermischer Pufferspeicher die Verbreitung der Solarthermie besonders im Bereich Gebäudesanierung gesteigert werden. Auch die Entwicklung und Verbesserung von kostengünstigen, temperatur- und UV-beständiger Kunststoffkollektoren würde helfen die Solarthermie schneller auszubauen.

6.8.5 Wirkung

Durch Solarthermie kann eine erhebliche Einsparung von Emissionen an Treibhausgasen für das Heizungs- oder Kühlsystem erzielt werden. Die vorgelagerten THG-Emissionen für die Bereitstellung von Anlagenstrom werden bei der verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energieträgern zur Strombereitstellung minimiert.

In diesem Kapitel werden ausschließlich die Potenziale der solarthermischen Nutzung von Kollektoren für die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme und /-kälte sowie Kühlung und die damit verbunden Wirkung auf die Treibhausgas-Emissionen quantifiziert. Effekte auf THG-Emissionen aus der Strombereitstellung, sowie Einsparungseffekte der Fernwärme- oder Fernkälteerzeugung durch solarthermische Anlagen, Wärmenetzeinspeisung oder Energieeffizienzpotenziale der durch Solarthermie betriebenen (industriellen) Prozesse sind nur hinsichtlich Anlagen die nicht im Emissionshandelssystem teilnehmen berücksichtigt.. Andere Auswirkungen auf

Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht. Sie sind aber bei einer im Betrieb vollständig frei von THG-, Feinstaub- und Abgas-Emissionen. Die lautlosen und automatisch arbeitenden Anlagen ohne besondere Risiken für die unmittelbare Umgebung und ohne Einsatz gefährlicher Stoffe und mit überwiegender Wertschöpfung im Inland sind bei effizient arbeitenden Anlagen im Vergleich zu anderen Energieträgern volkswirtschaftlich und aus Sicht der Nachhaltigkeit sehr positiv zu bewerten.

6.8.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Die Solarthermie steht in enger Wechselwirkung mit den weiteren Innovationspfaden für die Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien, da sie in der Regel ein ergänzendes Heizsystem benötigt und für eine effiziente Wirkung eine optimale Integration in das energietechnische System des gesamten Gebäudes notwendig ist:

- Innovationspfad „Biogene Brennstoffe“
- Innovationspfad „Wärmepumpen“

Die Solarthermie bildet auf Grund des enormen Potenzials und der ubiquitären Verfügbarkeit auch einen integralen Bestandteil von Konzepten des Neubaus, der Sanierung sowie der modernen, multifunktionalen Gebäudehüllen und der thermischen Bauteilaktivierung.

- Innovationspfad „Hocheffiziente neue Gebäude“
- Innovationspfad „Gebäudesanierung“
- Innovationspfad „Multifunktionale Fassadensysteme“
- Innovationspfad „Thermische Bauteilaktivierung“

Die thermische Bauteilaktivierung im Neubau und Altbau in Massivbauweise bietet als Niedertemperatur-Flächenheizung hinsichtlich Wärmeverteilsystem das größte Potenzial zur Effizienzverbesserung bei teilsolarer Raumheizung. Zusätzlich bietet die thermische Bauteilaktivierung den Vorteil einer gewissen, zusätzlichen Wärmespeicherung aktiver und passiver, solarthermischer Gewinne bzw. als sommerlicher Überhitzungsschutz. Der solare Pufferspeicher und seine effiziente Einbindung in das Heizsystem gewinnt mit wachsendem solaren Deckungsgrad an Bedeutung als Wärmezentrale von Gebäuden mit intelligenter, schichtungsstabiler Be- und Entladung. Ein wesentliches Hemmnis für die Verbreitung der Solarthermie stellt besonders im Altbau die Einbringung von Pufferspeichern dar, Leichte, modular, aufbaubare, flexibel an das Raumangebot anpassbare, kostengünstige Pufferspeicher könnten die Verbreitung der Solarthermie sehr unterstützen. Der großtechnische Einsatz von Solarthermie für industrielle Prozesse und die spezifischen Anforderungen der Synchronisation von Lastspitzen und solarthermischem Angebot durch Speicherung erzeugt weitere Schnittstellen zu anderen Innovationspfaden. Zudem könnte die Integration solarthermischer Anlagen in Wärme- und Kältenetze durch Lastausgleich und intelligentes Wärmemanagement die effiziente Nutzung der Solarthermie fördern. Bidirektionale Niedertemperatur-Nahwärmenetze und –Mikronetze bieten daher ein erhebliches Potenzial für die Solarthermie.

- Innovationspfad „Energieeffizienz in der Industrie“
- Innovationspfad „Speichertechnologien“

- Innovationspfad „Intelligente Netze“
- Innovationspfad „Smart Cities“

Thermische Solaranlagen mit Photovoltaik für die Solarkreispumpe und für die Steuerung können in Zukunft netzautark einen Teil der Warmwasserbereitstellung übernehmen, da sich das solare Wärmeangebot zeitlich mit dem solaren Stromangebot deckt. Hybridsysteme mit Photovoltaik sind speziell zur effizienten Nutzung der Kollektorflächen teilsolarer Raumheizungen im Sommer und für die Nutzung der der im Winter überwiegend diffusen Einstrahlung bzw. Einstrahlung von zu niedriger Intensität für die Solarthermie interessant. Der thematisch breite Innovationspfad „Smart Cities“ ist ebenfalls mit Solarthermie in Wechselwirkung.

6.8.7 Potenzialabschätzung

Im Bereich der Gebäude bestehen die größten Potenziale der Solarthermie primär bei der Gebäude- und Heizungssanierung, also der kostengünstigen, zuverlässigen und effizienten Integration in Heizsysteme und in die Gebäudehülle. Für diesen komplexen Bereich sind bis 2030 F&E Aktivitäten in Richtung Installation; Produktkombination und Multifunktionalität zu erwarten. Für den Neubau und für die Erneuerung des gesamten Heizsystems im Sanierungsfall werden Entwicklungsarbeiten verstärkt in Richtung kombinierter Kompaktsysteme mit allen anderen Energieträgern erfolgen, da einfache Systeme seitens der Investoren und Errichter/Installateure nachgefragt werden. Solche Systeme weisen einerseits erhebliche Effizienzverbesserungspotenziale durch die Vermeidung von Planungs- und Ausführungsfehlern und von Regelungsproblemen und andererseits Kostensenkungspotenziale auf.

Ergänzende Erklärungen zu Referenzszenario und Grundannahmen zur Potenzialabschätzung sind auf Seite 45 zu finden.

Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 erfolgt durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoring Mechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den vorläufigen Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) in allen energierelevanten Sektoren abzüglich des Emissionshandels (ETS) und des Verkehrs (UMWELTBUNDESAMT 2013c, EEG – ENERGY ECONOMICS GROUP 2013).

Die Differenz der beiden Szenarien liegt in den ausgewählten Sektoren bei rund 3,6 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030 und etwa 30,0% ($\pm 10,0\%$) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-Reduktionspotenzial durch Solarthermie im privaten, gewerblichen und industriellen Bereich. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad „Solarthermie“ nach Expertenschätzung davon etwa 10,0% ($\pm 1,5\%$) zugerechnet werden.

der Wärmequelle regeneriert sich dabei primär über die Erdoberfläche und nicht aus dem Erdinneren geothermisch. Vor allem der Absatz von Luft/Wasser-Wärmepumpe wuchs in den letzten Jahren, und hatte 2009 bereits einen Anteil von 30% aller in Österreich installierten Heizungswärmepumpen [Lutz, 2009].

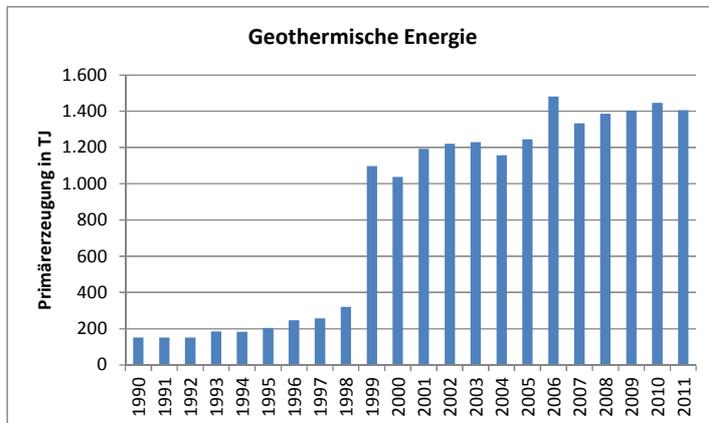


Abbildung 35: Entwicklung der Wärme-Primärerzeugung aus Geothermie (Quelle: Eurostat)

Wärmepumpen nehmen über ein Kältemittel Wärme aus der Umgebung auf und heben dieses mittels elektrischer Antriebsenergie auf ein höheres Temperaturniveau. Die Leistungsfähigkeit wird als Jahresarbeitszahlen gemessen, wobei eine Jahresarbeitszahl von 4 bedeutet, dass mit einem Teil – normalerweise elektrischer - Antriebsenergie das 4-fache an Nutzenergie erzeugt werden kann.

Die Nutzung der Erdwärme unterscheidet sich in oberflächennahe Geothermie und tiefe Geothermie, wobei die tiefe Geothermie auch zur Stromproduktion geeignet sein kann, wenn Temperaturen deutlich über 100 °C zur Verfügung stehen

Die oberflächennahe Geothermie bis zu 400 m Tiefe wird meist für Wärmepumpen zur Gebäudeheizung in Privathaushalten, für U-Bahnen oder im Straßenbau eingesetzt. Die tiefe Geothermie im Bereich von 2.000 bis 3.000 m ist auf Grund der höheren Temperaturdifferenz zur direkten, industriellen Nutzung geeignet und kann ab 150 °C auch im kleineren Umfang jedoch effizient zur emissionsfreien Stromgewinnung beitragen.

Die Vorteile der Nutzung von Umgebungswärme und tiefer Geothermie liegen vorwiegend in der kontinuierlichen Verfügbarkeit mit Fähigkeit zur Grundlastdeckung und der praktisch nahezu gültigen Unerschöpflichkeit. Die Effizienz ist groß und der Betrieb ist emissionsarm, wenn die Tiefengewässer ohne Druckentspannung wieder rückgeführt werden.

Die Investitionskosten für Geothermie gepaart mit einem hohen Risiko für Sondierungen und Standortsuche, die vor allem bei großtechnischen Lösungen lange Realisierungszeiträume bedingen, sind klare Nachteile. Seismische Störungen stellen eine weitere Risikogruppe der tiefen Geothermie dar.

Aus systemischer Sicht ist konventionelle Energie notwendig, um Wärmepumpen zu betreiben, die nicht immer aus erneuerbarer Energie oder der geothermischen Quelle selbst bereitgestellt werden kann, jedoch durch den zunehmenden Einsatz von elektrischer Energie aus Erneuerbaren und Effizienzverbesserungen bei fossil betriebenen Umwandlungsanlagen langfristig

an Treibhausgasintensität verlieren wird. Der Einsatz von konventionellen Sicherheitskältemitteln kann auf Grund erhöhter Wirkung als Treibhausgase klimarelevant sein. Die Anzahl der jährlich neu installierten Heizungswärmepumpen – überwiegend im Einfamilienhaus-Neubau und im Passivhäusern erreicht bis 2030 beachtliche Werte.

Die Nutzung von erneuerbarer Umgebungswärme sowie von Abwärme mit Wärmepumpen wird sich bis 2030 deutlich erhöhen und auch in bisher kaum bekannte Einsatzbereiche (Industrie, Nah- und Fernwärmenetze) erweitert. Auch die Erschließung neuer Wärmequellen bzw. die effiziente Nutzung bekannter, verfügbarer Wärmequellen ist ein wichtiger Forschungsschwerpunkt in Zusammenhang mit Wärmepumpen. Als Beispiel für neue Wärmequellen seien dazu der Bereich Abwasser, Abfall oder öffentliche Räume in Städten genannt. Beispiele für die Weiterentwicklung effizienter Gesamtsysteme sind Außenluftwärmepumpen, die im Bereich der Sanierung sehr stark an Bedeutung gewonnen haben. Es ist zu erwarten, dass sich aus ökonomischen und technischen Gründen dieser Trend fortsetzt.

6.9.2 Abgrenzung

Der Innovationspfad Wärmepumpen beschreibt die Nutzung von Umgebungswärme aus Luft, Wasser, Erde, berücksichtigt jedoch auch die Nutzung der tiefen Geothermie (<400m). In der Potenzialabschätzung werden jedoch nur die Kleinanlagen berücksichtigt, das heißt die gewerbliche Wärme- und Stromgewinnung mit geothermalen Kraftwerken ist nur in sehr vorsichtigem Umfang berücksichtigt, da es derzeit nicht absehbar ist, in welchem Maße diese Form der Energiegewinnung für Österreich langfristig von Bedeutung ist bzw. die Nutzung des Potenzials realisiert werden kann. Emissionen aus dem Strombedarf dieser Anlagen sind nur hinsichtlich Umwandlungsanlagen im Non-ETS berücksichtigt.

6.9.3 Akteure

Wärmepumpen sind sowohl für Sanierung und Neubau von Ein- Zwei- und Mehrfamilienhäusern, als auch bei Dienstleistungsgebäuden, Museen, Hotels, Lagerhallen, Schwimmbädern, etc. geeignet. Erdwärmepumpen mit Kollektoren oder Sonden kommen vor allem im ländlichen und suburbanem Raum zum Einsatz, Luft-Wasser-Wärmepumpen jedoch sowohl im urbanem als auch ländlichen Raum.

Hauptakteur im Bereich der Wärmepumpen sind daher Privathaushalte, als auch Bauträger, und-Architekten. Im gesamten Sektor der Wärmepumpen sind dies seitens der Technologieentwicklung die Forschungs- und Entwicklungsinstitutionen und seitens der Technologiebereitstellung die Hersteller von unterschiedlichen Wärmepumpenarten, Erdkollektoren, Tiefensonden, Brunnen, sowie Anlagenzubehör und Nebenleistungen. Für die Errichtung und Wartung der Wärmepumpenanlagen inklusive Wärmequellenanlagen wie z.B. Erdkollektoren (Erdaushub, Tiefenbohrung) sind die jeweils zuständigen gewerblichen Fachbetriebe und besonders die Installationsfirmen als weitere Akteure zu nennen.

6.9.4 Forschungsthemen

Um den steigenden Trend in Richtung Wärmepumpen fortzusetzen sind technologischen Entwicklungen erforderlich wie z.B. Hochtemperaturkältemittel und klimafreundliche, natürliche Kältemittel als Ersatz für synthetische Sicherheitskältemittel mit hohem GWP. Klimaschonende Kältemittel werden in Zukunft an Bedeutung gewinnen und mit der Entwicklung neuer Wärmepumpen verbunden sein.

Eine besondere Bedeutung werden Erdsonden (Tiefbohrungen, hauptsächlich zwischen 20 und 100 m) erlangen. Durch ihren relativ geringen Flächenbedarf und ihre Eignung zum Einsatz für die sommerliche Kühlung mit gleichzeitiger thermischer Regeneration, wird diese Wärmequelle vermutlich an Marktanteil gewinnen. Möglicherweise kann sich dieses Wärmequellensystem auch im urbanen Bereich durchsetzen. Jedenfalls wird an Wärmepumpenanlagen unabhängig vom Wärmequellensystem zunehmend die Anforderung der hydraulischen Umschaltung auf Kühlbetrieb im Sommer gestellt werden. Absorptionskältemaschinen können punktuell bei größeren Leistungen und verfügbaren Temperaturen über 120 bis 150°C wirtschaftlich aus Solarthermie, Abwärme oder Fernwärme Kälte bzw. Gebäudekühlung liefern. Mit Adsorptionskältemaschinen gelingt das bereits mit Wärmequellen ab 60 bis 80 °C.

Mögliche Forschungsbereiche können sein:

- Kombination von Wärmepumpensystemen mit anderen erneuerbaren Energietechnologien (Solarthermie, Geothermie, Biomasse, Photovoltaik)
- Entwicklung von Pufferspeicher-Wärmezentralen für Heizung, Kühlung und Warmwasser mit Wärmepumpen
- Technologie der Tiefbohrung und der Erdsonden
- Passivhauskompaktgeräte und Abluftwärmerückgewinnung, auch bei dezentralen Lüftungsanlagen
- Steigerung der Jahresarbeitszahlen durch Verbesserung der Wärmepumpentechnologie und Anlagentechnik auf Seite der Wärmequellenanlage und der Einbindung in ein Heizsystem und Wärmespeichern
- Entwicklung von Wärmepumpen für natürliche oder klimaschonende Sicherheitskältemittel
- Klimawärmepumpen als Alternative zu Stromheizungen
- Alternative Antriebsenergien (z.B. Biogas, oder flüssige Biobrennstoffe)
- Nutzung neuer Wärmequellen, z.B. Abwärme, Abwasser Etablierung von Großwärmepumpen, für verschieden Temperaturbereiche und dynamische Änderungen der Wärmenachfrage und des Wärmeangebotes
- Geothermie-Grundlagenforschung zur Geologie und Sondierung, Risikoforschung und -prävention und zur Technologie, insbesondere bei KWK Anlagen (Clausius-Rankine-, Stirling-, Kalina-Prozesse)
- Ausbau geothermaler Kraftwerke: In Österreich gibt es 17 Geothermieanlagen, jedoch nur zwei als KWK Anlagen

6.9.5 Wirkung

Wärmepumpen benötigen Antriebsenergie, welche zumeist aus fossilen Energiequellen stammt, diese dient jedoch dazu ein Mehrfaches an erneuerbarer Energie aus der Umgebungswärme zu nutzbar zu machen. Wird der Antriebsstrom aus erneuerbaren Energieträgern gedeckt, erfolgt die Energiegewinnung mittels Wärmepumpen ohne CO₂-Emissionen freizusetzen, womit ein zu 100% erneuerbare Energiebereitstellung zur Verfügung steht,

Durch die Nutzung von Wärmepumpen kann der Einsatz fossiler Energieträgern reduziert und die damit verbundenen THG-Emissionen deutlich gemindert werden, besonders wenn die Jahresarbeitszahl der Anlage über vier liegt. Die Effizienz des Gesamtsystems im tatsächlichen Betrieb über ein Jahr ist daher stärker zu beachten. Zudem ist anzumerken, dass eine Beheizung mittels Wärmepumpen keine Feinstaub und Rauchgasbelastung mit sich bringt, und somit vor Ort umwelt- und gesundheitsschonend wirkt.

6.9.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Wärmepumpen lassen sich sowohl in Neubau als auch Altbau einsetzen, und stehen damit in Wechselwirkung mit den Innovationspfaden:

- Hocheffiziente neue Gebäude
- Gebäudesanierung
- Thermische Bauteilaktivierung
- Die thermische Bauteilaktivierung beim Neubau und Altbau in Massivbauweise bietet als Niedertemperatur-Flächenheizung hinsichtlich des Wärmeverteilsystems ein erhebliches Potenzial zur Errichtung hocheffizienter Wärmepumpen. Zusätzlich bietet die thermische Bauteilaktivierung den Vorteil einer gewissen, zusätzlichen Wärmespeicherung innerer und außeninduzierter Gewinne bzw. als sommerlicher Überhitzungsschutz. Da Wärmepumpen auch als Kältemaschinen nutzbar sind, können Niedrigenergiegebäude mit thermischer Bauteilaktivierung und Energiepfählen in der Gründung in Zukunft sehr effizient beheizt und gekühlt werden bzw. in intelligente Wärmenetze eingebunden werden. Auch der Innovationspfad „Energieeffizienz in der Industrie“ könnte die vermehrte Nutzung von Wärmepumpen vorsehen, vor allem in Richtung Abwärmenutzung. Bidirektionale Niedertemperatur-Nahwärmenetze und –Mikronetze bieten ebenfalls ein erhebliches Potenzial für Wärmepumpen. Wärmepumpen und Kältemaschinen können in Verbindung mit Pufferspeichern für die Wärmeversorgung in elektrischen Smart Grids eine wichtige Regelungsfunktion übernehmen. Somit besteht auch zu den folgenden Innovationspfaden ein Konnex: Innovationspfad „Energieeffizienz in der Industrie“
- Innovationspfad „Speichertechnologien“
- Innovationspfad „Intelligente Netze“
- Innovationspfad „Smart Cities“

Für Großwärmepumpen sind neben der industriellen Anwendung die Themen rund um Fernwärmenetze, Speichertechnologien und intelligente thermische

und elektrische Netze von Bedeutung, und in weiterer Folge daraus die Berücksichtigung im Themenfeld Smart Cities.

6.9.7 Potenzialabschätzung

Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 erfolgt durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoring Mechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den vorläufigen Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) in allen Sektoren abzüglich des Emissionshandels (ETS) und des Verkehrs (Umweltbundesamt 2013c, Eeg – Energy Economics Group 2013).

Ergänzende Erklärungen zu Referenzszenario und Grundannahmen zur Potenzialabschätzung sind auf Seite 45 zu finden.

Die Differenz der beiden Szenarien liegt in den ausgewählten Sektoren bei rund 3,6 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030 und etwa 20,0% (±12,5%) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-Reduktionspotenzial durch Wärmepumpen im privaten, gewerblichen und industriellen Bereich. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad „Wärmepumpen“ nach Expertenschätzung davon etwa 20,0% (±1,5%) zugerechnet werden.

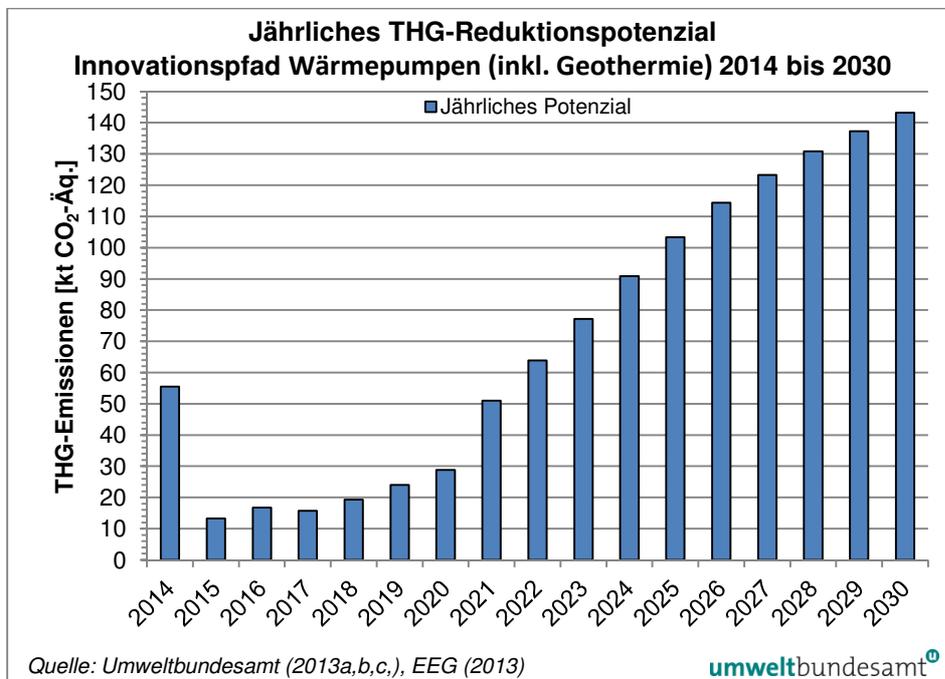


Abbildung 36: Jährliches THG-Reduktionspotenzial Innovationspfad Wärmepumpen (inkl. Geothermie) 2014 bis 2030

Daraus resultiert für den Innovationspfad „Wärmepumpen“ für das Jahr 2030 ein Reduktionspotenzial von rund von rund 143,2 (±3,6) kt CO₂-Äq. (siehe

Abbildung 36), kumuliert bis 2030 ergibt sich ein Potenzial von 1.208 kt CO₂-Äq. Das theoretische sehr hohe, zusätzliche Potenzial der Geothermie wurde bei den 143,2 kt CO₂-Äq. nicht berücksichtigt. Emissionseffekte aus der Strombereitstellung für Wärmepumpen und Geothermie-Anlagen sind nur hinsichtlich Non-ETS Anlagen berücksichtigt.

Eine Studie des Bundesverband Wärmepumpe [Lutz, 2009] setzt sich mit der Frage des Wärmepumpen Potenzials bis 2050 auseinander, und schätzt das bis 2030 der Beitrag von Wärmepumpen zur Deckung des Energiebedarfes für Raumheizung etwa 30% ausmacht. Würde man für die Potenzialabschätzung diesen Wert als Maximalpotenzial heranziehen, würde das in einem weitaus höheren CO₂-Reduktionspotenzial resultieren.

6.9.8 Ausblick

Die Nutzung der Umgebungswärme und Abwärme mittels Wärmepumpen weist ein erhebliches Anwendungspotenzial und auch ein erhebliches Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Effizienz der Gesamtanlagen auf. Etwas vermindert wird dieses Potenzial durch zusätzliche Emissionen aus fossilen Kraftwerken zur Strombereitstellung. Gegenüber der ebenfalls sehr klimafreundlichen Solarthermie besteht jedoch die Möglichkeit ein monovalentes bzw. ein Back-up Heizsystems beim Einsatz von Wärmepumpen einzusetzen. Die Nutzung der Geothermie ist aus heutiger Sicht mit erheblichen Unsicherheiten seitens des realisierbaren Potenzials behaftet. Ähnlich wie bei der Solarthermie und bei der Umgebungswärme sind die technischen Potenziale beachtlich und stellen daher langfristig eine wichtige Option dar. Auch die Nachbarländer Schweiz und Deutschland setzen langfristig stark auf die Option Geothermie bei der Wärmeversorgung. Um diese Potenziale auch tatsächlich nutzen zu können, wird F&E&D in allen Aspekten benötigt, also nicht nur in rein technischen Fragen, sondern auch in der Grundlagenforschung und hinsichtlich der ökologischen und geologischen Risiken.

6.10 Speichertechnologien

6.10.1 Einleitung

Bei der Transformation des Energiesystems steht durch den steigenden Anteil erneuerbarer Energie in der Bereitstellung sowie durch intelligentes Energiemanagement und durch Vernetzung von Gebäuden und Energieanlagen zunehmend die Speicherung von Energie im Mittelpunkt der Systeme und der Forschungsprojekte.

6.10.2 Abgrenzung

Dieses Kapitel betrachtet sämtliche Speichertechnologien, die bei der Strom- und Wärmespeicherung zur Anwendung kommen bzw. kommen könnten. Dazu zählen im Wärmebereich aktive und passive Wärmespeichersysteme, Niedertemperaturspeichersysteme, kurzfristige, mittelfristige und saisonale Speicherung von Erneuerbarer Energie und von Abwärme. Im Strombereich

sind dies Pumpspeicherung und neue chemische und physikalische Systeme zur Speicherung elektrischer Energie.

Die elektrische Speicherung von Energie in Fahrzeugen und die Speicherung von fossilen Energieträgern ist nicht Gegenstand dieses Innovationspfades.

6.10.3 Akteure

Das Feld der Akteure und Anwendungen im Bereich der Speichertechnologien ist insbesondere seitens der Bedarfsträger weit gefasst. Hier sind sowohl private als auch gewerbliche und industrielle Anwendungen aller Wirtschaftssektoren zu nennen. In der Entwicklung neuer Speichertechnologien sind dies Unternehmen und Institutionen, die an der Forschung und Entwicklung neuer Technologien arbeiten bzw. das Patentwesen. Seitens der Technologiebereitstellung sind dies die Hersteller der jeweiligen thermischen und elektrischen Speichersysteme. Eine große Rolle spielen dabei Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber.

6.10.4 Forschungsthemen

Die Intensivierung der thermischen Speicherung steht erheblichen Herausforderungen hinsichtlich Energiedichte, Umwandlungseffizienz, Langzeitverluste, Strömungsoptimierung bei Fluiden, Lebensdauer und spezifische Speicherkosten gegenüber. Bei der Solarthermie hat die saisonale Speicherung mit ihrer geringen Anzahl an Zyklen und hohen Anforderungen an die Qualitätssicherung und Systemoptimierung das größte Potenzial. Die aktive thermische Speicherung in einem eigenen Speichermedium wird durch passive Speicherung in Gebäuden mit massiven Bauteilen und Fundamenten ergänzt (siehe Innovationspfad „Thermische Bauteilaktivierung“). Bei allen dezentralen Umwandlungstechnologien zur Wärmebereitstellung, aber insbesondere für Solarthermie, Wärmepumpen und Biomasse sind aktive Speicher ein wesentlicher Bestandteil, um die Effizienz bzw. den erneuerbaren Deckungsgrad im Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage Betrieb anzuheben. Die Bedeutung der Wärmespeicherung steigt besonders bei Solaranlagen mit hohem solaren Deckungsgrad. Für Biomassekessel und Wärmepumpen senkt ein Pufferspeicher primär die erforderliche zusätzliche Nennwärmeleistung für die Warmwasserbereitung und die Anzahl der Anlagenstarts bei niedriger Last und Bereitschaftsverluste.

Auch bei KWK Anlagen und insbesondere bei Mikro-KWK Anlagen sind thermische Speicher für deren Gesamtwirtschaftlichkeit von Bedeutung um die Nutzung der Wärme zu sichern bzw. anzuheben. Natürlich besteht auch bei zentralen großen KWK Anlagen und Heizanlagen, industrieller Abwärme oder Geothermie ein erhebliches energiewirtschaftliches Effizienzpotenzial im Ausgleich der Lastgänge der Wärmenachfrage bzw. zwischen der Strom- und Wärmebereitstellung.

Zukünftige bidirektionale Niedertemperatur-Wärmenetze benötigen auch ein intelligentes Wärmemanagement aktiver dezentraler bzw. zentraler Speicher. Diese Netze erlauben es den Wärmepumpen und der Solarthermie in

Verbindung mit Niedertemperatur-Wärmeabgabesystemen sehr hohe spezifische Kollektorträge bzw. Jahresarbeitszahlen zu realisieren.

Thermische „Smart Grids“ und die saisonale Speicherung sind in Österreich noch weitgehend ungenutzte Einsatzfelder für die Solarthermie. Es ist jedoch zu erwarten, dass diese Technologien bis 2030 an Bedeutung gewinnen werden und damit auch zur verstärkten Nutzung und Verbreitung der Solarthermie beitragen. Der Einsatz der solaren Kühlung wird aus Gründen wachsender Komfortansprüche und klimatischer Änderungen besonders im Dienstleistungssektor zunehmen. Ähnlich wie bei der Prozesswärme stehen der Marktdurchdringung zwei technologische Hemmnisse gegenüber. Erstens fehlen effiziente, kostengünstige und zuverlässige Kollektoren und Betriebskomponenten für Temperaturen bis zu 200 °C und zweitens fehlt das Wissen zur effizienten Anlagenintegration und zur regelungstechnischen Optimierung.

Im Bereich der elektrischen Speicherung wird in Österreich primär an die Pumpspeicherung gedacht. Natürlich kann man hier bestehende Anlagenkapazitäten ausbauen bzw. versuchen, deren Effizienz zu steigern. Eine langfristige oder gar saisonale Speicherung wie sie für hohe Anteile der Windkraft und besonders der Photovoltaik notwendig ist, würde jedoch die notwendigen Speicherkosten und die vorhandenen Kapazitäten der Pumpspeicherkraftwerke bei weitem übersteigen. Langfristige kooperative Forschung mit anderen Europäischen Ländern könnte eine sinnvolle Antwort darauf sein. Synthetisches Methan aus erneuerbarer Energie erscheint derzeit aus technologischer Sicht (verlustfreie Langzeitspeicherung, hohe Energiedichte, bekannte technologische Sicherheitsrisiken wie bei Erdgas, hohe Flammentemperatur für industrielle Prozesse, vorhandene Infrastruktur für die unterirdische Speicherung und in der Netzstruktur, verfügbare Technologie für Fahrzeuge und Tankstellen, interessante dezentrale Nutzung in Brennwertgeräten für Heizen, Kochen und Warmwasser, effiziente und wartungsarme SOFC Brennstoffzellen) die aussichtsreichste Technologie zu sein. Die Speicherung elektrischer Energie ist natürlich auch ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit elektrischen Smart Grids.

6.10.5 Wirkung

Durch den Einsatz von verbesserten Speichersystemen wird die Wirtschaftlichkeit und Konkurrenzfähigkeit von erneuerbaren Strom- und Wärmebereitstellungstechnologien mit starken wetter-, tages- und jahreszeitabhängigen Output-Schwankungen deutlich verbessert bzw. die Entwicklung und Wirtschaftlichkeit von zukünftigen Systemen zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfs erst ermöglicht bzw. sichergestellt.

6.10.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Speichertechnologien stehen durch ihre Einwirkung auf eine Vielzahl an Wirtschaftssektoren in tlw. starker Wechselwirkung mit weiteren Innovationspfaden:

- Innovationspfad „Hocheffiziente neue Gebäude“

- Innovationspfad „Biogene Brennstoffe“
- Innovationspfad „Photovoltaik“
- Innovationspfad „Windenergie“
- Innovationspfad „Solarthermie“
- Innovationspfad „Wärmepumpen“
- Innovationspfad „Energieeffizienz in der Industrie“
- Innovationspfad „Intelligente Netze“
- Innovationspfad „Smart Cities“

6.10.7 Potenzialabschätzung

Die Potenziale der Speichertechnologien wurden aus systematischen Gründen nicht gesondert ermittelt, sondern sind in den, durch sie bewirkten Effizienzverbesserungen und Potenziale der anderen Innovationspfade enthalten.

Der Wärmespeicher wird zentrales Element der Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energieträgern und gebäudeübergreifende Wärmenetze. Er ermöglicht dezentral eine große Einsparung an Treibhausgasemissionen durch Effizienzverbesserung von Umwandlungstechnologien vor Ort und durch die zeitlich Verschiebung der Erträge aus der Umwandlung und oder von Überschüssen bis zum Zeitpunkt der Nutzung. Die Verknüpfung von lokalen Speichern mit Energienetzen oder die Nutzung von großtechnischen Speichern (z.B. Pumpspeicherkraftwerke) über die Netzanbindung an Smart-Grids im Bereich der Photovoltaik und Windkraft machen Speichertechnologien zum integralen Bestandteil der Energiesysteme der Zukunft.

6.10.8 Ausblick

Die zukünftige Bedeutung von Energiespeichern und die Forschungsschwerpunkte hängt von der Art des zukünftigen Energieträgerspektrums der Erneuerbaren und von der qualitativen und quantitativen Implementierung von thermischen und elektrischen Smart Grids ab. Jedoch gilt auch umgekehrt, dass wesentlich Verbesserungen und Innovationen bei Energiespeichern auch die jeweilige Technologieentwicklung der Erneuerbaren und der Netze stark beeinflussen kann. Eines von vielen Beispielen ist die Verbesserung der Einbringung von großen, kostengünstigen Pufferspeichern bei der Gebäudesanierung mit Solarthermie und hohem solaren Deckungsgrad. Energiespeicher stellen also in jedem Fall eine Schlüsseltechnologie für alle Erneuerbaren und für Netze dar. Voraussetzung dafür sind die qualitative Verbesserung und die Leistungssteigerung der bestehenden Technologien und die Förderung von Innovationen und Grundlagenforschung.

6.11 Bioraffinerie

6.11.1 Einleitung

Unter Bioraffinerie versteht man allgemein eine Versuchsanlage, welche die Herstellung von Brenn- und Treibstoffen sowie weiteren Produkten aus biogenen Rohstoffen ermöglicht. Die Bezeichnung basiert darauf, dass ein Großteil des möglichen Produktspektrums jenem konventioneller Raffinerien entspricht. Gleichzeitig sollen dabei die vorhandenen Biomasseressourcen stofflich und energetisch möglichst effizient genutzt werden.

Im Rahmen dieses Kapitels wird vornehmlich auf die Möglichkeit der Produktion von Brenn- und Treibstoffen eingegangen. Vision hinsichtlich eines zukünftigen Einsatzes an Bioraffinerien sind, dass sämtliche Produkte, die auf den Einsatz fossiler Rohstoffe angewiesen sind, durch nachwachsende Ressourcen ersetzt werden können.

Die Brenn- und Treibstoffe, welche mittels Bioraffinerie hergestellt werden können umfassen im Wesentlichen Treibstoffe der 2. Generation (synthetische Treibstoffe sowie Treibstoffe aus der Direktverflüssigung), Biomethan und Wasserstoff.

Der Großteil der möglichen Technologien befindet sich derzeit noch in der Forschungs- oder Demonstrationsphase.

6.11.2 Abgrenzung

Unter Bioraffinerie werden grundsätzlich sämtliche Verfahren zusammengefasst, welche Brenn- und Treibstoffe sowie sonstige Produkte aus Biomasse erzeugen. Im Rahmen dieses Berichtes wird dabei besonders die Energiebereitstellung in Form von Brenn- und Treibstoffen der 2. Generation berücksichtigt.

Brenn- und Treibstoffe der 1. Generation (z.B. Rapsmethylester) werden in Kapitel 6.5 behandelt.

6.11.3 Akteure

Die Energiebereitstellung aus biogenen Treib- und Brennstoffen der 2. Generation umfasst einen großen Pool an Akteuren. Dieser konzentriert sich derzeit noch hauptsächlich auf Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten zur Entwicklung der benötigten Technologien und Verfahren.

In weitere Folge sind bei erfolgreicher Umsetzung sowohl landwirtschaftliche und industrielle Produktion betroffen sowie sämtliche Verbraucher, welche die biogenen Brenn- und Treibstoffe sowie allfällige weitere Produkte einsetzen.

Aufgrund der Natur der Produkte der Treib- und Brennstoffe ist der Hauptkonsument der Verkehr, da die Produkte in näherer Zukunft dem konventionellen Kraftstoffen (welche aus Erdöl hergestellt werden) beigemischt werden soll.

Ähnlich den biogenen Brennstoffen besteht auch in diesem Fall – auch wenn in diesem Fall weitere Rohstoffquellen erschlossen werden können – eine Problematik hinsichtlich der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Anbauflächen und der daraus folgenden Konkurrenz mit anderen land- und forstwirtschaftlichen Produkten (z.B.: Lebensmittel, Futtermittel, Rohstoffe).

6.11.4 Forschungsthemen

Bei den Verfahren sowie Produkten von Bioraffinerien handelt es sich zu einem Großteil um Technologien, welche noch nicht am Markt etabliert sind. Damit ist noch ein umfassender Forschungsbedarf von der Herstellung bis zum konkreten Einsatz gegeben.

Aus österreichischer Sicht scheint derzeit Entwicklungen in den Bereichen der synthetischen Treibstoffe sowie Bioethanol aus lignozellulosen Rohstoffen die größte Bedeutung zuzukommen (Jungmeier, et al., 2009).

Eine Technologie, welche bereits Marktpotenzial besäße, ist die Dieselherstellung mittels NExBtl (Neste Oil, 2008). In Österreich war die Errichtung einer Anlage mit rund 200 kt Kapazität geplant, welche allerdings bis jetzt nicht errichtet wurde.

In Österreich sind die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten über das „Netzwerk Biotreibstoffe“ koordiniert (Bioenergy 2020+, 2013).

6.11.5 Wirkung

Die Wirkung bei biogenen Brenn- und Treibstoffen der 2. Generation beruht auf der Substitution von fossilen Energieträgern und der damit verbundenen Minderung fossiler THG-Emissionen.

Obwohl biogene Brenn- und Treibstoffe der 2. Generation die Nutzung zusätzlicher Rohstoffquellen (z.B. biogene Abfälle und Reststoffe) ermöglicht, bleibt dennoch die Problematik der Konkurrenz von Anbauflächen für Nahrungs- und Futtermittel sowie Rohstoffen bestehen. Daher muss wie bei der direkten Verbrennung ebenfalls die Nachhaltigkeit gewährleistet sein, um die gewünschten Minderungseffekte zu erreichen.

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.11.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Durch die Energiebereitstellung aus Biomasse sind Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden denen aus der direkten Verbrennung von Biomasse ähnlich. Die Innovationspfade sind die direkte Verbrennung von Biomasse, Intelligente Netze, Energieeffizienz in Gebäuden und in der Industrie.

Der Bezug zu den intelligenten Netzen besteht bei Verbrennung der erzeugten Brennstoffe im Rahmen einer dezentralen Einspeisung von Wärme und Strom in lokale Netze (bei kleinen Anlagen). Hinsichtlich Energieeffizienz in Gebäuden und Industrie ist das Bestreben, die bereitgestellte Energie möglichst effizient

zu nutzen und damit Einsparpotenziale auszuschöpfen. Dies ist insbesondere aufgrund der begrenzten Ressourcenlage relevant.

6.11.7 Potenzialabschätzung

Aufgrund der großen Heterogenität und noch vieler unbekannter Faktoren im Bereich Bioraffinerien, ist es eine Abschätzung des Potenzials hinsichtlich einer Minderung an Treibhausgasen derzeit nicht möglich.

6.11.8 Ausblick

Die Technologie von Bioraffinerien ermöglicht die Erschließung weiterer erneuerbarer Rohstoffquellen zur Erzeugung von biogenen Treib- und Brennstoffen sowie weiterer Produkte. Auch in Hinblick auf die anzustrebende kaskadische Nutzung von Biomasse kann der Einsatz von Bioraffinerien weitere relevante Potenziale erschließen. Des Weiteren können einige der Technologien im Verbund mit bestehenden konventionellen Raffinerien oder anderer industrieller Anlagen betrieben werden.

Dennoch ist vor allem in Hinblick auf die Verwendung als Brenn- oder Treibstoff anzumerken, dass beispielsweise im Jahr 2012 rund 306 PJ im Landverkehr verbraucht wurden. Damit sind selbst bei einer Beimischung von nur 10 % Biokraftstoff signifikante Mengen an biogenen Ressourcen notwendig; insbesondere im Hinblick auf das verfügbare Biomassepotenzial. Damit sollte der Einsatz von biogenen Treib- und Brennstoffen in konventionellen Kraftfahrzeugen nur eine Übergangstechnologie darstellen. Hier sollte langfristig der Fokus auf Technologien liegen, die eine effizientere Nutzung der erneuerbaren Energiequellen erlauben (z.B. Elektromobilität).

Bei der langfristigen Vision auch andere Produkte zu ersetzen, welche aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden, ist ein sparsamer Umgang mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen essenziell.

6.12 Energieeffizienz in der Industrie

6.12.1 Einleitung

Der Energieverbrauch in Österreich zeigte in den letzten Jahrzehnten einen kontinuierlichen Aufwärtstrend über alle Sektoren. Gegenüber dem Jahr 1970 hat sich der Energieverbrauch bis 2012 um über 93 % erhöht (siehe auch Abbildung 37). Im selben Vergleichszeitraum ist der Energieverbrauch des produzierenden Bereiches um über 67 % angestiegen, welcher im Jahr 2012 rund 30 % des Gesamtverbrauches betrug.

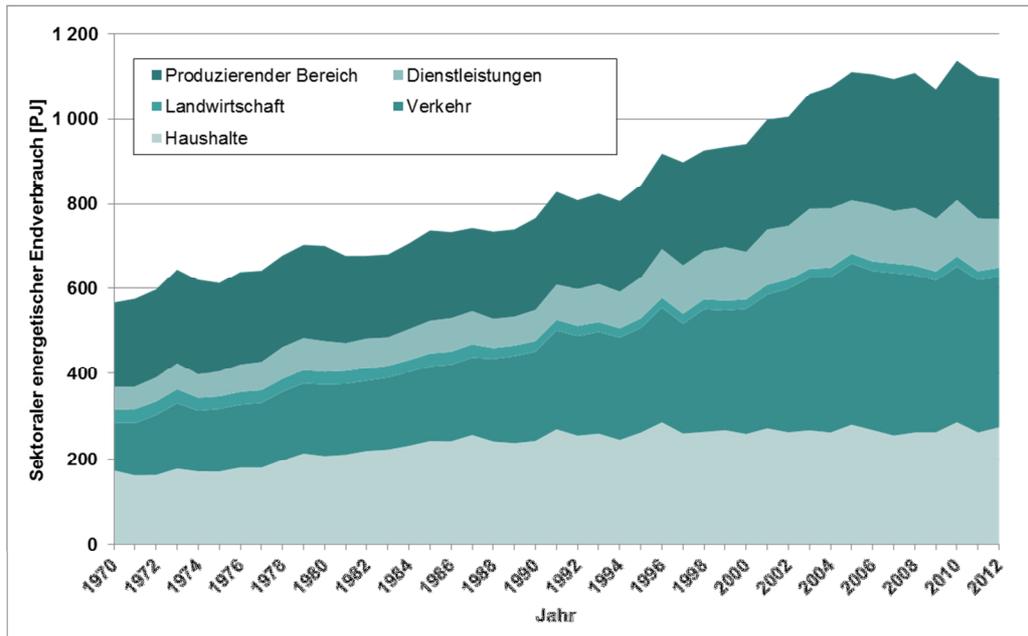


Abbildung 37: Entwicklung des sektoralen Energetischen Endverbrauches in Österreich (Quelle: (Statistik Austria, 2013))

Um im Rahmen eines weiteren Wirtschaftswachstums die notwendigen Klima- und Energieziele erreichen zu können, stellt die Erhöhung der Energieeffizienz im produzierenden Bereich einen integralen Bestandteil dar. Steigt der Energieverbrauch zukünftig in dem gleichen Maße wie die Wirtschaftsleistung an, wird der benötigte Ressourcenbedarf kaum ausreichend und nachhaltig aus erneuerbaren Energieträgern zu decken sein.

6.12.2 Abgrenzung

Dieses Kapitel behandelt den produzierenden Sektor Österreichs. Dabei wird der gesamte Energieverbrauch der einzelnen Sektoren berücksichtigt und die möglichen Effizienzpotenziale dargestellt.

6.12.3 Akteure

Wesentlichen Akteur hinsichtlich einer Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie stellt der produzierende Sektor selbst dar. Des Weiteren sind Forschungsvorhaben betroffen, welche eine Steigerung der Energieeffizienz zum Ziel haben. Insbesondere im Rahmen der angewandten Forschung und Demonstrationsphase sind oft Unternehmen der jeweiligen betroffenen Sektoren in die Entwicklung involviert.

6.12.4 Forschungsthemen

Neben der Implementierung bereits zur Verfügung stehender Technologien und Verfahren, welche erlauben den benötigten Energieeinsatz zu senken, besteht u.a. in folgenden Bereichen Forschungsbedarf, um die Energieeffizienz in der Industrie auch zukünftig verbessern zu können:

- Wärmerückgewinnung
- sparsame Elektromotoren
- Optimierte Regelung und Steuerung
- Prozessoptimierung
- Integration erneuerbarer Energieträger (z.B. Solarthermie)
- Austausch fossiler Rohstoffe durch Erneuerbare

Um derartige Forschungstätigkeiten zu unterstützen oder innovative und risikobehaftete Forschung zu ermöglichen werden derartige Projekte in Österreich umfangreich gefördert ((Klima- und Energiefonds)).

6.12.5 Wirkung

Mittels einer Verbesserung der Energieeffizienz können wesentliche Einsparungseffekte an eingesetzten Energieträgern erzielt werden. Damit können u.a. signifikante Mengen an (fossilen) THG-Emissionen vermieden werden.

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.12.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Die Energieeffizienz in der Industrie steht im Wesentlichen mit allen Innovationspfaden in direkter Wechselwirkung, welche die Energieaufbringung und deren Transport betreffen. Des Weiteren bestehen Überschneidungen mit dem Innovationsfeld „Energieeffizienz in Gebäuden“, welche in diesem Kapitel implizit berücksichtigt werden.

6.12.7 Potenzialabschätzung

Die hier dargestellten Potenziale basieren auf einem Vergleich des Business-As-Usual-Szenarios der *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* (Krutzler, et al., 2013) und dem darauf aufbauenden Szenario „WAM+“. Im Rahmen dieses Szenarios werden im Wesentlichen signifikant höhere Energiepreise angenommen (höhere Brennstoffpreise, Steuern und THG-Zertifikatspreise), um die daraus zu erwartenden Effekte hinsichtlich THG-Emissionen und Energieeffizienz abzuleiten (Kratena, Meyer, & Sommer, 2013). Im Detail bedeutet dies eine Erhöhung der CO₂-Zertifikatskosten von 30 €/t CO₂ auf 70 €/t CO₂, die Einhebung einer CO₂-Steuer auf den Effort-Sharing-Bereich von 70 €/t CO₂ sowie Preissteigerungen für Diesel und Benzin von rund 50 % (jeweils bis 2030).

Die daraus resultierenden durchschnittlichen Steigerungen der Energieeffizienz (pro Output für den Zeitraum 2012 bis 2030) in den unterschiedlichen Sektoren ist in Abbildung 38 dargestellt.

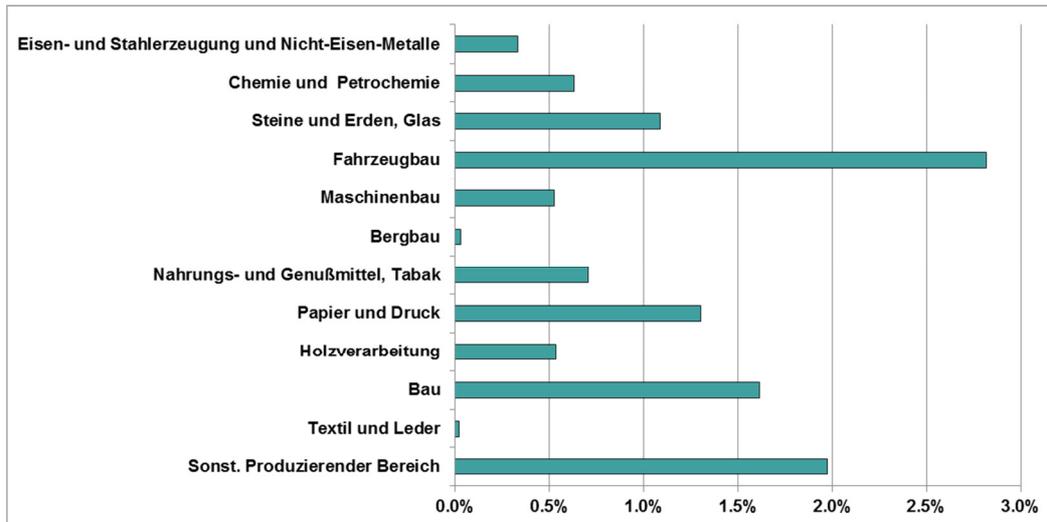


Abbildung 38: Sektorale Steigerung der durchschnittlichen Energieeffizienz pro Output im Zeitraum 2012 bis 2030 auf Basis der Differenz der Szenarien WEM und WAM+ der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien. (Quelle: (Krutzler, et al., 2013), (Kratena, Meyer, & Sommer, 2013))

Aufgrund oben genannter Preisimpulse kommt es zu einem verminderten Energieverbrauch, zu welchem auch die gesteigerte Energieeffizienz beiträgt und damit eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch ermöglicht wird.

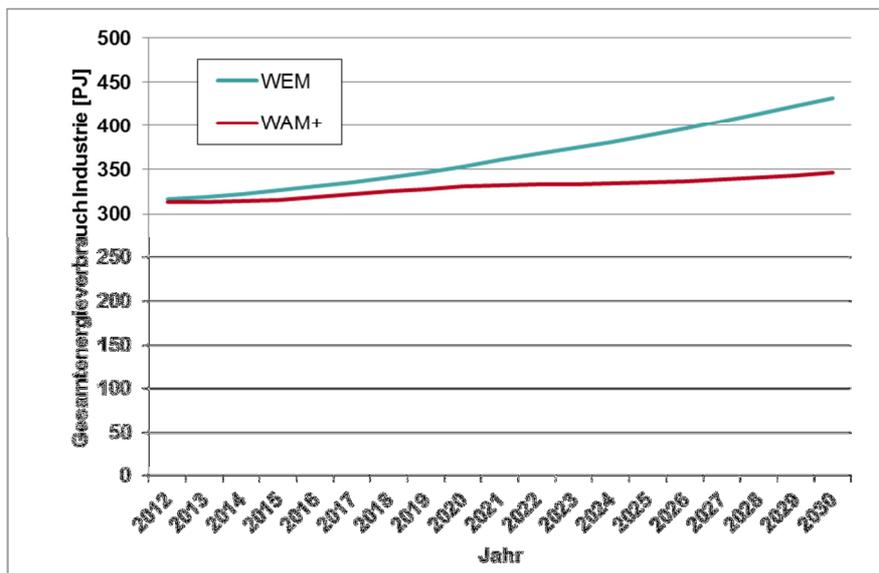


Abbildung 39: Vergleich des Gesamtenergieverbrauches des Produzierenden Bereiches für die Szenarien WEM und WAM+ (Quelle: (Krutzler, et al., 2013), (Kratena, Meyer, & Sommer, 2013))

Auf Basis des reduzierten Energieverbrauches lässt sich ein Minderungspotenzial an Treibhausgasemissionen von rund 2.800 kt CO₂,eq im Jahr 2030 ableiten. Für den Zeitraum bis 2030 bedeutet dies einen

Gesamteffekt von rund 23.000 kt CO_{2,eq} (kumulierte Summe). Die jährlichen Minderungspotenziale sind in Abbildung 40 dargestellt.

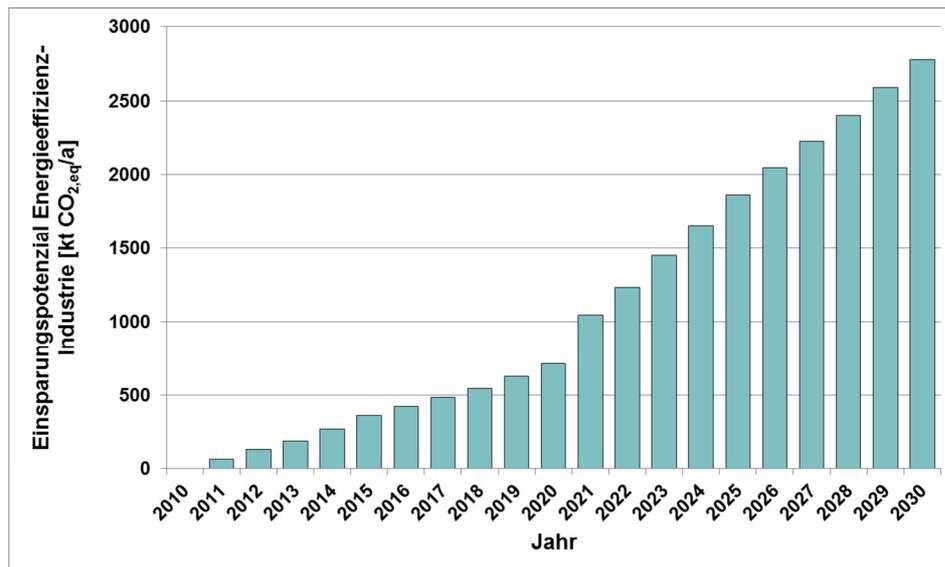


Abbildung 40: THG-Einsparungspotenzial Energieeffizienz in der Industrie

Die oben ausgewiesener Potenziale und Effekte erlauben allerdings keinen Rückschluss auf den Beitrag, welcher durch Forschungstätigkeiten ausgelöst wird. Des Weiteren kann auch nicht abgeleitet werden, welche Einsparungspotenziale durch weitere Forschungstätigkeiten erschlossen werden können. Aufgrund der angewendeten Methodik ist es nicht möglich wesentlichen Änderungen hinsichtlich Technologie, Prozess oder Rohstoffe zu berücksichtigen.

6.12.8 Ausblick

Ein großes zukünftiges Potenzial besteht neben einer effizienten Wärmerückgewinnung sowie effizienten Prozessdesigns darin, fossile Rohstoffe durch Rohstoffe niedrigere Kohlenstoffintensität (z.B. Wechsel von Kohle zu Erdgas) oder Erneuerbare zu ersetzen. Dafür benötigt es aber zum Teil gravierende Umstellungen im gesamten Produktionsprozess bzw. vollkommen neue Verfahren.

Ein Beispiel für derartige Entwicklungen stellt zum Beispiel die Direktreduktion von Eisen mittels Erdgas dar, welches gegenüber dem konventionellen Hochofenprozess rund 50 % weniger THG-Emissionen verursacht (voestalpine AG, 2013), (Midrex Technologies, Inc., 2010).

6.13 Intelligente Netze

6.13.1 Einleitung

Unter intelligenten Netzen versteht man Versorgungs- und Übertragungssysteme für Energie, welche mittels entsprechender IKT-Infrastruktur die unterschiedlichen Erzeuger und Verbraucher koordinieren; unabhängig von der Art des Energieträgers.

Derzeit erfolgen große Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten hinsichtlich sogenannter Smart-Grids. Darunter ist im Allgemeinen ein Versorgungssystem für elektrische Energie gemeint, bei dem die unterschiedlichen Stromerzeuger und Verbraucher mittels einer leistungsfähigen IKT-Infrastruktur koordiniert werden. In Abbildung 41 ist das Prinzip eines Smart-Grids schematisch dargestellt.

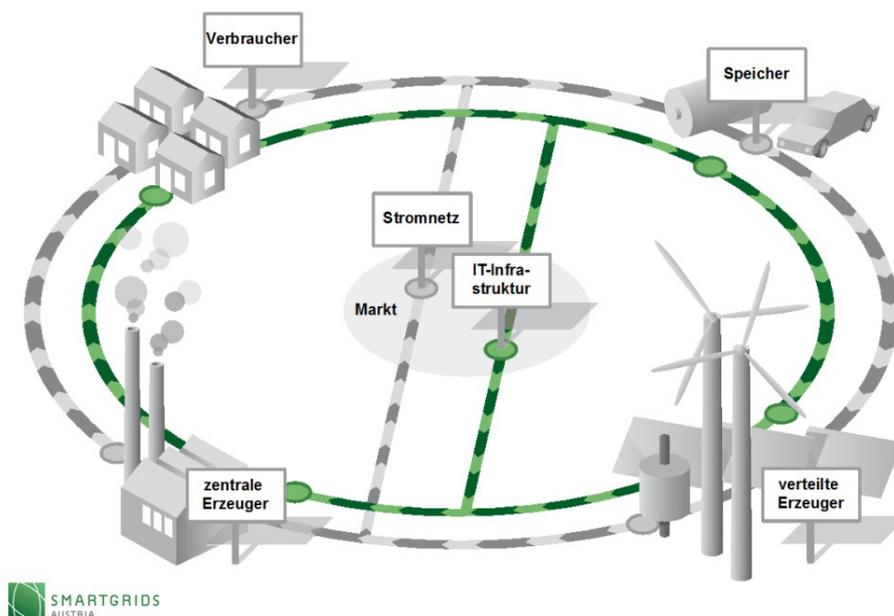


Abbildung 41: Prinzip-Darstellung eines Smart-Grids zur Elektrizitätsversorgung. Dargestellt sind die Kombination aus zentraler und (volatiler) dezentraler Erzeugung sowie Verbraucher und Speichersysteme, welche mittels IKT-Infrastruktur koordiniert werden. (Quelle: (Smartgrids Austria, 2012))

Große Treiber für diese Entwicklung stellen die volatile Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik dar. Aufgrund der fluktuierenden teils schwer vorhersagbaren Stromerzeugung sowie der derzeit bestehenden Abnahmeverpflichtung werden immer höhere Anforderungen an die bestehenden konventionellen Kraftwerke und die Verteil- und Übertragungsnetze gestellt.

Bei einer zu erwartenden weiteren Zunahme der Einspeisung aus volatilen erneuerbaren Energieträgern, ist eine Optimierung zwischen Erzeugung und Verbrauch des zur Verfügung stehenden Stromes unumgänglich. In diesem

Zusammenhang steigt auch die Notwendigkeit zukünftig größere Mengen an Elektrizität speichern zu können, da die Zeitpunkte der Spitzen an Stromerzeugung und –verbrauch nur begrenzt zusammengeführt werden können.

Darüber hinaus wird es zukünftig sinnvoll sein, derartige intelligente Netze auf andere Energieträger wie Wärme, Erdgas, etc. zu erweitern; sogenannte Hybridnetzwerke. Dabei spielt auch die Überführung eines Energieträgers in einen anderen eine wesentliche Rolle (z.B. Erzeugung von Wasserstoff oder Erdgas mittels überschüssigen Stromes).

6.13.2 Abgrenzung

Die in diesem Kapitel behandelten intelligenten Netze umfassen die Versorgung (sowie deren gegenseitige Umwandlung) mit Strom, Wärme und Gas. Der Schwerpunkt liegt dabei zum Teil auf der aktuellen Entwicklung von elektrischen Netzen („Smart-Grids“).

6.13.3 Akteure

Die Akteure hinsichtlich intelligenter Netze sind sehr umfangreich, da die intelligenten Netze eine Verbindung zwischen sämtlicher Energieerzeugung aus (erneuerbaren) Energieträgern und Verbrauchern (inkl. Verkehr) darstellen können.

Des Weiteren ist in diesem Bereich ein hoher Forschungsbedarf über die gesamte Wertschöpfungskette gegeben.

6.13.4 Forschungsthemen

Aufgrund der umfassenden Anforderungen, welche im Rahmen von intelligenten Netzen gestellt werden, ist von einem Forschungsbedarf von den einzelnen Formen der Energiebereitstellung, der Übertragung, der Koordination mittels IKT-Infrastruktur und Einbindung der Verbraucher notwendig. Dies betrifft technische, wirtschaftliche und legislative Aspekte.

So wurden beispielsweise bereits im Zeitraum von 2003 bis 2010 rund 100 Projekte zur Entwicklung von Smart-Grids in u.a. folgenden Themenbereichen gefördert (Schauer, Hollaus, & Hübner, 2010):

- intelligente und virtuelle Energie-Quellen (virtuelles Kraftwerk)
- intelligente Speicherung
- Modellierung von Smart-Grids
- Kommunikationstechnologie und Datensicherheit
- Akzeptanz für Endbenutzer
- ökonomische Aspekte

Die Forschungsaktivitäten in Österreich sind über die Plattform „Smartgrids – Austria“ vernetzt.

6.13.5 Wirkung

Ziel der Entwicklung der intelligenten Netze ist es, zur Verfügung stehende erneuerbare (volatile) Energie-Ressourcen effizient nutzen zu können. Dazu ist es notwendig eine optimale Abstimmung zwischen Angebot und Bedarf zu erzielen. Dies kann u.a. mittels Demand-Side-Management und einem Ausbau von Energiespeichern erfolgen.

Durch die effiziente Nutzung erneuerbarer Energie-Ressourcen kann die Energiebereitstellung aus fossilen Energieträgern reduziert werden und damit insbesondere THG-Emissionen eingespart werden.

Andere Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft werden im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht.

6.13.6 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Demnach die intelligenten Netze das essenzielle Bindeglied zwischen unterschiedlichsten Erzeugern und Verbrauchern darstellen werden, ist von einer Wechselwirkung mit nahezu allen in diesem Bericht behandelten Innovationspfaden auszugehen.

6.13.7 Potenzialabschätzung

Aufgrund der komplexen Struktur sowie der derzeit noch vielen offenen Fragestellungen ist eine Quantifizierung der erzielbaren Einsparungs- und Minderungseffekte nicht möglich.

Es ist allerdings anzumerken, dass intelligente Netze für viele erneuerbare Energieträger eine notwendige Grundvoraussetzung darstellen, um die vorhandenen Potenziale nutzen zu können (z.B. Windkraft, Photovoltaik).

Des Weiteren wird aufgrund der starken Zunahme der Erneuerbaren, welche sich zum Teil regional stark unterscheiden können (z.B. Offshore-Windkraft), vermehrt eine europaweite Optimierung von Erzeugung und Verbrauch notwendig werden, die auch entsprechende Möglichkeiten der Übertragung und Speicherung voraussetzen.

6.13.8 Ausblick

Derzeit laufen große Anstrengungen zur Entwicklung und Implementierung von Smart-Grids für elektrische Energie. Diese werden vornehmlich durch die zunehmende Einspeisung volatiler erneuerbarer Energieträger (Windkraft, Photovoltaik) vorangetrieben. Neben der effizienten Nutzung der verfügbaren Energie wird auch den Punkten Versorgungssicherheit und Netzstabilität große Bedeutung zukommen.

Aufgrund der zunehmenden Notwendigkeit elektrische Energie zu speichern, um einem zukünftigen weiteren Ausbau der regenerativen Stromerzeugung ermöglichen sowie die globalen THG-Emissionen weiter senken zu können, wird auch eine zunehmende intelligente Vernetzung mit weiteren Energieträgern – wie Wärme und Gas – notwendig werden. Ein Beispiel für die

Energieträgerumwandlung und deren Speicherung wäre die Gewinnung von Wasserstoff oder Erdgas aus überschüssiger Stromproduktion (Power-to-Gas). Die Erzeugung von Erdgas ermöglicht die Nutzung bestehender Infrastruktur (Gasleitungen und Gaskraftwerke; siehe auch Abbildung 42).

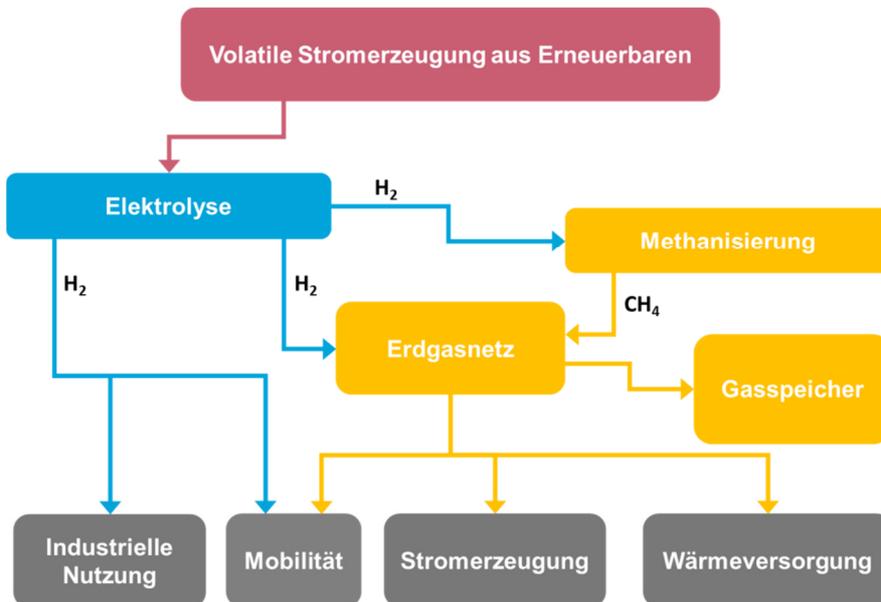


Abbildung 42: Schematische Darstellung des Power-to-Gas-Prozesses (Quelle: Deutsche Energie-Agentur)

Ein weiteres Beispiel ist die Speicherung in Form von Wärme, um damit in weiterer Folge Fernwärmenetze zu versorgen.

Damit können energieträgerübergreifende intelligente Netze im Rahmen des Überganges von einer zentralen zu einer vermehrt dezentralen Energieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern eine ausreichende Flexibilität gewährleisten, Synergieeffekte der einzelnen Energieträger optimal zu nutzen, die Gesamteffizienz deutlich zu erhöhen und somit eine regenerative Energieversorgung ermöglichen.

6.14 Smart Cities

Bereits mehr als 50% der Bevölkerung Österreichs lebt im städtischen Bereich und der Zuzug in die Städte wird, so die Prognosen, weiter anhalten. Angesichts der damit verbundenen Probleme wie z.B. Versiegelung, steigender Energiebedarf und Umweltbelastungen, wird deutlich, dass die Erreichung der Klima- und Energieziele insbesondere davon abhängt, welche technologischen und organisatorischen Lösungen für den Energieverbrauch in der Stadt gefunden werden.

Zur Umsetzung eines Stadtteils oder auch einer Region zu einer „Smart City“ müssen die Städte die hohen Ansprüche an Lebensqualität mit dem Einsatz nachhaltiger und moderner urbaner Technologien und Strategien vereinen. Dabei müssen eine Vielzahl an Faktoren berücksichtigt werden, um die Stärken

und Herausforderungen einer Stadt auf ihrem Entwicklungspfad in Richtung Emissionsreduktion und Nachhaltigkeit zu bestimmen. In jeder Stadt gibt es unterschiedliche bestehende Strukturen die den Spielraum einschränken. Daher wird z.B. insbesondere in größeren Städten der Schwerpunkt auf Energieeffizienz gesetzt, da erneuerbare Energien Flächen brauchen, die im Ballungsraum nicht ausreichend zur Verfügung stehen.

Nachfolgend sind einige Beispiele an wichtigen Strategien und Lösungen für eine nachhaltige Stadtentwicklung aufgezählt:

- Reduktion des Einsatzes der fossilen Energie
- Verstärkte Integration Erneuerbarer Energien
- Intelligente Stromnetze
- Regionale Ressourcen optimal nutzen
- Null-Energie resp. Plus-Energie-Gebäude im Neubau
- Umfassende Gebäudesanierung
- Ausbau der gebäudeintegrierten Photovoltaik
- Intelligente, nachhaltige Fassaden
- Car-Sharing, gutes Öffentliches Verkehrsangebot, E-Mobilität,
- Energieeffiziente Beleuchtung
- Energieeffiziente Elektrogeräte
- Energiesparendes Verhalten

Viele oben genannten Strategien und Lösungen müssen erst entwickelt werden und stellt die Akteure der Städte vor eine große Herausforderung. Für die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen um Energie und Ressourcen auf ein nachhaltig verträgliches Niveau zu reduzieren, können Innovation, Technologie und Forschung maßgeblich beitragen.

Zu allen Maßnahmen die gesetzt werden, müssen gleichzeitig aber auch immer Impulse für das Energiebewusstsein der Menschen sowie eine Basis für die Verbreitung des Know-Hows zur Erreichung der Ziele einer emissionsneutralen Region geschaffen werden.

Viele österreichische Städte und Gemeinden verfolgen auch bereits aktiv Energieeinsparungs- und Klimastrategien, die als Vorbilder dienen und bei der Entwicklung einer gemeinsamen Wissensbasis und der Verbreitung von Best Practice-Beispielen helfen können. So haben insgesamt 25 österreichische Städte und urbane Regionen seit der Startphase von Smart Energy Demo – FIT for SET ihre Visionen und Roadmaps ausgearbeitet und zum Teil auch Demoprojekte mit unterschiedlichen Schwerpunkten begonnen. Ein wiederkehrendes Element bei allen „Smart Cities“ war dabei die Einbindung relevanter Stakeholder bzw. der Bevölkerung.

Mit dem Programm „Stadt der Zukunft“ sollen nun neue Technologien, technologische (Teil-)Systeme und urbane Services und Dienstleistungen im Zusammenhang mit Smart Cities entwickelt werden sollen.

6.14.1 Abgrenzung

In diesem Kapitel werden die Gesamtpotenziale von Städten betrachtet, die zum Ziel haben ihre Emissionen zu reduzieren, ihren Energieverbrauch zu reduzieren bzw. zu optimieren und auf erneuerbare Energieträger umzusteigen.

Konkrete Projektinhalte (z.B. im Bereich der Mobilität, der Energieversorgung oder die Erprobung von neuen technischen Innovationen) einer jeweiligen Stadt sind nicht Gegenstand dieses Kapitels.

6.14.2 Akteure

Die wichtigsten Akteure der Smart Cities sind die Städte und Gemeinden in Kooperation mit Stakeholdern aus Politik, Gesellschaft und Wirtschaft. Sie sind aufgefordert relevante Entwicklungsbereiche in Bezug auf Klimaschutz und Energiebedarf zu identifizieren und entsprechend nachhaltige urbane Strategien zu entwickeln, um eine nachhaltige Stadtentwicklung zu forcieren.

Eine Stadt kann allerdings nur „Smart“ sein, wenn neue technische Innovationen auch von den Nutzern in der Stadt angenommen werden. Daher ist es auch relevant die Bevölkerung in die Initiativen zur nachhaltigen Entwicklung der Städte mit einzubinden.

Einen maßgeblichen Beitrag zur Umsetzung einer „Smart City“ stellen überdies die Forschungstätigkeiten dar.

6.14.3 Forschungsthemen

Mehr als die Hälfte der Bevölkerung wohnt jetzt im urbanen Raum. Die Prognose für 2050 liegt bereits bei mehr als 70%. Aber wie man den Herausforderungen wachsender Metropolen tatsächlich gerecht wird, ist derzeit noch eine große Herausforderung, die viele Städte bereits unentwegt mit immer neuen Strategien und intelligenten Technologien begegnet.

Allen „Smarten“ Städten gemeinsam ist das Bemühen den Energieverbrauch und Emissionen signifikant zu senken, ohne dabei auf Lebensqualität, Komfort oder Mobilität zu verzichten.

Die notwendigen Forschungsthemen sind sehr umfangreich und vielfältiger Natur. Sie reichen von der Entwicklung einzelner Bausteine einer Stadt wie z.B. neue Solarmodule, intelligente Fassadentechnologien, Smart Grids bis hin zur Analyse, Bewertung, Planung und Optimierung eines sehr komplexen und dynamischen Gesamtsystems einer Stadt. Dabei müssen technische, ökologische, ökonomische, sozio-kulturelle und politische Fragen integriert werden, um den richtigen Input für lebenswerte und nachhaltige Städte zu liefern.

Der Abschlussbericht SmartCitiesNet¹¹ von ÖIR und AIT im Jahr 2012, der im Rahmen des Programms „Haus der Zukunft“ entstanden ist, bietet einen Überblick zu den derzeitigen Forschungsschwerpunkten im Bereich Smart Cities sowie zu den Akteuren, die Smart Cities durchführen.

Laut dem Abschlussbericht SmartCitiesNet besteht kurz zusammengefasst enormer Forschungsbedarf für sehr breit gestreute Themen zu Smart Cities in den nachfolgenden Bereichen:

¹¹ http://www.oir.at/files2/pdf/projects/SmartCitiesNet_Endbericht_30.pdf

- angepasste und teilweise neu entwickelte Planungs- und Umsetzungsprozesse
- Methodenentwicklung (Evaluierungs- und Planungswerkzeuge)
- Schnittstellentechnologien, die das Zusammenwirken von Maßnahmen im verschiedenen Sektoren unterstützen
- Grundlagenarbeiten in den drei Smart Cities Forschungsdimensionen: Strukturen, Technologien und Prozesse

6.14.4 Wirkung

Vor dem Hintergrund den CO₂-Ausstoß in den kommenden Jahren drastisch zu reduzieren, nehmen Städte eine wesentliche Rolle ein.

Da es thematisch eine Vielzahl an Themen auf dem Weg zu einer Smart City zu berücksichtigen gibt und diese untereinander sehr stark vernetzt sind, wird nachfolgend die Auswirkungen von nur einigen wenigen möglichen Maßnahmen zu mehr Effizienz und Verringerung des Energieverbrauchs aufgezählt:

- Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern leistet einen entscheidenden Beitrag zur Senkung der hohen CO₂-Emissionen insbesondere, aus dem Straßenverkehr und aus dem Bereich Raumwärme.
- Eine integrierte und vorausschauende Planung von neuen Stadtteilen – gemeinsam mit der Planung der dazugehörigen Energieversorgungs- und Gewinnungsoptionen – erlauben sehr effiziente und energiesparende Lösungen.
- Intelligente Energieverteilungsnetze spielen eine Schlüsselrolle in der Entwicklung von Smart Cities und tragen unter anderem zu einer Erhöhung der Energieeffizienz bei und können den optimalen Einsatz der erneuerbaren Energien sicherstellen.
- Energieerzeugungstechnologien in Gebäuden sind gleichzeitig Energieerzeuger und aktive Komponenten im Smart Grid und tragen daher ebenfalls zu einer deutlichen Verringerung des Energieverbrauchs bei.

Alle Smart City Initiativen sind aber nur dann erfolgreich wenn die BürgerInnen vor den großen Veränderungen nicht zurückschrecken und die neuen Technologien auch akzeptieren. Durch Berücksichtigung unterschiedlicher Bedürfnisse der BürgerInnen bereits in frühen Stadien der Umsetzung neuer energieeffizienter Technologien, kann die Akzeptanz der BürgerInnen deutlich erhöht werden.

6.14.5 Wechselwirkung mit anderen Innovationspfaden

Die Smart Cities überschneiden sich mit allen anderen in diesem Projekt aufgezählten Innovationspfaden.

6.14.6 Potenzialabschätzung

Der „Smart Cities“ Innovationspfad ist sehr komplex und durch die Vielfalt an möglichen Maßnahmen und Forschungsprojekten ergeben sich sehr unterschiedliche Potenziale an Energieeinsparung bzw. Emissionsvermeidung. Viele dieser Maßnahmen können maßgebliche weitere hohe Einsparungen ermöglichen, obwohl sie direkt ein niedriges Endenergieeinsparungspotenzial aufweisen (das Gleiche gilt für das Emissionsvermeidungspotenzial).

Viele Technologien stehen erst am Beginn der Entwicklung und müssen zuerst erforscht, erprobt und weiterentwickelt werden, bevor sie in konkreten Demoprojekten eingesetzt oder am Verbrauchermarkt etabliert werden können. Die Forschungsförderung zielt auf technologische Innovation ab, beschleunigt den Forschungsprozess und ermöglicht im Erfolgsfall eine im Vergleich zum Ausbleiben von Förderungen schnellere Marktreife von innovativen, energie- und emissionsarmen Technologien. Die Beschleunigung der Marktdurchdringung mit marktreifen Produkten ist wiederum mit Förderungen für Umsetzung und Implementierung möglich, und nicht direkt der Forschungsförderung zuzurechnen.

Ergänzende Erklärungen zu Referenzszenario und Grundannahmen zur Potenzialabschätzung sind auf Seite 45 zu finden.

Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 erfolgt durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoringmechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den vorläufigen Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) in allen Sektoren abzüglich des Emissionshandels (Non-ETS) (UMWELTBUNDESAMT 2013c, EEG – ENERGY ECONOMICS GROUP 2013).

Die Differenz der beiden Szenarien der Non-ETS-Sektoren liegt bei rund 10,9 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030 und etwa 90% (±5%) davon entsprechen nach Expertenschätzung den vielfältigen, zukünftigen Technologiepotenzialen.

Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann nach Expertenschätzung das Innovationsfeld Smart Cities durch den Anteil der Bevölkerung in Städten und Gemeinden über 10.000 Einwohner, der mit rund 49,5% im Jahr 2030 angenommen wird, und den Anteil der Smart Cities mit rund 30% im Jahr 2030 beschrieben werden. Der tatsächliche Umsetzungs- bzw. Marktdurchdringungsgrad der innovativen, geförderten Technologien im Jahr 2030 wird mit 20% festgelegt. Aus diesen Überlegungen ergibt sich eine Abschätzung des Anteil des Innovationsfeld Smart Cities am Technologiepotenzial von rund 3,0% (±1,5%), welches durch das intelligente Zusammenspiel der Akteure, organisatorische und soziale Maßnahmen lukriert werden kann.

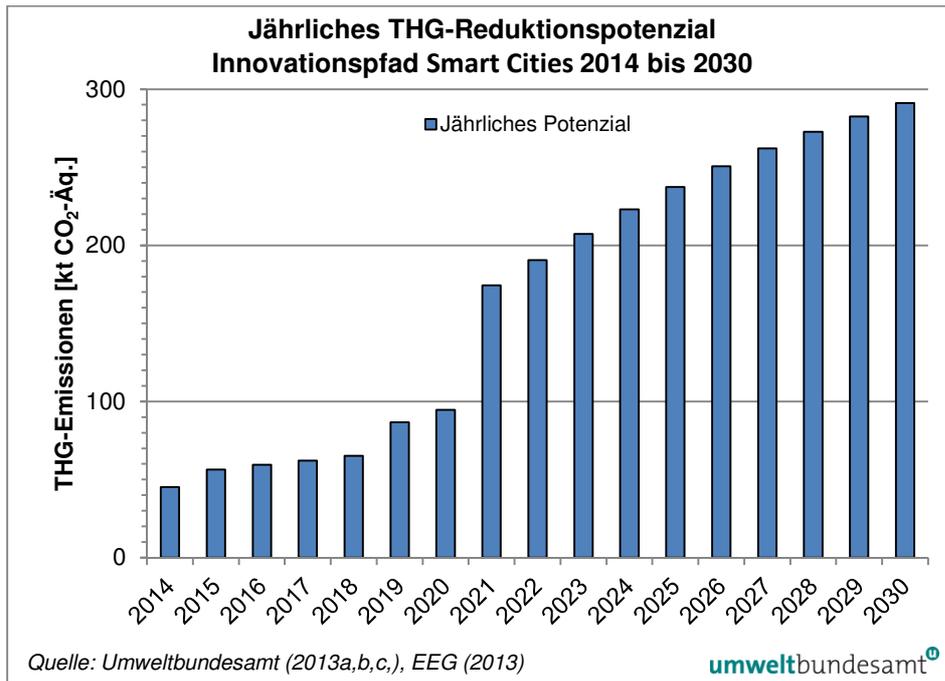


Abbildung 43: Jährliches THG-Reduktionspotenzial Innovationspfad Smart Cities 2014 bis 2030.

Daraus resultiert für den Innovationspfad „Smart Cities“ für das Jahr 2030 ein Reduktionspotenzial von rund 291,0 (±13,1) kt CO₂-Äq (Abbildung 43Abbildung 18); kumuliert bis 2030 ergibt sich ein Potenzial von 2861 kt CO₂-Äq.

7 WIRKUNGSANALYSE - PROGRAMM MOBILITÄT DER ZUKUNFT

7.1 Innovationspfad Alternative Antriebe

7.1.1 Einleitung

Hauptziel des Themenfeldes ist, die Diversifizierung der Antriebssysteme und deren Integration in ein optimiertes Gesamtfahrzeug zu fördern. Damit soll einerseits eine Minderung des Schadstoffausstoßes und des Energieverbrauches erreicht werden. Andererseits sollen dadurch auch soziale und ökonomische Vorteile für den Standort Österreich generiert werden. (BMVIT, 2013). Analog dem Verständnis der Roadmap der Public Private Partnership A3PS werden unter diesem Innovationspfad Entwicklungen zusammengefasst, welche darauf abzielen ökologisch, ökonomisch und sozial verträgliche Antriebssysteme zu entwickeln und erfolgreich auf den Markt zu bringen (A3PS, 2011).

7.1.2 Forschungsthemen

Dieser Innovationpfad umfasst die Entwicklung unterschiedlicher alternativer (jenseits des konventionellen Benzin/Dieselmotors) Antriebssysteme und deren Integration in ein optimiertes Gesamtfahrzeug unter Berücksichtigung der vollen technologischen Bandbreite (A3PS, 2011; BMVIT, 2013).

Forschungsthemen lassen sich grob in die Bereiche

- Elektrische Antriebe
- Teilelektrische Antriebe
- Optimierte konventionelle Antriebe
- Erneuerbare Treibstoffe

Einteilen wobei insbesondere auch die Themen

- Energiespeicher
- Lade- und Betankungsinfrastruktur

von Relevanz sind.

Im Fokus stehen alle Komponenten und deren Integration, bspw. Elektromotor, Steuerelektronik, Batterien, Hochleistungs-Kondensatoren, Schwungradspeicher, Brennstoffzellen, Wasserstoffspeicher. Um diese Innovationen letztendlich mit der erforderlichen Geschwindigkeit in den Markt zu bringen die zu Erreichung der Klimaziele (2 Grad Ziel) zu erreichen, braucht es umfangreiche Politikmaßnahmen sowohl im Bereich der FTI Politik als auch in anderen Politikfeldern (IEA, 2013).

Im Bereich der erneuerbaren Treibstoffe können darüber hinaus verfahrenstechnische Optimierung und wechselseitige Anpassung von flüssigen und gasförmigen alternativen Treibstoffen (wie Biodiesel, Bioethanol, Biogas und CNG, RME, Wasserstoff, LNG etc.) als Forschungsthemen angeführt werden. Innovationsaktivitäten im Bereich der Fahrzeugelektronik, welche zur

Nutzung und Optimierung von Antriebssystemen beitragen werden hier ebenso berücksichtigt.

Relevante Forschungsthemen aus Programmdokument Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013):

Fahrzeugtechnologien

- (1) Entwicklung alternativer Antriebe und Energieträger für alle Fahrzeugklassen des Oberflächenverkehrs
- (2) Flüssige und gasförmige alternative Treibstoffe

7.1.3 Wirkungen

Der Einsatz von ökologisch, ökonomisch und sozial verträglichen alternativen Antriebssystemen lässt eine erhebliche Reduktion der CO₂ Emissionen sowie anderer Luftschadstoffe erwarten. Zudem kann der Einsatz alternativer Antriebssysteme je nach eingesetzter Technologie auch zu einer Reduktion von Lärm beitragen und die Abhängigkeit von fossilen Treibstoffen verringern. Weiters ermöglichen nahezu alle alternativen Antriebsformen den vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien. Die Erzeugung von Wasserstoff könnte etwa eine Möglichkeit bieten Energie zu speichern und durch Rück-Verstromung durch Brennstoffzellen oder Wärmekraftmaschinen erneuerbare Energie effizienter in Elektrizitätsnetze einzuspeisen. Fokus dieser Studie ist allerdings die Abschätzung des CO₂ Reduktionspotenzials, welche im nächsten Kapitel folgt.

Darüber hinaus ist auch eine Wirkung hinsichtlich der Steigerung bzw. Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Automobil(zuliefer)industrie zu erwarten.

7.1.4 Wechselwirkungen

Innovationen in diesem Innovationspfad weisen starke Wechselwirkungen mit dem Innovationspfad Leichtbau auf, weshalb die Potenzialabschätzung dieser beiden Innovationspfade gemeinsam erfolgt. Darüber hinaus bestehen auch Wechselwirkungen mit Innovationspfaden im Bereich der multimodalen Lebensstile, deren Effekte sich allerdings im Rahmen der Unsicherheit der Potenzialabschätzung bewegen und deswegen nicht gesondert ausgewiesen werden.

7.1.5 Potenzialabschätzung (inklusive Innovationspfad Leichtbau)

Die Abschätzung des CO₂ Reduktionspotenzials wurde auf Grund der starken Wechselwirkungen gemeinsam mit dem Innovationspfad Leichtbau vorgenommen.

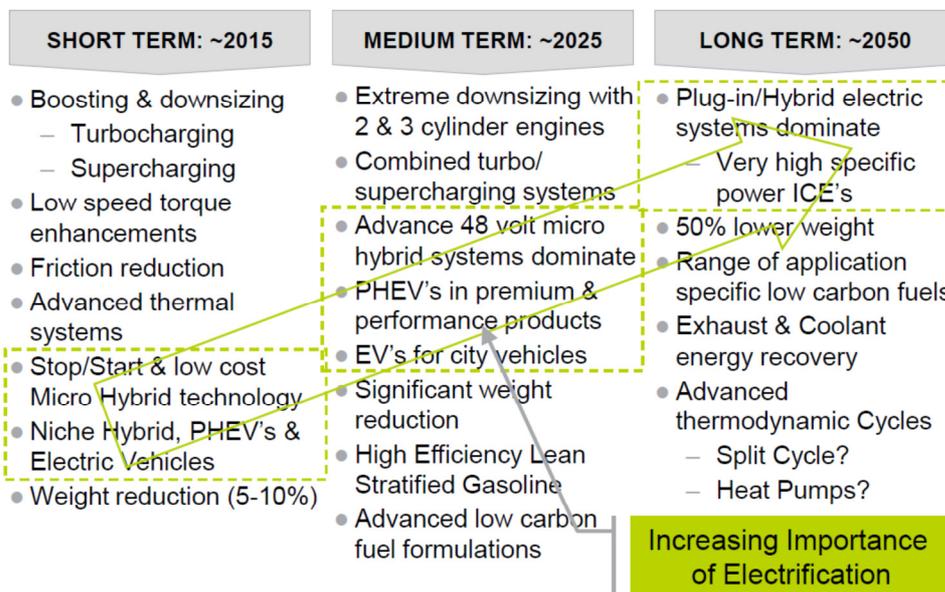
Im Rahmen der Potenzialabschätzung wird vom grundlegenden Gedanken ausgegangen, dass FTI Politik ein wesentlicher Bestandteil ist, die auf

europäischer Ebene vereinbarten Ziele zur CO₂ Reduktion tatsächlich zu erreichen (zur Rolle von Technologiepolitik siehe Kapitel 3). D.h. bedeutet, dass angenommen wird, dass die FTI Politik durch den Einsatz ihrer Instrumente (insbesondere dem FTI politischen Programm Mobilität der Zukunft) die Erreichung der Reduktionsziele unterstützt bzw. erst ermöglicht. Die Erreichung der auf der europäischen Ebene angestrebten Reduktionen, welche im Folgenden im Detail diskutiert werden, wird mit dem Reduktionspotenzial gleichgesetzt und berechnet wie groß dieses Einsparungspotenzial für Österreich ist. Die in diesem Kapitel vorgenommene Potenzialabschätzung bezieht sich hier auf Personenkraftwagen. Die Abschätzung den Güterverkehr betreffend finden ich im Innovationspfad „innovative Transportmittel und Medien“ um mögliche Wechselwirkungen zwischen Innovationspfaden zu minimieren.

Nachdem die Erreichung der Reduktionsziele nur durch ein Zusammenwirken von einer Vielzahl an Innovationen und Technologien ermöglicht wird, erfolgt diese Abschätzung global für alle alternativen Antriebstechnologien sowie für den Innovationspfad Leichtbau. Eine gesonderte Abschätzung wird als nicht sinnvoll erachtet, da die beiden Innovationspfade Alternative Antriebe und Leichtbau in enger Wechselwirkung stehen. So ist das Thema Gewichtseinsparung beim Thema Elektromobilität von großer Bedeutung, um das hohe Gewicht von Batterien zu kompensieren bzw. durch eine höhere Effizienz leichter Fahrzeuge höhere Reichweiten zu erzielen.

Im Folgenden ist eine technologische Roadmap dargestellt, die sowohl verschiedene Zeithorizonte berücksichtigt, als auch Optimierung von konventionellen Antrieben und die voranschreitende Elektrifizierung von Antrieben.

Advanced combustion engines & electrification of the powertrain are key to the future of light duty vehicles



Source: Ricardo, Transporter, Diversifizierte, Diversifizierte, Diversifizierte

Abbildung 44: Future Low Carbon, Clean Powertrains; Prof. Neville Jackson; 19th International Transport and Air Pollution Conference 26th-27th November 2012 Thessaloniki, Greece (Jackson, 2012)

Verschiedene Quellen wie beispielsweise Roland Berger Strategy Consultants (2008) gehen davon aus, dass konventionelle Antriebe bis zum Jahr 2030 etwa ein CO₂-Optimierungspotenzial von etwa 40% aufweisen können. Ausschlaggebend und richtungsweisend für die Verringerung der CO₂-Emissionen sind im Wesentlichen die unterschiedlichen CO₂-Flottenreduktionsziele, im Falle der EU mittels der EU-VO 443/2009¹² umgesetzt, die den Fahrzeugherstellern konkrete Flottenziele vorgeben.

Im Fall Österreich entsprechen diese Flottenvorgaben, sofern Österreich auf nationalstaatlicher Ebene diese Flottenvorgaben übernimmt, ab 2011 etwa 35% CO₂-Reduktion bezogen auf die Gesamtflotte.

In der folgenden Abbildung sind Technologieoptionen zur Optimierung konventioneller Antriebsstränge und deren CO₂-Reduktionspotenziale dargestellt. Gemäß Roland Berger Strategy Consultants (2008) ergeben sich folgende Potenziale für Diesel und Benzin-PKW: „The result of these developments will be that European gasoline vehicles will emit 30-40% less CO₂ than today on average. Diesel engine emissions will fall by 20-30%.“ Diese lassen sich aus der Kombination der einzelnen technischen Optimierung ableiten. Allein durch inkrementelle Verbesserung einzelner konventioneller Technologien, werden sich die zuvor genannten Zielwerte auf Flottenebene allerdings nicht erreichen lassen. Hier werden neben der Optimierung auch die

¹² Verordnung zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen.

Markteinführung von elektrifizierten Fahrzeugen wie Elektrofahrzeugen und Plug-In Hybriden notwendig sein.

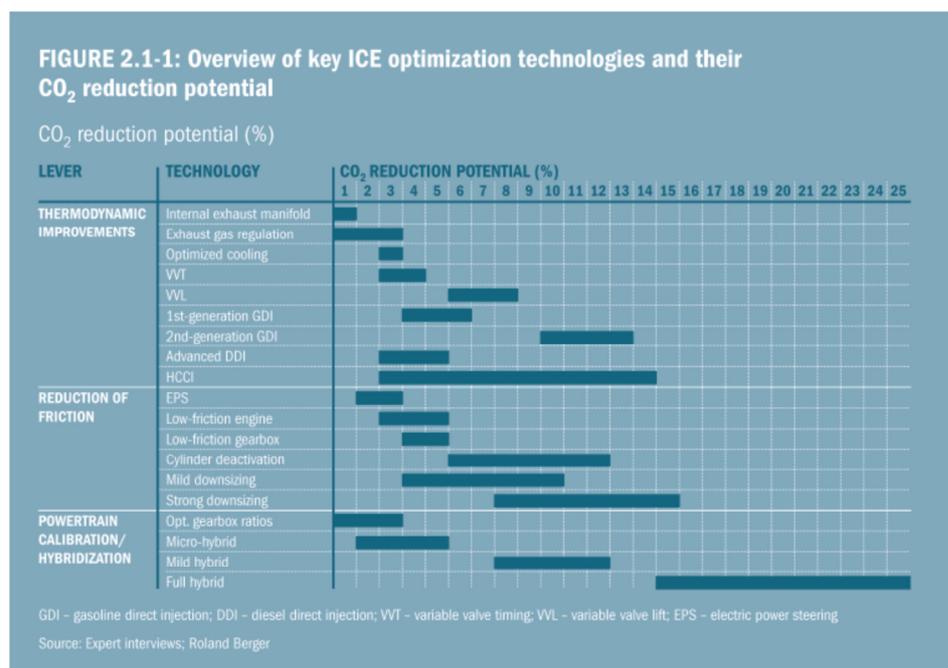


Abbildung 45: Übersicht über die CO₂-Optimierungspotenziale auf Einzeltechnologieebene; Roland Berger Strategy Consultants (2008)

CO₂ Grenzwertgesetzgebung

Die PKW CO₂-Grenzwertgesetzgebung wird als Basis für die Quantifizierung des technischen Potenzials herangezogen.

Die Vorgaben sind mittels Folgenabschätzungen¹³ gesichert und in Stakeholder-Prozessen entwickelt worden.

Im österreichischen Berechnungsmodell werden die CO₂-Vorgaben hinsichtlich der Abweichung zu den realen Emissionen adaptiert. Begründet wird der Anstieg, neben vielen Gründen zur Differenz von Real- zu NEDC-Verbrauch, maßgeblich durch die verstärkte Ausnützung von Toleranzen bei der Durchführung der Typprüfung.

Siehe dazu die folgende Abbildung.

¹³ siehe http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/studies_en.htm

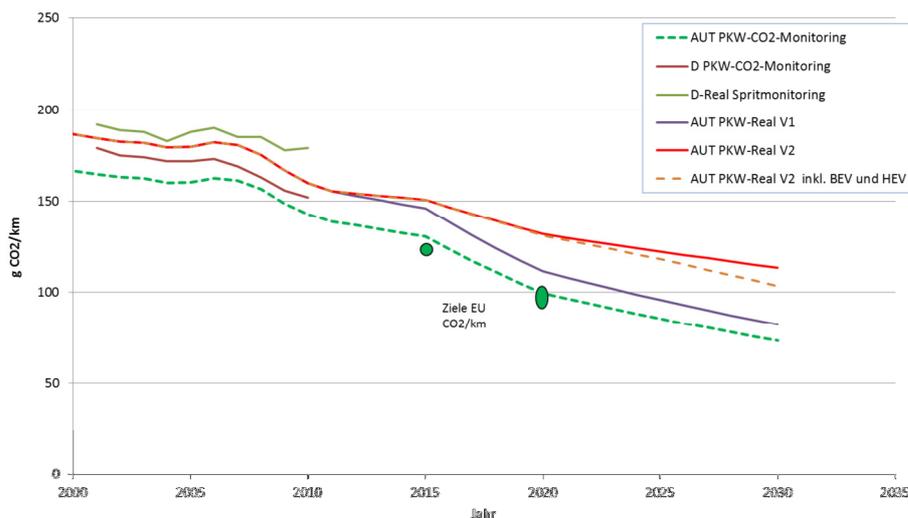


Abbildung 46: Vergleich Normverbrauch mit Realverbrauch (beide inkl. Kaltstart) und eigenen Berechnungen für das Modell GLOBEMI; Quelle: Monitoring Mechanism 2013 - Verkehr Erstellt im Auftrag vom Klima- und Energiefonds (BMLFUW, 2012)

Auf Basis der genannten Randbedingungen, auf technologischer Seite, Optimierung von konventionellen Antrieben, der Markteinführung von alternativen Antrieben mit einem mehrfach höheren Reduktionspotenzial bei CO₂-Emissionen und Energieverbrauch, und der Vorgabe der CO₂-Emissionsreduktion lassen sich folgende Potenziale aus der Simulation der österreichischen Flotte ableiten.

Jahr	PKW [km/Kfz]	Pkw Gesamtbestand	PKW CO ₂ -Emissionswerte [g/km]	Baseline CO ₂ (ohne technologischer Verbesserung) [t/a]	Technologisches Potential CO ₂ [t/a]	Technologisches Potential CO ₂ kummuliert[t/a]
2011	13.757	4.513.421	153	9.474.970		
2012	13.735	4.569.366	149	9.577.179	253.402	253.402
2013	13.660	4.644.187	146	9.680.465	427.511	680.913
2014	13.583	4.719.060	143	9.781.201	595.467	1.276.380
2015	13.512	4.794.421	141	9.885.030	753.418	2.029.798
2016	13.493	4.859.705	139	10.006.256	912.510	2.942.309
2017	13.473	4.925.633	136	10.126.713	1.122.557	4.064.866
2018	13.449	4.992.719	133	10.246.204	1.343.252	5.408.118
2019	13.419	5.061.876	130	10.365.142	1.560.308	6.968.426
2020	13.375	5.134.718	127	10.479.471	1.777.714	8.746.140
2021	13.363	5.199.552	124	10.602.104	1.994.684	10.740.824
2022	13.342	5.267.147	121	10.723.563	2.218.845	12.959.670
2023	13.315	5.337.496	118	10.844.583	2.447.337	15.407.006
2024	13.281	5.410.473	115	10.965.096	2.680.372	18.087.378
2025	13.238	5.485.856	112	11.081.970	2.916.856	21.004.234
2026	13.194	5.565.339	110	11.204.825	3.160.458	24.164.691
2027	13.146	5.646.648	107	11.327.153	3.409.173	27.573.864
2028	13.096	5.729.456	104	11.449.187	3.661.903	31.235.767
2029	13.044	5.813.442	101	11.570.899	3.917.758	35.153.525
2030	12.988	5.898.303	98	11.689.435	4.175.114	39.328.639

Tabelle 6: Berechnung des CO₂-Reduktionspotenziales durch technische Maßnahmen;
Quelle eigene Berechnungen

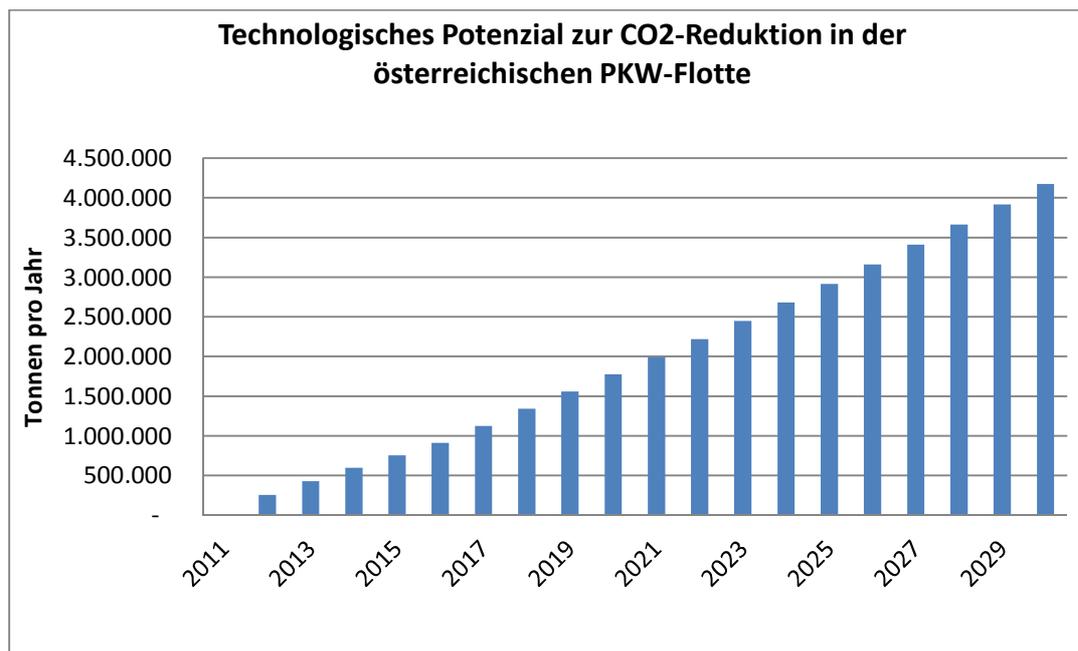


Abbildung 47: Technologisches Potenzial zur CO₂-Reduktion in der österreichischen PKW-Flotte

Dies bedeutet, dass im Rahmen dieses Innovationspfades ein Reduktionspotenzial von kumuliert etwa 4 Mio. Tonnen CO₂ geschätzt wird. Um dieses Reduktionspotenzial auch tatsächlich in die Praxis umzusetzen, bedarf es des Einsatzes einer Vielzahl an Instrumenten unterschiedlicher Politikfelder. Auch wenn sich der exakte Beitrag der FTI Politik im Allgemeinen, bzw. Mobilität der Zukunft im Speziellen nicht isoliert berechnen lässt, bleibt festzuhalten, dass Innovation und Technologie ein wesentlicher Baustein sind um diese Reduktionen zu erzielen.

7.2 Innovationspfad Leichtbau

7.2.1 Einleitung

Einsatz neuer Werkstoffe und Strukturoptimierung ist eine entscheidende Schlüsseltechnologie, um die Effizienz von Fahrzeugen zu steigern. Insbesondere im Bereich alternativer Antriebe (bspw. Elektromobilität) ist die Anwendung von Leichtbau eine Möglichkeit die oft beschränkte Reichweite zu erhöhen und deren Energieeffizienz im Betrieb deutlich zu steigern. Die Integration des alternativen Antriebsstrangs in ein gewichtsoptimiertes Gesamtfahrzeug ist ein weiteres wichtiges Element der F&E-Förderung dieses Themenfeldes (A3PS, 2011; BMVIT, 2013).

7.2.2 Forschungsthemen

Dieser Innovationpfad umfasst die Anwendung von Leichtbau bzw. die (Weiter-) Entwicklung von neuen Werkstoffen sowie Leichtbaukonzepten. Grundsätzlich können im Bereich des Leichtbaus Forschungsthemen in die Bereiche Entwicklung von Fahrzeugkonzepten und Leichtbauweisen, die Erforschung und Entwicklung von Werkstoffen und Prozessen sowie Methoden und Simulationstools eingeteilt werden, wie auch folgende Abbildung zeigt (DLR, 2013).



Quelle: DLR (2013)

Hierunter fallen etwa Themen wie

- Komponenteneinsparung
- Neue Materialien
- Metallische Leichtbaustoffe
- Kunststoffentwicklung
- Verbundwerkstoffe
- Keramiken
- Fügeverfahren
- Auslegung
- Bauteiloptimierung
- Schädigungssimulation
- Qualitätssicherung
- Recycling

Relevante Forschungsthemen aus Programmdokument Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013):

- (4) Leichtbau (Fahrzeugtechnologien)

7.2.3 Wirkungen

Die Entwicklung von Leichtbauweisen und der hierzu notwendigen Prozesse und Materialien ermöglicht eine Steigerung der Effizienz von Fahrzeugen. Durch eine Steigerung der Effizienz können sowohl CO₂ Emissionen als auch emittierte Luftschadstoffe reduziert werden.

Andererseits gilt es den zum Teil hohen Energieeinsatz bei der Herstellung von Leichtbaumaterialien zu bedenken, bzw. diesen durch Forschung und Entwicklung zu reduzieren. Auch der Ersatz von endlichen Rohstoffen durch

nachwachsende (Leichtbau)Rohstoffe könnte einen Beitrag zu einer Reduktion des Energieeinsatzes und zur Schonung endlicher Ressourcen liefern.

Darüber hinaus können Leichtbauweisen dazu beitragen die Sicherheit der Fahrzeuginsassen zu steigern bzw. Einbußen im Bereich der Sicherheit auf Grund der Notwendigkeit das Gewicht von Fahrzeugen zu senken, verhindern.

Letztendlich ist auch eine Wirkung hinsichtlich der Steigerung bzw. Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Automobil(zuliefer)industrie zu erwarten.

7.2.4 Wechselwirkungen

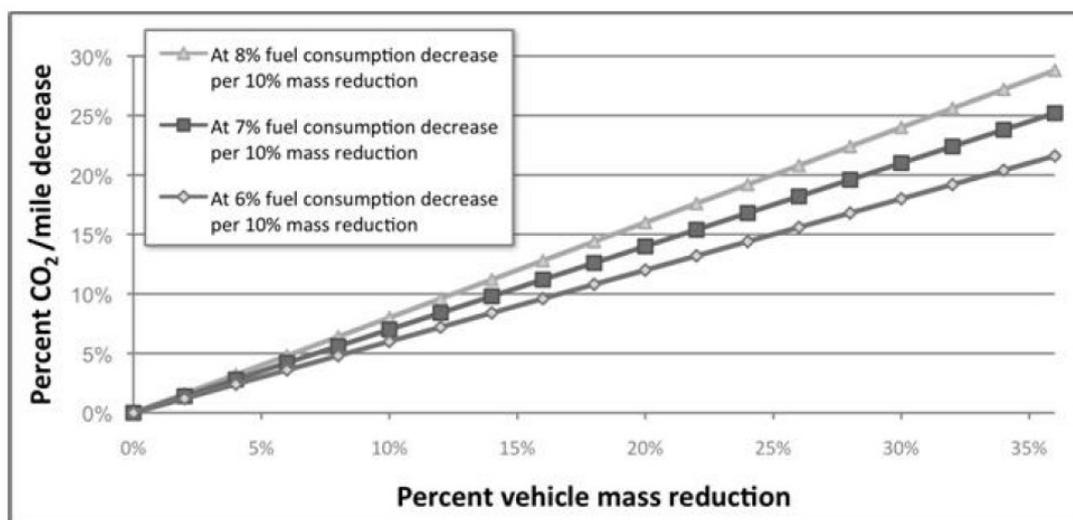
Wechselwirkungen sind insbesondere mit dem Innovationspfad Alternative Antriebe zu erwarten, weshalb die Potenzialabschätzung gemeinsam mit dem Innovationspfad Alternative Antriebe erfolgt. Darüber hinaus bestehen, ähnlich wie im Innovationspfad Alternative Antriebe, auch Wechselwirkungen mit Innovationspfaden im Bereich der multimodalen Lebensstile, deren Effekte sich allerdings im Rahmen der Unsicherheit der Potenzialabschätzung bewegen und deswegen nicht gesondert ausgewiesen werden.

7.2.5 Potenzialabschätzung

Das Potenzial von Leichtbau zur Reduktion der CO₂ Emissionen ist in der gemeinsamen Potenzialabschätzung Alternative Antriebe und Leichtbau im vorhergehenden Kapitel enthalten (technologisches Potenzial berücksichtigt in der österreichischen Flotte¹⁴). Diese Abschätzung erfolgte gemeinsam um etwaige Wechselwirkungen und Synergien bei der Anwendung von alternativen Antrieben und Leichtbau in der Abschätzung nicht doppelt zu berücksichtigen.

Dennoch konnten mittels Literaturrecherche folgende Hinweise zum Reduktionspotenzial des Innovationspfades Leichtbau abgeleitet geben. Leichtbau ist ein entscheidendes Element um die vorhandenen Reduktionsziele (siehe Alternative Antriebe) zu erreichen (Helms and Lambrecht, 2006). Wie untenstehende Abbildung zeigt, ist die Anwendung von Leichtbautechniken eine effiziente Methode zur Erhöhung der Effizienz von Fahrzeugen bzw. zur Reduktion von CO₂ Emissionen. So kann davon ausgegangen werden, dass eine 20% Gewichtsreduktion zu einer Einsparung von etwa 12-16% CO₂ Emissionen pro km führt (Lutsey, 2010)

¹⁴ Der Potenzialabschätzung liegt die Annahme zugrunde, dass jeweils je nach Fahrzeugkonzept die technologische Maßnahme mit dem besten Kosten-/nutzenverhältnis zur Erreichung der Effizienzvorgaben zum Einsatz kommt.



Sources: Casadei and Broda, 2008; Bandivadekar et al, 2008; FKA, 2007; Pagerit, et al, 2006. Effects differ by drive cycle (greater effect in city/urban, lesser effect in highway conditions)

Abbildung 48: Einfluss des Fahrzeuggewichtes auf Emissionen (Quelle: Lutsey 2010)

7.3 Innovationspfad Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern (Güterverkehr)

7.3.1 Einleitung

Der Fokus dieses Innovationspfades ist die Verlagerung von Güterverkehr auf energieeffiziente Verkehrsträger. Hierbei steht vor allem die Verlagerung auf den Schienenverkehr bzw. in geringerem Ausmaß auch auf das Rad und den Fußgängerverkehr (etwa im städtischen Bereich) im Mittelpunkt, wobei der größte Effekt im Hinblick auf CO₂ Emissionen im Bereich der Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene zu erwarten ist.

7.3.2 Forschungsthemen

Forschungsthemen in diesem Bereich zielen u.a. darauf ab energieeffiziente Verkehrsträger im Güterverkehr zu attraktivieren und somit zu einer Reduktion der CO₂ Emissionen beizutragen. Diese Forschungs- und Innovationsaktivitäten können zu einer teilweisen oder vollständigen Verlagerung bestimmter Verkehre auf energieeffiziente Verkehrsträger führen. D.h. die Transportaktivitäten werden direkt auf der Schiene abgewickelt oder auch, dass bestimmte Teilstrecken in einem Transportsystem auf die Schiene verlagert werden.

Im Rahmen von Mobilität der Zukunft werden in diesem Kontext vor allem Forschungsaktivitäten in den im Programmdokument genannten Bereichen Nachhaltige Transportketten und -netzwerke, Nachhaltige „First Mile“ und „Last Mile“-Lösungen und im Bereich Intermodaler Knotenpunkte/Nachhaltiger Güterverkehrszentren gefördert. Konkrete Forschungsthemen wären beispielsweise die Konzepte zur Nutzung von bestehenden

Schieneninfrastrukturen oder Projekte welche zu einer Steigerung der Qualität und Effizienz von Transporten dienen, bspw. durch den Einsatz von Sensoren und Monitoringsystemen oder die Intermodalität und Interoperabilität herstellen und verbessern.

Relevante Forschungsthemen aus Programmdokument Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013):

Gütermobilität:

- (1) Nachhaltige Transportketten und -netzwerke
- (3) Nachhaltige „First Mile“ und „Last Mile“-
- (4) Intermodale Knotenpunkte/Nachhaltige Güterverkehrszentren

7.3.3 Wirkungen

Neben einer Senkung von CO₂ Emissionen sind Wirkungen in den Bereichen Luftqualität und Sicherheit zu erwarten. Darüber hinaus kann eine Verlagerung des Güterverkehrs auch zu einer Erhöhung der Lebensqualität beitragen.

7.3.4 Wechselwirkungen

Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden sind insbesondere mit dem Innovationspfad Optimierung im Güterverkehr zu erwarten. Dennoch werden die Reduktionspotenziale der beiden Innovationspfade getrennt voneinander abgeschätzt, da die Wechselwirkungen überschaubar sind und im Rahmen der Ungenauigkeit der Abschätzung liegen.

7.3.5 Potenzialabschätzung

Während in diesem Innovationspfad auch Verlagerungen des Güterverkehrs auf andere energieeffiziente Verkehrsträger grundsätzlich enthalten sind, werden die größten Effekte im Bereich der Verlagerung auf die Schiene gesehen und in Folge abgeschätzt.

Aufbauend auf Literaturstudien kann davon ausgegangen werden, dass der erzielbare Verlagerungseffekt in Tonnenkilometer im Güterverkehr bei ca. 20% liegt (Akkermans L. et al., 2010). Optimistischere Schätzungen, welche eine Verlagerung von bis zu 60% des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene erwarten, wurden analog zu einem großen europäischen Forschungsprojektes zur Abschätzung von CO₂ Reduktionspotenzialen (Akkermans L. et al., 2010), auf Grund der in der Literatur angeführten Zweifel an der Realisierbarkeit nicht berücksichtigt (Bühler and Jochem, 2008).

7.3.5.1 Allgemeine Annahmen zur Potenzialabschätzung

Basierend auf dem WEM Szenario aus dem Projekt Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien (ein Projekt mit AEA, EEG, WIFO und TU Graz, siehe Krutzler et al., 2013), Werten aus der Literatur und eigenen Annahmen wurden die maximalen Potenziale für Österreich abgeschätzt.

Inputgrößen waren die Verkehrsleistung für Personen- und Güterverkehr (in Mio. Pkm, tkm), die Besetzungs- und Beladungsgrade (in Personen und Tonnen) sowie spezifische CO₂ Emissionswerte für PKW und SNF (in g/km)

in Mio.	PKW-km	PKW Pkm	Besetzungs- grad	SNF tkm	Beladungs- grad	CO2 Pkw	CO2 SNF
2010	62446	73000	1,17	38392	9	155,8	428,6
2011	62093	72401	1,17	41706	9	152,6	435,1
2012	62762	72963	1,16	42456	9	148,6	438,4
2013	63439	73560	1,16	43204	9	145,9	438,2
2014	64100	74133	1,16	43949	9	143,3	436,5
2015	64780	74694	1,15	44697	9	141	434,9
2016	65574	75448	1,15	45480	9	138,7	432,8
2017	66364	76194	1,15	46263	9	135,7	427,4
2018	67147	76965	1,15	47045	9	132,6	421,1
2019	67926	77701	1,14	47826	9	129,6	416,4
2020	68676	78408	1,14	48604	9	126,7	410,1
2021	69479	79215	1,14	49279	9	123,9	400,3
2022	70275	80055	1,14	49986	9	121	394,9
2023	71068	80900	1,14	50693	9	118,2	390
2024	71858	81715	1,14	51398	10	115,3	385,7
2025	72624	82547	1,14	52101	10	112,4	381,8
2026	73429	83433	1,14	52775	10	109,6	378,6
2027	74231	84290	1,14	53450	10	106,7	375,8
2028	75030	85188	1,14	54123	10	103,8	373,4
2029	75828	86094	1,14	54796	10	100,9	371,3
2030	76605	86949	1,14	55466	10	98,1	369,5

Tabelle 7: Inputgrößen für die CO₂ Potenzialabschätzung

7.3.5.2 Annahmen zu Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern (Güterverkehr)

In der oben zitierten Literatur wurde für den Güterverkehr ein mögliches Einsparpotenzial der Güterverkehrsleistung in der Größenordnung bis zu bzw. von 19,3% – 24,2% angegeben.

Unter der Annahme, dass unter anderem durch den Beitrag von Innovationen, welche auch durch Mobilität der Zukunft unterstützt und vorangetrieben werden, bis zum Jahr 2030 20% der Güterverkehrsleistung auf die Schiene verlagert werden kann, ergibt sich folgendes Potenzial.

Den Anteil der Verkehrsleistung pro Jahr wurde mit Hilfe der Beladungsgrade in Fahrzeug-km umgerechnet, um diese dann mit den spezifischen CO₂ Emissionswerten für SNF in g/km zu multiplizieren.

7.3.5.3 Ergebnis

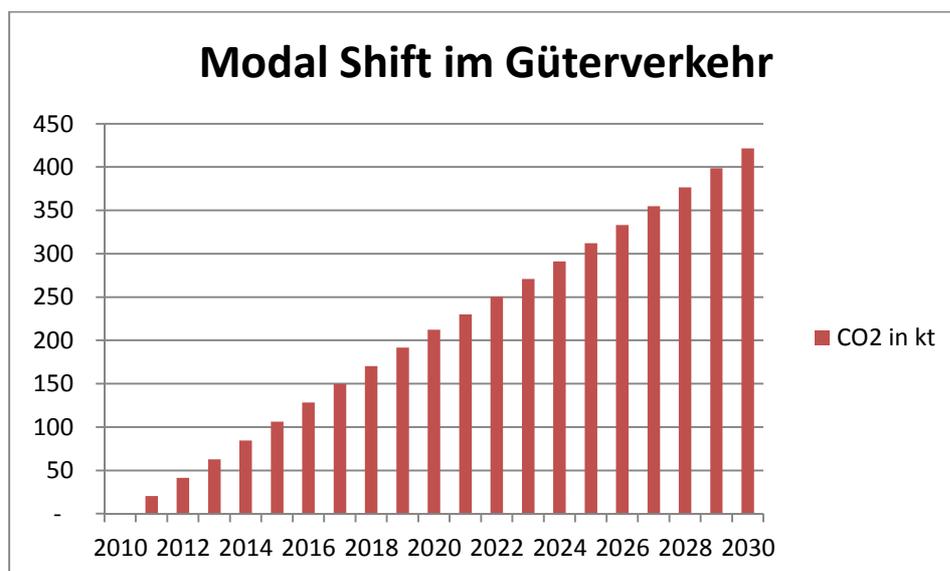


Abbildung 49: CO₂ Potenzial bis 2030 für Modal Shift Güterverkehr

Unter der Annahme, dass die Verlagerung bis 2030 linear zunimmt und in 2030 das maximale Potenzial erreicht wird, ergibt sich ein maximal kumuliertes Potenzial bis 2030 von rund 4.500 kt CO₂.

7.4 Innovationspfad Optimierung (Güterverkehr)

7.4.1 Einleitung

Dieser Innovationspfad fasst Innovationen zusammen, welche dazu beitragen sollen den Güterverkehr der Zukunft zu optimieren und somit Fahrten teilweise oder ganz einzusparen. Damit verbunden wäre auch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs.

7.4.2 Forschungsthemen

Eine Reihe von Forschungsthemen und damit verbundene Innovationen können dazu beitragen nachhaltigere Verteilsysteme zu etablieren.

In diesem Bereich fällt etwa die Entwicklung von Organisationskonzepten für kooperative Last-Mile Branchenlogistiklösungen, die dazu beitragen Güterströme zu konsolidieren und somit insbesondere kurze Fahrten einzusparen. Weitere Forschungsthemen umfassen die Substitution von PKW oder LKW Fahrten durch nicht motorisierte Warentransport Systeme. Hierzu könnten in Zukunft Intelligente Transportsysteme basierend auf Internet- und Kommunikationstechnologien neuartige Verleihsysteme ermöglichen oder neue oder verbesserte Produkte wie Einkaufstrolleys, Rollatoren, Fahrradanhänger, Lastenträger dazu beitragen Einkaufsfahrten ökologischer zu gestalten. Um

dieses Ziel zu erreichen, ist beispielsweise die Entwicklung eines Konzepts für das Management von derartigen Systemen und für die Gestaltung der erforderlichen Infrastruktur notwendig. Weitere Forschungsthemen können Innovationen technologischer oder organisatorischer Natur sein, welche durch das Programm ermöglicht werden sollen, von Kooperationsmodellen zur Stadtbeflieferung, Zeitzonen und Lieferzonenmanagement oder die Entwicklung stadtnaher Konsolidierungszentren

Relevante Forschungsthemen aus Programmdokument Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013):

Güterverkehr

- (1) Nachhaltige Transportketten und -netzwerke
- (2) Nachhaltige Gütermobilität in Städten
- (3) Nachhaltige „First Mile“- und „Last Mile“-Lösungen für die Gütermobilität
- (4) Intermodale Knotenpunkte/Nachhaltige Güterverkehrszentren
- (5) Innovative Transportmittel und -medien

7.4.3 Wirkungen

Wirkungen sind sowohl hinsichtlich der Reduktion von CO₂ Emissionen durch die Substitution sowie einer Reduktion von motorisierten Fahrten zur Güterverteilung zu erwarten. Darüber hinaus wird hiermit eine Verbesserung der Luftqualität erwartet. Des Weiteren kann durch eine Substitution bzw. Reduktion von Fahrten mit PKW/LKWs auch ein positiver Beitrag zur Entlastung der Infrastruktur und einer Erhöhung der Lebensqualität erwartet werden.

7.4.4 Wechselwirkungen

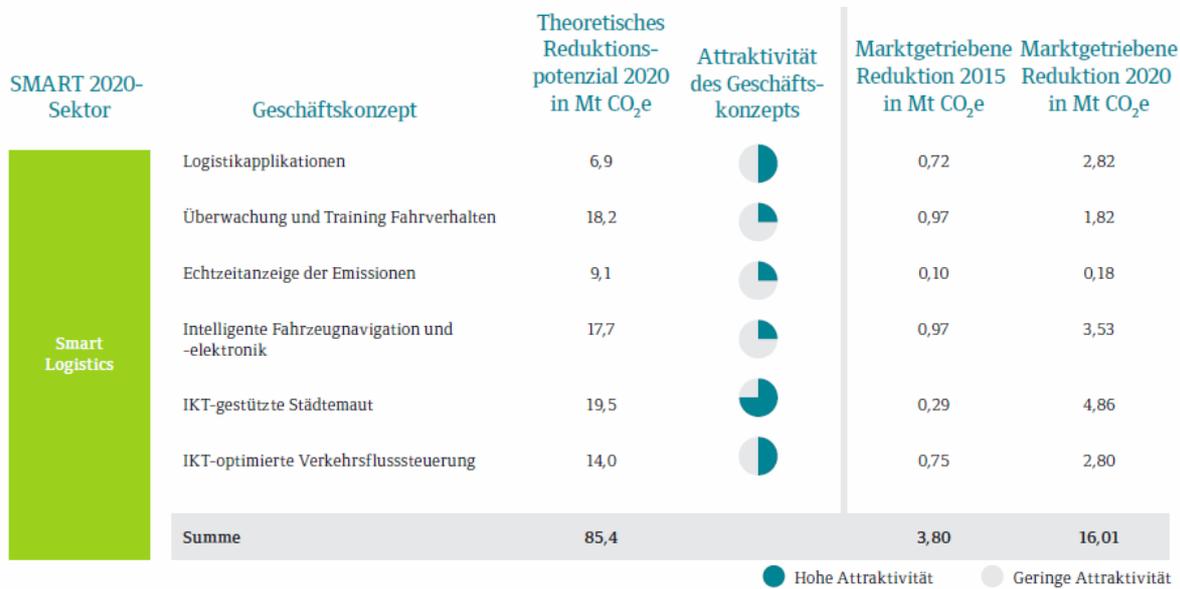
Wechselwirkungen sind in erster Linie mit den Innovationspfaden Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern (Güterverkehr) und dem Innovationspfad Transportmittel und -medien zu erwarten, nachdem eine Optimierung zu einer Reduktion der erwarteten Verkehrsleistung im Güterverkehr führen kann. Diese wiederum hätte einen geringfügigen Effekt auf das Potenzial der anderen beiden Innovationspfade. Auf Grund des erwartbar geringen Effektes dieser Wechselwirkungen wurde der Innovationspfad einzeln abgeschätzt.

7.4.5 Potenzialabschätzung

Die Literaturrecherche zum Reduktionspotenzials dieses Innovationspfades lässt auf ein Reduktionspotenzial von etwa 15-20% der zurückgelegten Tonnenkilometer schließen (Akkermans L. et al., 2010; The Climate Group, 2008). Auch in aktuellen Forschungsprojekten wie etwa dem von Fraunhofer – IML (Institut für Materialfluss und Logistik) durchgeführten Projekt „Smart Efficient Load, Smart ab der Laderampe“ wird davon ausgegangen eine Einsparung der zurückgelegten Wege um 15-20% zu erzielen (Fraunhofer IML).

Im Rahmen der Studie Smart 2020 in Deutschland wurde darüber hinaus noch eine Einschätzung einzelner Maßnahmen im Bereich der Logistik erarbeitet, wie in untenstehenden Abbildungen dargestellt (Zahlen für Deutschland):

Abb. 17: Übersicht identifizierter Geschäftskonzepte im Sektor Smart Logistics



Quelle: BCG-Analysen

Abbildung 50: Übersicht identifizierter Geschäftskonzepte im Sektor Smart Logistics ,
Quelle: BCG (2009)

Abb. 18: Einordnung der Geschäftskonzepte aus Smart Logistics nach CO₂e-Reduktionspotenzial und Attraktivität des Geschäftskonzepts

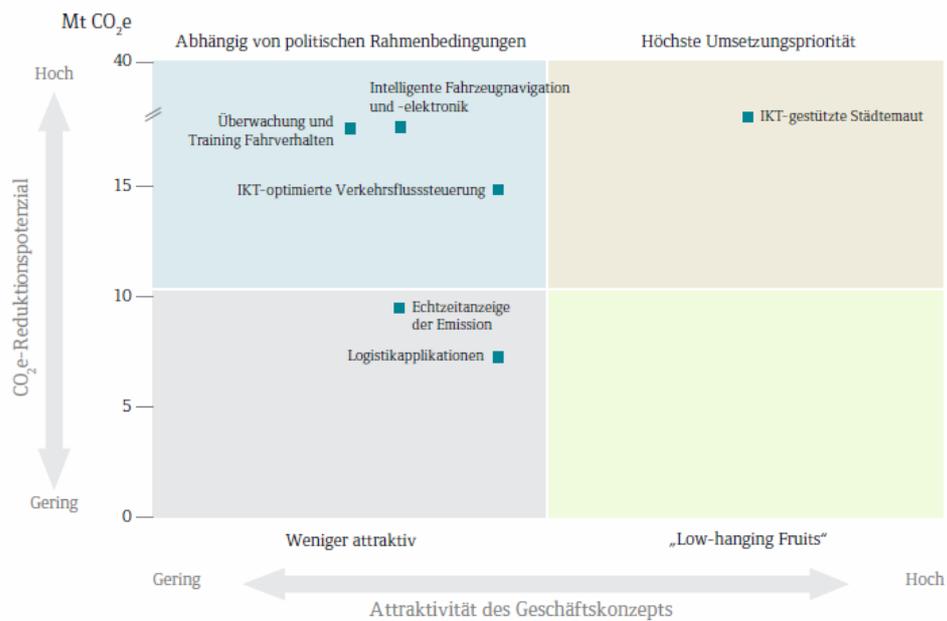


Abbildung 51: Einordnung der Geschäftskonzepte aus Smart Logistics nach CO₂e-Reduktionspotenzial und Attraktivität des Geschäftskonzepts (Quelle: BCG (2009))

7.4.5.1 Annahmen zu Verteilung (Güterverkehr)

In der oben zitierten Literatur wurde für den Güterverkehr ein mögliches Einsparpotenzial der Güterverkehrsleistung in der Größenordnung von 15% – 20% angegeben.

Unter der Annahme, dass bis zum Jahr 2030 15% der Güterverkehrsleistung durch optimierte Logistik, sog. SmartLogistics, eingespart werden kann, ergibt sich folgendes Potenzial.

Den Anteil der Verkehrsleistung pro Jahr wurde mit Hilfe der Beladungsgrade in Fahrzeug-km umgerechnet, um diese dann mit den spezifischen CO₂ Emissionswerten für SNF in g/km zu multiplizieren.

7.4.5.2 Ergebnis

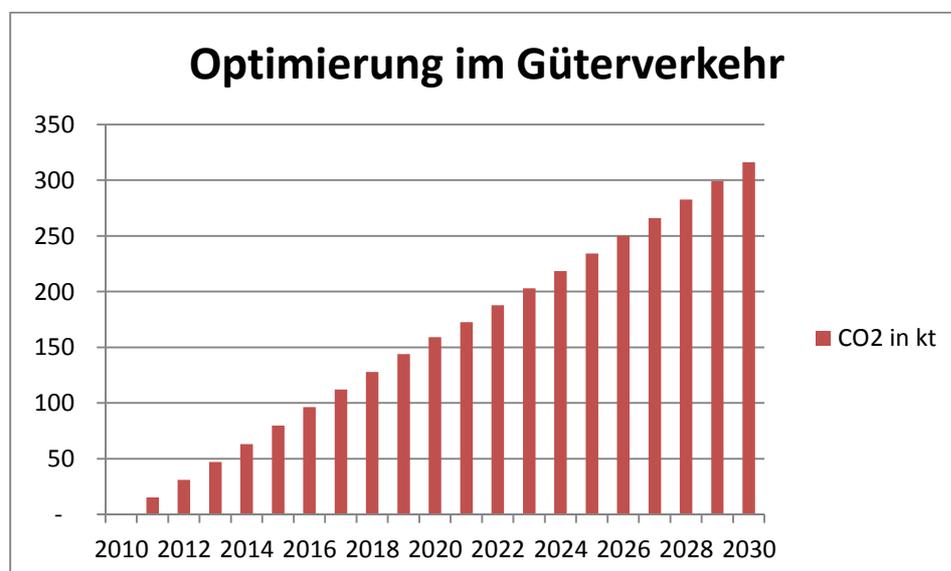


Abbildung 52: CO₂ Potenzial bis 2030 für Verteilung im Güterverkehr

Unter der Annahme, dass die Einsparung bis 2030 linear zunimmt und in 2030 das maximale Potenzial erreicht wird, ergibt sich ein maximal kumuliertes Potenzial bis 2030 von rund 3.000 kt CO₂.

7.5 Innovationspfad Transportmittel und -medien (Güterverkehr)

7.5.1 Einleitung

Der Innovationspfad Transportmittel umfasst alle innovativen Lösungen die sich mit der Entwicklung von für den Güterverkehr spezifischen Transportmitteln und

–medien befasst. Darunter sind bspw. weiterentwickelte Transportbehältnisse wie leichtere Container oder effizientere Verladesysteme zu verstehen. Im Unterschied zu anderen Innovationspfaden stehen hier die Transportmittel und –medien im Mittelpunkt. Zudem umfasst dieser Innovationspfad auch Innovationen zur Steigerung der Effizienz von Lastkraftwägen (LKW). Hierunter fallen auch alternative Antriebe sowie aerodynamische Optimierungen im Straßenverkehr.

7.5.2 Forschungsthemen

Forschungsthemen in diesem Bereich sind vor allem effizientere Behälter und Ladehilfsmittel im Mittelpunkt. Während kurzfristiger vor allem die Steigerung der Effizienz bestehender Behälter, bspw. Container im Mittelpunkt stehen, werden langfristig große Potenziale durch Veränderungen der Behälter und Ladeeinheitenmaße gesehen (IHK Region Stuttgart, 2011).

Internationale Beispiele zeigen, dass etwa die Nutzung von größeren Containern sowohl die Effizienz der Ladevorgänge als auch das Verhältnis zwischen Behältergewicht und Fracht verbessern lassen. Hier sind jedoch eine Vielzahl von Fragen hinsichtlich der Interoperabilität, Standards aber auch Sicherheitsfragen zu klären. Andere Forschungsthemen können auf die Reduktion von Verpackungs- und Schutzmaterialien abzielen da diese auf Grund neuer oder verbesserter Transportmittel diese nicht mehr notwendig sind. Erste Beispiele lassen sich etwa in der Automobilbranche finden, wo Automobilhersteller gemeinsam mit Logistikpartnern eine Umstellung auf andere Waggons zum Transport von Neuwagen durchgeführt haben, welche ansonsten übliche Schutzverklebungen unnötig macht (IHK Region Stuttgart, 2011). Weitere Innovationen die in diesen Innovationspfad fallen wären etwa die Entwicklung von Leichtbaumaterialien, d.h. leichteren Transportmittel für den Güterverkehr sowohl auf der Straße als auch auf der Schiene.

Darüber hinaus fallen in diesen Innovationspfad alle Innovationen die dazu beitragen die Transportmittel, d.h. von Fahrzeugen bis zu Transportbehältnissen effizienter zu gestalten. Die Forschungsthemen dieses Innovationspfades umfassen damit sowohl Themen aus dem Forschungsfeld Güterverkehr sowie aus dem Forschungsfeld Fahrzeugtechnologien des Programmdokuments Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013).

Relevante Forschungsthemen aus Programmdokument Mobilität der Zukunft:

Güterverkehr

- (1) Nachhaltige Transportketten und –netzwerke
- (3) Nachhaltige „First Mile“- und „Last Mile“-Lösungen für die Gütermobilität
- (4) Intermodale Knotenpunkte/Nachhaltige Güterverkehrszentren
- (5) Innovative Transportmittel und -medien

Fahrzeugtechnologien

- (1) Entwicklung alternativer Antriebe und Energieträger für alle Fahrzeugklassen des Oberflächenverkehrs

- (2) Flüssige und gasförmige alternative
- (3) Fahrzeugelektronik
- (4) Leichtbau

7.5.3 Wirkungen

Durch den Einsatz von innovativen Transportmitteln und -medien besteht durch eine Steigerung der Effizienz das Potenzial sowohl CO₂ Emissionen als auch Lärm zu reduzieren. Darüber hinaus können auch nachhaltige Wegeketten und somit ein Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern durch innovative Transportmittel und -medien unterstützt werden (siehe Wechselwirkungen)

7.5.4 Wechselwirkungen

Insbesondere im Bereich der Attraktivierung von intermodalen Wegeketten bestehen Wechselwirkungen mit dem Innovationspfad Modal Shift. Darüber hinaus bestehen Wechselwirkungen mit dem Bereich Alternative Antriebe und Leichtbau, welche in diesem Fall auf PKW fokussiert. Dies ermöglicht eine Minimierung der Wechselwirkungen zwischen den beiden Innovationspfaden, da analog der Innovationspfade Alternative Antriebe und Leichtbau eine getrennte Abschätzung der Effekte von alternativen Antrieben im Güterverkehr sowie von innovativen Transportmittel und -medien nicht möglich wäre.

7.5.5 Potenzialabschätzung

Im Folgenden werden die Potenziale für innovative Transportmittel und -medien auf Grundlage einer durchgeführten Literaturrecherche angeführt. Die Potenzialabschätzung selber fokussiert dann auf den Bereich der Reduktionspotenziale im Straßenverkehr, da hier wesentliche Potenziale gesehen werden, bzw. diese auch abgeschätzt werden können. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich insbesondere im Bereich des Schienenverkehrs kein Potenzial für CO₂ Reduktionen vorhanden ist. Das enorme Einsparungspotenzial durch Verlagerungen von Güterverkehr auf die Schiene ist etwa im Innovationspfad Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern ausgewiesen.

Durch den Einsatz innovativer Transportmittel und -medien besteht das Potenzial die CO₂ Emissionen in verschiedenen Bereichen zu senken: Die Anwendung von Leichtbau im Bereich der Güterwaggons könnte etwa zu einer Steigerung der Energieeffizienz um 5% führen (Akkermans L. et al., 2010). Im Bereich der Aerodynamik bei LKWs wird hier ein Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz von 9% (2020) bis 19% (2050) gesehen (Akkermans L. et al., 2010).

Im Folgenden fokussiert die quantitative Potenzialabschätzung auf Innovationen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Bereich des Güterverkehrs auf der Straße, hier insbesondere im Bereich des Antriebsstrangs.

Recherchen zeigen, dass die Antriebsstrangentwicklung im Güterverkehr auf der Straße auch langfristig, jedenfalls jedoch über den im Projekt betrachteten

Zeitraum den Weg der Optimierung des konventionellen Antriebsstranges gehen wird. Zusätzlich sind vor allem aerodynamische Optimierungen zu erwarten.

Generell ist also mit einer stetigen Optimierung bzw. mit einer stetigen Weiterentwicklung der vorhandenen Technologie zu rechnen, was sich auch in einem stetigen Verlauf der Kaufpreise manifestieren wird (siehe auch folgende Abbildung zur Powertrain Roadmap).

Einher geht diese Entwicklung im Güterverkehr im Gegensatz zur Elektrifizierung bei PKW eher mit der Decarbonisierung von flüssigen Kraftstoffen.

Technology Roadmap - Overview

There are three interlinked phases of change required to current heavy duty powertrain technology and strategy

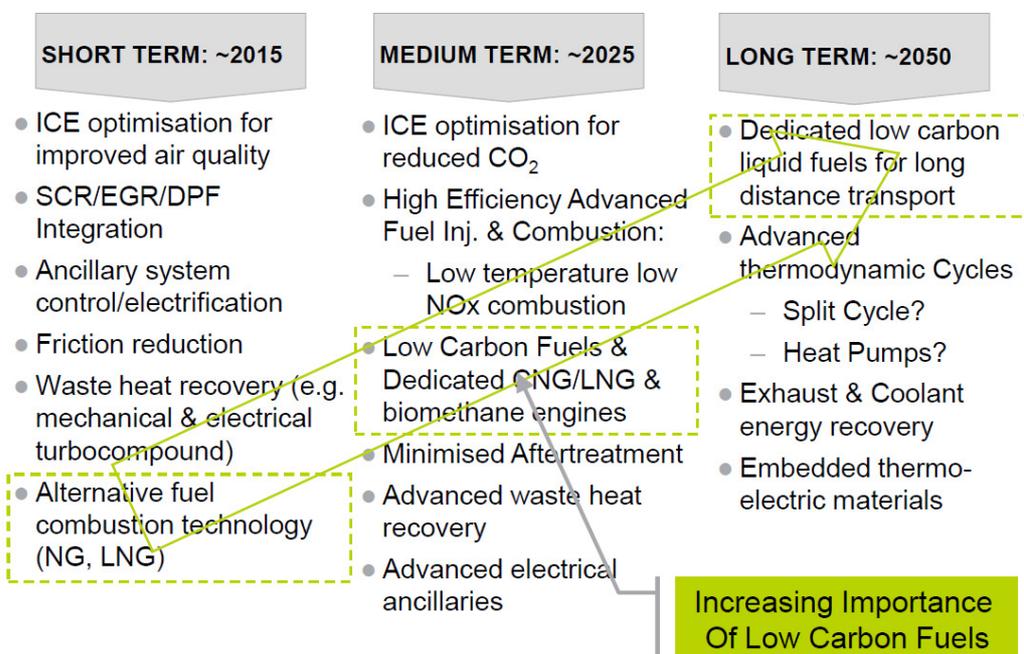


Abbildung 53: Future Low Carbon, Clean Powertrains; Prof. Neville Jackson; 19th International Transport and Air Pollution Conference 26th-27th November 2012 Thessaloniki, Greece (Jackson, 2012)

Potenzialabschätzung

Im Güterverkehr gibt es bis dato keine Effizienz- bzw. CO₂-Vorgaben wie etwa bei PKW. Die EU-Kommission arbeitet aber an ähnlichen Vorgaben und bereitet hier aktuell mit Folgenabschätzungen (AEA) die entsprechenden Entscheidungsgrundlagen vor (Hill et al., 2011). Die AEA schlägt in einem kosteneffizienten Szenario folgende Technologiekombinationen vor.

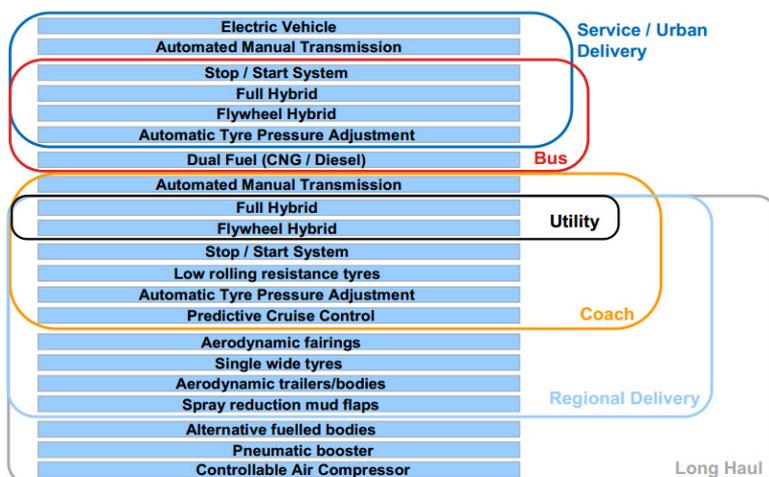


Abbildung 54: Kosteneffiziente Technologieoptionen nach Einsatzbereich/Fahrzeugkategorien; Quelle: AEA - Hill et al. (2011)

Analog dem Beispiel der Potenzialabschätzung im Bereich der PKW Antriebe wird davon ausgegangen, dass FTI Politik im Allgemeinen bzw. das FTI politische Programm Mobilität der Zukunft ein wesentlicher Baustein ist, um die im Rahmen der AEA Studie angeführten Potenziale realisieren zu können. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass die technologischen Potenziale sich u.a. auf Grund von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten realisieren lassen. D.h. den Ergebnissen der AEA werden der Potenzialabschätzung für Österreich die Potenziale des kosteneffizienten Szenarios zugrunde gelegt.

% Reduction between Scenarios Vehicle / Mission Type	Benefit over BAU			
	Cost Effective		Challenging	
	2020	2030	2020	2030
Service / Delivery (3.5 – 7.5t)	0.84%	1.39%	4.18%	16.31%
Urban Delivery / Collection	0.73%	2.54%	4.96%	18.59%
Municipal Utility	0.33%	2.31%	2.95%	12.32%
Regional Delivery / Collection	1.70%	4.40%	4.58%	10.40%
Long Haul	4.83%	10.49%	7.15%	17.35%
Construction	1.09%	4.60%	2.53%	8.14%
Buses	0.40%	3.64%	3.49%	17.85%
Coaches	2.51%	6.49%	4.00%	10.37%
TOTAL Trucks	2.70%	6.38%	5.24%	14.46%
TOTAL Buses & Coaches	1.30%	4.86%	3.71%	14.64%
Overall TOTAL	2.53%	6.23%	5.06%	14.48%

Abbildung 55: CO₂-Reduktionspotenziale verschiedener Szenarien; Quelle: AEA - Hill et al. (2011)

Im Mix der Güterverkehrsträger auf der Straße wird in Österreich von einem technischen Reduktionspotenzial von einer Größenordnung von 20% bis 2030 ausgegangen. Dieses Reduktionspotenzial wird bei leichten (etwa 35% ähnlich den PKW) und schweren Nutzfahrzeugen (etwa 6%) erreicht.

Das CO₂ Reduktionspotenzial ist bei leichten Nutzfahrzeugen in etwa auf dem höheren Niveau der PKW, während die Potenziale bei den schwereren Nutzfahrzeugen aufgrund permanenter Optimierung hinsichtlich Energieverbrauch begründet vor allem durch den hohen Anteil der Kraftstoffkosten an den gesamten Betriebskosten bereits besser ausgereizt sind. Diese geringeren Potenziale sind auch in der vorangehenden Abbildung dargestellt.

Jahr	FZg-Kilometer SNF [Mio km]	FZg-Kilometer LNF [Mio km]	CO2 Gesamt SNF [1000to]	CO2 Gesamt LNF [1000to]	CO2 Gesamt Bahn [1000to]	SNF CO2 spezifisch [CO2/km]	LNF CO2 spezifisch [CO2/km]	Baseline CO2 GV gesamt (ohne technologischer Verbesserungen) [to]	Technologisches Potential CO2 [to]	Technologisches Potential CO2 kumuliert [to]
2011	5.186	6.406	3.411	1.702	149	658	266	5.112.953	-	-
2012	5.236	6.492	3.476	1.735	151	656	267	5.168.888	1.160	1.160
2013	5.289	6.587	3.514	1.758	152	653	267	5.228.657	14.181	15.341
2014	5.343	6.683	3.563	1.755	154	651	263	5.289.681	54.487	69.828
2015	5.396	6.780	3.613	1.753	155	649	259	5.350.866	94.463	164.291
2016	5.458	6.869	3.661	1.745	156	647	254	5.414.791	138.201	302.492
2017	5.517	6.955	3.678	1.723	156	645	248	5.476.408	195.470	497.962
2018	5.575	7.041	3.689	1.695	156	643	241	5.537.879	258.545	756.507
2019	5.633	7.128	3.711	1.675	156	641	235	5.598.604	314.565	1.071.072
2020	5.691	7.219	3.727	1.641	157	639	227	5.660.996	386.179	1.457.252
2021	5.743	7.607	3.744	1.677	158	637	221	5.798.735	465.431	1.922.682
2022	5.800	7.694	3.761	1.647	159	634	214	5.859.328	532.657	2.455.339
2023	5.857	7.783	3.781	1.619	160	632	208	5.920.123	597.381	3.052.721
2024	5.913	7.874	3.804	1.595	161	630	203	5.981.489	658.985	3.711.706
2025	5.969	7.966	3.828	1.575	162	628	198	6.042.660	717.237	4.428.943
2026	6.021	8.054	3.853	1.559	163	626	194	6.100.414	770.633	5.199.576
2027	6.073	8.140	3.879	1.546	164	624	190	6.156.925	820.408	6.019.984
2028	6.125	8.228	3.907	1.537	165	622	187	6.214.811	867.773	6.887.757
2029	6.176	8.323	3.937	1.531	166	620	184	6.273.583	912.889	7.800.646
2030	6.227	8.418	3.968	1.529	168	618	182	6.332.537	955.037	8.755.683

Tabelle 8: Berechnung des CO₂-Reduktionspotenziales durch technische Maßnahmen;
Quelle eigene Berechnungen

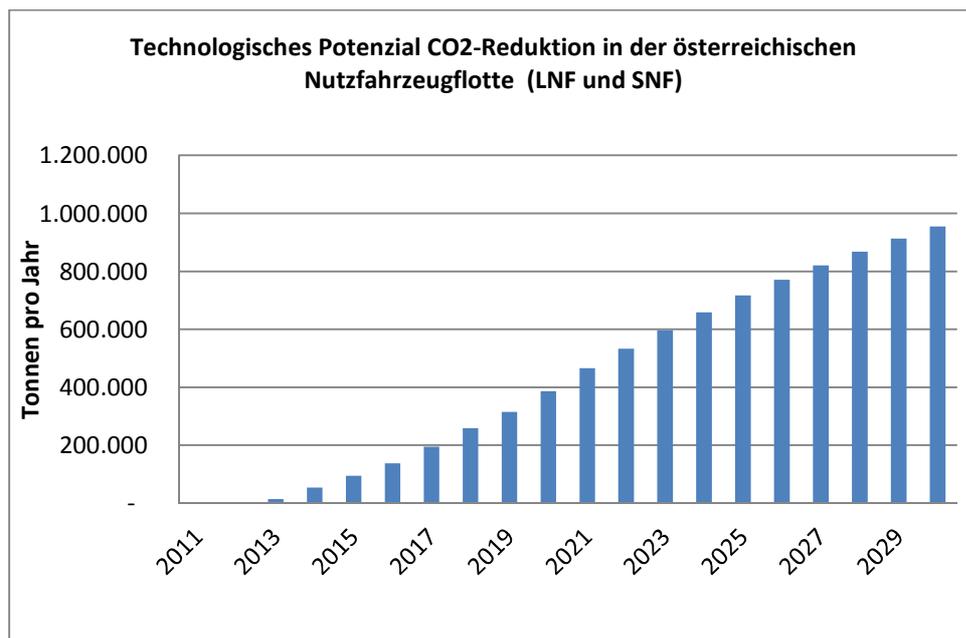


Abbildung 56: Technologisches Potenzial zur CO₂-Reduktion in der österreichischen Nutzfahrzeugflotte

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Potenzial im Bereich der innovativen Transportmittel und -medien im Straßenverkehr kumuliert bis 2030 etwa 1000 kt Tonnen CO₂ äquivalent entspricht. Hierbei sollte allerdings beachtet werden, dass auch im Bereich anderer Verkehrsträger enormes Potenzial besteht (bspw. Schiene - siehe auch Innovationspfad Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern) welches auf Grund der Gefahr von Wechselwirkungen und damit verbundenen Doppeltzählungen hier nicht ausgewiesen wird.

7.6 Innovationspfad Aktive Mobilität – Gehen & Radfahren

7.6.1 Einleitung

Das Hauptziel des Forschungsfelds Aktive Mobilität ist aktive Formen von Mobilität zu unterstützen. Hierbei zeichnen sich insbesondere zwei Formen der aktiven Mobilität aus: Radfahren und Gehen. Bei beiden dieser Formen der Mobilität besteht die Wirkung aus Verlagerungseffekten der Verkehrsnachfrage d.h. es kommt zur Verringerung von Fahrzeugkilometern im Motorisierten Individualverkehr.

Gehen

Obwohl Gehen häufig in aktuellen Studien, welche sich mit Innovationen mit CO₂ Reduktionspotenzial beschäftigen, nicht oder nur am Rande erwähnt wird, besitzt es ein bedeutendes Potenzial zur Reduktion von CO₂ Emissionen. Neben technologischen Maßnahmen haben auch Verhaltensänderungen wie etwa das Zurücklegen kurzer Strecken zu Fuß eine wichtige Rolle (UKERC

2005). Über das Gehen als Alternative zum Autofahren ist viel weniger geschrieben worden als über das Radfahren. Das Umweltbundesamt (D) geht für das Zufußgehen von ähnlichen Potenzialen wie dem Radfahren aus, weshalb Innovationsaktivitäten die die Attraktivität dieser Fortbewegungsformen adressieren in diesem Innovationspfad zusammengefasst werden (**UBA, 2010**)

Radfahren

Das Hauptziel des Forschungsfelds Aktive Mobilität ist es neben dem zu Fuß gehen insbesondere Radfahren als aktive Form von Mobilität zu unterstützen. Alle Innovationsaktivitäten welche sich direkt oder indirekt auf die Attraktivierung des Radverkehrs auswirken werden unter diesem Innovationspfad zusammengefasst. Hierzu zählen einerseits sowohl technologische Entwicklungen am Fahrrad selber (Unterstützung, Sicherheit, etc.) als bspw. auch im Umfeld oder der Radinfrastruktur (intelligente Ampelschaltungen um Wartezeiten für RadfahrerInnen zu verkürzen, etc).

7.6.2 **Forschungsthemen**

In beiden Bereichen lässt sich eine große Bandbreite an Forschungsthemen und -fragen identifizieren, beginnend von Studien zum besseren Verständnis der Rolle des zu Fuß Gehens und Radfahren über die Erarbeitung von Konzepten bis hin zur Entwicklung von physischen Artefakten. In diesem Kapitel werden nur beispielhaft einige Forschungsthemen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, genannt. All diesen Aktivitäten gemeinsam ist es, dass sie darauf abzielen die beiden Formen der aktiven Mobilität durch Innovation zu unterstützen und somit letztendlich die intendierten Wirkungen (u.a. Reduktion der CO₂ Emissionen) zu erzielen.

Gehen:

Forschungsthemen in Bereichen Gehen sind beispielsweise:

- Konzepte zur Rolle und Verbindung von Gehen im Rahmen multimodaler Lebensstile und der Integration mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖPNV)
- Forschungsaktivitäten zum besseren Verständnis des unterschiedlichen Verhalten von verschiedenen Bevölkerungsgruppen und das Ansprechen der unterschiedlichen Gruppen
- Schaffung von Schnittstellen zur Rolle von Gehen und Gesundheitsförderung
- Erarbeitung und Konzeption von Raumplanungsmaßnahmen und Analyse ihrer möglichen Auswirkung auf den Modal Shift
- Erarbeitung von Maßnahmen wie etwa eine Kultur des Zufußgehens verankert werden kann

Radfahren

Dieser Innovationspfad umfasst Innovationsaktivitäten die das Radfahren attraktiveren und unterstützen sollen. Es geht hier weniger um die Investitionen in die Infrastruktur wie Lückenschlüsse in den Radverkehrsnetz oder Abstellplätze schaffen sondern um:

- Konzepte zur Unterstützung des Radfahrens
- Bewusstseinsbildende Maßnahmen rund um den Radverkehr
- Verankerungen mit anderen Gesetzen (Bauordnung)
- Die Verknüpfung des Radverkehrs mit dem öffentlichen Verkehr (Intermodale Vernetzung)
- Vernetzung der involvierten Akteure
- Radfahren als Freizeitaktivität unterstützen
- Das Rad als Gütertransporter in der Stadt
- Weiterentwicklung der unterstützten Mobilität wie etwa Pedelects, e-bikes, etc.

Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass Radfahren nicht nur etwas mit Technologie und Infrastruktur sondern auch mit der Kultur zu tun. Radfahren muss im Zusammenhang mit der Kultur einer Stadt oder Region verstanden werden. Carse et al. (2013) gehen davon aus das Radfahren in einigen Städten sich etabliert hat weil Radfahren mit einer gewisse Unabhängigkeit und Freiheit assoziiert wird. Auch Maibach et al. (2009) gehen davon aus dass viele unterschiedliche Maßnahmen notwendig sind, um die Attraktivität von aktiver Mobilität zu erhöhen. Auch hier gilt es ein besseres Verständnis dieser Dimensionen zu gewinnen und innovative Konzepte zu erarbeiten um die Attraktivität des Radfahrens zu steigern.

Relevante Forschungsthemen aus Programmdokument Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013):

Personenmobilität:

v.a. (3) Aktive Mobilität

tlw. auch:

(1) Multimodale Lebensstile

(2) Gleichberechtigte Mobilität

7.6.3 Wirkungen

Wirkungen der Innovationsaktivitäten in diesem Innovationspfad sind in erster Linie Verlagerungseffekte der Verkehrsnachfrage d.h. Verringerung von Fahrzeugkilometern im motorisierten Individualverkehr. Diese wiederum haben letztendlich Effekte auf eine Reduktion der CO₂ Emissionen, der Luftschadstoffe sowie eine Erhöhung der Lebensqualität. Darüber hinaus sind durch das Zurücklegen von Wegen mit dem Fahrrad oder zu Fuß auch positive Effekte im Bereich der Gesundheit zu erwarten. Darüber hinaus können Innovationsaktivitäten auch dazu beitragen die Sicherheit der FußgängerInnen und RadfahrerInnen zu erhöhen. Gerade am Beispiel dieses Innovationspfades zeigt sich die große Überlappung und Wechselwirkungen mit anderen Politikfeldern, etwa im Bereich der Gesundheitspolitik,

Darüber hinaus ist zu beachten, dass v.a. im Bereich der Luftschadstoffe kurze Wege die mit dem PKW zurückgelegt werden, besonders schädlich sind, da das Fahrzeug hier nur schwer oder gar nicht seine Betriebstemperatur erreicht und somit der Schadstoffausstoß besonders hoch ist.

7.6.4 Wechselwirkungen

Wechselwirkungen sind in erster Linie mit dem Innovationspfad multimodale Lebensstile zu erwarten, da Wege des motorisierten Individualverkehrs entweder durch Radfahren, zu Fuß gehen oder öffentliche Verkehrsmittel ersetzt werden können. Darüber hinaus fördern Innovationsaktivitäten im Bereich der Fußgänger­mobilität auch multimodale Lebensstile, da Fahrten mit dem öffentlichen Verkehr häufig mit Fußwegen kombiniert werden. Zudem bestehen Wechselwirkungen mit dem Bereich der alternativen Antriebe und Leichtbau, welche jedoch in der allgemeinen Ungenauigkeit der Abschätzung liegen und deshalb nicht gesondert behandelt werden.

7.6.5 Potenzialabschätzung

Radfahren

Laut des Masterplans Radfahren Österreich sind 21% aller PKW-Fahrten kürzer als 2,5 km und 47% aller PKW-Fahrten kürzer als 5 km (ca. 20 Min. bei 15km/h mit dem Rad). Es gäbe hier also ein erhebliches Potenzial diese PKW-Fahrten auf das Rad zu verlagern. Dieses trifft in Österreich besonderes zu, weil der Anteil des Radverkehrs in manchen Städten Österreichs relativ klein ist im Vergleich mit anderen Ländern (Wien 6% im Vergleich mit den Niederlanden 26% und Dänemark 16%) (zitiert in: Polcar and Ausserer, 2013).

Andere Länder mit einem ähnlichen niedrigen Anteil gehen auch davon aus dass sie diesen erhöhen können. Eine Analyse in Großbritannien (Wardman et al., 2007) zeigt dass es durch gezielte Maßnahmen möglich sein könnte den Radfahranteil in Großbritannien für Arbeitswege unter 12 km von 6% auf über 20% zu erhöhen.

In Österreich gibt es folgende Ziele: Im Masterplan Verkehr Wien 2003/2008 ist eines der 2020 Ziele:

- die möglichst rasche Erhöhung des Radverkehrs auf acht Prozent

Auch in den Empfehlungen der Fortschreibung (2008) wurde das Radfahren viel Potenzial zugesprochen.

- Der Radverkehr hat ebenfalls noch erhebliches Potenzial. Ein Qualitätssprung im Angebot soll neue Zielgruppen ansprechen.

Da das Fahrrad in Bezug auf den Ausstoß von Treibhausgasen ca. 140 Mal so nachhaltig ist wie ein Auto und auch nachhaltiger als öffentliche Verkehrsmittel wird für die CO₂ Reduktion dem Radfahren viel Potenzial zugeschrieben (UKERC, 2005). Es kann davon ausgegangen werden, dass das Potenzial des Fahrrads im Alltagsverkehr unterschätzt wird (UBA, 2010). EU weite Schätzungen gehen davon aus, dass ein Potenzial besteht etwa 8% der PKW Fahrten durch Radfahren und zu Fuß gehen zu ersetzen, als realistisches Potenzial werden 5% der Fahrten angeführt, wobei das langfristig erreichbare Potenzial mit 15% aller Fahrten bis 2050 angegeben wird (**Akkermans L. et al., 2010**). In einem optimistischen Szenario wird davon ausgegangen, dass bis zu 50% der Fahrten in urbanen Räumen durch Radfahren und Fußgehen ersetzt werden könnten. Hierzu wären aber umfangreiche Veränderungen, technologischer Natur, bezogen auf die Infrastruktur und insbesondere im

Bereich der Mobilitätskultur vonnöten. Zudem bräuchte es entschlossene Haltung der Politik und eine sehr gute Koordination aller Politikbereiche (Verkehrspolitik, FTI – Politik, etc.) (Akkermans L. et al., 2010).

Gehen:

Laut eines Bericht des UK Energy Research Council (UKERC, 2005) könnten solche Innovationen und weitreichende Maßnahmen zu einer Reduktion von Autofahrten von 20% führen durch ein vermehrtes zu Fuß gehen. In diesem Bericht werden unterschiedliche Quellen zur Bandbreiten der Reduktion von Autofahrten angegeben z.B:

- 20% der Autofahrten sind nicht unbedingt an das Auto gebunden
- Eine Studie die die Folgen der Umverteilung von Straßenraum analysiert, besagt dass 18% des Verkehrs „verschwindet“

Viele Studien beschäftigen sich mit dem Potenzial Autofahrten zu reduzieren, aber nur wenige beschäftigen sich rein mit dem Gehen. Sloman schätzt aber das Maximum an Reduktion, das erreicht werden kann, bei 3% der Autofahrten liegt (Jones and Sloman, 2003; Sloman and Britain, 2003). Der Bericht Behavioural Climate Change Mitigation Options – Transport (Schroten 2012), schätzt 2% als realistischer zu sein.

Nach (UBA, 2010) erfordert „die Berechnung des Minderungspotenzials [...] es das Verlagerungspotenzial vom motorisierten Verkehr – d.h. vom Auto, Krafttrad, Bus und Bahn – auf den Rad- und Fußverkehr zu schätzen. Dies ist schwierig, da hierfür bisher kein gesichertes Verfahren vorliegt.“

Folgende Tabelle zeigt die UBA Berechnungen für Rad- und Fußverkehr kombiniert.

Tabelle 11: CO₂-Minderungspotenzial durch Verlagerung von Pkw-Fahrten kleiner 5 km auf den Rad- und Fußverkehr für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs kleiner 5 km nach TREMOD-Trend (Mio. t)	13,9	10,0	8,0
Verlagerung von Pkw-Fahrten unter 5 km auf Rad- und Fußverkehr (%)	0	50	50
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	5,0	4,0

Quelle: UBA/TREMOD 4.17. 2006

Abbildung 57: CO₂ Minderungspotenzial durch Verlagerung von PKW Fahrten Quelle: (UBA, 2010)

Radfahren:

Mittels Literaturrecherche konnten folgende Aussagen gesammelt werden, welche auch die Grundlage für die Potenzialabschätzung für Österreich bilden. Internationale und europäische Beispiele ermöglichen hierbei eine Einschätzung des Potenzials des Radverkehrs in Österreich.

	Anteile auf nationaler Ebene (in den letzten Jahren)	Situation auf kommunaler Ebene
Niederlande	ca. 26 %	Städte mit dem höchsten Anteil 35 % bis 40 %, Städte mit der geringsten Fahrradnutzung zwischen 15 % und 20 %.
Dänemark	ca. 19 %	Die Unterschiede zwischen den größeren Städten sind relativ gering: der Anteil liegt meist im Bereich von 20 % aller zurückgelegten Wege.
Deutschland	ca. 10 %	In den alten Bundesländern liegt die durchschnittliche Fahrradnutzung höher, vor allem in Nordrhein-Westfalen. In manchen Städten beträgt der Anteil 20 % bis 30 %.
Osterreich	ca. 9 %	Spitzenreiter: Graz (14 %) und Salzburg (19 %).
Schwetz	ca. 9 %	In manchen Städten liegt der Anteil höher, beispielsweise in Bern (15 %), Basel (17 %) und vor allem Winterthur (ca. 20 %).
Belgien	ca. 8 %	In vielen Städten in Flandern liegt der Anteil bei 15 %. Spitzenreiter: Brügge mit knapp 20 %.
Schweden	ca. 7 %	Städte: 10 %. Spitzenreiter: Lund und Malmö: 20 %. Kleinstadt Västerås: 33 %.
Italien	ca. 5 %	Einige klare Ausnahmen, vor allem in der Poebene, mit Orten wie Parma (über 15 %) und Ferrara (etwa 30 %). Ebenfalls unter den Spitzenreitern: Florenz (über 20 %).
Frankreich	ca. 5 %	Spitzenreiter: Straßburg (12 %) und Avignon (10 %).
Irland	ca. 3 %	Praktisch keine Spitzenreiter (Dublin mit 5 % vorn).
Tschechien	ca. 3 %	Einige Städte mit gewisser Fahrradnutzung (Ostrava, Olomouc und České Budějovice zwischen 5 % und 10 %), einige mit hohem Fahrradanteil (Prostejov 20 %).
Großbritannien	ca. 2 %	Einzelne Städte mit auffallend höherer Fahrradnutzung (York und Hull 11 %, Oxford und vor allem Cambridge fast 20 %).

Abbildung 58: Anteile des Radverkehrs (Radfahren in den Niederlanden, Seite 12 Ministerie van Verkeer en Waterstraat, 2009)

Ein Hinweis auf das mögliche Potenzial des Radfahrens liefern auch politische Vorgaben wie etwa der Masterplan Verkehr 2008, deren Ziele in untenstehender Abbildung zusammengefasst werden.

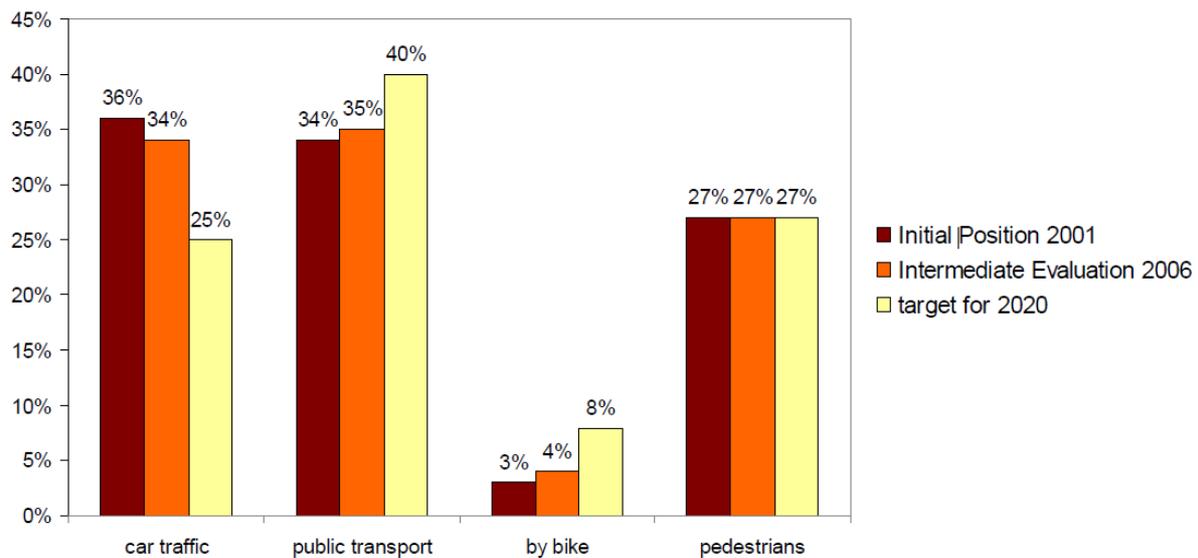


Abbildung 59: Modal Split Wien (Quelle: Mobil in Wien, Master Plan Verkehr 03/08, Werkstattbericht, Wien, November 2008, Seite 14)

Das Umweltbundesamt in Deutschland (2013) hat in seinem Bericht „Potenziale des Radverkehrs für den Klimaschutz“ mit der Thematik auseinander gesetzt. In einer Literaturanalyse werden vier Ansätze zur Bestimmung von Radverkehrspotenzial zur Verringerung von Emissionen, Platzbedarf und Lärm identifiziert (Seite 7):

- a) Verlagerung kurzer MIV-Wege
- b) Analogieschlüsse zu bestehenden Städten bzw. Regionen
- c) Nutzung von Verkehrsmodellen
- d) Sonstige Ansätze

Bei den Ansätzen zur Verlagerung gibt es verschiedene Annahmen zwischen jedem zweiten Weg und jedem vierten MIV-Weg für Wege bis zu 10km Länge.

In den folgenden Abbildungen erfolgt eine Übersicht der Berechnungsergebnisse je nach Annahmen zum Potenzial des Radverkehrs („Variationsrechnungen zur MIV-Fahrleistungsreduktion“):

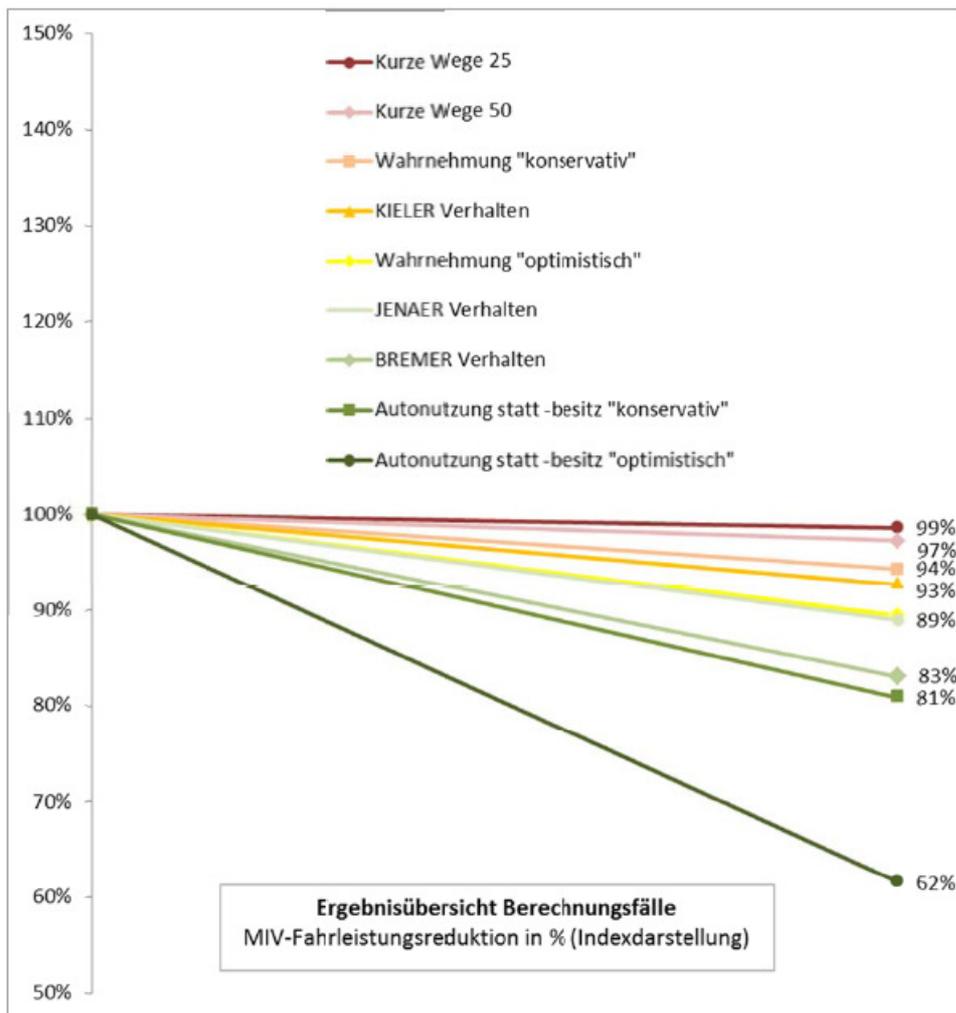


Abbildung 60: MIV-Fahrleistungsreduktion, Übersicht der Berechnungsergebnisse
 „Variationsrechnungen zu CO₂-Emissionsreduktion (UBA, 2013, S.79)

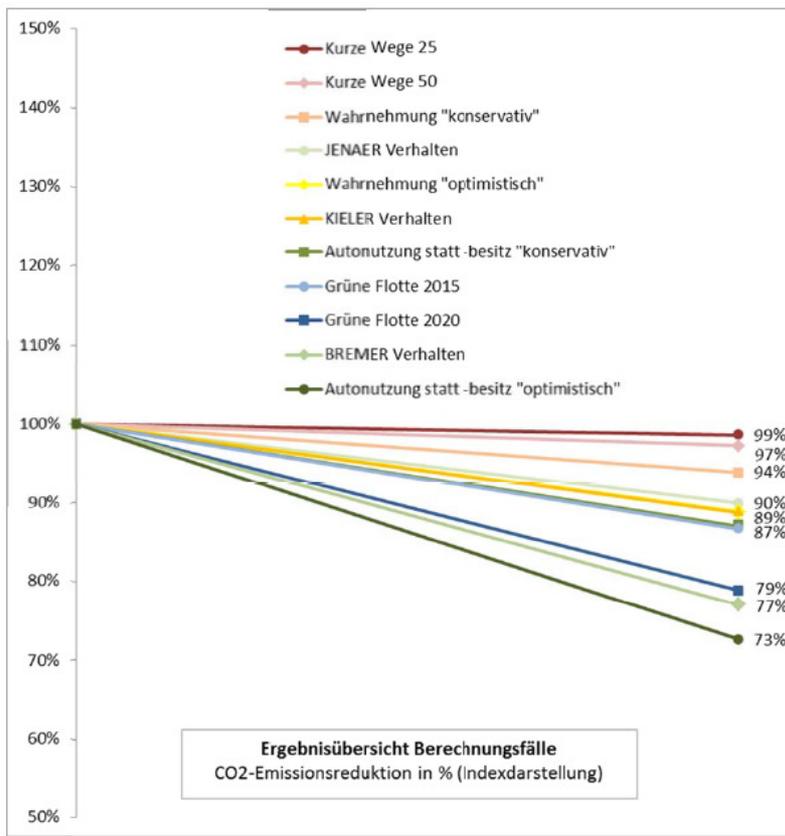


Abbildung 61: CO2-Emissionsreduktion, Übersicht der Berechnungsergebnisse „Variationsrechnungen zu CO2-Emissionsreduktion (UBA, 2013, S.79)

7.6.5.1 Annahmen zu Gehen & Radfahren

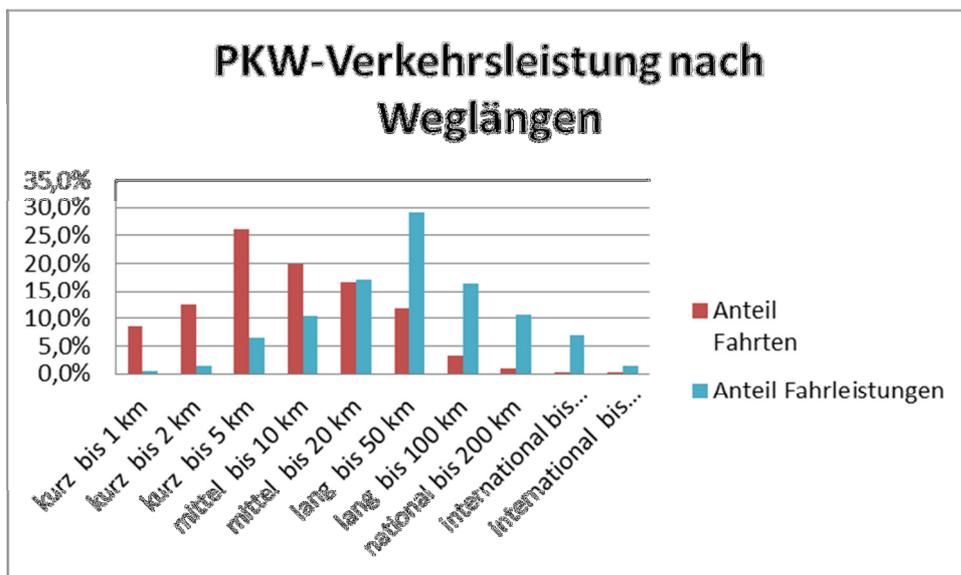


Abbildung 62: PKW-Fahrten und PKW-Verkehrsleistung nach Weglängen, Quelle: Hausberger, Herry 2007

In diesem Kapitel erfolgt die tatsächliche Abschätzung für Österreich. Abbildung 62 zeigt die Anzahl der Fahrten und den Anteil der Fahrleistung bezogen auf die Weglänge. Wie man sieht, finden fast 50% aller Wege bis 5km statt (dies entspricht allerdings nur einer Fahrleistung von unter 10%). In diesem Bereich befindet sich das größte Potenzial für den Umstieg auf Fuß und Rad.

Unter der Annahme, dass bis 2030 folgende Anteile pro Weglänge umsteigen, ergibt sich ein sehr realistisches optimistisches Potenzial.

Verlagerung vom PKW	
bis 1 km	90%
bis 2 km	70%
bis 5 km	30%
bis 10 km	10%
bis 20 km	2%

Tabelle 9: Annahmen zur Verlagerung vom PKW auf Fuß & Rad je Wegstrecke

Diese Anteile der Verkehrsleistung pro Jahr wurden mit Hilfe der Besetzungsgrade in Fahrzeug-km umgerechnet, um diese dann mit den spezifischen CO₂ Emissionswerten für PKW in g/km zu multiplizieren.

7.6.5.2 Ergebnis

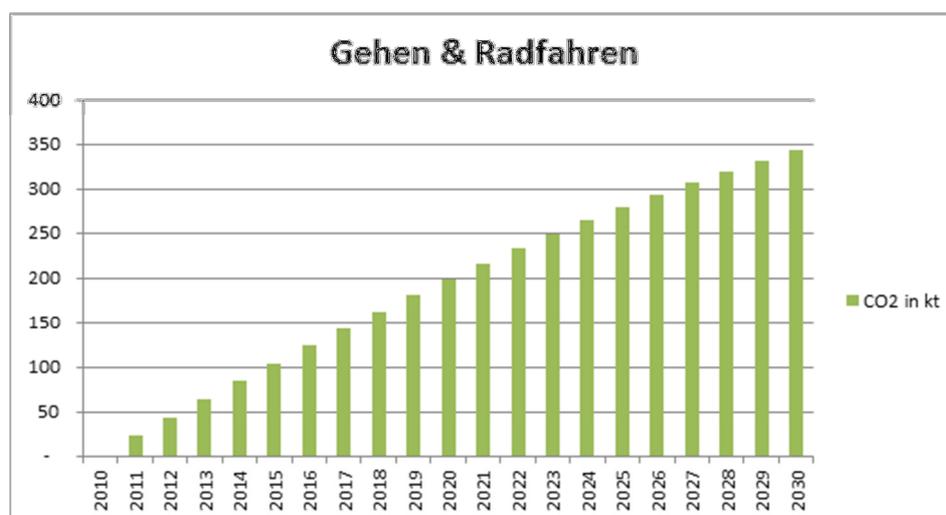


Abbildung 63: realistisch optimistisches CO₂ Potenzial bis 2030 für Gehen und Radfahren

Unter der Annahme, dass die Verlagerung bis 2030 linear zunimmt und in 2030 das maximale Potenzial erreicht wird, ergibt sich ein maximal kumuliertes Potenzial bis 2030 von rund 4.000 kt CO₂. Es sollte beachtet werden, dass das absolute Einsparungspotenzial keine Aussagen über den Beitrag der FTI Politik, und Mobilität der Zukunft im Speziellen, zulässt. D.h. es ist durchaus denkbar, dass der durch FTI politische Maßnahmen angestoßene Beitrag zur Erschließung des Potenzials in diesem Bereich gleich oder sogar größer als in anderen Innovationspfaden ist, deren Gesamtpotenzial allerdings höher ist.

7.7 Innovationspfad Multimodale Lebensstile

7.7.1 Einleitung

Unter dem Innovationspfad multimodale Lebensstile werden Innovationen zusammengefasst, welche NutzerInnen es ermöglichen sollen für den jeweiligen Zweck das passende Transportmittel zu wählen. Hierbei steht vor allem die intelligente Verknüpfung von Verkehrsträgern im Mittelpunkt. D.h. es soll je nach Einsatzbedarf ein intelligenter Mix der Verkehrsträger ermöglicht werden, um insgesamt die CO₂ Intensität zu verringern. Dieser Innovationspfad umfasst auch Innovationen welche es ermöglichen sollen, neben öffentlichen Verkehrsmitteln etwa auch PKWs zielgerichtet (bspw. beim Transport von Waren, größeren Einkäufen oder Ausflügen in mit öffentlichen Verkehrsmitteln schlecht erschlossene Regionen) einzusetzen. Zudem ist zu erwarten, dass Innovationen im Bereich der multimodalen Verkehrsinformation eine wichtige Rolle spielen werden um multimodale Lebensstile zu unterstützen. Hierunter ist zu verstehen, dass es NutzerInnen mit Hilfe moderner Technologien und darauf aufbauenden Services möglichst leicht gemacht wird unterschiedliche Verkehrsträger zu nutzen. Derzeit stehen der vermehrten Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln Informationsmängel entgegen, was zu einer verminderten Flexibilität führen kann. Gerade durch die rasante Weiterentwicklung von IKT entstehen allerdings große Potenziale durch neue Informationsservices die Attraktivität von multimodalen Lebensstilen zu steigern. Beispiele wären etwa Routenplaner die je nach Verkehrslage, Wetterlage und Nutzerpräferenzen eine individuelle Route planen unter Berücksichtigung aller Verkehrsträger (öffentlicher Verkehr, Rad, zu Fuß gehen, Car Sharing, etc.)

Insbesondere im Bereich der Nutzung von PKWs ist es etwa durch den Einsatz von neuen Technologien möglich geworden PKWs anders als bisher zu nützen bzw. nur auf diese zurück zu greifen wenn sie tatsächlich benötigt werden. Der gegenwärtige Trend geht vom Besitzen eines PKW Richtung Nutzen eines PKW wenn es wirklich gebraucht wird. Unter dem Namen „car-sharing“ werden unterschiedliche Konzepte PKWs gemeinsam zu nutzen zusammengefasst. Car-sharing gibt es zum einen als privatwirtschaftliches Konzept von Firmen, die an verschiedene Standorte einer Stadt PKWs zu Verfügung stellen. Car-sharing umfasst aber auch die Möglichkeit den privaten PKW mit anderen zu teilen.

Hinter dem Konzept „nutzen statt besitzen“ steckt die Idee dass das Auto ein wichtiger Teil des Mobilitätssystem ist und in manchen Situation unverzichtbar ist. Für solche Situationen sollte jeder Zugang zu einem Auto haben. Dennoch besteht häufig auch der Effekt, dass, wenn kein privates Auto direkt vor der Haustür zur Verfügung steht, Wege nicht mehr aus Bequemlichkeit mit dem Auto zurückgelegt werden. Zudem entsteht häufig durch die hohen Fixkosten eines Autos, auch die gefühlte „Notwendigkeit“ dieses auch tatsächlich intensiv zu nutzen.

Neben der Nutzung von Car Sharing steht hierbei vor allem die intelligente Vernetzung von Verkehrsträgern, welche zu einer möglichst hohen Nutzung von nachhaltigeren Verkehrsträgern führen sollte. Um dies jedoch zu ermöglichen sind neben Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an technologischen Innovationen auch sozialwissenschaftliche Forschungsarbeiten zum besseren

Verständnis multimodaler Lebensstile und deren Möglichkeiten notwendig. So gilt es etwa Barrieren und Erfolgsfaktoren zu entwickeln oder Konzepte zu erarbeiten wie verschiedenen Bevölkerungsgruppen, welche häufig eine niedrige Rate an multimodalen Lebensstilen aufweisen, die Vorteile multimodaler Lebensstile näher gebracht werden können.

7.7.2 Forschungsthemen

Dieser Innovationspfad umfasst Innovationsaktivitäten die darauf abzielen multimodale Lebensstile vereinfachen, attraktiver und/oder effizienter machen.

- Forschung zur Verbesserung des Verständnis über Barrieren und Erfolgsfaktoren für multimodale Lebensstile
- Innovationen welche Voraussetzungen für multimodale Lebensstile sind
- Innovationen im Bereich Infrastrukturen für multimodale Lebensstile
- Innovationen welche den Verzicht auf das Auto attraktiver machen
- Innovationen welche Car Sharing attraktiver machen
- Car sharing besser zu verstehen und die Umsetzung zu vereinfachen
- Innovationen zur besseren Vernetzung der Informationen im Öffentlichen Verkehr
- Neue Ticketing Verfahren, Methoden und Technologien
- Entwicklung von Innovationen zur Unterstützung multimodaler Verkehrsinformationen
- Entwicklung neuer Services im Bereich der multimodalen Verkehrsinformation
-

Relevante Forschungsthemen aus Programmdokument Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013):

Personenverkehr:

(1) Multimodale Lebensstile

7.7.3 Wirkungen

Es wird davon ausgegangen, dass durch das FTI politische Programm Mobilität der Zukunft Innovationsaktivitäten unterstützt bzw. ermöglicht werden, die dazu beitragen multimodale Lebensstile attraktiver zu machen. Hierdurch wird ein Modal Shift erwartet hin zu nachhaltigeren Verkehrsträgern. Hierbei sind Wirkungen im Bereich der Reduktion von CO₂ Emissionen und Luftschadstoffen zu erwarten. An dieser Stelle nochmals der Hinweis, dass insbesondere kurze PKW Fahrten einen verhältnismäßig hohen Ausstoß an Luftschadstoffen verursachen.

Darüber hinaus sind auch Wirkungen hinsichtlich einer Erhöhung der Lebensqualität durch eine Verminderung des PKW Verkehrs zu erwarten.

7.7.4 Wechselwirkungen

Wechselwirkungen sind in erster Linie mit dem Innovationspfad Gehen und Radfahren zu erwarten, da Wege des motorisierten Individualverkehrs entweder durch Radfahren, zu Fuß gehen oder öffentliche Verkehrsmittel (multimodale Lebensstile) ersetzt werden können. Darüber hinaus fördern Innovationsaktivitäten im Bereich der Fußgängermobilität auch multimodale Lebensstile, da Fahrten mit dem öffentlichen Verkehr häufig mit Fußwegen kombiniert werden. Dies wurde allerdings in der Potenzialabschätzung berücksichtigt und das Ersetzen kurzer Wege wurde dem Innovationspfad Radfahrern und Gehen zugerechnet.

Zudem bestehen Wechselwirkungen mit dem Bereich der alternativen Antriebe und Leichtbau, welche jedoch in der allgemeinen Ungenauigkeit der Abschätzung liegen und deshalb nicht gesondert behandelt werden.

7.7.5 Potenzialabschätzung

Grundsätzlich kann eine Wirkung der Innovationsaktivitäten erzielt werden, wenn sie zum

- Verzicht von Fahrten;
- Zu einer effizienteren Gestaltung der Fahrten;
- Zu einer Verlagerung auf andere, emissionsärmere Verkehrsträger (siehe auch Wechselwirkungen mit Radfahren und Gehen)
- Zu einer Erhöhung des Auslastungsgrades von Fahrzeugen führen (UBA 2003 in: Hunnecke et al., 2008).

Studien aus Großbritannien gehen davon aus, dass durch multimodale Lebensstile (bzw. „Smarter Choices“) etwa 7-8% der PKW-Fahrten eingespart werden können. Andere Studien gehen von etwa 25% bis 2050 (Cairns et al 2004). Ähnliche Einschätzungen, zum Teil auf diesen Studien basierend wurden im Rahmen des EU Projekts GHG TransPord getroffen (Akkermans L. et al., 2010).

Die untenstehende Tabelle, erarbeitet von Hunnecke et al. (2008) gibt einen Überblick über das Potenzial einzelner Teilbereiche, welche durch Innovationen im Innovationspfad Multimodale Lebensstile unterstützt werden könnten, möglich wären:

Tabelle 7-1: Reduktionspotenziale bei Mobilitätstypen je Mobilitätsdienstleistung

MDL	Typ		Pkw-Individualist (n=410)		Rad-Fan (n=380)		ÖV-Fan (n=381)		Selbstbestimmt Mobiler (n=368)		Gesamt (N=1931)	
	Zwangsmobiler (n=392)											
THG-Emissionen pro Person und Jahr [kg CO ₂ -Äquivalente]	2767		2737		1441		1265		918		1851	
Reduktionspotenzial pro Person, Mobilitätsdienstleistung und Jahr [kg CO ₂ -Äquivalente]												
	pess.	opt.	pess.	opt.	pess.	opt.	pess.	opt.	pess.	opt.	pess.	opt.
Info ÖPNV	16	45			- 6	21			13	37	5	20
E-Ticket			24	71	- 2	16					5	18
Kleinbus				12								2
Fahrradmitnahme					24	57					5	11
Carsharing						2	- 1	1			1	1
Services Zug	41	61					6	12	18	36	13	22
Private Fahrgemein.	2	3			- 6	8	- 7	9			- 2	4
Gesamt	59	109	24	83	10	104	- 2	22	31	73	25	78
Gesamt [%]	2,1	3,9	0,9	3,0	0,7	7,2	- 0,2	1,7	3,4	7,9	1,3	4,2

In den nicht ausgefüllten Feldern sind keine Reduktionspotenziale vorhanden.

Abbildung 64: Reduktionspotenzial bei Mobilitätstypen je Mobilitätsdienstleistung (Quelle: Hunnecke et al. (2008))

Die abgeleiteten Prozentangaben in obenstehender Tabelle beziehen sich jeweils auf das Verkehrsmittel, dessen Wegedistanzen substituiert werden, sowie auf den Zweck, bei dem eine Verlagerung möglich ist. Eine Angabe von 10 % beim elektronischen Ticketing und dem Zweck Arbeit, würde z.B. bedeuten, dass 10 % der Kilometer, die bisher mit dem PKW für den Arbeitsweg zurückgelegt wurden, nun mit dem ÖV erfolgen (Hunnecke et al., 2008).

Eine Analyse der Wirkung des multimodalen Routenplaners AnachB.at im Raum Wien, kommt ebenfalls zu dem Schluss, das mit Hilfe derartiger IKT Lösungen die Zahl der PKW Fahrten um bis zu 6% reduziert werden kann (ITSworke Team, 2010)

Bezüglich des Potenzials von Car Sharing, gehen die in der Literatur zu findenden Einschätzungen auseinander: Einer UBA (2010) Studie zitiert Sloman (2003) der die CO₂ Reduktionspotenzial der Partizipation in einem „car club“ in Großbritannien bei 1% schätzt. Die UBA Studie selbst schätzt „car pooling“ mit einem Potenzial von 2% ein (UBA, 2010)

Andere Studien, wie etwa Martin et al. (2010), die sich mit der Auswirkung von Carsharing im Nordamerika beschäftigen, zeigt die große Vielfalt der Auswirkungen der einzelnen Mitglieder. Carsharing kann Emissionen der einzelnen Mitglieder sowohl steigern als auch mindern. Trotzdem gibt es über alle Mitglieder hinweg eine Reduktion der Emissionen. Es kann jedoch angenommen werden, dass Car Sharing ein wesentlicher Bestandteil multimodaler Lebensstile ist, auch wenn die isolierte Wirkung unklar ist.

7.7.5.1 Annahmen zu Multimodale Lebensstile

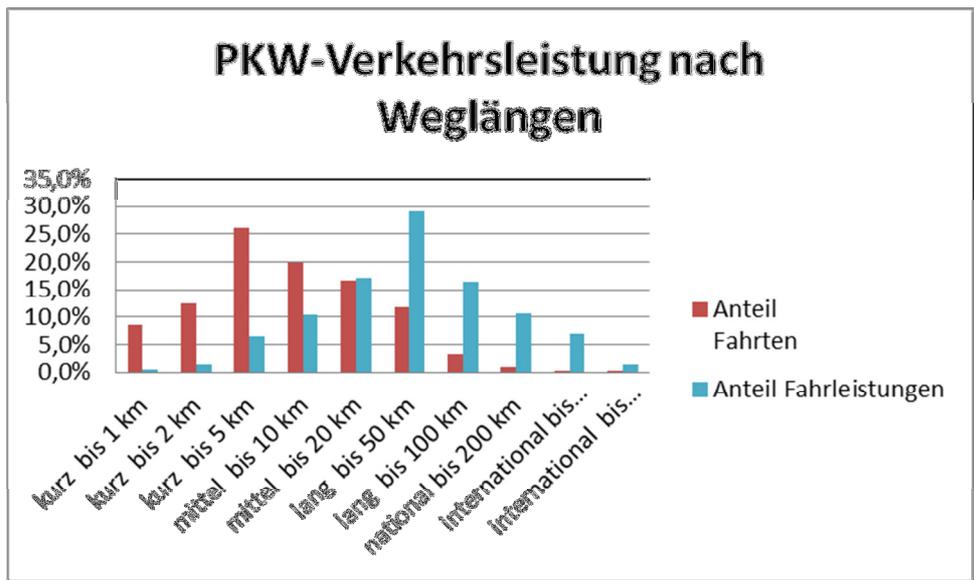


Abbildung 65: PKW-Fahrten und PKW-Verkehrsleistung nach Weglängen, Quelle: Hausberger, Herry 2007

Die obenstehende Abbildung zeigt die Anzahl der Fahrten und den Anteil der Fahrleistung bezogen auf die Weglänge. Fast 50% aller Wege finden bis 5km statt (dies entspricht allerdings nur einer Fahrleistung von unter 10%). Die andere Hälfte der Wege wird dann mit höheren Weglängen unternommen, was dazu führt, dass über 90% der Fahrleistung in diesen Bereich fallen.

Der Bereich der PKW Fahrten ab 5km wird als Grundpotenzial für eine Abschätzung eines multimodalen Lebensstils gesehen. Die Wege bis 5km werden als Potenzial zur Gänze dem zu Fuß gehen und dem Radfahren zugeschrieben¹⁵.

Unter der Annahme, dass bis 2030 30% aller Wege vom PKW auf eine Vielzahl von Verkehrsmitteln umsteigen, ergibt sich ein sehr optimistisches Potenzial.

Dieser Anteil der Verkehrsleistung pro Jahr wurde mit Hilfe der Besetzungsgrade in Fahrzeug-km umgerechnet, um diese dann mit den spezifischen CO₂ Emissionswerten für PKW in g/km zu multiplizieren.

¹⁵ Siehe auch ITSworks Team (2010), hier wird darauf hingewiesen, dass 6% der Fahrten reduziert werden können, allerdings auch eine Verlagerung zu Rad und Fußverkehr stattfindet.

7.7.5.2 Ergebnis

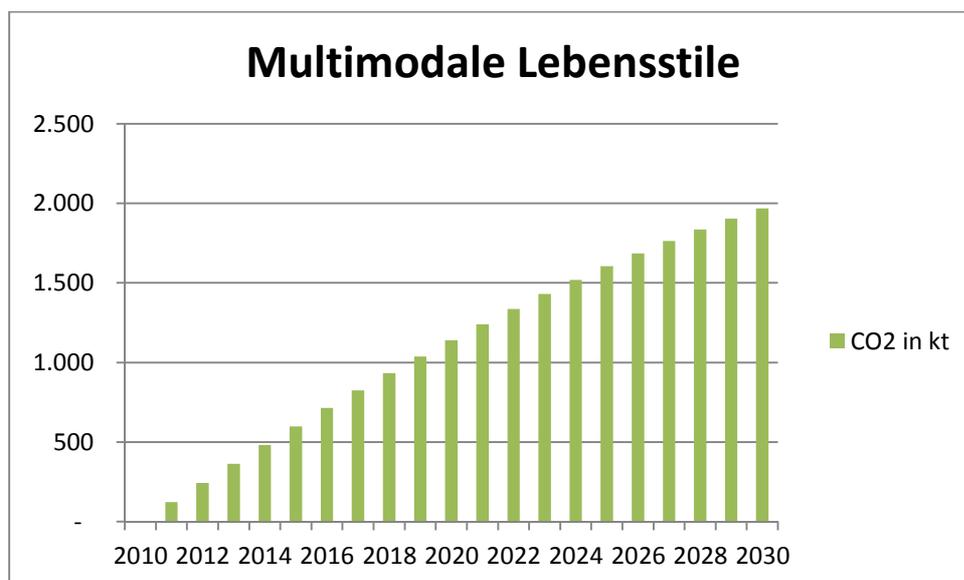


Abbildung 66: optimistisches CO₂ Einsparungspotenzial bis 2030 für multimodale Lebensstile

Unter der Annahme, dass die Verlagerung bis 2030 linear zunimmt und in 2030 das maximale Potenzial erreicht wird, ergibt sich ein maximal kumuliertes Potenzial bis 2030 von rund 22.750 kt CO₂. Dies gilt wiederum unter der Annahme, dass FTI politische Aktivitäten ein wesentlicher Baustein sind um dieses Potenzial tatsächlich zu erreichen, neben Interventionen in zahlreichen anderen Politikfeldern wie etwa der Verkehrspolitik. Zudem sollte beachtet werden, dass das absolute Einsparungspotenzial keine Aussagen über den Beitrag der FTI Politik, und Mobilität der Zukunft im Speziellen, zulässt.

7.8 Innovationspfad Verkehrsinfrastruktur

7.8.1 Einleitung

Infrastruktursysteme sind entscheidende Lebensandern unserer Gesellschaft. Moderne und leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur ist die Grundlage für ein funktionierendes und den Ansprüchen der Gesellschaft entsprechendes Mobilitätssystem.

Andererseits tragen Bau und Instandhaltung der Infrastruktur auch zu den CO₂ Emissionen des Verkehrssystems bei. Der Innovationspfad Verkehrsinfrastruktur fasst dem Programmdokument von Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013) folgend alle Innovationen zusammen, welche darauf abzielen die Verkehrsinfrastruktur nachhaltiger zu gestalten. Hierbei folgen wir der Definition des Programmdokuments:

„Thematisch lässt sich die Verkehrsinfrastruktur auf jenen Teil der öffentlichen Infrastruktur begrenzen, die dem Verkehrssystem zugerechnet wird. Dies beinhaltet Straßen und Schienen inklusive der damit verbundenen Kunstbauten

(wie Tunnel, Brücken, usw.) sowie sämtliche Einrichtungen, die zum Betrieb erforderlich sind (wie elektrotechnische Systeme). Als spezifische Herausforderungen zeichnen sich insbesondere die ökonomischen Rahmenbedingungen, zunehmender Technologieeinsatz und höhere Anforderungen an Sicherheit und Umweltschutz ab.“ (BMVIT, 2013)

7.8.2 Forschungsthemen

Forschungsthemen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur zielen in erster Linie auf Effizienz- und Effektivitätssteigerungen ab. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der schwierigen ökonomischen Rahmenbedingungen und des hohen Kostenaufwands welcher zum Bau und Erhalt von Verkehrsinfrastrukturen notwendig ist. Wie im Programmdokument Mobilität der Zukunft (BMVIT, 2013) dargestellt ist hierbei die Minimierung der "Total Costs of Ownership" (TCO) ist hier eine Kernanforderung.

Innovationen in diesem Pfad zielen darauf ab die Energie, Betriebs- und Sanierungskosten zu minimieren sowie durch Infrastrukturinnovationen auch dazu beizutragen die Anzahl der Unfallopfer zu reduzieren (BMVIT, 2013)

Beispiele für Innovationen sind etwa IKT Technologien die VerkehrsteilnehmerInnen in Echt Zeit Informationen zum Zustand der Infrastruktur zukommen lassen können und somit zu einer Erhöhung der Sicherheit aber auch der Effizienz des Verkehrs beitragen können. Hierbei kann es sich sowohl um Daten zu den derzeitigen Bedingungen der Infrastruktur (etwa die Erkennung von Glatteis, Schnee, Verschmutzungen wie Ölspuren, (Seiten-)Wind, Wasser (Aquaplaning) oder auch Langzeitdaten über Abnutzung und Prognosen zur Instandhaltung handeln.

Die konkreten Innovationsaktivitäten in diesem Bereich werden sich vor allem mit

- (1) der Konstruktion, Materialien, Betriebsstoffe, Recycling
- (2) dem Betrieb und Wartung
- (3) der Instandhaltung und Sanierung
- (4) und der Nachrüstung und technologische Neuerungen

beschäftigen (BMVIT, 2013). Die sind auch die relevanten Forschungsthemen aus dem Programmdokument Mobilität der Zukunft.

Themen die hier erarbeitet werden sind etwa Möglichkeiten zur Verlängerung der Lebensdauer von Infrastrukturen, welche somit auch einen Beitrag zu einer Reduktion von CO₂ Emissionen leistet, nachdem der (Neu)Bau von Infrastrukturen oft mit einer hohen CO₂ Intensität verbunden ist (u.a. Zement, Eisen, Asphalt, etc.). Aber auch im Betrieb von Infrastrukturen können Innovationen dazu beitragen die Sicherheit zu erhöhen und die Energieeffizienz zu erhöhen, etwa durch Konzepte für nachhaltige Energieerzeugung bzw. -versorgung (z.Bsp. Weichenheizung) oder im Bereich der Beleuchtung und Belüftung. Auch im Bereich des Schienenverkehrs besteht Forschungsbedarf um die Schieneninfrastruktur effizienter, sicherer und resilienter zu gestalten, etwa durch den Einsatz von alternativen Materialien und Betriebsstoffen

(innovativen Schwellen, Unkrautvernichter, etc.). Die Reduktion von Lärm durch neue Technologien und Innovationen ist hierbei auch ein Bereich mit Innovationsbedarf. Hier besteht sowohl im Bereich der Vermeidung von Lärm als auch im Bereich der Reduktion der Schallausbreitung (Lärmschutzmaßnahmen).

7.8.3 Wirkungen

Innovationsaktivitäten im Bereich der Verkehrsinfrastruktur lassen vielfältige Wirkungen erwarten. Diese sind im Bereich von Kostensenkungen (TCO, siehe oben), einer Erhöhung der Sicherheit, der Reduktion von Lärm bzw. einer Verbesserung des Lärmschutzes sowie einer Steigerung der Energieeffizienz zu erwarten. Auch im Hinblick auf CO₂ Emissionen lassen Innovationsaktivitäten Beiträge zu einer Senkung der Emissionen erwarten. Zudem können neue Materialien dazu beitragen bedenkliche oder knappe Rohstoffe zu ersetzen, bzw. deren Einsatz zu minimieren.

7.8.4 Wechselwirkungen

Nachdem Infrastruktur die Grundlage für die Realisierung des Potenzials aller genannten Innovationspfade ist, erfolgt keine Quantifizierung des CO₂ Reduktionspotenzials, dennoch werden im nächsten Kapitel Befunde aus der Literatur, wie groß das Potenzial von Innovationen im Bereich der Infrastruktur ist, diskutiert.

7.8.5 Potenzialabschätzung

Im Bereich der Verkehrsinfrastruktur besteht großes Potenzial CO₂ Emissionen zu reduzieren. Dies gilt insbesondere im Zusammenhang mit neuen Technologien und Innovation, welche häufig auch Infrastrukturinnovationen voraussetzen bzw. fördern. Da das Thema der Verkehrsinfrastruktur allerdings ein sehr breites ist, und das Potenzial in einer Vielzahl an Einzelmaßnahmen liegt, ist die Isolierung des Beitrags von Innovationen dieses Pfades nicht möglich, weshalb auf eine gesonderte Quantifizierung verzichtet wird. Ein weiterer Grund liegt darin, dass die CO₂ Emissionen der Infrastruktur häufig nicht dezidiert ausgewiesen werden, bzw. nicht dem Verkehr zugerechnet werden (bspw. Bauindustrie).

Es gibt überraschend wenige Studien welche sich mit den CO₂ Emissionen der Infrastruktur beschäftigen, in den wenigen Studien wird davon ausgegangen dass dieser Anteil etwa 15-30% der Gesamtemissionen eines Verkehrsträgers ausmacht bei Anwendung einer Lebenszyklusbetrachtung.

Hill et al. (2012) geht davon aus, dass bei einer Lebenszyklusbetrachtung etwa 10-15% der Emissionen des Straßenverkehrs der Errichtung, Wartung, dem Betrieb und der End of Life Verwertung zuzurechnen wären. Möglichkeiten zur Reduktion der Emissionen werden durch die Entwicklung und den Einsatz von neuen Baumaterialien und der Nutzung von erneuerbarer Energie gesehen. Es wird auch darauf hingewiesen, dass die Straßenoberfläche einen enormen Einfluss auf die Verkehrssicherheit, Lärmentwicklung und den

Energieverbrauch der Fahrzeuge haben kann. Insofern wird eine Optimierung der Wartungsstrategie mit besonderer Berücksichtigung der entstehenden CO₂ Emissionen vorgeschlagen. Im Bereich der Beleuchtung wird durch eine Kombination von optimierten Beleuchtungen und den Einsatz von LED ein Potenzial der Energiereduktion von bis zu 70% der aktuellen Emissionen für Beleuchtung gesehen (Hill et al., 2012). Zudem besteht Potenzial durch den intelligenten Einsatz erneuerbarer Energien für Beleuchtungszwecke (vgl. auch häufige „Überschüsse“ in der Stromproduktion während der Nacht).

Auch im Schienenverkehr sind Errichtung und Wartung von Bedeutung bei Betrachtung der CO₂ Emissionen. Hier werden in der Literatur unterschiedliche Werte zum Anteil der Infrastruktur an den Lebenszyklusemissionen zwischen 5-80% genannt (UIC 2009). Auf Komponentenebene betrachtet entstehen von diesen Emissionen sind die größten Faktoren der Einsatz von Stahl mit ca. 50% , 11% durch den Einsatz von Beton, 10% Aluminium und 8% durch Kupfer (Hill et al., 2012).

Dennoch wird davon ausgegangen, dass eine Lebenszyklusbetrachtung und Berücksichtigung der CO₂ Emissionen welche durch Infrastrukturen verursacht werden, keinen signifikanten Einfluss auf die Wahl der Verkehrsträger haben würde (Hill et al., 2012).

Untenstehende Abbildung zeigt, dass insbesondere im Bereich des Einsatzes neuer Materialien noch großes Potenzial zu einer Reduktion der CO₂ Intensität gesehen wird.

Figure ES1: Estimates of future EU GHG intensity of key materials (above) and current proportion of production of key materials in Europe compared to the rest of the world (below)

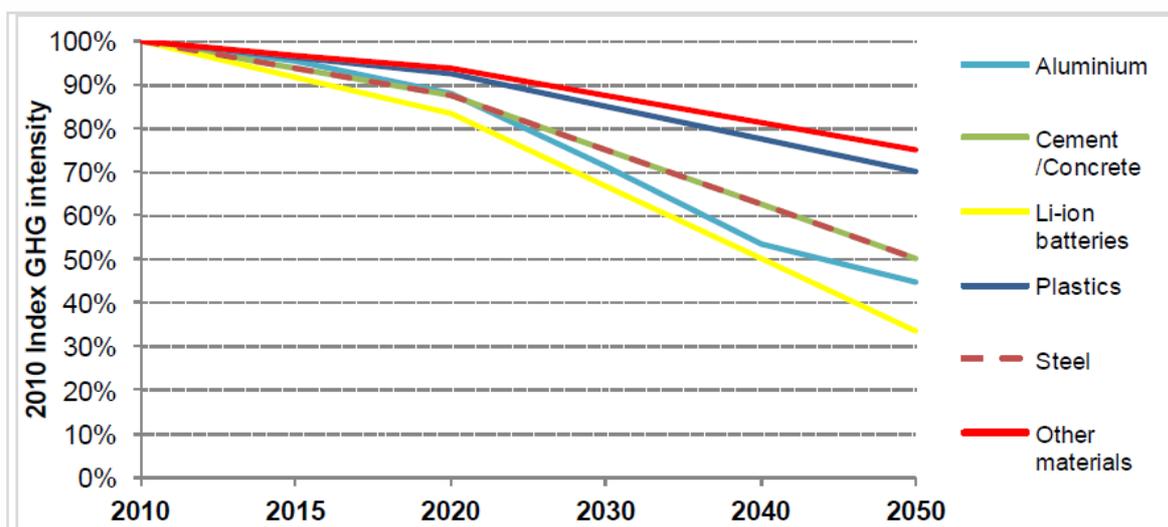


Abbildung 67: Einschätzungen zukünftiger THG-Intensitäten von Schlüsselmaterialien (Quelle: Hill et al. (2012))

8 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES THG-REDUKTIONSPOTENZIAL JE INNOVATIONSPFAD

Die Programme Mobilitäts- und Energieforschung wurden unabhängig voneinander evaluiert, auf ihre zu erwartende Auswirkung auf Treibhausgasemissionen. Obwohl versucht wurde, die Innovationspfade konkret zu definieren und einzugrenzen, gibt es Überschneidungen und Beeinflussungen, die ein Aufsummieren der Einzelpotenziale nicht zulassen. Damit kann im Rahmen dieses Projekts keine Abschätzung des THG-Gesamtreduktionspotenzials je Förderprogramm gemacht werden.

Mit diesem Projekt ist jedoch ein erster Schritt in der Methodenentwicklung zur ex-ante Abschätzung eines CO₂-Reduktionspotenzials für Forschungsförderungen gelungen. Ergebnisse dazu finden sich in den nachfolgenden Kapiteln.

8.1 Programm Energieforschung

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden drei Themenfelder definiert, denen die Innovationspfade zugeordnet wurden. Es wurde angestrebt für jeden Innovationspfad das entsprechende THG-Reduktionspotenzial zu ermitteln, jedoch zeigte sich, dass es für einige Innovationspfade nicht möglich war verlässliche und haltbare Abschätzungen zu treffen.

Im Folgenden sind für jeden Innovationspfad die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.

8.1.1 Themenfeld: Energieeffizienz in Gebäuden

Themenfeld	Energieeffizienz in Gebäuden
Innovationspfad	Hocheffiziente Gebäude
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Vermeidung von THG Emissionen aus Verbrennungsprozessen zur Bereitstellung von Strom und Wärme aufgrund des geringen Energiebedarfes und dem Einsatz von erneuerbaren Energien
Potenzial	244,0 kt CO ₂ eq (kumuliert 2014-2030)
Methode	Betrachtung zweier Emissionsszenarien für den Gebäudebereich, wobei basierend auf Expertenschätzung dem Innovationspfad Hocheffiziente Gebäude ein Anteil zugeordnet wird
Annahmen	Die Differenz des WEM und WAM+ Szenarios liegt im Sektor Gebäude bei rund 2,4 Mio. t CO ₂ -Äq. im Jahr 2030 und etwa 7,5% (±2,5%) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-

	Reduktionspotenzial durch hocheffizienten Neubau. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad „Hocheffiziente Gebäude“ nach Expertenschätzung davon etwa 19% ($\pm 8\%$) zugerechnet werden
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen sind ein wesentlicher Baustein zur Entfaltung des Potenzials, und ermöglichen den Einsatz von innovativen Systemlösungen und Technologien.
Energieeffizienz	Der Gebäudebereich birgt großes Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz, daher trägt dieser Innovationspfad wesentlich zur Erreichung der Energieeffizienzziele bei.
Erneuerbare Energie	Dieser Innovationspfad leistet einen wichtigen Beitrag zur Schaffung kleinräumiger energieautarker Systemen basierend auf Erneuerbare Energieträgern.
Details	Siehe Bericht Kapitel 6.1

Themenfeld	Energieeffizienz in Gebäuden
Innovationspfad	Gebäudesanierung
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Durch thermische Gebäudesanierung kann der Energiebedarf für das Heizungs- oder Kühlsystem indirekt verringert werden. Geringerer energetischer Endverbrauch reduziert die THG-Emissionen aus Verbrennungsprozessen.
Potenzial	1.500 kt CO ₂ Äq. (kumuliert 2014-2030)
Methode	Betrachtung zweier Emissionsszenarien für den Gebäudebereich, wobei basierend auf Expertenschätzung dem Innovationspfad Hocheffiziente Gebäude ein Anteil zugeordnet wird
Annahmen	Die Differenz der beiden Szenarien liegt im Sektor Gebäude bei rund 2,4 Mio. t CO ₂ -Äq. im Jahr 2030 und etwa 80% ($\pm 10\%$) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-Reduktionspotenzial durch thermisch-energetische Sanierung. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad Gebäudesanierung nach Expertenschätzung davon etwa 11% ($\pm 6\%$) zugerechnet werden.
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen sind ein wesentlicher Baustein zur Entfaltung des Potenzials, und ermöglichen den Einsatz von innovativen Systemlösungen und Technologien.
Energieeffizienz	Der Gebäudebereich birgt großes Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz, daher trägt dieser Innovationspfad

	wesentlich zur Erreichung der Energieeffizienzziele bei.
Erneuerbare Energie	Erneuerbare Energien sind von untergeordneter Bedeutung für diesen Innovationspfad, sie spielen jedoch bei gebäudeübergreifenden Systemlösungen ein Rolle.
Details	Siehe Kapitel 6.2

Themenfeld	Energieeffizienz in Gebäuden
Innovationspfad	Multifunktionale Fassadensysteme
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Eine emissionsreduzierende Wirkung tritt aufgrund des reduzierten Energiebedarfs durch verbesserte Wärmedämmung und aufgrund der teils autonomen Energieproduktion innerhalb eines Gebäude(komplexes) auf.
Potenzial	Das Potenzial kann aufgrund der zahlreichen Überschneidungen mit anderen Innovationspfaden nicht ausgewiesen werden.
Methode	N/A
Annahmen	In der Literatur konnten keine allgemeingültigen Angaben zur möglichen Emissionsreduktion durch multifunktionale Fassaden gefunden werden, v.a. weil die Ausprägungen dieser Fassaden und ihre Gebäudeintegration sehr unterschiedlich und vielseitig sein kann.
FTI-Beitrag	Mittel- bis langfristig ist mit einer Zunahme von multifunktionalen Fassadensystemen sowohl in Neugebäuden als auch Bestandsbauten zu rechnen, vor allem wenn die Forschung diese Entwicklung unterstützt. Insofern kann der Beitrag der FTI Programme bedeutend sein.
Energieeffizienz	Fassaden tragen wesentlich zur Wärmedämmung und Wärmeregulation bei, und unterstützen damit die Energieeffizienz eines Gebäudes.
Erneuerbare Energie	Vor allem in multifunktionale Fassadensysteme sind energiegewinnende Bauteile integriert, die auf erneuerbaren Energieträger (v.a. Sonne) basieren.
Details	Siehe Kapitel 6.3

Themenfeld	Energieeffizienz in Gebäuden
Innovationspfad	Thermische Bauteilaktivierung
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Vermeidung von THG Emissionen aus

	Verbrennungsprozessen zur Bereitstellung von Strom und Wärme durch Senkung des Energiebedarfes aufgrund der hohen Speichermasse von Betonbauteilen.
Potenzial	Das Potenzial konnte nicht abgeschätzt werden aufgrund zahlreicher Wechselwirkungen mit anderen Innovationspfaden. Die Entfaltung des Potenzials, wird jedoch als sehr wahrscheinlich eingeschätzt aufgrund des günstigen Kosten-Nutzen Verhältnis dieser Technologie und dem niedrigen Entwicklungsrisiko.
Methode	N/A
Annahmen	In der Literatur sind keine Daten verfügbar, die Annahmen über das THG-Reduktionspotenzials der Betonkernaktivierung erlauben.
FTI-Beitrag	Maßnahmen zur langjährigen Technologieentwicklung, horizontale Begleitmaßnahmen und Programme zur Förderung der Marktdurchdringung sind Voraussetzung dafür, um die Potenziale die in der thermischen Bauteilaktivierung stecken, noch besser auszuschöpfen und um sie in der Breite wirksam werden zu lassen.
Energieeffizienz	Der Energieaufwand für Wärmen oder Kühlen von Gebäuden kann durch thermische Bauteilaktivierung bedeutend gesenkt werden, und trägt damit wesentlich zur Steigerung der Energieeffizienz bei.
Erneuerbare Energie	In diesem Innovationspfad nicht von Bedeutung.
Details	Siehe Kapitel 6.4

8.1.2 Themenfeld: Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien

Themenfeld	Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien
Innovationspfad	Biogene Brennstoffe
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	<p>Durch die Strom- und Wärmegewinnung aus Biomasse kann der Einsatz fossiler Energieträger reduziert und die damit verbundenen fossilen THG-Emissionen gemindert werden.</p> <p>Es ist allerdings anzumerken, dass durch die Verbrennung von Biomasse relevante Emissionen an Stickoxiden (NO_x) und Staub verursacht werden. Des Weiteren ist die Konkurrenz mit dem Anbau von Pflanzen zur Lebens- und Futtermittelproduktion sowie weiterer Rohstoffe (z.B. für die Papierindustrie) zu berücksichtigen.</p>
Potenzial	Das verfügbare Potenzial für die Bereitstellung von biogenen Brenn- und Treibstoffen Potenzial ist in

	Österreich bereits weitestgehend ausgeschöpft. Damit ist eine Minderung der fossilen THG-Emissionen durch ein weiteres Ausschöpfen der vorhandenen Ressourcen kaum möglich.
Methode	N/A
Annahmen	N/A
FTI-Beitrag	Der FTI Beitrag zu einer THG-Reduktion wird als eher begrenzt eingeschätzt, da die Forschungsthemen sich eher der Minderung von Schadstoffemissionen, Torrefizierung oder Brennstoffflexibilität widmen werden.
Energieeffizienz	Für diesen Innovationspfad von untergeordneter Bedeutung.
Erneuerbare Energie	Biogene Brennstoffe sind ein erneuerbarer Energieträger, der jedoch nur bedingt zukunftsträchtig ist, aufgrund der begrenzten Ressourcenverfügbarkeit.
Details	Siehe Kapitel 6.5

Themenfeld	Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien
Innovationspfad	Photovoltaik
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Durch den Einsatz von Photovoltaik kann die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern reduziert und die damit verbundenen THG-Emissionen gemindert werden.
Potenzial	5.000kt CO ₂ Äq kumuliert bis 2030
Methode	Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur THG-Reduktion erfolgt durch den Vergleich zwischen dem BAU-Szenario (Business as Usual) der <i>Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien</i> (Krutzler, et al., 2013) und der <i>Technologie-Roadmap für Photovoltaik</i> (Fechner, Lugmaier, Suna, Resch, Haas, & López-Polo, 2007)
Annahmen	installierte Leistung von 22,46 GW im Jahr 2050 (PV-Roadmap) → Potenzial von rund 12.600 MWh bis zum Jahr 2030 (kumuliert) Emissionsfaktors von 400 g CO _{2,eq} /kWh
FTI-Beitrag	Österreich konnte sich in einigen Themenfeldern (z.B.: Wechselrichter, Netzanbindung) im internationalen Spitzenfeld behaupten, um dies weiterhin zu ermöglichen und zu fördern können die FTI Programme wesentlich beitragen.
Energieeffizienz	Dieser Innovationspfad ist für die Erreichung der

	Energieeffizienzziele unwesentlich.
Erneuerbare Energie	Die Nutzung der Sonnenenergie durch Photovoltaik ist ein vielversprechender erneuerbarer Energieträger.
Details	Siehe Kapitel 6.6

Themenfeld	Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien
Innovationspfad	Windenergie
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Durch die Stromgewinnung aus Windkraft kann der Einsatz fossiler Energieträgern reduziert und die damit verbundenen THG-Emissionen gemindert werden.
Potenzial	bei rund 35.600 kt CO _{2,eq} (kumulierte Summe bis 2030).
Methode	Das BAU-Szenario der Energieszenarien gibt den zu erwartenden Ausbau der Windenergie mit 2.920 MW im Jahr 2020 bzw. 4.010 MW im Jahr 2030. Im Referenzszenario wird das maximal realisierbare Potenzial mit 18 TWh/a abgeschätzt.
Annahmen	Zur Potenzialabschätzung wurde ein linearer Zuwachs bis zum Maximalpotenzial im Jahr 2030 angenommen.
FTI-Beitrag	Der Beitrag, welcher durch österreichische Forschungs- und Entwicklungsarbeit erzielt wird, kann nicht abgeleitet werden. Aufgrund der Tatsache, dass Österreich vorrangig Komponenten für Windkraftanlagen herstellt, ist davon auszugehen, dass der mögliche Beitrag an Entwicklungen der Windkraftanlagen (Technik, Konstruktion, Design) beschränkt ist.
Energieeffizienz	Dieser Innovationspfad ist für die Erreichung der Energieeffizienzziele unwesentlich.
Erneuerbare Energie	Die Nutzung der Windkraft ist ein vielversprechender erneuerbarer Energieträger, und trägt damit zur Zielerreichung bei.
Details	Siehe Kapitel 6.7

Themenfeld	Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien
Innovationspfad	Solarthermie
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Die Solarthermie, d.h. die Wärmegewinnung aus der kurzwelligen, solaren Einstrahlung basiert auf der Nutzung der auf die Erdoberfläche auftreffenden Strahlungsleistung als Energiequelle, und kann damit THG-Emissionen aus der fossilen Energiegewinnung vermeiden.

Potenzial	Rd. 900 kt CO _{2,eq} (kumulierte Summe bis 2030).
Methode	Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 erfolgt durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoringmechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den vorläufigen Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) in allen Sektoren abzüglich des Emissionshandels (ETS) und des Verkehrs (Umweltbundesamt 2013c, EEGg – Energy Economics Group 2013).
Annahmen	Die Differenz der beiden Szenarien liegt im Sektor Gebäude bei rund 3,6 Mio. t CO ₂ -Äq. im Jahr 2030 und etwa 30,0% (±10,0%) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-Reduktionspotenzial durch Solarthermie im privaten, gewerblichen und industriellen Bereich. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad „Solarthermie“ nach Expertenschätzung davon etwa 10,0% (±1,5%) zugerechnet werden.
FTI-Beitrag	Die größten Potenziale werden bei der Gebäude- und Heizungssanierung gesehen, sowie der Ausbau von Intelligente und effiziente Niedertemperatur-Nahwärmenetze und die saisonale Speicherung. Zu dieser Entwicklung können FTI Programme maßgeblich beitragen.
Energieeffizienz	Der Beitrag von Solarthermie zur Erreichung der Energieeffizienz-Ziele wird als gering eingestuft.
Erneuerbare Energie	Solarthermie beruht auf der Nutzung der Sonnenenergie und kann daher wesentlich zur Steigerung der Energienutzung aus erneuerbare Quellen beitragen.
Details	Siehe Kapitel 6.8

Themenfeld	Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien
Innovationspfad	Wärmepumpen
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung THG	Geothermie (Erdwärme) kann über Wärmepumpen als Energiequelle zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom genutzt werden, dadurch können THG-Emissionen aus der fossilen Energiegewinnung vermieden werden, wobei jedoch zu beachten ist, dass für den Betrieb der Wärmepumpen Strom erforderlich ist.

Potenzial	Rd. 1200 kt CO _{2,eq} (kumulierte Summe bis 2030).
Methode	Die Abschätzung des maximalen Potenzials zur Treibhausgasemissions-Reduktion 2030 erfolgt durch den Vergleich zwischen dem WEM-Szenario (With Existing Measures) der Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien als Grundlage für die Berichtspflicht im Rahmen des EU Monitoringmechanismus für die Treibhausgasemissionen (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2013b) und den vorläufigen Ergebnissen zu Treibhausgasemissionen des WAMplus-Szenarios (With Additional Measures plus) in allen Sektoren abzüglich des Emissionshandels (ETS) und des Verkehrs (UMWELTBUNDESAMT 2013c, EEG – ENERGY ECONOMICS GROUP 2013).
Annahmen	Die Differenz der beiden Szenarien liegt im Sektor Gebäude bei rund 3,6 Mio. t CO ₂ -Äq. im Jahr 2030 und etwa 20,0% (±12,5%) davon entsprechen nach Expertenschätzung dem zusätzlichen THG-Reduktionspotenzial durch Wärmepumpen im privaten, gewerblichen und industriellen Bereich. Unter den Rahmenbedingungen des WAMplus-Szenarios kann dem Innovationspfad „Wärmepumpen“ nach Expertenschätzung davon etwa 20,0% (±1,5%) zugerechnet werden.
FTI-Beitrag	Der FTI-Beitrag kann bedeutend sein, v.a. wenn es um die Nutzung neuer Wärmequellen aus dem Bereich Abwasser, Abfall oder öffentliche Räume in Städten geht.
Energieeffizienz	Der Beitrag von Wärmepumpen zur Erreichung der Energieeffizienz-Ziele wird als gering eingestuft.
Erneuerbare Energie	Wärmepumpen tragen zur Zielerreichung der Erneuerbaren Energieträger bei.
Details	Siehe Kapitel 6.9

Themenfeld	Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien
Innovationspfad	Speichertechnologien
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Energiespeichersysteme unterstützen die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen, und tragen damit indirekt zu einer Vermeidung von THG-Emissionen aus der fossilen Energiebereitstellung bei.
Potenzial	Das Potenzial konnte nicht abgeschätzt werden, da die Speicherung an sich keine direkte Wirkung hat, sondern eine Grundvoraussetzung für die steigende Nutzung erneuerbarer Energiequelle ist.
Methode	N/A

Annahmen	N/A
FTI-Beitrag	Die Transformation unseres Energiesystems erfordert intelligentes Energiemanagement, welches Speicherung von Energie zunehmend in den Mittelpunkt von Forschungsprojekte stellen sollte.
Energieeffizienz	Speichertechnologien ermöglichen die effizientere Nutzung von erneuerbaren Energieträgern.
Erneuerbare Energie	Speichertechnologien können wesentlich zum weiteren Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energieträger nutzen.
Details	Siehe Kapitel 6.10

8.1.3 Themenfeld: Umfassende intelligente Energiesysteme

Themenfeld	Umfassenden intelligente Energiesysteme
Innovationspfad	Bioraffinerie
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Ersatz fossiler Treib- und Brennstoffe durch biogene Treib- und Brennstoffen der 2. Generation (synthetische Treibstoffe sowie Treibstoffe aus der Direktverflüssigung), Biomethan und Wasserstoff.
Potenzial	Aufgrund der großen Heterogenität und noch vieler unbekannter Faktoren im Bereich Bioraffinerien, ist es eine Abschätzung des Potenzials hinsichtlich einer Minderung an Treibhausgasen derzeit nicht möglich.
Methode	N/A
Annahmen	N/A
FTI-Beitrag	Ein umfassender Forschungsbedarf von der Herstellung bis zum konkreten Einsatz ist gegeben.
Energieeffizienz	Der Beitrag von Bioraffinerien zur Erreichung der Energieeffizienz-Ziele wird als gering eingestuft.
Erneuerbare Energie	Bioraffinerien können wesentlich zur Zielerreichung der Erneuerbaren Energieträgern beitragen.
Details	Siehe Kapitel 6.11

Themenfeld	Umfassenden intelligente Energiesysteme
Innovationspfad	Energieeffizienz in der Industrie
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Mittels einer Verbesserung der Energieeffizienz können wesentliche Einsparungseffekte an eingesetzten

	Energieträgern erzielt werden. Damit können u.a. signifikante Mengen an (fossilen) THG-Emissionen vermieden werden.
Potenzial	Auf Basis des reduzierten Energieverbrauches lässt sich ein Minderungspotenzial an Treibhausgasemissionen von rund 2.800 kt CO _{2,eq} im Jahr 2030 ableiten. Für den Zeitraum bis 2030 bedeutet dies einen Gesamteffekt von rund 23.000 kt CO _{2,eq} (kumulierte Summe).
Methode	Die hier dargestellten Potenziale basieren auf einem Vergleich des Business-As-Usual-Szenarios der <i>Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien</i> (Krutzler, et al., 2013) und dem darauf aufbauenden Szenario „WAM+“.
Annahmen	Im Rahmen dieses Szenarios werden im Wesentlichen signifikant höhere Energiepreise angenommen (höhere Brennstoffpreise, Steuern und THG-Zertifikatspreise), um die daraus zu erwartenden Effekte hinsichtlich THG-Emissionen und Energieeffizienz abzuleiten (Kratena, Meyer, & Sommer, 2013). Im Detail bedeutet dies eine Erhöhung der CO ₂ -Zertifikatskosten von 30 €/t CO ₂ auf 70 €/t CO ₂ , die Einhebung einer CO ₂ -Steuer auf den Effort-Sharing-Bereich von 70 €/t CO ₂ sowie Preissteigerungen für Diesel und Benzin von rund 50 % (jeweils bis 2030).
FTI-Beitrag	Ein Schluss welcher Teil des Potenzials auf FTI-Maßnahmen zurückzuführen ist, ist nicht möglich.
Energieeffizienz	Dieser Innovationspfad trägt wesentlich zur Steigerung der Energieeffizienz bei.
Erneuerbare Energie	Integration von erneuerbaren Energieträgern kann hier Teil der Umsetzung sein.
Details	Siehe Kapitel 6.12

Themenfeld	Umfassenden intelligente Energiesysteme
Innovationspfad	Intelligente Netze
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Intelligente Netze ermöglichen es zur Verfügung stehende erneuerbare (volatile) Energie-Ressourcen effizient nutzen.
Potenzial	Aufgrund der komplexen Struktur sowie der derzeit noch vielen offen Fragestellungen ist eine Quantifizierung der erzielbaren Einsparungs- und Minderungseffekte nicht möglich.
Methode	N/A
Annahmen	N/A

FTI-Beitrag	FTI-Forschungsprogramme können einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung intelligenter Netze leisten.
Energieeffizienz	Intelligente Netze erlauben die effizientere Nutzung erneuerbarer Energien.
Erneuerbare Energie	Mit der vermehrten Nutzung an unterschiedlichen erneuerbarer Energiequellen steigt der Bedarf an intelligenten Netzen. Daher können diese wesentlich zur Steigerung erneuerbarer Energieträger beitragen.
Details	Siehe Kapitel 6.13

Themenfeld	Umfassenden intelligente Energiesysteme
Innovationspfad	Smart Cities
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Durch verringerten Energiebedarf, effizienteren Energieeinsatz und Nutzung erneuerbarer Energien werden THG-Emissionen vermieden.
Potenzial	kumuliertes THG-Einsparpotenzial von rund 2.900 kt CO _{2,eq} bis 2030
Methode	Vergleich WEM und WAM+Szenario
Annahmen	Anteil der Bevölkerung in Städten und Gemeinden über 10.000 Einwohner: rund 49,5% im Jahr 2030 Anteil der Smart Cities mit rund 30% im Jahr 2030
FTI-Beitrag	FTI-Forschungsprogramme können einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung von Smart Cities leisten.
Energieeffizienz	Smart Cities zeichnen sich unter anderem durch eine höhere Energieeffizienz aus.
Erneuerbare Energie	Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern ist ein Ziel von Smart Cities, und trägt damit zu verstärkter Nutzung erneuerbarer Energiequellen bei.
Details	Siehe Kapitel 6.14

8.2 Programm Mobilität der Zukunft

Innovationspfad	Alternative Antriebe
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	FTI Politik unterstützt Forschungs- und Innovationsaktivitäten, welche darauf abzielen alternative Antriebe und Energieträger zu entwickeln und erfolgreich am Markt zu diffundieren. Hierdurch kommt es zu einer Reduktion der THG Emissionen. Es wird die Effizienz der Fahrzeuge (PKW) gesteigert, wodurch die CO ₂

	Emissionen gesenkt werden. Darüber hinaus sind auch andere Wirkungen wie etwa im Bereich der Senkung der emittierten Luftschadstoffe zu erwarten.
Potenzial	4175 kt CO ₂ eq (kumuliert 2011-2030) – gemeinsam mit Innovationspfad Leichtbau
Methode	Reduktionspotenzial bei Erreichung der auf europäischer Ebene definierten CO ₂ Grenzwerte (Grenzwertgesetzgebung) (auch als 95g und 80g CO ₂ /km Ziele in der Öffentlichkeit diskutiert)
Annahmen	Die vorgegebenen CO ₂ Grenzwerte werden durch den Einsatz von technologischen Maßnahmen, welche durch die FTI Politik unterstützt bzw. ermöglicht werden. Die Erreichung dieser Ziele entspricht dem ausgewiesenen Gesamtpotenzial
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen sind ein wesentlich für Forschungs- und Innovationsaktivitäten und somit ein wichtiger Baustein um die europäischen Ziele zu erreichen, welche ohne Innovationen nicht erreicht werden können
Energieeffizienz	Eine Senkung der CO ₂ Emissionen von Fahrzeugen geht mit einer Steigerung der Energieeffizienz einher
Erneuerbare Energie	Dieser Innovationspfad beinhaltet auch den Einsatz alternativer Energieträger, wie etwa Biotreibstoffe und leistet somit auch einen Beitrag zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Mobilitätsbereich.
Details	Siehe Bericht Kapitel 7.1 und 7.2

Innovationspfad	Leichtbau
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	Siehe oben, insb. Steigerung der Effizienz von Fahrzeugen
Potenzial	<i>4175 kt CO₂eq (kumuliert 2011-2030) – gemeinsam mit Innovationspfad Alternative Antriebe</i>
Methode	Siehe Innovationspfad Alternative Antriebe
Annahmen	Siehe Innovationspfad Alternative Antriebe
FTI-Beitrag	Siehe Innovationspfad Alternative Antriebe
Energieeffizienz	Siehe Innovationspfad Alternative Antriebe
Erneuerbare Energie	Siehe Innovationspfad Alternative Antriebe
Details	<i>Siehe Bericht Kapitel 7.1 und 7.2</i>

Innovationspfad	Modal Shift zu energieeffizienten Verkehrsträgern (Güterverkehr)
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	FTI Politik unterstützt Innovationen, welche energieeffiziente Verkehrsträger wie etwa den Schienenverkehr attraktivieren. Dadurch kommt es in weiterer Folge zu einer Verlagerung von Fahrten auf diese energieeffiziente Verkehrsträger, v.a. auf die Schiene und somit zu einer Reduktion der CO ₂ Emissionen
Potenzial	4500 kt CO ₂ eq (kumuliert 2011-2030)
Methode	Literaturrecherche zur Einschätzung des Anteils des Güterverkehrs, welcher unter bestimmten Voraussetzungen realistisch auf die Schiene verlagert werden könnte und Hochrechnung auf Situation in Österreich.
Annahmen	Unter der Annahme, dass unter anderem durch den Beitrag von Innovationen, welche durch Mobilität der Zukunft unterstützt und vorangetrieben werden, bis zum Jahr 2030, 20% der Güterverkehrsleistung auf die Schiene verlagert werden kann, wurde das Potenzial berechnet.
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen unterstützen die Entwicklung und Diffusion von Innovationen welche energieeffiziente Verkehrsträger attraktiver machen, bzw. bestehende Vorteile dieser Verkehrsträger ausbauen und Defizite zumindest ausgleichen
Energieeffizienz	Wie aus dem Titel des Innovationspfades hervorgeht, leistet ein Modal Shift auf energieeffiziente Verkehrsträger per Definition einen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz im Mobilitätsbereich.
Erneuerbare Energie	Insbesondere im Bereich der Schiene kommen erneuerbare Energien (bspw. Wasserkraft) zum Einsatz, insofern erfolgt durch eine Verlagerung von Teilen des Güterverkehrs auch eine Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Bereich des Güterverkehrs
Details	Siehe Bericht Kapitel 7.3

Innovationspfad	Optimierung (Güterverkehr)
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	FTI Politik unterstützt Innovationen, welche dazu beitragen den Güterverkehr effizienter abzuwickeln. Durch diese Optimierung kommt es zur Vermeidung von Fahrten und somit zu einer Reduktion der THG Emissionen
Potenzial	3000 kt CO ₂ eq (kumuliert 2011-2030)

Methode	Literaturrecherche zur Einschätzung des Reduktionspotenzials durch den Einsatz von innovativen Lösungen und Technologien im Güterverkehr. Hochrechnung auf Situation in Österreich.
Annahmen	Die Literaturrecherche lässt auf ein Reduktionspotential von etwa 15-20% der zurückgelegten Tonnenkilometer im Straßenverkehr, als größten CO ₂ Emittenten, schließen. Angenommen wurde, dass bis zum Jahr 2030 15% der Güterverkehrsleistung durch optimierte Logistik eingespart werden kann.
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen unterstützen die Entwicklung und Diffusion von Innovationen zur Optimierung des Güterverkehrs und sind ein wichtiger Baustein zur Realisierung der Reduktionspotenzials
Energieeffizienz	Kein direkter Beitrag, wobei grundsätzlich auch die Entwicklung von Optimierungstools denkbar ist, welche insbesondere Kriterien der Energieeffizienz berücksichtigt
Erneuerbare Energie	Kein direkter Beitrag.
Details	Siehe Bericht Kapitel 7.4

Innovationspfad	Transportmittel und -medien
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	FTI Politik unterstützt Innovationen, welche dazu beitragen innovative Transportmittel und -medien zu entwickeln. Durch den Einsatz effizienter Transportmittel und -medien kann es zu einer Einsparung der CO ₂ Emissionen kommen.
Potenzial	1000 kt CO ₂ eq (kumuliert 2011-2030)
Methode	Literaturrecherche zum Potenzial innovativer Transportmittel und -medien. Fokussierung auf Reduktionspotenziale im Straßenverkehr ¹⁶ und Hochrechnung auf Situation in Österreich.
Annahmen	Aufbauend auf Literaturrecherchen, wird ein technologisches Reduktionspotenzial von bis 2030 20% im Mix der Güterverkehrsträger auf der Straße angenommen und auf Österreich hochgerechnet.
FTI-Beitrag	FTI politische Maßnahmen sind ein wesentlicher Baustein um die in der Literatur angeführten und im Rahmen der Potenzialabschätzung ausgewiesenen

¹⁶ Dies bedeutet nicht, dass im Schienenverkehr kein Potenzial vorhanden ist, zum Potenzial des Schienenverkehrs, siehe Innovationspfad Modal Shift oben.

	Reduktionspotenziale tatsächlich zu realisieren.
Energieeffizienz	Eine Senkung der CO ₂ Emissionen von Fahrzeugen geht mit einer Steigerung der Energieeffizienz einher.
Erneuerbare Energie	Dieser Innovationspfad beinhaltet auch den Einsatz alternativer Energieträger, wie etwa Biotreibstoffe und leistet somit auch einen Beitrag zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Mobilitätsbereich.
Details	Siehe Bericht Kapitel 7.5

Innovationspfad	Aktive Mobilität – Gehen und Radfahren
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	FTI Politik unterstützt Innovationen, welche aktive Formen der Mobilität wie Gehen und Radfahren attraktivieren. Dadurch kommt es in weiterer Folge zu einer Verlagerung von Fahrten auf diese Verkehrsträger und somit zu einer Reduktion der CO ₂ Emissionen.
Potenzial	4000 kt CO ₂ eq (kumuliert 2011-2030)
Methode	Literaturrecherche des Verlagerungspotenzials auf aktive Formen der Mobilität und Hochrechnung auf die österreichische Situation
Annahmen	Es wird davon ausgegangen dass bis 2030, 90% der Fahrten bis 1km, 70% der Fahrten bis 2km, 30% der Fahrten bis 5km, 10% der Fahrten bis 10km und 2% der Fahrten bis 20km durch aktive Formen der Mobilität ersetzt werden könnten. Diese wurden an Hand der aktuellen Besetzungsgrade in Fahrzeug-km umgerechnet und mit den zu ersetzenden Emissionswerten für PKW Fahrten umgerechnet. Annahme, dass Verlagerung bis 2030 linear stattfindet.
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen sind ein wesentlicher Bestandteil um aktive Formen der Mobilität zu attraktivieren. Durch innovative Lösungen könnten etwa Barrieren für diese Mobilitätsformen überwunden werden (bspw. Weiterentwicklung unterstützter Mobilität)
Energieeffizienz	Dieser Innovationspfad leistet insofern einen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz, da Fahrten mit dem Fahrrad bzw. zu Fuß gehen im Bereich kurzer Distanzen wesentlich effizienter sind als PKW Fahrten.
Erneuerbare Energie	Keiner direkter Beitrag zu erwarten.
Details	Siehe Bericht Kapitel 6.1

Innovationspfad	Multimodale Lebensstile
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	FTI Politik unterstützt Forschungs- und Innovationsaktivitäten, welche drauf abzielen multimodale Lebensstile zu attraktivieren und zu fördern Eine Wirkung im Hinblick auf THG Emissionen wird dadurch erzielt, dass es zum einem Verzicht auf Fahrten, zum anderen zu einer effizienteren Gestaltung der Fahrten sowie zu einer Verlagerung auf emissionsärmere Verkehrsträger kommt.
Potenzial	22.750 kt CO ₂ eq (kumuliert 2011-2030)
Methode	Literaturrecherche bezüglich des Potentials von des Verlagerungspotenzialen im Bereich multimodaler Lebensstile und Hochrechnung auf die österreichische Situation
Annahmen	Es wird angenommen, dass bis 2030, 30% aller Wege vom PKW auf eine Vielzahl anderer Verkehrsmittel verlagert werden könnte (optimistisch, aber realistisch auf Grund der Literaturrecherche). Zur Potenzialabschätzungen werden allerdings alle Wege bis 5km ausschließlich dem Innovationspfad aktive Mobilität zugeschrieben um Wechselwirkungen und Doppelzählungen zu minimieren.
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen unterstützen die Entwicklung, Erarbeitung und Diffusion von innovativen Lösungen, welche im Zusammenspiel mit anderen Politikfeldern dazu beitragen, das angeführte Potenzial zu realisieren.
Energieeffizienz	Eine Verlagerung hin zu energieeffizienten Verkehrsträgern trägt auch zur Erhöhung der Energieeffizienz im Bereich der Mobilität bei. .
Erneuerbare Energie	Kein direkter Beitrag. Allerdings gilt es zu bedenken, dass eine Vielzahl öffentlicher Verkehrsmittel (bspw. Bahn) einen höheren Einsatz erneuerbarer Energie aufweist als der motorisierte Individualverkehr.
Details	Siehe Bericht Kapitel 7.7

Innovationspfad	Verkehrsinfrastruktur
Indikator	THG, vorrangig CO ₂
Wirkung	FTI Politik unterstützt Forschungs- und Innovationsaktivitäten, welche drauf abzielen die Verkehrsinfrastruktur nachhaltiger zu gestalten, zu erbauen und zu betreiben.
Potenzial	Nicht quantifiziert, allerdings großes Potenzial, häufig sind Innovationen in diesem Bereich auch Voraussetzung und Bedingung für andere Innovationen bzw. Innovationspfade

Methode	Qualitative Abschätzung an Hand einer Literaturrecherche
Annahmen	FTI politische Aktivitäten unterstützen Innovationen, welche erfolgreich diffundieren und somit eine Wirkung ermöglichen.
FTI-Beitrag	FTI Maßnahmen unterstützen die Entwicklung, Erarbeitung und Diffusion von innovativen Lösungen, welche im Zusammenspiel mit anderen Politikfeldern dazu beitragen, das angeführte Potenzial zu realisieren.
Energieeffizienz	Wirkungen zu erwarten, bspw. beim Bau oder Betrieb der Infrastruktur
Erneuerbare Energie	Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie möglich, bspw. bei Innovationen, welche die Nutzung erneuerbarer Energie zum Bau (auch zur Herstellung von Komponenten) oder Betrieb von Infrastruktur ermöglichen.
Details	Siehe Bericht Kapitel 7.8

9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Dieses Projekt hat zum Ziel, zwei FTI politische Programme des BMVIT („Energieforschung 2020“ und „Mobilität der Zukunft“) hinsichtlich ihrer zukünftigen Wirkung zu analysieren - und wenn möglich- die Wirkung quantitativ abzuschätzen. Dies wurde u.a. durch eine seit Beginn 2013 geltende Verordnung zur wirkungsorientierten Folgenabschätzung (BGBl. II Nr. 489/2012) notwendig.

Motivation

Im Rahmen dieser Studie galt es an Hand der beiden FTI politischen Programme insbesondere Möglichkeiten aber auch Grenzen des ex-ante-Impact-Assessment von FTI-politischen Instrumenten im Hinblick auf Umweltindikatoren darzustellen. Hierzu wurde aufgrund obiger Anforderung nach Möglichkeit THG-Potenziale auszuweisen, der Indikator Treibhausgase ausgewählt, um die mögliche Wirkung der beiden FTI- politischen Programmen auf diesen abzuschätzen. Jedoch sollte vor diesem Hintergrund nicht außer Acht gelassen werden, dass (missionsorientierte) FTI- politische Programme zumeist darauf abzielen in mehreren Dimensionen eine Wirkung zu erzielen (bspw. die Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energieträger, die Sicherstellung der Mobilitätsbedürfnisse möglichst aller Bevölkerungsgruppen, Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, etc.) und dabei die Senkung der THG-Emissionen eine unter mehreren wichtigen Dimensionen darstellt (vgl. . Fokus der vorliegenden Studie ist die Abschätzung der Wirkung der beiden FTI politischen Programme des BMVIT in den Bereichen Energie und Mobilität auf die zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Österreich für den Zeitraum bis 2030.

**Wirkungs-
spektrum**

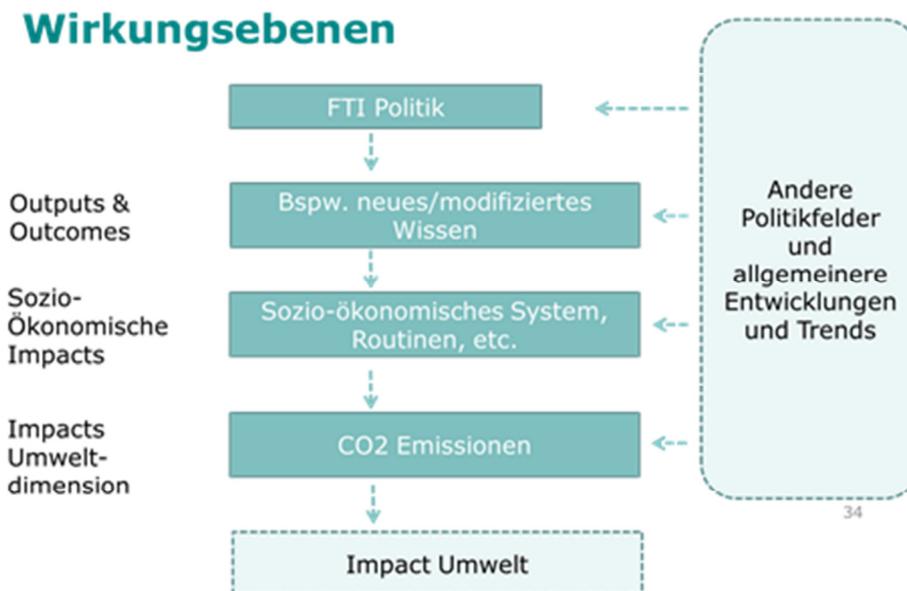


Abbildung 68: Darstellung der Wirkungsebenen von FTI-Politik

Der gewählte Wirkungsindikator sind Treibhausgasemissionen (THG), ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten, wodurch Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und F-Gase berücksichtigt sind. Kohlendioxid macht jedoch den Großteil dieser Emissionen aus.

Die gewählte Herangehensweise, nämlich das Aufschlüsseln des jeweiligen Programmes in Innovationsfelder und die Ableitung darunter liegender Innovationspfade, erwies sich als zielführend in Hinblick auf die Aufgabenstellung. Die identifizierten Innovationspfade umfassen einerseits Technologien (z.B. Anlagenentwicklung, Materialoptimierung, Handhabung, etc.) aber auch Maßnahmen und Forschung zu Themen wie Bewusstseinsbildung, IKT-Angebote, Änderung von Lebensgewohnheiten, etc. Diese wurden hinsichtlich ihrer Inhalte, Akteure, Abgrenzungen zu anderen Innovationspfaden, Forschungsthemen und Wirkungsweise analysiert, um daraus nach Möglichkeit Rückschlüsse auf ihr mögliches THG-Reduktionspotenzial zu ziehen. Darauf aufbauend wurde ein möglicher Beitrag, welcher durch die FTI-politischen Programme ausgelöst werden soll, diskutiert.

Vorgehensweise

Zur Potenzialermittlung wurden die *Energiewirtschaftlichen Inputdaten und Szenarien* des Umweltbundesamtes (Krutzler, et al., 2013) auf Sektorebene herangezogen. Wichtig ist festzuhalten, dass es sich dabei nicht um prognostizierte Erwartungswerte handelt, sondern um Maximalwerte, die von Szenarien (die bestimmte Entwicklungen unter definierten Voraussetzungen abbilden) abgeleitet wurden (siehe auch Abbildung 69).

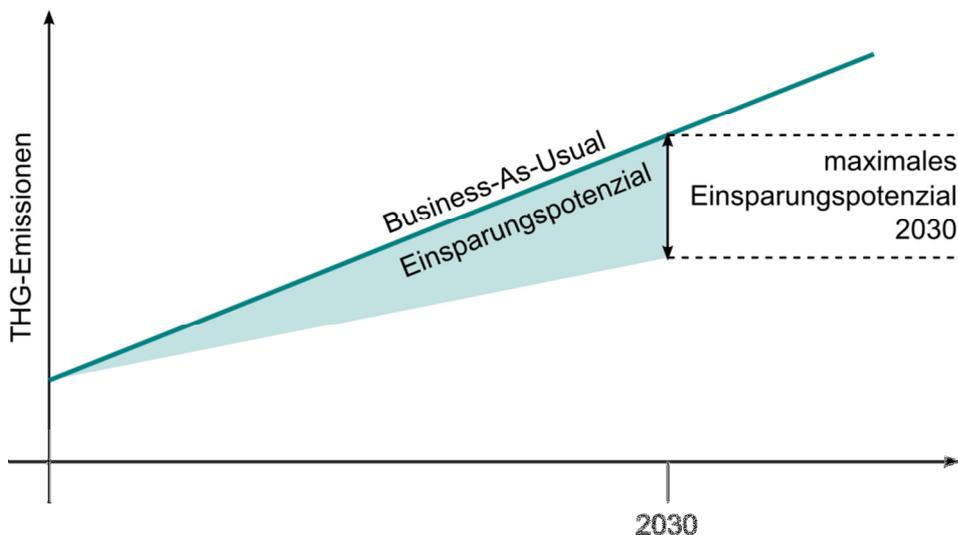


Abbildung 69: Schematische der Minderungspotenziale auf Basis der zugrundeliegenden Szenarien.

Es zeigte sich, dass die Größenordnung der allgemeinen THG-Vermeidungspotenziale der einzelnen Innovationspfade bis 2030 teils sehr unterschiedlich ist. Dies liegt u.a. an der Auswahl der für die Evaluierung angesetzten Szenarien sowie an dem gewählten Beobachtungszeitraum. In Summe wurden im vorliegenden Projekt 22 Innovationspfade untersucht, für 15 Innovationspfade konnte ein THG-Minderungspotenzial ausgewiesen werden.

Abschätzungen

Sechs energierelevante und ein mobilitätsrelevanter Innovationspfad konnten aufgrund von komplexen Verflechtungen und Zusammenhängen nicht abgeschätzt werden konnte. Die abgeschätzten THG-Reduktionspotenziale weisen eine relativ große Unsicherheit auf, sodass v.a. die Größenordnung der Potenziale für eine weitere Verwendung und Interpretation relevant ist. Die

Unsicherheit ist bedingt durch die ex-ante Betrachtung, bei welcher über zukünftige Entwicklungen Annahmen getroffen werden müssen, die sich mit Hilfe der Szenarien in ein Potenzial überführen lassen, besonders groß. Die ausgewiesenen Werte sind folglich nicht als Prognosen zu interpretieren.

Basierend auf der Kenntnis des Potenzials eines Innovationspfades wurde untersucht, inwieweit dieses Rückschlüsse auf den Beitrag der FTI-Programme zulässt. Dabei wurde ersichtlich, dass aufgrund der komplexen Wirkungszusammenhänge und der hohen Ungewissheit über zukünftige Entwicklungen hinsichtlich einer Vielzahl externer Faktoren, der Beitrag der FTI Politik im Rahmen dieses Projekts nicht abgeschätzt werden konnte.

FTI-Projekte haben dabei in den meisten Fällen keine direkte sofortige Wirkung hinsichtlich der Treibhausgasemissionen. Viel mehr liegt die Aufgabe der FTI-Politik darin, Forschungs- und Innovationsaktivitäten zu unterstützen, welche ihre Wirkung erst in der Umsetzung und Verbreitung von innovativen Lösungen (Produkte, Dienstleistungen, Maßnahmen) entfalten, und damit entsprechende Effekte (z.B. THG-Reduktion) auslösen. Die Effekte sind oftmals maßgeblich durch gesellschaftliche Transformationsprozesse (z.B. Bewusstseinsbildung, Verhaltensänderung) beeinflusst, die eine breite Diffusion der Innovationen erst zulassen. Dieser Annahme der optimalen Umsetzung von Erkenntnissen aus FTI-Forschungsprojekten, unterliegt eine mögliche Potenzialabschätzung.

Neben den FTI Aktivitäten tragen auch andere Faktoren sowie Politikfelder wesentlich zur Wirkungsentfaltung bei. So sind Innovationsaktivitäten auch in Abhängigkeit von verschiedenen nationalen Politikfeldern, internationalen wirtschaftlichen Entwicklungen, gesellschaftlichen Veränderungen, autonomen Entwicklungen oder gesetzliche Vorgaben zu sehen (siehe Abbildung 70).

**Wirkungs-
entfaltung**

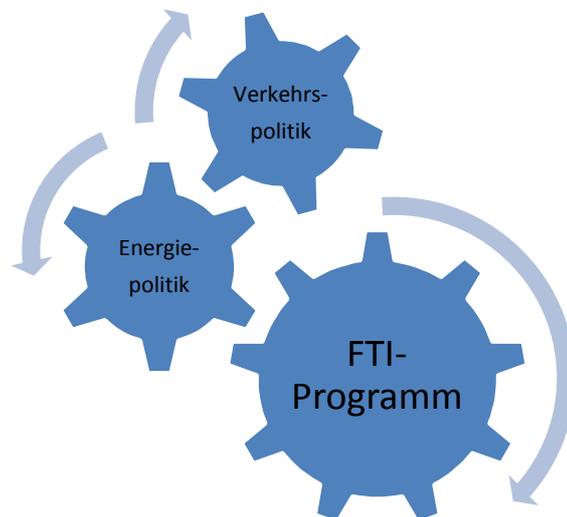


Abbildung 70: Einige Einflussfaktoren auf die Wirkungen von FTI Programmen

Darüber hinaus ist festzuhalten, dass von der Größe eines ausgewiesenen Potenzials nicht auf die Größenordnung eines möglichen FTI-Beitrages rückgeschlossen werden kann. So ist zum Beispiel das Potenzial von Windkraft bis 2030 vergleichsweise sehr hoch, aber der Wirkungsbeitrag von FTI ist wahrscheinlich geringer als jener für Smart Cities, für die ein deutlich geringeres Gesamtpotenzial ausgewiesen wurde. Aufgrund der potentiellen

FTI-Beitrag

Mehrfachzählungen mit anderen Innovationspfaden ist die Summierung der identifizierten Gesamtpotenziale der einzelnen Innovationspfade zu einem übergreifenden Potenzial nicht zulässig.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das THG-Vermeidungspotenzial einzelner Innovationspfade hinsichtlich ihrer allgemeinen Größenordnung abgeschätzt werden konnten, und der FTI-Beitrag darin inkludiert ist. Die Ausweisung des spezifischen FTI-Beitrages zu einem Innovationspfad oder zum jeweiligen Programm war allerdings im Rahmen dieses Projektes nicht möglich. Dies liegt an der fehlenden wissenschaftlichen Methodik für eine derartige Evaluierung, eine solche würde einen extrem hohen modelltechnischen Aufwand erfordern. Das Ergebnis würde wiederum von einer Vielzahl von Variablen und Annahmen beeinflusst werden und wäre mit entsprechend hohen bzw. nicht vertretbaren Unsicherheiten behaftet.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass Forschung, Technologie und Innovation im Zusammenwirken mit Veränderungen in den gesellschaftlichen Praktiken (soziale Innovation) jedenfalls einen wesentlichen Baustein zu tatsächlichen Ausschöpfung der gezeigten Reduktionspotenziale leisten.

Die Kenntnis der durch FTI politische Interventionen beeinflussten Innovationspfade und deren allgemeines THG-Potenziale ist sinnvoll und wesentlich, um den Einsatz von Fördermitteln möglichst effizient zu gestalten und sich der möglichen Wirkungsweise auch hinsichtlich des THG Reduktionspotenzials bewusst zu werden.

Im Folgenden sind die wesentlichen in diesem Projekt gewonnen Erkenntnisse zur ex-ante Evaluierung von THG-Potenzialen zusammengefasst.

- Die FTI-Programme ‚Mobilität der Zukunft‘ und ‚Energieforschung 2020‘ wurden analysiert und Innovationspfade wurden identifiziert

Acht Innovationspfade resultieren aus der Analyse des Programm ‚Mobilität der Zukunft‘ und 14 Innovationspfade aus der Analyse des Programms ‚Energieforschung 2020‘.

- Ex-ante Abschätzung der THG-Reduktion der gewählten Innovationspfaden größtenteils möglich

Potenzialabschätzungen erfordern Szenarien sowie konkret definierte Annahmen hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen. Im Rahmen des Projektes wurden Potenziale ausgewiesen, welche nicht als Prognosen interpretiert werden können. Obwohl der Fokus auf der Abschätzung des THG-Reduktionspotenzial lag, wurden Energieeffizienz und Erneuerbare Energieträger insofern mitberücksichtigt sind, als eine Steigerung der Energieeffizienz zu einem reduzierten Energiebedarf, und der Einsatz erneuerbarer Energieträger zur Reduktion fossiler Energie führt. Beides schlägt sich in sinkenden CO₂-Emissionen aus der fossilen Energiegewinnung wieder.

Erkenntnisse

- Überlegungen und Analysen zur Wirkung der FTI-Programme auf Innovationspfade als wichtiger Beitrag um mittels FTI-politischer Aktivitäten effizient zu einer Treibhausgasreduktion beizutragen

Die Ermittlung des konkreten THG Reduktionspotentials der FTI Programme ist explizit nicht möglich. Dennoch lässt sich feststellen zu welchen Innovationspfaden FTI Programme einen wertvollen Beitrag leisten, zu diesen kann oftmals ein THG Reduktionspotential ermittelt werden. Die Darstellung dieser Wirkungskette sowie der THG Reduktionspotentiale der Innovationspfade lässt somit eine sinnvolle Beurteilung der FTI Programme in Hinblick auf die THG Emissionsauswirkungen zu.

- Ein Rückschluss auf die konkrete Größe des FTI-Beitrag zum ermittelten THG-Reduktionspotenzial ist nicht möglich

Das Zusammenspiel vieler (unbekannter) Faktoren und die komplexen Zusammenhänge erschweren das Isolieren und Zuordnen zu einzelnen Elementen (wirtschaftliche Entwicklung, gesellschaftliche Transformation, politische Entscheidungen, Forschungsförderung etc.). Eine aufwendige Modellierung inklusive zahlreicher Annahmen und Vereinfachungen könnte bestenfalls zu Ergebnissen führen, welche mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet wären.

Die Größenordnung des THG-Reduktionspotenzial eines Innovationspfades erlaubt weiters keinen Rückschluss auf die Größe des FTI-Wirkungsbeitrages. Der FTI-Wirkungsbeitrag ist ein wesentlicher - oft auch essentieller - Baustein in der Wirkungsentfaltung, dessen Größe aber in keinem definierten Verhältnis zum abgeschätzten THG-Einsparungspotenzial steht. FTI-politische Interventionen leisten einen unterschiedlich hohen Beitrag, da Innovation und Transformation in einigen Bereichen leichter (z.B. Windkraft) bzw. schwerer (z.B. Smart Cities) zu realisieren sind als in anderen, bzw. in einigen Bereichen stärker von anderen Faktoren (z.B. gesellschaftliche Transformation) abhängig sind.

10 LITERATUR

- Akkermans L., Vanherle, K., Moizo A., Raganato P., Schade B., Leduc G., Wiesenthal T., Shepherd S., Tight, M., Guehnemann, A., Krail M., W., S., 2010. Ranking of measures to reduce GHG emissions of transport: reduction potentials and qualification of feasibility. Deliverable D2.1 of GHG-TransPoRD, Leuven, Belgium.
- A3PS, 2011. Eco-Mobility aus Österreich 2015plus - Eine Technologie-Roadmap der A3PS zur Entwicklung und Markteinführung alternativer Antriebe und Treibstoffe, in: Systems, A.A.f.A.P. (Ed.), Wien.
- Baumann, M., & Lang, B. (2013). *Entwicklung energiewirtschaftlicher Inputdaten und Szenarien für das Klimaschutzgesetz und zur Erfüllung der österreichischen Berichtspflichten des EU Monitoring Mechanismus 2013*. Wien: Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency.
- Bauer, J., Lang, A., Schneider, V., 2012. Innovation Policy and Governance in High-Tech Industries.
- BCG, 2009. Smart 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz, in: Boston Consulting Group (Ed.). *Sponsoren*: Deutsche Telekom, Boston Consulting Group, Huawei, SAP, Siemens; *Partnerorganisationen*: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Global e-Sustainability Initiative, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung.
- BERG – Roland Berger Strategy Consultants (2008): Valentine-Urbschat, M. et al.: Automotive insights. Powertrain 2020 – the future drives electric. Munich/Stuttgart.
- Bergische Universität Wuppertal (2013): Musall, E.: Weltkarte der Null-Energie-Gebäude. Zugriff am 17.12.2013: <http://batchgeo.com/map/net-zero-energy-buildings>.
- Bost – The Boston Consulting Group (2009): The comeback of the electric car? How real, how soon, and what must happen next.
- Biermayr, P., Eberl, M., Rita, E., Fechner, H., Kristöfel, C., Leonhartsberger, K., et al. (2013). *Innovative Energietechnologien in Österreich - Marktentwicklung 2012*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Bioenergy 2020+. (25. 10 2013). *Netzwerk Biotreibstoffe*. Abgerufen am 13. 12 2013 von Netzwerk Biotreibstoffe: <http://www.netzwerk-biotreibstoffe.at>
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Wege zum Effizienzhaus-Plus, Berlin 2011.
- BMVBS – BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2013): Übersicht an existierenden Effizienzhäusern in Deutschland und ihre jeweils genutzte Technologie, Zugriff am 17.12.2013: <http://www.bmvbs.de/>.
- BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2013): Studien und Umsetzung zum Thema Plus-Energie-Gebäude, Haus der Zukunft, Zugriff am 17.12.2013: <http://www.hausderzukunft.at/>.

- BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2013): Stadt der Zukunft. Intelligente Energielösungen für Gebäude und Städte. 1. Ausschreibung 2013. Leifaden zur Projekteinreichung. September 2013. Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, Wien.
- BMVIT, 2007. Ausschreibung zur Systemevaluierung der Forschungsförderung und -finanzierung. Teil B Leistungsbild, B, in: Bundesministerium für Verkehr, I.u.T., Wien (Ed.).
- BMVIT (2013).– Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2013). Programmdokument: "Mobilität der Zukunft" das FTI-Programm für Mobilität, Wien.
- BMVIT (2012) - Programmdokument: Energieforschung 2020, formale Laufzeit bis 31.12.2013
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2012): CO2-Monitoring 2013. Bericht im Auftrag des BMLFUW.
- BMLFUW. (2009). *Erneuerbare Energien 2020 - Potenziale und Verwendung in Österreich*. Wien: BMLFUW.
- BMLFUW, 2006. Masterplan Radfahren - Strategie zur Förderung des Radverkehrs in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2012. CO2-Monitoring 2013. Bericht im Auftrag des BMLFUW., in: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, U.u.W. (Ed.).
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2012): CO2-Monitoring 2013. Bericht im Auftrag des BMLFUW.
- Bühler, G., Jochem, P., 2008. CO2 emission reduction in freight transports: How to stimulate environmental friendly behaviour? Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.
- Carse, A., Goodman, A., Mackett, R., Panter, J., Ogilvie, D., 2013. The factors influencing car use in a cycle friendly city: the case of Cambridge. *Journal of Transport Geography* 28, 67-74.
- Deutsche Energie-Agentur. (kein Datum). *Strategieplattform Power-to-Gas*. (Deutsche Energie-Agentur) Abgerufen am 11. 12 2013 von Strategieplattform Power-to-Gas: <http://www.powertogas.info/service/presse/bildmaterial.html>
- Dena – Deutsche Energieagentur (2013): Klimaneutrale Gebäudestandards: Auf dem Weg zum Effizienzhaus Plus. Zugriff am 17.12.2013: <http://effizienzhaus.zukunft-haus.info/>.
- Detail – Zeitschrift für Architektur + Baudetail (2013): Von der Schwierigkeit, ein Plusenergiehaus zu bauen. Ein Beitrag von Jakob Schoof. Zugriff am 17.12.2013: <http://www.detail.de/>.
- DLR, 2013. Leichtbau und Hybridbauweisen. Institut für Fahrzeugtechnologien, <http://www.dlr.de/fk/desktopdefault.aspx/tabid-2842/>

- Deutsche Bank (2009): Lache, R. et al.: Electric Cars: Plugged In 2 A megatheme gains momentum. Frankfurt.
- EEG – Energy Economics Group (2013): Müller, A. & Kranzl, L.: Kurzstudie zu den Energieszenarien bis 2030: Wärmebedarf der Kleinverbraucher. WAMplus – Szenario. Endbericht.
- Energiewerkstatt, RSA-Studio iSpace, Meteotest, Wegener Center. (2009 - 2011). *Windatlas - Austrian Wind Potenzial Analysis*. Abgerufen am 26. 11 2013 von <http://www.windatlas.at>
- EnEv 2020 (2013): TUSCHINSKI, M.: Energieeinsparverordnung auf dem Weg zu klimaneutralen Bauten Intelligente Architektur: Niedrigst-, Null- und Plus-Energie-Gebäude. Projekte, Bauten und Informationen für Architekten, Energieberater, Planer, Sachverständige, Bauherrn und Verwalter. Institut für Energie-Effiziente Architektur mit Internet-Medien, Stuttgart.
- EnEv 2020 (2013): Niedrigstenergiegebäude. Zugriff am 17.12.2013: <http://www.enev-online.de/>.
- ERAWATCH Network ASBL, 2013. A guidebook to assessing environmental impacts of research and innovation policy, in: Miedzinski, M., Doranova, A. (Eds.). Framework Service Contract Nr -151364-2009-A08-BE, Brussels.
- Fechner, H. (2012). *Technologieplattform Photovoltaik Österreich*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Fechner, H., Lugmaier, A., Suna, D., Resch, G., Haas, R., & López-Polo, A. (2007). *Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (11 2012). *Fraunhofer ISE*. Abgerufen am 21. 11 2013 von <http://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/aktuelles/photovoltaics-report-in-englischer-sprache.pdf>
- Fraunhofer IML, Efficient Load - Smart ab der Laderampe, in: Kraft, V. (Ed.). Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund.
- Gallauner, T., Pözl, W., Pötscher, F., Storch, A., Stranner, G., Thielen, P., et al. (2012). *Ermittlung der potenziellen THG-Emissionsreduktion im Rahmen der Einreichung zur Förderung von Forschungsprojekten beim Klima- und Energiefonds*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Hantsch, S., & Moidl, S. (2007). *Das realisierbare Windkraftpotenzial in Österreich bis 2020*. St. Pölten: IG Windkraft.
- Helms, H., Lambrecht, E., 2006. The Potential Contribution of Light-Weighting to Reduce Transport Energy Consumption. LCA Case Studies, Light Weighting of Vehicles.
- Hill, N., Brannigan, C., Wynn, D., Milnes, R., van Essen, H., den Boer, E., van Grinsven, A., Ligthart, T., van Gijlswijk, R., 2012. EU Transport GHG: Routes to 2050 II, Final Report Appendix 2: The role of GHG emissions from infrastructure construction, vehicle manufacturing, and ELVs in overall transport sector emissions. AEA, CE Delft, TEPR, TNO.

- Hill, N., Finnegan, S., Norris, J., Brannigan, C., Wynn, D., Baker, H., Skinner, I., 2011. Reduction and Testing of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Heavy Duty Vehicles – Lot 1: Strategy. AEA, Customer: European Commission - DG Climate Action, Brussels.
- Hunnecke, M., Böhler, S., Grischkat, S., Haustein, S., 2008. MOBILANZ - Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauches und der Stoffströme unterschiedlicher Mobilitätsstile durch zielgruppenspezifische Mobilitätsdienstleistungen Ruhr-Universität Bochum, Wuppertal Institut, Leuphana Universität Lüneburg, Im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Im Rahmen der Sozial-ökologischen Forschung (SÖF).
- IEA - International Energy Agency. (2013). *Technology Roadmap - Wind Energy*. Paris: OECD/IEA.
- IG Windkraft. (kein Datum). *IG Windkraft - Wind in Zahlen*. Abgerufen am 26. 11 2013 von <http://www.igwindkraft.at/>
- IHK Region Stuttgart, 2011. Praxisleitfaden zur IHK Studie "Grüne Logistik" - Umsetzungsbeispiele und Handlungsempfehlungen, Stuttgart.
- International Energy Agency - IEA. (2013). *World Energy Outlook 2013*. Paris: OECD/IED.
- ITSworks Team, 2010. Die Wirkungen von multimodalen Verkehrsinformationssystemen untersucht am Beispiel des Routenplaners AnachB.at. ITSworks Team, Redaktion: Eva Favry, Gerit Götzenbrucker, Helmut Hiess, Margarita Köhl, Wien.
- Jackson, N., 2012. Future Low Carbon Clean Powertrains, Prof. Neville Jackson, 19th International Transport and Air Pollution Conference,
- Jones, P., Sloman, L., 2003. Encouraging behavioural change through marketing and management: what can be achieved, 10th international conference on travel behaviour research, Lucerne, Switzerland, pp. 10-15.
- Jungmeier, G., Spitzer, J., Hofbauer, H., Fürnsinn, S., Wörgetter, M., Bacovsky, D., et al. (2009). *Basispapier F&E-Strategie für Biotreibstoffe*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Kaltschmitt, M., & Streicher, W. (2009). *Regenerative Energien in Österreich*. (W. Streicher, Hrsg.) Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Klima- und Energiefonds. (2012). *Evaluierung des Potenzials des Beitrages des Klima- und Energiefonds zur Erreichung kurz-, mittel- und langfristiger Klima- und Energieziele*. Wien: Klima- und Energief.
- Klima- und Energiefonds. (kein Datum). *Klima- und Energiefonds*. Abgerufen am 12. 12 2013 von Geförderte Projekte: <http://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/gefoerderte-projekte/>
- Kost, C., Mayer, J. N., Thomsen, J., Hartmann, N., Senkpiel, C., Philipps, S., et al. (2013). *Stromgestehungskosten Erneuerbarer Energien*. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.

- Kratena, K., Meyer, I., & Sommer, M. W. (2013). *Long-term Climate Mitigation and Energy Use in Austria - The WAM+ Scenario*. Wien: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Krenn, A. (16. 12 2011). *Windatlas Österreich*. Abgerufen am 27. 11 2013 von http://www.windatlas.at/downloads/AW_WP6_20111017_AWES_Krenn.pdf
- Krutzler, T., Gallauner, T., Gössl, M., Heller, C., Lichtblau, G., Schindler, I., et al. (2013). *Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien - Grundlage für den Monitoring Mechanism 2013 und das Klimaschutzgesetz (Synthesebericht 2013)*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Lebensministerium (2007): Klimastrategie 2007. Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008–2012. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 21.03.2007. Wien. <http://www.klimastrategie.at>
- Lebensministerium (2013): Wohnbauförderung und Kyoto-Finanzierung 2011. Zusammenfassen der Bericht des Bundes und der Länder über die Wirkung von Maßnahmen zur Treibhausgas-Emissionsreduktion im Rahmen der Vereinbarung über Maßnahmen im Gebäudesektor (BGBl. II Nr. 251/2009). Wien. <http://www.lebensministerium.at/umwelt/>
- Lutsey, N., 2010. Review of technical literature and trends related to automobile mass-reduction technology. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, Davis, California.
- Lutz, 2009. Roadmap Sonnenheizung Österreich 2020, Mit Umgebungswärme zum Ziel, Bundesverband Wärmepumpe Austria, 2009
- Maibach, E., Steg, L., Anable, J., 2009. Promoting physical activity and reducing climate change: Opportunities to replace short car trips with active transportation. *Preventive Medicine* 49, 326-327.
- Martin, E., Shaheen, S.A., Lidicker, J., 2010. Impact of carsharing on household vehicle holdings. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2143, 150-158.
- McCrone, A. (10. 11 2011). *Bloomberg - New Energy Finance*. Abgerufen am 28. 11 2013 von <http://bnef.com/PressReleases/view/172>
- McKinsey – McKinsey & Company (2009a): Pathways to a low-carbon economy. Version 2 of the global greenhouse gas abatement curve.
- McKinsey – McKinsey & Company (2009b): Roads toward a low-carbon future: reducing CO2 emissions from passenger vehicles in the global road transportation system. New York.
- Midrex Technologies, Inc. (19. 04 2010). *Midrex*. Abgerufen am 12. 12 2013 von <http://www.midrex.com/uploads/documents/Midrex%20Green%20Steel.pdf>
- Miedzinski et al., 2013. Assessing Environmental Impacts of Research and Innovation Policy. Study for the European Commission, Directorate for Research and Innovation.

- Ministerie van Verkeer en Waterstraat, 2009. Fietsberaad, Radfahren in den Niederlanden, Den Haag.
- Moidl, S., Forster, M., Nährer, U., Hantsch, S., Fliegenschnee-Jaksch, M., Kirchner, M., et al. (2011). *Wirtschaftsfaktor Windenergie*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Näher, U. (21. 10 2010). *IG Windkraft*. Abgerufen am 26. 11 2013 von www.igwindkraft.at
- Neste Oil. (2008). *NExBTL Renewalbe Diesel*. Abgerufen am 09. 12 2013 von <http://www.nesteoil.com/binary.asp?GUID=B4D4B9E2-966C-48D5-BE20-8F5D6FC8F6C5>.
- Österreichische Landesumweltanwaltschaften. (03 2013). *Positionspapier der Österreichischen Landesumweltanwaltschaften zur "Nachhaltigen Nutzung von Bioenergie in Österreich"*. Abgerufen am 06. 12 2013 von <http://wua-wien.at/home/images/stories/publikationen/luas-nachhaltige-nutzung-bioenergie-oesterreich.pdf>
- ÖIR & AIT – Österreichisches Institut für Raumplanung & Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H (2012): SmartCitiesNet: Evaluierung von Forschungsthemen und Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen für ‚Smart Cities‘. Endbericht.
- PAROC (2013): Energieeffizienz von Gebäuden. Zugriff am 17.12.2013: <http://www.paroc.de/>.
- Polcar, A., Ausserer, K., 2013. Reducing car trips by promoting alternative modes of transportation - review.
- Rhomberg, W., Steindl, C., Weber, M., 2006. Neue Entwicklungen im Bereich der Wirkungsanalyse und -abschätzung FTI politischer Maßnahmen Austrian Research Centers, Systems Research Wien.
- Rolf Disch SolarArchitektur (2013): Ein Haus für die Zukunft. Das Plusenergiehaus. Zugriff am 17.12.2013: <http://www.plusenergiehaus.de/>.
- Roland Berger Strategy Consultants, 2008. Automotive insights. Powertrain 2020 – the future drives electric. Munich/Stuttgart, in: Valentine-Urbschaft, M.e.a. (Ed.).
- Schauer, K., Hollaus, K., & Hübner, M. (2010). *Smart Grids - Projects in Austrian R&D Programmes 2003 - 2010*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Schroten, A., 2012. Behavioural Climate Change Mitigation Options - Domain Report Transport, Delft.
- Slovan, L., Britain, G., 2003. Less Traffic Where People Live: How local transport schemes can help cut traffic. Transport 2000 Trust.
- Smartgrids Austria. (21. 05 2012). *Smartgrids Austria - Definitionsbild*. Abgerufen am 11. 12 2013 von [Smartgrids Austria - Definitionsbild: www.smartgrids.at/index.php?download=186.jpg](http://www.smartgrids.at/index.php?download=186.jpg)

- Statistik Austria. (2013). Energiebilanz Österreich 1970 - 2012. Wien. Von Statistik Austria. abgerufen
- Statistik AUSTRIA (2013): Nutzenergieanalyse 2011. Statistik Austria, Wien.
- Statistik Austria (2012): Sonderauswertung des Mikrozensus 2010 (MZ 2010). Statistik Austria im Auftrag des BMLFUW. Wien.
- The Climate Group, 2008. SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age, A Report by The Climate Group on behalf of the Global eSustainability Initiative (GeSI).
- TIAX(2011) Tiax European Union, Greenhouse Gas Reduction Potential for Heavy-Duty Vehicles, Report TIAX Reference No. D5625
- UBA, 2010. CO2-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland : Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale, in: Rodt, S.e.a. (Ed.). Umweltbundesamt (UBA), Deutschland, Dessau-Roßlau
- UBA, 2013. Potenziale des Radverkehrs für den Klimaschutz, in: Umweltbundesamt, D. (Ed.).
- UKERC, 2005. Transport and CO2, Working Paper, September 2005, in: Anable, J., Boardman, B. (Eds.).
- Umweltbundesamt (2010): Pötscher, F.; Winter, R. & Lichtblau, G.: E-Mobilität in Österreich. Szenario 2020 und 2050. Reports, REP-0257. Umweltbundesamt, Wien
- Umweltbundesamt (2013a): Anderl, M.; Bednar, W.; Gössl, M.; Haider, S.; Heller, C.; Jobstmann, H.; Köther, T.; Lampert, C.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Rigler, E.; Schieder, W.; Schindlbacher, S.; Schmid, C.; Schneider, J.; Schmid-Ruzicka, S.; Seuss, K.; Stranner, G.; Storch, A.; Weiss, P.; Wiesenberger, H.; Winter, R.; Zechmeister, A. & Zethner, G.: Klimaschutzbericht 2013. Reports, Bd. REP-420. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2013b): Krutzler, T.; Gallauer, T.; Gössl, M.; Heller, C.; Lichtblau, G.; Schindler, I.; Stoiber, H.; Storch, A.; Stranner, G.; Wiesenberger, H. & Zechmeister, A.: Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien als Grundlage für den Monitoring Mechanisms 2013 und das Klimaschutzgesetz. Reports, Bd. REP-0415. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2013d): Anderl, M.; Bednar, W.; Gössl, M.; Haider, S.; Heller, C.; Jobstmann, H.; Köther, T.; Lampert, C.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Rigler, E.; Schieder, W.; Schindlbacher, S.; Schmid, C.; Schneider, J.; Schmid-Ruzicka, S.; Seuss, K.; Stranner, G.; Storch, A.; Weiss, P.; Wiesenberger, H.; Winter, R.; Zechmeister, A. & Zethner, G.: Klimaschutzbericht 2013. Reports, Bd. REP-420. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2013c): Emissionsprognosen auf Basis des WAMplus-Szenarios, vorläufige Ergebnisse. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2012): Pötscher, F.: CO2-Monitoring Zusammenfassung der Daten der Neuzulassungen von Pkw der Republik Österreich

gemäß Entscheidung Nr. 1753/2000/EG für das Berichtsjahr 2010,
Herausgeber: BMLFUW

Umweltbundesamt (2010): Pötscher, F.; Winter, R. & Lichtblau, G.: E-Mobilität
in Österreich. Szenario 2020 und 2050. Reports, REP-0257.
Umweltbundesamt, Wien

Umweltbundesamt (2013): Pötscher, F.; Winter, R. Lichtblau, G.:
Ökobilanzierung von alternativen Fahrzeugen. Elektrofahrzeuge im
Vergleich.

voestalpine AG. (12. 03 2013). *voestalpine*. Abgerufen am 12. 12 2013 von
<http://www.voestalpine.com/group/static/sites/default/downloads/de/press/2013-03-13-voestalpine-errichtet-direktreduktionsanlage-in-texas-usa.pdf>

Wardman, M., Tight, M., Page, M., 2007. Factors influencing the propensity to
cycle to work. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41,
339-350.

Weiss,W., Biermayr, P., 2009. Potential of Solar Thermal in Europe, EU-funded
project RESTMAC

Wörgetter, M., Haslinger, W., Kranzl, L., Aigenbauer, S., Feldmeier, S.,
Höftberger, E., et al. (2012). *FTI Roadmap - BioHeating and Cooling*.
Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Wyman, O. (2009): E-Mobility 2025 – The New Power Play to Win (or Lose).