Metastudie Potenzial- und Hemmnisanalyse

im Rahmen der strategischen Weiterentwicklung der Nationalen Klimaschutzinitiative

Teil 1 – POTENZIALANALYSE

Überarbeitung

Im Auftrag des
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

NATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

Strategische Weiterentwicklung der Nationalen Klimaschutzinitiative

Arbeitspaket 1.1

Metastudie Potenzial- und Hemmnisanalyse

Teil 1 – POTENZIALANALYSE

Überarbeitung

FKZ: 03 KSE 037

Datum: 15. November 2013

Bearbeitet von

Arepo Consult

Dr. Christine Wörlen

Christina Heldwein

Franziska Hoffmann

Sarah Rieseberg

Carina Zell

Ecologic Institut gemeinnützige GmbH

Max Grünig

Sandra Naumann

Stephanie Wunder

IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

Dr. Lars Brischke

Caroline Gebauer

Franziska Lehmann

Angelika Paar

Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie

Dr. Bettina Brohmann

Julia Repenning

Arepo Consult
Zimmerstr. 11
D - 10969 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 80920681
Fax: +49 (0) 321 21241512

Ecologic Institut
Pfalzburger Strasse 43/44
D - 10717 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 86880-0
Fax: +49 (0) 30 86880-100

IFEU GmbH
Wilckensstraße 3
D - 69120 Heidelberg
Tel.: +49 (0) 6221 / 47 67 -0
Fax: +49 (0) 6221 / 47 67 -19

Öko-Institut e.V.
Schicklerstr. 5-7
D - 10179 Berlin
Tel.: +49-30/405085-0
Fax: +49-30/405085-388

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **4**

Tabellenverzeichnis **7**

Abbildungsverzeichnis **9**

Abkürzungsverzeichnis **10**

1 Grundlegendes und Definitionen **14**

1.1 Hintergrund und Vorgehen 14

1.2 Was ist ein Klimaschutzpotenzial und wie kann es beschrieben werden? 15

1.2.1 Herangehensweise in dieser Studie: Energieeffizienzpotenziale, nicht-energetische Potenziale, Designpotenziale, Suffizienzpotenziale 15

1.2.2 Akteursbezogene Herangehensweise 16

2 Emissionen und Potenziale im Überblick **17**

3 Verbraucher **22**

3.1 Bedürfnisfeld Mobilität 22

3.1.1 Energieeffizienzpotenziale im Bereich Mobilität 24

3.1.2 Designpotenziale 25

3.1.3 Welche Potenziale scheinen besonders interessant? 27

3.2 Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen 27

3.2.1 Energieeffizienzpotenziale 29

3.2.2 Designpotenziale 29

3.2.3 Suffizienzpotenziale 31

3.2.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant? 32

3.3 Bedürfnisfeld Konsum (Kleidung, Möbel, Produkte) 33

3.3.1 Energieeffizienzpotenziale 34

3.3.2 Designpotenziale 35

3.3.3 Suffizienzpotenziale 36

3.3.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant? 37

3.4 Bedürfnisfeld Ernährung 37

3.5 Zusammenfassung Verbraucher 43

4 Wirtschaft **45**

4.1 Aktivitätsfeld: Landwirtschaft 45

4.1.1 Effizienzpotenziale 45

4.1.2 Designpotenziale ... 48
4.1.3 Suffizienzpotenziale ... 48
4.1.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant? ... 49
4.2 Prozessindustrie und energieintensive Industrie ... 49
4.2.1 Minderungspotenzial für Treibhausgasemissionen durch die Erhöhung der Energieeffizienz von Industrieprozessen ... 49
4.2.2 Minderung von Treibhausgasemissionen durch die Weiterentwicklung von Produkten ... 53
4.2.3 Möglichkeiten zur Minderung von Prozessemissionen ... 53
4.2.4 Treibhausgasminderungspotenziale durch Produktsubstitution ... 56
4.2.5 Welche Potenziale sind besonders interessant? ... 56
4.3 Aktivitätsfeld: Querschnittstechnologien ... 57
4.3.1 Querschnittspotenziale in der Industrie ... 57
4.3.2 Querschnittspotenziale im GHD-Sektor ... 58
4.3.3 Potenziale im Bereich Green IT und durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie ... 59
4.3.4 Welche Potenziale sind besonders interessant? ... 60
4.4 Aktivitätsfeld: Transportlogistik ... 61
4.4.1 Energieeffizienzpotenziale ... 62
4.4.2 Designpotenziale ... 63
4.4.3 Suffizienzpotenziale ... 63
4.4.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant? ... 64
4.5 Zusammenfassung Wirtschaft ... 64
5 Kommunen ... 66
5.1 Aktivitätsfeld Kommunale Liegenschaften ... 66
5.1.1 Effizienzpotenziale ... 66
5.1.2 Designpotenziale ... 68
5.1.3 Suffizienzpotenziale ... 68
5.2 Aktivitätsfeld Fernwärme ... 69
5.3 Aktivitätsfeld Trinkwasserversorgung ... 70
5.4 Aktivitätsfeld Abwasserentsorgung ... 71
5.5 Aktivitätsfeld Abfallentsorgung/ Siedlungsabfall ... 72
5.5.1 Effizienzpotenziale ... 72
5.5.2 Designpotenziale ... 73
5.6 Aktivitätsfeld kommunale Mobilität ... 73
5.6.1 Kommunaler Fuhrpark ... 74
5.6.1.1 Effizienzpotenziale ... 74

5.6.1.2 Designpotenziale/ Managementpotenziale 75
5.6.1.3 Suffizienzpotenziale 76
5.6.2 ÖPNV 76
5.7 Zusammenfassung 78
6 Zusammenfassendes Zwischenfazit 79
6.1 Welche Potenziale eignen sich für weitere Förderschwerpunkte? 79
6.1.1 Zielgruppe Verbraucher 79
6.1.2 Zielgruppe Wirtschaft 81
6.1.3 Zielgruppe Kommunen 84
7 Literaturliste 85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Effizienzpotenziale im Personenverkehr 25
Tabelle 2: Designpotenziale im Personenverkehr 26
Tabelle 3: Strukturelle Möglichkeiten zur Verkehrsvermeidung 27
Tabelle 4: Übersicht über die genannten Potenziale im Themenfeld Bauen und Wohnen 28
Tabelle 5: Maßnahmen und ihre Energieeffizienzpotenziale 29
Tabelle 6: Designpotenziale im Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen 31
Tabelle 7: Maßnahmen und Suffizienzpotenziale im Bereich Bauen und Wohnen 32
Tabelle 8: Potenziale im Bereich Konsum im Überblick 33
Tabelle 9: Wichtige Effizienzpotenziale im Bereich Produkte 34
Tabelle 10: Designpotenziale im Bereich Konsum 35
Tabelle 11: Suffizienzpotenziale im Bereich Konsum 36
Tabelle 12: Wesentliche Einflussfaktoren der ernährungsbedingten Treibhausgasemissionen 39
Tabelle 13: Potenziale zur Reduktion der ernährungsbedingten THG-Emissionen 41
Tabelle 14: Energetische Potenziale in der Landwirtschaft 46
Tabelle 15: Nicht-Energetische Effizienzpotenziale in der Landwirtschaft 46
Tabelle 16: Designpotenziale in der Landwirtschaft 48
Tabelle 17: Energieeffizienzpotenziale von 2012 – 2020 in der Referenzentwicklung und einer wirtschaftlichen Rentabilitätsbetrachtung 50
Tabelle 18: Branchen- und produktspezifische Energieeffizienzpotenziale 51
Tabelle 19: Attraktive branchenspezifische Energieeinsparpotenziale in den energieintensiven Industrien 53
Tabelle 20: Alternative Produktionsprozesse in den Prozessindustrien 54
Tabelle 21: Reduktion der Produktion in einigen energieintensiven Industrien im Innovationsszenario 56
Tabelle 22: Strom-Einsparpotenziale bei Realisierung des attraktiven Potenzials von Querschnittstechnologien im Sektor Industrie im Vergleich zur Referenzentwicklung 58
Tabelle 23: Einsparpotenziale für Strom im GHD Sektor (ohne Gebäude) bis 2020 59
Tabelle 24: Potenziale zur Verringerung und Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland durch den Einsatz von „Green IT“ bzw. „IKT für den Klimaschutz“ bis 2020 60
Tabelle 25: Effizienzpotenziale im Güterverkehr 62
Tabelle 26: Wichtige Potenziale im Güterverkehr nach Öko-Institut (2012c) 62

Tabelle 27: IFEU-Potenziale (2011) im BereichGüterverkehr 63
Tabelle 28: Designpotenziale / Verlagerung 63
Tabelle 29: Suffizienzpotenziale im Bereich Logistik 64
Tabelle 30: Potenziale für kommunale Liegenschaften 66
Tabelle 31: Energieverbrauch und Einsparmöglichkeiten in der öffentlichen Infrastruktur aus Prognos und difu (2011) 67
Tabelle 32: Überblick über die Effizienzpotenziale 68
Tabelle 33: Potenziale der Fernwärmeversorgung 70
Tabelle 34: Treibhausgasreduktionspotenziale in der Abwasserentsorgung 72
Tabelle 35: Effizienzpotenziale in der Abfallentsorgung 73
Tabelle 36: Designpotenziale in der Abfallwirtschaft 73
Tabelle 37: Potenzialanalyse des Mobilitätssektors 74
Tabelle 38: Kraftstoffeinsparpotenzial von Leichtlauföl gegenüber Standardöl (15W 40) 75
Tabelle 39: NKI-relevante Potenziale bei Verbrauchern 80
Tabelle 40: NKI-relevante Potenziale in der Wirtschaft 82
Tabelle 41: NKI-relevante Potenziale in Kommunen 84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehen und Potenzialstudie 14

Abbildung 2: Emissionen in Deutschland bis 2012 in Mio. t CO_2-äqu 17

Abbildung 3: Aufteilung der THG-Emissionen nach Herkunft 18

Abbildung 4: Emissionsanteile der Zielgruppen der NKI 19

Abbildung 5: Emissionsreduktionsfelder im Modell Deutschland 20

Abbildung 6: Energieeffizienzlandkarte 21

Abbildung 7: Anteilige relative und absolute CO_2-Emissionen in Deutschland für 2010, inklusive internationaler Verkehr 22

Abbildung 8: Verteilung der Wegstrecken 23

Abbildung 9: Tagesstrecken und CO_2-Emissionen nach ökonomischem Status des Haushalts 24

Abbildung 10: Anteile entlang der Wertschöpfungskette an den ernährungsbedingten THG-Emissionen (Ohne Emissionen aus Landnutzungsänderungen), (in %) aus der Literatur 38

Abbildung 11: Direkte Treibhausgas-Emissionen der Ernährung in Deutschland je Person ... 39

Abbildung 12: Treibhausgasemissionen von verschiedenen Ernährungsstilen 40

Abbildung 13: Emissionen nach Konsumfeldern 44

Abbildung 14: CO_2-Emissionen im Güterverkehr nach Verkehrsträgern (in %, 2010) 61

Abbildung 15: Trassenlängen und Netztemperaturen in 19 Bestandsnetzen in Deutschland 69

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AGFW	Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
Äqu.	Äquivalent
BCG	Boston Consulting Group
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
bspw.	beispielsweise
BYD	Build Your Dreams
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CCS	Carbon Capture and Storage
CH_4	Methan
CO_2	Kohlendioxid
d.h.	das heißt
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DOSB	Deutscher Olympischer Sportbund
e.V.	Eingetragener Verein
EAF	Electric Arc Furnace
EE	Erneuerbare Energien
EFH	Einfamilienhaus
EH	Eigenheim
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
europ.	europäisch

FCKW	Flurchlorkohlenwasserstoffe
FFU	Forschungszentrum für Umweltpolitik
FIFO	Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut
FW	Fernwärme
Fzkm	Fahrzeugskilometer
Gfk	Gesellschaft für Konsum-, Markt- und Absatzforschung
ggf.	gegebenenfalls
ggü.	gegenüber
GHD	Gewerbe/Handel/Dienstleistungen
GJ	Gigajoule
GPS	Global Positioning System
GSW	Gemeinschaftswerke
h	Stunden
ha	Hektar
HH	Haushalt
i.d.R.	In der Regel
IEA	International Energy Agency
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
inkl.	inklusive
IREES	Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien
ISE	Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme
ISI	Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
IT	Informationstechnik
K	Kalium
k.A.	keine Angabe
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KOM	Europäische Kommission
KRL	Kommunalrichtlinie

kWh	Kilowattstunde
LED	Light Emitting Diode
lfd.	laufend
Lkw	Lastkraftwagen
lt.	laut
m^2	Quadratmeter
max.	maximal
MID	Mobilität in Deutschland
Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Mrd.	Milliarden
MVA	Müllverbrennungsanlagen
N	Stickstoff
N_2O	Lachgas
NABU	Naturschutzbund Deutschland
NE-Metall	Nichteisenmetall
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
NRW	Nordrhein-Westfalen
o.g.	oben genannt
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
p	Phosphor
PC	Personal Computer
PJ	Petajoule
Pkw	Personenkraftwagen
PWC	Price Waterhouse Cooper
RLT-Anlagen	Raumlufttechnik-Anlagen
s.u.	siehe unten
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
StMUG	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit
t	Tonne
THG	Treibhausgase

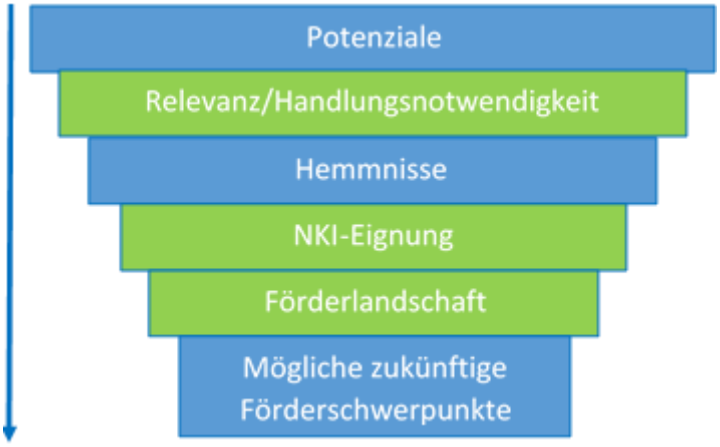
TÜV-Nord	Technischer Überwachungsverein Nord
TWh	Terrawattstunde
u.U.	unter Umständen
UBA	Umweltbundesamt
v.a.	vor allem
VCD	Verkehrsclub Deutschland
vgl.	vergleiche
vs.	versus
vTI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WI	Wuppertal-Institut
WWF	World Wildlife Fund
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1 Grundlegendes und Definitionen

1.1 Hintergrund und Vorgehen

Das Ziel der Metastudie ist die systematische Erarbeitung von Ansatzfeldern zur Identifikation von möglichen Förderschwerpunkten und -programmen, um so die Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen. Dazu werden aktuelle Klimaschutzstudien in einer Sekundäranalyse ausgewertet. Zunächst werden verschiedene Szenarien- und andere umfassende Studien daraufhin untersucht, welche Klimaschutzpotenziale für die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) wichtig wären. Diese werden dann in Bezug auf ihre Hemmnisstruktur analysiert. Falls diese Untersuchung ergibt, dass es möglich sein könnte, durch die NKI wichtige Hemmnisse zu beseitigen, wird das mit der aktuellen Förderlandschaft abgeglichen und neue Förderschwerpunkte identifiziert und beschrieben (siehe Abbildung 1).[1]

Abbildung 1: Vorgehen und Potenzialstudie



Grün: Filterfragen; Blau: textliche und soweit mögliche Beschreibung
Quelle: Eigene Darstellung

Für alle Unterkapitel als Grundlage dienen folgende drei Studien:

- **[IFEU et al. 2011]** IFEU, Fraunhofer ISI, Prognos, GSW et al.: Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative (Endbericht), Heidelberg/ Karlsruhe/ Berlin/ Osnabrück/ Freiburg, 2011
- **[Öko-Institut und Prognos 2009]** Öko-Institut e.V. und Prognos: Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Hamburg (WWF Deutschland), 2009
- **[WBGU 2011]** Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation, Berlin 2011

Die Vorläuferstudie IFEU et al. (2011) hat im Rahmen der NKI-Weiterentwicklung 2008 – 2010 einschlägige Energieeffizienzpotenziale analysiert und quantifiziert. Da diese Energieeffizienzpotenziale keiner sehr starken Dynamik unterliegen, wurde in Absprache mit dem Auftraggeber angenommen, dass diese Potenziale auch heute (2 Jahre später) quasi unverändert für die Planung der NKI herangezogen

[1] Der hier vorliegende Bericht ist Teil 1 der Metastudie, die Potenzialanalyse.

werden können.[2] In Fällen, in denen aktuellere Studien davon abweichen oder diese Studie wesentlich ergänzen, wurden diese in die Analyse mit aufgenommen.

Die Studie Öko-Institut und Prognos (2009) besteht aus einem Zielszenario, das untersucht, welche Potenziale erschlossen werden müssten, wenn die deutschen langfristigen Klimaschutzziele erreicht werden sollen. Ihre Abschätzungen werden in der vorliegenden Studie als Grundlage für die Synopsen sowie als erste Orientierung dafür herangezogen, welche Handlungsfelder bestehen – auch und besonders außerhalb der Energieeffizienzpotenziale.

Das WBGU-Gutachten (2011) zeigt die technologischen Potenziale zur umfassenden Dekarbonisierung auf und skizziert Geschäfts- und Finanzierungsmodelle für den Wandel. Dabei wird beschrieben, welche tiefgreifenden Änderungen von Infrastrukturen, Produktionsprozessen, Regulierungssystemen und Lebensstilen sowie ein neues Zusammenspiel von Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft für diesen Wandel nötig sind.

Neben diesen drei Studien werden auch die Ergebnisse der Evaluierung der Nationalen Klimaschutzinitiative 2008 – 2012 durch das Öko-Institut, Arepo Consult, Ecologic Institut, FFU, FIFO Köln und Dr. Ziesing (Öko-Institut et al. 2012) als Grundlage herangezogen. Zusätzlich werden zahlreiche sektorale und allgemeine Studien in die Analyse mit einbezogen und jeweils als Quellen benannt.

1.2 Was ist ein Klimaschutzpotenzial und wie kann es beschrieben werden?

1.2.1 Herangehensweise in dieser Studie: Energieeffizienzpotenziale, nicht-energetische Potenziale, Designpotenziale, Suffizienzpotenziale

Ein Klimaschutzpotenzial wird beschrieben durch das Einsparpotenzial einer einzelnen physikalischen Maßnahme (bzw. Unterlassung) multipliziert mit der Häufigkeit, mit der sie prinzipiell ergriffen oder unterlassen werden kann.

Gegenüber IFEU et al. (2011) soll die Potenzialanalyse in der vorliegenden Studie ausgeweitet werden, z.B. auf erneuerbare Energien, nicht-energetische Emissionen, andere Sektoren (insbesondere Kommunen und Landwirtschaft), und nicht-konventionelle Möglichkeiten zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen wie Design- und Suffizienzpotenziale. Eine Neuerfassung oder Neudiskussion von Potenzialen war nicht Teil der Aufgabe. Die unterschiedliche Analysetiefe dieser Potenzialtypen, die in der Literatur dokumentiert ist, führte dabei zu einer notwendigerweise uneinheitlichen Betrachtungstiefe in dieser Studie. In einem iterativen Prozess und in Absprache mit den Auftraggebern wurde dabei eine Auswahl getroffen. Es wurde versucht, die Darstellung möglichst knapp zu halten.

Energieeffizienzpotenziale können durch Einsatz effizienterer Technologien oder Verhaltensweisen bei gleichem Nutzen den Energieverbrauch und damit die Treibhausgasemissionen senken. Sie wurden in IFEU et al. (2011) erschöpfend beschrieben.

Für die Erkundung **nicht-energetischer Potenziale** werden hier insbesondere die Prozessemissionen der Industrie, die nicht-energetischen Emissionen aus der Landwirtschaft und die nicht-energetischen Emissionen aus der Abfallwirtschaft mit einbezogen. Diese Emissionen treten nicht immer in der Form von Kohlendioxid, sondern zum Teil auch in Form anderer Treibhausgase (z.B. Methan) auf.

Als **Designpotenziale** werden in der vorliegenden Studie solche Potenziale bezeichnet, deren Nutzung eine deutliche Abweichung von aktuellen Techniken bedeutet, die aber nach wie vor den das gleichen

[2] Die beiden wesentlichen Szenarien, die in dieser Studie verglichen und in der vorliegenden Studie verwendet werden, sind das Referenzszenario und ein Energieeffizienzszenario in dem „attraktive Potenziale“ ausgeschöpft werden. Diese Potenziale wurden im Rahmen von IFEU et al. (2011) konsistent in Energieeinheiten angegeben und für die Zwecke der vorliegenden Studie in Treibhausgaspotenziale umgerechnet (zur Methodik siehe Anhang I).

Nutzenniveau bieten. Heutige Verfahren werden substituiert durch alternative Ansätze. Sie zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie heute nicht am Markt etabliert oder verfügbar sind. Daher benötigen sie eine tiefergreifende Veränderung des Verhaltens mehrerer Akteure entlang der Wertschöpfungskette, unterliegen also einer Hemmnislage höherer Komplexität. Diese Potenziale können auch auf heute noch nicht verfügbaren Techniken oder Materialien aufbauen. Sie werden normalerweise nicht in „Mit-Maßnahmen"-Szenarienstudien eingebaut, es sei denn es handelt sich um Zielszenarien. Auch dort werden sie mit hoher Vorsicht eingesetzt, da sie normalerweise mit großer Skepsis rezipiert werden. Neben der „top-down" Analyse von Zielszenarien (Modell Deutschland bzw. Klimaschutzszenarien etc.) soll hier auch bottom-up nach Beispielen gesucht werden, die dann praxisorientierte Anhaltspunkte/ Anwendungsmöglichkeiten geben können. Beispiele für solche Designpotenziale sind Cradle-to-Cradle-Produkte, Kühlnischen in Häusern statt Kühlschränken, Ultraschall-Waschmaschinen, „Mieten statt Besitzen", oder die Verlängerung der Lebensdauer von Produkten, z.B. durch Reparaturangebote. Designpotenziale wurden nur insoweit aufgenommen, als sie in der Literatur dokumentiert sind.

Suffizienzpotenziale sind Potenziale, bei denen Emissionen durch eine Reduktion des Einsatzes treibhausgasverursachender Technologien und Verhaltensweisen eingespart werden. Dies kann bedeuten, dass Verbraucher auf bestimmte Aspekte von Konsum verzichten, und die Umstellung von Lebensgewohnheiten erforderlich machen. Andere Beispiele sind der Ersatz von energieaufwändigen Bearbeitungsschritten in Fabriken durch manuelle Tätigkeiten oder die teilweise oder vollständige Reduktion von Reisen oder Fleischkonsum.

Sowohl Design- als auch Suffizienzpotenziale können auf der momentanen empirischen Basis kaum quantifiziert werden. Daher kann in vielen Fällen nur eine Diskussion anhand von Beispielen stattfinden. Auch die Abgrenzungen zwischen den einzelnen Potenzialkategorien sind teilweise fließend bzw. hängen vom Blickwinkel des Betrachters ab.

1.2.2 Akteursbezogene Herangehensweise

In dieser Metastudie werden soweit wie möglich (notfalls qualitativ) die Handlungsspielräume der Akteure in die Potenzialabschätzung einbezogen, womit falsche Abschätzungen in Hinblick auf die Umsetzungspotenziale (sowohl positiv als auch negativ) vermieden werden. Soweit wie möglich wird in dieser Studie der Ansatz verfolgt, die Potenziale auf die Ziel- bzw. Akteursgruppe bezogen zu diskutieren, deren Handeln die Entstehung der Emission maßgeblich beeinflusst, vor allem bei der Akteursgruppe, die „die Hand am Schalter" hat.

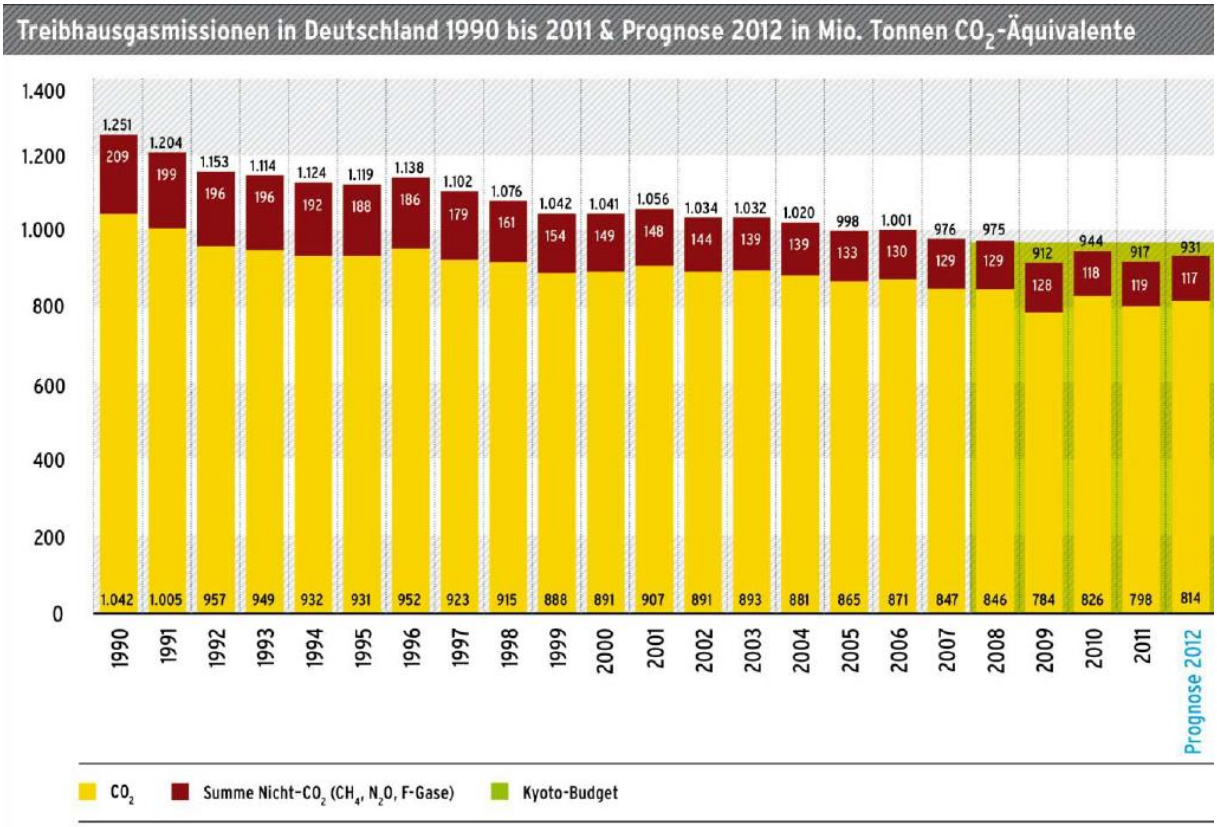
Da die Potenziale akteursbezogen erfasst werden, kann es bei diesem Vorgehen zu „Doppelnennungen" kommen – in manchen Fällen kann ein Potenzial sowohl beim handelnden Akteur, andererseits auch beim Sektor, dem es zugerechnet wird, aufgeführt werden. Dies wird im Rahmen der Studie in Kauf genommen, da es der Illustration und integrierenden Betrachtung dient. Es führt allerdings dazu, dass die hier diskutierten Potenziale nicht additiv sind. Weiterhin ist bei den Vorkettenemissionen nicht immer gegeben, dass sie sich in den deutschen Treibhausgasemissionsinventaren wiederfinden.

Unterstützend zur akteursbezogenen Herangehensweise wurden die Potenziale nach den wesentlichen treibhausgasverursachenden Bedürfnisfeldern gegliedert. Eine vollständige Abdeckung aller Bedürfnisfelder, Treibhausgasemissionsquellen oder Potenziale konnte nicht erfolgen. Die Priorisierung fand in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber statt.

2 Emissionen und Potenziale im Überblick

In Deutschland werden jährlich über 900 Mio. t CO_2-äqu. (931 Mio. t CO_2-äqu. im Jahr 2012) emittiert (siehe Abbildung 2, UBA 2013a).[3] Dabei ist seit 1990 (1.251 Mio. t CO_2-äqu.) allgemein ein abnehmender Trend zu verzeichnen, wobei die (energiebedingten) Emissionen in 2012 im Vergleich zu 2011 um 1,6 % leicht gestiegen sind (BMU und UBA 2013). Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die aktuell übliche Bilanzierung der Treibhausgasemissionen nach dem Territorialprinzip nur solche Emissionen erfasst, die im jeweiligen Land ausgestoßen werden. Vorkettenemissionen, die durch in Deutschland konsumierte, aber importierte Güter im Ausland entstehen, werden nicht in die landesspezifische Bilanz einbezogen. Es gibt Studien, die versuchen die Emissionen nach dem Ort des Konsums der Güter zu bilanzieren. Die EU-Kommission hat zum Beispiel kürzlich eine Studie zu den Auswirkungen des EU-weiten Konsums auf die Entwaldung und damit auch auf resultierende Treibhausgasemissionen vorgelegt (siehe KOM 2013). Diese konnten für die vorliegende Studie nicht vollständig ausgewertet werden. Diese Emissionen stammen entweder aus fossilen Rohstoffen oder Biomasse, die jeweils entweder energetisch oder stofflich genutzt werden, aus biologischen Gär- oder Mineralisierungsprozessen, inklusive der Abfallbeseitigung und Abwasserbehandlung, oder aus bestimmten Produktionsschritten in der chemischen oder Grundstoffindustrie.

Abbildung 2: Emissionen in Deutschland bis 2012 in Mio. t CO_2-äqu.



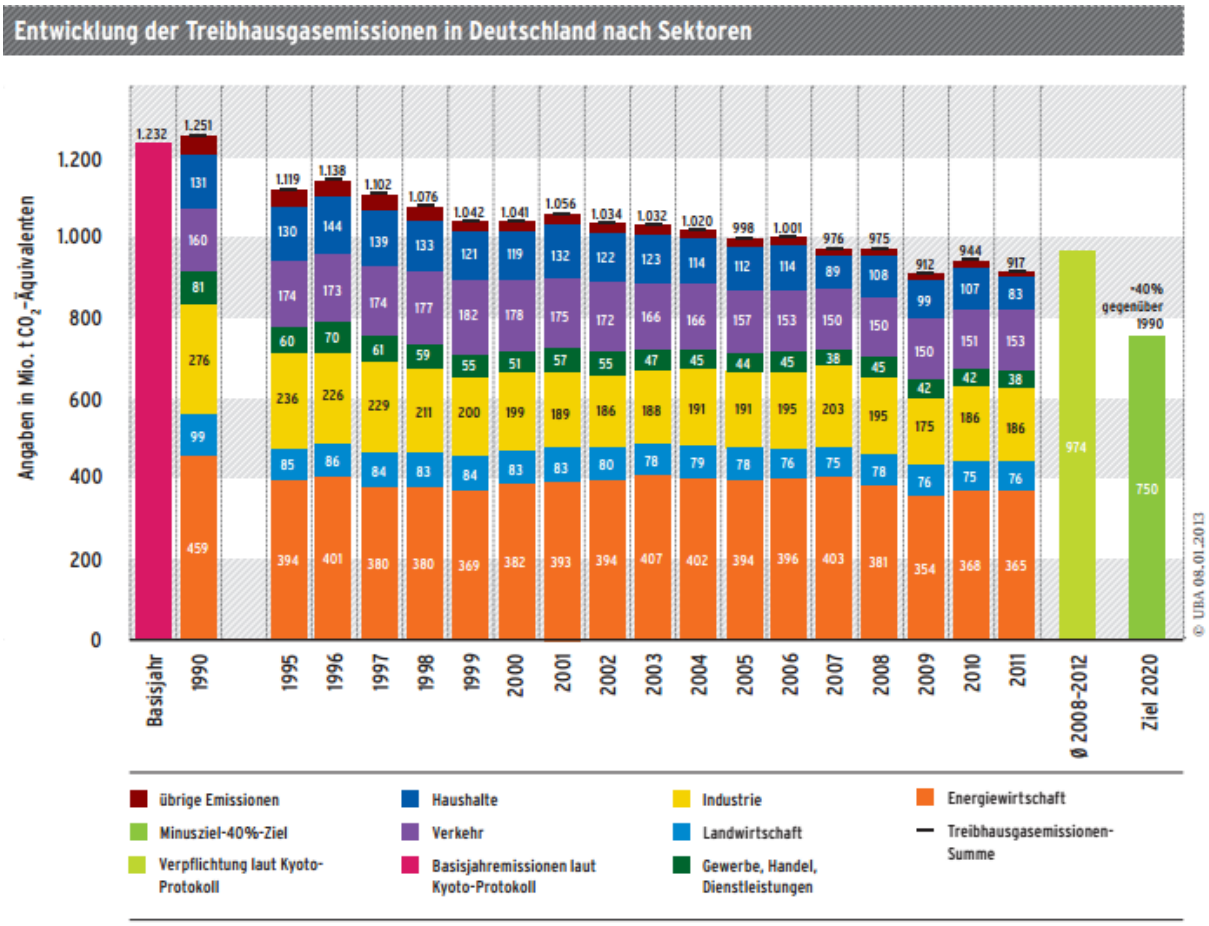
Quelle: UBA 2013a

Bei einer Aufteilung der Emissionsquellen in Verbrauchssektoren der Energiestatistik (siehe Abbildung 3) stammen in 2011 40 % der Emissionen aus der Energiewirtschaft, 20 % aus der Industrie, 4 % aus

[3] Diese Angabe umfasst Kohlendioxid und die sechs im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase

dem Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD), 17 % aus dem Verkehr, 8 % aus der Landwirtschaft und 9 % aus den Haushalten. 2 % sind auf übrige Emissionsquellen zurückzuführen (eigene Berechnungen auf der Basis von UBA 2013b).

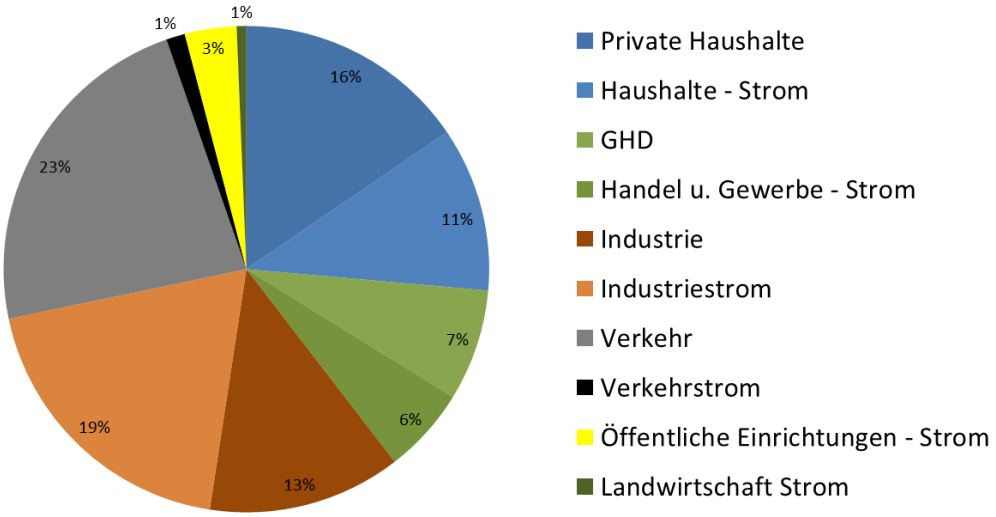
Abbildung 3: Aufteilung der THG-Emissionen nach Herkunft



Quelle: UBA 2013b

Eine grobe Aufteilung der Anteile der Emissionsquellen, die in etwa mit den Zielgruppen der NKI in Übereinstimmung gebracht werden konnte, wurde aus Öko-Institut und Prognos (2009) und auf der Basis der dort dargestellten Emissionszahlen aus 2005 abgeleitet und ist in Abbildung 4 dargestellt. Damit emittieren die privaten Haushalte (bzw. die Zielgruppe „Verbraucher“) etwa 16 % der Emissionen direkt, und 11 % über ihren Stromverbrauch. Der energiewirtschaftliche Sektor Gewerbe/ Handel/ Dienstleistungen (GHD, ein Teil der NKI-Zielgruppe „Wirtschaft“) hat direkte Emissionen von 7 % und strombedingte Emissionen von 6 %. 13 % der gesamten Emissionen in Deutschland stammen aus Verbrennungs- und Verarbeitungsprozessen in der Industrie, 19 % werden vom industriellen Strombedarf verursacht, 1 % vom Strombezug der Landwirtschaft (beide ebenfalls Teile der NKI-Zielgruppe „Wirtschaft“). Der Strombezug öffentlicher Einrichtungen (also der NKI-Zielgruppen „Kommunen“ und „Bildung“) trägt 3 % zu den Emissionen bei. Die Emissionen durch direkte Verbrennungsprozesse in den öffentlichen Einrichtungen, z.B. für Raumwärme, konnten nicht von den anderen Sektoren getrennt werden. Personen- und Güterverkehr verursachen gemeinsam 23 % der gesamten Emissionen direkt und 1 % der Emissionen über den Strombedarf.

Abbildung 4: Emissionsanteile der Zielgruppen der NKI

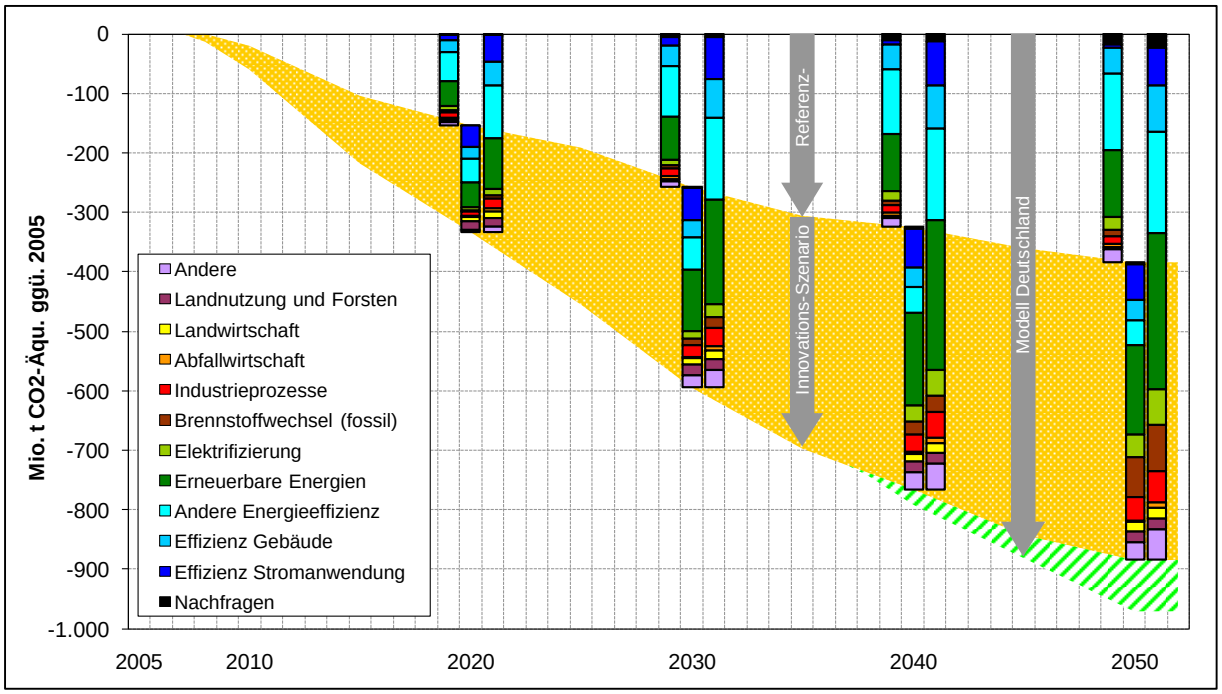


Quelle: Öko-Institut et al. 2009

Die deutsche Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, den Treibhausgasausstoß bis 2050 um 80 % bis 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Da die Treibhausgasemissionen aus sehr vielen unterschiedlichen Bereichen stammen, und viele verschiedene Aspekte in einer der Volkswirtschaft Emissionen verursachen, ist dies ein anspruchsvolles Ziel, dessen Umsetzung an vielen Stellen gleichzeitig ansetzen muss. Die Studie „Modell Deutschland" (Öko-Institut und Prognos 2009) hat analysiert, in welchen Bereichen Treibhausgasemissionen gemindert werden können und müssen, um das ambitionierte Klimaziel der Bundesregierung zu erreichen. Durch Abbildung 5 aus Öko-Institut und Prognos (2009) wird klar, dass bereits im Referenzszenario die Treibhausgasemissionen bis 2050 stark zurückgehen werden. Fast die Hälfte dieser Reduktion ist auf steigende Energieeffizienz zurückzuführen. Der Einsatz erneuerbarer Energien sorgt für 29 % der Emissionsreduktion, und der Ersatz von fossilen Brennstoffen durch Strom (v.a. im Verkehr) für weitere 6 %, wobei dieser Einfluss in den ersten Dekaden noch nicht so stark ist.

Damit kann jedoch das Klimaziel der Bundesregierung noch nicht erreicht werden. Im „Innovationszenario", mit dem das 80 %-(Mindest-)Ziel für 2050 erreicht würde, leisten die erneuerbaren Energien einen höheren relativen Beitrag zur Treibhausgasreduktion als im Referenzszenario. Weiterhin wird Strom noch effizienter genutzt, CO_2-intensive Brennstoffe werden durch andere Brennstoffe ersetzt, industrielle Prozessemissionen werden stärker reduziert, und Reduktionspotenziale in der Landnutzung werden aktiviert. Damit werden die Emissionen der Bereiche Gebäude, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD), Stromerzeugung, motorisierter Individualverkehr sowie Straßen-Güterverkehr fast vollständig eliminiert.

Abbildung 5: Emissionsreduktionsfelder im Modell Deutschland

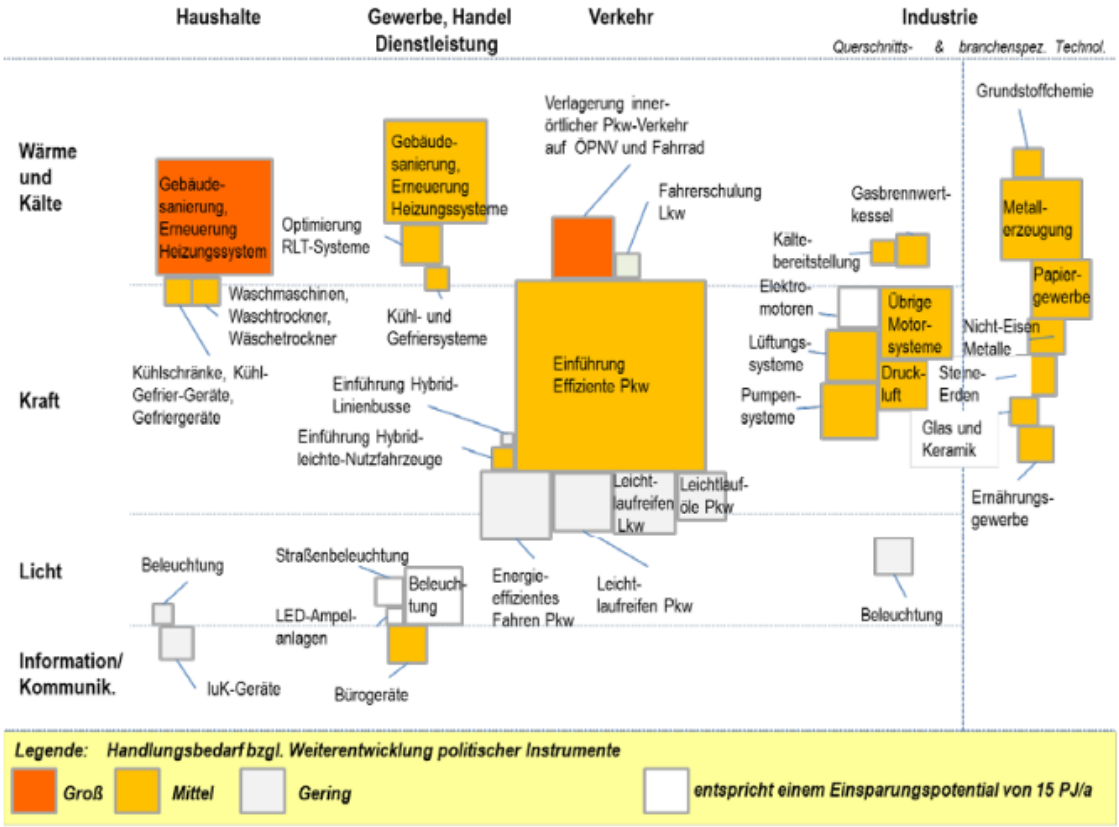


Quelle: Öko-Institut und Prognos 2009

Weitere Einsparpotenziale sehen die Autoren in folgenden Bereichen: Einsparung von Stahl bzw. Substitution durch andere Materialien (zur Vermeidung von Prozessemissionen aus Koks), Ersatz von Erdgas durch Biogas in industriellen Anwendungen, Umstellung des Flugverkehrs auf Biokraftstoffe.

Abbildung 6 aus IFEU et al. (2011) zeigt in größerem Detail, wie sich bestehende Einsparpotenziale im Bereich der Energieeffizienz zueinander verhalten.

Abbildung 6: Energieeffizienzlandkarte



Quelle: IFEU et al. 2011

Im Folgenden werden die einzelnen Klimaschutzpotenziale aus Verbraucher- und Wirtschaftssicht unter Zuhilfenahme weiterer Literaturquellen genauer analysiert.

3 Verbraucher

3.1 Bedürfnisfeld Mobilität

Der Verkehrsbereich hat einen Anteil von 30 % am Endenergieverbrauch. Mit 80 % verursacht Deutschlands Straßenverkehr daran anteilig die meisten Emissionen (UBA 2012a). Davon gehen wiederum 60 % auf Personenverkehr zurück (IFEU et al. 2011, 148). In Bezug auf Treibhausgasemissionen war der Verkehrsbereich 2011 für insgesamt 153 Mio. verantwortlich, was 17% der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen entspricht.

Die Emissionen im Verkehr nach Kyoto-Prinzip (ohne internationalen Luft- und Seeverkehr) machten im Jahr 2011 17 % der gesamten CO_2-Emissionen Deutschlands aus. 95 % davon stammten im Jahr 2010 aus dem Straßenverkehr (UBA 2013b, UBA 2012a, 44). Bei Betrachtung inklusive des internationalen Luft- und Seeverkehrs für 2010 beträgt der Anteil der Verkehrsemissionen an den Gesamtemissionen 21 % (UBA 2012a, 44).

Abbildung 7: Anteilige relative und absolute CO_2-Emissionen in Deutschland für 2010, inklusive internationaler Verkehr[4]

Quelle: UBA 2012a

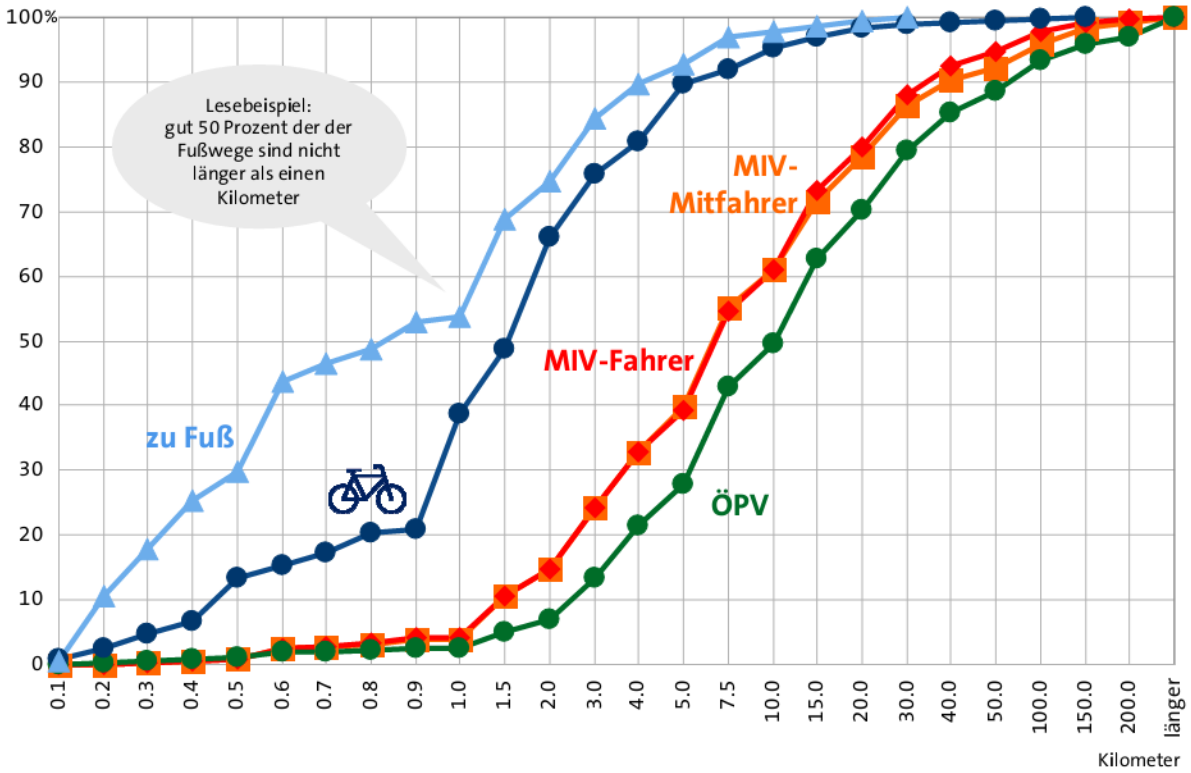
Die Minderungspotenziale im Personenverkehr sind erheblich und wesentlich größer als im Bereich Güterverkehr:[5] Der Gesamtenergieverbrauch im Personenverkehr ist um den Faktor 2,5 höher als im Güterverkehr. Allein auf die Straße bezogen ist das Verhältnis ebenfalls bei 2,5 (beide Werte basieren auf UBA 2012a). 58% der Wege werden in Deutschland mit dem Auto zurückgelegt (INFAS und DLR, 2010).

Fast 60 % aller zurückgelegten Strecken in Personenverkehr waren laut der Umfrage „Mobilität in Deutschland“ in 2004 kürzer als 5 km (INFAS und DIW 2004, 91). Etwa 40 % aller Fahrten mit dem MIV hatten auch in 2008 noch eine Weglänge von weniger als 5 km (Abbildung 8). Bisher nimmt die Pro-Kopf-Gesamtverkehrsleistung stetig zu (UBA 2012a, 26), während gleichzeitig die Siedlungsdichte sinkt (Bock et al. 2011, 23).

[4] nach Kyoto-Prinzip (ohne internationalen Luft- und Seeverkehr), von Deutschland ausgehender internationaler Luft- und Seeverkehr

[5] Mittelfristig ist zu erwarten, dass sich das Verhältnis umkehren wird.

Abbildung 8: Verteilung der Wegstrecken



Quelle: Follmer (2008)

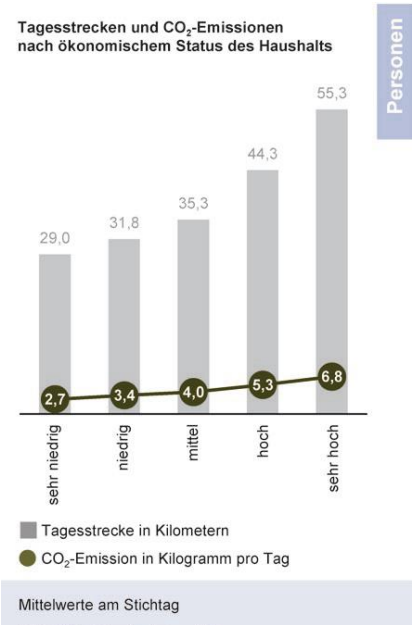
Laut INFAS und DLR (2010, 23) wurden im Jahr 2008 über 50 % aller Wege in der Freizeit und zum Einkaufen zurückgelegt. Der Freizeitverkehr hat nach dieser repräsentativen Umfrage mit 32 % den größten Anteil am Gesamtwegeaufkommen. In Bezug auf die Personenkilometer liegt sein Anteil mit 40 % noch höher. Kinder und Menschen über 60 Jahre haben erwartungsgemäß einen höheren Anteil an Freizeitverkehr. Die Wegelängen des Freizeitverkehrs nahmen zwischen 2002 und 2008 um 10 % zu. Der Anteil an Veranstaltungen am Freizeitverkehr liegt bei 8 %, die Sportausübung bei 9 %. Das Bedürfnisfeld Freizeit mit Blick auf Mobilität hat dementsprechend in den vergangenen Jahren bezüglich seiner Klimarelevanz besonders an Bedeutung gewonnen, wobei einerseits der Freizeitverkehr, aber auch die Infrastruktureinrichtungen für den Breitensport, Sportgroßveranstaltungen und Kultur-Events zu berücksichtigen sind. Allein in Baden-Württemberg werden pro Jahr 8,3 Mrd. Kilometer für Sportaktivitäten (insgesamt) zurückgelegt. 50 % der Sportler legen diese Wege mit dem Pkw zurück (IVU 2008).

Laut INFAS und DLR (2010) nimmt die Zahl von Personen, die reisen, kontinuierlich zu. Die meisten Reisen, nämlich 43 %, werden als Ausflug, Urlaub oder Kurzreise aus privaten Gründen angetreten. D.h. mögliche Ansätze zur Veränderung sollten diesen Bereich der Kurzreisen und Ausflüge stärker einbeziehen. Auch die Dauer der Reisen steigt. Die meisten Reisen bis 1.000 Kilometer (einfache Entfernung) werden mit dem Pkw unternommen. Bis 750 km ist die Bahn das zweitwichtigste Verkehrsmittel mit einem Anteil zwischen 22 und 26%, je nach Entfernungskategorie. Bei Strecken über 1.000 km hat das Flugzeug die größte Bedeutung. Im Vergleich zum Jahr 2002 haben Bahn und Flugzeug haben Anteile am Modal Split gegenüber dem Pkw gewonnen. Dieser bleibt jedoch im Vergleich aller Reisezwecke nach wie vor das wichtigste Verkehrsmittel (INFAS und DLR 2010).

Einen signifikanten Einfluss auf die mobilitätsbedingte CO_2-Produktion eines Haushalts haben ferner die Länge der täglichen Wege sowie der Typ des zur Verfügung stehenden Pkw. Mit Fokus auf Freizeitverkehr wurde eine eigene Lebensstiltypisierung für den Bereich Mobilität entwickelt (Loose et al. 2002). Neben Lebensstilen sind auch das Alter der Haushaltsbewohner und ihr ökonomischer Status

für die Treibhausgasemissionen wichtige Einflussfaktoren (INFAS und DLR 2010, siehe Abbildung 9). Je nach ökonomischem Status und räumlicher vs. verdichteter Wohnlage emittieren reicht von 2,7 kg CO_2 pro Tag (Haushaltsstatus „sehr niedrig“) bis zu 6,8 kg für den Haushaltsstatus „sehr hoch“. Haushalte mit höherem Einkommen haben sowohl einen besseren Zugang zu Pkw als auch einen höheren Anteil von Pkw-Nutzung im Modal Split, bei zusätzlich insgesamt höherer Mobilität. Der Einkommenseffekt wird jedoch von anderen Faktoren wie „Raumstruktur“, „Haushaltsgröße“, „Anzahl der Kinder im Haushalt“ und Einstellungen überlagert (INFAS und DLR 2010).

Abbildung 9: Tagesstrecken und CO_2-Emissionen nach ökonomischem Status des Haushalts



Quelle: INFAS und DLR 2010

Im Folgenden wird diskutiert, welche Möglichkeiten zur Verringerung von Treibhausgasemissionen sich in diesem Feld bieten. Dazu werden Energieeffizienzpotenziale, Designpotenziale und Potenziale zur Vermeidung von Verkehren (Suffizienzpotenziale) betrachtet.

3.1.1 Energieeffizienzpotenziale im Bereich Mobilität

Im motorisierten individuellen Personenverkehr können gemäß IFEU et al. (2011) Emissionen durch die Einführung effizienterer Pkw, und die Nutzung bestimmter Komponenten und Schmierstoffe (z.B. Leichtlaufreifen, Leichtlauföle), sowie durch effizienteres Fahren eingespart werden (vgl. Tabelle 1). IFEU et al. (2011) diskutiert insbesondere schärfere CO_2-Grenzwerte, steuerliche Behandlung von Firmenwagen, ein Marktanreizprogramm für besonders effiziente Pkw und Pkw-Label. Die Elektrifizierung der Pkw-Flotte nach einer Studie des CE Delft kann bis 2020 zu einer Reduktion der jährlichen Emissionen 15 bis 27% führen. Technisch umsetzbare Geschwindigkeitsbeschränkungen außerorts können nach einer Abschätzung des SRU (2005) zu bis zu 9% weniger Verkehrsemissionen führen. Aufgrund der politischen Diskussion um die Verwendung der Bioenergieressourcen wird den Biokraftstoffen im Verkehrsbereich z.B. im Zielszenario Modell Deutschland (Öko-Institut und Prognos 2009) keine Rolle zugeschrieben.

Tabelle 1: Effizienzpotenziale im Personenverkehr

Studie	Effizienzpotenzial	Minderung	Summe
IFEU et al. (2011)	Einführung effizienterer Pkw	9,8 Mio. t CO_2 in 2020 (20,5 Mio. t CO_2 in 2030)	bis 16,7 Mio. t CO_2 in 2020
	Leichtlaufreifen Pkw	2,2 Mio. t CO_2 in 2020 (1,9 Mio. t CO_2 in 2030)	
	Leichtlauföle Pkw	1,5 Mio. t CO_2 in 2020 (1,3 Mio. t CO_2 in 2030)	
	Energieeffizienteres Fahren	3,1 Mio. t CO_2 in 2020 (2,7 Mio. t CO_2 in 2030)	
CE Delft (2011)	Einführung E-Mobilität	15 % bis 27 % bis 2030	98 bis 171 Mio. t CO_2 in 2030 (EU-weit)
SRU (2005)	Geschwindigkeitsbeschränkung - von 120 km/h nur für die alten Bundesländer bei einem Befolgungsgrad von 80 Prozent	bis zu 9 % (außerorts)	k.A.

Quellen: IFEU et al. 2011, SRU 2005; CE Delft 2011

Einige Maßnahmen greifen sehr schnell (Geschwindigkeitsbeschränkungen), während andere erst nach dem Jahr 2020 eine signifikante Wirkung haben können (Elektromobilität).

3.1.2 Designpotenziale

Die oben beschriebenen Zahlen bestätigen, dass im Bereich des Personenverkehrs durch eine Verhaltensänderung bei der Verkehrsträgerwahl erhebliche Potenziale realisierbar sind (Umstieg vom Pkw auf ÖPNV, Carsharing und/oder Fahrrad). Relevante Designpotenziale sind insbesondere im Ausbau des ÖPNV und bei Strategien zur Verlagerung des Pkw-Verkehrs auf das Fahrrad zu verzeichnen (vgl. Tabelle 2). Hier sind besonders auch Ansätze zur Multimodalität, d.h. zur Integration umweltfreundlicher Verkehrsmittel in den Gesamtverbund, bzw. des Umweltverbundes in den Gesamtverkehr vielversprechend (Verbücheln et al. 2013). Mobile Internetanwendung für Navigation, Buchung und Abrechnung werden eine wichtige Rolle spielen, ihr Klimaschutzpotenzial wurde bisher jedoch nicht vollständig quantifiziert.

Tabelle 2: Designpotenziale im Personenverkehr

Studie	Effizienzpotenzial	Jährliche Minderung der Emissionen	Bezugsjahr
UBA (2010)	Verdoppelung ÖPNV zu Lasten des MIV bis 2020	2,5 Mio. t CO_2	2020
	50% Verlagerung Pkw-Fahrten kürzer als 5 km auf Rad- und Fußverkehr	5,8 Mio. t CO_2	2020
BMVBS (2002)	Verlagerung 30 % der PKW-Fahrten unter 6 km auf das Fahrrad	7,5 Mio. t CO_2	2001
	Verlagerung 30 % der PKW-Fahrten in Städten unter 10 km auf das Fahrrad	13,45 Mio. t CO_2	2001
IFEU et al. (2011)	Verlagerung innerörtlichen MIVs auf ÖPNV und Rad	2,5 Mio. t CO_2 (2,2 Mio. t CO_2)	2020 (2030)
Haefeli et al. (2006)	Carsharing (in der Schweiz)	bis zu 290 kg CO_2 je Nutzer	2005
UBA (2013c)	Verlagerungsstrategien aufs Fahrrad	4 bis 13,5 Mio. t CO_2	2008
	Integrierte Radverkehrsförderung	bis 40 Mio. t CO_2	2008

Quellen: UBA 2010, BMVBS 2002, IFEU et al. 2011, Haefeli et al. 2006, UBA 2013c

Verkehr kann auch durch die Einführung von Homeoffice und die Substitution von Geschäftsreisen durch Videokonferenzen reduziert werden. Diese Optionen werden in Kapitel 4.3.3 näher behandelt.

Darüber hinaus können Änderungen der Raumplanung (bspw. „Stadt der kurzen Wege“), Regionalisierung und strukturelle Veränderungen auch zur Verkehrsmeidung beitragen. So ist es möglich beispielsweise durch bessere Versorgungsstrukturen in dezentralen geographischen Situationen z.B. zum Einkaufen, zu Ämtern und Behörden, zu Ärzten und Apotheken, Wege abzukürzen oder zu verringern. So genannte Multifunktionseinrichtungen ermöglichen die Bündelung von Funktionen im strukturschwachen Raum (Glatthaar und Lehmann 2011). Bislang liegen hier jedoch wenige bis keine Quantifizierungen vor und v.a. keine Hochrechnung auf ganz Deutschland. Dezentralisierung kann zudem auch negative Auswirkungen haben, wenn Einrichtungen nicht ausreichend intensiv genutzt und dadurch Ressourcen nicht effizient genutzt werden. Einige mögliche strukturelle Angebote, die Verkehr und damit Emissionen vermeiden können, sind in Tabelle 3 zusammengestellt. l

Wichtig in Hinblick auf Klimaschutz sind auch Konzepte des „Teilen statt Besitzen“ bzw. „Nutzen statt Besitzen“ wie bspw. Carsharing. Die Nutzung von Carsharing führt nicht nur zu geringeren Emissionen (290 kg/Nutzer und Jahr, laut Haefeli 2006) durch die Nutzung moderner und gewarteter Pkw, sondern in der Regel auch zu einer verminderten Nutzung.

Tabelle 3: Strukturelle Möglichkeiten zur Verkehrsvermeidung

Potenzial	Erläuterung
Nahversorgung	Mulitfunktionseinrichtungen, die Verwaltung und Einzelhandel abdecken und somit den Wegebedarf reduzieren
Dezentralisierung	Verringern der Wegelänge zu Schule, Einkauf, Verwaltung, Erholung, durch ortsnahe Einrichtungen
E-Verwaltung	Vermeiden von Wegen durch webbasierte Verwaltungsangebote
Zentraler Schalter	Zugang zu einer Vielzahl von Verwaltungsleistungen an allen Schaltern
Nachverdichtung	Bebauung von Brachflächen im Zentrum anstelle von Neubauten an der Peripherie
Mischnutzung	Festlegung von kombinierter Wohn- und Gewerbenutzung in Bebauungsplänen
Homeoffice	Vermeiden von Arbeitswegen durch teilweise oder vollständige Arbeit von zu Hause
Videokonferenzen	Vermeiden von Geschäftsreisen durch virtuelle Gespräche

Quellen: Eigene Darstellung

Die Diskussion dieser Potenziale im Zusammenhang verdeutlicht, dass diese Potenziale außerordentlich interdependent sind: Sobald eines der Potenziale erschlossen wird, verändert sich die Klimawirkung anderer Potenziale. Zudem sind sie extrem von individuellen Verhaltensparametern abhängig, so dass sie schwer für Deutschland abschätzbar sind. Routineverhaltensänderungen sind oft kurzfristig, zudem können Fehlnutzungen und Reboundeffekte die Größe der tatsächlich realisierbaren Potenziale deutlich limitieren.

3.1.3 Welche Potenziale scheinen besonders interessant?

Die Potenziale im Bereich der individualen Mobilität können zum Teil direkt vom Nutzer erschlossen werden, oft sind aber Voraussetzungen z.B. in Form von ÖPNV- oder Informationsangeboten, oder von Seiten der Raumplanung notwendig Eine interessante Bündelung ergibt sich daher bei kommunalen Akteuren. Vor dem Hintergrund der Handlungsmöglichkeiten der NKI scheinen folgende Handlungsfelder vielversprechend:

- „Die Stadt der kurzen Wege“
- Carsharing-Angebote
- Integrierter Radverkehr
- effizientes Fahren mit

3.2 Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen

Dieses Kapitel widmet sich den Potenzialen rund um den Energieverbrauch im Bedürfnisfeld „Bauen und Wohnen“. Etwa 663 TWh (2.387 PJ) wurden 2012 für Raumwärme, Warmwasser, Kühlung und Beleuchtung im Wohngebäudebereich verwendet (destatis 2013), das entspricht rund 27% des gesamten Energieverbrauchs in Deutschland. In 2010 umfasste der Gebäudebestand Deutschlands rund 18,11 Mio. Wohngebäude. Rund 70 % der Gebäude wurden vor 1979 errichtet (BMVBS 2012).

In Wohngebäuden haben Raumwärme (85 %) und Warmwasser (13 %) den größten Anteil am Gebäudeenergieverbrauch. Der Beleuchtungsanteil beträgt nur 2 % (dena 2012). Ausgehend von einer gesamten Wohnfläche von 3,43 Mrd. m^2 in 2010 (BMVBS 2012) lag der spezifische Endenergieverbrauch von Wohngebäuden im Mittel bei 177 kWh/m^2a (0,637 GJ/m^2a) (dena 2012). Ein- und Zweifamilienhäuser haben im Vergleich zu Mehrfamilienhäusern größere Wohnflächen je Wohneinheit und einen höheren Energieverbrauch pro m^2. Für ein Einfamilienhaus liegt die Pro-Kopf-Wohnfläche bei 51,3 m^2

während in einem Mehrfamilienhaus (mit 7-12 Wohneinheiten) nur 37,8 m^2 pro Kopf beansprucht werden. Weiterhin ist der spezifische Endenergieverbrauch pro m^2 eines EFH um 23,5 % höher als in einem MFH (destatis 2010, dena 2012).

Die Wohnfläche privater Haushalte nahm zwischen 1995 und 2010 um 16 % zu, während die Einwohnerzahl gleichzeitig um 0,2 % fiel (BMVBS 2012). Während die Zahl der Mehrfamilienhäusern relativ konstant zwischen 1995 und 2010 bei ca. 3 Mio. Häusern lag, hat sich die Zahl der Ein- und Zweifamilienhäuser in diesem Zeitraum von ca. 13 Mio. um 15 % auf ca. 15 Mio. Häuser erhöht (ebenda). In diesen Ein- und Zweifamilienhäusern wurden 2010 41 % der „Wohn"-Energie verbraucht (dena 2012). Gestiegene Wohnansprüche und die wachsende Anzahl von Ein- und Zweipersonenhaushalten (von 67 % in 1995 auf 74 % in 2010 nach BMVBS 2012) führten in diesem Zeitraum zu einem Anstieg der Wohnfläche pro Kopf von 36 m^2 auf 42 m^2 (Bock et al. 2011). Diese Entwicklung beeinflusst nicht nur die Flächenversiegelungsraten negativ, sondern erhöht auch den Pro-Kopf-Energieverbrauch – speziell für Raumwärme – in den Haushalten.

Die bisher stetig zunehmende Pro-Kopf-Wohnfläche und sinkende Siedlungsdichte beeinflussen den Flächenverbrauch für Verkehrs- und Siedlungsflächen, welcher 2008 95 ha pro Tag (davon ca. 50 % versiegelte Fläche) betrug (Bock et al. 2011). 70 % der Flächeninanspruchnahme finden außerhalb der verdichteten Regionen statt. Dies führt zu einer zunehmenden Unterauslastung der Infrastruktur, zu längeren Wegen und zusätzlichen Verkehrsemissionen. Gleichzeitig kann dokumentiert werden, dass der Anteil der Baulandbrachen steigt. Das bedeutet, dass eine immer größere Siedlungsinfrastruktur von einer in vielen Regionen schrumpfenden Zahl von Einwohnern genutzt wird (Bock et al. 2011). Flächen sind jedoch wichtige CO_2-Senken und zusätzlich nötig für den weiteren Ausbau der regenerativen Energien.

Daher wird der Flächenverbrauch in die nachfolgenden Potenzialbetrachtungen mit einbezogen. Flächenverbrauch kann insbesondere durch Baulückenschluss, vertikale Verdichtung und Flächenrecycling sowie durch eine Verringerung der Pro-Kopf-Wohnfläche erreicht werden. Weniger Pro-Kopf-Wohnfläche – als rein statistische Größe, die nicht zwangsläufig mit einem Komfortverlust einhergehen muss – führt statistisch zu niedrigerem Energieverbrauch in den Haushalten. Die Pro-Kopf-Wohnfläche kann wiederum durch zwei verschiedene Ansatzpunkte erreicht werden: Wohnfläche kann durch geschicktere Wohnraumaufteilung und andere Designoptionen reduziert werden (Designpotenzial), oder durch bewusstes „Downsizing" (Suffizienzpotenzial), z.B. durch die Definition gemeinsamer Nutzungsflächen definieren (z.B. Waschküchen, Gemeinschaftsräume etc.). Daher wird die Reduktion der Pro-Kopf-Wohnfläche in Tabelle 4 in beiden Potenzialtypen genannt.

Tabelle 4: Übersicht über die genannten Potenziale im Themenfeld Bauen und Wohnen

Themenfeld	Effizienzpotenziale	Designpotenziale	Suffizienzpotenziale
Energieverbrauch zur Raumwärme-bereitstellung	Gebäudesanierung + Erneuerung Heizungssysteme	Pro-Kopf-Wohnflächen-Reduktion	Bewusste Entscheidung zur Raumtemperatur-senkung
	Effizienteres Nutzungsverhalten		
Flächenverbrauch		Flächenrecycling	Pro-Kopf-Wohnflächen-Reduktion (bewusste Entscheidung)
		Pro-Kopf-Wohnflächen-Reduktion	
		Vertikale Verdichtung	

Quelle: Eigene Darstellung

3.2.1 Energieeffizienzpotenziale

Nach IFEU et al. 2013 gehen alle wichtigen Szenarien zum Raumwärmebedarf in Deutschland (Öko-Institut und Prognos 2009, DLR und IfnE 2009, IER et al. 2010, DLR et al. 2010, Prognos et al. 2010) langfristig von einer deutlichen Reduzierung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme aus (Referenzszenario zwischen minus 30 % bzw. minus 40 %, in den Zielszenarien zwischen minus 40 % bis minus 70 %). Der Endenergiebedarf zur Raumwärme wird dadurch gekennzeichnet sein, dass sich der spezifische Bedarf trotz absolut steigendem Wohnflächenbedarf deutlich reduziert: je nach Szenario von derzeit rund 150 bis 160 kWh/m²a (0,54 bis 0,58 GJ/m²a) auf 20 bis 70 kWh/m²a (0,07 bis 0,25 GJ/m²a) im Jahr 2050.

Tabelle 5 stellt die Effizienzpotenziale im Überblick zusammen. Als typische Effizienzpotenziale des Feldes Bauen und Wohnen gelten demnach nach wie vor weitreichende Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand. Eine Erhöhung der Sanierungsrate wie auch der Sanierungsqualität wäre wünschenswert und würde die Ausschöpfung vieler bestehender Potenziale weiter vorantreiben.

Auch durch verändertes Nutzerverhalten können bis zu einem gewissen Grad Effizienzpotenziale im Wärmebereich gehoben werden. Hier ist eine genaue Quantifizierung des Potenzials aufgrund von fehlendem Datenmaterial nicht möglich. Dennoch können einige Tendenzen aufgezeigt werden. So gaben in der Verbraucher-Umfrage im Rahmen der NKI-Evaluierung (Öko-Institut et al. 2012) rund 66 % bzw. 24 % der Befragten an, sie seien dauerhaft oder zeitweise vom Dauerlüften auf das Stoßlüften umgestiegen. Hier ist eine genaue Berechnung der Einsparungen aufgrund der bestehenden Unsicherheiten bei den Berechnungsgrößen jedoch schwierig.

Tabelle 5: Maßnahmen und ihre Energieeffizienzpotenziale

Themenfeld	Theoretisches Potenzial			Akteure	Handlungsspielraum
Gebäudesanierung + Erneuerung Heizungssysteme	in t CO_2			Nutzer: Bewohner/Mieter Enabler: Besitzer/Vermieter	Großes Potenzial, jedoch großes Hemmnis durch Vermieter-Mieter-Dilemma.
		bis 2020	bis 2030		
	Fernwärme	114.662	292.517		
	Erdöl	1.054.890	2.287.303		
	Erdgas	1.131.015	2.632.492		
	Strom	851.409	2.588.465		
Effizienteres Nutzungsverhalten im Wohnbereich	k.A. (Potenziale werden in Bereichen wie Lüftungsverhalten etc. gesehen)			Nutzer + Enabler: Bewohner/Mieter	Birgt einige Potenziale. Es mangelt jedoch an Aufklärung und Anreizen.

Quelle: IFEU et al. 2011, Prognos et al. 2010, Prognos 2011

3.2.2 Designpotenziale

Durch Stadtplanung, die auf Lückenschluss und vertikale Verdichtung achtet, können einerseits direkte Klimaschutzpotenziale aus den Bereichen Bauen und Wohnen sowie Mobilität erschlossen werden, andererseits kann die daraus folgende Reduktion des Flächenverbrauchs indirekt zu positiven Effekten führen (vgl. Tabelle 6). Ein erster Schritt um Flächenverbrauch zu reduzieren, könnte vor einer Neuausweisung von Bauland im Flächennutzungsplan von Gemeinden eine grundsätzliche Prüfung auf Baulücken und die Umwandlung von Baulandbrachen sein.

Das allgemein emissionsärmere Stadtleben bzw. Wohnen im Mehrfamilienhaus müsste dazu im Vergleich zum Einfamilienhaus "im Grünen" durch gezielte Maßnahmen attraktiver gemacht werden (Bock et al. 2011). Edward Glaeser (European 2011) fasst diesen Aspekt wie folgt zusammen:

„Im Grünen oder in kaum bewohnten Gegenden zu leben kann tatsächlich der Umwelt schaden, während das Leben in Hochhäusern oder im Stadtzentrum umweltfreundlicher sein kann. (…) Grundsätzlich haben Menschen, die in Städten leben, weniger Lust, lange Strecken zu fahren als Menschen, die auf dem Land leben. Außerdem verbrauchen Leute, die in Wohnungen leben, weniger Elektrizität oder Energie zum Heizen als Leute, die in großen Vororten oder auf dem Bauernhof leben."

Aussagen zu Einsparpotenzialen durch das Stadtleben können kaum allgemein sondern primär für individuelle Sachverhalte getroffen werden. Ein Vergleich mittels persönlichen CO_2-Rechner des UBA zeigt, dass für die Bereiche Wohnen und Mobilität der Landbewohner im EFH mit eigenem Auto rund 4,1 t CO_2 verursacht, der Stadtbewohner, der ab und zu Carsharing benutzt und sonst mit öffentlichen Verkehrsmitteln bzw. mit dem Rad unterwegs ist, lediglich rund 2 t CO_2 verursacht. Allerdings gibt es auch für dieses Potenzial Gegenbeispiele (z.B. Heinonen et al. 2013), die zeigen, dass die Betrachtung von den Systemgrenzen abhängen mag, so dass das Potenzial für eine genaue Quantifizierung nur einzelfallspezifisch zu bestimmen ist.

Ein weiteres Designpotenzial stellen autofreie Siedlungen und Stadtquartiere dar. Ein prominentes Beispiel ist die Weißenburgsiedlung in Münster, welche Ende der 1990er Jahre geplant und 2001 fertig gestellt wurde. Neben einer guten ÖPNV-Anbindung können die Bewohner die tarifgünstige Möglichkeit des örtlichen Carsharingunternehmens nutzen. Für die rund 130 Haushalte stehen vier Fahrzeuge auf dem Besucherparkplatz zur Verfügung.[6]

[6] http://www.muenster.org/weissenburg/cms/

Tabelle 6: Designpotenziale im Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen

Themenfeld	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Vertikale Verdichtung (speziell Innerstädtische Verdichtung)	k.A.	Nutzer: Bewohner/Mieter Enabler: Stadt/Kommune	Innerstädtische Verdichtung birgt Potenziale in vielen Bereichen (Energieverbrauch, Mobilität und Flächenverbrauch). Es fehlen die Anreize die Entscheidung zum Wohnungswohnen begünstigen.
Pro-Kopf-Wohnfläche reduzieren	k.A. (Potenziale werden in Bereichen wie Flex-Wohngebäude und Gemeinschafts-wohnen gesehen)	Nutzer: Bewohner/Mieter Enabler: Stadt/Kommune + Besitzer/Vermieter, Bewohner/Mieter (bei freiwillige Reduktion)	„Einbuße" an Wohnfläche kann aufgewogen werden durch Gewinn an sozialer Interaktion. Dennoch muss das nötige Angebot dafür erst von Hausbesitzern/Vermietern bereitgestellt werden.
Flächenrecycling	k.A.	Nutzer: Grundstückskäufer Enabler: Kommunen	Häufiger schwierige Besitzerverhältnisse als großes Hemmnis.

Quellen: Bock et al. 2011, BBSR 2012, StMUG 2010

Ein weiteres Designpotenzial betrifft neue Gebäudegestaltungen, die den modernen Spagat zwischen dem Bedürfnis nach individuellem Wohnraum und der Notwendigkeit der Reduzierung der Wohnfläche mit klimafreundlicheren Angeboten verknüpfen. Ein Ansatzpunkt hierfür ist das Modell von Flexwohnungen/-gebäuden. Das Konzept beinhaltet Wohneinheiten mit flexiblen Wänden, die es ermöglichen, den Wohnflächenbedarf der Lebenssituation anzupassen. Das ist für Nichtwohngebäude bereits gängige Praxis. Auch Gemeinschaftsflächen (Gemeinschaftswaschküchen und –gefrierräume, Küchen, Abstellräume für Fahrräder und Kinderwagen, Kinderspielräume, Gärten/Werkstatt, Internet-/PC-Räume, Homeofficeräume, Freizeiträume etc.) können zu kleineren Wohnflächen und nutzungsspezifischerem Heizverhalten führen. Der Wegfall von Fahraufwand, die Reduktion der Zahl der Geräte und Güter und die verbesserte Geräteausnutzung reduzieren Energieaufwand und Treibhausgasausstoß und können positive Synergien mit anderen Lebensbereichen und Entlastung im Alltag mit sich bringen.

3.2.3 Suffizienzpotenziale

Zwar gibt es zu den Suffizienzpotenzialen bisher wenig Literatur, die für die Potenzial- und Hemmnisanalyse herangezogen werden können. Allerdings gibt es in vielen deutschen Forschungsinstituten aktuell Aktivitäten dazu, weshalb eventuell im Projektzeitraum bis 2015 neueste Erkenntnisse in die Weiterentwicklung der NKI einfließen könnten. Definitionsbedingt gehen Suffizienzpotenziale mit einer Verhaltensänderung der Nutzer einher.

Die Anpassung der Wohnfläche an den tatsächlichen Bedarf bietet wiederum ein signifikantes Potenzial. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass insbesondere nach Änderungen der Familiensituation (z.B. Auszug der Kinder, Tod des Partners) oft aus Gewohnheits- oder Mietmarktgründen größere Wohnflächen weiterbenutzt werden, obwohl kleinere Flächen als genauso komfortabel oder sogar angenehmer empfunden werden würden, da sie z.B. leichter zu pflegen oder leichter zugänglich wären. Die damit verbundenen möglichen Emissionseffekte wurden oben diskutiert.

Weiterhin fallen unter die Suffizienzpotenziale im Bereich Bauen und Wohnen neben der bewussten Raumtemperatursenkung auch das Ausschalten unnötiger Lampen und Schaltersteckleisten und andere Stromsparpotenziale.[7] In einer GfK-Umfrage im Rahmen der Evaluierung der NKI (Öko-Institut et al. 2012) gaben rund 49 % und 41 % der Befragten an, die Raumtemperatur dauerhaft oder zeitweise abgesenkt zu haben. Wenn man von einem mittleren spezifischen Heizenergiebedarf von 130 kWh/m^2 (0,47 GJ/m^2) in 2007 und einer gesamten Wohnfläche in Deutschland von 3.375,17 Mio. m^2 ausgeht, könnten demnach allein durch die Senkung der Raumtemperatur um 0,1 Grad Celsius 26,33 TWh (94,79 PJ) eingespart werden (Öko-Institut et al. 2012).

Tabelle 7: Maßnahmen und Suffizienzpotenziale im Bereich Bauen und Wohnen

Themenfeld	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Bewusste Entscheidung zur Raumtemperatur-senkung	26,33 TWh/94,79 PJ (bei einer Absenkung um 0,1 Grad Celsius)	Nutzer + Enabler: Bewohner/ Mieter	Bieten große Potenziale, es fehlen jedoch dementsprechende Informationen und Anreize
Pro-Kopf-Wohnflächen-Reduktion (bewusste Entscheidung)	k.A.	Nutzer + Enabler: Bewohner/ Mieter	

Quelle: Öko-Institut et al. 2012 und eigene Darstellung

3.2.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant?

Da insbesondere die Effizienzpotenziale im Bereich der Gebäude- und Heizungssanierung bereits durch eine Vielzahl von Instrumenten und Förderprogrammen abgedeckt werden (von der Energieberatung über Förderprogramme für EE-Anlagen bis hin zur Passivhaus-Investitionsförderung) wird dieser Bereich im Rahmen der NKI nicht näher betrachtet, es sei denn, die Hemmnis- und Förderlandschaftsanalyse zeigt Lücken in den Bereichen Sensibilisierung und Information.

Bei den Designpotenzialen erscheinen insbesondere in Kombination mit der Kommunalrichtlinie die Potenziale durch die vertikale Verdichtung als wichtig, da es sicher hier um ein innovatives und neues und bedeutendes Themengebiet handelt. Mögliche Ansatzpunkte sind die Erhöhung der Attraktivität des Lebens in der Stadt bzw. im Mehrfamilienhaus. Mit partizipativem Quartiersmanagement[8] kann z.B. das Wohnumfeld in Zentren ansprechend umgestaltet und das Miteinander zwischen den Anwohnern gefördert werden (BBSR 2012). Durch Effizienzsanierung können Bürger durch geringe Energieverbräuche und somit auch geringe Warmmieten (bei gleichbleibenden Kaltmieten) in die Innenstädte bzw. Stadtzentren „gelockt“ werden. Vertikale Verdichtung geht mit Synergien in Mobilität und Flächenverbrauch einher, die sich wiederum positiv auf den Klimaschutz auswirken.

Bewusste Wohnflächenreduktion und Raumtemperaturreduzierung werden hier als Suffizienzpotenziale bezeichnet. Allerdings muss auch eine bewusste Wohnflächen- oder Raumtemperaturreduktion

[7] Energieverbrauchende Produkte werden im nächsten Abschnitt thematisiert.
[8] siehe z.B. http://www.quartiersmanagement-berlin.de/

nicht mit einem Komfortverzicht einhergehen. Im Gegenteil: in kleinen kompakten Räumen können schneller behagliche Raumtemperaturen erreicht werden. Auch in mancher großer Wohnung muss es nicht ständig und überall warm sein. Oft stehen ganze Zimmer (z.B. ehemalige Kinderzimmer) leer und müssen zusätzlich beheizt werden. Regelmäßige Anpassungen der Wohnraumgröße an die Lebenssituation können daher auch bewusst Komfortgewinn und einen Gewinn an Lebensqualität mit sich bringen. Daher werden diese Überlegungen als Suffizienzpotenziale in die Hemmnis- und Förderlandschaftsanalyse einbezogen. Insbesondere bei der bedarfsorientierten Anpassung der Wohnfläche scheinen signifikante Hemmnisse im informatorischen und motivatorischen Bereich zu liegen, so dass sich dieses Feld unter Umständen gut für eine Förderung im Rahmen der NKI eignen könnte. Um den Flächen- und Energieverbrauch im Bereich Wohnen zu reduzieren kann z.B. als ein interessanter Ansatzpunkt das Praxisbeispiel der Wohnungstauschbörsen für Senioren genannt werden. Neben Information und Motivation kann hier auch ein Ausgleich von Nachteilen bzw. Aufwänden (z.B. Suchkosten, Umzugskosten) in Betracht gezogen werden.

3.3 Bedürfnisfeld Konsum (Kleidung, Möbel, Produkte)

Im Bedürfnisfeld Konsum werden z.B. Kleidung, elektrische Geräte und Möbel zusammengefasst. Bei diesen Bereichen ist zu unterscheiden in Emissionen, die in erster Linie durch Stromverbrauch während der Nutzung entstehen (elektrische Geräte) und denen, die vor dem Kauf entstehen. Manche Produkte weisen beides auf, andere nur Vorkettenverbrauch, dessen Klimawirkung bzw. Klimaschutzpotenzial deutlich schwieriger zu beziffern ist. Eine vollständige qualitative Beschreibung der Potenziale (z.B. auch im Bereich der Verbrauchsgüter) ist auf der aktuellen Studienbasis noch nicht möglich.

Tabelle 8: Potenziale im Bereich Konsum im Überblick

Themenfeld	Effizienzpotenziale	Designpotenziale	Suffizienzpotenziale
Geräteeinsatz im Haushalt	energieeffizientere Geräteauswahl und Nutzung	modulare Geräte/ Gerätealternativen	Reduktion des Geräteeinsatzes und suffizientes Nutzungsverhalten
Abfallreduktion		Reduktion Verpackungen	Vermeidung von Abfall
Alternative (Ver-) kaufswege		Alternative Verkaufswege (Online)	Alternativer Einkauf
Einsatz alternativer Produkte		Produktion nachhaltigerer Produkte	Längerfristigerer Einsatz von Produkten
Nutzungs- statt Besitzerrechte		Verleihsysteme, Tauschbörsen, Reparaturanlaufstellen	Teilen, verleihen, reparieren statt neu kaufen
Dematerialisierung		geringeren Ressourcen-durchsatz pro Produkt	langfristige Subsitution von Materialien

Quelle: eigene Darstellung

3.3.1 Energieeffizienzpotenziale

In 2011 waren die Haushalte für insgesamt 83 Mio. t oder 9 % der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich (UBA 2013b). Wie aus Tabelle 9 ersichtlich ist, besteht insbesondere im IuK-Bereich Potenzial durch effizientere Geräte. Hier lassen sich bis 2030 1,2 Mio. t CO_2-äqu./a einsparen.

Tabelle 9: Wichtige Effizienzpotenziale im Bereich Produkte

Bereich	Potenzial in t CO_2-äqu.	Betroffene Akteure und deren Handlungsspielraum	Alternative Akteure
Gerätepark (effizientere Geräte) IuK Geräte Kühlen / Gefrieren Waschen digitale Abs	1,2 Mio. t CO_2 bis 2030 0,9 Mio. t CO_2 bis 2030 0,9 Mio. t CO_2 bis 2030 0,6 Mio. t CO_2 (theor.)	Haushalte - stark abhängig von Einkommen	Industrie (Produktion) und Handel (Verkauf, Preis)
Geräteeinsatz im Haushalt: Verändertes Nutzerverhalten	0,6 t CO_2 pro HH - 26 Mio. t CO_2 insgesamt z.B. Verminderung 1/3 des THG-Austoßes durch optimale Nutzung der Waschmaschine	Haushalte - hoch	
Langfristige Produktnutzung Möbel Papier Produkte Textilien	350 kg CO_2-äqu. pro Kopf und Jahr 335 kg CO_2-äqu. pro Kopf und Jahr 100 kg CO_2-äqu. pro Kopf und Jahr	alle Verbraucher - hoch (Produktwahl aber abhängig von Einkommen)	Handel (Verkauf, Preis)

Quellen: IFEU et al. 2011, Öko-Institut und Prognos 2009, Bürger 2009; Öko-Institut 2004 und 2010

Insgesamt können nach IFEU et al. (2011) durch „attraktive Potenziale“ im Gerätepark 23 PJ[8] bzw. 3,5 Mio. t CO_2-äqu. bis 2030 eingespart werden. Bei Einbezug von Gebäudesanierung und Erneuerung Heizungssysteme ergibt sich nach IFEU et al. ein deutlich höheres Effizienzpotenzial von 127 PJ in Privathaushalten bis 2030. Das „technische“ Effizienzpotenzial nach Bürger (2009, S 81) für einen effizienteren Gerätepark[8] wird mit 113 PJ in 2015 deutlich höher eingeschätzt. Bürger (2009, S 80, 81) geht darüber hinaus von einem 2,5fach größeren theoretischen Potenzial, unter Einbezug der Potenziale für elektrischen Warmwassererzeugung und Stromheizung als IFEU et al. (2011) von insgesamt 324 PJ pro Jahr aus. Das entspricht mehr als 60 % des heutigen Strombedarfs aller Haushalte in Deutschland bzw. 49 Mio. t CO_2-äqu.. Die Studie „Modell Deutschland“ (Öko-Institut und Prognos 2009) sieht Effizienzpotenziale im Innovationsszenario von 34 PJ[9] bis 2020 und 75 PJ bis 2030 bei der Stromeinsparung durch Haushalte. Das Innovationsszenario von Modell Deutschland ist damit für 2020 um einen Faktor von 2,5 und für 2030 um einen Faktor von 3,5 höher als das in IFEU et al. (2011) was sich mit dem stärkeren Innovationscharakter dieses Zielszenarios und den vermutlich energieeffizienzfreundlicheren Annahmen für das Reinvestitionsverhalten erklären lässt.

Entsprechend den hohen jährlichen Verbräuchen pro Gerät werden die größten Potenziale in den Bereichen Kühlen und Waschen gesehen. Bei optimaler Nutzung (optimierte Beladung + niedrigere Waschtemperaturen) kann zusätzlich in einem Zweipersonenhaushalt 45 % des jährlichen Stromverbrauchs und knapp 20 % des Wasser- und Waschmittelverbrauchs eingespart werden (Öko-Institut

[9] Umfasst Elektrogeräte in Haushalten zum Kühlen, für Beleuchtung, Waschmaschinen, Unterhaltung und IuK-Geräte

2011). Durch den Einsatz effizienterer Kühl-/Gefriergeräte und Waschmaschinen lassen sich laut IFEU et al. (2011) jeweils 0,9 Mt CO_2-äqu. im Jahr 2030 weniger emittieren als im Jahr 2010.

Nach Bürger (2009, 83) könnte neben dem oben angesprochenen Investitionsverhalten durch verändertes Nutzerverhalten jede fünfte Kilowattstunde Strom eingespart werden.[10] Allein durch die Vermeidung des so genannten „Leerlaufbetriebs“[11] bei Elektrogeräten könnten jährlich in allen Haushalten zusammen bis zu 52 PJ bzw. 350 kWh/a vermieden werden (Bürger 2009, 44). Durch optimiertes Nutzungsverhalten eines angenommenen (veralteten) Geräteparks könnte der Stromverbrauch in Haushalten theoretisch von rund 3.000 kWh/a (10,8 GJ/a) auf 1.850 kWh/a (6,66 GJ/a) reduziert werden (Bürger 2009, 84), was 0,626 t CO_2 Einsparung pro Haushalt[12] entspricht.

3.3.2 Designpotenziale

Die Potenziale, die durch alternative Ansätze im Produktdesign bzw. in den Nutzungsformen erschlossen werden könnten, sind vielfältig jedoch bislang kaum quantifiziert (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Designpotenziale im Bereich Konsum

Bereich	Potenzial in t CO_2-äqu.	Betroffene Akteure und deren Handlungsspielraum	Alternative Akteure
Neuentwicklung von Geräten und Alternativen (Modulare Geräte; Kühlnische)	Ressourcenschonung im Gebrauch	Haushalte - gering	Industrie (Produktion); Handel (Verkauf und Preis)
Abfallreduktion (Verpackungen reduzieren)	ressourcenschonendere Produktion; geringerer Ressourcenbedarf auf der Mülldeponie	Haushalte - gering	Industrie (Produktion); Kommune (Abfallverarbeitung)
Produktion nachhaltiger Produkte (Verbot der "geplanten Obsoleszenz")	bei 7 % geplantem Verschleiß könnten 273 PJ in Haushalten eingespart werden	Haushalte - gering	Industrie (Produktion); Handel (Verkauf und Preis)
Nachhaltige Produktion	ressourcenschonendere Produktion	Haushalte - gering	Industrie (Produktion); Handel (Kennzeichnung)

Quellen: Arge Regio 2012, Böll 2012; Leuphana 2012; Bürger 2009, WBGU 2011; WI 2010

Lediglich zur Produktion nachhaltiger Produkte gibt es eine Studie, die den Energieverbrauch durch geplante Obsoleszenz (geplanter Verschleiß) grob abschätzt. Danach wären bei einem angenommenen geplanten Verschleiß von 7 %[13] der Ausgaben der Haushalte etwa 273 PJ in Haushalten und weitere 240 PJ im verarbeitenden Gewerbe unnötig. Das entspräche insgesamt etwa 3,7 % des gesamten deutschen Energieverbrauchs (Arge Regio 2012, 68). Laut den Autoren liegt diese Schätzung noch am unteren Rand, da in den obigen Zahlen Dienstleistungsbranchen wie Handel und Verkehr, die für die Distribution der zusätzlichen Produkte sorgen, nicht enthalten sind. Auf der anderen Seite handelt es sich

[10] Einschränkend ist hier jedoch zu bedenken, dass auch wenn Investitions- und Nutzerverhalten klar unterschieden werden können, sich diese auch gegenseitig beeinflussen. So wird das Potenzial für Effizienzsteigerungen durch verändertes Verhalten verkleinert, wenn eine Investition in eine effizientere Option getätigt wurde und umgekehrt.
[11] Der Begriff Leerlauf umfasst neben dem Stand-by Betrieb auch den Bereitschaftsbetrieb und den Scheinausbetrieb.
[12] Emissionsfaktor 544 kg CO_2/MWh
[13] In der Studie wurde von drei unterschiedlichen Grundannahmen ausgegangen. Grundannahme 1 geht von einem geplanten Verschleiß von 7% in privaten Haushalten aus, Grundannahme 2 von 9,5% und Grundannahme 3 von 4,5%. Das hier genannte Potenzial bewegt sich damit im mittleren Bereich. (vgl. Arge Regio, 2012, 63-64)

doch um eine sehr grobe Abschätzung, die durch weitere Studien untermauert werden sollte. Zudem ist zu berücksichtigen, dass durch den Einsatz neuerer Geräte die Stromanwendungen in Haushalten ständig effizienter werden, so dass sich dieses Potenzial ständig reduziert.

Jedoch können auch nicht-energieverbrauchende Produkte durch längere Nutzungsdauern Treibhausgasemissionen einsparen. So liegen die Treibhausgasemissionen von Möbeln bei 350 kg CO_2-äqu./Kopf und Jahr (3,0 %, bezogen auf die durchschnittlichen Gesamt-Pro-Kopf-Emissionen von 11,5 t), bei Papier-Produkten bei 335 kg CO_2–äqu./Kopf und Jahr (2,9 %) und bei Textilien bei 100 kg CO_2–äqu./Kopf und Jahr (0,9 %) (Öko-Institut 2010, 6).[14] Bislang gibt es allerdings keine Studien, in denen diese Klimaschutzpotenziale auf ganz Deutschland hochgerechnet werden. Zur Nutzung dieser Potenziale kann auch die Bereitstellung von Reparaturangeboten notwendig sein.

3.3.3 Suffizienzpotenziale

Ähnlich wie die Designpotenziale sind auch die Suffizienzpotenziale vielfältig, bislang aber nicht quantifiziert. Dieser Bereich ist aber besonders interessant, da hier mit geringem Aufwand verändertes Verbraucherverhalten viel bewirken kann. Insbesondere durch erhöhte Nutzungsintensität kann die Produktemenge reduziert werden. So beträgt beispielsweise die nicht genutzte Kapazität eines Rasenmähers über seine Lebensdauer 25.255 h. Hier könnten entsprechende Sharing-Modelle den Kauf vieler weiterer Rasenmäher ersetzen. Eine deutschlandweite und umfassende Quantifizierung solcher Modelle besteht bisher nicht. Nur für den Carsharing-Bereich wurden die Treibhausgasemissionen bereits empirisch ermittelt und betragen ca. 290 kg CO_2/Nutzer (IFEU 2011a).

Tabelle 11: Suffizienzpotenziale im Bereich Konsum

Bereich	Potenzial in t CO_2-äqu.	Betroffene Akteure und deren Handlungsspielraum	Alternative Akteure
Abfallreduktion	Kauf von nicht verpackten Lebensmitteln und Mehrwegprodukten; Alternativen zu Einmalverpackung (z.B. Einkaufstasche, eigener Coffee-to-go Becher)	alle Verbraucher - hoch	Handel (Verkauf und Preis); Dienstleister (Angebot)
Reparieren statt neu kaufen	z.B. Schuhe zum Schuster	alle Verbraucher - hoch (Produktwahl aber abhängig von Einkommen)	Industrie (Produktion), Handel (Verkauf und Preis), Dienstleister (Angebot)
Nutzen statt besitzen (gemeinsames Nutzen, verleihen, tauschen etc.)	Nicht genutzte Kapazität bei einem Rasenmäher 25.255h in 15 J.	alle Verbraucher - hoch z.T. abhängig von der eigenen Mobilität	Dienstleister (Angebot)
Bedarfe hinterfragen - längere Nutzung von Produkten (z.B. Textilien)	pro Kopf und Jahr 13 kg Kleidung (100 kg CO_2- äqu.)	alle Verbraucher - mittel-hoch (Produktwahl aber abhängig von Einkommen)	Handel (Verkauf, Preis)

Quellen: Arge Regio 2012; Böll 2012; Leuphana 2012; Bürger 2009; WBGU 2011; WI 2010; CO2 online

[14] In der Studie wird darauf hingewiesen, dass sich die berechneten Treibhausgasemissionen auf die gesamte Produktlinie beziehen. Da jeweils ein gewichtiger Teil der Produktvorkette im Ausland liegt, z.B. Baumwoll-Produktion für Textilien oder Zellstoff-Produktion für Papier, sind die „inländischen“ Anteile an der Pro-Kopf-Treib-hausgas-Emission vermutlich deutlich geringer als oben ausgewiesen.

3.3.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant?

Die Effizienzpotenziale im Konsumbereich werden bereits durch eine Bandbreite an Maßnahmen in der NKI und außerhalb adressiert. Die aufgelisteten Design- und Suffizienzpotenziale bestehen sind zwar vielfältig, aber nur zum Teil durch den Verbraucher zu heben. Hier wären vielmehr Kommunen, Handel und Industrie die Adressaten. Interessant sind hier die Potenziale, die die Produktnutzung intensivieren, oder die Produktlebensdauer – insbesondere bei nicht energieverbrauchenden Produkten verlängern. Die Quantifizierung dieser Potenziale auf nationaler Ebene ist noch nicht abgeschlossen. Manche der Potenziale hängen stark von Trends, Moden und Meinungen ab.

3.4 Bedürfnisfeld Ernährung

Durch Nahrungsmittel entstehen insbesondere in der Landwirtschaft große Emissionen. Im Vergleich zu den technischen Emissionsminderungspotenzialen durch klimafreundliches Management in der Landwirtschaft sind Minderungen, die durch veränderte Ernährungsgewohnheiten erzielt werden können, ungleich größer (Popp et al., 2010 zitiert in WBGU 2011).

Mehrere Studien der letzten Jahre beschreiben den Umfang der ernährungsbedingten Treibhausgasemissionen im Allgemeinen und für Deutschland im Speziellen. Insbesondere Noleppa (2012) und Nieberg (2009a) werten zahlreiche nationale und internationale Studien zu den Treibhausgasemissionen der Ernährung aus, um zu deutschlandspezifischen Potenzialabschätzungen zu kommen. Aufgrund von Datenunsicherheiten und Bilanzierungsdifferenzen zwischen den einzelnen Studien werden die ernährungsbedingten THG-Emissionen in Deutschland auf zwischen 13,5 % und knapp 22 % taxiert (Nieberg 2009a)[15]. Im Mittel wird bei den meisten Studien jedoch von ca. 20 % ernährungsbedingten Emissionen entlang der Wertschöpfungskette[16] gesprochen (u.a. Noleppa 2012). Die Studien sind damit zwar nicht direkt vergleichbar, lassen aber dennoch ähnliche Tendenzen erkennen. Gemäß Nieberg (2009a) können diese entlang der Wertschöpfungskette wie folgt dargestellt werden:

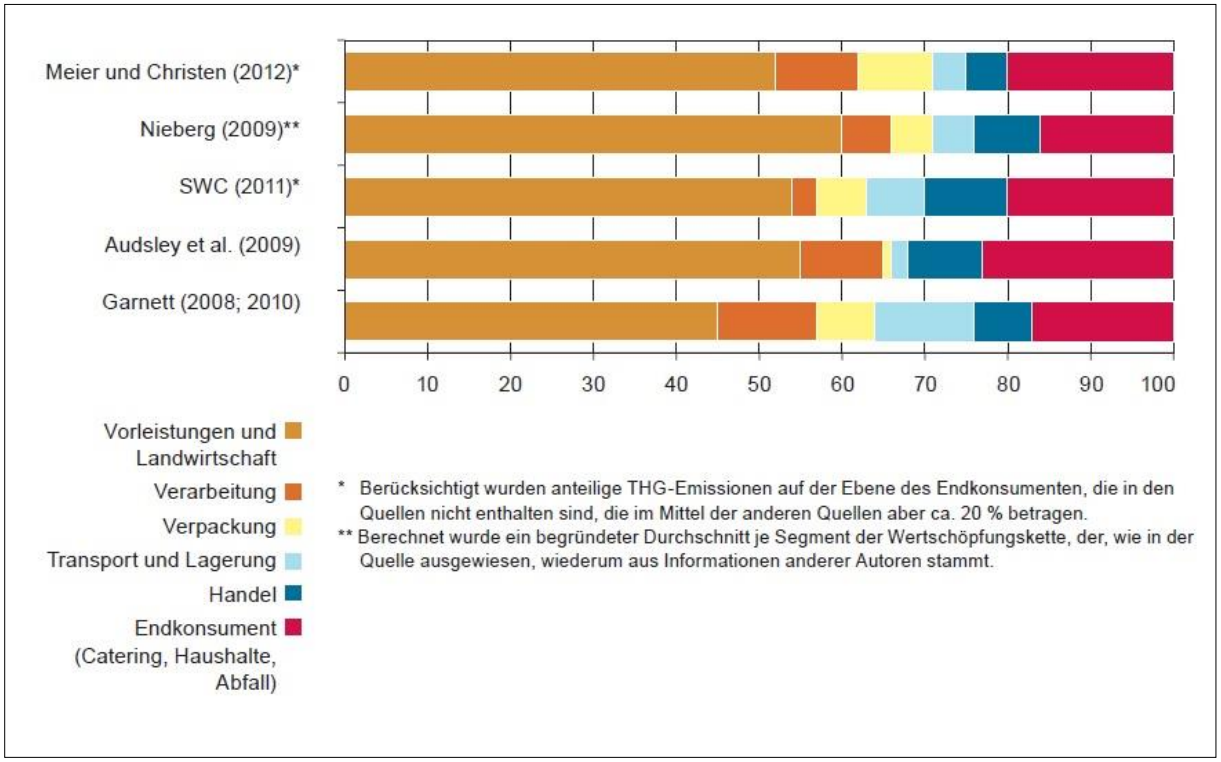
- Die meisten Treibhausgasemissionen (45-75 %) entstehen bei der Lebensmittelproduktion, und hier zum weit überwiegenden Teil in der Tierproduktion.
- An zweiter Stelle folgt die Haushaltsphase mit einem Anteil von 20-40 %. Von Bedeutung sind hierbei insbesondere der Energieverbrauch der Lebensmittellagerung, die Essenszubereitung und - sofern sie dem Sektor Ernährung zugezählt wird - die Raumwärme im Küchen-/ Essbereich. Die Bereiche Essenseinkauf und Geschirrspülen nehmen eine geringere Rolle ein.
- Die Bereiche Verarbeitung, Handel/ Distribution und Verpackung verzeichnen deutlich niedrigere Anteile (4-14 %).

Abbildung 10 verdeutlicht die Spannbreite der Ergebnisse verschiedener Studien und noch einmal die besondere Rolle des Bereiches der (landwirtschaftlichen) Lebensmittelproduktion, sowie die ebenfalls wichtige Rolle der Haushalte.

[15] Einbezogen wurden dabei die Studien von Taylor (2000), Quack und Rüdenauer (2004), Kramer et al. (1999), Wiegmann et al. (2005), zitiert in Nieberg (2009a).

[16] Ernährungsbedingte THG Emissionen beinhalten sämtliche THG Emissionen, die bei Nahrungsmitteln entlang der Wertschöpfungskette von der Agrarproduktion über den Verarbeiter, Vermarkter und Händler bis zum Endverbraucher und schließlich bis zur Entsorgung verursacht werden (vgl. Noleppa 2012).

Abbildung 10: Anteile entlang der Wertschöpfungskette an den ernährungsbedingten THG-Emissionen (Ohne Emissionen aus Landnutzungsänderungen), (in %) aus der Literatur



Quelle: Noleppa 2012, 15

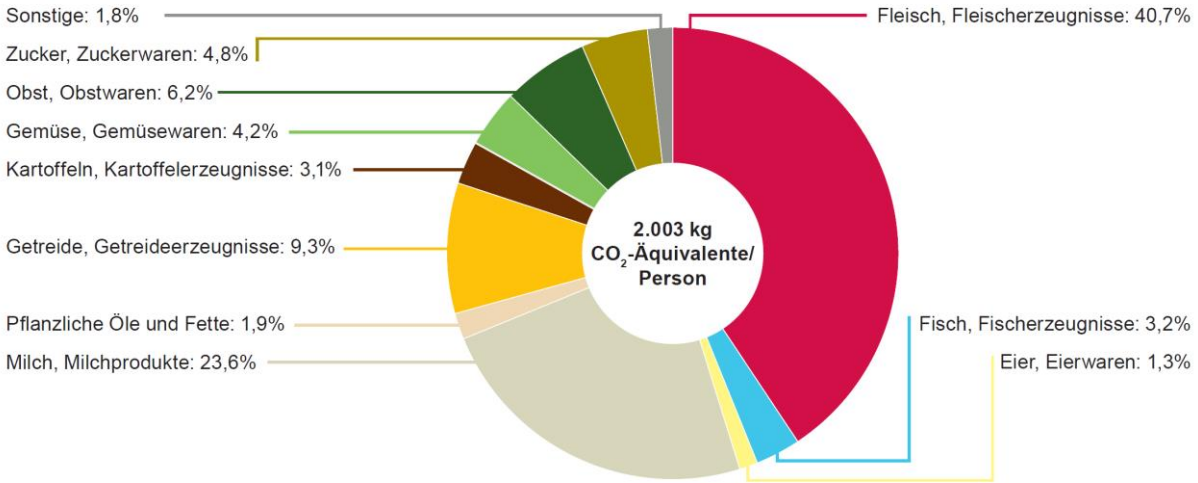
Fast alle Studien berechnen die direkten THG-Emissionen der landwirtschaftlichen Erzeugung in Deutschland und vernachlässigen indirekte Emissionen die durch den Mehrverbrauch an Flächen für die Nahrungsmittelproduktion im Ausland benötigt werden. Zwischen 2009 und 2010 ist der jährliche Nahrungsmittelverbrauch pro Person in Deutschland von 667 auf 677 kg gestiegen. Dies erhöhte den Flächenbedarf im Ausland um ca. 215.000 ha (Noleppa 2012, 37), was einer Fläche die knapp der Größe des Saarlands (257.000 ha) entspricht. Die dadurch ausgelösten Landnutzungsänderungen setzen Kohlendioxid frei, das zuvor im Boden oder in überirdischer Biomasse als Kohlenstoff gebunden war (Noleppa 2012, 32). Auf der Basis zweier Studien (Audsley et al. 2009 sowie Meier und Christen 2012) beziffert Noleppa (2012) diese indirekten THG-Emissionen auf rund 40 Mio. t CO_2-äqu. Diese kommen zu den ernährungsbedingten direkten THG-Emissionen des Jahres 2010 in Höhe von ca. 164 Mio. t CO_2-äqu. hinzu: „In Summe sind es 203,1 Mio. t CO_2-äqu an THG, rund 20 % davon sind indirekte“ (Noleppa 2012, 35). Die Summe von 164 bzw. unter Einbezug indirekter Emissionen 203,1 Mio. t CO_2-äqu. macht deutlich, welchen großen Anteil ernährungsbedingte Emissionen an den Gesamtemissionen in Deutschland haben.[17]

Der höchste Anteil der THG-Emissionen ist dem Konsum von Fleisch und Fleischprodukten sowie Fisch zuzuschreiben (rund 44 %), sowie Milch und Milchprodukten (24 %). Wesentliche Treibhausgasquellen bei der Fleisch- und Milchproduktion sind klimarelevante Lachgasemissionen durch Stickstoffdüngung in der Futtermittelproduktion, Methanemissionen bei der Verdauung von Wiederkäuern, sowie CO_2 -

[17] Im Anhang findet sich zudem ein weiteres Beispiel / Tabelle 1 (im Anhang II) einer deutschlandbezogenen Bilanzierung der ernährungsbedingten direkten Treibhausgasemissionen (Summe: 181 Mio. t CO_2-äqu.). Diese zwar ältere Studie, die 2004 anhand von Daten des Jahres 2001 durch das Öko-Institut (Quack und Rüdenauer 2004) erstellt wurde, ermittelt illustriert dabei auch die Aufsplittung der THG-Emissionen in den einzelnen Teilbereichen.

Emissionen der (energieintensiven) Dünge- und Pflanzenschutzmittelproduktion für den Futtermittelanbau. Daher liegt in der Reduktion des Konsums tierischer Produkte (siehe Abbildung 11) ein sehr hohes Einsparpotenzial für Treibhausgase (Noleppa 2012).

Abbildung 11: Direkte Treibhausgas-Emissionen der Ernährung in Deutschland je Person



Quelle: Noleppa 2012

Je nach Produkt gibt es innerhalb dieser Produktgruppen jedoch erhebliche Unterschiede. So liegen die Treibhausgasemissionen pro kg Rindfleisch etwa um das 3-4 fache höher im Vergleich zu Geflügelfleisch. Allgemeingültige Aussagen über die Klimafreundlichkeit von Lebensmitteln sind daher schwer. Grundsätzlich lassen sich aber die in Tabelle 12 benannten Einflussfaktoren benennen (vgl. auch Nieberg 2009a, 35).

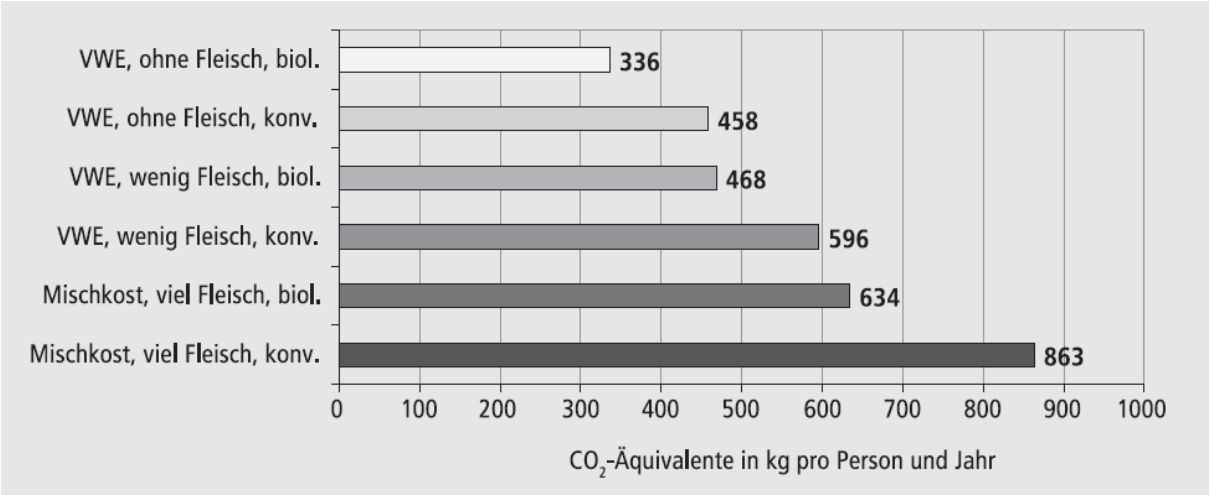
Tabelle 12: Wesentliche Einflussfaktoren der ernährungsbedingten Treibhausgasemissionen

Wesentliche Einflussfaktoren der ernährungsbedingten THG-Emissionen	Erläuterung/Beispiele
Art des jeweiligen Lebensmittels	Fleisch, Gemüse, Reis etc. Die THG-Emissionen von Frischgemüse und Kartoffeln liegen z.B. 10-50 fach niedriger als bei den Fleischprodukten
Produktionsweise	Freiland vs. Gewächshaus, biologisch vs. konventionell, z.B. verursacht Gemüse, das im Treibhaus angebaut wird bis zu 30 mal höhere THG- Emissionen als im Freilandanbau
Verarbeitung	insbesondere Trocknung und Kühlung führen zu erhöhten THG-Emissionen
Verpackung	z.B. Papiergemüsetüten vs. Einweggläser. Aspekt von vergleichsweise geringer Bedeutung
Lagerung	Art, Dauer und Anteil der Kühlung
Vermarktungswege	genutzte Transportmittel und Entfernungen, so belasten Flugtransporte das Klima ca. 222 mal stärker als der Transport auf einem Hochseeschiff
Beschaffung, Zubereitung und Lagerung im Haushalt	insbesondere Tiefkühllagerumfang und Energieeffizienz der Haushaltsgeräte

Quelle: eigene Darstellung aufbauend auf Nieberg 2009a

Potenziale zur Reduktion der ernährungsbedingten THG-Emissionen liegen daher insbesondere in den diesen Aktionsfeldern. Zu beachten ist dabei, dass die erzielbaren Einsparpotenziale eine große Bandbreite erzielen können, zum Einen da auch geringe Verhaltensänderungen (z.B. Reduktion des Fleischkonsums) vergleichsweise große Wirkungen haben können, zum Zweiten, da die Maßnahmen additiv oder selektiv ergriffen werden können. Im Vergleich zu Abbildung 11 werden in Abbildung 12 Berechnungen zu prototypischen Ernährungsweisen dargestellt, die bereits eine Kombination verschiedener Lebensmittel umfassen. Es wird dabei deutlich, dass in der Tendenz die Frage des Umfangs des Konsums von Fleisch aus Klimaschutzsicht eine größere Rolle spielt als die Frage der biologischen Produktion.

Abbildung 12: Treibhausgasemissionen von verschiedenen Ernährungsstilen



Quelle: Hoffmann I. (2002) in Koerber und Kretschmer 2008
VWE = Vollwert-Ernährung nach der Gießener Konzeption

Es gibt des Weiteren anders als z.B. bei technischen Maßnahmen (Ersatz alter mit energieeffizienterer Technik) keine „Pfadabhängigkeit“, da Entscheidungen im Ernährungsbereich vielfach täglich neu getroffen werden. Nur wenige Studien beziffern daher konkrete Einsparpotenziale. Sofern dies der Fall ist, werden sie in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Potenziale zur Reduktion der ernährungsbedingten THG-Emissionen

Wesentliche Einflussfaktoren der ernährungsbedingten THG-Emissionen	Potenzial zur Reduktion der ernährungsbedingten THG-Emissionen in Deutschland	Erläuterungen und Beispiele	Handlungsspielraum
Reduktion des Konsums tierischer Produkte	Gesunde Ernährung“ gemäß DGE (ca. Halbierung Fleischkonsum): 27 Mio. t CO_2, Noleppa 2012, ca. 50% Reduktion (wenn Großteil auch aus biologischer Erzeugung stammt), Körber 2009, Wechsel von Mischkost auf wenig Fleischkonsum: 22% Verringerung THG-Emissionen, ohne Fleischkonsum: 34% Verringerung (Taylor 2000)	Verbrauch reduzieren von tierischen Produkten im Allgemeinen und von Rindfleisch im Besonderen. Ausmaß der Änderungen der THG-Emission hängt damit zusammen, womit verringerter Konsum tierischer Produkte substituiert wird	Großes Potenzial, hohe Synergien zu Gesundheit, Umwelt etc., kosteneffizientes Mittel zur THG-Einsparung, in Kommunikation mit Konsumenten nicht einseitig, förderpolitisch bislang wenig adressiert; Ernährungswende mit Klimaschutz verknüpfen (de Beor 2013) und Synergien mit Umwelt, Gesundheit, Tierwohl, Kosten herausstellen
Vermeidung von Lebensmittelabfällen	Vollständige Reduktion vermeidbarer Abfälle: 500 kg CO_2-äqu. pP/a oder max. 40 Mio. t CO_2 (Noleppa 2012), teilweise Reduktion Lebensmittelabfälle: ca. die Hälfte (250 kg pP/a) (Noleppa 2012), entspricht ca. 2-3% aller dt. THG-Emissionen (vgl. auch SRU 2012). Laut SRU (2012, S.113-114) ergäbe Halbierung der Lebensmittelverluste unter Beibehaltung Ernährungsgewohnheiten Reduzierung von 85 Mio. t CO_2-äqu. pro Jahr in der EU-27 / 3 % der gesamten THG-Emissionen der EU-27 in 2008	Industrie, Handel, Großverbraucher und Privathaushalte entsorgen jährlich knapp 11 Mio. t Lebensmittel als Abfall (siehe Abbildung 2 im Anhang). Im Schnitt wirft jeder Bundesbürger pro Jahr 81,6 kg weg (siehe Anhang). 65% davon sind ganz oder teilweise vermeidbar. Statistiken zur Erfassung wenig vergleichbar (Nahrungsmittelverluste im Agrarbereich sind meistens nicht erfasst, unterschiedliche Berücksichtigung von verschiedenen Sektoren).	Großes Potenzial, zahlreiche Synergien, Kosteneinsparung, Ressourceneffizienz seit 2012 bereits durch zahlreiche Kampagnen des BMELV adressiert ("Jedes Ma(h)l wertvoll”, „zu gut für die Tonne“ etc.) öffentliche Aufmerksamkeit durch Berichterstattungen und Filme (z.B. Kinofilm „Taste the Waste“)

Verwendung energieeffizienter Geräte und deren effiziente Nutzung	k.A. zu THG-Emissionen, im Bezug auf Energieverbrauch: Senkung Energieverbrauch durch effiziente Kühlgeräte um 11% (Faist (2000) in Nieberg 2009)	ca. die Hälfte des Haushaltsstroms entfällt auf ernährungsbezogene Geräte: Einsparpotenzial durch effizientere Geräte	Trade off: Energieverbrauch zur Herstellung neuer Geräte
Saisonales Obst/ Gemüse, Verzicht auf Produkte aus beheiztem Gewächshaus, Vermeiden Tiefkühlkost	k.A.	THG-Emissionen im Treibhausanbau fünf- bis dreißigmal höher als bei Freiland, sofortiger Konsum saisonaler Produkte verursacht keine Energie für Lagerung (SRU 2012, 108), THG-Emissionen von Tiefkühlgemüse (in CO_2-äqu.) sind vom Anbau bis zum Handel ungefähr um Faktor 2,6 (0,4 kg pro 1 kg) höher als die von Frischgemüse (0,15 kg/1 kg Endprodukt) (Scholl et al. 2010, 117)	
Kauf von Bio-Produkten	k.A.	Geringere Potenziale, auf Fläche bezogen vorteilhafter, auf Produkt bezogen weniger/ keine Unterschiede	
energieeffiziente Lagerung und Zubereitung	k.A.		Zum Teil bereits adressiert in den seit 2012 stattfindenden Kampagnen des BMELV zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen
Optimierung des Einkaufsverhaltens	k.A.	Häufige Einkaufsfahrten mit dem Auto meiden, zu Fuß und mit dem Fahrrad, Einkäufe bündeln	in vielen Regionen starke Abhängigkeit vom PkW, daher begrenzte Möglichkeiten, Kauf frischer Ware häufig mit häufigeren Einkäufen verbunden

Quelle: eigene Darstellung

Die Darstellung zeigt, dass insbesondere die Bereiche Reduktion des Konsums tierischer Produkte und die Vermeidung von Lebensmittelabfällen enormes Einsparpotenzial haben. Noleppa (2012) bilanziert diese beiden Bereiche auf ca. 67 Mio. t CO_2-äqu. pro Jahr bei Reduktion des Fleischkonsums um die Hälfte und dem kompletten Wegfall aller vermeidbaren Lebensmittelreste.

Auch wird ersichtlich, dass Designpotenziale und Suffizienzpotenziale hierbei schwer voneinander zu trennen sind und daher in der Tabelle oben auch nicht getrennt wurden. So sind beispielsweise im

Bereich „Vermeidung von Lebensmittelabfällen“ einige Potenziale nach der Projektdefinition eher technische Potenziale (bspw. veränderte Lagerung der Lebensmittel) andere eher Suffizienzpotenziale (Verbrauch von „unansehnlichen“ Lebensmitteln, Essen vom Vortag etc.) während andere sich weniger genau zuordnen lassen (genau auf den Bedarf abgestimmte Einkäufe etc.).

Es bleibt zudem zu vermuten, dass eine Strategie der Klimafreundlichkeit der Ernährung auch alle oben genannten Aspekte im Sinne eines „nachhaltigen Lebensstils“ berücksichtigen sollte und des Weiteren auch auf die positiven Gesundheitswirkungen (mehr Obst/Gemüse, wenig verarbeitete Lebensmittel, frische Zubereitung etc.) zusammen mit Kostenersparnissen (weniger Lebensmittelreste) verweisen sollte.

Bisher werden diese Potenziale nur sehr selektiv adressiert. Eine 2012 gestartete großangelegte Kampagne des BMELV bekämpft das Wegwerfen von noch genießbaren Lebensmitteln. Teilweise wird dabei auch auf Energieeffizienz in der Lagerung und Zubereitung eingegangen. Förderungen von klimafreundlichem Kaufverhalten bzw. klimafreundlicherer Produktion und Vertrieb bestehen bisher noch nicht.

3.5 Zusammenfassung Verbraucher

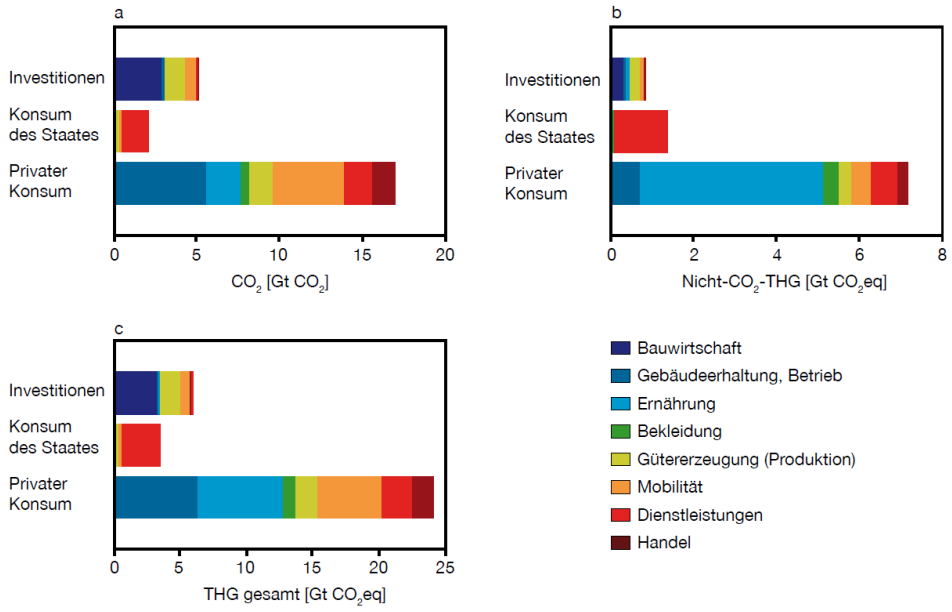
Der Sektor Haushalte verursachte 2011 83 Mio. t CO_2-äqu. an Emissionen, was 9% der gesamten THG-Emissionen ausmachte (UBA 2013b). Öko-Institut und Prognos (2009, 142) gehen von einem Klimaschutzpotenzial von 23,6 Mio. t CO_2-äqu. bis 2020 und 36,9 Mio. t CO_2-äqu. bis 2030 gegenüber der Referenzentwicklung aus.[18]

Nach Hertwich und Peters (in WBGU 2011, 144) macht privater Konsum in der volkswirtschaftlichen Abgrenzung (also im Gegensatz zum öffentlichen Konsum und zu den Investitionen) 72 % der Gesamtemissionen aus. 10 % stehen in Verbindung mit dem Konsum des Staates und 18 % mit Investitionen (siehe Abbildung 13).

Insbesondere die Bereiche Bauen und Wohnen sowie Ernährung weisen demnach große Potenziale auf. Aber auch in den anderen Bedürfnisfeldern konnten in der Analyse wichtige Potenzialfelder identifiziert werden. Insbesondere bei Design- und Suffizienzpotenzialen ist besteht bisher keine Datenbasis in den ausgewerteten Studien.

[18] Emissionen im Umwandlungssektor hier nicht inbegriffen.

Abbildung 13: Emissionen nach Konsumfeldern



Quelle: WBGU 2011

Die für die NKI relevantesten Potenzialbereiche finden sich in den Bedürfnisfeldern Mobilität, Bauen und Wohnen, Ernährung und anderer Konsum.

Der Personenverkehr weist deutlich höhere Potenziale auf als der Güterverkehr. Die Verbesserung der Kommunalinfrastruktur und die „Stadt der kurzen Wege“ können zu deutlich klimafreundlicherem Mobilitätsverhalten führen, z.B. durch verstärkte Nutzung von treibhausgasfreien Modi. Die Klimawirkung des Autoverkehrs kann durch Carsharing und effizientes Fahren verringert werden. Situationsgerechte und klimabewusste Angebote in der Freizeitgestaltung z.B. zur An- und Abfahrt von Sportveranstaltungen und kulturellen Veranstaltung oder zu Urlaubs- und Wochenendausflügen können ebenfalls signifikante positive Klimawirkungen entfalten.

Im Bereich Bauen und Wohnen ist vor allem die vertikale Verdichtung als gehemmtes Klimaschutzpotenzial zu nennen. Sie reduziert nicht nur Flächenversiegelung, sondern schafft auch neue Flächen im innerstädtischen Bereich, was Wege und damit auch Emissionen reduziert. Die Verdichtung des ÖPNV im stadtnahen und ländlichen Raum wirkt unterstützend. An den tatsächlichen Bedarf angepasste Wohnflächen und Raumtemperaturen würden den Energieverbrauch deutlich senken.

Der Nahrungsmittelkonsum bietet sehr hohe Potenziale für die Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Die Vermeidung von Lebensmittelabfällen und die Reduktion des Konsums tierischer Produkte sind an oberster Stelle zu nennen. Konsum von non-food Produkten kann insbesondere dort Treibhausgasemissionen vermeiden, wo Abfälle reduziert werden, also bei der Nutzungsintensivierung und der Lebensdauerverlängerung von Produkten. Hier bieten sich Designpotenziale, z.B. in Form von modularen oder in anderer Form ressourcenschonenden Produkten oder von Dienstleistungsangeboten, die Reparaturen oder „Nutzen statt Besitzen“ anbieten.

Die Typisierung und Differenzierung nach Lebensstilen und eine zielgruppengerechte Ansprache ist für die Realisierung der o.g. Potenziale von hoher Bedeutung – wie bspw. im Bedürfnisfeld Mobilität gezeigt wurde. Gleichwohl erlauben die verschiedenen derzeit existierenden Lebensstilansätze und ihre jeweiligen Definitionen (noch) keine quantifizierbare Zuordnung von CO_2-Einsparpotenzialen. Dies liegt u.a. an der Überlagerung der Lebensstile (z.B. zwischen Ernährung und Mobilität kann dies in einem einzigen Haushalt stark differieren) und einem nach wie vor wenig abgesicherten Instrumentarium zur Bilanzierung sowie fehlenden Eingangsdaten.

4 Wirtschaft

4.1 Aktivitätsfeld: Landwirtschaft

Die deutsche Landwirtschaft verursacht, je nach Festlegung der Systemgrenzen, zwischen ca. 8 %[19] und 17%[20] der gesamten Treibhausgasemissionen (eigene Berechnung aus UBA 2013b, siehe auch Abbildung 3). Den größten Anteil an diesen Emissionen haben die Klimagase Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Die unmittelbaren landwirtschaftlichen Emissionen betragen 76 Mio. t CO_2-äqu. (8% der nationalen THG-Emissionen) und umfassen Emissionen aus der Verdauung von Wiederkäuern, dem Wirtschaftsdüngermanagement[21] und der Düngung landwirtschaftlich genutzter Böden. Wenn man die Systemgrenzen weiter fasst, können auch die folgenden weiteren Emissionen[22] zum Bereich Landwirtschaft hinzu gerechnet werden:

- Emissionen, die durch die Landnutzung und Landnutzungsänderungen entstehen (ca. 37,3 Mio. t CO_2-äqu. , 4% der Gesamtemissionen),
- Emissionen aus dem vorgelagerten Bereich (Produktion von Futter-, Dünge-, Pflanzenschutzmitteln, Maschinen, Geräten im In- und Ausland und Stallbauten (ca. 45,3 Mio. t CO_2-äqu., 4,8 % der t CO_2-äqu. Gesamtemissionen)[23] und
- Emissionen, die durch den Energieeinsatz beim landwirtschaftlichen Verkehr und der Wärmeerzeugung verursacht werden (ca. 6,3 Mio. t CO_2-äqu., 0,6 % der Gesamtemissionen).

Im Ergebnis kommt man auf ca. 17% Anteil der Landwirtschaft (einschließlich relevanter Bereiche) an den nationalen THG-Emissionen.

Im Folgenden werden die Klimaschutzpotenziale der Landwirtschaft in Deutschland aufgezeigt. Die Potenzialanalyse stützt sich vor allem auf Studien des von-Thünen-Instituts (vTI 2012b, vTI 2009), den nationalen Emissionsbericht (UBA 2012b, vTI 2012a) und Studien des Ecologic Instituts (z.B. NABU 2010, Klimaschutzkonzept 2020 PLUS Baden-Württemberg).

Für eine Vielzahl an Maßnahmen in der Landwirtschaft sind die Reduktionspotenziale (i.d.R. in t CO_2-äqu.) in den obengenannten Studien angegeben. Szenarien werden allerdings nur in der „Modell Deutschland“-Studie gerechnet (Öko-Institut und Prognos 2009).

4.1.1 Effizienzpotenziale

Die energetischen Potenziale in der Landwirtschaft (siehe Tabelle 14) beziehen sich vor allem auf das Beheizen von Stallbauten und Gewächshäusern, den Kraftstoffverbrauch durch landwirtschaftliche Aktivitäten, Transport von Agrargütern sowie die der Landwirtschaft vorgelagerten Bereiche. Da der direkte Energieeinsatz in der Landwirtschaft nur ca. 0,65 % der Gesamtemissionen ausmacht (UBA 2012b, 225), kann das Potenzial dieser Maßnahmen als gering eingestuft werden. Eine Ausnahme bilden die Emissionen, die bei der Herstellung von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln (Geräte, Dünger, Futtermittel etc.) anfallen und bis zu 5 % der nationalen Emissionen einnehmen.

[19] Vorläufiger Wert für 2011
[20] Die Differenz ergibt sich durch Einbezug der Emissionen durch Landnutzungsänderungen und aus dem vorgelagerten Bereich.
[21] Management von organischem Dünger aus Stallmist, Gülle, Jauche, Stroh und Pflanzenrückständen
[22] Werte für 2010 (basierend auf Daten aus UBA 2013e, UBA 2012b, vTI 2012a, vTI 2009)
[23] Geschätzter Wert aus dem Jahr 2005 (siehe vTI 2009)

Tabelle 14: Energetische Potenziale in der Landwirtschaft

Thema	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Optimierung von Kühlanlagen, Klima- u. Lüftungssystemen in der Tierhaltung	z.B. Wärmerückgewinnung aus der Abluft z.B. Luft/Luft-Wärmetauscher (Schweinehaltung)[24]: 8,9 t CO_2-äqu.	Landwirte	niedriges bis moderates Potenzial
Erhöhte Energie-effizienz (z.B. in Gebäuden, Gewächshäusern)	z.B. Nachrüsten von Energieschirmen im Gewächshausgartenbau: 25 - 58 t CO_2-äqu.	Landwirte	Potenziale variieren mit Temperatur und Einsatz von Öl/Gas, BMELV- Förderprogramm 2009[26]
Gülle- und Reststoffnutzung für Biogas	Reduktion von 10-13% (Schweinehaltung und Milchproduktion); bis zu 25% bei Rinderhaltung	Landwirte	Mittleres Potenzial, ggf. Einschränkung durch Verfügbarkeit und Effizienz von Biogasanlagen
Substitution von fossilen Kraftstoffen durch Bioenergie	k.A.	Landwirte	War bereits NKI-Thema, Leakage-Effekte

Quelle: vTI 2012, vTI 2009, IFEU et al. 2011

Die Effizienzpotenziale im **nicht-energetischen Bereich** sind um ein Vielfaches höher als im energetischen Bereich. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Maßnahmen im Bereich der Landnutzung und Tierhaltung sowie dem Düngermanagement, wie in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Nicht-Energetische Effizienzpotenziale in der Landwirtschaft

	Thema	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Düngermanagement (Steigerung Nährstoff-Effizienz	**Verbesserte Düngeplanung/ Präzisionslandbau**	bis zu 30% Einsparung an Düngemitteln (315 kg CO_2-äqu./ha*a	Landwirte	Großes Potenzial, bisher unzureichend umgesetzt, Synergien mit Wasserschutz; betrifft v.a. N, P und K
	Substitution von synthetischen N-Düngern durch Leguminosen (als Zwischenfrucht)	bis 750 kg CO_2-äqu./ ha*a	Landwirte	Großes Potenzial, bisher unzureichend umgesetzt, Synergien mit Wasserschutz, z.T. über Agrarumweltmaßnahmen gefördert

[24] Typischer Ferkelaufzuchtstall von 600 Plätzen

[26] Das Bundesprogramm „Energieeffizienz Landwirtschaft und Gartenbau“(2009) innerhalb der NKI hatte die nachhaltige Senkung des Verbrauchs an fossilen Heizstoffen zum Ziel. Im Mittelpunkt stand insbesondere der Gartenbau, da dort ein Drittel der von der Landwirtschaft benötigten Brennstoffenergie verbraucht wird. Der Bund fördert mit rund 3,2 Mio. Euro Investitionsmitteln das Modellprojekt ZINEG „Zukunftsinitiative Null-Energie-Gewächshaus“ (www.zineg.de/)

	Thema	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
	Verwendung von recycelten Phosphor	k.A. (Die Verfahren zur Herstellung von recyceltem Phosphor aus Abfall, Gülle, Tierknochen etc. sind noch in der Erforschung)	Landwirte, Industrie	Schwerpunkt im ProgRess[27], siehe auch Designpotenziale, Notwendigkeit aufgrund begrenzter Phosphatvorkommen
	Optimierung der Lagerung von Wirtschaftsdünger (inkl. Kofermentierung von Gülle in Biogasanlagen)	2.000-8.000 t N/a was 12.200-48.800 t CO_2-äqu. entspricht (nach IPCC gilt 1 kg applizierter N setzt 12,5g N_2O frei)	Landwirte	Mittleres Potenzial, ggf. Einschränkung durch Verfügbarkeit und Effizienz von Biogasanlagen
Tierhaltung	**Effizienzsteigerung und Optimierung der Fütterung in der Tierhaltung**	z.B. Einheimische Produktion von Eiweißfutterpflanzen: 3,5 Mio. t CO_2-äqu./a (importierte Emissionen)	Landwirte	Großes Potenzial, Eiweißpflanzenstrategie des BMELV 2012b
	Flächenbindung in der Tierhaltung	65.000 t N/a was 396.500 t CO_2-äqu. entspricht	Landwirte (große Veredlungs-betriebe)	Großes Potenzial, aber Eingriff in Betriebs-strukturen (erfordert europäische Gesetze)
Pflanzenanbau	**Bodenbearbeitung**	z.B. Management von Ernterückständen: 0,31-0,50 t CO_2-äqu./ha*a; Vielfältige Fruchtfolgen: 0,36 t CO_2-äqu./ha*a	Landwirte	Geringes Potenzial, z.T. über Agrarumweltmaßnahmen gefördert
	Umstellung auf ökologischen Landbau	z.B. bis zu 50% beim Weizenanbau	Landwirte, Konsument	Geringerer Betriebsmitteleinsatz vs. Niedrigerer Ertrag/Fläche, z.T. über Agrarumweltmaßnahmen gefördert
Landnutzungsänderungen	**Überführung von Acker in extensiv genutztes Grünland[28]**	24 t CO_2-äqu./ha*a	Landwirte	Konflikt durch Produktionsverlust, Leakage-Effekt
	Renaturierung von intensiv genutzten Grünland zu Niedermoor/ Hochmoor-standorten	28,2 - 30,5 t CO_2-äqu./ha*a	Landwirte	Großes Potenzial, Konflikt durch Nutzungsaufgabe und Einkommensverlust

[27] Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, BMU 2012

[28] Bezieht sich auf Moorböden, die geprägt sind von hohen Gehalten an organischem Kohlenstoff. Durch die ackerbauliche Nutzung erfolgt ein Verlust von organischer Bodensubstanz durch die verstärkte Mineralisation und führt somit zur Emission der Treibhausgase CO_2 und N_2O. Durch die Überführung von Ackerland in extensiv genutztes Grünland werden THG-Emissionen reduziert.

	Thema	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
	Kein Umbruch /Schutz von Dauergrünland	Bis zu 130 t CO_2-äqu./ha*a	Landwirte	Ordnungsrecht müsste verschärft werden, Opportunitätskosten von Grünlanderhalt
	Reduzierung von Torfverwendung	1,3 Mio. t CO_2-äqu./a	Konsument, Industrie, Handel	Mangel an Aufklärung und Anreizen

Quelle: vTI 2012, vTI 2009, WBGU 2011, BaWü-KSK2020 PLUS 2011, NABU 2010, Hirschfeld et al. 2009

4.1.2 Designpotenziale

Die Designpotenziale in der Landwirtschaft sind bisher kaum erforscht worden. Hier besteht ein großes Entwicklungspotenzial. Die Potenziale werden in Tabelle 16 zusammengefasst.

Tabelle 16: Designpotenziale in der Landwirtschaft

Thema	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Ecodesign für landwirtschaftliche Maschinen (z.B. Reifenbreite von Traktoren (Bodenschutz)	k.A.	Landwirte, Industrie	Bisher kaum erforscht
Precision farming tools (GPS) etc. als serienmäßige Ausstattung	k.A.	Landwirte, Industrie	Großes Potenzial, Optimierung der Düngung, ggf. zu hohe Kosten
Geringere Maschinenintensität (Pferde statt Traktoren/ mehr Personal, z.B. bei Heuernte)	k.A.	Landwirte	Konflikt durch mögliche Einkommensverluste
Nutzung Bioplastik statt Plastik (Ballenfolie, Spargelabdeckung etc.)	k.A.	Landwirte	Potenzial noch unbekannt
Recycling von Phosphor und Beimischung in phosphathaltige Düngemittel	k.A.	Industrie	Schwerpunkt im ProgRess, siehe auch Nicht-energe-tische Potenziale, Notwendig-keit aufgrund begrenzter Phosphatvorkommen

Quelle: vTI 2012, vTI 2009, Böll 201, ProgRess 2012

4.1.3 Suffizienzpotenziale

Die Suffizienzpotenziale, die mit landwirtschaftlicher Extensivierung bzw. Produktionsreduktion verbunden sind, wurden zu einem großen Teil bereits oben abgehandelt. Darüber hinaus kann auch eine verstärkte gemeinsame Nutzung von landwirtschaftlichen Maschinen zur Einsparung von THG-Emissionen beitragen (bspw. durch den Verleih von Maschinen organisiert von einem Maschinenring anstatt des Kaufes von Maschinen durch die Landwirte) (Böll 2012).

Weitere Suffizienzpotenziale bestehen bei Umstellung auf weniger klimaschädliche landwirtschaftliche Produkte. Diese (insbesondere Ernährungsumstellung, Reduktion des Konsums tierischer Produkte) werden im Kapitel „Bedürfnisfeld Ernährung“ abgehandelt.

4.1.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant?

In der ersten Phase der NKI wurden die energetischen Potenziale der Landwirtschaft bereits in Zusammenarbeit mit dem BMELV untersucht, und ein Förderprogramm zur Energieeffizienz in Gewächshäusern aufgelegt. Die weitere Analyse zeigt, dass die größten Reduktionspotenziale

- bei der Verbesserung der Nährstoffeffizienz in den landwirtschaftlichen Betrieben,
- den Landnutzungsänderungen (nicht-energetischer Bereich) sowie
- bei der Herstellung und dem Konsum von Produktionsmitteln (energetischer Bereich) liegen.

Hierzu gehören unter anderem die Schließung von Stoffkreisläufen für Nährstoffe, z.B. durch die optimale Nutzung von organischem Stickstoff und Dünger mittels einer Kooperation zwischen Veredlungsbetrieben und Pflanzenbaubetrieben in der Region (nicht nur bei der Vermarktung der Produkte sondern auch in Form von Nährstoffbörsen) oder die Wiederverwertung von landwirtschaftlichen und kommunalen Anfällen zur Produktion von Recyclingphosphaten.

4.2 Prozessindustrie und energieintensive Industrie

In Deutschland gehören etwa 36.000 Unternehmen zum Produzierenden Gewerbe (PG) (IREES 2011), die etwa ein Drittel zur Wertschöpfung in Deutschland beitragen. In diesem Kapitel werden die Reduktionspotenziale der Prozessindustrien und der energieintensiven Industrien betrachtet. In den Prozessindustrien existieren neben Klimaschutzpotenzialen durch Energieverbrauchreduktion auch Möglichkeiten, die klimawirksamen Emissionen aus stofflichen Umwandlungen zu reduzieren. Während beide Emissionsbereiche wichtige Reduktionspotenziale aufweisen, unterscheiden etliche der untersuchten Studien nicht zwischen der Reduktion der Prozessemissionen und der Reduktion der energiebedingten Emissionen.

Das Wuppertal-Institut (WI 2011) hebt hervor, dass nahezu ein Drittel des weltweiten Energiebedarfs und etwa 36 % der globalen CO_2-Emissionen in der verarbeitenden Industrie verursacht wird. 2011 war die Industrie für 20% der deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich (siehe Kapitel 2). Die IEA (2007) geht davon aus, dass die verarbeitende Industrie insgesamt etwa 18-26 % ihres aktuellen Energiebedarfs einsparen könnte, bzw. (bei gleicher Produktion) 19-32 % weniger Treibhausgas emittieren könnte. Während global das größte Potenzial bei der Zementindustrie gesehen wird – laut IEA könnte sie 7 % ihrer globalen Emissionen durch Effizienzmaßnahmen vermeiden (WI 2011) – besteht in Deutschland das größte Potenzial bei der Metallerzeugung (Öko-Institut und Prognos 2009).

4.2.1 Minderungspotenzial für Treibhausgasemissionen durch die Erhöhung der Energieeffizienz von Industrieprozessen

Der Energieverbrauch der Industrie in Deutschland lag nach Öko-Institut und Prognos (2009) in 2005 bei 2.424 PJ in 2005, und wird im Referenzszenario auf 1.909 PJ in 2050 zurückgehen.[29] Dies entspricht einem Rückgang um 21 %. Im Szenario Innovation nehmen die Autoren an, dass der Endenergieverbrauch zwischen 2005 und 2050 um 53 % abnehmen wird.

[29] In diesem Modell liegt ein reales durchschnittliches Wirtschaftswachstum von 0,7% zugrunde.

Die branchenspezifischen Energieeffizienzpotenziale aus IREES (2011), die von 2012 bis 2020 wirtschaftlich umgesetzt werden können, sind in Tabelle 17 zusammengestellt. Es zeigt sich, dass viele dieser möglichen Energieeffizienzsteigerungen bereits weit unter der allgemein angenommenen endogenen jährlichen Effizienzverbesserung liegen. Der Vergleich der Spalten von Tabelle 17 zeigt, dass etwa 1/3 der Branchen des produzierenden Gewerbes stärkeren Hemmnissen unterliegen (ausgedrückt durch die Differenz zwischen Referenz und „wirtschaftlichem Potenzial") als die übrigen. Auch absolut weisen diese Branchen fast durchgehend die höheren Energieeffizienzpotenziale auf.

Tabelle 17: Energieeffizienzpotenziale von 2012 – 2020 in der Referenzentwicklung und einer wirtschaftlichen Rentabilitätsbetrachtung

	Durchschnittliche Effizienzsteigerungen 2012-2020 in %		
Branchen des produzierenden Gewerbes	Referenz	Wirtschaftliches Potenzial	Differenz
Verlags-, Druckgewerbe	6	12	6
Erzbergbau/ Gew. V.Steinen und Erden	5	9	4
Fahrzeugbau	7	13	6
Getränke	6	13	7
Glas - Industrie	7	10	3
Grundstoffchemie	8	12	4
Holzverarbeitung	8	13	5
Keramik - Industrie	5	9	4
Kohlebergbaz/Gew. V. Erdöl, Erdgas	5	8	3
Kunststoff/Gummi - Industrie	7	12	5
Lederwaren und Schuhe	5	13	8
Maschinenbau	8	15	7
Metallbearbeitung	8	14	6
Metallerzeugung	3	7	4
Nahrungs-/Genussmittel	6	13	7
Papier-Industrie (incl. Druckereien)	5	12	7
Sonstige chemische Industrie (Pharma)	9	13	4
Tabak	5	11	6
Textil - Industrie	6	13	7
Steine - und Erden - Industrie	5	10	5
NE - Metalle, -gießereien	7	14	7
Sonstige Wirtschaftszweige	8	14	6

Quelle: IREES Berechnung und Schätzungen, Fraunhofer ISI et al. 2012

Neben der energetischen Optimierung spezifischer Prozessschritte bieten auch allgemeine Managementmechanismen und -praktiken große Potenziale. In einer Studie von PriceWaterhouseCoopers wurde anhand einer Umfrage festgestellt, dass Energiecontrolling von den befragten Unternehmen als bedeutendes Handlungsfeld hinsichtlich der Wirkung auf Energieeffizienzsteigerung ausgewiesen wurde. Positive Effekte auf die Energieeffizienz waren statistisch nachweisbar (PWC 2012, 37). Energiecontrolling, das über einfaches Energiemonitoring dadurch hinausgeht, dass es die Energiekosten direkt in die betriebswirtschaftlichen Entscheidungsprozesse eingehen lässt, findet aber meist nur in größeren Unternehmen (über 1000 Mitarbeiter) mit hohem Energieverbrauch statt (PWC 2012, 48/50).

Auch die energetische Optimierung der industriellen Fertigung findet zunehmend ihren Niederschlag in der angewandten Forschung. Darüber hinaus finden neben den geförderten Energieberatungsangeboten der Bundesregierung auch Unternehmensberatungen zunehmend ein interessantes Arbeitsfeld in der Energieeffizienzberatung, was darauf hindeutet, dass die wirtschaftlich erschließbaren Potenziale so hoch sind, dass sie auch externe Beratungsleistungen refinanzieren können.

In Tabelle 18 sind branchenspezifische Energieeffizienzpotenziale dargestellt, die auf der Literaturanalyse von IREES (2011) beruhen. Die Autoren weisen darauf hin, dass die zukünftigen Steigerungsraten die in der Vergangenheit beobachteten teilweise deutlich übersteigen werden, auch wenn bereits bei den Durchschnittswerten eine deutliche Spannbreite in der Literatur berichtet wird.[30]

Tabelle 18: Branchen- und produktspezifische Energieeffizienzpotenziale

	insgesamt bis 2020	weitere Maßnahmen
Kalkindustrie	5-6% pro t Kali	- Ersatz der Energieträger durch Erdgas, Erneuerbare - verstärkte Nutzung von Prozesswärme - Stromerzeugung mit Hilfe von Dampf
Herstellung von Zucker	8-9% pro t Zucker	- mehrstufige Verdampfung - zweistufige Schnitzeltrocknung - Wirbelschichtverdampfungstrocknung - Querschnittstechnologien
Textilveredlung	10-11% pro m² bzw. t Garn	- Weiterentwicklung von Maschinen und Anlagen - Querschnittstechnologien
Herstellung von Zellstoff und Papier	9-10% pro t Papier bzw. Pappe	- Abwärmenutzung / Optimierung der Wärmeflüsse - effizientere Trocknung der Papierbahn - verbesserte Mahl- und Schleifprozesse - verbesserte Recycling-Quote - effizientere Nutzung biogener Reststoffe bei der Zellstoffherstellung
Herstellung von Hohl- und Flachglas	9% (Flachglas) bzw. 10% (Hohlglas)	- Entwicklung effizienterer Lösungen im Bereich der Glasschmelze und Keramik-Brenner - erhöhter Scherbeneinsatz - Querschnittstechnologien

[30] IREES (2011) weist darauf hin, dass das auch daran liegen kann, dass in der Literatur nicht immer zwischen wirtschaftlichen und technischen Potenzialen unterschieden wird. Für die mittel- bis langfristige Betrachtung in der vorliegenden Studie ist diese Unterscheidung allerdings eher sekundär, da sie einen starken Fokus auf kurzfristig erschöpfbare Potenziale legt.

Herstellung von Feuerfest-Steinen und keramischen Fliesen	9% pro t Produkt	- Steuerung - Ofentechnik - veränderte Materialzusammensetzung der Formlinge - EMS, Abwärme, Energieverbung, Prozessführung - Hochgeschwindigkeitsbrenner, u.a. Brenntechnologien
Herstellung von Ziegeln	8-9% pro t Ziegel	- Verbund von Tunnelofen, Trockner und Kühlzone - Dreischicht-Betrieb - Mess- und Steuertechnik
Herstellung von Zement	8-9% pro t Klinker	- Abwärmenutzung (inkl. ORC-Anlagen) - Mahltechnologie - Querschnittstechnologien
Herstellung von Kalk	9 - 10% pro t Kalk	- Mahltechnologie - Abwärmenutzung (inkl. ORC-Anlagen) - Ofentechnologie - Querschnittstechnologien
Herstellung von Roheisen und Oxygenstahl	3-4% pro t Oxygenstahl	- weitere Betriebsoptmierung - Druckluftbereitstellung, und andere Querschnittstechnologien
Herstellung von Elektrostahl	4-5% pro t Elektrostahl	- Strombereitstellung - Schrottvorsortierung - Ofenoptimierung - Prozesssteuerung - Querschnittstechnologien - ggf. ORC zur Abwärmenutzung
Herstellung von Primär- und Sekundäraluminium	1,5% pro t Primäraluminium; 6-8% pro t Sekundäraluminium	- Querschnittstechnologien - weitere Prozessoptimierung (dauerhaltbare Kathoden, Reduktion des Anodenverbrauchs) - bessere Schrottvorsortierung - neue Brenner
Herstellung von Primär- und Sekundärkupfer	3-4% pro t Primärkupfer; 3,5-4,5% pro t Sekundärkupfer	- weiter optimierter Betrieb - Abwärmenutzung
Raffinerien	7-8% pro t Ölprodukte	- verbesserte Wärmetauscher - Erhöhung der Speisetemperatur - Querschnittstechnologien

Quelle: IREES et al. 2011, eigene Darstellung

IFEU et al. (2011) berechnen, dass die branchenspezifischen Stromsparpotenziale in den Branchen Metallerzeugung, NE-Metalle, Papiergewerbe, Glas und Keramik, Steine und Erden, Grundstoffchemie

und Ernährungsgewerbe insgesamt in 2020 gegenüber 2010 16,5 Mio. t CO_2-äqu. und im Jahr 2030 22,9 Mio. t weniger emittieren könnten (**Tabelle** 19)[31].

Tabelle 19: Attraktive branchenspezifische Energieeinsparpotenziale in den energieintensiven Industrien

	Szenario: Effizienz ambitioniert Maßnahmen	Attraktives Einsparpotenzial im Jahr in 1000 t CO_2 (gerechnet mit Emissionsfaktoren von 2010) gegenüber Referenz	
		2020	2030
Branchenspezifische Technologie	Metallerzeugung	166	997
	Nicht-Eisen-Metalle	468	559
	Papiergewerbe	514	1.133
	Glas und Keramik	15	30
	Steine-Erden	181	227
	Grundstoffchemie	242	121
	Ernährungsgewerbe	212	257
	Summe	**16.501**	**22.893**

Quelle: IFEU et al. 2011

4.2.2 Minderung von Treibhausgasemissionen durch die Weiterentwicklung von Produkten

Das verarbeitende Gewerbe hat mit der Produktgestaltung wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf der fertigen Produkte während der Nutzungsphase. Neben dem direkten Energieverbrauch der ggf. energieeffizienteren Produkte können hier auch andere Aspekte mitbedacht werden:

- Oberflächenbeschichtungen können den Reinigungsaufwand reduzieren.
- Materialien mit bestimmten optischen und thermischen Eigenschaften können Heiz- und Beleuchtungsbedarf reduzieren.
- Nanomaterialien können Strukturen mit geringerem Materialaufwand stabilisieren.
- Modulare und recyclingfreundliche Produkte können bei geeigneter Recyclierungsinfrastruktur die Stoffströme schließen.

Diese Designpotenziale wurden bisher nicht vollständig quantifiziert. Die Treibhausgaseinsparung erfolgt tendenziell nicht im Sektor Industrie, sondern in allen Zielgruppen, in denen diese weiterentwickelten Produkte zum Einsatz kommen.

4.2.3 Möglichkeiten zur Minderung von Prozessemissionen

Prozessbedingte industrielle Emissionen machten in 2010 rund 8 % des gesamten deutschen Treibhausgasausstoßes aus.

[31] Das in der Studie angenommene BIP/PEV ($Euro_{2000}$/MJ) ist dabei in 2020 um 7,4% höher als in der Referenz, in 2030 um 12,3%. Als Referenz dienen die Energieszenarien für das Energiekonzept der Bundesregierung (Prognos et al. 2010)

Tabelle 20: Alternative Produktionsprozesse in den Prozessindustrien

Prozess	Minderungsoptionen Art	Reduktionspotenzial in % der CO_2-Emissionen
Metallerzeugung		
Eisen- u. Stahlproduktion		
Reduktionsmittel-einsatz in Hochöfen (Primärverfahren)	Recyclingrate erhöhen (EAF statt Primärverfahren)	proportional zum Recyclinganteil
	Direktreduktion mit Erdgas	ca. 50%
	Direktreduktion mit Wasserstoff (regenerativ)	theoretisch bis zu 100%
	Direkte Elektrolyse mit Ökostrom	Bis zu 100%
	Energieeffizienz- und Prozessoptimierung im Hochofen	Gering, ca. 4% beim Hochofen
Übergreifende Maßnahmen	Übergreifende Energieeffizienz und Optimierungsmaßnahmen	max. 5-15% (beziffert für Energieeinsparung; Prozessreduktion vermtl. geringer)
	Verringerung von Ausschuss	k.A.
	Top-Gas-Recycling (in Hochofenroute)	Bis zu 20-35% (im Vergleich zum europ. Durchschnitt)
	Hisarna-Prozess-Kohlevergasung	Bis zu 35% (im Vergleich zum europ. Durchschnitt)
	CCS für Prozessemission	Bis zu 100 %
	CCS für Prozessemissionen bei Holzkohleeinsatz	Bis zur Überkompensation / negative Emissionen
Primäraluminiumproduktion		
Anodenabbrand	Einsatz von inerten Anoden	100 %
Mineralische Produkte		
Herstellung von Zement	Reduzierung der Zementnachfrage, z.B. rückläufiger Neubau von Gebäuden oder Ressourceneffizienz	k.A.
	Substitution von Kalkstein durch "low-carbon" Cementite	Spezifisch bis zu ca. 50%
	Reduzierung Klinkeranteil durch Zusatzstoffe (Hüttensand, Flugasche)	6%-Punkte geringerer Klinkereinsatz bis 2020
	Einsatz von Nanoteilchen zur Herstellung von ultrahochfestem Beton	40% (Prozessemissionen und Energie)
	CCS[32]	Bis zu 100%
Herstellung von Kalk	CCS[32]	Bis zu 100%
	Nachfragereduktion	geringfügig
	Effizienzpotenzial	Sehr gering
Glas		
	Erhöhung Recycling- und Mehrwegquote	Bis zu 50% der prozessbedingten Emissionen

[32] Die Konzentration von CO_2 im Rauchgas eines Zementofens und eines Kalkofens ist bei prozessbedingten CO_2-Emissionen viel höher als in einem Kohlekraftwerk. Daher ist der spezifische Energiebedarf für die Abscheidung und Verdichtung des CO_2 in diesem Prozess relativ niedrig.

Chemische Industrie		
Ammoniak	Prozessintensivierung (z.B. CO_2- Einsatz bei Soda-Herstellung)	bis 2035 nicht absehbar
	Nutzung regenerativ erzeugten Wasserstoffs	100%
	Verbrauchsreduzierung	vgl. Kapitel „Landwirtschaft“
	Vergasung von Biomasse für die Herstellung von Synthesegas	k.A.
Salpetersäure	Lachgasbindung, Optimierung des Luft-/ Ammoniakverhältnisses, Lachgaszersetzung im Abgasstrom	Insgesamt 95-99%
	Abgasreinigung bzw. Abgasminderungstechnologien	bis zu 95%
Adipinsäure	Ausnutzen der technisch möglichen Energieeffizienzgrenze	max. 85-90% der N_2O-Emissionen (technische Grenze)
	Abgasreinigung	99,5% der N_2O-Emissionen
Verbrauch von halogenierten Kohlenwasserstoffen		
	Substitution in Kälteanlagen und bei der Herstellung weiterer Produkte	90% bis 2050 gegenüber 2005

Quelle: Öko-Institut und Prognos 2009, Fraunhofer ISI et al. 2011, McKinsey 2007, UBA 2012b, Öko-Institut 2012d

Wie die Emissionen in diesen Bereichen entstehen, erläutert der Anhang zu diesem Bericht. Die Möglichkeiten zur Prozesssubstitution sind sektoral sehr unterschiedlich. In vielen dieser Industrien werden bereits Alternativen zu den bestehenden Prozessen gesucht. Eine Übersicht dazu findet sich in Tabelle 20. Wo keine Alternativen bestehen, schlägt Öko-Institut und Prognos (2009) Carbon Capture and Storage (CCS) als Option vor, die allerdings nicht von jedem als nachhaltig anerkannt ist, und wofür die Standortwahl politisch als schwer durchsetzbar gilt.

In der Metallerzeugung, die gemäß Tabelle 20 die höchsten Prozessemissionen von allen Industriesektoren in Deutschland aus der Reduktion von Eisenerz verzeichnet, sehen die Autoren (Öko-Institut und Prognos (2009)) nur unwesentliche Möglichkeiten zur Emissionsminderung durch Prozesssubstitution. Andere Autoren nennen Reduktionsoptionen z.B. beim Ersatz von Koks durch Erdgas (Midrex-Verfahren), der den Kohlendioxidausstoß gegenüber heutigen Verfahren auf die Hälfte pro t Produkt reduzieren würde. Dieses Verfahren wird außerhalb Deutschlands zum Teil standardmäßig eingesetzt.[33] Darüber hinaus ist die Ausweitung der elektrolytischen Verfahren möglich, wie sie heute in der Aluminiumindustrie üblich sind, sowie möglicherweise in dem Ersatz des Reduktionsmittels Koks durch regenerativ erzeugten Wasserstoff. Eine Weiterentwicklung des Circored-Verfahrens, der Direktreduktion mittels Wasserstoff wie sie bereits in Trinidad betrieben wird, zur Nutzung regenerativen Wasserstoffs ist ohne weiteres möglich, es stellt sich neben der Kostenfrage allerdings auch die Frage, wie in großen Mengen regenerativer Wasserstoff zur Verfügung gestellt werden kann.

Auch bei der Zementherstellung besteht die Möglichkeit der Reduktion des Klinkeranteils durch Zusatzstoffe sowie die Substitution des Kalksteins im Klinker. Damit könnten die Emissionen um bis zu 50 % reduziert werden.

[33] Nur eine Anlage in Deutschland arbeitet mit der Direktreduktion mittels Erdgas.

In der Chemischen Industrie sind die Hauptemissionsgruppen die Produktion von Stickstoffverbindungen für Dünger und andere Anwendungen. Sowohl die Adipinsäureproduktion[34] als auch die Salpetersäureproduktion werden nach dem Referenzszenario bis 2030 um das 2,7 bzw. 3,1 fache gegenüber dem Niveau von 2000 ausgeweitet (Öko-Institut und Prognos 2009). Trotzdem werden hierfür in Öko-Institut und Prognos (2009) Emissionsminderungen von 95 % unterstellt, da die Produktionsanlagen im Szenario durch katalytische Zersetzungsanlagen ergänzt werden.[35]

Bei der Glasindustrie wurden in den untersuchten Studien bisher keine alternativen Prozesse identifiziert, lediglich die Erhöhung der Recyclingrate bietet absehbar noch Einsparpotenziale.

4.2.4 Treibhausgasminderungspotenziale durch Produktsubstitution

Ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz könnte in der Veränderung von Nutzungsmustern für energieintensive Produkte und Materialien liegen. So gehen z.B. Öko-Institut und Prognos (2009) davon aus, dass Verschiebungen auf der Nachfrageseite die Struktur der bundesdeutschen Industrieproduktion insbesondere in den Prozessindustrien wesentlich verschieben werden. So senken einige energieintensive Industrien ihren Output signifikant (Tabelle 21). Die Autoren betonen, dass „der klimagerechte Umbau des Energie- und Verkehrssystems […] eine erheblich verbesserte Effizienz bei der Nutzung energieintensiver Materialien und Produkte“ voraussetzt.

Tabelle 21: Reduktion der Produktion in einigen energieintensiven Industrien im Innovationsszenario

Produktion in Mrd. €, in Preisen von 2000	2005	2020	2050
Grundstoffchemie	20,7	17,6	12
Metallerzeugung	6	5,2	2,2
NE-Metalle / Gießerei	8,3	7,5	4,5

Quelle: eigene Darstellung nach Öko-Institut und Prognos 2009

Bei Kalk, der vor allem in der Entschwefelung von Kraftwerken und in der Landschaftspflege verwendet wird, bestehen wenige Nutzungsalternativen. Bei Zement wird heute schon zunehmend auf verbesserte Produkteigenschaften geachtet. Einerseits können durch Zumahl- und Zuschlagsstoffe die Klinkeranteile im Zement verringert werden, so dass pro t Zement weniger CO_2 emittiert wird. Andererseits werden zunehmend neue hochfeste Betone entwickelt, die dieselben statischen Eigenschaften wie Zement haben und diesen dann ersetzen würden.

4.2.5 Welche Potenziale sind besonders interessant?

Das verarbeitende Gewerbe, und insbesondere die Prozessindustrien sitzen an einer Schlüsselposition für den Klimaschutz durch die Bereitstellung von Materialien und Produkten für alle anderen Sektoren, die mit hohen Emissionen einhergehen. Der hohe Energieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes geht mit großem relativen und absolutem Effizienzpotenzial einher. Ein endogener Effizienzfortschritt führt zur Reduktion bei den energiebedingten sowie prozessbedingten Emissionen.

Die größten relativen Effizienzpotenziale wurden in folgenden Bereichen identifiziert:

- Herstellung von Zucker
- Textilveredlung
- Herstellung von Zellstoff

[34] Adipinsäure ist ein Zwischenprodukt für Nylon. Es ist zu erwarten, dass der Bedarf mit der wirtschaftlichen Entwicklung Schritt hält (IREES und ISI 2011).
[35] In der Zersetzungsanlage zerfällt Lachgas (N_2O) bei Temperaturen von 400-600 Grad in Stickstoff und Sauerstoff.

- Herstellung von Kalk
- Herstellung von Zement
- Herstellung von Ziegeln
- Herstellung von Keramik
- Glasherstellung
- Metallerzeugung / elektrische Reduktion

Branchenübergreifend liegen die Potenziale im Bereich

- des Recyclings
- dem Verzicht auf Einsatz der Produkte und
- in der Einführung eines ganzheitlichen Energiemanagement in Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes. Es könnte ein vereinfachtes Controllingtool für kleinere Unternehmen entwickelt werden, so dass der zeitliche Aufwand gering bleibt.

Bei den Prozessemissionen bietet sich die Substitution von Koks durch CO_2-ärmere Reduktionsmittel in der Eisen- und Stahlerzeugung an, wie bspw. durch Erdgas oder langfristig durch regenerativ-erzeugten Wasserstoff. Eine weitere Option ist die Direktelektrolyse aber ggf. auch die Substitution von Stahl durch Spezialbeton, falls sich dieser als weniger klimawirksam herausstellt. Sowohl bei Stahl als auch bei Glas ist die Erhöhung der Recyclingrate anzustreben. Zur Reduktion der Zementemissionen werden die Substitution von Kalkstein und die Reduktion des Klinkeranteils aktuell erforscht.

Interessant sind für den NKI-Zusammenhang die Möglichkeiten zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen durch Querverbindungen mit verschiedenen Bereichen: Zunächst geht in vielen dieser Bereiche die Klimaeffizienz mit der Ressourceneffizienz einher – was hilft, Material zu sparen, hilft auch, Treibhausgasemissionen zu sparen. Ein weiterer bisher nicht quantifizierter Bereich ist der Einsatz von IKT zur Steuerung und Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz in den Prozessindustrien.[36] Drittens gibt es in fast allen Sektoren die Möglichkeit der Produktsubstitution, also des Ersatz energieintensiver Produkte mit nicht so energieintensiven Produkten. Viertens existiert ein genereller Trend zu neuen Materialien, z.B. aus den Bio- und Nanotechnologien, die durch Einsatz in Produkten zu Energie- und Ressourceneffizienz in der Nutzung dieser Produkte führen können. Diese letzten beiden Aspekte sind Designpotenziale, die bisher nur unzureichend quantifiziert sind.

4.3 Aktivitätsfeld: Querschnittstechnologien

Eine Unterscheidung zwischen Potenzialen durch Querschnitts- und Prozesstechnologien wird in der Literatur nur teilweise getroffen. Im Folgenden wird auf die Potenziale in der Industrie und des GHD-Sektors eingegangen sowie aufgrund des Querschnittscharakters auf sektorenübergreifende Potenziale durch Informations- und Kommunikationstechnologien.

4.3.1 Querschnittspotenziale in der Industrie

Nach Öko-Institut und Prognos (2009) lag der Energieverbrauch der Industrie 2005 bei insgesamt 2.424 PJ und sinkt im Innovationsszenario durch verschiedene Effizienzmaßnahmen auf 1.391 PJ in

[36] Vgl. hierzu auch das Kapitel zu Querschnittstechnologien

2030 ab, wobei die Potenziale durch Querschnittstechnologien eher begrenzt gesehen werden, da diese bereits im Referenzszenario[37], zum Großteil umgesetzt werden.

Nach IFEU et al. (2011) fällt mehr als die Hälfte des industriellen Energieeinsparpotenzials auf industrielle Querschnittstechnologien, hauptsächlich im Bereich des Stromeinsatzes. Das Potenzial zur Stromeinsparung durch Querschnittstechnologien in der Industrie wird hier bis 2030 auf ca. 130 PJ/a geschätzt (vgl. Tabelle 22). Hinzu kommen in der Industrie ca. 8,1 PJ/a im Bereich der Raumwärme. Das entspricht einer Einsparung von 19,64 Mio. t CO_2/a durch Querschnittstechnologien und 1,22 Mio. t CO_2/a im Bereich Raumwärme.

Tabelle 22: Strom-Einsparpotenziale bei Realisierung des attraktiven Potenzials von Querschnittstechnologien im Sektor Industrie im Vergleich zur Referenzentwicklung[38]

	2020	2030	2020	2030
	PJ	PJ	t CO_2	t CO_2
Übrige Motorsysteme	27	40	4.110.222	6.014.222
Pumpensysteme	19	23	2.856.000	3.520.889
Druckluft	16	19	2.448.000	2.856.000
Lüftungssysteme	16	20	2.402.667	3.007.111
Beleuchtung	9	11	1.360.000	1.616.889
Elektromotoren	7	13	982.222	1.888.889
Kältebereitstellung	4	4	544.000	544.000
Summe	**97**	**130**	**14.703.111**	**19.448.000**

Quelle: Eigene Darstellung nach IFEU et al. 2011, 57

Elektrische Antriebe haben einen Anteil von ca. 70% am gesamten Stromverbrauch der Industrie (vgl. Öko-Institut und Prognos 2009). Das größte Potenzial in der Industrie liegt daher im Einsatz von Elektromotoren sowie verbesserten Druckluft-, Pumpen- und Lüftungssystemen (IFEU et al. 2011; Fraunhofer ISI et al. 2012). Nach BCG (2009) können durch Green IT-Lösungen im Bereich intelligenter Motoren bei industriellen Produktionsprozessen sogar ca. 15,1 Mio. t CO_2-äqu. im Jahr 2020 eingespart werden. Neben den Senkungspotenzialen im Strombereich sind Abwärmepotenziale der Industrie in einer Größenordnung von ca. 2600 PJ an Primär- und Sekundärenergie vorhanden.[39] 90 % der Potenziale (Wärme und Strom) in der Industrie werden als wirtschaftlich erschließbar eingeschätzt (Fraunhofer ISI et al. 2012), Querschnittstechnologien weisen dabei die höchste Wirtschaftlichkeit auf.

4.3.2 Querschnittspotenziale im GHD-Sektor

Im GHD-Sektor wird angenommen, dass der Endenergieverbrauch im Innovationsszenario von Modell Deutschland zwischen 2005 und 2050 um insgesamt 67 % auf 486 PJ absinkt und damit 30 % unter der angenommenen Referenzentwicklung liegt (Öko-Institut und Prognos 2009). Fraunhofer ISI et al. (2012) sehen bei den Querschnittstechnologien im Bereich GHD neben Potenzialen durch Informations- und Kommunikationstechnologien (s.u.) insbesondere Stromeinsparungen beim Kochen und Kühlen. Die meisten der Potenziale wären wirtschaftlich erschließbar (vgl. Tabelle 23).

[37] Das nach Öko-Institut und Prognos (2009) entworfene Referenzszenario unterstellt, dass Effizienzmaßnahmen dann umgesetzt werden, wenn diese wirtschaftlich sind („Wirtschaftlichkeitsgebot“ – wird je nach Bereich in prozentuale Reinvestitionsfaktoren übersetzt). Es wird angenommen, dass alle Bereiche des Lebens und der Wirtschaft mit Informationstechnologie durchdrungen werden, Informationsverfügbarkeit, Optimierung von Prozessen, Regelung und Automatisierung schreiten voran.

[38] Zukünftige Emissionseinsparungen wurden mit durchschnittlichen Emissionsfaktoren von Strom des Jahres 2010 abgeschätzt (544 g CO_2/kWh).

[39] Eine Beschreibung der Sektoren dieser Potenziale findet sich im Anhang zu diesem Bericht.

Tabelle 23: Einsparpotenziale für Strom im GHD Sektor (ohne Gebäude) bis 2020

Bereiche	kumm. jährl. Einsparungen 2020			
	PJ/a	Mio. t CO_2/a	PJ/a	Mio. t CO_2/a
	Stromfaktor 1		Stromfaktor 2,5	
Umwälzpumpen und weitere Hilfsagregate	2,63	0,40	6,59	1,00
Kochen	10,66	1,61	26,64	4,03
Elektrische Heizung	1,58	0,24	3,92	0,59
Aufzüge	0,76	0,11	1,87	0,28
Wärmepumpen	0,68	0,10	1,69	0,26
Warmwasser	3,20	0,48	8,03	1,21
IKT Rechenzentren	3,13	0,47	7,78	1,18
IKT Büro	3,56	0,54	8,89	1,34
Beleuchtung	31,90	4,82	79,74	12,05
Straßenbeleuchtung	3,17	0,48	7,92	1,20
Div. Gebäudetechnologien	4,18	0,63	10,40	1,57
Gew. Kühlgeräte	7,16	1,08	17,89	2,70
Belüftung und Klimakälte	5,33	0,81	13,36	2,02
Summe	77,94	11,78	194,72	29,42

Quelle: Fraunhofer ISI et al. 2012

4.3.3 Potenziale im Bereich Green IT und durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie

Die Emissionen für den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) betrugen im Jahr 2007 zwischen 23 (BCG 2009) und 34,8 Mio. t CO_2-äqu. (Ecologic Institut 2012). Die mögliche Reduktion in diesem Sektor wird bis 2020 auf ca. 50 % im Vergleich zu 1990 geschätzt. Zusätzlich zum Potenzial der Verringerung des Eigenbedarfs der IKT von 13,4 Mio. t CO_2-äqu. bis 2020 (BCG 2009)besteht ein weiteres, weitaus größeres Potenzial der „Green IT“ in der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in anderen Wirtschaftsbereichen. Dieses liegt theoretisch bei 193 Mio. t CO_2-äqu. bis 2020 (BCG 2009). Die marktgetriebene Reduktion wird teilweise deutlich niedriger angenommen als das theoretische Potenzial. Die in Tabelle 24 dargestellten Potenziale zeigen insbesondere Optionen auf, die mit Hilfe von IT-Lösungen einen Beitrag zur Minderung von Treibhausgasen leisten und gehen deshalb über den klassischen Begriff von „Green IT“ hinaus.

Ausgehend vom theoretischen Potenzial lassen sich die größten Einsparungen im Einsatz von Gebäude- und Klimamanagementsystemen (34,7 Mio. t CO_2-äqu.), intelligenten Verkehrslösungen (Fahrzeugnavigation, Verkehrsflusssteuerung, Intelligente Verkehrsnutzung und IKT-gestützte City-Maut), Intelligenter Technik zur Produktionsoptimierung, Industrie 4.0 (wird als hoch eingeschätzt, aber nicht quantifiziert), Smart Metering und Demand-Side-Management (zusammen 15,6 Mio. t CO_2-äqu.) erzielen. Als ein Designpotenzial können Lösungen wie virtuelle Konferenzen ca. 7,6 Mio. t CO_2-äqu. bis 2020 einsparen. Nach Öko-Institut und Prognos (2009) führt ein vermehrter Einsatz von IKT im Dienstleistungssektor zwar teilweise zu erhöhtem Energieverbrauch, wird aber durch die Einsparungen kompensiert. Der Großteil der ungenutzten Klimaschutzmöglichkeiten sind Design- und Effizienzpotenziale (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24: Potenziale zur Verringerung und Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland durch den Einsatz von „Green IT“ bzw. „IKT für den Klimaschutz“ bis 2020

Themenfeld	Minderungsoptionen	Reduktions potenzial[1]	Art des Potenzials
Intelligente Gebäude	Planungsapplikationen zur Energieoptimierung	0,65 - 2,20	Effizienz
	Gebäude-Klimamanagementsysteme	7,13 - 34,70	Effizienz
	Automatische Lichtsteuerung	0,15 - 1,00	Effizienz
	Intelligentes An- und Abschalten von Geräten	1,17 - 3,90	Effizienz
Intelligente Verkehrsoptimierung	Logistikapplikationen	2,82 - 6,90	Effizienz
	Überwachung und Training Fahrverhalten	1,82 - 18,2	Design/Effizienz/ Suffizienz
	Echtzeitanzeige der Emissionen	0,18 - 9,10	Effizienz
	Intelligente Fahrzeugnavigation und Elektronik	3,53 - 17,70	Design
	IKT-gestützte Städtemaut	4,86 - 19,50	Effizienz
	IKT-optimierte Verkehrsflusssteuerung	2,80 - 14,00	Effizienz
Intelligente Netze (Smart Grid)	virtuelle Kraftwerke	1,24 - 1,70	Design/ Effizienz
	Vorhersageservices für erneuerbare Energien	1,66 - 1,70	Design
	Advanced Smart Meters	1,08 - 4,60	Design
	Demand-Side-Management	3,22 - 11,00	Design/ Suffizienz
	Netzüberwachung und -absicherung	0,57 - 0,70	Design
	Flottenoptimierung Großkraftwerke	3,20 - 3,90	Effizienz
Intelligente Produktionssysteme	Frequenzumrichterantrieb	13,70 - 15,10	Design
	Industrielle Sytemautomatisierung	5,61	Design
	Betriebsoptimierung Kraftwerke	4,20 - 5,70	Effizienz
	weitere Mess-, Steuer- und Regelungstechnik[2]	hoch*	Effizienz/ Design
	Industrie 4.0 [3]	hoch*	Effizienz/ Design
Dematerialisierung	Telearbeit	1,2 - 4,0	Design
	Virtuelle Konferenzen	2,28 - 7,60	Design
	E-media	0,08 - 0,09	Design
	E-Dokument	0,01 - 0,04	Design
	E-invoice	0,03 - 0,04	Design
	E-Paper	1,58 - 4,50	Design
Summe	**max. 23% gegenüber BAU-Szenario 2020**		

[1] Potenziale werden als Bruttopotenziale ausgewiesen, d.h. ohne Einbeziehung der Emissionen, welche durch IKT selbst verursacht werden.

[2] Weitere Emissionsminderungspotenziale in der Industrie werden bisher nicht mit Zahlen bewertet. Quelle zur qualitativen Beschreibung des Potenzials der "Smart Industry": Borderstep Institut 2012

* hoch , aber nicht quantifizierbar

Quelle: BCG 2009, Acatech 2013[3] und eigene Darstellung

4.3.4 Welche Potenziale sind besonders interessant?

Querschnittstechnologien, insbesondere „Green IT“ bzw. IT für den Klimaschutz, stellen wichtige Hebel dar, um in unterschiedlichen Sektoren, wie zum Beispiel im Verkehr, Gebäude und auch Industrie und GHD – Sektor, Emissionsminderungen zu erzielen. Die größten Potenziale konnten in folgenden Bereichen identifiziert werden:

- Optimierung von Pumpen, Motoren, drehzahlvariablen Antrieben (Frequenzumrichterantrieb)

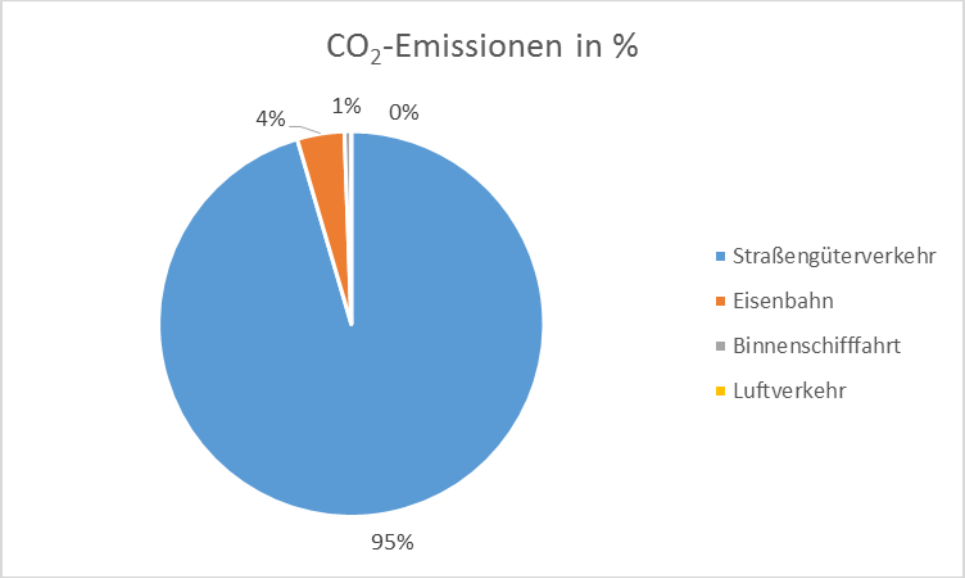
- Druckluft- und Lüftungssysteme
- Kältebereitstellung
- Optimierte Straßenbeleuchtung
- „Green IT“ bzw. „IKT für den Klimaschutz“, z.B.
    - Intelligente Gebäude (Klimamanagementsysteme, Automatisierungsysteme im Gebäudebereich)
    - Intelligente Verkehrssteuerung (IKT gestützte Verkehrsoptimierung)
    - Intelligente Prozessoptimierung (Steuerung von Produktionsprozessen mit IT, Optimierung der Nutzung von Abwärme mit IT)
    - Virtuelle Konferenzen und andere Dematerialisierungsaspekte im GHD-Bereich

Ein Großteil der Minderungsmaßnahmen wird nach BCG 2009 als wirtschaftlich rentabel eingeschätzt. Für viele der Standardtechnologien bestehen bereits Fördermöglichkeiten, z.B. im Rahmen der Querschnittsförderung des BMWi. Da Prozessemissionen (siehe Abschnitt 4.2) im Rahmen der NKI schwer zu adressieren sind, werden sie trotz der hohen Potenziale nicht als relevante Förderschwerpunkte für die NKI weiterverfolgt.[40] Auch die hier aufgelisteten Design- und Effizienzpotenziale durch „Green IT“ bzw. IKT für den Klimaschutz sollten weiter betrachtet werden, da Maßnahmen und Förderprogramme in erster Linie den Energieverbrauch durch IT selbst adressieren, sich aber wenig mit Potenzialen der Anwendung von „Green IT“ zur Emissionsminderung befassen.

4.4 Aktivitätsfeld: Transportlogistik

Der Straßengüterverkehr dominiert die CO_2-Emissionen im Bereich Transportlogistik (Abbildung 14). 95 % der Emissionen aus dem Güterverkehr entstehen auf der Straße.

Abbildung 14: CO_2-Emissionen im Güterverkehr nach Verkehrsträgern (in %, 2010)



Quelle: UBA 2012a, Eigene Darstellung

[40] Ergebnis des Projektworkshops mit dem BMU, Juni 2013

4.4.1 Energieeffizienzpotenziale

Effizienzsteigerungen bestehen im Logistiksektor darin, bestehende Verkehrssysteme zu verbessern. Wie Tabelle 25 darstellt, bieten technologische und logistische Maßnahmen die höchsten Potenziale, aber auch die Systemoptimierung und die Erhöhung der Wertdichte können zur Treibhausgasreduktion beitragen.

Tabelle 25: Effizienzpotenziale im Güterverkehr

Rank	Potenzial	Minderung 2030
1	Technologische Maßnahmen	5% bis 22%
2	Verhaltensändernde Maßnahmen (angepasste Fahrweise, Wartung, Routenplanung und höhere Auslastung)	0% bis 17%
3	Systemoptimierung (Telematik etc.)	0% bis 6%
4	Wertdichte (Verringern der Produktverpackung)	0% bis 3%
	Summe	**5% bis 48%**

Quelle: Foster und Langer 2013

Für Deutschland werden Effizienzpotenziale in UBA (2013b) quantifiziert: Eine Produktivitätssteigerung der Bahn im Schienengüterverkehr würde demnach zu einem Reduktionspotenzial in der Größenordnung von 13 % über den Zeitraum 2010 bis 2030 führen. Öko-Institut (2012c), listet einzelne Effizienzpotenziale, ohne jedoch die spezifischen Beiträge zu nennen (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 26: Wichtige Potenziale im Güterverkehr nach Öko-Institut (2012c)

Potenzial	Erläuterung
Optimierung der Logistik	Bündelung von Warenströmen und Optimierung von Logistikstrukturen, Logistiknetzwerk-übergreifende Koordination
Nutzung moderner Telematik- und IT-Systeme	verbessertes Verkehrsmanagement, dynamische Ziel- und Routenführungssysteme
25-Meter-Lkw	Beibehaltung des zul. Gesamtgewichts, 20%-iger Mautaufschlag
Beimischung von Biokraftstoffen	Anstieg des Biokraftstoffanteils an konventionellen Kraftstoffen auf 10 % (2020) bzw. 20 % (2030) unter Berücksichtigung strenger Nachhaltigkeitsanforderungen
Bahnstrom aus erneuerbaren Energien	Erhöhung des EE-Anteils am Bahnstrommix auf 30 % bis 2020 zusätzlicher Strombedarf durch Verkehrsverlagerung nach 2020 durch zusätzliche erneuerbare Energien gedeckt
Kraftstoffsparende Fahrweise	zunehmende Verbreitung von verbrauchsarmer Fahrweise bei Pkw-/Lkw-Fahrern
Tempobegrenzer für Lkw	Einführung von Tempobegrenzern bei 75% aller Lkw bis 2020 Minderung der mittleren Höchstgeschwindigkeit von 88 auf 82 km/h

Quelle: Öko-Institut 2012c

IFEU et al. (2011) quantifiziert 3 Einzelmaßnahmen (Tabelle 28), leitet daraus jedoch keine Förderschwerpunkte ab. Die Werte nehmen 2030 ggü. 2020 in einigen Fällen ab, da die Referenzentwicklung im Verkehr die Minderungswirkung einschränkt. Die identifizierten Potenziale sind weder horizontal (d.h. über die einzelnen Studien) noch vertikal (d.h. innerhalb einzelner Studien) problemlos aggregierbar. Die genannten Reduktionspotenziale haben daher vor allem einen Orientierungswert.

Tabelle 27: IFEU-Potenziale (2011) im Bereich Güterverkehr

Potenzial	Minderung 2020 (2030) in t CO_2	
Einführung Hybrid-Leichte-Nutzfahrzeuge	88.800	(266.400)
Leichtlaufreifen LkW	2,16 Mio.	(2,16 Mio.)
Fahrerschulung LkW	288.600	(281.200)
Summe	2,54 Mio.	(2,7 Mio.)

Quelle: IFEU et al. 2011

4.4.2 Designpotenziale

Im Bereich Logistik kann die Verlagerung von Verkehr von emissionsintensiven Verkehrsmitteln zu Verkehrsmitteln mit niedrigeren spezifischen Emissionen unter den Designpotenzialen erfasst werden. Eine Übersicht über verschiedene Ansatzpunkte gibt Tabelle 28.

Tabelle 28: Designpotenziale / Verlagerung

Studie	Potenzial	Minderung	Summen
UBA (2009) (Verkehrsaufkommen 2025)	Weiterentwicklung der Lkw-Maut	- 12,1 %	-20,5 %
	Förderung des Kombinierten Verkehrs und der Gleisanschlüsse	- 8,4 %	
Öko-Institut (2012c)	Förderung von Kombiniertem Verkehr und Gleisanschlüssen: Verdopplung der öffentlichen Fördermittel bis 2020	k.A.	k.A.
	Anstieg der Kraftstoffpreise: in erster Linie steuerinduzierter Anstieg der Kraftstoffpreise auf 2,50 $Euro_{2010}$/Liter bis 2030	k.A.	
	Erhöhung und Ausweitung der Lkw-Maut: Erhöhung auf 0,5 $Euro_{2010}$/km bis 2030 Ausweitung auf Lkw ab 3,5 t und auf alle Straßenkategorien	k.A.	
UBA (2013b)	Ausweitung der Lkw-Maut: Erhöhung auf 30 €/100 Fzkm für schwere Nutzfahrzeuge (>12 t) und Einführung einer Maut von 9 €/100 Fzkm für leichte Nutzfahrzeuge	-14 %	k.A.
	Beschleunigung des Schienengüterverkehrs	-6 %	
Foster und Langer (2013) für 2030	Verlagerung gesamt	0 bis -7 %	0 bis -7 %

Quellen: UBA 2009, Öko-Institut 2012c, UBA 2013d

4.4.3 Suffizienzpotenziale

Verzicht auf Transport kann insbesondere durch Regionalvermarktung bzw. Nearshoring[41] angestrebt werden. Wie Tabelle 29 zeigt, gehen die Potenzialschätzungen hier weit auseinander, was zumindest zum Teil sicher auch auf Bilanzierungsgrenzen zurückzuführen ist.

[41] Das Konzept des Nearshoring stammt ursprünglich aus dem Bereich der IKT und beschreibt die Verlagerung von Prozesse in angrenzendes, nahes Ausland, den Gegensatz zum traditionellen Offshoring (http://www.ittoday.info/Articles/nearshoring.htm).

Tabelle 29: Suffizienzpotenziale im Bereich Logistik

Studie	Potenzial	Minderung	Summen
UBA (2009) (Vergleichsgröße: Verkehrsaufkommen	Regionalvermarktung (nur Straßengüterverkehr)	-2%	bis -4,5%
	Verbindliche Verkehrsauswirkungsprüfung für Vorhaben und Gesetze	-2,5%	
Foster und Langer (2013) (2030)	Regionalvermarktung / Nearshoring	-15%	-15%

Quellen: UBA 2009, Foster und Langer 2013

4.4.4 Welche Potenziale scheinen besonders interessant?

Ausgehend vom Primärenergieverbrauch (und entsprechend auch der THG-Emissionslast) wird deutlich, dass Minderungen im Güterverkehr vorrangig den Straßengüterverkehr berücksichtigen müssen. Das Minderungspotenzial im Güterverkehr wird abhängig von Referenzszenario, Zeitraum und geografischem Kontext auf zwischen 13 und 37 % geschätzt. Ein Potenzial von 13 % scheint daher als untere Schranke bereits kurzfristig erreichbar.

Insgesamt wird die Ausweitung der Lkw-Maut als sehr effektiv eingeschätzt. Diese fällt jedoch nicht in den Rahmen der NKI. Zwei mögliche Handlungsfelder wären:

- Förderung der Regionalvermarktung (hier bestehen Anknüpfungspunkte mit der KRL, möglicher EH Förderung, Mittelstandsinitiative, Gewerbeparks und weiteren Potenzialen, die im Rahmen dieser Studie als nennenswert erachtet wurden).
- direkte Förderung von Verkehrsverlagerung / Kombiverkehr, vor allem im Kurzstreckenbereich, d.h. insbesondere für die sogenannte „letzte Meile“.[42]

Diese Themen werden in der nächsten Projektphase eingehender untersucht.

4.5 Zusammenfassung Wirtschaft

Bei der Zielgruppe Wirtschaft wurden folgende Aktivitätsfelder untersucht: Landwirtschaft, Verarbeitendes Gewerbe, Querschnittstechnologien und Logistik.

Es ist festzustellen, dass die größeren Reduktionspotenziale für die Landwirtschaft im nicht-energetischen Bereich liegen. Die größten Potenziale liegen im Bereich der Landnutzungsänderung und beim Düngermanagement, z.B. durch die Nutzung von Leguminosen zur Anreicherung von Phosphor im Boden, Verbesserung der Nutzung der Düngermengen, Veränderungen beim Anbau von Futtermitteln, Veränderungen der Bodenbearbeitung und Einschränkungen bei der Landnutzungsänderung.

Das verarbeitende Gewerbe und insbesondere die Prozessindustrien sitzen an einer Schlüsselposition für den Klimaschutz, denn sie stellen Materialien und Produkte für alle anderen Sektoren bereit, deren Produktion sowie deren Nutzung für Energie- und Ressourcenverbrauch höchst relevant sind. IFEU et al. (2011) berechnen, dass branchenspezifische Stromsparpotenziale in den Branchen Metallerzeugung, NE-Metalle, Papiergewerbe, Glas und Keramik, Steine und Erden, Grundstoffchemie und Ernährungsgewerbe insgesamt in 2020 gegenüber 2010 16,5 Mio. t CO_2-äqu. und im Jahr 2030 22,9 Mio. t

[42] Das Marco Polo Programm der Europäischen Kommission wurde mittlerweile aufgrund mangelhafter Performanz eingestellt. Ein zukünftiges Förderprogramm muss daher die Lehren aus der Vergangenheit mitberücksichtigen.

weniger emittieren könnten.[43] Neben den klassischen Energieeffizienzpotenzialen sowie der integrierten Prozessoptimierung bestehen branchenübergreifende Potenziale in der Erhöhung von Recyclingraten und beim Verzicht auf Nutzung von Produkten.

Der Großteil der Prozessemissionen entsteht bei der Metallerzeugung, insbesondere in der Eisen- und Stahlbranche. Durch die Substitution von Koks durch CO_2-ärmere Reduktionsmittel in der Eisen- und Stahlerzeugung, bspw. durch Erdgas oder langfristig durch Wasserstoff könnten die prozessbedingten Emissionen um 50 % bis theoretisch 100 % gesenkt werden. Sowohl die Direktreduktion (z.B. im Midrexverfahren) als auch die Wasserstoffnutzung (Circored-Verfahren) sind im industriellen Maßstab verfügbar aber nicht in Deutschland etabliert. Eine weitere Option ist die Direktelektrolyse von Eisen. Sowohl bei Stahl als auch bei Glas ist die Erhöhung der Recyclingrate anzustreben. Zur Reduktion der Prozessemissionen der Zementindustrie wird die Reduktion des Klinkeranteils sowie die Substitution von Kalkstein durch Cementite aktuell erforscht, bzw. erste Pilotanlagen haben die Produktion aufgenommen.

Zusätzlich zu diesen branchenspezifischen Potenzialen schätzt IFEU et al. (2011) das Potenzial zur Stromeinsparung durch Querschnittstechnologien in der Industrie auf ca. 130 PJ/a (19,64 Mio. t CO_2/a). Darüber hinaus sind ca. 22 TWh (79 PJ) Einsparung/a bis 2020 (Stromfaktor 1) im GHD-Sektor erschließbar, das entspricht fast 12 Mio. t CO_2/a. Die größten Energieeffizienzpotenziale werden dabei bei der Optimierung von Pumpen, Motoren, drehzahlvariablen Antrieben, Druckluft- und Lüftungssystemen, gewerblicher Kühlung, Straßenbeleuchtung und der Einführung von Klimamanagementsystemen im Gebäudebereich, IKT gestützter City-Maut und virtuelle Konferenzen gesehen. Viele der Querschnittstechnologien werden bereits durch Förderprogramme adressiert.

Eine Vielzahl von Einsparpotenzialen lassen sich auch im Bereich der Güterverkehrslogistik identifizieren. Potenziale sind bspw. die Einführung leichter Hybrid-Nutzfahrzeugen oder der Einbau von Lkw-Tempobegrenzern. Insbesondere die Ausweitung der Lkw-Maut wäre sehr effektiv, fällt jedoch nicht in den Rahmen der NKI. Mögliche NKI-Maßnahmen sind die Förderung von Regionalvermarktung, die Förderung von Verkehrsverlagerung und die Steigerung des Kombiverkehrs.

[43] Für die wirtschaftliche Entwicklung werden hier die gleichen Annahmen getroffen, wie für die Energiewendeszenarien der Bundesregierung (Prognos 2010).

5 Kommunen

In diesem Kapitel werden die Kommunen als Emittenten betrachtet, nicht als Enabler und/oder Mesoakteure, die Treibhausgasemissionen anderer Akteure beeinflussen. Es geht somit nur um Potenziale in folgenden Bereichen, die direkt zum Energieverbrauch oder Treibhausgasausstoß von Kommunen führen:

- Kommunale Liegenschaften
- Fernwärmeversorgung
- Trinkwasserversorgung
- Abwasserentsorgung
- Abfallentsorgung
- Mobilität (Fuhrpark und Öffentlicher Personennahverkehr)

5.1 Aktivitätsfeld Kommunale Liegenschaften

Für die Liegenschaften der öffentlichen Hand gibt es keine einheitliche statistische Datenbasis. Die Informationen zu Gebäudeanzahl, Ausstattung und Energieverbrauch sind insbesondere bezogen auf die kleinen und mittleren Kommunen sehr schlecht. In einer Potenzialanalyse der dena werden durch Prognos verschiedene Zahlen zusammengetragen, die helfen, den Energieverbrauch in kommunalen Liegenschaften einzuschätzen (dena 2007). Es gibt demnach in etwa 175.600 kommunale Verwaltungsgebäude, Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen sowie Sportbauten. Sonderbauten wie z.B. Kläranlagengebäude, Theater etc. sind in dieser Anzahl nicht enthalten. Diese verbrauchen rund 133.560 TJ/a (37.100 GWh/a). Fast 80 % dieses Energieverbrauchs fallen auf den Wärmebedarf. Treibhausgaseinsparungen können daher über verschiedene Aktivitäten erzielt werden. Das größte Potenzial liegt in der Gebäudedämmung und Optimierung der Heizungs- und Versorgungsanlagen (RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung). Weiteres Potenzial besteht durch den Einsatz energieeffizienter Technologien und Produkten. Eine Übersicht gibt Tabelle 30.

Tabelle 30: Potenziale für kommunale Liegenschaften

Themenfeld	Effizienzpotenziale	Designpotenziale	Suffizienzpotenziale
kommunale Liegenschaften	Gebäudesanierung + Erneuerung Heizungssysteme	Green-IT: Dematerialisierungs-strategien	Mitarbeitermotivation
	Beschaffung von effizienteren Produkten	Nachhaltiges Gebäudemanagement	
	Green-IT: effiziente Computertechnologie und Raumlufttechnik		

Quelle: Eigene Darstellung

5.1.1 Effizienzpotenziale

Laut Prognos und difu (2011) strukturieren sich der Energieverbrauch im Sektor öffentliche Liegenschaften (Kommunen) und parallel dazu die Einsparpotenziale wie in Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 31: Energieverbrauch und Einsparmöglichkeiten in der öffentlichen Infrastruktur aus Prognos und difu (2011)

		2007	2010	2013	2016
Analyse des Verbrauchs					
Endenergieverbrauch	GWh/a	37.620	36.640	35.460	34.820
Einsparung	GWh/a		980	2.160	2.800
Wärme Liegenschaften	GWh/a		960	2.030	2.620
Strom Liegenschaften	GWh/a		-70	-70	-80
Strom Straßenbeleuchtung	GWh/a		90	200	260
Analyse der Maßnahmen					
Gesamt	GWh/a	110	1.900	2.950	3.220

Die negativen Werte bei Strom zeigen einen zukünftigen Mehrverbrauch an Strom in öffentlichen Liegenschaften an.
Quelle: Prognos und difu 2011

Aus diesem Energieverbrauch entstehen Emissionen von rund 12 Mio. t CO_2/a[44] . In einer Trendfortschreibung bezogen auf vergangene Sanierungsaktivitäten werden 720.000 t CO_2 bis 2016 im Wärmebereich eingespart, während die Stromlasten zu Mehremissionen von 43.000 t CO_2 bis 2016 führen werden (Prognos und difu 2011). Eine Potenzialabschätzung mit Blick auf das vorhandene technische und wirtschaftliche Klimaschutzpotenzial wird lediglich in einer älteren Potenzialstudie (Prognos 2006) abgegeben, jedoch auch hier nicht unter der Maßgabe der Vorbildwirkung der öffentlichen Hand bzgl. Energieeffizienz und Energieeinsparung. Das technische Potenzial bis 2016 liegt nach dieser Studie bei rund 33 PJ/a, wobei rund 60 % den kommunalen Gebäuden zugerechnet werden können. Das entspricht rund 1,2 Mio. t CO_2/a (nach eigenen Berechnungen).

In McKinsey (2008) zu Potenzialen der öffentlichen Beschaffung aus dem Jahr 2008 werden die CO_2-äqu.-Reduktionspotenziale im Bereich Gebäude mit 2,8 Mio. Tonnen angegeben (bezogen auf kommunale Gebäude ca. 1,8 Mio. t). Rund 80 % dieser Investitionen können mit negativen Vermeidungskosten umgesetzt werden, jedoch unter erheblichen Investitionsaufwand. In keiner Studie wird allerdings das durch die **Vorbildwirkung im öffentlichen Sektor** umsetzbare Klimaschutzpotenzial thematisiert.

Exkurs Vorbildwirkung öffentlicher Sektor:

In der im Herbst 2012 verabschiedeten EU-Energieeffizienzrichtlinie wird festgehalten, dass öffentliche Gebäude der jeweiligen Zentralregierungen Vorbildwirkung entfalten müssen, d.h. konkret, dass lt. Richtlinie 3 % der Gesamtfläche beheizter und/oder gekühlter Gebäude mindestens nach den Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz (ebenfalls in der EU-Richtlinie definiert) renoviert werden. Mitgliedsstaaten können diese Pflicht auch auf weitere öffentliche Gebäude (z.B. Kommunale Gebäude) ausweiten. Konkrete Anforderungen an die Sanierungsqualität werden in der Effizienzrichtlinie allerdings nicht gemacht. Jedoch wird in der EU-Gebäuderichtlinie der Niedrigstenergiestandard definiert, welcher ab 2018 für alle Neubauten des öffentlichen Sektors gilt. Zusätzlich sollen strategische Pläne entwickelt werden, wie die absolute Anzahl von Niedrigstenergiegebäuden im Mitgliedland erhöht werden kann.

Zusätzlich gibt es Effizienz- und Einsparpotenziale im Bereich der Nutzung von Geräten sowie in der Beschaffung. Laut McKinsey (2008) liegt das Reduktionspotenzial im Bereich effizienter Geräte bei rund 700.000 t CO_2-äqu., jedoch für den gesamten öffentlichen Bereich. Bezogen auf die Kommunen entspricht das in etwa 450.000 t/a[45]. Der Großteil dieses Potenzials lässt sich durch den Einsatz effizienter Beleuchtung realisieren (effiziente Technologien wie LED-Technik, Beleuchtungssteuerung etc.).

[44] nach eigenen Berechnungen, orientiert an der derzeit vorherrschenden Energieträgerverteilung zur Wärmeversorgung

[45] Rund zwei Drittel des Energieverbrauchs fallen lt. McKinsey auf kommunale Gebäude.

Weiteres Potenzial bietet die Anschaffung von Motoren in Haustechnik, IT-Geräten und weißer Ware, die höchsten Energieeffizienzstandards entsprechen.

Der Bereich Green-IT ist bezogen auf die verfügbaren Potenziale sehr interessant. Allein durch den Einsatz energieeffizienterer Desktop-PCs könnten die kommunalen Verwaltungseinrichtungen ihren IT-bedingten Stromverbrauch um 45 % reduzieren, das entspricht einem Gesamteinsparpotenzial für Deutschland von 46 GWh/a (0,17 PJ/a) bzw. 25.000 t CO_2/a. Durch den Ersatz von Desktop-PCs mit Thin Clients bzw. Notebooks können insgesamt sogar 46.000 t/a gespart werden. Die Einführung von Netzwerkdruckern anstelle von Arbeitsplatzdruckern reduziert die Emissionen um weitere 25.000 t allein durch geringeren Stromverbrauch. Hier noch nicht mit berücksichtigt sind verminderte Emissionen durch die geringere Geräteanzahl insgesamt.

Tabelle 32: Überblick über die Effizienzpotenziale

Themenfeld	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Gebäudesanierung + Erneuerung Heizungssysteme	1,2 bis 1,8 Mio. t	Kommunen	Großes Potenzial, jedoch hohe Anfangsinvestitionen. In Potenzialberechnungen wird der Vorbildcharakter der Kommunen nicht berücksichtigt
Beschaffung	450.000 t CO_2-äqu.	Kommunen	Große Potenziale, die häufig sogar wirtschaftlich umzusetzen wären, würde der Lebenszyklusansatz angewandt.
Green-IT	25.000 t CO_2 Netzwerkdrucker 25.000 t CO_2 eff. PCs 46.000 t CO_2 Thin Clients / Notebooks	Kommunen	Mittleres Potenzial, jedoch als umfassendes Querschnittsthema wichtig, hohe Einflussmöglichkeiten der Kommune

Quellen: Prognos 2006, Prognos und difu 2011, McKinsey 2008,

5.1.2 Designpotenziale

Die in Kapitel 4.3 für die Green-IT genannten Potenziale wie z.B. Telearbeit oder virtuelle Konferenzen sind den Designpotenzialen zuzuordnen und können in den Kommunen sehr weitgehend umgesetzt werden. Spezifische Aussagen zu rein kommunalen Potenzialen sind aber nicht vorhanden. Ein für die Kommunen interessanter Ansatz könnten vor allem die Maßnahmen im Bereich „Dematerialisierung“ sein. Veränderungen in der kommunalen Verwaltung (z.B. online-Formular-Angebote) könnten zukünftig im Rahmen von (kommunalen) Green-IT-Konzepten verstärkt untersucht werden.

Weitere Potenziale zur CO_2-Einsparung bestehen beispielsweise durch aktives Management, insbesondere im Gebäudemanagement (optimierte Gebäudeleittechnik, zielorientiertes Gebäudemanagement mit nachhaltiger Einsatzplanung). Das Fraunhofer ISE (2010) beziffert hier die Einsparpotenziale auf bis zu 30 % durch optimierten Betrieb der Ver- und Entsorgungsanlagen.

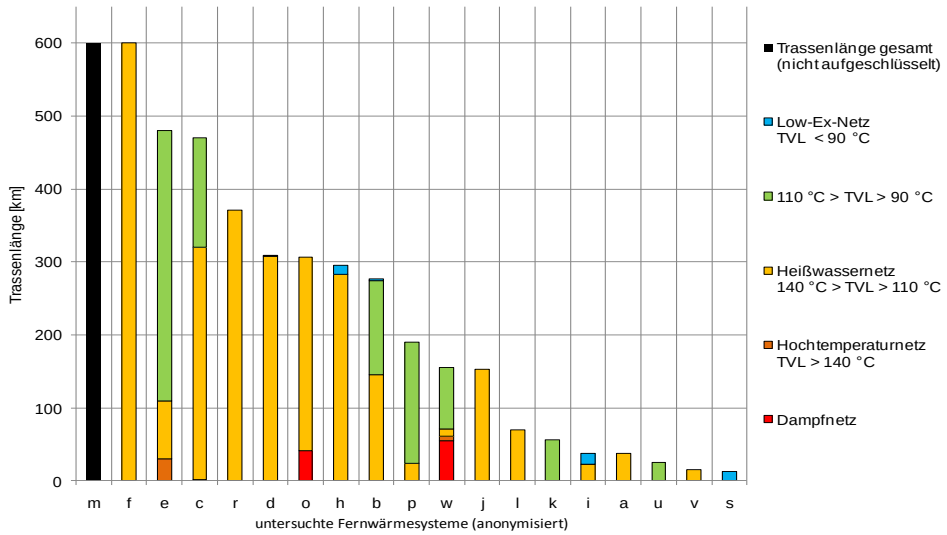
5.1.3 Suffizienzpotenziale

Durch Maßnahmen wie z.B. Information und Motivation können Mitarbeiter der öffentlichen Verwaltung zu suffizientem Handeln motiviert werden. Durch die Verwendung von Warmhaltekannen, richtiges Lüften oder durch das Aufdecken überschüssiger Energieverbräuche können Treibhausgasemissionen eingespart werden. Beispiele im Bereich der kommunalen Verwaltung die in verschiedenen Studien und Veröffentlichungen erwähnt (z.B. Energieagentur NRW zum Projekt e-fit), jedoch nicht quantifiziert.

5.2 Aktivitätsfeld Fernwärme

Nahezu alle deutschen Großstädte über 100.000 Einwohner haben Fernwärmenetze. Die Fernwärmeversorgung ist meist auf Gebiete beschränkt, die eine hohe Wärmedichte vorweisen, da die Verteilungskosten mit abnehmender Wärmedichte ansteigen. Die erzeugte Wärme wird über 1.400 Netze mit einer Gesamtlänge von ca. 19.000 km verteilt. Etwa 550 der rund 1.000 deutschen Energieversorgungsunternehmen betreiben Wärmenetze (UBA 2011, IFEU et al. 2013). Die Wärmeabgabe an Kunden betrug 2010 nach AGFW 2011[46] rund 311 PJ, was etwa 6% des Endenergiebedarfs für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme entsprach (IFEU et al. 2013). Die CO_2-Emissionen der Fernwärme inkl. Fremdbezug liegen bei rund 34 Mio. t, wobei hier regional die Emissionen Unterschiede aufzeigen, je nachdem welche Energieträger eingesetzt werden. Bestandsnetze werden überwiegend mit hohen Temperaturen gefahren (> 110 °C), was eine Einbindung von erneuerbaren Energien erschwert (vgl. Abbildung 15).

Abbildung 15: Trassenlängen und Netztemperaturen in 19 Bestandsnetzen in Deutschland



Quelle: IFEU et al. 2013

Der **Endenergiebedarf zur Raumwärme** ist laut den in IFEU et al. (2013) analysierten Szenarien (Öko-Institut und Prognos 2009, DLR und IfnE 2009, IER et al. 2010, DLR et al. 2010, Prognos et al. 2010) auch dadurch gekennzeichnet sein, dass sich der spezifische Bedarf deutlich reduziert (von derzeit rund 150 bis 160 kWh/m²a / 0,54 bis 0,58 GJ/m²a auf 20 bis 70 kWh/m²a / 0,07 bis 0,25 GJ/m²a im Jahr 2050), trotz absolut steigendem Wohnflächenbedarfs. In den meisten Szenarien geht der Fernwärmeabsatz zurück (um rund 40 % bis 80 % je nach Szenario), lediglich im Leitszenario 2009 und 2010 nimmt der Anteil der leitungsgebundenen Wärme deutlich zu. Das liegt vor allem daran, dass hier der Ausbau kleiner, räumlich begrenzter Fernwärmesysteme auf Basis erneuerbarer Energien sehr stark berücksichtigt wird (von derzeit rund 127 PJ auf 721 PJ im Jahr 2050). Allerdings wird in den Szenarien gleichzeitig darauf verwiesen, **dass die fernwärmebeheizte Wohnfläche insgesamt zunimmt**. Der Anteil der Fernwärme am Endenergieverbrauch im Sektor private Haushalte bleibt bis 2050 somit nahezu konstant. Die **erneuerbaren Energien sollen in der Wärmeversorgung** einen bedeutenderen Stellenwert erhalten (je nach Szenario Verdoppelung oder Verdreifachung). Für die Fernwärme bedeutet dies konkret:

[46] Die AGFW-Erhebung erfasst in etwa 90% der Fernwärme in Deutschland.

- Der Fokus liegt auf der Verdichtung in bestehenden Systemen, um den Fernwärmeabsatz trotz energetischer Gebäudesanierung kosteneffizient zu halten.
- Es müssen Vor- und Rücklauftemperaturen reduziert werden, um die Effizienz des Netzes zu steigern und
- um das Einspeisen von erneuerbaren Energien zu ermöglichen.
- Kaskadennutzungen sollten verstärkt berücksichtigt werden, um den exergetischen Nutzungsgrad der Fernwärme zu erhöhen.

Mit diesen Maßnahmen lassen sich THG-Emissionen reduzieren, die jedoch aufgrund der Komplexität dieser Systeme (z.B. durch Interdependenzen auf die Energieerzeugung und den Energieverbrauch in den einzelnen Gebäuden) und der Individualität von Fernwärmesystemen (jedes Fernwärmesystem hat unterschiedliche Energieträger, Transportbedingungen und somit Emissionen) in den Studien nicht quantifiziert wurden (vgl. Tabelle 33).

Tabelle 33: Potenziale der Fernwärmeversorgung

Themenfeld	Akteure	Handlungsspielraum
Fernwärmeverdichtung	Nutzer: Fernwärmeversorger, Gebäudebesitzer Enabler: Kommunen	Vermutlich großes Potenzial mit vielen Handlungsmöglichkeiten (z.B. Akzeptanz für FW verbessern, Kostenreduktion, strategische Wärmeplanung in Kommunen etc.)
Effizienzsteigerung in der Fernwärmeverteilung	Nutzer: Fernwärmeversorger, Fernwärmekunden Enabler: Planer	Kunden und Versorger müssen an der Optimierung arbeiten, Know-how-Aufbau notwendig, Fernwärmeversorger zu Maßnahmen anregen
Erhöhung der erneuerbaren Energien	Nutzer: Fernwärmeversorger, EE-Wärmeerzeuger Enabler: Kommunen	Neue Anforderungen an FW-Betreiber, Know-how-Lücken, fehlende Anreize
Kaskadennutzung, Rücklauftemperaturnutzung	Nutzer: Fernwärmeversorger, Gebäudebesitzer Enabler: Kommunen, Planer	Wärmenutzungsplanung könnte hilfreich sein, komplexe und innovative Systeme, Anknüpfung an Masterplan-Förderung

Quellen: IFEU et al. 2013, Öko-Institut und Prognos 2009, DLR und IfnE 2009, IER et al. 2010, DLR et al. 2010, Prognos et al. 2010, IFEU-laufend

5.3 Aktivitätsfeld Trinkwasserversorgung

Nach aktuellen Informationen liegt bisher in Deutschland keine ausführliche Potenzialanalyse für die Klimaschutzpotenziale der Trinkwasserversorgung vor, sowohl mit Blick auf die Effizienz- und EE-Potenziale wie auch auf die Suffizienz- und Designpotenziale. Es ist nicht möglich, die derzeitigen energiebedingten Emissionen im Bereich Trinkwasserversorgung zu quantifizieren. Die vorliegende Ökobilanz des IFEU zu Trinkwasser (IFEU 2011b) lässt ebenfalls keine Rückschlüsse auf CO_2- bzw. Treibhausgaseinsparpotenziale zu.

Allerdings wurden einige Konzepte zur Optimierung lokaler Trinkwasserversorgungseinrichtungen auf deren Potenzialaussagen hin untersucht, mit folgendem Ergebnis:

- Energetisches Benchmarking zur Trinkwassergewinnung ist kaum möglich, da lokale Rahmenbedingungen den Energieaufwand extrem beeinflussen.
- Vorgeschlagene Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs sind z.B.
    - Zentralisierung der Wasserenthärtung

    - Austausch energieaufwändiger gegen weniger energieintensive Anlagen (Modernisierung: z.B. Erneuerung der Ozonierung)
    - Überprüfung der eingesetzten Betriebsmittel und Aufbereitungschemikalien zur Minimierung der vor- und nachgeschalteten Schritte
    - Verminderung von Wasserverlusten bei der Aufbereitung und der Wasserverteilung
    - Optimierung der Wasserqualität, um Einzeloptimierungen in den Haushalten zu vermeiden (z.B. mehr Waschpulver wegen zu hartem Wasser)
- Maßnahmen zur Vermeidung von Wasserverlusten sind:
    - Druckmanagement
    - Infrastrukturmanagement
    - Aktive Leckkontrolle
    - Qualitätsmanagement der Reparaturen
    - Suche nach Leckagen

Inwieweit bei der Optimierung eines Trinkwasserversorgungssystems Klimaschutzpotenziale durch den Einsatz effizienterer Technologie oder erneuerbarer Energien mit Suffizienz- und Designpotenzialen einhergehen, kann demnach nicht konkretisiert werden (z.B. Wassereinsparung führt zu höheren Reinigungsaufwendungen im Abwassersystem). Es ist jedoch zu erwarten, dass hier deutliche Klimaschutzpotenziale zu heben wären, die über weitere Analysen detailliert qualitativ und quantitativ bewertet werden sollten.

5.4 Aktivitätsfeld Abwasserentsorgung

Im kommunalen Bereich gehören die mehr als 10.000 Klärwerke zu den größten Stromverbrauchern. Mit durchschnittlich fast 20 % des Stromverbrauchs aller kommunalen Einrichtungen benötigen sie mehr Strom als Schulen oder Krankenhäuser. Der Strombedarf der Kläranlagen liegt bei rund 4.400 GWh/a (15,84 PJ/a), damit verbunden sind rund drei Mio. t CO_2-Emissionen/a (lt. difu 2012).

In der IFEU-Studie (2010) zu Klimaschutz-und Energieeffizienzpotenzialen im Bereich Abfall und Abwasserwirtschaft, im Rahmen des Vorhabens „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“ sowie in der Studie von BMU und UBA (2007) zu Energieeffizienz in Kläranlagen wurden die Potenziale diskutiert, die in Tabelle 34 aufgeführt werden.

Tabelle 34: Treibhausgasreduktionspotenziale in der Abwasserentsorgung

Themenfeld	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Stromeinsparung (realistisch maximal)	780.000 - 1.640.000 t	Nutzer: Kläranlagen-betreiber	Betriebssicherheit hat oberste Priorität, weshalb nur geringe Bereitschaft zu Änderungsmaßnahmen besteht, zu hohe Investitionskosten, reine energetische Erneuerung wird abgelehnt (nur in Kombination mit Ohnehinmaßnahmen)
Vollständige Nutzung des Klärgas im BHKW	ca. 436.000 t	Nutzer: Kläranlagen-betreiber	
Steigerung Klärgaserzeugung und Nutzung im BHKW	ca. 725.000 t	Nutzer: Kläranlagen-betreiber	
Vollständige thermische Klärgasentsorgung (nicht optimiert - optimiert)	ca. 250.000 - 1.000.000 t	Nutzer: Kläranlagen-betreiber	
Nutzung des Abwasserwärme-potenzials	ca. 640.000 - 1.250.000 t	Nutzer: Abwasserentsorger Enabler: Kommune	
Phosphorrück-gewinnung	ca. 190.000 t	Nutzer: Kläranlagen-betreiber	

Quellen: IFEU 2010, BMU und UBA 2007

Innovative Praxisbeispiele für Maßnahmen zur Treibhausgasminderung auf Kläranlagen werden in der Publikation von difu (2012) diskutiert.

5.5 Aktivitätsfeld Abfallentsorgung/ Siedlungsabfall

In der Abfallwirtschaft werden neben Treibhausgasen aus Verbrennungsprozessen auch andere Treibhausgase wie etwa Methangas (CH4), Lachgas (N2O) oder Flurchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) freigesetzt. Neben der Reduktion dieser Emissionen geht es im Bereich der Abfallwirtschaft auch um den ständig steigenden Rohstoffverbrauch. Auch hier sind Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung bzw. zur Ressourceneffizienz essentiell. Die Entsorgungsverpflichtung für Haushalte und Kleingewerbe liegt grundsätzlich bei den Kommunen, auch wenn der Zugriff auf die anfallenden Abfallfraktionen und die Entsorgungswege nicht überall gleich gelöst sind. Aus Klimaschutzsicht sind die Abfälle mit hohem Anteil an organischem Material besonders relevant, bei andere Abfallfraktionen stehen Aspekte des Ressourcenschutzes (z.B. Recyclingpotenziale) im Vordergrund. Insgesamt werden laut Öko-Institut und IFEU (2010) rund 47 Mio. t CO2-äqu durch die Siedlungsabfallwirtschaft emittiert. Der Großteil der Emissionen entsteht in Müllverbrennungsanlagen (MVA).

5.5.1 Effizienzpotenziale

Die entsorgungsspezifischen Einsparpotenziale durch verschiedene Effizienzmaßnahmen in der Abfallwirtschaft werden in Tabelle 35 dargestellt. Zusätzlich bestehen Potenziale im Bereich der Fahrzeugflotten analog zu Kapitel 5.6.1.

Tabelle 35: Effizienzpotenziale in der Abfallentsorgung

Themenfeld	Theoretisches Potenzial	Akteure	Handlungsspielraum
Optimierung MVA in Deutschland	ca. 2,9 Mio. t (THG)	Nutzer: MVA-Betreiber, Abfallentsorger Enabler: Kommunen	Großes Potenzial jedoch verbunden mit hohen Investitionskosten, Betriebssicherheit hat oberste Priorität, reine energetische Erneuerung wird abgelehnt (nur in Kombination mit Ohnehinmaßnahmen)
Optimierung der Vergärung	ca. 265.000 t (THG)	Nutzer: Abfallentsorger, Abfallbehandler Enabler: Planer	

Quelle: IFEU 2010

5.5.2 Designpotenziale

Die möglichen Designpotenziale in der Abfallwirtschaft werden in Tabelle 36 dargestellt.

Tabelle 36: Designpotenziale in der Abfallwirtschaft

Themenfeld	Theoretisches Potential	Akteure	Handlungsspielraum
Steigerung der getrennten Erfassung von Biomüll	ca. 150.000 t (THG)	Nutzer: Abfallentsorger Enabler: Kommunen	Großes Potenzial jedoch verbunden mit hohen Investitionskosten, Betriebssicherheit hat oberste Priorität, reine energetische Erneuerung wird abgelehnt (nur in Kombination mit Ohnehinmaßnahmen)
Nachrüstung von Kompostieranlagen um anaerobe Stufe	ca. 940.000 t(THG)	Nutzer: Abfallentsorger, Abfallbehandler Enabler: Planer, Kommune	
Erschließung holzartiger Grünabfälle (z.B. aus Landschaftspflege)	ca. 1,5 Mio. t (THG)	Nutzer: Abfallentsorger Enabler: Kommunen	
Erschließung krautiger Grünabfälle	ca.260.000 t (THG)	Nutzer: Abfallentsorger Enabler: Kommunen	

Quelle: IFEU 2010

Viele der genannten Potenziale werden im Rahmen der bestehenden Konzeptförderung TK Abfall adressiert. Eine Quantifizierung der THG-Einsparungen durch die Abfallvermeidung liegt derzeit nicht vor.

5.6 Aktivitätsfeld kommunale Mobilität

Im folgenden Kapitel werden Energieeffizienz-Potenziale im Bereich Mobilität erläutert, die für die Kommune von Bedeutung sind. Wie eingangs erläutert, fokussiert dieses Kapitel auf die Treibhausgasemissionen der kommunalen Verkehre, also Flotten und ÖPNV.

Als Grundlage zur Ermittlung der Potenziale dient IFEU et al. (2011). Das dort dargestellte Einsparpotenzial wurde für den gesamten Verkehrssektor berechnet. Welchen Anteil die kommunale Mobilität daran ausmacht, kann nicht ermittelt werden. Dennoch können die Bereiche abgeleitet werden, in denen auch für die Kommunen hohes Einsparpotenzial vorliegt, wie z.B. die Einführung effizienter Pkws im kommunalen Fuhrpark. Ergänzend zu den in IFEU (2011a) diskutierten Bereichen werden neue Handlungsfelder aufgeführt, die ebenfalls ein hohes Einsparpotenzial aufweisen, dazu zählt beispielsweise Carsharing.

In Tabelle 37 werden den verschiedenen Handlungsfeldern aus Abbildung 6 (im Verkehrssektor) kommunale Beispiele zugeordnet. Es wird deutlich, dass Potenziale in den Bereichen kommunaler Fuhrpark, kommunale Mitarbeiter sowie ÖPNV bestehen. Daher stehen diese Handlungsfelder im Fokus der Betrachtung. Die Unterteilung nach Effizienz-, Suffizienz-, und Designpotenzialen ist nicht immer eindeutig voneinander abgrenzbar, insbesondere im Bereich ÖPNV entstehen dadurch Probleme (siehe Erläuterungen im Kapitel 3.1 „Mobilität und Freizeit"). Daher wird im Bereich ÖPNV diese Unterteilung nicht weiter vorgenommen.

Tabelle 37: Potenzialanalyse des Mobilitätssektors

Themenfelder Verkehr	Kommunaler Einflussbereich
Effiziente Pkw	Kommunaler Fuhrpark
Leichtlauföle Pkw	Kommunaler Fuhrpark
Leichtlaufreifen Pkw	Kommunaler Fuhrpark
Leichtlaufreifen Lkw	Müllfahrzeuge, Straßenreinigung etc.
Energieeffizientes Fahren Pkw	Kommunale Mitarbeiter
Fahrschulung Lkw	Kommunale Mitarbeiter
Verlagerung innerörtlicher Pkw-Verkehr auf ÖPNV	(ÖPNV) Job-Ticket, Dienstfahrräder, Pedelecs, Carsharing
Einführung Hybrid-Linienbusse	(ÖPNV) Indirekte Einflussnahme
Einführung Hybridleichte Nutzfahrzeuge	Kommunaler Fuhrpark

Quelle: IFEU et al. 2013

5.6.1 Kommunaler Fuhrpark

In der von der von Neuhaus et al. (2007) durchgeführten Befragung von rund 600 Kommunen zum kommunalen Fuhrpark wurde der Zustand des kommunalen Fuhrparks in Deutschland aufgenommen und analysiert. Ein Fuhrpark einer Kommune besteht demnach aus kommunalen Pkws bzw. Motorrädern, Sonderfahrzeugen und Transportern. Auch wenn im Vergleich zur gewerblichen Wirtschaft eine weniger stark ausgeprägte Überalterung des kommunalen Fuhrparks festgestellt wurde, besteht dennoch ein deutliches Optimierungspotenzial.

In den analysierten Studien ließen sich keine Informationen zur Gesamtgröße des kommunalen Fuhrparks in Deutschland finden. Somit konnten keine quantitativ hochgerechneten Einsparpotenziale dazu abgeleitet werden.

5.6.1.1 Effizienzpotenziale

Mit einem strukturierten und detaillierten **Fuhrparkmanagement** (Ist-Analyse und Bedarfsanalyse) lassen sich THG-Emissionen insbesondere dadurch senken, dass weniger Fahrzeuge angeschafft und vorhandene besser ausgelastet werden. Dazu muss die Kommune folgende Kriterien überprüfen: Anzahl

und Art der Fahrzeuge, Fahrzeugalter, durchschnittliche jährliche Fahrleistung, Emissionsstandard, Einsatzzweck, Einsatzgebiet, Fahrzeugauslastung (VCD e.V. 2010).

Bei der Beschaffung von Fahrzeugen sollten Vorgaben zur Energieeffizienz der Regelfall sein. Als Richtschnur kann das EU-Ziel von 120 g CO_2/km im Flottenschnitt dienen. Zudem sollten vor dem Kauf der Einsatzzweck, Einsatzgebiet, Tourenprofil sowie die Fahrleistung überprüft werden. Erst so kann eine fundierte Kaufentscheidung getroffen werden. Alternative Antriebe und Kraftstoffe wie Erdgas oder Hybride erfordern oft höhere Investitionskosten, amortisieren sich jedoch über die Haltedauer der Fahrzeuge und senken die Emissionsbelastung vor Ort. Dennoch sollte bei jeder Anschaffung genau geprüft werden, welcher Kraftstoff und Antrieb für die gewünschte Nutzung ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist. Beispielsweise bieten Hybridfahrzeuge auf längeren Strecken nur geringe Vorteile bezüglich der Kraftstoffeinsparung.

Fahrzeuge mit Erdgasantrieb emittieren 25 % weniger CO_2. Mit der zunehmenden Beimischung von Biomethan ins Erdgasnetz wird dieser Vorteil weiter ausgebaut. Damit kann eine kommunale Erdgasflotte zu den Klimaschutzzielen der Städte und Gemeinden beitragen. Dank der günstigeren Steuer ist der Kraftstoff um etwa 50 % günstiger als Benzin und etwa 30 % günstiger als Diesel (dena 2013). Zudem gibt es bereits diverse Serienfahrzeuge sowie Transporter mit Erdgasantrieb.

Hybridfahrzeuge benötigen vor allem bei der Nutzung im Stadtverkehr deutlich weniger Sprit als Benziner oder Diesel. Der VCD erstellt jährlich eine Auto-Umweltliste, wo mehr als 350 aktuelle Pkw-Modelle nach ihrem Verbrauch, Fahrgeräuschen und den Schadstoffemissionen bewertet werden. Abgesehen vom Sieg des Erdgas-Autos in der TOP TEN, dominieren in den Kategorien Kompaktklasse, Familienauto und Siebensitzer sehr deutlich die Hybride. 30 Autos erreichen die 95g CO_2/km. Die Besten emittieren nur 79 g CO_2/km (VCD e.V. 2010).

Neben alternativen Antrieben und Kraftstoffen kann auch der konsequente Einsatz von energieeffizienten Leichtlaufölen und Leichtlaufreifen erheblich Kraftstoff einsparen und die Betriebskosten senken. Dies gilt sowohl für die Dienstwagenflotte als auch die Fahrzeuge der kommunalen Eigenbetriebe wie beispielsweise die Müllabfuhr oder die Straßenreinigung. Im Stadtverkehr ist bei der Nutzung von Leichtlaufreifen eine Kraftstoffeinsparung von 4-6 % möglich, Außerorts von 3-5 % und auf der Autobahn kann 2-3 % des Kraftstoffs eingespart werden. Leichtlauföle bringen die in Tabelle 38 zusammengestellten Kraftstoffeinsparungen.

Tabelle 38: Kraftstoffeinsparpotenzial von Leichtlauföl gegenüber Standardöl (15W 40)

Leichtlauföle	Einsparung im Langstreckenverkehr	Einsparung im Stadtverkehr
10W-40	1-2 %	2-3 %
5W-40	2-3 %	ca. 4 %
0W-40	fast 3 %	ca. 5 %
0W-30	3-4 %	mehr als 5 %

Quelle: VCD e.V. 2011

5.6.1.2 Designpotenziale/ Managementpotenziale

Routenoptimierung kann zu einer optimalen Ausnutzung der Fahrzeuge beitragen. Telematik- und Softwarelösungen verbessern die Außendienstfahrten, so dass Leerfahrten und teure Standzeiten vermieden werden können. Schon ein einfaches Navigationssystem kann unnötige Strecken vermeiden (VCD e.V. 2011).

5.6.1.3 Suffizienzpotenziale

Neben einer effizienten Technik kann das Fahrverhalten Kraftstoffkosten und Emissionen nachhaltig senken. Spritspartraining vermittelt eine sichere, wirtschaftliche und umweltschonende Fahrweise. Vorrausschauendes Fahren im optimalen Drehzahlbereich kann den Kraftstoffverbrauch um bis zu 25 % senken, die durchschnittliche Einsparung beträgt etwa 10 %. Zudem werden Bremsen, Reifen sowie weitere Verschleißteile geschont. Spritsparwettbewerbe oder Ähnliches können Anreize schaffen, um die Mitarbeiter zu einer ökologischen Fahrweise zu motivieren. Zudem kann die erlernte Fahrweise auch privat übernommen werden, was zusätzliches Einsparpotenzial generiert.

Ein weiteres Potenzial liegt in der Nutzung von Carsharing oder Fahrzeug-Pooling.

Durch Carsharing werden Fahrzeuge optimal ausgelastet. Zudem sind Carsharing-Fahrzeuge meist neuer und durchschnittlich kleiner, was zu einem niedrigeren Verbrauch und einer Reduktion der Emissionen führt. Neue Antriebsarten oder Kraftstoffe werden bisher kaum genutzt. Eine Potenzialabschätzung zu kommunalen Carsharing wurde bisher nur Beispielhaft unternommen. In Münster konnten 2004 (im Vergleich zum Jahr 1998) die Kosten um 23.580 Euro gesenkt und ca. 135 t CO_2 eingespart werden[47]. Die Potenziale des Carsharing hängen jedoch stark von den individuellen Gegebenheiten vor Ort ab und können daher nicht generalisiert werden. Fahrzeug-Pooling bietet neben der gemeinschaftlichen Nutzung der dienstlichen Pkws auch die Möglichkeit kommunale Sonderfahrzeuge, Transporter oder Anhänger deren Nutzungsintensität oftmals gering ist als die eine Pkws optimieren. Die Bundeswehr mit der größten öffentlichen Fuhrparkflotte nutz bereits ein Fahrzeug-Pooling. Die Auslastung der Fahrzeuge ist dadurch um 50 % gestiegen, die Kosten pro km um 20% gesunken (Neuhaus et al. 2007).

Des Weiteren kann der kommunale Fuhrpark durch die Anschaffung von Dienstfahrrädern und Pedelecs verbessert werden. Innerstädtische Distanzen von bis zu fünf Klinometern sind meist am schnellsten mit dem Fahrrad zu bewältigen. Neben der Anschaffung, müssen die Mitarbeiter motiviert werden die Fahrräder zu nutzten. Ausreichende und sichere Abstellmöglichkeiten können zur erhöhten Nutzung auch von Privatfahrrädern beitragen. Die genauen Einsparungen aus diesen Substitutionsmaßnahmen sind nur schwer kalkulierbar.

5.6.2 ÖPNV

Im ÖPNV liegen die spezifischen CO_2-Emissionen pro Personen-Kilometer etwa halb so hoch wie beim Pkw-Verkehr (UBA 2012a). Eine Verlagerung des Pkw-Verkehrs auf den ÖPNV würde zu CO_2-Reduktionen in ähnlicher Größenordnung führen.

Die Kommune als Unternehmen kann durch die Bereitstellung eines Job-Tickets, die eigenen Mitarbeiter motivieren den ÖPNV verstärkt zu nutzen. Neben dem Einfluss auf die Mitarbeiter, hat die Kommune jedoch weitere Möglichkeiten den ÖPNV ökologischer zu gestalten. Entweder direkt wenn ÖPNV-Leistungen durch ein kommunales Unternehmen erbracht werden oder indirekt über die Festlegung von Qualitätskriterien bei der Ausschreibung von ÖPNV-Strecken. Bei Linienbussen können die Treibhausgasemissionen durch effiziente Antriebstechnik und CO_2-arme Energieträger reduziert werden. Die derzeit relevantesten werden im Folgenden kurz vorgestellt:

- **Hybrid-Linienbusse**

Das Potenzial der Hybridbus-Einführung wurde in der Effizienzstudie (IFEU et al. 2011) mit 0,3 PJ (83.333 MWh) im Jahr 2020 und mit 1 PJ (277.778 MWh) im Jahr 2030 angegeben. Das entspricht einer CO_2-Einsparung von rund 22.000 t (2020) bzw. 72.000 t (2030) jährlich.

[47] http://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/studien/carsharing-als-partner-des-betrieblichen-mobilitaetsmanagements

In einer Studie des BMU zur Begleitforschung von Hybrid-Bussen (TÜV-Nord 2012) wurde mit verschiedenen Mess-Zyklen ein 20% geringer Verbrauch beim Dieselhybridbus gegenüber einem konventionellen Dieselbus ermittelt. Laut Expertenmeinung liegt der Anschaffungspreis eines Hybridbusses etwa 50% über dem eines Standard-Diesel-Busses. Um Kommunen bei der Anschaffung zu unterstützen, wurde bereits eine Förderrichtlinie vom BMU entwickelt,[48] die jedoch nicht die gesamte Differenz deckt.

- **Batteriebetriebene Busse**

Die Hybridtechnologie ist ein erster Schritt zur Erschließung alternativer Antriebsmöglichkeiten für den ÖPNV. Am Ende dieser Entwicklung könnte ein rein batteriebetriebener Elektrobus stehen, welcher die gesamte Strecke ausschließlich elektrisch betreibt und dessen Speicher nur an wenigen Ladepunkten aufgeladen wird[49].

Eine Vorstufe bildet der Plug-in-Hybridbus, welcher mit einem großen, elektrischen Speicher ausgestattet ist und (im Unterschied zum gängigen Dieselhybridbus) von extern geladen werden kann. Bei dieser Technologie wird elektrische Antriebsenergie zu einem wesentlich höheren Anteil genutzt als im Standard-Hybridbus. In Branchenmeldungen werden für Plug-in-Hybrid-Busse derzeit Reduktionspotenziale von bis zu 60% gegenüber dem aktuellen Stand der Dieselbus-Technik (bis 40% gegenüber Standard-Hybridbus) gemeldet.[50]

Reine Elektrobusse (ohne Verbrennungsmotor) werden in Deutschland derzeit nur zu Testfahrten verwendet, wie beispielsweise in Bonn.[51] Hauptgrund dafür sind die derzeit noch deutlich höheren Anschaffungskosten, zusätzliche Investitionskosten für den Aufbau der Ladestationen sowie die begrenzte Reichweite (z.B. von ca. 250 km bei den Elektrobussen des chinesischen Herstellers BYD).

- **Oberleitungsbusse/Trolley-Busse**

Eine Systemalternative zwischen Stadtbahn und Autobus stellt der Oberleitungsbus (O-Bus/Trolley) dar. Der O-Bus erlebt vor allem in der Schweiz, Österreich, Italien und den osteuropäischen Ländern große Beliebtheit bzw. teilweise eine Renaissance.[52] In der DDR war der O-Bus stark verbreitet. Die dortigen O-Bus-Systeme wurden meist in den 1990er-Jahren durch Dieselbus-Systeme ersetzt. In Deutschland existieren derzeit drei Städte mit O-Bussystemen (Solingen, Eberswalde, Esslingen).

Neben einer enormen Schadstoffeinsparung bieten O-Bussysteme eine deutliche Lärmreduktion. Die ökologischen Vorteile werden zudem durch den Effekt der Bremsenergierückgewinnung und -rückspeisung verstärkt. In einem EU-Forschungsprojekt werden Einsparungen von 20-25 % des eigenen Energieverbrauchs gegenüber einem modernen Dieselbus beschrieben (Schade 2004). [53] Im Zuge der voranschreitenden Energiewende in Deutschland und steigendem Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Strommix, wird sich der Vorteil des O-Bus weiter vergrößern.

Falls ein ÖPNV-System komplett neu aufgebaut werden soll, ist ein neues O-Bussystem kostengünstiger als ein neues Stadt-/Straßenbahnsystem, teilweise bis zu 80% (Barnimer Busgesellschaften 2012). Sowohl beim Aufbau eines neuen, als auch bei der Unterhaltung bzw. Erweiterung eines bestehenden Bus-Systems, ist der O-Bus jedoch teurer als der Dieselbus.[54]

---

[48] http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/richtlinie_hybridbusse_bf.pdf
[49] http://www.klimaschutz.de/de/meldung/pressemitteilung-bundesumweltministerium-unterst-tzt-anschaffung-von-hochmodernen-hybridbussen-hamburg
[50] http://www.volvobuses.com/bus/germany/de-de/Aktuelles%20und%20Veranstaltungen/Presseinfos/Pages/75-Prozent-weniger-Kraftstoff-Neue-Plug-in-Hybridbusse-von-Volvo-jetzt-auf-der-Stra%C3%9Fe.aspx
[51] http://www.swb-busundbahn.de/bus-und-bahn/aktuelles/einzelansicht/nachricht/elektromobilitaet-fuer-bonn-positive-testergebnisse-mit-dem-elektrobus.html
[52] www.trolleymotion.ch
[53] www.trolley-project.eu
54 http://www.trolleymotion.ch/index.php?id=84

- **Übergreifende Ansatzpunkte**

Neben neuen Technologien können auch Anforderungen in Leistungsausschreibungen zur effizienteren Gestaltung des ÖPNV beitragen. Unter anderem wurde dazu ein Handbuch für das UBA und das DIFU im Jahr 2005 erarbeitet.[55] Allgemeine Gesamtminderungspotenziale wurden dabei nicht abgeleitet. Jedoch sind die in der Studie beschriebenen Möglichkeiten unter anderem erst Voraussetzung, dass die oben beschriebenen Technologien überhaupt zum Einsatz kommen und den Standard-Dieselbussen vorgezogen werden.

Weiterhin kann auch eine systematische ÖPNV-Bevorrechtigung an Lichtsignalanlagen in den Kommunen zu einem effizienteren ÖPNV-Betrieb führen. Zum einen fallen einige Brems- und Beschleunigungsvorgänge, zum anderen wird die Reisezeit im ÖPNV gesenkt und dadurch dessen Attraktivität gesteigert.

5.7 Zusammenfassung

Im Kapitel zu Kommunen wurden Effizienz-, Design- und Suffizienzpotenziale im öffentlichen Sektor hauptsächlich bezogen auf die Kommunen als Emittenten (nicht als Enabler oder Multiplikatoren etc.) identifiziert. Suffizienzpotenziale sind, wie auch in den anderen Sektoren und Bedürfnisfeldern, auch hier noch wenig untersucht, weshalb kaum Sekundärliteratur dazu gefunden wurde.

Zusammenfassend wurden für die Zielgruppe Kommunen folgende Potenziale als besonders relevant für die NKI eingestuft:

Gebäudesanierung kommunaler Liegenschaften: Bestehende Förderprogramme der KfW zielen einerseits auf den nicht ambitionierten Zielzustand der Liegenschaften im Jahr 2050, andererseits adressieren die Kreditprogramme häufig nicht den Kern der Investitionshemmnisse in Kommunen.

Nachhaltiges Gebäudemanagement: Teile dieses umfassenden Themas werden bereits im Teilkonzept Liegenschaften bearbeitet, insbesondere die Gebäudeeinsatzplanung für die nächsten Jahre sowie die Entwicklung von Sanierungsplänen. Eine mögliche Erweiterung wird hier in der Investitionsförderung gesehen, z.B. durch die Entwicklung eines Förderprogramms für die Gebäudeleittechnik.

Effizienz und Kaskadennutzung in der Fernwärme: Um die bestehende Fernwärmestruktur für die Zukunft fit zu machen, sind innovative Maßnahmen notwendig. Allerdings sind diese Maßnahmen Eingriffe in bestehende Systeme, die häufig zugunsten der Betriebssicherheit gescheut werden. Anreize zu innovativen Erneuerungen oder Versorgungslösungen für Teilbereiche in der Fernwärme wären sinnvoll, jedoch handelt es sich bei der Fernwärme primär um ein Thema des BMWi.

Kommunales Fuhrparkmanagement: Ein kommunales Fuhrparkmanagement führt vor allem zu einer effizienteren Auslastung und Nutzung der Fahrzeuge. Insbesondere Carsharing und Pooling bietet hier ein hohes Einsparpotenzial.

Einsatz neuer Technologien und Antriebsmöglichkeiten: Insbesondere im ÖPNV bieten neue Antriebsmöglichkeiten enorme Einsparpotenziale. Um diese nutzen zu können, müssen weitere Möglichkeiten entwickelt werden, die die Kommunen dabei unterstützen die erhöhten Anschaffungs- und Investitionskosten z.B. von Elektrobussen aufzubringen.

55 Eichmann, V. et al (2005) Umweltfreundlicher, attraktiver und leistungsfähiger ÖPNV – ein Handbuch, Kurzfassung unter: http://www.uba.de/en/publikationen/umweltfreundlicher-attraktiver-leistungsfaehiger

6 Zusammenfassendes Zwischenfazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in allen hier untersuchten Zielgruppen interessante und NKI-relevante Potenziale identifiziert werden konnten. Einschränkend ist jedoch zu beachten, dass nicht alle Potenziale in der Literatur quantifiziert werden. Zudem liegen den ausgewerteten Studien z.T. sehr unterschiedliche Grundannahmen und Methoden zu Grunde, die einen direkten Vergleich einschränken. Da die Maßnahmen sich teilweise überlappen, ergänzen oder ausschließen, ist eine Addition der Potenziale nicht möglich. Im folgenden Unterkapitel wird eine erste Einschätzung der NKI-Eignung der Potenziale auf der Basis eines Workshops zwischen BMU und Auftragnehmern[56] vorgenommen, die für die folgende Hemmnisanalyse als Grundlage dienen soll.

6.1 Welche Potenziale eignen sich für weitere Förderschwerpunkte?

Als Grundlage für die Hemmnisanalyse werden die identifizierten Potenziale und entsprechende Maßnahmen in den folgenden drei Tabellen nach drei Gruppen gegliedert:

- welche der identifizierten Potenziale bereits über die NKI adressiert werden (rosa gefärbt)
- bei welchen Potenzialen geprüft werden sollte, ob sie explizit in den bereits bestehenden Förderprogrammen genannt werden sollten (grün gefärbt).
- Welche Potenziale zukünftig interessante neue Felder der NKI werden könnten (blau gefärbt)

Inwieweit die identifizierten Potenziale bereits über Förderprogramme aus anderen Ministerien abgedeckt werden, wurde zu diesem Zeitpunkt nur selektiv überprüft, da dieser Schritt im Detail eigentlich erst aus der Hemmnisanalyse folgt. Dennoch wurde zunächst eine erste Abschätzung bezüglich der Relevanz für die NKI vorgenommen, um entsprechende Hemmnisstrukturen gezielt für diese Bereiche herausfinden zu können.

6.1.1 Zielgruppe Verbraucher

Der Konsum der Verbraucher ist letztlich und inklusive der Vorkettenemissionen für über 80% für die Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich. Beim Konsum kann in Lebensmittel und „Non-Food“-Produkte unterschieden werden. Für die Lebensmittel wurde das Verringern von Transportwegen und damit die Förderung von regionalem Produkten und Wirtschaftskreisläufen als verfolgenswert betrachtet, da die Klimawirkung der Lebensmittel zu einem guten Teil in Produktion und Verarbeitung / Transport sowie Kühlung besteht. Die Umstellung der Ernährung auf weniger fleischbetonte Kost wird als eingeschränkt NKI-fähig eingeschätzt, die Vermeidung von Lebensmittelabfällen wird bereits durch Kampagnen des BMELV ausreichend adressiert.

Im Non-Food-Bereich lassen sich insbesondere Design- und Suffizienzpotenziale adressieren. Die klassischen Effizienzpotenziale (wie z.B. effizienter Gerätepark) werden bereits gut über die bestehende NKI-Förderung abgedeckt. Insbesondere die Stromsparinitiative sowie einige Einzelprojekte zur Verbraucherinformation sprechen dieses Potenzial an. Design- und Suffizienzpotenziale finden sich einerseits in der Lebensdauerverlängerung, anderseits in der Intensivierung der Nutzung von Produkten. Auch diese Aspekte können sehr gut mit regionaler und lokalen Wirtschaftskreisläufen verknüpft werden, da lokale Dienstleistungsangebote wie Reparaturen oder Verleihdienste diesem Zweck gut dienen können.

[56] Vgl. Protokoll zum Workshop vom 10. Juni 2013

Tabelle 39: NKI-relevante Potenziale bei Verbrauchern

Themenfeld	Effizienzpotenzial	Designpotenzial	Suffizienzpotenzial
Mobilität	Technische Verbesserung der PKW (effizientere Modelle, Leichtlaufreifen, Leichtlauföle)	Integrierte Radverkehrsförderung / Verstärkung der Radnutzung auf kurzen Strecken (Umstieg von	"Stadt der kurzen Wege" : Verbesserung der Kommunalinfrastruktur
	Elektromobilität		
	Energieffizienteres Fahrverhalten		
	Geschwindigkeitsbegren-zungen	Verlagerung auf ÖPNV, Fußverkehr	
		Carsharing	
Bauen und Wohnen	Gebäudesanierung & Erneuerung der Heizungssysteme	Modulare Wohnformen	optimale Pro-Kopf-Wohnfläche
		flächensparende Stadtplanung--> Flächenverdichtung	Senkung des Heizbedarfs (Raum-temperaturreduzierung)
		Vertikale Verdichtung (Innerstädtisch)	
Konsum	Nutzung energieeffizienter Geräte	Abfallreduktion	Kaufverhalten zur bewussten Verminderung von Abfall
		Gerätekonvergenz	Nachhaltiges Nutzerverhalten (Teilen, Wiederverwenden, Reparieren) und neue
Ernährung	Änderung des Konsumverhaltens / Angemessenes Einkaufen und sinnvollere Bevorratung von Lebensmitteln	Bevorzugung von regionalen und Bio-Produkten	Reduktion des Fleischkonsums
	Reduktion des Lebensmittelabfalls		Regionale & Saisonale Lebensmittel
Freizeit/ Kommunikation	Nutzung von ÖPNV (Umstieg von PKW)	Infrastrukturelle Verbesserung für Anbindung von Wohngebieten an Stadtzentren	Förderung des Radverkehrs/Radtourismus
	bereits in Teilbereichen der NKI Verbraucherprojekte berücksichtigt		
	mögliches neues Feld für die NKI		
	Aufnahme der Maßnahmen in bestehende Förderungen empfohlen / möglich		
	bereits durch andere Programme addressiert		

Quelle: eigene Darstellung

Beim Personenverkehr bestehen große Potenziale. Der Individualverkehr kann energieeffizienter gestaltet werden, z.B. durch effizientere Fahrzeuge oder effizienteres Fahrverhalten. Elektromobilität bietet zwar ein gewisses Potenzial, wird aber bereits durch andere Maßnahmen der Bundesregierung angemessen adressiert. Verkehrsströme können durch bessere Informationsflüsse gelenkt oder durch andere kommunale Strukturen ganz vermieden werden. Auch das öffentliche Angebot spielt hier eine große Rolle. Dazu gehören die „Stadt der kurzen Wege“ und „Carsharing“, die als relevant für die NKI identifiziert wurden. Diese Aspekte werden im Weiteren auch im Rahmen der Kommunen weiter diskutiert.

Im Bereich Bauen und Wohnen werden die Effizienzpotenziale bereits durch Förderprogramme adressiert. Aber auch hier bestehen Suffizienzpotenziale, z.B. in Bezug auf Anpassung von Wohnraumgröße und Heizungstemperatur an die tatsächlichen Bedürfnisse oder die Möglichkeit zur Schaffung von neuem Wohnraum durch vertikale Verdichtung.

Die Potenzialanalyse sowie die anschließende Diskussion im Workshop haben verdeutlicht, dass die Zielgruppe Verbraucher für eine sinnvolle Hemmnisanalyse stärker ausdifferenziert werden sollte. So bietet z.B. die Zielgruppe „Senioren“ einerseits andere Treibhausgaspotenziale als die Zielgruppe „Schüler“, andererseits unterliegt sie auch einer deutlich anderen Hemmnisstruktur. Auch die Handlungsspielräume der Zielgruppen sind sehr unterschiedlich gelagert.

6.1.2 Zielgruppe Wirtschaft

Die Energieeffizienzpotenziale in allen Bereichen der Wirtschaft – Landwirtschaft, Industrie, GHD, Transport – sind bereits in der Vorläuferstudie IFEU (2011a) ausführlich dokumentiert und für die NKI ausgewertet worden. Hier wurde daher verstärktes Augenmerk auf andere Potenziale – nicht-energetische Emissionen, Design- und Suffizienzpotenziale – gelegt.

Tabelle 40: NKI-relevante Potenziale in der Wirtschaft

Themenfeld	Effizienzpotenzial	Designpotenzial	Suffizienzpotenzial
Landwirtschaft	Landnutzungsänderung und Bewahrung von Moorstandorten		Anreize für Verbraucher ökologische und regionale Lebensmittel zu konsumieren (Biokisten, genossenschaftlich organisiserte Betriebe)
	Verbessertes Düngemittelmanagement	Precision Farming	
	Regionale Produktion von Lebens- und Futtermitteln		
	Gülle und Resstoffnutzung für Biogas		
	Umstellung auf ökologischen Landbau		
	Nachhaltige Bodenbearbeitung		
Prozess- und energieintensive Industrie	Energiemanagement für Produktionsprozesse	Einsatz recycelter Materialien zur Produktion	Reduktion des Produkteinsatzes
	Nutzung von energieeffizienten Querschnittstechnologien und Steuerungstechnologien (IT für den Klimaschutz)		
	Technische Innovation zur Prozesssubstitution		
Querschnitts-technologien (IKT für den Klimaschutz)	Nutzung von energieeffizienter IT-Technik	Intelligente Gebäude (Steuerungsmechanismen)	
	Planungsapplikationen und andere IT zur Energieoptimierung	Virtuelle Konferenzen (Dematerialisierung)	
	Intelligente Verkehrsflusssteuerung (Smart Logistics)	Intelligente Produktionsprozesse	
		Smart Grid	
Transportlogistik	Tempolimits für LKW	Aubau kombinierter Verkehsanschlüsse (Gleis/Straße)	Regionalvermarktung --> Minimierung von Fahrwegen
	Beimischung von Biokraftstoffen	Optimierung LKW - Maut	
	Effiziente Fahrzeuge (Hybrid-Leichte-Nutzfahrzeuge, Leichtlaufreifen)	Kombiverkehr und Verkehrsverlagerung im Kursstreckenbereich	
	Optimierte Routenplanung	Kraftstoffpreise	
	Fahrtrainings-->kraftstoffsparende Fahrweise für LKW	Verstäkte Nutzung des Schienengüterverkehrs	
	Systemoptimierung		
	bereits in Teilbereichen der NKI berücksichtigt		
	mögliches neues Feld für die NKI		
	Aufnahme der Maßnahmen in bestehende Förderungen empfohlen / möglich		
	vermutlich bereits durch andere Programme addressiert		

Quelle: Eigene Darstellung

Ein wichtiger Aspekt im Bereich Landwirtschaft sind regionale (Nähr-)Stoffkreisläufe. Durch Zusammenarbeit zwischen z.B. Landwirten, Landwirten und Versorgungseinrichtungen zu schließen, und somit das Düngermittelmanagement und die Rohstoffeffizienz (Precision Farming, Phosphorrecycling), um indirekt die Klimabilanz zu verbessern. Darüber hinaus sind insbesondere Suffizienzpotenziale der Ernährung und Regionalvermarktung relevant für die NKI. Die Suffizienzpotenziale liegen jedoch nicht

im Einflussbereich der Wirtschaft selbst, sondern sind Impulse, die von den Käufern ausgehen müssen. Ein weiteres Themenfeld ist die Landnutzungsänderung in Bezug auf Torfabbau. Die NKI könnte hier eine Umorientierung zu Torfersatzsubstraten bei Industrie und Verbrauchern adressieren.

Viele der anderen Themen, insbesondere in Industrie und GHD, sind bereits weitgehend über andere Ministerien, insbesondere BMWi und BMVBS, abgedeckt. Bei Querschnittstechnologien insbesondere existiert bereits ein Förderprogramm des BMWi, das eine Reihe von Technologien abdeckt. Hier wurde darüber hinaus „IKT für den Klimaschutz“ als neues Feld identifiziert. Hier besteht auch eine Querverbindung zum Logistik- und Mobilitätsbereich. Interessant, aber bisher nicht quantifiziert sind Potenziale „grüner Produkte“, also von Produkten, die durch verminderten Ressourceneinsatz in der Nutzung Energie und Rohstoffe sparen, und damit positive Klimawirkungen entfalten können.

Im Bereich Transportlogistik liegen die höchsten Potenziale vor allem in der Güterverkehrslogistik. Mögliche NKI-Maßnahmen wären hier die Verkehrsverlagerung mit Hilfe von Kombiverkehr, die Stärkung der regionalen Vermarktung.

6.1.3 Zielgruppe Kommunen

Bei dieser Diskussion wurden nur diejenigen Potenziale einbezogen, für die die Kommunen direkt verantwortlich sind, nicht die, bei denen sie als Mittler tätig werden. Interessante Felder finden sich in der Ver- und Entsorgung, in den Liegenschaften und bei den energieverbrauchenden Produkten (insbesondere IT) sowie bei den öffentlichen Flotten und dem ÖPNV. Eine Differenzierung in Effizienz-, Design- und Suffizienzpotenziale war hier nur ansatzweise möglich. Aufgrund der unzureichenden Datenbasis war auch die Hochrechnung der Potenziale und die Angabe für ganz Deutschland durchgehend nicht möglich. Die identifizierten Potenziale werden im AP „Weiterentwicklung der Kommunalrichtlinie“ weiter betrachtet. Hier wird auch eine eigene Hemmnisanalyse für Kommunen durchgeführt.

Tabelle 41: NKI-relevante Potenziale in Kommunen

Themenfeld	Effizienzpotenziale	Designpotenziale	Suffizienzpotenziale
kommunale Liegenschaften	durch Gebäude- und Heizungssanierung, insbesondere durch 2050-Ziel	Green-IT: Dematerialisierungsstrategien	energiesparendes Nutzerverhalten in öffentlichen Einrichtungen (Licht, Elektrogeräte etc.)
	Beschaffung von effizienteren Produkten	Nachhaltiges Gebäudemanagement	
	Green-IT: effiziente Computertechnologie und Raumlufttechnik		
Fernwärme	Effizienzsteigerung in der Fernwärmeverteilung	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien	
	Fernwärmeverdichtung	Kaskadennutzung, Rücklauftemperaturnutzung	
Trinkwasserversorgung	Technische Maßnahmen zur Optimierung der Trinkwassergewinnung	Ausbau der erneuerbaren Energien in der Trinkwassergewinnung	
	Maßnahmen zur Vermeidung von Wasserverlusten		
	Maßnahmen zur Stromeinsparung	Phosphorrückgewinnung	
Abwasserentsorgung	Steigerung der Klärgaserzeugung und vollständige Nutzung des Klärgases im BHKW		
	Abwasserwärmenutzung		
	Optimierung Müllverbrennungsanlagen	Steigerung der getrennten Erfassung von Biomüll	
Abfallwirtschaft	Optimierung Vergärung	Nachrüstung von Kompostieranlagen um anaerobe Stufe	
		Erschließung holzartiger Grünfälle	
		Erschließung krautiger Grünabfälle	
Fuhrpark	Effizienzkriterien in der Beschaffung von Fuhrparkfahrzeugen	Fuhrparkmanagement	Fahrtrainings
	Alternative Antriebe (Erdgas, Biomethan, Hybridfahrzeuge)		
ÖPNV		Hybrid-Linienbusse	
		O-Bus-Systeme	
		Vorrangstellung ÖPNV	

	bereits in Teilbereichen der KRL berücksichtigt (z.B. Teilkonzept)
	mögliches neues Feld für die NKI
	Aufnahme der Maßnahmen in bestehende Förderungen empfohlen / möglich
	vermutlich bereits durch andere Programme addressiert

7 Literaturliste

Übergeordnete Studien

[IFEU et al. 2011] IFEU, Fraunhofer ISI, Prognos, GSW et al.: Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative (Endbericht). Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg, 2011

[Öko-Institut und Prognos 2009] Öko-Institut e.V. und Prognos: Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Hamburg (WWF Deutschland), 2009

[Öko-Institut et al. 2012] Öko-Institut, Arepo Consult, Ecologic Institut, FFU, Fifo Köln: Evaluierung der nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – Endbericht 2012. Berlin 2012

[WBGU 2011] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin, 2011

Allgemein

[BMU und UBA 2013] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Umweltbundesamt: Treibhausgasausstoß im Jahr 2012 um 1,6% gestiegen – Kyoto-Ziele in Summe der Jahre 2008 bis 2012 dennoch um 192 Millionen Tonnen unterschritten. Gemeinsame Pressemitteilung mit dem Umweltbundesamt. Berlin, 2013. url: http://www.bmu.de/bmu/presse-reden/pressemitteilungen/pm/artikel/treibhausgasausstoss-im-jahr-2012-um-16-prozent-gestiegen/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=197&cHash=79284e14c5e830e1cae26b17ba29a080

[KOM 2013] Europäische Kommission: The impact of EU consumption on deforestation: Comprehensive analysis of the impact of EU consumption on deforestation. Final Report. Technical Report – 2013 – 063. Brüssel, 2013

[UBA 2013a] Umweltbundesamt: Treibhausgasausstoss in Deutschland 2012 – vorläufige Zahlen aufgrund erster Berechnungen und Schätzungen des Umweltbundesamtes. Hintergrund. Stand: Februar 2013. Dessau, 2013

[UBA 2013b] Umweltbundesamt: Grafiken zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Dessau, 2013. url: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/pi-2013-05_anlage_treibhausgasemissionen.pdf (Zugriff: Oktober 2013)

[Prognos et al. 2010] Prognos et al.: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Bundesumweltministerium (BMU). Berlin, 2010

[Prognos 2011] Prognos: Endbericht – Zwischenüberprüfung zum Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung. Bundeswirtschaftsministerium (BMWi). Berlin, 2011

[Prognos und difu 2011] Prognos und difu: Endenergieeinsparungen in Ländern und Kommunen durch Maßnahmen der Öffentlichen Hand im Kontext der EU-Energiedienstleistungsrichtlinie. Bundeswirtschaftsministerium. Berlin, 2011

Verbraucher

[IZT 2009] Jonuschat, H., Nolting, K., Bottin, K. et al.: Wege zum Erfolg – Wie der Transfer von lokalen Nachhaltigkeitsprojekten gelingt. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH. Berlin, 2009

[John 2012] John, R.: Umwelt als Problem. Gruppendiskussionen zur Relevanz der Umweltthematik im Alltag. In: Beiträge zur Sozialinnovation, Institut für Sozialinnovation. Berlin, 2012

[Scholl et al. 2010] Scholl, G., Betz, S., Kristof, K. et al.: Maßnahmenvorschläge für eine konsumbezogene Ressourcenpolitik, 2. Meilensteinbericht. Wuppertal Institut, Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung, SRH Hochschule Calw. WI Ressourceneffizienz Paper 12. Wuppertal, 2010

[SRU 2012] Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2012 – Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin, 2012

[WI 2002] Linz, M., Bartelmus, P., Hennicke, P. et al.: Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit. Wuppertal Institut Klima, Umwelt, Energie GmbH. Wuppertal, 2002

Mobilität und Freizeit

[BMU 2007] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Verkehr und Umwelt – Herausforderungen. Berlin, 2007

[BMVBS 2002] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Nationaler Radverkehrsplan 2002-2012 FahrRad! Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs in Deutschland. Berlin, 2002. url: http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/20450/publicationFile/81/nationaler-radverkehrsplan-2002-2012-fahrrad-massnahmen-zur-foerderung-des-radverkehrs-in-deuts.pdf

[Bock et al. 2011] Bock, S., Hinzen, A., Libbe, J.: Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Handbuch für die Praxis, Forschung für nachhaltige Entwicklungen BMBF (FONA). Berlin, 2011

[CE Delft 2011] van Essen, H. und Kampman, B.: Impacts of Electric Vehicles, Summary Report, Delft, 2011

[Follmer 2008] Follmer, R.: Mobilität in Deutschland 2008 – Fahrradnutzung. Impulsvortrag Expertenworkshop BMVBS. 2008. url: http://www.infas.de/fileadmin/images/themenfelder/transport/MiD_2008_Fahrrad_Impulsvortrag.pdf

[Glatthaar und Lehmann 2011] Glatthaar, M. und Lehmann, F.: Tante Emmas Enkel – Nahversorgung und Begegnung im Werra-Meißner-Kreis: Eine Erfolgsgeschichte. Eschwege, 2011

[Haefeli et al. 2006] Haefeli, U., Matti, D., Schreyer C. und Maibach M.: Evaluation Car-Sharing. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE der Schweiz. Bern, 2006

[INFAS und DIW 2004] Mobilität in Deutschland. Ergebnisbericht. Bonn, 2004

[INFAS und DLR 2010] INFAS und DLR: Mobilität in Deutschland. Ergebnisbericht – Struktur –Aufkommen – Emissionen – Trends. Bonn/Berlin, 2010

[IVU 2008] Institut für Verkehr und Umwelt e.V. 2008: Mobilität und Sport. Aktionsprogramm Bewusstseinswandel im Sportverkehr. Im Auftrag des Landessportverband Baden-Württemberg. Stuttgart 2008

[Kleinhückelkotten 2012] Kleinhückelkotten, S.: Nachhaltige Lebensentwürfe und soziale Milieus -Gesellschaftliche Anschlussfähigkeit von Nachhaltigkeitsorientierungen, Vortragsreihe 'Umweltpsychologie' 22. Mai 2012, Ecologic-Institut. Berlin, 2012

[Loose et al. 2002] Freizeitverkehr. In: Öko-Institut (Hrsg.), Freizeitgesellschaft zwischen Umwelt, Spaß und Märkten. Freiburg, April 2002

[Otte 2005] Otte,G. : Entwicklung und Test einer integrativen Typologie der Lebensführung für die Bundesrepublik Deutschland, Zeitschrift für Soziologie 37 (2), S. 442 ff. . Leipzig, 2005

[SRU 2005] Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umwelt und Straßenverkehr: Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr - Sondergutachten. Berlin, 2005

[UBA 2002] Umweltbundesamt: Nachhaltige Konsummuster. Ein neues umweltpolitisches Handlungsfeld als Herausforderung für die Umweltkommunikation. Berlin, 2002

[UBA 2010] Umweltbundesamt: Leitfaden Klimaschutz im Stadtverkehr. Dessau, 2010

[UBA 2012a] Umweltbundesamt: Daten zum Verkehr – Ausgabe. Dessau, 2012

[UBA 2013c] Umweltbundesamt: Potenziale des Radverkehrs für den Klimaschutz. Dessau, 2013

[Verbücheln et al. 2013] Verbücheln, M., Grabow, B., Uttke, A., Schwausch, M., Gaßner, R.: Szenarien für eine integrierte Nachhaltigkeitspolitik – am Beispiel: Die nachhaltige Stadt 2030. Band 2: Teilbericht „Kreislaufstadt 2030“. UBA Texte 25/2013. Dessau, 2013.

[Wolff et al. 2013] Wolff, F.; Barth, R.; Brunn, C.; Fischer, C.; Heyen, D.; Grießhammer, R.; Brohmann, B.: Suffizienz im Alltagsleben – Konzept, Bedarf, Potenziale und politische Steuerungsmöglichkeiten, Berlin/Freiburg/Darmstadt, 2013

Bauen und Wohnen

[BBSR 2012] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung: Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere. ExWoSt-Informationen 42/1. Bonn, März 2012

[BMVBS 2012] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Wohnen und Bauen in Zahlen 2011/12. Bonn, 2012

[Bock et al. 2011] Bock, S.; Hinzen, A., Libbe, J.: Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Handbuch für die Praxis, Forschung für nachhaltige Entwicklungen BMBF (FONA). Berlin, 2011

[dena 2012] Der dena-Gebäudereport 2012 – Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Bonn, 2012

[destatis 2010] Statistisches Bundesamt: Baugenehmigungen Deutschland. Wiesbaden, 2010. url: http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/de_zs08_bund.asp

[destatis 2013] Destatis: Energie, Rohstoffe, Emissionen - Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen (temperaturbereinigt). Eigene Berechnungen nach Angaben des Bundesverbandes für Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI) und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB). url: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/EnergieRohstoffeEmissionen/Tabellen/EnergieverbrauchHaushalte.html7 (Zugriff: 15.11.2013)

[European 2011] The European: Städte machen uns menschlicher. Interview mit Edward Glaeser. Oktober 2011. url: http://www.theeuropean.de/glaeser-edward/8470-vorteile-von-staedten

[Heinonen et al. 2013] Heinonen J., Jalas M., Juntunen J. K., Ala-Mantila S., Junnila S.: Situated lifestyles: I. How lifestyles change along with the level of urbanization and what the greenhouse gas implications are – a study of Finland. Environmental Research Letters Volume 8 Number 2. 2013

[Prognos et al. 2010] Prognos, EWI, GWS: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Bundesumweltministerium (BMU). Berlin, 2010

[Prognos 2011] Prognos: Endbericht – Zwischenprüfung zum Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung. Bundeswirtschaftsministerium (BMWi). Berlin, 2011

[StMUG 2010] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit: Kommunales Flächenmanagement. München, 2010

Konsum

[Arge Regio 2012] ARGE REGIO Stadt- und Regionalentwicklung GmbH: geplante Obsoleszenz. Berlin, 2012

[Böll 2012] Heinrich Böll Stiftung: Nutzen statt Besitzen – Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur. Berlin, 2012

[Bürger 2009] Bürger, V.: Identifikation, Quantifizierung und Systematisierung technischer und verhaltensbedingter Stromsparpotenziale privater Haushalte. Transpose Working Paper Nr. 3. Freiburg, 2009

[CO2 Online] CO2 Online: Verpackung vermeiden. url: http://klimaohnegrenzen.de/vermeiden/ konsum

[Edwards et al. 2009] Edwards, J., McKinnon, A., Cullinane, S.: Carbon Auditing – the “the last mile”: Modelling the environmental impact of conventional and online non-food shopping. Logistics Research Centre, Heriot-Watt-University. Edinburgh, 2009

[IFEU 2011a] IFEU: Verankerungen von Suffizienz im energiepolitischen Instrumentarium am Beispiel des Stromverbrauchs. Heidelberg, 2011

[Leuphana 2012] Leuphana Universität Lüneburg: Sharing Economy – Auf dem Weg in eine neue Konsumkultur?. Lüneburg, 2012

[Öko-Institut 2004] Öko-Institut e.V.: EcoTopTen – Innovationen für einen nachhaltigen Konsum, Freiburg 2004

[Öko-Institut 2007] Rüdenauer, I. und Gensch, K.: Environmental and economic evaluation of the accelerated appliances. Case study refrigerators and freezers. Öko-Institut. Freiburg, 2007

[Öko-Institut 2010] Öko-Institut e.V.: CO_2-Einsparpotenziale für Verbraucher. Freiburg, 2010

[Öko-Institut 2011] Öko-Institut e.V.: EcoTopTen - Fragen und Antworten zu Waschmaschinen. url: http://ecotopten.de/prod_waschen_faq.php

[Öko-Institut 2012a] Öko-Institut e.V.: Energieeffizienter Klimaschutz bei Produkten. Freiburg, 2012

[Öko-Institut 2012b] Öko-Institut e. V.: Wissenschaftlich-Technische Grundlagen für ein bundesweites Abfallvermeidungsprogramm. Umweltbundesamt (UBA). Recycling und Klimaschutz. Dessau, 2012

[Öko-Institut 2012d] Öko-Institut e.V.: CO_2-Einsparpotenzial durch Verlängerung der Lebensdauer von Gütern wie PKWs, Waschmaschinen, Laserdrucker etc.. Freiburg, 2012

[WI 2010] Wuppertal Institut: Maßnahmenvorschläge für eine konsumbezogene Ressourcenpolitik, 2. Meilensteinbericht, AP 12. Wuppertal, 2010

Ernährung

[Audsley et al. 2009] Audsley, E.; Brander, M.; Chatterton, J. et al.: How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope for reduction by 2050. WWF UK. Godalming, 2009

[BMU und DOSB 2007] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)/ Deutscher Olympischer Sportbund (DOSB) (Hrsg.) , Green Champions für Sport und Umwelt – Leitfaden für umweltfreundliche Sportgroßveranstaltungen. Berlin/Frankfurt, 2007

[De Boer et al. 2013] De Boer, J.; Schösler, H.; Boersema, J.: Climate change and meat eating: An inconvenient couple, Journal of Environmental Psychology 33 (2013) pages 1-8. Amsterdam, 2013

[BMELV 2012a] Universität Stuttgart: Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Stuttgart, 2012

[Faber et al. 2012] Faber et al.: Behavioural Climate Change Mitigation Options and Their Appropriate Inclusion in Quantitative Longer Term Policy Scenarios, Report. Delft, April 2012

[Koerber und Kretschmer 2009] Koerber, K. und Kretschmer, J.: Ernährung und Klima. Nachhaltiger Konsum ist ein Beitrag zum Klimaschutz, Der kritische Agrarbericht 2009. München, 2009

[Kramer et al. 1999] Kramer, J. K.; Moll, H. C.; Nonhebel, S. et al.: Greenhouse gas emissions related to Dutch food consumption. In: Energy Policy 27, S. 203 – 216. Groningen, 1999

[Meier und Christen 2012] Meier, T. und Christen, O.: Gender as a factor in an environmental assessment of the consumption of animal and plant-based foods in Germany. In: International Journal of Life Cycle Assessment, 2012. Volume 17, Issue 5, Pages 550-564., 2012

[Nieberg 2009a] Nieberg, H.: Auf den Nahrungskonsum zurückzuführende THG-Emissionen. In: Osterburg, B.; Nieberg, H.; Rüter, S.; Isermeyer, V.; Haenel, H.D.; Hahne, J.; Krentler, J.G.; Paulsen, H.M.; Schuchardt, F.; Schweinle, J.; Weiland, P. (Hrsg.): Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Braunschweig/ Hamburg/ Trenthorst, 2009

[Nieberg 2009b] Nieberg, H.: Möglichkeiten der Verringerung von Treibhausgasemissionen durch Verbraucher. In: Osterburg, B.; Nieberg, H.; Rüter, S.; Isermeyer, V.; Haenel, H.D.; Hahne, J.; Krentler, J.G.; Paulsen, H.M.; Schuchardt, F.; Schweinle, J.; Weiland, P. (Hrsg.): Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Braunschweig/ Hamburg/ Trenthorst, 2009

[Noleppa 2012] Noleppa, S.: Klimawandel auf dem Teller. WWF-Studie. url: http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klimawandel_auf_dem_Teller.pdf. Berlin, Oktober 2012

[Popp et al. 2010] Popp, A., Lotze-Campen, H. und Bodirsky, B.: Food consumption, diet shifts and associated non-CO_2 greenhouse gases from agricultural production. Global Environmental Change, Volume 20, Issue 3, Pages 451–462. Potsdam, 2010

[Quack und Rüdenauer 2004] Quack, D. und Rüdenauer, I.: Stoffstromanalyse relevanter Produktgruppen – die Energie- und Stoffströme der privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2001. Öko- Institut. Freiburg, 2004

[Rose 2007] Rose, P.: Primärenergieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen in verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen – unter besonderer Berücksichtigung der Ernährung. Bachelor-Arbeit an der Technischen Universität München. url: http://www.bfeoe.de/aktiv/klimaschutz/Bachelor-Arbeit_PeterRose-END.pdf. Freising, 2012

[Scholl et al. 2010] Scholl, G., Betz, S., Kristof, K. et al.: Maßnahmenvorschläge für eine konsumbezogene Ressourcenpolitik, 2. Meilensteinbericht. Wuppertal Institut, Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung, SRH Hochschule Calw. WI Ressourceneffizienz Paper 12. Wuppertal, 2010

[SRU 2012] Sachverständigenrat für Umweltfragen: Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin, 2012

[Taylor 2000] Tayler, C.: Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren. Dissertation Universität Gießen.url: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/273/.Gießen, 2000

[Wiegmann et al. 2005] Wiegmann, K., Eberle, U. et al.: Umweltauswirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien. Ernährungswende-Diskussionspapier Nr. 7, www.ernährungswende.de. Hamburg/ Darmstadt, 2005

Wirtschaft

Landwirtschaft

[BaWü-KSK 2020 PLUS 2011]: Klimaschutzkonzept 2020PLUS Baden-Württemberg: Landwirtschaftskapitel (unveröffentlicht)

[BMELV 2012b] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Eiweißpflanzenstrategie des BMELV. Berlin, 2012

[Böll 2012] Heinrich Böll Stiftung: Nutzen statt Besitzen – Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur. Berlin, 2012

[EEA 2009] European Environment Agency: Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009 – Tracking progress towards Kyoto targets. Annex: Additional information on greenhouse gas emission trends and projections. Bericht N 9/2009. Kopenhagen, 2009

[vTI 2012a] Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; et al.: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2010. Report zu Methoden und Daten. Landbauforschung, Sonderheft 356: url: http://www.vti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/AK/PDFs/SH_356.zip. Braunschweig, 2012

[Hirschfeld et al. 2009] Hirschfeld, J., J. Weiß, M. Preidl, T. Korbun: Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW 186/08. 203 Seiten. Studie im Auftrag von foodwatch e.V., url: http://www.klimateller.de/wp-content/uploads/2011/05/I%C3%96W-SR_186_Klimawirkungen_Landwirtschaft.pdf. Berlin, 2009

[KOM 2009] Europäische Kommission: The role of European agriculture in climate change mitigation. Comission staff working document. SEC (2009) 1093 final. 2009

[NABU und DVL 2009] Naturschutzbund Deutschland und Deutscher Verband für Landschaftspflege: Landwirtschaftliche Flächennutzung im Wandel – Folgen für Natur und Landschaft. Eine Analyse agrarstatistischer Daten. Abschlussbericht eines F+E-Vorhabens. Berlin/ Ansbach, 2009

[NABU 2010] Naumann, S. und A. Frelih-Larsen: Klimaschutz in der Landwirtschaft - Ziele und Anforderungen zur Senkung von Treibhausgasemissionen. Studie für den Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V..Berlin, 2010

[Noleppa 2012] Noleppa, S.: Klimawandel auf dem Teller. WWF-Studie. url: http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klimawandel_auf_dem_Teller.pdf. Berlin, Oktober 2012

[UBA 2012b] Umweltbundesamt: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2012, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2010, Dessau, Umweltbundesamt, Juni 2012, url: http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm. Dessau, 2012

[UBA 2013e] Lünebürger, B., Benndorf, A., Börner, M., Burger, A., Ginzky, H., Ohl, C., Osiek, D., Schulz, D., Strogies, M.: Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt. Dessau, 2013

[Vermeulen et al. 2012] Vermeulen, Sonja; Campbell, Bruce; Ingram, John: "Climate Change and Food Systems", The Annual Review of Environment and Resources, url: http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-020411-130608 und url: http://ccafs.cgiar.org/node/1764. Frederiksberg (Kopenhagen), 2012

[vTI 2009] Osterburg, B., H. Nieberg, S. Rüter, et al.: Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors; Studie im Auftrag des BMELV. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 2009/3. Braunschweig, 2009

[vTI 2012a] Haenel, H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; et al.: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2010. Report zu Methoden und Daten. Landbauforschung, Sonderheft 356: url: http://www.vti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/AK/PDFs/SH_356.zip. Braunschweig, 2012

[vTI 2012b] Flessa,H., Müller,D., Plassmann,K., Osterburg,B., Techen,A.-K., Nitsch,H., Nieberg,H., Sanders,J., Meyer zu Hartlage,O., Beckmann,E., Anspach, V.: Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor, Sonderheft 361, url: http://www.ti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/vTI/ Publikationen/Landbauforschung_Sonderhefte/lbf_sh361.pdf. Braunschweig, 2012

Prozessindustrie und energieintensive Industrie

[BMU 2006] BMU: Nationaler Allokationsplan 2008-2012 für die Bundesrepublik Deutschland. Berlin. url: http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/emissionshandel/downloads/application/pdf/nap_2008_2012.pdf. Berlin, 2006

[BT 2011] Deutscher Bundestag: Drucksache 17/4933. Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der Abgeordneten Bärbel Höhn, Dr. Hermann Ott, Dorothea Steiner, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN –Drucksache 17/4606 – Klimaschutzanstrengungen der chemischen Industrie. url: http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/049/1704933.pdf. Berlin, 2011

[BV Kalk 2011] BV Kalk: Geschäftsbericht 2010/2011, Bundesverband der deutschen Kalkindustrie. Köln, 2011

[Chemanager 2011] Chemanager: Katalysatoren zur Zerlegung von Lachgas. Heraeus optimiert Katalysatoren zur Lachgas-Zersetzung. url: http://www.chemanager-online.com/themen/chemikalien-distribution/katalysatoren-zur-zerlegung-von-lachgas. Hanau, 2011

[CSI und Ecra 2009] CSI und Ecra: Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead, CSI/ecra-Technology Papers. Düsseldorf/ Genf, Juni 2009

[Ecofys 2009] Ecofys [Hrsg.]: Sectoral Emission Reduction Potenzials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC). Industry & refineries sector. Utrecht, 2009

[EU 2012] Europäische Union: EU-Verordnung Nr. 601/2012 der Kommission vom 21. Juni 2012 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. url: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:181:0030:0104:DE:PDF. 2012

[Fraunhofer ISI et al. 2012] Schlomann et al.: Kosten-/Nutzen-Analyse der Einführung marktorientierter Instrumente zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland. Endbericht an das BMWi, Projektnummer 36/10. (Öko-Institut, Ecofys, Fraunhofer Institut). Karlsruhe/ Freiburg/ Berlin, 2012

[Glasstec, 2013] Glasstec: Welche Vorteile bietet Glasrecycling für die Glashersteller, url: http://www.glasstec.de/cipp/md_glasstec/ custom/pub/content,oid,3665/lang,1/ticket,g_u_e_s_t/~/Thema_des_Monats_April.html. 2013

[GSN 2012] Green Steel News: ArcelorMittal`s charcoal production in Brazil to double. Green Steel Blog 2012. url: http://sbbnews.wordpress.com/2010/08/23/ arcelormittal%E2%80%99s-charcoal-production-to-double/. 2012

[Industrieverband Agrar 2012] Industrieverband Agrar [Hrsg.]: Wichtige Zahlen. Düngemittel – Produktion – Markt – Landwirtschaft. Industrieverband Agrar e.V. url: http://www.iva.de/sites/default/files/benutzer/uid/publikationen/wichtige_zahlen_2011-2012.pdf. Frankfurt am Main, 2012

[ISI et al. 2011] Gerspacher, A.; Arens, M.; Eichhammer, W.: Zukunftsmarkt Energieeffiziente Stahlherstellung, Fallstudie im Rahmen des Vorhabens "Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative, Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) 2011 Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) Zukunftsmarkt Energieeffiziente Stahlherstellung. Freiburg, 2011

[IREES et al. 2011] IREES: Gutachten zu Nachweismodellen für Energieeffizienz für Vergünstigungen bei der Energie- und Stromsteuer. Karlsruhe, 2011

[IREES und ISI 2011] IREES und Fraunhofer ISI, Hassan, A.: Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen von industriellen Branchentechnologien durch Prozessoptimierung und Einführung neuer Verfahrenstechniken. Karlsruhe 2011

[IEA 2007] International Energy Agency: Tracking Industrial Energy Efficiency and CO_2 Emissions. Paris, 2007

[Jochem et al. 2004] Jochem, E.; Schön, M. et al.: Werkstoffeffizienz, Einsparpotenziale bei der Herstellung und Verwendung energieintensiver Grundstoffe. Fraunhofer IRG Verlag Stuttgart. Stuttgart, 2004

[KOM 2010] Europäische Kommission: Staatliche Beihilfe N 450/2009 – Deutschland TGR-Projekt – Beihilfe an Arcelor Mittal Eisenhüttenstadt GmbH : url: http://ec.europa.eu/eu_law/ state_aids/comp-2009/n450-09.pdf. 2010

[Kundak und Crnko 2008] Kundak, Lazic, Crnko: CO_2 emissions in the Steel Industry. Article in: Metallurgia 48 (2009 3, S. 193-197) url.: http://public.carnet.hr/metalurg/Metalurgija/ 2009_vol_48/No_3/MET_48_3_193_197_Kundak.pdf. 2008

[LAEB 2005] Länderarbeitskreis Energiebilanzen, url: http://www.transferstelle-emissionshandel-hessen.de/mm/THGBilanz2005.pdf. Bremen/ Düsseldorf, 2005

[LUBW 2008] LUBW [Hrsg.]: Ammoniak in der Umwelt. Messprogramme und Messergebnisse 2003-2007. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. url: http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/36153/ ammoniak_umwelt.pdf?command=downloadContent&filename=ammoniak_umwelt.pdf. Karlsruhe, 2008

[McKinsey 2007] MC Kinsey & Company: Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Sektorperspektive Industrie. Eine Studie von McKinsey & Company Inc., erstellt im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz. MC Kinsey & Company 2007. 2007

[Öko-Institut 2012d] Öko-Institut e.V. [Hrsg.]: Potenziale und Chancen der Technologie der zur CO_2-Abtrennung und –Ablagerung (CCS) für industrielle Prozessemissionen. Kurzstudie für die Umweltstiftung WWF. 2012

[PWC 2012] Price Waterhouse Cooper: Umsetzung und Anwendung eines ganzheitlichen Energiemanagements. 2012

[Zhu und Sadoway 2001] H. Zhu und D.R. Sadoway (2001) Toward Elimination of Anode Effect and PFC Emissions via Current Shunting Light Metals J.L Anjier, ed. 303-306. 2001

[UBA 2012b] Umweltbundesamt: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2012, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2010, Dessau, Umweltbundesamt, Juni 2012, url: http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm. Dessau, 2012

[VCI 2012] VCI [Hrsg.]: Chemiewirtschaft in Zahlen 2012. Verband der chemischen Industrie e.V. 2012. url: https://www.vci.de/Downloads/Publikation/ Chemiewirtschaft%20in%20Zahlen%202012.pdf. Berlin, 2012

[VDZ 2010] VDZ: Monitoringbericht 2008-2009. Deutsche Zementindustrie. Düsseldorf, 2010

[Wiesenberger 2001] Wiesenberger H.: State-of-the-Art for the Production of Nitric Acid with regard to the IPCC Directive. Umweltbundesamt. Federal Environment Agency –Austria. url: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M150z.pdf. Wien, 2001

[WI 2011] Wuppertal Institut: NRW 2020 plus Endbericht Anhang 2 – Bewertung von langfristigen Klimaschutzmaßnahmen in NRW. Wuppertal, 2011

[WSA 2011] World Steel Association [Hrsg.]: Crude Steel production 2011. Peking, 2011. url: http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/steel-stats/2011/Crude-steel-production-2011/document/2011%20steel%20updated%20Feb2012.pdf. Brüssel, 2011

Querschnittstechnologien

[Acatech 2013] Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin, 2013

[BCG 2009] The Boston Consulting Group, SAP, Huawei Siemens 2009 SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz. 2009

[Bitcom 2008]Energieeffizienz in Rechenzentrum. Ein Leitfaden zur Planung, zur Modernisierung und zum Betrieb von Rechenzentren. Band 2. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.. Berlin, 2008

[Ecologic Institut 2012] Evaluierung des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Anhang A-21 zum Endbericht. Einzelprojektevaluierung. CeBIT Green IT World 2009 und 2010. Berlin, 2012

[Fraunhofer ISI et al. 2012] Schlomann et al.: Kosten-/Nutzen-Analyse der Einführung marktorientierter Instrumente zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland. Endbericht an das BMWi, Projektnummer 36/10. (Öko-Institut, Ecofys, Fraunhofer Institut). Karlsruhe/ Freiburg/ Berlin, 2012

[IZM und ISI 2009] Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft, Kurzfassung des Abschlussberichts an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Fraunhofer Institut für Mikrointegration und Zuverlässigkeit (IZM) und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). Berlin/ Karlsruhe, März 2009

[Prognos 2010] Prognos: Green-IT: Energieeffizienz in Rechenzentren, Prognos. Berlin, 2010

Transportlogistik

[Foster und Langer 2013] Foster, B. und Langer, T.: Energy Efficiency Potenzial of the U.S. Freight System: A Scoping Exercise, ACEEE Report T132. Washington, 2013

[Öko-Institut 2012c] Öko-Institut e.V.:Renewebility - Verkehr und Klimaschutz – Szenarien im Kontext langfristiger umwelt- und energiepolitischer Ziele, Foliensatz. Freiburg/ Berlin, 2012

[UBA 2009] Umweltbundesamt (UBA): Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr, Texte 18/2009. Dessau, 2009

[UBA 2013d] Umweltbundesamt (UBA): Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr, Texte 11/2013. Dessau, 2013

Kommunen

Kommunale Liegenschaften

[BCG 2009] The Boston Consulting Group, SAP, Huawei Siemens 2009 SMART 2020 Addendum Deutschland: Die IKT-Industrie als treibende Kraft auf dem Weg zu nachhaltigem Klimaschutz. 2009

[dena 2007] Deutsche Energie Agentur: Contracting-Potenziale in öffentlichen Liegenschaften. Berlin, 2007

[Fraunhofer ISE 2010] Fraunhofer ISE: Innovative Gebäudeausrüstung und -steuerung –technisch u. wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung, Fraunhofer ISE. Freiburg, 2010

[McKinsey 2008] McKinsey: Potenziale der öffentlichen Beschaffung für ökolog. Industriepolitik und Klimaschutz, McKinsey. 2008

[Öko-Institut und IFEU 2010] Öko-Institut und IFEU: Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft. Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. Darmstadt/ Heidelberg, 2010

[Prognos 2006] Prognos: Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz. Berlin, 2006

[Prognos 2010] Prognos: Green-IT: Energieeffizienz in Rechenzentren, Prognos. Berlin, 2010

[Prognos und difu 2011] Prognos und difu: Endenergieeinsparungen im Bereich der Bundesverwaltung durch Maßnahmen der Öffentlichen Hand im Kontext der EDL-Richtlinie. Berlin, 2011

Ver- und Entsorgungsinfrastruktur

[AGFW 2011] AGFW: AGFW-Hauptbericht 2010 – der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.. Frankfurt am Main, 2011

[BMU und UBA 2007] BMU und UBA :„Energieeffizienz auf Kläranlagen“ Fachgespräch. Bonn, 2007

[difu 2012] difu: Innovative Praxisbeispiele für Maßnahmen zur THG-Minderung auf Kläranlagen: „Klimaschutz & Abwasserbehandlung“, Themenheft des difu. Berlin, 2012

[DLR et al. 2010] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Leitstudie 2010. Stuttgart, Kassel, Teltow, 2010

[DLR und IfnE 2009] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Ingenieurbüro für neue Energien (IfnE): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung (Leitszenario 2009). Im Auftrag des BMU. Stuttgart, Teltow, 2009

[IER et al. 2010] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030, Energieprognose 2009, Hauptbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Stuttgart, Essen, Mannheim, 2010

[IFEU 2010] IFEU: Klimaschutz-und Energieeffizienzpotenziale im Bereich Abfall und Abwasserwirtschaft. Heidelberg, 2010

[IFEU 2011b] IFEU: Ökobilanz Trinkwasser. Heidelberg, 2011

[IFEU lfd.] IFEU: Die Nutzung von Exergieströmen in Strom-Wärme-Systemen, IFEU, Fraunhofer IBP, noch nicht abgeschlossen. Heidelberg, Laufend

[IFEU et al. 2013] IFEU, GEF-Ingenieur AG und AGFW: Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien. Endbericht. Gefördert durch das BMU. Heidelberg, Leimen, Frankfurt am Main, 2013

[Öko-Institut und IFEU 2010] Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft. Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. Öko-Institut e.V. Darmstadt und IFEU Heidelberg, Ufoplan-Vorhaben 3708 31 302. Darmstadt/ Heidelberg, Januar 2010

[Prognos et al. 2010] Prognos, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Im Auftrag des BMWi. 2010

[WI et al. 2006] Fischedick, M., Schüwer, D., Venjakob, J., Merten, F., Mitze, D., Krewitt, W. Nast, M., Bohnenschäfer, W.,Lindner, K.l: Anforderungen an Nah- und Fernwärmenetze in Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele der BR bis 2020; WI, DLR, IE Leipzig, Hrsg. Umweltbundesamt (UBA), Endbericht 7. Dezember 2006

[WI 2010] Wuppertal Institut: Potenziale der CO_2-Minderung durch Fernwärme – Fokus neue Bundesländer. Wuppertal, 2010

[UBA 2011] Umweltbundesamt: url: http://www.umweltbundesamt.de/produkte/beschaffung/energieversorgung/fernwaermeversorgung.html. Dessau, 2011

Mobilität

[Barnimer Busgesellschaften 2012] Barnimer Busgesellschaften: Forschst du oder fährst du schon? Der O-Bus als intelligente Lösung für Europa. Hrsg. Barnimer Busgesellschaft, Unterwegs -Kundenzeitschrift der Barnimer Busgesellschaften, Sonderausgabe, Eberswalde 2012.

[dena 2013] Deutsche Energie-Agentur: Fuhrparkmanagement. url: http://www.energieeffiziente-kommune.de/verkehr/themen/fuhrpark-optimieren/

[Eichmann, V. et al. 2005] Dipl.-Ing. Volker Eichmann et al.: Umweltfreundlicher, Attraktiver und leistungsfähiger ÖPNV, Hrsg. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). Berlin, 2005.

[Neuhaus et al. 2007] Neuhaus et al.: Effizienzpotenziale in kommunalen Fuhrparks: Eine empirische Untersuchung zur (inter)kommunalen Fahrzeugnutzung und zum Outsourcing fahrzeugbezogener Dienstleistungen, Leasing: Wissenschaft & Praxis, Forschungsinstitut für Leasing an der Universität zu Köln. Köln, 2007

[Schade 2004] Dr. Heinz Schade: Positionspapier Trolleybus. Betreffend die EU-Verordnung zur Vergabe öffentlicher Dienstleistungsaufträge im Personenverkehr. url: http://www.trolleymotion.ch/fileadmin/user_upload/documents/salzburg_obus_positionspapier_EU.pdf. Salzburg, 2004.

[TÜV NORD 2012] TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG, PE INTERNATIONAL AG, Dr. Bruns & Fetzer Unternehmensberatung GmbH et al.: Begleitendes Prüfprogramm im Rahmen der „Effizienz- und Kostenanalyse für den Linienbetrieb von Hybridbussen“, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Abschlussbericht, Berlin 2012.

[VCD e.V. 2011] Verkehrsclub Deutschland (VCD) e.V.: VCD Leitfaden – Effizienter Fuhrpark: kostengünstig, umwelschonend, zukunftssicher.url: http://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/redakteure_2010/projekte/grueneflotte/VCD_Leitfaden_Effizienter_Fuhrpark_klein.pdf. Berlin, 2011.