Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050

Potsdam und Berlin
März 2014

Bearbeitung

Reusswig, Fritz (PIK)/ Hirschl, Bernd (IÖW)/ Lass, Wiebke (PIK)/ Becker, Carlo (bgmr Landschaftsarchitekten)/ Bölling, Lars (UmbauStadt)/ Clausen, Wulf (HFK Rechtsanwälte)/ Haag, Leilah (LUP)/ Hahmann, Henrike (bgmr)/ Heiduk, Philipp (UmbauStadt)/ Hendzlik, Manuel (InnoZ)/ Henze, Anna (HFK Rechtsanwälte)/ Hollandt, Frank (BLS Energieplan)/ Hunsicker, Frank (InnoZ)/ Lange, Christoph (BLS Energieplan)/ Meyer-Ohlendorf, Lutz (PIK)/ Neumann, Anna (IÖW)/ Rupp, Johannes (IÖW)/ Schiefelbein, Sebastian (InnoZ)/ Schwarz, Uwe (BLS Energieplan)/ Weyer, Gregor (LUP)/ Wieler, Ulrich (UmbauStadt)

unter Mitarbeit von Eichenauer, Eva (PIK), Kühne, Verena (UmbauStadt), Maharens, Sönke (PIK), Dusold, Pascal (PIK), Prahl, Andreas (IÖW) und Schröder, André (IÖW)

Potsdam und Berlin, 17. März 2014

Projekt Klimaneutrales Berlin 2050

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
Telegraphenberg A 31, 14473 Potsdam

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH
Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin

BLS Energieplan GmbH
Torgauer Str. 12-15, 10829 Berlin

Innovationtszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel GmbH
Torgauer Str. 12-15, 10829 Berlin

UmbauStadt
Eislebener Str. 6, 10789 Berlin

LUFTBILD UMWELT PLANUNG GmbH
Große Weinmeisterstr. 3a, 14469 Potsdam

HFK Rechtsanwälre LLP
Knesebeckstr. 1, 10623 Berlin

bgmr Landschaftsarchitekten
Prager Platz 6, 10779 Berlin

Auftraggeber

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
Württembergische Str. 6, 10707 Berlin

Danksagung

In allen drei Arbeitsphasen dieser Studie – Ausgangssituation und Ermittlung der CO_2-Reduktionspotenziale, Entwicklung der Szenarien, Identifikation von strategischen Ansatzpunkten und Maßnahmen – war ein intensiver Dialog zwischen dem Projektteam und Vertreter/-innen der (Fach-) und der breiten Öffentlichkeit Berlins ein wesentlicher Bestandteil. Dieser Austausch fand sowohl im Rahmen größerer Veranstaltungen als auch in vielen Fachworkshops und kleineren Runden sowie in bilateralen Gesprächen statt.

Ohne diesen breit angelegten „Stakeholder-Dialog“ hätte die Studie in dieser Weise nicht durchgeführt werden können. Allen ca. 320 Vertreter/-innen von Organisationen, Verbänden, Unternehmen, öffentlicher Verwaltung und engagierten Einzelpersonen sei an dieser Stelle für ihr Engagement und die kompetenten Beiträge gedankt.

Besonderer Dank gebührt auch dem Auftraggeber, speziell den Mitarbeiter/-innen des Sonderreferats Energie- und Klimaschutz der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, für die konstruktive Begleitung der Forschungsarbeit.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung 4
Abbildungsverzeichnis 10
Tabellenverzeichnis 11
Verzeichnis der Boxen 13
Abkürzungsverzeichnis 14
Glossar 22

0. Zusammenfassung 26

1. Einleitung 37
1.1. Aufgaben und Vorgehen der Machbarkeitsstudie 37
1.2. Herausforderung Klimawandel 39
1.3. Städte sind wichtig – und müssen handeln 40
1.4. Klimasystem und Klimaneutralität 42
1.5. Was heißt Klimaneutralität für Berlin? 44
1.6. Zum „Mehrwert“ des Klimaneutralitätsziels für Berlin 45

2. Ausgangssituation und Reduktionspotenziale 47
2.1. Ausgangssituation: Wo steht Berlin heute? 47
2.1.1. Stand 2010 47
2.1.2. Berechnung von Energieverbrauch und CO_2-Emissionen der Handlungsfelder auf Grundlage der Energie- und CO_2-Bilanz 48
2.2. Endenergie- und CO_2-Reduktionspotenziale 55
2.2.1. Energieversorgung 57
2.2.2. Gebäude und Stadtentwicklung 61
2.3.3. Wirtschaft 67
2.2.4. Private Haushalte und Konsum 71
2.2.5. Verkehr 75
2.3. Übersicht der Potenziale zur Energieeinsparung, Emissionsreduktion und erneuerbarer Energien in Berlin 78

3. Szenarien für ein klimaneutrales Berlin 80
3.1. Methodik der Szenarienentwicklung 80
3.2. Szenarien in den einzelnen Handlungsfeldern 84
3.2.1. Energieversorgung 85
3.2.1.1. Einführung 85
3.2.1.2. Szenarien 88
3.2.1.3. Zwischenfazit 96
3.2.2. Gebäude und Stadtentwicklung 97
3.2.2.1. Einführung 97
3.2.2.2. Szenarien 99
3.2.2.2.1. Stellgrößen der Szenarienentwicklung für die Flächenentwicklung 100
3.2.2.2.2. Stellgrößen der Szenarienentwicklung für die Gebäudeentwicklung 103
3.2.2.3. Zwischenfazit 111
3.2.3. Wirtschaft 124
3.2.3.1. Einführung 124
3.2.3.2. Szenarien 126
3.2.3.3. Zwischenfazit 132
3.2.4. Private Haushalte und Konsum 132
3.2.4.1. Einführung 132
3.2.4.2. Szenarien 134
3.2.4.3. Zwischenfazit 137
3.2.5. Verkehr 137
3.2.5.1. Einführung 137
3.2.5.2. Szenarien 140
3.2.5.3. Zwischenfazit 147
3.3. Gesamtszenarien zur Klimaneutralität 149
3.4. Exkurs: Effekte und Ansatzpunkte der Szenarienrealisierung 162
3.4.1. Ausgewählte regionalökonomische Effekte am Beispiel der Entwicklung erneuerbarer Energien 162
3.4.1.1. Ökonomische Engführungen in der Debatte um erneuerbare Energien 162
3.4.1.2. Nutzeneffekte der Energiewende – Wertschöpfung, ökonomische Teilhabe und Akzeptanz 163

3.4.1.3. Ausgangslage in Berlin – Energieausgaben und Wertschöpfung in 2012 165
3.4.1.4. Wertschöpfungsperspektiven durch erneuerbare Energien 2050 166
3.4.2. Ausgangs- und Rahmenbedingungen der energetischen Gebäudesanierung 169

4. Strategien für ein klimaneutrales Berlin – Massnahmen und Leitprojekte 178
4.1. Einführung 178
4.2. Voraussetzungen für Berlins Klimaneutralität im politischen Mehrebenensystem 179
4.2.1. Priorisierung einer Klimaneutralitätspolitik in Berlin 179
4.2.2. Berlin als Akteur auf der bundespolitischen Ebene 180
4.2.3. Koordination in der Metropolregion Berlin-Brandenburg 180
4.2.4. Innovative Finanzierungsmodelle für die lokale Energiewende 181
4.3. Leitprojekte 182
Leitprojekt 1: Integrierte Quartierskonzepte Klimaschutz und Klimaanpassung im Bestand –„Klimakiez“ 184
Leitprojekt 2: Neue klimaneutrale Stadtquartiere bauen – „Neutral-Quartier“ 185
Leitprojekt 3: Energetische differenzierte Optimierung der Denkmäler – „Energiepass Denkmal“ 186
Leitprojekt 4: Masterplan „Solarhauptstadt Berlin“ 187
Leitprojekt 5: Kläranlagen zu Kraftwerken machen – „Flexikläranlagen“ 188
Leitprojekt 6: Null-Emissionen-Gewerbeparks als Schaufenster für eine klimaneutrale Berliner Wirtschaft 189
Leitprojekt 7: Runder Tisch „Klimaneutrale Wirtschaft Berlin“ 191
Leitprojekt 8: Intermodale Mobilität aus einer Hand 192
Leitprojekt 9: Mobilitätsberatung für Neubürgerinnen und Neubürger 193
Leitprojekt 10: Klimaneutralität kommunizieren 194
Leitprojekt 11: Bildungsoffensive Klimaneutralität 195
Leitprojekt 12: Wissenschaftsinitiative: Die klimaneutrale Stadt erforschen 196
Leitprojekt 13: Integriertes Monitoringsystem Klimaneutralität 196

4.4. Übersicht der Einzelmaßnahmen nach Handlungsfeldern 198
4.4.1. Energieversorgung 199
4.4.2. Gebäude und Stadtentwicklung 200
4.4.3. Wirtschaft 201
4.4.4. Private Haushalte und Konsum 203
4.4.5. Verkehr 204

5. Literatur 207

Anhang 226
Anhang A: Maßnahmenblätter 230

Anhang B: Hintergrundmaterial 312
B.1. Methodik und Ergebnisse der Gebäudemodellierung (I): Stadtstrukturbezogene Flächeninanspruchnahme 313
B.2. Methodik und Ergebnisse der Gebäudemodellierung (II): GIS-technische Auswertung 317
B.3. Methodik und Ergebnisse der Gebäudemodellierung (III): Berechnung von Nutzenergie- und Endenergiebedarfen 332
B.4. CO_2-Senken 348
B.5. Ausgewählte regionalwirtschaftliche Effekte 360
B.6. Rechtliche Rahmenbedingungen 379
B.7. Methodisches Vorgehen im Handlungsfeld Verkehr 398
B.8. Methodische Erläuterungen zur Szenarienbildung im Handlungsfeld Energie 415

Abbildungsverzeichnis[1]

Abbildung 0-1: Entwicklung der CO_2-Emissionen Berlins (1990 – 2050) ... 27

Abbildung 0-2: Anteilige CO_2-Emissionen Berlins (Verursacherbilanz) nach Handlungsfeldern 2010 ... 28

Abbildung 0-3: Zusammensetzung des Berliner Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2010 ... 28

Abbildung 0-4: Schlüsselfaktoren der beiden Zielszenarien nach Handlungsfeldern ... 31

Abbildung 0-5: CO_2-Emissionen aus Endenergieverbrauch nach Verursacherbilanz 2010 im Referenzszenario und in den beiden Zielszenarien ... 32

Abbildung 0-6: Strombereitstellung 2010 und in den Szenarien ... 33

Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Machbarkeitsstudie ... 38

Abbildung 2: Visualisierung der CO_2-Emissionen New Yorks. ... 42

Abbildung 3: Klimaneutrale Pro-Kopf-Emissionen Berlins unter verschiedenen Annahmen ... 44

Abbildung 4: Entwicklung der CO_2-Emissionen Berlins (1990 – 2050) ... 47

Abbildung 5: Schematische Zuordnung von Energieverbräuchen und CO_2-Emissionen nach Verbrauchssektoren ... 49

Abbildung 6: CO_2-Emissionen Berlins 2010 (Verursacherbilanz) nach Verbrauchssektoren: Aufteilung des Amtes für Statistik (oben), Neuaufteilung nach Handlungsfeldern der Machbarkeitsstudie (unten) ... 53

Abbildung 7: Kenngrößen des Berliner Energiesystems 2010 nach Handlungsfeldern ... 55

Abbildung 8: Primärenergieverbrauch ... 58

Abbildung 9: Endenergieverbrauch ... 57

Abbildung 10: Umwandlungseinsatz Kraftwerke 2010 nach Energieträgern ... 60

Abbildung 11: Stadtstrukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung - Flächenanteil an bebauter Fläche mit überwiegender Wohnnutzung ... 63

Abbildung 12: Stadtstrukturen mit überwiegender Wohnnutzung – Einwohner ... 63

Abbildung 13: Übersicht der Verteilung der Stadtstrukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung im Berliner Stadtgebiet ... 64

Abbildung 14: Endenergieverbrauch in den Sektoren GHD und verarbeitendes Gewerbe in Prozent für das Jahr 2010 mit Gebäudehülle ... 69

Abbildung 15: Endenergieverbrauch in den Sektoren GHD und verarbeitendes Gewerbe für das Jahr 2010 ohne Gebäudehülle ... 70

Abbildung 16: Hemmende und unterstützende Faktoren für die Klimaneutralität im Haushalts-Stromverbrauch ... 72

Abbildung 17: Effizienz verschiedener Geräteklassen am Beispiel Kühl-Gefrierkombination in Relation zum durchschnittlichen Gerätestandard 1995 ... 73

[1] Die grafische Gestaltung der Abbildungen 0-1, 0-4, 0-5, 0-6, 1, 4 sowie Tabelle 30 erfolgte durch das Grafik-Büro okamo, Berlin.

Abbildung 18: Altersstruktur von Elektrogroßgeräten in privaten Haushalten in Deutschland ... 74
Abbildung 19: Entwicklung der CO_2-Emissionen im Berliner Verkehrssektor 1990-2010 ... 75
Abbildung 20: Idealtypischer und im Projekt adaptierter Ablauf einer Szenarioanalyse ... 81
Abbildung 21: Stromverwendung nach Szenarien ... 91
Abbildung 22: Strombereitstellung nach Szenarien ... 92
Abbildung 23: Eigenversorgungsgrad nach Szenarien ... 93
Abbildung 24: Methodenschema des Berliner Gebäude-Energie-Modells (BeGEM) ... 104
Abbildung 25: Berechnungsschema zur Ermittlung solarenergetischer Erträge ... 109
Abbildung 26: Energieflussschema Nutzenergie Gebäude in Brennstoffmix Endenergie ... 110
Abbildung 27: Referenzszenario – Flächenentwicklung. ... 112
Abbildung 28: Referenzszenario – Stadtraumfläche. ... 113
Abbildung 29: Zielszenario 1 („Moderate Modernisierung“) – Flächenentwicklung ... 115
Abbildung 30: Zielszenario 1 – Stadtraumfläche. ... 116
Abbildung 31: Zielszenario 2 („Konsequente Modernisierung“) – Flächenentwicklung ... 118
Abbildung 32: Zielszenario 2 („Konsequente Modernisierung“) – Stadtraumfläche ... 119
Abbildung 33: Übersicht Flächenentwicklung - Stadtraumfläche. ... 120
Abbildung 34: Übersicht Flächenentwicklung - Bruttogeschossfläche ... 120
Abbildung 35: Endenergieverbrauch 2010. ... 122
Abbildung 36: Endenergieverbrauch 2050 Referenzszenario. ... 122
Abbildung 37: Endenergieverbrauch 2050 Zielszenario 1. ... 123
Abbildung 38: Endenergieverbrauch 2050 Zielszenario 2 ... 122
Abbildung 39: Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr im Referenz- und Zielszenario 1 ... 142
Abbildung 40: Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr im Zielszenario 2 ... 145
Abbildung 41: CO_2-Einsparungen bezogen auf 1990 ... 150
Abbildung 42: Exterritoriale Flächeninanspruchnahme durch Stromverbrauch Berlins im Endenergiebereich ... 152
Abbildung 43: Struktur der Energie- und CO_2-Bilanz je Handlungsfeld ... 154
Abbildung 44: Einsparungen bei Energie- und CO_2-Bilanzen im Vergleich zu 2010 ... 155
Abbildung 45: Einsparungen bei Energie- und CO_2-Bilanzen ... 156
Abbildung 46: Erneuerbare Energien in Berlin für ausgewählte Bereiche ... 158
Abbildung 47: Entwicklung von Weltrohöl- und Einfuhrpreisen in Deutschland 1991-2012 ... 163
Abbildung 48: Energiekosten der privaten Haushalte in Deutschland 2012. ... 164
Abbildung 49: Ausgewählte Wertschöpfungseffekte durch erneuerbare Energien 2012 und 2050 nach Steuern, Einkommen und Gewinnen ... 168
Abbildung 50: Ausgewählte Wertschöpfungseffekte durch erneuerbare Energien 2012 und 2050 nach EE-Technologien. ... 168
Abbildung 51: Zusammenfassung verschiedener Studien zu Sanierungskosten ... 170
Abbildung 52: Energetische und soziale Problemlagen in Berlin ... 174

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: CO_2-Emissionen (in Millionen Tonnen pro Jahr) ausgewählter Städte und Länder ca. 2010 ... 41

Tabelle 2: Verknüpfung zwischen Energie-, Anwender- und Handlungsfeld-Bilanzen in 2010 ... 50

Tabelle 3: Aufteilung der Endenergie zwischen privaten Haushalten und GHD-Sektor ... 51

Tabelle 4: Endenergieverbrauch 2010 nach AfS-Sektoren und nach Handlungsfeldern in der Darstellungsform der Energiebilanzen. ... 52

Tabelle 5: Kenngrößen des Berliner Energiesystems 2010 nach Handlungsfeldern im Überblick ... 55

Tabelle 6: Energieverbrauch nach Energieträgern ... 57

Tabelle 7: Energieerzeugung durch EE in Berlin 2010 sowie Spannbreiten langfristiger EE-Potenziale ... 59

Tabelle 8: Strukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung – Wertetabelle zur Verteilung im Stadtgebiet. ... 62

Tabelle 9: Berliner Wirtschaftsstruktur nach Brutto-Wertschöpfung (BWS) und sozialversicherungspflichtig Beschäftigten für das Jahr 2010 ... 68

Tabelle 10: Übersicht relativer und absoluter Reduktionspotenziale in den Sektoren GHD und Verarbeitendes Gewerbe ... 70

Tabelle 11: Schlüsselfaktoren und Ausprägungen in den Szenarien im Handlungsfeld Energieversorgung. ... 87

Tabelle 12: Stromverwendung nach Szenarien. ... 91

Tabelle 13: Strombereitstellung nach Szenarien. ... 92

Tabelle 14: Eigenversorgungsgrad nach Szenarien. ... 94

Tabelle 15: Wichtige Kennzahlen der Szenarien des Handlungsfeldes Energie ... 97

Tabelle 16: Übersicht der Stellgrößen im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung ... 98

Tabelle 17: Fernwärmeentwicklung. ... 108

Tabelle 18: Solare Nutzung von Dach- und Außenwandflächen. ... 108

Tabelle 19: Anlagenmix nach Abzug Fernwärme und Solarthermie ... 110

Tabelle 20: Teilergebnisse aus dem Gebäudesektor. ... 121

Tabelle 21: Übersicht der Stellgrößen im Handlungsfeld Wirtschaft. ... 124

Tabelle 22: Übersicht der Verteilung der Energieträger im Referenzszenario im Vergleich zum Stand 2010, bezogen auf die Endenergiebereitstellung ... 127

Tabelle 23: Übersicht der Verteilung der Energieträger im Zielszenario 1 im Vergleich zum Stand 2010, bezogen auf die Endenergiebereitstellung ... 129

Tabelle 24: Übersicht der Verteilung der Energieträger im Zielszenario 2 im Vergleich zum Stand 2010, bezogen auf die Endenergiebereitstellung ... 131

Tabelle 25: Übersicht der Endenergie und der CO_2-Emissionen der drei Szenarien im Vergleich zum Stand 2010, inklusive der erzielten Reduktionen ... 132

Tabelle 26: Art und Ausprägung der Stellschrauben in den Szenarien des Handlungsfelds Private Haushalte und Konsum ... 133

Tabelle 27: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen im Handlungsfeld private Haushalte und Konsum ... 137
Tabelle 28: Art und Ausprägung der Stellschrauben in den Szenarien des Handlungsfelds „Verkehr" ... 139
Tabelle 29: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen im Verkehrssektor ... 148
Tabelle 30: Kurzcharakteristik der Zielszenarien nach Handlungsfeldern ... 149
Tabelle 31: Ergebnisse der Szenarienanalyse in der Zusammenschau ... 157
Tabelle 32: EE-Anteile ausgewählter Bereiche ... 160
Tabelle 33: Wärmetechnischer Zustand und Miethöhe ... 173
Tabelle 34: Entwicklung der zusätzliche Sanierungskosten und der Energieeinsparungen in 2020, 2030 und 2050 ... 176
Tabelle 35: Übersicht über die Leitprojekte und ihre Zuordnung zu den Handlungsfeldern ... 183
Tabelle 36: Maßnahmen im HF Energie ... 199
Tabelle 37: Maßnahmen im HF Gebäude und Stadtentwicklung ... 200
Tabelle 38: Maßnahmen im HF Wirtschaft ... 202
Tabelle 39: Maßnahmen im HF Private Haushalte und Konsum. ... 203
Tabelle 40: Maßnahmen im HF Verkehr ... 205

Verzeichnis der Boxen

Box 1: Urbane Solarpotenziale ... 94
Box 2: Exterritoriale Flächeninanspruchnahme ... 151

Abkürzungsverzeichnis

13. BImSchV	Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021, 1023, 3754)
17. BImSchV	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021, 1044, 3754)
35. BImSchV	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung vom 10. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2218), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2793) geändert worden ist
4. BImSchV	Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973, 3756)
9. BImSchV	Verordnung über das Genehmigungsverfahren in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. Mai 1992 (BGBl. I S. 1001), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973) geändert worden ist
AfS	Amt für Statistik
AGBauGB	Gesetz zur Ausführung des Baugesetzbuchs in der Fassung vom 7. November 1999 (GVBl. S. 578) BRV 2130-12 zuletzt geändert durch Art. I Drittes ÄndG vom 03.11. 2005 (GVBl. S. 692)
AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AGEnWG	Gesetz zur Ausführung des Energiewirtschaftsgesetzes vom 6. März 2006 (GVBl. S. 250) BRV 752-2
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
AusglMechV	Ausgleichsmechanismusverordnung vom 17. Juli 2009 (BGBl. I S. 2101), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 17. August 2012 (BGBl. I S. 1754) geändert worden ist
AVUm VOL	Ausführungsvorschriften für umweltfreundliche Beschaffungen und Auftragsvergaben nach der Verdingungsordnung für Leistungen - ausgenommen Bauleistungen - vom 1. Oktober 2005 (ABl. 2005 S. 3752)
AWB	Anwenderbilanzen
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauGB	Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. I S. 1548) geändert worden ist
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BauO Bln	Bauordnung für Berlin vom 29. September 2005 (GVBl. S. 495) BRV 2130-10 zuletzt geändert durch Art. I Zweites ÄndG vom 29. 6. 2011 (GVBl. S. 315)
BBB	Berliner Bäderbetriebe
BbgBO	Brandenburgische Bauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. September 2008 (GVBl.I/08, [Nr. 14], S.226), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 29. November 2010 (GVBl.I/10, [Nr. 39])
BEA	Berliner Energieagentur
BeGEM	Berliner Gebäude-Energie-Modell der Machbarkeitsstudie

BEnSpG	Gesetz zur Förderung der sparsamen sowie umwelt- und sozialverträglichen Energieversorgung und Energienutzung im Land Berlin (Berliner Energiespargesetz - BEnSpG) Vom 2. Oktober 1990 (GVBl. S. 2144) BRV 754-1 zuletzt geändert durch Art. LVII Berliner Euro-AnpassungsG vom 16. 7. 2001 (GVBl. S. 260)
BER	Flughafen Berlin Brandenburg
BerlAVG	Berliner Ausschreibungs- und Vergabegesetz vom 8. Juli 2010 (GVBl. S. 399) BRV 7102-9 zuletzt geändert durch Art. I Erstes ÄndG vom 5. 6. 2012 (GVBl. S. 159)
BerlBG	Berliner Betriebe-Gesetz
BerlStrG	Berliner Straßengesetz Vom 13. Juli 1999 (GVBl. S. 380) BRV 2132-2 zuletzt geändert durch Art. I Erstes ÄndG vom 04.12. 2008 (GVBl. S. 466)
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), das durch Artikel 4 Absatz 5 des Gesetzes vom 1. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3719) geändert worden ist
BGF	Bruttogrundfläche (nach DIN) oder auch Bruttogeschossfläche (nach BauNVO)
BHKW	Blockheizkraftwerk
BHO	Bundeshaushaltsordnung vom 19. August 1969 (BGBl. I S. 1284), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2395) geändert worden ist
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943) geändert worden ist
BiomasseV	Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 10 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
BioSt-NachV	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung vom 23. Juli 2009 (BGBl. I S. 2174), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 70 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist
BITCOM	Bundesverband Informationswirtschaft
BlnNatSchG	Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege von Berlin (Berliner Naturschutzgesetz - NatSchG Bln) vom 29. Mai 2013 (GVBl. S. 140) 791-1
BM	Biomasse
BMK	Biomassekessel
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 100 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
BremLBO	Bremische Landesbauordnung vom 27. März 1995 (Brem.GBl. S. 211) außer Kraft am 1. Mai 2010 durch Artikel 3 des Gesetzes vom 6. Oktober 2009 (Brem.GBl. S. 401)
BS	Bikesharing
BSR	Berliner Stadtreinigung
BSW	Bundesverband Solarwirtschaft
BT-Drs.	Drucksache des Deutschen Bundestages
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe

BWB	Berliner Wasserbetriebe
ChemKlimaschutzV	Chemikalien-Klimaschutzverordnung vom 2. Juli 2008 (BGBl. I S. 1139), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 42 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
CS	Carsharing
DESTATIS	Statistisches Bundesamt Deutschland
DEV 2020	DatenerhebungsVO für Luftfahrzeugbetrieb: Verordnung über die Erhebung von Daten zur Einbeziehung des Luftverkehrs sowie weiterer Tätigkeiten in den Emissionshandel (Datenerhebungsverordnung 2020 – DEV 2020)*) vom 22. Juli 2009
DIHK	Deutsche Industrie- und Handelskammer
EE	Erneuerbare Energie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2730) geändert worden ist
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 68 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist
EF	Emissionsfaktor
EFRE	Europäischer Fonds für Regionalentwicklung
EG	Europäische Gemeinschaft
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EnEG	Energieeinsparungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. September 2005 (BGBl. I S. 2684), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Juli 2013 (BGBl. I S. 2197) geändert worden ist
EnergieStG	Energiesteuergesetz vom 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1534; 2008 I S. 660, 1007), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2436, 2725; 2013 I 488) geändert worden ist
EnergieStV	Energiesteuer-Durchführungsverordnung vom 31. Juli 2006 (BGBl. I S. 1753), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 24. Juli 2013 (BGBl. I S. 2763) geändert worden ist
EnEV	Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951) geändert worden ist
EnLAG	Energieleitungsausbaugesetz vom 21. August 2009 (BGBl. I S. 2870), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2543) geändert worden ist
ENVE	Fachkommission für Umwelt, Klimawandel und Energie
EnVKG	Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz vom 10. Mai 2012 (BGBl. I S. 1070)
EnVKV	Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung vom 30. Oktober 1997 (BGBl. I S. 2616), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3221) geändert worden ist
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das durch Artikel 3 Absatz 4 des Gesetzes vom 4. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3746) geändert worden ist
EU	Europäische Union

EUZBLG	Gesetz über die Zusammenarbeit von Bund und Ländern in Angelegenheiten der Europäischen Union vom 12. März 1993 (BGBl. I S. 313), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. September 2009 (BGBl. I S. 3031) geändert worden ist
EVPG	Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz vom 27. Februar 2008 (BGBl. I S. 258), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 31. Mai 2013 (BGBl. I S. 1388) geändert worden ist
EW	Einwohner
FIFA	Fédération Internationale de Football Association
FPrEN 15804	Europäischer Normentwurf Umweltdeklarationen für Produkte - Regeln für Produktkategorien; Deutsche Fassung FPrEN 15804:2011
FW	Fernwärme
Fzg-km	Fahrzeugkilometer
FZV	Fahrzeug-Zulassungsverordnung vom 3. Februar 2011 (BGBl. I S. 139), die durch Artikel 1 u. 2 der Verordnung vom 8. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3772) geändert worden ist
GASAG	Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung vom 3. September 2010 (BGBl. I S. 1261), die durch Artikel 15 des Gesetzes vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2722) geändert worden ist
GG	Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. Juli 2012 (BGBl. I S. 1478) geändert worden ist
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geo-Informations-Systeme
GK	Gaskessel
GrünanlG	Gesetz zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung der öffentlichen Grün- und Erholungsanlagen (Grünanlagengesetz – GrünanlG) vom 24. November 1997 (GVBl. S. 612) geändert durch Art. XLVIII des Gesetzes vom 16. Juli 2001 (GVBl. S. 260), § 27 Abs. 2 des Gesetzes vom 16. September 2004 (GVBl. S. 391) und § 15 Abs. 1 des Gesetzes vom 29. September 2004 (GVBl. S. 424)
GuD	Gas- und Dampf-Kombinationskraftwerk, Kombination der Prinzipien eines Gasturbinenkraftwerkes und eines Dampfkraftwerkes zur effizienteren Stromerzeugung.
HF	Handlungsfeld
HH	Haushalte
HTC	Hydrothermale Carbonisierung
HWK	Handwerkskammer
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung vom 23. August 2007
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung
IHK	Industrie- und Handelskammer
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
ISE	(Fraunhofer) Institut für Solare Energiesysteme
ISI	(Fraunhofer) Institut für System- und Innovationsforschung

ISO 15392	Internationale Organisation für Normung - Nachhaltigkeit im Hochbau - Allgemeine Grundsätze
ISO 21929-2	Internationale Organisation für Normung – Nachhaltigkeit im Hochbau - Entwurf zur Nachhaltigkeit in Gebäuden und Ingenieurbauten - Nachhaltigkeitsindikatoren
ISO 21930	Internationale Organisation für Normung - Nachhaltigkeit im Hochbau - Umwelterklärung von Bauprodukten
ISO 21931-1	Internationale Organisation für Normung - Nachhaltigkeit im Hochbau - Rahmen für Methoden der Bewertung der Umweltleistung der Bauarbeiten
IVSG	Intelligente Verkehrssysteme Gesetz vom 11. Juni 2013 (BGBl. I S. 1553)
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt GmbH
IZM	(Fraunhofer) Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
KDK	Karneval der Kulturen
Kfz-ZulassungsVO	Fahrzeug-Zulassungsverordnung vom 3. Februar 2011 (BGBl. I S. 139), die durch Artikel 1 u. 2 der Verordnung vom 8. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3772) geändert worden ist
KMU	Klein- und Mittelständische Unternehmen
KOM	Europäische Kommission
Krw-/ AbfG Bln	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen in Berlin (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz Berlin - KrW-/AbfG Bln) vom 21. Juli 1999 (GVBl. S. 413) BRV 2127-12 zuletzt geändert durch Art. I Zweites ÄndG vom 2. 2. 2011 (GVBl. S. 50)
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das durch § 44 Absatz 4 des Gesetzes vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1324) geändert worden ist
KSpG	Kohlendioxid-Speicherungsgesetz vom 17. August 2012 (BGBl. I S. 1726)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 19. März 2002 (BGBl. I S. 1092), das durch Artikel 4 Absatz 77 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
LAK Energiebilanzen	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
LEPB-B	Landesentwicklungsplan Berlin-Brandenburg in Kraft ab 15.05.2009
LEPro 2007	Landesentwicklungsprogramm 2007 der Länder Berlin und Brandenburg
LHO	Landeshaushaltsordnung (LHO)in der Fassung vom 30. Januar 2009 GVBl. S. 31, ber. S. 486 BRV 630-1 zuletzt geändert durch Art. I G zur Änd. der LHO und des BerlBG vom 4. 11. 2013 (GVBl. S. 578)
LImSchG Bln	Landes-Immissionsschutzgesetz Berlin (LImSchG Bln) vom 5. Dezember 2005 (GVBl. S. 735, ber. 2006 S. 42) BRV 2190-7 zuletzt geändert durch Art. I Erstes ÄndG vom 3. 2. 2010 (GVBl. S. 38)
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LWaldG	Gesetz zur Erhaltung und Pflege des Waldes vom 16. September 2004
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690), das durch Artikel 4 des Gesetzes vom 20. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2730) geändert worden ist

NEMo	Null-Emission Motzener Straße
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
ORC	Organic Rankine Cycle
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P2G	Power to Gas
P2H	Power to Heat
PBefG	Personenbeförderungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690), das durch Artikel 2 Absatz 147 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
PflVG	Pflichtversicherungsgesetz vom 5. April 1965 (BGBl. I S. 213), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 24. April 2013 (BGBl. I S. 932) geändert worden ist
Pkw-EnVKV	Pkw-Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung vom 28. Mai 2004 (BGBl. I S. 1037), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 10. Mai 2012 (BGBl. I S. 1070) geändert worden ist.
ProMechG	Projekt-Mechanismen-Gesetz vom 22. September 2005 (BGBl. I S. 2826), das durch Artikel 4 Absatz 32 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
PV	Photovoltaik
RL	Europäische Richtlinie
ROG	Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist
SAENA	Sächsische Energieagentur
SDLWindV	Systemdienstleistungsverordnung vom 3. Juli 2009 (BGBl. I S. 1734), die zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1634) geändert worden ist
SektVO	Sektorenverordnung vom 23. September 2009 (BGBl. I S. 3110), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2722) geändert worden istGWB
SenStadtUm	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
SGB II	Das Zweite Buch Sozialgesetzbuch – Grundsicherung für Arbeitsuchende – in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. Mai 2011 (BGBl. I S. 850, 2094), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Mai 2013 (BGBl. I S. 1167) geändert worden ist
SK	Stromkessel
SpaEfV	Spitzenausgleich-Effizienzsystemverordnung vom 31. Juli 2013 (BGBl. I S. 2858)
SPNV	schienengebundener Personennahverkehr
SrV	System repräsentativer Verkehrserhebungen
ST	Solarthermie
StEP	Stadtentwicklungsplan
StromNZV	Stromnetzzugangsverordnung vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2243), die zuletzt durch Artikel 5 der Verordnung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3250) geändert worden ist

StromStG	Stromsteuergesetz vom 24. März 1999 (BGBl. I S. 378; 2000 I S. 147), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2436, 2725) geändert worden ist
StromStV	Stromsteuer-Durchführungsverordnung vom 31. Mai 2000 (BGBl. I S. 794), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. Juli 2013 (BGBl. I S. 2763) geändert worden ist
StVG	Straßenverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I S. 310, 919), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3313) geändert worden ist
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679), die durch Artikel 8 der Verordnung vom 5. November 2013 (BGBl. I S. 3920) geändert worden ist
TEHG	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz vom 21. Juli 2011 (BGBl. I S. 1475), das durch Artikel 4 Absatz 28 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
tkm	Tonnenkilometer. Verkehrsleistung im Güterverkehr (Produkt der transportierten Masse in Tonnen (t) und der dabei zurückgelegten Wegstrecke in Kilometern (km))
TSB	Technologiestiftung Berlin
UEP	Umweltentlastungsprogramm
UGRdL	Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder
UW	Umweltwärme
VfW	Verband für Wärmelieferung e.V.
VgV	Vergabeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Februar 2003 (BGBl. I S. 169), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 15. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3854) geändert worden ist
VL	Verkehrsleistung
VO	Europäische Verordnung
VO (EU) Nr. 1194/2012	(DurchführungsVO): Verordnung (EU) Nr. 1194/2012 DER KOMMISSION vom 12. Dezember 2012 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lampen mit gebündeltem Licht, LED-Lampen und dazugehörigen Geräten
VwVBU	Verwaltungsvorschrift für die Anwendung von Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung von Liefer-, Bau- und Dienstleistungen (Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU) vom 23. Oktober 2012 SenStadtUm IX B 22
VZÄ	Vollzeitäquivalent
WEA	Windenergie-Anlage
WP	Wärmepumpe
WW	Warmwasser
WWF	World Wide Fund for Nature
ZDH	Zentralverband Deutsches Handwerk
zGG	zulässiges Gesamtgewicht
ZuV 2020	Zuteilungsverordnung 2020 vom 26. September 2011 (BGBl. I S. 1921)

Technische Abkürzungen

CO_2	Kohlendioxid
Fzkm	Fahrzeugkilometer
g CO_2/kWh	spezifischer Emissionswert je Energieeinheit (1g CO_2/kWh ≈ 0,278 t CO_2/TJ)
GWh	Gigawattstunden (Energieeinheit); 1 GWh = 1 Mio. kWh bzw. 3,6 x 10^{12} Joule = 3,6 PJ
GWh/a	jährliche Energiemenge in GWh pro Jahr
h/a	Stunden pro Jahr
ha	Hektar (Flächeneinheit) = 10.000 m^2
J	Joule (Energieeinheit) 1 J ≈ 0,278·10^{-6} kWh
JAZ	Jahresarbeitszahl
kWh	Kilowattstunde, Energieeinheit
kWp	Kilowatt Peak (engl. peak für: Spitzenleistung); 1 kWp = 1.000 Watt Peak
Mio.	Million
MJ	Megajoule
Mrd.	Milliarde
MW	Leistung in Megawatt (1 MW = 1.000 kW)
MW_{el}	Elektrische Leistung in 1.000 kW
MWh	Megawattstunde (Energieeinheit 1 MWh = 1.000 kWh)
MWh_{el}	Elektrische Energie in MWh
MWh_{th}	Wärmeenergie (thermisch) in MWh
MW_p	MW_p = 1.000.000 W_p, siehe W_p
MW_{th}	Thermische Leistung in 1.000 kW
PJ	Petajoule (Energieeinheit) 1 PJ = 10^{15} J ≈ 278 GWh
Pkm	Personenkilometer
t CO_2/EW a	Emissionen in Tonnen je Einwohner und Jahr
t CO_2/TJ	spezifischer Emissionswert je Energieeinheit (1 t CO_2/ TJ = 3,6 g CO_2/kWh)
t/ EW a	Tonnen pro Einwohner und Jahr
TJ	Terajoule (Energieeinheit), 1 TJ = 10^{12} J ≈ 278 MWh
tkm	Tonnenkilometer
TWh	Tera-Watt-Stunden
W_p	Watt Peakleistung, bezeichnet das Leistungsvermögen von PV-Anlagen bei einer senkrecht auf die Modulfläche einfallenden solaren Einstrahlung von 1000 W/ m^2
zGG	zulässiges Gesamtgewicht

Glossar

Bidirektionales Laden

Laden von Strom in zwei Richtungen. Beim bidirektionalen Laden wird nicht nur Strom in die Fahrzeugbatterie eingespeist, sondern er kann auch wieder aus der Fahrzeugbatterie entnommen werden.

Bikesharing

Organisationsmodell, bei dem Fahrräder, E-Bikes bzw. Pedelecs an verschiedene Nutzer verliehen werden. Dies geschieht an Stationen, die über die komplette Stadt verteilt sein können und so eine flexible Nutzung ermöglichen.

Carsharing

Die organisierte, gemeinschaftliche Nutzung von Kraftfahrzeugen. Dies kann in stationärer (Ausleihe und Rückgabe an festen Stationen) oder dynamischer „One-way-" (d.h. Ausleihe und Rückgabe am Straßenrand im Bedienungsgebiet) Form erfolgen. Dabei unterscheidet sich Carsharing vom klassischen Automieten durch die besonders kurzen Ausleihzeiten und die Möglichkeit, sich spontan für das Angebot zu entscheiden.

City-Logistik (Citylogistik)

Als City-Logistik werden alle Maßnahmen verstanden, die logistische Aktivitäten von logistischen Dienstleistungsunternehmen (Logistikdienstleister) im innerstädtischen Ballungsraum umfassen und der Reduktion oder der Vermeidung von Wirtschaftsverkehr und dessen negativen externen Effekten dienen. Logistische Aktivitäten sind dabei sowohl versorgungsorientiert (inbound) als auch entsorgungsorientiert (outbound).

CO_2-Äquivalente (CO_{2eq})

Andere Treibhausgase (z.B. Methan [CH_4] oder Lachgas [Distickstoffoxid, N_2O]) werden gemäß ihres spezifischen Beitrags zur globalen Erwärmung in das Erwärmungspotenzial von CO_2 umgerechnet.

CO_2-Quellenbilanz

Bei der CO_2-Quellenbilanz handelt es sich um eine auf den Primärenergieverbrauch einer Gebietseinheit bezogene Darstellung der CO_2-Emissionen, wobei nur die im Bilanzierungsgebiet direkt anfallenden Emissionen berücksichtigt werden. Unberücksichtigt bleiben z.B. die mit dem Importstrom zusammenhängenden Emissionen, dagegen werden die Emissionen, die auf die Erzeugung des exportierten Stroms zurück zu führen sind, in vollem Umfang nachgewiesen.

CO_2-Verursacherbilanz

Bei der CO_2-Verursacherbilanz handelt es sich um eine auf den Endenergieverbrauch eines Bilanzraumes bezogene Darstellung der Emissionen. Im Unterschied zur Quellenbilanz werden hierbei die Emissionen des Umwandlungsbereichs nicht ausgewiesen, sondern nach dem Verursacherprinzip den sie verursachenden Endenergieträgern zugeordnet, unabhängig vom Ort ihrer Entstehung.

Direktstrom

Aller Strom, der nicht Überschussstrom ist.

E-Commerce

E-Commerce ist die Abkürzung für Electronic Commerce, was aus dem Englischen übersetzt elektronischer Handel oder auch Handelsverkehr bedeutet. Dieser elektronische Handel findet im World Wide Web statt. Unter E-Commerce versteht man also generell den Handel im Internet – Werben, Kaufen oder Verkaufen, ohne das Haus zu verlassen, ganz bequem vom eigenen Rechner aus. Auch etwaige Leistungen im Bereich Kundenservice und Online-Banking werden darunter gefasst.

E-Fahrräder (elektrische Fahrräder)

E-Fahrräder bzw. elektrische Fahrräder sind die Oberbegriffe für Fahrräder mit elektrischer Motorunterstützung. Darunter fallen zum einen Pedelecs (elektrische Fahrunterstützung bis max. 250 Watt), zum anderen E-Bikes (vollelektrische Antriebe).

Endenergie

Der nach Energiewandlungs- und Übertragungsverlusten übrig gebliebene Teil der Primärenergie, der die Bezugsgrenze (z.B. Hausanschluss) eines Verbrauchers (private Haushalte, Wirtschaft, Verkehr) passiert hat. Nach weiteren Umwandlungsverlusten steht Endenergie als Nutzenergie für diverse Anwendungen (Heizen, Kühlen, Transportieren etc.) zur Verfügung.

Endenergieverbrauch

Als Endenergieverbrauch wird der Verbrauch von Energie gemessen am Hausanschluss einer Liegenschaft ausgewiesen, der für die Erzeugung von Nutzenergie verwendet wird.

Finnische Methode

Auch als „Referenzwirkungsgradmethode“ wurde diese aus der EU-Richtlinie KWK entwickelt und dient zur Aufteilung des Brennstoffeinsatzes eines KWK-Prozesses auf die erzeugte Strom- sowie Wärmemenge. Die Brennstoffeinsparung durch gekoppelte Produktion wird auf die Wärme- und Stromerzeugung verteilt. Es werden die Referenzwirkungsgrade des Landesarbeitskreises Energiebilanzen verwendet.

Generalfaktor Strom

Quotient aus der Summe der Emissionen aller für den inländischen Verbrauch produzierenden deutschen Stromerzeugungsanlagen und der Summe des inländischen Stromendverbrauchs. Er bildet eine wichtige Grundlage für die Berechnung der auf den Energieträger Strom bezogenen CO_2-Verursacherbilanz.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom durch Aggregate verschiedener Größe und Auslegung, z.B. größere Heizkraftwerke oder kleinere Blockheizkraftwerke (BHKW). Dadurch können höhere Nutzungsgrade als bei jeweils ungekoppelter Erzeugung erreicht werden.

HTC

Die hydrothermale Karbonisierung (HTC) ist ein chemisches Verfahren zur Herstellung von Braunkohle, Synthesegas, flüssigen Erdöl-Vorstufen und Humus aus Biomasse unter Freisetzung von Energie.

Intermodalität

Abwicklung einer Reise oder eines Transports mithilfe mehrerer Verkehrsträger, also durch die Verkettung verschiedener Verkehrsmittel.

Leichte Nutzfahrzeuge

Leichte Nutzfahrzeuge sind Lieferwagen bis zu 3.5 t zulässigem Gesamtgewicht (zGG).

MiD (Mobilität in Deutschland)

Eine bundesweite Befragung von rund 50.000 Haushalten zu ihrem alltäglichen Verkehrsverhalten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Sie wurde erstmals im Jahr 2002 durchgeführt und im Jahr 2008 wiederholt.

Modal Split

Der Modal-Split-Anteil eines Verkehrsträgers gibt an, wie hoch sein Anteil in Prozent an der gesamten Verkehrsnachfrage ist. Bezugsgrößen sind das Verkehrsaufkommen oder die Verkehrsleistung.

Multimodalität (Multimodale Mobilität)

Variation von Verkehrsmitteln nach ihrer jeweiligen Angemessenheit bei der Ausgestaltung einer Reise oder eines Transports. Während die Intermodalität (siehe dort) von der Verfügbarkeit und den Kosten der Verkehrsmittel entlang der ganzen zurückzulegenden Wegstrecke abhängt, kommt es bei der Mulitmodalität auf Verfügbarkeit und Kosten pro Streckeneinheit an.

Primärenergiebilanz

Die Primärenergiebilanz ist eine Bilanz der ersten Stufe. Sie setzt sich zusammen aus der Gewinnung von Primärenergieträgern im Land, den Bezügen und Lieferungen von Energie über die Landesgrenzen sowie den Bestandsveränderungen beim Lagern von Energieträgern.

Power-to-gas (P2G)

Nutzungsform von (zeitweise) überschüssigem Strom aus erneuerbaren Quellen, bei der zunächst mittels Elektrolyse Wasserstoff (H_2) gewonnen wird. Dieser wird dann unter Zugabe von Kohlendioxid (CO_2) in Methan (CH_4) umgewandelt, das in der bereits heute verfügbaren Erdgas-Infrastruktur gespeichert und verteilt werden kann. Das Methan kann u. a. im Verkehrsbereich sowie zur Rückverstromung eingesetzt werden.

Power-to-heat (P2H)

Nutzungsform von (zeitweise) überschüssigem Strom aus erneuerbaren Quellen, bei der Strom direkt zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser eingesetzt wird. Dies kann auch durch Wärmepumpen erfolgen. In jedem Fall werden P2H-Technologien in Kombination mit Wärmespeichern betrieben.

Rebound Effekt

Ein Rebound-Effekt tritt auf, wenn eine theoretisch mögliche Energieeinsparung (z.B. durch den Kauf eines effizienteren Gerätes) deshalb nicht realisiert wird, weil (1) der Nutzer nach dem Kauf sorgloser mit Energie umgeht (direkter Rebound-Effekt), oder weil (2) das durch Effizienzgewinne verfügbare Einkommen zur Generierung von Mehrverbräuchen andernorts eingesetzt wird (z.B. mehr Flugreisen, weil an der Haushaltsenergie gespart werden konnte) (indirekter Reboundeffekt).

Schwere Nutzfahrzeuge

Alle Lastwagen und Lastenzüge mit mehr als 3.5 t zulässigem Gesamtgewicht (zGG) gelten als schwere Nutzfahrzeuge. Die wichtigsten Fahrzeugtypen sind Lastwagen (ab 3.5 t bis 32 t zGG), Lastenzüge (ab ca. 28 t bis 40 t zGG) und Sattelzüge (ab 3.5t bis 40 t zGG). In dieser Studie werden die Begriffe schwere Nutzfahrzeuge und Lkw synonym verwendet.

Terra Preta

Im Amazonasgebiet wiederentdeckte, anthropogene und sehr fruchtbare Erde. Kann durch intelligentes Recycling organischer Abfälle auch in der Stadt hergestellt werden und stellt damit ein Modell für ein lokales Stoffstrommanagement dar.

U-Wert

Ist ein Maß für die Wärmedurchlässigkeit bzw. Dämmqualität von Bauteilen bzw. Bauteilgruppen.

Überschuss-Strom

Mit Überschussstrom ist hier Strom aus fluktuierender Wind- und Sonnenkraft gemeint, der flexibel immer dann genutzt wird, wenn er zeitgleich von unflexiblen Verbrauchern nicht verbraucht werden kann und damit ansonsten verloren ginge.

Umwandlungsbereich

Teil der Energiebilanzsystematik, in dem der Energieumsatz zur Bereitstellung der Endenergieträger bilanziert wird.

Umweltverbund

Unter dem Begriff Umweltverbund wird die Kooperation der umweltfreundlichen Verkehrsmittel ÖPNV (Bahn+Bus), Fahrrad, zu Fuß gehen verstanden. Carsharing und Bikesharing eignen sich als den ÖPNV ergänzende Verkehrsmittel und sind ein wichtiger Baustein des Umweltverbundes (4. Säule des Umwelt-/ Mobilitätsverbundes). In neueren Publikationen wird zunehmend vom Mobilitätsverbund gesprochen.

Wirtschaftsverkehr

Im Wirtschaftsverkehr werden Güter, Nachrichten und Personen zur erwerbswirtschaftlichen, gemeinwirtschaftlichen oder dienstlichen Zwecken von einem Ort (Quelle) zu einem anderen Ort (Ziel bzw. Senke) transportiert bzw. befördert. Der Wirtschaftsverkehr unterteilt sich demnach in den Güterverkehr und den Personenwirtschaftsverkehr. Auch Kurier-, Express- und Paketdienste (sog. KEP-Dienste) zählen zum Wirtschaftsverkehr.

0. ZUSAMMENFASSUNG

Einführung und Hintergrund

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der besonderen Betroffenheit und Verantwortung der Großstädte hat sich die Berliner Regierungskoalition im Jahr 2011 darauf verständigt, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass sich Berlin bis zum Jahr 2050 zu einer klimaneutralen Stadt entwickelt. Berlin reagiert damit wie viele andere internationale Metropolen auf die Gefahren des Klimawandels, aber auch auf die zu erwartenden Preisanstiege bei fossilen Energien. Gleichzeitig sollen die Chancen, die sich durch den Wandel hin zu einer hochmodernen, stärker auf erneuerbaren Energien und Energiedienstleistungen basierenden Energieversorgung für Berlin ergeben, genutzt werden.

Vor diesem Hintergrund hat die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt ein Konsortium aus Forschungseinrichtungen, Beratungs- und Planungsbüros unter der Leitung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) beauftragt, die Machbarkeit des Klimaneutralitätsziels für Berlin zu überprüfen und Wege dahin aufzuzeigen. Diese Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“ wurde Anfang 2014 fertig gestellt. Ihre Ergebnisse werden von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt ausgewertet und für die weitere Arbeit, insbesondere die Erstellung eines integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts, genutzt.

Der globale Klimawandel findet auch in Berlin statt. So wurde die Stadt in den vergangenen Jahren schon häufiger mit Hitzewellen oder Extremwetterereignissen konfrontiert, die zukünftig sogar noch zunehmen werden. Aus diesem Grund, und weil gerade die Städte mit mittlerweile 50 % der Weltbevölkerung und mehr als 70 % aller Treibhausgasemissionen eine große Verantwortung tragen, müssen besonders hier anspruchsvolle Minderungsziele erreicht werden. Deshalb ist es erforderlich, dass sich auch eine Stadt wie Berlin dem Ziel der Klimaneutralität stellt und es auf seine spezifische Situation übersetzt. Als „klimaneutral“ gilt eine Entwicklung dann, wenn sie mit einem Ausstoß von Treibhausgasen einhergeht, der das Weltklima unterhalb der gefährlichen Schwelle einer Erwärmung von 2 Grad halten kann – auch bei einer für 2050 prognostizierten Weltbevölkerung von 9 Milliarden Menschen mit gleichen Pro-Kopf-Emissionsrechten von 2 t CO_2-Äquivalenten.

Das impliziert, dass sich eine solche Entwicklung global, also auch in allen Kommunen weltweit, vollziehen muss. Berlins Treibhausgas-Emissionen bestehen zu 98 % aus CO_2. Unter diesen Voraussetzungen wäre Berlin klimaneutral, wenn die städtischen Emissionen bis zum Jahr 2050 auf rd. 4,4 Mio. t abnehmen würden, also um mindestens 85 % verglichen mit dem Basisjahr 1990. Dabei sind allerdings auch die Aufnahmekapazität der Biosphäre für Treibhausgase („Senken“) und die in Produkten und Infrastrukturen verkörperten Emissionen zu berücksichtigen, die in der gegenwärtigen CO_2-Statistik teilweise nicht abgebildet werden.

Zur Beantwortung der Kernfrage der Machbarkeitsstudie „(Wie) Kann Berlin bis zum Jahr 2050 klimaneutral werden?“ wählte das Projektkonsortium ein interdisziplinäres Vorgehen. Es wurden fünf für das Ziel entscheidende Handlungsfelder definiert (Energieversorgung, Gebäude und Stadtentwicklung, Wirtschaft, private Haushalte und Konsum, Verkehr), um eine praxis- und politiknahe Untergliederung des städtischen Funktionsgefüges zu erreichen.

Diese Handlungsfeldbetrachtung, durch die beispielsweise die Klimarelevanz des Gebäudesektors im Rahmen eines eigens entwickelten Modells sichtbar gemacht werden konnte, erforderte jedoch einen modellhaften Neuzuschnitt der Berliner Energie- und CO_2-Bilanz, welche die Grundlage für die Berechnung der Klimaneutralität auch in 2050 bildete. Wichtig für die Erstellung der Szenarien und Maßnahmen war eine enge Rückkopplung und Einbindung von Stakeholdern über zwei große Veranstaltungen, zehn Fachworkshops und viele Einzelgespräche. Auf dieser Basis wurden, anders als in vielen anderen Studien, zwei alternative Szenarien entwickelt, die beide das Klimaneutralitätsziel erreichen, dieses aber auf verschiedenen Wegen tun.

Ausgangssituation und Reduktionspotenziale

Berlin ist mit 3,375 Mio. Einwohnerinnen und Einwohnern (2012) die größte Stadt Deutschlands. Das Stadtgebiet umfasst 887,7 km², die Bevölkerungsdichte liegt bei 3.785 Menschen pro km² – die zweitgrößte einer deutschen Großstadt nach München. Mit einem Bruttoinlandsprodukt von rd. 30.000 Euro pro Kopf liegt Berlin knapp unter dem Durchschnitt der deutschen Städte. Gleichwohl ist Berlin in den letzten Jahren immer attraktiver geworden, was sich am Anstieg der Bevölkerung ebenso ablesen lässt wie an der gestiegenen Wirtschaftsleistung.

Abbildung 0-1: Entwicklung der CO_2-Emissionen Berlins (1990 – 2050), schraffiert: Projektion Klimaneutralitätspfad (nach Verursacherbilanz); Quelle: Eigene Darstellung; 1990 bis 2010 auf der Basis von AfS 2013a.

Trotz des Wachstums der letzten Jahre hat es Berlin geschafft, seine CO_2-Emissionen (nach Verursacherbilanz) von 29,3 Mio. t in 1990 auf 21,3 Mio. t in 2010 zu senken – eine Reduktion um 27 %. Allerdings hat sich die Dynamik der Emissionsminderung in den letzten Jahren von 1,7 % pro Jahr (1990-2005) auf 0,4 % pro Jahr (2006-2010) merklich abgeschwächt. Das angestrebte Klimaneutralitätsziel der Landesregierung erfordert eine deutliche Steigerung auf eine durchschnittliche jährliche Reduktion von 2 % bis 2050 (vgl. Abb. 0-1).

Als Bezugsjahr für die Berechnungen wurde mit 2010 das Jahr der zum Zeitpunkt der Studienerstellung aktuellsten Bilanz des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg gewählt. Nach der Neuberechnung der Energieverbräuche und Emissionen für die Handlungsfelder der Studie zeigt sich, dass den CO_2-Minderungsstrategien für den Berliner Gebäudesektor eine besonders hohe Bedeutung zukommt, aber auch, dass die Handlungsfelder Wirtschaft und Verkehr einen erheblichen Einfluss besitzen (vgl. Abb. 0-2).

Abbildung 0-2: Anteilige CO_2-Emissionen Berlins (Verursacherbilanz) nach Handlungsfeldern 2010; Quelle: Eigene Berechnung.

Der Blick auf die zeitliche Entwicklung zwischen 1990 und 2010 zeigt, dass bei der Berliner Energieversorgung auch der Primärenergieverbrauch von 356.208 Terajoule (TJ) auf 306.372 TJ reduziert werden konnte (-14 %). Davon wird nach wie vor der Großteil durch fossile Energieträger wie Kohle, Öl oder Erdgas bereitgestellt (vgl. Abb. 0-3).

Abbildung 0-3: Zusammensetzung des Berliner Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2010; Quelle: Amt für Statistik.

Nur rund 1 % der bereitgestellten Endenergie stammte 2010 aus erneuerbaren Energien, allen voran aus Biomasse, aber auch aus Solarenergie und einer Berliner Windenergieanlage. Allerdings hat sich auch in Berlin auf diesem Gebiet in den letzten Jahren eine dynamische Wachstumsentwicklung gezeigt, die zur Erreichung des Klimaneutralitätsziels weiter ausgebaut werden muss. Die zentralen CO_2-Reduktionspotenziale der Berliner Energieversorgung liegen vorrangig in der Substitution der emissionsintensiven Energieträger Kohle und Öl, einer Erhöhung der Anteile umweltfreundlichen Gases, perspektivisch durch „smarte“ Integration von EE-Gas aus erneuerbarem Überschussstrom (Power-to-gas) oder von biogenen Gasen, der Erhöhung der Anteile der KWK-Erzeugung und einer möglichst hohen Ausnutzung der urbanen Solarpotenziale. Im Solarbereich bieten die zahlreichen Gebäude Berlins mit ihren Dächern und teilweise auch Fassaden eine flächenschonende Basis insbesondere für die Erzeugung von Solarstrom. Aber auch Wärmepumpen und Solarthermie weisen hohe Potenziale auf. Demgegenüber bleiben die Potenziale der Windenergie, aber auch der Biomasse in Berlin voraussichtlich begrenzt. Bei der Biomasse wird hier primär von der Nutzung der endogenen Potenziale ausgegangen. Biomasseimporte werden aufgrund ihrer teilweise hohen Lebenszyklus-Emissionen, vor allem aber aufgrund von Flächenknappheiten und –konkurrenzen vernachlässigt. Hervorzuheben ist schließlich das

Potenzial von netzgebundener Wärmeversorgung in urbanen Räumen, das bei entsprechenden Substitutions- und Effizienzmaßnahmen auch in 2050 eine hohe Bedeutung behalten kann.

Das Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung ist durch einen Bestand von rd. 318.000 Wohngebäuden gekennzeichnet, in denen sich 1,9 Mio. Wohneinheiten befinden (Stand 2011). Prägend für die Stadt ist dabei, dass es sich um ca. 86 % Mietwohnungen handelt, nur 14 % sind Eigentümer-Haushalte. Fast 90 % der Wohnungen Berlins befinden sich in Mehrfamilienhäusern, der Ein-/ Zweifamilienhausanteil liegt bei gut 10 %. Weiterer Aspekt: 9,6 % der Gebäude stehen unter Denkmalschutz. Damit ist Berlin einerseits durch ein baukulturell bedeutsames Erbe und andererseits durch eine spezifische Eigentümerstruktur geprägt. Mit dem erwarteten Bevölkerungswachstum von 250.000 neuen Einwohnern bis 2050 sind zudem entsprechende Herausforderungen, aber auch Gestaltungsmöglichkeiten verbunden. Primäre Ansatzpunkte zur CO_2-Reduktion sind in diesem Handlungsfeld eine ausgewogene Nachverdichtung und hohe energetische Neubaustandards sowie die angemessene Steigerung der derzeitigen Sanierungsrate des Bestandes von knapp 1 % pro Jahr unter Berücksichtigung der bereits geleisteten Aktivitäten und sozio-ökonomischer Randbedingungen. Nach Berechnungen im Rahmen der Studie auf Basis eines spezifischen Modells für den Berliner Gebäudebestand könnte der Wärmebedarf von 150 PJ (2010) um 78 % auf 33 PJ in 2050 gesenkt werden. Gleichzeitig gilt es, den hohen Grün- und Freiflächenanteil Berlins (ca. 44 % des Stadtgebiets) strategisch zu nutzen und weiter zu qualifizieren, um die Lebensqualität aufrecht zu erhalten und die Anpassung an den Klimawandel trotz notwendiger Verdichtungen zu unterstützen.

Die Berliner Wirtschaft wird gegenwärtig durch den Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ (GHD) mit einem Anteil von jeweils rd. 90 % bei Wertschöpfung und Beschäftigung dominiert. Branchen mit wachsender Bedeutung sind u.a. der Tourismus und die Kreativwirtschaft. Der Industriesektor ist relativ klein, hat aber an Gewicht gewonnen und ist vor allem aus energiewirtschaftlicher Sicht bedeutsam. Der Endenergieverbrauch der Berliner Wirtschaft (rd. 40.000 TJ in 2010, ohne Wirtschaftsgebäude) verteilt sich zu 80 % auf den GHD-Sektor, zu 20 % auf den Industriebereich. Es gibt eine Reihe von Einsparpotenzialen für Endenergie beispielsweise in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), mechanische Energie und Prozessenergie. In Summe lassen sich damit je nach erwarteter Durchdringungsrate 20-50 % des Endenergiebedarfs der Berliner Wirtschaft bis 2050 einsparen.

Der private Konsum in Berlin wird geprägt durch rund 2 Millionen Privathaushalte, davon sind 54 % Einpersonenhaushalte (Stand 2010). Dies ist ein Spitzenwert im deutschen und internationalen Städtevergleich. Im Jahr 2010 verbrauchten die Berliner Haushalte 12.221 TJ (rd. 3,4 Mrd. kWh) an Strom und 69 TJ an Erdgas für Kochzwecke. Wärme- und Warmwassererzeugung wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie dem Gebäudebereich zugerechnet. Die wichtigsten Ansatzpunkte für eine Reduktion des Energieverbrauchs der privaten Haushalte sind die Haushaltsgröße (etwa durch neue Formen des Zusammenlebens oder durch Wohnungstauschprogramme), der Ausstattungsgrad mit Elektrogeräten, die Geräteeffizienz und das konkrete Nutzerverhalten. Basierend auf verschiedenen bundesweiten Studien geht die Machbarkeitsstudie davon aus, dass diese Effekte ein Einsparpotenzial von insgesamt 50 % (bezogen auf Berlin: 6.110 TJ) erreichen können.

Der Verkehrssektor ist mit ca. 4,8 Mio. t CO_2 für rd. 23 % der Emissionen des Jahres 2010 im Land Berlin verantwortlich. Nach einem deutlichen Anstieg der gesamten verkehrsbedingten CO_2-Emissionen in den 1990er Jahren sind diese seither leicht gesunken, wobei der Anteil an den Gesamtemissionen seit 2000 in etwa konstant blieb. Der Straßenverkehr dominiert die Emissionen deutlich. In Berlin waren 2010 rd. 1,29 Millionen Fahrzeuge zugelassen, davon 1,1 Millionen Pkw, die überwiegend mit Otto- oder Dieselkraftstoffen betrieben werden. Alternative Antriebe spielen derzeit noch kaum eine Rolle, haben sich aber in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. Berlin ist bereits heute ein bundesweites „Schaufenster“ der Elektromobilität. Auch der Rad- und Fußverkehr hat sich in den letzten Jahren positiv entwickelt. Der Autobesitz in Berlin ist geringer

ausgeprägt als an vielen anderen Orten Deutschlands, bei den Jüngeren hat die Bedeutung des eigenen Automobils als Statussymbol merklich abgenommen. Mit dafür verantwortlich ist auch Berlins sehr gutes Nahverkehrssystem. Die Reduktionspotenziale liegen daher in der Ausweitung bisheriger Trends und der Ansätze „Vermeiden, Verlagern, Verbessern". Wichtige Bausteine sind das Leitbild einer „Stadt der kurzen Wege", neue urbane Logistikkonzepte, noch stärkere Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr auf ÖPNV, Fuß- und Radverkehr und Sharing-Konzepte, verkehrsträgerübergreifenden Mobilitätsangebote sowie die Förderung effizienterer und CO_2-armer Antriebssysteme und Brennstoffe. Insgesamt besteht im Verkehrssektor bis 2050 ein theoretisches Einsparpotenzial von 60 % beim Endenergieverbrauch und von 90 % bei den CO_2-Emissionen.

Zwei Zielszenarien für ein klimaneutrales Berlin

Bei der Entwicklung der Szenarien (ein Referenzszenario und zwei Zielszenarien) wurde zunächst jedes Handlungsfeld für sich betrachtet und dann in einem iterativen Prozess unter mehrfacher Einbindung von Stakeholdern die jeweils „machbare" Ausprägung von maßgeblichen Schlüsselfaktoren identifiziert. Dabei wurde ein Methodenmix aus explorativen und normativen Elementen, sowie eine Reihe qualitativer Ansätze und quantitativer Modelle und Datenbasen verwendet. Die einzelnen Handlungsfeldszenarien wurden schließlich zu konsistenten und plausiblen Gesamtszenarien für Berlin verknüpft. Dabei wurde u.a. darauf geachtet, dass zueinander passende Ausprägungen technologischer und struktureller Annahmen, z.B. bezüglich des Verbrauchsverhaltens, miteinander handlungsfeldübergreifend kompatibel waren. Grundlegende externe Rahmenfaktoren wie die Bevölkerungsentwicklung, das Wirtschaftswachstum oder die Energiepreise wurden nicht zwischen den Szenarien variiert, da dies die Wirkung von Berliner Klimaschutz-Optionen überlagert und damit verdeckt hätte. Gleiches gilt für die Klimaschutzpolitik des Bundes, bei der angenommen wird, dass sie bezüglich maßgeblicher Zielwerte, beispielsweise in Bezug auf den Anteil von 80 % erneuerbare Energien im Strombereich, auch umgesetzt wird. Zudem wurden in den Zielszenarien keine Innovationssprünge angenommen, was angesichts der in der Vergangenheit immer wieder aufgetretenen Technologieentwicklungen (z.B. im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie) als konservative Annahme angesehen werden kann. Am Ende wurden alle Szenarien zurückübersetzt in die Logik der Berliner Energie- und CO_2-Bilanz, um die Reduktionswirkung nachvollziehbar zu berechnen.

Bei der Erstellung des Referenzszenarios wurde anstatt eines sonst oft üblichen „Business-as-usual" (BAU)-Ansatzes unterstellt, dass neben den bereits heute umgesetzten Maßnahmen auch alle heute schon beschlossenen Pläne der Stadtentwicklung (z.B. StEP Verkehr, StEP Klima) konsequent umgesetzt werden. Dadurch schreibt das Referenzszenario nicht einfach bestehende Entwicklungen fort, sondern enthält durchaus ambitionierte Politikannahmen.

Die beiden Zielszenarien können vereinfachend mit den Schlüsselattributen „zentrale, effiziente Stadt" (Zielszenario 1) und „dezentrale, vernetzte Stadt" (Zielszenario 2) beschrieben werden (vgl. Abb. 0-4). Die Aspekte Zentralität versus Dezentralität zeigen sich insbesondere in den Handlungsfeldern Energieversorgung, Stadtentwicklung, Wirtschaft und Verkehr als prägend. Mit Blick auf die privaten Haushalte, die Stadtentwicklung und den Verkehr spielte zusätzlich die unterschiedliche Gewichtung von Effizienz und Verhalten (Suffizienz) sowie der Grad an Vernetzung eine wichtige Rolle. Die beiden Zielszenarien spannen einen Möglichkeitsraum auf, der durch markante Unterschiede wichtiger Variablen gekennzeichnet ist. Die tatsächliche Entwicklung Berlins kann sich auch „in der Mitte" bzw. zwischen den jeweils angenommenen Ausprägungen bewegen. Die nachfolgende Kurzübersicht zeigt einige herausgehobene und prägende Schlüsselmerkmale der beiden Zielszenarien; insgesamt wurde eine Vielzahl weiterer Faktoren in den Handlungsfeldern berücksichtigt.

Zielszenario 1
Die zentrale, effiziente Stadt

Energieversorgung
- Mehr KWK-Strom und Fernwärme
- Deutlicher Photovoltaik-Ausbau
- Power-to-heat: 20% zentral, weniger dezentral

Stadtentwicklung und Gebäude
- Moderate Nachverdichtung
- Fokus S-Bahnring
- Freiraumerhaltung
- Moderate Modernisierung
- Wohnfläche pro Kopf konstant

Wirtschaft
- Großunternehmen wichtiger
- Starke Einzelunternehmen

Haushalte
- Fokus technische Effizienz (Rebound)
- Kleinere Haushalte
- Öko-Konsum vorwiegend in Leitmilieus

Verkehr
- Privat-Pkw bleibt wichtig, aber ohne fossile Antriebe
- Kaum Multimodalität (z.B. Sharing-Konzepte)
- Flugverkehr fossiler und restringierter

Zielszenario 2
Die dezentrale, vernetzte Stadt

Energieversorgung
- Weniger KWK-Strom und Fernwärme, aber mehr dezentrale Teilnetze
- Mehr Photovoltaik-Ausbau
- Power-to-heat: 20% zentral, mehr dezentral

Stadtentwicklung und Gebäude
- Starke Nachverdichtung
- Fokus ganzes Stadtgebiet
- Qualitätsoffensive Freiraum
- Konsequente Modernisierung
- Wohnfläche pro Kopf rückläufig

Wirtschaft
- KMU wichtiger
- Starke Unternehmensnetzwerke

Haushalte
- Technische und Verhaltenseffizienz (kein Rebound)
- Größere Haushalte
- Öko-Konsum weit verbreitet

Verkehr
- Privat-Pkw wird unwichtiger
- Starke Multimodalität (Sharing verbreitet)
- Flugverkehr grüner und weniger restringiert

Abbildung 0-4: Schlüsselfaktoren der beiden Zielszenarien nach Handlungsfeldern in der Übersicht; Quelle: Eigene Darstellung.

Im Ergebnis zeigt sich, dass beide Zielszenarien das Klimaneutralitätsziel für Berlin erreichen. Demgegenüber erreicht das Referenzszenario das Ziel nicht, wenngleich dieses die CO_2-Emissionen von 1990 drittelt, und die des Jahres 2010 halbiert (vgl. Abb. 0-5). Bei den Zielszenarien sinken die End- und Primärenergieverbräuche signifikant um etwa die Hälfte gegenüber 2010, im Zielszenario 2 jeweils etwas stärker. Beim Referenzszenario gehen diese Verbrauchswerte um etwa ein Drittel zurück. Demgegenüber verändert sich bei den Anteilen der Handlungsfelder an diesen Verbrauchsindikatoren gegenüber 2010 und auch dem Referenzszenario nur wenig. Lediglich im Zielszenario 2 ist der Anteil der Gebäude aufgrund größerer Effizienzanforderungen (z.B. 2 % Sanierungsrate gegenüber 1,5 % in Zielszenario 1) etwas niedriger und der Anteil der Wirtschaft aufgrund geringerer Effizienz etwas höher.

Abbildung 0-5: CO_2-Emissionen aus Endenergieverbrauch nach Verursacherbilanz 2010, im Referenzszenario und in den beiden Zielszenarien (Reduktion in % verglichen mit 1990);
Quelle: Eigene Darstellung.

Berlin kann sein Klimaneutralitätsziel also auf mindestens zwei verschiedenen Wegen erreichen. Dem Umbau des Energiesystems kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird weiter an Bedeutung gewinnen. Auch die netzgebundene Wärmeversorgung wird weiter eine wichtige Rolle in Berlin spielen, die Anschlussdichte wird hierbei steigen müssen, um den – je nach Szenario – ca. 10 bis 30 % abnehmenden Wärmeabsatz nicht noch weiter fallen zu lassen. Power-to-heat im leitungsgebundenen Wärmemarkt wird mit einem Stromverbrauch von 7 bis 9 PJ/a eine hohe Bedeutung erlangen, gleichzeitig ist eine deutlich höhere Wärmespeicherung erforderlich.

Bei den erneuerbaren Energien spielt in Berlin die Solarenergie, insbesondere die Photovoltaik, in Zukunft eine Schlüsselrolle. Sie passt flächensparend auf die Gebäude und an die Fassaden, das städtische Verteilnetz kann große Mengen Solarstrom aufnehmen und die Gestehungskosten sind bereits heute mit Abstand günstiger als der Strompreis der privaten Haushalte und Gewerbebetriebe. In den beiden Zielszenarien kann die Photovoltaik zwischen 9 und 13 PJ/a bereitstellen.

In Summe wird Berlin damit seine Stromproduktion deutlich steigern und somit den Importbedarf deutlich senken können (vgl. Abb. 0-6). Eine Großstadt wie Berlin muss also zukünftig keine „Energiesenke“ sein, sondern ist erstens ein wichtiger, systemstabilisierender Baustein des gesamten Energiesystems und kann sich zweitens bilanziell sogar annähernd selbst mit Energie versorgen. Würden die neuen, systemrelevanten Großverbraucher wie die Power-to-Gas/Methanol-Technologie (im Umfang von 9 PJ/a) außerhalb Berlins angesiedelt, könnte sogar nennenswert Strom exportiert werden. In den Szenarien wird aber davon ausgegangen, dass es ökonomisch und infrastrukturell von Vorteil ist, diese Produktion weitgehend in Berlin anzusiedeln. Saisonal betrachtet kann Berlin dann insbesondere im Sommer, wenn in der Stadt hohe Solarstrommengen erzeugt werden, Strom exportieren. Im Winter dagegen wird es ergänzend zur eigenen KWK-Stromerzeugung vorrangig Windstrom, zum Beispiel aus Brandenburg, benötigen. In Brandenburg sind damit aus Berliner Sicht möglicherweise weniger erneuerbare Energien und sicher keine Braunkohlekraftwerke mehr erforderlich.

Abbildung 0-6: Strombereitstellung 2010 und in den Szenarien. Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt verschiebt sich der Energieträgermix in der Stadt deutlich zu Gunsten von Gas, das rund drei Viertel des Primärenergieverbrauchs in 2050 ausmacht. Bezogen auf den Endenergieverbrauch entfällt knapp ein Drittel auf die leitungsgebundene Wärme, rund ein Drittel auf Strom. Im Fall der leitungsgebundenen Wärme handelt es sich dabei nur um einen relativen Bedeutungszuwachs, da der Gesamtwärmebedarf bis 2050 deutlich abnimmt. Beim Strom geht die Machbarkeitsstudie aufgrund zahlreicher neuer strombasierter Nutzungen von einer Zunahme aus, die aber bilanziell durch die steigende Eigenproduktion gedeckt werden kann. Die Anteile erneuerbarer Energien liegen bei bis zu 40 % in der Fernwärme, bis zu rund 50 % bei der Stromerzeugung und bis zu rund 60 % bei der Gebäudewärme. In Summe über alle Handlungsfelder wird, bezogen auf die gesamte verbrauchte Endenergie in Berlin, ein EE-Anteil von 54 % (Zielszenario 1) bzw. 59 % (Zielszenario 2) erreicht, gegenüber einem Wert von 36 % im Referenzszenario. Damit erreicht Berlin annähernd den im Energiekonzept der Bundesregierung geforderten Zielwert eines 60 %igen EE-Anteils am Endenergieverbrauch. Dies ist für eine Großstadt wie Berlin ein nicht unbedingt zu erwartendes Ergebnis, das aber bilanzbedingt in Teilen auch auf den hohen bundesweiten Generalfaktor Strom mit einem 80 %-igen EE-Anteil zurückzuführen ist. Es liegt daher im Eigeninteresse Berlins, dass auf Bundesebene die Ausbauziele für die Erneuerbaren auch erreicht werden.

Strategien und Maßnahmen für ein klimaneutrales Berlin

Um das Ziel der Klimaneutralität in Berlin bis 2050 zu erreichen, müssen bereits frühzeitig konsequente und weitreichende Entscheidungen getroffen werden. Dafür bedarf es zusätzlicher Anstrengungen und Maßnahmen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden dabei zum einen eine Reihe kurzfristiger Leitprojekte vorgeschlagen, die als Schlüsselmaßnahmen eine besondere Sichtbarkeit und Effektivität aufweisen, um in ausgewählten und besonders wichtigen Themenbereichen über alle Handlungsfelder Anstöße mit Multiplikatorwirkung zu geben. Darüber hinaus wurden für alle Handlungsfelder weitere, umfassendere Maßnahmenpakete vorgeschlagen, um die Schlüsselfaktoren in die gewünschte Richtung zu entwickeln. Dadurch sollen Hemmnisse überwunden und eine Dynamik angestoßen werden, die der Vielfältigkeit und Komplexität der größten deutschen Kommune Rechnung trägt. Die meisten der vorgeschlagenen Maßnahmen haben im Grundsatz einen eindeutigen Bezug auf eines der beiden Szenarien, können je nach Szenario jedoch teilweise in unterschiedlicher Ausprägung bzw. Intensität ausfallen.

Übergreifend über alle Maßnahmen ist aus Sicht der Gutachter, aber auch nach Aussage einer Reihe von Stakeholdern als Voraussetzung für die Zielerreichung wichtig, dass das Thema Klimaneutralität in der Berliner Politik und Gesellschaft einen prioritären Stellenwert erhält. Zudem muss sich das Land Berlin für die Erreichung der bundesweiten Klimaschutzziele und für die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für die eigenen Maßnahmen einsetzen. Die Machbarkeitsstudie schlägt zudem neue und ergänzende Finanzierungsmechanismen vor: die Einrichtung eines Berliner Energieeffizienzfonds, die breite Nutzung von Crowdfunding und den schrittweisen Aufbau eines Mietkautionsfonds.

Die Maßnahmen im Handlungsfeld Energieversorgung zielen erstens auf die Realisierung der großen Solarpotenziale, zweitens auf der Entwicklung und Demonstration der erforderlichen smarten Systemkomponenten, und drittens auf die breite Einbeziehung von Bürgerinnen und Bürgern. So wird ein „Masterplan Solarhauptstadt Berlin“ vorgeschlagen, durch den bestehende Hemmnisse abgebaut, lokale Kompetenzen gebündelt und spezifische solarurbane Anreize gesetzt werden. Ein weiteres Leitprojekt zielt darauf ab, eine Berliner Kläranlage zum Pilotvorhaben für die smarte Nutzung und Speicherung von Strom weiterzuentwickeln. Ebenso werden weitere Maßnahmen zur intelligenten Vernetzung der verschiedenen Technologien und Infrastrukturen etwa durch Power-to-Heat inkl. Wärmespeicher sowie virtuelle Kraftwerke vorgeschlagen.

Die Maßnahmenvorschläge im Bereich Gebäude und Stadtentwicklung berücksichtigen die sozio-ökonomischen Restriktionen, die insbesondere in einer Mieterstadt wie Berlin zu beachten sind. Dabei spielen die Kostenbelastungen durch energetische Gebäudesanierungen ebenso wie die steigenden Energiekosten bei schlecht gedämmten Wohnungen eine Rolle. Ebenso ist der anstehende Bevölkerungszuwachs von 250.000 Einwohnerinnen und Einwohnern bis 2050 zu beachten. Diesbezüglich wird vorgeschlagen, die Strategie der Innenentwicklung und Nachverdichtung konsequent weiter zu verfolgen. Dazu gehört auch das Schaffen von Angeboten zur flexiblen, angepassten Wohnflächennutzung. Zudem können vorbildliche Musterlösungen im Gebäudestandard und bei der Energieversorgung entstehen (Leitprojekt „Neutral Quartiere“). Bei der energetischen Sanierung im Berliner Bestand müssen Renovierungs- und Modernisierungszyklen berücksichtigt, Sanierungsrückstände gezielt behoben, und in ausgewählten Quartieren mit überschaubarer Eigentümerstrukturen nach besonders effizienten Gesamtlösungen gesucht werden (Leitprojekt „Klimakieze“ im Bestand). Mit angepassten Sonderlösungen sollte auch der denkmalgeschützte Bereich seinen Beitrag leisten. Die Bauleitplanung sollte stärker klimaschutzrelevante Festsetzungen treffen, und die Immobilien des Landes Berlin müssen mit gutem Beispiel bei der Absenkung des Wärmebedarfs und dem effizienten, erneuerbaren Umbau der Energieversorgung vorangehen.

Gleichzeitig müssen aber auch Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel berücksichtigt werden, z.B. das Offenhalten und die qualitative Aufwertung strategisch wichtiger Grün- und Freiflächen (vgl. SenStadt 2011d, SenStadtUm 2012c). Darüber hinaus werden Maßnahmen zum klimaresilienten Umbau der Berliner Wälder und zur Pflege und Renaturierung der Moorstandorte vorgeschlagen, da dies die Senkenkapazität für Treibhausgase in der Stadt erhöht, auch wenn sich dies derzeit nicht in der offiziellen Bilanz niederschlägt.

In der Berliner Wirtschaft gilt es, umfassende Einsparpotenziale zu heben. Dabei wird insbesondere im Zielszenario 2 stärker auf nahräumliche Vernetzungen durch eine größere Anzahl von KMU gesetzt, die gleichzeitig auch stärker dezentrale Lösungen mit sich bringen. In dem Zusammenhang werden beispielsweise Runde Tische zum Thema „Klimaneutrales Berlin 2050“ empfohlen, die aufbauend auf den positiven Erfahrungen des „EnergieEffizienz-Tisch Berlin“ als Leitprojekte gefördert werden können. Bereits bestehende Klimaschutzvereinbarungen sollen fortgeführt und am Klimaneutralitätsziel 2050 ausgerichtet werden. Die Einführung branchenspezifischer Benchmarks und die möglichst flächendeckende Verbreitung betrieblicher Energiemanagementsysteme auch für kleine und mittlere Unternehmen, die Ausweitung der Energiespar-

Partnerschaften, ein Leitprojekt eines Null-Emissionen-Gewerbeparks, klimaneutrale Events und geeignete Wettbewerbe, die Einführung einer regionalen (Eigen-) Strommarke z.B. durch ein kommunales Stadtwerk oder eine Bürgerenergiegesellschaft sowie Projekte zur Steigerung der gewerblichen Abwärmenutzung, erneuerbaren Prozessenergie und grünen IKT sind weitere Maßnahmen, die hier vorgeschlagen werden. Mit rund 3 Mrd. € pro Jahr an Ausgaben stellt das öffentliche Beschaffungswesen einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar, der in Richtung Klimaneutralität weiter optimiert werden sollte.

Im Handlungsfeld private Haushalte und Konsum werden Maßnahmen empfohlen, welche die Menschen für das Thema Klimaneutralität sensibilisieren, die Barrieren abbauen, die Motivation und Anreize schaffen und die die Machbarkeit aufzeigen. So werden kommunikative Leitprojekte vorgeschlagen wie ein „Grünes Band der Energie“, eine von der Bewegungsenergie der Passanten gespeiste piezo-elektrische Lichtinstallation (z.B. am Alexanderplatz) oder eine „Green Club Initiative“, welche speziell die jüngeren Zielgruppen anspricht. Tauschbörsen und Reparaturangebote sollten gefördert und eine „Grüne Sparkarte Berlin“ eingeführt werden. Eine Art „Abwrackprämie“ des Handels hilft, ineffiziente Altgeräte in den Haushalten auszutauschen und eine informativere Gestaltung der Energieabrechnung unterstützt zielgerichtetes Handeln. Wichtig ist zudem als übergreifende Maßnahme eine Bildungsoffensive für Klimaneutralität, die vom schulischen bis zum universitären und außerschulischen Bereich reicht.

Im Verkehrsbereich wird empfohlen, die Diffusion alternativer Antriebe für Fahrzeuge im Stadtgebiet zu beschleunigen, etwa durch die schrittweise Fortentwicklung der Umweltzone zu einer Klimaneutralitätszone. Das Berliner „Schaufenster“ für Elektromobilität sollte ausgeweitet werden durch z.B. flächendeckend verfügbare Ladestationen, zudem sind Modellvorhaben für die Kopplung der Speicher mit dem Energiesystem zu entwickeln. Der Umweltverbund (Fußverkehr, Fahrrad, ÖPNV) sollte gezielt weitere moderne Verkehrsformen wie das Bike- und Carsharing integrieren und Systemlösungen (auch: Tickets) aus einer Hand anbieten. Weitere Bahnhöfe und Haltestellen des öffentlichen Personenverkehrs sollten zu Drehscheiben der intermodalen Mobilität ausgebaut werden. Und eine Mobilitätsberatung für Neubürger sowie die Fortentwicklung des betrieblichen Verkehrsmanagements können aktiv für eine klimaneutrale Mobilität als Bestandteil der „Dachmarke“ Berlins werben.

Zum „Mehrwert“ des Klimaneutralitätsziels

Die vorgeschlagenen Leitprojekte und Maßnahmenbündel sind nach Einschätzung der Machbarkeitsstudie in Summe geeignet, das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen. Im Rahmen der Studie wurde ihre CO_2-Reduktionswirkung grob abgeschätzt. Allerdings wurden dazu keine expliziten Berechnungen vorgenommen. Da es sich bei den meisten Maßnahmen um solche mit einer Anstoßfunktion handelt (Hemmnisabbau, Demonstrationsvorhaben, Information etc.), ergeben sich ohnehin nur geringe direkte Wirkungen, in der Folge aber bei geeigneten Rahmenbedingungen die gewünschten Diffusionseffekte. Diese werden zudem durch eine Reihe weiterer ökonomischer Entwicklungen begünstigt. Dazu zählen die steigenden Kosten der fossilen Energieträger bei gleichzeitiger Kostensenkung von z.B. der Solarenergie. In Verbindung damit wird es für jede bisher überwiegend Energie importierende Kommune, ihre Bürger und Unternehmen aus regionalökonomischer Sicht interessant, die Energieversorgung zunehmend in die eigene Hand zu nehmen. Im Rahmen der Studie wurden vor diesem Hintergrund ausgewählte regionalökonomische Effekte untersucht. So haben im Jahr 2012 öffentliche Hand, Wirtschaft und Haushalte in Berlin schätzungsweise 3,2 Mrd. Euro für den Import fossiler Energieträger in die Stadt ausgegeben. Hier offenbart sich ein erhebliches ökonomisches Potenzial, das in Zukunft zu nennenswerten Teilen auf der Basis lokaler Energieträger, Energieversorger und -dienstleister in den lokalen Wirtschaftskreislauf umgelenkt werden kann. Heute fließen zudem schätzungsweise 260 Mio. Euro an Gewinnen aus der Energiebereitstellung aus der Stadt ab. Mit Blick auf die erneuerbaren Energien ergeben die Berechnungen, dass die diesbezügliche Berliner Wertschöpfung von rund 10 Mio. Euro in 2010 auf rund 140

Mio. Euro im Zielszenario 2 gesteigert werden kann – ohne Berücksichtigung der Effekte aus der Produktion. Davon fallen rund 30 Mio. Euro Steuern für Berlin an. Diese deutliche Wertschöpfungssteigerung erfordert aber nicht nur die hohen Ausbauzahlen des Szenarios, sondern basiert auf der Annahme, dass viele Unternehmen und Investoren entlang der jeweiligen Wertschöpfungsketten aus Berlin stammen, z.B. ein lokales Stadtwerk, viele Bürgerenergieanlagen, Planer, Betreiber, Energiedienstleister etc., so dass sich nicht nur die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte, sondern auch die ökonomische Teilhabe an der Energiewende deutlich erhöhen.

Berlin kann also von seinem Klimaneutralitätsziel auch wirtschaftlich profitieren. Zudem kann das Ziel eingebettet und synergetisch verzahnt werden mit anderen wichtigen Themen und Stärken der Stadt, so dass Berlin als soziale, kreative, kulturelle, grüne und klimaneutrale Hauptstadt wahrgenommen werden kann. Voraussetzung dafür ist, dass Politik und Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft das „Gemeinschaftsprojekt Klimaneutralität“ (in Anlehnung an Ethik-Kommission 2011) in Berlin gemeinsam gestalten, dann kann diese Transformation für viele ein Gewinn und das Ziel erreicht werden.

1. EINLEITUNG

1.1. AUFGABEN UND VORGEHEN DER MACHBARKEITSSTUDIE

Mit Eintritt in die 17. Legislaturperiode des Abgeordnetenhauses von Berlin hat sich die Regierungskoalition das Ziel gesetzt, Berlin bis zum Jahr 2050 zu einer klimaneutralen Stadt zu machen. Dieses Ziel stellt eine ehrgeizige Fortentwicklung der Berliner Energie- und Klimaschutzpolitik der letzten Jahre dar und unterstreicht den Beitrag Berlins sowohl zum globalen Klimaschutz als auch zur Energiewende in Deutschland. Nach der Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima im Frühjahr 2011 hat die Bundesregierung ihre Energiepolitik neu ausgerichtet. Die Ziele der Energiewende beinhalten die Reduktion der deutschen Treibhausgasemissionen um 80-95 % bis 2050 (Basisjahr 1990), die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 60 % am Bruttoendenergieverbrauch und von 80 % an der Stromerzeugung. Der Primärenergieverbrauch in Deutschland soll bis 2050 halbiert werden (Basisjahr 2008). Der Energieverbrauch bei der Raumwärme soll um 80 % und im Verkehr um 40 % sinken; der Stromverbrauch soll um 25 % vermindert werden (Basisjahre 2008). Der Ausstieg aus der Kernenergie soll bis zum Jahr 2022 erfolgen.[2]

Vor diesem Hintergrund hat die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt im Dezember 2012 ein vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) geführtes Konsortium aus Forschungs-, Planungs- und Beratungseinrichtungen damit beauftragt, zu prüfen, ob und wie dieses Ziel erreicht werden kann. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie war die Berlin-spezifische Bedeutung des Ziels der Klimaneutralität zu klären sowie auf der Grundlage einer umfassenden Analyse der energie- und klimapolitischen Ausgangssituation zu prüfen, ob dieses Ziel in Berlin erreicht werden kann. Ausgehend davon und von einer Ermittlung der zukünftigen Verbesserungsmöglichkeiten bei der Energieeffizienz und im Energieträgermix verschiedener Sektoren war dann das erreichbare CO_2-Reduktionspotenzial bis 2050 zu ermitteln. Darüber hinaus sollten mögliche Zukunftspfade (Szenarien) für die Handlungsfelder entwickelt und bilanziell untersetzt werden. Schließlich sollten Empfehlungen zu Strategien, Leitprojekten und Maßnahmen für die Zielerreichung abgeleitet werden. Zu den Aufgaben der Machbarkeitsstudie gehörte es, diese Arbeitsschritte im Dialog mit Experten/-innen sowie Entscheidungsträger/-innen durchzuführen. Ein konkreter Planungsvorschlag für die Berliner Energie- und Klimapolitik der nächsten Jahre war ebenso wenig Gegenstand des Auftrags wie eine detaillierte Kosten-Nutzen-Berechnung der bis 2050 vorgeschlagenen Maßnahmen. Das mit der Studie beauftragte Konsortium setzte sich zusammen aus dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK, Projektleitung), dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (IÖW), dem Energieberatungsbüro BLS Energieplan GmbH, dem Stadtplanungsbüro UmbauStadt, dem Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel GmbH (InnoZ), dem Büro Luftbild, Umwelt, Planung GmbH (LUP), dem Landschaftsarchitekten-Büro Becker, Gisecke, Mohren, Richards (bgmr), sowie dem Anwaltsbüro HFK Rechtsanwälte LLP.

[2] Einen Überblick mit weiteren Dokumenten zu den Teilzielen gibt die Bundesregierung hier: http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html;jsessionid=BBE40198B7571612704984458A1388E5.s2t1. Während der Projektlaufzeit kam es im Anschluss an die Wahl zum 18. Deutschen Bundestag (22. September 2013) zu einem Regierungswechsel. Die Große Koalition aus CDU und SPD hält an den Zielen der Energiewende der Vorgängerregierung fest, plant aber eine Neugestaltung der entsprechenden Instrumente (z.B. des EEG). Die Diskussionen dazu waren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstelung noch nicht abgeschlossen.

Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Machbarkeitsstudie; Quelle: Eigene Darstellung.

Der hier vorgelegte Bericht dokumentiert die Arbeit des interdisziplinär besetzten Teams in der Zeit von Dezember 2012 bis März 2014. Die Arbeit des Konsortiums kann durch vier methodische Schlüsselelemente charakterisiert werden:

- Orientierung an Handlungsfeldern. Es wurden fünf Handlungsfelder definiert: Energieversorgung, Gebäude und Stadtentwicklung, Wirtschaft, private Haushalte und Konsum, Verkehr und Mobilität. Primäres Ziel war eine praxis- und politiknahe Untergliederung des Berliner Stadtsystems, das interdisziplinär betrachtet wurde.
- Neuzuschnitt der Bilanzierung. Unter Zugrundelegung der offiziellen Energie- und CO_2-Bilanz wurden die sektoralen Kategorien gemäß der genannten Handlungsfeld-Logik neu berechnet, der Gebäudesektor auf Basis eines eigens entwickelten, komplexen Gebäudemodells isoliert und das Handlungsfeld Wirtschaft für Berlin neu zusammengefasst.
- Stakeholdereinbindung. Die Machbarkeitsstudie hat kontinuierlich einen engen Dialog mit wichtigen Wissens- und Entscheidungsträgern aus allen Handlungsfeldern gesucht und deren Anregungen auf zwei großen Veranstaltungen, in zehn Fachworkshops und vielen Einzelgesprächen aufgegriffen.
- Denken in Optionen. Um die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten des Energiesystems und der CO_2-Emissionen abzuschätzen, wurden - ebenfalls in engem Austausch mit den Stakeholdern - zwei alternative Szenarien pro Handlungsfeld entwickelt, die beide das Klimaneutralitätsziel auf verschiedenen Wegen erreichen. Diese wurden wiederum in zwei alternative Gesamtszenarien für Berlin überführt.

Der durch diese Elemente geprägte Forschungs- und Bearbeitungsprozess kann schematisch wie folgt dargestellt werden (Abb. 1).

Das Konsortium hat über die regelmäßige Abstimmung mit dem zuständigen Fachbereich eng mit verschiedenen Abteilungen der Senatsverwaltung zusammengearbeitet, um die Ausgangssituation, die Reduktionspotenziale und die Handlungsoptionen in den verschiedenen Handlungsfeldern zu bestimmen. Bei diesen Handlungsfeldern handelt es sich um die Bereiche:

- Energieversorgung und Übertragung,
- Gebäude und Stadtentwicklung,
- Wirtschaft,
- Private Haushalte und Konsum,
- Verkehr.

Die Einbindung der Stakeholder fand schwerpunktmäßig zu zwei Themenkomplexen statt. Die Bestimmung der Ausgangssituation und der Reduktionspotenziale wurde mit ca. 100 Personen aus Wissenschaft, Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft am 15. April 2013 in fünf parallelen Workshops entlang der Handlungsfelder sowie plenar diskutiert. Die Szenarien sowie die Strategie- und Maßnahmenvorschläge der Machbarkeitsstudie wurden am 30. Oktober 2013 mit ca. 150 Personen diskutiert – ebenfalls in fünf thematischen Workshops und einer Plenarveranstaltung. Die Anregungen dieser Workshops sind in den vorliegenden Bericht eingeflossen.

1.2. HERAUSFORDERUNG KLIMAWANDEL

Angesichts der Risiken des globalen Klimawandels ist die Weltgemeinschaft zu raschem Handeln aufgefordert. Der 2013 erschienene Fünfte Sachstandsbericht des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) macht unmissverständlich klar, dass menschliches Handeln – allem voran die Verbrennung fossiler Energieträger, gefolgt von der Freisetzung von Treibhausgasen durch Landnutzungsänderungen – die entscheidende Ursache für die bisher gemessene Erhöhung der globalen Mitteltemperatur darstellt. Zwischen 1880 und 2012 ist diese um 0,85 °C angestiegen (IPCC 2013: 3). Diese Erhöhung erscheint gering, stellt aber tatsächlich bereits einen erheblichen menschlichen Eingriff in das globale Klimasystem dar (Rahmstorf/ Schellnhuber 2006). Sollte sich die bisherige Entwicklung fortsetzen, muss mit irreversiblen negativen Folgewirkungen gerechnet werden (PNAS 2014, Schellnhuber et al. 2013). In Berlin kann bereits bis zur Jahrhundertmitte mit folgenden Klimaänderungen gerechnet werden (SenStadt 2011d: 30):

- Im Jahresdurchschnitt steigen die Temperaturen bis 2050 um bis zu 2,5 °C.
- Es wird mehr Sommertage (Maximaltemperatur über 25 °C), heiße Tage (Maximaltemperatur über 30 °C) und Tropennächte (Minimaltemperatur nicht unter 20 °C) geben.
- Die Zahl der Frosttage (Temperatur kann unter 0 °C sinken) nimmt ab.
- Hitzeperioden treten häufiger auf. Sie sind dabei intensiver und werden länger andauern als bisher.
- Die jährliche Niederschlagsmenge nimmt nur leicht ab. Allerdings verschieben sich die Niederschlagsmengen vom Sommer- in das Winterhalbjahr. Die Winter in Berlin werden feuchter, die Sommer trockener werden.
- Extreme Wetterereignisse wie Starkregen nehmen zu.

In einer überschlägigen Berechnung der Folgeschäden des Klimawandels für die einzelnen Bundesländer kommt das DIW für Berlin auf kumulierte Schäden von rd. 10 Mrd. € bis 2050 (Kemfert 2007). Nur wenn es gelingt, die Treibhausgasemissionen weltweit signifikant zu drosseln und so den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf maximal 2 °C zu begrenzen, kann „gefährlicher Klimawandel" im Sinne der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) noch vermieden werden.[3] Je länger damit gewartet wird, die weltweiten Emissionen nach unten zu fahren, desto schwieriger und teurer wird globaler Klimaschutz (Kriegler et al. 2013, Luderer et al. 2013).

1.3. STÄDTE SIND WICHTIG – UND MÜSSEN HANDELN

Städte haben eine besondere Verantwortung für den Klimaschutz. Obwohl nur rd. 3 % der festen Landoberfläche durch städtische Siedlungen bedeckt sind, lebt mittlerweile die Hälfte der Menschheit in Städten - mit all ihren Gebäuden, Fabriken, Büros, Infrastrukturen und Verkehrssystemen. Dadurch wird in Städten ein Großteil der von Menschen benötigten Energie und Ressourcen konsumiert. Der ökologische „Fußabdruck" der Städte, also die funktionale Beanspruchung von Flächen, Ressourcen und Abfällen des städtischen „Hinterlandes" – das im Zeitalter der Globalisierung weit entfernt liegen kann – reicht weit über ihre Stadtgrenzen hinaus (Kennedy et al. 2007, Minx et al. 2011, Wackernagel et al. 2006).

Mit Blick auf die Emission des wichtigsten Treibhausgases CO_2 gehen verschiedene Schätzungen davon aus, dass Städte rd. 60-80 % der weltweiten Emissionen verursachen (Bellucci et al. 2012, Kennedy et al. 2010, Ramaswami et al. 2012, Sovacool/ Brown 2010)[4] Die absoluten CO_2-Emissionen der Städte liegen in Größenordnungen, die sie mit denen ganzer Länder vergleichbar machen (vgl. Tab. 1).

In Tab. 1 werden Städte und Länder von teilweise sehr unterschiedlicher Bevölkerungsgröße verglichen, in gewisser Weise also „Äpfel" mit „Birnen". Zu beachten ist auch, dass Städte Industrie- und Dienstleistungsfunktionen für ihr „Hinterland" übernehmen, dass in ihnen Bildungs- und Kulturangebote von überregionaler Bedeutung vorgehalten werden, und dass sie Verkehrsknotenpunkte mit oft landesweiter Relevanz darstellen. Zudem ist es so, dass die städtische Dichte ihrerseits zu Skaleneffekten in puncto Energie- und Ressourceneffizienz führt. In vielen nordamerikanischen und auch einigen europäischen Städten liegen die CO_2-Fußabdrücke pro Kopf daher unter dem nationalen Durchschnitt, vor allem aber unterhalb derjenigen in den suburbanen „Speckgürteln" der Großstädte (Dodman 2009).

---

[3] Die auch von der Bundesrepublik Deutschland unterzeichnete völkerrechtlich verbindliche Klimarahmenkonvention gibt in ihrem Artikel 2 das Ziel der Konvention an: es geht darum, eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration auf einem Niveau zu erreichen, "auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann." (Klimarahmenkonvention 1992: 5). Die internationale wissenschaftliche Gemeinschaft hat sich im engen Austausch mit der Klimapolitik auf eine Operationalisierung dieser qualitativen Zielbestimmung geeinigt, bei der eine zusätzliche Erwärmung um 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau als möglichst zu vermeidender „gefährlicher Klimawandel" gelten kann (vgl. Schellnhuber et al. 2006, WBGU 2009).

[4] Die Schwankungsbreite der Zahlenangaben hängt nicht nur an der Frage, ob es sich um eine Stadt der Industrie- oder Entwicklungsländer handelt, sondern auch an der Erhebungsmethode und dem territorialen Zuschnitt des Bilanzierungsraums.

Dennoch wird deutlich, dass die großen Städte viele Länder der Welt an Emissionen übertreffen, obwohl nur letztere die Klimarahmenkonvention unterschrieben haben und sich an der internationalen Klimapolitik beteiligen. Dieser große CO_2-Fußabdruck vieler Städte ist den meisten Menschen nicht bewusst, weshalb auch Visualisierungen gefragt sind, die das Unsichtbare sichtbar machen (vgl. Abb. 2).

Berlins CO_2-Emissionen lassen sich mit denen Kroatiens vergleichen, und sie übertreffen die Emissionen vieler afrikanischer und lateinamerikanischer Staaten deutlich. Noch das kleine Eberswalde im Norden Berlins kommt mit seinen CO_2-Emissionen in die Größenordnung der Zentralafrikanischen Republik, die 6.700 Mal mehr Fläche als Eberswalde hat und immerhin 125 mal mehr Einwohner zählt.

Stadt	CO_2-Emissionen	Land	CO_2-Emissionen
Tokio	65,9	Österreich	66,9
New York City	54,3	Bangladesch	56,1
Moskau	44,6	Bulgarien	44,7
London	43,4	Irland	40,0
Bangkok	42,7	Schweiz	39,0
Rotterdam	29,6	Angola	30,4
Paris	24,6	Tunesien	25,9
Berlin	20,7	Kroatien	20,9
Hamburg	16,9	Bolivien	15,5
Delhi	15,4	Slowenien	15,3
Warschau	10,7	Luxemburg	10,8
Amsterdam	5,0	Paraguay	5,0
Stockholm	2,9	Mosambik	2,9
Kopenhagen	2,5	Bahamas	2,5
Potsdam	0,87	Französisch-Polynesien	0,9
Eberswalde	0,23	Zentralafrikanische Republik	0,26

Tabelle 1: CO_2-Emissionen (in Millionen Tonnen pro Jahr) ausgewählter Städte und Länder ca. 2010; Quellen: CDP 2012, UNFCCC.

Viele Städte weltweit haben mit Blick auf ihren CO_2-Fußabdruck die Konsequenzen gezogen und wollen ihre CO_2-Emissionen reduzieren. New York etwa hat ein 30 %-Reduktionsziel bis 2030, Tokio will 25 % bis 2020 einsparen, und London 60 % bis 2025. Hamburg will bis 2050 um 80 % reduzieren. Oslo und Stockholm wollen bis 2050 klimaneutral sein, Kopenhagen will dieses Ziel sogar schon 2025 erreichen (CDP 2013b: 24). In Deutschland wollen z.B. Düsseldorf, Freiburg und Karlsruhe bis 2050 klimaneutral werden.

Abbildung 2: Visualisierung der CO_2-Emissionen New Yorks in einer Stunde (oben) und einem Jahr (unten); Quelle: CarbonVisuals, 2013.

Dieses Ziel hat sich nun auch Berlin gesetzt. Die Kernaufgabe der vorliegenden Studie besteht darin, die Machbarkeit dieses Ziels zu prüfen und gegebenenfalls Wege dahin aufzuzeigen.

1.4. KLIMASYSTEM UND KLIMANEUTRALITÄT

Der Begriff der Klimaneutralität ist im Kontext städtischer Klimapolitik relativ neu und noch nicht eindeutig definiert. Demgegenüber ist der Begriff in der Unternehmenswelt schon länger eingeführt und inhaltlich klarer umrissen (vgl. First Climate 2008). Es gibt klimaneutrale Label für Unternehmen und Produkte, man kann Veranstaltungen und Dienstleistungen „neutral stellen", und viele Unternehmen dokumentieren durch ihre Teilnahme am *Carbon Disclosure Project* (CDP) ihre Emissionen und den Willen, diese mit der Zeit zu reduzieren.[5] Auch einige Städte – darunter Berlin – haben sich dem CDP angeschlossen (CDP o.J., CDP 2013a). Allerdings gibt es noch keinen Standard, der Klimaneutralität für Städte definiert und aus dem sich z.B. Bilanzierungsregeln ableiten lassen. Darum musste im Rahmen der Machbarkeitsstudie ein pragmatisch nutzbarer und auf die bestehende Energie- und CO_2-Bilanz abbildbarer Weg der Operationalisierung gefunden werden.

[5] Unabhängig davon bemühen sich viele Unternehmen auch im Rahmen von Umwelt- und Energiemanagementsystemen darum, ihre Produkte und Dienstleitungen energieeffizienter und klimafreundlicher anzubieten.

Der Begriff der Klimaneutralität kann letztlich nur vor dem Hintergrund des komplexen Klimasystems der Erde und dessen Verknüpfungen mit anderen Teilkomponenten des Erdsystems - allen voran der Biosphäre und der Ozeane – verstanden und definiert werden.

Treibhausgasemissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe, der Zementproduktion und der Landwirtschaft sowie aus Landnutzungsänderungen sind zwar die Ursache des anthropogenen Klimawandels. Aber sie fügen sich ein in ein Erdsystem, das die meisten Treibhausgase - so etwa Kohlendioxid (CO_2) als das wichtigste und Methan (CH_4) als das zweitwichtigste - bereits „kennt" und in seinen bio-geochemischen Kreisläufen immer schon verarbeitet. Den anthropogenen „Quellen" stehen drei große natürliche „Senken" gegenüber: die Atmosphäre, die Biosphäre (z.B. Wälder, Graslandschaften, Moore) und die Ozeane. Sie binden oder speichern diese Gase für bestimmte Zeiträume und geben sie unter bestimmten Bedingungen auch wieder frei. Die Photosynthese betreibenden Pflanzen etwa entnehmen der Luft CO_2, um daraus Biomasse aufzubauen. Für die Zeit ihres Wachstums fungieren sie damit als „Senken" von CO_2, da sie zusätzliche anthropogene Emissionen „abpuffern". Allerdings haben Pflanzen (z.B. Bäume) als Lebewesen auch ein natürliches Ende; im Zuge der „Rückführung" abgestorbener Biomasse in den biogeochemischen Kreislauf wird CO_2 auch wieder freigesetzt. Freigesetzt wird es auch, wenn diese Biomasse vorzeitig abgeerntet und dann verbrannt wird (energetische Nutzung).[6]

Seit der Industrialisierung hat der Mensch den Ausstoß an Treibhausgasen deutlich erhöht und damit die drei globalen Senken immer mehr in Anspruch genommen. Anthropogener Klimawandel entsteht dann, wenn die Deponieleistung der Senken durch die Freisetzung fossiler Quellen (bzw. auch durch Landnutzungsänderungen, die an beiden Seiten gleichzeitig ansetzen) überfordert wird. Dies gilt in den letzten 50 Jahren besonders mit Blick auf die Atmosphäre, die wir zusehends als Deponie für Treibhausgase wie CO_2 nutzen. Die globale Erderwärmung ist die Antwort des Klimasystems auf diese Übernutzung. Durch die Änderung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre (gemessen in ppm, *parts per million*) ändert sich die Strahlungsbilanz, was zu einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur führt. – „Klimaneutral" wäre vor diesem Hintergrund eine Entwicklung, die anthropogene Emissionen von Treibhausgasen maximal bis zu der Menge zulässt, die das Erdsystem durch seine Senken Atmosphäre, Ozeane und Bisophäre „verkraften" kann, ohne „aus dem Gleichgewicht" zu geraten. Das 2-Grad-Ziel operationalisiert diese Vorgabe.

Die Machbarkeitsstudie orientiert sich bei ihrer Definition von Klimaneutralität am sog. „Budgetansatz" des *Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen* (WBGU 2009), der das Klimaschutzziel von Bundesregierung und EU – die Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf max. 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Wert – in ein zulässiges weltweites Gesamtbudget bis 2050 übersetzt und dann gleichmäßig auf die Weltbevölkerung verteilt. Jedem Erdenbürger und jeder Erdenbürgerin stehen demnach maximal rd. 2 Tonnen an jährlichen Treibhausgasemissionen zur Verfügung, soll es nicht zu gefährlichem Klimawandel kommen. Diesen Wert übernehmen auch die meisten kommunalen Konzepte in anderen Städten, die Klimaneutralität bis 2050 anstreben.

Durch die Übernahme des Klimaneutralitätsziels werden die klassischen Themen des kommunalen Klimaschutzes (vgl. etwa die Aktivitäten des Klimabündnis unter www.klimabuendnis.org) in mindestens drei Hinsichten erweitert bzw. modifiziert:

---

6 Häufig wird Biomasseverbrennung einfach als klimaneutral bewertet. Aber dabei muss beachtet werden, dass z.B. Wald auch wieder nachwachsen muss, um die durch Verbrennung freigesetzte Menge an CO_2 zu kompensieren. Holz oder andere Biomasse kann daher ohne Berücksichtigung der Landnutzungsfläche und des Landmanagements nicht direkt als klimaneutral betrachtet bzw. bilanziell bewertet werden (Haberl et al. 2012). Eine bilanzielle Annäherung an die CO_2-Relevanz der Berliner Wälder und Moore findet sich in Anhang B 4.

- Neben der Reduktion der Emissionen muss auch auf den Umfang und die Entwicklung der Senkenkapazitäten geachtet werden.
- Neben den direkten energiebedingten Emissionen müssen auch die anderen Treibhausgase sowie die indirekt durch den Konsum und die Infrastrukturentwicklung der Stadt entstehenden Emissionen berücksichtigt werden.
- Absolute Mengenziele müssen auf die Entwicklung der Stadtbevölkerung bezogen werden, da das Klimaneutralitätsziel als ein Pro-Kopf-Ziel definiert ist.

Alle drei Punkte haben auch Konsequenzen für die Definition des Klimaneutralitätsziels für Berlin. Eine Operationalisierung des Mengengerüsts soll im nächsten Abschnitt erfolgen.

1.5. WAS HEIßT KLIMANEUTRALITÄT FÜR BERLIN?

Bezugspunkt der Machbarkeitsstudie ist die Energie- und Klimabilanz des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg, die nur die energiebedingten CO_2-Emissionen berücksichtigt. Für die Berliner Machbarkeitsstudie wurden zunächst die bundes- und landespolitischen Klimaschutzziele auf die Berliner Emissionen des Basisjahres 1990 angewandt und dann durch die zu erwartende Bevölkerung des Jahres 2050 geteilt. Dabei wurde eine Fortschreibung des StEK Berlin 2030 vorgenommen, dessen mittlere Bevölkerungsprognose den Szenarien der Machbarkeitsstudie zugrunde liegt (SenStadtUm 2013a).

Abbildung 3: Klimaneutrale Pro-Kopf-Emissionen Berlins unter verschiedenen Annahmen;
(mit grau 80 %, graublau 85 % und blau 90 % CO_2-Reduktionsziel gegenüber 1990)
Quelle: Eigene Darstellung.

Das Ergebnis zeigt, dass Klimaneutralität für Berlin je nach gewähltem Reduktionspfad und erwarteter Bevölkerung einen Wert zwischen 0,37 und 1,7 t CO_2 pro Kopf und Jahr bedeuten kann (vgl. Abb. 3). Folgt man dem im Energiekonzept 2020 genannten maximalen Reduktionswert von 85 %, dann engt sich diese Spanne auf 1,1-1,7 t pro Kopf ein. Das ist weniger als die in vielen Klimaneutralitäts-Konzepten (z.B. Düsseldorf, Karlsruhe, Hannover) genannten 2 Tonnen. Aber dabei muss bedacht werden, dass dieser globale Zielwert für CO_2 auch die indirekten Emissionen im Lebenszyklus von Produkten (z.B. durch die Automobilproduktion) sowie die

Emissionen des privaten Konsums berücksichtigt, die in der hier verwendeten Berliner Energie- und Klimabilanz nicht vollständig abgebildet werden. Der WBGU empfiehlt in seinem Budgetansatz zudem, dass die Industrieländer das ihnen theoretisch „zustehende" Budget von 2 Tonnen pro Kopf und Jahr zugunsten einer nachholenden Entwicklung der Entwicklungsländer nicht ganz ausschöpfen.

Für Berlin heißt das: klimaneutral ist die Stadt, wenn ihre Emissionen bis zum Jahr 2050 um ca. 85 % gegenüber 1990 abnehmen. Im Zieljahr 2050 werden immer noch rd. 4,4 Mio. t CO_2 jährlich ausgestoßen; gleichwohl gilt „Klimaneutralität" als erreicht. Zum Vergleich: 1990 waren es knapp 30 Mio. t, 2005 waren es knapp 22 Mio. t.[7] Es kann daher festgehalten werden, dass die im Rahmen der Machbarkeitsstudie verfolgte Zielwertspanne von 1,1 bis 1,7 Tonnen die in der Bundesrepublik sonst üblichen Klimaneutralitätsziele von 2 Tonnen deutlich unterschreitet, dies aber sowohl mit den Reduktionsziel Berlins (-85 % bis 2050) als auch mit den Zielen globaler Gerechtigkeit übereinstimmt. Damit kann der „Berliner Zielkorridor" der Klimaneutralität als deutschlandweit ambitioniert bezeichnet werden.

1.6. ZUM „MEHRWERT" DES KLIMANEUTRALITÄTSZIELS FÜR BERLIN

Mit dem Erreichen des Klimaneutralitätsziels leistet Berlin zunächst einmal „seinen" Beitrag zum weltweiten Klimaschutz – dies ist aber keineswegs der einzige Nutzen, den dieses Ziel hat. Der Beitrag Berlins kann – selbst wenn er im Weltmaßstab „klein" sein mag – als globale Verantwortungsübernahme im Kontext einer klimaethischen Verpflichtung verstanden werden (Gesang 2011, Roser/ Seidel 2011). Auch der Schutz der Bevölkerung und der Infrastruktur vor den Folgen des Klimawandels, aber auch der Schutz des Klimas vor klimaschädlichen Treibhausgasen gehören heute zu den Gemeinwohlpflichten des Staates, aber auch der gesellschaftlichen Eliten (Bohlken 2011). Ein weiterer Begründungskomplex ergibt sich – relativ unabhängig vom Thema Klimawandel – aus der Begrenztheit bestimmter, gegenwärtig für unsere Energieversorgung stark nachgefragter Ressourcen. Sie unterliegen zusätzlich – in Zeiten steigender weltweiter Nachfrage – wirtschaftlicher Knappheit und dem säkularen Trend der steigenden Preise. Ein energie- und rohstoffimportierendes Land wie Deutschland ist gut beraten, sich in dieser Situation auf eigene Ressourcen und erneuerbare Energien umzustellen. Klimaschutz kann zudem auch Ressourcenschutz sein. In den letzten Jahren sind vor allem in den USA und Kanada Schiefergas und Teersande vermehrt erschlossen worden. Im Ergebnis sind dadurch z.B. die Kohlepreise gefallen. Es könnte scheinen, als wäre dadurch die Energie- und Ressourcenknappheit überwunden. Aber zum einen ist zu bedenken, dass diese unkonventionellen Reserven nur unter hohen Umweltkosten gefördert werden können, die zwar derzeit nicht annähernd eingepreist sind, dies aber unter Bedingungen verschärften Umweltprotests oder höherer Unfallrisiken durchaus werden könnten. Zum anderen muss man sehen, dass es nur bei einem dauerhaft hohen Preisniveau rentabel bleibt, unkonventionelle Reserven zu erschließen. Zudem ist umstritten, ob das Potenzial den Rückgang bei konventionellem Öl und Gas überhaupt abfedern kann. Selbst die Internationale Energieagentur (IEA) warnt vor einer zu hohen Erschließung, weil dies Energieeffizienz und Klimaschutz untergräbt (IEA 2013). Ein weiterer Begründungskomplex für ambitionierten Klimaschutz hat mit der Tatsache zu tun, dass der Übergang zu einer klimaneutralen Gesellschaft auch ein zeitgemäßeres ökonomisches Modell etablieren wird. Klimaschutz ist Modernisierungs- und Innovationspolitik (Huber 2011, Jänicke 2012). So belastet die fossile Ökonomie der Vergangenheit die ökonomische Prosperität einer zukünftigen Ökonomie. Nach Angaben der IEA sind allein von 2010 zu 2011 die weltweiten öffentlichen Subventionen weltweit um 30 % auf 523 Mrd. Euro gestiegen – das Sechsfache der Mittel für erneuerbare Energien. Würden alle weltweiten Subventionen für fossile Energien gestrichen, entspräche dies in der Anreizwirkung einem CO_2-Preis von 110 US$ pro Tonne (IEA 2013). Der Ausbau der

[7] Genaueres dazu findet sich in der Darstellung der Ausgangssituation, Kapitel 2 dieser Studie.

erneuerbaren Energien und die Verbesserung der Energieeffizienz bieten vielfach regionalökonomische Vorteile. Gut gestaltet führen sie zu neuen Wertschöpfungsprozessen und lenken Finanzströme in heimische Industrien und das Handwerk, die bislang für importierte fossile Brennstoffe ausgegeben werden mussten. Berlin kann also von seinem Klimaneutralitätsziel auch wirtschaftlich profitieren. Zudem kann das Ziel eingebettet und synergetisch verzahnt werden mit anderen wichtigen Themen und Stärken der Stadt, so dass Berlin als soziale, kreative, kulturelle, grüne und klimaneutrale Hauptstadt wahrgenommen werden kann.[8]

[8] Die Machbarkeitsstudie geht auf alle diese – und weitere, hier nicht genannte - Aspekte des „Mehrwerts“ der Klimaneutralität nicht detailliert ein. Allerdings werden - auch wenn es nicht zur engeren Aufgabenstellung der Machbarkeitsstudie gehörte - die regionalökonomischen Effekte bezogen auf den Ausbau der erneuerbaren Energien für Berlin etwas genauer betrachtet (vgl. 3.4.1. und Anhang B 5).

2. AUSGANGSSITUATION UND REDUKTIONSPOTENZIALE

2.1. AUSGANGSSITUATION: WO STEHT BERLIN HEUTE?

2.1.1. Stand 2010

Berlin, die Hauptstadt der Bundesrepublik Deutschland, ist mit 3.375.222 Einwohnerinnen und Einwohnern (Stand: 31.12.2012) die größte Stadt des Landes.[9] Das Stadtgebiet des Landes Berlin umfasst 887,7 km². Dabei entfallen 41,5 % auf Gebäude- und Freiflächen, 14,9 % auf Verkehrsflächen, 11,9 % auf Erholungsflächen und 0,6 % auf Betriebsflächen. 18,3 % der Berliner Landesfläche sind Wald, 6,7 % Wasserfläche, 4,4 % Landwirtschaftsfläche und 1,7 % Flächen sonstiger Nutzung. Die Bevölkerungsdichte liegt bei 3.785,2 Menschen pro km² – die zweitgrößte einer deutschen Großstadt nach München. Mit einem Bruttoinlandsprodukt von rund 30.000 Euro pro Einwohner/-in liegt Berlin knapp unter dem Durchschnitt der deutschen Städte (IWD 2013). Wirtschaftsleistung und Alltagsleben sind – basierend auf entsprechenden Energieerzeugungs- und Umwandlungstechnologien – mit dem Ausstoß von Treibhausgasen verbunden, allen voran Kohlendioxid (CO_2), dem mengenmäßig wichtigsten Treibhausgas weltweit.

Abbildung 4: Entwicklung der CO_2-Emissionen Berlins (1990 – 2050), schraffiert: Projektion Klimaneutralitätspfad (nach Verursacherbilanz); Quelle: Eigene Darstellung; 1990 bis 2010 auf der Basis von AfS 2013a.

Das Basisjahr zur Ermittlung der Ausgangssituation dieser Studie ist das Jahr 2010, da für dieses Jahr zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung die aktuellsten Energieverbrauchs- und Emissionszahlen des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg vorlagen. Vergleicht man die Entwicklung der CO_2-Emissionen im Jahr 2010 mit dem Ausgangswert von 1990 – dem ersten Wert für das wiedervereinigte Berlin – dann wird deutlich, dass Berlin im Klimaschutz auf beachtliche Erfolge zurückblicken kann. Die CO_2-Emissionen der Stadt (Verursacherbilanz) konnten von 29,3 Mio. t in 1990 auf 21,3 Mio. t in 2010 reduziert werden. Das ist ein Rückgang von 27 % (AfS 2013a) bei gleichzeitigem Wachstum der Bevölkerung und einer Erholung der Berliner Wirtschaft.

Diese positive Entwicklung beim CO_2-Aussstoß hat sich in den letzten Jahren jedoch etwas abgeschwächt, das Tempo der CO_2-Minderung hat nachgelassen. Zwischen 1990 und 2005 lag die durchschnittliche jährliche

[9] Das Amt für Statistik Berlin-Brandenburg hat auf Basis der Zensusdaten 2011 einige frühere Bevölkerungsschätzungen leicht nach unten korrigiert. Die obigen Zahlen basieren auf dieser korrigierten Schätzung (vgl. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/Statistiken/inhalt-statistiken.asp).

Reduktionsrate bei 1,7 %, zwischen 2006 und 2010 nur noch bei 0,4 % (vgl. Abb. 4). Eine realistische Abschätzung der vorhanden Potenziale zur weiteren Reduktion der CO_2-Emissionen in Berlin setzt mindestens eine Differenzierung nach Sektoren voraus. Nur so ist es möglich, unterschiedlichen technologischen und organisatorischen Gegebenheiten sowohl in der Energiebereitstellung als auch in den verschiedenen Energieverbrauchssektoren Rechnung zu tragen.

Eine sektorale Differenzierung liegt auch der offiziellen Energie- und CO_2-Bilanzierung des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg zugrunde. Allerdings weist sie den Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen des Gebäudesektors nicht separat aus. Gerade die Gebäude spielen aber eine wichtige und auch strategisch eigens zu adressierende Rolle. Nicht zuletzt deshalb musste in einem ersten Schritt die bestehende Energie- und CO_2-Bilanz den Zielen und Aufgaben der Machbarkeitsstudie entsprechend umgerechnet bzw. anders aufgeteilt werden.

2.1.2. Berechnung von Energieverbrauch und CO_2-Emissionen der Handlungsfelder auf Grundlage der Energie- und CO_2-Bilanz

Ausgangspunkt für das Mengengerüst der Machbarkeitsstudie ist die Berliner Energie- und CO_2-Bilanz, wie sie vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg auf der Grundlage der methodischen Vorgaben des Länderarbeitskreises (LAK) Energiebilanzen periodisch veröffentlicht wird.[10] Diese Bilanz weist mit Blick auf das Konzept der Klimaneutralität zwar gewisse strukturelle Mängel auf (vgl. Kap. 1), bietet aber ein ansonsten verlässliches Zahlenwerk, das den klima- und energiepolitischen Bemühungen des Landes Berlin als Grundlage dient.

Die Bilanzierungsmethode des LAK Energiebilanzen berücksichtigt nur die direkten energiebedingten CO_2-Emissionen ohne Einbeziehung anderer Treibhausgase[11] und ohne indirekte Emissionen, die in Form des Verbrauchs stofflich gebundener „grauer“ Energie entstehen. Auch die CO_2-Emissionen, die durch den Konsum importierter Produkte entstehen, finden in dieser Methodik keine Berücksichtigung. Gleiches gilt für energiebedingte Emissionen der Berliner Bevölkerung außerhalb des Bilanzraumes – außer bei Strom im Falle der Verursacherbilanz.

Um aus Energieverbrauchswerten CO_2-Emissionen zu berechnen, werden sog. CO_2-Emissionsfaktoren benötigt, die - differenziert nach Energieträgern und Einsatzbereichen - das Umweltbundesamt periodisch zur Verfügung stellt. In die Berechnung einbezogen werden ausschließlich die Emissionen der fossilen Energieträger Kohle, Gas, Mineralöl und deren kohlenstoffhaltige Produkte. Es wird eine Quellenbilanz und eine Verursacherbilanz vorgelegt (zur Erläuterung siehe Glossar).

Die Herausforderung für die Machbarkeitsstudie bestand zunächst darin, dieses Zahlenwerk so zu transformieren, dass sich der Gebäudebereich gesondert ausweisen lässt. Dessen Emissionen werden in der vorliegenden Fassung auf die vier Verbrauchssektoren (1) private Haushalte, (2) Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD), (3) Industrie und (4) Verkehr aufgeteilt. Damit aber können spezifisch auf die Situation der Gebäude bezogene Reduktionspotenziale nicht berechnet und gebäudebezogene Maßnahmen nicht quantitativ abgebildet werden. Außerdem unterscheidet die bestehende Systematik zwischen den Sektoren Bergbau und Industrie einerseits sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) andererseits. Mit Blick auf die Berliner

---

10 Vgl. dazu www.lak-energiebilanzen.de/

11 In Deutschland macht CO_2 über 87 % der Treibhausgasemissionen aus, den restlichen Anteil teilen sich Methan, Lachgas u.a. sog. „Kyoto-Gase“ (UBA 2013). Hauptverursacher für die Emission dieser anderen Treibhausgase sind Land- und Abfallwirtschaft. Die Treibhausgasemissionen Berlins bestehen demgegenüber zu rund 98 % aus Kohlendioxid, jeweils ca. 1 % entfallen auf Methan und Distickstoffoxid (Neumann 2010).

Wirtschaftsstruktur, in der der Industriesektor eine vergleichsweise geringe Bedeutung aufweist, ist es sinnvoller, ein einheitliches Handlungsfeld „Wirtschaft“ zu schaffen, das beide Sektoren umfasst. Für die Zwecke der Machbarkeitsstudie wurde daher ein Neuzuschnitt der Sektoren vorgenommen (vgl. Abb. 5).

Abbildung 5: Schematische Zuordnung von Energieverbräuchen und CO_2-Emissionen nach Verbrauchssektoren (links: Sektoren der bestehenden Bilanz, rechts: Handlungsfelder der Machbarkeitsstudie); Quelle: Eigene Darstellung.

Zur Ermittlung der Energieverbrauchskenngrößen dieser neu zugeschnittenen Handlungsfelder wurden die für Berlin ausgewiesenen Verbräuche der Energieträger aus der Berliner Energiebilanz nach einzelnen Anwendungszwecken aufgegliedert (z.B. Raumwärme, Beleuchtung). Da für Berlin keine spezifischen Anwendungsbilanzdaten vorliegen, erfolgte diese Aufgliederung auf Basis der bundesweiten Anwenderbilanzen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für das Basisjahr 2010 (vgl. AGEB 2013). Sie wurden nach bestimmten Plausibilitätskriterien modifiziert auf Berlin übertragen. Einen Überblick über diese Neuzuordnung liefert Tab. 2.

	Energieträger	Raum-wärme	Warm-wasser	sonst. Prozess--wärme	Klima-kälte	sonst. Prozess-kälte	Mechan. Energie	IKT	Beleuch-tung	Gesamt
Industrie	Mineralöl	19,4 %	1,8 %	78,6 %	0 %	0 %	0,2 %	0 %	0 %	100 %
	Gase	12,1 %	1,3 %	85,5 %	0 %	0 %	1,1 %	0 %	0 %	100 %
	Strom	0,4 %	0,3 %	17,2 %	2,1 %	2,3 %	68,9 %	4 %	4,8 %	100 %
	Fernwärme	17,9 %	1,9 %	80,3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Kohlen	1,8 %	0,2 %	98 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Erneuerbare	18 %	1,9 %	80,1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Sonstige	3,2 %	0,3 %	96,5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Gesamt	7,6 %	0,9 %	65,8 %	0,7 %	0,7 %	21,6 %	1,2 %	1,5 %	100 %
Verkehr	Mineralöl	0,4 %	0 %	0 %	0,1 %	0 %	98,8 %	0,3 %	0,4 %	100 %
	Gase	0,4 %	0 %	0 %	0,1 %	0 %	98,8 %	0,3 %	0,4 %	100 %
	Strom	5,1 %	0 %	0 %	0,1 %	0 %	84,7 %	5 %	5,1 %	100 %
	Fernwärme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kohle	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Erneuerbare	0,4 %	0 %	0 %	0,1 %	0 %	98,8 %	0,3 %	0,4 %	100 %
	Gesamt	0,5 %	0 %	0 %	0,1 %	0 %	98,5 %	0,4 %	0,5 %	100 %
HH	Mineralöl	86 %	14 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Gase	82,5 %	17,1 %	0,3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Strom	8 %	13,8 %	27,5 %	0 %	20,8 %	3 %	17,7 %	9,1 %	100 %
	Fernwärme	90,7 %	9,3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Kohle	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Erneuerbare	90,9 %	9,1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Gesamt	71 %	14 %	5,4 %	0 %	4 %	0,6 %	3,4 %	1,7 %	100 %
GHD	Mineralöl	52,7 %	4,8 %	10 %	0 %	0 %	32,5 %	0 %	0 %	100 %
	Gase	85,1 %	4,9 %	8,2 %	0,6 %	0 %	0,5 %	0,2 %	0,6 %	100 %
	Strom	3,6 %	4,1 %	3,7 %	2,2 %	7 %	22,3 %	15,6 %	41,5 %	100 %
	Fernwärme	81 %	5,9 %	13,1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Kohle*	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Erneuerbare	66,1 %	20,8 %	13,1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	Gesamt	48,4 %	5,1 %	7,5 %	1 %	2,5 %	15 %	5,6 %	15 %	100 %

HF Gebäude	HF Wirtschaft	HF Konsum	HF Verkehr

Tabelle 2: Verknüpfung zwischen Energie-, Anwender- und Handlungsfeld-Bilanzen in 2010; Quelle: Eigene Darstellung ausgehend von AGEB 2013.

Zur Anwendung des Verteilungsschlüssels musste zunächst der Energieverbrauch der Privaten Haushalte (HH) vom GHD-Sektor vollständig und nach Energieträgern gesondert getrennt werden. Diese Trennung ist in der Berliner Energiebilanz vom Amt für Statistik nicht für alle Energieträger durchgeführt worden, da diese Daten nicht vollständig verfügbar sind. Daher wurde die Aufteilung zwischen GHD und den privaten Haushalten unter Einbeziehung der Ergebnisse der Umweltökonomischen Gesamtrechnung abgeschätzt (siehe die roten Ziffern in Tab. 3).

Energieträger	Private Haushalte	GHD und übrige Verbraucher	Gesamt
Steinkohle	1	0	1
Braunkohlebriketts	673	0	673
Andere Braunkohleprodukte	1	0	1
Ottokraftstoffe	0	370	370
Dieselkraftstoffe	0	1.551	1.551
leichtes Heizöl	26.483	5.887	32.370
Andere Mineralölprodukte	0	13	13
Flüssiggas	0	591	591
Erdgas	22.865	46.828	69.693
Solarenergie	72	18	90
Biomasse	396	0	396
Biotreibstoffe	0	114	114
Sonstige	146	146	291
Strom	15.648	17.882	33.530
Fernwärme	43.742	1.611	45.353
Gesamt	110.028	75.011	185.039

Tabelle 3: Aufteilung der Endenergie zwischen privaten Haushalten und GHD-Sektor (Angaben in TJ);
Rote Einträge: Abschätzungen unter Einbeziehung der UGR;
Quelle: Eigene Darstellung und Schätzungen basierend auf UGRdL 2013.

Die Umweltökonomische Gesamtrechnung untersucht unter anderem die Verteilung des Energieverbrauchs zwischen den Sektoren GHD und den privaten Haushalten für Deutschland und bricht dieses Ergebnis auf Länderebene um. Für die Machbarkeitsstudie wurde zunächst der Anteil der Beschäftigten Berlins im GHD-Bereich ins Verhältnis zu den Einwohnern Berlins gesetzt. Diese Verhältniszahl wird anschließend mit der gleichen Zahl auf Bundesebene verglichen.

Das Verhältnis des Energieverbrauchs des GHD-Sektors zum Haushalts-Sektor in ganz Deutschland wird dann auf Berlin übertragen. Für Berlin ergibt sich daraus ein Korrekturfaktor, da in Berlin der Anteil der im GHD-Sektor Beschäftigen höher ist als im Bundesdurchschnitt. Für Berlin konnten so im Jahr 2010 für die privaten Haushalte 110.028 TJ und für den Sektor GHD 75.011 TJ als Endenergieverbrauch ausgewiesen werden (vgl. UGRdL 2013). Als einziger mengenmäßig bedeutender Energieträger fehlt dabei die Verteilung der Kategorie „leichtes Heizöl“ auf die Sektoren HH und GHD. In Tab. 3 werden diese Energieträger auf die beiden Sektoren in einer Abschätzung übertragen, die sich durch den Vergleich mit dem Gesamtverbrauch laut Umweltökonomischer Gesamtrechnung als plausibel begründen lässt.

Energiebilanz Berlin 2010		Stein-kohlen		Braun-kohlen			Mineralöle und Mineralölprodukte								Gase	Erneuerbare Energien							Elektr. Strom u. a. Energieträger				Energieträger insgesamt	Anteile insgesamt (Angaben in %)
											Heizöl																	
		Kohle	Briketts	Kohle	Briketts	Andere Braun-kohlenprodukte	Rohbenzin	Ottokraftstoffe	Dieselkraftstoffe	Flugturbinen-kraftstoffe	leicht	schwer	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas	Windkraft	Solarenergie	Biomasse	Biotreibstoffe	Regenerativer Wasserstoff	Regeneratives Methanol für Flugbenzin	Sonstige	Strom	Überschussstrom	Fernwärme	Andere		
Sektoren des AfS	Industrie	0	0	0	0	92	0	0	0	0	3.961	38	12	2	4.497	0	0	72	0	0	0	0	7.136	0	1.165	0	16.974	6
	Verkehr	0	0	0	0	0	0	21.240	24.689	12.841	0	0	0	905	257	0	0	0	2.690	0	0	0	3.152	0	0	0	65.775	25
	Haushalte	1	0	0	673	1	0	0	0	0	26.483	0	0	0	22.865	0	72	396	0	0	0	146	15.648	0	43.742	0	110.028	41
	GHD	0	0	0	0	0	0	370	1.551	0	5.887	0	13	591	46.828	0	18	0	114	0	0	146	17.882	0	1.611	0	75.011	28
	Summe	1	0	0	673	93	0	21.610	26.240	12.841	36.331	38	26	1.498	74.447	0	90	468	2.804	0	0	291	43.818	0	46.518	0	267.788	100
Handlungsfelder der Machbarkeitsstudie	Gebäude	1	0	0	673	3	0	213	692	0	30.708	8	10	340	65.803	0	88	410	99	0	0	272	5.381	0	45.373	0	150.275	56
	Wirtschaft	0	0	0	0	90	0	157	659	0	5.623	30	15	252	8.343	0	2	58	15	0	0	19	23.047	0	1.146	0	39.458	15
	Private Haushalte und Konsum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	12.221	0	0	0	12.290	5
	Verkehr	0	0	0	0	0	0	21.240	24.689	12.841	0	0	0	905	257	0	0	0	2.690	0	0	0	3.152	0	0	0	65.775	25
	Summe	1	0	0	673	93	0	21.610	26.240	12.841	36.331	38	26	1.498	74.471	0	90	468	2.804	0	0	291	43.802	0	46.519	0	267.797	100

Tabelle 4: Endenergieverbrauch 2010 nach AfS-Sektoren und nach Handlungsfeldern in der Darstellungsform der Energiebilanzen, Angaben in TJ, Werte gerundet; Quelle: AfS 2013a sowie eigene Darstellung und Berechnung.

Auf dieser Basis konnten die Energieverbräuche aus der Energiebilanz auf die Handlungsfelder verteilt werden (vgl. im Folgenden Tab. 4). Der Verkehrsbereich wurde ohne Änderungen aus der AfS-Bilanz übernommen, einschließlich der geringen Mengen an Endenergieträgern, die für Raumwärme in diesem Sektor genutzt werden.

Abbildung 6: CO_2-Emissionen Berlins 2010 (Verursacherbilanz) nach Verbrauchssektoren: Aufteilung des Amtes für Statistik (oben), Neuaufteilung nach Handlungsfeldern der Machbarkeitsstudie (unten); Quelle: Eigene Darstellung.

In den Sektoren Industrie und GHD wurden dagegen die hier anfallenden Verbräuche für Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte dem neu eingeführten Handlungsfeld Gebäude zugerechnet. Danach wurden die beiden Bilanzbereiche Industrie und GHD der AfS-Bilanz in das neue Handlungsfeld Wirtschaft der Machbarkeitsstudie überführt. Bei den privaten Haushalten wurden ebenfalls die Raumwärme, die Warmwasserbereitung und die Klimakälte dem neuen Handlungsfeld Gebäude, der restliche Endenergieverbrauch dem Handlungsfeld „private Haushalte/ Konsum“ zugeordnet.

Durch diese Umstrukturierung in zentrale Handlungsfelder zeigt sich, dass den CO_2-Minderungsstrategien für den Berliner Gebäudesektor eine sehr hohe Bedeutung zukommt: rund 56 % der Endenergie und 47 % der energiebedingten CO_2-Emissionen des Jahres 2010 wurden hier verbraucht bzw. generiert (vgl. Abb. 6). Aber

auch die Handlungsfelder Wirtschaft (21 %) und Verkehr (23 %) sind von erheblicher Relevanz. Die privaten Haushalte sind nur für rund 9 % der Berliner Emissionen in 2010 verantwortlich, wenn die Bereiche Raumwärme und Warmwasser herausgerechnet werden. Angesichts der Notwendigkeit, alle Potenziale auszuschöpfen und angesichts der Tatsache, dass auch das weitere Konsumverhalten sowie die allgemeine Unterstützung der Bevölkerung für Klimaneutralität entscheidend sind, darf dieses Handlungsfeld aber in keinem Fall vernachlässigt werden.

Neben den bislang betrachteten Verbrauchssektoren spielt aber auch der Sektor Energieerzeugung eine wichtige Rolle, der statistisch im Rahmen der Quellenbilanz (vgl. Glossar) betrachtet wird. Mit dem umgangssprachlichen Begriff „Energieerzeugung" ist in der Regel eine (verlustbehaftete) Energiewandlung aus Primärenergie in Endenergie gemeint. Primärenergie kann zum einen zentral über Großkraftwerke in Fernwärme und den Strom als Sekundärenergieträger gewandelt und so an die Verbraucher in den Liegenschaften weiter verteilt werden. Primärenergie kann zum anderen aber auch auf direktem Weg als Endenergie die Liegenschaften erreichen und dort dann dezentral in die Nutzenergien Wärme und Strom gewandelt werden. Bei der dezentralen Variante wird Energie (z.B. bei Strom aus PV und KWK oder Wärme im Nahwärmeverbund) zum Teil wieder aus den Liegenschaften abgeführt und so als Sekundärenergieträger genutzt.

Im Jahr 2010 wurden von 267.797 TJ Endenergieverbrauch in Berlin rund 47.000 TJ als Fernwärme und rund 44.000 TJ als Strom bereitgestellt. Rund 104.000 TJ sind dem Wärmemarkt außerhalb der Fernwärme zuzuordnen, davon wurden 66.000 TJ über den Energieträger Erdgas abgedeckt, mit 38.000 TJ wird der restliche Wärmemarkt (überwiegend leichtes Heizöl) versorgt. Für die 13 Mrd. kWh des Berliner Bruttostromverbrauchs wurden hauptsächlich Steinkohle (33.500 TJ), Erdgas (23.600 TJ) und Braunkohle (5.600 TJ) als Energieträger eingesetzt. Erneuerbare Energieträger haben 2010 mit knapp 5.000 TJ zur Stromerzeugung beigetragen (AfS 2013a).

Die Energieerzeugung aus regenerativen Quellen spielte in Berlin im Jahr 2010 eine noch relativ untergeordnete, im Zeitvergleich aber sehr dynamische Rolle. Die erneuerbaren Energien hatten 2010 einen Anteil von ca. 1 % am Endenergie- bzw. von ca. 3 % am Primärenergieverbrauch der Stadt. Durch Photovoltaik wurden im Basisjahr 69 TJ, durch Solarthermie 90 TJ bereitgestellt. Im Jahr 2007 waren es 19,4 bzw. 68 TJ. Windkraft stellte 2010 rd. 17 TJ an Endenergie auf dem Berliner Stadtgebiet bereit, Biomasse 468 TJ (AfS 2013a).[12]

Abb. 7 und Tab. 5 geben einen summarischen Überblick über das Berliner Energiesystem des Jahres 2010. Verzeichnet sind Primär- und Endenergieverbrauch, sowie CO_2-Emissionen nach Quellen- und Verursacherbilanz für die einzelnen Handlungsfelder. Daraus wird ersichtlich, dass CO_2-Reduktionspotenziale schwerpunktmäßig in den Handlungsfeldern Energie und Gebäude, sowie in den Feldern Verkehr und Wirtschaft „angezapft" werden müssen. Angesichts der Größe der Aufgabe – rund 85 % Einsparung gegenüber 1990 – müssen aber auch die durchaus vorhandenen Einsparpotenziale des kleinsten Handlungsfeldes – private Haushalte und Konsum – angegangen werden. Das nachfolgende Kapitel geht auf diese Reduktionspotenziale getrennt nach den fünf Handlungsfeldern dieser Studie ein.

[12] Die Erfassung erneuerbarer Energien in der offiziellen Energie- und CO_2-Bilanz ist mit einigen methodischen und datentechnischen Problemen behaftet. So ist zum Beispiel für den Energieträger Biomasse eine Trennung in Strom- und Fernwärmeerzeugung nicht direkt möglich (vgl. hierzu auch Hirschl et al. 2011). Seit 2010 wird der biogene Anteil des Abfallaufkommens nicht mehr gesondert ausgewiesen. Im Strombereich macht die Ansetzung des Generalfaktors Strom nach Bundesdurchschnitt die Fortschritte in der Eigenversorgung Berlins durch erneuerbare Quellen unsichtbar. Angesichts der steigenden Bedeutung erneuerbarer Energien und dezentraler KWK bis 2050 sind demzufolge Anpassungen oder separate Ausweisungen zu erwägen.

Abbildung 7: Kenngrößen des Berliner Energiesystems 2010 nach Handlungsfeldern im Überblick (Angaben in Prozent); Quelle: Eigene Darstellung, umgerechnet nach AfS 2013a.

Handlungsfeld	Primärenergie	Endenergie	Quellenbilanz-CO_2	Verursacher-bilanz-CO_2
Verkehr	65.775 TJ/a	65.775 TJ/a	4,37 Mio. t/a	4,85 Mio. t/a
Konsum	12.290 TJ/a	12.290 TJ/a	0,00 Mio. t/a	1,86 Mio. t/a
Wirtschaft	39.458 TJ/a	39.458 TJ/a	0,97 Mio. t/a	4,56 Mio. t/a
Gebäude	150.275 TJ/a	150.275 TJ/a	6,12 Mio. t/a	10,02 Mio. t/a
Energie	36.752 TJ/a	0 TJ/a	8,29 Mio. t/a	0,00 Mio. t/a
insgesamt	304.549 TJ/a	267.797 TJ/a	19,76 Mio. t/a	21,29 Mio. t/a

Tabelle 5: Kenngrößen des Berliner Energiesystems 2010 nach Handlungsfeldern im Überblick; Quelle: Eigene Darstellung, umgerechnet nach AfS 2013a.

2.2. ENDENERGIE- UND CO_2-REDUKTIONSPOTENZIALE

In einem nächsten Schritt wurden die Reduktionspotenziale für Endenergie und CO_2 bis zum Jahr 2050 abgeschätzt, um darüber befinden zu können, ob Berlin überhaupt klimaneutral werden *kann*. Dabei gilt es, verschiedene Faktoren zu berücksichtigen, die den Energieverbrauch und die energiebedingten CO_2-Emissionen beeinflussen.

Die wichtigsten sind:

- Bevölkerungsentwicklung
- Entwicklung von Wirtschaftswachstum und Branchenstruktur der Berliner Wirtschaft
- Effizienz der Umwandlungs- und Nutzungstechnologien
- Substitution fossiler durch erneuerbare (bzw. emissionsärmere) Energieträger
- Verhalten der Energienutzer in den Verbrauchssektoren

Die Herleitung konkreter Emissionsreduktionspotenziale in den Handlungsfeldern ist folglich eine sehr komplexe Aufgabe. Welche CO_2-Einsparungen sich beispielsweise aus einem reduzierten Energieverbrauch durch Effizienzsteigerung ergeben, hängt vom zukünftigen Energieträgermix (insbesondere dem fossilen Rest darin)

und zukünftigen Emissionsfaktoren ab.[13] Daher erfolgt an dieser Stelle für die energieverbrauchenden Handlungsfelder primär eine Darstellung der Einsparpotenziale der benötigten Endenergie. Im Handlungsfeld Energieversorgung erfolgt zudem die Darstellung der Potenziale erneuerbarer Energien und eine Diskussion der möglichen Veränderungen der Energieerzeugung und Energieträgerstruktur in der Stadt. Aus den hier (primär literaturbasiert) zusammengestellten Reduktions- und Substitutionspotenzialen ergibt sich das Spektrum der Optionen, die in den Szenarien je nach Annahmen in unterschiedlicher Ausprägung genutzt werden.

Der Begriff des Reduktionspotenzials ist mehrdeutig. In einem ganz allgemeinen Sinn bezeichnet er im Kontext dieser Machbarkeitsstudie die aus rein theoretischen bzw. technischen Gesichtspunkten heraus im Vergleich zu heute einsparbaren Energieverbräuche bzw. CO_2–Emissionen.

Wenn man bedenkt, welche enormen technischen Durchbrüche sich in den letzten 35 Jahren auf vielen Gebieten (z.B. Computer, Telefonie, IuK-Technik, Biotechnologien) ereignet haben, wäre es verlockend, Berlin bis 2050 dadurch klimaneutral zu „rechnen“, dass man ähnliche Durchbrüche auch für den Energiebereich i.w.S. annimmt. Obwohl nicht auszuschließen ist, dass sich bis 2050 derlei Entwicklungen ereignen werden – von der technischen Nachahmung der Photosynthese über eine Revolution im Bereich der Gebäudedämmung bis hin zu Quantensprüngen im Micro-Energy-Harvesting –, wird in den Potenzialabschätzungen und den nachgeschalteten Szenarien dieser Machbarkeitsstudie von solchen technischen Durchbrüchen (bisweilen auch „wild cards“ genannt) kein Gebrauch gemacht. Von daher ist der hier gewählte Ansatz als durchaus konservativ zu bezeichnen.

Das technische Reduktionspotenzial dieser Machbarkeitsstudie basiert allein auf heute schon entwickelten und nutzbaren Technologien und Systemen, für deren Entwicklung bis 2050 plausible, im Regelfall aus der Forschungsliteratur gestützte Fortschreibungen zugrunde gelegt wurden. Diese werden in den einzelnen Handlungsfeldern erläutert.

Von einem so gefassten rein technischen Potenzial muss das wirtschaftlich nutzbare Potenzial unterschieden werden, für das die relativen Preise von Energieträgern und Energieumwandlungs- und -nutzungssystemen entscheidend sind. Aufgrund der Länge des hier betrachteten Zeithorizonts und dem Charakter einer Machbarkeitsstudie im Unterschied zu einem Energiekonzept wurde allerdings darauf verzichtet, detaillierte technologiespezifische Kostenpfade und Wirtschaftlichkeiten für die verschiedenen Energieträger und Technologien zu berechnen.

Stattdessen wurden die Frage der Einschätzung von Kosten- und Wirtschaftlichkeitsentwicklungen im Rahmen des Projektes in der Interaktion mit den beteiligten Experten und Stakeholdern behandelt: Zunächst wurde literaturbasiert für relevante Sektoren bzw. Technologien das technisch mögliche Potenzial abgeschätzt. Auf einem ersten Workshop mit Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Verwaltung wurden diese Potenziale vorgestellt und diskutiert. In einem zweiten Schritt wurden die Ergebnisse dieses Diskussionsprozesses, in dem es um die für die konkrete Ausgestaltung der CO_2-Reduktion wichtigen Stellgrößen und ihre Ausprägung ging (z.B. die Sanierungsrate des Gebäudesektors oder die Substitutionsrate fossiler Kfz-Antriebe), in die Entwicklung zweier unterschiedliche Zielszenarien integriert (vgl. Kap. 3). Auch diese wurden dann in einem zweiten Workshop mit Berliner Stakeholdern diskutiert und bewertet. In diesen

[13] So ist z.B. darauf hinzuweisen, dass die Ermittlung von EE-Potenzialen in Berlin nicht vereinfacht über eine angenommene Substitutionsbeziehung zu fossilen Energieträgern in CO_2-Reduktionspotenziale übersetzt werden kann. Für einen solchen Zusammenhang müsste der komplette Erzeugungspark in Berlin 2050 modelliert werden, was in dieser Studie erst an späterer Stelle (im Rahmen der Szenarienentwicklung, vgl. Kap. 3) geschieht. Zudem sind, wie bereits erwähnt, in den CO_2-Verursacherbilanzen die stromproduzierenden erneuerbaren Energien Berlins ohnehin nicht „sichtbar“, da hier nur mit dem bundesweiten Strommix gerechnet wird.

beiden Dialog- und Bewertungsprozessen spielten Fragen der Kostenentwicklung sowie der sozialen Umsetzbarkeit von szenarienspezifischen Maßnahmen unter Berliner Bedingungen eine wichtige Rolle. Auch wurden dabei bisherige und zukünftig zu erwartende Lernkurvenentwickungen, beispielsweise bei der Photovoltaik, berücksichtigt. Sie wurden aber nicht in Form expliziter Modellparameter in die Szenarien eingebracht, sondern gingen über die Bewertungen und Präferenzen der Teilnehmer/-innen und des Projektkonsortiums ein.

2.2.1. Energieversorgung

Im Jahr 2010 erfolgte die Deckung des Energiebedarfes der Stadt Berlin primär aus fossilen Energieträgern. Die Anteile der einzelnen Energieträger am Primärenergiebedarf sind in Abb. 8 und 9 sowie Tab. 6 verzeichnet.

Abbildung 8 (links): Primärenergieverbrauch, Abbildung 9 (rechts): Endenergieverbrauch; Angaben nach Energieträgern 2010 in Prozent; Quelle: Eigene Darstellung, Daten AfS (2013a).

Energie-ver-brauch in PJ	Mineral-öle	Stein-kohle	Braun-kohle	Gase	EE-Energie	Strom	Fern-wärme	andere	Ins-gesamt
End-energie	98,6	0,0	0,8	74,4	3,7	43,8	46,5	0,0	267,8
Primär-energie	101,6	45,1	14,4	118,5	9,8	14,0	-	2,9	306,4

Tabelle 6: Energieverbrauch nach Energieträgern (2010, in Petajoule); Quelle: Eigene Darstellung, Daten AfS (2013a)

Potenziale erneuerbarer Energien

Die Potenziale der erneuerbaren Energien in Berlin wurden bereits durch verschiedene Studien und Abschätzungen untersucht. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden die ihnen zugrundeliegenden Annahmen kritisch geprüft und die Ergebnisse entsprechend zur Potenzialabschätzung herangezogen (vgl. im Folgenden zu Größenordnungen und Spannbreiten der vorhandenen Abschätzungen für erneuerbare Energien-Potenziale in Berlin: Tab. 7).

Als – aus heutiger Sicht - wichtigste erneuerbare Energietechnologie im urbanen Raum ist zunächst die Solarenergie zu betrachten. Verschiedene Studien haben aufgrund von verfügbaren Dach- und z. T. auch Fassadenflächen jährliche Erzeugungspotenziale der Solarenergie für Berlin abgeschätzt. Diese bewegen sich zwischen 6.800 TJ Wärme und 1.950 TJ Strom (Dach- und Fassadenflächen) nach Everding et al. (2006), 24.500 TJ Wärme und ca. 7.700 TJ Strom (Dach- und Fassadenflächen) nach IÖW (Hirschl et al. 2011) und 40.900 TJ Wärme bzw. 10.600 TJ Strom (nur Dachflächen, ggf. Doppelzählung, da Flächen häufig für Strom- und Wärmeerzeugung geeignet) nach Solaratlas Berlin (http://www.businesslocationcenter.de/solaratlas).

Im Rahmen dieser Potenzialermittlungen wurden teilweise konservative Annahmen getroffen, z.B. hinsichtlich der Ausrichtung oder der Wirkungsgrade der Anlagen. So wurden beispielsweise primär nach Süden ausgerichtete Dachflächen berücksichtigt, Fassadenflächen z. T. nicht einbezogen und in Bezug auf mögliche Energieerträge häufig der heutige Stand der Technik zu Grunde gelegt. Da jedoch in Zukunft aufgrund des zeitlichen Erzeugungsprofils (passend zum Lastprofil) auch Ost- und Westseiten relevanter werden und auf lange Sicht auch weitere Wirkungsgradsteigerungen zu erwarten sind (ohne „wild cards“), können die in den vorliegenden Studien angegebenen oberen Potenzialwerte durchaus auch höher ausfallen.

Die endogenen, also in Berlin selbst anfallenden Biomassepotenziale bestehen vorwiegend aus Reststoffen (Bioabfälle, Straßenkehricht, Grünschnitt etc.), die im Rahmen einer Studie quantifiziert und mögliche Verwertungswege untersucht wurden (ICU/ Witzenhausen-Institut 2009). Aufbauend auf dieser Studie sowie Abschätzungen nach IÖW (Hirschl et al. 2011) wurden Annahmen zu Biomassepotenzialen 2050 getroffen. Unter der Annahme, dass aufgrund des bis dahin veränderten Anlagenparks die Vergärung der biogenen Reststoffe und Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität die sinnvollste Verwertungsart im Jahr 2050 darstellt, ergibt sich ein jährlicher Energiegehalt des endogen erzeugten Gases von 2.900 TJ. Zusätzlich zu diesen endogenen Potenzialen ist der Import von Biomasse (z. B. Holz, Holzpellets, Biogas etc.) möglich, der jedoch mit sozialen und ökologischen Problemen behaftet sein kann. Annahmen hierzu werden bei der Beschreibung der Szenarien sowie in Anhang B 8 erläutert. Ein massiver Ausbau der Importe von Biomasse nach Berlin für energetische Zwecke wird in der Machbarkeitsstudie dagegen nicht zugrunde gelegt.

Die Nutzung von Windenergie ist in Berlin aus städtebaulichen Gründen begrenzt, aber in geringem Maße möglich. In der Studie des IÖW (Hirschl et al. 2011) wurden für große und kleine Windenergieanlagen in Summe ein Potenzial von insgesamt ca. 1.125 TJ ermittelt (siehe auch Anhang B8).[14] Deutlich größere Windenergiepotenziale könnten laut einer Studie der umweltplan GmbH (umweltplan 2008) auf den Flächen der Berliner Stadtgüter GmbH gehoben werden (siehe ebenfalls Anhang B8), auch wenn die daraus resultierenden Effekte bilanziell nicht Berlin zugerechnet werden. Inwieweit diese Potenziale zukünftig erschlossen werden können, hängt von den raumplanerischen Voraussetzungen ab, die gegenwärtig noch nicht endgültig entschieden sind.

[14] In der Studie wurde von einer Bereitstellung von ca. 880 TJ durch große und ca. 240 TJ durch kleinere Windenergieanlagen ausgegangen.

Der Einsatz von **Wärmepumpen** zur Nutzung oberflächennaher Geothermie ist in Berlin aufgrund der Nutzung von Grundwasser als Trinkwasser eingeschränkt. Eine Abschätzung des IÖW (Hirschl et al. 2011) schreibt Erdwärmepumpen ein Potenzial von ca. 44.460 TJ zu, welches aufgrund anderer Erkenntnisse (Henning 2010) jedoch ggf. weiter eingeschränkt werden müsste. Dagegen gewinnen Luftwärmepumpen aufgrund geringerer Installationshemmnisse in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Wärmepumpen können daher perspektivisch einen relevanten Beitrag zur Wärmeversorgung Berlins leisten.

Geologischen Studien zufolge ist die Nutzung **tiefer Geothermie** in Berlin grundsätzlich möglich, konkrete Projekte wurden aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit bzw. zu langer Amortisationszeiten jedoch noch nicht umgesetzt (Bredel-Schürmann 2012). Genauere Potenzialdaten liegen für Berlin noch nicht vor. Obwohl die Tiefengeothermie für Berlin im Jahr 2050 also durchaus eine reale Möglichkeit darstellt, wurden ihre Potenziale in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Technologie	2010 (TJ)	Langfristig (in etwa 2050) (TJ)
Photovoltaik	69 (AfS2013a/ 50 Hertz 2013)	1.950 (Everding et al. 2006) 7.700 (Hirschl et al. 2011) 10.600 (Solaratlas Berlin)
Solarthermie	90 (Afs 2013a)	6.800 (Everding et al. 2006) 24.500 (Hirschl et al. 2011) 40.900 (Solaratlas Berlin)
Biomasse	6.552, davon 499 aus EEG-vergüteten Anlagen (AfS 2013a/ 50 Hertz 2013)	2.900 *)
Windenergie	17	1125 (Hirschl et al. 2011)
Wärmepumpen	277 (Private Haushalte) bzw. 19 (GHD)	Nennenswerte Potenziale bei Sole- und Luft-WP gegeben, jedoch nicht bezifferbar

*) Dieser Wert gilt bei ausschließlicher Vergärung und Aufbereitung endogener biogener Reststoffe, siehe Anhang B.

Tabelle 7: Energieerzeugung durch EE in Berlin 2010 sowie Spannbreiten langfristiger EE-Potenziale; Quellen: Eigene Zusammenstellung auf Basis der in der Tabelle genannten Quellen.

Kraftwerksbereich

Im Bereich **fossiler (Groß-) Kraftwerke** kann ein Energieträgerwechsel von Kohle und Öl auf Gas deutliche CO_2-Einsparungen mit sich bringen, wie der Blick auf die Ausgangssituation 2010 deutlich macht (vgl. Abb. 10). Der Emissionsfaktor (kg CO_2/TJ) eines Terajoules gewonnener Energie aus Steinkohle beträgt 94.300, aus Braunkohle 111.000, aus Erdgas 56.000 (AfS 2013a: 30). Allein die Substitution von fossilen Energieträgern mit hohen Emissionsfaktoren im Berliner Kraftwerkspark durch solche mit niedrigeren Werten eröffnet damit erhebliche CO_2-Reduktionspotenziale.

Dieser Effekt kann durch den Einsatz von erneuerbarem Gas - z. B. Erzeugung von Gas aus EE-Strom (P2G) – noch deutlich verstärkt werden. Wenn Berlin einen möglichst großen Teil der 2050 bundesweit noch notwendigen fossilen Stromerzeugung in der Stadt in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) realisieren kann, so senkt dies zumindest bundesweit die CO_2-Emissionen, würde aber perspektivisch das Berliner CO_2-Bilanzkonto belasten.[15]

Energie-verbrauch in PJ	Mineral-öle	Stein-kohlen	Braun-kohlen	Gase	Erneuer-bare Energien	andere	Ins-gesamt
Umwand-lungseinsatz	1,4	45,1	13,4	44,0	6,2	2,9	113,0

Abbildung 10: Umwandlungseinsatz Kraftwerke 2010 nach Energieträgern (**≥ 2MW**$_{th}$ oder 1 MW$_{el}$), (oben: Angaben in Prozent; unten: Angaben in Petajoule); Quelle: AfS 2013a.

Die Bereitstellung der fossilen Stromanteile erfolgt derzeit aufgrund technischer und ökonomischer Skaleneffekte häufig effizienter in zentralen KWK-Anlagen. Die weitere technische Entwicklung eröffnet jedoch auch die Option, dass verstärkt kleinere dezentrale BHKWs für die Wärme- und Stromerzeugung eingesetzt werden. Aufgrund elektrischer Wirkungsgrade von bis zu 60 % und der kostendämpfenden Wirkung der Herstellung von kleinen BHKWs in großer Stückzahl ist diese Option zunehmend auch ökonomisch interessant. Da die zukünftige Entwicklung diesbezüglich noch nicht vorhersehbar ist, werden in den Szenarien ansatzweise beide Wege (zentrale KWK, dezentrale KWK) abgebildet (vgl. Kap. 3).

Die Erzeugung von Gas (P2G) bzw. Wärme (P2H) aus Überschussstrom kann zusätzlich zu einer höheren Auslastung von EE-Anlagen durch verringerte Abschaltungen in Zeiten von geringem Strombedarf sowie zu

[15] Für den Ausgleich einer primär auf fluktuierenden Erzeugern basierenden Stromversorgung sind flexible Ausgleichstechnologien erforderlich. Unter ihnen nimmt die KWK eine bedeutende Rolle ein. Da diese insbesondere in urban verdichteten Räumen zum Einsatz kommt, käme der KWK-Erzeugung in Berlin eine besondere Bedeutung für die Systemstabilität der bundesweiten Stromerzeugung zu – allerdings mit den oben angesprochenen negativen Effekten für die heimische CO_2-Bilanz.

einer verbesserten Kopplung der Strom-, Wärme- und Gasinfrastruktur führen. Es ist davon auszugehen, dass diese Infrastrukturen bzw. die dadurch verbundenen Erzeuger, Wandler und Verbraucher in Zukunft „intelligenter“ kommunizieren werden, als dies heute der Fall ist. So genannte smarte Netze und Geräte sowie entsprechende Steuer- und Regeleinheiten werden ein effizientes dezentrales Energiemanagement ermöglichen, dessen Chancen für Berlin bereits diskutiert wurden (vgl. Strunz et al. 2011).[16]

Der Energieträgerwechsel sowie die effiziente Nutzung von EE-Überschussstrom hängen in ökonomischer Hinsicht maßgeblich von den zukünftigen Rahmenbedingungen ab. In technischer Hinsicht ist ein Energiesystem ohne Kohle und Öl bereits aus heutiger Perspektive vorstellbar, so dass dies langfristig als realisierbar eingestuft werden kann. Um die Ziele der Bundesregierung zu erreichen, muss zudem auch ein rechtlicher Rahmen geschaffen werden, der die hier beschriebenen Reduktionspotenziale bundesweit zu weiten Teilen auch ökonomisch erschließbar macht.

2.2.2. Gebäude und Stadtentwicklung

Dem Gebäudebereich, der nach der Verursacherbilanz für 47 % der aktuellen Berliner CO_2-Emissionen verantwortlich ist, kommt für eine erfolgreiche Reduktionsstrategie eine entscheidende Rolle zu. Reduktionspotenziale im Gebäudebereich unterscheiden sich je nach Gebäudetyp, städtebaulicher und energetischer Einbindung, sowie nach der Eigentümerstruktur. In Anlehnung an viele aktuelle Studien (vgl. etwa Everding 2007; Hirschl et al. 2011, IBA 2011) sowie die gegebene Typisierung des Landes Berlin (Umweltatlas, Karte 06.08) unterscheidet die Machbarkeitsstudie in ihrer Potenzial- und Szenarienermittlung zwischen 5 städtebaulichen Strukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung und 2 Strukturtypen mit überwiegender Nutzung durch Handel, Dienstleistung und Gewerbe (siehe eine ausführlichere Erläuterung der beiden Nicht-Wohntypen im Anhang B 3).

Da für Berlin keine flächendeckenden Daten über den spezifischen Gebäudesanierungsstand vorliegen, stützt sich die Machbarkeitsstudie in ihrer Potenzialbewertung auf anerkannte bundesweite Studien und entsprechend ermittelte Vergleichsgebäude (IdW 2012; Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. 2011; ista-IWH-Energieeffizienzindex (in Michelsen/ Müller-Michelsen (2010); BMVBS/ BBR 2007; IWU/ BEI 2010; IWU 2011; BMVBS 2013) (vgl. Tab. 8).

Die Übersicht über die Verteilung der Stadtstrukturtypen nach Flächen und Einwohnern (vgl. Abb. 11 und 12) zeigt: Mit rund 36 % der Berliner Wohnbevölkerung und einem weit überdurchschnittlichen Anteil am Gesamtgebäudebestand fällt der **Blockrandbebauung der Gründerzeit** zunächst auch ein großes Gewicht für eine Berliner CO_2-Reduktionsstrategie zu. Das durch herkömmliche Maßnahmen im Einzelgebäude realisierte Reduktionspotenzial ist mit einer durchschnittlichen Energieeinsparung von -11,3 % hier bislang aber vergleichsweise gering ausgefallen (vgl. Michelsen/ Müller-Michelsen (2010). Denkmal- und ensembleschutzbedingte Restriktionen sowie die hohe Dichte der Gründerzeitquartiere beschränken das gebäudebezogene Reduktionspotenzial und erfordern gebäudeübergreifende, quartiersbezogene Sanierungsansätze. Deren konsequente Weiterentwicklung und Förderung stellt einen entscheidenden Ansatzpunkt zur besseren Ausschöpfung der Reduktionspotenziale im gründerzeitlichen Bestand dar.

[16] Eine verstärkte Nutzung von Abwasserwärme könnte ebenfalls zur Energieerzeugung in Berlin beitragen, ist jedoch gegenwärtig nicht genau bezifferbar.

Strukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung															Ø Heizverbrauchswert laut ista-Energieausweis-Datenbank	
Strukturtypen		Stadtstrukturtypen	Fläche in ha		Flächenanteil an Gesamtgebiet Berlin		Ø GFZ		Ø GRZ		Einwohner		unsaniert	vollsaniert
I. Blockrandbebauung der Gründerzeit	1	Blockbebauung der Gründerzeit mit Seitenflügeln und Hinterhäusern	2.082		2,33%		2,58		0,61		770.544			
	2	Blockrandbebauung der Gründerzeit mit geringem Anteil von Seiten- und Hintergebäuden	1.015	**3.876**	1,14%	**4,35%**	1,50	**2,20**	0,40	**0,53**	225.178	**1.230.201**	141 kWh je qm Wfl.	125 kWh je qm Wfl.
	3	Blockrandbebauung der Gründerzeit mit massiven Veränderungen	779		0,87%		2,10		0,50		234.479			
II. Blockrand- und Zeilenbebauung der 20er und 30er bzw. 50er	4	Blockrand- und Zeilenbebauung der 1920er und 1930er Jahre	1.632		1,83%		1,21		0,35		352.578			
				4.172		**4,68%**		**1,02**		**0,38**		**766.598**	152 kWh je qm Wfl.	116 kWh je qm Wfl.
	5	Zeilenbebauung seit den 1950er Jahren	2.540		2,85%		0,9		0,40		414.020			
III. Hohe Bebauung der Nachkriegszeit	6	hohe Bebauung der Nachkriegszeit	2.419	**2.419**	2,71%	**2,71%**	1,64	**1,64**	0,22	**0,22**	665.439	**665.439**	151 kWh je qm Wfl.	90 kWh je qm Wfl.
IV. Siedlungsbau seit den 1990er Jahre	8	Siedlungsbebauung der 1990er Jahre	515	**515**	0,58%	**0,58%**	1,30	**1,30**	0,40	**0,40**	107.120	**107.120**	-	100 kWh je qm Wfl.
V. Freistehende Bebauung mit Gärten	10	niedrige Bebauung mit Hausgärten	11.860		13,30%		0,21		0,19		477.007			
	11	Villenbebauung mit parkartigen Gärten	1.476	**14.271**	1,65%	**16,00%**	0,40	**0,25**	0,20	**0,19**	75.276	**628.018**	250 kWh je qm Wfl.	160 kWh je qm Wfl.
	12	Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung	935		1,05%		0,60		0,20		75.735			
	13	dörfliche Bebauung	431	**431**	0,48%	**0,48%**	0,30	**0,30**	0,20	**0,20**	15.085	**15.085**	-	-
				25.684		**28,79%**						**3.412.461**		

Tabelle 8: Strukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung – Wertetabelle zur Verteilung im Stadtgebiet. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis SenStadt 2010, ista-Werte nach Michelsen; Müller-Michelsen (2010), bezogen auf kWh je m² Gebäudenutzfläche pro Jahr (unsaniert: seit der Erbauung keine Sanierung der äußeren Gebäudehülle und/ oder Sanierung maximal eines Bauteils vor 1995; saniert: vollständige Sanierung der äußeren Gebäudehülle, der Kellerdecke und/ oder der Heizungstechnik innerhalb der letzten 15 Jahre).

Abbildung 11: Stadtstrukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung - Flächenanteil an bebauter Fläche mit überwiegender Wohnnutzung (in ha und Prozent, gerundet); Quelle: Eigene Darstellung auf Basis SenStadt 2010.

Abbildung 12: Stadtstrukturen mit überwiegender Wohnnutzung – Einwohner (absolut und in Prozent, gerundet); Quelle: Eigene Darstellung auf Basis SenStadt 2010.

Abbildung 13: Übersicht der Verteilung der Stadtstrukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung im Berliner Stadtgebiet; Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von SenStadt 2010.

Aktuelle Konzepte und Ansätze wie das Stadtentwicklungskonzept „Green-Moabit“ (Sustainum 2013) oder Klimaschutzkonzepte in gründerzeitlich geprägten Quartieren (vgl. Land Berlin 2011) können hierfür eine gute Grundlage bieten. Der räumliche Fokus solcher Maßnahmen liegt in Berlin klarerweise in den innerstädtischen Quartieren und den urbanen Kernen der Stadterweiterungsgebiete des frühen 20. Jahrhunderts (vgl. Abb. 13).

Für die Erreichung der Reduktionsziele ebenso wichtig sind die Siedlungsbaubestände der 1920/30er bzw. der 1950er Jahre sowie die Großwohnsiedlungen der 1960er bis frühen 1980er Jahre, die sich überwiegend im Besitz der großen Wohnungsbaugesellschaften befinden. Diese Strukturtypen finden sich sowohl in der äußeren Stadt, aber auch innerhalb des Berliner S-Bahn-Rings. Im Bundesdurchschnitt besitzen diese Gebäudestrukturen aufgrund ihres energetisch in der Regel sehr schlechten Ausgangszustands und einfacher Fassadenstrukturen ein mit relativ einfachen Mitteln zu realisierendes hohes Reduktionspotenzial (24 bis 40 % an eingesparter Heizenergie nach Sanierungsmaßnahmen). Diese bundesweiten Werte sind allerdings nur begrenzt auf Berlin übertragbar. Hier haben in den letzten Jahren insbesondere die Wohnungsbaugesellschaften und viele Genossenschaften ihre Bestände zu einem sehr hohen Anteil vollständig (darunter auch: energetisch) saniert.[17] Weitere Reduktionspotenziale finden sich in den bis heute noch nicht sanierten Beständen sowie dort, wo zwischen heute und 2050 auch die sanierten Bestände noch einmal „angefasst“ werden müssen. Die überschaubare und über das Einzelgebäude hinaus handlungsfähige Akteursstruktur der Wohnungsunternehmen bietet eine gute Grundlage für quartiersbezogene, effizienzsteigernde und energiesparende Maßnahmen.

Im Bundesdurchschnitt stehen die Gebäude im Bereich freistehender Bauten mit Gärten energetisch schlechter da (250 kWh/m² Wohnfläche) als die bisher betrachteten Gebäudetypen. Sanierungsmaßnahmen haben hier im Schnitt zu einer Reduktion um 36 % auf dann 160 kWh/m² geführt. Die Gründe für diese bislang unzureichende Ausschöpfung des bestehenden Reduktionspotenzials liegen insbesondere in einem nach wie vor bestehenden individuellen Informationsdefizit sowie einer für den Einzeleigentümer oft nicht absehbaren oder (insbesondere für ältere Eigentümer) überhaupt realisierbaren Amortisation der eingesetzten Mittel. Der aktuelle erhebliche Generations- bzw. Besitzerwechsel in diesen Beständen bietet gute Voraussetzungen für ihre energetische Ertüchtigung im Rahmen ohnehin anstehender Umbau- und Sanierungsmaßnahmen (Deffner et al. 2012). Der wenig dichte Bestand ist zudem gut geeignet, um den eigenen Wärme- und Warmwasserbedarf über geo- und solarthermische Anlagen zu decken.

Aus energetischer Sicht liegen für alle Stadtstruktur- und Gebäudetypen wichtige CO_2-Reduktionspotentiale in der thermischen Sanierung der Gebäudehülle sowie in der Verbesserung der Gebäudetechnik (Lüftung, Wärmerückgewinnung etc.). Hinzu kommt das Potenzial, das sich durch einen Energieträgerwechsel hin zu CO_2-ärmeren Technologien erschließen lässt. Die solartechnische Nutzung der Berliner Dächer, die Nutzung der Fernwärme sowie die Einbindung von Überschussstrom in die Wärmespeicher der Haustechnik sind in Berlin langfristig die bedeutendsten Potenziale, die es zu erschließen gilt.

---

[17] Die 142 Mitgliedsunternehmen des BBU in Berlin, die im Jahr 2010 rund 658.000 Wohnungen bewirtschafteten, haben nach eigenen Angaben durch Umstellung der Energieträger, Verringerung des Energieverbrauchs und Steigerung der Energieeffizienz die CO_2-Emissionen für Raumheizung, Warmwasser und Hausstrom seit 1990 um 860.000 Tonnen gesenkt, das sind rund 40 %. Zwischen 1990 und 2010 wurden 45 % aller Wohnungen der BBU Mitgliedsunternehmen in Berlin vollständig energetisch saniert, weitere 26 % teilweise (SenGUV et al. 2011). Damit liegt die Berliner Wohnungswirtschaft deutlich über den Werten der bundesdeutschen Wohnungswirtschaft, die im gleichen Zeitraum nur 34 % ihrer Wohnungen vollständig energetisch modernisiert hat, 28 % wurden energetisch teilmodernisiert. Bis 2020 sollen alle Wohnungen der BBU-Mitgliedsunternehmen einen je nach Einzelgesellschaft spezifizierten „CO_2-Deckel“, also eine Obergrenze der pro Wohnung emittierten CO_2-Menge, erhalten.

Über das den Szenarienberechnungen der Machbarkeitsstudie zugrundeliegende Gebäudemodell kann unter den Annahmen

- vollständiger, extremer Dämmung (0,6 W/m²K für Fenster / 0,15 W/m²K für sonstige Hüllflächen),
- Reduktion des Warmwasserbedarfes auf 60 % des Wertes von 2010,
- einer vollständigen Nutzung solarthermischer Potenziale,
- einer vollständigen maschinellen Wohnungslüftung mit 80 % Wärmerückgewinnungsgrad sowie
- den im Zielszenario 2 beschriebenen Anlageparametern (ohne BHKW)

für den Gebäudebestand eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 77 % auf dann 23 % im Vergleich zu 2010 errechnet werden (also von 150.275 TJ in 2010 auf 34.563 TJ in 2050). Dieses theoretisch mögliche technische Reduktionspotenzial wird gleichwohl aufgrund einer realistischen Einschätzung der Umsetzbarkeit in den Zielszenarien nur zum Teil umgesetzt werden. Das haben nicht zuletzt die Stakeholder-Workshops ergeben. Im in Kapitel 3 erläuterten Zielszenario 2 sinkt der Endenergieverbrauch unter Einbeziehung von Flächen- und Bevölkerungszuwächsen deshalb auch nur auf 41 % des 2010er Wertes.

Die in der Machbarkeitsstudie unternommene detaillierte Analyse auf Basis eines Modells mit Gebäude Anlagen- und Energieversorgungsparametern kann aussagekräftigere Ergebnisse liefern als die pauschale Ermittlung durch geschätzte Energieverbrauchskennwerte und den zugehörigen Flächenbezugsgrößen.

Perspektiven

Angesichts des erwarteten dauerhaft dynamischen Wachstums[18] der Stadt und eines voraussichtlich weiter steigenden Anteils von Ersatzneubauten anstelle überkommender Bestände stellt die unmittelbare und umfassende Umstellung des Neubaus auf Niedrigst- oder Nullenergiestandard ein erhebliches Reduktionspotenzial dar. 2050 wird der Anteil seit 2010 gebauter Gebäude am Gesamtbestand voraussichtlich weit über 20 % betragen. Wie und wo dieser zusätzliche Gebäudebedarf realisiert wird, beeinflusst die Verbrauchs- und Emissionsentwicklung erheblich.

Potenziale zur CO_2-Reduktion im Neubaubereich liegen insbesondere in der konsequenten Nutzung bzw. Umnutzung zentraler, gut erschlossener Standorte, z.B. von Konversions- und Brachflächen, einer entschiedenen Nachverdichtungsstrategie sowie in einer Umkehr des Trends zu immer größeren Wohn- und Arbeitsplatzflächen pro Kopf. Die Berliner Stadtstruktur bietet hierzu eine gute Ausgangslage.

Mit der konsequenten Erhöhung der baulichen Dichte in den gut erschlossenen Lagen der Stadt sollten gleichzeitig Strategien zur Klimaanpassung und Freiraumqualifizierung verknüpft werden. Die dichte Stadt erfordert eine Freiraumoffensive, damit trotz des Klimawandels mit zunehmenden Wetterextremen und ggf. weniger Wohnfläche pro Kopf das Wohnen in der Stadt als lebenswert empfunden wird.

Die Stärkung der funktionsgemischten, polyzentralen „Stadt der kurzen Wege“ ist ein entscheidendes Reduktionspotenzial im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung. Quartiersorientierte Ansätze, die Verknüpfungen zum Handlungsfeld Verkehr und Konsum sowie zur Klimaanpassung und Freiraumqualität herstellen, sind vor allem in den Bestandsgebieten wichtige Strategieansätze. Solche Quartierskonzepte sind wichtige Motoren des Klimaschutzes und der Klimaanpassung im Bestand. Durch Modellquartiere, Experimentalbauten und eine dazu gehörende Forschungsbetreuung – eingebettet in energetische und integrierte Quartierskonzepte - können Perspektiven für eine weitere Reduktion der CO_2-Emissionen eröffnet

[18] Vgl. etwa Stadtentwicklungsplan Wohnen (SenStadtUm 2013b), Wohnungsmarktbericht Berlin (IBB 2013), Stadtentwicklungskonzept Berlin 2030 (SenStadtUm 2013a), SenStadt (2011a, 2011b).

werden. Diese Kreislauffunktion von Anwendung und wissenschaftlicher Begleitung kann zudem dem Forschungsstandort Berlin wichtige Impulse geben.

2.3.3. Wirtschaft

Die Abschätzung der Energie- und CO_2-Reduktionspotenziale des Handlungsfelds Wirtschaft hängt zum einen an der Struktur der Berliner Wirtschaft, zum anderen am Status Quo des Endenergieverbrauchs 2010 sowie den prozess- und branchenspezifischen Einsparpotenzialen der nächsten Jahre bis 2050.

Berlins Wirtschaft ist vielfältig – sowohl hinsichtlich ihrer Branchenstruktur als auch hinsichtlich der Unternehmensgrößen. Neben einer Vielzahl von kleinen und mittleren Unternehmen KMUs aus unterschiedlichen Branchen haben hier auch bedeutende Großkonzerne wie Siemens oder Bombardier ihre Niederlassungen. Daneben müssen die zahlreichen individuell oder im Team arbeitenden Freiberufler, die Tourismus-Branche und die Kreativwirtschaft erwähnt werden.

Von großer Bedeutung für die Berliner Wirtschaft ist der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Dies wird besonders deutlich durch die Betrachtung des Anteils dieses Sektors an der Bruttowertschöpfung und an der Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (vgl. Tab. 9).

Die tragende Rolle des GHD-Sektors in Berlin wird durch die über 90 % unterstrichen, die er sowohl bei den Beschäftigten als auch bei der Bruttowertschöpfung aufweisen kann. Wichtige Akteure und Branchen sind die öffentliche Verwaltung, das Gesundheits- und Sozialwesen, wissenschaftliche und freiberufliche Dienstleistungen, das Grundstücks- und Wohnungswesen, der Groß- und Einzelhandel und die Wirtschaftszweige Information und Kommunikation sowie Erziehung und Unterricht. Mit Blick auf die Endenergiebedarfsdeckung ebenso hervorzuheben sind die Wirtschaftszweige Energieversorgung sowie Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung. Diese können neben den Endenergieverbräuchen in besonderem Maße auch die Energieerzeugung beeinflussen.

Die bedeutenden Wirtschaftszweige des verarbeitendes Gewerbes in Berlin sind die chemische und Kunststoffindustrie, mit einem Anteil am Gesamtumsatz von 25 %, der Wirtschaftszweig Herstellung von Datenverarbeitungs- und Elektrogeräten mit 15 %, das Nahrungs- und Genussmittelgewerbe mit 10 %, der Maschinen- und Fahrzeugbau mit 8 % sowie die Metallerzeugung und -bearbeitung mit 6 % (AfS 2011: 32ff., AfS 2012a: 12). Das verarbeitende Gewerbe benötigt teilweise erhebliche Energiemengen (mechanische Energie, Prozesswärme etc.) und weist entsprechend auch erhebliche Einsparpotenziale auf.

Betrachtet man den Endenergieverbrauch der Berliner Wirtschaft insgesamt, so liegt die Aufmerksamkeit zunächst beim GHD-Sektor. Dieser Sektor ist der weitaus größere Verbraucher an Endenergie als das verarbeitende Gewerbe. Im Jahr 2010 verbrauchten die Wirtschaftszweige und die darunter aggregierten Unternehmen des GHD-Sektors etwas mehr als 80 % der rund 92.000 TJ der für die Berliner Wirtschaft bereitgestellten Endenergie. Die Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes verbrauchten dagegen nur etwas weniger als 20 % (siehe Abb. 14).

Wirtschaftsbereich		WZ 2008 Abschnitt	BWS		Beschäftigte	
			in Mill. €	in %	Anzahl	in %
∑ **Verarbeitendes Gewerbe**		C	8.789	9,94	111.083	9,37
GHD	Energieversorgung	D	1.425	1,61	5.471	0,46
	Wasserver-, Abwasser- und Abfallentsorgung	E	1.813	2,05	14.229	1,20
	Baugewerbe	F	3.128	3,54	54.303	4,58
	Handel; Instand. KFZ	G	6.142	6,94	93.807	7,91
	Verkehr und Lagerei	H	3.281	3,71	63.107,0	5,32
	Gastgewerbe	I	2.430	2,75	48.110	4,06
	Information und Kommunikation	J	6.230	7,04	48.960	4,13
	Finanz- und Versicherungs-dienstleistungen	K	3.689	4,17	21.930	1,85
	Grundstücks- und Wohnungswesen	L	12.029	13,60	27.486	2,32
	Wissenschaftliche und Freiberufliche, Dienstleistungen	M	7.307	8,26	99.604	8,40
	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	N	4.935	5,58	127.106	10,72
	Öffentliche Verwaltung	O	8.248	9,33	115.885	9,77
	Erziehung und Unterricht	P	5.223	5,91	67.704	5,71
	Gesundheits- und Sozialwesen	Q	7.769	8,78	194.077	16,36
	Kunst, Unterhaltung und Erholung	R	2.289	2,59	14.759	1,24
	Sonstige Dienstleistungen	S	3.716	4,20	78.450	6,61
∑ GHD		D-S	79.654	90,06	1.074.988	90,63
∑ **Gesamt**		C-S	88.443	100	1.186.071	100

Tabelle 9: Berliner Wirtschaftsstruktur nach Brutto-Wertschöpfung (BWS) und sozialversicherungspflichtig Beschäftigten für das Jahr 2010 (mit WZ 2008 = Destatis-Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008)[19]; Quelle: AfS 2013b: 12f.; Eigene Zusammenstellung.

[19] Die in verschiedenen Wirtschaftsbereichen enthaltende Kategorie „Sonstige" umfasst im WZ Abschnitt *C: Verarbeitendes Gewerbe: Sonstiges* u. a. Bereiche wie die Herstellung von Textilien, Bekleidung und Lederwaren, Herstellung und Verarbeitung von Holzwaren, Herstellung und Verarbeitung von Glas, Keramik, Steinen und Erden sowie die Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen. WZ Abschnitt *N: Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen* beinhaltet u.a. die Vermietung, Gebäudebetreuung, Wach- und Sicherheitsdienst sowie Reiseveranstalter. Schließlich in WZ Abschnitt *S: Erbringung von sonstigen Dienstleistung* sind u.a. die Bereiche Wirtschafts-, Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbände sowie kirchliche Vereinigungen und die Reparatur von Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern eingeschlossen.

Der Systematik der Machbarkeitsstudie folgend muss allerdings der Energieverbrauch der von der Wirtschaft genutzten Gebäude (Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte) dem Gebäudesektor zugerechnet werden und wird dort auch entsprechend berücksichtigt (Nicht-Wohngebäude). Durch diese Subtraktion verschiebt sich das Verhältnis von GHD und Industrie. Der Anteil des GHD-Sektors an der im Jahr 2010 insgesamt bereitgestellten Endenergie von dann rund 40.000 TJ entspricht in diesem Fall nur noch etwas mehr als 60 %, der Anteil des verarbeitenden Gewerbes dagegen knapp 40 % (vgl. Abb. 15).

Abbildungen 14 und 15: Endenergieverbrauch in den Sektoren GHD und verarbeitendes Gewerbe in Prozent für das Jahr 2010, betrachtet mit (Abb. 14, links) und ohne (Abb. 15, rechts) Gebäudehülle;
Quelle: AfS 2013a; Eigene Darstellung.

In der Summe entfallen somit rund 15 % des Gesamtendenergiebedarfs des Landes Berlin im Jahr 2010 auf die Berliner Wirtschaft. Grund für die Verschiebung des Verhältnisses zwischen den Sektoren GHD und Verarbeitendes Gewerbe ist die geringere Bedeutung der Gebäudehülle in der Berliner Industrie. Eine weiterführende detaillierte Darstellung des Status quo des Energieverbrauchs in der Berliner Wirtschaft ist an dieser Stelle aufgrund der starken Aggregierung der Daten in der amtlichen Statistik – als zentrale Bezugsquelle dieser Studie – nicht möglich.

Adressiert man nun Reduktionspotenziale bezogen auf die Endenergie und die im Handlungsfeld Wirtschaft betrachteten Anwendungsbereiche, so liegen diese im GHD-Sektor schwerpunktmäßig im Bereich der IKT und Beleuchtung sowie der mechanischen Energie und im Verarbeitenden Gewerbe im Bereich der Bereitstellung von Prozessenergie (AGEB 2011: 6ff.).

Im Folgenden werden für die beiden Sektoren GHD und Verarbeitendes Gewerbe mögliche Reduktionspotenziale in den Anwendungsbereichen der Prozessenergie, mechanischen Energie sowie in der Anwendung von IKT und Beleuchtung für die Berliner Wirtschaft ausgewiesen. Die Darstellung von Spannbreiten orientiert sich dabei an Potenzialabschätzungen im Energiekonzept der Bundesregierung (BMWi 2010) sowie der Studie „Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050“ (WWF 2009). Dabei wurde stets die spezifische Struktur der Berliner Wirtschaft als Referenzrahmen zugrunde gelegt.

Im GHD-Sektor liegen die Energieeinsparpotenziale im Bereich IKT und Beleuchtung bis 2050 bei ca. 40-80 %. Diese werden durch den verstärkten Einsatz von „Green-IT“ Lösungen und intelligenten Beleuchtungssystemen ermöglicht (BMWi 2010: 77f.; WWF 2009: 196). Betrachtet man die für den Anwendungsbereich IKT und Beleuchtung relevanten Berliner Akteure und Wirtschaftszweige, so sind dies unter anderem die Branchen Gesundheit und Pflege, Verkehr und Lagerei, Groß- und Einzelhandel sowie büroähnliche Betriebe (Fraunhofer

ISI et al. 2004: 165). Im Bereich der mechanischen Energie ergibt sich durch entsprechende Effizienzmaßnahmen und die Substitution von Kraftstoffen im Off-Road-Verkehr (z.B. in den Wirtschaftszweigen Verkehr und Lagerei, Groß- und Einzelhandel sowie Baugewerbe) ein Reduktionspotenzial von 30–50 % (BMWi 2010: 78; WWF 2009: 196). Differenziert zu betrachten ist dagegen der Anwendungsbereich der Prozessenergie und hier vor allem die Prozesswärme, aber auch die Prozesskälte. Nehmen die Aktivitäten in den für die Berliner Wirtschaft bedeutenden Branchen Gesundheit und Pflege sowie Gastgewerbe und Gastronomie zu, wovon auszugehen ist, so ergeben sich möglicherweise nur geringe oder keine Reduktionspotenziale. Werden dagegen verstärkt Prozessoptimierungen eingeführt (bspw. Sterilisation mit Dampf im Gesundheitssektor oder Entfallen von Trocknung in Wäschereien durch wasserloses Waschen), so können Reduktionspotenziale bis zu 40 % erzielt werden (BMWi 2010: 77f.; WWF 2009: 195; Fraunhofer et al. 2004: 165; AGEB 2011: 6ff.; AfS 2013b: 12f.).

	Nicht-Wohngebäude (IKT & Beleuchtung)	Mechanische Energie	Prozessenergie	Insgesamt
Status quo GHD	6.531 TJ	8.273 TJ	9.579 TJ	24.383 TJ
Potenziale GHD	40 bis 80 %	30 bis 50 %	+/- 0 bis 40 %	21 bis 54 %
	-2.612 bis -5.225 TJ	-2.482 bis -4.137 TJ	+/- 0 bis -3.832 TJ	-5.094 bis -13.194 TJ
Status quo Verarb. Gewerbe	335 TJ	3.518 TJ	11.223 TJ	15.075 TJ
Potenziale Verarb. Gewerbe	5 bis 40 %	10 bis 50 %	20 bis 40 %	17 bis 42 %
	-17 bis -134 TJ	-352 bis -1.759 TJ	-2.245 bis -4.489 TJ	-2.614 bis -6.382 TJ
Status quo Gesamt	6.866 TJ	11.791 TJ	20.802 TJ	39.458 TJ
Potenziale Gesamt	38 bis 78 %	24 bis 50 %	11 bis 40 %	20 bis 50 %
	-2.629 bis -5.359 TJ	-2.834 bis -5.896 TJ	-2.245 bis -8.321 TJ	-7.708 bis -19.567 TJ

Tabelle 10: Übersicht relativer und absoluter Reduktionspotenziale in den Sektoren GHD und Verarbeitendes Gewerbe; Quelle: AfS 2013a; BMWi 2010; WWF 2009; Eigene Darstellung.

Im Sektor verarbeitendes Gewerbe liegen die Reduktionspotenziale im Bereich der IKT und Beleuchtung, die eher eine untergeordnete Rolle in der Berliner Industrie einnehmen, bei 5-40 % (BMWi 2010: 53f.). Betrachtet man den Anwendungsbereich der mechanischen Energie, so lassen sich beispielsweise durch den Einsatz von hocheffizienten Produkt-, Material- und Prozessstrukturen und eine Optimierung bestehender Systeme, unter anderem über eine verbesserte Abstimmung, Steuerung und Regelung von wichtigen Komponenten, mögliche Reduktionspotenziale von 10-50 % erschließen (BMWi 2010: 53; BMU 2009: 17; WWF 2009: 207). Handlungsmöglichkeiten bieten sich an dieser Stelle vor allem für die in Berlin bedeutenden Wirtschaftszweige Maschinen- und Fahrzeugbau, Herstellung von Elektrogeräten sowie das Nahrungs- und Genussmittelgewerbe (Fraunhofer et al. 2004: 165; AfS 2011: 21ff.). Betrachtet man den Bereich der Prozessenergie, so sind durch die stetige Verbesserung der Regelung und Isolierung von thermischen Prozessen sowie der zunehmenden Nutzung von Abwärme Reduktionspotenziale von 20-40 % möglich (BMU 2009: 17f.; BMWi 2010: 53; WWF 2009: 207). Interessant für Berlin sind an dieser Stelle ebenso das Nahrungs- und Genussmittelgewerbe sowie

ausgewählte Herstellungsbetriebe, beispielsweise in der Chemie- und Kunststoffindustrie. Diese Wirtschaftszweige weisen einen überdurchschnittlich hohen Bedarf an Prozessenergie auf (AfS 2011: 21ff.; Fraunhofer ISI et al. 2004: 165).

Übergeordnet lässt sich festhalten, dass die Spannbreiten der möglichen Reduktionspotenziale in den Anwendungsbereichen von der zeitlichen Durchdringung mit den jeweils marktbesten Effizienztechnologien sowie von den Eintrittszeitpunkten der sich am Markt etablierenden Zukunftstechnologien abhängen. Die obere Spannbreite von möglichen Reduktionspotenzialen sieht eine beschleunigte und breitenwirksame Durchdringung mit gängigen Effizienz- und zunehmend auch Zukunftstechnologien vor, wobei bei der unteren Spannbreite diese Entwicklung verspätet oder bezogen auf die zu erwarteten Effizienzsteigerungen nur unzureichend eintritt. Bedeutend für die obere Spannbreite sind zudem der Übergang von energieintensiven zu weniger energieintensiven Produktionsprozessen und Produkten und eine damit verbundene Verringerung der Energieintensität in einzelnen Wirtschaftszweigen und Unternehmen (BMWi 2010: 51ff.).

Eine Übersicht der Spannbreiten von möglichen Reduktionspotenzialen der Sektoren GHD und Verarbeitendes Gewerbe auf Grundlage des Status quo für das Jahr 2010 und der einzelnen Anwendungsbereiche ist in Tab. 10 dargestellt.

Um diese Reduktionspotenziale zu erschließen, gilt es an bereits bestehende Strukturen anzuknüpfen. Die Berliner Wirtschaft verfügt momentan über ein breites Akteurs- und Aktivitätsspektrum mit unterschiedlichen Zugängen zum Thema Energie, bedingt durch ein unterschiedlich ausgeprägtes Bewusstsein sowie Vorhandensein von konkreten Handlungsmöglichkeiten. Einzelne Unternehmen beispielsweise besitzen eigene Energiemanagementsysteme, sind Teil von Unternehmensnetzwerken, und verfügen über qualifiziertes Personal. Andere Betriebe dagegen klagen bisher ausschließlich über steigende Energiekosten und einen damit verbundenen Kostendruck. Diese Situation ist insbesondere mit Blick auf die dargestellten Reduktionspotenziale und die Identifizierung von weiterführenden Maßnahmen und Leitprojekten (siehe Kap. 4) zu berücksichtigen.

2.2.4. Private Haushalte und Konsum

Aufgrund der in dieser Machbarkeitsstudie gewählten Systematik werden die Raumwärme und die Warmwasserbereitung der privaten Haushalte dem Gebäudesektor zugeordnet. Es verbleiben als Betrachtungsgröße für die Abschätzung des Reduktionspotenzials der restliche Stromverbrauch sowie der Gasverbrauch für Haushaltsanwendungen, in erster Linie Kochen. Ausweislich der Berliner Bilanz für 2010 sind das 12.221 TJ (rd. 3,4 Mrd. kWh) an Strom und 69 TJ (rd. 19,2 Mio. kWh) an Erdgas.

Datenberichte sowie die Forschungsliteratur zu Stromverbrauch und Stromsparen im privaten Haushalt hat eine Fülle von Determinanten identifiziert, die zu mehr oder weniger Stromverbrauch führen (BDEW 2010, Bürger 2009, 2010; Fuchs 2011, Grieshammer et al. 2012; Gröger 2013; Köppl/ Wüger 2007; Krömker/ Dehmel 2010; Oberascher 2013; Quack 2008; Schlomann et al. 2004; Schmauz 2009; Tukker et al. 2010). Fasst man sie überblicksartig zusammen, dann kommt man zu folgendem Bild (vgl. auch Abb. 16):

Die wichtigsten Determinanten des Stromverbrauchs privater Haushalte, die sowohl der Abschätzung der Reduktionspotenziale als auch der Szenarienentwicklung dieser Machbarkeitsstudie zugrunde liegen, sind: (1) die Haushaltsgröße, (2) der Ausstattungsgrad mit Elektrogeräten, (3) die Geräteeffizienz, und (4) das konkrete Nutzerverhalten.

Es muss davon ausgegangen werden, dass Berlin im Jahre 2050 über eine größere Bevölkerung und wahrscheinlich über etwas mehr Haushalte (darunter vor allem: Einpersonenhaushalte) verfügt (SenStadtUm 2013a), was sich zunächst negativ auf die Klimabilanz auswirkt. Auch kann davon ausgegangen werden, dass

der Ausstattungsgrad der Haushalte mit Strom verbrauchenden Geräten – dem Trend der letzten Jahre folgend – netto zunimmt, vor allem im Bereich der Unterhaltungselektronik und dem IKT-Bereich (vgl. Oberascher 2013, Kuchta 2009).

Verbrauchsdämpfend wirkt sich dagegen der Trend zu effizienteren Haushaltsgeräten aus, der durch das Zusammenspiel von technischem Fortschritt und der Verschärfung rechtlicher Normen (z.B. der Ökodesign-Richtlinie der EU) geprägt wird. Auch ein umweltfreundlicheres Nutzerverhalten wirkt sich positiv aus, nicht zuletzt, weil es den sog. „Rebound-Effekt" in Grenzen hält (Matthies 2013).[20]

Abbildung 16: Hemmende und unterstützende Faktoren für die Klimaneutralität im Haushalts-Stromverbrauch; Quelle: Eigene Darstellung.

Außerdem spielen die Energiepreise und das verfügbare Haushaltseinkommen eine wichtige Rolle. Steigende Preise wirken sich grundsätzlich dämpfend auf die Nachfrage aus, allerdings hängt der genaue Effekt an der Preiselastizität der Nachfrage, d.h. daran, wie stark Verbraucherinnen und Verbraucher auf ein sich verteuerndes Gut verzichten wollen oder können. Während Unternehmen eine relativ hohe Preiselastizität der Stromnachfrage aufweisen – also sehr „sensibel" auf den Preisanstieg reagieren und ggf. durch Effizienzverbesserungen reagieren –, haben die privaten Haushalte in der Vergangenheit eine geringe Preiselastizität gezeigt (Tews 2013). Das muss aber keineswegs so bleiben. Zwischen 2005 und 2012 sind die Verbraucherpreise in Berlin um 13,4 % angestiegen. Dabei haben die Preise für Nahrungsmittel (Gewicht = Anteil Nahrungsmittel am Haushaltsbudget: 9 %) um 23,5 % zugenommen, die Nettokaltmieten (Gewicht: 20 %)

[20] Ein *Rebound-Effekt* tritt auf, wenn eine theoretisch mögliche Energieeinsparung (z.B. durch den Kauf eines effizienteren Gerätes) deshalb nicht realisiert wird, weil (1) der Nutzer nach dem Kauf sorgloser mit Energie umgeht (direkter Rebound-Effekt), oder weil (2) das durch Effizienzgewinne verfügbare Einkommen zur Generierung von Mehrverbräuchen andernorts eingesetzt wird (z.B. mehr Flugreisen, weil an der Haushaltsenergie gespart werden konnte) (indirekter Reboundeffekt). In der Literatur werden verschiedene Werte für den Rebound-Effekt berichtet, sie reichen von 10-100 % (Frondel 2012; Sorrell et al. 2009; Schettkat 2009; SRU 2011). Auf jeden Fall handelt es sich um ein nicht zu vernachlässigendes Phänomen, das die theoretischen Reduktionspotenziale erheblich beeinträchtigen kann.

um 10,8 %. Haushaltsenergie (Gewicht: 6 %) wurde um 43,2 % (Strom), 42,8 % (Gas) und 66,2 % (Heizöl) teurer (ZfAS 2012). 71 % der Berliner Haushalte beabsichtigten 2012 als Reaktion auf den Strompreisanstieg mit sparsamerem Verhalten die Kosten zu begrenzen, 45 % wollten ineffiziente Geräte austauschen, 28 % den Stromanbieter wechseln, und nur 15 % wollten erst einmal gar nicht reagieren (Berliner Zeitung 2012).

Der Strom verbrauchende Gerätepark der privaten Haushalte in Deutschland (vgl. Abb. 17, 18) ist durch einen hohen Anteil an ineffizienten Altgeräten gekennzeichnet, deren Substitution durch effiziente Neugeräte erhebliche Einsparpotenziale bietet.

Abbildung 17: Effizienz verschiedener Geräteklassen am Beispiel Kühl-Gefrierkombination in Relation zum durchschnittlichen Gerätestandard 1995; Quelle: ZVEI 2012.

In Ermangelung von Daten über den stromverbrauchenden Haushaltsgerätepark in Berlin wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die genannten hohen Anteile älterer und deutlich ineffizienterer Geräte im Bundesdurchschnitt (Abb. 18) auch für Berlin gelten. Demnach wären etwa 41 % der Berliner Kühl-/ Gefrierkombinationen älter als 10 Jahre und würden damit rd. 50 % mehr Strom verbrauchen als ein modernes A+++ Gerät.

Basierend auf verschiedenen Studien zum technischen Reduktionspotenzial des Stromverbrauchs privater Haushalte (Gröger 2013, Gröger et al. 2013, Grieshammer et al. 2012, Quack 2008) wird hier davon ausgegangen, dass sich der Stromverbrauch eines durchschnittlichen Privathaushalts mit heute verfügbarer Technik durch den konsequenten Ersatz von Altgeräten durch marktverfügbare, hocheffiziente Neugeräte (z.B. Energielabel A +++, Blauer Engel) um 50 % reduzieren lässt.[21] Dies wird aufgrund der Altersstruktur des Geräteparks sowie von Verhaltensroutinen allerdings nicht von heute auf morgen flächendeckend in ganz Berlin geschehen können. Dafür wurde in dieser Studie der verbleibende Zeitraum bis 2050 angesetzt.

[21] Das Kernelement dieser Reduktion stellt die Substitution von ineffizienteren Altgeräten durch die am Markt verfügbaren effizientesten Neugeräte ihrer Klasse dar, verbunden mit einer angepassten Nutzung dieser Geräte (keine Rebound-Effekte). In diesem Fall sind auch Energiekosteneinsparungen von rd. 50 % pro Jahr möglich. Bei Produkten mit einem hohen produktionsseitigen Anteil an CO_2-Emissionen im gesamten Produktlebenszyklus (z.B. Computer) sollte die Substitution allerdings erst am Ende der normalen Lebensdauer erfolgen, bei Weißer Ware lohnt sich eine vorzeitige Substitution.

Auch diese Annahme setzt keine „wild cards“ in der Technikentwicklung im Haushaltsbereich voraus, sondern schreibt die – nach Untergruppen verschiedenen – technischen Fortschritte der Vergangenheit plausibel in die Zukunft fort (vgl. auch Matthies 2013).

Abbildung 18: Altersstruktur von Elektrogroßgeräten in privaten Haushalten in Deutschland; Quelle: ZVEI 2012.

Das theoretische Reduktionspotenzial durch die Reduktion der Endenergienachfrage aufgrund von Gerätesubstitution wird damit auf rd. 6.110 TJ (50 % des hier betrachteten Verbrauchs aller Berliner Haushalte) geschätzt. Der Gasverbrauch der privaten Haushalte für Kochzwecke kann durch Substitution von Gas- durch Elektroherde sowie durch effizientere Gasherde und Backöfen bis 2050 ebenfalls etwa halbiert werden (35 TJ).

Im Jahre 2010 waren die privaten Haushalte laut Energie- und CO_2-Bilanz für 1,863 Mio. t CO_2 verantwortlich (Verursacherbilanz), was ca. 9 % der Gesamtemissionen dieses Jahres entspricht. Das Reduktionspotenzial der CO_2-Emissionen des Berliner Haushaltssektors bis 2050 ist noch größer als das seines Energieverbrauchs, weil dafür die Entwicklung des sog. Generalfaktors Strom bis zu diesem Zeitpunkt abgeschätzt werden muss. Diese hängt im Kern an der Einschätzung der Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung (80 % erneuerbare Energien im Strommix). Würden sie erreicht und würde Kohle im Jahr 2050 keine Rolle im bundesdeutschen Strommix mehr spielen, dann könnte der Generalfaktor von 548 g CO_2/kWh in 2010 auf 150-80 g CO_2/kWh in 2050 sinken – je nach verbleibendem fossilen Mix. Das ergibt für die Berliner Haushalts-emissionen eine Reduktionspotenzial-Spanne von 75 % (auf dann 0,465 Mio. t) bis 93 % (0,13 Mio. t).

2.2.5. Verkehr

Der Verkehrssektor ist mit ca. 4,8 Mio. t CO_2 für rd. 23 % der CO_2-Emissionen des Jahres 2010 im Land Berlin (Verursacherbilanz) verantwortlich. Nach einem deutlichen Anstieg der gesamten verkehrsbedingten CO_2-Emissionen in den 1990er Jahren sind diese seither leicht gesunken, wobei der Anteil an den Gesamtemissionen seit 2000 in etwa konstant blieb. Die dafür ursächlichen Entwicklungen verliefen bei den einzelnen Verkehrsträgern sehr unterschiedlich: Einem Absinken der CO_2-Emissionen bei Schiene und Binnenschiff steht eine Zunahme der CO_2-Emissionen beim Luftverkehr gegenüber. Die Emissionen des Straßenverkehrs machen mit 70 % einen Großteil der verkehrsbezogenen CO_2-Emissionen aus. Verglichen mit 1990 hat die CO_2-Bedeutung des Luftverkehrs deutlich zugenommen, während die des Schienenverkehrs deutlich abgenommen hat (vgl. Abb. 19).

Abbildung 19: Entwicklung der CO_2-Emissionen im Berliner Verkehrssektor 1990-2010; Quelle: AfS 2013a.

Die Zahl der Kraftfahrzeuge in Berlin nimmt seit den 1990er Jahren zu. Zwischen 1994 und 2007 gab es einen durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 0,3 %, zwischen 2008 bis 2012 lag der Zuwachs bei ca. 1,1 %. Im Jahr 2010 waren in Berlin 1.287.193 Fahrzeuge zugelassen, darunter 1.105.732 Pkw. Die Berliner Autos zeigen den typischen Antriebsmix der deutschen Fahrzeugflotte. Die Pkw- und Kraftrad-Segmente werden dominiert vom „Benziner“, wohingegen die großen Fahrzeuge überwiegend mit Dieselantrieben ausgestattet sind. Alternative Antriebe spielen in allen Segmenten noch fast keine Rolle, haben aber in den letzten Jahren deutliche Zuwächse zu verzeichnen. So hat sich die Anzahl von Fahrzeugen mit Flüssiggas seit 2010 von 9.136 auf 14.132 Fahrzeuge im Jahr 2013 erhöht, die Zahl der Hybridfahrzeuge in der Berliner Flotte stieg von 2.008 Fahrzeugen im Jahr 2009 auf 4.297 in 2013, und auch die Zahl der Elektrofahrzeuge hat sich in diesem Zeitraum vervielfacht (AfS 2013c, KBA 2013).

Der öffentliche Personennahverkehr sowie der nicht-motorisierte Verkehr (Rad- und Fußverkehr) haben eine große Bedeutung für den Berliner Alltagsverkehr. So wurden 2008 ca. 29 % aller Wege zu Fuß, 13 % mit dem Fahrrad sowie 26 % mit den öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt (vgl. SenStadt 2011e, auf Basis von SrV[22]).

Das Passagieraufkommen im Luftverkehr nahm von 2005 bis 2011 beständig zu und lag im Referenzjahr 2010 bei 22,2 Millionen Passagieren. Nach seiner Inbetriebnahme kann der neue Flughafen BER mit einer Kapazität von 27 Millionen Passagieren je nach Marktentwicklung schrittweise auf ein Passagieraufkommen von bis zu 45 Millionen Personen ausgebaut werden (Flughafen Berlin Brandenburg GmbH 2013).

Energie- und CO_2-Reduktionspotenziale im Verkehrssektor bestehen generell, wenn Verkehr vermieden, auf umweltfreundlichere oder nicht motorisierte Verkehrsträger verlagert und seine Effizienz verbessert werden kann (UBA 2010: 12). Für den Klimaschutz ist es von großer Bedeutung, diese CO_2-Reduktionspotenziale im Verkehrssektor zu identifizieren und die Klimaschutzinstrumente daraufhin auszurichten. Für einzelne Maßnahmen lassen sich aufgrund der Komplexität und der vielfältigen Wechselbeziehungen im Verkehrssystem nur schwer absolute Aussagen und Werte für die CO_2-Reduktion ableiten.

Ein großer Hebel zur Vermeidung von Verkehr ist eine integrierte Siedlungs- und Verkehrsplanung zur Gestaltung verkehrsarmer Siedlungsstrukturen („Stadt der kurzen Wege“, vgl. UBA 2010: 20 ff.), was in Berlin aufgrund der polyzentrischen Stadtstruktur gut machbar ist. Dabei sollten auch Gewerbegebiete und Logistikstandorte unter der Prämisse der Verkehrsreduktion geplant und gestaltet werden. Ein weiteres erhebliches Verkehrsvermeidungspotenzial besteht darin, Fahrzeuge im Güterverkehr besser auszulasten und Leerfahrten zu reduzieren. Hier spielt neben neuen Technologien auch die Entwicklung und Implementierung neuer urbaner Logistikkonzepte eine wichtige Rolle.

Grundsätzlich sollte eine Verkehrsverlagerung hin zu Verkehrsträgern mit geringerem spezifischen Energieverbrauch bzw. CO_2-Ausstoß angestrebt werden. Im Personenverkehr bedeutet dies eine Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr und vom Luftverkehr hin zum *Umweltverbund* sowie auf langen Strecken zur Bahn. Alle Maßnahmen sollten diese Verkehrsträger im Sinne einer klimaneutralen Verkehrsentwicklung stärken.

Der konsequente und flächendeckende Ausbau von *Car- und Bike-Sharing*-Angeboten[23] sowie der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützen die Vernetzung von Verkehrsträgern und damit die Verlagerung hin zum *Umweltverbund*. Zudem bleibt es unverzichtbar, die Attraktivität des *Umweltverbundes* für die Nutzer weiter zu erhöhen, indem die Angebotsqualität im ÖPNV und die Infrastruktur für den Rad- und Fußverkehr stetig verbessert werden. Die bessere Ausgestaltung der Bahnhöfe zu intelligenten Mobilitätsstationen, eine konsequente Internalisierung externer Kosten im Verkehr und das steigende Umweltbewusstsein tragen ebenfalls zu Verlagerungseffekten bei.

Im Güterverkehr bestehen Verlagerungspotenziale primär bei der Feinverteilung auf dem Berliner Stadtgebiet und bei den Quell- bzw. Zielverkehren. Der Anteil von Kleinfahrzeugen und Lastenfahrrädern an der Feinverteilung und bei Kurierfahrten kann noch deutlich erhöht werden[24]. Aufgrund der geringen Reichweite

---

22 SrV – System repräsentativer Verkehrsbefragungen ist eine bundesweite Haushaltsbefragung zur Erfassung des Verkehrsverhaltens in ausgewählten Städten.

23 Laut Bundesverband Carsharing (bcs) ersetzt im klassischen (stationsgebundenen) Carsharing im Schnitt ein Carsharing-Fahrzeug zwischen vier und acht private Pkw (bcs 2008). Willi Loose, der Vorsitzende des bcs, spricht in einem Interview von bis zu zehn Fahrzeugen (Breitinger 2013) und Prof. Andreas Knie in einem ZEIT-Gastbeitrag sogar von bis zu 16 Fahrzeugen (Knie 2013).

24 Das Projekt „Ich ersetzte ein Auto“ nimmt ein Potenzial zur Verlagerung von Kurierdiensten von bis zu 85 % an (DLR 2014b).

können diese Fahrzeuge schon lange vor 2050 auf batterieelektrische oder Hybridantriebe umgestellt und Lkw in der Innenstadt weitgehend substituiert werden. Auf Langstrecken kann das Potenzial zur Verlagerung auf Schiene und Schiff, welches Berlin mit seiner guten Anbindung an beide Verkehrsträger besitzt, durch den Ausbau und das Freihalten von *intermodalen* Umschlagpunkten am Stadtrand ausgenutzt werden. Die weitere Verbesserung der Erreichbarkeit und der Vernetzung deutscher und europäischer Ballungsräume und Seehäfen werden durch übergeordnete Planungen und Ziele auf europäischer sowie Bundesebene mittel- bis langfristig angestrebt[25]. Die Standortwahl für Schnittstellen zwischen dem Güterfernverkehr und dem Verteilerverkehr auf den letzten Kilometern sollte optimiert und die Feinverteilung sehr effizient organisiert werden.

Im Bereich der Verbesserungspotenziale stehen Effizienzsteigerungen und die Verbreitung erneuerbarer Kraftstoffe im Vordergrund. McKinsey (2010) sieht den Marktanteil von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben 2050 bereits bei 100 %. Im Schienenverkehr sind Effizienzsteigerungen und CO_2-Minderungen durch technische Maßnahmen direkt am Fahrzeug, im Schienennetz sowie durch logistische Maßnahmen realisierbar (InnoZ/SCI 2010). Ein nahezu CO_2-freier Schienenverkehr ist bis 2050 durch weitere Elektrifizierung, den Einsatz von akkugetriebenen Rangierloks und Triebzüge sowie von biogenen Kraftstoffen erreichbar. Dieses Ziel sollte frühzeitig anvisiert werden (UBA 2010: 57). Die CO_2-Reduktionspotenziale im Luftverkehr bestehen in erster Linie aus technischen und operativen Verbesserungen. Der spezifische Energieverbrauch könnte auf diese Weise bis 2050 um knapp 35 % sinken (BMU 2012: 71). Unter Berücksichtigung aller denkbaren Effizienzmaßnahmen und einer vollständigen Versorgung des Verkehrs mit erneuerbaren Kraftstoffen (und einer Umstellung der Stromerzeugung auf 100 % erneuerbare Energien) ist die Reduktion der CO_2-Emissionen um 100 % (theoretisch) möglich (FVEE 2010).

Im Handlungsfeld Verkehr handelt es sich primär um die Einsparung (Vermeidung und Verlagerung), und mehr noch um die Substitution von Kraftstoffen durch alternative Antriebe. Das bundesweite Ziel ist eine Gesamtreduktion des Endenergieverbrauchs bis 2050 um 40 % (Basis 2005). In bundesweiten Studien reichen die ausgewiesenen CO_2-Reduktionspotenziale im Verkehrssektor von 64 % (BMU 2012, Szenario 2011A), über 83 % (WWF 2009, Innovationsszenario) und 90 % (Prognos/EWI/GWS 2010, Zielszenario I/IV) bis hin zu 100 % (FVEE 2010). Unter Berücksichtigung der berlinspezifischen Rahmenbedingungen bewegt sich das Potenzial am unteren Rand der Spannweite dieser Studien, also eher mit der Tendenz zum BMU-Szenario 2011A. Zu nennen sind hier insbesondere die gegenläufige Bevölkerungsentwicklung (Bevölkerungsabnahme bundesweit, Bevölkerungszunahme in Berlin) und die besonders dynamische Entwicklung des Luftverkehrs begründet durch die Eröffnung des Flughafens BER im Betrachtungszeitraum. Demgegenüber ist davon auszugehen, dass im sehr städtisch geprägten Umfeld das Potenzial der Marktdurchdringung alternativer Antrieben und der Verlagerung des Personenverkehrs auf den Umweltverbund größer ist als im Bundesdurchschnitt.

[25] Z.B. der Ausbau der Güterverkehrskorridore, die hinsichtlich Energieverbrauch und Emissionen optimiert sind (Europäische Kommission 2011) oder die Ankündigung des Ausbaus der Schieneninfrastruktur auf wichtigen Korridoren für den Schienengüterverkehr im Energiekonzept der Bundesregierung (BMWi / BMU 2011).

2.3. ÜBERSICHT DER POTENZIALE ZUR ENERGIEEINSPARUNG, EMISSIONSREDUKTION UND ERNEUERBARER ENERGIEN IN BERLIN

An dieser Stelle erfolgt eine kurze Zusammenstellung der oben ermittelten Potenziale zu Einsparung, Emissionsreduktion und zum Ausbau erneuerbarer Energien in den einzelnen Handlungsfeldern. Wie eingangs dargelegt, können diese Potenziale nicht in pauschaler und einfacher Weise in CO_2-Reduktionspotenziale umgerechnet werden, da hierfür das komplette Energieversorgungs- und -verbrauchssystem modelliert werden müsste. Dies erfolgt im Kapitel der Szenarienmodellierung, in dem für die Vielzahl der relevanten Stellschrauben je Handlungsfeld die entsprechenden Parameter diskutiert und festgelegt werden. Für diesen Vorgang sind jedoch wiederum die Orientierungswerte und Spannbreiten der Parameter aus der hier vorgestellten Potenzialanalyse relevant.

Die größten Potenziale im Handlungsfeld Energieversorgung beziehen sich im Kern auf die Erschließung von Solarpotenzialen (primär PV, aber auch Solarthermie) sowie die weiterhin verstärkte Nutzung von KWK, zukünftig verstärkt „intelligent“ und mit Wärmespeichern. Mit den großen KWK- und Fernwärme-Potenzialen, die auch längerfristig zumindest im dichteren Stadtgebiet aller Voraussicht nach genutzt werden, bietet Berlin ideale Voraussetzungen für die flexible Ergänzung des fluktuierenden Wind- und Solarstroms aus dem Umland.

Gleiches gilt ebenso für die dezentrale Nutzung, die ebenfalls durch intelligente Vernetzung als Speicher oder Residualgröße flexibel genutzt werden kann. Insofern ist zu erwarten, dass die so genannten Power to Heat-Technologien ein entsprechendes Potenzial entfalten werden. Auch Power to Gas kann direkt innerhalb Berlins eine Rolle spielen, je nachdem, ob es sich als vorteilhaft erweist, die Produktion aus logistischen, infrastrukturellen und letztlich ökonomischen Gründen in der Stadt selbst anzusiedeln. Im P2H-Kontext sind zunächst bei Wärmepumpen größere Zubaupotenziale zu erwarten. Dazu kommen Biomassepotenziale, von denen hier aufgrund von Nachhaltigkeitserwägungen primär die endogenen Potenziale berücksichtigt werden. Unter der Voraussetzung, dass in Zukunft ein Handelsregime für nachweislich nachhaltige Biomasse für energetische Zwecke etabliert werden kann, können sich die Biomassepotenziale für Berlin auch noch vergrößern.

Weitere theoretische und technische Potenziale wie z.B. aus tiefer(er) Geothermie wurden hier ebenfalls aufgrund derzeit noch zu großer Unwägbarkeiten außen vor gelassen, sind aber durchaus gegeben. Bezogen auf den Energieverbrauch des Jahres 2010 könnten die so ermittelten EE-Strompotenziale mehr als ein Viertel stellen, durchaus aber auch noch höhere Anteile erreichen.

Im Handlungsfeld Gebäude sind, folgt man den Angaben für verschiedene, mit Berlin vergleichbaren Gebäudetypen, noch sehr hohe Reduktionspotenziale zu erschließen. Eine genaue Bezifferung für den Berliner Gebäudebestand lässt sich jedoch nicht zuverlässig aus diesen Literaturwerten ableiten. Die Nutzung eines auf Berlin zugeschnittenen Gebäudemodells (vgl. hierzu ausführlicher in Kap. 3) erbringt unter Eingabe von Sanierungsstand und literaturbasierten Modernisierungsoptionen eine Reduktion des Endenergieverbrauchs von 77 %. Auch hier gilt, die Ermittlung einer CO_2-Reduktion würde die vollständige Modellierung der Energieerzeugungsseite erfordern und erfolgt erst im Rahmen der Szenarien. Die Endenergieeinsparpotenziale liegen jedoch deutlich über dem, was nach den Zielen der Bundesregierung für diesen Bereich erforderlich wäre.

Im Handlungsfeld Wirtschaft wurde auf Basis von einer Vielzahl von Einsparmöglichkeiten und Energieträgersubstitutionen ein Endenergiereduktionspotenzial von bis zu 50 % ermittelt. Gleiches gilt für das Handlungsfeld Konsum. In beiden Fällen bilden diese Reduktionswerte das obere Spektrum der Spannbreiten ab; dies geht jedoch teilweise weit über das Ziel der avisierten Stromeinsparung der Bundesregierung (-25 %) hinaus und trifft genau die geplanten Primärenergieeinsparungen (-50 %). Daher können diese Werte für beide

Handlungsfelder als hoch im Sinne der Gesamterreichung bezeichnet werden und müssen in dieser Höhe voraussichtlich nicht vollständig ausgeschöpft werden.

Im **Handlungsfeld Verkehr** handelt es sich primär um die Einsparung, d.h. um die Vermeidung und Verlagerung, aber mehr noch um die Substitution von Kraftstoffen durch alternative Antriebe. Die genauere Ermittlung von Einsparungen und letztlichen CO_2-Reduktionen ist auch hier von der genauen Modellierung in Szenarien abhängig, wofür an dieser Stelle bereits ein grober Rahmen dargelegt wurde und eine Sichtung der zentralen Stellschrauben und ihrer Spannbreiten erfolgte.

Abschließend ist für die Berliner Situation festzuhalten, dass zur Erreichung der bilanziellen Reduktionsziele Berlins auch die **Bundesziele** eingehalten werden müssen, im Wesentlichen um den Emissionsfaktor des bundesdeutschen Strommix (Generalfaktor) hinreichend zu reduzieren. Gleichzeitig ist darauf hinzuweisen, dass Berlin unter den hier beschriebenen Voraussetzungen – insbesondere aufgrund der teilweise begrenzteren EE-potenziale, aber auch der hohen Potenziale für die dringend benötigten flexiblen Systemkomponenten wie KWK und P2H – voraussichtlich einen höheren fossilen Anteil im Energieträgermix im Vergleich zum Bundesdurchschnitt aufweisen wird. Daher wird Berlin voraussichtlich nicht alle Teilziele der Energie- und Klimaschutzpolitik der Bundesregierung erreichen, d.h. es ist hier von einer strukturell bedingten Differenzierung des Erreichungsgrades auszugehen. In Summe liegt jedoch wie oben beschrieben eine Vielzahl ein Einzelpotenzialen in den Handlungsfeldern vor, die bei entsprechend hohen Ausnutzungsgraden, bei synergetischer Komposition und mit entsprechender Maßnahmenuntersetzung dazu führen können, dass Berlin das Ziel der Klimaneutralität dennoch erreichen kann.

3. SZENARIEN FÜR EIN KLIMANEUTRALES BERLIN

Die im vorangehenden Kapitel beschriebenen Reduktionspotenziale basieren auf einer literatur- und expertengestützten Abschätzung dessen, was an CO_2-Einsparung in den verschiedenen Sektoren Berlins möglich ist – stets bezogen auf die hier als Ausgangspunkt gewählten beiden Referenzzeitpunkte 1990 (Basisjahr der Zielvorgabe Gesamtemissionsreduktion) und 2010 (Basisjahr der handlungsfeldspezifischen Szenarienberechnung). Im vorliegenden Kapitel geht es darum, diese theoretischen Potenziale Berlins vor dem Hintergrund zu prüfen und zu konkretisieren, ob sie im Einzelnen und in Summe zur Zielerreichung bis 2050 beitragen können. Dazu wurden Szenarien entwickelt und mit Stakeholdern diskutiert. Im ersten Teil dieses Kapitels wird die übergreifende Methode erläutert (3.1.), im Anschluss daran werden die Teilszenarien der einzelnen Handlungsfelder entwickelt und beschrieben (3.2.). Zum Abschluss wird eine Zusammenschau dieser Handlungsfeld-Szenarien gegeben, die auch die quantitativen Gesamtergebnisse für den Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen präsentiert (3.3.). Diese Ergebnisse sind dann der Ansatzpunkt für das nachfolgende vierte Kapitel, das Strategien vorschlagen wird, um die Annahmen und Voraussetzungen der Szenarien und ihrer Zielerreichung in den gesellschaftlichen und politischen Handlungs- und Gestaltungsraum zu übertragen.

3.1. METHODIK DER SZENARIENENTWICKLUNG

Die Zukunft ist grundsätzlich offen. Aussagen über sie haben einen höheren und qualitativ anderen Grad an Unsicherheit als solche über Gegenwart oder Vergangenheit. Dennoch beschäftigen sich Menschen und Organisationen mit der Zukunft. Angesichts der langfristigen Tendenzen des globalen Klimawandels und der darin implizierten Zukunftsrisiken ist das auch dringend geboten. Die Frage stellt sich also, wie im Rahmen einer Machbarkeitsstudie mit der Zukunft der Energieversorgung und der CO_2-Emissionen umgegangen werden soll.

Eine strukturierte und wissenschaftlich kontrollierbare Art und Weise, zukünftige Entwicklungen abzubilden, stellt die Methodik der Szenarienentwicklung dar. Szenariomethoden helfen, die Komplexität der zukunftsrelevanten Faktoren einzugrenzen, sie bewusst abzubilden, und gezielt nach Steuerungsmöglichkeiten des betrachteten Systems zu fragen. Szenarien sind keine Prognosen, sondern konditionale Zukünfte, d.h. sie grenzen den breiten Möglichkeitsraum der zukünftigen Entwicklung bestimmter Parameter durch ganz bestimmte Anfangs- bzw. Randbedingungen ein.

Szenariomethoden werden heute von verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, Organisationen und Wirtschaftsunternehmen zu unterschiedlichen Themen angewendet. Daraus ergibt sich ein Nebeneinander unterschiedlicher Definitionen und Methoden. Grundsätzlich dienen Szenariomethoden der Beherrschung von Komplexität und Ungewissheit, der Integration explorativer und normativer Aspekte sowie der Gewährleistung von Partizipation und Sachverstand (vgl. Kasow/ Gaßner 2008). Die Szenariogestaltung ist eine Mischung aus prognostischem Wissen, intellektueller Kombinatorik und phantasievoller Erzählkunst (vgl. VDI 1991). Ein Szenarioprozess bzw. eine Szenarioplanung besteht zumeist aus zwei Phasen. In der eigentlichen Szenarioentwicklung werden zunächst die Szenarien entworfen, bevor im Szenariotransfer die Konsequenzen für die heute zu treffenden Entscheidungen abgeleitet werden (Nowack/ Günther 2009: 252). Im vorliegenden Kapitel 3 wird der Schwerpunkt auf die erste Phase gelegt, während das anschließende vierte Kapitel auf Strategien und Maßnahmen der Zielerreichung abstellt.

Generell lassen sich zwei Haupttypen von Szenarien unterscheiden (Hermann 2011 und Kasow/ Gaßner 2008 sowie Gaßner/ Steinmüller 2009). Explorative Szenarien (*trend based*) erkunden mögliche Zukünfte und dienen der strategischen Entscheidungsfindung. Sie spannen in ihrer Gesamtheit den Raum der relevanten zukünftigen Möglichkeiten in einem sog. Szenario-Trichter auf. Sie werden in der Regel ausgehend von sog.

Schlüsselfaktoren und ihren möglichen Zukunftsentwicklungen (Projektionen) mit Hilfe kombinatorischer Methoden in einem „Forecasting"-Verfahren konstruiert (vgl. Gaßner/ Steinmüller 2009: 141). Demgegenüber beschreiben normative Szenarien (*outcome oriented*) wünschbare Zukünfte. Sie tragen normativen, explizit bewertungsorientierten Charakter und stellen gewünschte, hinreichend positive und möglichst konkrete Zukunftsbilder dar. Auch sie kombinieren potenzielle Entwicklungen, die auf gegenwärtigen Trends beruhen, selektieren diese jedoch in Hinblick auf erwünschte Entwicklungen.

Abbildung 20: Idealtypischer und im Projekt adaptierter Ablauf einer Szenarioanalyse;
Quelle: Eigene Darstellung nach Kasow/ Gaßner 2008.

Die Konstruktion normativer Szenarien erfolgt meist in einem „Backcasting"-Verfahren, bei dem untersucht wird, welche Schritte bzw. Voraussetzungen notwendig sind, um ein gewünschtes Ziel zu erreichen. In der Szenario-Praxis werden heute häufig sowohl explorative als auch normative Szenarien kombiniert genutzt, vor allem, wenn Strategien entwickelt werden sollen (vgl. Kasow/ Gaßner 2008: 24). Die Bearbeitung von Szenarien reicht von intuitiv/ subjektiven Methoden (z.B. Bayesianischen Verfahren der Risikoabschätzung) bis hoch formalisierten, rechnergestützten Prozessen. Den idealtypischen Verlauf eines Szenarienprozesses zeigt Abb. 20.

Der Szenarioprozess für die Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050" verfolgt einen pragmatischen Ansatz, wie er z.B. auch in Kasow/ Gaßner (2008) beschrieben wird. Das bedeutet, dass ein Methodenmix aus explorativen Elementen im *Forecasting* sowie normativen Elementen im *Backcasting* umgesetzt wird. Es werden sowohl quantitative als auch qualitative Ansätze verwendet, die zum einen auf einer breiten Datenbasis aufbauen und darüber hinaus auf Stakeholder- und Expertenbeteiligung bei der Generierung und Bewertung der Szenarien setzen.

Das Szenariofeld (Phase I) ist mit der Aufteilung in die hier zugrundeliegenden fünf Handlungsfelder klar definiert. Auch der Untersuchungsraum ist klar: Es handelt sich in erster Linie um das Land Berlin, dann auch um

seine Verflechtungen mit dem Brandenburger Umland sowie seine Einbettung in die Bundesrepublik Deutschland und die Europäische Union. Im Rahmen dieser Mehrebenenverflechtung kommt allerdings Berlin als Bilanz- und Handlungsraum eine besondere Bedeutung zu, nicht zuletzt deshalb, weil es als ein Bundesland die übergreifenden nationalen Rahmenbedingungen auch mit beeinflussen kann.

Der Zeithorizont und der angestrebte Zielzustand waren mit dem Jahr 2050 und der Prüfung der Erreichbarkeit der Klimaneutralität im Rahmen der Beauftragung der Studie vorgegeben (zur Erläuterung des Begriffs der Klimaneutralität siehe Kapitel 1 sowie Glossar). Von den vielen möglichen zukünftigen Zuständen sollten zwei alternative Zielszenarien entwickelt werden, die einem Referenzszenario gegenüberzustellen waren. Bei der Erarbeitung der Szenarien war angesichts der ambitionierten Zielstellung der Klimaneutralität bereits eingangs klar, dass die Unterschiede in den beiden Alternativszenarien nicht darin bestehen würden, dass ein Handlungsfeld (z.B. Gebäude) nahezu keinen Beitrag einbringt, während die anderen (z.B. Energieerzeugung oder Verkehr) dieses dann mit überdurchschnittlichen Beiträgen kompensieren. Angesichts der erforderlichen deutlichen Emissionsreduktionen sind substantielle Beiträge aller Handlungsfelder unabdingbar, wenngleich sich im Beitragsniveau Unterschiede ergeben können. Entscheidender ist jedoch, dass sich bei der Vielzahl von Einflussfaktoren und möglichen technologischen wie sozialen Entwicklungen Optionen auftun, die im Rahmen der Szenarioarbeit abgewogen und auf jeweils zwei plausible und konsistente, teils auch polare Ausprägungen verdichtet wurden.

Das sog. Referenzszenario wurde *nicht* als reines BAU (*business as usual*) -Szenario konzipiert, in dem alle heutigen politischen Maßnahmen und Instrumente „eingefroren“ und allenfalls bestehende Trends und Entwicklungen betrachtet werden. In den nachfolgend entwickelten Referenzszenarien der Handlungsfelder wird vielmehr unterstellt, dass die aktuellen energie- und klimapolitisch relevanten Beschlüsse und Konzepte Berlins (zum Beispiel Stadtentwicklungspläne), die teilweise bis 2030 reichen, konsequent umgesetzt werden und somit eine mittel- bis längerfristige Wirkung entfalten. In den vorliegenden Referenzszenarien der Handlungsfelder sind daher insbesondere die StEPs Wohnen, Verkehr, Klima und Gewerbe in ihren Emissionsminderungswirkungen berücksichtigt worden. Dazu zählen jedoch nicht die zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie in der Diskussion befindlichen Maßnahmen des „Gesetzes zur Umsetzung der Energiewende und es Klimaschutzes in Berlin“ (EnergiewendeG Bln).[26]

Mit der genaueren Beschreibung des Szenariofeldes rückt die Identifikation von Schlüsselfaktoren (Phase II) in den Vordergrund. Schlüsselfaktoren bezeichnen jene ursächlichen oder beeinflussenden Größen, deren Änderung in der Zeit die unterschiedliche Ausprägung eines (Teil-)Systems wesentlich bestimmt oder ausmacht. Um diese Schlüsselfaktoren zu identifizieren konnte an der Analyse der Reduktionspotenziale angesetzt werden, deren Ermittlung bereits mit der Frage verbunden war, welche Faktoren in den herangezogenen Studien als wichtig identifiziert wurden. Dieses literaturbasierte Screening wurde in der zweiten Phase der Szenarienerstellung durch Fachgespräche mit Expertinnen und Experten aus den verschiedenen Handlungsfeldern ergänzt und ggf. korrigiert. Am Ende stand eine Liste der Schlüsselfaktoren pro Handlungsfeld.

Von dieser teils umfänglichen Liste waren nun solche zu separieren, die zwar einen grundlegenden Einfluss auf die Emissionsentwicklung haben, deren Entwicklungsdynamik jedoch primär außerhalb der Berliner Klimathematik und damit außerhalb des Untersuchungsgebiets zu verorten sind.

Mit anderen Worten, es wurden allgemeinere Rand- und Rahmenparameter (wie z.B. die Bevölkerungszahl oder das Wirtschaftswachstum) identifiziert, die zwar die Emissionsentwicklung beeinflussen, die jedoch, wenn sie

[26] Vgl. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/energiewendegesetz/

zwischen den einzelnen Szenarien variiert würden, die Wirkung von unterschiedlichen Klimaschutz-Optionen überstrahlen und damit verdecken würden. Aus diesem Grund wurden diese Rahmenfaktoren teilweise über alle Szenarien konstant gehalten, teilweise in den Analysen und Berechnungen ausgeblendet. Eine Wirkung der Veränderung solcher Rahmenfaktoren auf das Gesamtergebnis lässt sich partiell im Rahmen von anschließenden Sensitivitätsbetrachtungen durchführen. Zu den Rahmenfaktoren und -parametern gehören im Einzelnen:

- Berliner Bevölkerung 2050: Mit 3,75 Mio. wurde hier der mittlere Wert des Stadtentwicklungs-Konzepts (StEK) 2030 für das Jahr 2050 fortgeschrieben (SenStadtUm 2013a).
- Wirtschaftswachstum: Es beträgt in allen Szenarien rd. 1 % pro Jahr; auch die Kaufkraft der privaten Haushalte unterscheidet sich nicht zwischen den Szenarien. Dieser Wert wurde als Durchschnitt aus mehreren Leitstudien abgeleitet (z.B. Schlesinger et al. 2010). Im Kern ging es dabei darum, die Szenarien nicht auf der Basis unterschiedlicher Wirtschaftsentwicklungen oder –philosophien (wie z.B. hohes Wachstum vs. Null-Wachstum oder wirtschaftliche Schrumpfung) zu gründen. Der Parameter ist deshalb kein expliziter Bestandteil der einzelnen Berechnungen und Modelle.
- Energiepreise: Ihre Entwicklung hängt von angebots- und nachfrageseitigen Einflussfaktoren ab. Projektionen für Deutschland können dem Energiekonzept der Bundesregierung oder vergleichbaren Leitstudien entnommen werden.[27] Insbesondere in den Zielszenarien dieser Studie wird von vergleichbaren Energiepreisentwicklungen ausgegangen. Ihre in den Teilmärkten unterschiedlichen Entwicklungen können Grund für die Ausprägungen in den Zielszenarien sein, sie stellen jedoch keine expliziten Inputparameter für die Ermittlung von Ergebnissen dar.

Ergänzend wird hinsichtlich der Klimapolitik der Bundesregierung sowie der EU oder der Klimarahmenkonvention angenommen, dass sich beide in ihren wesentlichen Grundzügen über alle Szenarien hinweg ähnlich entwickeln. Änderungen in der Ausgestaltung von Details werden in den Szenarien explizit benannt. So wird beispielsweise davon ausgegangen, dass in allen Szenarien (auch im Referenzszenario) die Zielstellung der Bundesregierung eines 80 %-igen EE-Anteils an der Stromversorgung eingehalten wird. Es unterscheiden sich dann aber die Anteile des restlichen fossilen Mix sowie der Technologiemix insgesamt (vgl. hierzu näher Abschnitt 3.2.1).

Dieser Ansatz unterscheidet sich damit deutlich von dem anderer Städte-Studien, die ihre Szenariovariation primär auf unterschiedlichen Umfeld- und Rahmenbedingungen aufgebaut haben. Mit dem hier gewählten Vorgehen werden die Berlin-spezifischen Handlungsoptionen und deren Auswirkungen im Bereich Klimaschutz in den Mittelpunkt gestellt.

Die Liste der relevanten Schlüsselfaktoren wurde in Phase III einer detaillierten Analyse hinsichtlich ihrer möglichen Ausprägungen unterzogen. Diese Phase baut dabei einerseits auf den zuvor ermittelten Reduktionspotenzialen auf, andererseits müssen für große Bandbreiten möglicher Ausprägungen begründete Annahmen zu favorisierten oder (aus heutiger Sicht) wahrscheinlichen Zielzuständen getroffen werden. Deren Kernfrage lautete: Welche Änderungen eines Faktors führen zu welchen Veränderungen in der Energie- und Klimabilanz? Darüber hinaus sind Interdependenzen und Wechselwirkungen der Schlüsselfaktoren miteinander zu beachten, um Synergie- oder Reboundeffekte sowie mögliche Widersprüche zu identifizieren. Ergänzend zu den Ergebnissen und Quellen aus Kapitel 2 wurde hier vertiefende Literatur herangezogen, eigene

[27] Nach Schlesinger et al. (2010) steigen die Preise für Rohöl von knapp 500 Euro pro Tonne (nominaler Grenzübergangspreis) in 2008 bis auf nahezu 2.000 Euro pro Tonne in 2050; die Preise für Erdgas von 2,7 Cent pro kWh auf 6,6 Cent, die Preise für Kraftwerkssteinkohle von 112 Euro pro Tonn (SKE) auf 227 Euro in 2050. Die Preise für CO_2-Emissionen wurden in einer Spanne zwischen 50 und 75 Euro pro Tonne im Referenz- und den Zielszenarien angenommen (ebd.).

Berechnungen durchgeführt und bei ausgewählten Schlüsselfaktoren Gespräche mit Experten und Berliner Stakeholdern geführt.

Zudem wurde, wie bei Szenarioentwicklungen üblich, vom Auftreten sogenannter technologischer „wild cards" abgesehen. Das bedeutet, dass im Wesentlichen von bereits heute vorhandener Technik und beobachteten Lernkurvenentwicklungen ausgegangen wurde, dagegen heute noch nicht absehbare emissionsmindernde Schlüsselinnovationen bis 2050 von der Betrachtung ausgeschlossen wurden. Angesichts der in der Vergangenheit immer wieder aufgetretenen Technologiesprünge (z.B. im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie binnen der letzten zwei Jahrzehnte) kann diese Annahme als konservativ angesehen werden.

Darauf aufbauend erfolgte die Generierung von Szenarien (Phase IV). Dieser Arbeitsschritt wurde zunächst für jedes Handlungsfeld getrennt durchgeführt, da viele Schlüsselfaktoren sich primär auf die Handlungsfelder beziehen. Zur Generierung der Handlungsfeld-Szenarien wurde eine Vielzahl von einzelnen Nebenrechnungen durchgeführt und Teilmodelle entwickelt, deren Methoden und Annahmen in den nachfolgenden Abschnitten (inkl. Anhängen) erläutert werden. Herauszuheben ist hier insbesondere eine spezifische Gebäudemodellierung, die eine Vielzahl bisheriger Datenbestände und Informationen zusammenführt und somit das Gerüst für die Ermittlung von Sanierungsniveaus und Wärmeerzeugung in den entsprechenden Szenarien bietet (vgl. im Detail in Kapitel 3.2.2.).

Bereits während der Generierung der Handlungsfeldszenarien erfolgte in mehreren iterativen Schritten ein handlungsfeldübergreifender Abgleich der möglichen Ausprägungen zentraler Schlüsselfaktoren, um logische und konsistente Zuordnungen für Berlin insgesamt vornehmen zu können. Einige wichtige Faktoren, bei denen auf konsistente bzw. widerspruchsfreie Zuordnung geachtet wurde, sind die Gesamtstrommenge beim Verbrauch, das Verbraucherverhalten (bzw. vorherrschende Konsum- und Verhaltensmuster), vorherrschende Infrastrukturen und Erzeugungstechnologien etc. In diesen Iterationsprozess waren eine Vielzahl von Stakeholdern und Experten aus allen Handlungsfeldern im Rahmen von Workshops eingebunden. Dort wurden Zwischenergebnisse zu den Ausprägungen zentraler Schlüsselfaktoren und deren möglicher Wirkung zur Diskussion gestellt und die Rückmeldungen in den weiteren Szenarienprozess integriert. Darüber hinaus haben sich aus allen Handlungsfeld-relevanten Bereichen Akteure aus der Berliner Verwaltung kommentierend und beratend in den Prozess eingebracht. Schließlich mussten alle Festlegungen relevanter Ausprägungen in den Handlungsfeld-Szenarien für ihre Erfassung im Kategorien- und Mengengerüst der Berliner Energie- und CO_2-Bilanz aufbereitet werden. Auch dieser methodisch anspruchsvolle Schritt wurde von mehreren Experten und Stakeholdern begleitet (u.a. von einer Arbeitsgruppe des Berliner Klimaschutzrats).

Nach Abschluss der Szenarienformulierung erfolgte in Phase V (Szenariotransfer) die Festlegung von ausgewählten Maßnahmen, mit denen die Zielzustände erreichbar werden, und die damit den Weg zum Ziel bereiten. Diese Maßnahmen werden im Kapitel 4 der Studie beschrieben.

3.2. SZENARIEN IN DEN EINZELNEN HANDLUNGSFELDERN

In den nachfolgenden Darstellungen der einzelnen Handlungsfelder erfolgt jeweils eine gebündelte Beschreibung der drei Szenarien, die im Rahmen der Studie generiert wurden (ein Referenz- und zwei Zielszenarien). Darin werden die unterschiedlichen Ausprägungen der zentralen Schlüsselfaktoren und Parameter erläutert, die für die drei Szenarien jeweils konstituierend sind. In den Handlungsfeldern Energieversorgung sowie Gebäude- und Stadtentwicklung ist aufgrund der teilweise aufeinander aufbauenden Einflussfaktoren eine abweichende Darstellung gewählt worden. Hier werden die zentralen Schlüsselfaktoren

und Annahmen gebündelt beschrieben und darin jeweils deren unterschiedliche Ausprägungen in den Szenarien erläutert.

3.2.1. Energieversorgung

3.2.1.1. Einführung

Die Energieversorgung der Stadt Berlin ist in wesentlichen Teilen eine Reaktionsgröße der Szenarien, Entscheidungen und Prozesse, die in den anderen Handlungsfeldern getroffen werden bzw. ablaufen. In diesen Handlungsfeldern wird die Energie verbraucht und nachgefragt, die dann von der Energiewirtschaft bereitgestellt bzw. nach Berlin importiert wird. Da die dezentrale, an das Gebäude gebundene Wärme- und Stromerzeugung enger mit der Handlungslogik des Feldes Gebäude/Stadtentwicklung gekoppelt ist, erfolgt deren detaillierte Darstellung nicht an dieser Stelle, sondern im nachfolgenden Handlungsfeld (vgl. 3.2.2.). Gleiches gilt für entsprechende Annahmen zum jeweiligen Energiemix sowie zum Endenergieverbrauch der anderen Handlungsfelder, die anschließend beschrieben werden.

Die wesentlichen im Handlungsfeld Energieversorgung zu behandelnden Aspekte liegen in der Art der Bereitstellung der Fernwärme[28] und in der Nutzung von EE-„Überschussstrom“, der bei 80 % EE-Anteil im Strommarkt mit überwiegend fluktuierenden Anteilen von Wind- und Photovoltaikstrom 2050 erwartet werden kann. Mit Überschussstrom ist hier EE-Strom gemeint, der für die Speicherung, direkte Wärmeerzeugung oder die Umwandlung in andere Energieträger nutzbar ist. Die Szenarien variieren das Ausmaß, in dem Berlin durch den Einsatz fossiler Kraftwerke wie auch durch die Nutzung von Wind- und Solarenergie seinen Strom- und Wärmebedarf decken und gleichzeitig den Überschussstrom in das System integrieren kann.[29] Hierzu müssen insbesondere die Speichermöglichkeiten im Fernwärmenetz ausgebaut werden, z.B. durch große Warmwasserspeicher für die kurzfristige Speicherung und durch Aquiferspeicher im Untergrund Berlins für die saisonale Speicherung.

Für die CO_2-Verursacherbilanz in den Szenarien wurden Annahmen zur Emissionsbewertung der Stromnutzung im Jahr 2050 getroffen, den sogenannten Generalfaktor Strom. Ebenso werden Annahmen zum EE-Anteil im Gasbereich getroffen, die sich in den Emissionsfaktoren je Szenario für den Gasverbrauch widerspiegeln. Auch für die Nutzung von Überschussstrom und dessen Umwandlung in speicherbares Methan und Wasserstoff.

Auf Basis der jeweiligen Strukturen zur Fernwärmeerzeugung wurde zudem ein landesspezifischer Emissionsfaktor für die Fernwärmenutzung abgeleitet (siehe im nächsten Abschnitt), der wiederum durch die Emissionsfaktoren für Gas und Überschussstrom beeinflusst wird. Die Emissionsfaktoren der übrigen Energieträger (z.B. Diesel, Biomasse) werden dagegen im Vergleich zur CO_2-Bilanzierung 2010 als unverändert angenommen.

Eine wesentliche Annahme in allen Szenarien ist, dass in Berlin im Jahre 2050 die Energieträger Kohle und Erdöl im Bereich der Wärme- und Stromversorgung nicht mehr eingesetzt werden und damit vollständig

---

[28] Der Begriff Fernwärme beinhaltet in dieser Studie alle Fern- und Nahwärmenetze der Stadt, bei der mehrere Häuser von einem gemeinsamen Heiz- bzw. Heizkraftwerk versorgt werden. Im rechtlichen Sinne dagegen ist Fernwärme die Versorgung mit Wärme über die Liegenschaftsgrenzen hinweg. In diesem letzten Sinn gibt es in Berlin bereits heute über 40 Fernwärmenetze.

[29] Die Speicherung von Überschussstrom über große Elektrokessel – Power to Heat im Fernwärmenetz - ist eine Lösung, mit der bei vergleichsweise geringem Aufwand große Effekte erzielt werden können. Energiepolitisch umstritten ist deren Einsatz, wenn hierdurch künstlich die Betriebsdauer unflexibler Großkraftwerke verlängert wird. Zusätzliche große Wärmespeicher werden auch für den flexibleren Betrieb der GuD-Kraftwerke sowie der dezentralen KWK benötigt, die zunehmend nur noch komplementär zur EE-Produktion mit geringerer Laufzeit arbeiten werden.

substituiert sind. Dies erscheint vor dem Hintergrund des zu erreichenden CO_2-Reduktionsniveaus und angesichts der vorhandenen technischen und energieträgerbezogenen Optionen als zwingend erforderlich (siehe hierzu auch Kübler 2013). Gas bleibt die einzige (teil-)fossile Quelle im zukünftigen Berliner Wärme- und Strommarkt. Auch die gestiegenen Flexibilitätsanforderungen an das Energiesystem der Zukunft können besser von gas- als von kohlebetriebenen Kraftwerken erfüllt werden. Die Integrationsmöglichkeit von synthetischem Gas aus erneuerbaren Quellen und die hohen Speicherkapazitäten der Gas-Infrastruktur für die Langzeitspeicherung sind weitere wichtige Aspekte, die für einen solchen Ansatz sprechen.

Bei der nachfolgenden Festlegung der Ausprägungen zentraler Schlüsselfaktoren und –parameter (siehe überblicksartig Tab. 11) werden im Regelfall konservative Abschätzungen durchgeführt, d.h. bei den Annahmen wurden einige Detailfaktoren vernachlässigt, die zu einer weiteren Verbesserung der CO_2-Bilanzen führen könnten. So wird etwa davon ausgegangen, dass 2050 organische Abfälle im Wesentlichen stofflich verwertet werden. Dies impliziert, dass die endogenen Biomasseanteile der Stadt nicht mehr zur Zufeuerung bei der Müll- oder Kohleverbrennung genutzt werden können. Diese werden dann entweder vergärt und verstärken damit den Berliner Beitrag zum angenommenen EE-Anteil im Gas[30], oder sie werden als gebundenes CO_2 wieder den Böden zugeführt (beispielsweise als Terra Preta oder durch Hydrothermale Carbonisierung (HTC)). Der Anteil dezentraler Erzeugerstrukturen wird nachfolgend im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung modelliert und beschrieben (BHKW, Wärmepumpen, Solarthermie und Photovoltaik). Windenergie wird einschließlich der gebäudebezogenen Kleinwindkraft im vorliegenden Handlungsfeld modelliert, hat für Berlin aber insgesamt auch im Jahr 2050 nur eine relativ untergeordnete Bedeutung[31].

Eine Reihe weiterer, für das Handlungsfeld Energieversorgung wichtiger Annahmen und Schlüsselfaktoren wurden dem Handlungsfeld Gebäude zugeordnet und werden somit im nachfolgenden Abschnitt erläutert. Sie ergänzen das Gesamtbild der Tab. 11.

---

30 Der mögliche Anteil der Biogaserzeugung (2.900 TJ/ a) aus endogener Biomasse liegt 2050 bei 2-3 % des städtischen Gasverbrauches (Primärenergie).

31 Das Potenzial für Berlin wird ausgehend von den Analysen des Berliner Energiekonzeptes 2020 für große Windenergieanlagen (WEA) auf 900 TJ/a abgeschätzt, zusammen mit Kleinwindanlagen ergeben sich insgesamt 1125 TJ/a bei einer Potenzialausnutzungsrate von 10 %/ 80 % und 100 % für die Szenarien Referenz/ Ziel 1 und Ziel 2 (siehe zu den Hintergrundannahmen und zur Berechnung ausführlich auch Anhang B). Berlin hat weiterhin Einfluss auf die Errichtung von WEA auf den Berliner Stadtgütern, die aber durch die Bilanzierungslogik dieser Studie nicht erfasst werden können. Zudem unterliegen die Stadtgüter den Planungs- und Genehmigungsverfahren im Land Brandenburg bzw. in den jeweils zuständigen regionalen Planungsgemeinschaften.

Schlüssel-faktoren	Referenz-szenario	Zielszenario 1	Zielszenario 2
Fern- und Nahwärmenetze	Zubau kompensiert Wärmesanierungseffekte, FW-Absatz bleibt wegen geringer Sanierungsrate erhalten.	stärkere Sanierungseffekte werden langfristig durch Ausbau in der Fläche und Erhöhung der Anschlussdichte kompensiert, im Vergleich zum Referenzszenario nur geringer Abfall des Wärmeabsatzes.	keine Neuanschlüsse bei 1-2 stöckigen Gebäuden, ansonsten wie Zielszenario 1. Insbesondere durch wärmetechnische Sanierung sinkt der Wärmeabsatz um knapp 30 %.
Fernwärme (Erzeugung)	Kraftwerke ohne Kohle, Öl und importierter Biomasse, 30 % EE-Anteil, Power to Heat	Kraftwerke ohne Kohle, Öl und importierter Biomasse, 35 % EE-Anteil, Power to Heat	wie Zielszenario 1 mit 40 % EE-Anteil, Leistung geringer, zusätzlich dezentrale Teilnetze
Bundesweite Stromerzeugung (Generalfaktor)	80 % erneuerbare Energien, fossiler Anteil zu 50 % Braunkohlestrom ohne KWK, Rest Gas-GuD und BHKW	80 % erneuerbare Energien, fossiler Anteil aus Gas-GuD und Gas BHKW ohne Kohle	wie Zielszenario 1
Regenerativer Anteil der Gasimporte	18 %	24 %	30 %
Anwendungen für Überschussstrom (Speicher)	nur im Fernwärmenetz	zusätzlich geringfügig dezentral im Verkehrssektor und in der Wärmeerzeugung	zusätzlich dezentrale Integration virtueller Kraftwerke (WP, Power to Heat, und E-Mobilität)
Solarenergie	geringer Ausbau, Berliner Dächer bleiben weiterhin überwiegend ungenutzt	Solarthermie außerhalb der FW-Netze in gleichberechtigter Flächenkonkurrenz zur PV. PV insbesondere an FW-Standorten, mehrheitliche Nutzung von geeigneten Dach- und Fassadenflächen	wie Zielszenario 1, aber Steigerung der Dach- und Fassadenflächennutzung um 50 %.
Biomasse (z.B. Reststoffe, Abfälle, Grünschnitt)	vollständige Nutzung endogener Potenziale zur Biogasgewinnung, Import nur als Treibstoff sowie für dezentrale Biomasse-Heizung	Wie Referenzszenario	wie Referenzszenario
Windkraft	marginale Nutzung bestehender Potenziale	überwiegende Nutzung der Potenziale	vollständige Nutzung der Potenziale
Weitere Faktoren	siehe Handlungsfeld Gebäude		

Tabelle 11: Schlüsselfaktoren und Ausprägungen in den Szenarien im Handlungsfeld Energieversorgung; Quelle: Eigene Darstellung.

Für die fossile Stromerzeugungsstruktur in der Stadt wurde angenommen, dass diese aufgrund der zukünftig erforderlichen Flexibilität vollständig auf überwiegend im KWK-Betrieb laufenden Gaskraftwerken beruht. Deren Erzeugungskapazität wächst mit steigender Effizienz der Erzeuger und steigendem Anteil der Fernwärme an der

Wärmeerzeugung, sie sinkt mit zunehmender Sanierungsrate der Gebäude und mit erhöhter Nutzung von Überschussstrom zur Wärmeerzeugung im Fernwärmenetz. Hatte 2010 in Berlin die Stromerzeugung ohne Wärmeauskopplung noch einen Anteil von 35 % an der gesamten fossilen Stromerzeugung[32], wird dieser Anteil in 2050 auf 15 % sinken, da insbesondere im Sommer die regenerative Stromerzeugung durch Photovoltaik den Bedarf an ungekoppelter fossiler Stromerzeugung stark reduzieren wird. Der Anteil an Fernwärme, der mittels Power to Heat gewonnen wird, wird in allen drei Szenarien mit je 20 % angesetzt. Energetisch effizientere, aber teurere Wärmepumpen zur Nutzung des Überschussstromes im Fernwärmenetz wurden nicht modelliert. Der Anteil der dezentralen BHKW wurde spezifisch für die Szenarien im folgenden Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung definiert und ist abhängig vom Ausbaugrad der Fernwärme und dem Wärmebedarf der Gebäude.

Da sich die Energieversorgungsstruktur zukünftig aufgrund der erneuerbaren Stromerträge aus Wind- und Sonnenkraft in Richtung einer stärkeren Nutzung des Energieträgers Strom entwickeln wird, hat die Bewertung der mit der Stromnutzung verbundenen Emissionen einen wachsenden Einfluss auf alle Handlungsfelder in der CO_2-Verursacherbilanz. Allein 33 % des Endenergieumsatzes im Zielszenario 2 sind direkt dem Energieträger Strom zuzuordnen. An die Stromnutzung indirekt gekoppelt sind die Bewertung von Überschussstrom und damit auch die Bewertung der neuen Energieträger Wasserstoff und Methanol insbesondere für den Verkehrssektor sowie der Fernwärme, die Überschussstrom ebenfalls einsetzen wird. Für die Bewertung der Fernwärme, die anteilsmäßig mit einer Beteiligung von 30 % am Endenergieverbrauch im Zielszenario 1 die größte Bedeutung hat, ist neben der Beschreibung des zugrundeliegenden Erzeugerparks die Bewertung des eingesetzten Energieträgers Gas von signifikanter Bedeutung, da diese direkt auf die Ermittlung des Emissionsfaktors Fernwärme durchgreift. Der Anteil des Energieträgers Gas am Primärenergieverbrauch Berlins beträgt 2050 je nach Szenario 70-79 %. Für die Emissionsbewertung des Gasverbrauches musste eine Methode gefunden werden, um erneuerbare Anteile am Gasmix zu beschreiben. Die Einflussfaktoren und Methoden zur Bewertung des Verbrauchs von Strom, Überschussstrom, Gas und Fernwärme werden daher im Anschluss detailliert beschrieben. Weitere Spezifizierungen der Annahmen finden sich im Anhang B 8.

3.2.1.2. Szenarien

Nachfolgend werden zentrale Schlüsselfaktoren für die zukünftige Energieversorgung in Berlin und ihre entsprechenden Ausprägungen detaillierter und vergleichend für die drei Szenarien dargestellt.

Generalfaktor Strom

In allen drei Szenarien wird für die bundesweite Stromerzeugung ein regenerativer Anteil von 80 % gemäß des Energiekonzeptes der Bundesregierung aus dem Jahr 2010 angenommen. Damit wird der Emissionsfaktor für die Stromnutzung durch die Primärenergieträger sowie den durchschnittlichen Wirkungsgrad der Kraftwerksanlagen für die verbleibenden 20 % fossilen Anteils bei der Stromerzeugung determiniert.

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass Erdgas und Braunkohle zu je 50 % am fossilen Restanteil beteiligt sind, und dass die gesamte deutsche Stromerzeugung bei einem durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad von 40 % ohne KWK erfolgt. Für diesen Fall sinkt der Generalfaktor von 548 g CO_2/ kWh in 2010 auf 150 g CO_2/ kWh in 2050 (-73 %).

In den beiden Zielszenarien gibt es in Deutschland keine Verstromung von Kohle mehr. Die rein gasbasierte fossile Stromproduktion ohne Wärmeauskopplung erfolgt bei 50 % elektrischem Wirkungsgrad. Dadurch sinkt

[32] Überwiegend Betrieb der KWK-Anlagen ohne Wärmeabnahme im Sommer.

der Generalfaktor Strom auf 81 g CO_2/ kWh (-85 %). Bei vollständiger Nutzung der Abwärme und Verteilung der Emissionen auf die Strom- und Wärmeerzeugung nach der Finnischen Methode sinkt der Generalfaktor sogar auf einen Wert von 60 g CO_2/kWh. Dieser letzte Wert wurde jedoch in den hier vorgelegten Szenarien nicht berücksichtigt und stellt damit eine Art „stiller Reserve" dar, die gewissermaßen als weiterer „konservativer Puffer" für die Erreichung der Zielmarke 80 % beim Generalfaktor Strom noch zur Verfügung stehen würde.[33]

Nutzung von Überschussstrom

Die Bewertung von Überschussstrom hängt davon ab, ob man annimmt, dass dieser ansonsten nicht genutzt wird, oder ob die Überschussstromnutzung ein zentrales Element beim Ausbauszenario mit 80 % EE im Stromanteil darstellt, also systemimmanent und im Generalfaktor Strom berücksichtigt wird. Die zunehmende Nutzung von Überschussstrom führt dazu, dass die zu installierende Kapazität erneuerbarer Energien verringert werden kann, ohne dass vom 80 %-Ziel abgewichen werden muss. Eine Steigerung der tatsächlichen Nutzungsstunden des Anlagenparks erhöht nicht nur dessen Wirtschaftlichkeit, sondern verringert auch die Anzahl der einzelnen Anlagen und damit den gesamten Ressourcenverbrauch bei der Herstellung des Anlagenparks[34] und beim Flächenverbrauch.

Konservativ argumentierend wird die flexible Nutzung des Überschussstroms wie die unflexible Nutzung von Strom mit Emissionen von 150 bzw. 81 g CO_2/ kWh (Referenz- und Zielszenarien) bewertet.

Entsprechend der Wirkungsgradketten ergeben sich damit für die Emissionsfaktoren der aus Überschussstrom gewonnenen regenerativen Energieträger Wasserstoff (H_2) und Methanol (CH_3OH) folgende Werte für Referenzszenario bzw. die Zielszenarien:[35]

Wasserstoff	188 bzw. 101 g CO_2/ kWh
Methanol	251 bzw. 134 g CO_2/ kWh.

Dies stellt eine Abweichung von der derzeit praktizierten Systematik der Energiebilanzen dar, nach der alle regenerativen Energieträger als Nullemissionsenergieträger betrachtet werden.

Erneuerbare Energien im Gasmix

Für die Versorgung mit leitungsgebundenem Gas wurde analog zum Generalfaktor Strom ein bundeseinheitlicher Emissionsfaktor für Gas angesetzt, da es vergleichbar zur Stromversorgung nicht möglich ist, den EE-Gasverbrauch einer Stadt sauber zu bilanzieren. Wie bei den Zielen der Bundesregierung für den EE-Anteil am Stromverbrauch wurde auch von einem Bundesziel ausgegangen, das für EE-Gas explizit nur für das Jahr 2030 in Form eines definierten absoluten Wertes (10 Mrd. m^3/a) in der Gasnetzzugangsverordnung festgelegt wurde (GasNZV 2010, Teil 6, §31). Für die Machbarkeitsstudie wurde angenommen, dass sich dieser Wert bis 2050 auf 20 Mrd. m^3/a verdoppeln lässt. Dies ist im Wesentlichen auf eine Dynamik im Bereich Power to Gas zurückzuführen, die auch nennenswerte Gasmengen für die Einspeisung ins Gasnetz erwarten lässt.

---

33 Die Einzelwerte, die zu den hier dargestellten Generalfaktoren führen, sind in Anhang B dargestellt.

34 Gewinnung, Aufbereitung und Transport von Rohstoffen (z.B. seltene Erden) setzen bei allen technischen Anlagen, so auch bei erneuerbaren Energien nicht-bilanzierte CO_2-Emissionen frei (Life-Cycle-Analysen, siehe GEMIS-Datenbank, http://www.iinas.org/gemis-de.html).

35 Die Berechnung ist im Anhang B 8 dokumentiert.

Dieses EE-Gas wurde dabei nicht wie in der Energiebilanz 2010 als emissionsfreier regenerativer Energieträger angesetzt, sondern im Hinblick auf die Speicherung von Überschussstrom mit dem Emissionsfaktor für Wasserstoff bewertet. Dies stellt einen Kompromiss dar zwischen den höher zu bewertenden Anteilen synthetischen Erdgases durch eine Methanisierung des Wasserstoffes und der weiterhin vorhandenen Einspeisung von aus Biomasse gewonnenem EE-Gas, das gemäß der bestehenden Systematik für die Bilanz 2010 weiterhin (wie aktuell geltend) als emissionsfrei angesehen wird.

Der Anteil des EE-Gases im Gasmix (aus Biomasse, Wasserstoff und synthetischem Erdgas/ methanisiertem Wasserstoff) ist abhängig vom Gas-Primärenergieverbrauch in den Szenarien für 2050, da der EE-Gasanteil absolut als Ziel vorgegeben ist, der Verbrauch jedoch mit den Szenarien schwankt. Es wurde der zu den 20 Mrd. m³ gehörende EE-Gasanteil - bezogen auf den Gasverbrauch in Deutschland im Jahr 2010 - bestimmt (26 %) und angenommen, dass die Veränderung des Gasverbrauches in Berlin für 2050 in den unterschiedlichen Szenarien repräsentativ für Deutschland ist. Ein höherer Gasverbrauch im Vergleich zu 2010 führt daher zu einem verringerten EE-Gasanteil und umgekehrt. Mit den aus den Szenarien ermittelten Gasverbräuchen für Berlin ergeben sich folgende EE-Gasanteile am Gasverbrauch, die mit dem Emissionsfaktor für Wasserstoff bewertet zu den Reduktionen beim Generalfaktor Gas führen:

2010	0,2 %	202 g CO_2/kWh
Referenz	18 %	199 g CO_2/kWh
Ziel 1	24 %	177 g CO_2/kWh
Ziel 2	30 %	171 g CO_2/kWh.

Es wird dabei angenommen, dass in 2050 ein Teil des im deutschen Gasmix enthaltenen Biogases in Berlin selbst aus lokal anfallenden biogenen Reststoffen erzeugt wird (siehe Anhang B).

Emissionsfaktor Fernwärme

Der Emissionsfaktor Fernwärme ist ein landesspezifisch vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg ermittelter Wert (AfS 2013a: 29). Unter der Annahme eines Anteils von Power to Heat in der Fernwärme in Höhe von 20 %[36], 5 % Gas-Spitzenlastkessel (2010: 22 %), dem EE-Gasanteil beim Gasverbrauch entsprechend obiger Annahmen und einem sich aus diesen Annahmen ergebenen regenerativen Anteil an der Fernwärme für ein Gas-Kraftwerk mit 100 % KWK-Anteil (50 % elektrischem, 40 % thermischem Wirkungsgrad, Emissionsverteilung nach der Finnischen Methode) ergeben sich folgende Emissionsfaktoren:

2010	244 g CO_2/kWh
Referenz	150 g CO_2/kWh
Ziel 1	123 g CO_2/kWh
Ziel 2	119 g CO_2/kWh.

[36] Aufgrund des großen Fernwärmenetzes ist dieser Wert für Berlin deutlich höher als der Durchschnittswert für Deutschland. Die hier gewählten 20 % wurden auf der Grundlage von Gesprächen mit Vertretern der Berliner Energiewirtschaft (u.a. mit Vattenfall) gewählt. Die Power to Gas-Technologie selbst bietet zudem die Möglichkeit, die entstehende Abwärme im Fernwärmenetz zu nutzen; dies wurde aber im Sinne einer konservativen Abschätzung nicht mit berücksichtigt. Wenn die für den Verkehrssektor benötigten Mengen an Wasserstoff und Methanol zusammen mit der Fernwärme in der Stadt erzeugt werden, sinken die angenommenen Emissionsfaktoren für Fernwärme weiter.

Stromverwendung, Strombereitstellung und Eigenstromversorgung

Die Stromverwendung der Stadt ist in Abb. 21 und Tab. 12 dargestellt. Der Endenergieverbrauch der Handlungsfelder Gebäude, Wirtschaft, Haushalte und Konsum sowie Verkehr bleibt auf einem ähnlichen Niveau (mit einer Schwankungsbreite von 41-45 PJ) erhalten, er fällt im Vergleich zu 2010 im Referenzszenario maximal um 7 % und steigt im Zielszenario 1 maximal um 1 %.

Abbildung 21: Stromverwendung nach Szenarien; Quelle: Eigene Darstellung.

Stromverwendung	2010	Referenz	Ziel 1	Ziel 2
Gebäude (Heizung, Warmwasser)	5 PJ/a	7 PJ/a	15 PJ/a	11 PJ/a
Wirtschaft	23 PJ/a	18 PJ/a	13 PJ/a	15 PJ/a
Konsum	12 PJ/a	11 PJ/a	9 PJ/a	6 PJ/a
Verkehr	3 PJ/a	5 PJ/a	9 PJ/a	8 PJ/a
Power to Fernwärme	0 PJ/a	10 PJ/a	9 PJ/a	7 PJ/a
Power to Wasserstoff	0 PJ/a	1 PJ/a	9 PJ/a	4 PJ/a
Power to Methanol	0 PJ/a	0 PJ/a	0 PJ/a	5 PJ/a
Eigenverbrauch und Verluste	3 PJ/a	5 PJ/a	4 PJ/a	4 PJ/a
Export	0 PJ/a	5 PJ/a	0 PJ/a	0 PJ/a
Summe	47 PJ/a	61 PJ/a	67 PJ/a	60 PJ/a

Tabelle 12: Stromverwendung nach Szenarien, Werte gerundet;
Quelle: Eigene Darstellung.

Neben dem in Abb. 21 dargestelltem Eigenverbrauch für die Energieerzeugungsanlagen wird im Umwandlungsbereich zusätzlich Strom für Power to Heat im Fernwärmebereich eingesetzt. Dies wird prozentual mit 20 % über alle Szenarien hinweg angenommen, der absolute Wert schwankt jedoch mit dem Fernwärmeverbrauch der Szenarien. Weiterhin wird Strom eingesetzt, um Wasserstoff und Methanol (nur

Zielszenario 2) zu erzeugen. Für den Fall, dass die gesamte Menge des in Berlin genutzten Wasserstoffs und Methanols in der Stadt selbst erzeugt wird, sind die entsprechenden Stromverbräuche in Abb. 21 dargestellt.

Abbildung 22: Strombereitstellung nach Szenarien; Quelle: Eigene Darstellung.

Strombereitstellung	2010	Referenz	Ziel 1	Ziel 2
Sommer ohne KWK	11 PJ/a	8 PJ/a	7 PJ/a	6 PJ/a
KWK im Wärmenetz	22 PJ/a	45 PJ/a	41 PJ/a	32 PJ/a
KWK im Gebäude	0 PJ/a	7 PJ/a	4 PJ/a	4 PJ/a
Wind	0 PJ/a	0 PJ/a	1 PJ/a	1 PJ/a
Photovoltaik	0 PJ/a	1 PJ/a	9 PJ/a	13 PJ/a
Import	14 PJ/a	0 PJ/a	5 PJ/a	4 PJ/a
Summe	47 PJ/a	61 PJ/a	67 PJ/a	60 PJ/a

Tabelle 13: Strombereitstellung nach Szenarien, Werte gerundet;
Quelle: Eigene Darstellung.

Dieser Stromverwendung steht die Strombereitstellung in der Stadt gegenüber, die in Abb. 22 und in Tab. 13 dargestellt sind. Die Säulen zeigen die unterschiedliche Herkunft des Stromes. Im Referenzszenario werden beispielsweise rund 61 PJ/a erzeugt, überwiegend in Kraft-Wärme-Kopplung in Verbindung mit Fernwärmenetzen, deren Verwendung in Abb. 21 dargestellt ist. Es werden rund 51 PJ/a in der Stadt benötigt, der Rest der Erzeugung deckt den Eigenbedarf der Erzeugungsanlagen oder wird exportiert. Durch den im Referenzszenario leicht steigenden Fernwärmeverbrauch der Stadt bei höherer Stromkennzahl und besseren elektrischen Wirkungsgraden steigt die „fossile“ Stromerzeugung an. Umgekehrt entwickeln sich die erneuerbaren Energien im Referenzszenario kaum dynamisch über diesen langen Zeitraum und würden demgemäß auch 2050 noch keinen nennenswerten Beitrag liefern. Dies wirkt sich entsprechend auch auf das Emissionsergebnis des Referenzszenarios aus.

Mit dem fallenden Fernwärmeabsatz in den Zielszenarien 1 und 2 sinkt der in KWK erzeugbare Stromanteil sowohl in den Fernwärmenetzen als auch im objektbezogenen Gebäudebereich. Aus Abb. 22 wird ersichtlich, dass die sinkende KWK-Stromproduktion durch Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen insbesondere in

Zielszenario 1 vollständig kompensiert werden kann. Bei dieser Betrachtung muss berücksichtigt werden, dass es sich um eine aggregierte Jahresbilanz handelt. Die Stromerzeugungsanteile durch KWK im Winter und Photovoltaik im Sommer ergänzen sich gut, der Stromverbrauch hat aber im Winter einen Schwerpunkt, der durch die Nutzung von Überschussstrom im Sommer ausgeglichen werden muss.

Wie die nachfolgende Abb. 23 zeigt, kann Berlin seinen Eigenversorgungsgrad trotz steigenden Strombedarfs[37] deutlich erhöhen. In beiden Zielszenarien könnte Berlin zum Stromexportland werden, wenn die dort veranschlagte Strom verbrauchende Power-to-Gas und Power-to-Methanol-Produktion außerhalb des Bilanzgebiets Berlin stattfände. Allerdings gibt es gute Gründe, die dafür sprechen, diese Produktionsprozesse in Berlin selbst anzusiedeln: die Infrastruktur ist vorhanden, die Abnehmer sind auf kurzen Wegen erreichbar, und die Wertschöpfungseffekte fallen dann in Berlin an. Unter der Annahme einer 100 %igen Produktion von Power-to-Gas und Power-to-Methanol-Produktion im Stadtgebiet würde der Berliner Eigenversorgungsgrad immer noch von knapp 70 % im Jahr 2010 auf über 90 % in 2050 steigen.

Abbildung 23: Eigenversorgungsgrad nach Szenarien; Quelle: Eigene Darstellung.

Grundlage der weiteren Betrachtung ist daher die Produktion dieser Energieträger in der Stadt, wodurch eine Eigenversorgungsquote von 92-93 % erreichbar ist und der Importanteil gegenüber 2010 folglich auf ein Bruchteil gesenkt werden kann (vergleiche Tab. 14), trotz zunehmender Bedeutung des Endenergieträgers Strom.

Die Verzahnung mit dem Umland bleibt aber weiter erhalten: In der Tendenz wird im Sommer Strom exportiert, im Winter dagegen wird insbesondere regenerativer Windstrom aus Brandenburg importiert und kann dann als Überschussstrom auch in Berlin für Fernwärme und für die Umwandlung zu Treibstoff genutzt und gespeichert

[37] Der Endenergiebedarf Strom bleibt etwa gleich oder sinkt sogar, vgl. Abb. 21 und Tab. 12.

Eigenversorgungsgrad	2010	Referenz-szenario	Ziel-szenario 1	Ziel-szenario 2
unter Berücksichtigung von:	100 % innerstädtischer Produktion von H_2/ Methanol			
Bereitstellung ohne Import	33 PJ/a	61 PJ/a	62 PJ/a	56 PJ/a
% Eigenverbrauch + Verluste	-3 PJ/a	-5 PJ/a	-4 PJ/a	-4 PJ/a
Summe	30 PJ/a	56 PJ/a	58 PJ/a	53 PJ/a
Stromverwendung	44 PJ/a	51 PJ/a	63 PJ/a	56 PJ/a
	69 %	110 %	92 %	93 %
unter Berücksichtigung von:	0 % innerstädtischer Produktion von H_2/ Methanol			
Bereitstellung ohne Import	33 PJ/a	61 PJ/a	62 PJ/a	56 PJ/a
% Eigenverbrauch + Verluste	-3 PJ/a	-5 PJ/a	-4 PJ/a	-4 PJ/a
Summe	30 PJ/a	56 PJ/a	58 PJ/a	53 PJ/a
Stromverwendung	44 PJ/a	51 PJ/a	53 PJ/a	47 PJ/a
	69 %	111 %	108 %	112 %

Tabelle 14: Eigenversorgungsgrad nach Szenarien; Quelle: Eigene Darstellung.

werden. Das Ergebnis spricht klar für eine Aufgabenteilung: gebäudeintegrierte Photovoltaik in der Stadt und Windkraft auf ansonsten landwirtschaftlich genutzten Flächen im Umland.

Für den Fall, das Wasserstoff und Methanol importiert werden und damit der dafür benötigte Strom in der Stadt nicht mehr benötigt wird, steigt die Eigenerzeugungsquote für das Zielszenario 2 sogar von den dargestellten 93 % auf 112 % (siehe Abb. 23).

Box 1

URBANE SOLARPOTENZIALE

Sonnenergie stellt in verdichteten urbanen Räumen eine sehr gut nutzbare erneuerbare Energiequelle dar, da Photovoltaik- (PV) und Solarthermieanlagen (ST) platzsparend und häufig nahezu „unsichtbar“ auf Dach- und Fassadenflächen installiert werden können. Das schont wertvolle städtische Freiflächen. Bereits die in Kapitel 2 aufgezeigten Solarpotenziale haben diesen Zusammenhang mit teilweise konservativen Annahmen z.B. hinsichtlich des technologischen Fortschritts oder einer reinen Südausrichtung der Anlagen dokumentiert.

In dieser Studie wurden in den Zielszenarien für 2050 durchschnittliche Modulwirkungsgrade i.H.v. 20 % und ein Anlagenwirkungsgrad (Performance Ratio) von 80 % für die Dachflächen angenommen.*) Bei den solarthermischen Erträgen und Deckungsgraden wurden heute übliche Werte angesetzt (siehe die Parameter im Einzelnen im Anhang B 1). Die solarthermischen Deckungsgrade sowie Ertragsannahmen können je nach Auslegung der Anlagen sehr stark schwanken. So können in Gebäuden mit groß dimensionierten Wärmespeichern deutlich höhere Deckungsgrade bzw. jährliche Erträge erreicht werden (vgl. z. B. Hug (2010) oder Baunetz

Wissen Solar (o.J.)). Im Rahmen dieser Studie wird jedoch davon ausgegangen, dass primär kostengünstigere, kleiner dimensionierte Anlagen und Speicher zum Einsatz kommen.

Unter Berücksichtigung von konkurrierenden Wärmeversorgungssystemen wurde bei der Verteilung solarer Flächenpotenziale auch der Wettbewerb zwischen Solarthermie und Photovoltaik bedacht (vgl. ausführlicher 3.2.2.). Da aus Sicht der Gutachter die Solarstromerzeugung in der Zukunft den größeren Anwendungsbereich bei vergleichsweise niedrigeren Kosten bzw. höherem Systemnutzen aufweist, wurden identifizierte Flächenpotenziale je Gebäudekategorie maximal zur Hälfte an die Solarthermie vergeben. Während im „dezentraleren" Zielszenario 2 für PV 21 % und für Solarthermie 3 % der Berliner Dachflächen genutzt werden wird, sinkt der Anteil der solartechnisch genutzten Dachflächen im Zielszenario 1 auf 13 % bzw. 2 %. Zusätzlich zu den nach dem Solaratlas Berlin ermittelten Dachflächenpotenzialen wurden 4,4 % bzw. 2,8 % (Ziel 2 bzw. Ziel 1) der Außenwandflächen berücksichtigt (vgl. auch Everding 2006). Ertragspotenziale auf unbeheizten Gebäuden wurden nicht bedacht.

Bei mit Fernwärme versorgten Gebäuden wurde Solarthermie generell ausgeschlossen, da eine durch Solarthermie verdrängte Fernwärme zu einer geringeren KWK-Ausnutzung führt und die Stromerzeugung tendenziell hin zur Braunkohleverstromung verlagert. Im Zielszenario 1 werden keinerlei Solaranlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden errichtet. Im Zielszenario 2 wird demgegenüber davon ausgegangen, dass es in 2050 für 80 % dieser Gebäude adäquate Lösungen - etwa mit dachintegrierten oder angepassten Modulen geben kann, d.h. eine vertretbare Nutzung der solarurbanen Potenziale auch dieser Gebäudekategorie vorliegt, ohne die von manchen befürchtete „architektonische Gesichtslosigkeit" Berlins zu riskieren (vgl. SenStadtUm (2012a).

Für die überwiegende Nutzung der Potenziale bis 2050 spricht die aktuelle Preis- und Kostenentwicklung insbesondere bei der Photovoltaik. Aber auch die Solarthermie wird im Vergleich zu fossilen Heizungssystemen perspektivisch wirtschaftlicher werden. Bei der Photovoltaik werden bei größeren Freiflächenanlagen mittlerweile Preise in der Größenordnung von 10 ct/kWh erreicht.[**)] Kleinanlagen haben bereits seit einiger Zeit die so genannte Grid Parity erreicht, ab der der Eigenverbrauch günstiger ist als der durchschnittliche Strombezugspreis für Haushalte oder Gewerbetreibende inklusive Netznutzung und Umlagen (Bost et al. 2011). Bei Altanlagen mit Fördersätzen oberhalb der heutigen Stromkosten wird dies ggf. erst nach Ablauf der EEG-Förderung nach 20 Jahren der Fall sein. Diese Altanlagen liefern ab dann jedoch den Strom zu marginalen Grenzkosten.

Lernkurvenprojektionen gehen bei weiterem globalen Wachstum der PV von einer weiteren Kostendegression aus (vgl. Kost et al. 2013), so dass sich in wenigen Jahren die Maximierung des Eigenverbrauchs mittels Stromspeicher für den überwiegenden Teil der (neugebauten) Anlagen wirtschaftlich darstellen lässt (Bost et al. 2011). Bis zum Jahre 2050 ist davon auszugehen, dass Eigenerzeugung und –verbrauch in hohem Maße netzverträglich inklusive der Bereitstellung von Systemdienstleistungen erfolgen kann. Das eröffnet neben der günstigen Eigenversorgung weitere Ertragsmöglichkeiten für eine intelligente dezentrale Stromerzeugung. Eine Studie der TU Berlin (zusammen mit und beauftragt von Siemens AG und Vattenfall Europe AG) folgert aufgrund vergleichbarer Annahmen:

„Eine verstärkte Eigenerzeugung mittels Photovoltaik in Verbindung mit einem Smart Grid ist also in jedem Falle sinnvoll, ganz gleich, ob der Strombedarf sinkt oder steigt." (TU Berlin et al. 2011: 32).

Die gemäß Zielszenario 2 erreichbare Solarstrommenge in Berlin liegt in 2050 bei rund 3.700 GWh/a. Nach Angaben des Netzbetreibers Vattenfall (Stromnetz Berlin GmbH) (siehe http://www.stromnetz-berlin.de, abgerufen am 12.2.2014) hatte das Berliner Stromnetz im Jahr 2012 eine Jahreshöchstlast von 2,5 GW bei einem Jahresstromverbrauch von 14.300 GWh. Im

Sommer könnten die solaren Einspeisespitzen somit die heutige Höchstlast um etwa das 1,7-fache übersteigen, was einerseits bedeutet, dass auf eine parallele fossile Erzeugung im Sommer weitestgehend verzichtet werden kann. Andererseits werden dann entsprechende Speichersysteme bzw. eine strombasierte Energieträgerherstellung erforderlich (hierzu auch ausführlicher Anhang B 8). Insgesamt zeigt sich, dass das urbane Verteilnetz sehr gute Voraussetzungen für die Aufnahme auch hoher Mengen an Solarstrom bietet, auch weil sich dezentrale Erzeugung und dezentraler Verbrauch teilweise kompensieren.

*) Der durchschnittliche Wirkungsgrad der dominierenden siliziumbasierten Module liegt heute bei ca. 15 %. Es werden aber bereits heute polykristalline Zellen im industriellen Standardherstellungsverfahren mit Wirkungsgraden von 19 % produziert (BINE 2013). Die Annahme eines Wirkungsgrads von 20 % in 2050 ist daher als durchaus konservativ zu bezeichnen.

**) Gemäß Bundesnetzagentur liegen die EEG-Vergütungssätze ab 1.4.2014 für Großanlagen bei rd. 9,2 ct/kWh und für Kleinanlagen (Leistung bis 10 kWp) bei 13,3 ct/kWh (Stand: 11.2.2014).

3.2.1.3. Zwischenfazit

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass 20 % fossile Stromerzeugung in Deutschland hälftig aus Kohle- und Gaskraftwerken stammt (siehe im folgenden Tab. 15). Für den Gasverbrauch wurden 18 % erneuerbare Anteile als deutschlandweiter Mix angenommen. Fernwärme wird zu 75 % in zentraler Gas-KWK und zu 20 % aus Power to Heat erzeugt. Der Anteil der Spitzenlastkessel sinkt auf 5 %. Der Fernwärmeabsatz steigt durch Verdichtung und Erweiterung bei mäßiger energetischer Sanierung der Gebäude um 2 %. Steigende Effizienz bei der Stromerzeugung und ein verringerter Strombedarf der Stadt führen zu einem Exportüberschuss von 10 %[38].

	Szenarien 2050		
Schlüsselfaktoren	Referenzszenario	Zielszenario 1	Zielszenario 2
Strommix bundesweit mit 80 % EE-Anteil EF – CO_2	20 % fossil, je 50 % Gas & Kohle 150 g/ kWh	20 % fossil, alles Gas 81 g/ kWh	20 % fossil, alles Gas 81 g/ kWh
EE – Anteil im Gas	18 %	24 %	30 %
Weitere EF: Gas Überschuss-Strom H_2 Methanol FW	 199 g/kWh 150 g/kWh 188 g/kWh 251 g/kWh 150 g/kWh	 177 g/kWh 81 g/kWh 101 g/kWh 134 g/kWh 123 g/kWh	 171 g/kWh 81 g/kWh 101 g/kWh 134 g/kWh 119 g/kWh
Fernwärme Absatz (% von 2010) Anschluss BGF (% von 2010) Anteile Kessel /P2H /KWK	47,4 PJ/a 102 % 125 % 5 % / 20 % / 75 %	43,0 PJ/a 93 % 150 % 5 % / 20 % / 75 %	33,2 PJ/a 72 % 145 % 5 % / 20 % / 75 %

38 Ohne Berücksichtigung von Eigenbedarf und Verlusten.

	Szenarien 2050		
Schlüsselfaktoren	Referenzszenario	Zielszenario 1	Zielszenario 2
Fossile Stromerzeugung ohne KWK in Berlin	15 %	15 %	15 %
Photovoltaik, genutzte Dachfläche ST+PV Außenwandfläche	0,9 PJ/a 1,6 % 0,3 %	8,6 PJ/a 15,3 % 2,8 %	13,4 PJ/a 24,2 % 4,4 %
Überschussstromnutzung	0 PJ/a Gebäude+Verkehr 10,3 PJ/a P2H, P2G	1,9 PJ/a Gebäude+Verkehr 16,5 PJ/a P2H, P2G	4,8 PJ/a Gebäude+Verkehr 14,4 PJ/a P2H, P2G
Biomasse	Als EE-Anteil im Biogas enthalten bzw. dezentral im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung eingesetzt.		

Tabelle 15: Wichtige Kennzahlen der Szenarien des Handlungsfeldes Energie;
EF = Emissionsfaktor; EE = Erneuerbare Energien; Quelle: Eigene Darstellung.

Im Zielszenario 1 gibt es für die 20 % fossile Stromerzeugung deutschlandweit nur noch Gaskraftwerke. Die erneuerbaren Anteile im Erdgas betragen 24 %. Fernwärme wird zu 75 % in zentraler Gas-KWK und zu 20 % aus Power to Heat erzeugt. Der Anteil der Spitzenlastkessel bleibt bei 5 %. Auf Grund der geringeren Energieverbräuche der Gebäude sinkt trotz erheblicher Erweiterungen des Fernwärmenetzes der Fernwärmeabsatz um 8 %[39]. Die sinkende Stromerzeugung aus zentraler wie dezentraler KWK kann insbesondere durch solare Erträge aus Photovoltaikanlagen aufgefangen werden. Trotz eines stromzentrierteren Endenergieverbrauchs müssen jedoch nur noch 8 % des Stromverbrauchs importiert werden, wenn die mit Überschussstrom erzeugten Energieträger in der Stadt produziert werden.

Im Zielszenario 2 wird noch ein größeres Gewicht auf die dezentrale Bereitstellung durch erneuerbare Energien gelegt. Es unterscheiden sich insbesondere die folgenden Parameter von Zielszenario 1: Die erneuerbaren Anteile im Erdgas betragen 30 %. Auf Grund der noch geringeren Energieverbräuche und etwas geringerer Anschlussdichte der Gebäude sinkt der Fernwärmeabsatz um 28 %. Die sinkende Stromerzeugung aus zentraler wie dezentraler KWK kann trotz weiter steigender solarer Erträge aus Photovoltaikanlagen nicht vollständig aufgefangen werden. Durch einen insgesamt sinkenden Stromverbrauch müssen trotzdem nur 7 %[40] des Stromverbrauchs importiert werden. In beiden Zielszenarien nimmt damit der Eigenversorgungsgrad im Strombereich auf über 90 % deutlich zu.

3.2.2. Gebäude und Stadtentwicklung

3.2.2.1. Einführung

Die zukünftige Bau- und Flächenentwicklung und die daraus resultierende Veränderung der Stadtstruktur sowie die Intensität, Art und Weise der Sanierung und des Neubaus inkl. der jeweils eingesetzten Anlagentechnik beeinflussen entscheidend die mögliche CO_2-Reduktion im Bereich Gebäude und Stadtentwicklung (vgl. im folgenden Tab. 16). Die Szenarien variieren deswegen die entscheidenden Einflussgrößen auf die Bau- und Flächenentwicklung sowie die Intensität und Qualität von Sanierung und Neubau.

[39] Ohne Berücksichtigung von Eigenbedarf und Verlusten.

[40] Ohne Berücksichtigung von Eigenbedarf und Verlusten.

Schlüsselfaktoren	REFRENZSZENARIO	ZIELSZENARIO 1	ZIELSZENARIO 2
Wohnfläche/ EW	steigend Trend: von 39 auf 42 m²	Stagnierend: 39 m²	leicht fallend: von 39 auf 36 m²
Arbeitsflächenbedarf pro Arbeitsplatz	stagnierend gemäß STEP Gewerbe	leicht fallend	fallend
Nachverdichtung	gering (gemäß StEP Wohnen); 2 % bis 2050	moderat; 3,7 % bis 2050	hoch; 6 % bis 2050
Neustrukturierung (Substitution) Stadtstrukturtyp	gering, 0,27 % gemäß IWU	moderat, 0,5 %	hoch, 0,7 %
Art der Neuausweisung	Trend Bebauungs- und Dichtemix (nach StEPs, FNP etc.)	verringerte und verdichtete Wohnungs- und Gewerbe-Neuausweisung	keine Neuausweisung
Sanierungsrate der Gebäudehülle	0,8 % (gemäß IWU)	Sanierungsrate 1,5 %	Sanierungsrate 2 %
Denkmalschutz	aktuelle Rahmenbedingungen bleiben	aktuelle Rahmen-bedingungen bleiben	Lockerung der Auflagen
Sanierungstiefe/ Reduktion der Transmissionsverluste	nur unsanierte Altbauten, 1/3 der Bauteilfläche mit vorbildlichen Dämmstandards	2/3 der Bauteilfläche mit vorbildlichen Dämmstandards	vorbildlicher Dämmstandard für alle Gebäude
Anlagen- und Brennstoffmix	*)	*)	*)
FW-Anschlussdichte und deren Veränderung	+25 %	+50 %	+45 %
Lüftung: Wärmerückgewinnungsa nteile und –grade	30 %	30 %	30 %
Anteile Solarthermie zu Photovoltaik beim Solarausbau	50 %	50 %	50 %
Solare Nutzungsgrade von Dach-/ Fassadenflächen	2 % / 0 %	15 % / 3 %	24 % / 4 %

Tabelle 16: Übersicht der Stellgrößen im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung[41]; *) siehe ausführlich Tabelle 19; Quelle: Eigene Darstellung.

[41] Eine weitere Stellgröße ist die „abgeleitete bauteilspezifische Sanierungsrate abhängig von Baualter/ Denkmalschutz"; aufgrund ihrer besonderen Bedeutung wird sie in Anhang B ausführlich beschrieben.

Die zunächst unter verschiedenen Annahmen ermittelte Entwicklung der bebauten Flächen („Stadtraumfläche“) und der Gebäude-Bruttogeschossflächen bildet dabei die Grundlage für die Berechnung der jeweiligen CO_2-Reduktionspotenziale in den Szenarien.

Das Referenzszenario orientiert sich an den heute angelegten CO_2-wirksamen Tendenzen und Zielstellungen des Landes Berlin in der Stadt- und Gebäudeentwicklung. Die Annahmen zur Flächenentwicklung werden aus den relevanten Planwerken wie den Stadtwicklungsplänen und dem Stadtentwicklungskonzept 2030 abgeleitet (SenStadtUm 2013a). Die angenommenen Sanierungsraten orientieren sich an den umfassenden Erhebungen des Institutes für Wohnen und Umwelt (vgl. IWU/ BEI 2010). Die Bestimmung der Sanierungstiefe orientiert sich an der aktuellen, zum Teil gesetzlich geregelten (EnEV etc.) Entwicklung. Leicht dämmbare Gebäudeteile (Fenster, Dachflächen) werden dabei anteilig stärker saniert als die Fassade, insbesondere bei Gründerzeitgebäuden und im Bereich des Denkmalschutzes.

Das Zielszenario 1 ließe sich übergreifend als „Moderate Modernisierung“ charakterisieren. Es versucht, alle angenommenen Stellgrößen stärker in Richtung Klimaneutralität „zu drehen“, allerdings nur bis zu einem ökonomisch wie sozial noch zumutbar erscheinenden Maß. Beachtung finden dabei insbesondere die Aspekte der Refinanzierung der Investitionen sowie des Denkmalschutzes. Das Engagement wird zwar im Vergleich zum Referenzszenario wesentlich beschleunigt, trotzdem werden die zu erzielenden Trendwenden (z.B. bei den Wachstumsraten von Wohnraum und Bedarfsfläche pro Arbeitsplatz) und den Reduktionsraten schwächer als im Zielszenario 2 angenommen. Auch hier werden leicht dämmbare Gebäudeteile anteilig stärker saniert als die Fassaden, allerdings mit gegenüber dem Referenzszenario höheren Anteilen am vorbildlichen Dämmstandard. Insgesamt orientiert sich das moderate Szenario an der politischen, sozialen sowie stadtentwicklungs- und stadtbildbezogenen Durchsetzbarkeit.

Das Zielszenario 2 kann mit dem Begriff „Konsequente Modernisierung“ beschrieben werden. Es geht von der umfassende Ausschöpfung aller heute absehbaren Reduktionspotenziale im Gebäude- und Stadtentwicklungsbereich aus. Sanierungsrate und Sanierungstiefe werden ungeachtet des Stadtstrukturtypes so weit gesteigert, dass bis 2050 weite Teile des Gebäudebestandes incl. des prägenden gründerzeitlichen Bestandes umfassend saniert sind. Unterstellt wird eine erhebliche Nachverdichtungs- und Substitutionsrate im Bestand und eine Trendwende im Flächenverbrauch pro Kopf, wodurch auf jegliche Neuausweisung verzichtet werden kann. Das Szenario verdeutlicht die großen finanziellen, sozialen und stadtstrukturellen Herausforderungen, die ein entsprechend umfängliches Ausschöpfen aller Potenziale mit sich bringt.

3.2.2.2. Szenarien

Wie eingangs erwähnt, werden die Szenarien auch in diesem Handlungsfeld entlang der Stellgrößen erörtert. Dabei sind einerseits Faktoren relevant, die im Kontext von Flächenentwicklung stehen (3.2.2.2.1.), andererseits solche, die auf die Gebäudeentwicklung fokussieren (3.2.2.2.2.). Während diese i.w.S. flächenbezogenen Parameter auf verschiedenen Quellen wie Datenbeständen; Fallstudien etc. aufbauen und entwickelt werden konnten, musste für die Bestimmung der gebäudebezogenen Parameter eigens ein aufwendiges Gebäudemodell für den Berliner Stadtraum („Berliner Gebäude-Energie-Modell“ (BeGEM)) erstellt werden.

3.2.2.2.1. Stellgrößen der Szenarienentwicklung für die Flächenentwicklung

Das Ziel „Stadt der kurzen Wege“, wesentliche Voraussetzung für effiziente Versorgungsstrukturen und für reduzierte verkehrsbedingte Emissionen, erfordert eine Reduktion des Flächenverbrauchs, eine konsequente Ausschöpfung von Nachverdichtungspotenzialen sowie eine Konzentration des Neubaus auf gut integrierten und angebundenen Standorten.

Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung

Entscheidend für die zukünftige Flächenentwicklung sind insbesondere die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung des Landes Berlin, die in allen Szenarien und Handlungsfeldern als gleich im Sinne konstanter Rahmenbedingungen angenommen werden. Ansichts des erwarteten Anstiegs der Berliner Bevölkerung auf 3,75 Millionen Einwohner (SenStadtUm 2013a) müssen 2050 rund 250.000 zusätzliche Einwohner mit Wohnraum versorgt werden. Basierend auf Annahmen des Landes Berlin (SenStadt 2009, SenStadt 2011a, SenStadt 2011b) und des Handelsverbandes Deutschland (HDE) (Mielke 2013) wird in den Szenarien von einem Anstieg um über 200.000 Arbeitsplätze auf knapp 1,9 Millionen im Jahr 2050 ausgegangen, verbunden mit einem erheblich wachsenden Bedarf an Gewerbeflächen[42]. Das dynamische Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum Berlins induziert damit im Gebäudebereich in allen Szenarien einen umfassenden Neubau- und (je nach Szenario zum Teil erheblichen) Neuausweisungsbedarf.

Wohnfläche pro Einwohner

Im Jahr 2010 lag die rechnerische Wohnfläche pro Einwohner in Berlin bei 38,8 m² (SenStadt 2011c: 2) und damit im unteren Mittelfeld der deutschen Großstädte. Im Bundesdurchschnitt lag die Wohnfläche pro Kopf mit 45 m² pro Kopf erheblich höher (BiB 2013). Die Wohnfläche ist seit 1998 um über 6 m² pro Kopf gestiegen. Viele Studien erwarten angesichts ungebrochener Trends (etwa zu immer mehr Singlehaushaushalten) auch für die kommenden Jahre eine Fortsetzung dieses Flächenbedarfs[43]. Das Referenzszenario geht deswegen von einem Anstieg in Berlin von knapp über 10 % bis 2050 auf 42 m² aus[44]. Allein dadurch steigt der Neubaubedarf im Referenzszenario noch einmal fast im gleichen Umfang wie durch den Bevölkerungszuwachs. Im Zielszenario 1 wird dagegen wie im Stadtentwicklungsplan Wohnen (SenStadtUm 2013b) von einem stagnierenden Pro-Kopf-Flächenverbrauch ausgegangen. Mittelfristig werden aber flankierende Regelungen nötig sein (Wohnungsbauprogramme mit angepassten Grundrissen, Umzugsförderung, Vermietungsanreize für untergenutzten Wohnraum etc.), um ein weiteres Ansteigen zu vermeiden. Das gilt umso mehr für Zielszenario 2, das von einem leicht rückläufigen Wohnflächenbedarf auf 36 m² ausgeht. Diese Umkehrung des dominanten Trends wird nur durch umfassende Anreiz- und Ausgleichmaßnahmen zu erreichen sein.[45]

---

42 Prognos geht bis 2030 von ca. 170.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen fast ausschließlich im Dienstleistungs- und Forschungsbereich aus (Prognos 2010: 53).

43 Empirica rechnet in einer Studie im Auftrag der LBS mit einem weiteren Anstieg der Pro-Kopf-Flächen bis 2030 in Westdeutschland um 15 %, in Ostdeutschland sogar um fast ein Viertel (vgl. Berliner Mieterverein 2010).

44 Und folgt damit in diesem Punkt nicht dem Stadtentwicklungsplan Wohnen, der bis 2025 von einem stagnierenden Wohnflächenbedarf pro Kopf in Berlin ausgeht.

45 Damit deckt das Spektrum der in den Szenarien angenommenen Wohnflächenentwicklung pro Kopf die Spanne der Werte ab, von denen in der Berliner Stadtentwicklung ausgegangen wird. Die Zuordnung bestimmter Werte zu den einzelnen Szenarien erfolgt mit Blick auf die interne Stimmigkeit der Szenarien über die Handlungsfelder hinweg.

Arbeitsflächenbedarf pro Arbeitsplatz

Die Projektion des Flächenbedarfs für zukünftige Arbeitsplätze ist mit einigen Unsicherheiten behaftet. Der Flächenbedarf verschiedener Arbeitsplätze unterscheidet sich mitunter erheblich (z.B. Logistik mit viel versus Dienstleistung mit wenig Flächen). Eine Übertragung des allgemeinen Trends einer zunehmenden Substitution von Industrie- durch Büro- und Dienstleistungsarbeitsplätze, die i.d.R. mit entsprechend sinkendem durchschnittlichen Flächenbedarf gekoppelt sind, ist für Berlin aufgrund des vergleichsweise niedrigen Industriebestandes nur bedingt möglich. Im Referenzszenario wird deshalb keine Änderung des Flächenbedarfs pro Arbeitsplatz angenommen. Neue Arbeitsplätze werden - auch unter Berücksichtigung der Bestrebungen, Berlin wieder stärker zum Industriestandort zu machen - zukünftig überwiegend im Dienstleistungs- und Forschungsbereich entstehen. Sie werden daher mit einem durchschnittlichen Flächenbedarf von rd. 33 m² pro Arbeitsplatz angenommen (vgl. Jones Lang 2009: 3). In den Szenarien Ziel 1 („Moderate Modernisierung") und Ziel 2 („Konsequente Modernisierung") wird dagegen von einem leicht bzw. einem stärker fallenden Flächenbedarf pro Arbeitsplatz ausgegangen. Hintergrund ist u.a. die Erwartung einer stärkeren Substitution von Industrie- durch Dienstleistungsarbeitsplätzen sowie gezielte Maßnahmen zur Schaffung flächensparender, flexibler und von verschiedenen Personen nutzbarer Büroflächen.

Nachverdichtung

Die Erschließung bestehender Flächen- und Nachverdichtungspotenziale im Bestand kann erheblich zur Minderung des Neuausweisungsbedarfs beitragen: Nachverdichtung nutzt vorhandene Infrastrukturen und städtische Funktionen (Nahversorgung, ÖPNV, öffentliche Einrichtungen), sichert unbebautes Land als Naturraum und verbessert die Voraussetzungen für eine vernetzte Energieversorgung durch Fern- oder Nahwärmenetze. Nachverdichtung stößt jedoch neben den baurechtlichen Grenzen naturgemäß dann an Akzeptanzgrenzen, wenn etwa wertvolle Freiflächen und Räume verschwinden, Infrastrukturen überlastet werden und z.B. nicht kompensierte Versiegelungen negative stadtklimatische Folgen nach sich ziehen. Das Referenzszenario orientiert sich an den Annahmen der Berliner Senatsverwaltung (vgl. etwa SenStadtUm 2013b), die nur moderate Nachverdichtungspotenziale durch Baulückenschließungen und die konsequente Entwicklung bestehender Umnutzungsflächen im Bestand identifiziert. Über den ganzen Wohnflächenbestand wird demnach eine Nachverdichtungsrate von 2 % bis 2050 angenommen, das heißt die Bruttogeschossfläche erhöht sich auf gleichbleibender Stadtraumfläche um 2 %. Die gleichen Annahmen gelten für den Bestand an Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsflächen. Der Anteil der Nachverdichtung am Gesamt-Neubaubedarf ist entsprechend vergleichsweise gering. Berlin liegt hiermit weit unter den Nachverdichtungszielen, die sich andere Metropolen angesichts des massiven Wohnflächenbedarfs mit der Zielstellung einer flächen- und energiesparenden Siedlungsentwicklung vornehmen[46]. Die Zielszenarien gehen deswegen gegenüber dem Referenzszenario von wesentlich höheren Nachverdichtungsquoten aus. Durch eine knappe Verdopplung auf durchschnittlich 3,7 % kann im Zielszenario 1 bereits ein Drittel des bestehenden Bedarfes an Wohnungs-Zubau durch Nachverdichtung realisiert werden. Wird die Nachverdichtungsquote wie im Zielszenario 2 gegenüber dem Referenzszenario auf durchschnittlich knapp 6 % verdreifacht, könnte der durch andere Annahmen (insbesondere dem unterstellten Rückgang des Pro-Kopf-Flächenverbrauches) hier ohnehin geringere Zubaubedarf komplett durch Nachverdichtung im Bestand realisiert werden. Sämtliche im Flächenmonitoring (SenStadtUm 2011b) ausgewiesenen Potenzialflächen könnten damit in diesem Szenario zunächst von Neubebauung freigehalten und ggf. klimabegünstigend begrünt werden.

[46] So wird in München über die Empfehlungen des im Auftrag der Stadt erstellten Konzeptgutachtens „Langfristige Siedlungsentwicklung" diskutiert, das für Siedlungsbestände Nachverdichtungsquoten von bis zu 75 %, für Einfamilienhausbestände sogar bis zu 300 % vorschlägt (Ernst Basler und Partner 2013: 37).

Neustrukturierung (Substitution) Stadtstrukturtyp

Der Rückbau überkommener Bestände zugunsten neuer Gebäude (Substitution) stellt dann einen wichtigen Einflussfaktor auf die Flächenentwicklung und die CO_2-Bilanz des Gebäudebestandes dar, wenn er zugunsten dichterer, energetisch optimierter Gebäude erfolgt. Substitution findet in gewissem Umfang als normaler Bestandteil der Stadtentwicklung kontinuierlich statt. Nach einer Studie des Instituts für Wohnen und Umwelt beträgt die jährliche Substitutionsquote bundesweit etwa 0,27 % des Gebäudebestandes (BMVBS 2013: 20). Durch entsprechende Steuerungs- und Anreizelemente kann diese Substitutionsquote sowohl gesteigert als auch auf solche Bestände konzentriert werden, die in besonderem Maße als energetisch und vom Grundriss ungünstig oder für den jeweiligen Standort zu wenig dicht erscheinen. Die Wirksamkeit entsprechender Neustrukturierungen für den Klimaschutz ist aufgrund der langen Amortisationszeiten der eingesetzten Erstellungsenergie für Ersatzneubaubauten umstritten. Gleichwohl wird Substitution auch als eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung ambitionierter Nachverdichtungsziele hier als positiver Einflussfaktor CO_2-Bilanz behandelt.

In der Flächenberechnung der Szenarien erscheint die angenommene Substitution vereinfacht als flächengleicher Ersatzneubau des Bestandes. Die in der Regel durch Substitution erreichte Nachverdichtung wird entsprechend dem Nachverdichtungswert zugerechnet. Die pro Szenario angenommene durchschnittliche Substitutionsrate wird für die verschiedenen Stadtstrukturtypen nochmals differenziert. So wird in den energetisch und von den Dichtewerten oft eher ungünstigen Beständen der 1920er/ 30er und 1950er Jahre sowie im Bereich der freistehenden Bebauung mit Gärten eine wesentlich höhere Substitutionsrate angenommen als etwa in den dichten und zu erheblichen Teilen denkmalgeschützten Blockrandbebauungen der Gründerzeit. Im Referenzszenario wird als Bundestrend eine durchschnittliche Substitutionsquote von 0,27 % angenommen. Damit würden bis 2050 in Berlin etwa 10 % des Gebäudebestandes von 2010 durch Ersatzneubauten ersetzt, durch die höher angesetzten Quoten etwa im Bereich der freistehenden Einfamilienhäuser sogar 16 %. Im Zielszenario 1 „Moderate Modernisierung“ wird die Substitutionsrate auf knapp 0,5 % jährlich, im Zielszenario 2 „Konsequente Modernisierung“ auf 0,7 % erhöht.[47] Der mögliche Rückbau energetisch und stadträumlich ungünstigerer Bauformen zugunsten von Neubauten erhöht sich damit bis 2050 auf durchschnittlich 26 % des Bestandes von vor 2010 errichteten Gebäuden.

Voraussetzungen für die Erreichung entsprechender Rückbauquoten sind neben der zu erwartenden weiteren Bodenpreissteigerungen schärfere Einsparverordnungen für den Bestand und spezielle Anreizstrukturen für den Rückbau ungünstiger Gebäudestrukturen zugunsten energetisch optimierten, dichteren Neubaus.

[47] Eine entsprechende Erhöhung der Substitutionsrate wird etwa von dem „Basisgutachten zum Masterplan Klimaschutz für Hamburg“ im Auftrag der Behörde für Stadtentwicklung und Umweltschutz der Freien und Hansestadt Hamburg (arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik 2010: 54) unterstellt.

Art der Neuausweisung

Wachstumsbedingte Neuausweisungen, Nachverdichtung im Bestand und die Substitution überkommener Bestände zugunsten von Neubauten ergeben in Summe je nach Szenario einen unterschiedlich hohen, immer aber erheblichen Anteil von ab 2010 errichteten Neubauten am Gesamtgebäudebestand. Mit den Annahmen des Referenzszenarios werden etwa ein Viertel des Gebäudebestandes in 2050 zur Gruppe der ab 2010 errichtete „Neubauten" gehören, im Szenario Ziel 2 sogar knapp ein Drittel. Damit fällt der Art und dem energetischen Standard der Neubebauung eine wichtige Rolle für die Erreichung des Ziels der Klimaneutralität zu. Das Referenzszenario orientiert sich an den u.a. im Stadtentwicklungsplan Wohnen (SenStadtUm 2013b) getroffenen Annahmen. Demnach werden etwa zwei Drittel des Wohnungsneubaus als verdichtete Mehrfamilienhäuser und ein Drittel als Einfamilienhäuser realisiert. Im Zielszenario 1 werden diese Anteile weiter zugunsten des flächensparenden Mehrfamilienhausbaus verschoben, verbunden mit Flächeneinsparungen in der Neuausweisung. Voraussetzung für eine entsprechende Entwicklung ist eine gezielte Unterstützung flächensparenden, verdichteten Bauens und eine entsprechende Bauleitplanung. Im Zielszenario 2 kann schließlich durch konsequente Nachverdichtung ganz auf Neuausweisungen von Baugebieten verzichtet werden. Auch Konversionsgebiete könnten damit ggf. renaturiert werden.

3.2.2.2.2. Stellgrößen der Szenarienentwicklung für die Gebäudeentwicklung

Sanierungsrate der Gebäudehülle

Der Erfolg einer energetischen Ertüchtigung des Gebäudebestandes hängt stark von der Sanierungsrate der Gebäudehülle ab. Für eine vergleichbare Bewertung von Sanierungsraten wird in der Literatur in der Regel von einer „Vollsanierung" ausgegangen, die sich aus den vier Einzelmaßnahmen „Dämmung Außenwand", „Dämmung Dach/ Obergeschossdecke", „Dämmung Fußboden/ Kellerdecke" und „Fenstererneuerung" zusammensetzt (vgl. etwa IWU/ BEI 2010). Da in der Regel nur Teilsanierungen erfolgen, fließen diese flächengewichtet entsprechend anteilig in die Gesamtbewertung von Sanierungsraten ein. Die vorliegenden Szenarien stützen sich auf bundesweite Erhebungen zu den aktuellen Sanierungsraten im Gebäudebestand (IdW 2012).[48] Die meisten Quellen geben seit Jahren eine Sanierungsquote von ca. 1 % pro Jahr an, mit höheren Raten bei selbstgenutzten gegenüber vermieteten Immobilien. Die umfassende und differenzierte Erhebung der „Datenbasis Gebäudebestand" (IWU/ BEI 2010) geht für den Zeitraum 2005-2008 sogar nur von einer Sanierungsquote von etwas über 0,83 % des Gesamtbestandes aus (IWU/ BEI 2010: 12).[49]

Aufgrund des hohen Mietwohnungsbestandes in Berlin geht das Referenzszenario in Fortschreibung des Trends von einer durchschnittlichen Sanierungsrate von 0,8 % des Gebäudebestandes aus. Schreibt man diese in die Zukunft fort, dann wären 2050 erst 32 % des aktuellen Gebäudebestandes „vollsaniert". Das Ziel 1-Szenario „Moderate Modernisierung" geht von einer Steigerung der Sanierungsrate auf 1,5 % pro Jahr aus. Damit könnten

---

[48] Dabei handelt es sich um Durchschnittswerte, die sich kleinräumig betrachtet durchaus unterschiedlich darstellen können, etwa in Abhängigkeit von der Eigentümerstruktur. Auch auf dem Berliner Stadtgebiet etwa findet man höhere Sanierungsraten bei den Wohngebieten in Großtafelbauweise nach 1990 im Osten der Stadt. Aktuell bietet das Märkische Viertel ein Beispiel aus dem Westen. Demgegenüber befinden sich viele Gebäude im Streubesitz kleiner Vermieter in einem oft schlechteren Zustand.

[49] Mit der 2010 veröffentlichen „Datenbasis Gebäudebestand" (IWU/ BEI 2010) liegt die Auswertung einer repräsentativen deutschlandweiten Eigentümerbefragung zu Zustand und Modernisierungstrends von über 7.500 Gebäuden unterschiedlicher Typ- und Altersklassen vor. Die Befragung wurde maßgeblich durch Bezirksschornsteinfeger durchgeführt. Es liegen Ergebnisse aus 241 Stadt- und Landkreisen und damit aus 56 % aller Kreise in Deutschland vor (IWU/ BEI 2010: 11).

bis 2050 60 % des Bestandes umfassend saniert werden. Erst eine Steigerung der Sanierungsrate auf 2 % jährlich wie im Ziel 2-Szenario „Konsequente Modernisierung“ führt 2050 zu einer umfassenden Sanierung von 80 % des heutigen Gebäudebestandes und eröffnet damit die Möglichkeit, über die Gebäudehüllensanierung einen erheblichen Teil der erforderlichen CO_2-Einsparungen in diesem Handlungsfeld zu realisieren. Dieser Wert deckt sich mit den Aussagen der meisten aktuellen Studien, denen zufolge nur eine deutliche Steigerung der aktuellen Sanierungsrate die Realisierung ambitionierter CO_2-Reduktionsziele im Gebäudebereich sicherstellen kann (vgl. etwa Dena 2010, IdW 2012, IWU/ BEI 2010).

Gleichzeitig ist klar, dass hier wichtige Hemmnisse bestehen, die überwunden werden müssen. Neben dem Informationsdefizit oder der Liquiditätsbeschränkungen vieler kleiner Eigentümer von Wohnimmobilien ist hier an erster Stelle die aktuell oft fehlende Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen zu nennen (Simons et al. 2010), deren Überwindung unter anderem auch nötig ist, um das übergeordnete gesellschaftliche Ziel des Erhalts bezahlbaren Wohnraums nicht zu gefährden. Zu denken ist hier etwa an eine Ausweitung der Sanierungsförderung oder an steuerliche Erleichterungen, an innovative Investitions- und Finanzierungsmodelle (etwa die Auflage spezieller Sanierungsfonds), vor allem aber auch durch intelligente, möglichst gebäudeübergreifende und quartiersbezogene Sanierungsstrategien.

Denkmalschutz

Insbesondere aufgrund des stadtprägenden gründerzeitlichen Bestandes kann der Denkmalschutz eine erhebliche Einflussgröße auf die Möglichkeiten energetischer Sanierung darstellen. Nach eigenen Ermittlungen anhand der Gebäudedaten aus der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und des 3D-Stadtmodells sowie der Denkmalkarte und -liste fallen 9,6 % aller Gebäude bzw. 17,5 % der beheizten Bruttogeschossfläche in eine der Kategorien denkmalgeschützter Gebäude (Baudenkmal, Denkmalensemble, Gartendenkmal)[50]. Verbunden damit sind teils deutliche Einschränkungen der Möglichkeiten klassischer (Außen-)Fassadendämmung. Sowohl im Referenz- als auch im Zielszenario 1 werden diese Restriktionen gleichwohl im Sinne des wünschenswerten Erhalts der architektonischen Identität des gründerzeitlichen Bestandes als gegeben angenommen. Lediglich im Ziel 2-Szenario „konsequente Modernisierung“ werden diese gelockert, so dass hier innovative, aber an die Bautypik angepasste Lösungen gefunden werden müssen (vgl. SenStadtUm 2012a).

Sanierungstiefe/ Reduktion der Transmissionsverluste

Für die Analyse der Entwicklung des Endenergieverbrauchs und des Energieträgermixes im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung wurde einerseits die Veränderung der Stadtstruktur betrachtet. Der oben dargestellte Zubau und Abriss bei unterschiedlichen Stadtraumtypen auf Basis der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung bis 2050 diente als Grundlage für die energetische Bewertung der Gebäude.

Folgeseite:

Abbildung 24: Methodenschema des Berliner Gebäude-Energie-Modells (BeGEM); Quelle: Eigene Darstellung.

50 Die Zuordnung einer Denkmalschutzkategorie erfolgte GIS-technisch über die Geodaten der Denkmalkarte sowie über die Adresse der Denkmalliste auf Gebäudeebene. In dieser Auswertung sind Gebäude mit einer sonstigen erhaltenswerten Bausubstanz nicht enthalten, da hierfür bei SenStadtUm keine flächendeckenden Geodaten oder Adresslisten vorliegen. Der Anteil der Gebäude mit eingeschränkten Sanierungsmöglichkeiten unter derzeitigen Vorschriften ist somit noch höher.

Methodenteil: Auswertung der Gebäudedaten 2010
ALK-Gebäude
ca. 550.000 Objekte, 2012
3D-Stadtmodell (CityGML)
ca. 560.000 Objekte, 2007
Geschosszahl, Grundfläche, Gebäudehöhe, Dachform
Trennung energetisch relevanter Nutzungsklassen
Aufteilung in Fassaden-, Fenster- , Dach-, Kellerfläche
Berechnung Gebäudehülle, Bruttogeschoss-fläche
Methodenteil: Klassifikation der Gebäude
Baualtersklassen / Heizarten pro stat. Wohn-Block
AfS Berlin-Brandenburg 2011
Denkmalkarte / -liste
ca. 5.700 Baudenkmale 2013
Flächenpotenziale Solarenergie
Solaratlas 2007
anteilige Übertragung auf Nichtwohn-gebäude-Blöcke und Datenschutzanteile über Nachbarschaftsanalysen
Einteilung in energetisch relevante Baualtersklassen
Berücksichtigung Nutzungsklassen, Gebäudehöhenklassen
durchschnittlicher Sanierungsstand
IST-Matrix:
energetische Klassifikation
Berechnung U-Wert pro Nutzungsklasse, Gesamt
mittlerer Berliner Bottom-up-U-Wert 2010
Methodenteil: Verknüpfung mit der Energiebilanz 2010
Energiebilanz 2010
Aufteilung der Endenergie für den Wärmesektor für PHH, GHD Abtrennung der Transmission von Warmwasser, Lüftung
Berechnung mit Hilfe der Gebäudehülle
mittlerer Berliner Top-down-U-Wert 2010
Methodenteil: Energiebilanz 2050
Bevölkerungsprognose
Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung
Prognose städtebaulicher Entwicklung
Berechnung Veränderung der Stadtstrukturtypen (Abriss, Substitution und Neubau)
Neuberechnung Geometrie-kennzahlen je Nutzungsklasse
mittlerer Berliner Bottom-up-U-Wert 2050
Zusammenführen der Nutzenergie für den Wärmesektor für PHH, GHD Transmission, Warmwasser, Lüftung
mittlerer Berliner Top-down-U-Wert 2050
technologiespezifische Verteilung auf Endenergieträger
Energiebilanz 2050

Der Energieverbrauch der Gebäude für Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte wurde ausgehend von der Energiebilanz 2010 unter Ausnutzung der Anwenderbilanzen ermittelt (vergleiche Kapitel 2). Mit dieser Methode wurde der Endenergiemix aus der Energiebilanz einheitlich auf die Handlungsfelder Gebäude und Stadtentwicklung, Haushalte und Konsum, Wirtschaft und Verkehr verteilt.

Der Energieverbrauch der Gebäude teilt sich in den Nutzenergieverbrauch und die Erzeuger- und Verteilverluste auf. Für die Analyse wurde der aus der Bilanz stammende Energieverbrauch analytisch auf den Warmwasserverbrauch, den Verbrauch zur Deckung der Transmissionsverluste durch die Gebäudehülle und den Verbrauch zur Deckung der Lüftungsverluste aufgeteilt, jeweils als Nutzenergie ohne Erzeuger- und Verteilverluste. Durch diese Trennung konnte die Entwicklung der Szenarien unabhängig für jede Kategorie Warmwasser, Transmissionsverluste, Lüftungsverluste und die Kategorie der Erzeuger- und Verteilverluste bzw. des anzusetzenden Energiemixes separat verfolgt werden.

Als methodischer Ansatz zur Bestimmung dieser Transmissionsverluste wurde angenommen, dass der analytisch[51] berechnete Transmissionswärmebedarf sich zwischen 2010 und 2050 proportional in gleichem Umfang verändert wie der „gemessene", in der Energiebilanz dokumentierte Verbrauch, der letztlich für das Ergebnis in 2050 relevant ist. Durch die Ausnutzung dieser Verhältnisse zwischen Verbrauch (Top-Down) und Bedarf (Bottom-Up) konnten Ungenauigkeiten in der Modellierung der Gebäudehülle und im Nutzerverhalten ausgeglichen werden.

Nach der Bestimmung des Transmissionswärmeverbrauchs als Nutzenergie in 2050 wurden Lüftungswärmebedarf und Warmwasserbedarf sowie der Anlagenmix zur Bereitstellung der Nutzenergie analog zum Ausgangsjahr 2010 analytisch berücksichtigt, um den gesamten Endenergieverbrauch im Gebäudesektor zu ermitteln. Dieser Wert ist letztlich ein Mix aus Verbrauchswerten für die Transmission und analytisch berücksichtigten Bedarfswerten für die restlichen Komponenten.

Zur Bestimmung der Wärmeverluste über die Gebäudehülle wurden gebäudescharfe GIS-Daten aus dem ALK-Datenbestand der Stadt Berlin mit Nutzungskategorien, einem 3-D-Modell der Gebäudehülle und blockweise verfügbaren Angaben aus der Zensusbefragung 2011 genutzt. Der ausgewiesene Gebäudebestand wurde in die 4 Nutzungskategorien Wohn-, GHD-, Industrie- und unbeheizte Gebäude unterteilt. Auf diese Weise entstanden mit den gesondert kategorisierten Neubauten 45 beheizte Gebäudeklassen, unterteilt nach Nutzung, Gebäudehöhe, Gebäudealter und Denkmalschutz. Für jede der 45 Gebäudeklassen wurden U-Werte für die Bauteile Fassade, Fenster, Dach und Keller für den unsanierten, sanierten (2010) und in 2050 sanierten Zustand berücksichtigt, also 3 verschiedenen Dämmkategorien. Für den Bestand in 2010 wurden die U-Werte in Anlehnung an die IWU-Gebäudetypologie (IWU 2005) für unsanierte Gebäude angenommen, die Sanierungsstände wurden in Anlehnung an (BMVBS 2013: 15) als Anteile der jeweiligen Bauteilfläche mit jeweils zugeordneten U-Werten berücksichtigt.

Abb. 24, oben, bietet eine zusammenfassende Übersicht über Zusammenhänge und Vorgehen im Rahmen des BeGEM; weitere Details finden sich im Anhang B zur „GIS-technischen Auswertung" und zur „Berechnung von Nutz- und Endenergiebedarfen".

Die unterschiedlichen berlinweiten jährlichen Sanierungsraten der Szenarien (Referenzszenario: 0,8 %, Zielszenario 1: 1,5% und Zielszenario 2: 2 %) führen in 2050 zu unterschiedlichen Anteilen der U-Werte „unsaniert", „saniert (2010)" und „saniert (2050)" für die einzelnen Bauteile, wobei deren Sanierungsraten bauteilspezifisch (Fenster wurden doppelt, Keller halb so häufig saniert) modelliert wurden. Die globale Sanierungsrate wurde eingehalten, indem insgesamt entsprechend der Vorgaben Bauteilflächen saniert wurden.

[51] Aus der Entwicklung der Flächenverhältnissen, der Dämmwerte der Gebäudehülle sowie der Gradtagzahlen.

Für das Referenzszenario orientieren sich die 0,8 % jährlich an den umfassenden Erhebungen des Institutes für Wohnen und Umwelt (vgl. IWU/ BEI 2010). In allen Szenarien verbleiben nach 40 Jahren noch unsanierte Bauteilflächen, die Fenster sind jedoch als Konsequenz der Annahmen in den beiden Zielszenarien vollständig thermisch erneuert worden.

Die Sanierungstiefe der Gebäude wurde auch durch die Auswahl der zu sanierenden Gebäudeklassen beeinflusst. Die Fassaden der Gründerzeit wurden nur mit 10 % der jeweils globalen Sanierungsrate und die Fassaden von unter Denkmalschutz stehenden Gebäuden wurden mit einem Drittel der Rate saniert, da auch bei ausgesprochenem Denkmalschutz hofseitige Fassaden sanierungsfähig sind. Die Einschränkungen bezüglich der Fassaden in den Gebäudeklassen Gründerzeit (Gebäudealtersklasse: vor 1919) und Denkmalschutz galten jedoch nur für das Referenz- und das Zielszenario 1. Im Zielszenario 2 wurden dagegen alle Gebäude saniert. Trotzdem bleiben auch in diesem Szenario 20 % der denkmalgeschützten Gebäude an der Fassade unsaniert, um dem Klimaschutz nicht das städtebauliche Erbe zu opfern.

Im Referenzszenario wurden ausschließlich bisher unsanierte Altbauten saniert, dabei erhielt nur ein Drittel der Bauteilfläche einen vorbildlichen Dämmstandard (U-Wert „saniert 2050“), der Rest der Bauteilfläche erhielt die Kennwerte eines sanierten Gebäudes aus dem Jahr 2010. In den beiden Zielszenarien wurden auch bereits früher sanierte Gebäude mit einem Drittel der globalen Sanierungsrate auf den vorbildlichen U-Wert (2050) saniert. Beim Zielszenario 2 erhielten auch alle sanierten Altbauten diesen vorbildlichen Dämmstandard, beim Zielszenario 1 immerhin zwei Drittel der Gebäude, der Rest wurde nach aktuellem Standard berücksichtigt.

Anlagen und Energieträgermix im/ am Gebäude

Bei lüftungsbedingten Wärmeverlusten wurde ein Mindestluftwechsel (n=0,5 h^{-1}) unterstellt.[52] Für die Ausgangswerte in 2010 wurden Lüftungsanlagen und Wärmerückgewinner wegen der noch untergeordneten Relevanz und fehlender Datengrundlage vernachlässigt. Bei der Berechnung der Endenergieverbräuche der einzelnen Gebäudeklassen in 2050 wurde zunächst ein angenommener Wärmerückgewinnungsgrad von 30 % über alle Gebäudeklassen angenommen. Dieser pauschale Ansatz berücksichtigt, dass einerseits nicht alle Gebäude bis 2050 mit einer mechanischen Lüftung versehen sein werden und andererseits durch die Verwendung einer Lüftungsanlage teilweise auch höhere Luftwechsel zu erwarten sind, die einen höheren Wärmerückgewinnungsgrad aus Sicht des Endenergieverbrauchs für die Lüftung wieder kompensieren.

Neben den mechanischen Wärmerückgewinnungsanlagen ist der jeweilige Anlagen- und Brennstoffmix zur Nutzenergiebereitstellung für den Endenergieverbrauch der Gebäude von maßgeblicher Bedeutung.

Unter Berücksichtigung interner Leitungs- und Speicherverluste wird der Wärmebedarf der 45 Gebäudeklassen anteilig durch den ermittelten Fernwärmeanteil gedeckt. Die bestehende Praxis, den Verlust an Fernwärmeabsatz durch eine Verdichtung und Erweiterung des Fernwärmenetzes im Wesentlichen auszugleichen, wurde in die Zukunft extrapoliert. Für das Zielszenario 1 wurde angenommen, dass sich der Anteil der mit Fernwärme beheizten BGF bis 2050 um 50 % erhöht. Hierdurch sinkt der Fernwärmeabsatz im Zielszenario 1 nur um 7% (Tab. 17). Für das Referenzszenario wurde angenommen, dass die Kompensation des Absatzverlustes der Fernwärme durch Verdichtung und Erweiterung des Fernwärmenetzes nur für die halbe Zeitspanne bis 2050 gelingt und damit die angeschlossene BGF-Fläche nur um 25 % erweitert werden kann. Durch den im Referenzszenario niedrigeren Dämmstandard reicht diese Anschlusserweiterung bereits aus, um den Fernwärmeabsatz zu sichern, er steigt sogar um 2 %. Im Zielszenario 2 wurde die Annahme getroffen, dass

[52] In DIN 4108-2 Teil 2: „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ wird ein durchschnittlicher Luftwechsel von n=0,5 h^{-1} als ausreichend für die Hygiene und die Begrenzung der Raumluftfeuchte betrachtet. Das bedeutet einen kompletten Luftaustausch im Abstand von jeweils zwei Stunden. Diese Luftwechselrate wird hier zugrunde gelegt.

eine Verdichtung und Erweiterung für ein- bis zweigeschossige Gebäude nicht erfolgt, die Akquisition neuer Fernwärmekunden also im Wesentlichen in den Kernbereichen der Stadt erfolgt, ansonsten aber mit der Intensität vom Zielszenario 1. Durch den höheren Dämmstandard sinkt der Fernwärmeabsatz um 28 % gegenüber 2010.

Szenario	2010	Referenz	Ziel 1	Ziel 2
Fernwärmeabsatz (Bezug Modell 2010)	100 %	102 %	93 %	72 %
BGF-Flächenanteil	38 %	47 %	57 %	55 %
Wärmemarktanteil Modell	30 %	46 %	61 %	62 %

Tabelle 17: Fernwärmeentwicklung; Quelle: Eigene Darstellung.

Nachdem die Fernwärmeversorgung auf diese Weise auf die Gebäudestruktur verteilt wurde, musste für die restlichen Anteile des Wärmebedarfs zunächst untersucht werden, in welchem Umfang die Solarthermie zur Deckung des Wärmebedarfs beitragen kann. Die zugehörige Methodik ist in Abb. 25 dargestellt. Unter Ausnutzung der Ergebnisse des Berliner Solaratlas (Solaratlas 2013) zur Einbeziehung der geeigneten Dachflächen und unter Berücksichtigung des maximal in einer Gebäudeklasse wirtschaftlich bereitstellbaren Anteils für Warmwasser und Heizung mit getrennten solaren Deckungsgraden für Heizung und Warmwasser wird ein solarthermisch nutzbarer Ertrag ermittelt.

Zusätzlich zu den Ergebnissen des Solaratlas wurde in 2050 auch ein 5 %-Anteil der Fassadenfläche zur solartechnischen Nutzung berücksichtigt. Flächenpotenziale von unter Denkmalschutz stehenden Gebäudeklassen wurden im Zielszenario 2 zu 80 % eingerechnet. Von diesem solaren Flächenpotenzial wurden 50 % als tatsächlich solarthermisch nutzbar angenommen, das restliche solartechnisch geeignete Dachflächenpotenzial, insbesondere auch das der mit Fernwärme versorgten Gebäudeklassen, wurde dem Potenzial der Photovoltaiknutzung zugerechnet. Je Szenario wurden unterschiedliche Ausnutzungsgrade dieser solarthermischen und solarelektrischen Potenziale angenommen.

Selbst im extremen Zielszenario 2 werden nur 24,2 % der Dachflächen und 4,4 % der Außenwandflächen beheizter Gebäude Berlins solartechnisch genutzt (siehe Tab. 18). Bezöge man die unbeheizten Gebäude ein, wäre der Anteil noch geringer.

	2010	Referenz	Ziel 1	Ziel 2
Genutzte Dachfläche PV+ST	0,3 %	1,6 %	15,3 %	24,2 %
Genutzte Außenwandfläche	0,0 %	0,3 %	2,8 %	4,4 %

Tabelle 18: Solare Nutzung von Dach- und Außenwandflächen. Quelle: Eigene Darstellung.

Der bei der solartechnischen Analyse ermittelte Stromertrag der Photovoltaikanlagen wurde im Sinne der Bilanzierung nach der Verursacherbilanz dabei ebenso wie der Stromertrag dezentraler BHKW's und des hierfür notwendigen Brennstoffes für die Szenarien in 2050 nicht im Gebäude verrechnet sondern methodisch im Umwandlungsbereich bilanziert. Ein bilanzielles Gerüst für die Datenerfassung und das Monitoring dieser Daten muss hierfür noch entwickelt werden.

Abbildung 25: Berechnungsschema zur Ermittlung solarenergetischer Erträge;
Quelle: Eigene Darstellung.

Vom verbleibenden Wärmebedarf nach Abzug der Deckung durch Fernwärme und Solarthermie wurde der szenarienspezifische Anlagen- und Energiemix im Gebäudebereich festgelegt (siehe Tab. 19, Folgeseite). Kohle und Erdöl kommen in diesem Handlungsfeld 2050 als Energieträger in keinem Szenario mehr vor. Der Anteil der Biomassekessel wurde absolut abgeschätzt[53], der Anteil der Gaskessel ist der Ergänzungsanteil zu 100 %.

[53] Die im Energiekonzept für 2020 (Hirschl et al. 2011, Ausbauszenario) abgeschätzten kleinen Biomasseheizungen werden langsamer als geplant installiert, aber bis 2050 in allen Szenarien realisiert. Die dafür notwendigen 156.000 t/a Hackschnitzel und Pellets werden importiert.

Anlage	Referenz	Ziel 1	Ziel 2
Stromheizung	5 %	30 %	30 %
Wärmepumpe	10 %	30 %	30 %
BHKW (Wärme)	10 %	10 %	15 %
Gaskessel	72 %	24 %	17 %
Biomassekessel	3 %	6 %	8 %

Tabelle 19: Anlagenmix nach Abzug Fernwärme und Solarthermie;
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 26: Energieflussschema Nutzenergie Gebäude in Brennstoffmix Endenergie;
Quelle: Eigene Darstellung.

Ein Schema zur Berechnung des Energiemixes für den Endenergiebereich im Gebäudesektor zeigt Abb. 26. Die Stromerzeugung aus Photovoltaik- und dezentralen BHKW-Anlagen wurde dabei nicht mit dem Stromverbrauch im Gebäudebereich verrechnet. Gleichzeitig wurde in der Konsequenz auch der für die Stromerzeugung nötige Brennstoff nicht dem Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung zugerechnet, sondern über die Finnische Methode separiert und in der Bilanz dem Handlungsfeld Energieversorgung zugeordnet und im Umwandlungsbereich bilanziert.

3.2.2.3. Zwischenfazit

Für die Bewertung der Flächen- und Sanierungsentwicklung sowie der daraus resultierenden CO_2-Reduktionspotenziale wurde der Gebäudebestand entsprechend der Typisierung der Stadt Berlin (vgl. Umweltatlas, Karte 06.08) einerseits nach den verschiedenen Stadtstrukturtypen, andererseits nach Gebäudetypen und Baualtersklassen differenziert betrachtet. Relevante Reduktionspotenziale wie Nachverdichtung und Substitution, insbesondere aber auch Potenziale der Hüllensanierung und der Anlagentechnik unterscheiden sich naturgemäß zwischen den verschiedenen Stadtstrukturtypen und Gebäudetypen. Die Tabellen und Grafiken im Anhang B 2 zeigen die Ergebnisse dieser differenzierten Betrachtungsweise im Detail. An dieser Stelle können nur die für alle Stadtstrukturtypen zusammengefassten Ergebnisse dargelegt werden.

Flächenentwicklung

Referenzszenario. Unter Maßgabe der beschriebenen Einflussgrößen steigt im Referenzszenario (vgl. im Folgenden Abb. 27 und 28) bis 2050 die Bruttogeschossfläche aller Wohn-, sowie Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsimmobilien (GHD-Immobilien) um 20 % auf über 30.000 ha, die mit diesen Gebäuden bebaute Stadtraumfläche um etwa 13 %. Damit müssten über 4.000 Hektar neues Bauland ausgewiesen werden, deutlich mehr als die im Potenzialflächenmonitoring der Stadt Berlin ausgewiesenen Flächen (SenStadt 2011b), davon allein fast 2.000 ha für Einfamilienhausgebiete.

Angesichts der angenommenen Substitutions- und Wachstumsraten wären 25 % des Gebäudebestandes nach 2010 erbaute „Neubauten“, davon 33 % mit einem bezüglich der Gebäudehülle vorbildlichen Standard. 90 % des zusätzlichen Gebäudeflächenbedarfs müsste auf neu erschlossenen bzw. auf brachgefallenen Flächen (vornehmlich Verkehrsflächen) realisiert werden, nur 10 % könnten angesichts der niedrig angenommenen Quoten durch Nachverdichtung im Bestand realisiert werden. Der verbleibende, vor 2010 erbaute Gebäudebestand wäre angesichts der angenommenen Sanierungsquote 2050 zu 32 % vollsaniert, der weit überwiegende Teil des Gebäudebestandes dagegen gegenüber heute unsaniert.

Abbildung 27: Referenzszenario – Flächenentwicklung;
Quelle: Eigene Darstellung.

Die städtische Freiraumentwicklung nimmt die Leitthemen der Strategie Stadtlandschaft Berlin 2030 - 2050 auf und verfolgt Handlungsfelder des Stadtentwicklungsplans Klima kontinuierlich. Hierzu werden einzelne Referenzprojekte wie der Waldumbau, Straßenbaumpflanzungen usw. über besondere Haushaltsmittel gefördert. Die Ziele der Freiraumentwicklung werden im Rahmen der bestehenden Mittel und Ressourcen schrittweise umgesetzt.

Abbildung 28: Referenzszenario – Stadtraumfläche; Quelle: Eigene Darstellung.

Das Zielszenario 1 „Moderate Modernisierung“ (vgl. dazu Abb. 29 und 30) geht bezüglich der Flächenentwicklung gegenüber dem Referenzszenario von einer Stagnation des Pro-Kopf-Flächenverbrauches, einer höheren Nachverdichtungsquote und einer verstärkten Substitution überkommener Gebäude zugunsten dichterer, energetisch optimierter Gebäude aus. Die Bruttogeschossfläche aller Gebäude steigt damit um knapp 11%, die bebaute Stadtraumfläche um 3,5 %. Damit müssten noch immer ca. 1.150 Hektar neues Bauland erschlossen werden, knapp zur Hälfte für Geschosswohnungsbau, 424 ha für Einfamilienhäuser und etwa 160 ha für GHD-Immobilien[54]. 40 % des zusätzlichen Bruttogeschossflächenbedarfs könnten durch Nachverdichtung des Bestandes realisiert werden. Durch die Annahme höherer Substitutionsraten wären 27 % des Gesamtgebäudebestandes 2050 nach 2010 erbaute Neubauten, davon 2/3 mit einem bezüglich der Gebäudehülle vorbildlichen klimaneutralen Standard. Mit der im Zielszenario 1 angenommenen Sanierungsquote von 1,5 % pro Jahr wären 2050 60 % des verbleibenden, vor 2010 erbauten Gebäudebestandes vollsaniert. 40 % des Altbestandes blieben gegenüber heute unsaniert.

Die Leitthemen der Strategie Stadtlandschaft Berlin 2030 - 2050 werden in Szenario 1 in einer Freiraumqualitätsstrategie gebündelt und mit einer Schwerpunktsetzung in den Stadträumen mit hoher baulicher Verdichtung und hoher Bevölkerungsdichte sichtbar. Die Maßnahmen des StEP Klima werden hier vor allem in den Stadtgebieten mit hohen thermischer Belastungen im Sommer (urban heat island) umgesetzt. Die begonnene Kommunikationsstrategie zum StEP Klima wird verstetigt und vor allem von den No-regret-Maßnahmen getragen. Mit dieser moderaten Strategie erfolgt eine Freiraumqualifizierung und klimatische Entlastung vor allem in Brennpunktgebieten.

54 Damit wird weniger neue Fläche beansprucht, als in den Stadtentwicklungsplänen Wohnen (SenStadtUm 2013b) sowie Industrie und Gewerbe (SenStadt 2011a) prognostiziert

Abbildung 29: Zielszenario 1 („Moderate Modernisierung“) – Flächenentwicklung; Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 30: Zielszenario 1 – Stadtraumfläche; Quelle: Eigene Darstellung.

Im Zielszenario 2 „Konsequente Modernisierung“ (vgl. im Folgenden Abb. 31 und 32) kann durch die Annahme eines leicht zurückgehenden Flächenverbrauchs pro Kopf der zusätzliche Bruttogeschossflächenbedarf gegenüber 2010 auf 6,7 % und damit unter 2.000 Hektar reduziert werden. Vor dem Hintergrund der angenommenen höheren Nachverdichtungsraten kann dieser zusätzliche Flächenbedarf komplett durch Nachverdichtung des Bestandes realisiert werden. Durch gegenüber dem Szenario „Moderate Modernisierung“ nochmals gesteigerten Substitutionsraten wären trotzdem knapp über 30 % des Gebäudebestandes 2050 nach 2010 errichtete Neubauten, die aufgrund der getroffenen Annahmen zum Neubau zu 100 % über einen bezüglich der Gebäudehülle vorbildlichen klimaneutralen Standard verfügen. Ungeachtet des Stadtstrukturtypes wird die Sanierungsrate mit 2,0 % pro Jahr soweit gesteigert, dass 2050 mit 80 % weite Teile des Gebäudebestandes (also auch der prägende gründerzeitliche Bestand) vollsaniert, 20 % aber noch immer unsaniert wären.

Für die dichter werdenden Stadtgebiete wird eine Freiraumqualitäts- und Klimaanpassungsstrategie erheblich intensiviert. Die Biomasse des städtischen Grüns wird verstärkt zur Energieproduktion herangezogen werden.

Die Freiraumqualitätsstrategie setzt vor allem in den Verdichtungsgebieten auf eine umfassende Mehrfachnutzung der Flächen. Die Straßenräume und Infrastrukturflächen werden im Sinne von Mehr an Freiraumqualität und an Klimaanpassung umgebaut und damit hinsichtlich der Aufenthaltsqualität, Trockenheits- und Überflutungsvorsorge mehrdimensionaler wirksam.

Die Notwendigkeit einer umfassenden Freiraumqualifizierung als Ausgleich in der dichter werdenden Stadt wird politisch erkannt und durch eine verstärkte ressortübergreifende Zusammenarbeit, Erhöhung der Investitionen und vor allem Steigerung der Pflegeintensität umgesetzt. So entstehen trotz umfassender Verdichtung urbane Wohlfühlräume in der Stadt und die Landschaftsräume werden am Stadtrand gesichert.

Abbildung 31: Zielszenario 2 („Konsequente Modernisierung") – Flächenentwicklung; Quelle: Eigene Darstellung.

Die beschleunigten Sanierungsraten und Umrüstgeschwindigkeiten setzen einen starken politischen Willen, gesetzliche Rahmenbedingungen und eine wirksame Anreizstruktur voraus und erfordern umfassende soziale und stadtstrukturelle Ausgleichsmaßnahmen.

Folgeseite: Abbildung 32: Zielszenario 2 („Konsequente Modernisierung") – Stadtraumfläche; Quelle: Eigene Darstellung

Bestandsflächen aus Stadtstrukturtypen
überwiegende Wohnnutzung
Nutzung durch Handel und Dienstleistung, Gewerbe und Industrie
Sonstige Nutzung und Gemeinbedarf
Grünflächen
Neuausweisung Flächenbedarf insgesamt:
Mehrfamilienhausgebiet = 0 ha
Einfamilienhausgebiet = 0 ha
Handel- und Dienstleistungsflächen = 0 ha
Gewerbe- und Industrieflächen = 0 ha
0
5 km

Abbildung 33: Übersicht Flächenentwicklung - Stadtraumfläche; Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 34: Übersicht Flächenentwicklung (Brutto-Geschossfläche - BGF); inklusive unbeheizt, nur bestimmte Stadtstrukturtypen; Quelle: Eigene Darstellung

Energieverbrauch

Im Ergebnis zeigt sich für den Gebäudesektor (Tab. 20), dass der einer Liegenschaft von außen zuzuführende Endenergieverbrauch im Vergleich zu 2010 im Zielszenario 2 auf rund 33 % reduziert werden kann, die Nutzung von Umweltwärme und Solarthermie bleibt hierbei unberücksichtigt. Durch die Gebäudedämmung wird der

Transmissionswärmebedarf im günstigsten Fall um 71 % reduziert. Da sich die Bedeutung des Transmissionsverlustes gegenüber dem Warmwasser- und dem Lüftungswärmebedarf durch die Dämmung reduziert, sinkt der Nutzwärmebedarf auch im Zielszenario 2 nur auf 52 % des Bezugswertes (2010). Erst durch die Anwendung effizienter Bereitstellungstechnologien kann die extern zuzuführende spezifische Endenergie je Quadratmeter auf 33 % reduziert werden. Wird zusätzlich noch die genutzte Umweltwärme via Solarthermie und Wärmepumpen in die Betrachtung einbezogen und der Flächenzuwachs durch eine steigende Bevölkerungszahl eingerechnet, sinkt der Endenergieverbrauch auf 41 % des Bezugswertes in 2010, allerdings mit niedrigeren spezifischen Emissionsfaktoren für die jeweiligen Energieträger, bei Solarthermie, Umweltwärme und Biomasse (Holz) sogar bilanziell emissionsfrei.[55]

	Stand 2010	Szenarien 2050		
		Referenz	Ziel 1	Ziel 2
spez. Transmission [% von 2010]	100 %	75 %	48 %	29 %
spez. Nutzenergie [% von 2010]	100 %	76 %	63 %	52 %
Anteil Transmission	60 %	49 %	42 %	32 %
WW	14 %	18 %	22 %	24 %
Lüftung	26 %	33 %	36 %	44 %
spezifische Endenergie [% von 2010, ohne ST u. UW]	100 %	57 %	42 %	33 %
Endenergie Modell [% von 2010 inkl. ST u. UW]	100 %	70 %	52 %	41 %

Tabelle 20: Teilergebnisse aus dem Gebäudesektor;
Quelle: Eigene Berechnung.

Nachfolgende Abbildungen 35 bis 37 zeigen, wie sich der Endenergieverbrauch im Gebäudesektor in den Szenarien räumlich entwickelt. Es handelt sich hierbei um eine Darstellung, bei der der spezifische Endenergieverbrauch bezogen auf die BGF der beheizten Gebäude als Grundlage dient. Einbezogen werden nur die extern zugeführten Energieträger, d.h. Energiegewinne aus Solarthermie und Umweltwärme (regenerativer Anteil aus Wärmepumpen) werden nicht bilanziert, ebenso bleibt für die Stromerzeugung Aufwand und Nutzen beim Betrieb von dezentralen BHKW's und von Photovoltaikanlagen unberücksichtigt. In dieser vereinfachenden Darstellung wurde die Lage der Neubaugebiete, der denkmalgeschützten Gebäude und die genaue Verteilung von Substitutions- und Verdichtungsraten im Stadtgebiet nicht verortet.

55 Auf die Probleme der bilanziellen Bewertung von Holz als "emissionsfrei" wurde eingangs bereits hingewiesen.

Abbildung 35: Endenergieverbrauch 2010; Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 36: Endenergieverbrauch 2050 Referenzszenario; Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 37: Endenergieverbrauch 2050 Zielszenario 1; Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 38: Endenergieverbrauch 2050 Zielszenario 2; Quelle: Eigene Darstellung.

3.2.3. Wirtschaft

3.2.3.1. Einführung

Die Entwicklung der Szenarien erfolgte auch im Handlungsfeld Wirtschaft unter intensiver Einbindung von Stakeholdern nach der eingangs geschilderten Methodik. Es wurden deutschlandweit relevante Metastudien herangezogen wie z.B. die „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“ (BMWi 2010), die WWF-Studie „Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken“ (WWF 2009) oder vergleichbare Machbarkeitsstudien anderer Städte (KEK et al. 2011; Öko-Institut 2011; Wuppertal-Institut 2009, 2012) sowie zahlreiche Fachstudien namhafter Forschungsinstitutionen (Fraunhofer ISI 2009/ 2011a, b/ IFEU et al. 2010).

Schlüssel-faktoren	Refrenzszenario	Zielszenario 1	Zielszenario 2
Aktivitätsgrad	Dynamik bis 2030, v.a. bei größeren KMUs, danach abnehmend; u.a. StEK/ StEPs, F&E-Aktivitäten verlieren an Strahlkraft	Hohe Dynamik, neben großen, auch mittlere und kleine KMUs; Fortschreibung von StEK/ StEPs etc. erhält Dynamik	Hohe Dynamik, geprägt durch vernetzte Strukturen; u.a. auch Teil der StEKs, StEPs etc.
Bedeutung Energie-effizienz	Moderat zunehmend, allerdings ab 2030 abflauend; (Über-) Angebot an Beratung/Förderung überfordert tlw. Unternehmen	Zunehmende Bedeutung; u.a. aufgrund Koordination/ Bündelung von Beratung/ Förderung; ab 2030 verstärkter Einsatz von Zukunftstechnologien	Zunehmende Bedeutung, allerdings schwächer ausgeprägt als Ziel 1; u.a. überbetriebliche EMS & Integrierte Energie-/ Klimaschutz-Konzepte
Bedeutung Erneuerbare Energie-erzeugung	Sehr moderat zunehmend (weiterhin geringe Bedeutung); Energieversorgung beruht weiterhin auf zentralen Strukturen, u.a. weiterhin hoher Anteil an Mineralöl/ -produkten.	Moderate Zunahme (geringe Bedeutung bleibt erhalten); Energieversorgung beruht weiterhin auf zentralen Strukturen, gleichzeitig durch Substitution von Mineralöl/ -produkten hoher Erdgas-Anteil.	Hohe Bedeutung, starker Ausbau dezentraler EE-Kapazitäten; u.a. durch ‚Upscaling‘ von Leuchtturmprojekten und ‚Prosuming‘-Angebote bzw. auch erdgasbasierte Hybridlösungen
Kooperation und Vernetzung	Konzentriert sich primär auf Fortführung der Klimaschutzvereinbarungen; nur tlw. KMUs/ Netzwerke beteiligt.	Flächendeckender Abschluss von Klimaschutzvereinbarungen, u.a. auch unter Beteiligung von KMUs.	Starke Zunahme an Unternehmensnetz-werken; u.a. Zunahme an klimaneutralen Gewerbe-/ Industrieparks bzw. kollaborative Finanzierung

Tabelle 21: Übersicht der Stellgrößen im Handlungsfeld Wirtschaft;
Quelle: Eigene Darstellung.

Zur Abbildung möglicher Entwicklungen für das Zieljahr 2050 wurde zudem für den spezifischen Berliner Kontext politische Konzepte, Pläne, Zielsetzungen und Veröffentlichungen weiterer wichtiger Akteure und Initiativen analysiert und in die Szenarien eingearbeitet: Diese umfassen unter anderem den Statusbericht zum Stadtentwicklungskonzept 2030 (SenStadtUm 2013a), die Stadtentwicklungspläne für Industrie und Gewerbe (SenStadt 2011a) und Klima (SenStadt 2010), den Masterplan Industriestadt Berlin (SenWTF 2010) sowie Veröffentlichungen von Prognos (2010) und der Technologiestiftung Berlin (TSB 2012).

Aus der Perspektive von Energieversorgung und Klimaschutz spielen für die zukünftige mögliche Entwicklung der Berliner Wirtschaft verschiedene prägende Faktoren („Stellschrauben") eine wichtige Rolle (vgl. im folgenden Tab. 21). An erster Stelle zu nennen ist dabei der wirtschaftliche Aktivitätsgrad der einzelnen Unternehmen und Unternehmensgruppen, die Bedeutung von Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien im (über-)betrieblichen Energiemanagement sowie die Ausgestaltung von Kooperations- und Vernetzungsbeziehungen mit anderen Akteuren.

- Der Aktivitätsgrad der einzelnen Unternehmen und Unternehmensgruppen differenziert sich unter anderem aufgrund der politischen Rahmenbedingungen, die etwa durch Stadtentwicklungskonzepte und den Stadtentwicklungspläne (StEPs) sowie durch Förderprogramme und Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten beeinflusst werden. Ebenso bedeutend sind das Gewicht einzelner Branchen und die Größe sowie das Selbstverständnis und die Motivation der einzelnen Unternehmen. Für alle drei Szenarien spielt zudem der Grad der Vorreiterrolle der Öffentlichen Hand eine Rolle.
- Die Bedeutung der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien im Unternehmensbereich ist ebenfalls abhängig von den gegebenen Rahmenbedingungen, wird innerhalb dieses Rahmens aber durch die Aktivitäten der Unternehmen selbst geprägt. Dies gilt für die Anwendung von Effizienz- und Zukunftstechnologien ebenso wie für das Ausschöpfen vorhandener Potenziale für Erneuerbare Energien, beispielsweise bei der Erneuerung von Produktionsanlagen und von Büro- und Gewerbeausstattungen sowie bei der Eigenerzeugung von Strom und Wärme.
- Eng daran geknüpft ist die Ausgestaltung von Kooperation und Vernetzung der Berliner Unternehmen. In unterschiedlichen Ausprägungen wird davon ausgegangen, dass sich die Akteurslandschaft zunehmend vernetzt und dabei das Thema Energie und Klimaschutz stärker an Bedeutung gewinnt. Dies schlägt sich auch in der Investitionsbereitschaft der Unternehmen nieder, die wiederum von unterschiedlichen Finanzierungsmodellen und -strategien abhängt.

Ein gleichbleibendes Rahmendatum für die drei Szenarien im Handlungsfeld Wirtschaft ist zum einen - ausgehend von der Betrachtung im Energiekonzept der Bundesregierung - die Annahme eines durchschnittlichen Wirtschaftswachstums von einem Prozent (BMWi 2010).

Außerdem wird eine leichte Fortsetzung des beobachteten Trends zum Ausbau des Sektors verarbeitendes Gewerbe in Berlin über alle Szenarien hinweg unterstellt (AfS 2013b). In allen drei Szenarien wird zudem davon ausgegangen, dass der aktuell bereits geringe Anteil von energieintensiven Unternehmungen in Berlin weiter zurückgeht, und dass die wissensintensiven Produktionsanteile im verarbeitenden Gewerbe weiter zunehmen (BMWi 2010/ WWF 2009).

3.2.3.2. Szenarien

Referenzszenario

Auch schon im Referenzszenario werden die Themen „Energie- und Ressourceneffizienz“ sowie „Klimaschutz“ die Berliner Wirtschaft des Jahres 2050 stärker als heute prägen. Das ist unter anderem eine Folge der gestiegenen Energiepreise, aber auch der politischen Rahmenbedingungen (im Bund z.B. die Umsetzung der Energiewende). Bedeutende Wirtschaftszweige, die die Berliner Wirtschaft auf ihrem Weg der Klimaneutralität auch öffentlichkeitswirksam prägen, sind im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen insbesondere die Kreativ- und Digitalwirtschaft, der Tourismus und eine innovative Verkehrs- und Energiewirtschaft. Das verarbeitende Gewerbe wird zunehmend geprägt durch eine wissensintensive Produktion, unter anderem im Feld der Biotechnologie, der Medizintechnik und der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Diese forcieren – nicht zuletzt auch zur Stärkung ihrer Wettbewerbsposition – ihre Bestrebungen zur Gestaltung von klimaverträglichen Wirtschaftsaktivitäten und Prozessen, bleiben dabei jedoch hinter den ambitionierteren Zielen der Klimaneutralität (Ziel 1 und Ziel 2) zurück.

Der Aktivitätsgrad der einzelnen Unternehmen und Unternehmensgruppen ist eng gekoppelt an landespolitische Initiativen wie die wirtschaftsbezogenen StEPs und das Stadtentwicklungskonzept 2030 sowie die Pläne zur Industriestadt Berlin. Diese verlieren ab 2030 jedoch in Teilen an Bedeutung, was die gewünschte breitenwirksame langfristige Strahlkraft betrifft. Zudem bleiben Großprojekte wie die klimafreundliche Entwicklung rund um den Flughafen BER und die Nachnutzung in Tegel hinter den in sie gesetzten Erwartungen zurück. Gleiches gilt für einen Großteil der Berliner Unternehmen hinsichtlich einer umfassenden Umsetzung von betrieblichen Klimaschutzbemühungen.

Die Bedeutung der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien nehmen in den Berliner Unternehmen nur moderat zu. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die starke, zu lange andauernde Orientierung an einer sehr eng und kurzfristig definierten Wirtschaftlichkeit bezogen auf Investitionen in Energieeffizienz- und sonstige Klimaschutzschutzmaßnahmen. Langfristige Handlungshorizonte und damit verbundene Kostenvorteile werden nicht bzw. erst sehr spät berücksichtigt. Das vorhandene (Über-)Angebot an einzelnen Beratungsleistungen und Fördermöglichkeiten ohne eine hinreichende Bündelung überfordert vor allem die große Anzahl der KMUs, so dass die damit beabsichtigte Wirkung im größeren Stile nicht erzeugt wird.

Betrachtet man die weitere Ausgestaltung von Kooperation und Vernetzung, so sind in vielen Fällen die ambitionierten Initiativen mit überregionaler Strahlkraft ausschließlich Ergebnis der Fortführung von bestehenden Klimaschutzvereinbarungen. Sie werden schwerpunktmäßig von der öffentlichen Hand, städtischen Unternehmen, Großunternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe und dem privaten und öffentlichen Dienstleistungsgewerbe getragen.

Nur vereinzelt sind KMUs sowie aufkeimende Netzwerkinitiativen mehrerer Unternehmen integriert. Auch schlägt sich der Einfluss von sonstigen Klimaschutzinitiativen, Energietischen und grünen Unternehmensnetzwerken nicht im gewünschten Maße in konkreten CO_2-Emissionsminderungen nieder. Dies gilt ebenso für unternehmensübergreifende Kooperationen und Zusammenschlüsse zur Realisierung von gemeinsamen Projekten zum betrieblichen Klimaschutz. Diese finden nur begrenzt Anklang.

Am Ende verfehlt die mit ihrem hohen KMU-Anteil überwiegend kleinteilige Wirtschaftsstruktur Berlins im Referenzszenario die Ziele der Klimaneutralität und erreicht lediglich eine Reduktion der CO_2-Emission von 65 % im Jahr 2050 gegenüber 2010. Grund hierfür ist eine Reduktion des Gesamtendenergieverbrauchs um nur 20 %, welcher somit nur einer Minimalausschöpfung der möglichen Reduktionspotenziale entspricht (vgl. Kap. 2.3.3.).

Außerdem weist die Energieträgerzusammensetzung trotz eines ‚Ausstiegs aus der Kohle' noch deutliche fossile Anteile aus, vor allem im Bereich der Mineralöle und Mineralölprodukte (siehe Tab. 22).

Referenzszenario			Szenarien					
			Stand 2010 VG	Stand 2010 GHD	Stand 2010 gesamt	2050: Ziel-szenario 1 / VG	2050: Ziel-szenario 1 / GHD	2050: Ziel 1 ge-samt
Braunkohle	Briketts							
	Andere Braunkohlen-produkte		90		90			0
Mineralöle	Ottokraftstoffe			157	157		123	123
	Dieselkraftstoffe			659	659		514	514
Mineralöl-produkte	Heizöl	leicht	3.121	2.502	5.623	2.664	1.951	4.615
		schwer	30		30	25	0	25
	Andere Mineralöl-produkte		10	6	16	8	4	12
	Flüssiggas		1	251	252	1	196	197
Gase	Erdgas		3.894	4.449	8.343	3.386	3.470	6.856
Erneuerbare Energien	Solarenergie			2	2		2	2
	Biomasse		58		58	60		60
	Biotreibstoffe			15	15		12	12
	Sonstige			19	19	0	15	15
Elektr. Strom u.a. Energie-träger	Strom		6.936	16.112	23.048	5.896	12.567	18.463
	Fernwärme		935	211	1.146	795	165	960
Energieträger Insgesamt			15.075	24.383	39.458	12.835	19.019	31.854

Tabelle 22: Übersicht der Verteilung der Energieträger im Referenzszenario im Vergleich zum Stand 2010, bezogen auf die Endenergiebereitstellung; VG = Verarbeitendes Gewerbe, GHD = Gewerbe/ Handel/ Dienstleistungen; Angaben in TJ; Quelle: AfS 2013a; Eigene Zusammenstellung.

Zielszenario 1

Im Zielszenario 1 setzt sich die Berliner Wirtschaft des Jahres 2050 aufgrund einer kontinuierlichen Fokussierung auf das Thema Ressourcen- und Energieeffizienz in der Wirtschaftsförderung und Industrieansiedelungspolitik aus erfolgreich agierenden Konzernen und KMUs zusammen. Die Energieversorgung ist überwiegend zentral organisiert.

Im Gegensatz zum Referenz-Szenario werden die Klimaschutzbestrebungen in der Berliner Wirtschaft hier konsequenter umgesetzt. Schlüsselakteure sind neben der öffentlichen Verwaltung und größeren Unternehmen nun auch die breite Masse an KMUs. Kooperierende Unternehmensnetzwerke kommen vereinzelt vor. Insbesondere Unternehmen aus den Berliner Schlüsselbranchen wie zum Beispiel der Biotechnologie, Medizintechnik und IKT sowie der Verkehrs- und Energiewirtschaft und des Gesundheitswesens profilieren sich durch das ambitionierte Ausschöpfen bestehender Potenziale. Der generierte Nutzen steigert die Motivation anderer, auch kleinerer Unternehmen und erzeugt eine Art von ‚Dominoeffekt'.

Der Aktivitätsgrad der einzelnen Unternehmen und Unternehmensgruppen ist wie im Referenzszenario ebenfalls stark geprägt durch eine Verankerung und Integration von Klimaschutz in den wirtschaftsbezogenen StEPs und in den Plänen zur Industriestadt Berlin. Diese werden wie das Stadtentwicklungskonzept 2030 ambitioniert fortgeschrieben und behalten auch langfristig ihre Relevanz und Strahlkraft für die Unternehmen. Neben der Vielzahl an aktiven Unternehmen zeigt sich dies besonders gut an einzelnen Sonderstandorten, wie in Tegel, Marzahn, Adlershof und am Flughafen Berlin-Brandenburg (BER), wo im Zuge der Ansiedlung von ‚grünen' Gewerbe- und Industrieunternehmen sowie von Wissenschaftseinrichtungen klimafreundliche Anwendungen in einem zunehmenden Maße einen Standard setzen.

Mit Blick auf die Bedeutung der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien lässt sich festhalten, dass ein Schwerpunkt in den Unternehmensaktivitäten in Effizienzbestrebungen liegt und - aufgrund unsicherer (bundes-) politischer Rahmenbedingungen - weniger im Auf- und Ausbau eigener erneuerbarer Energieerzeugungskapazitäten. Die Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare kommt daher in diesem Szenario nicht so rasch voran wie in Zielszenario 2.

Unterstützt wird diese Entwicklung durch eine übergeordnete Koordination von Energiedienstleistungs- und Förderangeboten, welche eine permanente Information und Qualifizierung der Unternehmen und ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, vor allem im Bereich der Energieeffizienz, beinhalten. Dies ermöglicht den Berliner Unternehmen auch, sich in der Region und darüber hinaus als hoch kompetente sowie verantwortungsvoll agierende Akteure zu präsentieren.

Eng damit verbunden sind die zunehmende Etablierung von innovations- und diffusionsfördernden Institutionen jeweils mit einem starken Technologie- und Innovationsfokus wie z.B. Energie-Effizienz-Tische und Klimaschutz-Wettbewerbe, die wiederum ‚Best-Practice' Beispiele generieren oder F&E-Exzellenzinitiativen an den Berliner Hochschulen. Hierdurch können ‚Low-hanging fruits' (einfach Maßnahmen mit kurzen Amortisationszeiten) viel besser realisiert werden, so z.B. der Austausch von Beleuchtung, die Einführung innovativer IKT-Lösungen sowie die Behebung von Ineffizienzen in der Nutzung von Querschnittstechnologien (etwa Antriebsmotoren). Parallel dazu werden auch größere investive Maßnahmen mit hohen Amortisationszeiten (z.B. die Erneuerung des Anlagenbestandes) durchgeführt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass konventionelle Effizienzmaßnahmen um das Jahr 2030 herum an physikalisch-wirtschaftlichen Grenzen geraten und dadurch auch vom Kosten-Nutzen-Verhältnis her nicht mehr rentierlich sind. Spätestens dann werden in der Berliner Wirtschaft Technologien zum Einsatz kommen, die bereits heute entwickelt, aber noch nicht wirtschaftlich darstellbar sind, etwa die Nutzung von Lasertechnologie in industriellen Prozessen. Der ab 2030 stattfindende Einsatz dieser hochmodernen und extrem effizienten Technologien und Verfahren führt zu einer weiteren deutlichen Reduktion des Energieverbrauchs der Wirtschaft.

Die Ausgestaltung von Kooperation und Vernetzung beschränkt sich schwerpunktmäßig auf den flächendeckenden Abschluss von Klimaschutzvereinbarungen. Neben den im Referenzszenario genannten Vereinbarungen werden zunehmend Kooperationen zwischen Senat und der Vielzahl an KMUs abgeschlossen. Dies führt zu einer kontinuierlichen Erneuerung von Büro- und Gewerbeausstattungen, Produktionsanlagen und einem flächendeckenden Einsatz hocheffizienter Steuerungs- und Regelungstechnik. Die Kooperation und

Vernetzung zwischen einzelnen Unternehmen nach Art der Beispiele „Unternehmensnetzwerk Motzener Straße“ und „Green Moabit“ bleiben dagegen weiterhin eher die Ausnahme.

Zielszenario 1			Szenarien					
			Stand 2010 VG	Stand 2010 GHD	Stand 2010 gesamt	2050: Ziel-szenario 1 / VG	2050: Ziel-szenario 1 / GHD	2050: Ziel 1 gesamt
Braun-kohle	Briketts		0					
	Andere Braunkohlen-produkte		90		90			0
Mineralöle	Ottokraftstoffe			157	157		0	0
	Dieselkraftstoffe			659	659		376	376
Mineralöl-produkte	Heizöl	leicht	3.121	2.502	5.623	0	0	0
		schwer	30		30			0
	Andere Mineralöl-produkte		10	6	16			0
	Flüssiggas		1	251	252	0	143	143
Gase	Erdgas		3.894	4.449	8.434	4.183	5.301	9.484
Erneuer-bare Energien	Solarenergie			2	2	10	20	30
	Biomasse		58		58	66	30	96
	Biotreibstoffe			15	15		52	52
	Sonstige			19	19	15	48	63
Elekt. Strom u.a. Energie-träger	Strom		6.936	16.112	23.048	4.137	8.741	12.878
	Fernwärme		935	211	1.146	785	165	950
Energieträger insgesamt			15.075	24.383	39.458	9.196	14.876	24.072

Tabelle 23: Übersicht der Verteilung der Energieträger im Zielszenario 1 im Vergleich zum Stand 2010, bezogen auf die Endenergiebereitstellung; VG = Verarbeitendes Gewerbe, GHD = Gewerbe/ Handel/ Dienstleistungen; Angaben in TJ; Quelle: AfS 2013a; Eigene Zusammenstellung.

In der Summe führen die genannten Aktivitäten zu einer Reduktion der CO_2-Emission von 82 % im Jahr 2050 gegenüber 2010. Der Endenergieverbrauch wird um rund 40 % gegenüber 2010 reduziert. Dies bedeutet eine Ausschöpfung der möglichen Reduktionspotenziale (vgl. Kap. 2.3.3.) im oberen Bereich. Auch wird ein Großteil der fossilen Energieträger im Bereich Mineralöle und Mineralölprodukte (mit der Ausnahme einzelner, für systemrelevante Anwendungen benötigte Energieträger wie Flüssiggas oder Dieselkraftstoffe) zunehmend durch klimafreundlichere Energieträger, primär Erdgas, substituiert (siehe Tab. 23).

Zielszenario 2

Im Zielszenario 2 ist - bei gleichbedeutender Branchenentwicklung wie in Zielszenario 1 - die Vernetzung und Kooperation von Unternehmen im Bereich betrieblicher Klimaschutzaktivitäten ein wesentliches Element der

Berliner Wirtschaft. Diese ist wesentlich stärker ausgeprägt als in Zielszenario 1. Eng verbunden ist diese Vernetzung und Kooperation mit einem langsamen Umbau auf eine dezentrale und oft kleinteilige Energiebedarfsdeckung. Dabei bemühen sich die Berliner Unternehmen um die kollaborative Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen sowie - im Unterschied zum Zielszenario 1 - verstärkt auch um den Auf- und Ausbau einer erneuerbaren bedarfsgerechten (Eigen-) Energieversorgung.

Der Aktivitätsgrad der einzelnen Unternehmen und Unternehmensgruppen profitiert dabei insbesondere von einer auf Kooperation und Vernetzung ausgerichteten Ausgestaltung des politischen Handlungsrahmens. In Anlehnung an den StEP Gewerbe und Industrie nehmen beispielsweise kleinräumige Netzwerke in Form von dezentralen Innovationskernen zukünftig eine bedeutende Rolle ein. Eine stärkere Konzentration auf Kooperation und Vernetzung gilt auch für die Fortschreibung des Stadtentwicklungskonzept 2030, die weitere Ausgestaltung des StEP Klima sowie vermehrte Abschlüsse von Klimaschutzvereinbarungen mit der Wirtschaft. Es kommt zu einer klimafreundlichen Ausgestaltung des Aufbaus industrieller Kerne in Berlin. Die zunehmende Zusammenarbeit im Bereich des betrieblichen Klimaschutzes betrifft dabei nicht nur herkömmliche Anwendungen, sondern auch neue Arbeits- und Organisationsformen, wie beispielsweise die wachsende Anzahl an ‚Co-Working' Angeboten und bedingt durch eine sich veränderte Lebens- und Arbeitswelt, der Ausbau an Tele-Arbeit und ‚Home-Office'-Optionen.

Die Bedeutung der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien wird insbesondere durch eine breite Anwendung von teilweise überbetrieblich verankerten Energiemanagementsystemen und die kollaborative Erarbeitung von integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepten deutlich. Hierin liegt auch ein Schwerpunkt der Förderung und Beratung, ebenso wie in der Unterstützung der zahlreichen Klein- und Kleinstunternehmen mit weniger als zehn bzw. fünfzig Mitarbeitern (zum Beispiel über Initialberatungen und Investitionszuschüsse bzw. Hilfestellung bei der Vernetzung). Dabei nimmt das ‚Upscaling' von „Leuchttürmen" eine ebenso wichtige Rolle ein wie die Entwicklung von „Prosuming"-Angeboten, beispielsweise bei der Realisierung von Mikrogasnetzen oder von Mini-BHKWs. Letzteres geht auch einher mit dem verstärkten Ausbau von KWK-Anlagen im Rahmen der Fortführung der „Initiative zur KWK Modellstadt Berlin". Gleichzeitig geht die Fernwärmenutzung der Berliner Wirtschaft um rund die Hälfte gegenüber 2010 zurück.

Die zunehmende Bedeutung der Erneuerbaren Energien, insbesondere im Vergleich zum Zielszenario 1, ist vor allem auf einen hohen Anteil biogener Brennstoffe im Bereich der Prozessenergie und Kraftstofferzeugung zurückzuführen. Im Bereich der Prozessenergie gilt dies auch für den Einsatz von solaren Anwendungen sowie für den Einsatz von hocheffizienten Wärmepumpen. Mechanische Energie und Prozessenergie werden verstärkt auf (erneuerbaren) Strom umgestellt. Dieser wird in Teilen durch die Berliner Unternehmen selbst erzeugt, teilweise jedoch auch aus dem Berliner Netz bezogen. Zur Verbesserung der Ressourcen- und Energieeffizienz werden zudem, ähnlich wie im Zielszenario 1, verstärkt innovative Prozess- und Produktlösungen durch den Einsatz von Zukunftstechnologien in der Berliner Wirtschaft eingesetzt.

Stellvertretend für die Ausgestaltung von Kooperation und Vernetzung steht die Vielzahl an Unternehmensnetzwerken, die als Multiplikatoren für weitere noch inaktive Unternehmen und Unternehmensverbünde fungieren. Ein Beispiel ist die Verbreitung von klimaneutralen Gewerbe- und Industrieparks. Diese sind aufgrund ihrer überregionalen Strahlkraft für das Land Berlin wichtige Leuchttürme. Zudem gewinnen innerhalb der Unternehmensnetzwerke zunehmend vielfältige technische und institutionelle Klimaschutzinnovationen an Bedeutung. Dazu gehören auch neue, flexible und gleichzeitig langfristig ausgerichtete Finanzierungsmodelle und -strategien, die über herkömmliche Ansätze wie Genossenschaftsbeteiligungen, Beteiligungsfonds und ‚Contracting'-Lösungen hinausgehen, wie zum Beispiel der verstärkte Einsatz von ‚Crowdfunding'. Durch die kooperative Bereitstellung werden größere

Investitionsvolumina mobilisiert. Diese Aktivitäten sind verbunden mit einem hohen Maß an Selbstverpflichtung und durch die Erkenntnis eines umweltverantwortlichen Unternehmertums in der Berliner Wirtschaft.

Zielszenario 2			Szenarien					
			Stand 2010 VG	Stand 2010 GHD	Stand 2010 gesamt	2050 Ziel-szenario 2/ VG	2050 Ziel-szenario 2/ GHD	2050 Ziel 2 gesamt
Braun-kohlen	Briketts							
	Andere Braunkohlen-produkte		90		90			0
Mineralöle	Ottokraftstoffe			157	157			0
	Dieselkraftstoffe			659	659		128	128
Mineralöl-produkte	Heizöl	leicht	3.121	2.502	5.623			0
		schwer	30		30			0
	Andere Mineralöl-produkte		10	6	16			0
	Flüssiggas		1	251	252		63	63
Gase	Erdgas		3.894	4.449	8.343	5.207	6.028	11.235
Erneuer-bare Energien	Solarenergie			2	2	107	68	175
	Biomasse		58		58	290	259	549
	Biotreibstoffe			15	15	46	369	415
	Sonstige			19	19	76	97	173
Elektr. Strom u.a. Energie-träger	Strom		6.936	16.112	23.048	4.750	9.847	14.597
	Fernwärme		935	211	1 146	540	88	628
Energieträger insgesamt			15.075	24.383	39.458	11.016	16.947	27.963

Tabelle 24: Übersicht der Verteilung der Energieträger im Zielszenario 2 im Vergleich zum Stand 2010, bezogen auf die Endenergiebereitstellung; VG = Verarbeitendes Gewerbe, GHD = Gewerbe/ Handel/ Dienstleistungen; Angaben in TJ; Quelle: AfS 2013a; Eigene Zusammenstellung.

Im Zielszenario 2 liegt die erreichte Reduktion der CO_2-Emissionen bei 80 % im Jahr 2050 gegenüber dem Jahr 2010. Diese geht einher mit Einsparungen im Endenergieverbrauch von rund 30 %, was hinter den Werten des Zielszenarios 1 und den möglichen Reduktionspotenzialen (vgl. Kap. 2.3.3.) liegt. Dies liegt unter anderem an der stärkeren Fokussierung auf den Auf- und Ausbau erneuerbarer Energieerzeugungskapazitäten und damit verbunden geringeren Erneuerungsraten im Bereich des Anlagen- und Maschinenbestandes und der Gewerbe- und Büroausstattungen in den Berliner Unternehmen. Gleichzeitig kommt es auch im Zielszenario 2 ähnlich wie im Zielszenario 1 mittelfristig zu einem Energieträgerwechsel durch den die mineralölbasierten Anwendungen größtenteils durch moderne erdgasbasierte Hybridlösungen sowie Brennstoffzellen substituiert werden (siehe Tab. 24).

3.2.3.3. Zwischenfazit

Fasst man die Darstellungen im Referenzszenario und in den beiden Zielszenarien zusammen, so ergibt sich folgendes Bild (vgl. im Folgenden Tab. 25).

Es wird deutlich, dass die Berliner Wirtschaft sowohl im Zielszenario 1 als auch im Zielszenario 2 bezogen auf die Reduzierung ihrer CO_2-Emissionen entscheidend zur Erreichung der Klimaneutralität beiträgt. Für das Referenzszenario ergibt sich eine Reduktion der CO_2-Emissionen um 65 % (Basisjahr: 2010), was weniger auf den Rückgang des Endenergieverbrauchs der Berliner Wirtschaft zurückzuführen ist (-19 %), sondern aus der verstärkten Nutzung umweltfreundlicher Energien resultiert.

	Stand 2010		Szenarien 2050					
			Referenz		Zielszenario 1		Zielszenario 2	
	TJ	%	TJ	Änderung zu 2010	TJ	Änderung zu 2010	TJ	Änderung zu 2010
Endenergie gesamt (in TJ/ in %)	39 458	100	31 854	-19 %	24 072	-39 %	27 963	-29 %
CO_2-Emissionen gesamt (in Tsd. t/ in %)	4 556	100	1 594	-65 %	825	-82 %	895	-80 %

Tabelle 25: Übersicht der Endenergie und der CO_2-Emissionen der drei Szenarien im Vergleich zum Stand 2010, inklusive der erzielten Reduktionen; Quelle: Stand 2010 aus AfS 2013a; Ergebnisse der Szenarien 2050: Eigene Berechnung.

Diese Nutzung und die Ausschöpfung von Energieeffizienzpotenzialen werden in den beiden Zielszenarien noch verstärkt, was zu einer weiteren Abnahme der CO_2-Emissionen führt: 82 % in Zielszenario 1, 80 % in Zielszenario 2. Sowohl eine lokale Wirtschaftsstruktur, die eher durch starke Einzelunternehmen gekennzeichnet ist (Ziel 1), als auch eine, bei der Unternehmensnetzwerke eine größere Rolle spielen (Ziel 2) können damit einen substantiellen sektoralen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralitätsziele Berlins leisten.

3.2.4. Private Haushalte und Konsum

3.2.4.1. Einführung

Das Handlungsfeld private Haushalte und Konsum trägt laut der hier vorgelegten Umrechung der Energie- und CO_2-Bilanz des Landes Berlin im Jahr 2010 mit rund 9 % zu den energiebedingten CO_2-Emissionen (Verursacherbilanz) bei. Es stellt damit den kleinsten Energieverbrauchssektor dar.

Dennoch bestehen auch hier noch CO_2-Reduktionspotenziale, die es im Sinne einer umfassenden und konsistenten Klimaneutralitäts-Strategie „anzuzapfen“ gilt. Das Klimaneutralitätsziel braucht zudem die aktive

Mitwirkung und Unterstützung der Stadtgesellschaft. Auch von daher ist es wichtig, die privaten Haushalte zu adressieren.

Schlüsselfaktoren	Referenzszenario	Zielszenario 1	Zielszenario 2
Werte und Einstellungen	Leicht steigendes Umweltbewusstsein; konstante Sozialorientierung	Leicht steigendes Umweltbewusstsein; konstante Sozialorientierung	Deutliche steigendes Umweltbewusstsein; stärkere Sozialorientierung
Wohnfläche pro Kopf	42 m² (2010: 39 m²)	39 m²	36 m²
Ausstattungsgrad Haushaltsgeräte	Stark steigend	Leicht steigend/ Stabil	Stabil/ Leicht sinkend
Geräteeffizienz (spezifischer Stromverbrauch)	-50 %	-70 %	-70 %
Nutzerverhalten	Intensiv (z.B. Rebound)	Effizient (moderater Rebound), aber keine zus. verhaltensbedingten Einsparungen	Sparsam (kein Rebound), effiziente Nutzung plus Verhaltensänderungen
Zahl der Privathaushalte	2,35 Mio. (2010: 2 Mio.)	2,35 Mio.	2 Mio.
Personen pro Haushalt	1,6 (2010: 1,7)	1,6	1,9
Stromverbrauch pro Haushalt (außer Heizung, Warmwasser)	1.200 kWh (2010: 1.700 kWh)	950 kWh	850 kWh
Strombedarf aller Haushalte	3.000 Mio. kWh/ 11.000 TJ (2010: 3.395 Mio. kWh/ 12.221 TJ)	2.400 Mio. kWh/ 8.555 TJ	1.700 Mio. kWh/ 6.110 TJ
Gasverbrauch für Kochen	86 TJ (2010: 69 TJ)	43 TJ	35 TJ
CO_2-Emissionen Haushalte Strom & Gas (Kochen)	0,46 Mio. t (2010: 1,86 Mio. t)	0,19 Mio. t	0,14 Mio. t
Kaufbereitschaft Ökostrom	gering	mittel	hoch
Bereitschaft Kompensation	gering	hoch	mittel
Allgemeines Konsummuster	Statusorientiert und individualistisch Öko-Konsum nur in privilegierten sozialen Milieus Fleischkonsum wie heute (interne Umschichtungen) Sharing-Konzepte marginal	Moderat klimafreundlich und individualistisch Öko-Konsum nur ab mittleren/modernen sozialen Milieus Reduzierter Fleischkonsum nur bei gutsituierten Gesundheitsbewussten Sharing-Konzepte nur für statusniedrige Milieus	Klimafreundlich und sozial Öko-Konsum über viele Milieus verbreitet Reduzierter Fleischkonsum weit verbreitet Sharing-Konzepte weit verbreitet

Tabelle 26: Art und Ausprägung der Stellschrauben in den Szenarien des Handlungsfelds „Private Haushalte und Konsum"; Quelle: Eigene Darstellung.

Basierend auf der Analyse der Ausgangssituation konnten für dieses Handlungsfeld eine Reihe von Stellgrößen identifiziert und im Rahmen eines Stakeholder-Workshops diskutiert werden (vgl. Tab. 26). Die nachfolgenden Szenarien beruhen auf den unterschiedlichen Ausprägungen dieser Größen und werden im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt.

3.2.4.2. Szenarien

Referenzszenario

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass sich die Werte und Einstellungen der Berlinerinnen und Berliner nur moderat gegenüber heute verschieben, und zwar in Richtung eines weiteren leichten Anstiegs des Umweltbewusstseins. Die Sozialorientierung ändert sich nicht wesentlich, d.h. eine individualistische Grundausrichtung wird durch eine moderate Orientierung am Wohl Anderer temperiert. Das allgemeine Konsummuster kann entsprechend als individualistisch mit einer nur leicht abgeschwächten Statusorientierung beschrieben werden, unterscheidet sich also nicht grundlegend vom Muster der letzten Jahre. Entsprechend des leichten Anstiegs im allgemeinen Umweltbewusstsein ist weiterhin mit Diskrepanzen zum realen Konsumverhalten zu rechnen. Zwar wird ökologischer und klimafreundlicher Konsum von einigen aktiv praktiziert, allerdings verbleibt dies gesellschaftlich gesehen eher im Bereich der moderneren, statushöheren Milieus. Dadurch kann der ökologische Konsum sich auch zur sozialen Distinktion anbieten (Ökokonsum als Statussymbol für einige). Sharing-Konzepte (z.B. Carsharing, gemeinsame Gerätenutzung) werden im Referenzszenario nur vereinzelt praktiziert.

Gemäß der fortgeschriebenen Bevölkerungsprognose des StEK 2030 wird davon ausgegangen, dass sich die Berliner Bevölkerung bis 2050 um rd. 225.000 Personen auf dann 3,75 Millionen Einwohner erhöhen wird (mittlere Prognose).

Im Sinne der oben (2.3.4.) erwähnten Determinanten des Stromverbrauchs privater Haushalte, dem bilanziell relevanten Kernbereich dieses Handlungsfelds, werden für das Referenzszenario folgende Annahmen getroffen:

- Haushaltsgröße. Bis 2050 wird sich der in den letzten Jahren beobachtbare Trend zu kleineren Haushaltsgrößen auch in der Zukunft fortsetzen. Der Durchschnittshaushalt in Berlin wird dann statistisch 1,6 Personen umfassen, während es 2010 noch 1,7 Personen waren. Diese Entwicklung ist zum einen Folge einer weiter fortschreitenden Individualisierung der Stadtgesellschaft, zum anderen ein Effekt der zu erwartenden demographischen Verschiebungen in Berlin (höherer Anteil Älterer, besonders Frauen; höherer Anteil junger Erwachsener). Dadurch steigt die Zahl der Privathaushalte von rd. 2 Mio. (2010) auf 2,35 Mio. in 2050. Die Wohnfläche pro Kopf wird von 39 m^2 (2010) auf 42 m^2 ansteigen. Durch alle diese Faktoren wird der Haushaltsenergiebedarf ansteigen.
- Ausstattungsgrad. In den letzten Jahren ist der Ausstattungsgrad privater Haushalte mit stromverbrauchenden Geräten angestiegen, und es haben sich interne Verschiebungen aufgrund von technischem Wandel und geänderten Nutzungsgewohnheiten ergeben. Der Ausstattungsgrad für IuK-Geräte (Computer, Internet, Haussteuerung) etwa wird weiter ansteigen, aber auch bei „Weiße Ware“ (z.B. Geschirrspüler, Wäschetrockner) ist eine weitere Zunahme zu erwarten (vgl. Fahl et al. 2010, Matthes et al. 2013). Dadurch steigt der Endenergiebedarf der privaten Haushalte.
- Geräteeffizienz. Der spezifische Geräteverbrauch hat sich für die meisten Haushaltsgeräte in den letzten Jahren durch technischen Fortschritt kontinuierlich reduziert. Im Referenzfall wird sich das auch zukünftig fortsetzen, nicht zuletzt aufgrund politischer Rahmenbedingungen wie der EU Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG) und ihrer deutschen Umsetzung, das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG).

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass sich der spezifische Stromverbrauch des Geräteparks der Berliner Haushalte bis 2050 um 50% reduzieren wird.[56]

– Nutzerverhalten. Im Referenzszenario kommt es zu keiner nennenswerten Ausbreitung von energieeffizientem Verhalten. Der ausgeweitete Gerätepark wird intensiv genutzt, Effizienzgewinne durch technischen Fortschritt dadurch teilweise kompensiert (direkte Rebound-Effekte).

Manche Studien für ganz Deutschland (Zeithorizont: 2030) prognostizieren im Nettoeffekt dieser Parameter einen leichten Anstieg des Haushaltsstromverbrauchs (Fahl et al. 2010). Die Machbarkeitsstudie schließt sich demgegenüber den Studien von Prognos et al. (2010) und UBA (Matthes et al. 2013) an, die beide im Referenzfall bis 2050 mit einer Reduktion des Haushaltsstromverbrauchs in Deutschland um rd. 10 % rechnen. Damit beträgt der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte dann rd. 11.000 TJ. Bedingt durch den stark reduzierten Generalfaktor Strom (150g/kWh statt 548g/kWh in 2010) betragen die sektoralen Emissionen damit 1,863 Mio. t CO_2, was einer Reduktion um 75 % (Verursacherbilanz) entspricht.

Zielszenario 1

Das Zielszenario 1 geht davon aus, dass sich die Werte und Einstellungen ähnlich entwickeln werden wie im Referenzszenario, allerdings übersetzen sie sich etwas anders in das allgemeine Konsummuster. Zudem hat es eine deutliche Steigerung des Effizienzbewusstseins gegeben, was sich vornehmlich in höheren Anforderungen an Gebäude und Geräte niederschlägt. Klimafreundlichkeit hat einen etwas höheren Stellenwert, und umwelt- und klimafreundliche Konsummuster verbreiten sich auf mittlere und modernere soziale Milieus. Sie verlassen also die soziale Nische, aber erreichen kaum die statusniedrigeren sozialen Milieus. Technische Effizienz, teilweise verbunden mit einem ausgeprägten Kostenbewusstsein und Lebenszyklus-Betrachtungen, spielt für viele Verbraucherinnen und Verbraucher eine wichtige Rolle. Sharing-Konzepte dagegen werden nur in den einkommensschwächeren Haushaltssegmenten als „Notlösung“ praktiziert. Damit ist in diesem Szenario insgesamt die soziale Differenzierung der privaten Haushalte Berlins ausgeprägter als im Referenzszenario.

– Haushaltsgröße. Auch in diesem Szenario werden die Berliner Haushalte kleiner (1,6 Personen pro Haushalt), und auch hier wird von 2,35 Mio. Haushalten in 2050 ausgegangen. Die Wohnfläche pro Kopf beträgt wie im Jahre 2010 39 m^2. Im Effekt steigt dadurch der Stromverbrauch leicht.

– Ausstattungsgrad. In diesem Szenario wird die Haushaltsausstattung etwas schwächer ansteigen als im Referenzszenario, weil das gestiegene Umwelt- und Effizienzbewusstsein zusammen mit einer stärkeren Effizienzpolitik auf Bundes- und Landesebene die Kaufbereitschaft für verbrauchsintensive Geräte dämpft.

– Geräteeffizienz. In Zielszenario 1 nimmt der spezifische Geräteverbrauch aufgrund des effizienteren, durch Kampagnen unterstützen Kaufverhaltens der Berliner Haushalte stärker ab als im Referenzfall (-70 %).

– Nutzerverhalten. Der große Unterschied zum Referenzszenario besteht darin, dass die Substitutionsrate von Altgeräten durch hocheffiziente Neugeräte durch verschiedene Maßnahmen erheblich erhöht wird. Außerdem unterstützen Smart-Metering- und Smart-Home-Konzepte diesen Trend zu mehr technischer Effizienz. Das Berliner Stromnetz ist entsprechend ertüchtigt. Erdgasherde passen weniger gut zu dieser technischen Modernisierung und Vernetzung der Haushalte und verlieren Anteile am Gerätepark. Verhaltensumstellungen finden nur in dem Ausmaß statt, das die direkten Rebound-Effekte verhindert.

---

[56] Diese pauschale Annahme mittelt die durchaus unterschiedlichen Änderungen der Energieeffizienz über verschiedene Produktgruppen hinweg: im Bereich der „Weißen Ware“ kann sogar von größeren Einsparungen ausgegangen werden, während im Unterhaltungs- und IKT-Bereich die Fortschritte geringer ausfallen. Aufgrund größerer Bildschirme kann etwa im TV-Bereich von einem Anstieg des spezifischen Geräteverbrauchs ausgegangen werden. Das Referenzszenario schreibt die Entwicklungen der UBA-Energiewende-Studie für 2030 bis 2050 fort (Matthes et al. 2030: 144).

Insgesamt reduziert sich im Nettoeffekt der Energieverbrauch der privaten Haushalte auf knapp 8.600 TJ, reduziert sich also gegenüber 2010 um 30%. Zusammen mit der Verbesserung des Generalfaktors Strom auf 81g/kWh führt das zu Emissionen von 0,192 Mio. t CO_2 (-90% gegenüber 2010).

Zielszenario 2

Das Zielszenario 2 führt zwar ebenfalls zu einer deutlichen Modernisierung des Haushaltsgeräteparks, der Schwerpunkt liegt hier aber nicht allein auf der Technik, sondern auf einem energiesparenden Verhalten. Dieses Szenario rechnet mit einem deutlichen und sozial verbreiteten Anstieg des Umwelt- und Klimabewusstseins, das sich zudem auch weitgehend in Konsumverhalten übersetzt. Der Individualismus und statusorientierte Konsumismus der modernen Konsumgesellschaft wird hier konterkariert durch eine stärkere Orientierung an ökologischen sozialen Werten. Entsprechend haben Sharing-Konzepte ihren „Arme-Leute-Geruch“ verloren, auch das Selbermachen verbreitet sich etwas mehr (Heinrichs 2013, Heinrichs/ Grunenberg 2010, Scholl et al. 2010). Genossenschaftliche Formen der (Energie-) Versorgung und des Konsums haben sich über das Stadtgebiet ausgebreitet, zumindest ist die soziale Nische aus dem Referenz- und dem Zielszenario 1 verlassen. Der etwas geringer ausgeprägte Individualismus bremst den Trend zu immer kleineren Haushaltsgrößen und größerer Wohnfläche pro Kopf - etwa durch Wohngemeinschaften Älterer oder die Nutzung der Angebote zum Wohnungstausch. Dieses Zielszenario 2 setzt auf einen einfachen Grundgedanken:

„Erfolgreiche Suffizienzstrategien und ein nachhaltiger Lebensstil, die auf die Vermeidung von Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen durch geändertes Verhalten abzielen, sind eine Voraussetzung dafür, dass ambitionierte Emissionsziele überhaupt verwirklicht werden können.“ (Ziesing et al. 2010: 9)

Derlei Suffizienzstrategien sind nicht allein individuell zu erreichen, sondern verbinden sich mit sozialen Innovationen und können durch politische Rahmenbedingungen erleichtert werden. Dabei kommt die ganze Bandbreite politischen Handelns für „Suffizienzpolitik“ zum Einsatz (Heyen et al. 2013, Seidl/ Zahrnt 2012): von der Planung und Infrastrukturbereitstellung über Information und Aufklärung bis hin zu Anreizen und regulatorischen Instrumenten. Hier geht es zuletzt um eine die zentralen Stellschrauben (*key points*) des Konsums adressierende aktivierende Verbraucherpolitik (Bilharz 2009).

- Haushaltsgröße. Aufgrund des geringeren Individualismus und von unterstützenden Angeboten der Wohnungswirtschaft (z.B. Marktanreize für den Umzug in kleinere Wohnungen) sinkt die durchschnittliche Wohnfläche pro Kopf auf 36 m^2. Dadurch steigt die Haushaltsgröße in Berlin auf 1,9 Personen, die Zahl der Privathaushalte beträgt 2 Mio., genau wie 2010.
- Ausstattungsgrad. Das gestiegene Umweltbewusstsein der Berliner Haushalte übersetzt sich in diesem Szenario in eine geringere Kaufbereitschaft für stromverbrauchende Haushaltsgeräte. Aber die gekauften Geräte sind – wie in Zielszenario 1 – sehr effizient.
- Geräteeffizienz. Die spezifische Geräteeffizienz entspricht der von Zielszenario 1 (d.h. Endenergiebedarf – 70 %).
- Nutzerverhalten. Anders als in Zielszenario 1 ändert sich hier das Nutzerverhalten deutlich. Suffizienz, also die die freiwillige, idealerweise durch Einsicht motivierte Änderung von Konsummustern, die darauf abzielt, ökologisch nachhaltig und klimaneutral zu werden, prägt das Verhalten und führt dazu, dass auch Alternativen zu technischen Lösungen gesucht werden, z.B. Wäschetrocknen auf der Leine statt im Wäschetrockner. Auch der bilanziell nicht berücksichtigte Kauf von Lebensmitteln, dauerhaften Konsumgütern und Dienstleistungen hat sich verändert, z.B. wird weniger Fleisch gegessen als noch 2010. Dieser Aspekt des Nutzerverhaltens geht zwar nicht in die offizielle Bilanz ein, reflektiert aber zum einen das deutlich gestiegene Umwelt- und Klimabewusstsein der Bevölkerung und hat zum anderen auch indirekte Effekte auf bilanziell erfasste Faktoren (z.B. weniger Kochenergie im und außer Haus für Fleischzubereitung).

Insgesamt halbiert sich damit der Endenergieverbrauch auf rd. 6150 TJ, was zu energiebedingten Emissionen von 0,138 Mio. t CO_2 führt (-93 % gegenüber 2010).

3.2.4.3. Zwischenfazit

Der Szenarienvergleich zeigt, dass das Referenzszenario im Haushaltsbereich beim Endenergieverbrauch deutlich schlechter ausfällt als in anderen Handlungsfeldern (Tab. 27). Das liegt unter anderem daran, dass eine nur moderat veränderte Wert- und Einstellungswelt bei der Berliner Wohnbevölkerung angenommen wurde. Außerdem gibt es keinen „StEP Konsum“, dessen Implementierung hier – wie in den anderen Handlungsfeldern – hätte angenommen werden können. Dennoch sinken die energiebedingten CO_2-Emissionen bereits im Referenzfall deutlich: um über 75 %. Dieser für Berlins Klimabilanz erfreuliche Rückgang ist allerdings dem Zusammenwirken zweier externer Größen zu verdanken: der Verbesserung der Geräteeffizienz und der „Ergrünung“ des Generalfaktors Strom dank der bundesweiten Energiewende.

	Stand 2010		Szenarien 2050					
			Referenz		Zielszenario 1		Zielszenario 2	
	TJ	%	TJ	Änderung zu 2010	TJ	Änderung zu 2010	TJ	Änderung zu 2010
Endenergie gesamt (in TJ/ in %)	12.290	100	11.086	-9,8 %	8.598	-30 %	6.145	-50 %
CO_2-Emissionen gesamt (in Tsd. t/ in %)	1.860	100	460	-75,2 %	190	-90 %	140	-92,5 %

Tabelle 27: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen im Handlungsfeld private Haushalte und Konsum; Quelle: Stand 2010 aus AfS 2013a; Ergebnisse der Szenarien 2050: Eigene Berechnung.

Zusätzliche Einsparungen werden in den beiden Zielszenarien durch eine Reduktion des Strom- und Gasverbrauchs der Berliner Privathaushalte erzielt, wodurch in beiden Zielszenarien die CO_2-Emissionen um ca. 90 % sinken. Das eine der beiden setzt dabei primär auf konsequente Effizienzverbesserungen im Haushalt, das andere zusätzlich auf Einstellungs- und Verhaltensänderungen.

3.2.5. Verkehr

3.2.5.1. Einführung

Die Entwicklung der drei Szenarien (Referenz-, Ziel 1 und Ziel 2) im Handlungsfeld Verkehr basiert auf einer Reihe von Annahmen und Rahmenbedingungen. Hierbei handelt es sich um bestimmte Daten bzw. Entwicklungen, die sich - so die Hypothese - bis zum Jahr 2050 weitgehend konstant über alle drei Szenarien hinweg verhalten werden.[57]

[57] Einzelne Abweichungen von diesem Vorgehen finden sich explizit genannt und mit einer entsprechenden Erläuterung versehen in der methodischen Beschreibung.

Als ein solches Eckdatum im Bereich des Personenverkehrs wird die demographische Entwicklung Berlins berücksichtigt. Sie ist wichtig für die Berechnung der Veränderung des Verkehrsaufkommens und deren Auswirkungen. Weiterhin wird über alle Szenarien hinweg unterstellt, dass die Wege bei allen Verkehrsmitteln (außer für Fußgänger) etwas länger werden. Grund hierfür ist ein statistischer Effekt, der aus der Verlagerung von Wegen ab 5 km vom MIV und ÖPNV hin zum Radverkehr resultiert.

Beiden klimaneutralen Zielszenarien 1 und 2 sowie dem Referenzszenario liegt die Annahme zugrunde, dass wichtige Ziele des Stadtentwicklungsplans (StEP) Verkehr erreicht und die dort beschriebenen Maßnahmen bis zum angestrebten Zeithorizont 2025 weitestgehend umgesetzt sein werden (SenStadt 2011e, SenStadtUm 2013d). Es ist wichtig zu beachten, dass bereits hierfür im verbleibenden Jahrzehnt erhebliche Anstrengungen aller relevanten Akteure notwendig sind.

Schlüsselfaktoren	Referenzszenario	Zielszenario 1	Zielszenario 2
Anteil Umweltverbund am Modal Split (Wege)	79 %	79 %	93 %
Anteil geteilter Verkehrsmittel am Modal Split (Wege)	5 %	5 %	19 %
City-Logistik	nein	nein	ja
Vernetzung der Verkehrsträger (PV)	steigt leicht	steigt leicht	steigt stark
Anteil alternativer Antriebe im Straßenverkehr	gering (angelehnt an WWF 2009, Referenzszenario)	hoch (diversifiziert)	hoch (Fokus auf batterieelektrische Fahrzeuge)
Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor	25 %	52 %	57 %
Autonomes Fahren	keine Zulassung für autonome Fahrzeuge	autonomes Fahren zugelassen	autonomes Fahren zugelassen; Carsharing-Fahrzeuge verteilen sich autonom in der Stadt
Vernetzung mit dem Energiesystem	gering	sehr hoch, da große Anzahl Fahrzeuge (Batteriespeicher, Wasserstoff und Erdgas)	hoch (überwiegend Batteriespeicher)
Mobilitätskosten Personenverkehr (Durchschnitt)	hoch, aufgrund der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern (MIV)	mittel, da zwar alternative Antriebe die Kosten senken, aber weiterhin hoher Anteil MIV	geringer, da hoher Anteil vernetzter Verkehr
Anteil Carsharing-Fahrzeuge an Pkw	7 %	7 %	46 %

Schlüsselfaktoren	Referenzszenario	Zielszenario 1	Zielszenario 2
Durchschnittliche Wegelänge (Fuß, Rad, MIV, ÖPV, CS, BS)	7,1 km	7,1 km	6,1 km (hohe Nachverdichtung, vgl. HF 2)
Entwicklung Verkehrsleistung (Fuß, Rad, MIV, ÖPV, CS, BS), 2010-2050	+14 %	+14 %	-2 %
Passagiere am BER /Jahr	45 Mio. (maximale Ausbaustufe)	30 Mio.	36 Mio.
Entwicklung der Verkehrsleistung 2010-2050 im Güterverkehr Lkw /LNF /Bahn	+32 % / +54 % / +125 % (nach BMU 2012)	+32 % / +54 % / +125 % (nach BMU 2012)	+10 % / +100 % / +300 %
Endwicklung der Verkehrsleistung Radverkehr 2010-2050 (Fahrrad und BS) / Anteil am Modal Split 2050 (VL)	+129 % / 14 %	+129 % / 14 %	+122 % / 15 %

Tabelle 28: Art und Ausprägung der Stellschrauben in den Szenarien des Handlungsfelds „Verkehr"; Quelle: Eigene Darstellung.

Die Annahmen zur Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs aller Verkehrsträger und Antriebsarten (in MJ/Pkm, tkm, Fzg-km) stammen, ebenso wie die zu erwartende Effizienzentwicklung der Antriebe, überwiegend aus einer aktuellen Metastudie des Bundesumweltministeriums (BMU 2012, Details zur Methodik im Anhang B 7).

Auf die technologische Entwicklung alternativer Antriebe hat Berlin nur wenig Einfluss. Daher wird diese in den beiden Zielszenarien nicht variiert. In beiden Zielszenarien setzen sich alternative Antriebe weitestgehend durch, was u.a. auf eine positive Entwicklung bei den Anschaffungs- und Betriebskosten, bedingt durch konsequente Förderung auf nationaler und internationaler Ebene, zurückgeht. Der unterschiedliche Flottenmix in den Zielszenarien ergibt sich aus den variierten Rahmenbedingungen in Berlin. Für das vorliegende Referenzszenario wird von einer weniger starken Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben ausgegangen, analog dem Referenzszenario der Studie des WWF (2009). Dennoch sorgen Verbesserungen bei der Antriebseffizienz und eine umfangreiche ‚Hybridisierung'[58] auch hier bereits für einen deutlichen Rückgang der CO_2-Emissionen.

Ferner wird für alle Szenarien unterstellt, dass die technischen Voraussetzungen zur Vernetzung zwischen Verkehrs- und Energiesystem (z.B. bidirektionales Laden) bis zur Marktreife hin entwickelt sind. Das vollautonome Fahren ist in beiden Zielszenarien bis 2050 rechtlich abgesichert möglich; lediglich dessen Ausgestaltung und Bedeutung für das Verkehrssystem unterscheiden sich.

[58] Wenn nicht explizit von Plug-in Hybriden gesprochen wird, dann meint Hybridisierung (oder kurz: Hybride) lediglich die Effizienzsteigerung konventioneller Antriebe durch zusätzliche Elektromotoren. Der Anteil der Hybride wird nicht extra ausgewiesen.

Die CO_2-Emissionen des Flugverkehrs auf dem **Flughafen BER in Schönefeld** fänden nach der Methodik der Energiebilanzen keine Berücksichtigung in dieser Studie; sie müssen der Vollständigkeit halber jedoch erfasst werden. Unter Berücksichtigung des Einwohnerverhältnisses zwischen Berlin und Brandenburg sowie der großen wirtschaftlichen und touristischen Bedeutung Berlins wird angenommen, dass sich das heutige Verhältnis im Passagieraufkommen von ca. 70 zu 30 bis 2050 nicht wesentlich verändert und folglich mindestens 70 % der BER-Emissionen im Jahr 2050 Berlin zuzurechnen sind.

Vor dem Hintergrund dieser vergleichbaren Ausgangsentwicklung lassen sich neben dem Referenzszenario zwei weitere mögliche Zukunftsentwicklungen des Verkehrssektors aufzeigen, die basierend auf verschiedenen innovativen und zukunftsweisenden technologischen, infrastrukturellen und gesellschaftlichen Dynamiken dem Ziel eines klimaneutralen Berlins dienen.Diese Schlüsselbereiche und Faktoren bestimmen ganz wesentlich das zukünftige Gesicht des Berliner Verkehrssektors. Auch im Verkehrssektor wurden - mittels unterschiedlicher Ausprägung dieser Faktoren - verschiedene Szenarien zum Ziel der Klimaneutralität entwickelt (siehe die Zusammenstellung in Tab. 28).

Während im Zielszenario 1 insgesamt eher die „**technisch innovative Mobilität**“ als strategisches Leitthema im Vordergrund steht, ist das Zielszenario 2 insgesamt eher unter dem Oberbegriff „**vernetzt innovative Mobilität**“ zu begreifen. Beide Zielszenarien sowie das Referenzszenario werden im Folgenden näher beschrieben.

3.2.5.2. Szenarien

Referenzszenario

Das Referenzszenario orientiert sich an den Annahmen und Zielen des StEP Verkehr und schreibt sie für das Jahr 2050 fort. Der Fokus liegt stark auf der Förderung des Umweltverbundes, d.h. des Rad-, Fuß- und öffentlichen Verkehrs, dem punktuellen Ausbau des ÖPNV-Liniennetzes sowie der Verknüpfung dieser Verkehrsträger untereinander, wodurch sie bereits bis 2025/2030 ein starkes Nachfragewachstum verbuchen. In den folgenden 20 Jahren stabilisieren sich diese Werte, so dass der Anteil der Wege, die auf den Umweltverbund entfallen, im Jahr 2050 bei 79 % liegt. Infolge dieser Entwicklung wird der motorisierte Individualverkehr (MIV) an Bedeutung verloren haben (vgl. Abbildung 39).

Das Verkehrssystem hat im Referenzszenario zwar zahlreiche Optimierungsprozesse durchschritten, aber keinen grundlegenden Systemwechsel erfahren. Das Mobilitätsverhalten vieler Berliner ist weiterhin individualistisch geprägt (eigenes Fahrrad, eigener Pkw). Anbieter- bzw. verkehrsträgerübergreifende Mobilitätsangebote sind nur vereinzelt am Markt etabliert. Bewusst nachhaltige Mobilitätsmuster lassen sich nur in wenigen Milieus finden, während der Großteil der Bevölkerung sein Mobilitätsverhalten gegenüber heute kaum verändert hat. Daneben spielt u.a. der Anstieg der Nutzerkosten für private Pkw, bedingt durch die Aufwärtsentwicklung bei den Preisen fossiler Kraftstoffe, eine wichtige Rolle[59].

Die Anzahl privater Pkw geht auf ca. 800.000 Fahrzeuge zurück. Hinzu kommen etwa 60.000 Car-Sharing-Autos, die im Berliner Stadtgebiet zur Verfügung stehen. Alternative Kraftstoffe und Antriebe kommen nicht flächendeckend zum Einsatz, dennoch sind auch die konventionellen Antriebe deutlich effizienter und die Zahl der Hybridantriebe hat stark zugenommen. Aufgrund der eher geringen Anzahl von elektrischen Fahrzeugen, die als Pufferspeicher im Netz dienen könnten, sind Energie- und Verkehrswende nur unzureichend miteinander verknüpft. Die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen hat sowohl im Verkehrssektor als auch im Energiesektor Bestand, dadurch sind die Mobilitätskosten zur Nutzung aller Verkehrsträger real deutlich gestiegen.

[59] Die International Energy Agency (IEA) geht im „Current Policy Scenario“ im World Energy Outlook 2011 beispielsweise von einem Preisanstieg für Rohöl um 173 % (real) für das Jahr 2035 aus (IEA 2011: 64).

Der Wirtschaftsverkehr hat auf Grund der Bevölkerungszunahme und der positiven wirtschaftlichen Entwicklung Berlins bis ins Jahr 2050 kontinuierlich zugenommen. Ein verändertes Konsumverhalten der Bevölkerung (z.B. Zunahme beim E-Commerce) sowie die Anforderungen eines starken Dienstleistungssektors stimulieren den Lieferverkehr innerhalb der Stadt weiter. Bahn und Binnenschiff haben zwar an Transportanteilen hinzugewonnen; dennoch wird der Großteil der Verkehrsleistung im Güterfernverkehr weiterhin auf der Straße erbracht. Zwar ist kein stadtweites, übergeordnetes City-Terminal-Konzept eingeführt, doch das Wachstum des Wirtschaftsverkehrs ist (weitestgehend) effizient und stadtverträglich umgesetzt worden. Hier haben u.a. ordnungspolitische Maßnahmen zur integrierten Standortplanung neuer und bestehender Gewerbe- und Industriestandorte gegriffen. Zudem existieren einzelunternehmerische Ansätze zur effizienteren Abwicklung der städtischen Sammel- und Verteilerverkehre, während moderne Verkehrstelematik ein zielorientiertes Verkehrsmanagement zur Verbesserung des Verkehrsflusses ermöglicht[60].

Im Luftverkehr sind die externen Kosten nach wie vor nicht verursachergerecht internalisiert. Aus diesem Grund setzt sich die dynamische Entwicklung des Luftverkehrs bis 2050 fort und der Flughafen BER stößt bis 2050 an seine Kapazitätsgrenze von jährlich etwa 45 Mio. Passagieren. Der spezifische CO_2-Ausstoß im Luftverkehr ist rückläufig. Neben technischen und operativen Effizienzsteigerungen tragen auch biogene Kraftstoffe, die aus regenerativer Biomasse hergestellt werden, zu dieser Entwicklung bei und decken etwa ein Fünftel des Treibstoffbedarfs im Luftverkehr.

Zielszenario 1

Der Entwicklung des Verkehrssystems im Zielszenario 1 liegen überwiegend die gleichen Annahmen hinsichtlich des Mobilitätsverhaltens der Bürger und des übergeordneten rechtlichen Ordnungsrahmens wie beim Referenzszenario zugrunde. Daher sind wichtige Verkehrskennzahlen wie z.B. Modal Split, Fahrzeugzahlen und mittlere Wegelängen identisch. Auch hier bildet der gut ausgebaute ÖPNV das Rückgrat des urbanen Personenverkehrs, unterstützt durch einen sich auf hohem Niveau stabilisierenden Anteil von Radfahrern. Im Rahmen einer ‚Vernetzungsinitiative Personenverkehr' wurde sowohl die physische als auch die virtuell-informatorische Vernetzung der Verkehrsträger im Personenverkehr intensiviert mit dem Ziel, den Kunden – Bürgern wie Besuchern – die Nutzung des Gesamtsystems wesentlich zu vereinfachen. Der modale Anteil des ÖPNV, gemessen an der Verkehrsleistung, erreicht 50 %. Der motorisierte Individualverkehr erreicht im Jahr 2050 immerhin noch 30 %.

Ein wesentlicher Unterschied zum Referenzszenario besteht in der technologischen Weiterentwicklung der Fahrzeugantriebe und der weitreichenden Elektrifizierung des städtischen Straßenverkehrs, die zu einer Abkehr von fossilen Kraftstoffen und Verbrennungsmotoren geführt hat. Batterieelektrische Fahrzeuge werden seit Jahrzehnten in Serie produziert, ihre Anschaffungskosten sind gesunken und die Reichweite hat sich – allerdings überschaubar – erhöht. Auch im Bereich der elektrischen Brennstoffzellenantriebe auf Wasserstoffbasis wurde ein Durchbruch erzielt. Die Fahrzeuge bleiben zwar teurer, aber sie besitzen eine größere Reichweite, da inzwischen bundesweit ein ausreichend dichtes Tankstellennetz besteht. Daneben spielen Plug-In-Hybride[61]

60 Eine detaillierte Zusammenstellung der Maßnahmen für den Wirtschaftsverkehr findet sich im StEP Verkehr.

61 "Plug-In Hybride" sind eine Weiterentwicklung von Hybridantrieben, bei denen die Batterie nicht mehr nur über den Verbrennungsmotor (oder die Rückspeisung der Bremsenergie) aufgeladen werden kann, sondern zusätzlich am Stromnetz. Ihr Anteil wird in dieser Studie extra ausgewiesen. Für die Bestimmung des Energieverbrauchs wird hier angenommen, dass 70 % des Energieverbrauchs/ der Fahrleistung dieser Fahrzeuge elektrisch und 30 % durch Zusatzaggregate erbracht wird. Der Anteil der Kraftstoffe, die in den Zusatzaggregaten zur Anwendung kommen, orientiert sich am Anteil der verbleibenden Kraftstoffe pro Fahrzeugsegment im entsprechenden Szenario.

und, v.a. im Schwerlastverkehr, Antriebe mit Erdgas [62] eine wichtige Rolle. Knapp ein Drittel des Energieverbrauchs im Straßenverkehr entfällt auf Strom und 41 % auf Wasserstoff. Daneben machen Erdgas noch 18 %, Diesel 8 % und Biokraftstoffe 1 % aus. Benzin kommt nicht mehr zum Einsatz.

Abbildung 39, oben: Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr (Wege) im Referenz- und Zielszenario 1 (Gesamtverkehr); Abbildung 39, unten: Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr (Verkehrsleistung) im Referenz- und Zielszenario 1 (Gesamtverkehr); Quelle: Eigene Projektion auf Basis Mobilität in Städten – SrV 2008[63], Werte sind auf ganze Zahlen gerundet.

[62] In der Machbarkeitsstudie wird für das Erdgas ein erneuerbarer Anteil von 24 % in Ziel 1 und 30 % in Ziel 2 angenommen.

[63] Die Verkehrserhebung SrV 2008 erhebt den Alltagsverkehr Berliner Haushalte im Jahr 2008. Hierbei werden die alltäglichen Wege zu Fuß, mit dem Fahrrad, im MIV und im ÖPV bis 100 km erfasst (Flugreisen und Wege über 100 km werden nicht erhoben). Für das Basisjahr 2010 wird angenommen, dass sich die Anteile zu 2008 nicht verändern.

Durch die stadtweit stufenweise eingeführte sog. Zero-Emission-Zone sind Anreize zur Erneuerung des Fuhrparks geschaffen worden, indem je nach Emissionsgrad gestaffelt Gebühren zu entrichten sind. Zudem wurde durch die Bepreisung im Rahmen des dynamischen und integrierten Park- und Straßenraum-Managements einerseits das Abstellen privater Pkw im wertvollen öffentlichen Straßenraum verteuert. Andererseits trägt ein konsequentes Road-Pricing auf bestimmten Straßenabschnitten und gestaffelt nach Tageszeit dazu bei, hochfrequentierte Straßen zu entlasten und einen gleichmäßigeren Verkehrsfluss über den Tag zu ermöglichen. Nichtmotorisierte und „geteilte" Verkehrsmittel werden attraktiver, auch weil ein Teil der wohnstandortnahen Stellflächen zu Standorten für Mobilitätsdienstleistungen umgewidmet wurde. Die Nachfrage nach *Carsharing* und Fahrradverleihsystemen ist zwar kräftig gewachsen, erreicht aber insgesamt nur bescheidene Anteile am Gesamtaufkommen.

Die Mehrzahl der Straßenfahrzeuge ist in der Lage, vollautonom zu fahren. Im Zeitalter der allumfassenden Digitalisierung kommunizieren die Fahrzeuge mit Hilfe modernster Technologie miteinander, wodurch deutliche Verbesserungen beim Verkehrsfluss und der Verkehrssicherheit erzielt werden. Die Fahrzeit kann von den Insassen produktiv genutzt oder genossen werden.

Der Radverkehr ist im Stadtbild allgegenwärtig, was auch auf seine gezielte Förderung zurückgeführt werden kann. Mehr noch als im Referenzszenario wird er durch elektrische Fahrräder geprägt, die 30 % der Radverkehrsleistung erbringen, was für sich genommen mit einem zusätzlichen Energieverbrauch einhergeht[64]. Die Elektrifizierung geschieht analog zur Elektrifizierung im Straßenverkehr. Die Radinfrastruktur ist an den Bedarf von elektrischen Fahrrädern angepasst, so dass beispielsweise Lademöglichkeiten an witterungsfesten Abstellanlagen in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen.

Die flächendeckende Diffusion von E-Fahrzeugen hat zu einer engen Verknüpfung von Verkehrs- und Energiewende geführt, nicht zuletzt aufgrund des systematischen und flächendeckenden Ausbaus von Ladepunkten. Beide Systeme werden nicht mehr getrennt voneinander, sondern integriert gesteuert. Die Batterien der Elektrofahrzeuge fangen Lastspitzen auf und geben Strom nach Bedarf wieder ab. Darüber hinaus dienen die synthetisch und regenerativ hergestellten Kraftstoffe Wasserstoff und Methan als temporäre Speicher für das ausdifferenzierte Gesamtenergiesystem. Der Verkehrssektor ist zum integralen Bestandteil der Energiewende und des Ziels der Bundesregierung geworden, im Jahr 2050 vier Fünftel des Stroms aus erneuerbaren Quellen zu beziehen.

Die Nutzerkosten für den MIV sind relativ gesehen vergleichbar mit jenen im Referenzszenario. Trotz sukzessive sinkender Kaufpreise, v.a. bei den Batteriefahrzeugen, bleiben sie gegenüber den früher üblichen konventionellen Verbrennungsmotoren erhöht, was bei den Vollkosten einen größeren Wertverlust pro Jahr zur Folge hat. Für den Alltagsbetrieb kommen reine Benzin- oder Diesel-Pkw nicht mehr in Frage, da für sie zu hohe Gebühren zur Straßennutzung im Stadtbereich fällig werden.

Von den antriebseitigen technologischen Entwicklungen abgesehen ist die Wirtschafts- und Güterverkehrsstruktur identisch mit jener im Referenzszenario. Auch im Zielszenario 1 dominiert die Straße den *Wirtschaftsverkehr* – mit leichten Zugewinnen für die Binnenschifffahrt und die Schiene im Quell- und Zielverkehr sowie von Lastenrädern im Verteilerverkehr. Der Anteil alternativer Kraftstoffe im Straßengüterverkehr hat deutlich zugenommen. So fahren 45 % der schweren Nutzfahrzeuge (>3,5 t zGG) mit Wasserstoff und 10 % mit batterieelektrischen Antrieben. Bei leichten Nutzfahrzeugen liegt der Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge bei

[64] Der Zweirad-Industrieverband geht mittelfristig bereits von einem Marktanteil von E-Bikes von 15 % aus, so dass 30 % im Jahr 2050 unter der Annahme einer positiven Entwicklung der Elektromobilität durchaus realistisch sind.

30 %. Daneben spielen Wasserstoff (25 %) und Plug-In-Hybride (22,5 %) eine wichtige Rolle. Auch Gas- und Dieselantriebe kommen – allerdings sehr viel effizienter – 2050 noch zum Einsatz.

Ein internationales Abkommen zur Internalisierung externer Kosten im Luftverkehr sorgt für eine weniger dynamische Entwicklung der Fluggastzahlen und zu einem mit 36 % höheren Anteil von Biokraftstoffen als im Referenzszenario. Am Flughafen BER werden 2050 jährlich ca. 30 Mio. Passagiere gezählt und damit 34% mehr als 2010, jedoch ein Drittel weniger als im Referenzszenario.

Zielszenario 2

Im Berliner Verkehrssystem hat sich technisch viel getan und auch organisatorisch eine Menge verändert. Es hat sich eine wahre Revolution weg vom motorisierten Individualverkehr ereignet und die Grenzen zwischen individuellem und öffentlichem Verkehr sind beiderseits durchlässig geworden. Neue Angebote wie Carsharing und Bikesharing (Fahrradverleihsysteme) sorgen sozusagen für eine Individualisierung des öffentlichen Verkehrs. Die durchgehend vernetzte Stadt ist schneller und effizienter geworden. Es werden nur noch 7 % aller Wege und 11 % der Verkehrsleistung des Personenverkehrs im MIV zurückgelegt. Der Anteil des Umweltverbundes (inklusive Carsharing und Bikesharing) liegt demnach bei 93 % (bezogen auf die Wegeanzahl) und 89 % (bezogen auf die Verkehrsleistung).

Die sich komplementär ergänzenden Treiber dieser Entwicklung sind eine umfassende Neuorientierung des politischen Ordnungsrahmens und das veränderte Verhalten der Verkehrsteilnehmer: Mobilitätsentscheidungen werden von der überwiegenden Mehrzahl der Berliner auf Basis ökologischer und ökonomischer Erwägungen getroffen. Der Wille zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit ist entscheidungsrelevant. Auch im Zielszenario 2 spielt die Zero-Emission-Zone eine wichtige Rolle: Die Emissionsgrenzwerte sind zunächst zur Einfahrt in die frühere Umweltzone stufenweise verschärft und die Zone später sukzessive auf ganz Berlin ausgedehnt worden.

Die Nachfrage des MIV ist infolgedessen sowie angesichts der steigenden Attraktivität der vernetzten Mobilität ab 2030 zurückgegangen (vgl. Abb. 40). 2050 sind in Berlin nur noch 265.000 private Pkw zugelassen; daneben zirkulieren ca. 230.000 geteilte Pkw und weitere ca. 245.000 Leihfahrräder in der Stadt[65]. Hier zahlt sich aus, dass konsequent Anreize zum Ausbau von Carsharing und Fahrradverleihsystemen geschaffen wurden. Fahrzeuge bei Bedarf zu teilen ist Alltagshandeln geworden: Aufgrund des dichten Netzes von Stationen, die mit kurzen Fußwegen erreicht werden können, der Omnipräsenz one-way-fähiger Fahrzeuge, einfachster Bedienbarkeit und v.a. der automatischen Abbuchung der Fahrtkosten im Rahmen eines integrierten Tarifs sind die Zugangsbarrieren erheblich gesunken. Gleichzeitig stellen sich die Nutzerkosten wesentlich günstiger als mit dem eigenen Pkw dar. Bei Bedarf und gegen Aufpreis bewegen sich die Carsharing-Fahrzeuge vollautomatisch zu einem gewünschten Einsteigepunkt und entfernen sich nach der Fahrt wieder.

Dem modernen und ebenfalls komplett elektrifizierten ÖPNV kommt in diesem Verkehrssystem eine herausragende Bedeutung zu, da er Basis und Bindeglied für alle vernetzen Angebote ist. Die Vernetzung ist verkehrsträger- und anbieterübergreifend. Sie geht zurück auf die ‚Vernetzungsinitiative Personenverkehr': Die Aufwertung vieler Bahnhöfe und Haltestellen des schienengebundenen ÖPNV, der Metrolinien und wichtiger weiterer Bushaltestellen zu Drehscheiben der inter- und multimodalen Mobilität hat ebenso zu einer starken Steigerung des Kundenkomforts beigetragen wie die Systemintegration aller Mobilitätsdienstleistungen. Neben

[65] Zum Vergleich: Derzeit befindet sich das größte in Europa installierte Fahrradverleihsystem mit 20.000 „Vélib"-Rädern in Paris. Die chinesische Stadt Wuhan beheimatet das derzeit größte Fahrradverleihsystem der Welt mit 70.000 Fahrrädern (Fishman et al. 2013).

der physischen Bereitstellung der Verkehrsmittel und der notwendigen Infrastruktur, ihrer Verknüpfung sowie einer übergreifenden Verkehrsplanung und -steuerung sind die verschiedenen Mobilitätsangebote auch hinsichtlich Information, Buchung, Navigation und Abrechnung miteinander vernetzt und werden aus einem Guss angeboten. Den Nutzern wird in Echtzeit die für den jeweiligen Anlass und die Situation passende Verkehrsmittelkombination vorgeschlagen. Sie müssen sich im Sinne des ‚single sign-on' nur einmal im System anmelden; der maßgeschneiderte Tarif – z.B. als Flatrate oder Mobilitätskarte zur übergreifenden Nutzung von ÖPNV, Carsharing, Leihfahrrädern etc. – und die Abrechnung auf der Anbieterseite werden automatisch berechnet. Am Monatsende erhalten die Systemkunden eine transparente Kostenaufstellung ihrer individuellen Mobilität.

Abbildung 40, oben: Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr (Wege) im Zielszenario 2 (Gesamtverkehr); Abbildung 40, unten: Entwicklung des Modal Split im Personenverkehr (Verkehrsleistung) im Zielszenario 2 (Gesamtverkehr); Quelle: Eigene Projektion auf Basis Mobilität in Städten – SrV 2008, Werte sind auf ganze Zahlen gerundet.

Dem dynamischen und integrierten Park- und Straßenraum-Management kommt in diesem stärker multi- und intermodal geprägten Szenario ebenfalls eine große Bedeutung zu. Neben der nach Fahrzeug- und Antriebsart sowie spezifischem Energieverbrauch abgestuften Bepreisung wird der Verkehrsfluss iterativ und

verkehrsträgerübergreifend gesteuert: Auf Basis der echtzeitbasierten Nachfrageinformationen zu allen Verkehrsträgern können neben vorhersehbaren, bspw. saisonalen, Nachfrageschwankungen auch kurzfristig auftretende, witterungs- oder störungsbedingte Lastspitzen aufgefangen werden. Folglich werden Takte auf einzelnen ÖPNV-Linien bedarfsgerecht verdichtet oder einzelne Fahrspuren für den Bus- oder Radverkehr freigeschaltet. Auch der Wirtschafts- und Lieferverkehr konnte in dieses System integriert werden.

Die Einnahmen des integrierten Park- und Straßenraum-Managements dienen zweckgebunden dem Erhalt und Ausbau der Infrastrukturen aller Berliner Verkehrsträger sowie der Förderung der Alternativen zum motorisierten Individualverkehr. Der Straßenverkehr wird deutlich entschleunigt, da mehr öffentlicher Straßenraum bei geringerem Autoverkehr für andere Zwecke umgewidmet werden kann. Zudem sind weitaus mehr Straßen verkehrsberuhigt und stehen ausschließlich dem nichtmotorisierten und dem Lieferverkehr zur Verfügung. Bis 2050 tragen ganze automobilfreie Quartiere[66] erheblich zur Steigerung der Lebensqualität Berlins bei.

Die verbleibenden Pkw fahren im Zielszenario 2 autonom und sind sowohl mobilitätsseitig als auch energetisch intelligent vernetzt. Die große Menge an Carsharing-Fahrzeugen verteilt sich nachfrageorientiert in der Stadt und kann sich bei Bedarf selbständig zum Kunden hinbewegen. So wird ein gutes und stets flexibles Mobilitätsangebot gewährleistet. Darüber hinaus fungieren die Fahrzeuge, wenn sie per Ladekabel oder induktiver Übertragung mit dem Stromnetz verbunden sind, als bidirektionaler Energiespeicher[67].

Die Mobilitätskosten in Zielszenario 2 fallen geringer aus als in Zielszenario 1, da neben der Unabhängigkeit von der Preisentwicklung der knapper werdenden fossilen Energieträger die geringere Besitzquote von Pkw sowie wesentlich effizientere Nutzungsmuster Kosten sparen. Demgegenüber verteuert sich privater Autobesitz dadurch, dass die Nutzung des öffentlichen Straßen- und Parkraums gebührenpflichtig wird.

Auch das System des Güter- und Wirtschaftsverkehrs hat sich den Erfordernissen eines klimaschonenden Warentransports gemäß modernisiert. Der Berliner Industrie-, Gewerbe und Dienstleistungssektor ist kleinteiliger und stärker vernetzt als im Referenz- und im Zielszenario 1 (vgl. HF Wirtschaft). Diese Struktur bietet sich dafür an, neue Logistikkonzepte zu implementieren, die kleinteilige Warensendungen bündeln und das Gesamtsystem optimieren [68]. Berlin hat ein umfassendes City-Terminal-System eingeführt: Gütersammel- und Güterverteilerzentren befinden sich am Stadtrand, diverse Subzentren in der Nähe urbaner Zentren sowie von Gewerbe- und Industriestandorten oder größeren Personenbahnhöfen. Die Sammel- und Verteilerzentren haben neben der Straßen- auch eine Schienen- und/oder Wasserstraßenanbindung. Hier zahlt sich aus, dass Berlin stets zukunftsfähige Schienen- und Wasserstraßeninfrastrukturen erhalten hat[69]. Somit können ausgehende und ankommende Ferntransporte gebündelt und wirtschaftlich auf Schiene- bzw. Schiff verlagert werden[70]. Kleine, elektrisch betriebene leichte Nutzfahrzeuge und Lkw unter 7,5 t zGG übernehmen die Feinverteilung zu den

---

66 Autofreie Quartiere gibt es in Deutschland unter anderem in Freiburg (Vauban) und Köln (Stellwerk60).

67 Seit März 2013 erforschen Wissenschaftler am Fraunhofer IPA im Projekt AFKAR, wie Elektrofahrzeuge Kurzstrecken und den Weg zur Ladestation autonom zurücklegen können. Dafür soll im Teilprojekt »Autonomes Fahren« auf Basis kostengünstiger Sensoren ein dynamisches Modell entwickelt werden, das die Umgebungssituation erfasst. In einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur könnten Elektroautos somit bald selbstständig fahren.

68 Zur Entwicklung der Gewerbe- und Dienstleistungsstruktur siehe StEP Industrie und Gewerbe. Für Implikationen der Struktur auf Wirtschaftsverkehr siehe StEP Verkehr und Fraunhofer IIS 2013.

69 Siehe Maßnahmen des StEP Verkehr.

70 Es wird angenommen, dass verursachergerechte Kostenanlastung und die daraus resultierende Stärkung des Schienen- und Schiffsgüterfernverkehrs (siehe auch StEP Verkehr) positive Auswirkungen auf den Feinverteilerverkehr und die Umsetzung eines stadtweiten City-Logistik Konzeptes hat. Wenn mehr Güter an den Verteilerzentren für die „letze Meile“ umgeschlagen werden, dann werden auch City-Logistik-Konzepte wirtschaftlicher. Bisher sind die meisten City-Logistik Konzepte an Unrentabilität durch fehlendes Aufkommen gescheitert (vgl. Fraunhofer IIS 2013).

Subzentren und Zielorten ebenso wie eine Vielzahl von Lastenfahrädern. Schwere Lkw über 7,5 t zGG dürfen nur in Ausnahmefällen auf dem Berliner Stadtgebiet verkehren (z.B. Bauverkehr). Das Konzept führt zu einer deutlich erhöhten Auslastung und reduziert Leerfahrten. Aus diesem Grund wird die Annahme zugrunde gelegt, dass die Energieeffizienz gegenüber dem Referenz- und dem Zielszenario 1 in allen Fahrzeugklassen um 20 % steigt.

Berlin konnte seiner Rolle als Vorreiter bei der Elektromobilität aufgrund des zunehmenden Erfolgs der Sharingmodelle mit mittlerweile ausschließlich elektrisch betriebenen Pkws und einem Teil der Leihfahrradflotte, deren gezieltem Ausbau im Rahmen der intermodalen Vernetzungsstrategie, der kompletten Elektrifizierung des Busbestandes sowie des Einsatzes leichter elektrisch betriebener Lieferfahrzeuge als Teil eines klimaneutralen *Wirtschaftsverkehrs* gerecht werden. Dabei hat das Zielszenario 2 einen stärkeren Fokus auf Elektromobilität mit batterieelektrischen Fahrzeugen, da sowohl Personen- als auch Wirtschaftsverkehr eher auf die Kurzstrecke ausgelegt sind und damit kaum einer Reichweitenbeschränkung[71] unterliegen. So entfällt knapp die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs im Straßenverkehr auf Strom. Daneben verbleiben ein bedeutender Anteil von Wasserstoff (30 %) sowie geringere Anteile von Erdgas (11 %) und z.T. fossilen Kraftstoffen (10 %) im Kraftstoffmix des Straßenverkehrs (Personen- und Wirtschaftsverkehr). Diese Kraftstoffe werden darüber hinaus auch weiter bspw. für den Schiffsverkehr sowie den Reisebusverkehr benötigt.

Die Passagierzahlen im Luftverkehr liegen mit 36 Mio. (Zunahme von 61 % gegenüber 2010) über dem Wert des Szenario 1, aber noch unter jenem des Referenzszenarios. Grund ist die Verwendung strombasierter Kraftstoffe aus regenerativen Quellen (Power2Liquid, Methanol). Sie haben 2050 einen Anteil von ca. 20 %, was dazu führt, dass die CO_2-Emissionen und die damit verbundenen Abgaben sinken. Folglich sind die Preise im Luftverkehr niedriger als im Zielszenario 1.

3.2.5.3. Zwischenfazit

Der Verkehrssektor kann einen signifikanten Beitrag zur Reduktion des Endenergieverbrauchs und der CO_2-Emissionen in Berlin bis 2050 leisten und stellt damit eine wichtige Säule des Klimaneutralitätsziels dar. Tab. 29 zeigt den Endenergieverbrauch und die CO_2-Emissionen je Szenario sowie deren Entwicklung von 2010 bis 2050. Es zeigt sich, dass der Energieverbrauch im Referenzszenario gegenüber 2010 mit - 31 % bereits deutlich zurückgeht, was in erster Linie mit den Effizienzgewinnen bei Fahrzeugantrieben und dem Rückgang der Verkehrsleistung im MIV zusammenhängt. Auch die Emissionen sinken in diesem Zusammenhang. Zusätzlich trägt der hohe Anteil erneuerbarer Energien im Fahrstrom zu den CO_2-Einsparungen bei. Es wurde bereits betont, dass das Referenzszenario die konsequente Um- und Fortsetzung der Ziele des StEP Verkehr impliziert, also keineswegs als Business-as-usual-Szenario verstanden werden darf. Die hier vorgelegte Szenarienauswertung zeigt, wie wichtig auch aus klimapolitischer Sicht der StEP Verkehr ist.

Im Zielszenario 1 tragen v.a. die höhere Anzahl effizienter elektrischer Antriebe und die geringere Dynamik im Luftverkehr dazu bei, dass der Energieverbrauch noch weiter (-49 % im Vergleich zu 2010) sinkt, obwohl die Verkehrsleistung mit der des Referenzszenarios vergleichbar ist. Der hohe Anteil von Elektrofahrzeugen mit Batterie- und wasserstoffbasiertem Antrieb, deren Kraftstoffbasis mit dem deutschen Strommix zu 80 % erneuerbar ist, führt mit -74 % zu einem weitaus spürbaren Rückgang der CO_2-Emissionen im Vergleich zum Referenzszenario (-45 %).

[71] Die Reichweite für batterieelektrische Fahrzeuge wird sich zukünftig bei sinkenden Kosten weiter erhöhen.

	Stand 2010		Szenarien 2050					
			Referenz		Zielszenario 1		Zielszenario 2	
	TJ	%	TJ	Änderung zu 2010	TJ	Änderung zu 2010	TJ	Änderung zu 2010
Endenergie gesamt (in TJ/ in %)	65.775	100	45.251	-31 %	33.243	-49 %	28.913	-56 %
CO_2-Emissionen gesamt (in Tsd. t/ in %)	4.850	100	2.645	-45 %	1.252	-74 %	1.077	-78 %

Tabelle 29: Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen im Verkehrssektor; Quelle: Stand 2010 aus AfS 2013a; Ergebnisse der Szenarien 2050: Eigene Berechnung.

Im Zielszenario 2 beträgt der Rückgang des Energieverbrauchs - verglichen mit Zielszenario 1 - weitere 7 Prozentpunkte, da hier die Verkehrsleistung aufgrund kürzerer Wege insgesamt sinkt und die Verlagerung von Wegen im MIV auf den klassischen Umweltverbund sowie die Sharingsysteme das Gesamtverkehrssystem effizienter machen. Diesem deutlichen Rückgang im Alltagsverkehr mit landgebundenen Verkehrsmitteln wirkt - aus klimapolitischer Sicht: leider - ein höheres Verkehrsaufkommen im Luftverkehr entgegen, weswegen neben dem Energieverbrauch auch die CO_2-Emissionen (-78 %) verglichen mit dem Zielszenario 1 insgesamt nur moderat weiter abnehmen.

3.3. GESAMTSZENARIEN ZUR KLIMANEUTRALITÄT

Im klimapolitischen Leitbild des Landes Berlin aus dem Jahr 2009 ist als Ziel eine absolute CO_2-Reduktion von 80 % in 2050 gegenüber 1990 bezogen auf die Verursacherbilanz anvisiert worden (SenWTF 2009). Auf der Grundlage des Budgetansatzes des WBGU (2009) wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie ein Klimaneutralitätsziel bestimmt, das eine Reduktion um 85 % gegenüber 1990 bedeutet.

Zielszenario 1 **Die zentrale, effiziente Stadt**	Zielszenario 2 **Die dezentrale, vernetzte Stadt**
Energieversorgung – Mehr KWK-Strom und Fernwärme – Deutlicher Photovoltaik-Ausbau – Power-to-heat: 20% zentral, weniger dezentral	Energieversorgung – Weniger KWK-Strom und Fernwärme, aber mehr dezentrale Teilnetze – Mehr Photovoltaik-Ausbau – Power-to-heat: mehr dezentral, zentral wie Z1
Stadtentwicklung und Gebäude – Moderate Nachverdichtung – Fokus S-Bahnring – Freiraumerhaltung – Moderate Modernisierung – Wohnfläche pro Kopf konstant	Stadtentwicklung und Gebäude – Starke Nachverdichtung – Fokus ganzes Stadtgebiet – Qualitätsoffensive Freiraum – Konsequente Modernisierung – Wohnfläche pro Kopf rückläufig
Wirtschaft – Großunternehmen wichtiger – Starke Einzelunternehmen	Wirtschaft – KMU wichtiger – Starke Unternehmensnetzwerke
Haushalte – Fokus technische Effizienz (Rebound) – Kleinere Haushalte – Öko-Konsum vorwiegend in Leitmilieus	Haushalte – Technische und Verhaltenseffizienz (kein Rebound) – Größere Haushalte – Öko-Konsum weit verbreitet
Verkehr – Privat-Pkw bleibt wichtig, aber ohne fossile Antriebe – Kaum Multimodalität (z.B. Sharing-Konzepte) – Flugverkehr fossiler und restringierter	Verkehr – Privat-Pkw wird unwichtiger – Starke Multimodalität (Sharing verbreitet) – Flugverkehr grüner und weniger restringiert

Tabelle 30: Kurzcharakteristik der Zielszenarien nach Handlungsfeldern; Quelle: Eigene Darstellung.

Mit den hier entwickelten unterschiedlichen Szenarien werden im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie zwei in Teilen pointierte Wege vorgestellt, die jedoch aus Gutachtersicht als technisch und (unter gewissen Annahmen) ökonomisch tragfähig angesehen werden können. Dies wurde auch durch die vielen Expertengespräche und die durchgeführten Workshops mit den Stakeholdern im Grundsatz bestätigt, wenn gleich es zu einzelnen Punkten durchaus Kontroversen gab. In diesen Fällen bilden die Teilszenarien dann häufig genau diese verschiedenen Präferenzen, Einschätzungen und Entwicklungsoptionen durch unterschiedliche Ausprägungen der entsprechenden Faktoren und Schlüsselbereiche ab. Auf diese Weise konnten für die entsprechenden Parameter Spannbreiten modelliert und abgebildet werden. Die Herausforderung bestand darin, die konsistent formulierten Teilszenarien der Handlungsfelder zu einem schlüssigen Gesamtbild für Berlin zusammenzusetzen.

Dabei wurde auf eine möglichst plausible und konsistente Zusammenstellung der Ausprägungen und Grundannahmen für die beiden Zielszenarien geachtet. So beschreibt das Zielszenario 1 beispielsweise eine tendenziell stärker technische Lösungsorientierung, während im Zielszenario 2 eher von Verhaltensänderungen (in Richtung Suffizienz/ Vernetzung/ Sharing) ausgegangen wurde. Zielszenario 1 stellt zudem stärker auf zentrale Lösungen ab, während Ziel 2 mehr dezentrale Komponenten aufweist. Es gibt allerdings auch eine Reihe von Zuordnungen, die letztlich auch anders hätten erfolgen können; bei denen also eine bestimmte Ausprägung nicht zwingend dem einen oder anderen Szenario zugeordnet werden muss. Dies eröffnet – gemäß einem konzeptionellen Leitmotiv der Szenarienentwicklung „Denken in Alternativen“ - für die zukünftige Gestaltung Freiheitsgrade und politische Spielräume. Tab. 30 zeigt zentrale, ausgewählte Schlüsselfaktoren und ihre Ausprägungen über alle Handlungsfelder, die in Summe die beiden Zielszenarien für Gesamtberlin charakterisieren.

Abbildung 41: CO_2-Einsparungen bezogen auf 1990; Quelle: Eigene Berechnung.

In diesem Abschnitt erfolgt nun die Darstellung der Bewertung der Handlungsfeld-Szenarien in ihrer Gesamtheit nach der Logik der CO_2-Bilanzierung. Diese Bilanzierung lässt sich nur Handlungsfeld übergreifend mit entsprechenden Annahmen für das Gesamtsystem und alle relevanten Emissionsfaktoren durchführen. Erst dadurch kann ermittelt werden, ob Berlin im Jahr 2050 in Summe über alle Handlungsfelder klimaneutral werden kann.

Als Ergebnis zeigt sich, dass gemäß der Logik der Verursacherbilanz beide Zielszenarien geeignet sind, im 2050 in Berlin Klimaneutralität bzw. in Bezug auf die CO_2-Emissionen das geforderte Reduktionsniveau von rund -85 % erreichen zu können (siehe Abb. 41, vgl. Tab 31).

Auch das Referenzszenario schneidet mit knapp 68 % vergleichsweise gut ab. Dieser hohe Wert ist darauf zurückzuführen, dass als „Referenzsituation“ nicht - wie vielfach üblich - ein „business as usual“ im Sinne der Fortschreibung gegenwärtiger Trends - angenommen wurde; Vielmehr wurde hier von der Einhaltung bzw. konsequenten Umsetzung der offiziellen Stadtentwicklungspläne und –konzepte ausgegangen. Dies ist eine Annahme, die bisher nicht immer der gelebten Praxis in Politik und Verwaltung entspricht, und die nicht von allein eintreten wird.

Bezüglich der Quellenbilanz, welche die CO_2-Emissionen des regionalen Primärenergieverbrauchs abbildet, zeigt sich, dass im Fall des ersten Zielszenarios annähernd 74 %, im zweiten Zielszenario annähernd 80 % der Emissionen reduziert werden können. Das Referenzszenario erreicht hier ca. 54 % Reduktion.

Beide Bilanzierungsarten weisen einige methodische Nachteile und Unschärfen auf, durch die zum einen wichtige lokale Klimaschutzaktivitäten im Land nicht sichtbar und zum anderen ebenso wichtige „Rucksack"-Emissionen außerhalb Berlins nicht berücksichtigt werden. Beide Aspekte sind jedoch für einen effektiven globalen Klimaschutz, der im Land beeinflusst oder gesteuert werden kann und sollte, von großer Bedeutung. So verändern neue Photovoltaik- und Windkraftanlagen in Berlin die Verursacherbilanz nur in dem Maß, in dem sie den Energiemix in Deutschland insgesamt beeinflussen, da der Stromverbrauch mit einem bundeseinheitlichen Generalfaktor beschrieben wird. Dezentrale kleine KWK-Anlagen (bis 1 MW_{el}) erhöhen heutzutage das Ergebnis der CO_2-Verursacherbilanz – zumindest wenn ein relevanter Anteil des Stroms in das öffentliche Netz zurückgespeist wird –, da sie methodisch nicht im Umwandlungsbereich der Energiebilanz erfasst werden und der dezentrale zusätzliche Brennstoffverbrauch den Endenergiebereich belastet. In den Szenarien wurden einige Unzulänglichkeiten der heutigen Bilanzierungsmethodik in der Verursacherbilanz modellhaft bereinigt.[72]

Box 2

EXTERRITORIALE FLÄCHENINANSPRUCHNAHME

Berlin kann, wie die Szenarien zeigen, seinen Strombedarf zu einem signifikanten Teil aus eigenen Erzeugungsanlagen decken, ist aber weiterhin überwiegend auf den Import von Primärenergieträgern, insbesondere Gas, angewiesen. Bundesweit wird Strom in 2050 in wesentlichen Teilen aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen erzeugt werden können. EE-Strom ist dabei erneuerbar und „unerschöpflich", nicht jedoch die mit seiner Produktion einhergehende verbrauchte Fläche, welche als Ressource – weltweit – in Form von landwirtschaftlicher Nutzfläche, als Erholungs- oder als Naturschutzgebiete nur eingeschränkt zur Verfügung steht. Um sich dieser Problematik zu nähern, wird hier zusätzlich ein Ansatz der Exterritorialen Flächeninanspruchnahme für die Bereitstellung erneuerbarer Energien im Umland entwickelt und für die verschiedenen Szenarien abgeschätzt.

Die Inanspruchnahme der Landschaft im Zuge der Bereitstellung Erneuerbarer Energien kann vereinfachend als ein Flächenmaß je jährlich erzeugter Energieeinheit dargestellt werden. Es geht hierbei nicht um eine detaillierte Beschreibung der tatsächlich benötigten Fläche je Technologie, sondern um ein plausibles Maß, das die Größenordnung des Einflusses der unterschiedlichen Energieszenarien auf das Umland beschreiben kann. In anderen Worten dokumentiert ein solcher Flächenindikator, inwieweit Klimaschutzaktivitäten innerhalb Berlins (bzw. auf Berliner Flächen) stattfinden bzw. umgekehrt, wie viel – der in Deutschland knappen und immer knapper werdenden - Fläche außerhalb Berlins durch die Verlagerung ebensolcher Klimaschutzaktivitäten in Anspruch genommen wird.

In Abb. 42 wird die Flächeninanspruchnahme durch den Endenergieverbrauch des Energieträgers Strom je Szenario als Säule dargestellt und über ein Flächenbonussystem unterteilt in die exterritoriale Flächeninanspruchnahme, die das Umland belastet und

[72] Stromerträge aus der Photovoltaik wurden nicht als Eigenverbrauch mit dem Stromverbrauch in den Handlungsfeldern verrechnet, Gasverbräuche für die dezentrale Stromerzeugung und deren Erträge wurden wie die PV-Erträge im Umwandlungsbereich und nicht im Endenergiebereich bilanziert.

verschiedene Gutschriften. Dieses System berücksichtigt unmittelbar die EE-Stromerzeugung in Berlin aus Photovoltaik und Windkraft, die Überschussstromnutzung sowie die hypothetischen Flächeneinsparungen durch Solarthermie und Umweltwärme.

Abbildung 42: Exterritoriale Flächeninanspruchnahme durch Stromverbrauch Berlins im Endenergiebereich; Quelle: Eigene Darstellung.

Als universeller Bewertungsmaßstab wird die Flächeninanspruchnahme für 1 MWh/a Stromverbrauch mit 25 m² angesetzt.

- Wind: Eine 3 MW-Anlage im Onshore-Windpark hat einen Rotordurchmesser von rund 100 m und benötigt im Windpark einen Abstand von 3 Rotordurchmessern quer zur Hauptwindrichtung und 5 in Hauptwindrichtung, also 15 ha Landfläche für 3 MW x 2.000 h/a = 6.000 MWh/a bzw. 25 m²/MWh pro Jahr.
- PV-Freifläche: Ein 250 W-Modul mit 1,65 m² Fläche erzeugt bei 1.000 h/a rund 150 kWh/m² an elektrischer Leistung. Durch den Reihenabstand sowie durch Verkehrs- und Randflächen ergibt sich ein Ertrag von rund 40 kWh/m² Grundfläche. Für eine MWh/a wird bei PV-Freiflächenanlagen also rechnerisch ebenfalls eine Fläche von 25 m² benötigt. Der Flächenverbrauch beider Technologien unterscheidet sich damit in quantitativer Hinsicht nicht. Die Tatsache, dass sich die Flächen in einem Windpark und unter einer PV-Freiflächenanlage in unterschiedlicher Weise nutzen lassen, wird in dieser Betrachtung ausgeklammert.

Durch diese direkte Verknüpfung von Energieverbrauch und Flächeninanspruchnahme wird deutlich, dass eine geringere Stromnachfrage zu einer geringeren energiebedingten Flächennachfrage führt. Erneuerbare Energie ist also keineswegs „unerschöpflich“ verfügbar und deren Verbrauch sollte – wie bei jeder anderen Ressource auch – grundsätzlich effizient erfolgen. Exterritoriale Beeinträchtigungen können vermindert werden, in dem ein möglichst großer Teil der erneuerbaren Energie bilanziell im Versorgungsgebiet selbst erzeugt wird. Dies kann in Berlin insbesondere über PV-Anlagen, die auf und an Gebäuden installiert werden, erfolgen.

Zusätzlich kann durch intelligente Verbraucher (strombasierte Produktion von Wärme, Gas,

Methanol) die Nutzung von EE-Überschussstrom maximiert und damit die außerhalb von Berlin in Anspruch genommene Fläche verringert werden, da EE-Anlagen seltener abgeschaltet werden müssen und sie dadurch mehr Energie auf gleicher Fläche erwirtschaften können. Aus diesem Grund wird der genutzte Überschussstrom in der Machbarkeitsstudie bilanziell getrennt erfasst. Somit kann er auch als flächenentlastende Maßnahme bewertet werden und in der hier durchgeführten Modellierung quasi als Flächenbonus einfließen (Details zur Methode siehe im Anhang B).

Als **Fazit** lässt sich feststellen, dass es deutliche Unterschiede in den Szenarien hinsichtlich der exterritorial in Anspruch genommenen Fläche für EE-Anlagen gibt. Während im Referenzszenario rd. 18.000 ha an exterritorialer Fläche für die Berliner Stromerzeugung beansprucht werden, sind es in Zielszenario 1 knapp 5.000 ha, und in Zielszenario 2 nur rd. 1.000 ha. Der „Flächen-Fußabdruck" des Berliner Stromverbrauchs unterscheidet sich also auch mit Blick auf die erneuerbaren Energien.

Der hier vorgestellte Flächenindex kann als zusätzliches Bewertungskriterium für die Szenarien bzw. deren Umwelteffekte herangezogen werden. Allerdings kann er andere Indikatoren nicht ersetzen. So sagt der Flächenindex beispielsweise nichts über den kumulierten Energieaufwand der betrachteten Energiesysteme. Hier wird perspektivisch eine umfassendere Bilanzierungsmethodik und eine transparente Nachhaltigkeitsbewertung gebraucht.

KWK in der Stadt erhöht die territorial orientierte Quellenbilanz des Landes Berlin durch den erhöhten Brennstoffeinsatz. Trotz dieses in bilanzieller Hinsicht nachteiligen Effektes ist die Bündelung fossiler Stromerzeugungskapazitäten in den Städten mit der Möglichkeit der Wärmenutzung in KWK eine wichtige, die Effizienz des deutschen Energieversorgungssystems insgesamt steigernde Maßnahme. Sie ist der Grund für die geringere Reduktion der CO_2-Emissionen im Vergleich zur Verursacherbilanz, bei der der Stromverbrauch mit dem niedrigen Bundesmix bewertet wird. Auch die CO_2-Quellenbilanz ist nur eine Facette in der sich wandelnden Energieversorgungsstruktur. Berliner Photovoltaik- und Windkraftanlagen bleiben bei dieser Bilanzierungsmethode ebenso unberücksichtigt wie Aktivitäten zur Nutzung fluktuierender EE-Energieerträge in Form von Speichern und Nachfragesteuerung.

Um den Beitrag Berlins zur Energiewende im eigenen Land besser beobachten und steuern zu können, sind neben der Verursacherbilanz somit weitere Maßstäbe und Indikatoren erforderlich. Als ein solcher Bewertungsmaßstab wurde deshalb neben der Verursacher- und der Quellenbilanz zusätzlich ein Ansatz der „Exterritoriale Flächeninanspruchnahme für die Bereitstellung erneuerbarer Energien im Umland" (EFEU) entwickelt und für die verschiedenen Szenarien untersucht (vgl. Box 2).

Damit zeigt sich also als erster qualitativer Unterschied, dass trotz vergleichbarer Reduktionsergebnisse beider Szenarien aufgrund der höheren EE-Anteile in Zielszenario 2 weniger exterritorialer Flächenverbrauch induziert wird. Ein weiterer Unterschied könnte in den unterschiedlichen absoluten oder relativen Beiträgen der einzelnen Handlungsfelder liegen. Hier zeigte sich aber, dass trotz teilweise sehr unterschiedlicher technischer und verbrauchsbezogener Ausprägungen sich der Primär- und der Endenergieverbrauch Berlins in den Szenarien strukturell nur wenig zwischen den Handlungsfeldern verschieben (vgl. Abb. 43). Lediglich beim Zielszenario 2 zeigen sich im Vergleich zum Zielszenario 1 und zum Referenzszenario geringere Anteile bei den Gebäuden und höhere bei der Wirtschaft.

Abbildung 43: Struktur der Energie- und CO_2-Bilanz je Handlungsfeld. Entsprechende Werte finden sich in Tab. 31, grau hinterlegt; Quelle: Eigene Darstellung.

Durch den hohen Strom- und EE-Gasanteil in den beiden Zielszenarien gehen die Emissionen dieser beiden Sektoren in der CO_2-Quellenbilanz dagegen zurück. In der Quellenbilanz dominieren die Emissionen aus dem Umwandlungsbereich des Energiesektors durch die Verbrennung fossilen Erdgases (mit EE-Anteilen gemäß der Szenarienbeschreibung).

Abbildung 44: Einsparungen bei Energie- und CO_2-Bilanzen im Vergleich zu 2010. Entsprechende Werte finden sich in Tab. 31, orange hinterlegt; Quelle: Eigene Darstellung.

Obwohl der Anteil des Energiesektors an der CO_2-Quellenbilanz steigt, sinken dessen Emissionen absolut gesehen, wie aus Abb. 45 abgelesen werden kann. Die Verringerung der absoluten CO_2-Emissionen nach der Quellenbilanz fällt jedoch im Vergleich zu den Handlungsfeldern Gebäude und Verkehr geringer aus, da sich die Rolle der Stadt von einem Stromimporteur tendenziell zu einem bilanziellen Stromexporteur verschiebt (Details siehe Abschnitt Energieversorgung).

Abbildung 45: Einsparungen bei Energie- und CO_2-Bilanzen; Entsprechende Werte finden sich in Tab. 31, blau hinterlegt; Eigene Darstellung.

Alle hier dargestellten Ergebnisse sind unter der Annahme ermittelt worden, dass die benötigten Energieträger Wasserstoff und Methanol aus Strom vollständig in der Stadt Berlin produziert werden. Dies ist aufgrund der vorhandenen Infrastrukturen und aus Effizienzgesichtspunkten vorteilhaft. [73] Dadurch steigt der Primärenergieverbrauch für das Handlungsfeld Energie, alle anderen Zahlen, insbesondere der Endenergieverbrauch und die CO_2-Bilanzen bleiben davon unbeeinflusst.

Die Ergebnisse sind zudem unter der Annahme der Erfüllung der Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung entwickelt worden. Dies gilt insbesondere für das Ziel eines Anteils von 80 % erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung, sowie der Annahme eines relevanten EE-Anteils im

[73] Eine Erzeugung in der Stadt ist anzustreben, da die Umwandlungsverluste (Abwärme) dann z.B. im Fernwärmenetz der Stadt genutzt werden können und somit der Systemwirkungsgrad bei der Speicherung von Überschussstrom steigt. Da das erzeugte Gas zum Großteil auch wieder im städtischen Raum für die verschiedenen Einsatzzwecke benötigt wird, entfällt zudem der Transport. Rechnerisch bleiben die Wärmeerträge aus der Wasserstoff- und Methanol-Erzeugung bei der Fernwärme als konservative Abschätzung jedoch unberücksichtigt.

Endenergieverbrauch		2010		Referenz		%2010	Ziel 1		%2010	Ziel 2		%2010
Handlungsfeld	Energie	0,0 PJ/a	0%	0,0 PJ/a	0%	-	0,0 PJ/a	0%	-	0,0 PJ/a	0%	-
	Gebäude	150,3 PJ/a	56%	105,4 PJ/a	54%	-30%	78,7 PJ/a	54%	-48%	61,3 PJ/a	49%	-59%
	Wirtschaft	39,5 PJ/a	15%	31,9 PJ/a	16%	-19%	24,1 PJ/a	17%	-39%	28,0 PJ/a	22%	-29%
	Konsum	12,3 PJ/a	5%	11,1 PJ/a	6%	-10%	8,6 PJ/a	6%	-30%	6,1 PJ/a	5%	-50%
	Verkehr	65,8 PJ/a	25%	45,3 PJ/a	23%	-31%	33,2 PJ/a	23%	-49%	28,9 PJ/a	23%	-56%
	insgesamt	**267,8 PJ/a**	**100%**	**193,5 PJ/a**	**100%**	**-28%**	**144,6 PJ/a**	**100%**	**-46%**	**124,3 PJ/a**	**100%**	**-54%**

CO_2-Verursacherbilanz		2010		Referenz		%2010	Ziel 1		%2010	Ziel 2		%2010
Handlungsfeld	Energie	0,0 Mio. t/a	0%	0,0 Mio. t/a	0%	-	0,0 Mio. t/a	0%	-	0,0 Mio. t/a	0%	-
	Gebäude	10,0 Mio. t/a	47%	4,7 Mio. t/a	50%	-53%	2,3 Mio. t/a	50%	-77%	1,6 Mio. t/a	44%	-84%
	Wirtschaft	4,6 Mio. t/a	21%	1,6 Mio. t/a	17%	-65%	0,8 Mio. t/a	18%	-82%	0,9 Mio. t/a	24%	-80%
	Konsum	1,9 Mio. t/a	9%	0,5 Mio. t/a	5%	-75%	0,2 Mio. t/a	4%	-90%	0,1 Mio. t/a	4%	-93%
	Verkehr	4,9 Mio. t/a	23%	2,6 Mio. t/a	28%	-45%	1,3 Mio. t/a	28%	-74%	1,1 Mio. t/a	29%	-78%
	insgesamt	**21,3 Mio. t/a**	**100%**	**9,4 Mio. t/a**	**100%**	**-56%**	**4,5 Mio. t/a**	**100%**	**-79%**	**3,8 Mio. t/a**	**100%**	**-82%**
	bezogen auf 1990		**-27%**		**-68%**			**-85%**			**-87%**	

Primärenergieverbrauch		2010		Referenz		%2010	Ziel 1		%2010	Ziel 2		%2010
Handlungsfeld	Energie	36,8 PJ/a	12%	25,8 PJ/a	12%	-30%	23,7 PJ/a	14%	-36%	20,8 PJ/a	14%	-43%
	Gebäude	150,3 PJ/a	49%	105,4 PJ/a	48%	-30%	78,7 PJ/a	47%	-48%	61,3 PJ/a	42%	-59%
	Wirtschaft	39,5 PJ/a	13%	31,9 PJ/a	15%	-19%	24,1 PJ/a	14%	-39%	28,0 PJ/a	19%	-29%
	Konsum	12,3 PJ/a	4%	11,1 PJ/a	5%	-10%	8,6 PJ/a	5%	-30%	6,1 PJ/a	4%	-50%
	Verkehr	65,8 PJ/a	22%	45,3 PJ/a	21%	-31%	33,2 PJ/a	20%	-49%	28,9 PJ/a	20%	-56%
	insgesamt	**304,5 PJ/a**	**100%**	**219,4 PJ/a**	**100%**	**-28%**	**168,3 PJ/a**	**100%**	**-45%**	**145,1 PJ/a**	**100%**	**-52%**

CO_2-Quellenbilanz		2010		Referenz		%2010	Ziel 1		%2010	Ziel 2		%2010
Handlungsfeld	Energie	8,3 Mio. t/a	42%	6,6 Mio. t/a	53%	-21%	5,1 Mio. t/a	73%	-38%	3,9 Mio. t/a	72%	-53%
	Gebäude	6,1 Mio. t/a	31%	2,5 Mio. t/a	20%	-59%	0,5 Mio. t/a	7%	-92%	0,3 Mio. t/a	6%	-95%
	Wirtschaft	1,0 Mio. t/a	5%	0,8 Mio. t/a	6%	-19%	0,5 Mio. t/a	7%	-48%	0,5 Mio. t/a	10%	-44%
	Konsum	0,0 Mio. t/a	0%	0,0 Mio. t/a	0%	-1%	0,0 Mio. t/a	0%	-45%	0,0 Mio. t/a	0%	-57%
	Verkehr	4,4 Mio. t/a	22%	2,4 Mio. t/a	20%	-45%	0,8 Mio. t/a	12%	-81%	0,7 Mio. t/a	12%	-84%
	insgesamt	**19,8 Mio. t/a**	**100%**	**12,3 Mio. t/a**	**100%**	**-38%**	**7,0 Mio. t/a**	**100%**	**-65%**	**5,5 Mio. t/a**	**100%**	**-72%**
	bezogen auf 1990		**-27%**		**-54%**			**-74%**			**-80%**	

Tabelle 31: Ergebnisse der Szenarienanalyse in der Zusammenschau;
Quelle: Eigene Darstellung

Erdgasmix. Um das Klimaschutzziel für Berlin erreichen zu können, sind alle Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Einhaltung dieser bundespolitischen Ziele auszuschöpfen, da diese die Zielerreichung in Berlin direkt beeinflussen.

Für Berlin selbst sind für alle relevanten Bereiche die EE-Anteile in Abb. 47 dargestellt. Grundlage hierfür ist eine Umlage der EE-Anteile im Gasbereich über ganz Deutschland, wie sie methodisch im „Generalfaktor Gas" auch in den Szenarien erfolgt ist. Für 2010 wurde ein EE-Anteil im Gasnetz von 0,18 % abgeschätzt.[74] Der EE-Stromanteil für 2010 wurde mit 16,8 % berücksichtigt (BMU 2011), für 2050 gilt beim Stromverbrauch ein Anteil von 80 % EE. In Tab. 32 sind die zugehörigen Werte dargestellt.

Abbildung 46: Erneuerbare Energien in Berlin für ausgewählte Bereiche, absolut und als Anteil; Quelle: Eigene Darstellung.[75]

74 Dieser Anteil wurde auf der Basis eines absoluten Erzeugungswertes in Höhe von 179 Mio. Nm^3 Ende 2010 (aus Biogas-Monitoringbericht der BNetzA, unter www.bundesnetzagentur.de (7.2.2014)), sowie des gesamten Erdgasverbrauchs in Deutschland 2010 ermittelt. Auf Basis des über die EEG-Vergütung für Biogas ermittelten Brennstoffverbrauchs zur Verstromung des Biogases ergibt sich ein Anteil von rund 5 %, der jedoch überwiegend nicht ins Erdgasnetz eingespeist wird. Zusätzlich gibt es Biogasnutzer ohne EEG-Einspeisung, z.B. BHKW an Kläranlagen im Eigenverbrauch.

75 Entsprechende Werte finden sich in der Tab. 32: sowohl für Erneuerbare Energien Erzeugung (orange hinterlegt) als auch für Erneuerbare Endenergien (hellblau hinterlegt).

	2010 TJ/a	EE-Anteil	Referenz TJ/a	EE-Anteil	Ziel 1 TJ/a	EE-Anteil	Ziel 2 TJ/a	EE-Anteil
Brutto-Stromerzeugung								
Heizkraftwerke (Kond.-Betrieb)	11.116	5,1 %	7.962	17,7 %	7.210	24,0 %	5.572	30,1 %
Heizkraftwerke (KWK-Betrieb)	20.879		45.117		40.854		31.574	
dezentrale BHKW (Gebäude)*)	573	0,2 %	6.883	17,7 %	4.003	24,0 %	4.361	30,1 %
Windkraft-Anlagen	17	100 %	113	100 %	900	100 %	1.125	100 %
Photovoltaik-Anlagen	69	100 %	889	100 %	8.754	100 %	13.399	100 %
andere Anlagen	708	100 %						
Gesamt	33.363	7,2 %	60.964	19 %	61.721	36 %	56.030	48 %
Brutto-Fernwärmeerzeugung								
Heizkraftwerke (KWK-Betrieb)	37.081	2,9 %	36.094	18 %	32.683	24 %	25.259	30 %
Spitzenlastkessel	10.274		2.406		2.179		1.684	
Power to Fernwärme	-		9.625	80 %	8.716	80 %	6.736	80 %
Gesamt	47.355	2,9 %	48.125	30 %	43.578	35 %	33.678	40 %
HF Gebäude: Endenergie								
Kohle	678	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Mineralöle	32.171	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Gas	65.803	0,2 %	45.456	18 %	10.447	24 %	6.663	30 %
Solarthermie	88	100 %	508	100 %	2.445	100 %	3.606	100 %
Biomasse	410	100 %	2.316	100 %	2.321	100 %	2.316	100 %
Umweltwärme	272	100 %	3.933	100 %	6.863	100 %	4.984	100 %
Strom	5.381	16,8 %	6.756	80 %	14.588	80 %	11.128	80 %
Fernwärme	45.373	2,9 %	46.390	30 %	42.013	35 %	32.576	40 %
Gesamt	150.275	2,1 %	105.359	32 %	78.676	52 %	61.273	57 %
HF Wirtschaft: Endenergie								
Kohle	90	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Mineralöle	6.737	0 %	5.486	0 %	519	0 %	191	0 %
Gas	8.343	0,2 %	6.856	18 %	9.484	24 %	11.235	30 %
Solarthermie	2	100 %	2	100 %	30	100 %	175	100 %
Biomasse	58	100 %	60	100 %	96	100 %	549	100 %
Biotreibstoffe	15	100 %	12	100 %	52	100 %	415	100 %
Umweltwärme	19	100 %	15	100 %	63	100 %	173	100 %
Strom	23.047	16,8 %	18.463	80 %	12.878	80 %	14.597	80 %
Fernwärme	1.146	2,9 %	960	30 %	950	35 %	628	40 %
Gesamt	39.458	10,2 %	31.854	51 %	24.072	55 %	27.963	59 %
HF Private Haushalte und Konsum: Endenergie								
Gas	69	0,2 %	69	18 %	43	24 %	35	30 %
Strom	12.221	16,8 %	11.000	80 %	8.555	80 %	6.111	80 %
Gesamt	12.290	16,7 %	11.069	80 %	8.598	80 %	6.146	80 %

	2010 TJ/a	EE-Anteil	Referenz TJ/a	EE-Anteil	Ziel 1 TJ/a	EE-Anteil	Ziel 2 TJ/a	EE-Anteil
HF Verkehr: Endenergie								
Mineralöle	59.676	0 %	31.263	0 %	9.270	0 %	8.351	0 %
Gas	257	0,2 %	2.199	18 %	3.420	24 %	1.471	30 %
Biotreibstoffe	2.690	100 %	6.429	100 %	4.423	100 %	4.353	100 %
Wasserstoff	0		631	80 %	7.413	80 %	3.404	80 %
Methanol	0		0	80 %	0	80 %	3.014	80 %
Strom	3.152	16,8 %	4.729	80 %	8.716	80 %	8.320	80 %
Gesamt	65.775	4,9 %	45.251	25 %	33.243	55 %	28.913	57 %
Handlungsfelder gesamt								
Kohle	768	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Mineralöle	98.584	0 %	36.749	0 %	9.789	0 %	8.542	0 %
Gas	74.471	0,2 %	54.580	18 %	23.393	24 %	19.404	30 %
Solarthermie	90	100 %	510	100 %	2.475	100 %	3.781	100 %
Biomasse	468	100 %	2.376	100 %	2.417	100 %	2.865	100 %
Biotreibstoffe	2.804	100 %	6.441	100 %	4.475	100 %	4.768	100 %
Wasserstoff	0		631	80 %	7.413	80 %	3.404	80 %
Methanol	0		0	80 %	0	80 %	3.014	80 %
Umweltwärme	291	100 %	3.948	100 %	6.926	100 %	5.157	100 %
Strom	43.802	16,8 %	40.948	80 %	44.737	80 %	40.156	80 %
Fernwärme	46.519	2,9 %	47.350	30 %	42.963	35 %	33.204	40 %
Gesamt	267.797	4,7 %	193.533	36 %	144.589	54 %	124.294	59 %

Tabelle 32: EE-Anteile ausgewählter Bereiche; *) dieser Wert ist in der Berliner Energiebilanz nicht enthalten, Basis: Mitteilung Stromnetz Berlin GmbH; Quelle: Eigene Darstellung.

Es zeigt sich, dass bei der Energieerzeugung in Berlin deutliche Steigerungen im Vergleich zu den gegenwärtigen Anteilen erzielbar sind. Bei der Stromerzeugung werden im Referenzszenario gerade 19 % erreicht, im Zielszenario 2 liegt dieser Anteil demgegenüber bei fast 50 %, insbesondere aufgrund des hohen Photovoltaikanteils. Damit ist zwar auch dieser höchste Wert noch deutlich unter dem bundesweiten 80 %-Ziel des Energiekonzepts der Bundesregierung (2010/ 2011, bezogen auf den Stromverbrauch), dies erklärt sich jedoch durch die fossile Kraftwerksquote, die in Berlin auch für 2050 noch angenommen wird und die über dem Bundesdurchschnitt liegt. Bei der Fernwärme werden Anteile bis 40 % erreicht, bedingt durch die entsprechenden EE-Anteile bei Gas und Strom (Bundesdurchschnittswerte) und deren Relation in der Umwandlung (primär durch KWK-Erzeugung und Power to Heat).

Betrachtet man die einzelnen verbrauchenden Handlungsfelder (Endenergie), so zeigt sich bei Gebäude, Wirtschaft und Verkehr ein recht homogenes Bild: in allen drei Sektoren können Größenordnungen zwischen 50 % und 60 % erreicht werden, was allerdings auf unterschiedliche Zusammensetzungen bei der Endenergie zurückzuführen ist. Hohe Anteile von Fernwärme und Gasverbrauch mit ihren EE-Anteilen unterhalb von 40 % senken den Gesamtwert, während hohe EE-Erzeugungsanteile sowie Stromverbräuche diesen erhöhen. In Summe über alle Handlungsfelder wird, bezogen auf die gesamte verbrauchte Endenergie in Berlin, ein EE-Anteil von 54 % bzw. 59 % in den Zielszenarien 1 bzw. 2 erreicht, gegenüber einem Wert von 36 % im Referenzszenario.

Damit erreicht Berlin bilanziell annähernd den im Energiekonzept der Bundesregierung geforderten Zielwert eines 60%igen EE-Anteils am Endenergieverbrauch.[76] Dies ist für eine Großstadt wie Berlin ein nicht unbedingt zu erwartendes Ergebnis. An dieser Stelle sei aber nochmals darauf hingewiesen, dass dies in Teilen bilanzbedingt durch den vorausgesetzten Generalfaktor Strom mit einem 80 %-igen EE-Anteil gemäß Energiekonzept der Bundesregierung zurückzuführen ist. Daher ist die Einhaltung dieser wichtigen Randbedingungen – die Zielerreichung des Bundes - aus Sicht des Landes Berlin eine wichtige Voraussetzung für die Erreichung der eigenen Ziele. Gleichzeitig bleibt der EE-Anteil, insbesondere im Gas und in der KWK-erzeugten Fernwärme, die ebenfalls im städtischen Raum sinnvoll angesiedelt ist, nach oben begrenzt.[77]

[76] Der Zielwert des Energiekonzepts der Bundesregierung orientiert sich gemäß der EU-Richtlinie 2009/28/EG am Bruttoendenergieverbrauch. Dieser berücksichtigt neben dem Endenergieverbrauch auch Fackel- und Leitungsverluste sowie Eigenverbrauch. Unter der vereinfachten Annahme, dass diese jeweils EE-Anteile in ähnlicher Größenordnung aufweisen, können die hier berechneten, auf Endenergie bezogenen EE-Anteile mit dem Zielwert der Bundesregierung verglichen werden.

[77] Diese Aussage gilt unter der Restriktion einer hier angenommenen begrenzten Nutzung von Biomasse bzw. EE-Gas im Gasmix. Mit erhöhter Verfügbarkeit von beispielsweise nachhaltigen Biomasseimporten ließe sich der EE-Anteil auch im Gas erhöhen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie erfolgte jedoch eine fast ausschließliche Konzentration auf endogene Biomasse.

3.4. EXKURS: EFFEKTE UND ANSATZPUNKTE DER SZENARIENREALISIERUNG

In diesem Abschnitt werden zwei Sachverhalte, die mit Blick auf die Realisierung eines Klimaneutralitätspfades in Berlin besonders bedeutsam erscheinen, näher beleuchtet. Zum einen werden ausgewählte regionalwirtschaftliche Auswirkungen der Szenarien am Beispiel der Entwicklung erneuerbarer Energien untersucht (3.4.1.). Abschnitt 3.4.2. behandelt einige Ausgangs- und Rahmenbedingungen der energetischen Gebäudesanierung für die „Mieterstadt" Berlin.

3.4.1. Ausgewählte regionalökonomische Effekte am Beispiel der Entwicklung erneuerbarer Energien

3.4.1.1. Ökonomische Engführungen in der Debatte um erneuerbare Energien

In der Debatte um die ökonomischen Effekte der Energiewende wird in letzter Zeit verstärkt auf die Kostenseite fokussiert. Bereits bei dieser kontroversen Debatte wird allerdings oftmals aneinander vorbei argumentiert, wenn z.B. nicht miteinander vergleichbare Indikatoren aufeinander bezogen oder (anteilige) Systemkosten mit (ganzheitlichen) volkswirtschaftlichen Effekten verglichen werden. So ist die EEG-Umlage aufgrund ihrer Konstruktion kein geeignetes Maß zur Quantifizierung der Kosten der stromerzeugenden erneuerbaren Energien (vgl. dagegen beispielhaft: Haller et al. 2013). Der Ausbau von Netzen und Speichern kann kostenmäßig nicht vollständig den erneuerbaren Energien zugerechnet werden, obwohl dieser Eindruck in der öffentlichen Diskussion immer wieder erweckt wird. Schließlich ist es auch nicht unüblich, beim Vergleich erneuerbarer mit fossil-atomaren Technologien die (Haftungs-) Risiken sowie die Umwelt- und Gesundheitsgefährdungen letzterer einfach zu unterschlagen, obwohl diese bei einer vollständigen und ausgewogenen volkswirtschaftlichen Betrachtung nicht fehlen dürften.

Mit Blick auf die betriebswirtschaftliche Ebene ist die Wirtschaftlichkeit von Klimaschutzmaßnahmen und –technologien relevant. Diese ist einerseits von entsprechenden Rahmenbedingungen abhängig, andererseits von einer Reihe von übergreifenden Entwicklungen, wie beispielsweise derjenigen der fossilen Energiepreise. Nach gegenwärtigen Rahmenbedingungen liegen die Stromgestehungskosten von solar- und winderzeugten Kilowattstunden bereits aktuell in Größenordnungen wie die von Gas- oder Kohlekraftwerke, lediglich die Braunkohle ist derzeit aufgrund niedriger CO_2-Zertifikatepreise günstiger (vgl. hierzu Kost et al. 2013).[78]. Für die Wirtschaftlichkeit ist aber auch der Anwendungs- und Systemkontext entscheidend, z.B. welche Heizungskomponenten in welchem Gebäude eingesetzt werden sollen oder ob die Stromerzeugung (anteilig) für den Eigenverbrauch vorgesehen ist. Gerade bei letzterem sind die Rahmenbedingungen wiederum entscheidend: verglichen mit dem Haushalts- und Gewerbestrompreis ist jede selbst genutzte kWh Solarstrom bereits heute wirtschaftlicher; dies ändert sich jedoch, wenn der Eigenverbrauch mit (zu hohen Anteilen an) EEG-Umlage und Netzgebühren oder weiteren Hemmnissen belastet wird (vgl. hierzu auch Box Solarpotenziale, oben).

Die fossilen Energiepreise sind in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen, Der Weltrohölpreis betrug Ende 2012 ungefähr das Sechsfache des Wertes von 1991, Erdgaseinfuhren waren gut dreimal so teuer, Steinkohle rund doppelt so teuer (vgl. Abb. 47).

[78] Unter Berücksichtigung von Lernkurven- und Marktentwicklungen wurden in der Studie von Kost et al. (2013) Gestehungskostenspannen für das Jahr 2030 ermittelt. Demnach können dann Onshore-Wind- und Solaranlagen den Strom dann im Regelfall günstiger produzieren (Bandbreite etwa 4 bis 10 ct/ kWh) als Gas-, Steinkohle- (ca. 9-12 ct/ kWh) und sogar gegen Braunkohlekraftwerke (ca. 5-8 ct/ kWh) erfolgreich konkurrieren.

Abbildung 47: Entwicklung von Weltrohöl- und Einfuhrpreisen in Deutschland 1991-2012; Quelle: BMWi 2013.

Dass die fossilen Rohstoffe auf längere Sicht knapper und teurer werden, wird sich auch durch die sogenannten unkonventionellen Funde kaum ändern, die sich ohnehin nur bei sehr hohen fossilen Preisen heben lassen und die ebenfalls Umwelt- und Gesundheitsrisiken bergen, die nicht eingepreist sind.[79] Für ein Land wie Deutschland, dessen Energieversorgung bisher primär auf importierten fossilen und nuklearen Rohstoffen basiert, ist ein Umstieg auf erneuerbare Energien und höhere Energieeffizienz daher auch eine Strategie zur Erhöhung der Versorgungssicherheit.

3.4.1.2. Nutzeneffekte der Energiewende – Wertschöpfung, ökonomische Teilhabe und Akzeptanz

Neben diesen verschiedenen Kostendimensionen spielen aber auch Verteilungsaspekte sowie regionalökonomische (Nutzen-)Effekte eine wichtige Rolle, die gegenüber der Kostendiskussion mit ihrem primären Fokus auf das EEG leider nur wenig Beachtung finden. Auch bei der Verteilungsdebatte stehen gegenwärtig ausgewählte Effekte des EEG im Vordergrund, primär die Auswirkungen auf den Strompreis, auf Energiearmut sowie die regionale Verteilung der EEG-Zahlungsströme (zu letzterem beispielhaft BDEW in FAZ 2014). Dass die Strompreise ansteigen, ist nicht allein den Kosten der EE-Anlagen, sondern mehr dem Mechanismus der EEG-Umlage geschuldet (s.o.). Zudem tragen auch weitere „systemfremde“ Bestandteile wie Steuern oder die Gewinne der Energieversorger zum Preisanstieg bei und könnten ggf. entsprechend gesenkt werden. Viel stärker als die Stromkosten fallen jedoch die Kosten für Heizen und Mobilität ins Gewicht. Die privaten Haushalte in Deutschland haben im Jahr 2012 insgesamt 120 Mrd. Euro für Energie ausgegeben. Davon mussten 10 Mrd. Euro (8,3 %) für Prozesswärme (Kochen) aufgewandt werden, 19 Mrd. Euro (15,8 %)

[79] Die Internationale Energieagentur (IEA) betont in ihrem jüngsten Weltenergiebericht die Begrenztheit der unkonventionellen Funde auf wenige Jahre und fordert, stärker auf Effizienz, Sonnen- und Windenergie zu setzen (IEA 2013).

für Licht und andere Stromverbräuche, 41 Mrd. Euro (34,2 %) für Raumwärme und Warmwasser, und 50 Mrd. Euro (41,4 %) für Kraftstoffe (vgl. Abb. 48).

Abbildung 48: Energiekosten der privaten Haushalte in Deutschland 2012; Quelle: BMWi 2013.

Daraus wird ersichtlich, dass die Gefahr von Energiearmut (Kopatz 2013) nicht primär von steigenden Strompreisen ausgeht – so bedeutsam diese im Einzelfall für bestimmte Haushalte sein können -, sondern im Gesamtzusammenhang gesehen werden muss, in welchem Raumwärme und energiebedingte Mobilitätskosten deutlich stärker zu Buche schlagen. Damit wird klar: eine sichere und bezahlbare Energieversorgung stellt nicht nur ein energiepolitisches Ziel dar, sondern hat auch klare sozialpolitische Implikationen. Die Verbesserung der Energieeffizienz und der Umstieg auf erneuerbare Energien kann – die Fortsetzung der Kostendegressionen der letzten Jahre vorausgesetzt – damit auch einen Beitrag zur sozialen Stabilität leisten.

Wenn man die Kostenfrage einmal verlässt und sich den positiven regionalökonomischen Effekten der erneuerbaren Energien zuwendet, dann ist festzustellen, dass diese Vorteile häufig einseitig auf die Frage der regionalen Verteilung der EEG-Vergütungskosten reduziert werden. Dabei sagt diese allein nur wenig über die regionale Wertschöpfung durch den Ausbau der erneuerbaren Energien aus, der als regionalökonomischer Nutzen diesen Kosten gegenübersteht. Derartige Wertschöpfungseffekte können auch in nennenswertem Umfang in Bundesländern und Regionen entstehen, in denen nur wenige EE-Anlagen installiert sind.[80] Der Nutzen bemisst sich folglich nicht nur an den Nettoeffekten der EEG-Zahlungsströme, sondern an der ökonomischen Teilhabe der regionalen Wirtschaft und der Bürger insgesamt entlang der vielen, teilweise langen Wertschöpfungsketten der Erneuerbaren und von Energieeffizienzmaßnahmen. Daher können alle Länder und Regionen ihre regionalökonomischen Effekte deutlich steigern, wenn sie den EE-Ausbau vor Ort vorantreiben und diesen – und das ist die entscheidende Bedingung für die Sicherung der Wertschöpfung - mit möglichst vielen heimischen Unternehmen und Investoren realisieren. Das schafft ökonomische Teilhabe an der

[80] Dies ist beispielsweise für das Bundesland Baden-Württemberg der Fall, dessen starke Zuliefererindustrie schon seit Jahren vom Windenergieausbau profitiert, obwohl dort kaum Windkraftanlagen installiert wurden (Hirschl et al. 2011). Ähnlich hohe Wertschöpfungseffekte durch die industrielle Produktion dürfte es in Nordrhein-Westfalen geben, das gegenwärtig den größten Anteil der EEG-Zahlungen trägt.

Energiewende und Beschäftigungsperspektiven und kann die Akzeptanz des weiteren dezentralen Ausbaus von EE-Anlagen oder Infrastrukturen deutlich erleichtern, wie viele Beispiele zeigen.[81] Umgekehrt zeigt sich, dass die Akzeptanz für die Energiewende in den Fällen deutlich schwächer ausgeprägt ist, in denen die entsprechenden Projekte von fremden Investoren und Unternehmen durchgeführt werden (Aretz et al. 2013).

Damit bieten die Erneuerbaren auch für viele ansonsten struktur- und einkommensschwache Kommunen und Regionen eine Perspektive, Wertschöpfung und Beschäftigung zu generieren, statt nur die Kosten für Importenergie aufzuwenden. Auf diese Weise können auch alle Bürger, die nicht unmittelbar an einer Investition beteiligt sind, über indirekte lokale Effekte ebenfalls profitieren (Kaufkrafteffekte, Einnahmen im kommunalen Haushalt). In Summe erfolgt demgemäß eine breitere ökonomische Teilhabe als dies in der konventionellen, fossilen Energiewirtschaft der Fall ist. Die ökonomische Teilhabe ist zudem eine Möglichkeit, die Nachteile dezentraler EE-Anlagen auszugleichen, die gegebenenfalls aus ihrer großen Anzahl und Verbreitung sowie ihren Veränderungen des Landschafts- bzw. Stadtbilds entstehen.

Die hier geschilderten Zusammenhänge sind auch für das Land Berlin relevant. Aktuell ist die installierte Leistung aus EE-Anlagen im Stadtgebiet noch vergleichsweise gering. Entsprechend schwach ausgeprägt ist auch die diesbezügliche kommunale Wertschöpfung. In jüngster Zeit prägen sogar Insolvenzen von Anlagenherstellern im EE-Bereich das Bild – nicht zuletzt Folge von verringerten EEG-Vergütungen und des verstärkten Markteintritts chinesischer Hersteller, die gute Qualität zu günstigen Preisen anbieten. Dennoch ist es weder energie- noch wirtschaftspolitisch sinnvoll, aus Berliner Sicht die bisher geleisteten vermeintlichen „EEG-Transferzahlungen“ nach Süd- oder Norddeutschland als den Kernpunkt der Debatte um die Erneuerbaren in Berlin zu wählen – wie es leider häufig geschieht. Angesichts der EE-Potenziale Berlins, wie sie diese Machbarkeitsstudie aufzeigt, muss es vielmehr darum gehen, eine auf die technologischen und wirtschaftlichen Begabungen Berlins zugeschnittene Wertschöpfungs- und Beschäftigungsstrategie zu entwickeln. Sie muss dafür sorgen, dass Berlins Wirtschaft auch von der energie- und klimapolitisch sinnvollen Realisierung seiner EE-Potenziale – allen voran die der Solarenergie – profitieren kann. Das setzt u.a. eine gezielte Adressierung der Berliner Clusterstrategie im Kontext der Herausbildung einer „Smart City Berlin“ (Erbstößer 2013) voraus.

Diese Möglichkeiten sind in den entsprechenden Zielszenarien in unterschiedlichen Ausprägungen abgebildet worden. Gemäß den Teilszenarien in den Handlungsfeldern wurden im Zielszenario 2 der stärkste EE-Ausbau sowie die größte Beteiligung lokaler Akteure – Unternehmen wie Investoren – angenommen (vgl. Anhang B).

3.4.1.3. Ausgangslage in Berlin – Energieausgaben und Wertschöpfung in 2012

Auf Basis der verfügbaren energiestatistischen Daten des Landes Berlin sowie ermittelten Preisen für die Energieträger wurden die Ausgaben, aber auch Wertschöpfungs- und Beschäftigungsdaten für den Wirtschaftszweig Energieversorgung für das Jahr 2012 überschlägig ermittelt (vgl. ausführlicher in Anhang B).[82] Danach ergeben sich folgende maßgebliche Ausgabenkategorien für Energie:

- Für Endenergie geben die Berlinerinnen und Berliner, Unternehmen und andere private und öffentliche Einrichtungen derzeit jährlich nahezu 5 Mrd. Euro aus (Stand 2012).

---

81 Das Portal www.kommunal-erneuerbar.de etwa gibt einen guten Überblick über die Vielfalt der Nutzungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien im kommunalen Kontext.

82 Die Berechnungen basieren auf der zuletzt veröffentlichten Berliner Energiebilanz aus dem Jahr 2010 und Marktpreisen von Primär- und Endenergieträgern des Jahres 2012. Der Wirtschaftszweig „Energieversorgung“ stellt nur eine Teilmenge des Clusters Energietechnik dar, der für Berlin auf rd. 5.000 Unternehmen, rd. 16 Mrd. Euro Umsatz und über 56.000 Beschäftigte geschätzt wird (Berlin Partner 2013).

- Hiervon zahlen die Endabnehmer etwa 2,7 Mrd. Euro für den direkten Bezug von Primärenergieträgern und etwa 2,3 Mrd. Euro für den Bezug von Strom und Wärme. Die Strom- und Wärmeerzeuger wiederum beziehen fossile Primärenergieträger im Wert von rund 465 Mio. Euro.
- Insgesamt importierte Berlin fossile Primärenergieträger im Wert von ca. 3,2 Mrd. Euro (im Jahr 2012).
- Den größten Teil tragen dabei die Haushalte, die für Erdgas fast 1 Mrd. Euro und für Erdöl über 600 Mio. Euro ausgeben.

Dieser Import fossiler Energieträger in die Stadt von 3,2 Mrd. Euro bezeichnet ein enormes ökonomisches Potenzial, das bei der Umstellung auf erneuerbare Energien und Energieeffizienztechnologien theoretisch in den lokalen Wirtschaftskreislauf fließen könnte statt nach Russland oder Saudi-Arabien abzufließen.[83]

- Nach überschlägigen Berechnungen generierte der Wirtschaftszweig Energieversorgung in Berlin im Jahr 2012 eine Bruttowertschöpfung von rund 1,3 Mrd. Euro, was abzüglich von durchschnittlichen Abschreibungen einer Nettowertschöpfung von rund 1 Mrd. Euro entspricht.
- Weiterhin waren hier etwa 8.500 Vollzeitbeschäftigte tätig.
- Eine Verteilungsanalyse des Nettowertschöpfungsbetrags mit dem IÖW-Wertschöpfungsmodell[84] kommt zu dem Ergebnis, dass hiervon annähernd 150 Mio. Euro an Einkommen-, Gewerbe- und Körperschaftsteuern auf den Stadtstaat Berlin entfallen sind.
- Ein deutlich größerer Teil, nämlich die Nach-Steuer-Gewinne der Strom-, Wärme- und Gasversorger, flossen in einer Größenordnung von 260 Mio. Euro jedoch aufgrund der derzeitigen Eigentümerstrukturen der maßgeblichen Unternehmen zu großen Teilen aus der Stadt ab. In dieser Zahl zeigt sich ein maßgeblicher Teil des Wertschöpfungspotenzials, das die Stadt heben kann, wenn sie die Energieversorgung mit eigenen kommunalen Unternehmen bestreitet.

Derzeit spielen die erneuerbaren Energien insgesamt weder in Bezug auf ihren Versorgungsanteil noch wirtschaftlich eine große Rolle in Berlin. Gegenwärtig sind hier insbesondere die Bereiche Produktion (vorrangig von Solarkomponenten) sowie die Bereiche Forschung, Entwicklung und Bildung als relevante Wertschöpfungsbereiche zu nennen. Im Produktionsbereich, der nach der Insolvenzwelle der letzten Jahre bereits stark geschrumpft ist, gab es Ende 2012 noch rund 1.000 Vollzeitstellen und es wurden in dem Jahr etwa 80 Mio. Euro an Wertschöpfung geschaffen, von denen etwa 50 Mio. Euro in Berlin verblieben sind.

3.4.1.4. Wertschöpfungsperspektiven durch erneuerbare Energien 2050

Perspektivisch werden jedoch aufgrund des (teilweise massiven) Ausbaus insbesondere der Solarenergien auch weitere regionalökonomisch bedeutsame Wertschöpfungsbereiche hinzukommen, während andere, wie die KWK-basierte Strom- und Wärmeversorgung auf hohem Niveau bleiben werden. Aus diesem Grund werden nachfolgend die zusätzlich entstehenden regionalökonomischen Potenziale aus den Erneuerbaren näher betrachtet, da insbesondere bei der Stromerzeugung in Zukunft der bisherige Importanteil zum Großteil durch heimische Produktion ersetzt werden kann.

---

83 Das Land Berlin hat 2013 rd. 22 Mrd. Euro eingenommen, darunter 3,24 Mrd. Euro aus dem Länderfinanzausgleich (SenFin 2013).

84 Die Nettowertschöpfung setzt sich zusammen aus Nach-Steuer-Gewinnen der beteiligten Unternehmen, Nettoeinkommen der Beschäftigten und Steuerzahlungen beider Gruppen (siehe Anhang B 5).

Die nachfolgende Analyse wurde auf die Vielzahl vor- und nachgelagerter Dienstleistungen rund um die Errichtung und den Betrieb von Anlagen sowie die Betreibergesellschaft bzw. die Investoren der Anlagen eingegrenzt, demgegenüber wurde die Produktion angesichts der unsicheren Entwicklung ausgeklammert.[85] Bei diesen Wertschöpfungsschritten fallen Unternehmens- und Investorengewinne sowie Einkommen der Beschäftigten an. Zudem entstehen in proportionaler Höhe Einkommens- und Gewinnsteuern, die als maßgebliche kommunale Steuern die Wertschöpfung vor Ort vermehren.

Die Berechnungen mit dem Wertschöpfungsmodell des IÖW zeigen, dass durch die erneuerbaren Energien in Berlin mit den hier ausgewählten Wertschöpfungsschritten eine Netto-Wertschöpfung in einer Größenordnung von ca. 67 Mio. Euro im Zielszenario 1 und 138 Mio. Euro Zielszenario 2 generiert werden kann. Dabei wurde gemäß der Szenariokonstruktion davon ausgegangen, dass im Zielszenario 1 überwiegend große, oftmals überregionale Akteure die Energiewirtschaft bestimmen und dementsprechend mehr Wertschöpfung aus Berlin abfließt, während im Zielszenario 2 ein höherer Anteil von Bürgeranlagen, Energiegenossenschaften und anderen lokalen Energieversorgern (z.B. eigenes Stadtwerk) angenommen wurde (vgl. Anhang B 5).

Eine Vergleichbarkeit mit der ermittelten Wertschöpfung des Wirtschaftszweigs der Energieversorgung in Berlin 2012 ist hier nur begrenzt gegeben. Der Wert für 2012 stellt die Wertschöpfung durch die gesamte Berliner Strom-, Wärme- und Gasversorgung dar. Die Ergebnisse des IÖW-Modells für das Jahr 2050 spiegeln jedoch nur ausgewählte Effekte durch dezentrale Strom- und Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien wider. Die im IÖW-Modell berücksichtigten dezentralen EE-Anlagen machen im Zielszenario 1 etwa 25 % des Endenergieverbrauchs aus, im Zielszenario 2 sind es etwa 40 % durch höhere Gebäudeeffizienz und einen höheren Anteil an PV im Szenario (jeweils ohne Verkehr). Eine Berücksichtigung der restlichen Energieversorgung würde die Wertschöpfungsergebnisse daher deutlich erhöhen. Eine Vergleichbarkeit mit den Werten aus 2012 ist methodisch weiterhin schwierig, da für die dezentralen EE-Anlagen eine erhebliche Kostendegression unterstellt wurde, die eine senkende Wirkung auf die Wertschöpfungsergebnisse hat. Auch für die anderen Energieanlagen müsste dementsprechend eine Analyse der Kostenentwicklung vorgenommen werden um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erlangen. Zudem werden weiteren Wertschöpfungsketten durch Power to Heat und Gas-Technologien sowie System- und Effizienzdienstleistungen hinzukommen, und auch ein steigender Eigenverbrauch selbst erzeugten Stroms kann durch Kaufkrafteffekte positive Wertschöpfungseffekte entfalten. Dies zeigt, dass die vorliegende Darstellung der Effekte durch den Ausbau erneuerbarer Energien wiederum nur einen Teil der Gesamtwertschöpfung der zukünftigen Energiewirtschaft darstellt.

Die folgenden Abbildungen stellen die ermittelten Wertschöpfungseffekte durch dezentrale erneuerbare Energien Anlagen in den Jahren 2012 und 2050 für beide Zielszenarien dar (ohne Produktion und die Bereiche öffentlich geförderte F&E und Bildung). Das Ergebnis spiegelt einerseits die unterschiedlichen Ausbaugrade an EE-Anlagen wider, andererseits die verschiedenen Annahmen zur lokalen Ansässigkeit von Unternehmen und Investoren. So ist die Energieerzeugung aus Photovoltaik in Szenario 2 nur etwa 50 % höher als in Szenario 1. Die Wertschöpfung unterscheidet sich jedoch um mehr als das doppelte, da im Szenario 2 mehr lokale Betreiberfirmen und Investoren durch partizipativere Geschäftsmodelle, wie Bürgeranlagen und Energiegenossenschaften, beteiligt sind.

[85] Ebenfalls unberücksichtigt bleiben bei dieser auf die Wertschöpfungsketten abstellenden Betrachtung die Bereiche der öffentlich geförderten Forschung und Entwicklung (F&E) sowie der Bildung (siehe auch Anhang B 5).

Abbildung 49: Ausgewählte Wertschöpfungseffekte durch erneuerbare Energien 2012 und 2050 nach Steuern, Einkommen und Gewinnen (in Mio. Euro); Quelle: Eigene Darstellung.

Abbildung 50: Ausgewählte Wertschöpfungseffekte durch erneuerbare Energien 2012 und 2050 nach EE-Technologien (in Mio. Euro); Quelle: Eigene Darstellung.

Die Entwicklung der industriellen Produktion in der Stadt ist gegenwärtig zwar unsicher, könnte aber auf längere Sicht aufgrund sich global angleichender Produktions- und Lohnniveaus und steigender Logistikkosten auch hierzulande wieder wettbewerbsfähig werden und somit weitere Wertschöpfung beitragen. Würde man die Wertschöpfung aus der Produktion nach Stand 2012 zum Ergebnis für 2050 hinzuzählen, würde sich die

Wertschöpfung um weitere 50 Mio. Euro erhöhen. Werden weitere Exportpotenziale erschlossen, so kann sich dieser Wert auch vervielfachen.

Weiterhin ist Berlin dabei sich als einer der führenden Wissenschaftsstandorte in der Bundesrepublik zu positionieren. Im Jahr 2012 verblieben 17 Mio. Euro an direkter Wertschöpfung aus der öffentlich geförderten Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien in Berlin, und weitere 6 Mio. Euro im EE-spezifischen tertiären Bildungsbereich. Zusammen waren hier mehr als 600 Vollzeitarbeitsplätze angesiedelt. Somit birgt auch dieser Bereich Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotentiale, die durch einen gezielten EE-Ausbau begünstigt werden können.

3.4.2. Ausgangs- und Rahmenbedingungen der energetischen Gebäudesanierung

Das Bereitstellen von Raumwärme hat für den Klimaschutz eine große Bedeutung – auch in Berlin: etwa 10 Mio. Tonnen CO_2 bzw. 47 % der gesamten Berliner CO_2-Emissionen nach der Verursacherbilanz sind hier dem Gebäudebereich zuzuordnen. Raumwärme ist daher ein kritischer Erfolgsfaktor für die Energiewende und das Klimaneutralitätsziel. Grundsätzlich können die erforderlichen Emissionsreduktionen aus der Bereitstellung von Raumwärme durch eine klimafreundlichere Erzeugung (Erzeugungs-Effizienz und Substitution CO_2-intensiver Heizungs- und Warmwassersysteme, letzteres wird bisweilen auch „Konsistenz“ genannt), durch geänderte Bedürfnisse (sparsameres Verbrauchsverhalten, bisweilen auch „Suffizienz“ genannt) und durch geringere spezifische Transmissionsverluste (Effizienz) erreicht werden. Der letztgenannte Bereich umschreibt alle Maßnahmen, die der energetischen Ertüchtigung der Gebäudehülle mit dem Ziel dienen, die Transmissionswärmeverluste zu verringern, ggf. auch die passive Solarnutzung zu erhöhen. Alle genannten Strategien (Konsistenz, Suffizienz, Effizienz) stehen miteinander in Beziehung und können sich teilweise gegenseitig ergänzen, also bilanziell auch miteinander verrechnet werden: je höher etwa der Anteil der erneuerbaren Energiebereitstellung ausfällt, umso weniger muss die Gebäudehülle saniert werden, um das Klima zu schonen. Stehen EE-Potenziale im Gebäudebereich nicht ausreichend zur Verfügung und kann der Wärmebedarf durch Verhaltensänderungen nicht reduziert werden, muss stärker energetisch saniert werden. Angesichts der Höhe der geforderten Reduktionsziele im Rahmen einer bis 2050 zu erreichenden Klimaneutralität ist aber klar, dass in allen Bereichen ambitionierte Beiträge erbracht werden müssen. Für den Bereich der energetischen Gebäudesanierung hat sich die Bundesregierung eine Verdopplung der Sanierungsrate von ca. 1 % heute auf zukünftig 2 % vorgenommen, die als nötig erachtet wird, um die Gesamtziele zu erreichen.

Für Berlin wurde in den drei Szenarien dieser Machbarkeitsstudie von einem Spektrum der Sanierungsrate von 0,8 % (Referenz) über 1,5 % (Ziel 1) bis hin zu 2 % (Ziel 2) ausgegangen, um den Anforderungen der Klimaneutralität, des baukulturellen Erbes und der sozialverträglichen Mietentwicklung in unterschiedlicher Weise Rechnung zu tragen.

Die Einschätzung der Wirtschaftlichkeit und der Sozialverträglichkeit dieser Sanierungsraten hängt – neben der Frage der zukünftigen Energiepreisentwicklung - entscheidend an der zukünftigen Kostenentwicklung für energetische Sanierungsmaßnahmen (Henning/ Palzer 2013). In der öffentlichen Debatte werden dabei bisweilen die Kosten für die Verbesserung der Energieeffizienz (z.B. Hüllensanierung, Fensteraustausch, Dach- oder Kellerdeckenisolierung) im engeren Sinne nicht deutlich von den allgemeinen Kosten der Modernisierungsmaßnahmen unterschieden – also etwa den Kosten für die Modernisierung von Bädern oder die Gerüstkosten bei Fassadenrenovierung. Nur erstere aber können als energiebedingten Mehrkosten den Einspareffekten des Energieverbrauchs gegenübergestellt werden, nicht aber die Modernisierungskosten insgesamt (Vollkosten). Die Frage, ob eine Wohnung nach einer Sanierung zu teuer für gewisse Einkommensgruppen sein wird, hängt also nur zu einem Teil an den energiebedingten Kosten.

Abbildung 51: Zusammenfassung verschiedener Studien zu Sanierungskosten (Annualisierte Sanierungskosten/ -einsparungen in Euro/ m²/ Jahr); Quelle: Neuhoff et al. 2011: 5.

Meta-Studien kommen nach Auswertung einer Vielzahl von durchgeführten Sanierungsprojekten zu dem Ergebnis, dass sich der Anteil der energiebedingten Mehrkosten an den Vollkosten in einer Bandbreite von 18 bis 60 % bewegt (Henger/ Voigtländer 2012, Neuhoff et al. 2011). Als Faustregel gilt: je komplexer die Sanierung, desto geringer der Anteil der energiebedingten Mehrkosten. In der Mehrheit der Fälle liegen die annualisierten Sanierungskosten unterhalb der jährlichen Energiekosteneinsparungen, können also theoretisch durch letztere refinanziert werden (vgl. Abb. 51).

Wenn Sanierungen im vermieteten Gebäudebestand durchgeführt werden, sollte die so genannte Warmmietenneutralität angestrebt werden. Das heißt, dass durch die Einsparungen bei den Heizkosten die erforderliche Erhöhung der Kaltmiete aufgewogen werden sollte. Umgekehrt sollte die Kaltmietenerhöhung einen angemessenen Beitrag zur Refinanzierung der Investition leisten, wobei staatliche Förderungen einerseits und die Werterhöhung der Immobilie andererseits ebenfalls zu berücksichtigen sind. Die Deutsche Energie-Agentur (Dena 2010) kommt in einer bundesweiten Vergleichsstudie zu dem Ergebnis, dass eine hochwertige

energetische Sanierung mit ca. 70 % Einsparung warmmietenneutral realisierbar ist. Betrachtet wurden Gebäude mit schlechtem energetischen Ausgangszustand und Mieten unter dem Marktdurchschnitt. Diese repräsentieren etwa 15 % des deutschen Gebäudebestands. Bei Sanierungen, die eine 80 %-Einsparung gegenüber dem Ausgangsenergieverbrauch erzielen sollen, sowie in Fällen mit einer energetisch besseren Ausgangssituation ist dagegen eine zusätzliche Förderung erforderlich, um die Kriterien der Wirtschaftlichkeit und der Warmmietenneutralität zu erfüllen.

Auch in Berlin gibt es zahlreiche Beispiele für erfolgreiche energetische Sanierungsprojekte, darunter auch solche, die das Kriterium der Warmmietenneutralität erfüllen konnten.[86] Ein Beispiel ist etwa die warmmietenneutrale energetische Sanierung von 132 Wohnungen in der Wohnanlage Schwendyweg der Charlottenburger Baugenossenschaft EG in Spandau. Neben einer Dämmung der Fassaden, Dächer und Kellerdecken wurden auch doppel- bzw. dreifachverglaste Fenster sowie ein Mini-BHKW (Erdgas) zur Kraft-Wärme-Kopplung installiert. Die Dachflächen wurden an die Berliner Energieagentur (BEA) verpachtet, welche dort eine großflächige Photovoltaikanlage (351 Module) installierte. Hinzugefügt werden muss allerdings, dass viele dieser vorbildlichen Berliner Praxisbeispiele in unterschiedlichem Maße auch staatliche Förderungen (Städtebaufördermittel, bzw. KfW-Programme) genutzt haben. Dies unterstreicht, dass auch perspektivisch insbesondere bei den Mietbeständen, in denen die Refinanzierungsmöglichkeiten (unter Maßgabe der Warmmietenneutralität) eingeschränkt sind, auch weiterhin eine staatliche Förderung gewährt werden sollte.

Ein wesentliches Hindernis für eine Steigerung der Sanierungsraten wird bislang in einem teilweise bestehenden „Vermieter-Mieter-Dilemma“ (allgemeiner: Investor-Nutzer-Dilemma) gesehen. Dieses besteht in der mietrechtlich begründeten Situation, dass der Mieter von Energieeinsparungen profitiert, die vom Vermieter vorgenommen werden müssen, ohne dass letzterer für die Refinanzierung seiner Investitionsaufwendungen einen direkten Zugriff auf die Energiekosteneinsparungen des Mieters nehmen kann, sondern auf gesetzliche Mieterhöhungsspielräume angewiesen ist, die derzeit 11 % der Investitionskosten als auf den Mieter umlagefähig zulassen.

Wie die Dena-Studie (2010) zeigt, hängt die Frage der Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen unter diesen Umständen sehr stark an der Ausgangssituation des Gebäudebestandes und des Mietpreisniveaus. Eine Studie zur energetischen Sanierung im Berliner Wohnungsmarkt (Simons et al. 2010) unterstreicht zwar grundsätzlich den Befund der Dena-Studie – eine umfassende Gesamtsanierung der Gebäude ist dem Stückwerk von energetischen Einzelmaßnahmen sowohl energetisch als auch kostenseitig überlegen -, betont aber auch, dass selbst eine Gesamtsanierung Gesamtkapitalrenditen zwischen -2,7 % und +1,8 % p.a. liefert abhängig von Gebäudetyp und Lage. Diese Ertragswerte sind letztlich aber zu schwach, um Vermieter flächendeckend zu einer deutlichen Erhöhung der energetischen Gebäudesanierung – als Teil einer umfassenden Modernisierung – zu bewegen.

Hinzu kommen einige Probleme, die nur indirekt mit dem Vermieter-Mieter-Dilemma zu tun haben (Simons et al. 2010: (1) *Glaubwürdigkeitsproblem*. Mieter sind häufig misstrauisch ihren Vermietern gegenüber, wenn diese ihnen im Vorhinein Kosten und Effekte einer energetischen Sanierung vorrechnen. (2) *Energiepreisentwicklung*: Auch wenn der Wärmebedarf nach einer Sanierungsmaßnahme nachweislich sinkt, kann der Anstieg der Energiekosten die erhoffte Warmmietenneutralität gefährden – auch besonders kalte Winter können einen solchen Effekt haben. (3) *Zurechenbarkeit*: Der Austausch von Gasetagenheizungen durch zentrale Heizungssysteme reduziert zwar meist den Energieverbrauch, verhindert aber auch die vollständige Zurechnung der Heizkosten auf den Einzelhaushalt. Die Abrechnungsmodalitäten (30 bis 50 % der Heizkosten solcher Systeme werden über die beheizte Fläche umgelegt) dämpfen den Sparanreiz.

[86] Vgl. die Projektliste bei http://www.berlin-klimaschutz.de/

Insbesondere Punkt (2) untergräbt aus Sicht der Mieterhaushalte die Legitimation für energetische Sanierungen, stellt sich doch der erwartete finanzielle Entlastungseffekt bei der Heizkostenabrechnung nicht ein, der als „Gegenleistung“ zum Anstieg der Nettokaltmiete anvisiert war. Hier braucht es alternative Berechnungs- und Darstellungsformen. Bundesweit gilt: Die Verbraucherpreise für Heizöl und Erdgas sind seit Ende der neunziger Jahre sprunghaft angestiegen. Auch die Ausgaben der privaten Haushalte für Raumwärme und Warmwasser haben damit erheblich zugenommen. Seit 2006 haben sich diese Ausgaben jedoch trotz weiterhin hoher Energiepreisanstiege nahezu stabilisiert. Vor allem die hohen Energieeinsparungen durch das energieeffiziente Bauen und Sanieren haben den Kostenanstieg für Eigenheimbesitzer und Mieter wirksam gedämpft. Die Umstellung vieler Heizungsanlagen auf Erneuerbare Energien senkte die Energiekosten für die Verbraucher ebenfalls spürbar. Dieser Befund spricht eher dafür, dass auch bei einer Gesamtkostenbetrachtung Energiesparinvestitionen wirtschaftlich umgesetzt werden können (Müller 2014).

Als eines der Instrumente in der Diskussion zur Lösung oder Abmilderung des Mieter-Vermieter-Dilemmas werden in der Literatur energetische Mietspiegel diskutiert. Mit dem Berliner Mietspiegel 2009 wurden erstmals Energieverbrauchskennwerte als Merkmale eingeführt, die den energetischen Zustand umfassender würdigen als Einzelmerkmale. Es besteht hierbei entweder die Möglichkeit, eine Wohnung nach dem Zustand der Wärmedämmung bzw. dem Einbau einer modernen Heizungsanlage einzugruppieren, oder aber die Berücksichtigung des Energieverbrauchskennwertes für das Gebäude in bis zu drei Stufen. Wohnwert erhöhende Kennwerte liegen unter 120 kWh/ (m^2a), wohnwertmindernde Kennwerte liegen über 170 kWh/ (m^2a) (SenStadtUm 2013c). Dem Berliner Mieterverein zufolge wird allerdings für einen großen Teil der Wohngebäude wegen eines mittleren Energieverbrauchskennwertes zwischen 120 und 170 kWh/ (m^2a) weder eine Wohnwerterhöhung noch eine Wohnwertminderung gegeben sein, was die Steuerungswirkung dieses Instruments auf die „Randlagen“ des Gebäudebestandes beschränkt. [87]

Eine Auswertung von Grundlagendaten zum Berliner Mietspiegel 2013 kommt zu dem Ergebnis, dass für energetisch sanierte Gebäude in der Stadt nicht wesentlich mehr an Nettokaltmieten bezahlt wird als für schlechter sanierte Gebäude (F+B 2013: 60):

[87] Siehe: www. berliner-mieterverein.de/presse/sonstigesarchiv/fl196.htm

Wärmetechnischer Zustand	Energieverbrauchs-kennwerte	Durchschnittliche Netto-kaltmiete in €/ m² Wohnfläche
Hoch (1/6 der Werte)	Kleiner 79,0 kWh(m²/a)	5,33
Mittel (2/3 der Werte)	79,0 – 150,0 kWh(m²/a)	5,37
Gering (1/6 der Werte)	Größer 150 kWh(m²/a)	5,37

Tabelle 33: Wärmetechnischer Zustand und Miethöhe, Daten aus 2013;
Quelle: Eigene Darstellung auf der Basis von F+B 2013: 60.

Diese Auswertung zeigt, dass der wärmetechnische Zustand derzeit noch keine Auswirkung auf die Miethöhe aufweist. Dieses Ergebnis widerspricht zunächst der gängigen Annahme, dass für eine bessere wärmetechnische Ausstattung eine höhere Miete auf dem Wohnungsmarkt umgesetzt werden kann.

Der kleine Ausschnitt am Berliner Wohnungsmarkt, der hierbei betrachtet wurde, sollte allerdings davor bewahren, diese Zahlen überzuinterpretieren. Zum einen wurden nur 4.800 Gebäude in Berlin untersucht, zum anderen ist das Instrument des energetischen Mietspiegels noch relativ neu. Die Zahlen verraten nichts über das Mietniveau der Wohnungen mit hohem wärmetechnischen Zustand vor der Sanierung. Hinzu kommt, dass andere Studien des Berliner Wohnungsmarkts (Simons et al. 2010) zu ganz ähnlichen Schlussfolgerungen hinsichtlich der mangelnden Wirtschaftlichkeit kommen wie bundesweite Untersuchungen (Neitzel et al. 2011). Eine Berliner Besonderheit resultiert daraus, dass in der „Hauptstadt der Mieter“ viele Wohnungen mit dem Programm des sozialen Wohnungsbaus errichtet wurden und diese ehemaligen Darlehen die Gebäude häufig auch heute noch belasten, so dass neue Darlehen für eine energetische Sanierung in der Regel nicht aufgenommen werden können (Färber 2013).

Ein zusätzlicher Sanierungsdruck für Berlin besteht nicht zuletzt darin, dass mit dem zu erwartenden Anstieg der allgemeinen Energiekosten für fossile Energieträger auch die Kosten der Wärme- und Warmwasserbereitstellung steigen. Laut Mietspiegel 2013 lagen die „kalten Betriebskosten“ (Grundsteuer, Aufzug, Hausreinigung etc.) in Berlin durchschnittlich bei 1,43 € /m², die „warmen Betriebskosten“ (Heizung, Warmwasser, Anlagenwartung) bei 1,09 €/m² (SenStadtUm 2013c: 26). Ihre Bedeutung hat in den letzten Jahren zugenommen. Je nach zukünftiger Energiepreisentwicklung wird sich dies auch im Verhältnis zur Nettokaltmiete niederschlagen. Einer Beispielrechnung des Berliner Mietervereins zufolge (Wild 2012) kann sich der Anteil der Energiekosten an der Warmmiete von heute rund 20 % in dreißig Jahren auf 46 – 70 % erhöhen – je nachdem, ob der Energiepreis um 5 oder 10 % pro Jahr steigt.

Einkommensschwächere Haushalte sind bereits bei einem deutlich moderateren Energiepreisanstieg von den Energiepreisen überfordert. Im Rahmen der Diskussion um die Erneuerung der EEG-Umlage wurde seit 2012 in Deutschland viel über den Anstieg der Stromkosten diskutiert, das Stichwort der „Energiearmut“ machte dabei die Runde. Angesichts der deutlich größeren Bedeutung der Kosten für Wärme und Warmwasser liegt das Risiko der Energiearmut aber deutlich stärker im Wärmebereich.

Mindestens drei Faktoren können zur Energiearmut eines Haushaltes beitragen:

- Niedrige Energieeffizienz von Gebäuden und Geräten
- Hohe und steigende Energiepreise
- Geringe Einkommen

Sanierungsbedürftige und energetisch uneffektive Gebäude werden oft von Menschen mit niedrigen Einkommen bzw. Beziehern von Transferleistungen bewohnt, da wiederum nur geringe Mietkosten von Sozialträgern übernommen werden.

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der TU Berlin wurde eine Verschneidung von energetischer und sozialer Problemlage für das Berliner Stadtgebiet vorgenommen (Färber 2013). Auf Basis der Berliner Stadtstrukturtypen und den ihnen aufgrund von Experteninterviews zugeordneten energetischen Sanierungskosten einerseits sowie den Informationen über soziale Problemlagen basierend auf dem Monitoring Soziale Stadtentwicklung andererseits konnte eine Bündelung beider Problemlagen in den Gebieten Neukölln, Mitte und Spandau festgestellt werden (vgl. Abb. 52).

Abbildung 52: Energetische und soziale Problemlagen in Berlin
(gelb: Problemlage; orange: starke Problemlage); Quelle: Färber 2013: 96.

Solche integrierten Planungshilfen sind unverzichtbar, wenn es darum geht, mit knappen öffentlichen Mitteln gezielt auf Brennpunkte einwirken zu können.

In Bielefeld schafft ein „Klimabonus“ die Voraussetzung dafür, dass höhere Mieten dann vom Staat übernommen werden, wenn ein Gebäude einen entsprechend besseren Sanierungsstand aufweist. Ziel des finanziellen

Anreizes ist es, Vermieter stärker zu motivieren, ihr Gebäude zu sanieren (Kopatz et al. 2013). Eine „Mietenbremse“ könnte ähnliche Effekte haben, wenn max. 10 % oberhalb des Mietspiegels vermietet werden darf und energetisch sanierte Wohnungen eine höhere Miete im Mietspiegel aufzeigen.

Solche Modelle wird es brauchen, weil eine rein mietrechtliche Lösung des Vermieter-Mieter-Dilemmas für diese einkommensschwachen (Mieter-) Haushalte nicht möglich sein wird. Einkommensschwache Haushalte können sich häufig *weder* einen (merklichen) Anstieg der Heizkosten *noch* einen sanierungsbedingten Anstieg der Kaltmieten leisten.

Das von Mieterverbänden eingebrachte Modell einer Drittelung der energetischen Sanierungskosten zwischen Mietern, Vermietern und der öffentlichen Hand (Rips 2013) ist eine Option, die auch für Mieter mit mittlerem Einkommen und mittlerer Mietkostenbelastung sinnvoll und hilfreich sein dürfte. Studien, die die mangelnde Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen unterstreichen, betonen hierbei, dass der ökologische Nutzen eines sanierten Gebäudebestandes – also der Klimaschutz sowie die dadurch vermiedenen Schäden und Schadenskosten – nicht in eine betriebswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Rechnung eingehen, weshalb der Staat als Hüter des Gemeinwohlinteresses und „Initiator“ der Energiewende dafür auch eine stärkeren Beitrag liefern sollte (Neitzel et al. 2011; Simons et al. 2010).

Neben der Ausweitung der Fördermöglichkeiten etwa durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ist dabei auch an eine Aufstockung bzw. Umwidmung von Mitteln der Städtebauförderung zu denken. Sanierungsfahrpläne, die viele Akteure fordern, um gezielt besonders energieintensive Bestandsgebäude und Stadtteile mit einkommensschwachen Mietern sanieren zu können, sollten zum Fördertatbestand des Städtebaus werden und auch aus dessen Mitteln zusätzlich bedient werden. Auf diesem Wege können die Kommunen ihren Beitrag zur Energiewende in Deutschland sozialverträglich ausgestalten und energetische Sanierung nicht zu (inner-) städtischen Verdrängungsprozessen bei. Schon unter den aktuellen Förderbedingungen zeigt sich, dass gut koordinierte Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategien für Gebäude und Quartiere möglich sind, wenn Wohnungswirtschaft, Baubehörden, Stadtentwicklung und Nutzer bei Planung und Durchführung gut zusammenarbeiten (vgl. BMVBS 2012, auch mit Berliner Beispielen). Solche Vorzeigeprojekte könnten durch eine Umstrukturierung der Städtebauförderung viel stärker in die Fläche gebracht werden. Die Quartiersebene bietet sich hierbei als Betrachtungsraum an (Habermann-Nieße et al. 2012).

Zu prüfen ist, ob das Instrument der städtebaulichen Verträge nicht stärker zum Einsatz kommen kann, um Sanierungs- und Sozialziele besser vereinbar zu machen. Die Ergänzungen in §11 (1) BauGB (Novellierung 2011) stellen klar, dass Anlagen zur zentralen und dezentralen Versorgung mit erneuerbaren Energien und die energetische Gebäudesanierung zum Gegenstand städtebaulicher Verträge gemacht werden können. Zu prüfen wäre, ob die Grundsteuererhebung an den energetischen Sanierungsstand gekoppelt werden könnte, so dass bessere Gebäude entlastet, schlechtere aber belastet würden. Um eine soziale Schieflage zu vermeiden, könnte dabei allerdings auch die Wohnfläche pro Kopf Berücksichtigung finden. Die steuerliche Abschreibbarkeit von energetischen Sanierungen seitens der Vermieter wäre ein weiterer Weg. Diskutiert wird ein Prämienmodell zur Finanzierung energetischer Sanierungen, das – analog dem Erneuerbaren Energiegesetz – über eine umlagefähige Abgabe auf fossile Brennstoffe erhoben wird und damit von der öffentlichen Haushaltslage unabhängig sein würde – anders als die KfW-Kredite derzeit (Küchler et al. 2012).

Im Berliner Kontext wird insbesondere von der Wohnungswirtschaft darauf hingewiesen, dass hier bereits erhebliche Teile des Gebäudebestandes der Unternehmen auch energetisch saniert wurden. Nach Angaben des Verbandes Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V. (BBU) sind in den letzten Jahren bereits 61 % der Mietwohnungsbestände der größeren Wohnungsbauunternehmen in Berlin umfassend (in der Regel incl. Fassadendämmung) saniert worden. Zudem haben BBU und Mitgliedsunternehmen mit dem Land Berlin für den

Zeitraum 2011 bis 2020 eine neue Runde von Klimaschutzvereinbarungen geschlossen, die einen „Deckel“ auf die CO_2-Emissionen von 1,12 und 1,5 Tonnen pro Wohnung bis 2020 (2010: 1,8 t) anstreben (Rehberg 2013).

Angesichts des langen Zeitraums, den diese Machbarkeitsstudie betrachtet, werden allerdings auch Gebäude, die in den 1990er oder Anfang der 2000er Jahre saniert wurden, wieder „angefasst“ werden müssen – allein aus Gründen der Modernisierung bzw. der Werterhaltung. Für viele Bauteile stellt sich damit nicht primär die Frage der Wirtschaftlichkeit, sondern die nach ihrer Lebensdauer. So geht man beispielsweise bei Fenstern (zumindest bei Kunststofffenstern) davon aus, dass diese nach ca. 40 Jahren ausgetauscht werden. Daher wird in beiden Zielszenarien davon ausgegangen, dass die Fenster in den meisten Gebäudetypen dem Standard von 3-fach-Verglasung entsprechen werden.

Aber auch andere Bauteile werden ausgetauscht werden müssen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob man mit dem Zeithorizont 2050 einfach die Fortschreibung aktueller Bau- und Dämmstoffe annehmen kann. Kritiker des von ihnen als „Dämmwahn“ bezeichneten energetischen Sanierungsprojekts weisen nicht zu Unrecht darauf hin, dass – neben dem städtebaulichen Erscheinungsbild – auch die Frage der Entsorgung von in die Jahre gekommenen Dämmstoffen völlig offen ist. Hier braucht es verbesserte Gesamtbilanzierungen, Risikoabschätzungen und vor allem Forschungsinvestitionen im Bau- und Sanierungsbereich mit dem Ziel, effizientere, ökologische und langlebige Alternativen zum gegenwärtig verfügbaren Spektrum der Materialien zu finden. Während im Rahmen der Szenarienentwicklung diesbezüglich keine Innovationsprünge eingerechnet wurden, dürften sich auch in diesem Bereich einige innovative Entwicklungen abzeichnen. Das gilt auch für Innovationen im Bereich der Innendämmung, die neu aufgekommen, aktuell aber nicht ohne Probleme ist (z.B. Taupunkte, Schimmelbildung). Wenn diese überwunden werden können, wird dies die Kosten-Nutzen-Rechnung der energetischen Gebäudesanierung unter Umständen deutlich verbessern.

Wenngleich die Wirtschaftlichkeit aus betriebswirtschaftlicher Sicht (ohne Förderung) nicht immer gegeben ist, so stellt sich die Bilanz der energetischen Gebäudesanierung aus volkswirtschaftlicher Sicht deutlich positiver dar. Diese spielt im Kalkül privater Hauseigentümer und Investoren zunächst keine Rolle, muss aber für eine (stadtweite) Gesamtbewertung berücksichtigt werden. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) hat in einer jüngst erschienenen modellbasierten Studie (Blazejczak et al. 2014) diese Effekte deutschlandweit für den Fall berechnet, dass die Sanierungsrate von derzeit rund 1 % auf 2 % verdoppelt würde. Die angenommene Endenergieeinsparung liegt dabei – je nach Gebäudetyp – bei 120 bis 200 kWh/ m^2. Im Vergleich zum Referenzfall würden dann bis 2020 35,7 Millionen m^2 an Wohnfläche zusätzlich saniert werden, bis 2030 37,6 Mio. m^2, und bis 2050 36,1 Mio. m^2. Die zusätzlichen Sanierungskosten und Energieeinsparungen würden sich diesen Berechnungen zufolge so entwickeln:

	2020	2030	2050
Investitionskosten (Mrd. €)	7,4	9,0	14,0
Eingesparte Energiekosten (Mrd. €)	3,8	11,1	32,0

Tabelle 34: Entwicklung der zusätzliche Sanierungskosten und der Energieeinsparungen in 2020, 2030 und 2050; Quelle: Blazejczak et al. 2014.

Noch im Jahr 2020 würden die Investitionskosten die eingesparten Energiekosten übertreffen, schon 2030 und vor allem 2050 dagegen würden sich diese Investitionen volkswirtschaftlich betrachtet amortisiert haben. 2020 würden damit 10 Mrd. t CO_2 eingespart werden, 2030 wären es bereits 24 Mrd. t, 2050 wären es dann 43 Mrd. t.

Neben diesen Umwelteffekten sind aber die volkswirtschaftlichen Effekte der Verdopplung der energetischen Gebäudesanierung in Deutschland hervorzuheben. Das Bruttoinlandsprodukt etwa würde bereits 2020 um 0,5 %

höher ausfallen, 2030 wären es 0,7 %, und 2050 würde Deutschlands Wirtschaftsleistung um 1 % höher ausfallen, als wenn die energetische Gebäudesanierung nur mit einer Rate von 1 % pro Jahr durchgeführt würde. Auch der private Konsum und die öffentlichen Investitionen würden aufgrund von Multiplikatoreffekten ansteigen. Die Studie macht deutlich, dass diese Effekte nicht zuletzt davon abhängen, ob es gelingt, das inländische Arbeitskräftepotenzial (z.B. durch Fortbildung) zu mobilisieren sowie Handwerk und Bauindustrie in die Lage zu versetzen, das größere Auftragsvolumen auch im Inland zu bewerkstelligen.

4. STRATEGIEN FÜR EIN KLIMANEUTRALES BERLIN – MASSNAHMEN UND LEITPROJEKTE

4.1. EINFÜHRUNG

Im vorherigen Kapitel konnte gezeigt werden, dass Berlin bis zum Jahr 2050 auf verschiedenen Wegen sein Klimaneutralitätsziel erreichen kann. Aber Berlin muss auch mutige und weitreichende Entscheidungen treffen, damit es dieses Ziel bis 2050 tatsächlich erreicht. Dafür bedarf es zusätzlicher bzw. weitergehender Anstrengungen und Maßnahmen. Wie diese aussehen könnten und wie sie sich in eine umfassendere Strategie der Klimaneutralität einfügen, ist Gegenstand dieses Kapitels. Es enthält Aussagen zu folgenden Aspekten einer solchen Strategie:

- Strategische Ansatzpunkte für eine ebenso umfassende wie praktikable Vorgehensweise zur Zielerreichung,
- Maßnahmen und Instrumente zu ihrer Umsetzung,
- Aussagen zu den relevanten Akteuren,
- Zeitliche Priorisierung der Maßnahmen,
- Qualitative Einordnung des zu erwartenden direkten oder indirekten CO_2-Reduktionsbeitrags,
- Qualitative Aussagen zu den Kosten der Maßnahmen.

Eine detaillierte quantitative Kosten-Nutzen-Abschätzung einzelner Maßnahmen war nicht Gegenstand dieser Machbarkeitsstudie. Es werden auch Leitprojekte und Maßnahmen vorgeschlagen, deren unmittelbarer CO_2-Effekt sich nicht quantifizieren lässt (z.B. kommunikative oder Bildungsmaßnahmen), die aber gleichwohl einen strategischen Beitrag zur Zielerreichung leisten. Die hier entwickelten Vorschläge beziehen sich auf drei Ebenen, die alle gleichermaßen zur Zielerreichung berücksichtigt werden müssen:

- Erstens ist die Zielerreichung von Voraussetzungen und Rahmenbedingungen abhängig, die außerhalb der direkten Gestaltungsmacht von Senat und Bezirken liegen, auf die das Land Berlin aber im Rahmen seiner Möglichkeiten aktiv Einfluss nehmen kann und sollte. Berlin ist politisch und geografisch eingebettet und daher als Teil eines geschichteten, übergreifenden Ganzen zu sehen, dessen Eckpunkte durch den Dreiklang „Brandenburg – Deutschland – Europäische Union“ bezeichnet sind. Nur eingebettet in dieses Mehrebenensystem kann die spezifische Berliner Energiewende zur Klimaneutralität gelingen (4.2.).
- Zweitens erfordert die benötigte Steigerung von Aktivitäten in Richtung Klimaneutralität eine Reihe von sichtbaren und wirksamen Anstößen, die als besondere Maßnahmen gekennzeichnet werden. Auch wenn man die beiden in Kapitel 3 vorgestellten Szenarien in ihrer vollen idealtypischen Ausprägung gut gegeneinander abgrenzen und profilieren kann – sie entfalten ihre volle Charakteristik erst gänzlich im Jahre 2050. Auf dem Weg dahin gibt es hinreichend viele Gemeinsamkeiten und Überschneidungen zwischen den Szenarien, um Maßnahmen zu identifizieren, die in jedem Fall ergriffen werden müssen – ganz gleich, ob sich daraus in 10 oder 20 Jahren einmal eher das eine oder eher das andere Szenario entwickeln mag. Das Gutachterteam hat gezielt solche Schlüsselmaßnahmen ausgesucht, die für beide Szenarien gleichermaßen wichtig sind und zudem die Eigenschaft aufweisen, eine gewisse öffentliche Sichtbarkeit zu entfalten. Diese „Leitprojekte“ oder „Leuchttürme“ werden in Kapitel 4.3. dargestellt.
- Drittens sind neben diesen hervorgehobenen Leitprojekten weitere, umfassendere Maßnahmenbündel in jedem Handlungsfeld erforderlich, um die Schlüsselfaktoren in die gewünschte Richtung zu entwickeln. Dadurch sollen Hemmnisse überwunden und eine Dynamik angestoßen werden, die der Vielfältigkeit und Komplexität der größten deutschen Kommune Rechnung trägt. Daher werden im anschließenden Kapitel (4.4.) konkrete Maßnahmen für alle fünf Handlungsfelder vorgestellt, die zusammen mit den Leitprojekten

das nötige „Momentum“ entfalten können, um Berlin in Richtung Klimaneutralität zu transformieren. Dabei beziehen sich die meisten Maßnahmen im Grundsatz auf beide Szenarien, können je nach Szenario jedoch teilweise in unterschiedlicher Ausprägung bzw. Intensität ausfallen. Andere Maßnahmen beziehen sich demgegenüber nur auf das eine oder andere Zielszenario In Anhang A zu diesem Hauptbericht werden alle Maßnahmen mit Blick auf Akteure, Kosten und Effekte detaillierter beschrieben.

4.2. VORAUSSETZUNGEN FÜR BERLINS KLIMANEUTRALITÄT IM POLITISCHEN MEHREBENENSYSTEM

Berlin ist einerseits Empfänger von Einflüssen anderer Ebenen des föderativen Systems, andererseits kann es Einfluss auf diese nehmen. Ausgewählte Aspekte und Voraussetzungen einer erfolgreichen Politik Berlins in Richtung „Klimaneutralität“ – sowohl im Land selbst als auch mit Blick auf das föderative Gefüge - werden im Folgenden kurz angerissen.

4.2.1. Priorisierung einer Klimaneutralitätspolitik in Berlin

Berlin hat bereits eine aktive Klimapolitik, verfolgt verschiedene Maßnahmen und kann auch auf Erfolge zurückblicken. Dennoch verlangt der Weg zu einer klimaneutralen Stadt nochmals ein verstärktes Engagement in der Breite sowie in den Führungsetagen von Politik und Wirtschaft. Dies zeigen auch die Erfahrungen anderer Kommunen, in denen ambitionierte Energie- und Klimaschutzkonzepte erfolgreich durch- und umgesetzt wurden.[88]

Das Thema Klimaneutralität muss also Priorität auf der politischen Leitungsebene und beim politisch-administrativen Handeln besitzen, sonst fehlen die entsprechende Legitimität und die Effektivität. Dafür erscheint es erforderlich, dass die Themen Klimaschutz und Klimawandel Top-Themen der Berliner Politik werden und auf der obersten Leitungsebene inhaltlich und organisatorisch gut verankert sind. Der Querschnittscharakter des Klimaschutzes, die regionalwirtschaftlichen Effekte sowie die unterschiedlichen Rahmungen erleichtern diese Verankerung.

Erfolgt eine solche Priorisierung in der Politik, dann lässt sich dadurch in Folge ein Multiplikationsprozess anstoßen, der diese Priorität auch wirksam auf das Verwaltungshandeln, auf alle Unternehmen im städtischen Besitz bzw. mit städtischer Beteiligung sowie auf weitere Akteure in Wirtschaft und Zivilgesellschaft in der Stadt überträgt. So ist beispielsweise darauf hinzuwirken, dass die Klimaschutzvereinbarungen der Stadt in der nächsten Anpassungsrunde auf das Ziel der Erreichung der Klimaneutralität ausgerichtet werden. Eine Kopplung der Bezüge von Geschäftsführern öffentlicher Unternehmen an die Erreichung interner Klimaneutralitätsziele wäre eine weitere Möglichkeit, diese institutionell zu verankern.

[88] Dieser Aspekt wurde zudem durch viele Fachbeiträge und Publikumsäußerungen auf den Stakeholderveranstaltungen zur Machbarkeitsstudie mehrfach hervorgehoben.

4.2.2. Berlin als Akteur auf der bundespolitischen Ebene

Die Szenarien haben gezeigt, dass Berlin das Ziel der Klimaneutralität auf verschiedenen Wegen durch aktive Gestaltung und Nutzung der Potenziale in der Stadt erreichen kann. Es wurde aber ebenso deutlich, dass dafür ein bundespolitischer Rahmen erforderlich ist, der beispielsweise für stabile wirtschaftliche Bedingungen (teilweise inklusive Förderung) sorgt, und der letztlich auf diese Weise die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele gewährleistet. Konkret heißt dies etwa, dass der Bund z.B. den nationalen Strommix sicher zu den angestrebten Reduktionszielwerten führen muss, da ansonsten auch die CO_2-Bilanz Berlins negativ belastet werden würde.

Das hat zur Folge, dass Berlin zur Erreichung seiner eigenen Ziele das Erreichen der Klimaschutzziele der Bundesregierung durch eine aktive Rolle im Bundesrat unterstützen muss. Dies reicht von der Herstellung förderlicher Rahmenbedingungen zur Erhöhung der energetischen Sanierungsrate bis hin zur zuverlässigen Reduktion des Emissionsfaktors im Strombereich, was den zügigen Ausbau erneuerbarer Energieträger und das parallele Auslaufen fossiler Energieerzeugung umfasst. Zudem sollte sich das Land Berlin über verschiedene Gremien und Kanäle auf Bundesebene dafür einsetzen, dass förderliche Rahmenbedingungen für (nicht nur) in Berlin wichtige Technologiekomponenten geschaffen werden, etwa für die Weiterentwicklung der Systemintegration für Elektromobilität, die Fortentwicklung intelligenter Netze für eine „Smart City“ Berlin oder die Entwicklung von kostengünstigeren Dämmsystemen für den Gebäudebestand. Dies schließt eine stabile KWK-Förderung ebenso ein wie die Aufrechterhaltung der dezentralen Bürgersolarenergie nebst den wirtschaftlichen Bedingungen für den Eigenverbrauch oder die Belieferung von Nachbarn und Mietern.

Insbesondere im Bundesrat und auf Fachministerkonferenzen, aber auch auf anderen bundesweiten Foren muss Berlin somit politische Arbeit leisten, um seine Zielerreichung durch entsprechende nationale Rahmenbedingungen zu unterstützen. Dies setzt auch eine frühzeitige Beobachtung der Entwicklungen auf der EU-Ebene voraus.

4.2.3. Koordination in der Metropolregion Berlin-Brandenburg

Die Szenarioergebnisse dieser Machbarkeitsstudie legen es nahe, die Beziehungen zwischen Berlin und seinem Um-Land Brandenburg in energiepolitischer Hinsicht fortzuentwickeln und dabei auch einige stereotype Annahmen der Vergangenheit zu hinterfragen. Dazu gehört die weit verbreitete Vermutung, Berlin sei die „natürliche Senke“ für die (zukünftig primär erneuerbar) erzeugte Energie des umgebenden Flächenlandes. Richtig bleibt, dass sich Berlin und Brandenburg aufgrund einiger stark kontrastierender struktureller Merkmale zum gegenseitigen Vorteil gut ergänzen können. Aber die Szenarien dieser Studie legen auch dar, dass Berlin gerade aufgrund seiner Siedlungsdichte und infrastrukturellen Voraussetzungen das Potenzial hat, einen deutlich höheren Anteil seines Strombedarfs auf umweltfreundliche Weise selbst zu erzeugen (primär mit KWK und PV). Daraus folgt, dass ein klimaneutrales Berlin perspektivisch auch keinen Grundlaststrom aus Brandenburgs Braunkohlekraftwerken mehr braucht. [89] Eine sehr gute Ergänzung zum urbanen Stromerzeugungsprofil in Berlin stellt hingegen insbesondere die Bereitstellung von Windstrom dar, vor allem während der Wintermonate. Durch die Ausschöpfung solcher Synergien und die erhöhte Produktion in Berlin

[89] Die Braunkohlenutzung mit den höchsten spezifischen CO_2-Emissionen hat ohnehin aus Klimaschutzsicht nur in Verbindung mit einer CCS-Technologie eine Perspektive. Diese Option ist jedoch gegenwärtig in Deutschland aus Akzeptanzgründen, aber auch weitergehenden ökologischen und ökonomischen Argumenten auf absehbare Zeit unwahrscheinlich. Weitere problematische Aspekte der Braunkohlenutzung, wie die Einschnitte in die Landschaft und das Leben der Anwohner bis hin zur Verockerung durch die Tagebaue, sind zusätzlich zu berücksichtigen.

lässt sich u. U. auch der Druck auf die knappe und von Konflikten geprägte Ressource Land im benachbarten Flächenstaat reduzieren.[90]

Wirtschaftliche positive Perspektiven für die Metropolregion Berlin-Brandenburg könnten sich auch bei anderen Schwerpunkten eröffnen, wie z.B. in der Land- und Forstwirtschaft, der nachhaltigen stofflichen Biomassenutzung sowie der gemeinsamen Entwicklung des Erholungsraums für die Metropole. Diese Zusammenhänge machen deutlich, dass es einen erhöhten energie- und klimapolitischen Koordinationsbedarf beider Länder auf die lange Sicht hin gibt, damit kurz- bis mittelfristig Fehlinvestitionen (z.B. in parallele Infrastrukturen) vermieden und die Synergien auch aus regionalwirtschaftlicher Sicht genutzt werden können.[91] Die Gemeinsame Landesplanungsabteilung der Länder Berlin und Brandenburg sowie die Regionalen Planungsgemeinschaften des Berliner Umlandes sind hier zwei wichtige bereits vorhandene institutionelle Kerne für eine verbesserte Koordination.

4.2.4. Innovative Finanzierungsmodelle für die lokale Energiewende

Das Klimaneutralitätsziel braucht ideelle und finanzielle Ressourcen. Um letztere auch lokal zu generieren, sollten bewährte Instrumente erhalten, aber auch neue erschlossen werden. Das EEG in seiner bisherigen Form hat einen sehr hohen Anteil an privatem Kapital mobilisiert und somit eine Vielzahl von Bürgern am Energiemarkt aktiv beteiligt. Berlin kann nur Solarhauptstadt und Energiewendemotor werden, wenn es sich zum einen dafür einsetzt, dass diese private Beteiligung auch bei der absehbaren Reform des EEG möglich bleibt. Darüber hinaus muss Berlin aber auch dafür sorgen, dass komplementär dazu neue lokale Finanzierungsinstrumente entwickelt werden, die zum Beispiel helfen, den Gebäudebestand energetisch zu ertüchtigen und die erneuerbaren Energien in der Stadt auszubauen. Dafür gibt es verschiedene Ansatzpunkte und Möglichkeiten, von denen drei an dieser Stelle exemplarisch benannt werden. Dazu zählt mit dem „Energieeffizienzfonds“ ein bereits seit langem vorgeschlagenes und in mehreren Ländern und Kommunen bereits erprobtes Instrument. Das Modell des „Crowdfunding“ stellt eine neuere, aber ebenfalls bereits erprobte Option dar. Bei dem vorgeschlagenen Mietkautionsfonds handelt es sich um eine neue Idee, die hinsichtlich ihrer Ausgestaltung – gerade auch in haftungsrechtlicher Hinsicht – zu prüfen wäre.

- Energieeffizienzfonds Berlin. Zur Mobilisierung von privatem Kapital für Effizienz- und Klimaschutzmaßnahmen sollte ein revolvierender Fonds z.B. nach dänischem oder britischem Vorbild geschaffen werden. Es wäre zu prüfen, ob über einen solchen Fonds nur Kapitalbeteiligungen oder auch Kredite ausgereicht werden können. Sofern die Sicherheiten, Konditionen und Verfahren es ermöglichen, Kredite etwas günstiger als auf dem freien Markt anzubieten, kann dies zweckmäßig sein. Mit dem Bund sollte die Frage verhandelt werden, ob für die Schaffung solcher Fonds in finanzschwachen Kommunen eine Anschubfinanzierung z.B. durch die KfW erfolgen kann.
- Mietkautionsfonds Berlin. Es sollte geprüft werden, ob ein zweckgebundener Kautionsfonds in Berlin eingeführt werden kann, der der Finanzierung von weitreichenden Klimaschutz-Projekten (z.B.

---

90 Der Maßnahmenkatalog zur Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg führt als erstes Projekt die Förderung der Kooperation und Koordination der Energiepolitik zwischen Brandenburg und Berlin auf und schlägt in diesem Zusammenhang die Einrichtung landesübergreifender Arbeitsgruppen zum Thema „Verzahnung der Energiestrategien Brandenburgs und Berlins“ vor (MWE 2012b: 7). Das Land Berlin sollte diese Anregung aufgreifen. Brandenburgs Energiekonzept 2030 geht allerdings noch davon aus, dass Berlin eine „Energiesenke“ bleiben wird, die durchgängig von Brandenburg aus mit Energie zu versorgen ist (MWE 2012a). Diese Annahme sollte im Lichte der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie überprüft und ggf. revidiert werden.

91 Dies wird auch vom Beirat für Nachhaltige Entwicklung des Landes Brandenburg in seinen Empfehlungen zur Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Brandenburg unterstrichen (NHB 2013).

objektbezogene EE-Projekte) im Sinne der Mieter dient.[92] Auch wenn für den Kautionsfonds anfangs nur mit den Neuvermietungen angefangen werden kann, kämen doch erhebliche Summen zusammen. Eine rechtliche Prüfung, die auch Fragen der Haftung und der Insolvenzsicherheit einschließt, ist aber unabdingbar.

– Crowdfunding. Laut einer aktuellen Studie von Ernst & Young (2013) müssten Stadtwerke und regionale Energieversorgungsunternehmen in Deutschland bis zum Jahr 2020 rund 70 Milliarden Euro in die unternehmensspezifische Umsetzung der Energiewende investieren. Die Frage der Finanzierung ist dabei häufig ein Problem. Eine sich dynamisch entwickelnde Quelle ist dabei das Akquirieren kleinerer Geldbeträge möglichst vieler Bürgerinnen und Bürger, das sog. Crowdfunding. Bislang vornehmlich im Sozial- und Kulturbereich bewährt, könnte es in Zukunft auch für ökologische Zwecke eine wichtige Quelle werden[93]. Berlin mit einer modernen Milieuzusammensetzung und der Möglichkeit, konkrete Projekte vor Ort zu realisieren, bietet für klimaneutrales Crowdfunding ein geeignetes Pflaster – entweder als Teil des Finanzierungspools der Berliner Stadtwerke, oder als eigenständiger Pfeiler für bürgerschaftliche Projekte.

Ziel dieser Finanzierungsmechanismen sollte es auch sein, möglichst viel privates Kapital zu aktivieren. Als erste Schritte wären bei allen genannten Finanzierungsmechanismen Konzeptstudien erforderlich, um Machbarkeit und Ausgestaltungsoptionen zu prüfen, die erforderlichen Akteure für die Umsetzung zusammenzubringen und ggf. Vorschläge für die benötigten Rahmenbedingungen zu entwickeln. Dieser Schritt findet sich in einer nachfolgend formulierten Maßnahme (vgl. Abschnitt 4.4.) wieder.

4.3. LEITPROJEKTE

Eine Reduktion der energiebedingten CO_2-Emissionen um rd. 85 % bis 2050 ist keine Aufgabe, die einfach durch das Fortschreiben bestehender Maßnahmen und Programme erreicht werden kann. Sie setzt vielmehr einen neuen Anlauf der Berliner Energie- und Klimapolitik voraus, für den mit dem geplanten Energiewendegesetz bereits gute Voraussetzungen geschaffen werden dürften. Darauf aufbauend müsste auf der ganzen Breite der hier thematisierten Handlungsfelder eine Fülle spezifischer Maßnahmen entwickelt werden, die gleichzeitig einen institutionellen Rahmen und eine politische Bündelung erfordern.[94]

Angesichts der Länge des Zeithorizontes bis 2050, die den für die meisten politischen Akteure üblichen Orientierungsrahmen einer Legislaturperiode deutlich übersteigt, sind eine langfristige Strategie und der dazugehörige „lange Atem“ bei ihrer Umsetzung gefragt. Damit werden auch Monitoring- und Kontrollsysteme wichtig (s.u.). Zudem ist trotz des langen Zeithorizontes in den meisten Bereichen bereits kurzfristig entschlossenes und wirksames Handeln nötig, wenn die erforderlichen Entwicklungspfade zur Zielerreichung wirksam eingeschlagen und erreicht werden sollen.

Vor diesem Hintergrund sollten bereits kurzfristig Maßnahmen angegangen werden, die eine erhöhte Sichtbarkeit und Anstoßfunktion in ausgewählten Schlüsselbereichen aufweisen, um den Weg zur

---

92 Mehr als 86 % der rd. 1,9 Mio. Berliner Wohnungen werden vermietet, und bei jeder Neuvermietung werden ca. 3 Nettokaltmieten als Kaution fällig. Die durchschnittliche Wohnungsgröße in Berlin lag 2011 bei 70,7 m², die durchschnittliche Angebotsmiete bei 7,50 € netto/kalt, was eine durchschnittliche Nettokaltmiete von 530 € im Monat ergibt (Investitionsbank Berlin 2020). Die sich daraus errechnende Gesamt-Kautionssumme beträgt rd. 2,6 Mrd. €. Das entspricht von der Größenordnung her ungefähr der Summe, die das Land Berlin 2013 für Schulen ausgegeben hat – dem zweitgrößten Ausgabeposten nach den Aufwendungen für Sozialhilfe (4,9 Mrd. €).

93 Vgl. https://www.leihdeinerumweltgeld.de/ als Beispiel für eine internetbasierte Finanzierungsplattform für erneuerbare Energieprojekte.

94 Das in der Nachfolge der Machbarkeitsstudie geplante Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept sollte dafür konkrete Vorschläge entwickeln.

Klimaneutralität wirksam beschreiten zu können. Für derartige Leit- oder Leuchtturmprojekte (vgl. die Übersicht in Tab. 35) wurden die folgenden Kriterien formuliert:

- Sie erfüllen eine bedeutende strategische Funktion,
- sie sind teilweise handlungsfeldübergreifend angelegt bzw. entfalten übergreifende Wirkung,
- sie sind für beide der hier vorgeschlagenen Zielszenarien relevant,
- sie erreichen eine hohe Sichtbarkeit und Kommunizierbarkeit im öffentlichen Raum.

Nr.	Titel des Leitprojekts	Zuordnung Handlungsfeld
1	Integrierte Quartierskonzepte Klimaschutz und Klimaanpassung im Bestand – „Klimakiez“	Gebäude & Stadtentwicklung, Energie, Verkehr, Haushalte & Konsum
2	Neue klimaneutrale Stadtquartiere bauen – „Neutral Quartier “	Gebäude & Stadtentwicklung, Energie, Verkehr, Haushalte & Konsum
3	Energetische differenzierte Optimierung der Denkmäler – „Energiepass Denkmal“	Gebäude & Stadtentwicklung
4	Masterplan „Solarhauptstadt Berlin“	Energie, Wirtschaft
5	Kläranlagen zu Kraftwerken machen – „Flexikläranlagen“	Energie
6	Null-Emissions-Gewerbeparks als Schaufenster für eine klimaneutrale Berliner Wirtschaft	Wirtschaft, Energie
7	Runder Tisch „Klimaneutrale Wirtschaft Berlin“	Wirtschaft, Energie
8	Intermodale Mobilität aus einer Hand	Verkehr
9	Mobilitätsberatung für Neubürger	Verkehr, Haushalte & Konsum
10	Klimaneutralität kommunizieren	übergreifend
11	Bildungsoffensive Klimaneutralität	übergreifend
12	Wissenschaftsinitiative: Die klimaneutrale Stadt erforschen	übergreifend
13	Integriertes Monitoringsystem Klimaneutralität	übergreifend

Tabelle 35: Übersicht über die Leitprojekte und ihre Zuordnung zu den Handlungsfeldern; Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt ist dabei die Kooperations- und Multiplikatorfunktion der Leitprojekte hervorzuheben, die erforderlich sein wird, um das Thema in der Berliner Gesellschaft zu verankern und zu verbreiten. Kein einzelner Akteur kann in oder für Berlin die Klimaneutralität erreichen, sondern dafür braucht es neben dem Abgeordnetenhaus, dem Senat und den Bezirken auch die Wirtschaft, die Wissenschaft, die Konsumentinnen und Konsumenten und die Zivilgesellschaft. Die Leitprojekte können Anstoß oder Bestandteil eines öffentlichen Diskurses in der Stadt werden, der das Klimaneutralitätsziel erklärt, popularisiert, positiv besetzt und seine Machbarkeit unterstreicht (Moser/ Dilling 2007).

Mit den nachfolgend vorgeschlagenen Leitprojekten sollte daher kurzfristig begonnen werden, wenngleich viele von ihnen auch erst langfristig Wirkung zeigen. Um den Erfolg der Maßnahmen zu überprüfen, sollten sie auch begleitend evaluiert werden, um soziale, wirtschaftliche, umweltfachliche sowie baukulturelle Wirkungen zu erkennen und um Übertragbarkeiten, sowie rechtliche und instrumentelle Erfordernisse abzuleiten.

LEITPROJEKT 1: Integrierte Quartierskonzepte Klimaschutz und Klimaanpassung im Bestand – „Klimakiez“

Die energetische Anpassung von Bestandsquartieren bündelt Maßnahmen, die zur Erhöhung der Sanierungsrate von Einzelgebäuden, zur koordinierten Verbesserung in der Haustechnik, zur Bildung von Netzwerkslösungen in der Energieproduktion und –versorgung sowie zur Organisation von bürgerschaftlichen, kooperativen Aktionsgemeinschaften führen können. Im Bestand können funktionierende Infrastrukturen vorausgesetzt werden, an die sich wiederum innovative Mobilitätskonzepte und gemeinschaftliche Konsummöglichkeiten koppeln lassen.

Kombiniert mit den Empfehlungen zur Innenentwicklung in der Gesamtstadt und zur gezielten Verdichtung in den verschiedenen Quartierstypen, bieten Bestandsgebiete der Gründerzeit (Bauzeit vor 1914) einerseits eine solide stadträumliche Qualität und andererseits eine strukturelle Robustheit, um Strategien der Nachverdichtung auszurichten. Diese Nachverdichtung sollte sozial verträglich erfolgen, d.h. eine soziale und funktionale Mischung bewahren. Ebenso sind trotz der genutzten Brachen- und Überbauungspotenziale die notwendigen Grünflächen und Straßenräume als öffentliche Räume zu stärken, zu schaffen und zu schützen. Dabei sind auch Dachgärten und vertikale Gärten (Wandbegrünung etc.) als Möglichkeit mit einzubeziehen und die Vereinbarkeit von Klimaanpassung und Klimaschutz auszuloten (z.B. durch vertikale Staffelung der Fassadennutzung oder die Kombination der prioritär zu behandelnden Installation von PV auf geeigneten Berliner Dächern mit Dachbegrünung).

Teil eines innovativen Mobilitätskonzepts kann die intelligente Vernetzung der Energieerzeugung mit elektrischen Fahrzeugen, z.B. im Carsharing sein, deren Batterien als Zwischenspeicher fungieren können. Zudem sind eine Beruhigung des Verkehrs und eine signifikante Stärkung der Nahmobilität durch Umverteilung von Straßenraum sinnvolle Ergänzungen. Durch die Minderung von Lärm- und Schadstoffbelastungen kann damit auch ein wertvoller Beitrag zu Gesundheit und Lebensqualität im Quartier geleistet werden.

Das Prinzip des Klimakiezes hat mit einer komplexen Eigentümer- und Nutzerstruktur und damit mit einer anspruchsvollen Prozessgestaltung zu rechnen. Hier liegen klarerweise die Hürden der in der Fachwelt viel diskutierten Quartierslösungen, vor allem im Bestand. Zu bedenken ist allerdings, dass auch die städtebaulichen Sanierungsvorhaben der letzten Jahrzehnte unter diesen Bedingungen erfolgreich durchgeführt werden konnten. Das Leitprojekt Klimakieze im Bestand kann deshalb an Orten mit überschaubaren bzw. beherrschbaren Eigentümerstrukturen begonnen werden. Das 2012 erstmals aufgelegte KfW-Förderprogramm „Energetische Stadtsanierung“ bietet hierfür gute Ansatzpunkte.

Bereits heute werden in Berlin als Pilotprojekte in den Stadtumbaugebieten Falkenhagener Feld, Frankfurter Allee Nord und Moabit West integrierte Stadtteilkonzepte erarbeitet – Schwerpunkte dabei sind: Energieeffizienz und -einsparung, erneuerbare Energien, Wasser- und Abfallwirtschaft sowie Verkehr (SenStadtUm 2012b).

Solche Projekte sollten im Rahmen des Stadtumbaus verstärkt gefördert werden. Auch im Rahmen der Festsetzung und Förderung von Sanierungsgebieten im Zuge der Stadterneuerung West/Ost sollte die öffentliche Förderung einen verstärkten städtebaulichen und baulichen Beitrag zur Klimaneutralität der Quartiere leisten. Dazu sollten die Mittel des Berliner Haushalts wie bisher durch weitere öffentliche Fördermittel (EFRE-Strukturfonds, Bundeshilfen der Städtebauförderung) ergänzt und mit der Zielstellung eines Pilotprojekts „Klimakiez“ fokussiert werden. Außerdem sollten weitere private Finanzierungsquellen für den quartiersbezogenen Erneuerungsprozess erschlossen werden (siehe Kap. 4.2.). Die bisher erprobten Instrumente der integrierten und nachhaltigen Stadtentwicklung sollten genutzt werden, um heterogene Eigentümer einzubinden und hinsichtlich der Prioritätensetzung (energetische Sanierung, Heizungsmodernisierung, EE-Ausbau) zu koordinieren.

Wichtig sind hierbei der integrierte Planungsansatz, die integrierte Gebietsentwicklung, die räumliche Koordination von Einzelmaßnahmen, die Finanzierungssicherung der Schlüsselmaßnahmen, das Dialogverfahren sowie die Verantwortung für einen sozial gerechten Ablauf.

LEITPROJEKT 2: Neue klimaneutrale Stadtquartiere bauen – „Neutral-Quartier“

Im Neubau werden die Standards für zukünftige Klimaneutralität der Stadt gesetzt. Mit 10.000 Wohneinheiten jährlich, die Berlin bis 2025 realisieren will, besteht hier ein erhebliches Potenzial, Erfahrungen konkret anzuwenden und zu gestalten. Die Bebauung von Brachflächen, d.h. der schonende Umgang mit der Ressource Land (Flächenrecycling) ist im Sinn der Innenentwicklung anzustreben und sinnvoll. Eine wesentliche Prämisse des Klimaschutzes ist auch bei Neubauquartieren die gemischte, verdichtete Stadt der kurzen Wege. Die dichte Stadt als Klimaschutzstrategie ist dabei zwingend mit den Anforderungen der klimaangepassten Stadt verbunden, die ihre Trocken- und Überflutungsvorsorge sowie ihre Kühlungsnotwendigkeiten mit einer entsprechenden Freiraumqualität kombinieren muss. Die energetischen Standards der neu gebauten Gebäude sowie die gewählte Energieversorgung sollten mit Blick auf die Vermeidung abträglicher Pfadabhängigkeiten von vornherein auf höchste am Markt verfügbare Standards (z.B. Passivhaus- oder Energieplusstandard) und Lösungen abgestellt sein. Das Ziel, Berlin zu einer „Smart City“ zu machen, kann gerade hier durch „smarte“ Lösungen und Netze demonstrativ eingelöst werden. Im Neubau können zudem neue Mobilitätslösungen von Grund auf entwickelt und integriert werden. Hierbei kann die Spanne von autofreien Stadtquartieren mit einer sehr guten Anbindung an den ÖPNV bis hin zu Quartieren mit Null-CO_2-Emissionen im Verkehr reichen, bei denen von individueller Mobilität über Carsharing-Angebote bis hin zum Lieferverkehr alles mit alternativen Antrieben abgewickelt wird. Neumieter bzw. –eigentümer sehen sich dann von vornherein bereits im Zuge der Wahrnehmung eines Wohnangebots mit einer klimafreundlichen einheitlichen Quartierskonzeption konfrontiert.

In zwei typologisch unterschiedlichen Referenzgebieten, z.B. dem Tempelhofer Feld (Schwerpunkt Wohnen)[95] und z.B. dem Flughafenareal Tegel (Schwerpunkt Gewerbe)[96], könnten hierfür Erfahrungen gesammelt und hinsichtlich der Übertragbarkeit für die gesamtstädtische Stadtquartiersentwicklung im Neubau ausgewertet werden. Für die Auswahl dieser Gebiete spricht, dass Berlin gute Zugriffsmöglichkeiten aufgrund der Grundstücksverfügbarkeit besitzt. Die städtebauliche Entwicklung dieser Areale ist ohnehin geplant und sollte im Sinne des Klimaneutralitätsziels weiter qualifiziert werden. Berlin wird durch diese exponierten Areale zum international sichtbaren Schaufenster für die Entwicklung klimaneutraler Stadtquartiere des 21. Jahrhunderts. Um die Qualität als Modellquartier zu betonen, werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Interdisziplinäre Wettbewerbsverfahren für den städtebaulichen, energetisch abgestimmten Rahmen sowie die Beplanung von Teilbereichen.
- Begleitforschungsmaßnahmen zur kontinuierlichen Auswertung von Anspruch und Umsetzung, inkl. Monitoring-Instrument nach der Fertigstellung.

---

95 Die Diskussion um die zukünftige Nutzung des Tempelhofer Feldes ist kontrovers und noch nicht abgeschlossen. Falls sie zum Ergebnis führen sollte, dieses Areal von Wohnbebauung freizuhalten, bieten sich andere Neubaustandorte an (vgl. StEK 2030).

96 Ende August 2012 stellten die Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, die Tegel Projekt GmbH und die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) den „Masterplan TXL“ zur städtebaulichen Entwicklung des Flughafengeländes vor. Dieser sieht die Errichtung einer „Urban Tech Republic“ vor. Auf insgesamt 220 ha des Geländes sollen Unternehmen, Start-ups und wissenschaftliche Einrichtungen urbane Zukunftstechnologien entwickeln und produzieren (vgl. http://www.berlintxl.de/).

- Einbinden in die Förderlandschaft zum Thema Klimaschutz, Stadtentwicklung, E-Mobilität, Wohnungsbau.
- PR-Strategie zur Illustration des Entstehungs-Prozesses und der verfolgten Absichten (Info-Container, Web-Auftritt, Soziale Netzwerke etc.) nach innen in Bezug auf Nutzer und Bewohner, nach außen in Bezug auf Stadtbevölkerung, Fachöffentlichkeit.

Gerade weil Berlin eine wachsende Stadt ist, sich also anders als manche andere Kommune nicht vorrangig mit den Themen Schrumpfung und Rückbau befassen muss, kommt der klimaneutralen Gestaltung der geplanten Neubauaktivitäten eine so hohe Bedeutung zu. Dies gilt im Übrigen sowohl mit Blick auf die kommunikative Sichtbarkeit als auch mit Blick auf die dadurch vermeidbaren CO_2-Emissionen, spielt der Gebäudesektor doch eine so wichtige Rolle.

LEITPROJEKT 3: Energetische differenzierte Optimierung der Denkmäler – „Energiepass Denkmal“

Die Menge an historischer Bebauung in Berlin ist ein städtebauliches und lebensweltliches Charakteristikum. Die Berechnungen der Machbarkeitsstudie haben ergeben, dass ca. 10 % der Gebäude und ca. 17 % der gesamten Berliner Geschossfläche denkmalgeschützt sind – deutlich mehr, als bisher in der öffentlichen Debatte der Stadt präsent war. Zudem wurde auf einem Fachworkshop der Machbarkeitsstudie deutlich, dass die zusätzliche „sonstige erhaltenswerte Bausubstanz“, die laut §24 EnEV eine Ausnahmeregelung erfährt, von den Berliner Bezirksverwaltungen unterschiedlich interpretiert und behandelt wird. Dadurch hat das Thema „energetische Optimierung von Denkmälern“ für Berlin nochmals an Bedeutung gewonnen. Die voreilige Strategieoption „Ausklammern aller Denkmale aus den Klimaschutzbemühungen“ bürdet den restlichen Berliner Gebäuden einen beachtlichen Mehraufwand auf. Darum ist das spezifische Reduktionspotenzial der historischen Bausubstanz genauer zu prüfen.

Bei den Denkmälern wird ein differenziertes Vorgehen notwendig werden. So kann eine unter Denkmalschutz stehende Fassade erhalten werden, aber die Potenziale der Dächer, Fenster und Türen sowie Kellerdecken können einen erheblichen Beitrag zur Energieeinsparung leisten.

In Berlin bestehen günstige Voraussetzungen für Pilotprojekte, die die gleichberechtigte Berücksichtigung von Stadtgestaltung, Denkmalschutz und Klimaschutz aufzeigen. Die Vereinbarkeit von denkmalgeschützter und sonstiger erhaltenswerter Bausubstanz und energetischen Anforderungen kann in Berlin besonders beispielhaft demonstriert werden durch:

- den Ausbau von Information und Öffentlichkeitsarbeit zu Modellvorhaben (Veranstaltungsreihen, Verstetigung der Initiative „DenkMal energetisch“ der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt).
- eine eigene Aktivierungsstrategie im Rahmen bestehender Förderkulissen (u.a. im Rahmen des städtebaulichen Denkmalschutzes) für Sanierungsgebiete und Stadtentwicklungsgebiete.
- das Erfassen und Überprüfen der Ausnahmegenehmigungen nach §24 EnEV unabhängig vom Einzelfall durch eine neue Fachgruppe aus Senat und Bezirken mit dem Ziel, eine einheitliche Praxis für ganz Berlin zu etablieren.
- die Entwicklung eines „Energiepass Denkmal“ – mit eigenen Kriterien und Angaben auf Grundlage eines nachvollziehbaren Ausnahmenkatalogs.

Das Leitprojekt ist kurzfristig und mit geringen finanziellen Mitteln umsetzbar. Die Projektinitiative kann unkompliziert als „top down“-Maßnahme von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt zusammen mit den Bezirksämtern durchgeführt werden.

LEITPROJEKT 4: Masterplan „Solarhauptstadt Berlin“

Die zentrale erneuerbare Energie für Berlin wird, wie die Szenarien zeigen, die Solarenergie sein. Für einen deutlichen Ausbau der Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik, in einer Großstadt wie Berlin, sprechen eine Reihe von Gründen. Dazu gehören die zu erwartenden weiteren deutlichen Kostensenkungen bei den Modulen und perspektivisch auch bei Speichern, insbesondere in Relation zum Haushaltsstrompreis bei Eigenversorgung. Darüber hinaus bietet das urbane Verteilnetz eine gute Aufnahmekapazität für Solarstrom. Die Solartechnologien können zudem ohne nennenswerten Flächenverbrauch auf und an Gebäuden installiert oder integriert werden, wodurch weitere Zusatzfunktionen erschlossen und damit auch andere Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ermöglicht werden (zu weiteren Argumenten siehe Box in Kap. 3).

Vor dem Hintergrund des gegenwärtig niedrigen Ausbaustandes und noch bestehender Hemmnisse sollte die Stadt demzufolge einen Masterplan erstellen, der dazu beiträgt, die Potenziale zeitnah und zuverlässig in nennenswerter Höhe zu erschließen. Zu den Einzelmaßnahmen eines Masterplans „Solarenergiehauptstadt Berlin“ gehören:

1. Information und Vernetzung verbessern.
   - Zusammengefasste, regional- und zielgruppenspezifische Informationen über eine Internet-Solarplattform; Bündelung von z.B. Solarkataster, Solardachbörse, Beratungsangeboten, Beispielen, Kontakten zu Praxisakteuren und Unternehmen etc.
   - Dies sollte mit geringen Zusatzkosten möglich sein, indem die gegenwärtig verteilten Ausgaben gebündelt werden und ggf. auch eine private Finanzierung von interessierten Unternehmen mit eingeworben werden kann. Der CO_2-Effekt ist grundsätzlich hoch einzuschätzen, aber quantitativ nicht bezifferbar.
2. Forschungsschwerpunkt „Urbane Solarenergienutzung“ an Berliner Hochschulen
   - Akteure: Senatsverwaltungen zusammen mit Berliner Hochschulen.
   - Kosten: gering, falls im gegebenen Hochschul-Budget realisierbar.
   - Effekte mittel bis langfristig in mittlerer Größenordnung in mehreren Bereichen (Ausbildung, Innovationsentwicklung und Forschung etc.), nicht genau bezifferbar.
3. Realisierung innovativer Leitprojekte (Forschung und Entwicklung, Demonstrations- oder Pilotvorhaben).
   - Gerade innovative solare Technologiekombinationen (PV to heat bzw. Kombination mit Wärmepumpen, etc.), solare Kombianlagen (Photovoltaik und Solarthermie) oder integrierte Solaranwendungen (Dach und Fassade) sollten mit Pilotprojekten vorangebracht und sichtbar gemacht werden. Zu letzterem sollte zudem eine begleitende Studie zur integrierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der gebäudetechnischen Funktionen von Solarkomponenten erstellt werden.
   - Demonstrations- und Pilotvorhaben „Solarthermische Prozesswärme“ und Diffusionsmaßnahmen zu deren Verbreitung (Inanspruchnahme der Bundesförderung).
   - Akteure: Berliner Hochschulen bzw. außeruniversitäre Institute und/oder Unternehmen. Es ist zu prüfen, inwieweit hier auf Bundesförderungen zurückgegriffen werden kann oder ob geeignete Berliner Förderprogramme erforderlich sind bzw. genutzt werden können.

4. Ökonomische Teilhabe, Bürgerbeteiligung und regionale Wertschöpfung erhöhen.

   – Solaratlas-Daten zu (Dach-) Flächenpotenzialen erweitern, so dass auch die zukünftig erschließbaren Ost-West-Ausrichtungen einbezogen werden; ggf. ausgewählte statische Analysen beifügen.
   – Pilotvorhaben zu Eigenverbrauch von Solarenergie in unterschiedlichen Konstellationen entwickeln, u.a. Nachbarschafts- und Mieterversorgung etc. (Vorhaben wissenschaftlich und durch Beratungsangebote und wissenschaftlich begleiten, daraus Beratungshilfen für unterschiedliche Versorgungskonstellationen entwickeln; mit Informationsplattform (s.o.) verzahnen);
   – Unterstützung von Bürgersolaranlagen und Förderung weiterer Formen der finanziellen Beteiligung von Bürgern.
5. Informations-, Aus- und Weiterbildungsoffensive für Planung, Errichtung und Wartung der entsprechenden Anlagen.

   – Die technische Realisierung dieser Potenziale sowie die „Ernte“ der damit verbundenen regionalökonomischen Effekte (siehe Box „Reginalökonomische Effekte“ in Kap. 3) hängt ganz entscheidend davon ab, ob die Berliner Wirtschaft, nicht zuletzt auch das Handwerk, von ihrem Qualifikations- und Leistungsprofil her dazu auch in der Lage ist. Hier sollte seitens des Senats mit Handwerkskammer und den relevanten Innungen eine Bestandsaufnahme mit der gezielten Identifikation von Handlungsprioritäten erfolgen.
   – Damit Hauseigentümer ihre Dächer für PV zur Verfügung stellen, spielt neben der Frage von Finanzierungsmodellen und rechtlichen Rahmenbedingungen auch die gezielte Information über die Eignung der Dächer sowie über konkrete Installationsbedingungen (technische, kosten- und ertragsbezogene Informationen) eine wichtige Rolle. Zusammen mit Handwerkskammer und relevanten Innungen ist durch Senat und Bezirke darauf hinzuwirken, dass bei jeder Beratung der Eigentümer z.B. durch Dachdecker auf die Möglichkeiten der PV-Installation hingewiesen wird.

LEITPROJEKT 5: Kläranlagen zu Kraftwerken machen – „Flexikläranlagen“

Die Berliner Wasserbetriebe (BWB) sollten geeignete Berliner Kläranlagen auswählen und zu Standorten ausbauen, die erneuerbaren Überschussstrom verwerten können. Die Elektrolyse mit Wasserstoff- und Sauerstoff-Produktion kann der notwendigen Klärschlammbelebung an diesen Standorten als zusätzlichen Nutzen reinen Sauerstoff liefern, wodurch die Belüftung als energieintensiver Prozess wesentlich effizienter gestaltet werden kann. Der Wasserstoff kann gleichzeitig zur Faulgaskonditionierung genutzt und vor Ort gespeichert werden.

Klärwerkstandorte produzieren über BHKW schon lange einen Teil ihres Strom- und Wärmeverbrauchs selbst. Die mögliche Abwärmenutzung bei der Überschussstromverwertung in der Elektrolyse erhöht als weiteren Standortvorteil den Systemwirkungsgrad. Als großtechnische Verbraucher könnten Klärwerke Vorreiter sein, um vorhandenen Überschussstrom sowohl zum Antrieb der Pumpen und Rührwerke als auch zur Beheizung der Faulgasbehälter zu nutzen und um dabei ihre BHKW-Leistung für diese Betriebssituation zu drosseln. Das überschüssige CO_2 im Faulgas kann für die Umwandlung des regenerativen Wasserstoffs in speicherbares Methanol oder im Netz speicherbares Erdgas verwendet werden.

Es gibt zahlreiche Optionen, deren Wirtschaftlichkeit sich mit den voraussichtlichen Änderungen im deutschen Energiesystem mit der Zeit verbessern wird. Es gilt, Chancen zu entwickeln, einzuplanen und zu nutzen und mit Leuchttürmen erste Erfahrungen zu sammeln.

In einem ersten Schritt kann die Flexibilität ausgenutzt werden, um Angebots- und Lastkurven zu koordinieren, z.B. für ein zukünftiges Stadtwerk oder für einen Windparkbetreiber, der den Überschussstrom liefert.

Eine 2012 fertiggestellte Studie zu den Standorten der BWB-Klärwerke hat aus energetischer und betriebswirtschaftlicher Sicht konkrete Verbesserungspotenziale durch Schließung von Stoff- und Energiekreisläufen unterstrichen, z.B. mit Blick auf die dort anfallenden ungenutzten Dampfmengen der BHKW's oder die Nutzung von Überschusswärme am Standort Ruhleben (vgl. Vogt et al 2012). Das hier vorgeschlagene Leitprojekt setzt an diesen Vorschlägen an und führt sie fort in Richtung einer stärkeren Integration der Klärwerke in ein klimaneutraleres Berliner Energiesystem. Um die Sichtbarkeit dieses Leitprojekts in der Öffentlichkeit zu erhöhen sollte neben den BWB auch die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt darauf verweisen.[97] Dadurch kann der Kreislaufgedanke vervollständigt werden, aus vermeintlichen Abfällen werden Wertstoffe und Energielieferanten.

LEITPROJEKT 6: Null-Emissionen-Gewerbeparks als Schaufenster für eine klimaneutrale Berliner Wirtschaft

Der Masterplan Industriestadt Berlin 2010-2020 setzt in seiner Präambel mit der Nutzung von vor Ort bestehenden Potenzialen und der Förderung von Innovation auf eine zukunftsfähige, saubere und moderne Industrie als Wachstumsmotor der Stadt. Mit Blick auf die Klimaneutralität bedeutet dies die Verbesserung der Energieintensität über eine zunehmende Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wachstum sowie die verstärkte Einbindung Erneuerbarer Energien. Dies gilt sowohl für industrielle Produktionsprozesse und gesamtwirtschaftlich betrachtet auch für Anwendungen des Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektors.

An dieser Stelle greift auch die Idee des Konzepts von Null-Emissionen-Gewerbeparks („Zero-Emission-Park") als exemplarischer Ansatz zur Optimierung des Flächenmanagements, der Gebäudebewirtschaftung und der betrieblichen Produktion. Im Rahmen von integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepten für Gewerbegebiete bieten sich in diesem Kontext auch die Möglichkeit der Bündelung von Ressourcen und der Ausschöpfung von Synergien zwischen Gewerbetreibenden und Nutzern einer Fläche an. Dies betrifft sowohl die Bereitstellung von finanziellen Mitteln, Kompetenzen und Know-how als auch den vereinfachten Zugang zu Kontakten und Netzwerken. Dies hat zur Folge, dass sich nicht nur gemeinsame Energie-/ Klimaschutzprojekte leichter realisieren lassen, sondern auch vorhandene Potenziale leichter zu erschließen sind.

Auf dem Weg zu einem klimaneutralen Berlin könnte die Berliner Wirtschaft mit der Errichtung und Förderung eines Null-Emissionen-Gewerbeparks als Schaufenster einer „Low-Carbon/ Green Economy" sichtbar werden und gleichzeitig die Kommunikation und Kooperation zwischen dem Land Berlin und den Unternehmen sowie zwischen den Unternehmen zu stärken.

Erste Pilotstandorte mit geplanten Null-Emissionen-Gewerbeparks gibt es bereits in Bremen, Bottrop und Kaiserslautern, gefördert im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhaben durch das

[97] Einen auf den ersten Blick kurious anmutenden Weg ist die Stadtentwässerung Dresden gegangen: um eine abgelegene und unattraktive Kläranlage zu einem Ort öffentlicher Aufmerksamkeit zu machen, wurden dort u.a. eine Wildvogelauffangstation eingerichtet, um Vogeljungen aufzuziehen, die aus ihren Nestern gefallen sind und von Bürgern bei der Stadtverwaltung abgegeben wurden. Diese Maßnahme hat dazu geführt, dass regelmäßig ganze Schulklassen am „Tag der offenen Tür" erscheinen, um das Gedeihen dieser aufgepäppelten Vögel zu beobachten. Weitere Informations- und Schulprojekte komplettieren die öffentliche Inszenierung des "Klärpark Dresden-Kaditz" (http://www.stadtentwaesserung-dresden.de/).

Bundeswirtschaftsministerium[98] Ebenso gibt es bereits mit dem Unternehmensnetzwerk Motzener Straße eine bestehende Initiative vor Ort, die diesen Ansatz konkret verfolgt. Ziel des Projekts „Null-Emission Motzener Straße“ (NEMO) ist es, die eigenen Emissionen durch betriebliche Einzelmaßnahmen und nachbarschaftliche Kooperationsprojekte bis 2020 um 40 % und bis 2030 um 100 % zu reduzieren (bei Gesamtemissionen im Jahr 2012 von 110.000 t CO_2).

Wichtige lokale Anknüpfungspunkte für ein solches Projekt könnten neben dieser bereits bestehenden Initiative ferner die über die Technologiestiftung Berlin beschriebenen Zukunftsorte (TSB 2012) sein. Hierzu zählen etwa bestehende Technologie- und Innovationsparks, technologieorientierte Gründerzentren und Orte im Entstehen wie der CleanTech Park Marzahn und die Nachnutzung des Flughafens Tegel. Nennenswert sind in diesem Zusammenhang auch die Klimaschutzvereinbarungen des Landes Berlin mit ausgewählten Unternehmen, die entsprechend ausgeweitet werden könnten sowie diverse bestehende Unternehmenskooperationen, unter anderem auch in der für Berlin wichtigen Digital- und Kreativwirtschaft.

In einer neueren Studie der Technologiestiftung Berlin (Erbstößer 2013) wurden die Perspektiven einer *Smart City Berlin* beleuchtet, mit konkreten Projektbeispielen illustriert, zur Clusterstrategie der Berliner Wirtschaftsförderung in Beziehung gesetzt und mit Maßnahmenvorschlägen untersetzt. Die Studie plädiert für eine stärkere Vernetzung der Perspektiventwicklung und Förderung der einzelnen Cluster (Energietechnik, Verkehr/Mobilität/Logistik, IuK-Technik, Optik, Gesundheitswirtschaft). In Anlehnung an die dort gemachten Vorschläge wird mit dem Leitprojekt dafür plädiert, Null-Emissionen-Gewerbeparks als Schaufenster der Berliner Wirtschaft zu entwickeln. Dazu sollte bereits auf der konzeptionellen Ebene begonnen werden, die auch stadträumlich abzubilden ist (z.B. in der weiteren Umsetzung des StEK 2030).

Zur Realisierung dieser Konzepte sollte in einem ersten Schritt die Förderung von Beratung, Information und öffentlichkeitswirksamer Kommunikation erfolgen sowie Mittel zur Konzepterstellung und zur Anbahnung erster Projektaktivitäten über den Bund oder das Land Berlin bereitgestellt werden. Bereits heute fördert der Senat Kooperationsnetzwerke und Clustermanagement der gewerblichen Wirtschaft im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW) mit bis zu 500.000 € im Einzelfall.[99] Es wird angeregt, in diese Förderlinie explizit auch Unternehmensnetzwerke für Energieeffizienz und erneuerbare Energien aufzunehmen. Die Investitionsbank Berlin (IBB) bietet u.a. Mikrokredite für KMU von bis zu 25.000 € an.[100] Neben Existenzgründungen, Betriebsübernahmen und Erweiterungen werden dabei auch neue Projekte und Aufträge vorfinanziert. Angesichts der relativ hohen erschließbaren Potenziale für Energieeffizienzmaßnahmen im KMU-Bereich (speziell in der Dienstleistungsbranche) wäre zu prüfen, ob die Durchführung von Energy-Audits und die Investitionskosten für die Anschaffung energieeffizienter Maschinen, Geräte und Beleuchtungsmittel nicht Bestandteil des Mikrokredit-Programms werden könnte.

98 http://www.zeroemissionpark.de/

99 Siehe: http://www.berlin.de/sen/wirtschaft/foerderung/netzwerke/index.html

100 Siehe: http://www.ibb.de/portaldata/1/resources/content/download/WiFoe/ Mikrokredit_Produktblatt.pdf

LEITPROJEKT 7: Runder Tisch „Klimaneutrale Wirtschaft Berlin“

Wesentliche Grundvoraussetzung für die Umsetzung von energie- und klimaverträglichen Maßnahmen in Unternehmen ist die Inanspruchnahme von Information und Beratung sowie von Qualifizierungsangeboten. Ebenso bedeutend sind der Austausch unter den Wirtschaftsakteuren sowie der Vergleich mit anderen Unternehmen. In der Praxis gibt es eine Reihe von Angeboten und Anbietern derartiger Dienstleistungen. Dies zeigt sich an der Vielzahl an möglichen Energieberatungen, Coachings, bereitgestellten Informationsmaterialien und an der Fülle einschlägiger Veranstaltungen. Das Dilemma vieler Unternehmen ist, dass sie nicht über die entsprechenden Kapazitäten verfügen, diese zu sichten und passgenau das für sie Richtige zu finden. Teilweise sind sich die Unternehmen der Vorteile der damit verbundenen Maßnahmen zwar bewusst (vor allem mit Blick auf die Kostenersparnis), dennoch handeln sie nicht. Dies gilt vor allem für eine Vielzahl der für Berlin so wichtigen KMUs.

Die Einrichtung eines Runden Tisches „Klimaneutrale Wirtschaft Berlin“ könnte hier Abhilfe leisten. Wird dabei das Ziel verfolgt, den Austausch von Erfahrungen und Know-how und die Inanspruchnahme von Beratung und Information sowie von Qualifizierungsangeboten zu intensivieren, so könnten die beteiligten Unternehmen wichtige Impulse für ihr tagtägliches Handeln erhalten und gleichzeitig sich – beispielsweise für gemeinsam abgestimmte Aktivitäten – vernetzten.

Gute Erfahrungen wurden bereits mit der Einrichtung eines „EnergieEffizienz-Tisch“ in Berlin gesammelt.[101] Dieser Ansatz kann übernommen und mit Blick auf die Klimaneutralität weiterentwickelt werden. Vorteile eines Runden Tisches „Klimaneutrale Wirtschaft Berlin“ gegenüber Einzelaktivitäten sind:

- positives Kosten--Nutzen-Verhältnis durch gemeinsame Nutzung der Projektinfrastruktur,
- umsetzungsnahe Lösungen aus der Praxis von Partnerunternehmen,
- Steigerung der Mitarbeiterkompetenzen,
- regelmäßiges Monitoring,
- Synergien bei der Vorbereitung und Umsetzung von betrieblichen Umweltmanagementsystemen.

Die Einrichtung des Runden Tisches ließe sich dabei auch mit der verpflichtenden Einführung von Energiemanagementsystemen und (über-)betrieblichen Energie- und Klimaschutzkonzepten kombinieren. Zu Beginn würde ein Kreis von ca. 10-20 kleinen und mittleren Unternehmen eine hinreichend große „kritische Masse“ bilden, um die spezifische Ausrichtung auf das anspruchsvolle Ziel zu gewährleisten. Die IHK Berlin, die bereits heute kostenloses Energieeffizienz-Coaching für Mitgliedsunternehmen anbietet und den Ausbau erneuerbarer Energien in der Berliner Wirtschaft unterstützt, könnte hier nicht nur die Schirmherrschaft übernehmen, sondern in der ersten Runde als Netzwerk-Betreiber fungieren.

[101] Im Energieeffizienz-Netzwerk “EnergieEffizienz-Tisch Berlin” tauschten 12 Unternehmen ihre Erfahrungen zur Senkung der Energiekosten und der CO_2-Emissionen in regelmäßigen Treffen aus: Die Teilnehmer haben sich unter der Schirmherrschaft der IHK Berlin zu einem „lernenden Energie-Effizienz-Netzwerk“ – zusammengeschlossen. Im Rahmen dieser Netzwerkarbeit wurden in den beteiligten Firmen ab Juli 2010 Vor-Ort-Beratungen eines externen Beratungsbüros durchgeführt und betriebsspezifische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz durchgeführt. Bis zum Ende der Projektlaufzeit konnten die Effizienz- und CO_2-Ziele deutlich übertroffen werden (Behrends 2013).

LEITPROJEKT 8: Intermodale Mobilität aus einer Hand

Mobilität in der Großstadt wird mehr und mehr ohne die Fixierung auf ein bestimmtes Verkehrsmittel gestaltet. In Berlin spielt das eigene Auto beispielsweise schon heute im Vergleich zu anderen Metropolen eine untergeordnete Rolle. Ein alle Mobilitätsoptionen vernetzendes, integriertes urbanes Verkehrssystem ist effizient und ressourcenschonend. Dafür ist es zum einen wesentlich, grundlegende infrastrukturelle und planerische Voraussetzungen zu schaffen, etwa durch eine stringente und barrierefreie Wegeführung, ausreichende Abstellmöglichkeiten für Fahrräder, abgestimmte Fahrpläne oder die Verknüpfung mit den immer mehr an Bedeutung gewinnenden Sharingsystemen für Pkw und Fahrräder.

Zum anderen trägt auch die virtuell-informatorische und tarifliche Vernetzung aller Verkehrsträger im Personenverkehr sehr stark zum Kundenkomfort bei, egal ob es sich dabei um Berliner oder die Vielzahl von Besuchern und Touristen handelt. Derzeit bestehen verschiedene Portale und Handy-Applikationen nebeneinander, die via Internet oder Smartphone Informationen zur Verfügung stellen bzw. das Buchen und Abrechnen singulärer Mobilitätsdienste ermöglichen. Wer aber einfach – ohne nachzudenken – eine kombinierte Fahrt mit zum Beispiel Leihfahrrad und U-Bahn antreten möchte, braucht in der Regel Insiderkenntnisse oder zahlt doppelt.

Ein erster Schritt in Richtung intermodaler Mobilitätsdienstleistungen, die es dem Nutzer einfacher macht, sich inter- und multimodal fortzubewegen, sind Mobilitätskarten wie die „BahnCard 25 mobil plus“, wie sie seit Ende 2012 im Rahmen des Forschungsprojekts BeMobility 2.0 angeboten wurde. Neben der BahnCard-Funktion fungierte die Karte im Jahr 2013 als e-Ticket für die den Tarifbereich AB (Kauf einer Umweltkarte vorausgesetzt) inkl. Guthaben zur Nutzung von Call-a-Bike und Flinkster. Ein anderes mögliches Trägermedium für eine integrierte Mobilitätskarte könnte auch das e-Ticket des VBB sein.

Die in diesen Projekten gesammelten Erfahrungen können genutzt werden, um integrierte Mobilitätsdienstleistungen weiterzuentwickeln. Die Voraussetzungen dafür sind in Berlin ideal, denn es gibt einen gut ausgebauten öffentlichen Personennahverkehr, bereits eine Vielzahl von geteilten Fahrzeugen verschiedener Anbieter sowie eine dynamische Gründer- und IT-Szene, die neue Konzepte entwickeln und umsetzen kann.

In den kommenden Jahren sollte eine Mobilitätskarte oder eine entsprechende App so weiterentwickelt werden, dass sich alle gewillten Mobilitätsanbieter und der komplette ÖPNV darin wiederfinden. Zudem sollten die verschiedenen Mobilitätsangebote auch hinsichtlich Information, Buchung, Navigation und Abrechnung miteinander vernetzt und „aus einem Guss“ angeboten werden. Den Nutzern wird auf Nachfrage in Echtzeit die für den jeweiligen Anlass und die Situation passende Verkehrsmittelkombination vorgeschlagen. Man zahlt nach einmaliger Anmeldung einen einheitlichen und leicht verständlichen Tarif für die intermodale Mobilitätsdienstleistung, z.B. als Flatrate für einen variabel definierbaren Zeitraum. Nach dessen Ablauf erhält der Kunde eine transparente Kostenaufstellung zu seiner Mobilität. Auf Wunsch und auf der Grundlage automatisierter Hintergrundkommunikation kann der Tarif auch anschlussfähig für den Schienen- und Busfernverkehr sowie für den Nahverkehr anderer Städte und Regionen gestaltet werden.

LEITPROJEKT 9: Mobilitätsberatung für Neubürgerinnen und Neubürger

Berlin erlebt seit Jahren einen starken Zuzug von Menschen aus dem In- und Ausland und diese Entwicklung wird sich fortsetzen. Die Zuziehenden stellen eine wichtige Gruppe dar, der es sich aus städtischer Sicht anzunehmen gilt. Aufgrund des mit einem Umzug verbundenen Routinebruchs bietet sich eine gute Gelegenheit, sie hinsichtlich Wohnstandortwahl und Verkehrsmittelwahl unter Aspekten der Klimafreundlichkeit und Stadtverträglichkeit zu beraten und zu informieren. Städte wie München zeigen mit ihren sog. Neubürgerpaketen, dass eine erfolgreiche Beratung die gefahrenen Autokilometer reduzieren und damit CO_2-Emissionen einsparen kann. Zudem konnten viele Zuzügler hier als Neukunden für den ÖPNV gewonnen werden (Heipp 2008, Wappelhorst 2011).[102] Das Paket umfasst:

- Die Zusendung einer Mobilitätsbroschüre für Neubürger,
- Ein Testticket für den ÖPNV,
- Individuelle Beratungsangebote und Angebot eines „Abovertrags ÖPNV".

In Berlin gibt es bisher noch keine systematische Mobilitätsberatung für Neubürger. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, Neubürger als Zielgruppe für Mobilitätsmarketing und Öffentlichkeitsarbeit zu adressieren. Hierfür kann auf den Erfahrungen anderer Kommunen aufgebaut werden. So wurde bspw. die Erfahrung gemacht, dass neben einem Mobilitätsordner, der Informationen zum ÖPNV, Fahrradverkehr, Fußverkehr und Carsharing enthielt sowie einem einwöchigen Schnupperticket für den ÖPNV auch die telefonische Beratung als Grund für die Verhaltensänderung genannt wurde (ebd.). Wichtig wäre es, auf aktuelle Berliner Besonderheiten näher einzugehen (Fahrradstraßen, One-Way-Elektrocarsharing, Bikesharing etc.) und die Beratung in verschiedenen Sprachen anzubieten. Die BVG wäre der zentrale Akteur einer solchen Neubürgerberatung, sollte allerdings auch über die ganze Breite des Berliner Mobilitätsangebots informieren und möglichst im Vorfeld der Entwicklung des Angebots mit anderen Anbietern im Sinne der in Leitprojekt 8 genannten intermodalen Mobilität ihr Angebot ausbaufähig gestalten. Analog zum Beispiel München könnte die BVG mit einem Pilotprojekt von 5.000 Neubürgerinnen und Neubürgern beginnen. Zu prüfen ist, ob die BVG dieses Pilotvorhaben aus Eigenmitteln finanzieren kann, da eine Zunahme an Zeitkartenverträgen erwartet werden darf, oder ob städtische Zuschüsse dafür erforderlich wären. Komplementär zu diesem Leitprojekt kann Mobilitätsberatung im Rahmen von betrieblichem Mobilitätsmanagement nicht nur Neubürgern wichtige Hinweise zur klimafreundlichen Mobilität liefern.

[102] Im Vergleich mit einer Kontrollgruppe konnte die Nutzung des öffentlichen Verkehrs um 7,7 % erhöht, die Nutzung des motorisierten Individualverkehrs um 3,3 % reduziert werden. Hochgerechnet auf alle 85.000 Neubürger Münchens pro Jahr entspräche dies einer Reduktion der Pkw-Fahrleistung von rd. 80 Millionen km und einer Einsparung von rd. 12.000 t CO_2. Es würden dann auch ca. 16 Mio. € an Verwaltungskosten (laut EWS: Empfehlung für die Wirtschaftlichkeitsberechnung von Straßen) eingespart werden können (Heipp 2008).

LEITPROJEKT 10: Klimaneutralität kommunizieren

Klimaneutralität kann ohne eine breite Mitwirkung der Bevölkerung nicht erreicht werden. Dies gilt sowohl auf der Ebene des Privathaushalts als auch auf der Ebene des bürgerschaftlichen Engagements, und es reicht von aktiver Unterstützung durch Eigenbeiträge bis hin zu passiver Unterstützung durch kommunikatives (Ein-) Verständnis. CO_2-armer Konsum kann durch vier „Hebel" beeinflusst werden: (1) Schaffung von Bewusstsein und Engagement, (2) Ermöglichung / Erleichterung des Handelns (z.B. durch Beseitigung von Handlungsbarrieren), (3) Schaffung von geeigneten Anreizen, (4) Bestärken der Machbarkeit durch gute Beispiele. Die in diesem Leitprojekt versammelten Einzelmaßnahmen sprechen alle diese Aktivierungspunkte in unterschiedlicher Weise an:

- „Grünes Band der Energie": An einem viel frequentierten öffentlichen Ort (z.B. Alexanderplatz, Hauptbahnhof, Potsdamer Platz…) wird ein längeres, künstlerisch gestaltetes piezo-elektrisches Fußgängerband verlegt, dessen Stromertrag eine öffentlich sichtbare Lichtinstallation incl. Angaben über den aktuell durch die Bewegungsenergie der Fußgänger erzeugten Strom speist. Dadurch wird ein sichtbares Feedback über das Kollektivprodukt „unser selbstgemachter Strom" als Teil der Dachmarke „Klimaneutrales Berlin 2050" gegeben. Das Projekt wird über Begleitforschung beobachtet und dient zudem der Erprobung und Fortentwicklung dieser Zukunftstechnologie (*Micro Energy Harvesting*), die auch in Berlin bereits erste Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erfährt (vgl. Gleinig 2013).
- *Green Club Initiative*. Die Berliner Clubszene als wichtiger Standort– und Imagefaktor und potenzieller Multiplikator in der jüngeren Generation wird angeregt, sich aktiv um Energieeffizienz und Klimaschutz zu kümmern (z.B. durch Kauf von Grünstrom oder Eigenerzeugung, LED-Umrüstung, solare Kühlung, Nachhaltigkeit als Clubmerkmal generell) und dies aktiv, aber zielgruppengerecht zu kommunizieren. Als Kommunikationsinstrument dient ein Index, der die Fortschritte dabei messbar macht. Dieses Projekt kann an bestehende Aktivitäten in der Berliner Clubszene (Green Music Initiative, ClubConsult) anknüpfen. Es muss nach szene-spezifischen Wegen gesucht werden, diese Aktivitäten zu kommunizieren und mit dem Senatsziel der Klimaneutralität zu verbinden.
- *Klimaneutralität ins Stadtmarketing aufnehmen.* Im Zeitalter der Globalisierung gehört Stadtmarketing zu den kommunalen Kernaktivitäten, nicht nur mit Blick auf den (internationalen) Tourismus, sondern auch für die Einwerbung von Investorengeldern und die Identifikation der Bewohnerschaft mit ihrer Stadt. Berlin hat mit „Be Berlin" eine eigene Plattform und Kampagne dazu geschaffen, die auch stadtweite Sichtbarkeit erlangt hat. [103] Ziel muss es sein, Klimaneutralität ins kommunizierte Profil der Stadt einzubauen – durch Ziele, Maßnahmen, Projekte, den vorgeschlagenen nachhaltigen Einkaufs- und Restaurantführer etc.
- *Klimakommunikationssalon.* Klimakommunikation ist mittlerweile ein eigenes Aktivitätsfeld, auf dem sich Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft, Massenmedien und Politik betätigen. Es wird empirisch geforscht, wie Klimawandel, Klimaanpassung und Klimaschutz am verständlichsten und effektivsten kommuniziert werden können, und es wird überlegt, wie Klimaschutz neu erzählt und gerahmt werden kann, um auch auf lokaler Ebene wirksam zu werden (vgl. Moser/ Dilling 2007; Neverla/ Schäfer 2012; Tàbara/ Miller 2012). Der Senat sollte das Potenzial an Forschung, Medienmachern und kreativen Köpfen in Berlin regelmäßig an einen Tisch oder auf einem Podium versammeln, um über den aktuellen Stand der Klimakommunikation und über geeignete Rahmungen, Formate und Projekte zu diskutieren, die nicht zuletzt die eigene

[103] Siehe: http://www.sei.berlin.de/

Kommunikation zum Thema Klimaneutralität verbessern hilft. Erfolgreiche öffentliche Foren wie die Berliner Energietage könnten als Diskussions- und Probebühnen dafür genutzt werden.

LEITPROJEKT 11: Bildungsoffensive Klimaneutralität

Ein klimaneutrales Berlin will gelernt sein. Es kommt ohne die Partizipation der Bürgerschaft nicht zustande, weil es technische, soziale und organisatorische Innovationen voraussetzt, für die Qualifikationen und Kompetenzen teilweise erst entwickelt werden müssen. Angesichts des Querschnittscharakters der Berliner Energiewende hin zur Klimaneutralität muss eine breit angelegte Bildungsoffensive angegangen werden, die dieses Ziel flankiert und unterstützt. Diese Bildungsoffensive kann nur als kooperativer Prozess gelingen und sollte an verschiedenen Stellen ansetzen:

- *Verwaltungsinterne Vernetzung sicherstellen*. Klimaneutralität prägt zunächst einmal die energie- und klimapolitischen Aktivitäten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Bildungsbezogene Impulse können davon nur ausgehen, wenn auch die Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft einbezogen wird. Um den kontinuierlichen Austausch zu garantieren, sollte eine ständige Arbeitsgruppe aus Mitgliedern beider Häuser gebildet werden.
- *Kompetenznetzwerk Klimabildung Berlin aufbauen*. Die Akteure der vielfältigen Bildungslandschaft, einschließlich der Bildungsforschung sollten in ein Kompetenznetzwerk Klimabildung Berlin gemeinsam mit der Berliner Verwaltung zur gegenseitigen Beratung und Konzeptentwicklung eingebunden werden.
- *Pilotprojekte starten, monitoren und aus ihnen lernen*. Es gilt, Klimaneutralität als neues Lern- und Lehrgebiet in die verschiedenen didaktischen Bereiche und Formate hineinzubringen, was zum einen durch die Initiierung neuer Pilotvorhaben (auf der Basis der Empfehlungen der ständigen Arbeitsgruppe und des Kompetenznetzwerks) erfolgen kann. Zum anderen sollten die vielen bestehenden schulischen und außerschulischen Bildungsvorhaben zum Klimaschutz wenn möglich gebündelt und im Sinne der Klimaneutralität fortentwickelt werden. Damit finden auch zusätzliche Aspekte in die klassische Klimaschutzdiskussion Eingang, wie z.B. die Themen Senken, Thema Ernährung, oder graue Energie.
- *Berlinweite Internet-Plattform zum Carbon Footprint schaffen*. Angesichts der vielen offenen Fragen zum Carbon Accounting im Stadt- und Produktbereich könnte es sinnvoll sein, Schülerinnen und Schüler, aber auch Studierende zur Ermittlung (incl. Abschätzung) von Fußabdrücken bestimmter Produkte (z.B. eine Jeans, ein Handy) oder Quartiere anzuregen. Deren Methodik und Ergebnisse sollten Berlin-weit auf einer Internetplattform (z.B. Berlin Carbon Footprints) gesammelt werden. Die Verbindung zu Social Media ist sicherzustellen.
- *Bildungsorte als Lebensräume und Lernorte etablieren.* Schon heute wird die energetische Ertüchtigung von Schulgebäuden unter Einbeziehung von Schülern und Lehrern u.a. mittels Anreizprogrammen (50:50-Schulen) betrieben. Diese Programme gilt es auszubauen und stärker mit der Didaktik zu verzahnen. Dabei sollten die Vorhaben das selbständige Lernen fördern und die Vernetzung von Bildungseinrichtung und Quartier bzw. Stadt fördern.[104]

Klimaneutralität und Energiewende in Berlin können als kollektiver Lernprozess und gesellschaftsweite Bildungs-Herausforderung verstanden werden. Es geht also nicht einfach darum, das von der Gesellschaft schon Gelernte

[104] Ein gutes Beispiel für diese Verzahnung von Schule und Quartier ist etwa der Campus Efeuweg in der Gropiusstadt (Bezirk Neukölln) (http://www.berlin.de/imperia/md/content/baneukoelln/temporaerepdf/flyer/campus_efeuweg_image_brosch__re.pdf?start&ts=1361965572&file=campus_efeuweg_image_brosch__re.pdf).

und Gekonnte Kindern, Jugendlichen und sich Fortbildenden zu vermitteln, sondern gemeinsames Lernen zu organisieren. In diesem Sinne sollte die hier vorgeschlagen Bildungsoffensive für erfolgreiche Lernbiographien sorgen, lokale Kooperationen stärken, Transparenz und Teilhabe anstreben, und einen Wandel von Zuständigkeit zu Verantwortung schaffen helfen.

LEITPROJEKT 12: Wissenschaftsinitiative: Die klimaneutrale Stadt erforschen

Berlin ist ein hervorragender Wissenschafts- und Hochschulstandort, auch im internationalen Vergleich. Einer der Gründe, warum die Alterung der Berliner Stadtgesellschaft in Zukunft weniger stark voranschreitet als in anderen Großstädten ist auf dieses breite und qualitativ hochwertige Bildungs- und Arbeitsplatzangebot zurückzuführen.

Universitäre und außeruniversitäre Forschung decken viele Bereiche ab. Gleichzeitig besteht – weit über Berlin hinaus – ein gewisses Forschungsdefizit zum Zusammenhang von Klimaneutralität, dem urbanen Metabolismus, der städtischen Form, der städtischen Ökonomie und den Konsum- und Lebensstilen in der Stadt. Jedes dieser Themengebiete für sich hat mehr oder weniger etablierte eigene Forschungs-Communities, Ergebnisse und Publikationsorgane.

Aber der Zusammenhang zwischen ihnen wird kaum, auf jeden Fall nicht hinreichend erforscht (vgl. dazu die Hinweis in Prytula 2011). Dabei geht es nicht um rein akademische Übungen, obwohl auch diese wichtig sind. Es geht um sehr praktisches Wissen über inter- und transdisziplinär verschränkte Aspekte eines grundlegenden Umbaus des Städtischen, das notwendig ist, um den kollektiven Lern- und Erprobungsprozess einer klimaneutralen Großstadt kognitiv zu flankieren und für informierte öffentliche Diskurse zugänglich zu machen.

Berlin ist als Bundesland auch zuständig für das Bildungswesen. Selbst wenn es keine direkten didaktisch-programmatischen Einflussmöglichkeiten auf Forschung und Lehre gibt, kann Berlin doch auf vielfältigen indirekten Wegen das Wissenspotenzial seiner Forschungseinrichtungen mobilisieren, durch Wettbewerbe, durch eigene Projektausschreibungen, durch themenbezogene Kooperationsverträge, Sommerschulen, Praktika. Dieses Leitprojekt versucht, das Wissenskapital der Berliner Forschungslandschaft auf politikrelevante Fragestellungen zu fokussieren und für rationalere öffentliche Diskussions- und Entscheidungsprozesse zu mobilisieren.

LEITPROJEKT 13: Integriertes Monitoringsystem Klimaneutralität

Die Langfristigkeit ebenso wie die Komplexität der Aufgabe, Berlin klimaneutral zu machen, verlangt ein Monitoringsystem, das den Senat und andere Entscheidungsträger regelmäßig über den Stand der Zielerreichung informiert und damit weiteren Anpassungs- und Handlungsbedarf signalisiert. Dieses Monitoringsystem muss wie oben ausgeführt reflexive Lern- und Anpassungsprozesse ermöglichen und sollte somit mehrere Aspekte und Indikatoren abdecken, darunter die folgenden:

- CO_2-Emissionen (gesamt, pro Kopf, nach Handlungsfeldern),
- Anteil erneuerbarer Energien am Primär- und Endenergieverbrauch (nach Energieträgern und Handlungsfeldern),
- Wirtschaftliche Effekte der Berliner Energiewende (Wertschöpfung, Arbeitsplätze, Steuereinnahmen),
- Sanierungsstände,
- Warmmietenentwicklung,

- Energiepreise,
- Stand der Umsetzung von Leitprojekten und Pilotvorhaben,
- Qualitative Abschätzung zum Stand des öffentlichen Klimadiskurses.

Diese und ggf. weitere Aspekte müssen periodisch erhoben werden. Für manche der hier vorgeschlagenen Indikatoren gibt es keine „harten“ Daten (z.B. Sanierungsrate, Berliner Klimadiskurs), manche müssten im Kontext der Klimaneutralitäts-Strategie erst interpretiert werden (z.B. Mietenentwicklung). Wichtig aber ist, dass diese Aspekte in ihrer Breite auch dann abgebildet werden, wenn es noch keine endgültigen Daten oder Informationen gibt. Daher ist zu prüfen, inwiefern diese Monitoring-Aufgabe zu Beginn als wissenschaftliches Forschungsvorhaben beauftragt werden müsste, bevor sie dann standardisiert werden kann. Eine Möglichkeit der Verstetigung bestünde dann darin, den 2012 erstmals vorgelegten Datenreport zur nachhaltigen Entwicklung Berlins (AfS 2012b) fortzuentwickeln. Eine Präzisierung der relevanten Aspekte sollte im Rahmen der Erstellung eines Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts erfolgen.

4.4. ÜBERSICHT DER EINZELMAßNAHMEN NACH HANDLUNGSFELDERN

Leitprojekte mit Sichtbarkeitswirkung sind wichtig, aber sie müssen ergänzt und flankiert werden durch eine Reihe gezielter zusätzlicher bzw. weitergehender Maßnahmen, die in den Handlungsfeldern für eine breitere Verankerung des übergreifenden Ziels der Klimaneutralität sorgen sollen. Dabei zeigt sich, dass es nur wenige Maßnahmen gibt, die explizit für nur eine Szenariovariante in Frage kommen bzw. die Entwicklung hin zu einem der beiden Zielszenarien maßgeblich prägen. Es gibt vielmehr eine Reihe von Maßnahmen, die bei intensiverer Ausgestaltung mehr in die eine oder andere Richtung führen. Insbesondere zur Erreichung des zweiten Zielszenarios, welches durch mehr dezentrale Energieversorgungsanlagen, kleinteiligere und vernetztere Strukturen und Akteure gekennzeichnet ist, gibt es mehrere Maßnahmen, die nach heutiger Einschätzung intensiver ausgeprägt werden müssen, um dieses Szenario Wirklichkeit werden zu lassen. So müssten hierfür beispielsweise die Anstrengungen bzgl. Sanierungsratenerhöhung oder der EE-Durchdringung erhöht werden. Demgegenüber ist für die Verwirklichung von Szenario 1 ein Aspekt wie die Nachverdichtung zentral und somit höher zu gewichten.

Zur Findung bzw. Generierung der Maßnahmen wurden zunächst laufende und geplante Berliner Maßnahmen und Aktivitäten erfasst und hinsichtlich ihrer mittel- bis langfristigen Wirkungen und ihres Beitrags zum Erreichen des Ziels abgeschätzt. In diesem Zusammenhang wurden auch die Maßnahmenvorschläge aus dem Berliner Energiekonzept 2020 berücksichtigt. Darüber hinaus wurde eine Vielzahl von bereits existierenden Machbarkeitsstudien und Klimaschutzkonzepten – insbesondere von Großstädten – aus dem nationalen sowie internationalen Raum ausgewertet (z.B. Karlsruhe, Freiburg, Kopenhagen, Amsterdam etc.). Nicht zuletzt haben auch hier wieder die beteiligten Stakeholder in den Handlungsfeld-Workshops viele Anregungen und konkrete Vorschläge gegeben, die zum Teil berücksichtigt werden konnten.

Hinsichtlich der Akteursstruktur (Handelnde und Betroffene) ergibt sich ein breites Spektrum, wenngleich die Kommune im häufigsten Fall der direkt handelnde Akteur ist. Allerdings schafft das Land Berlin mit vielen Maßnahmen Rahmenbedingungen, die wiederum Aktivitäten von beispielsweise Energieversorgern, Hausbesitzern oder der Forschungslandschaft anstoßen.

Bei den hier formulierten Maßnahmen gehen wir von tragbaren Kosten und einem mittel- bis langfristig positiven Kosten-Nutzen-Verhältnis aus. Das schließt Mehrkosten zu Beginn von Maßnahmen allerdings nicht aus. Für den Bereich der energetischen Gebäudesanierung ist explizit auf die Lösung des Investor-Nutzer-Dilemmas hinzuweisen, wofür in erster Linie geeignete bundesweite Rahmungen erforderlich sind, die jedoch ggf. kommunal flankiert werden können. Neue Finanzierungsmechanismen, wie die oben vorgeschlagenen, können hier unterstützend wirken. Insgesamt sind perspektivisch eine Vielzahl positiver ökonomischer Effekte für die Stadt zu erwarten, da die gegenwärtig vorherrschende Situation des immer teurer werdenden Energieträgereinkaufs und überwiegenden Gewinnabflusses aus dem Energiewirtschaftssektor (vgl. ausführlicher die Box „Regionalökonomische Effekte, Kap. 3) mit entsprechenden, wertschöpfungssteigernden Maßnahmen umgekehrt werden kann.

Nachfolgend werden alle Einzelmaßnahmen, die je Handlungsfeld vorgeschlagen werden, stichwortartig aufgeführt. Weitere, strukturierte Ausführungen zu allen Maßnahmen finden sich im Anhang A.

4.4.1. Energieversorgung

Die Maßnahmen im Handlungsfeld Energieversorgung (vgl. zur Übersicht Tab. 36) zielen größtenteils auf die zentralen Reduktionspotenziale ab: Einerseits auf die Verringerung des Energieverbrauchs durch Steigerung der Energieeffizienz, andererseits auf den Ausbau emissionsarmer Energieerzeugungsformen, primär der

Nr.	Maßnahmentitel	Einführung	CO_2-Effekt
E-1	Strom/Wärme: Solare Potenziale heben, Masterplan „Solarhauptstadt“ (Leitprojekt)	kurzfristig	mittel bis hoch
E-2	Schaffung von Finanzierungsoptionen für Effizienzmaßnahmen	kurzfristig	mittel bis hoch
E-3	Wärme: Verdichtung und Erweiterung der Wärmenetze	kurzfristig	mittel
E-4	Strom: Flexikläranlagen (Leitprojekt)	kurzfristig	gering bis mittel
E-5	Strom: Fossilen Reststrom CO_2-effizient erzeugen	kurz- bis mittelfristig	hoch
E-6	EEWärmeG auf Bestand erweitern, PV integrieren	kurz- bis mittelfristig	mittel bis hoch
E-7	Wärme/Strom: Pilot-und Demonstrationsvorhaben – Wärmespeicher für Netze	kurz- bis mittelfristig	mittel
E-8	EE: Eigenrealisierung von EE-Projekten durch Stadt Berlin bzw. Stadtwerk	kurz- bis mittelfristig	mittel
E-9	Informationskampagnen „Energiewende“ und „Berlin auf dem Weg zur Klimaneutralität“	kurz- bis mittelfristig	mittel
E-10	Strom/Wärme: Baugrundstücke für Anlagen bestimmen / vorhalten	kurz- bis mittelfristig	indirekt
E-11	EE: Förderung urbaner Energiewende-Innovationen	kurz- bis mittelfristig	gering bis mittel
E-12	Strom: EE-Durchleitung im smarten Verteilnetz begünstigen	mittelfristig	mittel
E-13	EE: Bürgerbeteiligung am EE-Ausbau ermöglichen	mittelfristig	mittel
E-14	Strom: Netznutzungsgebühr als Steuerungsanreiz für flexible Optionen	mittelfristig	mittel
E-15	Strom: Förderung virtueller Kraftwerke und intelligenter Netze (durch Vergütungen und Tarife)	mittelfristig	mittel
E-16	Strom/Wärme: Pilot-und Demonstrationsvorhaben - P2H für Wärmenetze	mittelfristig	mittel
E-17	Wärme/Strom: Pilot-und Demonstrationsvorhaben – Smarte Wärmeabnahme in Netzen	mittelfristig	gering bis mittel
E-18	Wärme: Abwasser-Wärmepotentiale heben	mittelfristig	gering bis mittel
E-19	EE: Monitoring von Biomassesträmen und Nachhaltigkeitsanforderungen	mittelfristig	gering bis mittel
E-20	Strom: Förderung von Stromspeichern	mittelfristig	gering bis mittel

Tabelle 36: Maßnahmen im HF Energie – Übersicht; Eigene Darstellung.

erneuerbaren Energien und hier allen voran der Solarenergie. Zudem spielen Maßnahmen zur intelligenten Vernetzung der verschiedenen Technologien und Infrastrukturen (z. B. Gas-, Strom-, Fernwärmenetz) sowie zur Erprobung und Erforschung neuer Komponenten eine große Rolle. Hier gilt es insbesondere die zukünftigen

Stärken der urbanen Energieversorgung frühzeitig zu entwickeln, die gleichzeitig einen hohen Systemnutzen für das gesamte Energiesystem aufweisen werden. Aus diesem Grund muss Berlin auch, wie bereits mehrfach betont wurde (vgl. hierzu vor allem Abschnitt 4.2.) in mehreren Bereichen darauf hinwirken, dass geeignete bundesweite Rahmen- und Förderbedingungen entwickelt werden.

4.4.2. Gebäude und Stadtentwicklung

Im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung betreffen die vorgeschlagenen Maßnahmen (vgl. Tab. 37) verschiedene Maßstabsebenen und damit auch unterschiedliche Akteursgruppen.

Nr.	Maßnahmentitel	Einführung	CO_2-Effekt
GS-1	EnEV - Nachhaltigkeit der FW-Primärenergiefaktoren	mittelfristig	mittel
GS-2	Vollzugsmonitoring EEWärmeG	kurzfristig	mittel
GS-3	EnEV bei Baudenkmalen und erhaltenswerter Bausubstanz	kurzfristig	mittel
GS-4	EnEV 2014 – Energiepass	kurzfristig	mittel
GS-5	Angebote zur flexiblen, angepassten Wohnflächennutzung schaffen	kurzfristig	niedrig
GS-6	Quartierskonzepte entwickeln	kurzfristig	mittel
GS-7	Bauleitplanung - Klimaschutzrelevante Festsetzungen	kurzfristig	mittel
GS-8	Bestrebung zur Erhöhung der Sanierungsrate	kurzfristig	mittel
GS-9	Fensterstandard erhöhen	kurzfristig	mittel
GS-10	Niedrigstenergie-Standard für öffentliche Gebäude und Solar (Dach-) Sanierungen kommunaler Gebäude	kurzfristig	mittel
GS-11	Schatten vermehren, Albedo erhöhen	langfristig	Niedrig/mittel
GS-12	Klimaanpassung, Klimaschutz und Lebensqualität - Freiraumqualität erhöhen	kurzfristig	niedrig
GS-13	Senkenbildung: Schutz, Pflege und Renaturierung von Moorstandorten	mittelfristig	hoch
GS-14	Lebensqualität und Senkenbildung: Sicherung, Pflege und Entwicklung der Berliner Wälder	mittelfristig	mittel

Tabelle 37: Maßnahmen im HF Gebäude und Stadtentwicklung – Übersicht;
Quelle: Eigene Darstellung:

Zum einen beziehen sich die Umsetzungsempfehlungen auf zu ändernde städtebaulichen Zielsetzungen (Konzeptebene) und Rahmenvorgaben in der Planung (Rahmenplan, Bauleitplanung etc.) auf der Ebene von Verwaltung und Planung. Hier sind die Instrumente vorhanden, sie sollten jedoch in ihrer Ausrichtung verstärkt klimaschutzrelevante Vorsätze befolgen. Grundsätzlich werden jedoch Maßnahmen vorgeschlagen, die den allgemeinen Stadtentwicklungszielen nicht widersprechen und somit auch weitere positive Auswirkungen als nur die CO_2-Reduktion nach sich ziehen. Lebensqualität und Wohnzufriedenheit sind dabei selbstverständliche Kategorien, die z.B. bei den Maßnahmen zur städtischen Nachverdichtung als Richtschnur dienen. Ein wichtiges Augenmerk liegt darüber hinaus auf der Berücksichtigung quartiersbezogener Energiekonzepte und –bilanzen. Das Quartier hat sich mittlerweile als praktikable Einheit für die Organisation, die Bilanzierung, für die Akteursbildung und -vernetzung, aber auch für die technische Umsetzung von Klimazielen erwiesen.

Zum anderen adressieren eine Reihe von Maßnahmen die unterschiedlichen Einzelgebäude bzw. Gebäudeensembles (Quartiere, Stadtstrukturtypen). Auch hier wird im Regelfall ebenso dem Grundsatz einer Qualitätsverbesserung gefolgt, die nicht allein der Klimaschutzthematik geschuldet ist. Aber auch rein „technische“ Verbesserungen wie die der Fensterstandards können wichtige Reduktionsbeiträge liefern. Relevante Akteure sind dabei die Wohnungsbaugesellschaften, Eigentümergemeinschaften und Eigentümer. Die Ebene der Nutzer und Mieter spielt im Gebäudesektor ebenso eine entscheidende Rolle in Bezug auf die finanzielle und zeitabhängige Machbarkeit der Maßnahmen.

Als zusätzliche Kategorie werden an dieser Stelle auch solche Maßnahmen formuliert, die für den Klimaschutz einen hohen Beitrag leisten können, wenn gleich sie gegenwärtig in der offiziellen CO_2-Bilanz keine Rolle spielen. Dazu zählen die Senken, aber auch Anpassungsmaßnahmen, die im Rahmen der hier vorgeschlagenen Maßnahmen in integrierter Weise zusammen mit Klimaschutz und Lebensqualität entworfen sind. Im Zuge der Machbarkeitsstudie wurden Methodenansätze zur Abschätzung der CO_2-Bindungswirkung von Mooren und Wäldern in Berlin beschrieben (siehe ausführlicher die Maßnahmenblätter in Anhang A).

4.4.3. Wirtschaft

Die Maßnahmen im Handlungsfeld Wirtschaft umfassen sowohl Handlungsmöglichkeiten, die die öffentliche Verwaltung direkt in Eigenregie umsetzen kann, als auch solche, die – vorausgesetzt eines gesetzlichen Rahmens sowie einer günstigen Förderlandschaft – entsprechende Aktivitäten in der Privatwirtschaft auslösen. Größtenteils sind die in Anhang A in Form von Maßnahmenblättern weiter ausgeführten Maßnahmen organisatorisch-institutionell ausgerichtet. Teilweise handelt es sich aber auch um rein technische Maßnahmen (wie zum Beispiel die Ausweitung erneuerbarer Prozessenergie und von Grünen IKT-Lösungen sowie die Steigerung der gewerblichen Abwärmenutzung).

Betrachtet man die in Tab. 38 im Überblick dargestellten Maßnahmen insbesondere vor dem Hintergrund der in Kapitel 3.2.3 entwickelten Zielszenarien genauer, so ist ein Großteil der Maßnahmen für beide Szenarien von Relevanz. Einerseits bilden sie die grundlegenden Handlungsmöglichkeiten öffentlicher und privatwirtschaftlicher Klimaschutzbestrebungen ab, andererseits haben sie einen starken Bezug zum Thema Energieeffizienz. Beides wird sowohl im Zielszenario 1 als auch im Zielszenario 2 adressiert. Beispiele sind die Untersetzung der Verwaltungsvorschrift „Öffentliche Beschaffung und Umwelt“ mit Kriterien der Klimaneutralität, die Fortführung und Ausweitung von Klimaschutzvereinbarungen und die flächendeckende Einführung von Energiemanagementsystemen. Gleichzeitig konzentriert sich ein weiterer Teil der Maßnahmen schwerpunktmäßig auf Zielszenario 2. Dies ist dadurch bedingt, das diese Maßnahmen ein starkes Kooperations- und Vernetzungselement beinhalten, welches sich unter anderem bei folgenden Maßnahmen zeigt: Stärkung „neuer“ Kooperationsformen am energiewirtschaftlichen Handeln, Runder Tisch „Klimaneutrales Berlin 2050“ und Erstellung/ Förderung integrierter Energie- und Klimaschutzkonzepte für bestehende Gewerbegebiete. Ebenfalls sind dies Maßnahmen, die auf eine dezentrale Energiebereitstellung vor Ort abzielen. Dies gilt sowohl für die Ausweitung erneuerbarer Prozessenergie als auch die Steigerung der gewerblichen Abwärmenutzung.

Hervorzuheben ist auch, dass es für einen Großteil der aufgelisteten Maßnahmen schon erste Überlegungen oder gar Aktivitäten in Berlin bzw. alternativ im Bundesgebiet gibt, an die angeknüpft werden kann. Um die notwendigen Schritte in Richtung Klimaneutralität zu ermöglichen, müssten diese je nach Prioritätensetzung zeitnah aufgegriffen und vertieft bzw. bezogen auf eine breitenwirksame Ausweitung mittel bis langfristig gefördert und weiterentwickelt werden.

Bezogen auf die Maßnahmen mit einer kurz- bis mittelfristigen Prioritätensetzung ist zu erwähnen, dass es beispielsweise eine Verwaltungsvorschrift „Öffentliche Beschaffung und Umwelt“ bereits gibt, ebenso Runde Tische, wie den „EnergieEffizienz-Tisch Berlin“. Weiter zu nennen sind die Vielzahl an Klimaschutzvereinbarungen mit dem Land Berlin, erste Schritte zum Null-Emissionen-Gewerbepark, initiiert durch das Unternehmenswerk Motzener Straße sowie erste klimaneutrale Events bzw. Energieeffizienz-/ Klimaschutzwettbewerbe.

Nr.	Maßnahmentitel	Einführung	CO_2-Effekt
Wi–1	Verwaltungsvorschrift „Öffentliche Beschaffung und Umwelt“ mit Kriterien zur Klimaneutralität untersetzen	kurzfristig	gering (bis hoch, je nach Durchdringung)
Wi–2	Runder Tisch „Klimaneutrales Berlin 2050“	kurzfristig	gering (bis hoch, je nach Umsetzung konkreter Projekte)
Wi–3	Fortführung und Ausweitung von Klimaschutzvereinbarungen	kurz/ mittelfristig	hoch bis sehr hoch
Wi–4	Einrichtung eines Null-Emissionen-Gewerbeparks als Schaufenster für eine klimaneutrale Berliner Wirtschaft	kurz/ mittelfristig	mittel bis sehr hoch
Wi–5	Stärkung neuer Kooperationsformen (Stichwort Bürgerbeteiligung) am energiewirtschaftlichen Handeln	kurz/ mittelfristig	mittel (bis hoch, je nach Umsetzung konkreter Projekte)
Wi–6	Erstellung/ Förderung integrierter Energie-/ Klimaschutzkonzepte für bestehende Gewerbegebiete	kurz/ mittelfristig	gering (bis sehr hoch, je nach Umsetzung konkreter Projekte)
Wi–7	Flächendeckende Einführung von Energiemanagementsystemen	kurz/ mittelfristig	gering (bis hoch, je nach Durchdringung)
Wi–8	Klimaneutrale Events	kurz/ mittelfristig	gering
Wi–9	Energieeffizienz-/ Klimaschutz-Wettbewerbe mit dem Label „Klimaneutrales Berlin“	kurz/ mittelfristig	gering
Wi–10	Einführung innovativer Contracting-Modelle, Beispiel Internes Contracting (Intracting)	mittelfristig	hoch (bis sehr hoch, je nach Umsetzung konkreter Projekte)
Wi–11	Bereitstellung eines „Berliner Gewerbeenergiepass“	mittelfristig	gering (bis sehr hoch, je nach Umsetzung konkreter Projekte)
Wi–12	Einführung einer regionalen (Eigen-) Strommarke	mittelfristig	gering (bis hoch, je nach Durchdringung)
Wi–13	Aktive Förderung branchenspezifischer Benchmarks	mittelfristig	gering
Wi–14	Ausweitung erneuerbarer Prozessenergie	mittel/ langfristig	hoch bis sehr hoch
Wi–15	Steigerung der gewerblichen Abwärmenutzung	mittel/ langfristig	mittel bis hoch
Wi–16	Ausweitung von Grünen IKT-Lösungen („GreenIT“)	mittel/ langfristig	mittel

Tabelle 38: Maßnahmen im HF Wirtschaft – Übersicht; Eigene Darstellung.

Ebenfalls Anknüpfungspunkte gibt es für Maßnahmen mit einer mittel- bis langfristigen Prioritätensetzung. Teilweise benötigen diese jedoch einen längeren Vorlauf bzw. bedürfen einer intensiveren Abstimmung. Dies gilt für die Einführung innovativer Contracting-Modelle (Stichwort ‚Intracting') in Einrichtungen der öffentlichen Hand, oder die Bereitstellung eines „Berliner Gewerbeenergiepass" als Mittel der Beratung und Qualifizierung. Gleiches gilt auch für die eher technischen Maßnahmen, sofern sie langfristig Eingang in eine breite Anwendung finden sollen, wie die bereits genannte Ausweitung erneuerbarer Prozessenergie oder die Steigerung der gewerblichen Abwärmenutzung.

Wichtig an dieser Stelle ist auch zu erwähnen, dass viele der gelisteten Maßnahmen zunächst primär Impulse geben, die nicht zwingend die Ausschöpfung von hohen bis sehr hohen CO_2-Reduktionspotenzialen bedeuten. Einige der Maßnahmen dienen vielmehr der Information und Kommunikation bzw. der Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung, sie führen zu Kooperation und Vernetzung, wollen Leuchttürme sein, oder verfolgen integrierte Ansätze zur Nutzung von Synergien. In diesen Fällen ist die weitere Durchdringung oder die Umsetzung konkreter Projekte entscheidend für das Erreichen der Klimaneutralität. Bedeutend dabei ist insbesondere ein abgestimmtes Vorgehen sowohl innerhalb von Politik und Verwaltung (bezogen auf die Senatskanzlei, Senatsverwaltungen sowie die einzelnen Bezirksämter) als auch zwischen Politik und Verwaltung und der Privatwirtschaft.

4.4.4. Private Haushalte und Konsum

Das Verhalten der privaten Haushalte folgt nicht dem Modell des *homo oeconomicus*, also des sich zweckrational verhaltenden Akteurs. Vielmehr kommen im Alltag Gewohnheiten und Routinen zum Tragen, die sich für die Betreffenden bewährt haben – oder einfach nicht mehr wahrgenommen oder hinterfragt werden. Neben den Maßstäben einer zeit- und kosteneffizienten Haushaltsführung kommen oft sozial geprägte individuelle Maßstäbe des Komforts, der Sauberkeit und der Normalität zum Tragen (Gram-Hansen 2010; Shove 2003). Bedürfnisse und Wünsche verschränken sich zum Komplex einer „normalen" und „natürlichen" Alltagskultur (Groncow/ Warde 2001).

Nr.	Maßnahmentitel	Einführung	CO_2-Effekt
PHK-1	„Abwrackprämie" für ineffiziente Haushaltsgeräte	kurzfristig	hoch
PHK-2	Energieeffizienzmaßnahmen auf Bundesebene unterstützen	kurzfristig	niedrig
PHK-3	Informative Energieabrechnungen (Strom, Heizung, Warmwasser)	mittelfristig	niedrig
PHK-4	Bonuskarte für nachhaltigen Konsum (Grüne Sparkarte Berlin, Berlin Green Card)	mittelfristig	niedrig
PHK-5	Effizienzkampagne	mittelfristig	mittel
PHK-6	Suffizienzkampagne	mittelfristig	mittel

Tabelle 39: Maßnahmen im HF Private Haushalte und Konsum – Übersicht; Eigene Darstellung.

Das alltägliche Konsumverhalten wird zudem durch den Wunsch, „dazuzugehören" bzw. Normen und Standards geprägt, die durch Werbung verstärkt oder modifiziert werden (Røpke 1999; Shell 2009; Walker 2008). Imitation (z.B. von statushöheren Milieus) und Distinktion (z.B. von statusniedrigeren oder kulturell abgelehnten Milieus) prägen zusätzlich das Konsumverhalten (Reusswig 2010). Lebensstilfaktoren prägen auch den Energieverbrauch (Köppl/ Wüger 2007). Wirtschaftliches Wachstum und „Konsumismus" gelten vielen Beobachtern zudem als eine Basisvoraussetzung moderner, Verteilungskonflikte lösender Politik (Jackson

2009). Insgesamt handelt es sich bei den aktuellen Konsummustern also um den Ausdruck einer tiefsitzenden und institutionell breit verankerten Konsumkultur (Power/ Mont 2010).

Dies alles macht die Steuerung des Konsum- und Nutzungsverhaltens privater Haushalte schwierig. Hinzu kommt, dass die politische Norm der Konsumentensouveränität staatliche Eingriffe in das Konsumverhalten beschränkt. Allerdings setzt diese Transparenz am Markt und die Fähigkeit der Konsumentinnen und Konsumenten voraus, im Lichte von umfassenden Informationen auch begründete Entscheidungen treffen zu können. Gerade mit Blick auf die Umweltfolgen des privaten Konsums sind beide Voraussetzungen derzeit aber noch keineswegs gegeben. Trotz Fortschritten reflektieren die Marktpreise für Konsumgüter deren Umweltfolgen nur unvollständig. Teilweise fehlt dafür sogar eine hinreichende Wissensgrundlage. So sind z.B. die CO_2-Fußabdrücke der meisten Produkte und Dienstleistungen nicht oder nicht detailliert genug bekannt.

Generell lassen sich die Maßnahmen zur Förderung eines klimaneutralen Konsums in vier große Gruppen einteilen: (1) Bewusstsein schaffen/Sensibilisieren; (2) Barrieren abbauen, (3) Motivation/ Anreize schaffen, (4) Machbarkeit aufzeigen/gute Beispiele geben. Es zeigt sich, dass Menschen im Wesentlichen durch drei Faktoren dazu bewegt werden (können), sich im Konsum- und Verhaltensalltag klimafreundlich zu verhalten (Prognos 2010): (1) wenn es eine wahrgenommene soziale Norm gibt, die Klimafreundlichkeit als positives Ziel unterstützt; (2) wenn die Überzeugung geteilt wird, dass das eigene Handeln einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag zu effektivem Klimaschutz liefert; (3) wenn bereits eigene Erfahrungen mit klimafreundlichen Verhaltensalternativen vorliegen (z.B. Rad fahren, regional einkaufen).

Daraus lässt sich folgern, dass staatliches Handeln an allen drei Punkten ansetzen und verstärkend wirken sollte. (1) Eine soziale Norm kann durch Kampagnen und das eigene Vorbild (z.B. öffentliche Gebäude, Beschaffungswesen, Energiepolitik) unterstützt werden, aber auch durch die Unterstützung von sozialen Netzwerken und der kommunikativen Wirkung von guten Beispielen auf Bürger- und Unternehmensebene. (2)

Die wahrgenommene Selbstwirksamkeit der Bürgerinnen und Bürger kann durch öffentliche Kampagnen und die Sichtbarmachung der (kollektiven) Effekte klimafreundlichen Handelns gestärkt werden (z.B. das Grüne Band der Energie, Monitoring und öffentliches Feedback bei der Erreichung von Einsparzielen). (3) Die positiven Erfahrungen von Bürgerinnen und Bürgern können durch den Staat sichtbar gemacht, vor allem aber ausgeweitet werden durch niederschwellige (öffentliche) Angebote und die Erleichterung der Diffusion guter Beispiele (z.B. vorbildliche Sanierung im Bestand, Schnupperangebote für ÖPNV oder Fahrradverleih) (vgl. den Überblick über Maßnahmen in Tab. 39).

4.4.5. Verkehr

Die für den Verkehrssektor vorgeschlagenen Maßnahmen zur Zielerreichung der CO_2-Reduktion in den Szenarien richten sich in erster Linie an die den ordnungsrechtlichen Rahmen schaffende Politik auf Landesebene sowie die Verwaltung ebenfalls auf Landes- und zum Teil auch auf Bezirksebene (vgl. im Folgenden den Überblick in Tab. 40). Darüber hinaus werden aber auch die Berliner Wirtschaft, die Bürger sowie die Mobilitätsanbieter und Verkehrsbetriebe angesprochen. Die Berliner Politik kann mit bereits bestehenden Instrumenten (z.B. Umweltzone) und Maßnahmenkatalogen (z.B. StEP Verkehr, Rad- und Fußverkehrsstrategie, Integriertes Wirtschaftsverkehrskonzept) einen entscheidenden Beitrag zur Zielerreichung leisten, sofern diese Instrumente und Maßnahmen konsequent umgesetzt und mit ausreichender Finanzierung hinterlegt werden.

Für das Szenario 1 wird die Weiterentwicklung der Umweltzone zu einer stadtweiten „Zero-Emission-Zone Berlin“ als entscheidende Maßnahme zur Zielerreichung vorgeschlagen. Sie gäbe dem Erfolg alternativer Antriebe in Berlin sowohl im Personen- wie auch im Wirtschaftsverkehr den entscheidenden politischen Rahmen und Antrieb. Auch ist eine entsprechende Bepreisung des CO_2-Ausstoßes für verbleibende Fahrzeuge mit

Verbrennungsmotor in bestimmten Zonen der Stadt denkbar. Dieses Instrument würde sinnvollerweise stufenweise eingeführt.

Bereits kurzfristig sollte an einem Konzept zur Machbarkeit und Einführung gearbeitet werden, so dass die Maßnahme mittelfristig eingeführt werden könnte. Das langfristige Ziel sollte eine stadtweite Zone sein, in der nur emissionsfreie Fahrzeuge gebührenfrei fahren dürfen. Eine weitere wichtige Maßnahme für das Szenario 1 trägt dazu bei, dass Berlin die Vorreiterrolle bei der Elektromobilität beibehält. Hier ist insbesondere der Ausbau der Infrastruktur für alternative Antriebe und die Vorbildrolle von öffentlichen Fuhrparks und des ÖPNV zu nennen. Daneben wirken auch die anderen Maßnahmen auf die Entwicklung und Ausgestaltung des Szenario 1, z.B. der Ausbau des Car- und Bikesharings. Ihre Ausprägungen sind jedoch weniger stark als in Szenario 2.

Nr.	Maßnahmentitel	Einführung	CO_2-Effekt
V-1	Dynamisches und integriertes Park- und Straßenraum-Management	Planung: kurzfristig Umsetzung: mittel- bis langfristig	sehr hoch
V-2	Zero-Emission-Zone Berlin	Planung: kurzfristig Umsetzung: mittel- bis langfristig	sehr hoch
V-3	Klimaneutraler und stadtverträglicher Wirtschaftsverkehr	Planung: kurzfristig Umsetzung: mittel- bis langfristig	mittel
V-4	Etaterhöhung für Rad- und Fußverkehr	kurz-bis mittelfristig	hoch
V-5	Schaffung umfassender Anreize für das Carsharing	kurz- bis mittelfristig	hoch
V-6	Stadtweites öffentliches Fahrradverleih-system	Planung: kurzfristig Umsetzung: mittel- bis langfristig	hoch
V-7	Vernetzungsoffensive Personenverkehr	Erste Leuchtturmprojekte: kurzfristig Umsetzung: mittel-bis langfristig	hoch
V-8	Berliner Vorreiterrolle bei der Elektromobilität	mittel- bis langfristig	sehr hoch
V-9	Höherer Stellenwert von Klimaschutz und Vernetzung im Kriterienkatalog für Verkehrsverträge	mittelfristig	mittel
V-10	Erprobung autonomes Fahren	mittelfristig	gering

Tabelle 40: Maßnahmen im HF Verkehr – Übersicht; Eigene Darstellung.

Für die Zielerreichung im zweiten Szenario sind die Reform des Umgangs mit dem öffentlichen Park- und Straßenraum, die stärkere Vernetzung durch intermodale Dienstleistungen sowie die Förderung von gemeinsam genutzten Fahrzeugen (Autos und Fahrräder) die entscheidenden Maßnahmen. Die Evolution hin zur *Inter- und Multimodalität* kann nur stattfinden, wenn der *Umweltverbund* durch Systemintegration aller Verkehrsmittel an Attraktivität gewinnt. Dadurch wären das System Umweltverbund mit Leihfahrrädern und Carsharing nicht mehr nur die ökologischere, sondern aus Sicht der Nutzenden auch die günstigere, schnellere und einfachere Alternative.

Die Einführung des dynamischen und integrierten Park- und Straßenraummanagements ist eine mittel- bis langfristige Maßnahme. Daneben ist mit der Parkraumbewirtschaftung in manchen Berliner Bezirken bereits ein Element eingeführt. Auch die Vernetzungsoffensive Personenverkehr zählt zu den Maßnahmenpaketen, die stufenweise eingeführt werden können. Hier sollten mittel- bis langfristig weitere Bahnhöfe und Haltestellen des öffentlichen Personenverkehrs zu Drehscheiben der intermodalen Mobilität ausgebaut sowie die gesamte Mobilitätskette von der Buchung über die Fahrt bis zur Abrechnung wirksam miteinander vernetzt und für die Kunden einfach verständlich umgesetzt werden.

5. LITERATUR

50 Hertz (2013): EEG Jahresabrechnung. http://www.50hertz.com/cps/rde/xchg/trm_de/hs.xsl/166.htm/papp/mac:1344/?apcprt=default&rdeCOQ=SID-2F877727-8AEC851D. Zugriff 25.03.2013.

Abrahamse, W., Steg, L. Vlek, C. & Rottengatter, T. (2005): A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology* 25 (2005): 273-291.

AfS (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg) (2011): Statistischer Bericht E I 1-j/10. Verarbeitendes Gewerbe in Berlin 2010. Potsdam: AfS.

AfS (2012a): Statistischer Bericht D II 1 – j/10: Unternehmen und Betriebe im Land Berlin 2010. Potsdam: AfS.

AfS (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg) (2012b): Kernindikatoren zur nachhaltigen Entwicklung Berlins. Datenbericht 2012. Potsdam: AfS.

AfS (2013a): Energie- und CO_2-Bilanz in Berlin 2010. Statistischer Bericht E IV 4 – j / 10. Potsdam: AfS.

AfS (2013b): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung im Land Berlin nach Wirtschaftsbereichen 1991 bis 2012. Potsdam: AfS.

AfS (2013c): Kraftfahrzeugbestand im Land Berlin. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/langereihen/Kraftfahrzeuge.xls. Zugriff 12.02.2014.

AfS (2013d): Kleine Berlin-Statistik. Potsdam: AfS.

AGEB (2011): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2009 und 2010. Karlsruhe, München, Essen: AGEB.

AGEB (2013): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2010 und 2011. Karlsruhe, München, Essen: AGEB.

Ahrens, Gerd-Axel (2009): Sonderauswertung zur Verkehrserhebung ‚Mobilität in Städten – SrV 2008'. Städtevergleich. Dresden.

Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.) (2011): Wohnungsbau in Deutschland 2011 – Modernisierung oder Bestandsersatz. Kiel: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen.

Aretz, Astrid et al. (2013): Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte durch den Ausbau Erneuerbarer Energien – Hintergrundmaterial. Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin im Auftrag von Greenpeace e.V., Hamburg, download unter www.greenpeace.de

Arndt, Olaf et al. (2010): Eine Zukunft für Berlin. Berliner Bank – Zukunftsdialog. Prognos-Studie zu den Perspektiven der Stadt im Auftrag der Berliner Bank.

Arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik (2010): Basisgutachten zum Masterplan Klimaschutz für Hamburg. Möglichkeiten zur Verringerung der CO_2-Emissionen im Rahmen einer Verursacherbilanz. Hamburg: Arrhenius Institut.

B.&S.U. (2011): Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz-Kiez in Charlottenburg-Wilmersdorf. Berlin.

Bader, Markus et al. (2011): IBA Berlin 2020. Konzept. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.

Baunetz Wissen Solar (o.J.): Das Online-Fachlexikon. Solar. http://www.baunetzwissen.de/index/Solar_34520.html. Zugriff 20.11.2013.

BBU (Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V.) (2012): Jahresstatistik der Mitgliedsunternehmen des BBU 2011. Berlin: BBU.

Bcs (Bundesverband Carsharing e.V.) (2008): Klimaschutz durch CarSharing. Daten und Fakten zur klimawirksamen CO_2 -Einsparung durch die integrierte Mobilitätsdienstleistung CarSharing. http://www.carsharing.de/images/stories/pdf_dateien/klimaschutzbroschuere_endversion.pdf. Zugriff: 11.02.2014.

BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) (2010): Energie-Info: Stromverbrauch im Haushalt. Berlin: BDEW.

BEA (Berliner Energieagentur) (2009): Leitbild für ein Energiekonzept des Landes Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung. Berlin: BEA.

BEA (2011a): Energieeffizienz 2020 - Motzener Straße als Zukunftsmodell?. http://www.berliner-e-agentur.de/en/node/2624. Zugriff 08.05.2013.

BEA (2011b): Gebäudebezogene Nutzung von Abwasserwärme. Berlin: BEA:

BEA/ IÖW (2011): Energiekonzept 2020 - Langfassung; Energie für Berlin: Effizient-Erneuerbar-Zukunftsfähig. http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-wirtschaft/energie/energiekonzept.pdf?start&ts=1302593601&file=energiekonzept.pdf. Zugriff 27.12.2013.

Beck, Sebastian (2013): Berliner Milieus und Umwelt. Vortrag auf dem Konsum-Expertenworkshop der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“, 15. April 2013. 18 Folien.

Behrends, Johann (2013): EnergieEffizienz-Tisch Berlin. Abschlussbericht 2012. http://www.modell-hohenlohe.de/projekte_termine/energieeffizienz_tisch/_EnergieEffizienz-Tisch-Berlin_59.html. Zugriff 01.03.2013.

Behrendt, Frank et al. (o.J.): Konzept zur Aktualisierung der CO_2-Emissionskarten des Berliner Umweltatlas. Phase 1: Konzeptionelle Basis und Verfahrensentwicklung. Vorläufige Version Abschlussbericht. Berlin: Technische Universität.

Bellucci, Francesco et al. (2012): Urban Geochemistry: Greenhouse Gas Emissions at the Urban Scale. *Elements* 8(6): 445-449.

BeMobility (2013): Dokumentation zum Expertenworkshop Ladeinfrastruktur am 20. September 2013. http://www.burohappold.com/fileadmin/uploads/bh/Documents/PDFs/Dokumentation_140109.pdf. Zugriff 11.02.2014.

Berlin Business Location Center (2013): Solaratlas Berlin. http://www.businesslocationcenter.de/solaratlas 06.05.2013

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie (2013): Jahresbericht 2013. Berlin. http://www.berlin-partner.de/fileadmin/che fredaktion/pdf/presse/2014-01-31_Jahresbericht%202013.pdf. Zugriff 14.12.2013.

Berliner Mieterverein (2010): LBS-Studie. Mehr Fläche zum Wohnen. http://www.berliner-mieterverein.de/magazin/online/mm0110/hauptmm.htm?http://www.berliner-mieterverein.de/magazin/online/mm0110/011007a.htm. Zugriff 04.12.2013.

Berliner Stadtgüter (o. J.): Vom Rieselfeld zum Energiefeld. http://www.berlinerstadtgueter.de/sites/presse_popup.php?site=19. Zugriff 03.12. 2013.

Berliner Zeitung (2012): Wer Geld hat, spart Strom. Berliner Zeitung vom 01.11.2012. http://www.berliner-zeitung.de/berlin/berlins-stromverbrauch-wer-geld-hat--spart-strom,10809148,20767182.html. Zugriff 10.10.2013.

Betsill, Michele M./ Bulkeley, Harriet (2006): Cities and the Multilevel Governance of Global Climate Change. *Global Governance: A Review of Multilateralism and International Organizations* 12(2): 141-159.

BiB (Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung) (2013): Pro-Kopf-Wohnfläche erreicht mit 45m² neuen Höchstwert. Pressemitteilung 9/2013. http://www.bib-demografie.de/DE/Aktuelles/Grafik_des_Monats/Archiv/2013/2013_07_wohnflaeche_pro_kopf.html. Zugriff 14.02.2014.

Bilharz, Michael (2009): „Key Points“ nachhaltigen Konsums. Ein strukturpolitisch fundierter Strategieansatz für die Nachhaltigkeitskommunikation im Kontext aktivierender Verbraucherpolitik. Marburg: Metropolis.

Bilharz, Dr. Michael (2013): Klimaneutral leben: Reduktionspotenzial verschiedener Haushaltstypen. Vortrag auf dem Konsum-Expertenworkshop der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“, 15. April 2013. 26 Folien.

BINE (BINE Informationsdienst) (2013): Neue anlagen optimieren den Eigenverbrauch. http://www.bine.info/themen/erneuerbare-energien/news/bine-fachbuch-zur-photovoltaik/. Zugriff 02.02.2014.

Bioenergie-Region Ludwigsfelde Plus+ (2013): Aktivitäten 2012-2015 - Bioenergie. http://www.bioenergie-region-ludwigsfelde.de/aktivitaeten-2012-2015.html. Zugriff 03.12. 2013.

Blazejczak, Jürgen et. al. (2014): Steigerung der Energieeffizienz: ein Muss für die Energiewende, ein Wachstumsimpuls für die Wirtschaft. DIW-Wochenbericht 4/2014: 47-60.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2008): Klimaschutz und Klimapolitik. Materialien für Bildung und Information. Berlin: BMU.

BMU (2009): Klimaschutz, Energieeffizienz und Beschäftigung: Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland. Berlin: BMU.

BMU (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht. Berlin: BMU.

BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung) (Hrsg.) (2012): ImmoKlima - Immobilien- und wohnungswirtschaftliche Strategien und Potenziale zum Klimawandel. Werkstatt: Praxis Heft 79. Berlin: BMVBS.

BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (2012): Nationaler Radverkehrsplan 2020. Berlin: BMVBS.

BMVBS (Hrsg.) (2013): Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele des Energiekonzepts im Gebäudebereich – Zielerreichungsszenario. BMVBS-Online-Publikation 03/2013.

BMVBS/ BBR (Hrsg.) (2007): Grundlagen für die Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand. Untersuchung über die bautechnische Struktur und den Ist-Zustand des Gebäudebestandes in Deutschland. BBR-Online-Publikation 22/2007.

BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Berlin: BMWi.

BMWi (2013): Energiedaten: Gesamtausgabe. Berlin: BMWi. http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/gesamtausgabe,did=476134.html.

BMWi/ BMU (2010): Energiekonzept. Für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin: BMWi.

BNetzA (Bundesnetzagentur) (2013): Bericht der Bundesnetzagentur über die Auswirkungen der Sonderregelungen für die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. Bonn: Bundesnetzagentur. http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Biogas/Biogasmonitoring/biogasmonitoring-node.html. Zugriff 20.01.2014.

Bock, Benno/ Steiner, Josephine (2013): Flexibles Carsharing: Zahlen, Daten und Interpretationen zur verkehrlichen Wirkung in Europa und Nordamerika. http://www.innoz.de/fileadmin/INNOZ/pdf/pr%C3%83%C2%A4sentationen/2013-08-08_InnoZ-Pr%C3%A4sentationen_Symposium_MC_js02_NEU.pdf. Zugriff 02.02.2014.

Bogumil, Jörg/ Jann, Werner (2009): Verwaltung und Verwaltungswissenschaft in Deutschland. Einführung in die Verwaltungswissenschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Bohlken, Eike (2011): Die Verantwortung der Eliten. Eine Theorie der Gemeinwohlpflichten. Frankfurt/New York: Campus.

Borgstedt, Silke/ Reusswig, Fritz (2010): Umweltbewusstsein in Deutschland 2010. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung. Hrsgg. vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltbundesamt, Berlin/ Dessau: BMU/ UBA.

Bost, M. et al. (2011): Effekte von Eigenverbrauch und Netzparität bei der Photovoltaik - Beginn der dezentralen Energierevolution oder Nischeneffekt. Bericht für Greenpeace Energy eG. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.

Bredel-Schürmann, Stefan (2012): Tiefe Geothermie - eine neue Energie für Berlin. http://www.berliner-energietage.de/fileadmin/user_upload/2012/Tagungsmaterial/4.04_Dr._Stefan_Bredel-Schuermann_-_Tiefe_Geothermie_-_eine_neue_Energie_fuer_Berlin_-_Erste_Projekterfahrungen_der_GASAG.pdf. Zugriff 14. 01.2013.

Breitinger, Matthias (2013): „Jedes neue Carsharing-Auto ersetzt 10 private“. http://www.zeit.de/auto/2013-01/carsharing-verhalten-wettbewerb. Zugriff 11.02.2014.

Bürger, Veit (2009): Identifikation, Quantifizierung und Systematisierung technischer und verhaltensbedingter Stromeinsparpotenziale privater Haushalte. Transpose Working Paper No. 3. Freiburg: Öko-Institut.

Bürger, Veit (2010): Quantifizierung und Systematisierung der technischen und verhaltensbedingten Stromeinsparpotenziale der deutschen Privathaushalte. *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 34: 47–59.

Bulkeley, Harriet/ Castán Broto, Vanesa (2013): Government by experiment? Global cities and the governing of climate change. *Transactions of the Institute of British Geographers* 38: 361–375.

Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB) (2013): Pro-Kopf-Wohnfläche erreicht mit 45m² neuen Höchstwert. http://www.bib-demografie.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Download/Grafik_des_Monats/2013_07_pro_kopf_wohnflaeche.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Zugriff 14.11.2013

Bundesrat (2013): Beschluss der Sondersitzung der Verkehrsministerkonferenz am 2. Oktober 2013. http://www.bundesrat.de/cln_319/DE/gremien-konf/fachministerkonf/vmk/Sitzungen/13-10-02-Sonder-VMK-Nachhaltige-VIF/13-10-02-beschluss,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/13-10-02-beschluss.pdf. Zugriff 11.02.2014.

BVG (2013): Geschäftsbericht 2012. Berlin: BVG.

BWE (Bundesverband WindEnergie) (2013): Berliner Stadtgüter planen Windräder im Umland. http://www.wind-energie.de/infocenter/meldungen/2013/berliner-stadtgueter-planen-windraeder-im-umland. Zugriff 12.12.2013.

Carbon Visuals (2013): http://www.carbonvisuals.com/work/new-yorks-carbon-emissions-in-real-time. Zugriff 11.12.2013.

CDP (Carbon Disclosure Project) (2012): Measurement for Management. CDP Cities 2012 Global Report. London: CDP.

CDP (2013a): Wealthier, Healthier Cities. How climate change action is giving us wealthier, healthier cities. Based on the CDP responses from 110 global cities. London: Global Carbon Project. https://www.cdp.net/CDPResults/CDP-Cities-2013-Global-Report.pdf. Zugriff 11.11.2013.

CDP (2013b): CDP Cities 2013. Summary report on 110 global cities. London: CDP. http://www.cdpcities2013.net/doc/CDP-Summary-Report.pdf. Zugriff 12.11.2013.

CDP (o.J.): The Case for City Disclosure. London/New York: CDP and Accenture.

Couwenberg, J. (2007): Biomass energy crops on peatlands: on emissions and perversions. IMCG Newsletter 3/ 2007: 12-14.

Couwenberg, John et al. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern. Greifswald: Universität Greifswald.

Deffner, Jutta et al. (2012): Neue Wege in der Kommunikation energetischer Sanierung für Eigenheimbesitzer/innen. Konzeptbausteine für eine integrierte Kommunikations- und Marketingstrategie mit dem Schwerpunkt auf dialogische Maßnahmen. Frankfurt am Main: ISOE-Studientexte Nr. 19.

Dena (Deutsche Energieagentur) (2010): dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand. Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehäuser im Bestand“. Berlin: dena.

Destatis (2008): Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige. Ausgabe 2008 (WZ 2008). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Destatis (2011a): Eisenbahnverkehr 2010. Fachserie 8, Reihe 2. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/PersonenverkehrSchienenverkehr/EisenbahnverkehrJ2080200107004.pdf?__blob=publicationFile. Zugriff 17.01.2014.

Destatis (2011b): Luftverkehr auf allen Flugplätzen 2010. Fachserie 8, Reihe 6.2. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Luftverkehr/LuftverkehrAlleFlugplaetze2080620107004.pdf?__blob=publicationFile. Zugriff 17.01.2014.

Deutsche Post AG (2012): Delivering Tomorrow. Logistik 2050. Eine Szenariostudie. Bonn: Deutsche Post AG.

Diefenbach, Nikolaus et al. (2002): Zero Emissions City. Darmstadt: Institut für Wohnen und Umwelt (IWU), Zentrum für integrierte Verkehrssysteme (ZIV).

DIFU (Deutsches Institut für Urbanistik) (2012): Die Flächennutzungsplanung. Räumlicher Ordnungsrahmen der Stadtentwicklung. Reichweite und Aktualität am Beispiel Berlin. Berlin: Difu.

DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) (2014a): NaNu! - Nachtbelieferung mit elektrischen Nutzfahrzeugen. http://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-2974/1445_read-37758/. Zugriff 11.02.2014.

DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) (2014b): „Ich ersetze ein Auto“: Elektro-Lastenräder im Kurier- und Expressdienst. http://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-2974/1445_read-35092/. Zugriff 11.02.2014.

Dodman, David (2009): Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment & Urbanization* 21(1): 185–201.

Düring, I et al. (2010): Kfz-Verkehrsanalyse in Berlin. im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz Berlin. Radebeul.

Ecofys (2008): Solare Flächenpotentiale Berlin. Stadtraumtypenkatalog. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/0806_Stadtraumtypen.pdf. Zugriff 13.05.2013.

Ebee (Ebee Smart Technologies GmbH) (2014): Ebee Ladeinfrastruktur ist kostenoptimiert. http://www.ebeesmarttechnologies.de/?portfolio=ebee-ladeinfrastruktur-ist-kostenoptimal. Zugriff: 11.02.2014.

Ehrenfeld, John R. (2008): Sustainability by Design: A Subversive Strategy for Transforming Our Consumer Culture. New Haven: Yale University Press.

Ehrnleitner, Thomas (2013): Mikroklimatische Wirkung von Grünflächen in Städten. Eine Zusammenschau sowie planerische Aspekte. Saarbrücken: AV Akademikerverlag.

eMo (Berliner Agentur für Elektromobilität) (2014): Schaufenster Elektromobilität. http://www.emo-berlin.de/schaufenster/. Zugriff 11.02.2014.

Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ (2013): Schlussbericht: Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft. Deutscher Bundestag, 17. Wahlperiode, Drucksache 17/13300.

Erbstößer, Anne-Caroline (2013): Smart City Berlin. Urbane Technologien für Metropolen. Report 2014 der Technologiestiftung Berlin. Berlin: TSB.

Ernst & Young (2013): Stadtwerkestudie 3.0 2013. Düsseldorf: Ernst & Young GmbH.

Ernst Basler und Partner AG (2013): Langfristige Siedlungsentwicklung. Konzeptgutachten. Zürich: Ernst Basler + Partner AG.

Ertl, Martin (2013): Klimaneutrales Berlin 2050. Präsentation auf dem Handlungsfeldworkshop Verkehr am 15.04.2013.

Ethik-Kommission (2011): Deutschlands Energiewende – Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft. Vorgelegt von der Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung. Berlin: Die Bundesregierung.

Europäische Kommission (2011): Weißbuch. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:DE:PDF. Zugriff 11.02.2014.

Everding, Dagmar (Hrsg.) (2007): Solarer Städtebau – Vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild. Stuttgart: Kohlhammer.

Everding, Dagmar, et al. (2006): Solarer Rahmenplan Berlin. Nürnberg: Ecofys GmbH.

Fahl, Ulrich, et al. (2010): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030. Energieprognose 2009. Hauptbericht. Stuttgart/Essen/Mannheim: IER/RWI/ZEW. ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Energieprognose_2009_Hauptbericht.pdf. Zugriff 13.04.2013.

Färber, Michael (2013): Energetische und Soziale Problemlagen in Berlin. Eine GIS-gestützte Untersuchung von energieeffizienter Wohngebäudesanierung im Hinblick auf sozioökonomisch schwache Gebiete. Graue Reihe des Instituts für Stadt- und Regionalplanung, Heft 46, Technische Universität Berlin.

FAZ (Frankfurter Allgemeine Zeitung online) (2014): EEG-Umlage: Nordrhein-Westfalen zahlt Bayerns Ökostrom; Beitrag von A. Mihm, 03.02.2014. http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/eeg-umlage-nordrhein-westfalen-zahlt-bayerns-oekostrom-12783578.html. Zugriff 03.02.2014.

Fehrmann, Peter (2013): Berliner Energie- und Klimaschutzpolitik. Was 2013 am meisten bewegte. *Berliner Energie-Impulse* 4(13): 5.

First Climate (2008): Handbuch Klimaneutralität. Berlin: First Climate. http://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25433.pdf. Zugriff 29.12.2013.

Fischer, Corinna/ Grießhammer, Rainer (2013): Mehr als nur weniger. Suffizienz: Begriff, Begründung und Potenziale. Freiburg: Öko-Institut Working Paper 02/2013.

Fishman, Elliot et al. (2013): Bike Share. A Synthesis of the Literature. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal* 33(2): 148–165.

Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (2013): Der Flughafen in Kürze. http://www.berlin-airport.de/de/reisende/der-neue-flughafen/flughafen-in-kuerze/index.php. Zugriff 11.02.2014.

Fraunhofer IIS (2013): City-Logistik. Bestandsaufnahme relevanter Projekte des nachhaltigen Wirtschaftsverkehrs in Zentraleuropa. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag.

Fraunhofer ISI (2009): Dokumentation der Umfrage Modernisierung der Produktion 2009. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Fraunhofer ISI (2011a): Betriebliches Energiemanagement in der industriellen Produktion. Kurzstudie. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Fraunhofer ISI (2013): Markthochlaufszenarien für Elektrofahrzeuge. Karlsruhe: Fraunhofer ISI. http://www.isi.fraunhofer.de/isi-media/docs/e/de/publikationen/Fraunhofer-ISI-Markthochlaufszenarien-Elektrofahrzeuge-Langfassung.pdf. Zugriff 11.02.2014.

Fraunhofer ISI et al. (2012): Kosten-/Nutzen-Analyse der Einführung marktorientierter Instrumente zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland. Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Karlsruhe/Berlin/Freiburg: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)/ Ecofys Germany GmbH/Öko-Institut e.V.

Fraunhofer ISI, DIW, GfK, IFEU, TUM (2004): Spezifischer Strom- und Brennstoffverbrauch pro Bezugseinheit in Wirtschaftszweigen des GHD-Sektors nach Anwendungsbereichen. Karlsruhe, Berlin, Nürnberg, Leipzig, München: Fraunhofer ISI, DIW, GfK, IFEU, TUM.

Frondel, Manuel (2012): Der Rebound-Effekt von Energieeffizienz-Verbesserungen. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 62(8): 12-17.

Fuchs, Doris (Hrsg.) (2011): Die politische Förderung des Stromsparens in Privathaushalten. Herausforderungen und Möglichkeiten. Berlin: Logos.

FVEE (ForschungsVerbund Erneuerbare Energien) (2010): Energiekonzept 2050. Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100 % erneuerbaren Energien. http://www.fvee.de/fileadmin/politik/10.06.vision_fuer_nachhaltiges_energiekonzept.pdf. Zugriff 11.02.2014.

Gaßner, Robert/ Steinmüller, Karlheinz (2009): Welche Zukunft wollen wir haben? Visionen wie Forschung und Technik unser Leben verändern sollen. IZT WerkstattBericht Nr. 104. Berlin. https://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB104.pdf. Zugriff 04.12 2013.

GdW (Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V.) (2013): GdW Energieprognose 2050. „Sanierungsfahrplan“ entsprechend Energiekonzept der Bundesregierung für die durch GdW-Unternehmen bewirtschafteten Bestände. Berlin/ Brüssel: GDW. web.gdw.de/GdW_Position_Energieprognose.pdf. Zugriff 03.01.2014.

Geels, F.W. (2005) Technological Transitions and System Innovations: A Co-evolutionary and Socio-Technical Analysis. Cheltenham: Edward Elgar.

Gesang, Bernward (2011): Klimaethik. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Girod, Bastien/ de Haan, Peter (2009): GHG reduction potential of changes in consumption patterns and higher quality levels: Evidence from Swiss household consumption survey. *Energy Policy* 37(1): 5650–5661.

Girod, Bastien/ de Haan, Peter (2010): More or Better? A Model for Changes in Household Greenhouse Gas Emissions due to Higher Income. *Journal of Industrial Ecology* 14(1): 31-49.

GL Berlin-Brandenburg (2009): Landesentwicklungsprogramm 2007. Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg. 2. Juli. http://gl.berlin-brandenburg.de. Zugriff 12.12.2012.

Gleinig, Adrian (2013): Energy Harvesting – Energieversorgung durch Energieernte im urbanen Raum. Machbarkeitsstudie zu einem Energie produzierenden Bürgersteig in Berlin. Masterarbeit Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Geographisches Institut.

Gornig, Martin (2013): Berliner Wirtschaft 2012. Nach Teilung und Transformation auf Wachstumskurs. Präsentation anlässlich des Workshops „Klimaneutrales Berlin 2050 - Handlungsfeld Wirtschaft“ am 14. April 2013 auf dem EUREF-Campus, Berlin-Schöneberg. 18 Folien.

Gornig, Martin et al.(2012): Datenanalyse zur Berliner Wirtschaft; Expertise im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, Referat Stadtentwicklungsplanung (I A) im Rahmen der analytischen Grundlagenermittlung für das Stadtentwicklungskonzept Berlin 2030; DIW Berlin: Politikberatung kompakt 62

Gram-Hansen, Kirsten (2010): Standby Consumption in Households Analyzed With a Practice Theory Approach. *Journal of Industrial Ecology* 14(1): 150-165.

Grießhammer, Reiner, et al. (2012): Überschlägige Aufschlüsselung des Stromverbrauchs unterschiedlicher Haushaltstypen. Freiburg/ Berlin: Öko-Institut. http://www.die-stromsparinitiative.de/fileadmin/dokumente/PDF/Kalkulierte_Stromverbr%C3%A4uche_formatiert_20121119.pdf. Zugriff 13.12.2013.

Grin, John/ Loeber, Anne (2007): Theories of Policy Learning: Agency, Structure, and Change. In: F. Fischer et al. (Eds.): Handbook of Public Policy Analysis. Theory, Politics, and Methods. Boca Raton etc.: CRC Press, 201-219.

Groba, Felix/ Traber, Thure (2010): Increasing energy efficiency in private households in Germany. Overview of existing and proposed policy measures. Berlin: DIW. http://kooperationen.zew.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/Seco@home/Ergebnisse/SecoHome_Groba_Traber.PDF. Zugriff 14.09.2013.

Gröger, Jens (2013): Der Stromverbrauch privater Haushalte und seine Einsparpotenziale. Projektergebnisse aus TOP 100 und Schlussfolgerungen. Präsentation auf dem ersten Stakeholder-Workshop der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“, Berlin, 15. April 2013.

Gröger, Jens et al. (2013): TOP 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte. Endbericht. Freiburg: Öko-Institut. http://www.oeko.de/oekodoc/1739/2013-433-de.pdf. Zugriff 14.09.2013.

Groncow, Jukka/ Warde, Alan (2001): Ordinary Consumption. London: Routledge.

Günther, Edeltraud/ Nowack, Martin (2009): Szenarioplanung im integrierten Wasserressourcenmanagement. *UmweltWirtschaftsForum* 17/2009: 251-255.

GZB (2010): Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes - Bestandsaufnahme und Trends. http://www.geothermie-zentrum.de/fileadmin/media/geothermiezentrum/Projekte/WP-Studie/Abschlussbericht_WP-Marktstudie_Mar2010.pdf. Zugriff 02.05.2013.

Haberl, Helmut et al. (2013): Correcting fundamental error in greenhouse gas accounting related to bioenergy. *Energy Policy* 45 (2012):: 18-23.

Habermann-Nieße, Klaus et al. (2012): Strategien zur Modernisierung II: Mit EKO-Quartieren zu mehr Energieeffizienz. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung.

Haller, Markus et al. (2013): EEG-Umlage und die Kosten der Stromversorgung für 2014 - Eine Analyse von Trends, Ursachen und Wechselwirkungen. Studie des Öko-Instituts im Auftrag von Greenpeace. http://www.oeko.de/aktuelles/2013/entwicklung-der-eeg-umlage-in-2014/. Zugriff 02.02.2014.

Hansem, Patrick (2013): Welche CO_2 Minderungsbeiträge können von den Privaten Haushalten erwartet werden? *EnEV-aktuell* 2/2013: 9-13.

Heidbrink, Ludger et al. (Hrsg.) (2011): Die Verantwortung des Konsumenten: Über das Verhältnis von Markt, Moral und Konsum. Frankfurt/New York: Campus.

Heinrichs, Harald (2013): Sharing Economy: Im Zeitalter des Homo collaborans. *Politische Ökologie*, 135: 99-106.

Heinrichs, Harald/ Grunenberg, Heiko (2012): Sharing Economy. Auf dem Weg in eine neue Konsumkultur? Lüneburg: Centre for Sustainability Management (CSM), Leuphana Universität.

Heipp, Gunnar (2008): Mobilitätsberatung von Neumünchnern – Das „Neubürgerpaket". Vortrag arrive Abschlusspräsentation, 5.12.2008. http://www.arrive.de/downloads/ep/ep_pr01.pdf. Zugriff 13.12.2013.

Henger, Ralph/ Voigtländer, Michael (2011): Einflussfaktoren auf die Rentabilität energetischer Sanierungen bei Mietobjekten. *IW-Trends* 1(18): 1-18.

Henning, A. (2010): Nutzung der Geothermischen Ressourcen des Landes Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/wasserrecht/pdf/geotherm-potenzialstudie_modul1.pdf Zugriff 10.04. 2013.

Henning, Hans-Martin/ Palzer (2013): Energiesystem Deutschland 2050. Sektor- und Energieträgerübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energie-bedingter CO_2-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz Erneuerbarer Energien. Freiburg: Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE.

Hermann, Nicolai (2011): Regional Energy 2050. A sustainability-oriented strategic backcasting methodology for local utilities. Schriftenreihe internationale Personal- und Strategieforschung. München.

Heyen, Dirk A. et al. (2013): Mehr als nur weniger. Suffizienz: Notwendigkeit und Optionen politischer Gestaltung. Freiburg: Öko-Institut Working Paper.

Hirschl, Bernd et al. (2011): Potenziale erneuerbarer Energien in Berlin 2020 und langfristig – Quantifizierung und Maßnahmengenerierung zur Erreichung ambitionierter Ausbauziele. Berlin: IÖW.

HTW (Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin) (2013): Forschungsvorhaben „Nutzung kleiner Windkraftanlagen auf Gebäuden in städtischen Gebieten am Beispiel Berlins". http://kleinwind.htw-berlin.de/website/index.php?id=3. Zugriff 22.03 2013.

Huber, Joseph (2011):Ökologische Modernisierung und Umweltinnovation. In: M. Groß (Hrsg): Handbuch Umweltsoziologie. Wiesbaden: VS Verlag: 279–302.

IBA (Hrsg.) (2010): Energieatlas. Zukunftskonzept erneuerbares Wilhelmsburg. Hamburg.

IBA (2011): Energetische Optimierung des Modellraums IBA Hamburg. Hamburg.

IBB (Investitionsbank Berlin) (2013): IBB Wohnungsmarktbericht 2012. Berlin: Investitionsbank Berlin.

ICU/ Witzenhausen-Institut (2009): Nutzung von Biomasse in Berlin: Endbericht - Kurzfassung. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/suche/index.shtml?q=Nutzung%20von%20Biomasse%20in%20Berlin:%20Endbericht%20-%20Kurzfassung. Zugriff 12.12.2013.

id22 Institute for Creative Sustainability (Ed.) (2012): CoHousing Cultures. Berlin: jovis.

IdW (Informationsdienst Wissenschaft) (2013): Mehr Komfort, Zeit und Sicherheit: Selbst ist das Elektroauto. http://idw-online.de/pages/de/news550496. 11.02.2014.

IdW (Institut der Deutschen Wirtschaft) (2012): Energetische Modernisierung des Gebäudebestandes. Herausforderungen für private Eigentümer. Köln: IdW.

IEA (International Energy Agency) (2011): World Energy Outlook 2011. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development/ International Energy Agency.

IEA (International Energy Agency) (2013): World Energy Outlook 2013. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development/ International Energy Agency.

IFEU et al. (Institut für Energie- und Umweltforschung/ DLR/ ZSW) (2010): Prozesswärme im Marktanreizprogramm 2010: Zwischenbericht zu Perspektivische Weiterentwicklung des Marktanreizprogramms FKZ 03MAP123. Heidelberg, Stuttgart.: IFEU; DLR, ZSW.

Infas (2010): Mobilität in Berlin Brandenburg. Integrierte Auswertung MiD und SrV. Bonn: Infas.

InnoZ (2012): Trends 2030 - Mobilität und Logistik. Begleitheft zum Innovationsworkshop 2012.

InnoZ/ SCI Verkehr (2010): Eco Rail Innovation – Herausforderungen für das System Bahn 2020. Berlin: InnoZ/ SCI Verkehr.

IÖW (2008): Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Verkehr. Berlin: IÖW.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2013): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Geneva: IPCC. http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf. Zugriff 02.02.2014.

IWD (iw-dienst) (2013): Groß ist nicht gleich stark. *Informationen aus dem Institut der deutschen Wirtschaft* 39(31): 3.

IWU (Institut Wohnen und Umwelt) (2005): Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze. Darmstadt: IWU.

IWU (2011): Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Darmstadt: IWU.

IWU/ BEI (Bremer Energie Institut) (2010): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Darmstadt: IWU.

Jackson, Tim (2005): Motivating Sustainable Consumption. London: Sustainable Development Research Network.

Jackson, Tim (2009): Prosperity Without Growth: The Transition to a Sustainable Economy. London: Earthscan.

Jänicke, Martin (2012): Megatrend Umweltinnovation - Zur ökologischen Modernisierung von Wirtschaft und Staat. München: oekom-Verlag.

Jones Lang LaSalle (2009): Büroflächenkennziffern – 2009. Berlin.

Kasow, Hannah/ Gaßner, Robert (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. IZT WerkstattBericht 103. Berlin https://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/IZT_WB103.pdf. Zugriff 04. 12. 2013

KBA (Kraftfahrt-Bundesamt) (2013): Kraftfahrzeugbestand nach Kraftstoffart. Online verfügbar unter: http://www.kba.de/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Publikationen/2013/fz13__2013__pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/fz13_2013_pdf. Zugriff 10.04.2013.

KEK (Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur) et al. (2011): Klimaneutrales Karlsruhe 2050. Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität im Stadtkreis Karlsruhe im Rahmen des Wettbewerbs Klimaneutrale Kommune Baden-Württemberg. Karlsruhe: KEK.

Kemfert, Claudia (2008): Kosten des Klimawandels ungleich verteilt: Wirtschaftsschwache Bundesländer trifft es am härtesten. *DIW-Wochenberichte* 12-13(75): 137-142.

Kemp, René (2013): Urban Transitions. MERIT Discussion Paper. Maastricht: MERIT.

Kennedy, Christopher et al. (2007): The Changing Metabolism of Cities. *Journal of Industrial Ecology* 11(2): 43-59.

Kennedy, Christopher et al. (2010): Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities. *Energy Policy* 38(9): 4828–4837.

Kern, Kristine et al. (2005): Kommunaler Klimaschutz in Deutschland – Handlungsoptionen, Entwicklung und Perspektiven. Discussion Paper SPS IV 2005-101. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung.

Klimarahmenkonvention (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Vereinte Nationen: New York. http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf. Zugriff 17.12.2008.

Knie, Andreas (2013): Flexibles Carsharing stärkt U- und S-Bahn. ZEIT-Online. http://www.zeit.de/mobilitaet/2013-08/carsharing-nahverkehr. Zugriff 11.02.2014.

Kolleck, Nina, et al. (2012): Qualitätssicherung in der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Netzwerke, Kommunen und Qualitätsentwicklung im Kontext der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“. In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Bildung für nachhaltige Entwicklung. Beiträge der Bildungsforschung, Berlin: 115-142.

Kopatz, Michael (2012): Energiearmut lindern: Prepaid statt Sperre. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 62(11): 90-92.

Kopatz, Michael (2013): Energiewende. Aber fair! Wie sich die Energiezukunft sozial tragfähig gestalten lässt. München: oekom.

Kopatz, Michael et al. (2010): Energiearmut. Stand der Forschung, nationale Porgramme und regionale Modellprojekte in Deutschland, Österreich und Großbritannien. Wuppertal: Wuppertal Institut (Wuppertal Papers Nr. 184)

Köppl, A.; Wüger, M. (2007): Determinanten der Energienachfrage der privaten Haushalte unter Berücksichtigung von Lebensstilen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 34/2007. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Kost, Christoph et al. (2013): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Freiburg: Fraunhofer ISE. http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.pdf. Zugriff 13.01.2014.

Kriegler, Elmar et al. (2013): Roadmaps towards Sustainable Energy futures and climate protection: A synthesis of results from the RoSE project. Potsdam: Potsdam Institute for Climate Impact Research. https://www.pik-potsdam.de/members/edenh/publications-1/RoSE_REPORT_310513_ES.pdf. Zugriff 24.02.2014.

Kristof, Kora et al. (1998): Pilotprojekte Einsparcontracting und Intracting in NRW – Projektteil B Kommunales Intracting. Wuppertal: Wuppertal-Institut.

Krömker, Dörthe/ Dehmel, Christian (2010): Einflussgrößen auf das Stromsparen im Haushalt aus psychologischer Perspektive. Kassel: Transpose Working Paper No. 6.

Kuchta, Veronika (2009): Die Ausstattung privater Haushalte mit Gebrauchsgütern in Berlin und im Land Brandenburg. Ergebnisse der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008. *Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin und Brandenburg* 3/09: 40-43. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/Publikationen/Aufsaetze/2009/HZ_200902-04.pdf. Zugriff 02.10.2013.

Kuchta, Veronika (2013): Private Haushalte/Konsum. Ergebnisse der Einkommens – und Verbrauchsstichprobe 2008. Vortrag auf dem Konsum-Expertenworkshop der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“, 15. April 2013. 16 Folien.

Kübler, Knut (2013): Energiekonzept, Mathematik und zweifelhafte Erwartungen. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 1/2(63): 73-78.

Küchler, Swantje et al. (2012): Strategien zur Modernisierung I: Neue Finanzierungsmodelle für einen klimaneutralen Gebäudebestand. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung. Matthes, Felix C. et al. (2013): Politikszenarien für den Klimaschutz VI. Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030. Berlin/Dessau: BMU/UBA 2013. http://www.uba.de/uba-info-medien/4412.html. Zugriff 21.12.2012.

Land Berlin, Bezirksamt Charlottenburg Wilmersdorf (2011): Integriertes Kommunales Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz-Kiez.

Lass, Wiebke (2012): Ökonomische Kosten des Klimawandels. In: T. Christ, A. Gellrich, T. Ide (Hrsg.): Zugänge zur Klimadebatte in Politikwissenschaften, Soziologie und Psychologie. Marburg: Metropolis: 143-168.

Le Quéré, Corinne et al. (2013) Global Carbon Budget 2013. Earth System Science Data Discussions (in review). http://www.earth-syst-sci-data-discuss.net/6/689/2013, DOI:10.5194/essdd-6-689-2013. Zugriff 14.02.2014.

Lewin, Kurt (1951): Field Theory in Social Science. Selected Theoretical Papers. New York, NY: Harper & Row.

Liersch, Jan (2010): Wirtschaftlichkeit und Vergütung von Kleinwindanlagen. http://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/wirtschaftlichkeit-und-vergutung-von-kleinwindenergieanlagen/bwe_kwea_studie_liersch_final_2.pdf. Zugriff 10.04.2013.

Lichtblick (2014): Medien-Mitteilung: Immobilien-Umfrage: Energieeffizienz für Mieter und Käufer wieder wichtiger . Hamburg, 17. Februar 2014. http://www.lichtblick.de/ueber-uns/medien/news/?detail=288&type=press. Zugriff 20.02.2014.

Lindseth, Gard (2004): The Cities for Climate Protection Campaign (CCPC) and the framing of Local Climate Policy. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability* 9(4): 325-336.

Lindstrom, Martin (2008): Buyology: Truth and Lies About Why We Buy. New York: Doubleday.

Lorek, Sylvia/ Fuchs, Doris (2011): Strong sustainable consumption governance – precondition for a degrowth path? *Journal of Cleaner Production* 38(1): 36–43.

Lotze-Campen et al. (2009): Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin. Potsdam etc.: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/klimawandel/download/klimawandel_kulturlandschaft_endbericht.pdf . Zugriff 20.04.2013.

Luderer, Gunnar, et al. (2013); Economic mitigation challenges: how further delay closes the door for achieving climate targets. *Environmental Research Letters* 8(2013): 034033.

Märkische Oderzeitung (2011): Solarpark Rüdersdorf übergeben. http://www.moz.de/artikel-ansicht/dg/0/1/996985. Zugriff 11.09.2013.

Matthes, Felix et al. (2009): Politikszenarien für den Klimaschutz V – auf dem Weg zum Strukturwandel. Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Matthies, Ellen (2013): Nutzerverhalten im Energiesystem. Erkenntnisse und Forschungsfragen aus der Psychologie. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 22(2): 36-42.

McKinsey (2010): Boost. Transforming the powertrain value chain. McKinsey & Co.

Michelsen, Claus/ Müller-Michelsen, Silke (2010): Energieeffizienz im Altbau: Werden die Sanierungspotenziale überschätzt? Ergebnisse auf Grundlage des ista-IWHEnergieeffizienzindex. *Wirtschaft im Wandel* 9/2010; 447–455.

Mickwitz, Per et al. (2009): Climate Policy Integration, Coherence and Governance. PEER Report No 2. Helsinki: Partnership for European Environmental Research.

Mielke, Jahel (2013): Erhältlich im Einzelwandel. Tagesspiegel 18.06.2016. http://www.tagesspiegel.de/berlin/berlin-2030-unsere-serie-blickt-in-die-zukunft-7-erhaeltlich-im-einzelwandel/8364204.html. Zugriff 27.11.2013.

Minx, Jan .C. et al. (2011): Developing a Pragmatic Approach to Assess Urban Metabolism in Europe. A Report to the Environment Agency prepared by Technische Universität Berlin and Stockholm Environment Institute, Climatecon Working Paper 01/2011, Technische Universität Berlin.

Monstadt Jochen (2009): Conceptualizing the political ecology of urban infrastructures: insights from technology and urban studies. *Environment and Planning* A 41(8): 1924–1942.

Monstadt, Jochen (2007): Urban Governance and the Transition of Energy Systems: Institutional Change and Shifting Energy and Climate Policies in Berlin. *International Journal of Urban and Regional Research* 31(2): 326–343.

Moser, Susanne C.; Dilling, Lisa (2007): Creating a Climate for Change. Communicating Climate Change and Facilitating Social Change. Cambridge etc.: Cambridge University Press.

Müller, Martin (2014): Energiekosten der Haushalte trotz starker Preisanstiege stabilisiert. KfW Economic Research, Fokus Volkswirtschaft, Nr. 48, 26. Februar 2014.

MWE (Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Landes Brandenburg) (2012a): Energiestrategie 2030. Potsdam: MWE.

MWE (Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Landes Brandenburg) (2012b): Energiestrategie 2030. Katalog der strategischen Maßnahmen. Potsdam: MWE.

Neitzel, Michael et al. (2011): Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma. Konzeptstudie. Bochum: InWIS Forschung & Beratung GmbH.

Neuhäuser, Achim (2013): Die Aktion Stromspar-Check von BEA/ Caritasverband. Vortrag auf dem Konsum-Expertenworkshop der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“, 15. April 2013. 8 Folien.

Neuhoff, Karsten et al. (2011): Energetische Sanierung: Handlungsbedarf auf vielen Ebenen. *DIW-Wochenbericht* 34/2011: 3-12.

Neumann, Barbara (2010): Umwelt und Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Pfleglicher Umgang mit unseren natürlichen Ressourcen ist geboten. *Auszug aus der Zeitschrift für amtliche Statistik* 3/2010: 36-41.

Neverla, Irene/ Schäfer, Mike S. (Hrsg.) (2012): Das Medien-Klima. Fragen und Befunde der kommunikationswissenschaftlichen Klimaforschung. Wiesbaden: Springer VS Verlag.

NHB (Nachhaltigkeitsbeirat des Landes Brandenburg) (2013): Empfehlungen zur Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Brandenburg. Potsdam: NHB.

http://www.nachhaltigkeitsbeirat.brandenburg.de/cms/media.php/bb2.a.5490.de/empf_lns13.pdf. Zugriff 12.12.2013.

Norton, Brian (2014): Harnessing Solar Heat. Dordrecht: Springer Netherland.

Nowack, Martin/ Günther, Edeltraut (2009): Szenarioplanung im integrierten Wasserressourcenmanagement. *Umwelt Wirtschafts Forum*, Heft 3: 251-255.

Oberascher, Claudia (2013): Stromverbrauch und Stromverwendung der privaten Haushalte in Deutschland. Ergebnisse einer Studie im Auftrag von HEA, BDEW und EnergieAgentur.NRW, 2012. Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V. http://www.hea.de/akademie/downloads/1301_Energieverbrauch_und_Energieverwendung_im_Haushalt.pdf. Zugriff 08.10.2013.

Öko-Institut (2011): Freiburg 2050 – Auf dem Weg zur Klimaneutralität. Freiburg: Öko-Institut.

Ostrom, Elinor (2009): A Polycentric Approach for Coping with Climate Change. Background Paper to the 2010 World Development Report. Washington, D.C.: The World Bank.

Ott, Konrad/ Döring, R. (2007): Soziale Nachhaltigkeit: „Suffizienz“ zwischen Lebensstilen und politischer Ökonomie. In F. Beckenbach et al. (Hrsg.): Jahrbuch für ökologische Ökonomie, Band 5; Marburg: Metropolis, 33-71.

PCF Pilotprojekt Deutschland (2009): Product Carbon Footprinting – Ein geeigneter Weg zu klimaverträglichen Produkten und deren Konsum? Erfahrungen, Erkenntnis und Empfehlungen aus dem Product Carbon Footprint Pilotprojekt Deutschland. Berlin: PCF/Thema 1. http://www.pcf-projekt.de/files/1241099725/ergebnisbericht_2009.pdf. Zugriff 12.03.2013.

Peters, Vera et al. (2013): European Citizens, Carbon Footprints and Their Determinants—Lifestyles and Urban Form. In: A. Khare, T. Beckman (Eds.): Mitigating Climate Change. The Emerging Face of Modern Cities. Berlin/Heidelberg: Springer: 223-245.

PKK (Plattform Klimafreundlicher Konsum) (2011): Perspektiven eines Klimaverträglichen Konsums jenseits von Konsumverzicht - Beitrag der Plattform Klimaverträglicher Konsum Deutschland. Berlin: PKK. http://pkkd.thema1.de/wp-content/uploads/2011/11/pkkd2011_perspektiven-klimavertraeglicher-konsum.pdf. Zugriff 12.04.2013.

Planergemeinschaft Kohlbrenner eG (2012): Quartiersbezogene Energiekonzepte und -bilanzen. Eine Kurzstudie im Rahmen der Vorbereitung der IBA Berlin 2020, Berlin: Planergemeinschaft.

PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America) (2014): Assessing Climate Impacts Across Sectors. Special Issue, Vol. 111, No. 9 (March 2014). http://www.pnas.org/content/111/9.toc#SocialSciencesSustainabilityScience. Zugriff 03.03.2014.

Power, Kate/ Mont, Oksana (2010): The Role of Formal and Informal Forces in Shaping Consumption and Implications for Sustainable Society: Part II. *Sustainability* 2/2010: 2573-2592.

Prognos AG (2009): Begleittext zur Studie „Energietrends 2020 für Haushalte“. http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/aktuelles/Prognos_Trendstudie_2020_Begleittext.pdf. Zugriff 22.04. 2013.

Prognos (2010): Verbrauchermonitoring. Perspektiven der Verbraucher zum Klimaschutz: Mobilität & Ernährung. Auftraggeber Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. Berlin. Basel etc.: Prognos.

Prognos et al. (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Im Auftrag des BMWi (Projekt Nr. 12/10). Basel, Köln, Osnabrück: Prognos, EWI, GWS.

Prytula, Michael (2011): Ein integrales Energie- und Stoffstrommodell als Grundlage zur Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung urbaner Systeme. Dissertation an der Fakultät VI - Planen Bauen Umwelt, der Technischen Universität Berlin.

Quack, Dietlinde (2008): Szenarien Nachhaltiger Konsum 2020. Arbeitspaket I im Projekt EcoTopTen Klimaschutz durch ökoeffizienten Konsum. Teilbericht. Freiburg: Öko-Institut.

Rahmstorf, Stefan/ Schellnhuber, Hans Joachim (2006): Der Klimawandel. München: C.H. Beck.

Ramaswami, Anu et al. (2012): Carbon Footprinting of Cities and Implications for Analysis of Urban Material and Energy Flows. *Journal of Industrial Ecology* 16(6): 783-785.

Raupach, Michael R. et al. (2007): Global and regional drivers of accelerating CO_2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States (PNAS)*, 104(24): 10288–10293.

Reckien, Diana et al. (2007): What Parameters Influence the Spatial Variations in CO_2 Emissions from Road Traffic in Berlin? Implications for Urban Planning to Reduce Anthropogenic CO_2 Emissions. *Urban Studies* 44(2): 339–355.

Rehberg, Siegfried (2013): Klimaschutz 2.0. Mit freiwilligen Vereinbarungen zum Klimaschutz die soziale Balance im Wohnungsbestand sichern? Vortrag auf den Berliner Energietagen 2013. http://www.berliner-energietage.de/programm/tagungsmaterial-2013/veranstaltungsdetails/veranstaltung/110-statuskonferenz-bewaehrte-und-neue-instrumente-der-berliner-klima-und-energiepolitik.html. Zugriff 01.02.2014.

Reusswig, Fritz (2010a): Sustainability Transitions Through the Lens of Lifestyle Dynamics. In: L. Lebel, S. Lorek R. Daniel (Eds.): Sustainable Production and Consumption Systems. Knowledge, Engagement and Practice. Dordrecht, Heidelberg, London, New York, Berlin: Springer, 39-60.

Reusswig, Fritz (2010b): Klimawandel und Gesellschaft. Vom Katastrophen- zum Gestaltungsdiskurs im Horizont der postkarbonen Gesellschaft. In: Martin Voss (Hrsg.): Der Klimawandel. Sozialwissenschaftliche Perspektiven. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 75-97.

Rips, Dr. Franz-Georg (2013): Energiewende und energetische Gebäudesanierung sozial gerecht ausgestalten. In: Juergen Pöschk (Hrsg.): Energieeffizienz in Gebäuden. Jahrbuch 2013. Berlin: VME – Verlag und Medienservice Energie Jürgen Pöschk: 33-38.

Rodi, Michael/ Sina, Stephan (2010): Das Klimaschutzrecht des Bundes – Analyse und Vorschläge zu seiner Weiterentwicklung. In: Umweltbundesamt (Hg.): Climate Change 17/ 2011. Dessau-Roßlau: UBA.

Røpke, Inge (1999): The dynamics of willingness to consume. *Ecological Economics* 28: 399–420.

Roser, Dominic/ Seidel, Christian (2013): Ethik des Klimawandels. Eine Einführung. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Rotmans, J./ Loorbach, D., (2010): Towards a better understanding of transitions and their governance, A systemic and reflexive approach, as Part II, in Grin, J., Rotmans, J., and Schot, J., Transitions to sustainable development: new directions in the study of long term transformative change. London: Routledge: 105-120.

RWI (2011): Erstellung der Anwendungsbilanzen 2009 und 2010 für den Sektor Private Haushalte. Endbericht. Forschungsprojekt im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin. Essen: RWI.

Schächtele, K./Hertle, H. (2007): Die CO_2-Bilanz des Bürgers – Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO2-Bilanzen. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau: UBA.

Schellnhuber, Hans Joachim et al. (2013). Turn Down the Heat - Climate Extremes, Regional Impacts, and the Case for Resilience. A Report commissioned by The World Bank. Potsdam/ Washington, D.C.: PIK/ World Bank.

Schellnhuber, Hans Joachim et al. (Eds.) (2006). Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Schettkat, Ronald (2009): Analyzing rebound effects. Wuppertal Papers No. 177. Wuppertal: Wuppertal Institut.

Schlacke, Sabine et al. (2012): Rechtliche Instrumente zur Förderung des nachhaltigen Konsums – am Beispiel von Produkten. Dessau: UBA-Texte 24/2012. http://www.uba.de/uba-info-medien/4297.html. Zugriff 01.02.2013.

Schlesinger, Michael et al. (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Studie. Basel/ Köln/ Osnabrück: Prognos/ ewi/ gws.

Schlomann, Barbara et al. (2004): Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit. Karlsruhe etc.: Fraunhofer ISI et al.

Schmauz, Sabine (2009): Private Haushalte als Verursacher von Treibhausgasemissionen. Statistische Monatshefte Baden-Württemberg 1/2009: 45-49.

Scholl, Gerd et al. (2010): Nutzen statt Besitzen –Perspektiven für ressourceneffizienten Konsum durch innovative Dienstleistungen. Wuppertal-Paper 12.4. Wuppertal: Wuppertal-Institut.

Schreurs, Miranda A. (2008): From the Bottom Up: Local and Subnational Climate Change Politics. *The Journal of Environment & Development* 17: 343-354.

Schuldnerberatung Berlin (2013): Besorgniserregend: Energie- und Mietschulden! http://www.schuldnerberatung-berlin.de/index.php?id=105. Zugriff 12.12.2013.

Schwedler, Hanns-Uwe (2011): Integrated Urban Governance. The way forward. Commission 3 Manual. Barcelona/Berlin: Metropolis, World Association of the Major Metropolises/Senate Department for Urban Development. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/internationales_eu/staedte_regionen/download/projekte/metropolis/C3_Manual_barrier_free.pdf. Zugriff 02.03.2013.

Seidl, Irmi/ Zahrnt, Angelika (2012): Damit einfacher leben einfacher wird. Umwelt aktuell, Oktober 2012: 2-3.

SenFin (Senatsverwaltung für Finanzen) (2013): Haushalt und Finanzen Berlins. Ein Überblick. http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.berlin.de%2Fsen%2Ffinanzen%2Fhaushalt%2Fhaushalt_und_finanzen_berlins_-_ein___berblick_.pdf&ei=BhAZU_bMFoaRtAbqmICICg&usg=AFQjCNE4vzClz-dFU1Xpa83BxVMpuJt6cw. Zugriff 12.12.2013.

SenGUV et al. (2011): Klimaschutzvereinbarung 2011 bis 2020 zwischen dem Land Berlin und dem Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V. Berlin: Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/aktiv/vereinbarung/download/20110907_BBU_Klimaschutz.pdf. Zugriff 17.12.2012.

SenStadt (2009): Berlins Zukunft gestalten. Flächennutzungsplanung für Berlin. FNP-Bericht 2009. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.

SenStadt (2010): Flächennutzung und Stadtstruktur. Dokumentation der Kartiereinheiten und Aktualisierung des Datenbestandes. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.

SenStadt (2011a): Stadtentwicklungsplan Industrie und Gewerbe. Entwicklungskonzept für den produktionsgeprägten Bereich. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung; Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Frauen.

SenStadtUm (2011b): Flächenentwicklung in Berlin. 1991 - 2010 – 2030. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

SenStadt (2011c): Berlin – Wohnenswerte Stadt. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.

SenStadt (2011d): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.

SenStadt (2011e): Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin.

SenStadtUm (2012a): DenkMal energetisch. Weniger ist mehr. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

SenStadtUm (2012b): 28. Bericht über die Stadterneuerung. Berichtszeitraum 01.01.2010 – 31.12.2011. Mitteilung des Präsidenten des Abgeordnetenhauses von Berlin. Abgeordnetenhaus von Berlin – 17. Wahlperiode Drucksache Nr.17/0683.

SenStadtUm (2012c): Strategie Stadtlandschaft Berlin. natürlich urban produktiv. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

SenStadtUm (2013a): Stadtentwicklungskonzept Berlin 2030. Statusbericht. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

SenStadtUm (2013b): Stadtentwicklungsplan Wohnen. Vorentwurf, Februar 2013. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

SenStadtUm (2013c): Berliner Mietspiegel 2013. Mit Berliner Betriebskostenübersicht im Anhang. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

SenStadtUm (2013d): Radverkehrsstrategie für Berlin. Ziele, Maßnahmen, Modellprojekte. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

SenWTF (2009): Energie für Berlin. Effizient_Erneuerbar_Zukunftsfähig. Leitbild für ein Energiekonzept des Landes Berlin. Berlin: Herausgegeben von der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Frauen in Zusammenarbeit mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

SenWTF (2010): Masterplan Industriestadt Berlin 2010-2020. Berlin: Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie, Frauen.

Sethmann, Jens (2012): Wenn soziale Kälte und reale Kälte zusammentreffen. Das neue Phänomen der Energiearmut. Berliner Mietermagazin 11/2012: 12-16.

Seyfang, Gill (2009): The New Economics of Sustainable Consumption: Seeds of Change. New York: Palgrave Macmillan.

Shell, Ellen R. (2009): Cheap: The High Cost of Discount Culture. New York: Penguin.

Shove, Elizabeth (2003): Comfort, Cleanliness and Convenience: The Social Organization of Normality. New York, NY: Berg Publishers.

Siebel, Walter (2010): Die Zukunft der Städte. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 17: 3-9.

Simons, Harald (2012): Berliner Gebäudebestand - Perspektiven der sozialverträglichen energetischen Modernisierung. Vortrag auf den Berliner Energietagen am 25.5.2012. http://www.berliner-energietage.de/fileadmin/user_upload/2012/Tagungsmaterial/2.11_Prof._Dr._Harald_Simons_-_Berliner_Gebaeudebestand_-_Perspektiven_der_sozialvertraegliche.pdf. Zugriff 25.11.2013

Simons, Harald et al. (2010): Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen im Berliner Mietwohnungsbestand. Studie im Auftrag der Investitionsbank Berlin. Berlin/Ludwigshafen: Empirica/LUWOGE.

Singer, Marcus G. (1971): Generalization in Ethics: An Essay in the Logic of Ethics, with the Rudiments of a System of Moral Philosophy. New York: Alfred Knopf.

Smith, A. et al. (2005): The governance of sustainable sociotechnical transitions. *Research Policy* 34(10): 1491-1510.

Solaratlas (2013): Solaratlas Berlin – Berlin Business Location Center. http://www.businesslocationcenter.de/solaratlas. Zugriff 06.05.2013.

Sorrell; Steve et al. (2009): Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy* 37: 1356–1371.

Sovacool, Benjamin K./ Brown, Marilyn A. (2010): Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment. *Energy Policy* 38: 4856–4869.

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2011): Wege zu einer 100 % erneuerbaren Energieversorgung. Sondergutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2012): Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

SrV (System repräsentativer Verkehrserhebungen) (2008). Endbericht zur Verkehrserhebung ‚Mobilität in Städten – SrV 2008 und Auswertungen zum SrV-Städtepegel. TU Dresden 2009.

Stadt Hamburg (2012): Fahrradleihsystem StadtRad Hamburg. http://www.hamburg.de/contentblob/3296120/data/stadtrad-praesentation-am-9-2-2012.pdf. Zugriff 04.04.2013.

Staiger, Wolfgang (2008): Klimaschutz und Energieeffizienz im Bahnverkehr. Der Fahrgast, 4/2008: 7–17.

Steffen, Karl-Heinz (2006): New Public Management. Dänischhagen: Richter-Verlag.

StEK (2013): Stadtentwicklungskonzept Berlin 2030 (StEK 2030). Statusbericht (Stand: 1. Februar 2013). Entwurf für die Fachöffentlichkeit. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Abteilung Stadt- und Freiraumplanung.

Stiewe, Mechtild (2009): Erfolgreiche Beispiele für Mobilitätsmanagement. Vortrag auf dem Strategieworkshop „Klimafreundlich und sauber mobil in Großstädten“, Frankfurt am Main, 6./7. November 2009. http://www.mobilitaetsmanagement.nrw.de/cms1/download/Stiewe_Frankfurt_6%2011%2009.pdf. Zugriff 01.09.2013.

Stiftung Naturschutz und Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2011): Miles for Moor. Gemeinsame Pressemitteilung. 08.12.2011. Internet:

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv_volltext.shtml?arch_1112/nachricht4546.html. Zugriff 13.05.2013.

Stock, Lothar (2013): Ein Energiewendegesetz für Berlin. Klimaschutzziele als gesetzlichen Handlungsrahmen fixieren. *Berliner Energie-Impulse* 4(13): 6.

Strunz, Kai et al. (2011): Sustainable Urban Infrastructure. Intelligente Energieversorgung für Berlin 2037. Eine Studie der Technischen Universität Berlin mit Unterstützung der Siemens AG und der Vattenfall Europe AG. Berlin: TU. http://www.pressestelle.tu-berlin.de/fileadmin/a70100710/Medieninformationen/2011/Studie_Intelligente_Energieversorgung.pdf. Zugriff 11.01.2013.

Sustainum (Institut für zukunftsfähiges Wirtschaften Berlin) (2013): Stadtteilentwicklungskonzept Green Moabit. http://www.sustainum.de/projekte/laufende-projekte/green-moabit.html. Zugriff 21.05.2013.

Tàbara, J. David/ Miller, Doug (2012): Reframing public opinion on climate change. In: Carlo C. Jaeger et al. (Eds.): Reframing the Problem of Climate Change. From Zero Sum Game to Win-Win Solutions. Milton Park/New York: Earthscan: 54-81.

Tasaki, Tomohiro et al. (2013): Assessing the Replacement of Electrical Home Appliances for the Environment. An Aid to Consumer Decision Making. *Journal of Industrial Ecology* 17(2): 290-298.

Tews, Kerstin (2013a): Energiearmut definieren, identifizieren und bekämpfen - Eine Herausforderung der sozialverträglichen Gestaltung der Energiewende. FFU-Report 04-2013. Berlin: Forschungsstelle für Umweltpolitik.

Tews, Kerstin (2013b): Sozialverträgliche Gestaltung der Energiewende. Effizienzanreize und Verteilungswirkungen von Preissignalen. Impulsreferat zum FÖS-Fachgespräch: „Strompreis als Effizienzanreiz. Wie lassen sich Strompreise sozial und industriepolitisch sinnvoller gestalten?“13.02.2013, Berlin.

Tews, Dr. Kerstin (2013c): Stromverbrauch privater Haushalte: Welche politischen Interventionsstrategien sind sinnvoll? Vortrag auf dem Konsum-Expertenworkshop der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“, 15. April 2013. 21 Folien.

Thomas, Henning/ Altrock, Martin (2013): Einsatzmöglichkeiten für Energiespeicher. *Zeitschrift für Umweltrecht* 11/2013: 579 – 589.

TSB (Technologiestiftung Berlin) (2012): Zukunftsorte: Wo aus Wissen Arbeit wird. Berlin: TSB.

TU Berlin, Innovationszentrum Energie (2013): Energy Atlas Berlin. http://energyatlas.energie.tu-berlin.de. Zugriff am 06.05.2013.

Tukker, Arnold et al. (Eds.) (2008): System Innovation for Sustainability 1: Perspectives on Radical Changes to Sustainable Consumption and Production. Sheffield, UK: Greenleaf.

TUM (Technische Universität München) (2014): E-Mobility-Projekt Visio.M präsentiert ferngesteuertes Fahren. Der unsichtbare Fahrer. http://www.visiom-automobile.de/47/?tx_ttnews[tt_news]=2&cHash=298598ed617f11161e60b658658c3d7. Zugriff 11.02.2014.

Twele, Dr.-Ing. Jochen (2013): Potenziale und Perspektiven von EE in Berlin 2050 – unter Berücksichtigung der Umlanderzeugung. Input Workshop „Klimaneutrales Berlin 2050“, Handlungsfeld Energieerzeugung, Berlin.

Twele, J. et al. (2012): Szenarioberechnung einer Strom- und Wärmeversorgung der Region Brandenburg-Berlin auf der Basis erneuerbarer Energien. Berlin: Reiner Lemoine Institut.

UBA (o.J.): Klimaneutral leben – Verbraucher starten durch beim Klimaschutz. Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau. http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4014.pdf. Zugriff 14.04.2013.

UBA (Umweltbundesamt) (2010): CO_2 -Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

UBA (Umweltbundesamt) (2013): Belastungen durch Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide. http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/stickstoffdioxid-belastung. Zugriff 11.02.2014.

UBA (Umweltbundesamt) (2013): Hintergrund: Treibhausgasausstoß in Deutschland 2012 - vorläufige Zahlen aufgrund erster Berechnungen und Schätzungen des Umweltbundesamtes. Stand Februar 2013. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/hintergrund_treibhausgasausstoss_d_2012_bf.pdf. Zugriff 15.5.2013.

Ubitricity (2014): Einfach überall Strom tanken - mit Mobile Metering. https://ubitricity.com/de/mobile-metering/was-macht-ubitricity/. Zugriff 11.02.2014.

UGRdL (2013): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, Band 1, Indikatoren und Tabellen, Tab. 6.8. http://www.ugrdl.de/veroeffentlichungen.htm. Zugriff 13.12.2013.

Umweltatlas (o.J.): Online-Atlas, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/. Zugriff 13.12.2013.

umweltplan (2008): Nutzungspotenziale für Windenergie und Freiflächen Photovoltaik auf Eigentumsflächen der Berliner Stadtgüter GmbH.

UNFCCC (o.J.): Treibhausgasdaten der UNFCCC-Mitgliedsstaaten. http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php. Zugriff 12.03.2013.

Unternehmensnetzwerk Motzener Straße e.V. (2011): NEMo – Null Emissionen Motzener Straße. http://www.motzener-strasse.de/?q=nemo. Zugriff 08.05.2013

Vagt, Henrik (2013): Berlin 2050 Klimaneutral – Wie denken, wie handeln die Unternehmen? Präsentation anlässlich des Workshops „Klimaneutrales Berlin 2050 - Handlungsfeld Wirtschaft“ am 14. April 2013 auf dem EUREF-Campus, Berlin-Schöneberg. 23 Folien.

van Sambeek, Paul/ Kampers, Edgar (2004): NU-spaarpas, the sustainable incentive card scheme. An eighteen-month trial period in Rotterdam 2002-2003: background and results. Amsterdam: Stichting Points. http://qoin.org/wp-content/uploads/2012/03/NU-spaarpas-English1.pdf. Zugriff 10.10.2013.

VDI (1991): Technikbewertung. Grundlagen und Definitionen, VDI-Richtlinie 3780, Düsseldorf: VDI.

VGRdL (Arbeitskreis „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder“) (Hrsg.): Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 2008 bis 2010. Frankfurt a.M. 2013. 8 Kapitel.

Vine, D.B.L./ Morris, P. (2013): The Effectiveness of Energy Feedback for Conservation and Peak Demand: A Literature Review. *Open Journal of Energy Efficiency* 2(1): 7–15.

Vogt, Regine et al. (2012): Maßnahmenplan zur Umsetzung einer vorbildhaften klimafreundlichen Abfallentsorgung im Land Berlin. Endbericht für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Referat Abfallwirtschaft. Heidelberg: ifeu/ICU. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfall/entsorgung/download/studie_langfassung.pdf. Zugriff 27.02.2013.

Von Oppen, Margarete (2014): Stromspeicher: Rechtsrahmen und rechtlicher Optimierungsbedarf. *EnergieRecht* 01/2014: 9 – 16.

von Pierer, Heinrich/ von Oetinger, Bolko (Hrsg.) (1997): Wie kommt das Neue in die Welt? München/Wien: Carl Hanser.

Wackernagel, Mathis, et al. (2006): The Ecological Footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand. *Environment & Urbanization* 18(1): 103–112.

Walker, Rob (2008): Buying In: The Secret Dialogue Between What We Buy and Who We Are. New York: Random House.

Wandt, Peter (2013): Innovationen und CO_2-Reduktionspotentiale bei Antriebstechniken – insbesondere auf der Straße. Präsentation auf dem Handlungsfeldworkshop Verkehr der Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“am 15.04.2013, 15 Folien.

Wappelhorst, Sandra (2011): Mobilitätsmanagement in Metropolregionen. Förderung umweltverträglicher Verkehrsmittel zur Reduzierung des regionalen Verkehrswachstums durch Mobilitätsmarketing für Neubürger am Beispiel der Metropolregion München. Dissertation an der Universität der Bundeswehr München.

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2009): Kassensturz für den Weltklimavertrag: Der Budgetansatz. Berlin etc.: Springer.

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2011): Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin etc.: Springer.

Weimer-Jehle, Wolfgang et al. (2011): Konsistente Rahmendaten für Modellierungen und Szenariobildung im Umweltbundesamt. UBA-Texte 20/2011. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Weiß, Julika et al. (2011): Erneuerbare Energien im Verkehr in Berlin-Brandenburg. Berlin: IÖW.

Weller, Ines et al. (2010): Untersuchung der Wahrnehmung des Klimawandels im Alltag und seiner Folgen für Konsumverhalten und Vulnerabilität in der Nordwest-Region. Ergebnisse einer explorativen Studie. Werkstattbericht aus dem Projekt nordwest 2050. Bremen: artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit.

Welzer, Harald (2013): Der Abschied vom Wachstum als zivilisatorischen Projekt. In: Harald Welzer/ Klaus Wiegandt (Hrsg.): Wege aus der Wachstumsgesellschaft. Frankfurt/M: Fischer: 35-59.

Wiegmann, Kirsten et al. (2005): Umweltauswirkungen von Ernährung - Stoffstromanalysen und Szenarien; Ernährungswende-Diskussionspapier Nr. 7 des Öko-Instituts. Darmstadt/Hamburg. http://www.ernaehrungswende.de/pdf/DP7_Szenarien_2005_final.pdf. Zugriff 21.8.2013.

Wild, Reiner (2012): Energetische Sanierung aus Sicht der Mieter. Vortrag. Berliner Mieterverein. http://www.berliner-mieterverein.de/presse/haupt.htm?http://www.berliner-mieterverein.de/presse/sonstiges.htm. Zugriff 16.04.2013.

Wuppertal-Institut (2009): Szenario Düsseldorf 2050. Technologieoptionen und Pfade für ein klimaverträgliches Düsseldorf. Wuppertal: Wuppertal-Institut.

WVI/ IVT/ DLR/ KBA (2010): Mobilitätsstudie „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010“ (KiD 2010) – Ergebnisse im Überblick. Braunschweig: Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH.

WWF (World Wide Fund for Nature) (2009): Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken, Basel/ Berlin: Prognos/ Öko-Institut.

ZfaS (2012): Zeitschrift für allgemeine Statistik, Ausgabe 6/2012, Herausgegeben vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/zeitschrift/2012/HZ_201206.pdf. Zugriff 13.01.2013.

Ziesing, Hans-Joachim et al. (2010): Masterplan 100% Klimaschutz - auf dem Weg zur Null-Emissions-Kommune Strategiepapier. Heidelberg: ifeu.

ZVEI (2012): Energieeffizienz bei Hausgeräten – welche Potenziale gibt es noch? Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., 3.3.2012. http://www.zvei.org/Verband/Fachverbaende/Elektro-Haushalt-Grossgeraete/Seiten/Energieeffizienz-bei-Hausgeraeten-%E2%80%93--welche-Potenziale-gibt-es-noch.aspx. Zugriff 03.03.2013.