



Klimaschutz

Klimaneutrales Berlin 2050

Ergebnisse der Machbarkeitsstudie

Inhalt

1. Einleitung	4
Herausforderung Klimawandel: Städte zählen	4
Berlin handelt	5
Ziele und Vorgehensweise der Machbarkeitsstudie	6
2. Ausgangssituation und Reduktionspotenziale	8
Energieversorgung	9
Gebäude und Stadtentwicklung	10
Wirtschaft	11
Private Haushalte und Konsum	12
Verkehr	13
3. Szenarien für ein klimaneutrales Berlin: Denken in Optionen	14
Referenzszenario	14
Die beiden Zielszenarien: Alternative Wege zur Klimaneutralität	14
4. Strategien und Maßnahmen für ein klimaneutrales Berlin	19
Energieversorgung	19
Gebäude und Stadtentwicklung	20
Wirtschaft	22
Private Haushalte und Konsum	24
Verkehr	25
5. Fazit	26
Glossar	27

Grußworte



Vor allem die Städte sind es, die als Heimat von mehr als 50 Prozent der Weltbevölkerung den Klimawandel hervorrufen und zugleich von seinen Folgen betroffen sind. Immer mehr von ihnen suchen nach Wegen, um ihren lokalen Beitrag gegen den Klimawandel zu erbringen. Berlin gehört dazu und möchte zu

einem Vorbild für andere Städte werden.

Die deutsche Hauptstadt hat in den zurückliegenden Jahren und Jahrzehnten viel für den Schutz des Klimas getan und dabei auch schon viel erreicht. Aber es sind weitere Maßnahmen nötig.

Deswegen hat sich der Berliner Senat das Ziel gesetzt, Berlin bis zum Jahr 2050 durch eine weitgehend erneuerbare Energieversorgung, „smarte“ Infrastrukturen und vor allem mit Hilfe einer verantwortungsbewussten Stadtgesellschaft zu einer klimaneutralen Stadt zu entwickeln.

Berlin soll also eine Stadt werden, die Klimaschutz konsequent auch als Ressourcen- und Umweltschutz betreibt, was auch zu einer besseren und gesünderen Lebensumwelt für die Berlinerinnen und Berliner führen wird.

Der Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen die gesteckten Ziele erreicht werden können, ist ein von meiner Verwaltung beauftragtes wissenschaftliches Konsortium unter Leitung des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung nachgegangen und hat unter Beteiligung der Fachöffentlichkeit eine „Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050“ erstellt, deren wichtigste Ergebnisse hier vorgestellt werden.

Ich würde mich freuen, wenn die Broschüre dazu beitragen kann, das Interesse, Verständnis und Engagement für den Klimaschutz in und für Berlin zu erhöhen.

Michael Müller

Senator für Stadtentwicklung und Umwelt



Auf Berlin kommt es an. Wenn die deutsche Hauptstadt sich entschließt, ihren Ausstoß an Treibhausgasen deutlich zu verringern, so leistet sie ihren notwendigen Beitrag zur Begrenzung des Anstiegs der globalen Mitteltemperatur auf höchstens zwei Grad Celsius. Diese Begrenzung soll die schlimmsten Risiken ungebremsten Klimawandels vermeiden – weltweit drohen sonst unerhörte Wetterextreme und ein gewaltiger Meeresspiegelanstieg, in Deutschland ungekannte Hitzeperioden in Städten und Überflutungen wie zuletzt an Elbe und Donau. Metropolen wie New York und Amsterdam leisten ihren Klimaschutz-Beitrag bereits. Doch bei Berlin geht es um mehr.

Wegen des einzigartigen Experiments der Energiewende schauen die Menschen der Welt auf Deutschland und – einmal mehr in der Geschichte – auf seine Hauptstadt. Unser Land ist, im Guten oder im Schlechten, ein globales Modell für den Umstieg von der fossil-nuklearen auf die effizient-erneuerbare Wirtschaftsweise. Ohne die größte Stadt Deutschlands aber kann ein solcher Umstieg nicht glaubwürdig gelingen. Und umgekehrt kann Berlin ohne die bundesweite Energiewende nicht klimaneutral werden – etwa weil die Stadt im Winter Windstrom aus Brandenburg braucht.

Berlin kann also die Wende nicht im Alleingang schaffen, es braucht den Umbau des Systems, mit mehr Leitungen und Speichern. Aber Berlin könnte ein Pionier werden – ein Pionier des Klimaschutzes, der neuen Technologien, der nachhaltigen Stadtentwicklung. Dann hätten die Berlinerinnen und Berliner allen Grund, das zu sein, was mancher bei ihnen sonst misstrauisch beäugt: stolz wie Bolle.

Prof. Dr. Hans-Joachim Schellhuber

Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK)

1. Einleitung

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der besonderen Betroffenheit und Verantwortung der Großstädte hat sich die Berliner Regierungskoalition 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, auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung für Berlin ergeben, genutzt werden.

Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt hat ein vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) geführtes Konsortium aus Forschungseinrichtungen, Beratungs- und Planungsbüros (siehe Umschlagrückseite) beauftragt, die Machbarkeit des Klimaneutralitätsziels für Berlin zu überprüfen und Wege dahin aufzuzeigen.

Die Machbarkeitsstudie „Klimaneutraler Berlin 2050“ wurde Anfang 2014 fertig gestellt. Ihre Ergebnisse, die die analytische Arbeit, Auswertungen sowie Empfehlungen aus der Sicht des Autorenteam der Studie darstellen, werden nun in einem nächsten Schritt von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt ausgewertet. Die hier vorliegende Broschüre bietet einen Überblick über zentrale Befunde und Schlussfolgerungen der Machbarkeitsstudie.

Herausforderung Klimawandel: Städte zählen

Der globale Klimawandel findet bereits statt – mit spürbaren Folgen für viele Regionen der Erde. Auch Berlin wurde in den vergangenen Jahren schon häufiger mit Hitzewellen oder Extremwetterereignissen konfrontiert, die zukünftig noch zunehmen werden.

Zur Bekämpfung des anthropogenen Klimawandels müssen die Treibhausgasemissionen deutlich gesenkt werden. Dabei kommt gerade den Städten der Erde eine wichtige Rolle zu. Sie nehmen zwar nur 3 % der festen Landoberfläche der Erde ein, aber in Städten leben mittlerweile 50 % der Weltbevölkerung – Tendenz steigend. Weltweit werden rund 70 % aller Treibhausgase durch Städte verursacht. Die Emissionen großer Städte übertreffen manchmal sogar die ganzer Staaten: Die jährlichen CO₂-Emissionen New Yorks (54 Mio. t) etwa ent-



Was bedeutet Klimaneutralität?

„Klimaneutral“ ist eine Stadt dann, wenn sie einen Ausstoß von Treibhausgasen erzeugt, 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 CO₂-Äquivalenten (lebenszyklusbasiert). Berlins Treibhausgasemissionen bestehen zu 98 % aus CO₂. 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 verkörpert Emissionen zu berücksichtigen, die in der gegenwärtigen CO₂-Statistik teilweise nicht abgebildet werden. Der Zielwert von 4,4 Mio. t CO₂ trägt dem Rechnung.



sprechen denen von ganz Bangladesch, die Londons (40 Mio. t) denen Irlands, und selbst die Emissionen Potsdams (rund 860.000 t) entsprechen denen Sierra Leones. Berlins CO₂-Emissionen (21,3 Mio. t in 2010) bewegen sich in der Größenordnung derer Kroatiens, Jordaniens oder der Dominikanischen Republik.

Berlin handelt

Bereits diese Zahlen zeigen: Wenn Städte aktiven Klimaschutz betreiben, dann hat das eine globale Bedeutung. Viele Städte weltweit haben diese Verantwortung angenommen und zu handeln begonnen. New York etwa hat sich in seinem Planwerk „A Greener, Greater New York“ vorgenommen, die Emissionen bis 2030 um 30 % zu senken. Andere Städte sind noch ehrgeiziger: Amsterdam will bereits bis zum

Jahr 2025 um 40 % reduzieren, Rotterdam um 50 % und Kopenhagen gar um 100 %.

Und Berlin? Berlin hat im Klimaschutz schon einiges erreicht. Die energiebedingten CO₂-Emissionen konnten von knapp 30 Mio. t in 1990 auf 21,3 Mio. t in 2010 reduziert werden – das ist ein Rückgang von 27 %. Seit 2011 hat die Berliner Klimapolitik einen neuen Anlauf genommen. Mit dem Ziel, Berlin bis 2050 zu einer klimaneutralen Stadt zu machen, wurde ein ambitioniertes Ziel formuliert und gleichzeitig für alle Akteure ein langfristiger Planungshorizont eröffnet. Im Rahmen des Stadtentwicklungskonzepts (StEK) 2030 hat der Senat zudem in einem partizipativen Verfahren seine Stadtentwicklungsziele definiert. Die Themen Umwelt und Klima (einschl. der Anpassung an den Klimawandel, vgl. den Stadtentwicklungsplan (StEP) Kli-

ma) spielen dabei eine wichtige Rolle. Weiterhin soll das seit 1990 geltende Energiespargesetz durch ein „Gesetz zur Umsetzung der Energiewende und zur Förderung des Klimaschutzes in Berlin“ abgelöst werden, das die veränderten europäischen und bundesweiten energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen aufgreift und auf die Berliner Gegebenheiten und Potenziale zuschneidet. Berlin kann so zu einem aktiven Gestalter und Vorbild der Energiewende werden, die Sicherheit und Bezahlbarkeit der Energieversorgung auch langfristig gewährleisten helfen, technologische Chancen nutzen und schließlich auch den CO₂-Fussabdruck der Stadt und seiner Bürgerinnen und Bürger auf ein weltweit verträgliches, zukunftsfähiges Maß reduzieren.

Ziele und Vorgehensweise der Machbarkeitsstudie

Die Kernfragen, die die Machbarkeitsstudie beantwortet, lauten: Kann Berlin bis zum Jahr 2050 klimaneutral werden? Und wenn ja: Wie kann dieses Ziel erreicht werden? Wo sind die Potenziale zu einer deutlichen Verminderung an CO₂-Emissionen in der Stadt? Sind die technologischen und gesellschaftlichen Voraussetzungen dafür verfügbar?

Dazu wurde eine interdisziplinäre Vorgehensweise gewählt, die sich durch vier Schlüsselemente charakterisieren lässt (vgl. im Folgenden Abb. 1):

Orientierung an Handlungsfeldern.

Es wurden fünf Handlungsfelder definiert: Energieversorgung, Gebäude und Stadtentwicklung, Wirtschaft, private Haushalte und Konsum sowie Verkehr. Primäres Ziel war eine praxis- und politiknahe Untergliederung des Berliner Stadtsystems, das interdisziplinär betrachtet wurde.

Neuzuschnitt der Bilanzierung.

Unter Zugrundelegung der offiziellen Energie- und CO₂-Bilanz wurden die sektoralen Kategorien gemäß der genannten Handlungsfeld-Logik neu berechnet, der Gebäudesektor auf Basis eines eigens entwickelten, komplexen Gebäude-modells 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 CO₂-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.

Diese Vorgehensweise soll der Tatsache Rechnung tragen, dass eine Strategie der Klimaneutralität für Berlin der Stadt nicht „übergestülpt“ werden kann, sondern durch einen Dialog zwischen Wissenschaft, Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Öffentlichkeit sozusagen in „Ko-Produktion“ erstellt werden muss. Die Machbarkeitsstudie fokussiert dabei auf die grundsätzliche Möglichkeit eines klimaneutralen Berlins und die Wege dahin. Detaillierte Planungen für die nächsten Jahre bleiben weiteren Konzeptstudien vorbehalten, deren Durchführung die Senatsverwaltung bereits angekündigt hat.

Die Quellenangaben zur vorliegenden Broschüre finden sich im Haupttext der Machbarkeitsstudie.



Stakeholder-Workshop am 30.10.13, Plenum



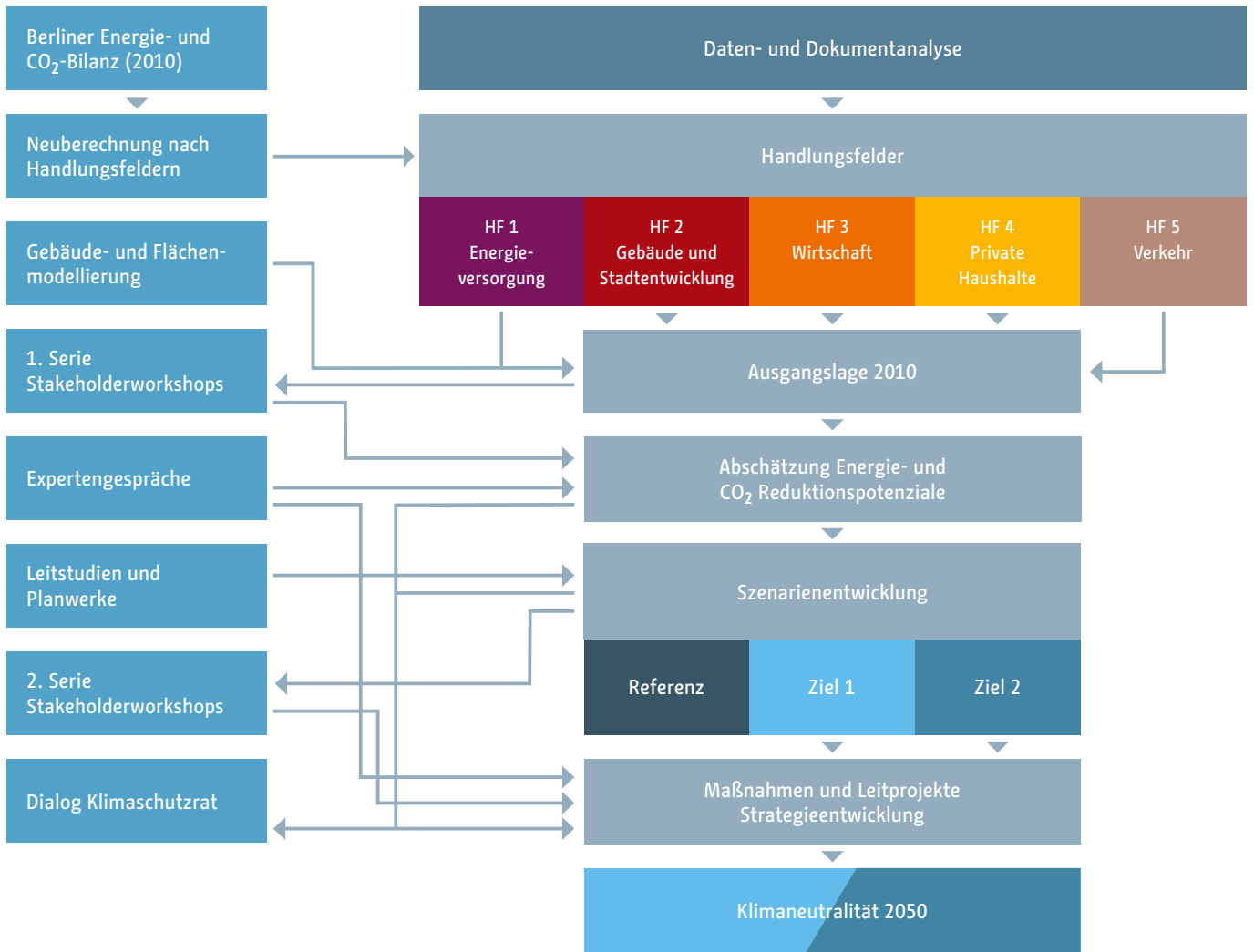
Eröffnung des ersten Stakeholderworkshops am 15.4.13 durch L. Stock, Leiter SR KE (rechts im Bild) und Dr. F. Reusswig (Projektleiter, im Bild links)



Vorstellung der Szenarien durch Prof. Dr. B. Hirschl (stellvertretender Projektleiter) am 30.10.13

1

Vorgehensweise der Machbarkeitsstudie



Podiumsdiskussion am 30.10.13 mit Prof. Dr. M. Schreurs, FU Berlin, S. Rehberg (BBU), Prof. Dr. J. Twele (Reiner Lemoine Institut, Berlin) (v. l. n. r.)



Dr. P. Graichen (Agora Energiewende) auf Podium am 30.10.13 (im Bild links)



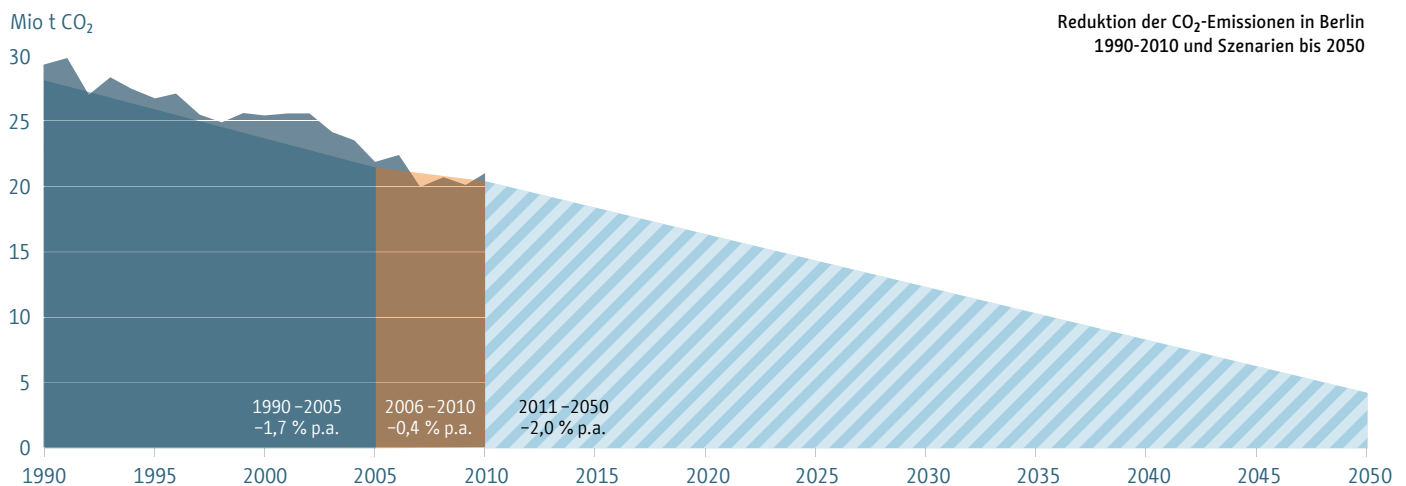
Prof. Dr. C. Becker (im Bild stehend) auf dem Fachworkshop „Gebäude und Stadtentwicklung“ am 15.4.13

2. Ausgangssituation und Reduktionspotenziale

Berlin, die Hauptstadt der Bundesrepublik Deutschland, ist mit 3,375 Mio. Einwohnerinnen und Einwohnern die größte Stadt des Landes. Das Stadtgebiet des Landes Berlin 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. Berlin ist in den letzten Jahren immer attraktiver geworden, was sich am Anstieg der Bevölkerung ebenso ablesen lässt wie an der Wirtschaftsleistung.

Trotz seines Wachstums der letzten Jahre hat es Berlin geschafft, seine CO₂-Emissionen (gemäß Verursacherbilanz) von 29,3 Mio. t in 1990 auf 21,3 Mio. t in 2010 zu senken – eine Reduktion um 27 % (vgl. Abb. 2). 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. Die Vorschläge der Machbarkeitsstudie (vgl. Abschnitt 4) zielen darauf ab, die Berliner Emissionen bis zum Jahr 2050 auf 4,4 Mio. t pro Jahr zu reduzieren – das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Reduktion von 2 %.

2

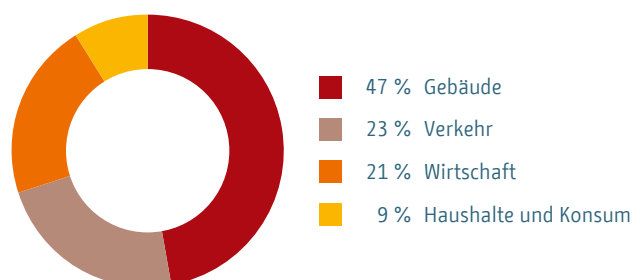


Als Bezugsjahr der Machbarkeitsstudie wurde 2010 gewählt, da für dieses Jahr die aktuelle Energie- und CO₂-Bilanz des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg verfügbar war. Um die Handlungsfelder der Studie abzubilden, erfolgte zunächst eine Neuberechnung der statistischen Daten. Bezogen auf die Verursacherbilanz ergeben sich demnach unterschiedliche hohe Anteile an den CO₂-Emissionen (vgl. Abb. 3).

Es zeigt sich, dass den CO₂-Minderungsstrategien für den Berliner Gebäudesektor eine besonders hohe Bedeutung zukommt, aber auch, dass die Handlungsfelder Wirtschaft und Verkehr einen erheblichen Einfluss besitzen. Die privaten Haushalte sind nach dieser Darstellung für rund 9 % der energiebedingten Berliner Emissionen in 2010 verantwortlich – darin nicht enthalten sind die anderenorts ausgelösten Emissionen durch Konsum in Berlin. Wie sich das gegenwärtige Bild im Detail darstellt, und welche Minderungsoptionen und -potenziale in den fünf Handlungsfeldern bestehen, wird im Folgenden genauer dargestellt.

3

CO₂-Emissionen Berlins nach Handlungsfeldern 2010 (Eigene Berechnung)



Energieversorgung

Berlin konnte zwischen 1990 und 2010 nicht nur seine CO₂-Emissionen senken, sondern auch seinen Primärenergieverbrauch: von 356.208 Terajoule (TJ) auf 306.372 TJ. Davon wird nach wie vor ein Großteil durch fossile Energieträger wie Kohle, Öl oder Erdgas bereitgestellt (vgl. Abb. 4). Nur 3 % dieses Primärenergieverbrauchs (9,8 TJ) und rund 1 % der bereitgestellten Endenergie stammten 2010 aus erneuerbaren Energien, allen voran aus Biomasse, aber auch aus Solarenergie und einem Berliner Windrad. Allerdings hat sich bei den Erneuerbaren auch in Berlin in den letzten Jahren eine dynamische Wachstumsentwicklung gezeigt (Abb. 5), die zur Erreichung des Klimaneutralitätsziels weiter ausgebaut werden muss.

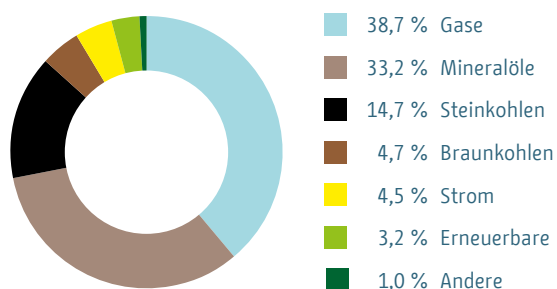
Die CO₂-Reduktionspotenziale der Berliner Energieversorgung liegen in verschiedenen Bereichen:

- Um das Klimaneutralitätsziel zu erreichen, müssen die emissionsintensiven Energieträger Kohle und Öl aus dem Umwandlungssektor und der Wärmebereitstellung möglichst rasch verdrängt werden.
- Der emissionsärmere Energieträger Erdgas kann diese Lücken weitgehend füllen, muss aber selbst durch die Erhöhung des Anteils erneuerbaren Gases CO₂-ärmer werden, z.B. durch die Integration von EE-Gas aus erneuerbarem Überschussstrom oder von Gasen biologischer Herkunft.

- Die Anteile der Produktion in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) können noch erhöht, reine Stromerzeugung ohne Wärmeauskopplung kann dagegen reduziert werden. Leitungsgebundene Wärme (z.B. Fernwärme) bleibt weiterhin wichtig, wird aber durch dezentrale Teilnetze ergänzt. Die zunehmende „Intelligenz“ des gesamten Energiesystems inklusive der Netze ermöglicht immer effizientere Kopplungen der verschiedenen Energiemärkte, von Verbrauchern und Erzeugern („Smart City“).
- Die größten Potenziale bei den erneuerbaren Energien in Berlin bietet die Solarenergie, die gut zur urbanen Lastkurve (d. h. dem zeitlichen Verlauf der bezogenen Leistung) und in das städtische Verteilnetz passt. Für einen massiven Ausbau insbesondere von Photovoltaik, aber auch von Solarthermie, bieten schon allein die fast 320.000 Wohngebäude Berlins (Dächer und teilweise auch Fassaden) eine flächenschonende Basis. Studien gehen davon aus, dass in Berlin etwa 300-mal mehr Solarenergie gewonnen werden kann, als dies 2010 der Fall war.
- Bei der Biomasse muss Berlin seine eigenen Potenziale konsequent, aber auch nachhaltig nutzen. Biomasseimporte sind möglich, müssen aber strengen Nachhaltigkeitsanforderungen genügen und können aufgrund ihrer globalen Knappheit insgesamt keinen großen Beitrag liefern.

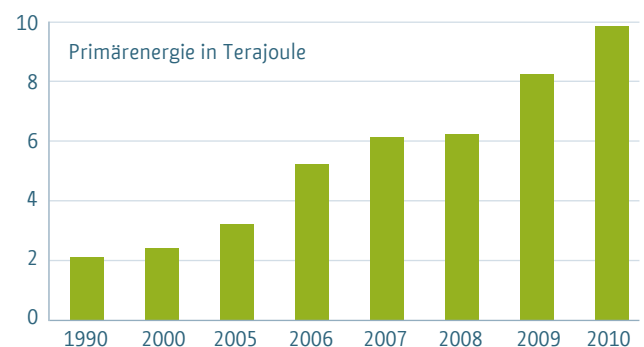
4

Zusammensetzung des Berliner Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern 2010



5

Zunahme der Erneuerbaren Energien (Primärenergieverbrauch) in Berlin 2000-2010



Gebäude und Stadtentwicklung

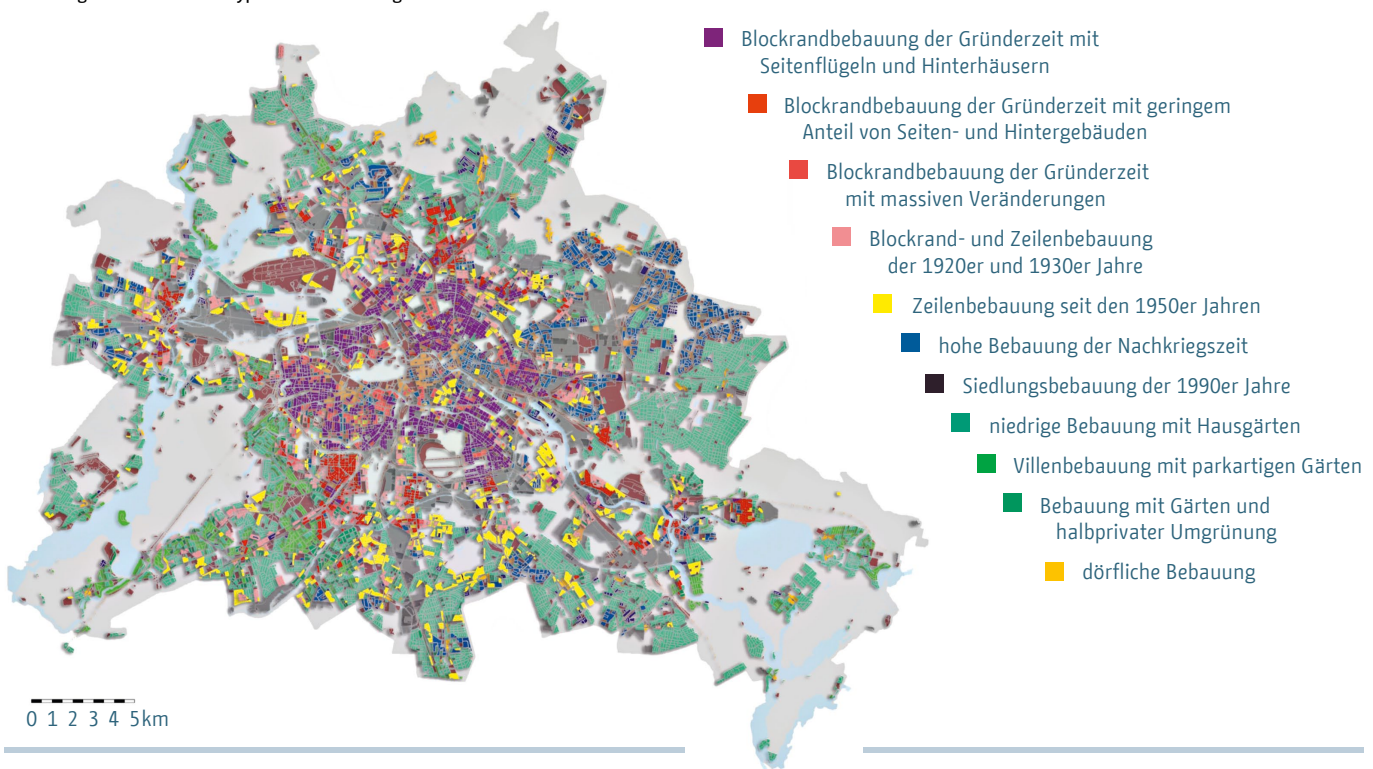
Ein „Kapital“ Berlins ist sein großer Grün- und Freiflächenanteil (ca. 44 % des Stadtgebiets), was neben der Lebensqualität auch der Anpassung an ein im Zuge des Klimawandels wärmer werdendes Stadtklima zugute kommt. Berlin verfügt zudem über ein baukulturell bedeutsames Erbe mit vielen Denkmälern und einem hohen Gründerzeitbestand. Im Jahr 2011 konnte ein Bestand von knapp 320.000 Wohngebäuden gezählt werden, in denen sich 1,9 Mio. Wohneinheiten befinden. Davon sind ca. 86 % Mietwohnungen, nur 14 % sind Eigentümer-Haushalte. Fast 90 % der Wohnungen Berlins befinden sich in Mehrfamilienhäusern, der Ein-/Zweifamilienhausanteil liegt bei gut 10 %. 9,6 % der Gebäude stehen unter Denkmalschutz. Abb. 6 zeigt die verschiedenen Stadtstrukturtypen mit überwiegender Wohnnutzung in Berlin.

Es gibt verschiedene Ansatzpunkte, um die CO₂-Emissionen des Berliner Gebäudebestandes zu reduzieren:

- Aufgrund des Bevölkerungswachstums (bis 2050 steigt die Einwohnerzahl erwartungsgemäß um 250.000) kommt es zu erheblichen Neubauaktivitäten. Durch ausgewogene Nachverdichtung und hohe energetische Neubaustandards (z. B. Passivhaus- oder Plusenergie-Standard) lässt sich dieser Mehrbedarf klimafreundlich gestalten.
- In Berlin wird pro Jahr knapp 1 % des Bestandes energetisch saniert (Fassade, Keller, Dach, Fenster etc.). Diese Sanierungsrate muss erhöht werden, wobei zunächst die unsanierten Bestände, dann aber auch in nennenswertem Umfang die bereits einmal sanierten Gebäude bis 2050 weiter energetisch verbessert werden müssen.
- Die Fernwärme hat momentan einen Anteil an der Wärmeversorgung von ca. 30 %. In Gebieten mit ausreichend städtebaulicher Dichte besteht Reduktionspotenzial durch die Verdrängung von Kohle- und Ölheizungen und den Ausbau der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in KWK-Anlagen. In weniger dichten Lagen sind Nahwärmeinseln (kleine Wärmenetze) sinnvoll. Insgesamt muss der Anteil erneuerbarer Energien in der Wärmeversorgung steigen, der Wärmebedarf der Gebäude (z.B. durch Dämmung und Regelungstechnik) vermindert werden.

6

Verteilung von Stadtstrukturtypen über das Stadtgebiet



Wirtschaft

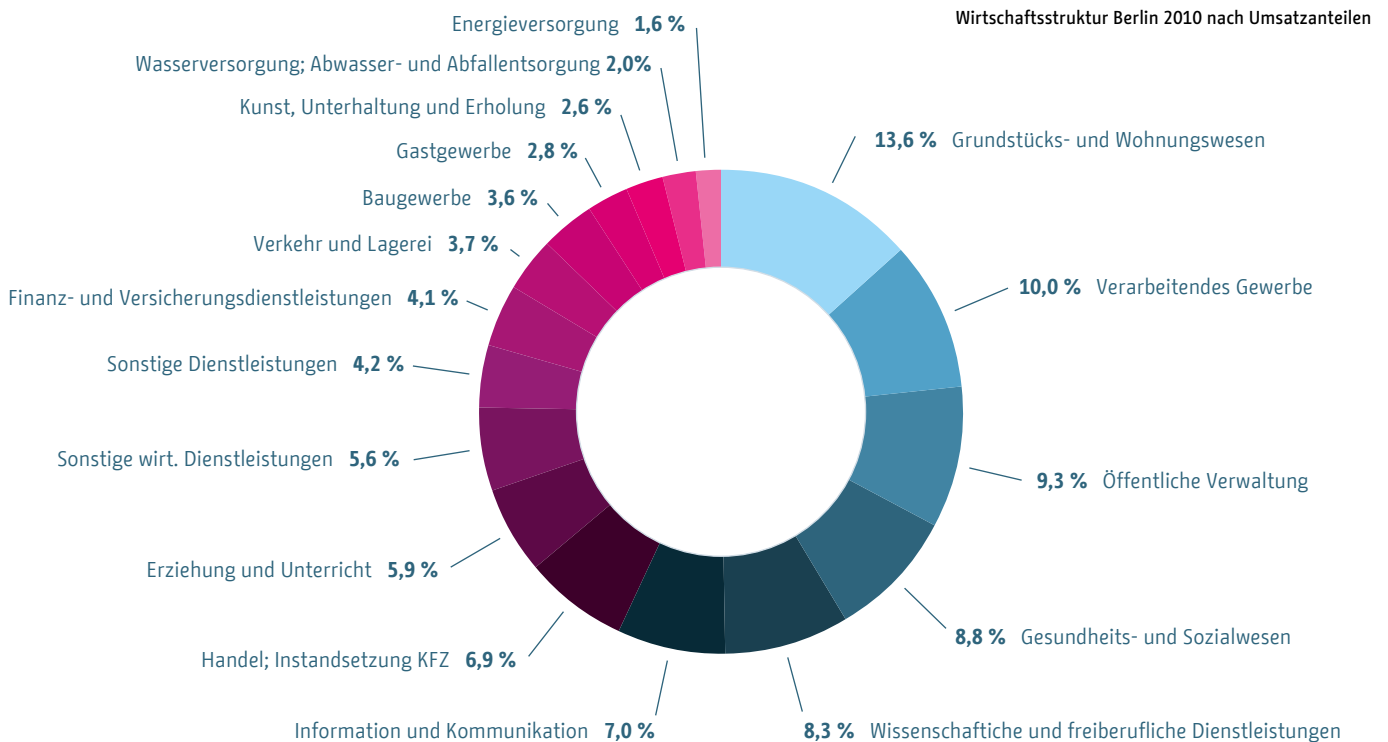
Um den spezifischen Beitrag des Berliner Gebäudesektors (Wohn- und Nichtwohn-Gebäude) zu den aktuellen Emissionen sowie deren Minderungspotenzial abschätzen zu können, wurde ein eigenes Gebäudemodell entwickelt. Es stützt sich auf gebäudescharfe Daten aus der Allgemeinen Liegenschaftskarte Berlins, einem 3-D-Modell der Gebäudehülle und blockweise verfügbaren Angaben aus der Zensusbefragung 2011 zur Energieversorgung der Gebäude. Den Modellrechnungen der Machbarkeitsstudie zufolge könnte der Wärmebedarf von 150 PJ (2010) um 78 % auf 33 PJ in 2050 gesenkt werden. Im Kapitel 3 (Szenarien) wird dargelegt, wie stark und über welchen Weg dieses Reduktionspotenzial unter realistischen Randbedingungen tatsächlich ausgeschöpft werden kann.

In Berlins Wirtschaftsstruktur dominiert gegenwärtig der Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ (GHD) mit jeweils rd. 90 % bei Wertschöpfung und Beschäftigung den Sektor „Industrie“ deutlich. Branchen mit wachsender Bedeutung sind u.a. der Tourismus und die Kreativwirtschaft (vgl. Abb. 7). 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 bestehen eine Reihe von Einsparpotenzialen für Endenergie (effizientere Anlagentechnik etc.) in den folgenden Verbrauchsbereichen und Größenordnungen:

- Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT). Einsparpotenziale im GHD-Bereich: 40-80 %, Verarbeitendes Gewerbe: 5-40 %.
- Mechanische Energie. GHD: 30-50 %, Verarbeitendes Gewerbe: 10-50 %.
- Prozessenergie. GHD: 0-40 %, Verarbeitendes Gewerbe: 20-40 %.

Insgesamt lassen sich damit rd. 20-50 % des Endenergiebedarfs der Berliner Wirtschaft bis 2050 einsparen. Zusammen mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien liegen die CO₂-Einsparungspotenziale dann bei bis zu 90 %.

7



Private Haushalte und Konsum

In Berlin gab es im Jahr 2010 rund 2 Millionen Privathaushalte, darunter sind 54 % Einpersonenhaushalte. Dies ist ein Spitzenwert im deutschen und internationalen Städtevergleich. Der seit Jahren anhaltende Trend zu kleineren Haushaltsgrößen wirkt sich steigernd auf den Energieverbrauch aus, u.a. weil auch kleine Haushalte eine Grundausstattung an Geräten aufweisen.

Im Jahr 2010 verbrauchten die Berliner Haushalte 12.221 TJ (rd. 3,4 Mrd. kWh) an Strom und 69 TJ (rd. 19,2 Mio. kWh) an Erdgas für Kochzwecke. Wärme- und Warmwassererzeugung werden im Rahmen der Machbarkeitsstudie dem Gebäudebereich zugerechnet.

Die wichtigsten Ansatzpunkte für eine Reduktion des Energieverbrauchs der privaten Haushalte sind die Haushaltsgröße, der Ausstattungsgrad mit Elektrogeräten, die Geräteeffizienz und das konkrete Nutzerverhalten.

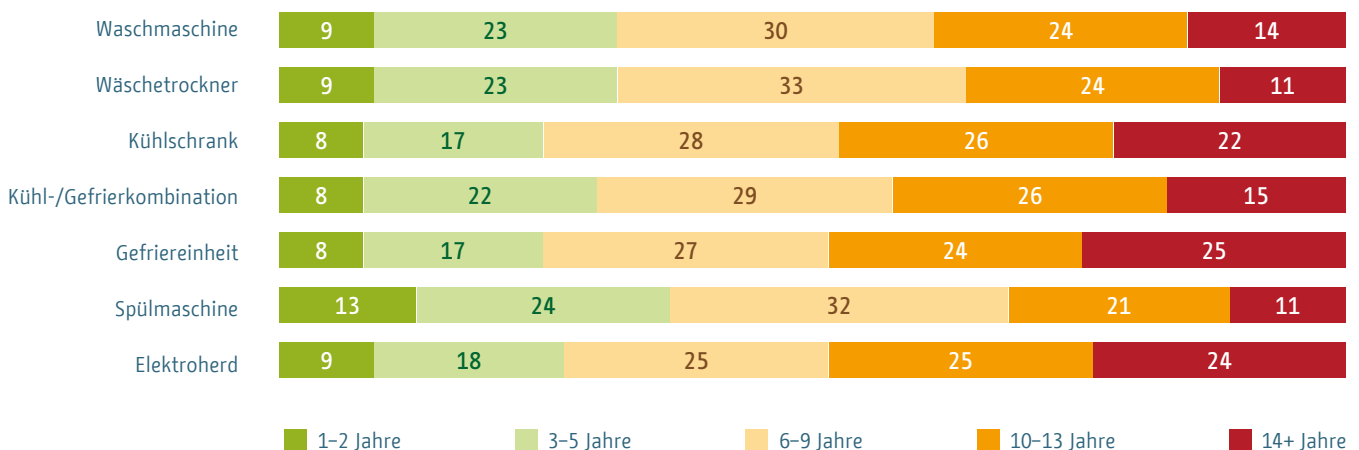
Das Reduktionspotenzial des Faktors Haushaltsgröße kann gehoben werden, wenn der Trend zu mehr Wohnfläche pro Kopf gestoppt oder doch gebremst werden kann, etwa durch neue Formen des Zusammenlebens oder durch Wohnungstauschprogramme. Auch der Gerätepark der Privathaushalte weist noch hohe Anteile alter und ineffizienter Geräte auf, deren Ersatz durch neue, effiziente Geräte ein erhebliches Einsparpotenzial birgt (vgl. Abb. 8).

Auch durch sparsames Verhalten kann der Energieverbrauch privater Haushalte reduziert werden, etwa durch Steckerleisten, die Stand-by-Verluste nicht aktiver Geräte vermeiden. Darüber hinaus können Konsumentinnen und Konsumenten das Klima dadurch entlasten, dass sie vermehrt regionale und saisonale Produkte kaufen, auf Umweltsiegel achten (z.B. Blauer Engel, Biosiegel), weniger Essen wegwerfen oder ihren Fleischkonsum einschränken. Diese Maßnahmen entlasten nicht nur die Umwelt, sie sind vielfach auch gesundheitsfördernd.

Die Machbarkeitsstudie geht davon aus, dass sich alle diese Effekte – Geräteaustausch plus Verhaltensanpassung – auf ein Einsparpotenzial von 50 % (6.110 TJ) summieren, das bis 2050 maximal ausgeschöpft werden kann. Wichtig ist hierbei auch die Entwicklung des Generalfaktors Strom, der die durchschnittlichen Emissionen der Stromversorgung in Deutschland beschreibt: Aufgrund der langfristig zu unterstellenden Verbesserung des Generalfaktors Strom wird sich die damit verbundene CO₂-Einsparung auf 75-93 % des Wertes von 2010 belaufen – je nach Energiemix der deutschen Stromerzeugung.

8

Altersstruktur von Elektrogeräten in privaten Haushalten



Verkehr

Der Verkehrssektor ist mit ca. 4,8 Mio. t CO₂ für rd. 23 % der Emissionen des Jahres 2010 im Land Berlin verantwortlich. Nach einem deutlichen Anstieg der gesamten verkehrsbedingten CO₂-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 (Abb. 9).

In Berlin waren 2010 rd. 1,29 Millionen Fahrzeuge zugelassen, davon 1,1 Millionen Pkw, die überwiegend mit Otto- oder Dieselmotoren betrieben wurden. Alternative Antriebe spielen derzeit noch kaum eine Rolle, haben sich aber in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt: So hat sich die Anzahl von Fahrzeugen mit Flüssiggas seit 2010 von gut 9.000 auf über 14.000 Fahrzeuge im Jahr 2013 erhöht, die Zahl der Hybridfahrzeuge in der Berliner Flotte verdoppelte sich von 2009 bis 2013 auf rd. 4.300. Die Zahl der Elektrofahrzeuge hat sich in diesem Zeitraum sogar vervielfacht. Berlin ist ein bundesweites „Schaufenster“ der Elektromobilität. Auch der Rad- und Fußverkehr hat sich in den letzten Jahren positiv entwickelt. Der Autobesitz in Berlin ist geringer als an vielen anderen Orten Deutschlands. Speziell die junge Generation braucht zwar Mobilität aber nicht unbedingt das eigene Auto. Ein weiteres verkehrspolitisches „Pfund“ Berlins ist sein auch im internationalen Vergleich sehr gutes Nahverkehrssystem.

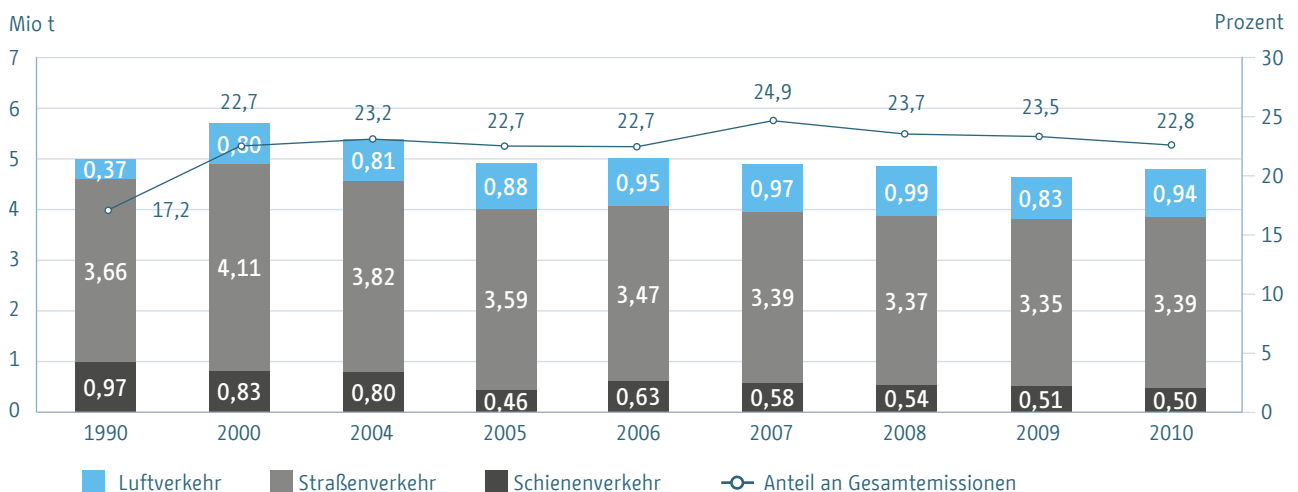
Es gibt verschiedene Reduktionspotenziale im Berliner Verkehr, die an den bisherigen Trends anknüpfen – die Schlagworte „Vermeiden, Verlagern, Verbessern“ geben dabei die Richtung vor.

- Wenn sich die zukünftige Stadtentwicklung konsequent am Leitbild einer „Stadt der kurzen Wege“ orientiert, dann kann Verkehr in nennenswertem Maße vermieden werden. Die polyzentrische Stadtstruktur Berlins bietet dafür sehr gute Voraussetzungen. Auch im Wirtschaftsverkehr bieten neue, urbane Logistikkonzepte die Möglichkeit, Verkehr zu vermeiden.
- Verkehr kann in Zukunft noch stärker vom motorisierten Individualverkehr auf die emissionsarmen bzw. -freien Verkehrsträger des Umweltverbunds (ÖPNV, Fuß- und Radverkehr) verlagert werden. Berlins Stadt- und Bevölkerungsstruktur macht die hierfür notwendigen Sharing-Systeme und verkehrsträger-übergreifenden Mobilitätsangebote auch wirtschaftlich attraktiv.
- Antriebssysteme müssen in ihrer Effizienz weiter verbessert werden. Die Dekarbonisierung des Verkehrs kommt auch durch den Einsatz alternativer Kraftstoffe wie Wasserstoff, Fahrstrom oder Methanol (in der Luftfahrt) voran, wenn dazu erneuerbare Energien eingesetzt werden. Dadurch würde auch das heute noch so klimabelastende Fliegen erheblich CO₂-ärmer werden.

Insgesamt besteht im Verkehrssektor bis 2050 ein theoretisches Einsparpotenzial von 60 % beim Endenergieverbrauch und von 90 % bei den CO₂-Emissionen.

9

Entwicklung der CO₂-Emissionen im Berliner Verkehrssektor 1990-2010



3. Szenarien für ein klimaneutrales Berlin: Denken in Optionen

Um die Zukunft Berlins 2050 in den Blick zu nehmen, wurden verschiedene Szenarien entwickelt und qualitativ wie quantitativ beschrieben. Szenarien sind keine Prognosen, sondern „konditionale Zukünfte“, d.h. sie sagen etwas darüber aus, wie ein System sich unter bestimmten Bedingungen entwickeln könnte und welche alternativen Zustände es dann einnehmen kann. Im vorliegenden Fall ging es um die Frage, was getan werden muss, um im Jahr 2050 Klimaneutralität zu erreichen und wie sich dieses Ziel in den Handlungsfeldern konkret darstellt. Die Szenarienentwicklung der Machbarkeitsstudie stützt sich dabei auf die Analyse der Berliner Ausgangssituation, auf die literaturbasierte Abschätzung technischer Reduktionspotenziale der maßgeblichen Schlüsselfaktoren in allen Handlungsfeldern, auf viele Expertengespräche und mehrere Stakeholderworkshops.

Referenzszenario

Ein Referenzszenario dient üblicherweise als eine Art „Kontrastfolie“ gegenüber den Zielszenarien; damit lassen sich Effekte von zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen abschätzen. In der Regel entspricht diese Referenz einem „Business-as-usual“ (BAU)-Szenario. In der Machbarkeitsstudie wird hingegen auch schon im Referenzszenario unterstellt, dass es zusätzliche Anstrengungen beim Klimaschutz in Berlin geben wird. Konkret wird unterstellt, dass neben den bereits heute umgesetzten Maßnahmen auch alle heute schon beschlossenen Pläne und Projekte der Stadtentwicklung (z.B. STEP Verkehr, STEP Klima) konsequent umgesetzt werden.



Die beiden Zielszenarien: Alternative Wege zur Klimaneutralität

Während eine Reihe wichtiger, aber hier systemexterner Parameter zwischen den Szenarien nicht variiert wurde (Energiepreise, Wirtschaftswachstum, Bevölkerung), sind die beiden Zielszenarien dadurch generiert worden, dass verschiedene systeminterne Parameter identifiziert und zum Teil gezielt kontrastiv gegeneinander profiliert wurden. Dazu zählten vor allem:

- Werte, Einstellungen und Konsummuster;
- Technologieentwicklung/-diffusion;
- Grad der Zentralität/Dezentralität von Wirtschaft, Infrastruktur und Stadtentwicklung;
- Gewichtung der Beiträge von Energieträger-Substitution und Einsparungen.

Diese Variation der Schlüsselparameter erfolgte mit der Maßgabe, in der Summe jeweils eine deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen zu erreichen: nach Möglichkeit sollte der Zielwert einer 85 %-Minderung durch plausible Ausprägungen und Kombination der Schlüsselfaktoren in den Handlungsfeldern realisiert werden. Dieses Ziel konnte erreicht werden, so dass sich dadurch zwei unterschiedliche Szenarien für Berlin ergeben. Die Kurzübersicht auf der nächsten Seite zeigt die Ausprägungen einiger Schlüsselmerkmale im gegenseitigen Vergleich.

Die beiden Zielszenarien können vereinfachend mit den Schlüsselattributen „zentrale, effiziente Stadt“ (Zielszenario 1) und „dezentrale, vernetzte Stadt“ (Zielszenario 2) beschrieben werden, weil sich die Aspekte Zentralität versus Dezentralität insbesondere in den Handlungsfeldern Energieversorgung, Stadtentwicklung, Wirtschaft und Verkehr als systemprägend erwiesen. Mit Blick auf die privaten Haushalte, die Stadtentwicklung und den Verkehr spielte zusätzlich die unterschiedliche Gewichtung von Effizienz und Verhalten (Suffizienz) sowie der Grad der Vernetzung eine wichtige Rolle. Damit spannen die beiden Szenarien aber auch einen Möglichkeitsraum auf, da bei vielen Schlüsselfaktoren der zukünftige Zustand auch „in der Mitte“ liegen kann.



Im Ergebnis zeigt sich, dass beide Zielszenarien das Klimaneutralitätsziel für Berlin erreichen, nicht aber das Referenzszenario, wengleich dieses die Berliner CO₂-Emissio-

sionen des Jahres 1990 drittelt und die des Jahres 2010 immerhin halbiert (vgl. Abb. 10).

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



Viele Facetten des Berlins von heute gewinnen in der klimaneutralen Zukunft noch stärker an Bedeutung: z. B. Kraft-Wärme-Kopplung, Energie-Effizienz-Netzwerke in der Wirtschaft, Multimodalität oder erneuerbare Energien.

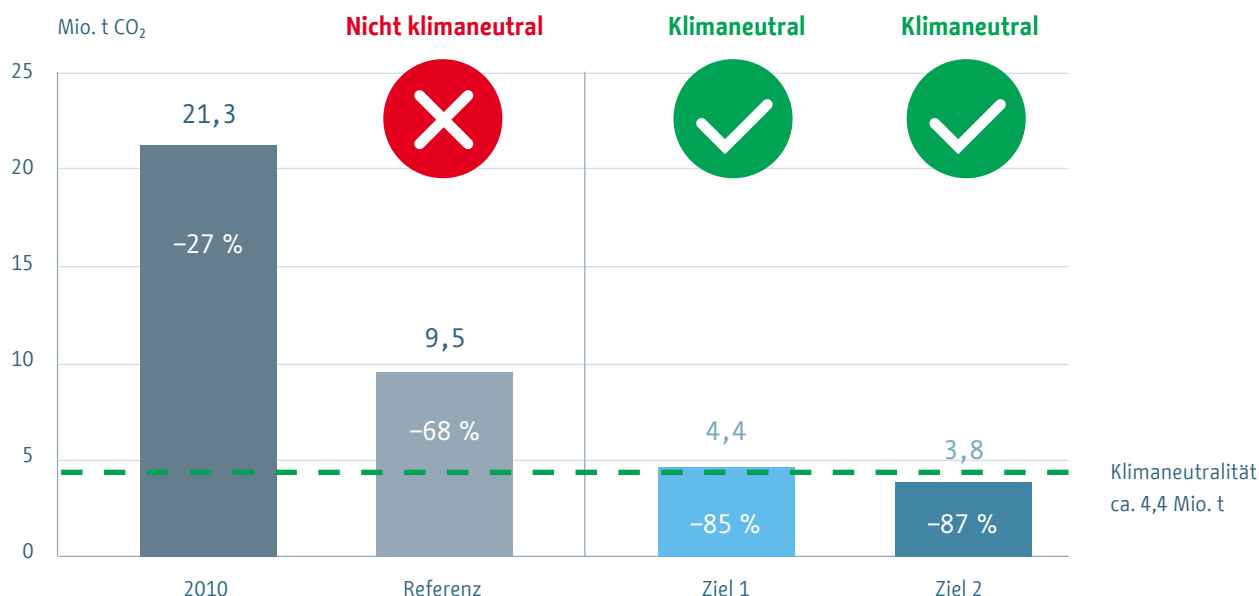
Berlin kann sein Klimaneutralitätsziel also auf mindestens zwei verschiedenen Wegen erreichen. Dem Umbau des Energiesystems kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die Kraft-Wärme-Kopplung, die bereits heute wichtig ist, wird deutlich an Bedeutung gewinnen. Auch die netzgebundene Wärmeversorgung wird weiter 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 allen voran die Solarenergie, insbesondere die Photovoltaik, in Zukunft eine Schlüsselrolle. Sie passt flächensparend auf die Gebäu-

10

CO₂-Emissionen aus Endenergieverbrauch nach Verursacherbilanz 2010, im Referenzszenario und in den beiden Zielszenarien (Reduktion in % verglichen mit 1990)

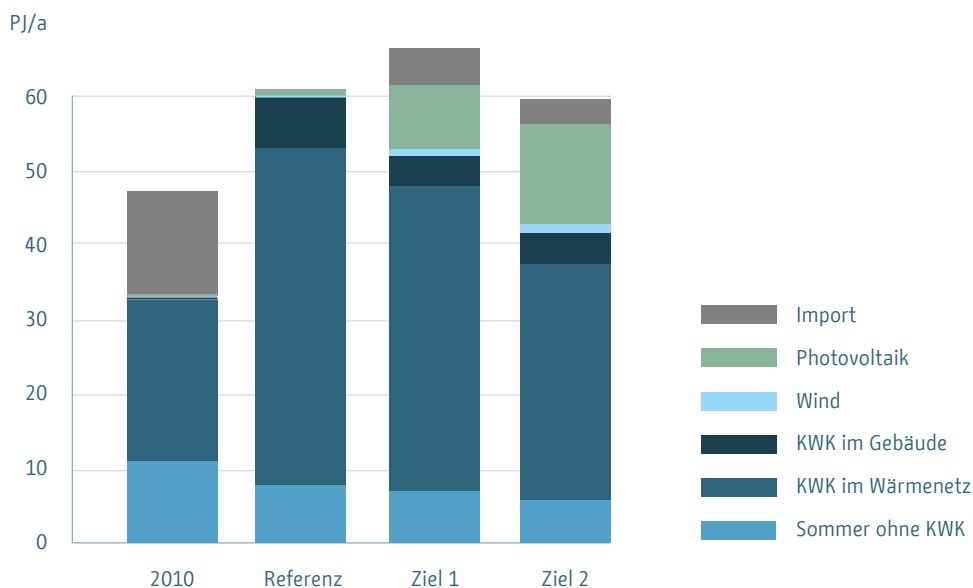




de und an die Fassaden, das städtische Verteilnetz kann große Mengen Solarstrom aufnehmen und die Gestehungskosten sind bereits heute mit Abstand günstiger als der Strompreis der privaten Haushalte und Gewerbebetriebe. In den Zielszenarien kann die Photovoltaik daher zwischen 9 und 13 PJ/a bereit stellen. Das entspricht etwa dem aktuellen Jahresstrombedarf von 1,2 Millionen bzw. 800.000 Zwei-Personen-Haushalten.

Dieser gestiegene Strombedarf Berlins ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass auch im Verkehrsbereich dieser Energieträger immer mehr zum Einsatz kommt – je nach Szenario entweder in einer größeren Privat-Pkw-Flotte oder in mehr Carsharing-Fahrzeugen. In jedem Fall wird die Berliner Fahrzeugflotte des Jahres 2050 deutlich emissionsärmer unterwegs sein und auch weniger Lärm verursachen.

Strombereitstellung, Quelle: Eigene Darstellung

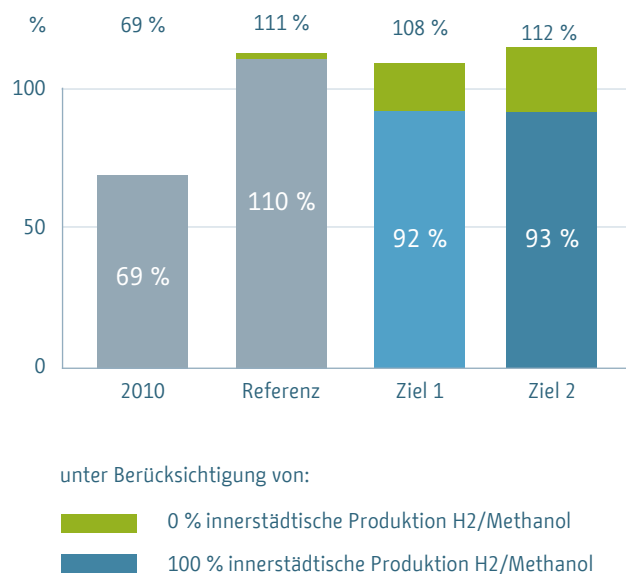


Stadt-Umland-Beziehungen: Berlin als potenzieller Stromexporteur

12

In der Summe wird Berlin seine Stromproduktion deutlich steigern – und damit gleichzeitig den Importbedarf deutlich senken können. Damit ändert sich das pauschale Bild von der Großstadt als „Energiesenke“ deutlich: Bilanziell kann Berlin nämlich seine Strombilanz annähernd ausgleichen. Würden die neuen, systemrelevanten Großverbraucher wie die Power-to-Gas/Methanol-Technologie (im Umfang von 9 PJ/a) außerhalb Berlins angesiedelt, kann 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 wird Berlin dann insbesondere im Sommer, wenn hohe Solarstrommengen erzeugt werden, Strom exportieren. Im Winter dagegen wird es ergänzend zur eigenen KWK-Stromerzeugung vorrangig Windstrom – zum Beispiel aus Brandenburg – benötigen. Das Ergebnis spricht also auch für eine neue Aufgabenteilung mit dem Berliner Umland: Berlin kann durch hohe solare und KWK-basierte Eigenproduktion den Flächenbedarf für Energiebereitstellung reduzieren helfen – in Berlin selbst, aber auch in Brandenburg. In Brandenburg sind damit aus Berliner Sicht möglicherweise keine Braunkohlekraftwerke mehr erforderlich.

Eigenversorgungsgrad
Quelle: Eigene Darstellung



Insgesamt verschiebt sich der Energieträgermix in der Stadt deutlich zu Gunsten des Gasverbrauchs, der 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 Eigenproduktion gedeckt werden kann. Die Anteile erneuerbarer Energien werden die allgemeinen Ziele der Bundesregierung nicht ganz erreichen, mit bis zu 40 % in der Fernwärme, bis zu rund 50 % bei der Stromerzeugung und bis zu rund 60 % bei der Gebäudewärme erzielt die größte deutsche Stadt aber durchaus beachtliche Anteile. Es liegt im Eigeninteresse Berlins, dass auf Bundesebene die Ausbauziele für die Erneuerbaren auch erreicht werden.

4. Strategien und Maßnahmen für ein klimaneutrales Berlin

Noch liegt die Klimaneutralität in ferner Zukunft. Doch schon heute muss dieses Ziel anvisiert und zum Maßstab des Handelns gemacht werden, wenn es nicht verfehlt werden soll. Die Machbarkeitsstudie will deshalb auch Hinweise darauf geben, wie der Klimaneutralitätspfad heute schon beschrritten werden sollte. Dabei wurde insbesondere nach Maßnahmen und Projekten gesucht, die für beide ausgewählten Szenarien gleichermaßen sinnvoll sind, für Berlin also die Freiheit bei der Wahl der Mittel noch eine Zeitlang offen halten. Neben dem Kriterium der CO₂-Einsparung (Effektivität) spielte dabei auch noch deren öffentliche Sichtbarkeit eine Rolle. Projekte mit hoher Sichtbarkeit werden in der Machbarkeitsstudie als Leitprojekte beschrieben.

Sie werden durch eine Reihe weiterer Maßnahmen ergänzt, die im Zusammenspiel dazu beitragen, das Ziel Klimaneutralität zu erreichen.

Insgesamt ist dabei 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: einen Energieeffizienzfonds, einen Mietkaufionsfonds und das Crowdfunding für konkrete Projekte.

Energieversorgung

Die Maßnahmen im Handlungsfeld Energieversorgung zielen auf die zentralen Reduktionspotenziale: einerseits die Verringerung des Energieverbrauchs durch Steigerung der Energieeffizienz, andererseits auf den Ausbau emissionsarmer Energieerzeugungsformen.



- Ein zentrales Leitprojekt ist der „Masterplan Solarhauptstadt Berlin“. Er bündelt mehrere Maßnahmen, die bestehende Hemmnisse abbauen sollen, lokale Kompetenzen bündeln und spezifische „solarurbane Anreize“ setzen.
- Ein weiteres Leitprojekt zielt darauf ab, eine Berliner Kläranlage zum Pilotvorhaben für die smarte Nutzung und Speicherung von Strom weiterzuentwickeln.
- Berlin braucht eine intelligente Vernetzung der verschiedenen Technologien und Infrastrukturen und den Einbau innovativer Erzeugungskomponenten (Power-to-Heat, virtuelle Kraftwerke, Wärmespeicher).
- Das klimaneutrale Berliner Energiesystem braucht das Wissen, das Engagement und auch das Kapital möglichst vieler Menschen. Die Machbarkeitsstudie empfiehlt Modelle der stärkeren ökonomischen und prozeduralen Beteiligung der Berliner Bürgerschaft.

Gebäude und Stadtentwicklung

Der Gebäudesektor trug 2010 mit 47 % zu den Berliner CO₂-Emissionen bei und hat damit auch eine große Verantwortung für das Erreichen des Klimaneutralitätsziels. Dabei sind jedoch eine Reihe wichtiger Randbedingungen zu beachten:

1. Das Mietniveau in Berlin ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen, wozu auch umlagefähige Sanierungskosten beitragen. Auf der anderen Seite droht insbesondere den geringer verdienenden Haushalten in schlecht gedämmten Wohnungen Energiearmut dann, wenn die Energiepreise in Zukunft weiter steigen.
2. Der Berliner Wohnbestand ist in den Jahren nach der Wende in großem Umfang auch energetisch modernisiert worden. Dies gilt insbesondere für die Bestände der großen Gesellschaften, während der private Streubesitz vielfach noch Modernisierungsrückstände aufweist. Bis 2050 gilt es, für ganz Berlin zu einem abgestuften Sanierungsfahrplan zu kommen.
3. Gleichzeitig erhöhen sich die Handlungsspielräume, wenn statt des Einzelgebäudes ganze Quartiere in den Blick genommen werden. Dabei sind Sanierung und

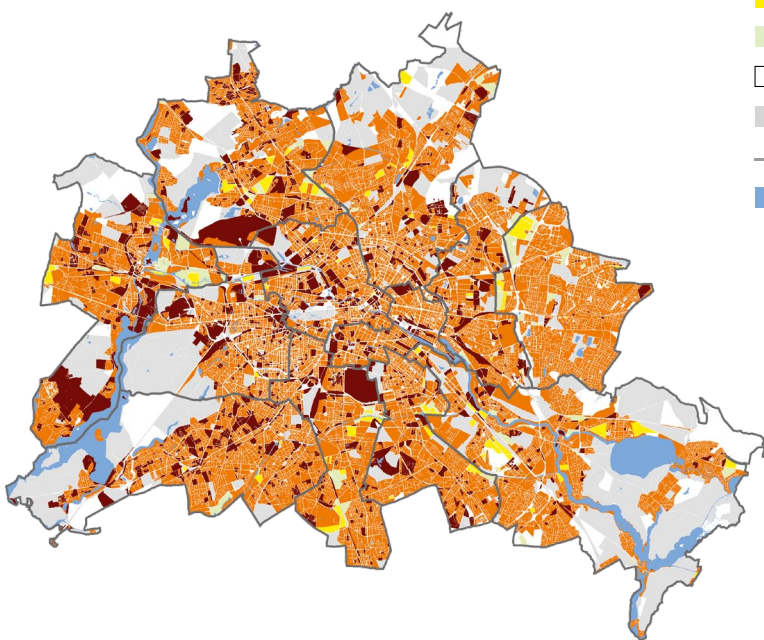
Gebäudeenergieversorgung integriert zu betrachten und zu bewerten.

Die beiden Szenarien der Machbarkeitsstudie tragen dieser Notwendigkeit der Differenzierung Rechnung. Während Zielszenario 2 mit einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr eine Verdoppelung des Tempos gegenüber heute anstrebt, rechnet Zielszenario 1 mit einer nur moderaten Steigerung auf 1,5 %, was dann durch andere Maßnahmen ausgeglichen werden muss. Die folgenden Maßnahmen und Leitprojekte werden zur Erreichung der Ziele unabhängig von der konkreten Sanierungsrate vorgeschlagen:

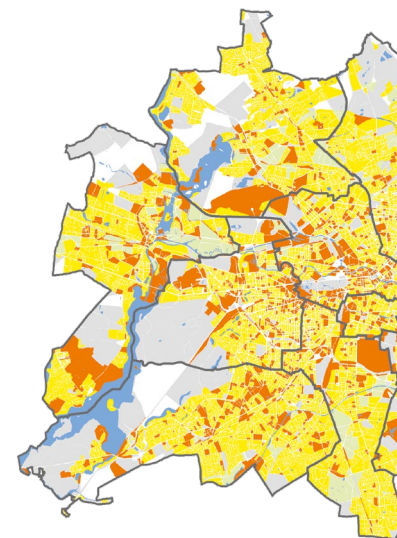
- Berlin muss die Strategie der Innenentwicklung und Nachverdichtung konsequent weiter verfolgen, um den Bevölkerungszuwachs bis 2050 effizient im Stadtgebiet aufzufangen. Dazu gehört auch das Schaffen von Angeboten zur flexiblen, angepassten Wohnflächennutzung, die sich dämpfend auf den Flächenbedarf pro Kopf auswirken.
- Gleichzeitig müssen aber auch Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel berücksichtigt werden, was

13

A. Spezifischer Endenergieverbrauch des Gebäudebestands (ohne Solarthermie und Umweltwärme) 2010



B. Spezifischer Endenergieverbrauch des Gebäudebestands (ohne Solarthermie und Umweltwärme) Szenario: 2050 Ziel 1



das Offenhalten und die qualitative Aufwertung strategisch wichtiger Grün- und Freiflächen bedeutet (siehe hierzu StEP Klima).

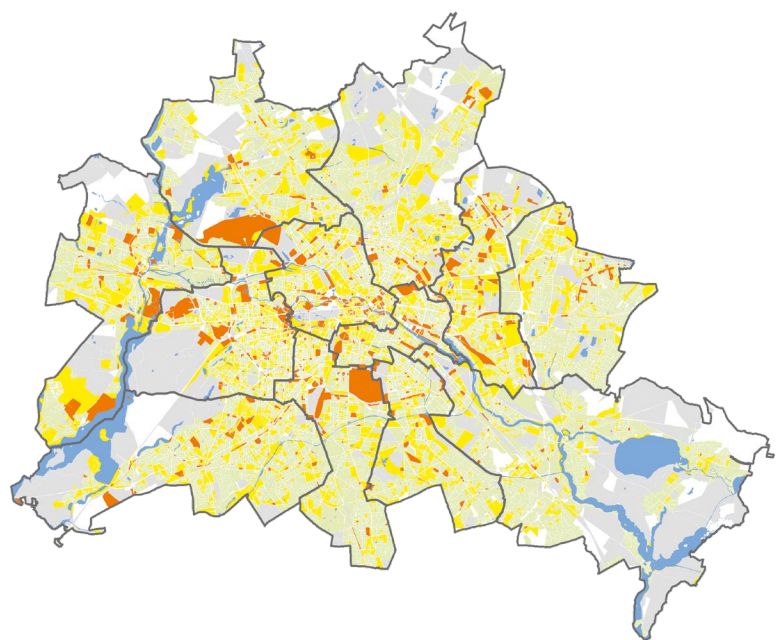
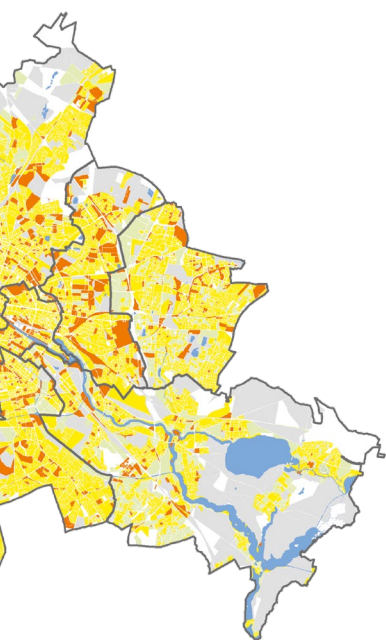
- Bei der energetischen Sanierung im Berliner Bestand müssen Renovierungs- und Modernisierungszyklen berücksichtigt, Sanierungsrückstände gezielt behoben, und in ausgewählten Quartieren mit überschaubarer Eigentümerstrukturen nach besonders effizienten Gesamtlösungen gesucht werden (Leitprojekt „Klimakieze“ im Bestand). Mit angepassten Sonderlösungen sollte auch der denkmalgeschützte Bereich seinen Beitrag leisten.
- Der erhebliche Zubau im Wohn- wie im Gewerbebereich, der in Berlin bis 2050 vorgenommen werden wird, muss mit vorbildlichen Musterlösungen im Gebäudestandard und der Energieversorgung versehen werden (Leitprojekt „NeutralQuartiere“).
- Die Bauleitplanung sollte stärker klimaschutzrelevante Festsetzungen treffen, und die Immobilien des Landes Berlin müssen mit gutem Beispiel bei Wärmebedarf und Energieversorgung vorangehen.

Im Ergebnis wird Berlin im Jahr 2050 einen aus energetischer Sicht guten bis sehr guten Gebäudebestand besitzen (vgl. Abb. 13 A–C). Die Wohnungen für 250.000 zusätzliche

Einwohner werden raum- und energiesparend ins Stadtgebiet integriert werden können, und Berlins großes Kapital – seine Grün- und Freiflächen – werden deutlich zu Lebensqualität und Klimaanpassung beitragen. Auch wenn diesbezügliche Maßnahmen bilanziell derzeit aufgrund der statistischen Erfassungssystematik nicht zu Buche schlagen, so sind sie doch aus Klimaschutzsicht von hoher Bedeutung. Daher werden in der Studie auch zu diesen Aspekten Maßnahmen vorgeschlagen, etwa dass Berlin seine Wälder weiter klimaresilient umbauen und durch Pflege und Renaturierung seiner Moorstandorte die Senkenkapazität für Treibhausgase in der Stadt erhöhen sollte.



C. Spezifischer Endenergieverbrauch des Gebäudebestands (ohne Solarthermie und Umweltwärme) Szenario: 2050 Ziel 2



Wirtschaft

In der Berliner Wirtschaft „schlummern“ noch erhebliche Energieeffizienzpotenziale (20–50 %), speziell bei der Beleuchtung und bei den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) der kleinen und mittleren Unternehmen, aber auch mit Blick auf die Prozessenergie, den Fuhrpark oder die Wirtschaftsgebäude. Zusätzlich kann die Berliner Wirtschaft einen Beitrag zum Ausbau erneuerbarer Energien leisten. Insbesondere im Zielszenario 2 wird stark auf nahräumliche Vernetzungen gesetzt, die gleichzeitig auch stärker dezentrale Lösungen mit sich bringen.

Um diese Potenziale zu heben, sollten u.a. die folgenden Maßnahmen ergriffen werden:

- Aufbauend auf den positiven Erfahrungen des „EnergieEffizienz-Tischs Berlin“ können Runde Tische zum Thema „Klimaneutrales Berlin 2050“ speziell kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) unterstützen. Die ersten ihrer Art sollten als Leitprojekte hinreichend gefördert und sichtbar gemacht werden.
- Bereits bestehende Klimaschutzvereinbarungen für größere Unternehmen sollen fortgeführt und am Klimaneutralitätsziel 2050 ausgerichtet werden. Die Einführung branchenspezifischer Benchmarks und die möglichst flächendeckende Verbreitung betrieblicher Energiemanagementsysteme auch für KMU sind wichtige Maßnahmen.
- Das Modell der Energiespar-Partnerschaften ist weiter auszuweiten und weitere Contracting-Modelle sollen systematisch erprobt und gefördert werden.
- Für bestehende Gewerbegebiete ist die Erstellung und Förderung integrierter Energie- und Klimaschutzkonzepte ratsam. Als Schaufenster für eine klimaneutrale Berliner Wirtschaft bietet sich die Einrichtung eines Null-Emissionen-Gewerbeparks als Leitprojekt an.
- Ebenfalls eine größere Signalwirkung haben klimaneutrale Events und geeignete Wettbewerbe zu diesem Thema, aber auch die Einführung einer regionalen (Eigen-) Strommarke z.B. durch ein kommunales Stadtwerk oder eine Bürgerenergiegesellschaft.
- In technischer Hinsicht sind Projekte zur Steigerung der gewerblichen Abwärmenutzung, zum Thema erneuerbare Prozessenergie sowie grüne IKT-Lösungen zu fördern und zu verbreiten.
- Schließlich ist die Vorbild- und Diffusionswirkung des öffentlichen Beschaffungswesens von hoher Relevanz. Mit derzeit rd. 3 Mrd. € pro Jahr an Ausgaben ist hier eine hohe ökonomische Hebelwirkung gegeben. Daher sollte die bestehende Verwaltungsvorschrift „Öffentliche Beschaffung und Umwelt“ mit Kriterien zur Klimaneutralität untersetzt und das Berliner Beschaffungswesen stärker zentralisiert und damit effizienter werden.



Regionalökonomische Effekte

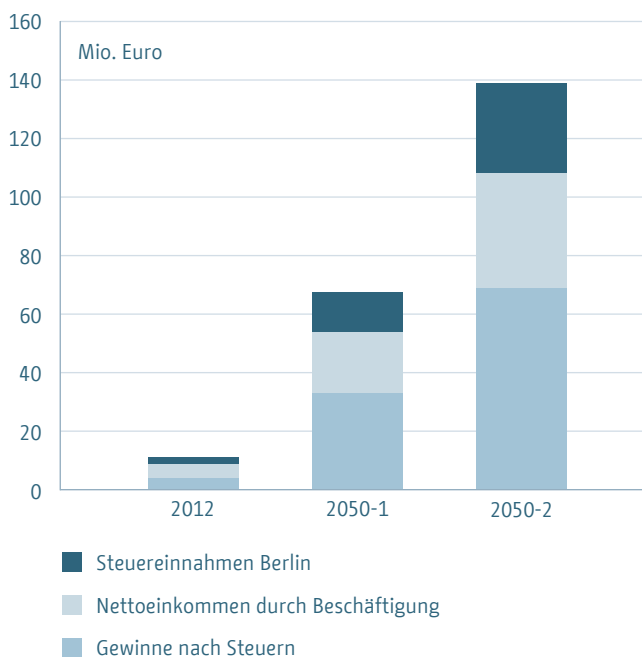
Der Wandel zu einer stärker erneuerbaren und dezentraleren Energieversorgung, eine Erhöhung der Energieeffizienz und viele neue Energiedienstleistungen bringen Kosten mit sich. In der öffentlichen Debatte wird dabei aber gerne unterschlagen, dass auch der Weiterbetrieb des jetzigen, noch fossil geprägten Energiesystems mit Kosten verbunden sein würde. Außerdem kann man nicht einfach heutige Kostenrelationen zwischen dem fossilen System und seiner erneuerbaren Alternative in die Zukunft fortschreiben. Sinkende Kosten durch Lernkurveneffekte neuer Technologien und die absehbar steigenden Kosten fossiler Energieträger sorgen mittel- bis langfristig für eine Verschiebung der Kostenbilanz zugunsten der Erneuerbaren. Werden noch weitere Umweltkosten – etwa die Luftverschmutzung oder die Klimafolgen – berücksichtigt, die heute noch weitgehend ausgeklammert werden, dann zeigen viele ökonomische Studien, dass rechtzeitiges und ambitioniertes Klimaschutzhandeln sich volkswirtschaftlich in jedem Fall auszahlt.

Besonders in regionalwirtschaftlicher Hinsicht können sich vielfältige Nutzeffekte ergeben – auch für Berlin, wenn es seine Zielszenarien realisiert. Im Jahr 2012 haben 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 Berliner Wirtschaftskreislauf umgelenkt werden kann und dort für mehr Wachstum und Beschäftigung sorgt. Heute fließen auch schätzungsweise 260 Mio. Euro an Gewinnen aus der Energiebereitstellung aus der Stadt ab, daneben Steuern, die meist außerhalb Berlins anfallen. Auch sie könnten in Zukunft in der Stadt Gutes tun.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden exemplarisch die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der erneuerbaren Energien in den beiden Zielszenarien untersucht. Dabei wurde angenommen, dass insbesondere im Zielszenario 2 viele Unternehmen und Investoren entlang der jeweiligen Wertschöpfungsketten aus Berlin stammen – 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. Die Abb. 14 zeigt die Ergebnisse für die Wertschöpfungseffekte durch die erneuerbaren Energien in Berlin, aufgeteilt in die drei maßgeblichen Bestandteile kommunale Steuereinnahmen, Einkommen der Beschäftigten und Gewinne der Unternehmen.

14



Die Ergebnisse zeigen, dass parallel zur Vervielfachung der Ausbauzahlen auch die Wertschöpfungseffekte vervielfacht werden können. Berlin kann von seinem Klimaneutralitätsziel auch wirtschaftlich profitieren. Voraussetzung ist allerdings, dass die lokale Wirtschaft die entsprechenden Kompetenzen, Kapazitäten und Qualifikationen mitbringt, um Planung, Fertigung und Wartung der entsprechenden Anlagen auch in Berlin durchführen zu können. Die entsprechenden Rahmenbedingungen dafür müssen im Verein mit der Berliner Wirtschaft (einschließlich des Handwerks) geschaffen werden.

Regionalökonomische Effekte der erneuerbaren Energien in Berlin 2012 (links) und 2050 (beide Zielszenarien, rechts)

Private Haushalte und Konsum

Nach Berechnungen der Machbarkeitsstudie sind die privaten Haushalte für ca. 9 % der CO₂-Emissionen Berlins verantwortlich (Verursacherbilanz, ohne Gebäudewärme und Warmwasser). Nicht vollständig berücksichtigt sind dabei allerdings die sog. Lebenszyklus-Emissionen (auch „graue Energie“ genannt), die je nach Produktgruppe auch mehr als doppelt so hoch sein können. Viele Menschen machen sich darüber schon heute Gedanken, etwa wenn sie abwägen, ob sie im Winter Erdbeeren kaufen sollen (saisonale Produkte), oder ob ein Apfel aus dem Havelland nicht einem neuseeländischen Gegenstück vorzuziehen wäre (regionale Produkte).

So wichtig es ist, klimafreundlich zu konsumieren, so schwer ist es auch, denn oft fehlen grundlegende Informationen. Von daher muss jede Strategie zur Stärkung des klimaneutralen Konsums mindestens vier Dinge beachten:

1. Bewusstsein schaffen, Menschen sensibilisieren;
2. Barrieren abbauen, die der Umsetzung guter Absichten in richtiges Handeln entgegenstehen (z.B. durch bessere Informationen oder bessere Angebote);
3. Motivation und Anreize schaffen;
4. die Machbarkeit aufzeigen und mit gutem Beispiel vorangehen.

Es kommt insbesondere darauf an, den Menschen das Gefühl zu nehmen, ihr umwelt- und klimafreundliches Verhalten sei ein „Opfer“, womöglich noch ein wirkungsloses, welches nur sie allein erbrächten. Stattdessen muss der positive kollektive Effekt des privaten Handelns sichtbar gemacht werden. Vor diesem Hintergrund werden die folgenden Maßnahmen empfohlen:

- Eine zentrale Maßnahme für den „Auftakt“ einer Strategie in Richtung Klimaneutralität, die die Gesellschaft und die Bürger mitnehmen will, muss hinreichend kommunikativ und sichtbar sein. Daher werden einige Leitprojekte vorgeschlagen, wie ein „Grünes Band der Energie“, d. h. eine von der Bewegungsenergie der Passantinnen und Passanten gespeiste piezo-elektrische Lichtinstallation z.B. am Alexanderplatz oder eine „Green Club Initiative“, welche speziell die jüngeren Zielgruppen anspricht.
- Die aktive Unterstützung seitens des Senats und der Bezirke für einen reflektierten und sparsamen Konsum (z.B. durch eine Grüne Sparkarte Berlin, die Förderung von Tauschbörsen und Reparaturangeboten).
- Eine Art „Abwrackprämie“ des Handels für ineffiziente Altgeräte zur Steigerung der Energieeffizienz in den Haushalten.
- Die Schaffung von unterstützenden Rahmenbedingungen für klimafreundlichen Aktivitäten und Prozesse auf zivilgesellschaftlicher und Kiez-Ebene.
- Eine Bildungsoffensive für Klimaneutralität, die vom schulischen bis zum universitären und außerschulischen Bereich reicht.
- Eine informativere Gestaltung der Energieabrechnung (mit Vergleichswerten).

Berlins private Haushalte des Jahres 2050 werden im Vergleich mit heute viel effizienter und noch viel CO₂-ärmer sein, und gezielte Maßnahmen des Senats werden neben bundesweiten Trends (z.B. die Verbesserung des Generalfaktors Strom) dazu maßgeblich beitragen können.



Verkehr

Die Szenarienbetrachtung hat gezeigt, dass bereits heute bestehende Planwerke (z.B. StEP Verkehr, Rad- und Fußverkehrsstrategie, Integriertes Wirtschaftsverkehrskonzept) und Instrumente (z.B. Umweltzone) einen entscheidenden Beitrag zur Klimaneutralität 2050 leisten können. Sie werden aber nicht ganz ausreichen, um das Ziel zu erreichen. Darum sind weitergehende Maßnahmen erforderlich.

- Seit einiger Zeit werden eine ganze Reihe von alternativen Antrieben für Straßenverkehrsfahrzeuge entwickelt, die sowohl dem Klima- als auch dem Umwelt- und Lärmschutz dienen. Eine Kommune kann solche Antriebe nicht entwickeln, aber sie kann ihre Diffusion im Stadtgebiet beschleunigen, z.B. durch die schrittweise Fortentwicklung der Umweltzone zu einer Klimaneutralitätszone.
- Berlin bietet sehr gute Voraussetzungen für die engere Vernetzung von Verkehrs- und Energiesystemen. An flächendeckend vorhandenen Ladestationen können die Elektrofahrzeuge Energie aus dem Netz ziehen, sie können sogar als im Bedarfsfall anzapfbarer Speicher dienen. Modellvorhaben im Stadtgebiet sollten diese Entwicklung unterstützen.
- Berlin bietet ebenfalls sehr gute Voraussetzungen dafür, den Stadtverkehr noch inter- und multimodaler zu machen. Der heute schon sehr gut ausgebaute Umweltverbund (Fußverkehr, Fahrrad, ÖPNV) sollte gezielt weitere moderne Verkehrsformen wie das Bike- und Car-sharing integrieren und Systemlösungen (auch: Tickets) aus einer Hand anbieten.

- Weitere Bahnhöfe und Haltestellen des öffentlichen Personenverkehrs sollten zu Drehscheiben der intermodalen Mobilität ausgebaut werden.
- Berlin wird auch in Zukunft ein attraktiver Wohn- und Arbeitsort sein, besonders junge Menschen zieht es auch weiterhin hierher. Umzüge sind stets mehr oder weniger tiefe Einschnitte in Verhaltensgewohnheiten. Eine Mobilitätsberatung für Neubürger sollte diese Chance nutzen, um aktiv für eine klimaneutrale Mobilität als Bestandteil der „Dachmarke“ Berlins zu werben. Flankiert wird diese Initiative durch ein verstärktes betriebliches Mobilitätsmanagement.

Berlins Verkehrssystem bietet heute schon sehr gute Ansatzpunkte für den schrittweisen Aufbau einer klimaneutralen Mobilität der Zukunft. Dieses Potenzial gilt es zu nutzen und zielorientiert weiterzuentwickeln.



5. Fazit

Die Machbarkeitsstudie zeigt: Berlin kann bis 2050 klimaneutral werden, also seine CO₂-Emissionen des Jahres 1990 um 85 % reduzieren. Es kann dieses anspruchsvolle Ziel sogar auf mehr als einem Weg erreichen. In zwei Zielszenarien wurde aufgezeigt, dass Klimaneutralität sowohl mit einem höheren Anteil zentraler Strukturen und effizienter Technologien als auch mit höheren Anteilen von dezentralen Strukturen und Suffizienz erreicht werden kann. Mit der KWK-Technik und der Solarenergie hat auch und gerade der urbane Raum hervorragende Möglichkeiten, auf umweltfreundliche und systemverträgliche Weise so viel Energie zu erzeugen, dass er keine „Energiesenke“ mehr darstellt, sondern sogar Überschüsse erzielen und

den Flächenverbrauch für Energieerzeugung andernorts reduzieren hilft. Die Fernwärme bleibt bedeutsam, wird ihr Gesicht aber ändern. Die dezentrale und erneuerbare Wärmeversorgung wird stark ausgebaut. Dadurch kann auch der Druck auf die energetische Gebäudesanierung etwas gemindert werden, die dennoch gegenüber heute gesteigert werden muss. Auch wenn systembedingt der Stromverbrauch in Berlin ansteigen wird – etwa durch Elektromobilität, Power-to-Heat oder Power-to-Methanol – werden die Berliner Wirtschaft und die privaten Haushalte hohe Effizienz- und Einsparpotenziale erschließen. Diese neuen Technologien werden im Verbund mit virtuellen Kraftwerken und smarten Strukturen die Systemstabi-

tät nicht nur des Berliner, sondern auch des überregionalen Energiesystems gewährleisten. Mit dem klimaneutralen Umbau des Berliner Energiesystems können schließlich auch Wertschöpfung und Beschäftigung in der Stadt neue Wachstumsimpulse erhalten. Berlin kann sein Klimaneutralitätsziel erreichen, wenn es neben einer Reihe gezielter Maßnahmen in den entscheidenden Handlungsfeldern dieses Ziel auf den politischen und wirtschaftlichen Führungsebenen der Stadt etabliert und durch attraktive und sichtbare Leitprojekte dafür sorgt, dass jede Bürgerin und jeder Bürger die Vorteile des Ziels erkennt und die Bedeutung der eigenen Rolle dabei versteht.



Glossar

CO₂ – Kohlen(stoff)dioxid. Weltweit das wichtigste Treibhausgas, das zur globalen Erwärmung beiträgt.

CO₂-Äquivalente (CO₂eq) – Andere Treibhausgase (z.B. Methan [CH₄] oder Lachgas [Distickstoffoxid, N₂O]) werden gemäß ihres spezifischen Beitrags zur globalen Erwärmung in das Erwärmungspotenzial von CO₂ umgerechnet.

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.

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 CO₂-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.

Multimodalität (Multimodale Mobilität) – Nutzung verschiedener, jeweils geeigneter Verkehrsmittel für einen Weg anstelle der Fixierung auf ein gerade vorhandenes Verkehrsmittel. Multimodalität setzt technische und ökonomische Verfügbarkeit sowie Anschlussfähigkeit der Verkehrsmittel voraus.

Power-to-gas (P2G) – Nutzungsform von (zeitweise) überschüssigem Strom aus erneuerbaren Quellen, bei der zunächst mittels Elektrolyse Wasserstoff (H₂) gewonnen wird. Dieser wird dann unter Zugabe von Kohlendioxid (CO₂) in Methan (CH₄) 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.

Primärenergie – Diejenige Energie, die mit den ursprünglich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht, etwa als Brennstoff (z.B. Kohle oder Erdgas), aber auch durch Energieträger wie Sonne, Wind oder Kernbrennstoffe.

Terajoule (TJ) – Grundeinheit der Energie im internationalen Einheitensystem ist 1 Joule (auch Wattsekunde), was in etwa der Arbeit des menschlichen Herzens pro Schlag entspricht. Ein TJ sind 10¹² Joule, oder 278 Megawattstunden (MWh).

Verursacherbilanz – Eine auf den Endenergieverbrauch bezogene Darstellung der Treibhausgas-Emissionen. Im Unterschied zur Quellenbilanz werden hierbei die Emissionen des Umwandlungsbereichs (z.B. Wärme- oder Stromerzeugung) nicht als solche ausgewiesen, sondern nach dem Verursacherprinzip den sie verursachenden Endverbrauchersektoren zugeordnet.

Bildquellen

Cover: © berlinphotos030 – Fotolia.com

S. 3 rechts: © Batier

S. 5: © draghich – Fotolia.com

S. 6/7: © Rolf Schulten, Berlin

S. 14: © atzbadekappe [M] – Fotolia.com

S. 15: © lassedesignen – Fotolia.com

S. 16 links: © SenStadtUm, Christo Libuda

S. 16 rechts: © Kzenon – Fotolia.com

S. 17 links: © Ilan Amith – Fotolia.com

S. 17 rechts: © SenStadtUm, Michael Danner

S. 19 links: © berlinphotos030 – Fotolia.com

S. 19 rechts: © MartinaM / iStock

S. 21: © mitifo – iStock

S. 22 links: © ehrenberg-bilder – Fotolia.com

S. 22 rechts: © lightpoet

S. 24 links: © Aleksei Potov – Fotolia.com

S. 24 rechts: © lightpixel – Fotolia.com

S. 25 links: © Deutsche Bahn AG

S. 25 rechts: © Volker Witt – Fotolia.com

S. 26: © jock+scott / photocase.com

Herausgeber

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
Württembergische Straße 6
10707 Berlin

Fachabteilung

Sonderreferat Klimaschutz und Energie (SR KE)

Die Machbarkeitsstudie „Klimaneutrales Berlin 2050“ wurde erstellt von

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung PIK (Projektleitung)
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH, gemeinnützig (stellv. Projektleitung)
BLS Energieplan GmbH
Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH
UmbauStadt – Urbane Konzepte . Stadtplanung . Architektur
LUP – Luftbild Umwelt Planung GmbH
bgmr Landschaftsarchitekten
HFK Rechtsanwälte LLP

Autorenteam Broschüre

Fritz Reusswig, Bernd Hirschl, Wiebke Lass

Gestaltung

okamo.de

Klimaneutral gedruckt von

DBM Druckhaus Berlin-Mitte



Stand

März 2014

