



„Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Magdeburg

Auftraggeber:
Landeshauptstadt Magdeburg | Umweltamt



Hannover/Leipzig, 09.08.2017

Impressum

Auftraggeber

Landeshauptstadt Magdeburg
Alter Markt 6
39104 Magdeburg

Bietergemeinschaft

4K | Kommunikation für Klimaschutz
Schierholzstraße 25
30655 Hannover
Tel.: 0511 / 26 08 772
E-Mail: info@4k-klimaschutz.de
Website: www.4k-klimaschutz.de



Bearbeitung

Annerose Hörter
Julia Brandt
Johannes Trunzer

Laufzeit

Juli 2016 bis Juni 2017

Datum

Hannover/Leipzig, 09.08.2017

Leipziger Institut für Energie GmbH
Lessingstraße 2
04109 Leipzig
Tel.: 0341 / 22 47 62 - 0
E-Mail: mail@ie-leipzig.com
Website: www.ie-leipzig.com



Ein Unternehmen der
Technischen Universität Hamburg-Harburg
und der TuTech Innovation GmbH

Ilka Erfurt
Johannes Gansler
Matthias Reichmuth
Anne Scheuermann
Christoph Voigtländer

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	9
2 Ausgangslage	11
3 Vision Magdeburg 2050	13
4 Beteiligungsprozess	18
4.1 Organisations- und Beteiligungsstruktur	18
4.2 Experten	20
4.3 Bürgerinnen und Bürger	23
4.4 Gremien	24
5 Rahmenbedingungen und Annahmen	26
5.1 Rahmenbedingungen und Annahmen	26
5.2 Wirtschaft	31
5.3 Sozioökonomische Rahmenbedingungen	32
5.4 Bilanzierungsmethodik	33
5.5 Definition der Szenarien	36
6 Entwicklung des Energiebedarfs bis 2050	38
6.1 Gebäude	38
6.1.1 Ausgangslage und Trendszenario	38
6.1.2 Strategien und Maßnahmen	41
6.1.3 Masterplanszenario	45
6.1.4 Fazit	46
6.2 Wirtschaft	48
6.2.1 Ausgangslage und Trendszenario	48
6.2.2 Strategien und Maßnahmen	51
6.2.3 Masterplanszenario	53
6.2.4 Fazit	54
6.3 Mobilität	55
6.3.1 Ausgangslage und Trendszenario	55

6.3.2 Strategien und Maßnahmen	57
6.3.3 Masterplanszenario	60
6.3.4 Fazit	61
6.4 Zusammenfassung und Folgerungen für die Energieversorgung	62
7 Energieerzeugung – Bedarf und Konzepte	65
7.1 Ausgangslage	65
7.1.1 Stromversorgung	65
7.1.2 Gasversorgung	66
7.1.3 Wärmeversorgung	69
7.2 Strategien und Maßnahmen	71
7.2.1 Solarenergie	72
7.2.2 Windenergie	77
7.2.3 Geothermie	81
7.2.4 Wasserkraft	82
7.2.5 Biomasse	82
7.2.6 Abwärme, Abwasserwärme und Klärschlamm	84
7.3 Szenarien	85
7.3.1 Strom	85
7.3.2 Fernwärme	87
7.4 Versorgungskonzepte	89
7.4.1 Synthetische Gase	89
7.4.2 Wärmeversorgung	89
7.4.3 Stromversorgung	90
7.5 Fazit	97
8 Entwicklung der THG-Emissionen bis 2050	99
8.1 THG-Emissionen	99
8.2 Sektorale Zielsetzung	100
9 Umsetzung	104
9.1 Kommunikationsstrategie	105
9.2 Zivilgesellschaftlicher Prozess	110
9.3 Verstetigung von Arbeitsstrukturen	113

9.4 Maßnahmenkatalog	115
9.5 Ausgewählte Klimaschutzmaßnahme	126
9.6 Controlling	127
Verzeichnisse	130
Abkürzungsverzeichnis	131
Abbildungsverzeichnis	132
Tabellenverzeichnis	135
10 Literaturverzeichnis	137
Anhang	141

Zusammenfassung

Die Stadt Magdeburg hat bereits viele erfolgreiche Projekte realisiert, um aktiv Klimaschutz zu betreiben. Ein energie- und klimapolitisches Leitbild setzte bereits in 2013 den Rahmen für die Entwicklung von Zielen und Maßnahmen der Kommune. Mit bundesweit beachteten Projekten wie dem Verbundprojekt MD-E⁴ „Magdeburg EnergieEffizienteStadt – Modellstadt für erneuerbare Energien“ sowie einer Exklusivpartnerschaft mit der Deutschen Energie-Agentur (dena) als „Energieeffiziente Kommune“ konnte die Stadt gute Vorarbeiten für den Masterplan-Prozess leisten.

Eine zukunftsfähige Fortschreibung der Magdeburger Klimaschutzpolitik erfolgt nun mit der Beteiligung am Förderprogramm „Masterplan 100% Klimaschutz“ des Bundesumweltministeriums. Magdeburg schließt sich damit gemeinsam mit 21 weiteren Kommunen der ambitionierten Klimaschutzpolitik der Bundesregierung an:

Im September 2015 hat sich der Stadtrat Magdeburg einstimmig für die Bewerbung als Masterplan-Kommune 100% Klimaschutz ausgesprochen. Damit strebt die Stadt eine Verringerung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 95 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 an und will gleichzeitig den Endenergieverbrauch um 50 Prozent vermindern.

Die Projektdauer beträgt vier Jahre, von Juli 2016 bis Juni 2020. Im ersten Projektjahr wurde ein Masterplan-Konzept erarbeitet.

Das Konzept dient als Arbeitsgrundlage für die darauf folgende Umsetzung. In der zweiten Projektphase beschäftigt sich das Masterplan-Management federführend mit Koordination, Initiierung und Umsetzung der Projekte und Maßnahmen. Die Ergebnisse wurden von einer Arbeitsgemeinschaft bestehend aus dem Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig) und der Agentur 4K | Kommunikation für Klimaschutz, Hannover (4K) zusammengeführt und im vorliegenden Konzept aufbereitet.

Vision Klimaneutrales Magdeburg

Das klimapolitische Ziel der Landeshauptstadt Magdeburg als Masterplankommune sieht sowohl eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 95% als auch eine Minderung des Endenergieverbrauchs um mehr als 50% bis zum Jahr 2050 (jeweils gegenüber 1990) vor. Damit diese zentralen Zielsetzungen einer nahezu klimaneutralen Stadt erreicht werden können, sind vielfältige gesellschaftliche Transformationspro-

zesse, innovative Ansätze und neue Kooperationen notwendig. Nicht zuletzt bedarf es der Aktivierung und Einbindung lokaler Initiativen, Projekte, engagierter Akteure und der Bevölkerung. Darüber hinaus können auch neue Technologien mit Spar- und Innovationspotential den Klimaschutz unterstützen.

Im Rahmen des Masterplan-Prozesses fand ein weit gefächerter zivilgesellschaftlicher Prozess zur Identifizierung und Realisierung von Maßnahmen statt. Die

im Rahmen des Masterplan-Prozesses erarbeiteten Visionen werden zum Orientierungsrahmen für das zukünftige städtische und politische Handeln.

Organisation und Beteiligung

Einer der ersten Schritte war die Schaffung einer geeigneten Organisations- und Beteiligungsstruktur für das Projekt „Masterplan 100% Klimaschutz Magdeburg“. Diese definierte neben der thematischen Gliederung der verschiedenen Handlungsfelder ebenso die Beratungs- und Entscheidungsstrukturen der Gremien und die Rollen und Aufgaben der verschiedenen Akteure.

Die Beteiligung lokaler Experten und Akteure an der Erstellung des Masterplans erfolgte durch die Bildung

von Fach-Arbeitsgruppen. Der Arbeitsprozess in diesen Experten-Runden orientierte sich anhand folgender Handlungsfelder im Rahmen von Workshops:

- Energiesysteme und Stromnutzung
- Stadtplanung und Gebäude
- Mobilität
- Wirtschaft
- Klimaverträglicher Alltag
- Regionaler Klimaschutz

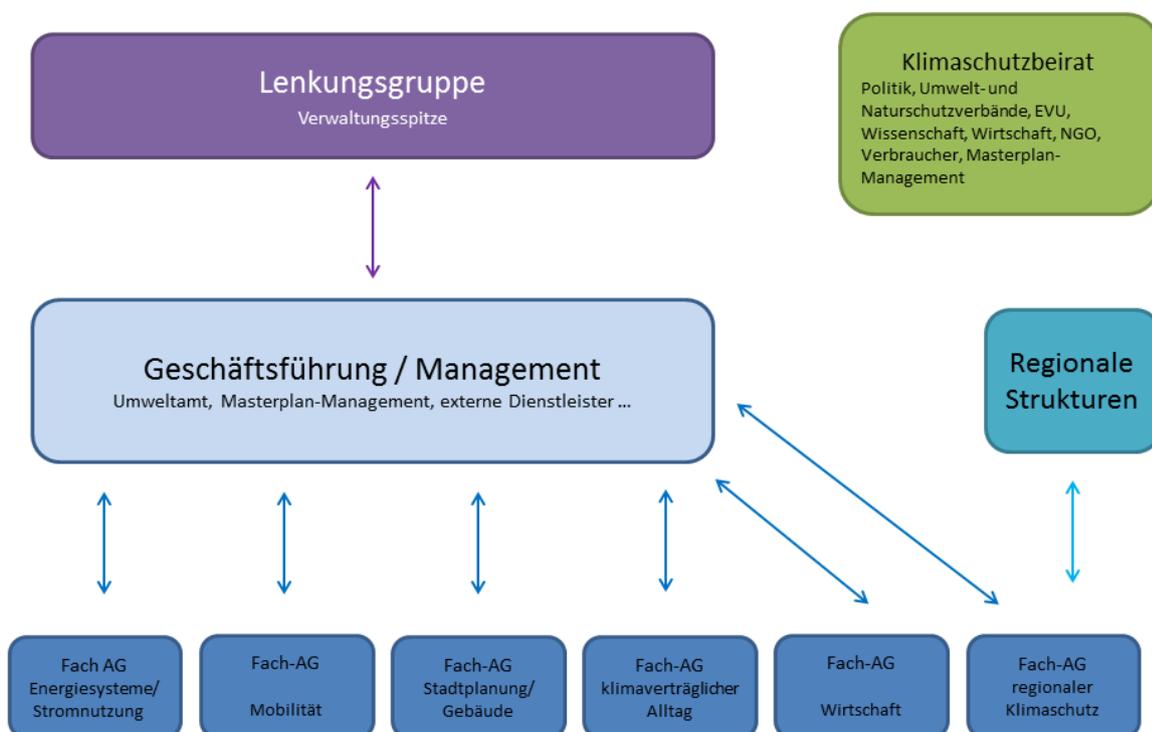


Abbildung 1 Organisations- und Beteiligungsstruktur
Quelle. Darstellung 4K / Bild Stadt Magdeburg



Abbildung 2 Arbeitsprozess in den Fach-Arbeitsgruppen
Quelle: Darstellung 4K

An den insgesamt 12 Workshops zur Erstellung des Masterplans 100% Klimaschutz beteiligten sich knapp 100 Magdeburger aus 58 verschiedenen Unternehmen, Institutionen, Verbänden und Initiativen sowie BürgerInnen. Die wichtigsten direkten Ergebnisse des Partizipationsprozesses lagen dabei, neben der Erarbeitung der Vision, in der Entwicklung von Strategien

und Maßnahmen mit konkreten Handlungsempfehlungen. In den Workshops konnten mehr als 60 Maßnahmen entwickelt werden. Diese wurden im weiteren Projektverlauf in enger Abstimmung zwischen allen Projektbeteiligten diskutiert und ergänzt, um eine hohe Passgenauigkeit und eine maximale Umsetzungsfähigkeit zu erreichen.

Bilanzierung und Szenarien

Allen Masterplan-Kommunen wurde mit dem „Klimaschutz-Planer“ eine einheitliche Bilanzierungsmethodik vorgegeben. Auf dieser Grundlage wurde zunächst die Ausgangslage, also die Entwicklung des Endenergieverbrauchs von 1990 bis 2014 in der Stadt Magdeburg für die einzelnen Verbrauchssektoren Haushalte sowie Kommune, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Mobilität beschrieben. Anschließend erfolgte der Ausblick bis zum Jahr 2050 im Rahmen eines Trendszenarios. Hier wurden die wesentlichen Entwicklungspfade beschrieben, ohne dass zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden. Im Masterplanszenario wurden die Strategien und Maßnahmen aus dem umfassenden Beteiligungsprozess mit den lokalen Exper-

ten aufgegriffen und beschrieben, wie die Masterplanziele hierdurch erreicht werden können.

Ausgehend vom Jahr 1990 reduzierten sich die Treibhausgas(THG)-Emissionen um ca. 73 %; von etwa 4,4 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 1,2 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014. Bis zum Jahr 2050 wird im Masterplanszenario ein weiterer Rückgang um etwa 1,0 Mio. t CO_{2äq} angestrebt (Absenkung um 95 % gegenüber 1990, 82 % gegenüber 2015). Die Emissionen je Einwohner verringerten sich gegenüber dem Jahr 1990 von 15,8 auf 5,4 t CO_{2äq} im Jahr 2014. Bis zum Jahr 2050 erfolgt im Masterplanszenario eine weitere Reduktion auf 0,9 t CO_{2äq} je Einwohner.

Diese Reduktion der THG-Emissionen wird durch die deutliche Steigerung der Energieproduktivität sowie die Ausschöpfung der erneuerbaren Strom-, Wärme- bzw. Brennstoffpotenziale (Energieträgersubstitution) in den einzelnen Sektoren erreicht.

Dazu müssen die Anstrengungen in allen Bereichen stark intensiviert und der erarbeitete Maßnahmenkatalog für die Stadt Magdeburg umgesetzt werden.

- Eine gänzlich direkte Substitution der fossilen Energieträger Erdgas und Mineralöle durch erneuerbare Energien ist mit den verfügbaren lokalen Potenzialen

der Stadt nicht möglich. Daher müssen diese, langsam beginnend ab dem Jahr 2030, durch synthetisches erneuerbares Gas bzw. synthetische erneuerbare Kraftstoffe (so genannte PtX-Energieträger) ersetzt werden.

- Die Erzeugungskapazitäten für PtX-Energieträger müssen überregional geschaffen und kontinuierlich ausgebaut werden.
- Die weitere Verbreitung der Elektromobilität sowie die fortschreitende Effizienzsteigerung in den Endenergiesektoren sind die zentralen Handlungsoptionen, welche die Stadt Magdeburg mit beeinflussen kann.

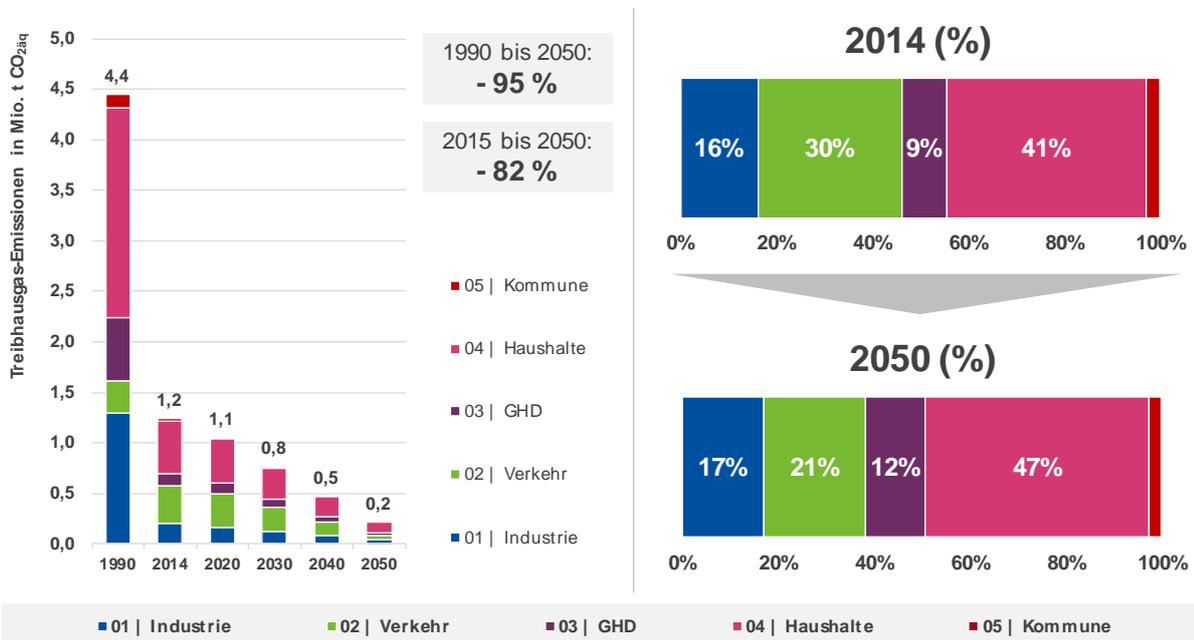


Abbildung 3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario bis zum Jahr 2050 nach Sektoren
 Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015]; Berechnung und Darstellung IE Leipzig
 Anmerkung: * Ab dem Jahr 2030 wird ein Anteil von auf Strom basierenden synthetischen Gasen (Power to Gas) im Erdgasnetz unterstellt. Dabei werden die Emissionen des deutschen Strommix bis 2050 sowie die Wirkungsgradverluste bei der Herstellung der Gase berücksichtigt

Strategien und Maßnahmenideen

Der Maßnahmenkatalog für den Masterplan 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Magdeburg beinhaltet insgesamt 60 Einzelmaßnahmen, aufgeteilt nach sechs Handlungsfeldern (Energiesysteme und Stromnutzung, Stadtplanung und Gebäude, Mobilität,

Wirtschaft, Alltag sowie Regionaler Klimaschutz). Der Maßnahmenkatalog ist ein eigenständiges Dokument und dient als wichtige Arbeitsgrundlage für die spätere Umsetzungsphase (Tabelle 1).

Tabelle 1 Zuordnung der Sektoren zu Handlungsfeldern und deren Fach-Arbeitsgruppen (AG)
Quelle: Darstellung: IE Leipzig



Haushalte und Kommune

Für den Verbrauchssektor der Haushalte (private Haushalte und Kommune) liegen die größten Endenergie- und THG-Einsparpotenziale im Bereich der Wärmeanwendungen. Neben energetischen Sanierungsmaßnahmen von Gebäuden und Anlagen standen die Integration der Energie- und Stadtplanung sowie die effiziente Stromnutzung im Mittelpunkt der Maßnahmenentwicklung. Ein weiterer Fokus wurde auf die Stadt Magdeburg bzw. ihre Rolle als Vorbild

im Rahmen der Strategie 3 „Klimafreundliche Stadtverwaltung als Vorbild“ gelegt.

Grundsätzlich sind die aufgezeigten Effizienzpotenziale nur realisierbar, wenn sie mit einem sparsamen Nutzerverhalten und langfristigem Bewusstseinswandel einhergehen. Sonst steht zu befürchten, dass Einsparungen durch mögliche Rebound Effekte aufgehoben werden. Zielgruppengerechte Informations- und Motivationsangebote sowie Bildung für Nachhaltigkeit sollen die Magdeburger Bürger zu Energieeinspa-

rungen und mehr Aktivitäten im Klimaschutz motivieren. Das alltägliche Lebensumfeld und die Handlungsgewohnheiten bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Suffizienz insbesondere durch Konsumverhalten sowie in der Land- und Gartenwirtschaft.

Industrie und GHD

Grundlage für das Masterplanszenario im **Bereich Wirtschaft (Industrie und GHD)** ist der Erhalt des Wirtschaftsstandortes Magdeburg. Die Unternehmen leisten einen wesentlichen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung. Der Endenergieverbrauch der Wirtschaft in Magdeburg ist zwischen 1990 und 2014 deutlich um rund 78 % gesunken. Ursache dafür waren v.a. Strukturwandeleffekte aber auch unternehmerische Energieeinsparungen und –effizienzverbesserungen.

Für die Zukunft wird erwartet, dass die wirtschaftsleistungsbezogene Endenergieproduktivität durch intensivere Effizienzbemühungen (u.a. Prozessoptimierung, Steigerung der Ressourcen- und Materialeffizienz, Abwärmenutzung, effizientere Technologien) weiter zunimmt. Gleichzeitig erfolgt bis 2050 eine stärkere Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger, u. a. wird ein Teil des fossilen Erdgases durch synthetisches Gas ersetzt. Aus den Handlungsempfehlungen ergeben sich im Bereich Wirtschaft (Industrie und GHD) folgende Strategien:

- Erhöhung der Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien
- Material- und Ressourceneffizienz
- Vernetzung und Wissensmanagement

Mittelfristig lassen sich bedeutende Potenziale für Energieeinsparungen realisieren, wenn beim Einsatz alter Anlagen oder bei Neuanschaffungen in die je-

weils effizienteste verfügbare Technologie investiert wird.

Mobilität

Der **Verkehrssektor** steht beim Klimaschutz vor besonders großen Herausforderungen, da er bisher noch weitestgehend seine Energie durch die Verbrennung von Mineralölprodukten bezieht. Zur Verminderung des Energieverbrauchs im Verkehr sind vielfältige Anstrengungen und eine Kombination mehrerer Strategien erforderlich. Die Maßnahmen des Verkehrsentwicklungsplan 2030+ (VEP 2030+) wurden im Trendszenario berücksichtigt.

Einen ganz wesentlichen Beitrag stellt die Umstellung des Pkw-Verkehrs von fossilen Kraftstoffen auf Elektromobilität dar. Da diese Systemumstellung aber auch einen hohen Kostenaufwand mit sich bringt, ist es besonders wichtig, nur den notwendigen Motorisierten Individualverkehr (MIV) diesem Umstellungsprozess zu unterziehen. Die Maßnahmen der Verkehrsvermeidung durch das Ermöglichen kurzer Wege sowie die Verlagerung von Pkw-Verkehr auf nichtmotorisierte oder effizientere Verkehrsmittel haben daher eine hohe Priorität. Europaweite Vorgaben (zu CO₂-Grenzwerten für Fahrzeuge) und bundesweite Entwicklungen (Förderung der Elektromobilität) unterstützen bereits die Trendwende hin zu einem energieeffizienten Verkehrswesen.

Um jedoch die Ziele der Masterplankommune zu erreichen, sind in der Stadt Magdeburg zahlreiche zusätzliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene erforderlich. Deren Wirkungen lassen sich in vielen Fällen nur ungenau prognostizieren, zumal die Maßnahmen sich auch gegenseitig beeinflussen. Im Zusammenspiel aller Maßnahmen ist es jedoch voraus-

sichtlich möglich, den Endenergiebedarf im Vergleich zu 1990 zu halbieren.

Energieversorgung

Mit dem sinkenden Endenergieverbrauch in allen Verbrauchssektoren geht auch eine deutliche Veränderung der **Energieerzeugung**, ihrer Energieträger und der Versorgungsstruktur einher.

Bis zum Jahr 2050 geht der Einsatz von Mineralölprodukten um ca. 89 % und von Gasen um 55 % zurück. Der Stromverbrauch steigt um 42 %. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger im Masterplanszenario erhöht sich um 90 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 2014. Infolgedessen verschieben sich die Anteile der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch. Im Jahr 2050 wird der Endenergieverbrauch zu 42 % durch den Energieträger Strom dominiert.

Der Kraftwerkspark wird in Magdeburg weitgehend unverändert bestehen bleiben, da alle Anlagen bereits im KWK-Betrieb laufen. Allerdings sinkt die Erzeugung von Strom und Fernwärme bis 2050. Die für Magdeburg ermittelten Potenziale für Biogasanlagen, Photovoltaik und Windenergie werden jeweils vollständig ausgeschöpft.

Infolge wachsender Kapazitäten erneuerbarer Energieerzeuger steigen auch die Belastungen in den zugeordneten Netzebenen. Einspeiseleistungen von bis zu 150 MW übersteigen die Last in Magdeburg teil-

weise. Eine Kompensierung der bis zu 23 MW hohen positiven Residuallast an 220 h im Jahr ist durch eine Kombination verschiedener Lastmanagement-Maßnahmen möglich. Durch Verschiebung von stromintensiven Prozessen im Stundenbereich, Nutzung der Speicherkapazität der Elektromobilität als auch durch dezentrale Stromspeicher und weitere Speichermaßnahmen können die diese zusätzlichen Lasten in die Energieversorgung integriert werden.

Regionaler Klimaschutz

Der Masterplan-Prozess der Stadt Magdeburg hat auch für die Umlandkommunen eine Vorbildwirkung. Wenn er gelingt, profitiert davon auf vielfältige Weise auch das Umland. Dies kann als Ansporn für weitere Kommunen dienen. Regionale Klimaschutzstrategien behandeln übergreifende Fragestellungen mit Schwerpunkt auf den Stadt-Umland-Beziehungen. Hier steht im Mittelpunkt, perspektivisch Projektstrukturen zu entwickeln und am Leben zu erhalten. Als ein Arbeitsschwerpunkt wurde die Initiierung von Leuchtturmprojekten gesehen. Anbieten würde sich eine regionale Kooperation u.a. für die Themen nachhaltige Universität, Klimabildung sowie Verbesserung der Pendler-Mobilität. Auch Kooperationen im Bereich Bioenergienutzung, Kreislaufwirtschaft sowie zur Unterstützung von Bürgerenergieprojekten werden angestrebt.

Umsetzungsprozess

Mit Vorlage dieses Berichtes ist der Masterplan-Prozess nicht abgeschlossen, denn jetzt beginnt die Umsetzungsphase. Dazu gehört nicht nur die Realisierung der Maßnahmen, die von den lokalen Experten

erarbeitet wurden. Um die Ziele des Masterplans zu erreichen, müssen Konzept und Maßnahmenkatalog zudem stetig weiterentwickelt, ergänzt und die organisatorischen Strukturen angepasst werden.

Entscheidend für die Umsetzungsphase wird es sein, die im Konzept beschriebenen Strategien und Maßnahmen in reale Projekte zu übertragen. Möglichst frühzeitig sollte die Machbarkeit der beschriebenen Ansätze am Beispiel konkreter und sichtbarer Modellprojekte erprobt und hiermit weitere Akteure zur Umsetzung von Maßnahmen motiviert werden.

Die Durchführung von Projekten verteilt sich im Idealfall auf viele Schultern. Hierfür muss der Prozess dauerhaft in alle Bereiche der Stadt getragen werden, um möglichst viele Menschen kontinuierlich in den sich entwickelnden Prozess einzubinden. Ziel ist es, den Prozess auch nach Abschluss des Projektes insti-

tutionell in der Kommune wie auch bei den beteiligten Akteuren fest zu verankern, damit die Umsetzung bis zur Jahrhundertmitte gelingt. Bereits in der Konzeptphase wurden daher einzelne Maßnahmen direkt an bestehende Kompetenzen in der Stadt und der Region gekoppelt.

Darüber hinaus sollte eine Breitenbewegung für das klimaneutrale Magdeburg 2050 entstehen. Insbesondere für die Bürgerinnen und Bürger ist eine zielgerichtete Kommunikationsstrategie nötig, die Ziele und Aufgaben zur Umsetzung der Maßnahmen verständlich und motivierend vermitteln kann.

Controlling

Um die Überführung des Masterplans aus der Planungsphase in die praktische Umsetzung bewerten zu können, ist der Fortschritt des Prozesses sowie einzelner Maßnahmen kontinuierlich zu messen bzw. zu evaluieren. Treten Abweichungen auf, können Steuerungsmaßnahmen ergriffen und ggf. neue Ziele gesetzt werden.

Die vorhandene Energie- und THG-Bilanz wird regelmäßig alle zwei Jahre mit dem Bilanzierungstool Klimaschutzplaner fortgeschrieben. Zentrale Indikato-

ren im Rahmen der Bilanzerstellung sind die Erfassung der CO₂-Emissionen, der Anteil der erneuerbaren Energien an Strom und Wärme, der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an Strom und Wärme sowie die Endenergieverbräuche für die einzelnen Sektoren.

Anhand der Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanzen können die Fortschritte sowohl im Hinblick auf das Gesamtziel des Masterplans als auch auf die zuvor definierten Teilziele überprüft werden.

1 Einleitung

Der Stadtrat Magdeburg hat sich am 03. September 2015 einstimmig für die Bewerbung als Masterplan-Kommune 100% Klimaschutz ausgesprochen. Damit strebt die Stadt eine Verringerung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 95% gegenüber dem Jahr 1990 an und will gleichzeitig den Endenergieverbrauch um 50% vermindern.

Mit dieser Aufgabenstellung führt die Landeshauptstadt Magdeburg ihre bisherigen Aktivitäten zu Energieeffizienz und kommunalem Klimaschutz fort und verpflichtet sich, die angestrebten Ziele auch über den Förderzeitraum hinaus in der Kommune weiter umzusetzen. Magdeburg schließt sich damit den ambitionierten Zielen der Bundesregierung an.

Die Bundesregierung verabschiedete bereits 2010 mit dem Energiekonzept die Klimaschutzzielsetzung, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95% zu senken. Den Weg in ein weitgehend treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 zeigt der Klimaschutzplan 2050 auf, der im November 2016 vom Bundeskabinett beschlossen wurde.

Auch international hat die Staatengemeinschaft bereits im Dezember 2015 einen wegweisenden Beschluss im Rahmen des Pariser Klimaschutzabkommens beschlossen:

Die Erderwärmung soll im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf deutlich unter zwei Grad Celsius, idealerweise auf 1,5 Grad begrenzt werden.

Zur Umsetzung der nationalen Ziele auf lokaler Ebene hat das Bundesumweltministerium im Jahr 2012 das Förderprogramm „Masterplan 100% Klimaschutz“ aufgelegt. Die Stadt Magdeburg beteiligt sich daran in der zweiten Förderrunde gemeinsam mit 21 weiteren Kommunen.

Die Projektdauer beträgt vier Jahre (Juli 2016 bis Juni 2020). Im ersten Projektjahr wird ein Masterplan-Konzept erarbeitet, welches als Arbeitsgrundlage für die folgende Umsetzung dient. In der zweiten Projektphase beschäftigt sich das Masterplan-Management federführend mit Koordination, Initiierung und Umsetzung der Projekte und Maßnahmen.

Die bisherigen lokalen Konzepte und Projekte im Rahmen des kommunalen Klimaschutzes (u.a. Verbundprojekt MD-E4 „Magdeburg EnergieEffizienteStadt – Modellstadt für erneuerbare Energien“ sowie eine Exklusivpartnerschaft mit der Deutschen Energie-Agentur (dena) als „Energieeffiziente Kommune“) haben für den Masterplan-Prozess bereits gute Vorarbeiten geleistet.

Diese Konzepte, Maßnahmen und Planungsinstrumente gilt es jetzt bezüglich ihrer Wirksamkeit zu hinterfragen und gemeinsam mit neuen Projekten und Maßnahmen unter ein gemeinsames Dach zu stellen, um eine zukunftsfähige Fortschreibung der Magdeburger Klimapolitik zu gewährleisten. Energiewende gelingt nur mit einer gemeinsamen Anstrengung auf allen Ebenen der Politik, der Wirtschaft und der Gesellschaft. Daher sind Beteiligungsprozesse mit frühzeitiger Einbindung und Teilhabe ausgewählter gesellschaftlicher Akteure ein Kernelement der strategischen Ausrichtung der kommunalen Klimaschutzpolitik bis 2050.

Magdeburg hat aus diesem Grund bereits die Konzeptarbeit gemeinsam mit zahlreichen lokalen Experten in Fach-Arbeitsgruppen und anderen Gremien gestaltet.

Die Ergebnisse wurden von einer Arbeitsgemeinschaft bestehend aus dem Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig) und der Agentur 4K | Kommunikati-

on für Klimaschutz, Hannover (4K) zusammengeführt und im vorliegenden Konzept aufbereitet.

Der folgende Text bemüht sich um eine möglichst gendergerechte und lesbare Verwendung der Substantive.

2 Ausgangslage

Die Landeshauptstadt Magdeburg ist mit rund 241.000 Einwohnern die größte Stadt im Bundesland Sachsen-Anhalt. Durch ihre Lage am Schnittpunkt der Elbe mit dem Elbe-Havel- und dem Mittellandkanal, besitzt die Stadt einen bedeutenden Binnenhafen und ist Industrie- und Handelszentrum.

Der Wirtschaftsstandort Magdeburg ist vor allem geprägt durch den Maschinen- und Anlagenbau, der Umwelttechnologie und Kreislaufwirtschaft, der Logistik sowie der Gesundheits- und Kreativwirtschaft.

Die Stadt entwickelt sich zunehmend auch auf kulturellem und zivilgesellschaftlichem Gebiet. In den letzten Jahren entstanden vermehrt Bürger- und private Initiativen, insbesondere im Bereich Nachhaltigkeit, fairer Handel, alternative Lebensformen, aber auch bei der Gestaltung demokratischer Prozesse.

Für die Region wird die Stadt als wichtiger Entwicklungsmotor gesehen. Dies ist zum einen der Größe der Stadt sowie der kulturellen Bedeutung, aber auch der Einstufung als wichtiger Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort geschuldet.

Magdeburg ist unter den 50 größten deutschen Städten die Stadt mit dem zweitgrößten Anteil an öffentlichen Grünflächen im Stadtgebiet.

Klimaschutz in Magdeburg

Seit 1993 ist die Stadt Mitglied im Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern des Regenwaldes e.V. In diesem Rahmen hat sie sich zu einer kontinuierlichen Verringerung der lokalen Treibhausgasemissionen (THG) verpflichtet.

Zur städtischen Klimaschutzpolitik hat der Stadtrat im September 2010 als konkrete Zielvorgaben beschlossen, dass Magdeburg bis zum Jahr 2050 den Pro-Kopf-Ausstoß klimarelevanter Gase auf 3,2 t CO₂ pro Jahr beschränken wird.

Mit dem energie- und klimapolitischen Leitbild der Landeshauptstadt¹ wurde eine übergeordnete klimapolitische Vision hierzu formuliert. Diese setzt den Rahmen für die Entwicklung von Zielen und Maß-

nahmen für die einzelnen Handlungsfelder der Kommune. Die städtische Energie- und Klimapolitik orientiert sich dabei u.a. an folgenden Grundsätzen:

- Einführung eines kommunalen Energie- und Klimaschutzmanagements
- Vorbildfunktion der Landeshauptstadt
- Motivation von Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen zu energiebewusstem Handeln.
- Breite Bürgerbeteiligung und Kooperation, Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren (insbesondere den Städtischen Werke Magdeburg)
- Besondere Beachtung der regionalen Wertschöpfung
- Regelmäßige Überprüfung der Umsetzung des Leitbilds

¹

http://www.magdeburg.de/PDF/Leitbild.PDF?ObjSvrID=37&ObjID=8875&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&_ts=

In Folge wurden in Magdeburg viele erfolgreiche Projekte realisiert, um aktiv Klimaschutz zu betreiben. Dies konnte nur durch die Mitwirkung von Bürgern, der Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung erfolgen.

So beteiligte sich die Landeshauptstadt von 2011 bis 2016 mit dem **Verbundprojekt „Magdeburg EnergieEffizienteStadt – Modellstadt für erneuerbare Energien (MD-E⁴)“** am Bundeswettbewerb „Energieeffiziente Stadt“. Hierzu wurden 11 Teilprojekte ausgearbeitet und zum Teil bereits umgesetzt.

Im Jahr 2010 ging die Landeshauptstadt eine Exklusivpartnerschaft als Musterkommune für Energieeffizienz mit der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) ein. In diesem Zusammenhang wurde mit dem Aufbau eines kommunalen Energie- und Klimaschutzmanagements begonnen und das erste **Energie- und Klimaschutzprogramms** für die Landeshauptstadt Magdeburg erarbeitet. In 2013 wurde die Landeshauptstadt Magdeburg als bundesweit erste Großstadt mit der Zertifizierung zur **„dena-Energieeffizienz-Kommune“** ausgezeichnet.

Ein weiterer zentraler Baustein der städtischen Klimaschutzarbeit ist die **Magdeburger Klimaallianz**, mit der eine strategische Partnerschaft mit der lokalen Wirtschaft aufgebaut wurde. Ihre Mitglieder bekennen sich zum städtischen Klimaschutz und unterstützen die Stadt bei ihren Klimaschutzbemühungen.

Im Rahmen der städtischen Image-Kampagne „Ottostadt Magdeburg“ wurde ein Logo für den Bereich Klima entwickelt: „Otto schützt Klima“.



Abbildung 4 Otto-Stadt Slogan für den Bereich Klimaschutz
Quelle: Stadt Magdeburg

3 Vision Magdeburg 2050

Mit Blick auf das Jahr 2050 haben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in den Fach-Arbeitsgruppen ein lokales Umsetzungsergebnis für die verschiedenen Handlungsfelder beschrieben. In Form von Annahmen, Wünschen und Vorstellungen wird ein klimaneutrales Magdeburg beschrieben, wenn die Ziele des Masterplans vollständig und ideal umgesetzt worden sind. Es handelt sich hierbei nicht um Prognosen oder Szenarien, sondern um erste Bilder und Visionen.

Den Hintergrund bildet das Fachwissen der Gruppen sowie die Bundes- und Landesziele zu Klimaschutz und Energiewende. Die hier getroffenen Aussagen geben Auffassung und Kenntnisstand der beteiligten Arbeitsgruppenmitglieder wieder und erheben nicht

den Anspruch auf Vollständigkeit. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer teilen ein gemeinsames Grundverständnis zum Thema. Meinungsabweichungen bei einzelnen Aussagen sind möglich.

Vision Klimaneutrales Magdeburg

Das klimapolitische Ziel der Landeshauptstadt Magdeburg als Masterplankommune sieht sowohl eine **Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 95%** als auch eine **Minderung des Endenergieverbrauchs um mehr als 50% bis zum Jahr 2050** (jeweils gegenüber 1990) vor. Damit diese zentralen Zielsetzungen einer nahezu klimaneutralen Stadt erreicht werden können, sind vielfältige gesellschaftliche Transformationsprozesse, innovative Ansätze und neue Kooperationen notwendig.

Nicht zuletzt bedarf es der Aktivierung und Einbindung lokaler Initiativen, Projekte, engagierter Akteure und der Bevölkerung. Darüber hinaus können auch neue Technologien mit Spar- und Innovationspotential den Klimaschutz unterstützen.

Im Rahmen des Masterplan-Prozesses fand ein weit gefächerter **zivilgesellschaftlicher Prozess** zur Identifizierung und Realisierung von Maßnahmen statt. Die im Rahmen des Masterplan-Prozesses erarbeiteten Visionen werden zum Orientierungsrahmen für das zukünftige städtische und politische Handeln.

Vision: Energiebereitstellung und –verteilung

Die **Energieversorgung** beruht auf einem Mix aus zentralen, dezentralen und vernetzten erneuerbaren Energieanlagen sowie aus dem Müllheizkraftwerk. Diese befinden sich im Besitz von privaten und kommunalen Unternehmen sowie Bürgern. Durch gesetzliche Neuerungen wurde die Bildung von Bürgerenergiegenossenschaften gefördert.

Die intelligente Netzinfrastruktur kann nicht nur Energie zum Verbraucher transportieren, sondern bei Bedarf auch die Energie von Erzeugungsanlagen aufnehmen und gezielt an andere Verbraucher weiterleiten. Damit wird lokal erzeugte regenerative Energie lokal verteilt und wieder verbraucht. Die Verknüpfung von Strom- und Kommunikationsnetz zu einem

Smart Grid bietet vielfältige Möglichkeiten der Messung und Steuerung und damit zur Energieeinsparung. Ein wichtiger Eckpfeiler dabei bleibt das hohe Maß an Versorgungssicherheit und Versorgungsqualität.

Die kommunalen Energieunternehmen bieten neben ihrer Funktion als Energiebereitsteller und -versorger zusätzliche Einspardienstleistungen an und haben sich neue innovative Geschäftsfelder erschlossen.

Vision: Stadtplanung und Gebäude

Städtebauliche Planungen und Stadtentwicklungskonzepte orientieren sich an der Idee einer ganzheitlichen **Smart-City**. Durch Quartierskonzepte und gezielte planerische Bemühungen hat eine weitere Wiederbelebung der Quartiere stattgefunden.

Verdichtetes Bauen auf den Industriebrachen in der Stadt und Entsiegelung von Parkflächen haben zu einem höheren **Grünanteil** in der Stadt geführt. Grünzüge, Straßenbäume und stadtklimatisch relevante Flächen stehen unter besonderem Schutz.

Die Sanierung im Bestand hat Vorrang vor dem Neubau. Mit Hilfe von individuellen **Sanierungskonzepten** ist ein Großteil der Wohn- und Nichtwohngebäude energetisch erneuert. Dabei finden auch Aspekte des Denkmalschutzes Berücksichtigung. Die Quartiere zeichnen sich durch eine weitgehende Energieautarkie aus.

In einigen Stadtteilen sind **Modellquartiere** mit ausschließlich Passivhausstandard oder besser entstanden, bei deren Planung weitere Aspekte wie eine klimaneutrale Mobilität, und der Anspruch an neue Wohn- und Lebensformen berücksichtigt wurden.

Vision: Mobilität

Durch eine nachhaltige **Verkehrs- und Stadtentwicklungsplanung** mit verbindlicher Berücksichtigung lokaler Klimaziele wurde eine drastische Senkung verkehrsbedingter Emissionen erreicht. Statt autofreundlich, ist die Stadt nun menschenfreundlicher geworden. Der Verkehr ist fast ausschließlich auf Antriebsenergie aus erneuerbaren Energien umgestellt. Der Modal Split² teilt sich auf in 25% FußgängerInnen, 25% ÖPNV, 25% RadfahrerInnen und 25% teilweise autonomer Individualverkehr. Vielfältige Maßnahmen haben dazu geführt, dass die Stadt siche-

rer für Rad- und Fußverkehr geworden ist und sich die Zahl der Verkehrstoten drastisch reduziert hat.

Die Etablierung des autonomen Fahrens führt seit 2030 zur Herausbildung vielfältigster autonom gesteuerter Fahrdienstleistungen, zugeschnitten auf die jeweiligen aktuellen persönlichen Anforderungen. Durch die Entwicklung des autonomen Fahrens verringert sich der ruhende Verkehr. Der geringere Bedarf an Stellplätzen wird umgewidmet in städtischen Raum für Menschen: Fußwege, Spielplätze, Bänke, freie Plätze....

Durch Stärkung der öffentlichen Infrastruktur und Nahversorgungseinrichtungen in den Stadtteilen wurde die **Nahmobilität** gefördert. Nutzungsmischungen im Wohnumfeld und der Ausbau zentraler Funktionen

² **Modal Split** wird in der Verkehrsstatistik die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel (Modi) genannt. Eine andere gebräuchliche Bezeichnung im Personenverkehr ist Verkehrsmittelwahl. (https://de.wikipedia.org/wiki/Modal_Split)

im Verdichtungsraum, haben zu einer Stadt der kurzen Wege beigetragen. Die Verkehrsbeziehungen innerhalb der Stadt und zwischen Stadt- und Ortsteilen wurden optimiert. Aber auch der Ausbau des Angebots an digitalen Dienstleistungen, wie z. B. Arztbesuche, Behördengänge oder Bildungsangebote, trägt zur Wegevermeidung bei.

Im Stadtgebiet haben Busse und Bahnen durch eine gezielte Trassenführung und separate Busspuren Vorfahrt. Der ÖPNV ist komplett auf nachhaltige Antriebsarten auf Basis von erneuerbaren Energien umgestellt. Seine Nutzung konnte durch gezielte Öffentlichkeitskampagnen, finanzielle Förderungen, Angebotsverbesserungen, Takterhöhung und eine barrierefreie Gestaltung gesteigert werden. Wirtschaftsstandorte im Stadtgebiet werden durch verlässliche ÖPNV-Anbindungen sowie durch den Rad- und Fußverkehr erreicht. Auch die Erreichbarkeit von Magdeburg im schienenengebundenen Fernverkehr mit schnellen Verbindungen wurde verbessert.

FußgängerInnen und FahrradfahrerInnen werden generell im Verkehr (u.a. auch im Hinblick auf die Regeln des autonomen Fahrens) privilegiert behandelt. Bei der Schaffung und dem Ausbau von Wege-

beziehungen wird u.a. darauf geachtet, dass insbesondere Kinder, SeniorInnen und Menschen mit Handicap sicher und barrierefrei unterwegs sein können.

Im städtischen Raum wurden attraktive Möglichkeiten zum Sitzen und Verweilen sowie freie Flächen für kreative Aktivitäten geschaffen. Die neue Attraktivität der Fortbewegung zu Fuß bringt Menschen auf die Straßen und somit in Cafés und Läden, sodass die lokale Wirtschaft profitiert. Das innerstädtische und innenstadtnahe Radverkehrsnetz wurde weiterentwickelt und Fahrradstraßen inkl. Fahrradschnellwege, mehrspurige Radwege sowie ausreichend Fahrradstellplätze an öffentlichen Flächen eingerichtet. Auch an den Mietshäusern sowie an ÖPNV-Schnittstellen und anderen Umsteigepunkten (z.B. Car-Sharing) befinden sich nun ausreichend sichere Radabstellanlagen, um die Wege multimodal zu nutzen.

Bei allen Verkehrsteilnehmern ist ein **Mentalitätswandel** zu beobachten, welcher zu mehr gegenseitiger Rücksichtnahme geführt hat. Die BewohnerInnen wissen um den Ressourcenverbrauch und die Folgekosten ihrer Mobilität und bevorzugen bei ihrer Transportmittelwahl eine möglichst CO₂-neutrale bzw. -arme Mobilität.

Vision: Wirtschaft

Die Unternehmen beachten im Rahmen eines integrierten Prozessmanagements Umwelt- und Klimaschutzbelange, Produktionsprozesse werden effizienter gestaltet und entstehende Abwärme genutzt. Die zunehmende Vernetzung der Unternehmen trägt zur Nutzung von Synergieeffekten bei. So können durch vielfältige Pooling-Lösungen und koordinierte Abstimmungen, aber auch durch neue Technologien Kosten und Transportwege reduziert werden.

Neue Ansätze und technische Möglichkeiten haben zur Entstehung einer sehr nachhaltigen **Kreislaufwirtschaft** geführt. Abfall wird vermieden bzw. wiederverwertet.

Bei den MitarbeiterInnen der Unternehmen ist ein hohes **Bewusstsein für energie- und ressourceneffizientes Verhalten** vorhanden. Dienstreisen erfolgen mit klimaneutralen Verkehrsmitteln bzw. werden durch die zunehmende Nutzung technischer Möglich-

keiten, z. B. Videokonferenzen, vermieden. Die auf dem Markt angebotenen elektrischen **Geräte** weisen ausschließlich eine hohe Energieeffizienz auf. Der

Neukauf von Geräten hat sich durch eine suffiziente Lebensweise der Konsumenten verringert.

Vision: Klimaverträglicher Alltag

Eine klimafreundliche und zukunftsverträgliche Lebensweise wird von der gesamten Gesellschaft getragen und umgesetzt. Es hat ein Wertewandel stattgefunden. Im Vordergrund steht dabei eine nachhaltige Lebensweise ohne Verzicht oder Verschlechterung der Lebensqualität. **Suffizientes Verhalten** wird als Chance für eine Verbesserung der Lebensqualität angesehen.

Die Magdeburger beschäftigen sich kritisch mit ihrem **Konsumverhalten** und dessen Klimawirkung. Sie bevorzugen lokale Dienstleistungen, regionale und saisonale Lebensmittel aus überwiegend biologischem Anbau sowie langlebige Produkte aus nachhaltigen Rohstoffen. In den Haushalten werden Lebensmittel- und Ressourcenverschwendung sowie die Entstehung von Abfällen vermieden.

Würdige Lebens- und Arbeitsformen stehen im Mittelpunkt des gesellschaftlichen Lebens. Das Streben nach Wachstum verliert an Relevanz. Der generationenübergreifende Zusammenhalt ist gestärkt und die Gesellschaft geprägt durch funktionierende Netzwerkstrukturen.

Die BürgerInnen haben den Stadtraum zurückerobert und bauen gemeinschaftlich auf öffentlichen Flächen und freien Grundstücken, Dächern und in nachhaltigen Permakulturen³ Obst und Gemüse an. Das große **bürgerschaftliche Engagement**, die vielen Möglichkeiten zur Gestaltung und Mitentscheidung und die vielfältigen Beteiligungsprojekte haben zu einer neuen Identifikation mit den regionalen und lokalen Strukturen beigetragen.

Umwelt- und Klimabildung und die Sensibilisierung für eine nachhaltige Lebensweise beginnen bereits in den Kitas und setzen sich in Schulen, Ausbildung und Universität fort. Zentrale Beratungsangebote informieren BürgerInnen zielgruppenspezifisch und barrierefrei rund um die Themen Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Klimaschutz.

Die BürgerInnen informieren sich über ihre persönlichen Energieverbräuche und die damit verbundenen CO₂-Emissionen und kennen ihren ökologischen Fußabdruck. Sie haben sich zu **aufgeklärten Energieverbrauchern** entwickelt, die eine klimaneutrale und bezahlbare Energie gezielt nachfragen.

³Permakultur ist ein Konzept zum Aufbau landwirtschaftlich produktiver Lebensräume, die sich selbst erhalten.

Vision: Regionaler Klimaschutz

Der Masterplan-Prozess hat zu einer engeren Verknüpfung und Zusammenarbeit zwischen der Stadt und den Kommunen der Region geführt.

Die Einbindung regionaler Klimaschutz-Multiplikatoren in den Masterplan-Prozess, hat zu einer Stärkung des Klimaschutzbewusstseins in der gesamten Region geführt. Klimaschutz ist nun als kommunale Pflichtaufgabe rechtlich verankert. Eine gemeinsame **Klimaschutzregion** ist entstanden. Aus dem Masterplan-Prozess heraus haben sich Netzwerke etabliert. Vertreter der Kommunen, von lokalen Unternehmen

und Wissenschaftseinrichtungen sowie wichtige gesellschaftliche Multiplikatoren treffen sich regelmäßig zum Austausch von Erfahrungen und Best-Practice-Beispielen sowie zur Abstimmung strategischer Planungen.

Durch die **Strahlkraft des erfolgreichen Magdeburger-Masterplan-Prozesses**, die Vorbildwirkung der Stadt und die neuen Verknüpfungen mit dem Umland, wurde die regionale Identität gestärkt und die Außenwirkung der Region deutlich verbessert.

4 Beteiligungsprozess

Für die langfristige Transformation der Landeshauptstadt Magdeburg hin zu einer klimaneutralen Gesellschaft ist ein aktives Mitwirken aller Bürgerinnen und Bürger, Organisationen, Unternehmen und Umlandkommunen von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund wurde bereits bei der Erarbeitung des Masterplans von Anfang an auf einen breit angelegten Partizipationsprozess gesetzt.

Bürgerinnen und Bürger, engagierte Akteure, lokale Unternehmen, Initiativen sowie Verbände und Kammern erhielten in der frühen Phase der Konzepterarbeitung die Möglichkeit, aktiv daran mitzuwirken.

Der Schwerpunkt des Beteiligungsprozesses wurde explizit auf „externe“ Akteure außerhalb der Politik und Stadtverwaltung gesetzt, um ortsbezogenes Expertenwissen zu bündeln und neue Ansätze für Maßnahmen zu erarbeiten.

4.1 Organisations- und Beteiligungsstruktur

Einer der ersten Schritte nach dem Start des Projekts „Masterplan 100% Klimaschutz Magdeburg“ war die Schaffung einer geeigneten Organisations- und Beteiligungsstruktur (vgl. Abb. 2). Diese definierte neben der thematischen Gliederung der verschiedenen Handlungsfelder ebenso die Beratungs- und Entscheidungsstrukturen der Gremien und die Rollen und Aufgaben der verschiedenen Akteure.

Die Erstellung des Masterplans wurde durch die Geschäftsführung koordiniert, welche aus der Masterplan-Managerin, Vertretern des Umweltamtes sowie den externen Dienstleistern 4K und dem Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig) besteht. Weitere zentrale Elemente der Organisationsstruktur sind, auch über die Erstellungsphase hinaus, die beiden

Indem die Akteure eigene Anregungen und Ideen in den Entwicklungsprozess einfließen lassen konnten, sollte eine breite Akzeptanz für den Masterplan erreicht werden. Dabei wurde insbesondere auch auf die systematische Bündelung und Einbeziehung bereits bestehender Kompetenzen bzw. Kompetenzträger und Schlüsselakteure in den Erstellungsprozess geachtet.

neuen übergeordneten Gremien Lenkungsgruppe und Klimaschutzbeirat.

Die Erarbeitung des Masterplankonzepts und die anschließende Umsetzung gliedern sich in zwei Phasen:

1. Phase: 01. Juli 2016 – 30. Juni 2017

Erarbeitung von Szenarien und Maßnahmen, Benennung konkreter Projekte für die Umsetzung in der 2. Phase. Verlängerung der ersten Phase bis 31.12.2017.

2. Phase: 01. Juli 2017 – 30. Juni 2020

Umsetzung konkreter Projekte

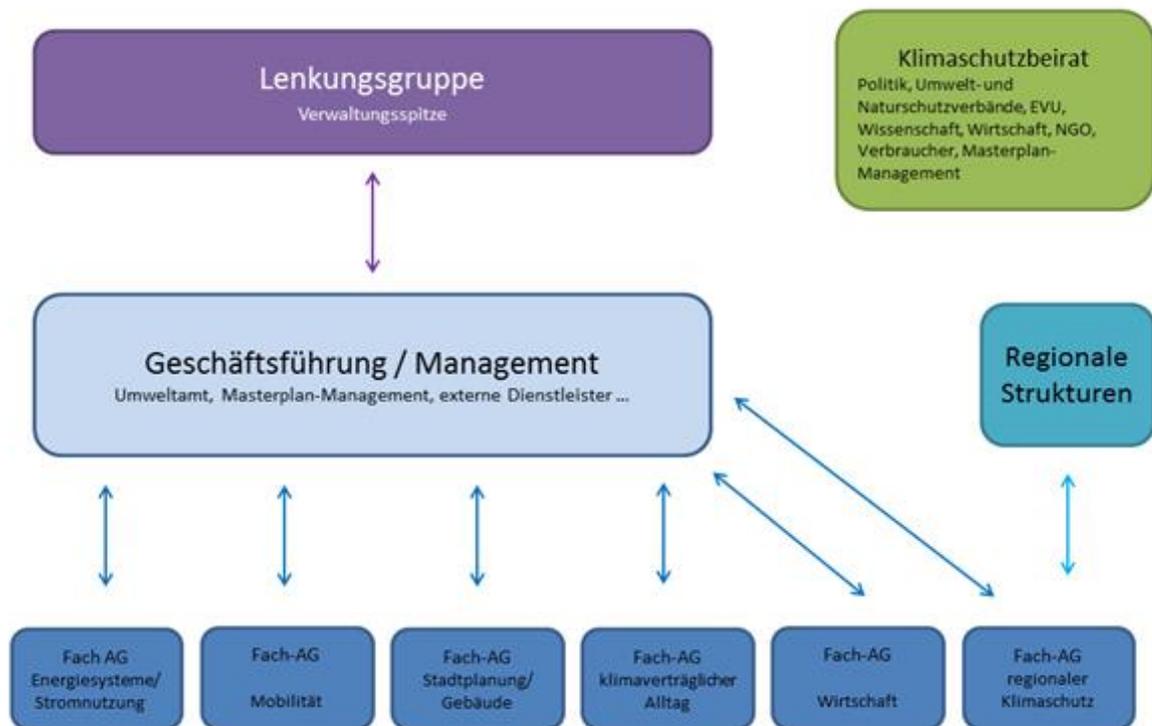


Abbildung 5 Organisations- und Beteiligungsstruktur
Quelle: Darstellung 4K / Bild Stadt Magdeburg

Die Erarbeitung des vorliegenden Masterplans erfolgte in der ersten Projektphase. In dieser Phase wurden die lokalen Experten in Form von Workshops am Masterplan-Prozess beteiligt. Hierdurch konnten wertvolle Erkenntnisse und Informationen zur Poten-

zialermittlung und zu möglichen Handlungsansätzen und konkreten Maßnahmen gewonnen werden. Ihre Hauptaufgabe lag jedoch in der Erarbeitung einer lokalen Vision und daraus abgeleiteter konkreter Maßnahmen.

4.2 Experten

Die Beteiligung lokaler Experten und Akteure an der Erstellung des Masterplans erfolgte durch die Bildung von Fach-Arbeitsgruppen. Der Arbeitsprozess in diesen Experten-Runden orientierte sich anhand folgender Handlungsfelder im Rahmen von Workshops (Abbildungen 6 und 7):

- Energiesysteme und Stromnutzung
- Stadtplanung und Gebäude
- Mobilität
- Wirtschaft
- Klimaverträglicher Alltag
- Regionaler Klimaschutz

Beteiligungsprozesse leben von der Qualität und dem Engagement der Akteure, die für die Teilnahme in den Fach-Arbeitsgruppen gewonnen werden können.

Hierfür wurden lokale Institutionen und Einzelpersonen mit Fachkompetenz identifiziert und temporär zur Teilnahme im Prozess eingeladen. Zum ausgewählten Teilnehmerkreis zählten Unternehmen der Wirtschaft ebenso wie Verbände, Vereine, Kammern, lokale Initiativen, Vertreterinnen und Vertreter von Wissenschaft und Verwaltung (vgl. Abbildung 8).

Die Erstansprache erfolgte über den Oberbürgermeister und den Beigeordneten. Dabei konnte auf vorhandene Kontakte im kommunalen Klimaschutzprozess zurückgegriffen werden.

In zwei inhaltlich aufeinander aufbauenden Veranstaltungsrunden erfolgte die Durchführung von insgesamt 12 halbtägigen Workshops (Tabelle 2).



Abbildung 6 2. Workshop der Fach-AG Mobilität am 05.04.2017
Quelle: Foto 4K



Abbildung 7 1. Workshop der Fach-AG Klimaverträglicher Alltag am 01.12.2016
Quelle: Foto 4K

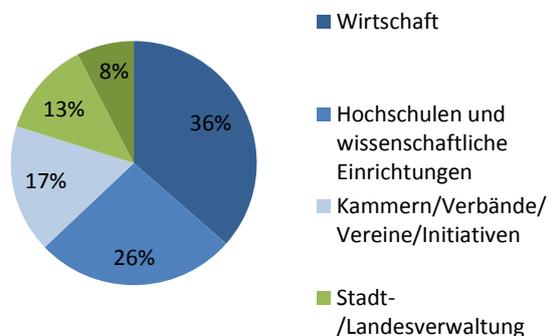


Abbildung 8 Akteure im Beteiligungsprozess
Quelle: Darstellung 4K

Tabelle 2 Workshops in den Fach-Arbeitsgruppen
 Quelle: Darstellung 4K

Fach-Arbeitsgruppe	1. Workshop	2. Workshop
Energiesysteme und Stromnutzung	15.11.2016	28.03.2017
Stadtplanung und Gebäude	16.11.2016	29.03.2017
Klimaverträglicher Alltag	01.12.2016	16.03.2016
Wirtschaft	02.12.2016	17.03.2016
Mobilität	07.12.2016	05.04.2017
Regionaler Klimaschutz	12.01.2017	07.04.2017

An diesen Workshops beteiligten sich knapp 100 Magdeburger aus 58 verschiedene Unternehmen, Institutionen und Initiativen (vgl. Abb. 4). Eine Übersicht der beteiligten Institutionen in den einzelnen Fach-Arbeitsgruppen findet sich im Anhang (vgl. Anlage A 2).

Die Fach-Arbeitsgruppen erhielten in den Workshops fachlichen Input aus den Bilanz-, Potenzial- und Szenarienberechnungen. Bereits erarbeitete lokale Bausteine aus dem bisherigen Klimaschutzprozess und weiterer aktueller Planungsprozesse (u.a. Verkehrsentwicklungsplan 2030plus) wurden thematisch auf-

bereitet und in den Workshops zur Diskussion gestellt. Ein wesentlicher und neuer Ansatz im Arbeitsprozess der Workshops war, dass zunächst ein Visionbild 2050 mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern erarbeitet wurde. Dieses orientierte sich nicht daran, was aus heutiger Sicht erreichbar erscheint. Vielmehr sollten Bilder für ein nahezu klimaneutrales Magdeburg 2050 erdacht werden (vgl. Kapitel 3). Die so erarbeitete Vision stellte die Ziellinie dar, an welcher alle im Rahmen der Workshops erarbeiteten Strategien und Maßnahmen auf lokaler Ebene ausgerichtet wurden (vgl. Abbildung 9).



Abbildung 9 Arbeitsprozess in den Workshops
 Quelle: Darstellung 4K / Bild Stadt Magdeburg

Die Ergebnisse der Workshops zeigten, dass Unternehmen, Bürgerinnen und Bürger sowie zivilgesellschaftliche Gruppen über ein hohes Interesse und eine ausgeprägte Sachkenntnis verfügen. Die wichtigsten direkten Ergebnisse des Partizipationsprozesses lagen dabei, neben der Erarbeitung der Vision, in der Entwicklung von Strategien und Maßnahmen mit konkreten Handlungsempfehlungen.

In allen Workshops konnten insgesamt 60 Maßnahmen generiert werden. Diese wurden im weiteren Projektverlauf in enger Abstimmung zwischen allen Projektbeteiligten diskutiert und ergänzt, um eine hohe Passgenauigkeit und eine maximale Umsetzungsfähigkeit zu erreichen. Die gute Vernetzung und die detaillierte Ortskenntnis der anwesenden Akteure ermöglichte es, Chancen, Herausforderungen und Hemmnisse der Vorschläge abzuwiegen und die Maßnahmen entsprechend weiterzuentwickeln. Zum Teil bekundeten die Akteure auch die Bereitschaft, selbst aktiv zu werden und in Maßnahmen zu investieren. Als Arbeitsergebnis entstand ein Maßnahmenkatalog mit konkreten detaillierten Handlungsempfehlungen sowie einer zeitlichen Priorisierung (vgl. Kapitel 9.4 und Maßnahmenkatalog).

Die Workshops der Fach-AGs wurden durch den externen Dienstleister 4K inhaltlich vorbereitet und moderiert.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer verständigten sich zu Beginn des Prozesses auf einen einheitlichen Kommunikationsrahmen, in welchem die Regeln für das Miteinander in den Workshop-Sitzungen festgelegt wurden. Hierdurch konnte ein Vertrauensrahmen geschaffen werden, welcher eine offene Diskussion zuließ und damit eine konstruktive Arbeitsatmosphäre erst ermöglichte (vgl. Abbildung 10).

Einige Mitwirkende zeigten sich an einer Fortsetzung der Zusammenarbeit im Rahmen des Masterplan-Umsetzungsprozesses interessiert. Eine Fortführung und Verstetigung einzelner Fach-Arbeitsgruppen oder auch Strategien (u.a. Maßnahme F 1.1 „Entwicklung und Koordination von Projektstrukturen im regionalen Klimaschutz“) in Form von Netzwerken bietet sich an (vgl. hierzu auch Kapitel 9.2 Zivilgesellschaftlicher Prozess).



Abbildung 10 1. Workshop der AG Klimaverträglicher Alltag vom 01.12.2016
Quelle: Foto 4K

4.3 Bürgerinnen und Bürger

Die Erarbeitung des Masterplan-Konzepts mit der langfristigen Zielperspektive ist für Bürgerinnen und Bürger sehr praxisfern und schwierig im Alltagsbezug nachvollziehbar.

Für die Beteiligung der breiten Öffentlichkeit müssen daher motivierende Formen für die Mitwirkung entwickelt werden.

Auftaktveranstaltung

Um das Thema einzuleiten und für eine breite Öffentlichkeit interessant zu machen, fand am 03. November 2017 im Tagungszentrum Magdeburg die offizielle Auftaktveranstaltung zum Masterplan statt (Abbildung 11). Die Einladung erfolgte über verschiedene Informationskanäle (Presse, Internetseite der Stadt, soziale Medien, Multiplikatoren und Netzwerke).



Abbildung 11 Auftaktveranstaltung 13.11.2016
Quelle: Foto Umweltamt Magdeburg

Ziele der Veranstaltung waren einerseits eine öffentliche Information über das Projekt und den geplanten Bearbeitungsprozess des Masterplans und andererseits die Mobilisation interessierter Bürgerinnen und Bürger sowie lokaler Akteure.

Nach einer Einführung durch Oberbürgermeister Dr. Lutz Trümper stimmten Impulsvorträge des Ersten Beigeordneten Holger Platz sowie von Dinah Epper-

lein aus der Masterplan-Partnerkommune Göttingen auf den bevorstehenden Masterplan-Prozess ein.

Die rund einhundert Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Politik, Unternehmen, gesellschaftlichen Institutionen sowie Privatpersonen setzten sich anschließend in moderierten Gruppendiskussionen mit ihrer eigenen Vision eines klimaneutralen Magdeburg 2050 auseinander. Die Veranstaltung klang in informeller Runde aus, die alle Beteiligten für den gegenseitigen Austausch über Erfahrungen, Kontakte und Projektanregungen nutzten (Abbildung 12).

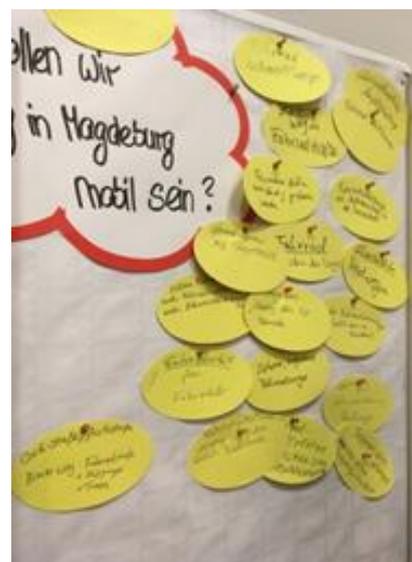


Abbildung 12 Ergebnisse der Gruppendiskussion bei der Auftaktveranstaltung am 13.11.2016
Quelle: Foto Umweltamt.

4.4 Gremien

Die Erstellung des Masterplans wurde durch ein Koordinationsteam der Stadtverwaltung betreut, in dem Masterplan-Management, Vertreter des Umweltamtes und die externen Dienstleister 4K und IE Leipzig eng zusammenarbeiteten.

Als neues Gremium mit wichtiger Beratungs- und Prüfungsfunktion entstand der Klimaschutzbeirat. Die Funktion der Lenkungsgruppe wird durch die Verwaltungsspitze übernommen. Beide Gremien werden auch über die Erstellungsphase hinaus den Masterplan weiter begleiten.

Geschäftsführung und Masterplan-Management

Die Koordination des Gesamtprozesses erfolgt über das Masterplan-Management. Dieses ist für die Querschnittsaufgabe fachlich und methodisch qualifiziert und besitzt ressortübergreifenden Handlungsspielraum sowie kurze Wege zu den städtischen Entscheidern.

Das Masterplan-Management bildet die Schnittstelle zwischen den Akteuren und den Gremien und bindet wesentliche Akteure in die Arbeit ein, um die Umsetzung von Projekten und Maßnahmen zu initiieren.

Eine Hauptaufgabe des Managements ist die frühzeitige Kommunikation aller Maßnahmen im Hinblick auf Akzeptanz, Partizipation und Eigengestaltung. Insbesondere in der Umsetzungsphase wird es die Aufgabe des Managements sein, weitere relevante Akteure in den Prozess zu integrieren und die zuvor ermittelten Potenziale zu aktivieren. Neben der Öffentlichkeitsarbeit und der Mobilisierung von Akteuren gehören auch die Dokumentation und Berichtspflicht gegenüber dem Fördermittelgeber, die Koordination und Durchführung des Controlling- und Monitoringprozesses sowie die stetige Weiterentwicklung des Gesamtprozesses zum Aufgabenfeld des Managements.

In der Konzeptphase wurde das Management durch die externen Dienstleister 4K | Kommunikation für Klimaschutz (4K) und Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig) unterstützt. Gemeinsam mit weiteren Vertretern des Umweltamtes bildeten sie die Ebene der Geschäftsführung/Management.

Das Koordinationsteam, hier Geschäftsführung genannt, traf sich regelmäßig, um einen zielorientierten Prozess in der Phase der Konzepterstellung zu gewährleisten. In der internen Steuerungsrunde wurden jeweils erste Ergebnisse und Fortschritte diskutiert und über das weitere Vorgehen entschieden. Neben der organisatorischen, inhaltlichen und strategischen Gestaltung des Masterplan-Prozesses gehörte zum Aufgabenspektrum der Geschäftsführung auch die Abstimmung über Planung und Durchführung der verschiedenen Veranstaltungen und Beteiligungsformate und die Gestaltung der Außendarstellung und Pressearbeit.

Klimaschutzbeirat

Der Klimaschutzbeirat setzt sich aus einem interdisziplinären und ressortübergreifenden Teilnehmerkreis gesellschaftlich relevanter Entscheidungsträger zusammen. Hierzu zählen Unternehmen der Wirtschaft ebenso wie Verbände, Vereine, Nicht-Regierungs-Organisationen sowie Vertreterinnen und Vertreter von Wissenschaft, Politik und Verwaltung.

Für die Teilnahme wurden alle thematisch relevanten Institutionen, welche vor Ort aktiv sind, angesprochen. Zum Teilnehmerkreis gehören grundsätzliche Unterstützer aber auch Kritiker von lokalen Klimaschutzaktivitäten.

Durch die Verankerung und Vernetzung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Beirats in der Stadt, kann der Beirat wichtige Impulse für die weitere Umsetzung des Masterplans setzen. Er fungiert dabei als Bindeglied und Multiplikator zwischen den kommunalen Entscheidungsgremien und der Bürgerschaft und begleitet und berät inhaltlich den Gesamtprozess von der Phase der Konzepterarbeitung bis zur anschließenden Umsetzung. Die konstituierende Sitzung des Klimaschutzbeirats fand am 13.07.2017 statt.

Lenkungsgruppe

Die Lenkungsgruppe, hier Oberbürgermeister-Runde, besteht aus Entscheidungsträgern der Kommunalverwaltung. Aufgabe der Lenkungsgruppe ist es, sich

anhand einer guten Informationslage mit den erarbeiteten Maßnahmen auseinanderzusetzen und damit den Beschluss des Stadtrats vorzubereiten

5 Rahmenbedingungen und Annahmen

Als Basis für die zukünftige Entwicklung der Stadt Magdeburg bis zum Jahr 2050 werden jene sozioökonomischen Rahmenbedingungen definiert, die vor allem einen relevanten Einfluss auf den künftigen Energieverbrauch haben bzw. die Entwicklung der THG-Emissionen wesentlich beeinflussen.

5.1 Rahmenbedingungen und Annahmen

In Magdeburg ist der demographische Wandel und die damit verbundenen Konsequenzen, wie auch in anderen deutschen Städten, ein wichtiges Thema.

Das Amt für Statistik der Landeshauptstadt Magdeburg hat im Rahmen des Masterplanprozesses eine erste Einwohnerschätzung für die Zeit bis 2050 berechnet, die allen nachfolgenden Szenarien zu Grunde gelegt wird.

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass Prognosen für einen so langen Zeitraum mit sehr großen Unsicherheiten behaftet sind und folglich eine entsprechend geringe Aussagekraft haben. Im folgenden Abschnitt werden zunächst die aktuellen demographischen Entwicklungen und Tendenzen in der Stadt Magdeburg beschrieben und anschließend die Prognose bis zum Jahr 2050 aufgezeigt.

Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungszahlen beziehen sich jeweils auf den 31.12. des angegebenen Jahres. Die Einwohnerzahl der Landeshauptstadt Magdeburg ist im Zeitraum von 1990 bis 2000 deutlich um rund 50.000 Einwohner auf etwa 230.000 gesunken. In den Jahren ab 2000 pendelte die Einwohnerzahl leicht auf etwa konstantem Niveau.

Der außergewöhnlich hohe positive Wanderungssaldo im Jahr 2015 beruhte im Wesentlichen auf der Zuweisung von Flüchtlingen. Die natürliche Bevölkerungsbewegung blieb 2015 wieder im negativen Bereich. Die Geburten erreichten mit 2.174 den höchsten Stand

seit Anfang der 90er Jahre; dennoch entsteht ein negativer Saldo von 752 durch die höhere Sterbefallzahl von 2.926.

Die hohen Altersjahrgänge sind in der Bevölkerung stark besetzt. Daher ist auch in den kommenden Jahren mit einem negativen Saldo zu rechnen. [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a]. Bedingt durch die Zuwanderung lässt sich allerdings eine leichte Verjüngung der Magdeburger Bevölkerung feststellen. Am Jahresende lag das Durchschnittsalter bei 45,2 Jahren [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a].

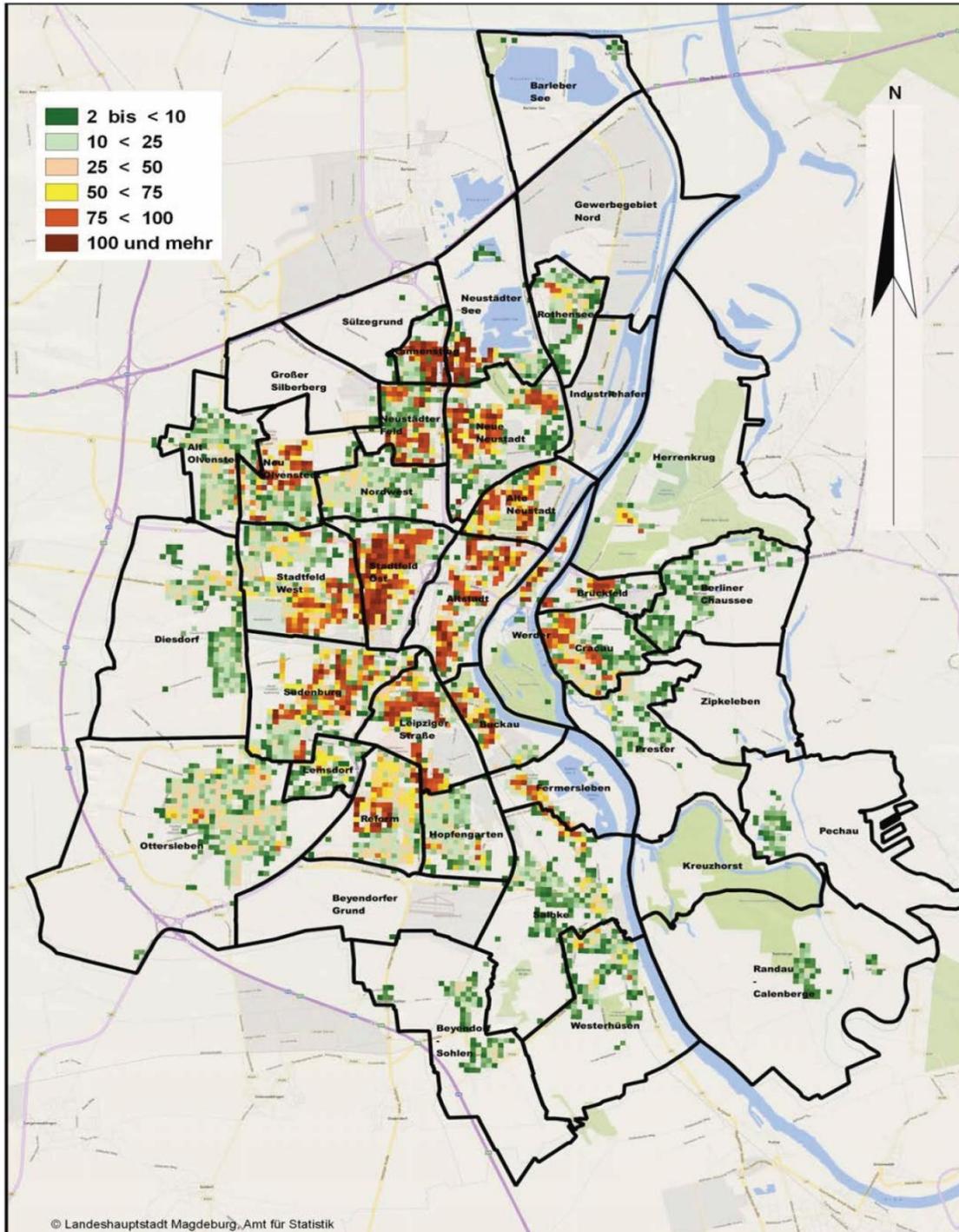


Abbildung 13 Einwohnerdichte (Einwohner mit Hauptwohnsitz je 100 m²)

Quelle: [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a]

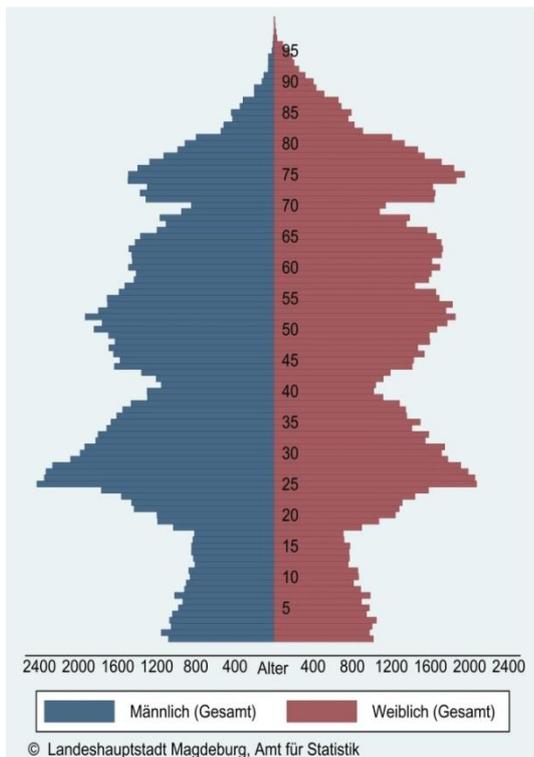


Abbildung 14 Altersstruktur Magdeburger Hauptwohnsitzbevölkerung
 Quelle: [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a]

Der Abwanderungstrend bis Ende der 90er Jahre hinterließ seine Spuren vor allem in den durch DDR-Plattenbauten dominierten Gebieten (u.a. Neustädter Feld und Neu Olvenstedt). Diese beiden Stadtteile verloren zusammen mehr als 30 000 Einwohner.

Gegenüber 1991 ergibt dies im Neustädter Feld eine Reduzierung um 50 % und in Neu Olvenstedt um 66 %, was umfangreiche städtebauliche Maßnahmen wie Rückbau und flächenhaften Abriss ganzer Wohnblöcke z.B. im Rahmen des Förderprogramms „Stadtumbau Ost“ zur Folge hatte. Derzeit wird die Aufwertung der Gebiete vorangetrieben. Ein Bevölkerungszuwachs war u.a. im Stadtteil Ottersleben durch die Fertigstellung neuer Wohngebiete mit Einfamilienhäusern, aber auch Geschosswohnungsbau wie z.B. Frankfelde, Auf den Höhen und Birnengarten zu verzeichnen [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a].

Die Stadtteile Stadtfeld Ost, Sudenburg und Buckau ziehen aufgrund des zunehmenden Sanierungsgrades der vorhandenen Altbauwohnungen, verbunden mit Abriss von Hinterhofgebäuden, junge Menschen an [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a].

Insgesamt wird für die Stadt Magdeburg bis zum Jahr 2050 von einem leichten Anstieg der Bevölkerung auf etwa 250.000 Einwohner ausgegangen (vgl. Abbildung).

Entsprechend der aufgezeigten demographischen Entwicklungen ist die Anzahl der Haushalte seit 2004 gestiegen und beträgt aktuell ca. 130.000 Haushalte (vgl. Abbildung 16).

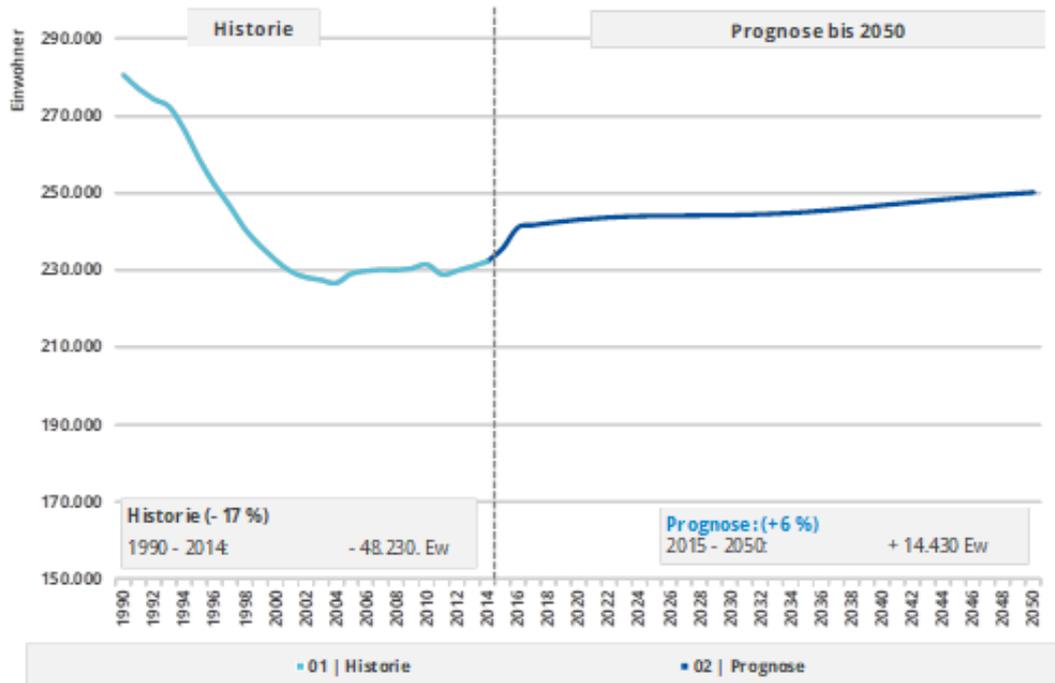


Abbildung 15 Historie und Projektion der Einwohnerentwicklung in der Stadt Magdeburg

Quelle: [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a] & [Landeshauptstadt Magdeburg 2017a]

Anmerkung: Stand zum 31.12. des jeweiligen Jahres

Entwicklung der Wohneinheiten

Die Anzahl der Wohneinheiten in Magdeburg stieg von rund 137.000 im Jahr 1995 auf 142.300 im Jahr 2014. Dies entspricht einer Steigerung von ca. 4 %. Die Wohnfläche vergrößerte sich im gleichen Zeitraum um 16 % von 8,5 Mio. m² im Jahr 1995 auf über 9,8 Mio. m² im Jahr 2014 (vgl. Abbildung 17). Der Anstieg der Wohneinheiten liegt auch darin begründet, dass die Anzahl der Personen je Wohneinheit kontinuierlich sinkt. Lebten im Jahr 1995 noch 1,89 Personen in einer Wohneinheit, sind es 2014 nur noch 1,63 Personen. Diese Entwicklung spiegelt sich in der Wohnfläche je Einwohner wider. Heute steht einem Bewohner in der Stadt Magdeburg eine Wohnfläche von durchschnittlich 42,4 m² zur Verfügung, im Jahr 1995 waren es ca. 33 m²; das entspricht einem An-

stieg von 29 %. Sowohl im Trendszenario als auch im Masterplanszenario für die Stadt Magdeburg wird davon ausgegangen, dass der in der Vergangenheit beobachtete Trend der zunehmenden Wohnfläche je Einwohner bis 2050 anhalten wird, so dass die Wohnfläche je Einwohner von 42,4 m² im Jahr 2014 auf 46 m² im Jahr 2050 weiter ansteigt. Dies entspricht einem weiteren Anstieg von 8 %. Die leicht steigende Bevölkerung und die zunehmende Wohnfläche je Einwohner führen somit zu einer weiterhin steigenden Wohnfläche (2015 bis 2050: ca. + 15 %). Eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung des Wohnbestandes in der Stadt Magdeburg erfolgt im Kapitel 6 Entwicklung des Endenergiebedarfs bis 2050 unter 6.1 Gebäude.

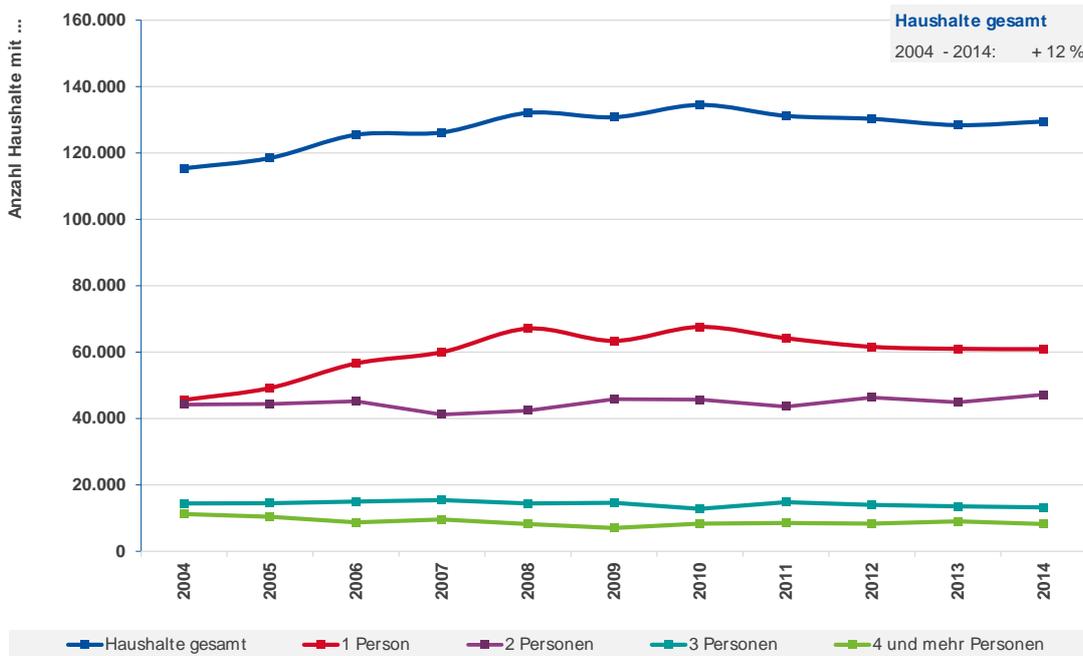


Abbildung 16 Haushaltsangaben der Stadt Magdeburg
Quelle: [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a]

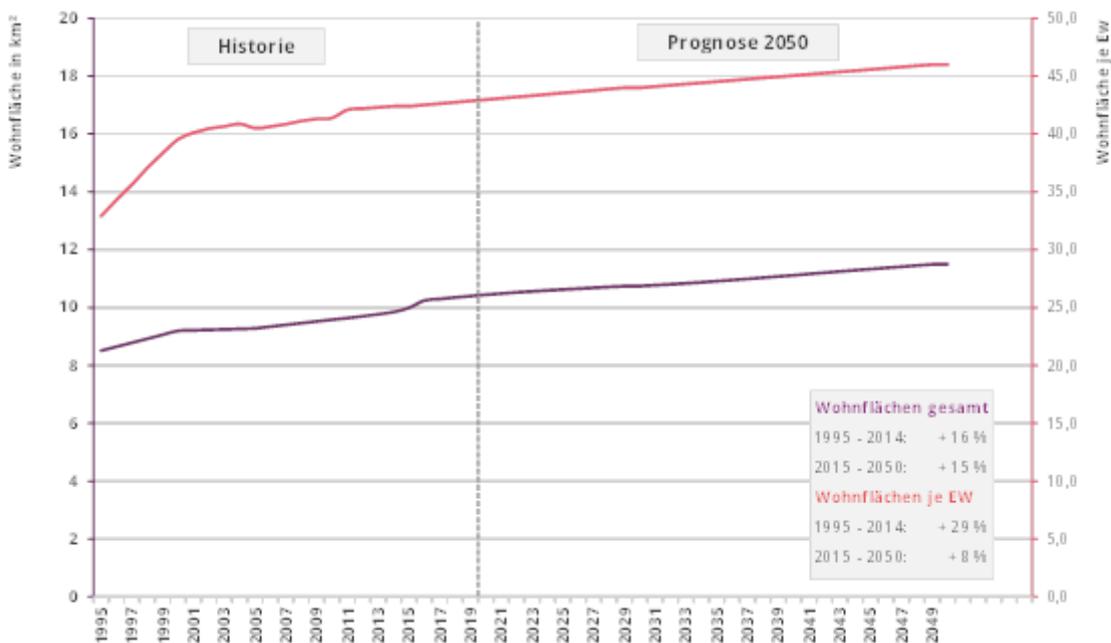


Abbildung 17 Entwicklung der Wohnflächen in der Stadt Magdeburg
Quelle: [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

5.2 Wirtschaft

Über den Zeitraum von 1996 bis 2014 betrachtet, liegt das Bruttoinlandsproduktwachstum (BIP) der Stadt Magdeburg bei $\bar{\varnothing}$ ca. + 0,8 % pro Jahr. Die zukünftige Entwicklung des BIP wird in Anlehnung an die für Deutschland angenommene Entwicklung [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015a], unter Berücksichtigung der spezifischen Wirtschaftsstruktur der Stadt

Magdeburg betrachtet. Im bundesdeutschen Klimaschutzszenario 2050 wird für die Projektion des preisbereinigten BIP im Durchschnitt von einem Wachstum von 0,78 % pro Jahr für den Zeitraum 2010 bis 2050 für Deutschland ausgegangen [Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES 2016] & [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015b].

Entwicklung des BIP

Für die Stadt Magdeburg wird von einem langfristigen Wachstum des BIP um jährlich durchschnittlich 0,7 % (preisbereinigt, real) bis zum Jahr 2050 ausgegangen (vgl. Abbildung 18).

Hinter der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, ausgedrückt in Form des Bruttoinlandsproduktes, verbergen sich unterschiedliche Veränderungen in den einzelnen Branchen.

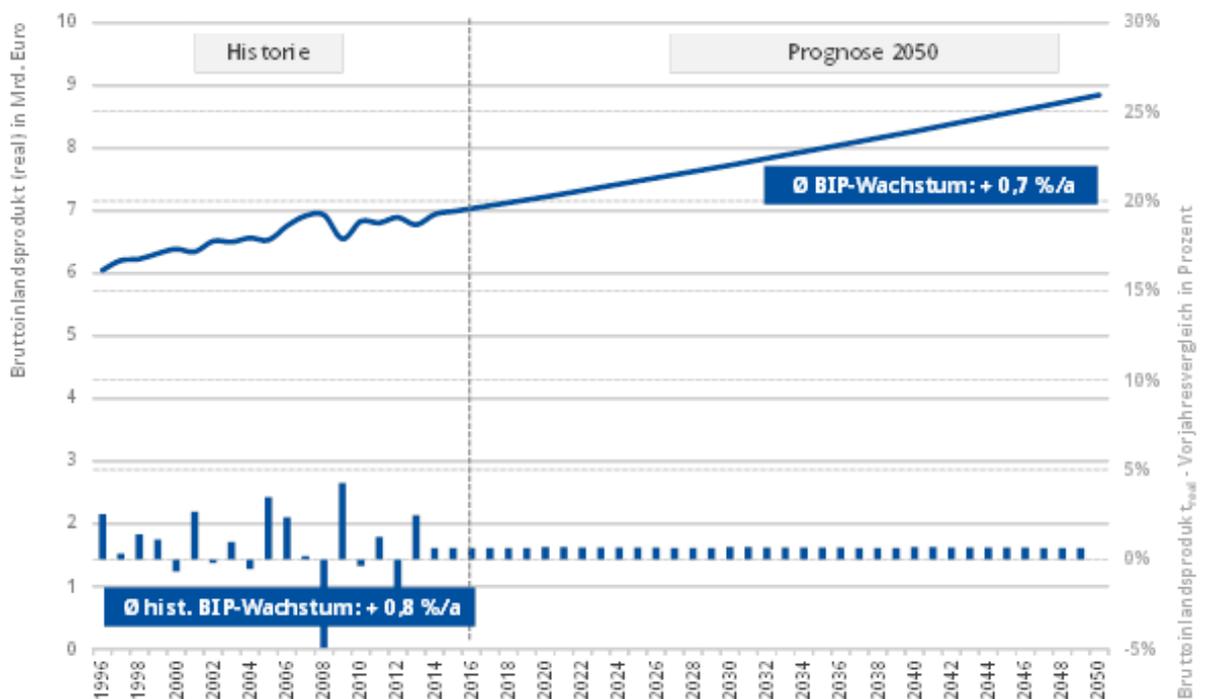


Abbildung 18 Historie und Projektion des Bruttoinlandsprodukt (real)

Quelle: [VwGdL 2015], [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015b], [Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES 2016], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

Tabelle 3 Historie und Projektion der Entwicklung der Erwerbstätigen

Quelle: [VwGdL 2015], [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015b], [Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES 2016]
 Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

Erwerbstätige in 1.000	2000	2014	2020	2030	2040	2050
01 Land- und Forstwirtschaft	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
02 Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau	12,8	13,0	13,2	13,3	13,3	13,4
03 Baugewerbe	15,3	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0
04 Wirtschaftsdienstleistungen	112,6	116,1	117,8	119,3	120,8	122,3
Magdeburg Gesamt	140,9	136,7	138,3	139,8	141,3	142,8

Es wird nicht davon ausgegangen, dass sich die Wirtschaftsstruktur der Stadt Magdeburg grundlegend verändern wird. Die Wirtschaftsdienstleistungen (04) werden weiterhin den dominierenden Wirtschaftsbereich darstellen. Weiterhin wird angenommen, dass sich der Trend zur Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft weiter verfestigt und dementsprechend die

Bedeutung der Wirtschaftsdienstleistungen erhöht (vgl. Tabelle 3).

Die Zahl der Erwerbstätigen in der Stadt Magdeburg stagnierte die letzten Jahre. Langfristig, bis 2050 betrachtet, wird, in Anlehnung an die Einwohnerentwicklung, die Anzahl der Erwerbstätigen sich leicht erhöhen.

5.3 Sozioökonomische Rahmenbedingungen

Mit der Projektion der zukünftigen Entwicklung von

- Bevölkerung
- Bruttoinlandsprodukt
- Erwerbstätigen
- Wohnflächen
- Wohnungseinheiten

sind die wesentlichen sozioökonomischen Rahmenbedingungen definiert, die einen relevanten Einfluss auf den künftigen Energieverbrauch bzw. die THG-Emissionen der Stadt Magdeburg haben.

Abbildung 19 zeigt den indizierten Verlauf dieser Entwicklungsgrößen im Zeitraum 1990/2000 bis 2050

im Vergleich. Im Zeitraum 2014 bis 2050 zeigt sich ein leichter Anstieg der Einwohner, eine steigende Entwicklung der Wohneinheiten und der Wohnflächen.

Die zukünftige Steigerung des Bruttoinlandsproduktes bis zum Jahr 2050 wird leicht geringer als noch im Zeitraum 1990 bis 2014 ausfallen. Da die zukünftig zu erwartenden Produktivitätsfortschritte voraussichtlich etwas höher ausfallen werden als die Wachstumsraten des Bruttoinlandsproduktes (real), werden die Erwerbstätigenzahlen entsprechend der Bevölkerungsentwicklung kaum steigen.

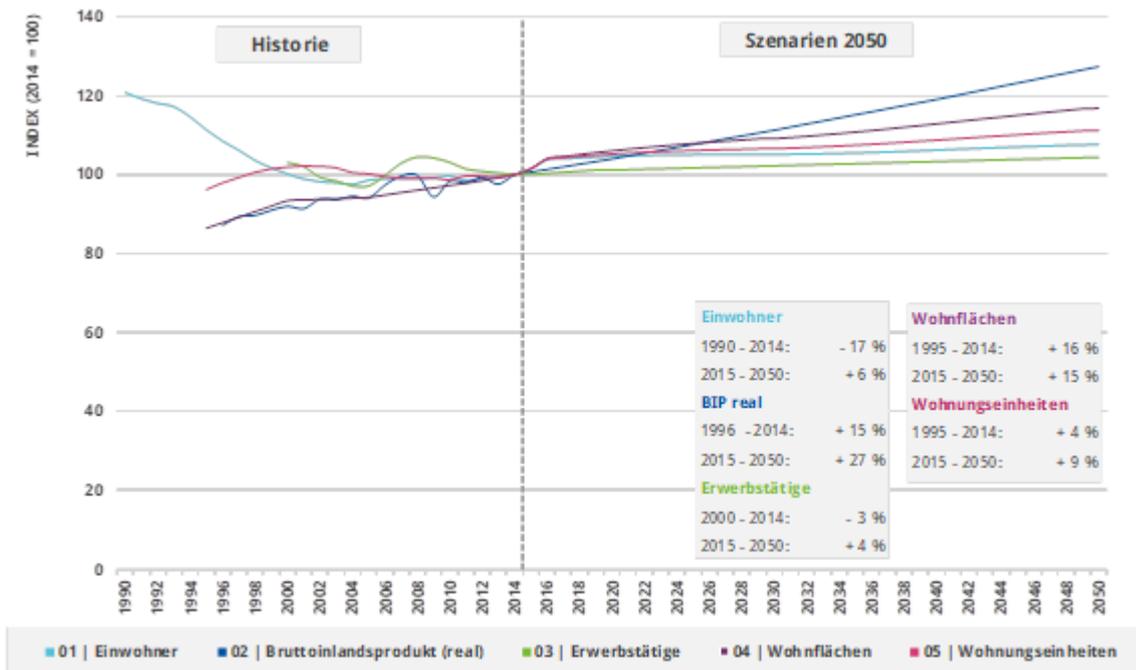


Abbildung 19 Index zu den sozioökonomischen Rahmenbedingungen im Überblick (2014 = 100)
 Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

5.4 Bilanzierungsmethodik

Das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) geförderte Vorhaben „Klimaschutz-Planer – Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“ hatte das Ziel, einen standardisierten Instrumentensatz für Kommunen zu erarbeiten. Dabei wurde eine Methodik entwickelt, die eine einheitliche Berechnung kommunaler THG-Emissionen ermöglicht; der sogenannte BSKO-Standard – Bilanzierungs-StandardKOMmunal [ifeu 2014, 2016], [Wuppertaler Institut 2016].

Das Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer berücksichtigt die methodischen Grundlagen des BSKO-Standards. Es handelt sich dabei um eine webbasierte Software, deren Betrieb das Klima-Bündnis übernommen hat und welche seit Mai 2016 allen interessierten Kommunen zur Verfügung steht.

Die vorliegende Energie- und THG Bilanz der Stadt Magdeburg wurde nach dem BSKO-Standard und unter Anwendung des Bilanzierungstools Klimaschutz-Planer erarbeitet.

Territorialprinzip

Hierbei wird als Bilanzierungsprinzip die endenergiebasierte Territorialbilanz angewendet; d.h. auf kommunaler Ebene wird das Territorialprinzip verfolgt, allerdings im Bereich des Strom- und Fernwärmeverbrauchs vom klassischen Ansatz des Emissionskatalogs (Quellenbilanz) zu Gunsten einer Verursacherbilanz abgewichen [ifeu 2014, 2016].

Zudem werden die Vorketten der Energiebereitstellung berücksichtigt. Es werden somit „alle im betrachteten Territorium anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie (Energie, die z.B. am Hauszähler gemessen wird) berücksichtigt und den verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Über spezifische Emissionsfaktoren werden die THG-Emissionen

berechnet. Graue Energie wird nicht bilanziert.“ [ifeu 2016].

Nach dem Verursacherprinzip werden THG-Emissionen, die bei der Bereitstellung von Strom und Fernwärme entstehen, dem Endverbraucher der Energie zugerechnet und damit nicht der physikalischen Emissionsquelle. Stattdessen ruft die Nachfrage nach Strom und Fernwärme die THG-Emissionen hervor, die durch die Energiebereitstellung entstehen.

Bei diesem Prinzip existiert der Umwandlungssektor nicht als eigener Emissionssektor, sondern dient lediglich zur Berechnung der spezifischen THG-Emissionsfaktoren [ifeu 2014, 2016, 2017b].

Emissionsfaktoren

Neben den reinen CO₂-Emissionen werden weitere Treibhausgase (N₂O und CH₄) in CO₂-Äquivalenten und Vorketten bei den Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Strom

Die THG-Emissionen aus dem Stromverbrauch der Endenergieverbrauchssektoren werden auf Basis des deutschen Generalfaktors für Strom (Bundesstrommix) bilanziert. Im Gegensatz zur Bilanzierung des IST-Zustandes (Bilanzzeitraum vom 1990 bis 2014) sind die Emissionsfaktoren für die Szenarientwicklung nicht fest vorgegeben [ifeu 2017b].

Für das Trendszenario der Stadt Magdeburg wurde der Faktor des TRENDSZENARIO – Klimaschutzplan 2050 und

für das Masterplanszenario der Masterplanszenario-Faktor Klimaschutzplan (KS95) 2050 [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015], also ein ambitionierter Bundesmix, herangezogen (Tabelle 4).

Tabelle 4 Bandbreiten für Strom – THG-Emissionsfaktoren (Bundesmix)

Quelle: [ifeu 2017], Darstellung IE Leipzig

Trend-Faktoren	2020 [g/kWh]	2030 [g/kWh]	2040 [g/kWh]	2050 [g/kWh]
TREND Leitstudie (KS80)	496	449	399	307
TREND Klimaschutzplan 2050	540	494	441	342

Masterplan-Szenario-Faktoren	2020 [g/kWh]	2030 [g/kWh]	2040 [g/kWh]	2050 [g/kWh]
Leitstudie Basisszenario 80 %	431	337	194	59
Klimaschutzplan (KS95) 2050	412	222	138	30

Fernwärme

Der Emissionsfaktor für Fernwärme wird spezifisch für den Magdeburger Kraftwerkspark bestimmt. Bei der Verteilung der THG-Emissionen auf Strom und Fernwärme aus den auf KWK basierenden Heizkraftwerken wird gemäß Klimaschutzplaner die Exergiemethode als allgemeingültige Allokationsmethode angesetzt. Bei der Berücksichtigung von brennstoffspezifischen THG-Emissionsfaktoren sind folgende von Relevanz:

- Abfall: 33,61 t CO_{2äq}/TJ
- Biomasse: 6,94 t CO_{2äq}/TJ
- Erdgas: 65,28 t CO_{2äq}/TJ

Heizöl & Erdgas

Für das Trendszenario wurden die Emissionsfaktoren für Heizöl und Erdgas mit GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) für das Jahr 2030 angenommen (vgl. Tabelle 5). Für das Jahr 2050 wird mit weiteren Verbesserungen in der Vorkette hinsichtlich der Effizienz der Energieträgerbereitstellung gerechnet, so dass die Faktoren sich in ähnlicher Weise bis 2050 weiterentwickeln werden. Biogaseinspeisungen oder die Substitution mit Bioöl wurden nicht berücksichtigt [ifeu 2017b].

Tabelle 5 Entwicklung der THG-Emissionsfaktoren für Erdgas und Heizöl
Quelle: [ifeu 2017a], Darstellung IE Leipzig

	Aktuell [g/kWh]	2030 [g/kWh]
Heizöl (GEMIS 4.95)	319	314
Erdgas (GEMIS 4.95)	250	242

Power-to-X (PtX)

Für strombasierte Energieträger (PtX) hängen die THG-Emissionsfaktoren von dem zu Grunde liegenden Strommix ab (vgl. Tabelle 4) ab. Es wird vereinfacht angenommen, dass gegen den durchschnittlichen Bundesstrommix gerechnet wird und nicht über einzelne Technologien (z.B. Windkraft). Je nachdem, welcher Bundesstromfaktor in den Szenarien übernommen wird, verändern sich entsprechend auch die PtX-Anwendungen. Es werden deswegen nur die Wirkungsgrade für einzelne PtX-Technologien genannt (vgl. Tabelle 6). Der Stromemissionsfaktor wird mit dem Wirkungsgrad multipliziert, um entsprechende Emissionsfaktoren zu erhalten [ifeu 2017b].

Tabelle 6 Wirkungsgrade für PtX-Energieträger
Quelle: [ifeu 2017a]

	Wirkungsgrad [%]
PtG-Methan 200 bar	55
PtG-Methan verflüssigt	54
PtG-Wasserstoff 700 bar	70
PtG-Wasserstoff verflüssigt	67
PtL	48
PtG-Methan (konservativ)	47

Datengüte

Die Datengüte beschreibt die Aussagekraft der Bilanz und der ihr zu Grunde liegenden Daten [ifeu 2016]. Zur Ermittlung der Datengüte wird das Vorgehen aus dem Praxisleitfaden Kommunaler Klimaschutz angewendet: Jedem Energieträger und dessen Verbrauch wird eine Datengüte von A (Faktor 1 – Regionale Primärdaten) bis Datengüte D (Faktor 0 – Bundesweite Kennzahlen) zugeordnet und somit die Aussagekraft der Energieverbräuche bewertet.

Die Datengüte der Bilanz der Landeshauptstadt Magdeburg beläuft sich für das Jahr 2014 auf 0,81 und kann somit als „gut“ eingestuft werden.

Für die Energieverbräuche von Strom, Erdgas sowie Nah- und Fernwärme konnte auf Primärdaten der

Energieversorger (Faktor 1) zurückgegriffen werden. Insgesamt hatten die Verbräuche dieser leitungsgebundenen Energieversorgung im Jahr 2014 einen Anteil von etwa 64 % am gesamten Endenergieverbrauch der Stadt und tragen somit wesentlich zur „guten“ Datengüte im Gesamtergebnis bei. Im Verkehrsbereich (v.a. Diesel, Benzin) liegt die mittlere Datengüte bei einem Faktor von etwa 0,5. Eine schlechte Datengüte (Faktor 0 bzw. 0,25) wurde bei den nicht leitungsgebundenen Energieträgern Biomasse, Kohle, Flüssiggas und Heizöl vergeben, da der Verbrauch hier lediglich über Sekundärdaten abgeschätzt werden konnte.

5.5 Definition der Szenarien

Vor dem Hintergrund der Setzung von ambitionierten langfristigen THG-Reduktionszielen werden zwei Entwicklungsszenarien im Zeitablauf bis zum Jahr 2050 für die Stadt Magdeburg entwickelt.

Es werden nicht nur die Pfade der künftigen Entwicklung hinsichtlich der damit verbundenen technischen Maßnahmen konzipiert, sondern auch die – vor allem für das Masterplanszenario – betreffenden Handlungsfelder bestimmt

Trendszenario

Im Trendszenario (= Business as usual) wird die weitere Entwicklung der Treibhausgasemissionen auf Grundlage der Entwicklung der wesentlichen Aktivitätsraten der Sektoren abgebildet, wie sie sich aus den gegenwärtigen energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen in Deutschland [Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES 2016] unter Berücksichtigung lokaler Rahmenbedingungen in der Stadt Magdeburg bis zum Jahr 2050 abzeichnet.

Es werden somit keine Maßnahmen unterstellt, die den Klimaschutz in den Mittelpunkt des Handelns stellen. Das Szenario orientiert sich bei den relevanten Aktivitätsraten in der Grundrichtung am „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“ für Deutschland [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015].

Es wird davon ausgegangen, dass sich bisherige Entwicklungen weitgehend fortsetzen. Bestehende Hemmnisse für einen zielorientierten Klimaschutz bleiben bestehen. Das Trendszenario stellt somit einen

wahrscheinlichen Pfad dar, wenn die existierenden energie- und klimapolitischen Instrumente in die Zukunft fortgeschrieben und nicht zielorientierter effektiviert werden.

Masterplanszenario

Das Masterplanszenario für die Stadt Magdeburg orientiert sich an den Zielen des Masterplan-Projektes „100% Klimaschutz“, d.h. im Zeitraum von 1990 bis 2050:

- Verringerung des Endenergieverbrauchs um 50 %
- Verringerung der Treibhausgase um 95 %

Neben den zuvor genannten Zielen gelten für das Masterplanszenario folgende allgemeine Annahmen:

- Orientierung bei den relevanten Aktivitätsraten in der Grundrichtung am „Klimaschutz-Szenario 95“ [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015]
- Vielfältige Verschärfung und Einhaltung von Effizienzstandards
- Verringerung von Trägheiten und Beharrungskräften innerhalb der Volkswirtschaft (z.B. durch erhöhte Förderung von Investitionen)
- Verstärkter Abbau von Hemmnissen wirtschaftlicher, anwendungsbezogener, marktstruktureller sowie informationeller Natur

Bei der Erstellung des Masterplanszenarios steht die Fragestellung im Mittelpunkt, welche Handlungsfelder bis zum Jahr 2050 bearbeitet werden müssen, damit ein erfolgreicher Weg eingeschlagen werden kann. Hierfür wurden folgende grundlegende Annahmen getroffen:

- Die zusätzlichen Maßnahmen zum Klimaschutz, werden frühestens erst ab dem Jahr 2018 wirksam.
- Sie basieren über den Trend hinaus auf bekannten und heute verfügbaren Technologien.
- Neuere Technologien, wie z.B. Elektrofahrzeuge, kommen bis 2020 erst in sehr begrenztem Umfang zum Einsatz.
- Die Maßnahmen sind technologieoffen; d.h. es werden auch Technologien wie Power to Gas (PtG), Power to Liquid (PtL) u.a. berücksichtigt.
- Die Realisierung der Maßnahmen bedarf einer intensiven und aktiven Beteiligung aller Akteure

Als Ergebnis liegen zwei Pfade vor, die die Bandbreite der möglichen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen in den Sektoren für die Stadt Magdeburg aufzeigen. Bei der Erstellung der Szenarien wird der BSKO-Standard angewendet (vgl. Kapitel 5.4 Bilanzierungsmethodik). Die Ergebnisse der Szenarien sind witterungsbereinigt.

In den Szenarien wird von einheitlichen lokalen – d.h. der Stadt Magdeburg entsprechenden – Entwicklungen der sozioökonomischen Rahmenbedingungen ausgegangen, die im Kapitel 5.3 dargestellt sind.

6 Entwicklung des Energiebedarfs bis 2050

Zunächst wird die Ausgangslage, also die Entwicklung des Endenergieverbrauchs von 1990 bis 2014 in der Stadt Magdeburg für die einzelnen Verbrauchssektoren Gebäude (Haushalte sowie Kommune), Wirtschaft (Industrie sowie GHD) und Mobilität beschrieben. Anschließend erfolgt der Ausblick bis zum Jahr 2050 im Rahmen des Trendszenarios. Hier werden die wesentlichen Entwicklungspfade beschrieben, ohne dass zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden (vgl. Kapitel 5.5 Definition der Szenarien).

Im Rahmen des Masterplanprojekts wurde ein umfangreicher Beteiligungsprozess durchgeführt (vgl. Kapitel 4 Beteiligungsprozess). Verschiedene Fachgruppen erarbeiteten einen umfangreichen Katalog mit Strategien und Maßnahmen für jeden Verbrauchssektor (vgl. Kapitel 8 Umsetzung). Im Masterplanszenario werden diese Strategien und Maßnahmen aufgegriffen und beschrieben, wie die Masterplanziele in der Stadt Magdeburg erreicht werden können.

6.1 Gebäude

6.1.1 Ausgangslage und Trendszenario

Im Folgenden wird eine zusammenfassende Darstellung des Endenergieverbrauchs sowie der Strategien und Maßnahmen für die Sektoren Haushalte und

kommunale Gebäude vorgenommen. Der Endenergieverbrauch der Gebäude des Sektors Wirtschaft wird in Kapitel 6.2 gesondert behandelt.

Haushalte

Gemäß Zensuserhebungen gab es im Jahr 2011 in der Landeshauptstadt Magdeburg knapp 33.000 Gebäude mit Wohnraum. Rund zwei Drittel dieser Gebäude, in denen sich über 70 % der Wohnungen der Landeshauptstadt befinden, sind vor 1978 errichtet worden.

Bis etwa zur Mitte der 60er Jahre gab es in Ostdeutschland keinerlei Richtlinien oder Vorschriften zum Wärmeschutz. Im Jahr 1966 trat die TGL 10686 (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen), welche erstmals Vorgaben zum Wärmeschutz von Baustoffen beinhaltete, und zum Ende der

1970er Jahre – als Pendant zur Wärmeschutzverordnung der BRD – die TGL 35424 in Kraft. In den 1980er Jahren wurden diese Vorgaben regelmäßig verschärft.

Nach der Wende kam es zu Beginn der 1990er Jahre zu einer umfangreichen Sanierungswelle, wodurch der Energieverbrauch im Gebäudebereich deutlich verringert werden konnte.

Aktuell beträgt die deutschlandweite jährliche energetische Sanierungsrate rund 1 %, wobei das bundespo-

litische Ziel darin besteht, diese Rate mindestens zu verdoppeln.

Im Rahmen des MD-E⁴-Projektes wurde in Magdeburg ein Energie-Geoinformationssystem (EnerGIS) mit umfangreichen Daten zur Gebäudetypologie von rund 23.000 Wohngebäuden (zusätzlich rund 1.400 Objekte mit Teilwohnnutzung) erarbeitet.

Für einige dieser Gebäude wurden zusätzlich Verbrauchsdaten aus verschiedenen Quellen (Anzeigen auf Immobilienscout, Heizatlas auf co2online) erfasst und in das EnerGIS übertragen.

Gemäß Stadtentwicklungskonzept [Landeshauptstadt Magdeburg 2013b] gab es in Magdeburg Anfang 2013 insgesamt ein aktivierbares Wohnbauflächenpotenzial für rund 5.500 Wohnungen, davon gut 3/4 in Ein- und Zweifamilienhäusern und rund 1/4 in Mehrfamilienhäusern. 1/3 dieser Baulandpotenziale (zu 2/3 in Mehrfamilienhäusern) befindet sich in der Altstadt oder im innenstadtnahen 1. Ring. Zum größten Teil handelt es sich hier um eine mögliche Reaktivierung ehemals baulich genutzter Flächen. In den äußeren Stadtbereichen des 2. Stadtrings ist Wohnbau land für rund 3.600 Wohnungen aktivierbar; fast ausschließlich für Ein- und Zweifamilienhäuser.

Die maßgeblichen Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Energieverbrauchs sind Einwohnerzahl und

nachgefragte Wohnflächen bzw. Wohneinheiten. Sowohl im Trend- als auch im Masterplanszenario wird davon ausgegangen, dass der in der Vergangenheit beobachtete Trend der zunehmenden Wohnfläche je Einwohner anhalten wird (vgl. Kapitel 5.1).

Im Rahmen der Berechnungen zum Trendszenario wird keine Verbesserung der Sanierungsoptionen, also eine zusätzliche Veränderung der energetischen Qualität (Sanierungstiefe), berücksichtigt. Die Anforderungen der EnEV 2014 werden demnach nicht zusätzlich, z.B. für den Gebäudebestand, verschärft. Der Einsatz der erneuerbaren Energien wird weiterhin entsprechend der Vorgaben der EnEV 2014 und des EEWärmeG umgesetzt.

Bezüglich des Ausstattungsgrades mit Haushaltsgeräten wird im Trendszenario nur eine geringfügige Steigerung berücksichtigt, d.h. Altgeräte werden durch Ersatzbeschaffungen ausgetauscht. Kaum relevante Veränderungen werden auch für die Ausstattung mit Beleuchtungsmitteln unterstellt. Lediglich für IKT-Endgeräte und Klimaanlage wird ein weiterer Anstieg der Ausstattungsgrade erwartet. Für die Entwicklung der spezifischen Verbräuche wird generell unterstellt, dass verschiedene Effizienzvorgaben weiter umgesetzt werden und somit kontinuierlich die spezifischen Verbräuche sinken.

Kommunale Gebäude

Vom öffentlichen Sektor sollte eine Vorbildfunktion ausgehen, da hier die Entscheidungsträger direkten Einfluss auf die Maßnahmenumsetzung haben. Im bundesdeutschen Durchschnitt beträgt der Anteil des Energieverbrauchs kommunaler Gebäude am Gesamtverbrauch nur rund 1 bis 3 % und in Magdeburg 2,7 % im Jahr 2014. Für das Monitoring der Gebäude-

flächen und der Energieverbräuche für den Großteil der kommunalen Gebäude innerhalb Magdeburgs ist der Eigenbetrieb kommunales Gebäudemanagement (Eb KGm) verantwortlich.

Die Landeshauptstadt Magdeburg verfügt über 323 Liegenschaften, welche zum größten Teil in Selbst-

nutzung (282) bewirtschaftet werden. 41 Liegenschaften sind angemietet bzw. vermietet.

Zur Ausgangslage und zum Zustand der Gebäude sowie zu bereits entwickelten Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs sei an dieser Stelle auf

das eigens dafür erstellte Energie- und Klimaschutzprogramm 2013-2015 der Landeshauptstadt Magdeburg verwiesen [Landeshauptstadt Magdeburg 2013a].

Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude belief sich im Jahr 1990 auf 19.155 TJ (Anteil kommunaler Gebäude: 4,3 %) und sank bis zum Jahr 2014 um rund 63 % auf 6.997 TJ. Im Bereich der kommunalen Gebäude sank der Energieverbrauch um 53 %, im Bereich der Haushalte um 64 %. Für diesen deutlichen Rückgang sind im Wesentlichen folgende Maßnahmen verantwortlich:

- Energieträgerumstellungen von Stadtgas (Brennwert unter 4 kWh/m³) auf Erdgas (Brennwert über 11 kWh/m³) [Landeshauptstadt Magdeburg 1993] sowie von Kohle auf andere Energieträger (wie Erdgas oder Fernwärme) und die
- Gebäudesanierungswelle in den 1990er Jahren

Dominierende Energieträger waren im Jahr 2014 Erdgas (58 %), Strom (17 %) und Fernwärme (15 %). Nur geringe Bedeutung hatten Erneuerbare Energien (5 %) und Mineralöl (4 %).

Mit rund 89 % hatten Wärmeanwendungen (68 % Raumwärme, 15 % Warmwasser, 6 % Prozesswärme) im Jahr 2014 den höchsten Anteil am Endenergieverbrauch. Für Kühlzwecke wurden rund 5 % der Endenergie eingesetzt. Die restlichen 6 % teilten sich in die Anwendungen für Information und Kommunikation, Beleuchtung und mechanische Energie auf.

Im Trendszenario sinkt der Endenergieverbrauch innerhalb der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude zwischen 2015 und 2050 um ca. 14 % auf etwa 6.028 TJ (Abbildung 20). In dieser Entwicklung sind zunächst die leichte Bevölkerungszunahme, die steigende Anzahl an Wohneinheiten sowie eine Zunahme der Wohnfläche berücksichtigt. Durch Effizienz- und Einsparmaßnahmen werden diese verbrauchssteigernden Entwicklungen aber überkompensiert. Insgesamt führt dies zu einem jährlichen Rückgang des Endenergieverbrauchs von knapp 0,5 %. Zu den wesentlichen Effizienzmaßnahmen zählen:

- Energetische Gebäudesanierung (jährlich ca. 1 % der Gebäude)
- Kesseltausch (Austauschrate ca. 3 % jährlich)
- Hydraulischer Abgleich (jährlich ca. 0,5 % der Wohnfläche)

Neben diesen energieeinsparenden Maßnahmen wird im Trendszenario eine deutliche Zunahme der Bedeutung von erneuerbaren Energien unterstellt. Durch stetigen Zubau von Wärmepumpen, Solarthermie und Biomassekesseln werden erneuerbare Energien im Jahr 2050 einen Anteil von rund 16 % am Endenergieverbrauch der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude aufweisen.

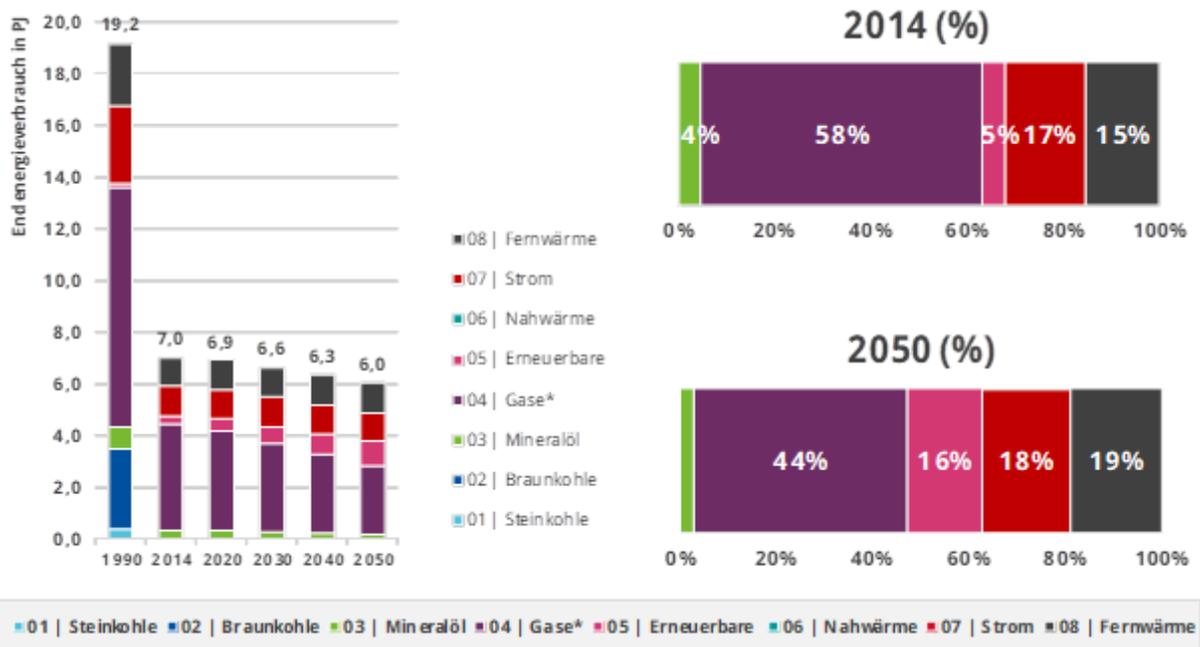


Abbildung 20 Endenergieverbrauch (Tber) der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude – Historie und Trendszenario

Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig
 Anmerkung: *Gase: 1990 Stadtgas, ab 1995 ausschließlich Erdgas

6.1.2 Strategien und Maßnahmen

Durch die Identifizierung und Umsetzung von energetischen Einspar- und Effizienzmaßnahmen können die THG-Emissionen im Sektor Haushalte / kommunale Gebäude weiter reduziert werden.

Wesentliche Handlungsempfehlungen zur Erreichung der angestrebten Reduktion des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen sind:

- Erhöhung der energetischen Gebäudesanierungsrate
- Effizienzsteigerungen der Heizsysteme (Kessel –u. Pumpentausch, Hydraulischer Abgleich)
- Energieträgerumstellungen der Heizsysteme auf regenerative Energiesysteme
- Energieeffizientes Bauen und Sanieren

- Einsatz effizienter Elektrogeräte und Beleuchtungsmittel
- Suffizienz (Änderung des Nutzerverhaltens)

Diese Maßnahmen, welche zu einer direkten Energie- und Treibhausgasreduktion führen, können durch verschiedene Strategien und Instrumente vorangetrieben werden.

Aus den Handlungsempfehlungen ergeben sich im Bereich Haushalte folgende Strategien:

1. Klimafreundliche Stadtverwaltung als Vorbild
2. Integration Energie- und Stadtplanung
3. Klimafreundlich wohnen
4. Energieeffiziente Stromnutzung

Die notwendigen Maßnahmen zur Umsetzung wurden im Rahmen der Fachgruppe „Stadtplanung und Gebäude“ mit den beteiligten Akteuren in Magdeburg diskutiert. Eine Übersicht über die im Rahmen der Masterplanerstellung diskutierten Strategien und Maßnahmen sind in Tabelle 7 dargestellt.

Ausführliche Informationen zu den einzelnen Maßnahmen sind im beigefügten Maßnahmenkatalog beschrieben.

Im Masterplanszenario wird davon ausgegangen, dass durch die zuvor aufgeführten Strategien folgende Einspar- und Effizienzmaßnahmen umgesetzt werden können:

- Verdopplung der energetischen Sanierungsrate auf jährlich 2 %
- Erhöhung der Austauschrate von ineffizienten Heizsystemen auf jährlich 5 %
- Deutliche Steigerungsrate des hydraulischen Abgleichs auf jährlich 2 % der Wohnfläche
- Reduktion der durchschnittlichen Raumtemperatur um 1 K
- Deutliche Reduktion des Stromverbrauchs durch Austausch ineffizienter Elektrogeräte, Heizpumpen und Beleuchtungsmittel

Im Folgenden wird auf die erzielbaren Einsparpotenziale im Masterplanszenario, untergliedert in Strom- und Wärmeanwendungen, eingegangen.

Tabelle 7 Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Stadtplanung und Gebäude
Quelle: Darstellung IE Leipzig

B	Stadtplanung und Gebäude
B 1	Strategie: Klimafreundliche Stadtverwaltung als Vorbild
B 1.1	Maßnahme: Intensivierung des kommunalen Energiemanagements
B 2	Strategie: Integration Energie- und Stadtplanung
B 2.1	Maßnahme: Umsetzung von Maßnahmen aus dem Klimawandelanpassungskonzept
B 2.2	Maßnahme: Integrierte energetische Quartierssanierung
B 2.3	Maßnahme: Klimaverträgliche Stadtentwicklung (einschließlich Flächennutzungsplan)
B 3	Strategie: Klimafreundlich Wohnen
B 3.1	Maßnahme: Klimaschutz in der Bauleitplanung
B 3.2	Maßnahme: Energie- und baubiologische Beratung beim Kauf
B 3.3	Maßnahme: Motivation Hauseigentümerinnen und –eigentümer Sanierungsfahrpläne
B 4	Strategie: Energieeffiziente Stromnutzung
B 4.1	Maßnahme: Effiziente Stromanwendungen in Wohn- und Gewerbegebäuden

Wärmeanwendungen

Im Bereich Wärmeanwendungen kommen im Besonderen die Maßnahmen aus der Strategie B 3 Klimafreundliches Wohnen, aber auch teilweise Maßnahmen aus der Strategie B 2 Integration Energie- und Stadtplanung zum Tragen.

In der Vergangenheit ist die Wohnfläche innerhalb der Landeshauptstadt Magdeburg, trotz der seit 1990 gesunkenen Einwohnerzahl, stetig von etwa 7,5 Mio. m² auf knapp 10 Mio. m² im Jahr 2015 angestiegen. In der Prognose bis zum Jahr 2050 wird von einer steigenden Bevölkerungszahl und somit auch einer weiteren Steigerung der Wohnfläche auf rund 11,5 Mio. m² ausgegangen. Somit ist ein Anstieg der verbrauchsrelevanten Fläche um rund 15 % zu erwarten. Ohne die Ergreifung von Effizienzmaßnahmen würde der Energieverbrauch demnach bis zum Jahr 2050 ansteigen.

Durch die eingangs beschriebenen Strategien und Maßnahmen zur Energieeinsparung wird im Masterplanszenario von einer potenziellen Reduktion des Energieverbrauchs für Wärmeanwendungen von rund 34 % gegenüber dem Jahr 2015 ausgegangen.

Zusätzlich zu den Maßnahmen, welche zu einer direkten Einsparung des Endenergieverbrauchs und dadurch zur Verringerung der Treibhausgase führen

(z. B. Gebäudesanierung), wurden rechnerisch auch Maßnahmen berücksichtigt, welche zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen führen, ohne dabei den Endenergieverbrauch merklich zu beeinflussen. Hierzu gehören vorwiegend Umstellungen der Energieträger von fossil auf erneuerbar (z. B. Ausbau Solarthermie, Umweltwärme, Biomasse), die schwerpunktmäßig in der Fach-AG Energie erarbeitet wurden (vgl. Kapitel 7 Energieerzeugung - Bedarf und Konzepte).

Ein weiterer Fokus wurde auf die Stadtverwaltung Magdeburg bzw. ihre Rolle als Vorbild im Rahmen der Strategie 1 „Klimafreundliche Stadtverwaltung als Vorbild“ mit der Maßnahme B.1 „Intensivierung des kommunalen Energiemanagements“ gelegt.

Neben energetischen Sanierungsmaßnahmen von Gebäuden und Anlagen stand die integrierte Energie- und Stadtplanung im Mittelpunkt der Maßnahmenarbeit. Im Rahmen der Strategie 2 „Integration Energie- und Stadtplanung“ wurden Maßnahmen zur Klimawandelanpassung (B 2.1), zur Energetischen Quartierssanierung (B 2.2) und zur Klimaverträglichen Stadtentwicklung (Weiterentwicklung Flächennutzungsplan) erarbeitet.

Stromanwendungen

Untersuchungen des IE Leipzig [IE Leipzig 2017] haben ergeben, dass der Stromverbrauch im Bereich der Haushalte durch den konsequenten Einsatz effizientester elektronischer Geräte und Beleuchtungsmittel um rund 30 % verringert werden kann. Hier wirken

die Maßnahmen E 3.1 „Stromeffizienz in privaten Haushalten“ aus dem Handlungsfeld „Klimaverträglicher Alltag“ und B 4.1 „Effiziente Stromanwendungen in Wohn- und Gewerbegebäuden“ aus dem Handlungsfeld „Gebäude“.

Folgende Kernaussagen können aus diesen Untersuchungen für die verschiedenen Anwendungsbereiche abgeleitet werden:

- **Kälte:** Der gegenwärtige Stromverbrauch von Kühl- und Gefriergeräten kann durch Einsatz effizienter bzw. Austausch ineffizienter Geräte nahezu halbiert werden.
- **Beleuchtung:** Durch den Austausch ineffizienter Beleuchtungsmittel kann rund ein Drittel des aktuellen Stromverbrauchs für Beleuchtungszwecke eingespart werden.
- **Mechanische Energie:** Durch den Ersatz bestehender weiterer Haushaltsgroßgeräte, wie Waschmaschinen, Elektroherde, Wäschetrockner und Geschirrspüler, sowie den Austausch ineffizienter Heizungspumpen, kann im Bereich mechanischer Energie rund ein Viertel des Stromverbrauchs eingespart werden.
- **Information und Kommunikation:** In diesem Bereich kann durch den Austausch von verbrauchsintensiven Geräten und die Vermeidung von Leerlaufverlusten ebenfalls rund ein Viertel des aktuellen Stromverbrauchs eingespart werden.

Grundsätzlich sind die aufgezeigten Effizienzpotenziale nur realisierbar, wenn sie mit einem sparsamen Nutzerverhalten und langfristigen Bewusstseinswandel einhergehen. Sonst steht zu befürchten, dass Einsparungen durch mögliche Rebound-Effekte aufgehoben werden. Hier setzen größtenteils die Strategien und Maßnahmen aus der Fach-AG Klimaverträglicher Alltag (Tabelle 8) an. Die Maßnahme E 3.1 „Stromeffizienz in privaten Haushalten“ greift u.a. die Aktivitäten zu Energieeinsparungen der „SWM-Stromspar – Challenge“ auf. Im Jahr 2016 wurde diese erstmals durchgeführt. Es wurden per Wettbewerb drei Familien gesucht, die über einen Zeitraum von einem hal-

ben Jahr von einem Energieberater unterstützt werden, ihren Stromverbrauch zu reduzieren. Die daraus resultierenden Erfahrungen und Tipps werden breitflächig und crossmedial über unterschiedliche Kanäle (Kundenzeitung, Website, Facebook, Grüne Messe etc.) kommuniziert. Besonders die Strategie E 1 „Zielgruppengerechte Informations- und Motivationsangebote“ und die Strategie E 2 „Bildung für Nachhaltigkeit“ sollen verstärkt und kontinuierlich die Bürger zu Energieeinsparungen und mehr Aktivitäten im Klimaschutz motivieren. In Magdeburg gibt es z.B. bereits seit vielen Jahren die Energieschule „BlitzKitz“ der SWM. Sie ermöglicht Kindern von der 1. bis zur 4. Klasse einen Einblick in die Themenkomplexe Energie, Strom, Wärme sowie Wasser und stellt ein kostenfreies Angebot für alle Grundschulen in Magdeburg dar. 2016 fanden in deren Rahmen 61 Einsätze (je 2 h) in 13 Magdeburger Grundschulen statt. Eine Weiterentwicklung der bereits vorhandenen Aktivitäten und Angebote wird im entsprechenden Maßnahmenblatt erläutert.

Im Handlungsfeld Alltag sind weitere Maßnahmen von Relevanz, deren Effekte sich nur indirekt mit der angewandten Bilanzierungsmethodik abbilden lassen. Die Strategien E 4 „Nachhaltiger Konsum“ und E 5 „Nachhaltige Land-/Gartenwirtschaft“ haben aber entscheidenden Einfluss auf das alltägliche Lebensumfeld und die Handlungsgewohnheiten. Hier zeigen die einzelnen Maßnahmen zahlreiche Möglichkeiten zur Suffizienz auf.

Beispielhaft sei hier die Grüne Messe in und um die Gruson Gewächshäuser erwähnt. Die Grüne Messe ist eine Messe rund um „nachhaltiges Leben in der Region“ mit knapp 100 lokalen Ausstellern (Unternehmen und Betriebe, Verbände, öffentliche Organisationen, Energieberater, u.a.) und lockt mehr als 4.000 Besu-

cher. Der Anteil von Anbietern regionaler Produkte und Direktvermarkter (v.a. Food, Konsum) ist bei den Messeausstellern deutlich gestiegen und wird auch in den nächsten Jahren weiter an Bedeutung gewinnen. [SWM 2017d].

Tabelle 8 Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Klimaverträglicher Alltag
Quelle: Darstellung IE Leipzig

E	Klimaverträglicher Alltag
E 1	Strategie: Zielgruppengerechte Informations- und Motivationsangebote
E 1.1	Maßnahme: Einrichtung eines Nachhaltigkeits-Klimaschutzzentrums als permanente Anlauf- und Informationsstelle
E 1.2	Maßnahme: Bürgerbeteiligungsangebote und Klimakompetenz
E 2	Strategie: Bildung für Nachhaltigkeit
E 2.1	Maßnahme: Klimaschutz-Kommunikation in Kindergärten und Schulen (Anschauungsunterricht)
E 2.2	Maßnahme: Nachhaltigkeitspaket für Neubürgerinnen und Neubürger der Stadt
E 2.3	Maßnahme: Magdeburger Nachhaltigkeitswoche
E 2.4	Maßnahme: Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen für die Universität Magdeburg
E 3	Strategie: Energieeffiziente Haushalte
E 3.1	Maßnahme: Stromeffizienz in privaten Haushalten
E 4	Strategie: Nachhaltiger Konsum
E 4.1	Maßnahme: Förderung regionaler Produkte
E 4.2	Maßnahme: Nachhaltige Ressourcennutzung
E 5	Strategie: Nachhaltige Land-/Gartenwirtschaft
E 5.1	Maßnahme: Klimafreundlich Gärtnern
E 5.2	Maßnahme: Lokale CO ₂ -Senken (Anreizprogramm)

6.1.3 Masterplanszenario

Durch die Umsetzung der Maßnahmen im Masterplanszenario im Zeitraum 2015 bis 2050 kann die Energieeinsparung gegenüber dem Trendszenario etwa um den Faktor 2,5 erhöht werden.

Es wird erwartet, dass der Endenergieverbrauch der Haushalte und kommunalen Gebäude zwischen 2015

und 2050 um 33 % auf etwa 4.718 TJ zurückgeht (Abbildung 21).

Die unterstellten Maßnahmen sowie die Energieeffizienzfortschritte führen zwischen 2015 und 2050 zu einem deutlichen Rückgang der Energieeinsätze von Erdgas und Mineralöl.

Der Einsatz erneuerbarer Energien (Biomasse, Solarthermie und Umweltwärme) steigt bis zum Jahr 2050 deutlich an und wird im Jahr 2050 einen Anteil von knapp einem Viertel am Endenergieverbrauch der

Sektoren Haushalte und kommunalen Gebäude aufweisen.

Die dominierenden Energieträger im Jahr 2050 werden Erdgas/synthetisches Gas, erneuerbare Energien, Fernwärme und Strom sein.

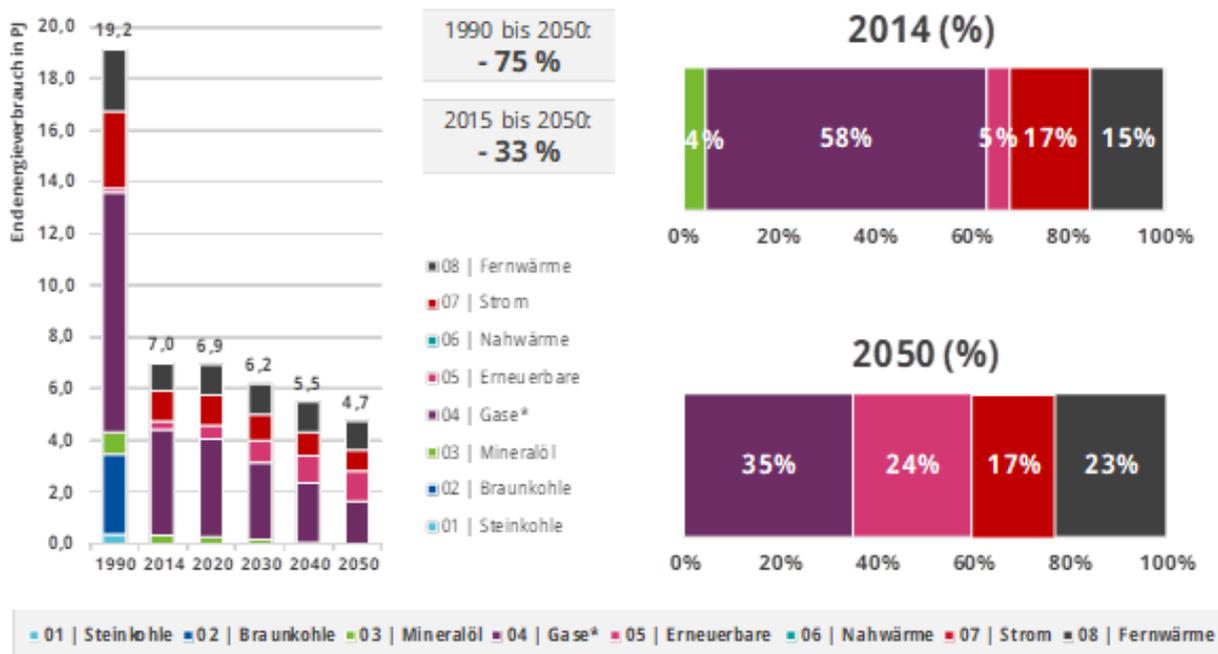


Abbildung 21 Endenergieverbrauch (Tber) der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude – Historie und Masterplanszenario

Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig
 *Gase: 1990 Stadtgas, ab 1995 ausschließlich Erdgas, ab dem Jahr 2030 wird im Masterplanszenario ein Anteil von auf Strom basierenden synthetischen Gasen (Power to Gas) im Erdgasnetz unterstellt.

6.1.4 Fazit

Der Endenergieverbrauch der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude ist im Zeitraum zwischen 1990 und 2014 deutlich um rund 63 % gesunken. Ursächlich dafür sind Energieträgerumstellungen (von Stadtgas auf Erdgas sowie von Kohle auf Erdgas und Fernwärme) sowie die umfangreiche Gebäudesanierungswelle zu Beginn der 1990er Jahre.

Grundsätzlich wird erwartet, dass durch Neubauten im Wohnungssektor die Wohnfläche und somit die verbrauchsrelevante Größe bis zum Jahr 2050 weiter ansteigt. Im Gegensatz dazu wird der spezifische Endenergieverbrauch bezogen auf die Wohnfläche durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen – in den Szenarien unterschiedlich – deutlich sinken.

Im Trendszenario wird ein Rückgang des Endenergieverbrauchs von 6.997 TJ im Jahr 2014 auf etwa 6.028 TJ im Jahr 2050 erwartet. Durch intensivere Effizienzbemühungen liegen die Einsparpotenziale im Masterplanszenario deutlich höher, so dass hier bis zum Jahr 2050 eine Abnahme des Endenergiever-

brauchs auf etwa 4.718 TJ erreicht werden könnte. Dies entspricht einem Rückgang des Endenergieverbrauchs um 75 % gegenüber dem Jahr 1990. Gleichzeitig erfolgt im Masterplanszenario eine stärkere Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger.

6.2 Wirtschaft

6.2.1 Ausgangslage und Trendszenario

Magdeburg zählt zu den ältesten Zentren von Industrie und Handel und ist auch heute, u. a. aufgrund der optimalen Verkehrsanbindungen, ein bedeutsamer Standort.

Folgende Wirtschaftszweige gehören zu den wichtigsten Schwerpunkten der Stadt [Landeshauptstadt Magdeburg 2017b]:

▪ **Maschinen- und Anlagenbau**

Mit rund 60 Unternehmen und etwa 11.000 Beschäftigten ist der Maschinen- und Anlagenbau der größte Wirtschaftszweig in Magdeburg. Hervorzuheben sind Unternehmen in den Bereichen Bau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, Kraftwerks- und Fördertechnik, Verseilmaschinen, Werkzeug-, Stahl- und Sondermaschinenbau, Motoren und Motorenelemente, Automatisierungs- und Steuerungstechnik sowie Anlagen zur Ölgewinnung und -verarbeitung.

Beispiele: FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH, SKET GmbH, Enercon GmbH, SAM Stahlturn- & Apparatebau Magdeburg GmbH, ABP Maschinenbau GmbH

▪ **Umwelttechnologie und Kreislaufwirtschaft**

Im Wirtschaftsleitbild der Stadt sind die Bereiche Umweltschutztechnologien und Kreislauf-/Recyclingwirtschaft als wichtige Standortbranchen benannt. Klein- und mittelständische Unternehmen stehen als Kooperationspartner bereit, während es mit der Universität, der Hochschule und den Forschungsinstituten zahlreiche Wissenschaftspartner gibt. Magdeburg hat sich u. a. zu einem der wich-

tigsten Standorte für die Fertigung von Windenergieanlagen entwickelt. Außerdem steht hier eine der größten Ölmühlen- und Biodieselhersteller Europas.

Beispiele: Vestas Wind Systems, Glencore Magdeburg GmbH, BioPellet Magdeburg GmbH & Co. KG, STORK Umweltdienste GmbH, LRP-Autorecycling Magdeburg GmbH, FEGERT Recycling, Müllheizkraftwerk Magdeburg-Rothensee, Biomasseheizkraftwerke Magdeburg-Rothensee und Cracau

▪ **Logistik**

Die gute Autobahn- und Zuganbindung sowie der Binnenhafen Magdeburg machen die Stadt zu einem zentralen Verkehrsknotenpunkt in Mitteldeutschland. Das Industrie- und Logistikzentrum Rothensee (ILC) ist mit knapp 35 Industrie- und Logistikunternehmen das größte Logistikzentrum Sachsen-Anhalts.

Beispiele: Logistikzentrum Norma, Gunz Warenhandels Logistikzentrum GmbH, Dachser GmbH

▪ **Gesundheitswirtschaft**

Die Gesundheitswirtschaft ist eine bedeutende Branche für die Region Magdeburg geworden. Schwerpunkte sind die Bereiche Medizintechnik und Medikamentenherstellung. International gilt die Stadt auch als neurowissenschaftliches Zentrum. Die Gesundheitswirtschaft ist durch Wissenschaft und Forschung sowie dem Austausch zwischen Hochschulen, Instituten und Unternehmen geprägt.

Beispiele: HUMAN Diagnostics, HASOMED GmbH

oder VRSystems GmbH, Universitätsklinikum Magdeburg, Klinikum Magdeburg, AOK Sachsen-Anhalt, IKK gesund plus

▪ **Informations- und Kommunikationstechnologiebranche**

Als wichtige Querschnittsbranche etabliert sich zunehmend die IKT-Branche: in der Landeshauptstadt arbeiten über 5.500 Menschen in der Branche. Die meist kleinen und mittelständischen Unternehmen haben ihre Schwerpunkte in den Bereichen Software-Entwicklung, Telekommunikationsdienste, IT-Service und Herstellung von Hardware.

Beispiele: T-Systems International GmbH, Telekom, Siemens, IBM, DATEV, regiocom GmbH, Bosch Communication Center Magdeburg GmbH, Walter Services GmbH

▪ **Kultur- und Kreativwirtschaft**

Als Schwerpunktbranche wurde die Kultur- und Kreativwirtschaft 2014 als viertes Cluster der Wirtschaftsförderung der Landeshauptstadt definiert. Derzeit arbeiten in dieser Branche in Magdeburg etwa 5.000 Erwerbstätige in fast 500 Unternehmen, die sich auf die Bereiche Architektur, Buchmarkt, Darstellende Künste, Design, Film, Fotografie, Musik, Presse, Rundfunk, Software/Games und Werbung verteilen.

Beispiele: MDR, Radiosender SAW und Rockland, Tageszeitung Volksstimme

Darüber hinaus bietet Magdeburg mit seinen zahlreichen Sehenswürdigkeiten, Kultur- und Freizeitangeboten, sportlichen Veranstaltungen und Grünflächen die Grundlage für eine stetig wachsende Tourismusbranche. Zudem ist die Stadt neben Messen auch Austragungsort für Tagungen und Kongresse. Die

Lebensmittelwirtschaft spielt ebenfalls eine wichtige Rolle (bspw. Kaffeehersteller Röstfein, Fruchtsafthersteller Albi).

Ein wichtiger Standortvorteil für die Wirtschaft in Magdeburg ist die Nähe zu einer Vielzahl von Forschungseinrichtungen (bspw. Otto-von-Guericke-Universität, Fachhochschule Magdeburg-Stendal, Fraunhofer IFF, Leibniz-Institut für Neurobiologie, Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme).

Der Endenergieverbrauch in der Wirtschaft ist sehr heterogen. In der Industrie wird dieser von einigen energieintensiven Unternehmen (wie Maschinen- und Anlagenbau) geprägt. Im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) zeichnen sich bspw. Krankenhäuser durch einen hohen Raum- und Prozesswärmebedarf aus, besonders wenn eine eigene Wäscherei betrieben wird. Strom wird, außer für medizinische Geräte, vor allem für Lüftung und Klimatisierung benötigt. Im Handel ist die Unterscheidung nach Lebensmittel- und Nonfood-Sparten energetisch von Bedeutung. Im Lebensmittelhandel besteht neben dem Raumwärmebedarf ein hoher Kältebedarf für Kühlen und Gefrieren. Stromseitig ist hingegen die Beleuchtung ein großer Faktor. In büroähnlichen Betrieben dominiert die Raumwärme, gefolgt von Stromanwendungen für Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung, Informations- und Kommunikationstechniken. Im Gastgewerbe ist nach der Raumheizung die Prozesswärme und Prozesskälte für das Kühlen von Lebensmitteln und das Garen der Speisen von Bedeutung.

Die Entwicklungen der vergangenen Jahre zeigen, dass die Steigerung der Energieeffizienz in den Unternehmen bereits eine hohe Relevanz aufweist. Viele

der Unternehmen haben bereits ein Energiemanagementsystem nach der Norm DIN EN ISO 50001 eingeführt. Einige Betriebe sind auch nach EMAS – einem freiwilligen Instrument der EU, das Unternehmen und Organisationen jeder Größe und Branche dabei unterstützt, ihre Umweltleistung kontinuierlich zu verbessern – zertifiziert. Bei ihren Bemühungen wurden die Unternehmen u. a. durch individuelle Beratungsangebote unterstützt. So unterstützt die Industrie- und Handelskammer Magdeburg Unternehmen beim Energieaudit durch persönliche Beratung, themenspezifische Veranstaltungen und Workshops, Effizienz-Netzwerke für produzierende Unternehmen sowie Weiterbildungsangebote ("Energiebeauftragter"). Auch die Handwerkskammer berät zu Energie- und Umweltfragen.

In der Wirtschaft ist der Endenergieverbrauch zwischen 1990 und 2014 deutlich um 78 % zurückge-

gangen. Neben den Anstrengungen der Unternehmen zu Energieeinsparung und -effizienz spiegeln sich in dieser Entwicklung v. a. Strukturwandelexeffekte (nach der Wende durch strukturbedingte Schwierigkeiten beim Übergang in die soziale Marktwirtschaft, heute Verschiebungen hin zu weniger energieintensiven Branchen und Produkte) wider.

Dominierende Energieträger im Jahr 2014 waren Erdgas (51 %), Strom (25 %) und Fernwärme (15 %). Kaum eine Bedeutung hatten Mineralöl (6 %) und erneuerbare Energien (3 %) (vgl. Abbildung 22).

Ein positives Beispiel ist das Biomasseheizkraftwerk Magdeburg-Rothensee. Es wird mit naturbelassenen Holzhackschnitzeln befeuert und versorgt über eine Fernwärmeleitung das Holzpelletierwerk der BioPellet Magdeburg GmbH & Co. KG, den Windenergieanlagenbauer ENERCON sowie weitere Industriekunden mit Wärme.

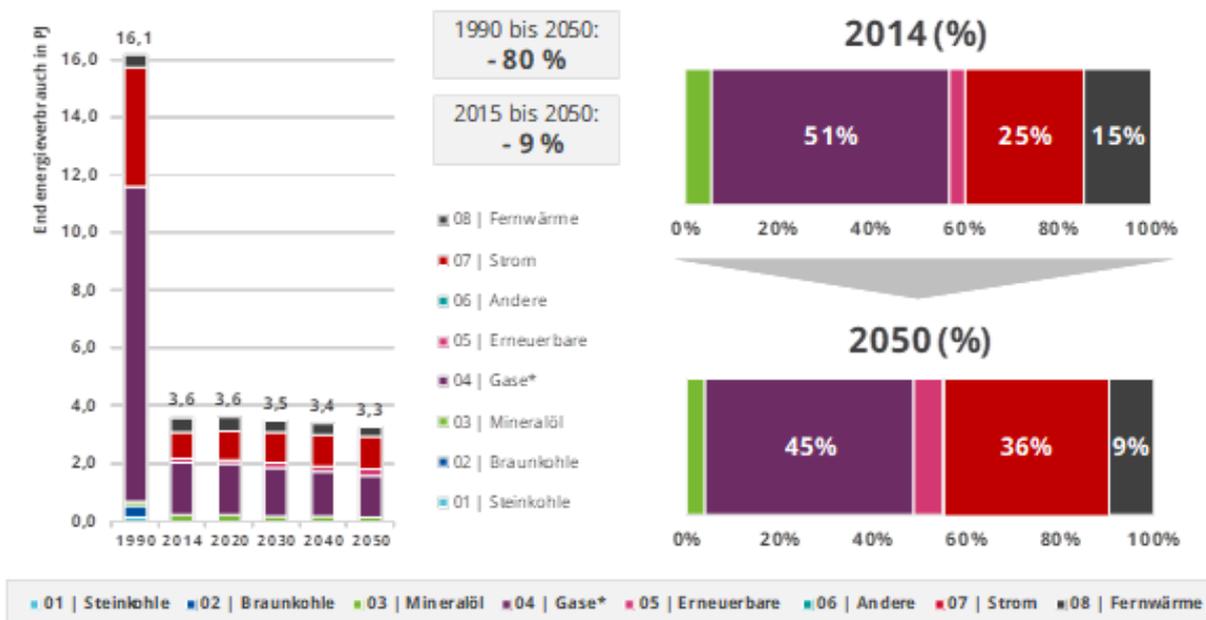


Abbildung 22 Endenergieverbrauch (Tber) Wirtschaft – Historie und Trendszenario

Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig
Anmerkung: *Gase: 1990 Stadtgas, ab 1995 ausschließlich Erdgas

Im **Trendszenario** nimmt der **Endenergiebedarf** in der Wirtschaft zwischen **2015 und 2050** um ca. 9 % auf etwa 3.260 TJ ab. Diese Entwicklung ist, trotz des unterstellten Wirtschaftswachstums (siehe Abschnitt 4.2), aufgrund der bereits derzeit etablierten Instrumente zur Energieeffizienz und der Endenergiepro-

duktivität zu erwarten. Zwischen den Endenergeträgern gibt es strukturelle Verschiebungen. Während die Bedeutung der fossilen Energieträger Mineralöl und Erdgas weiter abnimmt, wird der Einsatz erneuerbarer Energien und von Strom zunehmen (Abbildung 22).

6.2.2 Strategien und Maßnahmen

Grundlage für das Masterplanszenario ist der Erhalt des Wirtschaftsstandortes Magdeburg. Die Unternehmen leisten einen wesentlichen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung.

Durch die Identifizierung und Umsetzung von energieeffizienten Einspar- und Verbesserungsmöglichkeiten bei den Unternehmen können die THG-Emissionen des Sektors Wirtschaft weiter reduziert werden. Die maßgebliche Einflussgröße für den Endenergieverbrauch ist die Entwicklung der wirtschaftsleistungsbezogenen Energieproduktivität.

Wesentliche **Handlungsempfehlungen** zur Erreichung der angestrebten Erhöhung der Endenergieproduktivität sind (in Anlehnung an [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015])

im Bereich **Industrie**:

- Steigerung der Ressourcen- und Materialeffizienz: u.a. Einsatz von innovativen Membrantechniken und Absorptionstechniken; Stoffkreisläufe
- Optimierung von Prozessen: z.B. Reduktion von Leckagen in Druckluftanlagen, effiziente Verdichter, effiziente Pumpen mit Drehzahlsteuerung
- Optimierung von Prozessketten: z.B. geringere Transportlängen und Transportwege, Erhöhung der Materialeffizienz durch hohe Recyclingfähigkeit

(auch im Bereich Bauwirtschaft, Bauteilwiederverwendung)

- Abwärmenutzung: Wärmerückgewinnung und Verwendung zur Vorwärmung von Produkten, Raumwärmebereitstellung und Absorptionskältemaschinen sowie betriebsübergreifenden Nutzung
- Einsatz effizienter Prozesswärme-Technologien: Tiefgreifende technologische Veränderungen, die zu verringertem Einsatz von Strom und Brennstoffen bei der Erzeugung von Prozesswärme führen; z.B. Infrarotlaser für die Erzeugung lokaler chemischer Reaktionen oder zur Durchführung von Schmelzprozessen, UV-Bestrahlung zur Desinfektion
- Einsatz effizienter Technologien zur Materialbearbeitung und zum Transport: verringerter Einsatz von Strom und Brennstoffen bei der Erzeugung von mechanischer Energie (z.B. effiziente Maschinen zum Bohren, Fräsen, Verformen und Transportvorgängen)
- Substitution fossiler Energien durch Low-Carbon-Energieträger: erneuerbare Energien, Wärme aus Strom, Power-to-Heat (Dampf)
- Industriegebäudesanierung sowie Gebäudeersatz und Heizungserneuerung
- Einsatz effizienter Leuchtmittel
- Einsatz effizienter IKT-Technologien

- Förderung von Forschung und Entwicklung (F&E) sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen im Bereich der energieeffizienten Produktionsprozesse
- Förderprogramme für die Bereitstellung von Zuschüssen bei Investitionen in besonders energieeffiziente Techniken

im Bereich **Gewerbe, Handel und Dienstleistungen:**

- Förderung von Energieberatung und Energiemanagement
- Förderung von Querschnittstechnologien
- Förderung von Wärme- und Kältenutzungsplänen
- Unterstützung bei Energieaudits
- Kontinuierliche Förderung und Initiierung von weiteren Effizienznetzwerken
- Kampagne für Energieeffizienz (z.B. Green-IT)
- Zuschüsse für den Einsatz hocheffizienter Technologien
- Verbesserung der Vollzugskontrolle von ordnungsrechtlichen Instrumentarien (z.B. EnEV)
- Erstellung langfristiger Sanierungsfahrpläne für Nichtwohngebäude
- Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung (Regelungen im Wärmesektor für den Bestand)
- Durchführung regelmäßiger Energieaudits
- Berücksichtigung von Effizienzkriterien bei der Beschaffung
- Dynamische Beleuchtungstechnologien (Innen- und Außenbeleuchtung)

- Energetische Optimierung von Lüftungsanlagen und Klimatisierung sowie Substitution von Kältemitteln mit Treibhausgaspotenzial
- Systemoptimierung in den Bereichen elektrische Motorsysteme, Dampferzeugung und -nutzung sowie Abwärme
- Einsatz von Regelungstechnik: Regelungen, Steuerungen und Leitsysteme
- Abwärmenutzung von Rechenzentren
- Lastmanagement

Mittelfristig lassen sich bedeutende Potenziale für Energieeinsparungen realisieren, wenn beim Einsatz alter Anlagen oder bei Neuanschaffungen in die jeweils effizienteste verfügbare Technologie investiert wird.

Aus den Handlungsempfehlungen ergeben sich für die Wirtschaft (Industrie und GHD) folgende **Strategien:**

1. Erhöhung der Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien
2. Material- und Ressourceneffizienz
3. Vernetzung und Wissensmanagement

Die zur Umsetzung notwendigen **Maßnahmen** wurden mit den in Magdeburg beteiligten Akteuren diskutiert. Eine Übersicht zu Strategien und Maßnahmen für die Wirtschaft ist in Tabelle 9 dargestellt. Ausführlich werden die Maßnahmen im Kapitel 9 Umsetzung sowie im beigefügten Maßnahmenkatalog beschrieben.

Tabelle 9 Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Wirtschaft
Quelle: Darstellung IE Leipzig

D	Wirtschaft
D 1	Strategie: Vernetzung und Informationsvermittlung
D 1.1	Maßnahme: Erweiterung von Netzwerken für betrieblichen Erfahrungsaustausch
D 1.2	Maßnahme: Weiterentwicklung des Umweltpreises der Landeshauptstadt Magdeburg
D 2	Strategie: Betriebliche Energieeffizienz
D 2.1	Maßnahme: Energieaudit und Energiemanagement
D 2.2	Maßnahme: Umstellung auf energieeffiziente LED-Beleuchtung
D 2.3	Maßnahme: Initialberatung für energieeffiziente Anlagentechnik
D 2.4	Maßnahme: Technische Möglichkeiten zur Eigenenergieerzeugung
D 2.5	Maßnahme: Ausbau Energieberatungsangebote für (Handwerks-)Betriebe
D 3	Strategie: Material- und Ressourceneffizienz
D 3.1	Maßnahme: Nachhaltige Kreislaufwirtschaft
D 3.2	Maßnahme: Nachhaltige Beschaffung

6.2.3 Masterplanszenario

Der **Endenergiebedarf** in der Wirtschaft nimmt im **Masterplanszenario** zwischen **2015 und 2050** um ca. 19 % auf 2.920 TJ ab (Abbildung 23). Gegenüber dem Trendszenario bedeutet dies bis zum Jahr 2050 eine zusätzliche Reduktion um etwa 340 TJ.

Im Masterplanszenario wird davon ausgegangen, dass durch Prozessoptimierung, Steigerung der Ressourcen- und Materialeffizienz, Abwärmenutzung sowie effizientere Technologien die wirtschaftsleistungsbezogene Endenergieproduktivität deutlich über der im Trendszenario liegt. Darüber hinaus werden Einsparungen u.a. durch Energieoptimierung im Bereich von Gewerbegebieten und Gebäuden (Steigerung von Sanierungsrate und Sanierungsoptionen, Austausch ineffizienter Heizungsanlagen etc.), Produktionsmit-

teln (Investitionen, Beschaffung und GreenIT), Logistik sowie Bildung und Motivation erreicht. Der Stromverbrauch für Geräte und Prozesse nimmt durch weitere Effizienzanstrengungen gegenüber dem Trendszenario ebenfalls ab.

Die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und teilweise Kälte wird stärker über erneuerbare Energien erfolgen. In Nichtwohngebäuden, besonders in öffentlichen Gebäuden, können Wärmepumpen zur Wärme- und Kälteerzeugung eingesetzt werden.

Zwischen den Endenergieträgern wird es strukturelle Verschiebungen geben. Die unterstellten Maßnahmen sowie die Energieeffizienzfortschritte führen zwischen 2015 und 2050 zu einem Rückgang von Mine-

ralöl (- 69 %), Fernwärme (- 44 %) und Erdgas (- 43 %). Der Einsatz erneuerbarer Energien steigt in der Wirtschaft bis zum Jahr 2050 um etwa 160 TJ (+ 125 %) an. Darüber hinaus wird ein Teil des fossilen Erdgases durch synthetisches Gas ersetzt (siehe Kapitel 7.4.1).

Der Stromverbrauch nimmt infolge der fortschreitenden Automatisierung sowie des Vordringens von

Strom in weitere Anwendungsbereiche um 340 TJ zu (+ 36 %).

Die dominierenden Energieträger im Jahr 2050 werden Strom, Erdgas/synthetisches Gas, erneuerbare Energien sowie Fernwärme sein.

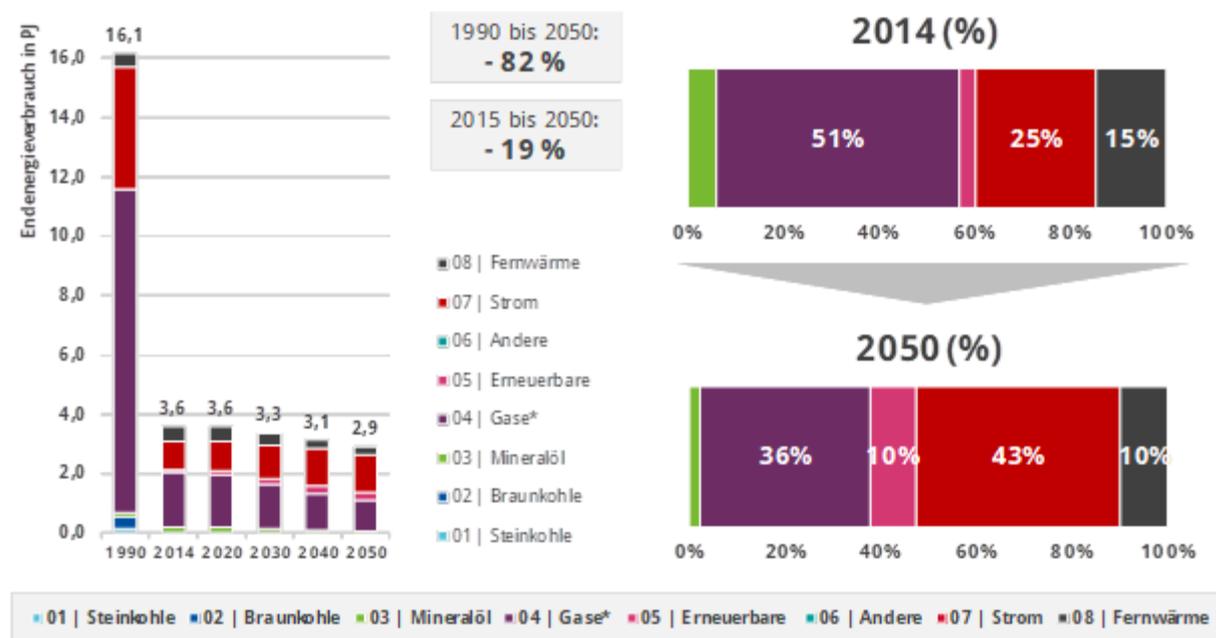


Abbildung 23 Endenergieverbrauch (Tber) Wirtschaft – Historie und Masterplanszenario

Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig
 *Gase: 1990 Stadtgas, ab 1995 ausschließlich Erdgas, ab dem Jahr 2030 wird im Masterplanszenario ein Anteil von auf Strom basierenden synthetischen Gasen (Power to Gas) im Erdgasnetz unterstellt

6.2.4 Fazit

Der Endenergieverbrauch der Wirtschaft ist in Magdeburg zwischen 1990 und 2014 deutlich um rund 78 % gesunken und beträgt derzeit etwa 3.590 TJ. Neben der Verbesserung der wirtschaftsleistungsbezogenen Energieproduktivität (benötigte Endenergie für die Produktion einer Einheit Wirtschaftsleistung) spielen hier v. a. Strukturwandeleffekte (Wirtschafts-

einbruch Anfang der 1990er Jahre, Verschiebung hin zu weniger energieintensiven Branchen und Produkte, Trend zur Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft) eine Rolle.

Für die zukünftige Entwicklung der Wirtschaft in Magdeburg wird davon ausgegangen, dass das Wirtschaftswachstum zunimmt und die Zahl der Erwerb-

stätigen gegenüber 2014 leicht ansteigt (+ 4 %). Durch fortlaufende Effizienzfortschritte, die im Trend- und Masterplanszenario unterschiedlich stark ausgeprägt sind, nimmt die wirtschaftsleistungsbezogene Endenergieproduktivität weiter zu, so dass der Endenergiebedarf der Wirtschaft bis zum Jahr 2050 auf 3.260 TJ bzw. 2.920 TJ abnimmt.

Im Masterplanszenario entspricht dies gegenüber 1990 einem Rückgang um 82 %. Der Endenergieein-

satz je Erwerbstätigem wird zwischen 2015 und 2050 um 13 % (Trendszenario) bzw. 22 % (Masterplanszenario) zurückgehen.

In beiden Szenarien erfolgt zugleich (in unterschiedlichem Maße) eine zunehmende Nutzung erneuerbarer Energieträger, wobei darüber hinaus im Masterplanszenario angenommen wird, dass ein Teil des fossilen Erdgases durch synthetisches Gas ersetzt wird.

6.3 Mobilität

Der Verkehrssektor steht beim Klimaschutz vor besonders großen Herausforderungen, da er bisher noch weitestgehend seine Energie durch die Verbrennung

von Mineralölprodukten bezieht. Bis 2050 soll der Energieverbrauch halbiert und der Restbedarf durch nicht-fossile Energien gedeckt werden.

6.3.1 Ausgangslage und Trendszenario

Die Landeshauptstadt Magdeburg stellt zugleich das Oberzentrum für das nördliche Sachsen-Anhalt dar. Über die Autobahnen 2 und 14 ist sie nach Westen, Süden und Osten mit den Ballungsräumen Hannover, Halle/Leipzig und Berlin verbunden, auch im Bahnfernverkehr gibt es stündliche Fernverbindungen nach Hannover und Leipzig. Über Elbe und Mittelkanal ist Magdeburg für die Binnenschifffahrt mit dem Seehafen Hamburg sowie den Ballungsräumen Hannover, Berlin und Dresden verbunden.

Im Rahmen des Systems repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) wurden die Magdeburger Einwohner seit 1982 achtmal zum Verkehrsverhalten befragt, so dass hierzu auch Zeitreihen existieren, die beiden letzten Analysen liegen für die Jahre 2008 und 2013 vor [TU Dresden 2009], [TU Dresden 2015 (aktualisierte Version vom 2016)]. Damit ergeben sich für 2013 u. a. folgende Daten nach dem Einwohnerprinzip: Für den Energieverbrauch maßgeblich ist beson-

ders der Anteil der motorisierten Verkehrsmittel an der Verkehrsleistung. Mit 72,5 % Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV, d. h. Pkw und motorisierte Zweiräder) liegt Magdeburg etwa im Mittelfeld vergleichbarer Städte, in Halle (Saale), Leipzig, Jena oder Potsdam liegt dieser Wert mit 51,6 % bis 63,6 % jedoch deutlich niedriger [TU Dresden 2015 (aktualisierte Version vom 2016)], was darauf hinweist, dass in Magdeburg noch deutliche Verlagerungspotenziale bestehen. Im Klimaschutzplaner sind dagegen Daten hinterlegt, die auf dem Territorialprinzip beruhen und daher auch den Durchgangsverkehr beinhalten. Für die Szenarien wurden die Informationen aus SrV damit verknüpft.

Im Trendszenario wird der Anteil des motorisierten Individualverkehrs – bezogen auf die Verkehrsleistung – bis 2050 als konstant angenommen. Bei steigender Einwohnerzahl und einer Stabilisierung der Verkehrsleistung pro Kopf steigt die Verkehrslei-

tung, die mit Pkw erbracht wird, daher bis 2050 noch leicht an.

Für die Entwicklung des öffentlichen Nahverkehrs wurden Angaben der Magdeburger Verkehrsbetriebe (MVB) zu ihren aktuellen Planungen bezüglich der Laufleistung von Straßenbahnen und Bussen bis 2020 herangezogen [Magdeburger Verkehrsbetriebe 2017], für die Zeit danach wurde eine Stabilisierung des Verkehrsangebotes der MVB unterstellt.

Weitere Kennziffern für das Trendszenario ergeben sich aus Vorarbeiten des IFEU-Instituts [ifeu 2017b], insbesondere die Entwicklung der Fahr- und Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr, Fortschritte bei der Effizienz der Fahrzeuge sowie die schrittweise Einführung der Elektromobilität, auf die demnach bis 2050 z. B. 28 % der Pkw-Fahrleistung entfallen werden. Der Anteil am Energieverbrauch der Pkw fällt jedoch niedriger aus, da bei Elektromotoren nur rund 0,2 kWh Strom je Fahrzeugkilometer benö-

tigt werden, während in Verbrennungsmotoren aufgrund der hohen Verluste im Motor auch zukünftig mehr als doppelt so viel Endenergie benötigt wird. Die allmählich zunehmende Elektrifizierung des Verkehrs bringt somit auch eine Verminderung des Endenergieeinsatzes mit sich (Abbildung 24). Wichtige zu Grunde liegende Indikatoren des Trendszenarios sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 10 Modal Split in Magdeburg 2013
Quelle: [TU Dresden 2016]

Verkehrsmittel-nutzung 2013 in Magdeburg	Anteil am Verkehrs-aufkommen	Anteil an der Verkehrs-leistung
Fußgänger	26,6%	3,3%
Fahrradverkehr	12,6%	7,2%
ÖPNV	15,1%	17,2%
MIV	45,7%	72,5%

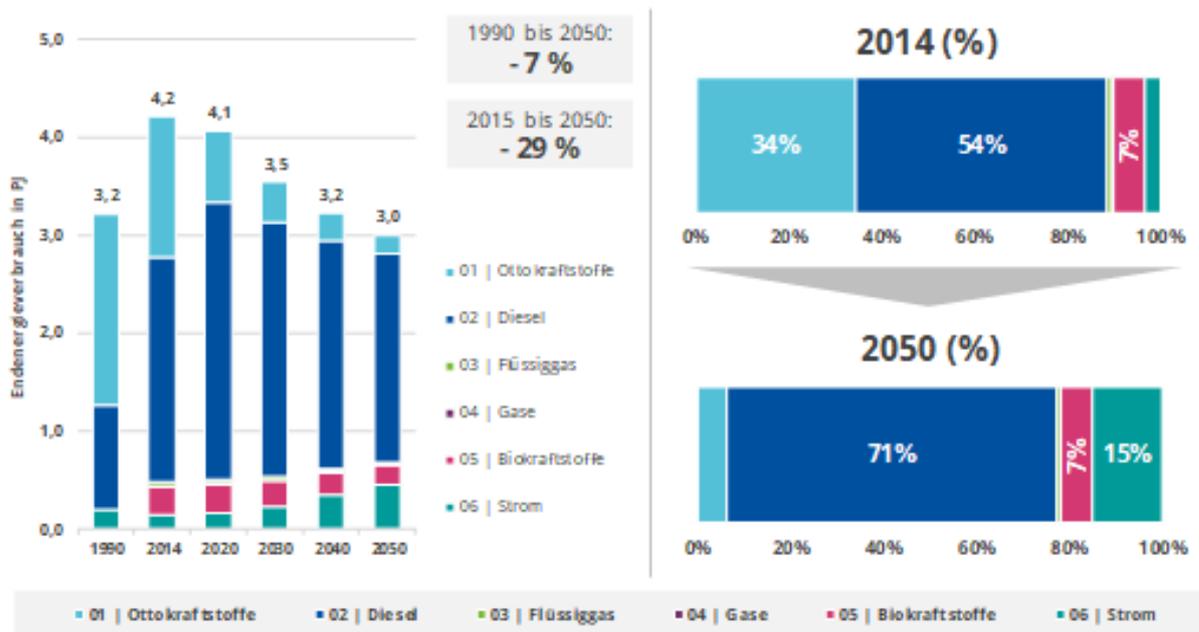


Abbildung 24 Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und Trendszenario
Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

Tabelle 11 Indikatoren Sektor Verkehr - Historie und Trendszenario
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Entwicklung der Indikatoren	1990	2014	2020	2030	2040	2050
Verkehrsleistung PV [Pkm/ Ew]	3.758	7.513	7.588	7.663	7.663	7.663
Fahrleistung Straßen-GV [Fzkm/Ew]	212	749	741	802	836	838
MIV-Anteil der Pkm (Modal Split)	62%	73%	73%	73%	73%	73%
Anteil E-Mobilität an MIV-Pkm	0%	0%	1%	8%	19%	28%
Endenergieverbrauch [MJ/Pkm]	3,0	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6

6.3.2 Strategien und Maßnahmen

Da im Trendszenario der Endenergiebedarf im Verkehrssektor trotz rückläufiger Tendenzen nicht wesentlich geringer als im Jahr 1990 ausfällt, muss das Masterplanszenario Strategien und Maßnahmen enthalten, um den Energieverbrauch und die THG-Emissionen stark zu senken.

Die Grundstrategien zur Verminderung des Energieverbrauchs im Verkehr gehen in drei Richtungen:

- Vermeidung von Verkehr durch Wegfall oder Verkürzung von Fahrten (z. B. durch Einkaufen im Stadtteil statt außerhalb des Stadtgebietes)
- Verlagerung von Verkehr von weniger effizienten Verkehrsmitteln (z. B. Pkw) hin zu sparsamerem (öffentliche Verkehrsmittel) oder nicht-motorisiertem Verkehr (Fahrrad, Fußgänger)

- Steigerung der Effizienz der Verkehrsmittel durch bessere Auslastung (Fahrgemeinschaften, Logistiksysteme), sparsamere Fahrzeuge und Energieträgerwechsel (Elektromotor)

Von den fünf nachfolgend genannten Strategien verfolgt die des Mobilitätsmanagements mehrere dieser Ansätze parallel, alle übrigen lassen sich gut den drei Grundrichtungen zuordnen:

1. Verkehrsvermeidung
2. Mobilitätsmanagement
3. Verkehrsverlagerung vom MIV zum Radverkehr
4. Verkehrsverlagerung vom Pkw-Verkehr zum ÖPNV
5. Effizienterer Verkehr

Diesen fünf Strategien sind jeweils zwei bis drei Maßnahmen zugeordnet, welche überblicksweise in Tabelle 12 sowie detaillierter im Anhang dargestellt sind.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass bereits der **Verkehrsentwicklungsplan 2030 + (VEP 2030+)** der Stadt Magdeburg eine umfangreiche Maßnahmen-sammlung enthält. Diese Maßnahmen werden hier nicht gesondert betrachtet, sondern gelten als Bestandteil des Trendszenarios. Erst die Kombination der VEP 2030+-Maßnahmen mit den im Anhang aufgeführten Maßnahmen führt nach Einschätzung des IE Leipzig zu den nachfolgend dargestellten Ergebnissen.

Die Strategie der Verkehrsvermeidung kann mit ihren beiden Maßnahmen eine Einsparung von 4 % der Personenverkehrsleistung gegenüber heute bewirken, während im Trendszenario eine Zunahme von 2 % prognostiziert wird. Durch die geringere Verkehrsleistung (in Pkm) folgen entsprechende Einsparungen beim Energieverbrauch und bei den Emissionen.

Die Strategien 2 bis 4 sowie das Car-Sharing (Maßnahme C 5.2) führen mit ihren neun Maßnahmen alle zur Verlagerung von Verkehrsleistung vom Pkw-Verkehr zu den Verkehrsmitteln des Umweltverbands. Insgesamt soll dadurch der Anteil des MIV an der Verkehrsleistung von derzeit rund 73 % auf ca. 59 % bis 2050 sinken, d. h. 18 % der heute bzw. zukünftig mit Pkw oder Motorrädern zurückgelegten Strecken werden bis 2050 auf andere Verkehrsmittel entfallen, wobei die Fahrräder (einschl. Pedelecs) und die öffentlichen Verkehrsmittel eine zentrale Rolle spielen.

Auch wenn bezogen auf die Zahl der Wege ein größerer Teil der Verlagerungswirkung auf den Radverkehr entfällt, ist aufgrund der größeren typischen Reiseweite damit zu rechnen, dass etwa 60 % der vom MIV weg verlagerten Personenkilometer auf den ÖPNV entfallen. Bei Verlagerungen zu öffentlichen Verkehrsmitteln steigt der Energiebedarf dort erkennbar nur bei zusätzlichen Fahrten, nicht aber bei besserer Auslastung.

Bei Verlagerungen zum Fahrradverkehr fällt der Energiebedarf ganz weg, der geringe Energiebedarf der Pedelecs, die zusätzlich gefahren werden, fällt im Modell nicht ins Gewicht.

Damit ergibt sich bezogen auf die Verkehrsleistung folgender Modal Split des Jahres 2050 (in Klammern Veränderung gegenüber 2014 in Prozentpunkten):

- Fußgänger: 3,3 % (+0,0 %)
- Fahrradverkehr: 12,4 % (+5,2 %)
- ÖPNV: 25,0 % (+7,8 %)
- MIV: 59,5 % (-13,1 %)

Eine genauere Zuordnung der Verlagerungswirkung auf einzelne Maßnahmen wäre spekulativ, da etwa bei Maßnahmen des Mobilitätsmanagements vorab nicht bekannt ist, wie viele Personen insgesamt erreicht werden und welcher Anteil davon sich für welches Verkehrsmittel entscheidet.

Die Maßnahme C 5.1 zur Elektromobilität umfasst auch Maßnahmen im Bereich des ÖPNV, der größte

Effekt ergibt sich allerdings daraus, dass der Anteil elektrisch betriebener Pkw bis 2050 auf 88 % der Fahrleistung ansteigt.

Auch bei den Nutzfahrzeugen soll die Elektromobilität wesentlich stärker durchgesetzt werden (35 % der Buskilometer, 64 % der Lkw-Kilometer und 88 % der mit leichten Nutzfahrzeugen zurückgelegten Kilometer sollen dann elektrisch zurückgelegt werden). Durch die deutlich höhere Effizienz der Motoren sinkt der Energiebedarf besonders stark ab.

Tabelle 12 Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Mobilität
Quelle: Darstellung IE Leipzig

C	Mobilität
C 1	Strategie: Verkehrsvermeidung
C 1.1	Maßnahme: Förderung der Suffizienz
C 1.2	Maßnahme: Verkürzung notwendiger Wege
C 2	Strategie: Mobilitätsmanagement
C 2.1	Maßnahme: Betriebliches Mobilitätsmanagement (BMM) in Unternehmen
C 2.2	Maßnahme: Mobilität als Bildungsaufgabe
C 2.3	Maßnahme: CO ₂ -Kompensation/Emissionsvermeidung bei Dienstreisen
C 3	Strategie: Verkehrsverlagerung vom motorisierten Individualverkehr zum Radverkehr
C 3.1	Maßnahme: Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur
C 3.2	Maßnahme: Lastenfahrräder zur Logistik-Alternative entwickeln
C 3.3	Maßnahme: Ausbau des Fahrradverleihsystems
C 4	Strategie: Verkehrsverlagerung vom Pkw-Verkehr zum öffentlichen Personennahverkehr
C 4.1	Maßnahme: Wettbewerbsfähige Reisezeiten im öffentlichen Personennahverkehr
C 4.2	Maßnahme: Abbau von Zugangshemmnissen zum öffentlichen Personennahverkehr/Umweltverbund, Kommunikation und Information
C 5	Strategie: Effizienterer Verkehr
C 5.1	Maßnahme: Elektromobilität und Brennstoffzellenantrieb
C 5.2	Maßnahme: Ausbau von Car-Sharing

6.3.3 Masterplanszenario

In Tabelle 13 sind die Indikatoren des Masterplanszenario zusammengefasst, die sich bis auf die Einwohnerzahl alle vom dem Trendszenario unterscheiden. Im Masterplanszenario sinkt der Energieverbrauch deutlich schneller ab als im Trendszenario. Bis 2018 wird in den beiden Szenarien von identischen Werten ausgegangen, weil die Umsetzung der Maßnahmen erst 2018 beginnen kann und dann ab 2019 wirksam wird.

Anschließend wirken sich insbesondere die Elektrifizierung des Straßenverkehrs sowie die Verlagerung eines merklichen Anteils der Verkehrsleistung des MIV zum Umweltverbund besonders aus. Auch die Verkehrsvermeidung liefert einen Beitrag, indem ein Teil des Verkehrsaufkommens bereits an der Quelle vermieden wird und dann gar kein Verkehrsmittel

mehr genutzt werden muss. In Abbildung 25 wird sichtbar, wie sich der Energieverbrauch in den folgenden Jahrzehnten abwärts entwickelt und wie zugleich der elektrische Strom dabei stark an Bedeutung gewinnt.

Die prozentuale Aufteilung der Kraftstoffarten für Verbrennungsmotoren (Ottokraftstoffe, Diesel, Gase und Biokraftstoffe) entwickelt sich im MIV in beiden Szenarien gleich und folgt überregionalen Trends. Der größte Teil davon entfällt auf Dieselmotoren, welcher insbesondere noch im Straßengüterverkehr, in der Binnenschifffahrt sowie für größere Busse benötigt wird. Außerhalb des MIV werden 2050 noch in geringem Umfang fossile Kraftstoffe in den Verkehrssektoren benötigt, in denen eine Elektrifizierung technisch schwieriger ist.

Tabelle 13 Indikatoren des Verkehrs, Masterplanszenario
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Entwicklung der Indikatoren	1990	2014	2020	2030	2040	2050
Verkehrsleistung PV [Pkm/ Ew]	3.758	7.513	7.454	6.921	6.413	5.914
Fahrleistung Straßen-GV [Fzkm/Ew]	212	749	698	706	684	644
MIV-Anteil der Pkm (Modal Split)	62%	73%	72%	68%	64%	59%
Anteil E-Mobilität an MIV-Pkm	0%	0%	3%	17%	56%	88%
Endenergieverbrauch [MJ/Pkm]	3,0	2,4	2,1	1,7	1,3	1,0

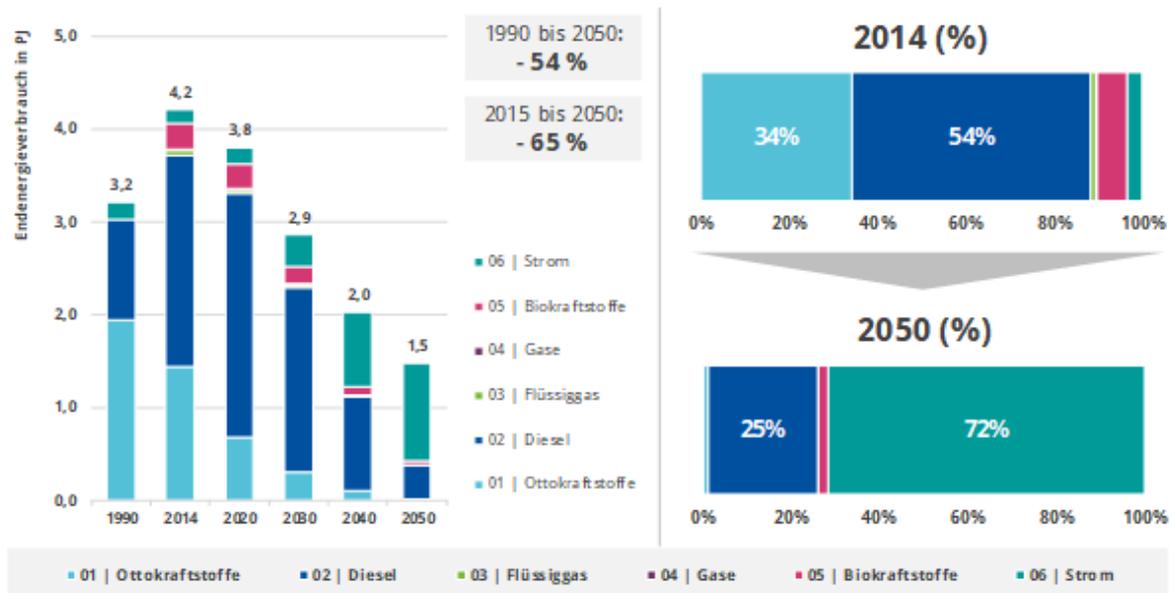


Abbildung 25 Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und Masterplanszenario
 Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015];
 Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

6.3.4 Fazit

Im Verkehrssektor sind Energieverbrauch und Emissionen insbesondere in den 1990er Jahren stark angestiegen und verharren bis heute auf hohem Niveau. Um eine Trendwende zu erreichen, ist die Kombination mehrerer Strategien erforderlich. Einen wesentlichen Beitrag stellt hierbei die Umstellung des Pkw-Verkehrs von fossilen Kraftstoffen auf Elektromobilität dar. Da diese Systemumstellung aber auch einen hohen Kostenaufwand mit sich bringt, ist es wichtig, nur den notwendigen MIV diesem Umstellungsprozess zu unterziehen. Die Maßnahmen der Verkehrsvermeidung sowie die Verlagerung von Pkw-Verkehr auf nichtmotorisierte oder effizientere Verkehrsmittel haben daher auch eine hohe Priorität. Europaweite

Vorgaben (zu CO₂-Grenzwerten für Fahrzeuge) und bundesweite Entwicklungen (Förderung der Elektromobilität) unterstützen bereits die Trendwende hin zu einem energieeffizienten Verkehrswesen. Um jedoch die Ziele der Masterplankommune zu erreichen, sind in der Stadt Magdeburg noch zahlreiche zusätzliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene erforderlich. Deren Wirkungen lassen sich nur grob quantifizieren, zumal die Maßnahmen sich auch gegenseitig beeinflussen. Im Zusammenspiel aller Maßnahmen ist es jedoch voraussichtlich möglich, das Ziel einer Halbierung des Endenergiebedarfs im Vergleich zu 1990 zu erreichen.

6.4 Zusammenfassung und Folgerungen für die Energieversorgung

Der folgende Abschnitt fasst die Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den Sektoren Industrie, Verkehr, GHD, Haushalte sowie Kommune zusammen. Der Endenergieverbrauch umfasst die für energetische Verwendungszwecke gelieferten Energiemengen. Nicht berücksichtigt sind die zur Umwandlung und/oder für den Eigenverbrauch der Energieerzeuger gelieferten Mengen sowie die Netzverluste.

Ausgehend vom Jahr 1990 reduzierte sich der Endenergieverbrauch bis 2014 in der Stadt Magdeburg um ca. 62 %. Wichtigster Energieträger aktuell ist Erdgas mit 40 %, gefolgt von Mineralöl mit 29 %. Strom hat einen Anteil von 14 %.

Neben den deutlichen Veränderungen der Energieträgeranteile am Endenergieverbrauch haben sich auch

die sektoralen Anteile gewandelt. Hatte der Sektor Industrie im Jahr 1990 noch einen Anteil von etwa 28 % am gesamten Endenergieverbrauch, so ist dieser im Jahr 2014 auf ca. 14 % zurückgegangen. Mit einem Anteil von ca. 45 % ist der Sektor Haushalte im Jahr 2014 der bedeutendste Endenergieverbraucher, gefolgt vom Sektor Verkehr (Tabelle 14).

Gegenüber dem Jahr 1990 erhöhte sich der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors um etwa 31 %, wohingegen in den anderen Sektoren deutliche Rückgänge gegenüber 1990 zu verzeichnen sind:

- Industrie: - 80 %
- Haushalte: - 64 %
- GHD:- 74 %

Tabelle 14 Entwicklung der Endenergieverbrauchsminderung im Trendszenario
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Trendszenario [in %]	Historische EEV-Minderung 1990 - 2014	Trend 2020 EEV-Minderung 1990 - 2020	Trend 2030 EEV-Minderung 1990 - 2030	Trend 2040 EEV-Minderung 1990 - 2040	Trend 2050 EEV-Minderung 1990 - 2050
01 Industrie	-80%	-80%	-81%	-82%	-83%
02 Verkehr	31%	26%	10%	0%	-7%
03 GHD	-74%	-73%	-73%	-74%	-75%
04 Haushalte	-64%	-64%	-66%	-67%	-69%
05 Kommune	-53%	-55%	-60%	-64%	-67%
Summe	-62%	-62%	-65%	-66%	-68%

Tabelle 15 Entwicklung der Endenergieverbrauchsreduzierung im Masterplanszenario

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Masterplanszenario [in %]	Historische EEV-Minderung 1990 - 2014	Ziel 2020 EEV-Minderung 1990 - 2020	Ziel 2030 EEV-Minderung 1990 - 2030	Ziel 2040 EEV-Minderung 1990 - 2040	Ziel 2050 EEV-Minderung 1990 - 2050
01 Industrie	-80%	-80%	-82%	-83%	-84%
02 Verkehr	31%	18%	-11%	-37%	-54%
03 GHD	-74%	-73%	-75%	-76%	-78%
04 Haushalte	-64%	-64%	-68%	-72%	-76%
05 Kommune	-53%	-57%	-63%	-68%	-72%
Summe	-62%	-63%	-68%	-72%	-76%

Im **Trendszenario** sinkt der Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 von etwa 15 PJ im Jahr 2014 auf etwa 12 PJ, was einem Rückgang von 19 % gegenüber dem Jahr 2015 entspricht. Der Endenergieverbrauch sinkt bis 2050 in der Industrie um 13 %, im Verkehrssektor um 29 %, in den Haushalten um 14 % und im GHD um 5 % gegenüber dem Jahr 2014.

Bei den Mineralölprodukten ist ein deutlicher Verbrauchsrückgang um ca. 38 % und bei den Gasen um 30 % zu erwarten. Der Stromverbrauch steigt um 24 % an. Entgegen den Trends für die zuvor genannten Energieträger, nimmt der Endenergieverbrauch erneuerbarer Energieträger bis zum Jahr 2050 um 72 % zu. Die übrigen Energieträger spielen lediglich eine untergeordnete Bedeutung.

Im **Masterplanszenario** sinkt der Endenergieverbrauch von etwa 15 PJ im Jahr 2014 auf 9 PJ im Jahr 2050, was einem Rückgang von 39 % gegenüber dem

Jahr 2014 entspricht. Der Endenergieverbrauch sinkt bis 2050 in der Industrie um 19 %, im Verkehrssektor um 65 %, in den Haushalten um 33 % und im Sektor GHD um 18 % gegenüber dem Jahr 2014. Infolge dessen werden sich die Anteile der Sektoren bis zum Jahr 2050 deutlich verschieben (Abbildung 26 und Tabelle 15). Bis zum Jahr 2050 geht der Einsatz von Mineralölprodukten um ca. 89 % und von Gasen um 55 % zurück. Der Stromverbrauch steigt um 42 %. Im Jahr 2050 wird der Endenergieverbrauch zu 34 % durch den Energieträger Strom dominiert. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger im Masterplanszenario erhöht sich um 90 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 2014 (Abbildung 27). Infolgedessen verschieben sich die Anteile der Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch.

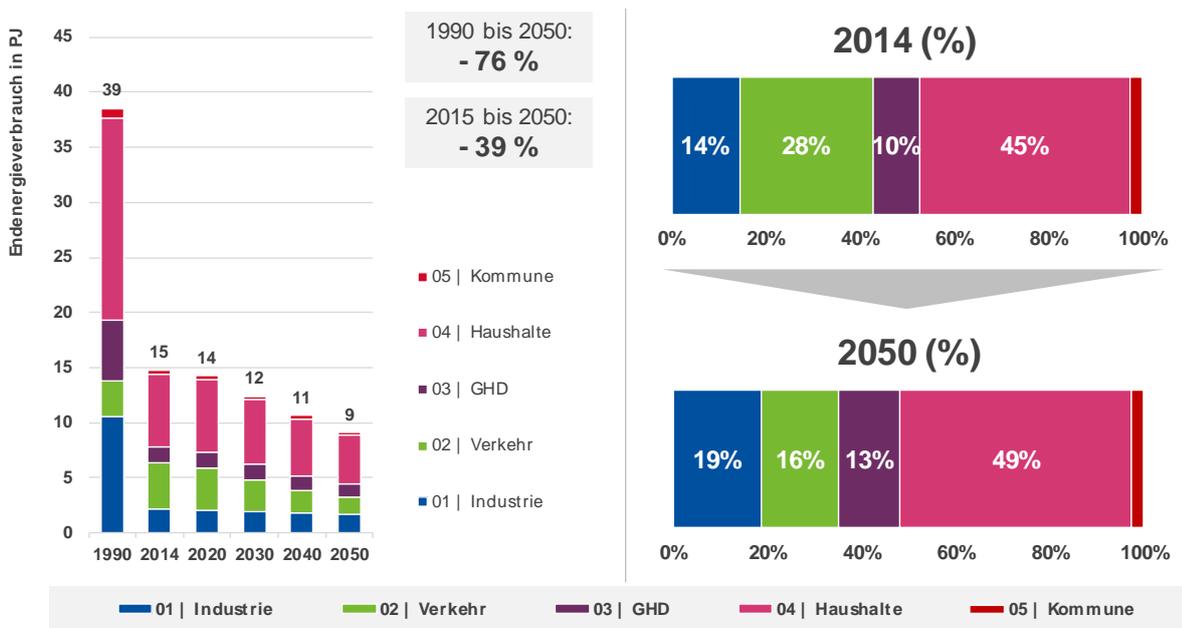


Abbildung 26 Endenergieverbrauch (Tber) nach Sektoren – Historie und Masterplanszenario
 Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

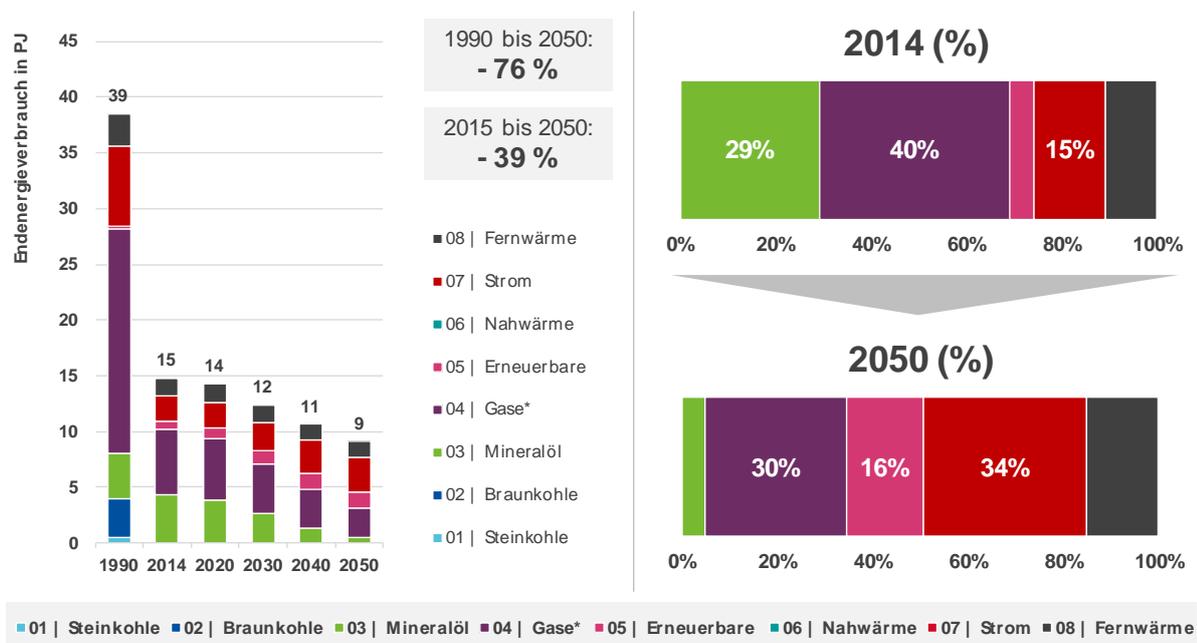


Abbildung 27 Endenergieverbrauch (Tber) nach Energieträger – Historie und Masterplanszenario
 Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig
 *Gase: 1990 Stadtgas, ab 1995 ausschließlich Erdgas, ab dem Jahr 2030 wird im Masterplanszenario ein Anteil von auf Strom basierenden synthetischen Gasen (Power to Gas) im Erdgasnetz unterstellt

7 Energieerzeugung – Bedarf und Konzepte

In diesem Kapitel wird der in Magdeburg vorliegende Kraftwerkspark zur Vor-Ort-Erzeugung von Strom und Fernwärme dargestellt und darauf basierend die daraus abgeleiteten THG-Emissionen gemäß einem Trend- und Masterplanszenario gemäß der ausgearbeiteten Strategien und Maßnahmen dargestellt. Diese dienen als Grundlage zur Ermittlung der gesamten THG-Emissionen in den zuvor dargestellten Endenergiesektoren bei dem Endenergieverbrauch von Strom und Fernwärme.

7.1 Ausgangslage

7.1.1 Stromversorgung

Der Stromversorger der Landeshauptstadt Magdeburg sind die Netze Magdeburg GmbH (NM) – ein Unternehmen der Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG (SWM). In Abbildung 28 ist das NM-Stromnetzgebiet dargestellt. Die wichtigste Stromerzeugungsanlage der Landeshauptstadt Magdeburg stellt das Müllheizkraftwerk Rothensee (MHKW) dar. Darüber hinaus existieren noch das Biomasseheizkraftwerk Rothensee (Betreiber: GETEG) und das Biomasseheizkraftwerk Cracau (Betreiber: SWM). Es handelt sich in allen drei Fällen um Anlagen auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung. (KWK), so dass diese nachfolgend bei der Wärmeversorgung behandelt werden. Magdeburg verfügt im Stadtteil Rothensee darüber hinaus über einen kleinen Windpark mit drei Windenergieanlagen (E-70, E-82, E-126) des Projektierers Enercon, von denen die erste im Jahr 2005 installiert wurde. Betreiber des Windparks mit einer elektrischen Gesamtleistung von 11,5 MW sind die Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG (SWM).

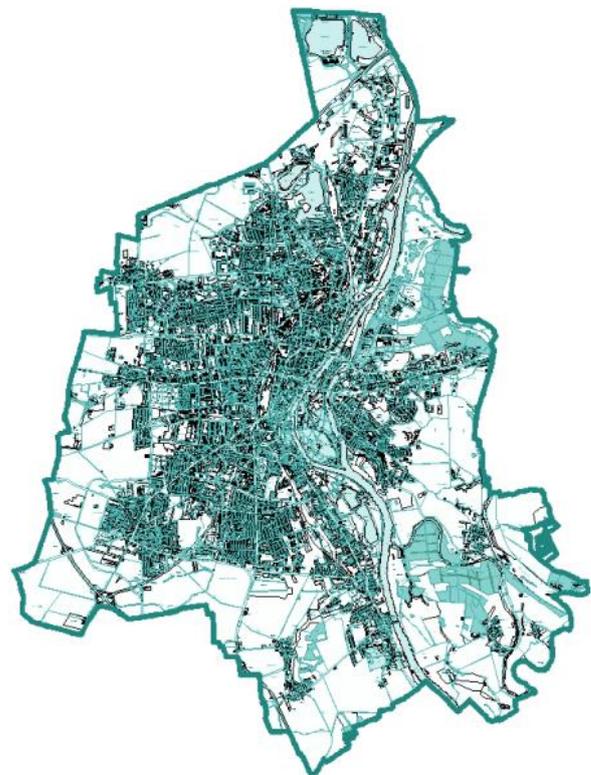


Abbildung 28 Stromnetzgebiet der Netze Magdeburg GmbH
Quelle: [NM 2016]

Die VSB Holding GmbH hat außerdem im Jahr 2011 innerhalb von fünf Monaten einen Solarpark auf der ehemaligen Deponie im Cracauer Anger gebaut. Diese PV-Freiflächenanlage (Abbildung 29) erstreckt sich über ein Gebiet von 14,5 ha und besteht aus 37.600 PV-Modulen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 8,5 MW. Der Solarpark speist über eine 30-kV-Leitung in das Mittelspannungsnetz der SWM ein und versorgt ca. 11.000 Haushalte mit PV-Strom [VSB 2012a].



Abbildung 29 Solarpark Magdeburg in Cracau
Quelle: [VSB 2012b]

7.1.2 Gasversorgung

Die Versorgung der Landeshauptstadt Magdeburg mit Erdgas erfolgt durch die Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG (SWM), welche ein örtliches Verteilnetz im Marktgebiet GASPOOL betreiben. Das Netzgebiet (siehe Abbildung 30 und Abbildung 31) umfasst die Gemeinde Magdeburg mit Ausnahme der nicht durch die SWM Magdeburg versorgten Gemarkung Beyendorf-Sohlen.

Das örtliche Verteilnetz ist gegliedert in die SWM-Zone 1 (Gemeinde Magdeburg ohne die Gemarkungen Pechau und Randau-Calenberge) und SWM-Zone 2 (Gemarkungen Pechau und Randau-Calenberge), wo Erdgas von sieben Übernahmestellen (Einspeisepunkt / Netzkopplungspunkt) bis zur jeweiligen Übergabestelle (Ausspeisepunkt) transportiert wird.

Ab den Übernahmestellen werden über Gasdruckregelanlagen folgende Netzebenen (NE) versorgt [SWM 2016b]:

- Hochdruck (NE 1): 11 – 21 bar
- Hochdruck (NE 2): 4,5 bar
- Hochdruck (NE 3): 3,2 bar
- Mitteldruck: 500 / 650 mbar
- Niederdruck: 40 mbar
- 50 mbar (Sondernetze)
- 22 mbar (Inselnetz)

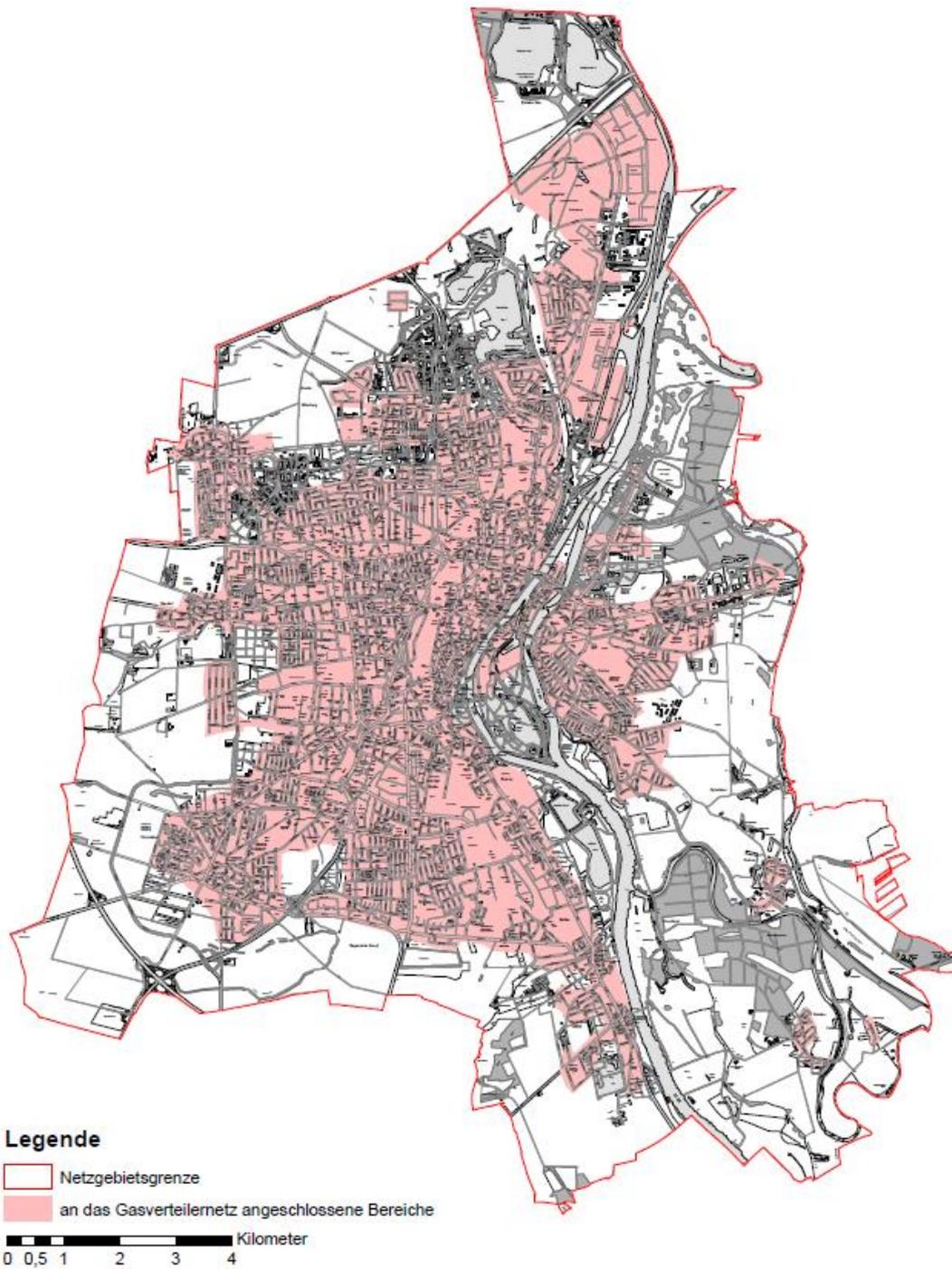


Abbildung 30 Gasversorgungsgebiet der SWM
Quelle: [SWM 2016a]

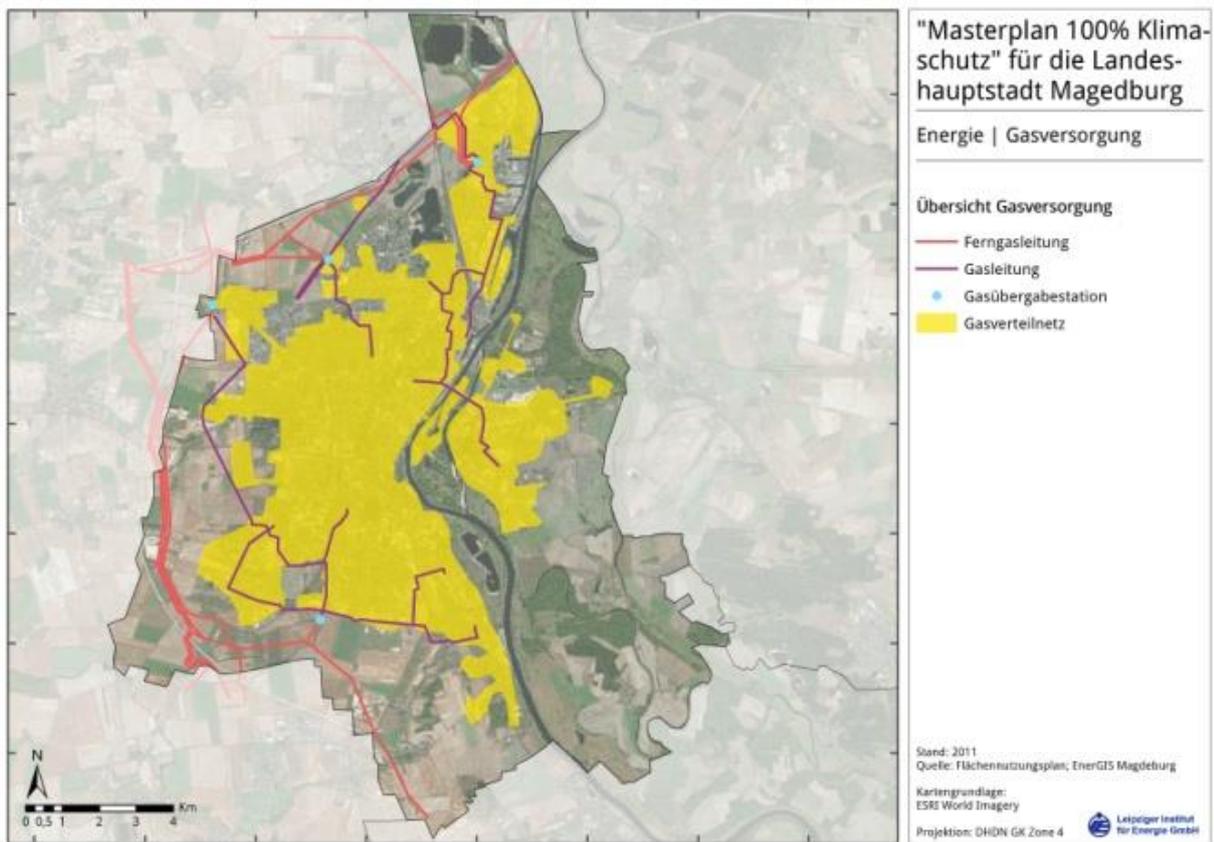


Abbildung 31 Gasversorgung Magdeburg
Quelle: Flächennutzungsplan, EnerGIS Magdeburg, Darstellung IE Leipzig

7.1.3 Wärmeversorgung

In Abbildung 32 ist das Magdeburger Fernwärmegebiet dargestellt. Die Fernwärme der Städtischen Werke Magdeburg wird in erster Linie aus dem Müllheiz-

kraftwerk Rothensee sowie zwei Erdgas-Heizwerken zur Spitzenlastabdeckung gewonnen.

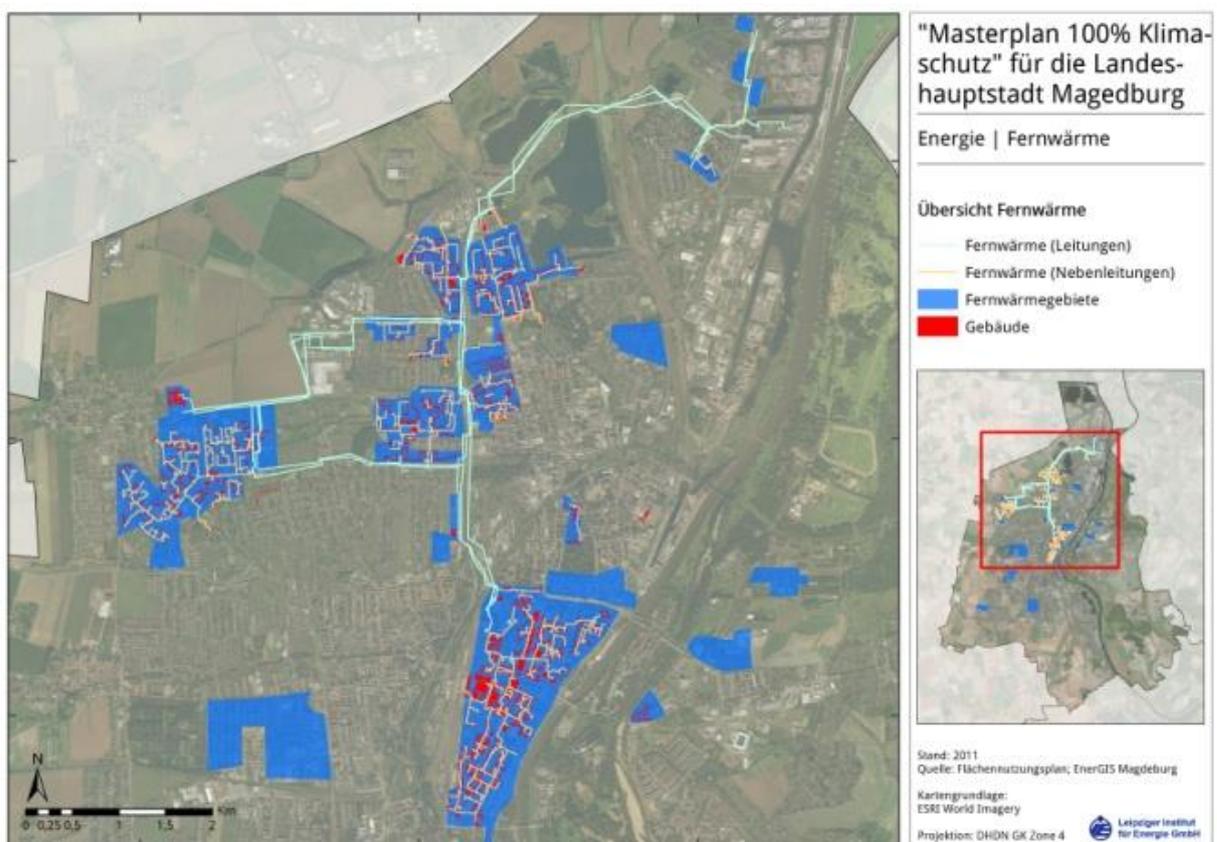


Abbildung 32 Fernwärmegebiet

Quelle: Flächennutzungsplan, EnerGIS Magdeburg, Darstellung IE Leipzig

Müllheizkraftwerk Magdeburg Rothensee

Seit Juni 2005 befindet sich am Industriestandort Rothensee das MHKW Rothensee der Müllheizkraftwerk Rothensee GmbH. Das MHKW arbeitet auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), so dass aus jährlich ca. 650.000 t Abfall jeweils ca. 370 GWh Strom und ca. 350 GWh Fernwärme als Koppelprodukte erzeugt werden. Es verfügt über einen 4-Zug-Naturumlaufkessel, in dem auf Abfallbasis Heiß-

dampf erzeugt wird, sowie zwei Entnahmekondensationsturbinen zur Stromerzeugung [MHKW-R 2016]. Sowohl Strom als auch Fernwärme werden in die Netze der Städtischen Werke Magdeburg GmbH & Co. KG eingespeist, womit eine Sicherung der Grundlast für die Fernwärmeerzeugung gewährleistet wird. In Abbildung 33 ist das Anlagenschema des MHKW Rothensee dargestellt.

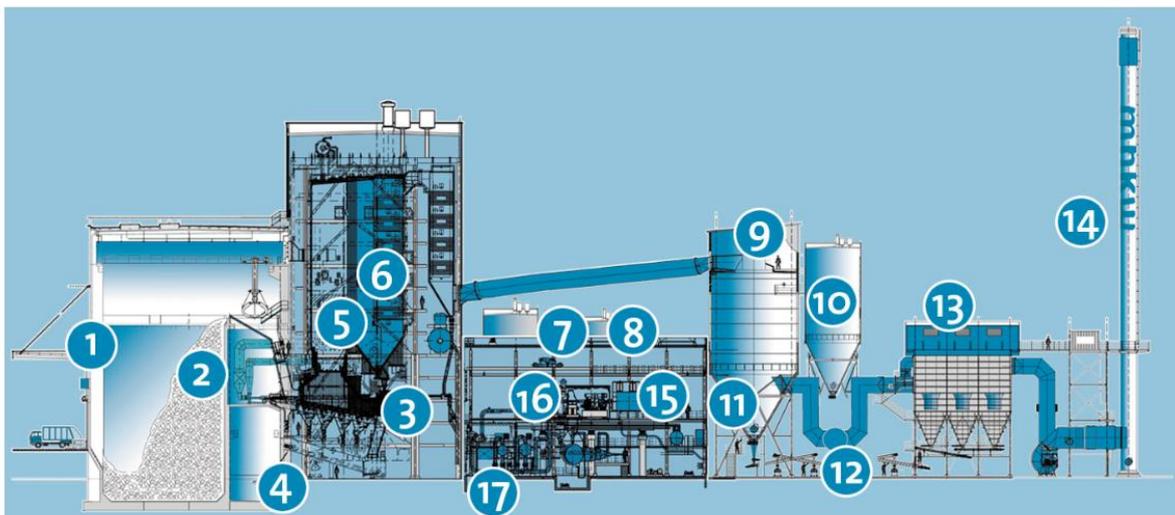


Abbildung 33 Anlagenschema MHKW-Rothensee
Quelle: [MHKW-R 2016]

Biomasseheizkraftwerk Magdeburg Rothensee

Ebenfalls in Rothensee wurde im Jahr 2012 von der GETEC heat & power AG ein Biomasseheizwerk für die BioPellet Magdeburg GmbH & Co. KG Abbildung 34 errichtet. Es handelt sich dabei um einen Biomassekessel, in dem auf Basis von Holzhackschnitzeln und Landschaftspflegeholz Wärme und zusätzlich mittels Thermalölkessel sowie ORC-Turbine (Organic Rankine Cycle: Verfahren des Be-

triebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmedium als Wasserdampf) Strom erzeugt wird. Diese KWK-Anlage, welche zur Wärmeversorgung des benachbarten Holzpelletierwerkes des Windenergieanlagenhersteller Enercon sowie anderer im Gewerbepark Rothensee ansässigen Industriekunden dient, weist eine thermische Leistung von 11,8 MW und eine elektrische Leistung von 1,8 MW auf.



Abbildung 34 Biomasseheizkraftwerk der BioPellet Magdeburg GmbH & Co. KG
Quelle: Quelle: [GETEC 2016]

Biomasse ORC-Kraftwerk Cracau

Am 28.08.2015 feierten die Städtische Werke Magdeburg bereits ein Richtfest für das im Stadtteil Cracau von der SEEGER ENGINEERING GMBH errichtete Biomasseheizkraftwerk, welches im März 2016 in Betrieb ging. Es soll den ostelbischen Teil

Magdeburgs in einem 4,5 km langen Wärmenetz versorgen. Es weist eine thermische Leistung von 11 MW auf und versorgt sowohl Wohngebäude als auch die GETEC- und MDCC-Arena mit Wärme [Seeger 2015].

7.2 Strategien und Maßnahmen

Die für die Landeshauptstadt Magdeburg ausgearbeiteten Maßnahmen für das Handlungsfeld Energiesysteme und Stromnutzung sind Teil folgender Strategien:

- A 1 *Erhöhung der Energieeffizienz*
- A 2 *Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung Versorgungssicherheit*
- A 3 *Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung*
- A 4 *Systemintegration: Speicherung und Steuerung*

Die dazugehörigen Maßnahmen sind in Tabelle 16 aufgeführt, werden an dieser Stelle zusammenfassend erläutert und in den angehängten Maßnahmenblättern im Maßnahmenkatalog detailliert beschrieben.

Für die Nutzung erneuerbarer Energieträger wurden die Potenziale zur Stromerzeugung mittels Photovoltaik, Windkraft, Geothermie, Wasserkraft und Biomasse untersucht. Die Ermittlung der kommunalen Potenziale für erneuerbare Energie dient als Entscheidungs- und Berechnungsbasis für die Energieversorgungsmöglichkeiten.

Tabelle 16 Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Energiesysteme und Stromnutzung

A	Energiesysteme und Stromnutzung
A 1	Strategie: Erhöhung der Energieeffizienz
A 1.1	Maßnahme: Fernwärmeausbau
A 1.2	Maßnahme: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)
A 1.3	Maßnahme: Blockheizkraftwerk in Mehrfamilienhäusern mit Stromverkauf an Mieterinnen und Mieter
A 1.4	Maßnahme: Abwärmenutzung Unternehmen
A 2	Strategie: Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung
A 2.1	Maßnahme: Pilotprojekte für innovative Energiedienstleistungen
A 2.2	Maßnahme: Netzausbau und -integration
A 3	Strategie: Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung
A 3.1	Maßnahme: Ausbau und Förderung Solarenergieerzeugung für Strom und Wärme
A 3.2	Maßnahme: Energetische Nutzung von Abwasser und Klärschlamm
A 3.3	Maßnahme: Biogas (Energetische Nutzung von Bioabfall)
A 3.4	Maßnahme: Ausbau und Förderung Windenergie
A 3.5	Maßnahme: Ausbau Oberflächennahe Geothermie (Nutzung für Kühlung im Sommer)
A 4	Strategie Systemintegration: Speicherung und Steuerung
A 4.1	Maßnahme: Effiziente Strom - und Wärmenutzung

7.2.1 Solarenergie

Für die Nutzung der Solarstrahlung mittels Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung und Solarthermieanlagen zur Wärmeerzeugung kommen vorrangig Dachflächen in Betracht.

Dachanlagen

Zum Jahresende 2015 waren im Stadtgebiet Magdeburg 960 Photovoltaik-Dachanlagen mit einer Ge-

samtleistung von ca. 20,9 MW installiert [50 Hertz 2015]. Die durchschnittliche Anlagenleistung beträgt rund 22 kW. Die größte PV-Dachanlage mit einer installierten Leistung von 990 kW befindet sich auf dem Dach des UPS Depots (Sudenburger Wuhne 61-69). Neben Photovoltaikanlagen waren zum Zeitpunkt Dezember 2016 auch 594 Solarthermieanlagen mit

einer Kollektorfläche von insgesamt rund 5.238 m² installiert [Solaratlas 2016].

Einen Überblick über die geografische Verteilung bereits realisierter sowie in Bau befindlicher Solaranlagen liefert Abbildung 36. Grundlage bilden die EnerGIS-Daten der Stadt Magdeburg.



Abbildung 35 PV-Dachflächenanlage auf UPS Depot
Quelle: [Google Earth 2017]

Das Gesamtpotenzial zur Nutzung der Dachflächen für Photovoltaik wurde seitens IE Leipzig überschlägig über die vorhandenen Dachflächen abgeschätzt – mit dem Ergebnis, dass im Stadtgebiet geeignete Dächer für die Installation von PV-Modulen mit einer Gesamtleistung von ca. 129 MW⁴ vorhanden sind. Dieses theoretische Potenzial wurde bis zum Jahr 2015 zu etwa 16 % ausgenutzt (20,9 MW installierte Leistung)

Im Rahmen des Projektes „Magdeburg: Energieeffiziente Stadt – Modellstadt für Erneuerbare Energien

(MD-E⁴) wurde ein Energie-Informationssystem (EnerGIS) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein „webbasiertes interaktives Informations-, Planungs- und Managementinstrument für energetische Stadtentwicklung“ [Schädlich]. Mit Hilfe von EnerGIS lässt sich anhand der dachflächenabhängigen Einstrahlung eine Ableitung der Dachflächeneignung ableiten. Neben der Globalstrahlung sind auch die jeweiligen Grund- und Dachflächen der hinterlegten Gebäude angegeben. Der optimale Neigungswinkel beträgt etwa 38° [SolarGIS 2017]. Die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Anlagen ist maßgeblich abhängig von den Investitionen (Module, Installation) und den solaren Erträgen, die wiederum abhängig von den gegebenen baulichen Voraussetzungen (Dachneigung und -ausrichtung) sowie der Globalstrahlung sind. Das 25-jährige Mittel (1991–2015) der Globalstrahlung liegt für Magdeburg bei 1.064 kWh/m²a und somit geringfügig höher als das deutschlandweite Mittel (1981–2010) von 1.054 kWh/m² [DWD 2017]. Die Kosten für den Betrieb sind gering und beschränken sich überwiegend auf Wartung und Versicherung der Anlage, da technologiebedingt keine Betriebs- und Einsatzstoffe notwendig sind. Für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit ist eine Einzelfallprüfung notwendig, sie kann im Allgemeinen nach aktueller Marktlage, je nach Höhe des Eigenverbrauchs, für geeignete Dachflächen jedoch als positiv angesehen werden.

⁴ Für Dächer auf Wohngebäuden nach Potenzialabschätzung IE Leipzig: etwa 66 MW unter Berücksichtigung der Nutzungskonkurrenz zur Solarthermie; Für Dächer aus dem Bereich Industrie / GHD und Landwirtschaft 63 MW unter der Annahme, dass sich ein Viertel aller Dachflächen auf Nichtwohngebäuden befindet und dort Solarthermie nicht genutzt wird. Diese überschlägige Potenzialabschätzung muss im Einzelfall durch Machbarkeitsstudien bzw. Wirtschaftlichkeitsberechnungen konkretisiert werden.

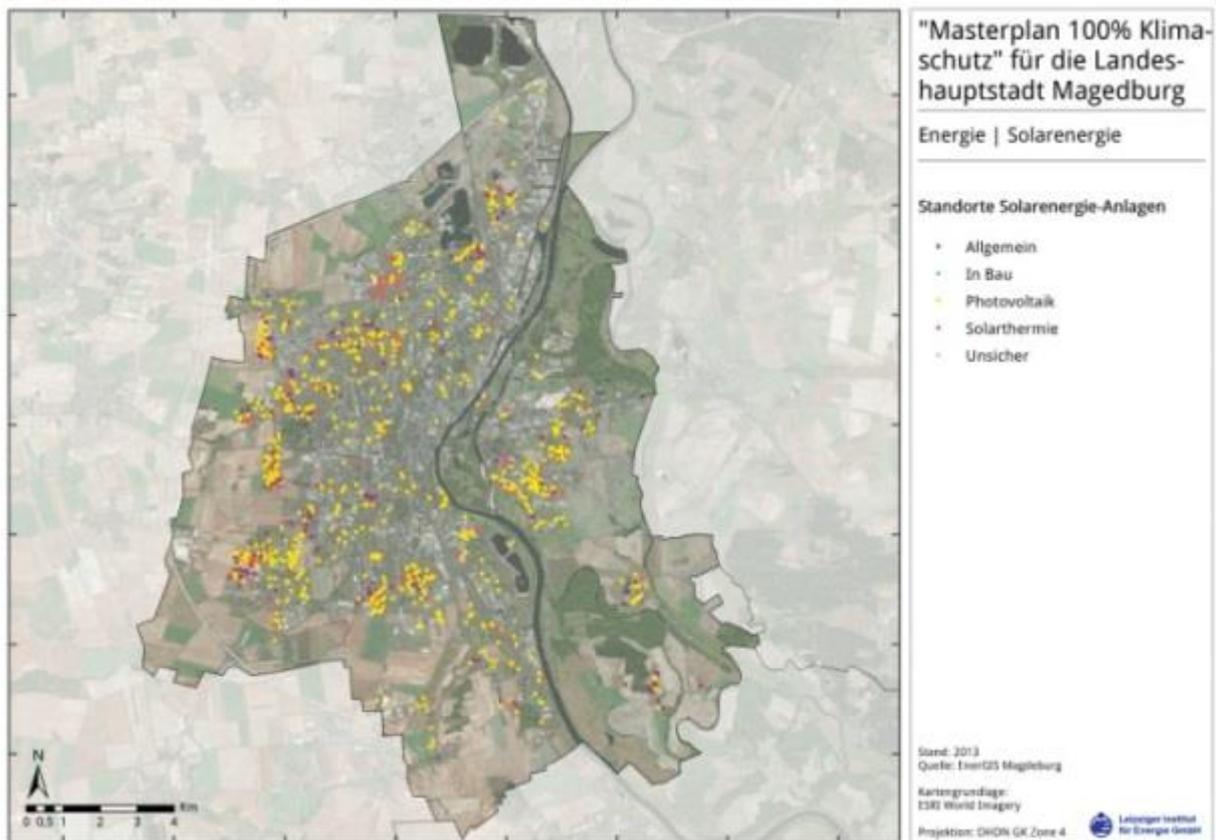


Abbildung 36 Standorte Solarenergie Magdeburg
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Fassaden

Neben den zahlreichen zur Verfügung stehenden Dachflächen bieten sich auch Gebäudefassaden zur Installation von Photovoltaik bzw. Solarthermie an. Fassaden stellen die größten Flächen eines Gebäudes dar. Der Vorteil dieser Flächen ist, dass sie in der Regel in keiner Nutzungskonkurrenz stehen. Hierbei können die entsprechenden Module nachträglich an die Fassaden angebracht oder bei Neubauten direkt in die Fassade integriert werden. Neben dem Schutz vor Regen, Schnee, Wind und Hitze, kann so gleichzeitig

Strom produziert werden. Die Stromproduktion mittels Photovoltaik ist vor allem strahlungsabhängig. Da Module bei der senkrechten Montage an Fassaden nicht optimal ausgerichtet sind, liegen hier ungünstigere Einstrahlungsbedingungen im Vergleich zu einer geneigten Modulmontage auf Dächern vor.

Das Gesamtpotenzial zur Nutzung der Fassadenflächen für Photovoltaik wurde vom IE Leipzig überschlüssig über die Anzahl der Gebäude abgeschätzt. So

sind im Stadtgebiet geeignete Fassaden für die Installation von etwa 62,6 MW⁵ Leistung vorhanden.

Neben der klassischen Gebäudefassade bieten auch die zahlreichen Balkone im Bereich der Wohngebäude ein Potenzial zur Installation von Photovoltaik. Hier könnte vor allem die so genannte Guerilla-PV zum Einsatz kommen. Dabei werden Kleinstanlagen (bestehend aus ein paar wenigen Modulen) an die Balkonbrüstung gehangen und mit einem entsprechenden Kabel mit der Steckdose verbunden. So wird zuerst der selbstproduzierte Strom verbraucht, bevor es zur Stromentnahme aus dem öffentlichen Netz kommt.

Eine überschlägige Abschätzung, auf Basis der Wohnungsanzahl, ergab ein Guerilla-PV-Potenzial von ca. 7,8 MW. Dieses Potenzial ist bereits im Gesamtpotenzial der Fassadenflächen berücksichtigt.

Guerilla-PV-Anlagen lassen sich nicht nur an Balkonen installieren, sondern auch auf Terrassen und in Gärten aufstellen. Sicherheitsbedenken gegenüber den Guerilla-PV-Anlagen gibt es seitens des VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V.), welcher vor einer erhöhten Brandgefahr durch Überlastung des Endstromkreises warnt. Entsprechende Normen für den Einsatz von Guerilla-PV sind in Bearbeitung.

⁵ Für Fassaden an Wohngebäuden nach Potenzialabschätzung IE Leipzig: ca. 24,4 MW bei vollständiger Nutzung der Fassadenflächen durch PV; Für Fassaden an Nichtwohngebäuden ca. 38,2 MW unter der Annahme, dass Solarthermie bei Nichtwohngebäuden nicht genutzt wird. Bei der Annahme wurde der Einsatz von Dünnschichtmodulen zugrunde gelegt. Diese überschlägige Potenzialabschätzung muss im Einzelfall durch Machbarkeitsstudien bzw. Wirtschaftlichkeitsberechnungen konkretisiert werden.

Freiflächenanlagen

Im Stadtgebiet wurden bis Ende 2015 sechs Photovoltaik-Freiflächenanlagen errichtet, von denen fünf (von der sechsten Anlage sind keine Daten bekannt) eine Gesamtleistung von ca. 13,9 MW aufweisen (50Hertz 2015). Die größte Freiflächenanlage, mit einer Leistung von rund 8,5 MW, wurde Ende 2011 auf der ehemaligen Deponie am Cracauer Anger in Betrieb genommen. Eine Photovoltaik-Freiflächenanlage befindet sich zudem ganz in der Nähe, entlang der Berliner Chaussee. Zwei Anlagen wurden im Gewerbegebiet Nord und eine im Stadtteil Großer Silberberg installiert. Im Juli 2016 wurde eine weitere Anlage mit einer Leistung von 208 kW im Gewerbegebiet Nord in Betrieb genommen [BNetzA 2017a].

Grundsätzlich sind PV-Freiflächenanlagen entlang von Bahnlinien und Autobahnen in einem Streifen von 110 m sowie auf Konversionsflächen derzeit förderfähig. Seitens der Bundesnetzagentur werden Ausschreibungen zur Ermittlung der finanziellen Förderung für Anlagen ab einer Größe von 0,75 MW durchgeführt. Für Anlagen bis 0,75 MW gelten weiterhin die fest kalkulierbaren anzulegenden Werte des EEG. Somit kann damit gerechnet werden, dass in Zukunft auch Freiflächenprojekte mit einer installierten Leistung bis 0,75 MW errichtet werden.

Entlang der Bahnstrecken besteht in einem Abschnitt von 110 m parallel zu den Strecken ein Flächenpotenzial von rund 105 ha. Entlang von Autobahnen ergibt sich ein Flächenpotenzial von ca. 119 ha (vgl. Abbildung 37).

Bei einem Flächenverbrauch von 2 ha je Megawatt installierter Leistung ergäbe sich somit ein Potenzial von rund 112 MW entlang von Bahnstrecken und Autobahnen. Aufgrund von Nutzungskonkurrenzen

erscheint eine Realisierung dieses Potenzials aber eher unwahrscheinlich.

Zusätzliches Flächenpotenzial bieten Deponien bzw. Abbauhalden, sofern die ursprüngliche Nutzung eingestellt wurde und die geltenden gesetzlichen Bestimmungen für die Errichtung bzw. den Betrieb einer Photovoltaikanlage eingehalten werden können. Hier ergeben sich etwa 56 ha für die Installation von rund 28 MW PV-Leistung.

Um PV-Freiflächenanlagen voran zu bringen, können die Bundesländer eigenständig Flächen kategorisieren und somit zur Nutzung von Photovoltaik freigeben [photovoltaik 2017]. Somit bestünde ein weiteres Ausbaupotenzial für PV-Freiflächenanlagen.

Zusammenfassung Ausbaupotenzial

Dachflächen Photovoltaik:	129 MW
Fassaden für Photovoltaik:	62,6 MW
Freiflächen Photovoltaik:	140 MW
Dachflächen Solarthermie:	1,1 Mio.m ²

Ansätze, Handlungsschritte sowie Akteure und Zielgruppen für den weiteren Ausbau der solaren Strom- und Wärmeerzeugung werden in der Maßnahme 3.1. beschrieben.

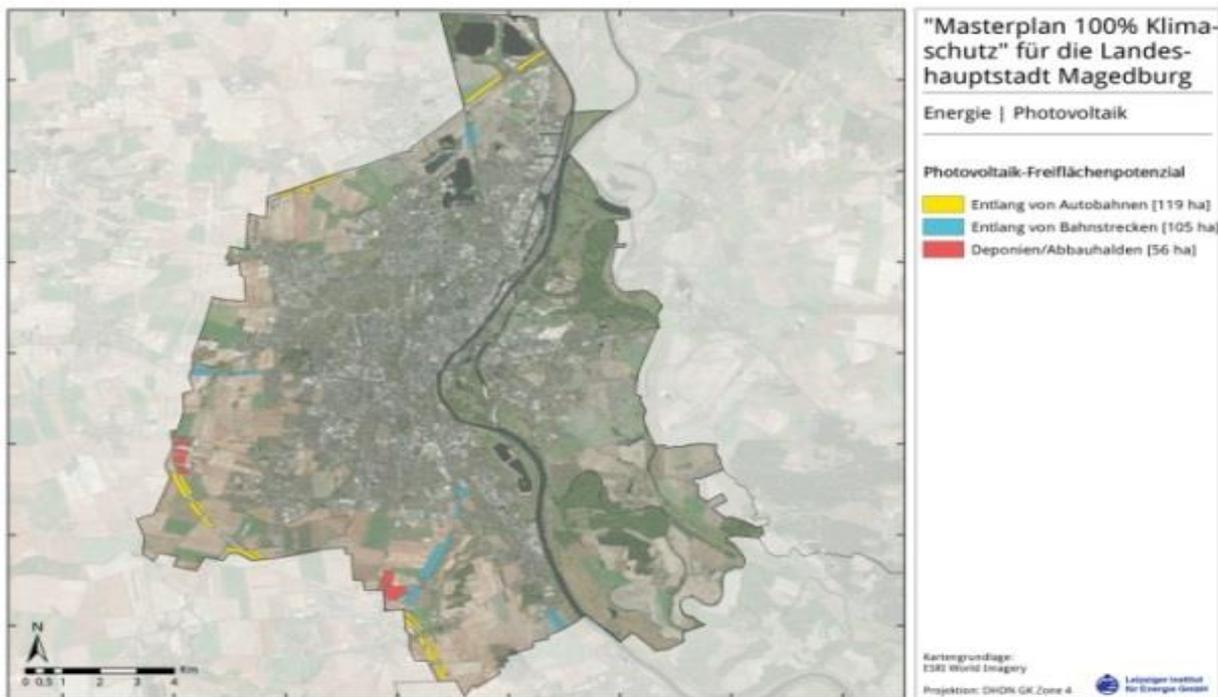


Abbildung 37 Potenzial Photovoltaik-Freiflächen der Stadt Magdeburg
 Quelle: Darstellung IE Leipzig

7.2.2 Windenergie

Im Stadtgebiet Magdeburg produzieren derzeit sechs Windenergieanlagen (WEA) Strom. Von den sechs Anlagen wurden fünf im Gewerbegebiet Nord errichtet, wo bereits seit dem Jahr 2000 zwei WEA mit einer Gesamtleistung von 3,6 MW in Betrieb sind. Zwei weitere Anlagen mit jeweils 2,2 MW Leistung stehen auf der Steinkopfsinsel.

Weiterhin wurde 2010 eine der weltweit größten WEA mit einer Leistung von rund 7,6 MW von der ENERCON Windpark GmbH & Co. KG am eigenen Werksstandort in Betrieb genommen. Die Städtischen Werke Magdeburg halten eine Beteiligung von 24 % an der Betreiberfirma, der Windpark GmbH & Co. Rothensee KG [SWM 2017a].

Auf dem SKET-Industriegelände steht zudem noch eine WEA mit einer Leistung von 0,6 MW. Im Stadtgebiet Magdeburg sind somit Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 16,2 MW installiert.

Zusätzlich befinden sich zwei weitere WEA auf der Gemarkung von Hohendodeleben. Beide Anlagen haben eine Leistung von 1,8 MW. Eine Übersicht über die WEA-Standorte liefert die Abbildung 38.

Die Stromerzeugung der 8 WEA betrug im Jahr 2015 etwa 32.756 MWh [NETZE Magdeburg 2017].

Repowering und Potenziale

Die weiteren Potenziale zur Nutzung der Windenergie sind im Wesentlichen von den Windbedingungen, der Standort-/Flächenverfügbarkeit (Ausweisung von Vorranggebieten), der Anlagentechnologie sowie gesetzlichen Regelungen abhängig.

Für die Stadt Magdeburg wurde ein Gebiet als Vorranggebiet ausgewiesen: "XIII Hohendodeleben" [RPM 2016b]. Dieses Gebiet liegt am westlichen Stadtrand von Magdeburg und betrifft außerdem die Gemarkungen Niederndodeleben und Hohendodeleben. Das Vorranggebiet hat eine Fläche von etwa 81 ha (Flächenabschätzung mit ArcGIS, tatsächliche Größe kann abweichen) und bietet Platz für ca. neun Windenergieanlagen⁶. Innerhalb der ausgewiesenen Flächen existieren bereits zwei WEA (Gemarkung Niederndodeleben). Auf der Magdeburger Teilfläche könnten bis zu drei WEA [Landeshauptstadt Magdeburg 2016c] errichtet werden, wo die Windhöflichkeit in einer Höhe von 100 m im langjährigen Mittel (1981-2000) bei 5,4 m/s liegt [DWD 2014].

Ein weiteres Flächenpotenzial bietet der Stadtteil Sülzegrund. Hier wurde bereits vor 10 Jahren eine Fläche ausgewiesen, jedoch bisher keine WEA realisiert [Fach-AG Energiesysteme und Stromnutzung]. Für das Gebiet Sülzegrund wurde bereits beantragt, dieses in der Neuaufstellung des Regionalen Entwicklungsplanes als Eignungsfläche auszuweisen [Landeshauptstadt Magdeburg 2016b]. Die Abschätzung der zur Verfügung stehenden Fläche im Bereich

⁶ Bei einer Flächennutzung von 0,3 MW/ha (FHNH 2015) und einer durchschnittlichen Anlagengröße von ca. 2,8 MW (DWG 2017).

Sülzgrund ergab etwa 86 ha⁷ und bietet somit Platz für bis zu neun WEA⁸. Für das Areal liegt die gleiche Windhöflichkeit in 100 m Höhe vor wie beim Vorranggebiet Hohendodeleben: 5,4 m/s [DWD 2014].

Drei der WEA haben mittlerweile ein Betriebsalter von 16 bis 17 Jahren erreicht und befinden sich nicht auf ausgewiesenen Windvorranggebieten. Dennoch genießen die Anlagen Bestandsschutz. Da das EEG keinen Repowering-Bonus mehr vorsieht und unter Berücksichtigung des Alters dieser Anlagen, liegt es im Bereich des Möglichen, dass die Anlagen die volle Zeit der EEG-Förderung von 20 Jahren am Netz verbleiben. Auch nach dem Auslaufen der EEG-Förderung können die Anlagen weiter betrieben werden, sofern die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen hierfür gegeben sind. Da sich diese Anlagen in keinem ausgewiesenen Vorranggebiet befinden, wäre zu prüfen, inwiefern diese Anlagen an Ort und Stelle (Gewerbegebiet Nord) repowert werden können. Bei Repowering werden alte WEA durch neue, leistungsstärkere und effizientere Anlagen ersetzt. Für das Repowering und die Errichtung neuer und größerer WEA kommen lediglich die als Vorranggebiete ausgewiesenen Flächen in Frage.

In einer Stellungnahme der Landeshauptstadt Magdeburg zum Regionalen Entwicklungsplan geht es um die Ausnahmeregelung zur Errichtung von WEA außerhalb von Eignungsgebieten zu Forschungszwecken [Landeshauptstadt Magdeburg 2016c]. Dies betrifft das Gewerbegebiet Nord (Glindenberger Weg). Der Ausbau und die mögliche Herangehensweise werden außerdem im Maßnahmenblatt 3.5 thematisiert.

Neben dem Einsatz von klassischen Windenergieanlagen bieten auch Kleinwindkraftanlagen die Möglichkeit der erneuerbaren Stromproduktion. Kleinwindkraftanlagen kommen in der Regel dort zum Einsatz, wo der produzierte Strom an Ort und Stelle direkt wieder verbraucht wird: im Bereich Wohngebäude, Gewerbe-/Industrieinheiten oder bei dem Betrieb von Inselanlagen. Vor dem Einsatz solcher Kleinwindkraftanlagen ist im Einzelnen die Rechtsgrundlage für deren Errichtung zu prüfen.

Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung der Windenergie bieten gebäudeintegrierte Windenergieanlagen [EA 2017]. Vor allem bei Neubauprojekten sollte der Einsatz solcher gebäudeintegrierten Windenergieanlagen in Betracht gezogen werden.

⁷ Bei der Flächenanalyse wurde ein Abstand von 500m zur vorhandenen Bebauung zugrunde gelegt. Je nach tatsächlichem Abstand kann die Flächengröße variieren. Des Weiteren verlaufen Freileitungen durch das Gebiet, welche zusätzlich berücksichtigt werden müssen.

⁸ Bei einer Flächennutzung von 0,3 MW/ha (FHNH 2015) und einer durchschnittlichen Anlagengröße von ca. 2,8 MW (DWG 2017).

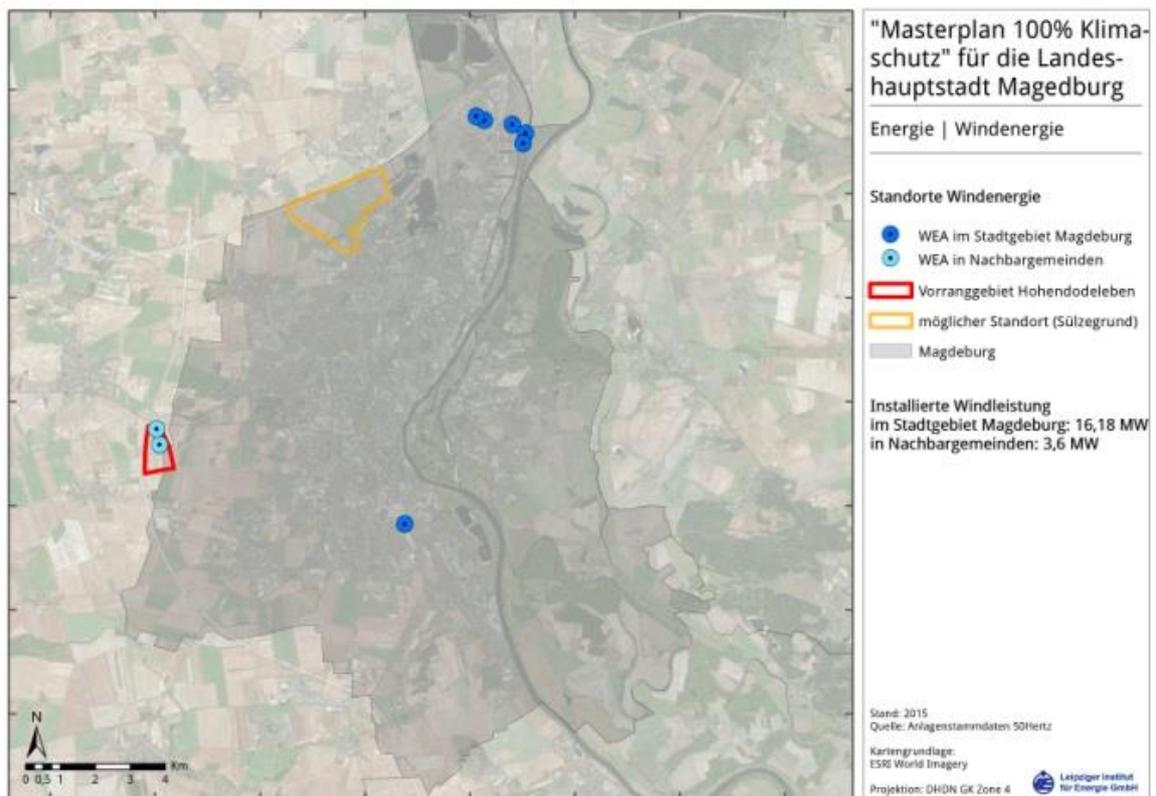


Abbildung 38 Überblick über die Windenergienutzung in Magdeburg
 Quelle: [RPM 2016b], [Fach-AG Energiesysteme und Stromnutzung], [50Hertz 2015]; Darstellung IE Leipzig

Windenergie in der Umgebung von Magdeburg

Im Salzlandkreis existierten bis Ende 2015 960 Windenergieanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von rund 1.642 MW (Abbildung 39). Sie hatten somit eine Durchschnittsleistung von ca. 1,71 MW bei einer durchschnittlichen Gesamthöhe von 128 m. Bei durchschnittlichen 1.700 Volllaststunden [IWES 2014] produzieren sie zusammen etwa 2.791 GWh elektrische Energie.

Neben dem Vorranggebiet "XIII Hohendodeleben" sind weitere 39 Vorranggebiete bzw. Eignungsgebiete für die Nutzung der Windenergie ausgewiesen [RPM 2016a]. Der Großteil, der in Betrieb befindlichen WEA steht bereits in diesen ausgewiesenen Flächen. Nur noch ein paar Flächen bieten weiteren Platz für den Zubau von Windenergie.

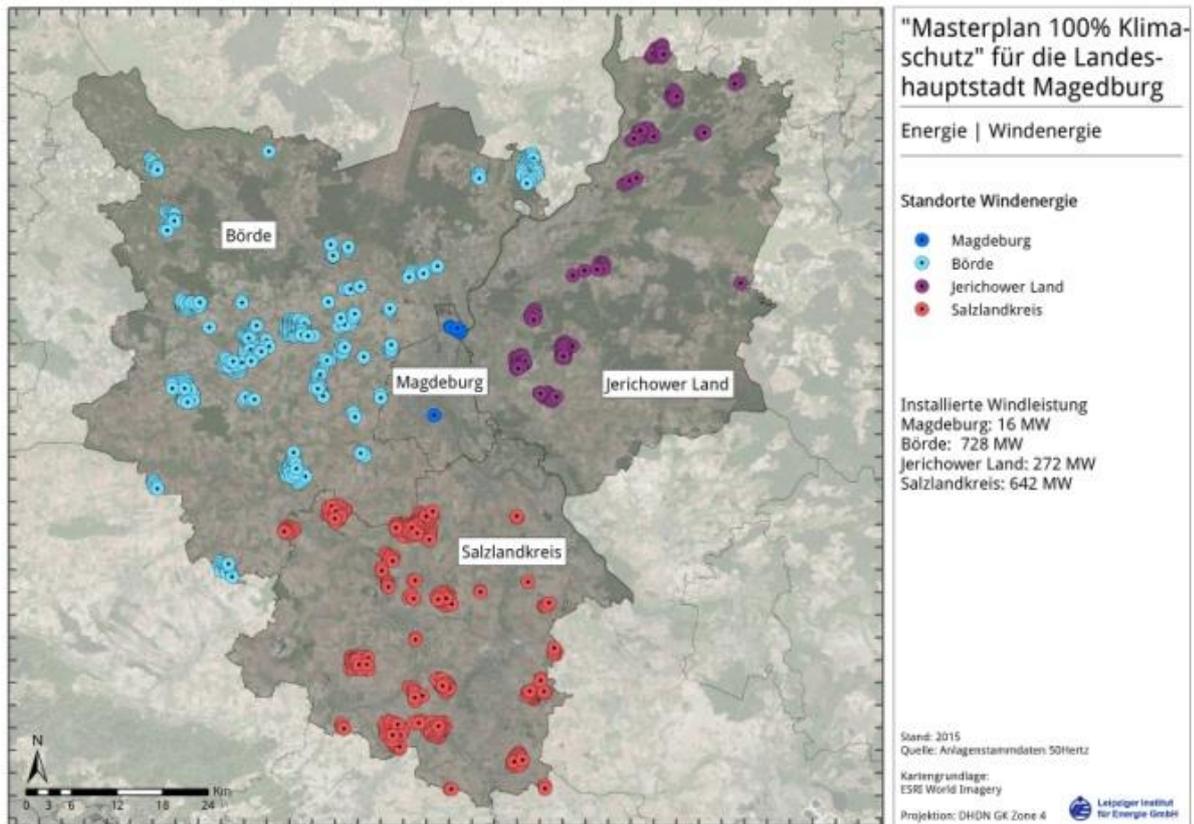


Abbildung 39 Überblick über die Windenergienutzung in Magdeburg und Umland
Quelle: [50Hertz 2015]; Darstellung IE Leipzig

7.2.3 Geothermie

Zur Ermittlung des geothermischen Potenzials wird in oberflächennahe und tiefe Geothermie unterschieden. Bei beiden Verfahren steht die Wärmenutzung im Vordergrund, nur bei tiefer Geothermie kann bei Erreichen eines bestimmten Temperaturniveaus auch eine gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in Betracht kommen.

Oberflächennahe Geothermie

In Magdeburg sind bereits 262 Wärmepumpenanlagen (siehe Abbildung 40) in Betrieb bzw. wurden genehmigt [Landeshaupt Magdeburg 2016]. Hierbei wurden Bohrtiefen zwischen 1 m und 135 m realisiert. Nahe der Erdoberfläche kommen bis zu einer Bohrtiefe von 1,9 m horizontale Erdwärmekollektoren zum Einsatz.

Spiralkollektoren (Erdwärmekörbe) werden bei Tiefen zwischen 2 m und 4,5 m eingesetzt. Ab einer Tiefe von 10 m werden Erdwärmesonden – die am häufigsten verwendete Wärmequellenanlage – verbaut [BVG 2017]. Einen Überblick über die geologischen Profile und die Entzugsleistung liefern die Daten des EnerGIS (vgl. Abbildung 40).

Tiefe Geothermie

In der Stadt Magdeburg gibt es weder ein nachgewiesenes noch ein vermutetes hydrothermisches bzw. petrothermisches Potenzial [GeotIS 2017]. Aufgrund des fehlenden Potenzials wird die tiefe Geothermie in Magdeburg nicht weiter betrachtet.

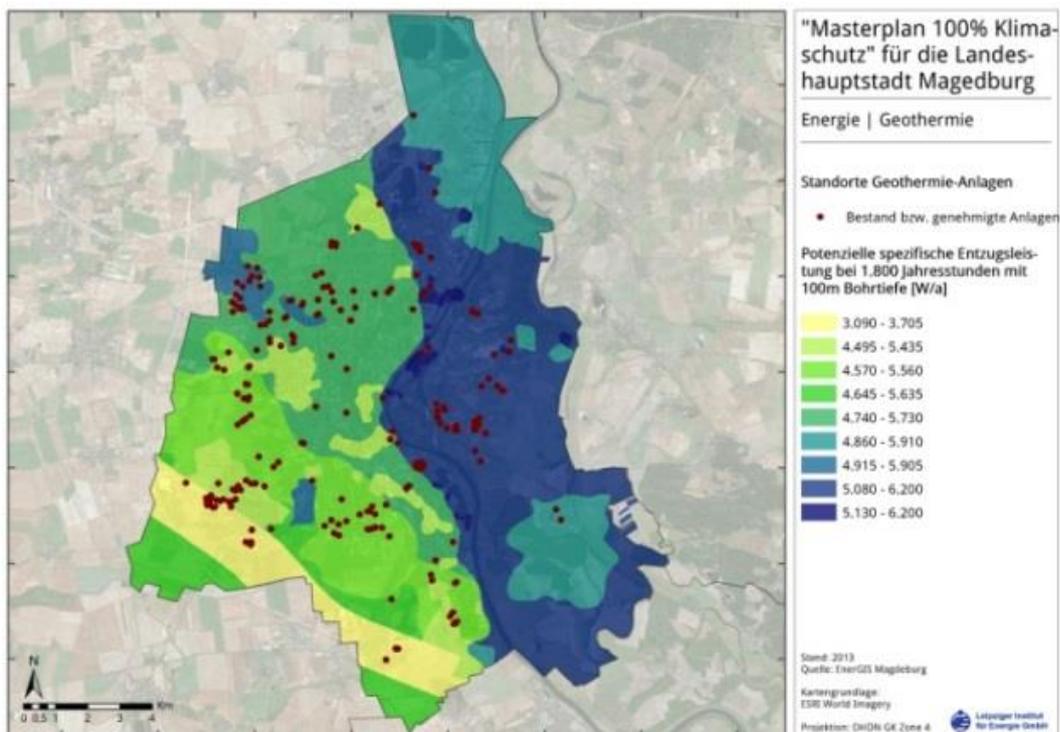


Abbildung 40 Geothermiestandorte und Entzugsleistung in Magdeburg
Quelle: [Landeshaupt Magdeburg 2016]; Darstellung IE Leipzig

7.2.4 Wasserkraft

In Magdeburg wird bisher kein Strom aus Wasserkraft erzeugt [NETZE Magdeburg 2016].

Die Stadtwerke Magdeburg bieten jedoch ihren Kunden einen Energieträgermix mit bis zu 100 % Strom aus erneuerbaren Energien an. Hierfür werden bis zu maximal 90 % durch Wasserkraft bereitgestellt, wobei eine Teilmenge des Stroms aus Wasserkraftwerken des österreichischen Energieanbieters „Verbund Trading GmbH“ bezogen werden [SWM 2017b].

Eine alternative Möglichkeit zur regenerativen Energiegewinnung stellt die Fluss-Strom-Wasserkraftnutzung dar. Hierbei kommen Flusswasserkraftwerke im niedrigen Kilowattbereich zum Einsatz. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Forschungsprojekte, auch am Standort Elbe bei Magdeburg, durchgeführt und abgeschlossen; u.a.: Vector I/II, Elbstrom I/II, ZIM Enertainer (Container-Wasserkraftwerk) und der bei Niederheimbach (Rhein) getestete River Rider Tandem [Fluss-Strom 2017; Krause 2016]. Flusswasserkraftwerke erzeugen dezentral Energie und können somit flussnahe Endverbraucher versorgen. Außerdem besteht die Möglichkeit, den produzierten Strom ins

Stromnetz einzuspeisen. Gegenüber anderen Formen der Energiegewinnung sind Flusswasserkraftwerke in der Lage, sowohl ökologisch als auch ökonomisch Strom zu produzieren, ohne dass die Nutzung einen Eingriff in die Natur darstellt [Bänecke 2016].

Um die Leistung und somit auch die erzeugte Strommenge zu erhöhen, lassen sich mehrere Flusswasserkraftwerke (z.B. vom Typ River Rider) zu einem Flottillenkraftwerk kombinieren. Der Prototyp eines solchen Flottillenkraftwerks soll im Frühjahr 2017 auf der Elbe bei Magdeburg installiert und getestet werden [SIBAU 2016].

Inwiefern die Technik die wirtschaftliche Serienreife erreicht ist abzuwarten. Zudem müssen die Belange der Schifffahrt und die Auswirkungen der Technik auf die ökologische Umgebung berücksichtigt werden.

Des Weiteren sollte geprüft werden, ob eine Nutzung von Wasserkraft am Schiffshebewerk Rothensee bzw. an der Niedrigwasserschleuse technisch und wirtschaftlich umsetzbar wäre.

7.2.5 Biomasse

Bei den Potenzialen zur energetischen Nutzung von Biomasse wird zwischen Potenzialen für feste, flüssige und gasförmige Biomasse unterschieden. Im Gegensatz zu den übrigen erneuerbaren Energieträgern ist mit der Biomasse ein mehr oder weniger großer Handel verbunden, der nicht nur die Grenzen einer Region überschreitet, sondern zum Teil sogar im internationalen Maßstab erfolgt. Im Rahmen der vorliegenden Analyse werden die verfügbaren Biomasse-

potenziale innerhalb der Gemarkungsgrenzen der Stadt Magdeburg berücksichtigt.

Bei der Ermittlung des Biomassepotenzials wurden Energiepflanzen, Ernterückstände aus der Landwirtschaft, forstwirtschaftliche Potenziale sowie Reststoffe und Abfälle mit einbezogen. Die kalkulierten Werte entstanden auf Grundlage erhobener Daten aus der Regionalstatistik zur Stadt Magdeburg und dem Land Sachsen-Anhalt.

Die Potenziale aus **Energiepflanzen** wurden entsprechend der Flächennutzungsverhältnisse in Sachsen-Anhalt bestimmt. Bei der Potenzialbestimmung wurde angenommen, dass die zur Verfügung stehenden Flächen zu 100 % mit Silomais bewirtschaftet und für die Erzeugung von Biogas genutzt werden kann. Des Weiteren wird der Großteil des Grünlandes für Energiepflanzen genutzt. Hierdurch ergibt sich ein Energieträgerpotenzial aus Energiepflanzen von etwa 32,0 GWh. Es wäre auch möglich, einen Teil der zur Verfügung stehenden Flächen für den Anbau von KUP und Raps zu nutzen.

Weitere Energieträgerpotenziale zur **Biogaserzeugung** in der Stadt Magdeburg ergeben sich aus Rest- und Abfallstoffen. Bei den Abfallprodukten handelt es sich überwiegend um kommunale Siedlungsabfälle, aus denen sich eine jährliche Energiemenge von circa 15,0 GWh ergeben würde.

Ein geringes Potenzial in Bezug auf Biogas kann durch Grünlandpflanzen, Exkrememente und Einstreu sowie Kartoffelkraut generiert werden. Das Energieträgerpotenzial beläuft sich auf etwa 0,2 GWh.

In Bezug auf die **festen Energieträger** spielen vorzugsweise Ernterückstände, Reststoffe und Abfälle eine wesentliche Rolle.

Strohreste von Feldfrüchten wie Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Mais und Getreideausschüsse können mit einem Energieträgerpotenzial von rund 21,7 GWh zur thermischen Umwandlung zur Verfügung stehen.

Hinsichtlich der Rest- und Abfallstoffe flossen neben Altholz auch Grün- und Gartenabfälle sowie Klärschlamm in die Berechnung ein; unter der Annahme, dass 30 % der Pflanzenteile holzartig und demnach nutzbar für die thermo-chemische Umsetzung sind. Das Energieträgerpotenzial liegt hier bei 39,1 GWh.

Das forstwirtschaftliche Potenzial konnte durch das Waldrestholz und einer ungenutzten Zuwachsrate bestimmt werden. Hier ergibt sich eine Energiemenge von rund 8,9 GWh. Das gesamte Energieträgerpotenzial für feste Biomasse liegt jährlich bei 69,7 GWh.

Das Ergebnis der Potenzialermittlung zeigt, dass sich die 116,9 GWh jährliche Energiemengenbereitstellung aus Biogas und fester Biomasse vorzugsweise aus Reststoffen und Siedlungsabfällen sowie Energiepflanzen zusammensetzt. Die errechneten Potenziale könnten in den entsprechenden Kraftwerken (Biomasse-Heizkraftwerke und Müllheizkraftwerk) zur Energieerzeugung genutzt werden,

7.2.6 Abwärme, Abwasserwärme und Klärschlamm

Bei industriellen Prozessen wird in fast allen Branchen zur Herstellung von Produkten Prozesswärme benötigt. Infolgedessen müssen die erhaltenen Produkte danach wieder mittels Kühlwasser abgekühlt werden. Manchmal wird auch bei chemischen Prozessen – insbesondere bei stark exothermen Reaktionen – Wärme erzeugt, welche abgeführt werden muss. Die energetische Nutzung der Wärme für eigene Prozesse ermöglicht eine Einsparung von Energie (z. B. Erdgas zur Prozesswärmeerzeugung) und damit einhergehend eine Reduzierung von THG-Emissionen.

Eine typische, großtechnische Abwärmenutzung besteht in Magdeburg bereits darin, dass die anfallende Wärme aus dem Müllheizkraftwerk Rothensee gezielt als Fernwärme ausgekoppelt wird und damit als hauptsächlicher Wärmelieferant fungiert [MHKW 2016].

Die Abwasserbehandlung der Stadt Magdeburg erfolgt im Klärwerk Magdeburg/Gerwisch der Abwassergesellschaft der Städtischen Werke Magdeburg. Dort werden mechanisch absetzbare und aufschwimmende Schmutzstoffe abgetrennt sowie gelöste Ab-

wasserbestandteile biologisch abgebaut. Das bei der Schlammbehandlung anfallende Klärgas wird bereits in Blockheizkraftwerken energetisch verwertet und somit 100 % des Wärme- und 50 % des Strombedarfs des Klärwerks gedeckt. Die Temperatur des Abwassers kann aber auch z.B. mittels Wärmepumpe hochtransformiert und zu Heizzwecken in Gebäuden genutzt werden, sofern sich dafür Abnehmer in lokaler Nähe befinden. Darüber hinaus ist der zurückbleibende Klärschlamm ein guter Brennstoff, sofern dieser vorher einer ausreichenden Trocknung unterzogen wurde [AGM 2017].

Der zurückbleibende Klärschlamm wird i.d.R. als Dünger und Kompost in der Landwirtschaft ausgebracht, statt verbrannt. Klärschlamm wurde viele Jahre in der Landwirtschaft genutzt. Doch mittlerweile hat ein Umdenken eingesetzt, so dass mittelfristig angestrebt wird, die Ausbringung von Klärschlamm in der Landwirtschaft zu stoppen, so dass die Klärschlammverbrennung als Alternative auf der Hand liegt [AGM 2017].

7.3 Szenarien

Da Strom und Fernwärme im Magdeburger Kraftwerkspark fast ausschließlich gekoppelt in KWK-Prozessen produziert werden, hängen diese beiden Endenergieträger stark miteinander zusammen. So entwickelt sich die Stromerzeugung – je nach Strom-

kennzahl der jeweiligen KWK-Anlage parallel zur Fernwärmeerzeugung. Andererseits kommt beim Strommix noch die Erzeugung aus Photovoltaik, Windenergie und Biogas hinzu.

7.3.1 Strom

Im Jahr 1990 wurde in Magdeburg noch kein Strom zentral erzeugt, weshalb sich ein Vergleich zwischen der Stromerzeugung im Jahr 2050 gegenüber 1990 erübrigt. Erst im Jahr 2005 fand die Inbetriebnahme des Müllheizkraftwerkes Rothensee statt, welches ab 2006 kontinuierlich Strom erzeugt und einspeist. Im Jahr 2014 begann die Stromerzeugung des Biomasse-Heizkraftwerkes Rothensee und 2016 die des Biomasse-Heizkraftwerkes Cracau. Daten für weitere EEG-Stromeinspeisungen (Biogas, Photovoltaik und Windenergie) sind ab dem Jahr 2007 vorhanden.

Für das Trendszenario (Abbildung 41) werden folgende Annahmen getroffen:

- Der bestehende Kraftwerkspark bleibt bis 2050 weiterhin bestehen, jedoch wird – da alle Heizkraftwerke im KWK-Betrieb arbeiten – die Stromerzeugung entsprechend der sich senkenden Fernwärmeerzeugung absinken.
- Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Biogasanlagen von ca. 137 TJ wird bis 2050 zu 100 % ausgeschöpft.
- Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Photovoltaik von 490 TJ wird bis 2050 zu ca. 35 % ausgeschöpft.
- Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Windenergie von ca. 684 TJ wird bis 2050 zu 50 % ausgeschöpft.

Gegenüber 2014 wird die Stromerzeugung nur geringfügig ansteigen, jedoch wird sich der Anteil erneuerbarer Energien im Magdeburger Strommix von 21 % (2014) auf 44 % (2050) erhöhen.

Für das Masterplanszenario (Abbildung 42) werden folgende Annahmen getroffen:

- Der Kraftwerkspark der KMW bleibt bestehen wie im Trendszenario
- Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Biogas wird – entsprechend dem Trendszenario – bis 2050 zu 100 % ausgeschöpft.
- Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Photovoltaik von 490 TJ wird – anders als im Trendszenario – bis 2050 zu 100 % ausgeschöpft.
- Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Windenergie von 684 TJ wird – anders als im Trendszenario – bis 2050 zu 100 % ausgeschöpft.
- Die Stromerzeugung aus den Heizkraftwerken sinkt etwas mehr als im Trendszenario entsprechend des prognostizierten niedrigeren Fernwärmeverbrauchs im Jahr 2050.

Gegenüber 2014 wird die Stromerzeugung um ca. 48 % ansteigen, während sich der Anteil erneuerbarer Energien im Magdeburger Strommix von 21 % (2014) auf 59 % (2050) erhöht.

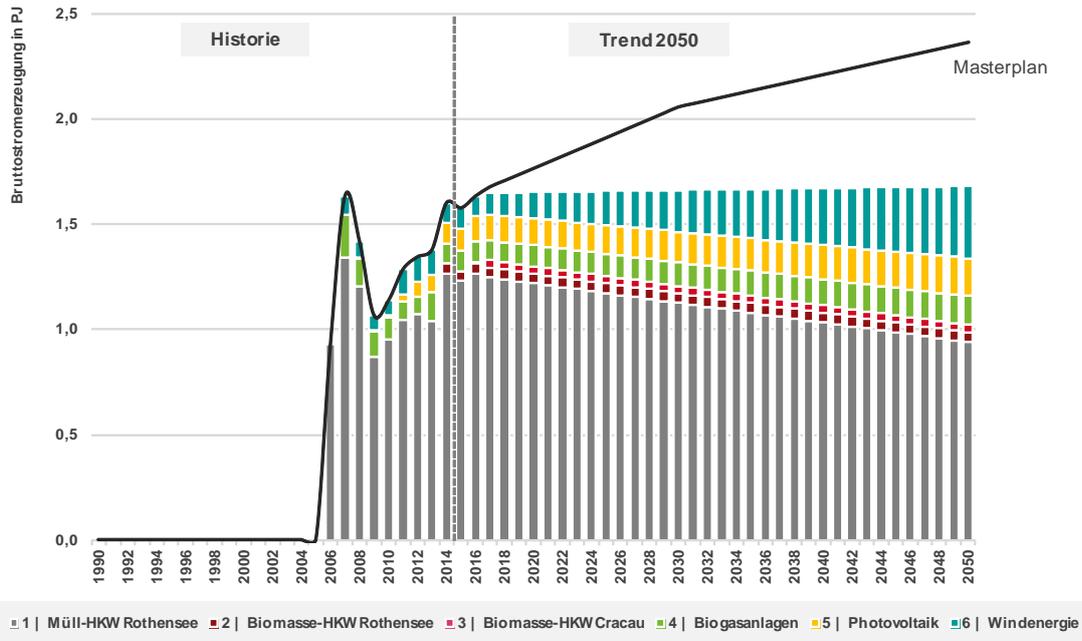


Abbildung 41 Stromerzeugung nach Erzeugungsanlagen und Energieträgern gemäß Trendszenario

Quelle: : Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

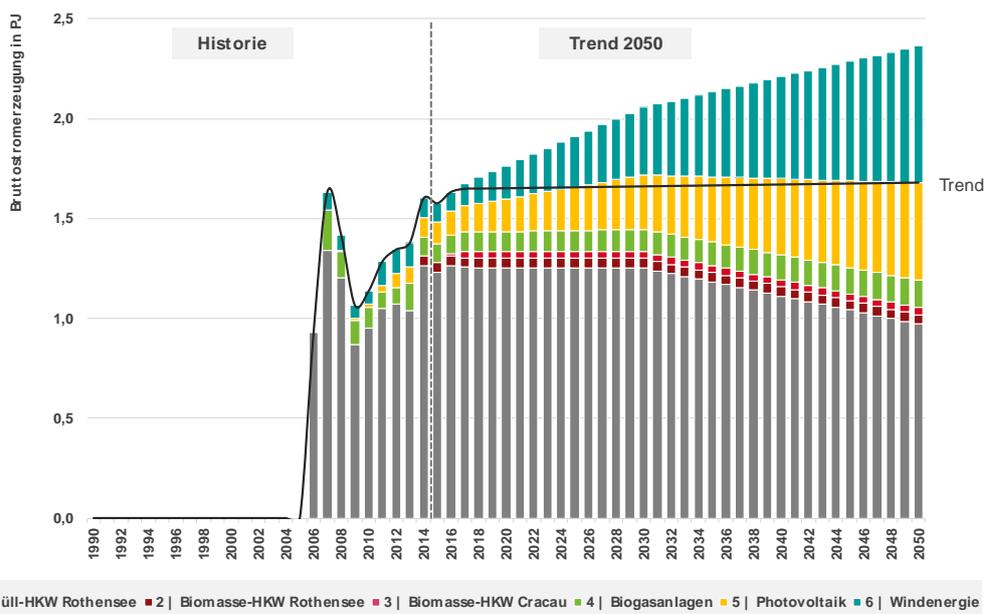


Abbildung 42 Stromerzeugung nach Energieträgern gemäß Masterplanszenario

Quelle: : Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

7.3.2 Fernwärme

Bis zum Jahr 2006 wurde die Fernwärme in Magdeburg noch ausschließlich in den auf Erdgas basierenden Heizwerken Rothensee und Mitte erzeugt, bevor das Müllheizkraftwerk in Betrieb genommen wurde. Seitdem decken die Heizwerke nur noch die Spitzenlast ab. Im Jahr 2014 begann die Wärmeerzeugung des Biomasse-Heizkraftwerkes Rothensee und 2016 die des Biomasse-Heizkraftwerkes Cracau.

Für das Trendszenario (Abbildung 43) werden folgende Annahmen getroffen:

- Der bestehende Kraftwerkspark bleibt bis 2050 weiterhin bestehen, jedoch wird die Fernwärmeerzeugung auf 1.500 TJ absinken.

- Gegenüber 1990 wird die Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050 um 16 % ansteigen, gegenüber 2015 jedoch um - 6 % absinken.

Für das Masterplanszenario (Abbildung 44) werden dieselben Annahmen getroffen wie für das Trendszenario. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Fernwärmeerzeugung bis 2050 auf 1.400 TJ absinken wird.

- Gegenüber 1990 wird die Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050 um 7 % ansteigen, gegenüber 2015 jedoch um - 14 % absinken.

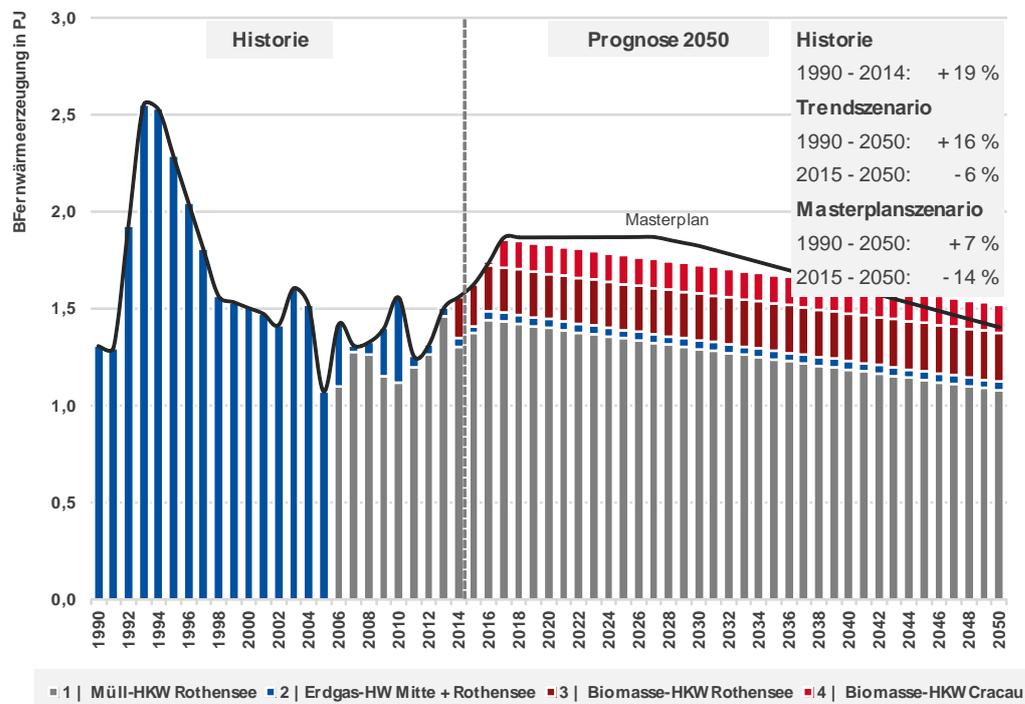


Abbildung 43 Fernwärmeerzeugung nach Heiz-/Heizkraftwerken gemäß Trendszenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

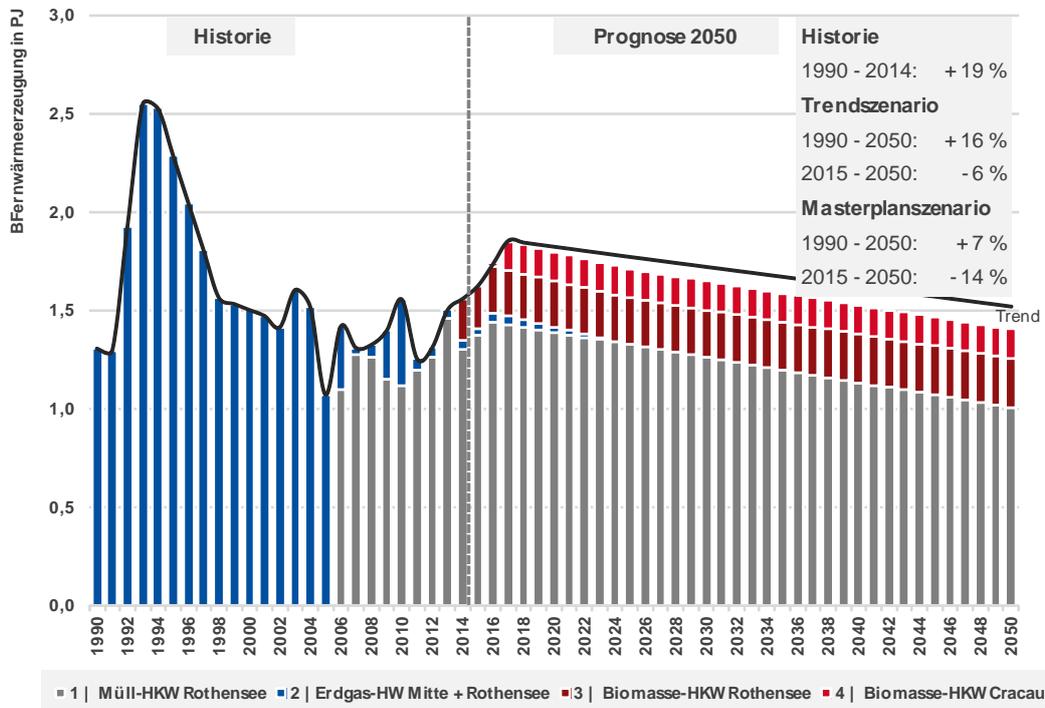


Abbildung 44 Fernwärmeerzeugung nach Heiz-/Heizkraftwerken gemäß Masterplanszenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

7.4 Versorgungskonzepte

7.4.1 Synthetische Gase

Neben der Steigerung der Energieeffizienz ist im Wesentlichen die Substitution von fossilen Energieträgern maßgeblich für die Senkung der THG-Emissionen. Eine gänzliche Substitution der fossilen Energieträger Erdgas und Mineralöle durch erneuerbare Energien ist jedoch mit den verfügbaren heimischen Potenzialen erneuerbarer Energien nicht möglich. Daher werden diese im Masterplanszenario, zur Erreichung eines möglichst hohen Anteils erneuerbarer Energien am Brennstoffbedarf, langsam beginnend ab dem Jahr 2030, durch synthetische erneuerbare Gase substituiert.

Für die Erzeugung erneuerbaren synthetischen Gases wurde das Power-to-Gas-Verfahren (PtG) entwickelt. Eine PtG-Anlage dient zur Umwandlung elektrischer

in chemische Energie, um in der Regel eine Langzeitspeicherung von Strom aus fluktuierenden erneuerbaren Energien zu realisieren. Der von Windenergie- bzw. Photovoltaikanlagen erzeugte fluktuierende Strom wird in einen Elektrolyseur eingespeist, worin mit Hilfe dieser elektrischen Energie eine Spaltung von Wasser (H_2O) in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) erfolgt. Der Wasserstoff (H_2) wird in einem weiteren Prozessschritt mit Hilfe von Kohlendioxid (CO_2) in Vergasungsreaktoren methanisiert und nach einer darauffolgenden Gastrocknung und Konditionierung in Form von erneuerbarem Methan ins Gasnetz eingespeist.

7.4.2 Wärmeversorgung

Gemäß [Agora 2017] erfordert die angestrebte Wärmewende einerseits einen kompletten Ölausstieg im Wärmesektor, so dass die Wärmeversorgung von Gebäuden in erster Linie durch Gas (Erdgas und synthetische Gase), Wärmepumpen und Wärmenetzen in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt.

Um die Energieeffizienz bei der Gebäudebeheizung zu erhöhen, soll zudem die Sanierungsrate – verbunden mit einer großen Sanierungstiefe – pro Jahr um 2 % gesteigert werden.

Die Entwicklung der Wärmepumpen wird voraussichtlich nicht in dem erforderlichen Tempo vollzogen werden, weshalb von einer so genannten „Wärmepumpenlücke“ ausgegangen wird. Wärmepumpen sollten daher nicht nur in Neubauten, sondern auch in

Altbauten z.B. als flexibel steuerbare bivalente Wärmepumpensysteme mit fossilen Spitzenlastkesseln installiert werden [Agora 2017].

Der großräumige Einsatz von Wärmepumpen sowie die Herstellung von synthetischem Gas gehen unmittelbar vom Stromsektor aus, welcher dann der entscheidende Energieträger für den Wärmesektor sein wird. Daher ist in erster Linie sicher zu stellen, dass der Strommix sukzessive auf EE-Strom umgestellt wird. Dafür ist ein weiterer Ausbau der Windenergie und Photovoltaik sowie von effizienten Langzeitspeichern für Stromüberschüsse aus diesen fluktuierenden EE-Technologien nötig.

Mit dem vorwiegend auf Abfall und Biomasse basierenden Kraftwerkspark in Rothensee und dem damit

verbundenen Fernwärmenetz sind die Voraussetzungen zur Nutzung von synthetischen Gas (welches gemäß Masterplanszenario im Jahr 2050 zu 53 % im Gasnetz vorhanden sein soll) nur sehr gering, jedoch sind die Kriterien zur Nutzung von KWK nahezu zu 100 % erfüllt. Für eine bessere Ausnutzung der energieeffizienten Wärme sollte daher jedoch ein Ausbau der Fernwärme erfolgen. Gebiete, welche nicht durch Fernwärme erschlossen werden können, müssten dann überwiegend mit Wärmepumpen ausgestattet werden. Bzw. wären so genannte „kalte Netze“ in Verbindung mit Wärmepumpen eine energieeffiziente Alternative. Es handelt sich dabei um Wärmenetze mit niedriger Temperatur auf Basis von Umweltwärme oder Abwärme, deren Temperatur mittels Wärmepumpen zu Heizzwecken in Gebäuden nutzbar gemacht wird.

Für die Nutzung der Solarstrahlung mittels Solarthermieanlagen zur Wärmezeugung kommen vor-

7.4.3 Stromversorgung

Im Zuge des Ausbaus der Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien wird die Stromerzeugung zunehmend von der Nachfrage entkoppelt, so dass der Aspekt der Stromspeicherung – auch auf lokaler Ebene – vermehrt an Bedeutung gewinnt. Hinsichtlich der zukünftigen Netzintegration der erneuerbaren Energien stellt die zu erwartende Residuallast, unter Berücksichtigung der nicht-schwankenden Stromerzeugung und des Einsatzes geeigneter Speichertechnologien, einen bedeutenden Einflussfaktor dar. Der Verlauf der Differenz aus nachgefragter Leistung und fluktuierender Einspeisung in das Stromnetz wird durch die Residuallast beschrieben.

Zur Ermittlung der Residuallast wurde eine Methodik zur Prognose der fluktuierenden Einspeisung und des zu erwartenden Stromverbrauchs entwickelt. Die

rangig Dachflächen in Betracht, wobei dabei stets eine starke Konkurrenzsituation mit Photovoltaik vorherrscht und dieser oftmals Priorität eingeräumt wird (siehe Kapitel 7.2.1).

In der Stadt Magdeburg wird die oberflächennahe Erdwärme zusammen mit Wärmepumpen bereits zahlreich genutzt. Für die Gewinnung geothermischer Energie im oberflächennahen Untergrund gibt es verschiedene Systeme, von denen die gängigsten Erdwärmesonden (EWS), Erdwärmekollektoren und Wasser-Wasser-Wärmepumpen sind. Am häufigsten kommen Erdwärmesonden zum Einsatz (siehe Kapitel 7.2.3).

Der Kraftwerkspark in Magdeburg basiert mit dem Müllheizkraftwerk Rothensee, dem Biomasse-Heizkraftwerk Rothensee und dem Biomasse-Heizkraftwerk bereits fast ausschließlich auf KWK (siehe Kapitel 7.1.3).

Rahmendaten bezüglich der Erzeugung und des Stromverbrauchs entsprechen den Ergebnissen des Masterplanszenarios für die Stadt Magdeburg mit dem Zeithorizont 2050. Weiterhin wird für den modelltechnischen Vergleich der Lastgänge von Einspeisung und Verbrauch eine Normierung auf Basis eines Normjahres vorgenommen. Analog zur Lastkurve des Verbrauchs liegt somit eine Lastkurve der Erzeugung vor.

Die fluktuierende Einspeisung bestimmt sich durch dargebotsabhängige Erzeuger, wie Windenergie- oder Photovoltaikanlagen. Die Einspeiseprofile für diese wurden mit Hilfe vom Öko-Institut entwickelter Einspeise-Zeitreihen für das Jahr 2050 in Sachsen-Anhalt in stündlicher Auflösung modelliert [Öko-Institut 2016]. Gemäß Masterplanszenario stellt in der Stadt

Magdeburg im Jahr 2050 die Einspeisung aus Windenergie mit 684 TJ und Photovoltaik mit 490 TJ einen Anteil von 32,8 % an der Jahresstromerzeugung. Die Erzeugung aus konventionellen Kraftwerken beträgt dagegen 2.403,5 TJ.

Während die maximale Einspeiseleistung der Windenergie unter der aus Photovoltaik liegt, weist diese lediglich in den Sommermonaten Leistungsspitzen auf. Maximale positive Lasten von 100 MW werden den Stromverbrauch in den Mittagsstunden jedoch nur teilweise übersteigen. Auf Grund des gemäßigten Tagesverlaufs der Windstrom-Einspeiseleistung, wie in Abbildung 45 dargestellt, liegen deren Einspeiseleistungen von 70 MW auch in Zeiten niedriger Stromverbräuche, wie z.B. in der Nacht.

Die angeschlossenen Verbraucher wurden in die Sektoren Haushalte (HH), Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), Verkehr/E-Mobilität (EM) sowie Verarbeitendes Gewerbe (VG) unterteilt und deren Jahreslastkurven anhand von Standardlastprofilen (SLP) modelliert.

Für den Haushaltssektor stehen das dynamisierte Standardlastprofil der Bundesnetzagentur [BNetzA 2017b] und für den GHD-Sektor das SLP der MITNETZ GmbH zur Verfügung [BNetzA 2017a]. Mit Hilfe dieser lassen sich die Energiemengen von 763 TJ für die Haushalte beziehungsweise 432 TJ für GHD in stündlicher Auflösung über das Jahr 2050 verteilen.

In der Stadt Magdeburg sorgt der Sektor Haushalte etwa für ein Fünftel des Stromverbrauchs, wobei das Nachfrageprofil durch Spitzen an den Wochenenden gekennzeichnet ist. Weiterhin zeigt sich beim Vergleich von Abbildung 45 und Abbildung 46, dass bereits eine Deckung des GHD-Lastganges durch die

installierte Leistung an erneuerbaren Energien ohne zusätzliche Maßnahmen, welche die fluktuierende Einspeisung oder die Last zeitlich verteilen, nicht möglich ist. Beide Profile weisen einen durchschnittlich geringeren Energieverbrauch in den Sommermonaten auf. Diese Temperaturabhängigkeit – bedingt durch Raumwärmeerzeugung, Warmwasserbereitstellung und andere witterungsbedingte Prozesse – ist bis zum Jahr 2050 verschiedenen Änderungen unterworfen. Aktuell werden im Haushalts- bzw. GHD-Sektor beispielsweise etwa 13 % bzw. 4 % des Raumwärmebedarfs durch Stromanwendungen gedeckt. Im Haushaltssektor haben Wärmepumpen daran einen Anteil von etwa 50 % [RWI 2016].

Ausgehend von einer weiteren Steigerung der Wärmepumpenanwendungen im Haushalts- und GHD-Sektor sowie einer Steigerung der Raumwärmeanwendungen durch Strom, optimiert ein separates Profil für Wärmepumpen die Genauigkeit der Residuallastprognose. Aus den Lastgängen wurde nach [Wuppertal Institut 2015]⁹ und spezifischen Wetterdaten für den Standort Magdeburg eine temperaturabhängige Last von 290 TJ ermittelt. Etwa 70 % dieser Energiemenge wurde dem temperaturabhängigen Standardlastprofil für Wärmepumpen wie in Abbildung 47 dargestellt, zugeschrieben [Westnetz 2017].

Weiterhin wurde ein gesondertes Profil für die Elektromobilität verwendet [Wuppertal Institut 2015], die auf Grund der Elektrifizierung des Verkehrssektors mit über 910 TJ einen erheblichen Anteil am zukünftigen Lastgang besitzen wird. Das Tagesprofil der Elektromobilität weist dabei während der Woche Spitzen am Mittag sowie Abend auf, so dass der Ver-

⁹ Studie "RESTORE 2050 – Europäischer Lastgang 2050" des Wuppertal Instituts

kehrssektor als möglicher Speicher für hohe Mengen an erneuerbarem Strom genutzt werden kann. Zunächst wurden jedoch keine Lastmanagement- und Speicheroptionen in die Modellierung der Lastprofile

einbezogen, um ein möglichst realistisches Bild der maximal resultierenden Residuallastwerte zu erha

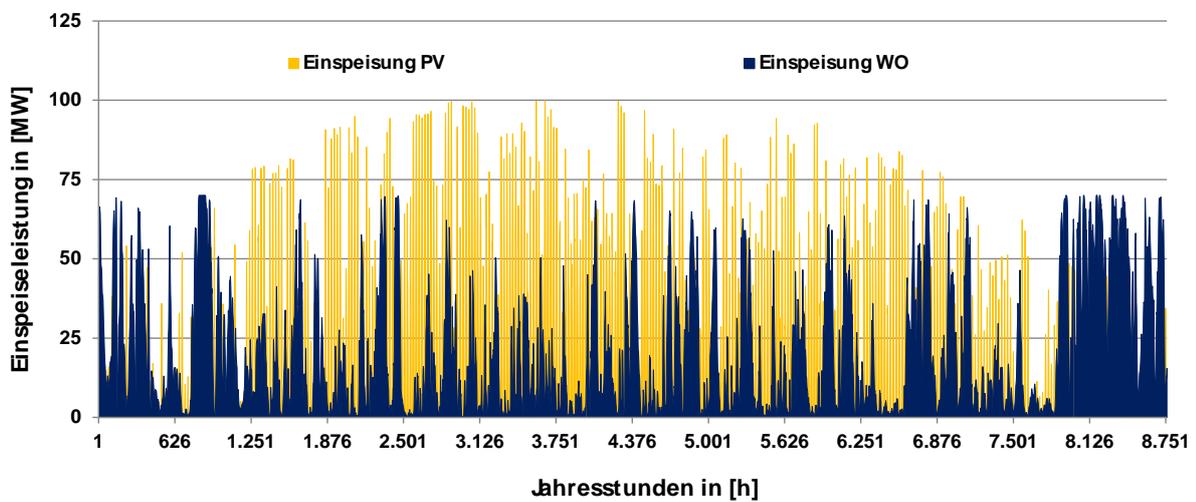


Abbildung 45 Einspeiseleistung der Photovoltaik- und Windenergieanlagen im Stadtgebiet Magdeburg
Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig auf Basis [Öko-Institut 2016]

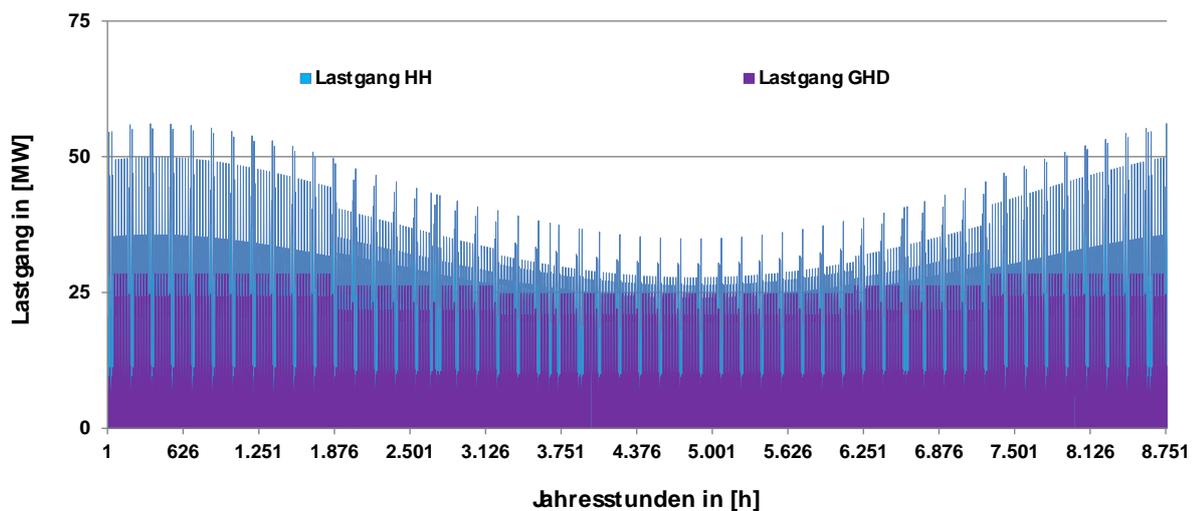


Abbildung 46 Lastgang des Haushalts- sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektor
Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig auf Basis [BNA 2017]

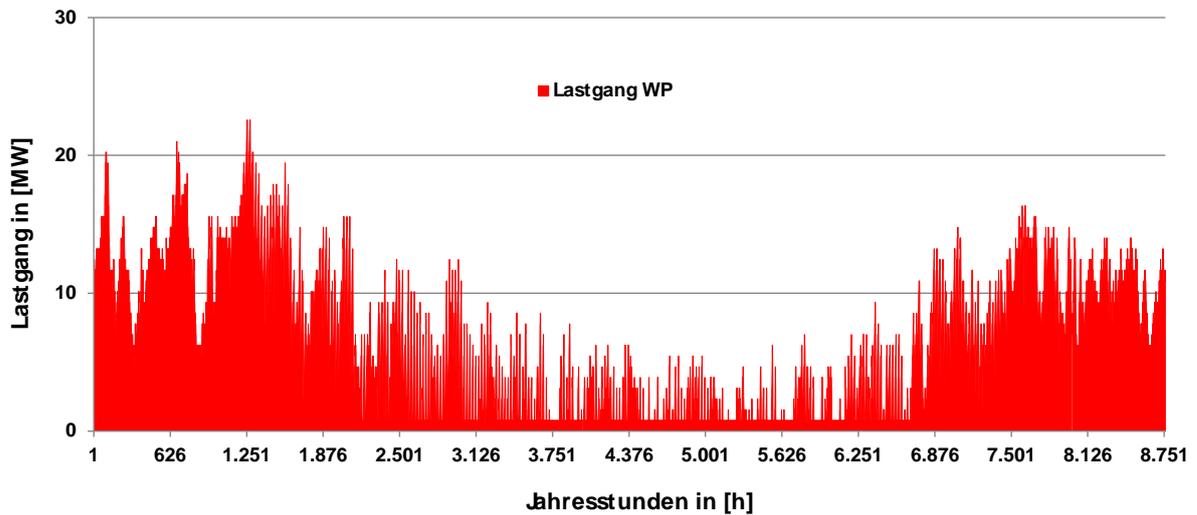


Abbildung 47 Temperaturabhängiger Verlauf der Wärmepumpenlast
Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig auf Basis [BNetzA 2017a]

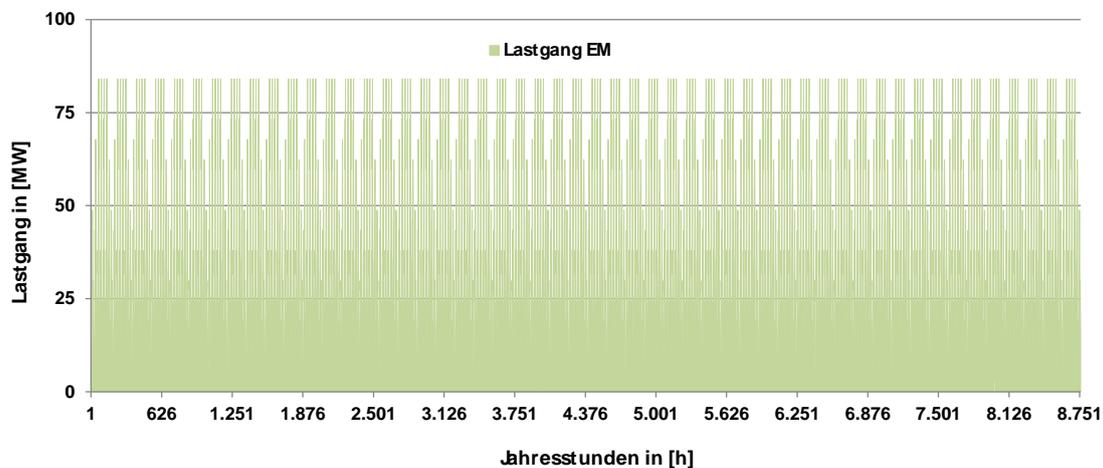


Abbildung 48 Lastgang der Elektromobilität
Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig auf Basis [Wuppertal Institut 2015]

Auf Grundlage der durch die Städtischen Werke Magdeburg veröffentlichten Netzlastgangsdaten [SWM 2017c], den sektoralen Energiemengen und den Standardlastprofilen wurde ein Restlastprofil entwickelt, welches im Wesentlichen durch das Verarbeitende Gewerbe geprägt ist. Nach Normierung

dieses Profils und Anpassung auf die verbleibende Energiemenge, ergibt sich ein Profil mit einem stetigen Energiebedarf ähnlich dem des GHD-Sektors. Die Prägung des Profils durch das Verarbeitende Gewerbe ist besonders durch die Spitzen während der Arbeitswoche bzw. der Täler an Feiertagen, wie am Ende des

Jahres, zu erkennen (vgl. Abbildung 49). Auch zeigt sich eine leichte Witterungsabhängigkeit der Last.

Die Überlagerung der Angebots- und Bedarfslastgänge ermöglicht Ableitungen, in welchem Umfang zeitlich und mengenmäßig der im Bilanzraum bestehende Stromverbrauch über EE-Anlagen gedeckt werden kann. Das Ergebnis, ein beispielhafter Lastgang in stündlicher Auflösung für das Jahr 2050 in Magdeburg, bestimmt über Häufigkeitsverteilungen und Differenz-Jahreslastkurven die Über- und Unterdeckung der Leistungsbereitstellung durch EE-Anlagen.

Der tatsächliche Lastgang ist von verschiedenen Faktoren beeinflusst, so dass die getroffenen Aussagen qualitativ zu bewerten sind.

Auf Grund der hohen installierten Leistung an Photovoltaik und Windenergie sind die höchsten negativen Lasten in den Wintermonaten zu erwarten, tatsächliche Überschüsse lediglich um die Mittagszeiten in den Sommermonaten und während windstarker Nächte. Während die maximalen Residuallasten bei über

200 MW liegen, regelmäßig auftreten und über SLP prognostizierbar sind, liegen die maximalen positiven Residuallasten bei etwa 23 MW und treten seltener auf. Über einen Tag verteilt, kann es dennoch zu Lastwechseln von mehreren hundert Megawatt kommen, wie aus Abbildung 50 ersichtlich wird.

Über 8.500 h im Jahr deckt die Einspeisung durch erneuerbare Energien entsprechend Abbildung 51 nicht den tatsächlichen Bedarf, während sich für etwa 220 h im Jahr ein Überschuss ergibt. Diese Summe könnte einen Anteil von knapp 0,3 % der verbleibenden Energiemenge decken.

Weiterhin zeigt sich, dass negative Residuallasten von über 125 MW mit Spitzen im Mobilitäts-Sektor zusammenfallen, während Verarbeitendes Gewerbe, Haushalte und GHD einen gleichmäßigeren Verlauf aufweisen. Die erneuerbare Einspeisung kann Zeiten des hohen Verbrauchs decken, was durch Windkraft oder Photovoltaik getrennt geschehen kann.

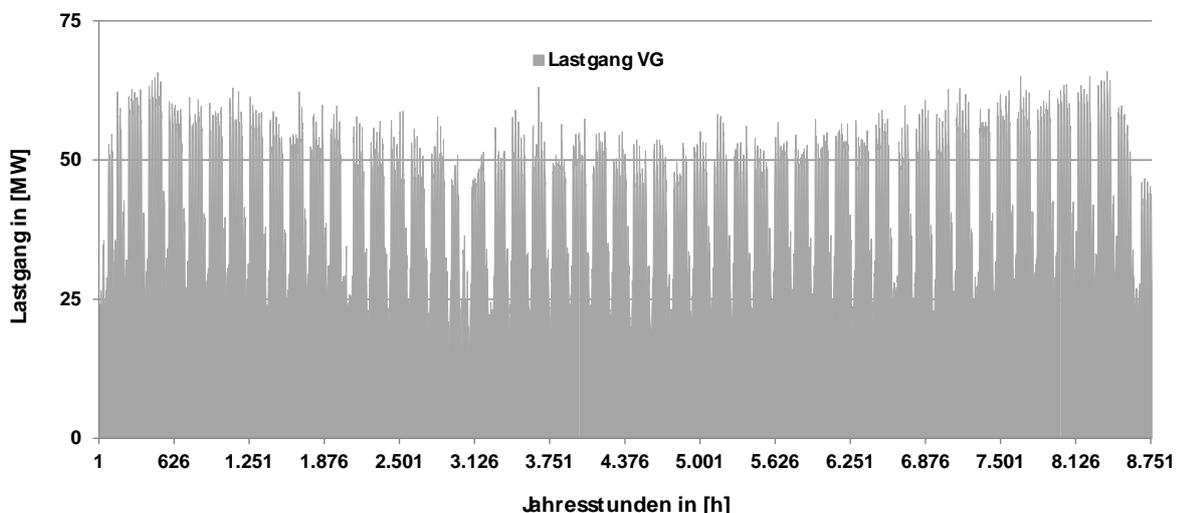


Abbildung 49 Durch das verarbeitende Gewerbe geprägtes Restlastprofil
Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig auf Basis [SWM 2017c]

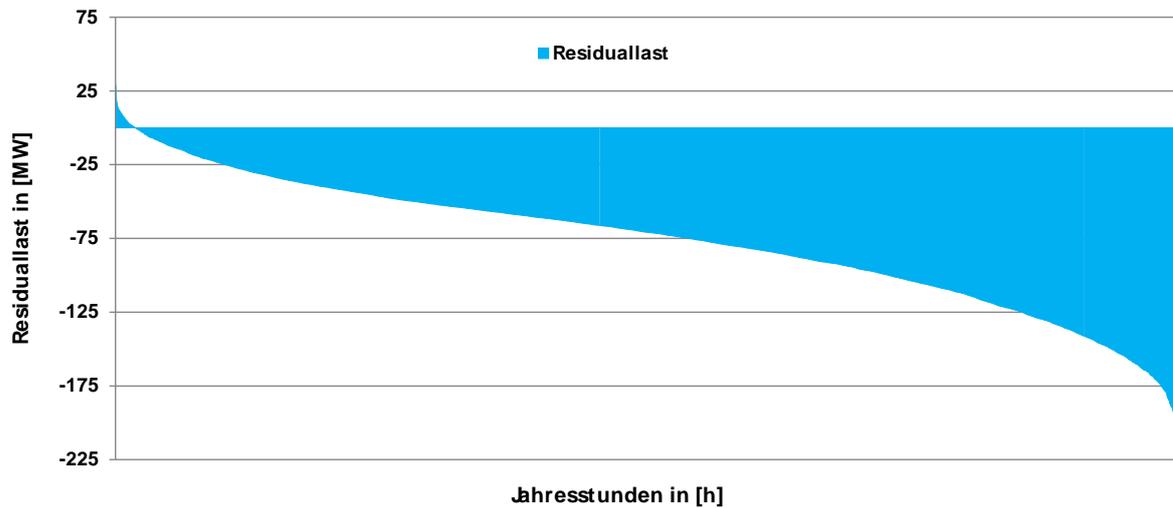


Abbildung 50 Verlauf der Residuallast
Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

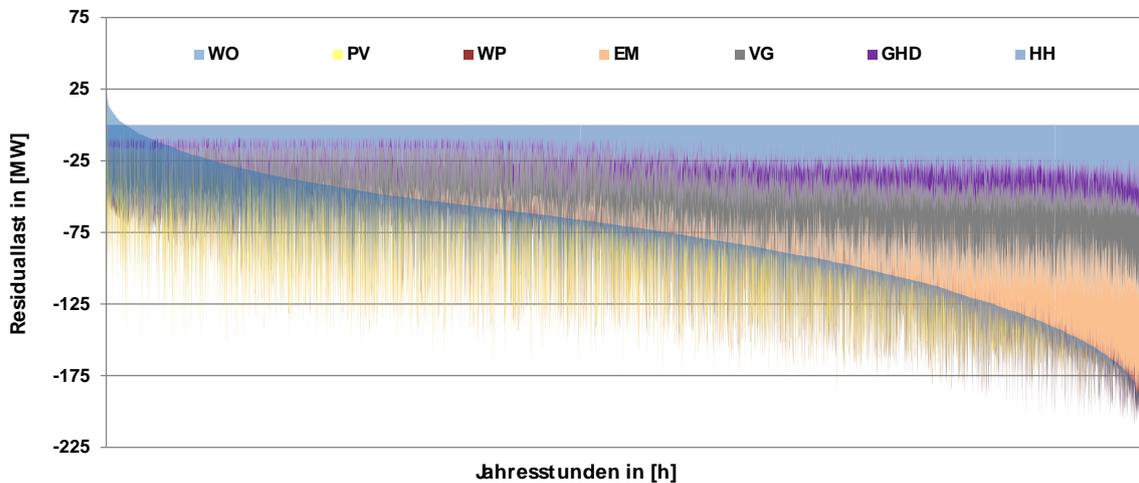


Abbildung 51 Häufigkeitsverteilung der Residuallasten
Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

Lastspitzen der Einspeisung und des Verbrauchs treten an etwa 700 h im Jahr auf, sind zeitlich jedoch teilweise deutlich voneinander getrennt. Dieses Ergebnis verdeutlicht den Bedarf an diversen Speicher- und Lastmanagementmaßnahmen.

Zur Auswahl geeigneter Speicher werden die Charakteristik der Über- und Unterlast, deren Werte sowie Auftreten, analysiert. Aufgrund der bereits dargestellten Notwendigkeiten für den Speicherbedarf, werden verschiedene Speicheroptionen betrachtet. Neben dem Speicherprinzip „Strom zu Strom“ kann beispielswei-

se auch das Speicherprinzip „Strom zu Gas zu Strom“ (Stichwort: Power-to-Gas) in Betracht gezogen werden. Letzteres würde allerdings, wegen der gegenwärtig noch hohen Wirkungsgradverluste bei der Herstellung von Elektrolyse-Wasserstoff und anschließender Methanisierung den Aufbau weiterer Stromerzeugungsanlagen bedeuten und wird daher in der vorliegenden Analyse nicht berücksichtigt. Mit der Integra-

tion von dezentralen Photovoltaik-Stromspeichern und der Speicherkapazität der Elektromobilität in das Bilanzierungsmodell wird die Stabilität der Stromversorgung und der Deckungsbeitrag der erneuerbaren Energien erneut überprüft. Dies erfolgt anhand der charakteristischen Lastprofile für Verbrauch und Erzeugung unter Integration der Speicherprofile.

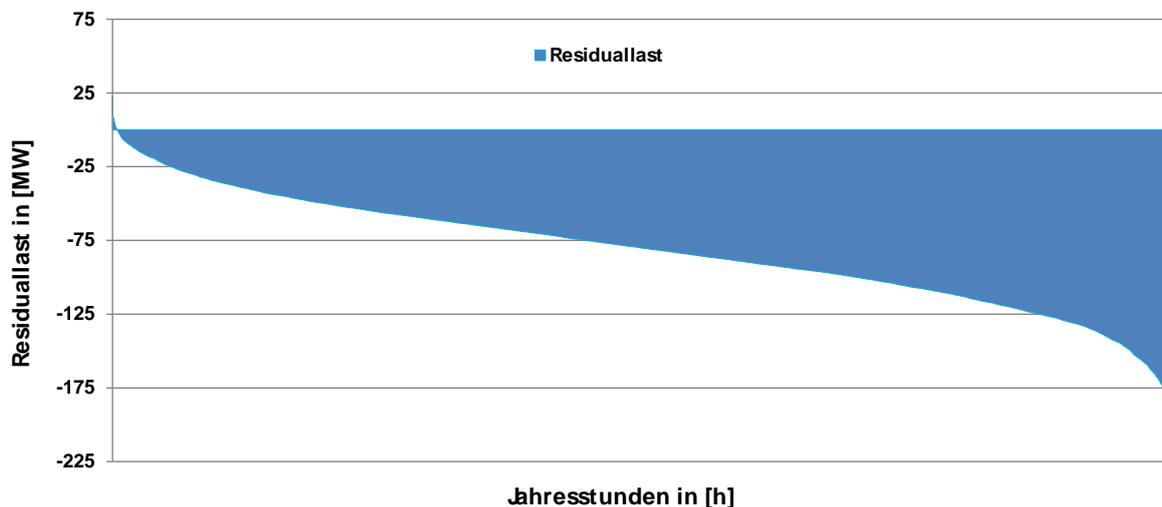


Abbildung 52 Häufigkeitsverteilung der Residuallast mit Speicheroptionen
Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

Zunächst wird der Einsatz von Speichern bei allen Photovoltaikanlagen unterstellt. Anschließend wird berücksichtigt, dass 30 % der Kapazität der Elektromobilität variabel aufladbar sind um Spitzen der erneuerbaren Einspeisung zu kompensieren. Da es sich bei den meisten Photovoltaikanlagen um Dachflächenanlagen handelt, wird ein Großteil der eingespeisten und gespeicherten Energie zunächst „lokal“ verbraucht und reduziert somit den Haushaltslastgang erheblich. Gleiches gilt für den Lastgang im GHD-Sektor, welcher jedoch nur einen geringen Anteil mit Photovoltaik decken kann. Der Lastgang der Elektromobilität wurde hinsichtlich der sofortigen Einspei-

cherung der positiven Residuallasten optimiert, wobei von einer maximalen Verschiebung von 30 % der Ladelast um 6 h ausgegangen wird.

Im Ergebnis bestehen weiterhin Überschüsse bedingt durch die Einspeisung aus Windkraft zu verbrauchsarmen Zeiten zwischen 03:00 Uhr und 04:00 Uhr in der Nacht. Deren absolute Höhe und Anzahl wurden jedoch deutlich reduziert. So sind nur noch an etwa 80 h im Jahr positive Lasten von maximal 20 MW zu erwarten. Auch die positive residuale Energiemenge reduziert sich durch diese Maßnahmen um ca. 27 %.

Trotz dieser Speicheroptionen bleibt eine positive Last bestehen. Durch Nutzung weiterer Maßnahmen, etwas des Demand-Side-Managements (DSM) können Last und Einspeisung noch flexibler aneinander angepasst werden. Wird im VG-Sektor von einem DSM-Potential von 2,5 % der aktuellen Last und einer Verschiebung derer um maximal 6 h ausgegangen, ist eine weitere Reduzierung der positiven Laststunden

auf etwa 70 h im Jahr denkbar. Für die verbleibende Energiemenge sind mittelfristige Speicheroptionen im Tages- bis Wochenbereich optimal. Auf Grund der nur noch relativ marginal auftretenden Lastspitzen werden jedoch nur wenige Volllaststunden im Jahr erzielt werden können.

7.5 Fazit

In Abbildung 53 wird ein abschließender **Überblick** über die in Magdeburg vorhandenen Erzeugungsanlagen und Umspannwerke gegeben. Zur zentralen Fernwärmeerzeugung dient gegenwärtig das Müllheizkraftwerk (MHKW) Rothensee der Städtischen Werke Magdeburg (SWM), welches im KWK-Betrieb arbeitet und somit auch Strom erzeugt. Darüber hinaus verfügen die SWM über die derzeit noch als Spitzenlastkessel fungierenden Erdgas-Heizwerke Rothensee und Mitte. Seit 2014 ist zudem das Biomasse-Heizkraftwerk Rothensee der GETEC heat & power AG und seit 2016 das Biomasse-Heizkraftwerk Cracau der SWM in Betrieb. Darüber hinaus verfügt Magdeburg über einen Solarpark auf dem Cracauer Anger und einen kleinen Windpark (5 WEA) im Gewerbegebiet Nord.

Für das **Trendszenario** der Strom- und Fernwärmeerzeugung wird angenommen, dass der bestehende Kraftwerkspark bis 2050 weiterhin bestehen bleibt und sich – da alle Heizkraftwerke im KWK-Betrieb arbeiten – die Stromerzeugung entsprechend der sich auf 1.500 TJ senkenden Fernwärmeerzeugung absinkt. Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Biogasanlagen wird bis 2050 zu 100 %, das für Photovoltaik zu ca. 35 % und das für Windenergie 50 %

ausgeschöpft. Gegenüber 2014 wird die Stromerzeugung somit geringfügig ansteigen, jedoch wird sich der Anteil erneuerbarer Energien im Magdeburger Strommix von 21 % (2014) auf 40 % (2050) erhöhen.

Gegenüber 1990 wird die Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050 um 16 % ansteigen, gegenüber 2015 jedoch um - 6 % absinken.

Für das **Masterplanszenario** werden hinsichtlich des bestehenden Kraftwerksparks dieselben Annahmen getroffen wie für das Trendszenario. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Fernwärmeerzeugung im Masterplanszenario bis 2050 auf 1.400 TJ absinken wird, da im Masterplanszenario auch größere Einsparungen im Bereich der Wärmeanwendungen berücksichtigt wurden.

Das für Magdeburg ermittelte Potenzial für Biogasanlagen, Photovoltaik und Windenergie wird jeweils zu 100 % ausgeschöpft. Gegenüber 2014 wird die Stromerzeugung somit geringfügig ansteigen, jedoch wird sich der Anteil erneuerbarer Energien im Magdeburger Strommix von 21 % (2014) auf 40 % (2050) erhöhen.

Gegenüber 2014 wird die Stromerzeugung um ca. 18 % ansteigen, während sich der Anteil erneuerbarer

Energien im Magdeburger Strommix von 21 % (2014) auf 54 % (2050) erhöht.

Gegenüber 1990 wird die Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050 um 7 % ansteigen, gegenüber 2015 jedoch um - 14 % absinken.

Infolge wachsender Kapazitäten erneuerbarer Energieerzeuger steigen auch die Belastungen in den zugeordneten Netzebenen. Einspeiseleistungen von bis zu 150 MW übersteigen die Last in Magdeburg teilweise. Auch während windreicher Nächte sind Überschüsse durch die fluktuierende Einspeisung zu erwarten. Eine Kompensierung der bis zu 23 MW hohen

positiven **Residuallast** an 220 h im Jahr ist durch eine Kombination verschiedener Speicher-Lastmanagement-Maßnahmen möglich. Durch Verschiebung von stromintensiven Prozessen im Stundenbereich, Nutzung der Speicherkapazität der Elektromobilität als auch durch dezentrale Stromspeicher kann eine Reduzierung der maximalen positiven Residuallast auf unter 20 MW bei gleichzeitiger Senkung der positiven Laststunden auf unter 70 h im Jahr erreicht werden. Die verbleibende Energiemenge von etwa 1,5 TJ kann durch geeignete Speichermaßnahmen schließlich nur noch für 0,06 % der nicht erneuerbar gedeckten Last aufkommen.

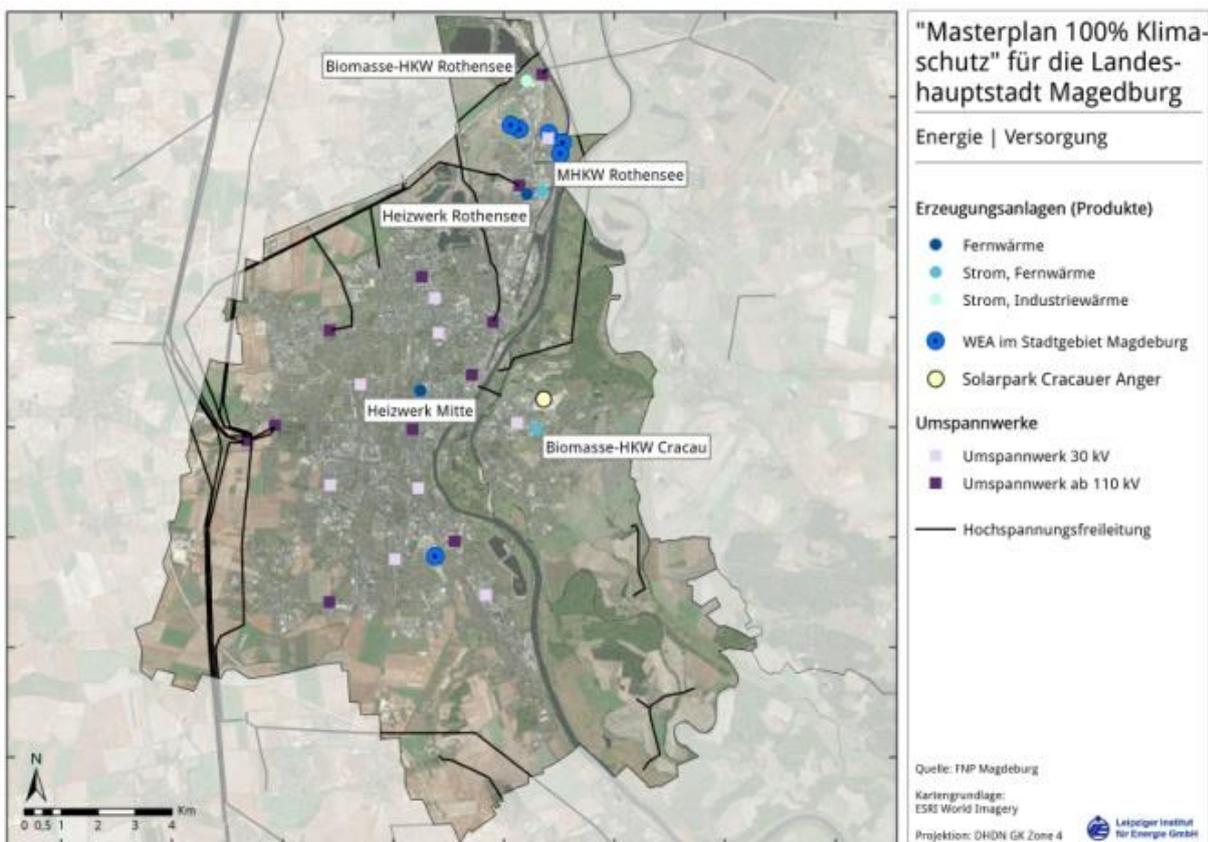


Abbildung 53 Erzeugungsanlagen und Umspannwerke in Magdeburg
 Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

8 Entwicklung der THG-Emissionen bis 2050

Nachfolgend sind die THG-Emissionen des gesamten Endenergieverbrauchs zusammenfassend dargestellt. Die Ermittlung der THG-Emissionen erfolgte auf Basis der eingesetzten Energieträger und den energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren (vgl. Kapitel 5.4 Bilanzierungsmethodik) und werden in Form von Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten ausgewiesen. Nachfolgend werden die THG-Emissionen resultierend aus dem Endenergieverbrauch der Stadt Magdeburg aufgezeigt.

8.1 THG-Emissionen

In Abbildung 54 sind die THG-Emissionen nach Energieträgern dargestellt. Ausgehend vom Jahr 1990 reduzierten sich die THG-Emissionen um ca. 73 %; von etwa 4,4 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 1,2 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014.

Während die THG-Emissionen im Trendszenario ausgehend vom Jahr 2014 um ca. 0,3 Mio. t CO_{2äq} bis zum Jahr 2050 sinken (entspricht einer Reduktion um 31 %.), wird im ambitionierten Masterplanszenario ein Rückgang um etwa 1,0 Mio. t CO_{2äq} bis zum Jahr 2050 angestrebt (Absenkung um 95 % gegenüber 1990, 82 % gegenüber 2015).

Die Emissionen je Einwohner reduzierten sich gegenüber dem Jahr 1990 von 15,8 auf 5,4 t CO_{2äq} im Jahr 2014. Bis zum Jahr 2050 erfolgt im Masterplanszenario eine weitere Reduktion auf 0,9 t CO_{2äq} je Einwohner (Tabelle 17).

Primär wird die Reduktion der THG-Emissionen durch die deutliche, über die Trendentwicklung hinausgehende Ausschöpfung der erneuerbaren Strom-,

Wärme- bzw. Brennstoffpotenziale (Energieträgersubstitution) in den einzelnen Sektoren erreicht.

Dazu müssen die Anstrengungen in allen Bereichen stark intensiviert und der erarbeitete Maßnahmenkatalog für die Stadt Magdeburg umgesetzt werden.

- Eine gänzlich direkte Substitution der fossilen Energieträger Erdgas und Mineralöle durch erneuerbare Energien ist mit den verfügbaren lokalen Potenzialen nicht möglich. Daher müssen diese, langsam beginnend ab dem Jahr 2030, durch synthetisches erneuerbares Gas bzw. synthetische erneuerbare Kraftstoffe (so genannte PtX-Energieträger) ersetzt werden.
- Die Erzeugungskapazitäten für PtX-Energieträger müssen überregional geschaffen und kontinuierlich ausgebaut werden.

Die weitere Verbreitung der Elektromobilität sowie die fortschreitende Effizienzsteigerung in den Endenergiesektoren sind die zentralen Handlungsoptionen, welche die Stadt Magdeburg mit beeinflussen kann.

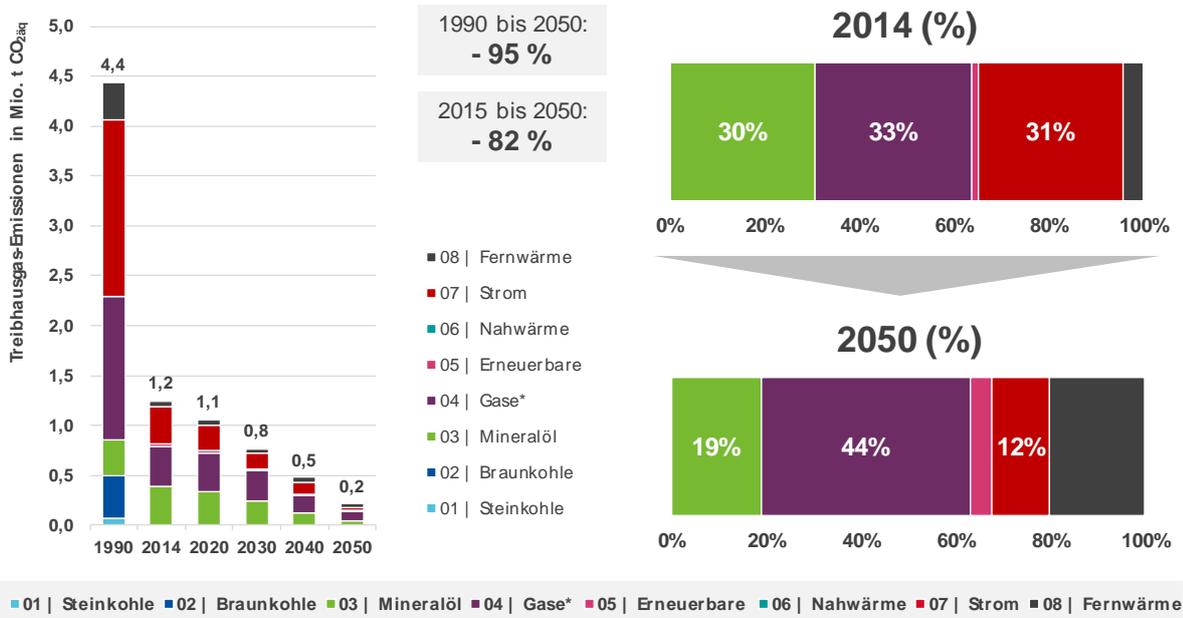


Abbildung 54 Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario bis zum Jahr 2050 nach Energieträgern
 Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015]; Berechnung und Darstellung IE Leipzig
 Anmerkung: * Ab dem Jahr 2030 wird ein Anteil von auf Strom basierenden synthetischen Gasen (Power to Gas) im Erdgasnetz unterstellt. Dabei werden die Emissionen des deutschen Strommix bis 2050 sowie die Wirkungsgradverluste bei der Herstellung der Gase berücksichtigt

Tabelle 17 Entwicklung der absoluten und spezifischen Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario
 Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Emissionen	1990	2014	2020	2030	2040	2050
Stadt Magdeburg (Mio. t CO _{2äq} /a)	4,4	1,2	1,1	0,8	0,5	0,2
je Einwohner (t CO _{2äq} /Ew)	15,8	5,4	4,4	3,1	1,9	0,9

8.2 Sektorale Zielsetzung

Im Folgenden werden die jeweiligen Zielsetzungen zur Minderung der Treibhausgasemissionen entsprechend des Masterplanszenarios für die Stadt Magdeburg bis zum Jahr 2050 in 10-Jahresschritten für die einzelnen Sektoren dargestellt.

Zusätzlich werden die Treibhausgasminderungen des Trendszenarios beschrieben, um aufzuzeigen, welche

zusätzlichen Anstrengungen notwendig sind um den Pfad des Masterplanszenarios zu erreichen (Tabelle 18 und 19). Der Vergleich zeigt weiterhin auf, welchen Beitrag die einzelnen Sektoren gegenüber dem Trendszenario leisten müssen, um die ehrgeizigen Masterplanziele zu erreichen. Hier ist besonders der Sektor Verkehr hervorzuheben, der im Trendszenario eine THG-Minderung von 19 % und im Masterplan-

szenario eine Minderung von 86 % bis 2050 anstrebt. Im Folgenden werden die sektoralen Minderungsziele

ausführlicher beschrieben.

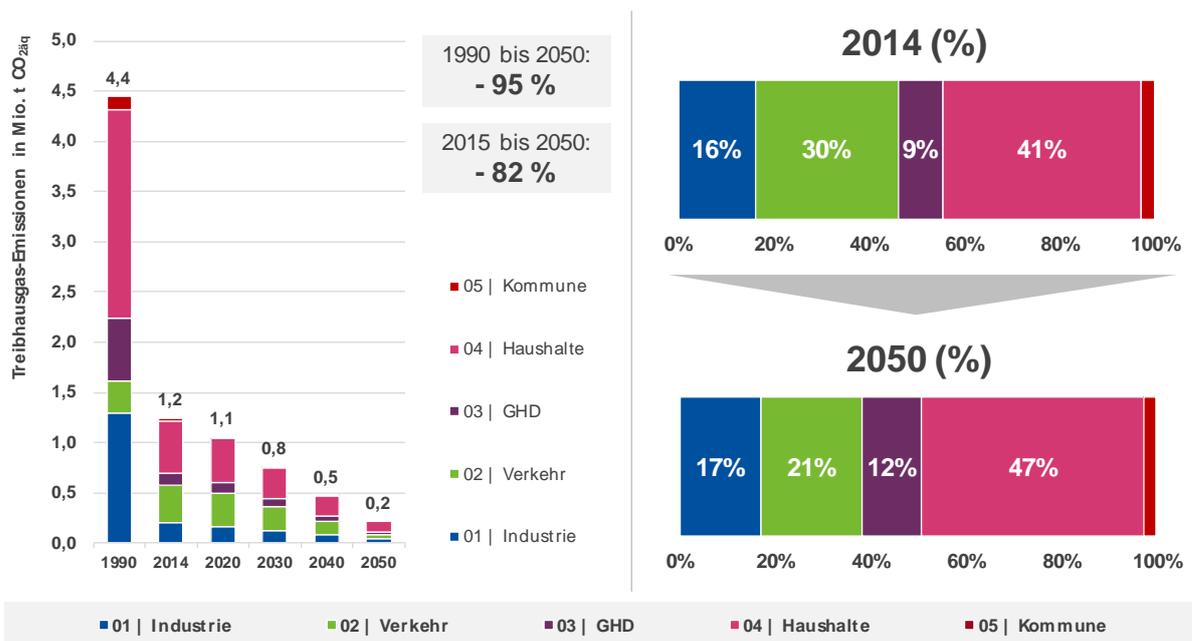


Abbildung 55 Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario bis zum Jahr 2050 nach Sektoren

Quelle: Daten für das Jahr 1990 aus [Landeshauptstadt Magdeburg 2015]; Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Anmerkung: * Ab dem Jahr 2030 wird ein Anteil von auf Strom basierenden synthetischen Gasen (Power to Gas) im Erdgasnetz unterstellt. Dabei werden die Emissionen des deutschen Strommix bis 2050 sowie die Wirkungsgradverluste bei der Herstellung der Gase berücksichtigt.

Haushalte & Kommune (Gebäude)

Derzeit hat der Sektor Haushalte einen Anteil von 41 % und die kommunalen Liegenschaften (Kommune) von 3 % an den Gesamtemissionen der Stadt Magdeburg. Die Emissionen sind um 75 % von etwa 2,1 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 0,5 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 gesunken. Hauptursache hierfür war die Substitution von Braunkohle durch Erdgas und Mineralölprodukte sowie der damit einhergehende Ersatz alter Heizungsanlagen durch neuere und gleichzeitig effizientere Technik. Für das Trendszenario wird bis zum Jahr 2050 eine Reduzierung um 84 % gegenüber 1990 erwartet. Im Masterplanszenario wird eine Re-

duzierung der THG-Emissionen gegenüber 1990 um 95 % angestrebt, d.h. bis zum Jahr 2050 ist ein weiterer Rückgang der Emissionen um 16 % zu erwarten.

Verkehr

Der Verkehrssektor verursacht derzeit einen Anteil von 30 % an den Gesamtemissionen. Diese werden überwiegend durch den Einsatz von Mineralölprodukten (Ottokraftstoffe und Diesel) verursacht. In der historischen Betrachtung sind diese, bedingt durch einen zunehmenden motorisierten Individualverkehr sowie Güterverkehr, von etwa 0,33 Mio. t CO_{2äq} im

Jahr 1990 auf ca. 0,37 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 angestiegen. Im Trendszenario wird eine Reduzierung um 19 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 erwartet und im Masterplanszenario eine Reduzierung der THG-Emissionen gegenüber 1990 um 86 % angestrebt. Neben der Steigerung der Effizienz der Verkehrsträger, Veränderungen der Verkehrsnachfrage sowie Modal Split, führt im Wesentlichen die fortschreitende Substitution von Mineralölprodukten durch Strom und Erdgas maßgeblich für die Senkung der THG-Emissionen.

Industrie

Derzeit weist der Sektor Industrie (Verarbeitendes Gewerbe) einen Anteil von 16 % an den Gesamtemissionen auf. Diese sind um 84 % von etwa 1,3 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 0,2 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 gesunken. Neben den Anstrengungen der Unternehmen zu Energieeinsparung und -effizienz spiegeln sich in dieser Entwicklung v. a. Strukturwandelexeffekte (nach der Wende durch strukturbedingte Schwierigkeiten beim Übergang in die soziale Marktwirtschaft, heute Verschiebungen hin zu weniger energieintensi-

ven Branchen und Produkten) wider. Für das Trendszenario wird eine Reduzierung um 89 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 erwartet und im Masterplanszenario eine Reduzierung der THG-Emissionen gegenüber 1990 um 97 % angestrebt; d.h. bis zum Jahr 2050 ist ein weiterer Rückgang der Emissionen um 15 % zu erwarten.

GHD

Der Sektor GHD verursacht derzeit einen Anteil von 29 % an den Gesamtemissionen der Stadt Magdeburg. Die Emissionen sind von etwa 0,6 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 0,1 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 gesunken.

Im Trendszenario wird eine Reduzierung um 85 % gegenüber 1990 erwartet und im Masterplanszenario eine Reduzierung gegenüber 1990 um 96 % angestrebt. Neben der Steigerung der Energieeffizienz ist im Wesentlichen die fortschreitende Substitution von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien maßgeblich für die Senkung der THG-Emissionen.

Tabelle 18 Entwicklung der Treibhausgasreduzierung im Masterplanszenario nach verschiedenen Zeiträumen
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Masterplanszenario [in %]	Historische THG-Minderung 1990 - 2014	Ziel 2020 THG-Minderung 1990 - 2020	Ziel 2030 THG-Minderung 1990 - 2030	Ziel 2040 THG-Minderung 1990 - 2040	Ziel 2050 THG-Minderung 1990 - 2050
01 Industrie	-84%	-87%	-91%	-94%	-97%
02 Verkehr	15%	2%	-27%	-58%	-86%
03 GHD	-81%	-83%	-87%	-91%	-96%
04 Haushalte	-75%	-79%	-85%	-91%	-95%
05 Kommune	-70%	-81%	-88%	-92%	-96%
Summe	-72%	-76%	-83%	-89%	-95%

Tabelle 19 Entwicklung der Treibhausgasmindeung im Trendszenario nach verschiedenen Zeiträumen
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Trendszenario [in %]	Historische THG-Minderung 1990 - 2014	Trend 2020 THG-Minderung 1990 - 2020	Trend 2030 THG-Minderung 1990 - 2030	Trend 2040 THG-Minderung 1990 - 2040	Trend 2050 THG-Minderung 1990 - 2050
01 Industrie	-84%	-85%	-87%	-88%	-89%
02 Verkehr	15%	11%	-4%	-12%	-19%
03 GHD	-81%	-81%	-82%	-83%	-85%
04 Haushalte	-75%	-77%	-79%	-81%	-84%
05 Kommune	-70%	-77%	-81%	-84%	-87%
Summe	-72%	-74%	-76%	-79%	-81%

9 Umsetzung

Die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Ergebnisse der Szenarienberechnungen und Potenzialanalysen weisen auf die Herausforderungen der Umsetzungsphase hin, die mit der Masterplan-Zielsetzung bis 2050 verbunden sind. Insgesamt wird es sowohl des realistischen Blicks für die regionalen Möglichkeiten wie auch des visionären Mut für unkonventionelle Wege bedürfen, um die ambitionierten Ziele, wie sie in der Vision definiert wurden, zu erreichen.

Mit Vorlage dieses Berichtes ist der Masterplan-Prozess nicht abgeschlossen, denn jetzt beginnt die Umsetzungsphase. Dazu gehört nicht nur die Realisierung der Maßnahmen, die von den lokalen Experten erarbeitet wurden. Um die Ziele des Masterplans zu erreichen, müssen Konzept und Maßnahmenkatalog zudem stetig weiterentwickelt, ergänzt und die organisatorischen Strukturen angepasst werden.

Entscheidend für die Umsetzungsphase wird es sein, die im Konzept beschriebenen Strategien und Maßnahmen in reale Projekte zu übertragen. Möglichst frühzeitig sollte die Machbarkeit der beschriebenen Ansätze am Beispiel konkreter und sichtbarer Modellprojekte erprobt und hiermit weitere Akteure zur Umsetzung von Maßnahmen motiviert werden.

Die Durchführung von Projekten verteilt sich im Idealfall auf viele Schultern. Hierfür muss der Prozess dauerhaft in alle Bereiche der Stadt getragen werden, um möglichst viele Menschen kontinuierlich in den sich entwickelnden Prozess einzubinden. Ziel ist es, den Prozess auch nach Abschluss des Projektes institutionell in der Kommune wie auch bei den beteiligten Akteuren fest zu verankern, damit die Umsetzung bis zur Jahrhundertmitte gelingt. Bereits in der Konzeptphase wurden daher einzelne Maßnahmen direkt an bestehende Kompetenzen in der Stadt und der Region gekoppelt.

Darüber hinaus sollte eine Breitenbewegung für das klimaneutrale Magdeburg 2050 entstehen. Insbesondere für die Bürgerinnen und Bürger ist eine zielgerichtete Kommunikationsstrategie nötig, die Ziele und Aufgaben zur Umsetzung der Maßnahmen verständlich und motivierend vermitteln kann.

Der in der Konzeptphase begonnene Beteiligungsprozess wird auch weiterhin ein wichtiges Instrument bleiben. Möglichst viele Akteure sollen eingebunden und neue hinzugewonnen werden. Hierfür bedarf es der kontinuierlichen Pflege der aufgebauten Strukturen und Kontakte.

Es bleibt eine ständige Aufgabe, mit verschiedenen Angeboten der Beteiligung sowie mit Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit das Interesse und Engagement aller Umsetzungsakteure aufrecht zu erhalten und diese weiter in die Verantwortung zu nehmen.

Das Masterplan-Management kümmert sich daher im gesamten Umsetzungsprozess insbesondere um folgende Aufgaben:

- Pflege und Aufbau weiterer Netzwerke (Mittelaufwand: Organisation, evtl. Raum, Catering, Moderation (extern))
- Kontinuierliche Informationsarbeit (Newsletter, projektbezogener Austausch/Konsultationen)

- Kommunikation mit Fach-Akteuren aufrechterhalten – fallbezogene Beteiligung
- Öffentlichkeitsarbeit mit regelmäßigen Angeboten für Bürgerinnen und Bürger sowie andere Zielgruppen zu themenspezifischen Fragestellungen / Kampagnen / Mitmachangeboten
- Enge Kooperation mit Initiativen und anderen Verwaltungsbereichen (u.a. Stadtentwicklung/-planung)
- Webseite mit kontinuierlichen Informationen, auf denen „Akteure am Laufenden gehalten werden“; und die auch Rückmeldemöglichkeiten geben können (z.B. durch Einsatz von Social Media).

9.1 Kommunikationsstrategie

Viele Strategien und Maßnahmen des Masterplans liegen nur teilweise im direkten Einflussbereich der Stadtverwaltung. Für ihre Umsetzung sind lokale und auch regionale Akteure notwendig, die zunächst informiert und dann für die Mitwirkung gewonnen werden müssen.

Neben den klassischen kommunalen Steuerungsinstrumenten des Planungs- oder Ordnungsrechts sind also weitergehende Strategien erforderlich:

- Wie kann es gelingen, den Konsum der Bewohnerinnen und Bewohner in Magdeburg klimafreundlich zu gestalten?
- Wie können Gebäudeeigentümer für energetische Sanierungsmaßnahmen gewonnen werden?
- Mit welchen Mitteln können lokale Unternehmen für eine nachhaltige Betriebsführung motiviert werden?

Die Akteure der Fach-Arbeitsgruppen beschäftigten sich intensiv mit diesen Fragestellungen. Im Ergebnis resultieren daraus zahlreiche Maßnahmen in allen Handlungsfeldern. Die Maßnahmen richten sich

überwiegend an Zielgruppen, die vor allem mit Kommunikationsansätzen erreicht werden.

Der Maßnahmenkatalog beinhaltet daher vielfältige Ansätze für die „richtige Kommunikation“. Eine Vielzahl der Maßnahmen haben konkrete Handlungsschritte und Instrumente einer zielgruppenspezifischen Klimaschutz-Kommunikation entwickelt (siehe Maßnahmenkatalog).

Die Kommunikationsarbeit wird vom Masterplanmanagement der Stadt Magdeburg federführend organisiert und gesteuert. Zu den Aufgaben des Managements gehören:

- Platzierung von Information und Vermittlung von Wissen,
- Sensibilisierung, Bewusstsein für Klimaschutz und persönlichen Einfluss wecken,
- Einrichtung von thematischen Kommunikations- und Austauschplattformen,

Menschen inspirieren und begeistern, so dass diese zu „Mitreibern“ werden und sich für den lokalen Klimaschutz einsetzen.

Prozessbegleitende Öffentlichkeitsarbeit

Ein wesentlicher Bestandteil für den Umsetzungserfolg des Klimaschutzkonzepts stellt die prozessbegleitende Öffentlichkeitsarbeit dar. Auf diesem Wege werden Akteure, die bei der Konzepterstellung mitgewirkt haben, laufend über den Fortgang der Umsetzung informiert. Vor allem dient die Öffentlichkeitsarbeit jedoch dazu, das Thema Klimaschutz insgesamt positiv zu besetzen, langfristig im öffentlichen Bewusstsein zu halten und Motivation zur Mitwirkung am Klimaschutz in der breiten Bevölkerung von Magdeburg zu schaffen.

Grundsätze für alle Öffentlichkeitsmaßnahmen im Rahmen des Klimaschutzes :

- Die verbreiteten Informationen müssen mit den Akteuren abgestimmt und aktuell sein.
- Die Maßnahmen müssen professionell und kontinuierlich umgesetzt werden.
- Die gezielte Ansprache von vorher klar definierten Zielgruppen trägt zum Erfolg der Öffentlichkeitsarbeit bei.

Im Folgenden werden keine konkreten Kommunikationsmaßnahmen vorgestellt, sondern die grundsätz-

lich notwendigen Schritte zur Planung öffentlichkeitswirksamer Kampagnen erläutert. Diese sollen dem zentralen Masterplanmanagement, das für die Kommunikation zuständig ist, als Leitfaden dienen.

Die kommenden Abschnitte sind gegliedert in fünf Schritte der Kampagnenplanung:



Abbildung 56 Planungsschritte einer zielgerichteten Kommunikation
Quelle: Darstellung 4K

Ziele definieren

Abgestimmt auf die Ziele des Masterplan-Konzeptes werden Themenbereiche definiert, die eine Struktur der Öffentlichkeitsarbeit für die nächsten Jahre liefert. Im Maßnahmenkatalog finden sich verschiedene besonders kommunikationsrelevante öffentlichkeitswirksame Maßnahmen (vgl. Tabelle 20)

Die entwickelten Maßnahmen dienen als grundlegende Inhalte für die Öffentlichkeitsarbeit. Dabei ist zu

beachten, dass die genannten Maßnahmen jeweils weitere Detaillierungen für die Bearbeitung erfordern und operative Zielsetzungen für die Öffentlichkeitsarbeit zunächst noch definiert werden müssen.

Wichtig für die strategische Planung der Kommunikation ist, Zielsetzungen möglichst operationalisierbar zu definieren. Grundsätzlich werden zwei verschiedenen Arten von Zielen unterschieden.

(1) Strategische Ziele: Diese sind eher „weich“, abstrakt, nur sehr langfristig zu erreichen und nicht direkt messbar. Zu erreichen sind sie durch die Kombination verschiedenster Maßnahmen – allem voran einer Verankerung im Leitbild der Stadt.

(2) Operative Ziele: Hierbei handelt es sich um Konkretisierungen von strategischen Zielen. Sie sind kurz- bis mittelfristig realisierbar und durch Indikatoren

messbar. Typische Zielgrößen für erfolgreiche Kommunikation sind Steigerung der Aufmerksamkeit, Akzeptanz und/oder Präferenz.

→ Beispiel für ein operatives Kommunikationsziel für die Stadt Magdeburg wäre:

„Steigerung der Präferenz für den Einbau von Solarwärme-Anlagen, um den CO₂-Ausstoß im Wärmesektor zu reduzieren.“

Tabelle 20 Kommunikationsrelevante und öffentlichkeitswirksame Maßnahmen
Quelle: Darstellung 4K

Förderung und Ausbau Erneuerbare Energien	
A 3.1	Ausbau und Förderung Solarenergieerzeugung für Strom und Wärme
A 3.4	Ausbau und Förderung Windenergie
Gebäudesanierung/-neubau	
B 3.3	Motivation Hauseigentümer Sanierungsfahrpläne
B 4.1	Effiziente Stromanwendungen in Wohn- und Gewerbegebäuden
Klimafreundliche Mobilität	
C 1.1	Förderung der Suffizienz
C 2.2	Betriebliches Mobilitätsmanagement in Unternehmen
C 3.1	Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur (Kampagnen zur stärkeren Nutzung des Fahrrads)
C 4.2	Abbau von Zugangshemmnissen zum öffentlichen Personennahverkehr/Umweltverbund, Kommunikation und Information
Wirtschaft	
D 1.2	Weiterentwicklung des Umweltpreises der Landeshauptstadt Magdeburg
D 2.5	Energieberatungsangebote für (Handwerks-)Betriebe
Klimafreundlicher Alltag und Konsum	
E 1.1	Einrichtung eines Nachhaltigkeits-/Klimaschutzzentrums als permanente Anlauf- und Informationsstelle
E 1.2	Bürgerbeteiligungsangebote und Klimakompetenz
E 2.2	Nachhaltigkeitspaket für Neubürger der Stadt
E 2.3	Magdeburger Nachhaltigkeitswoche
E 3.1	Gemeinsame Aktionen (Wettbewerb) zur Förderung der Energieeffizienz
E 4.1	Förderung regionaler Produkte
E 4.2	Nachhaltige Ressourcennutzung
Regionale Strategien	
F 2.1	Regionale Produktion und Vermarktung

Zielgruppen identifizieren

Eine genaue Zielgruppenanalyse ist notwendig, um eine effiziente Kommunikation zu gewährleisten. Die Ansprache der „breiten Öffentlichkeit“ läuft meist ins Leere, da sich niemand konkret angesprochen fühlt.

Die Marktforschung kennt verschiedene Möglichkeiten der Zielgruppenanalyse, beispielsweise nach Geschlecht und Alter, geografischen Gebieten bis hin zu Wertorientierungen und Lebensstilen. Je nach Umfang der geplanten Öffentlichkeitskampagne genügt jedoch bereits eine strukturierte Überlegung zu den Fragen:

- Wer soll auf die Kampagne reagieren?
- Gibt es mögliche Kooperationspartner, die ein ähnliches Interesse haben?

In der Regel ergibt eine genaue Beantwortung dieser Leitfragen, dass zwischen mehreren Teilzielgruppen unterschieden werden kann. Für eine effiziente Steuerung der Öffentlichkeitsarbeit ist es notwendig, diese

Teilzielgruppen zu priorisieren. Hierbei helfen folgende Fragen:

- Wie groß ist der Aufwand, die Zielgruppe zu erreichen (finanziell, zeitlich, personell)?
- Gibt es Teilzielgruppen, die einen Multiplikator-Effekt auslösen bzw. eine Vorbildfunktion für andere Zielgruppen haben?
- Gibt es Teilzielgruppen, die einen besonders großen Effekt auslösen? Beispielsweise können Wohnungsunternehmen mit einem hohen Energieverbrauch bei Mehrfamilienhäusern eher zum Einbau von Solar-Wärmeanlagen überzeugt werden als Eigentümerinnen und Eigentümer von Einfamilienhäusern.

Die Kampagne sollte dann die Teilzielgruppe fokussieren, und zwar mit möglichst großer Wirkung zu möglichst geringem Aufwand.

Instrumente wählen

Bei der Auswahl der Maßnahmen für gezielte Öffentlichkeitsarbeit unterstützt die Frage, welche Motivation die jeweilige Zielgruppe hat, dem gesetzten Ziel zu folgen (Tabelle 21).

Regelmäßig kommen hier finanzielle Vorteile, Informations- und Entscheidungs-Sicherheit oder das Streben nach sozialer Anerkennung in Betracht. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, wie aus Motiven die passenden Instrumente abgeleitet werden können:

Tabelle 21 Zusammenhang zwischen Motivation und Maßnahmen
Quelle:

Motive	Anreizinstrumente Maßnahmen
Finanzieller Vorteil	 <ul style="list-style-type: none"> Monetäre Förderungen Günstige Kredite Abschreibungsmöglichkeiten* Bonusgeschenke
Klare Information	 <ul style="list-style-type: none"> Qualifizierte Energieberater Sprechstunden / Beratungszentrum Vorteile transparent erarbeiten
Entscheidungssicherheit	 <ul style="list-style-type: none"> Ausgebildete Handwerker
Soziale Anerkennung	 <ul style="list-style-type: none"> Auszeichnungen / Gute Presse VIP-Einladungen zu Klimavorträgen

Kommunikationsmix planen

Basis der aktuellen Öffentlichkeitsarbeit in Magdeburg ist die Internetseite zum Masterplan-Prozess auf dem Klimaschutz-Portal der Landeshauptstadt. Darüber hinaus bietet es sich an, eine inhaltliche und kommunikative Klammer mit anderen Akteuren und

Nachhaltigkeitsprojekten in Magdeburg zu bilden. Je nach zu transportierendem Inhalt und Zielgruppe empfehlen sich vielfältige Kommunikationswege, die im Mix eingesetzt und bestenfalls miteinander vernetzt werden. (Abbildung 57).

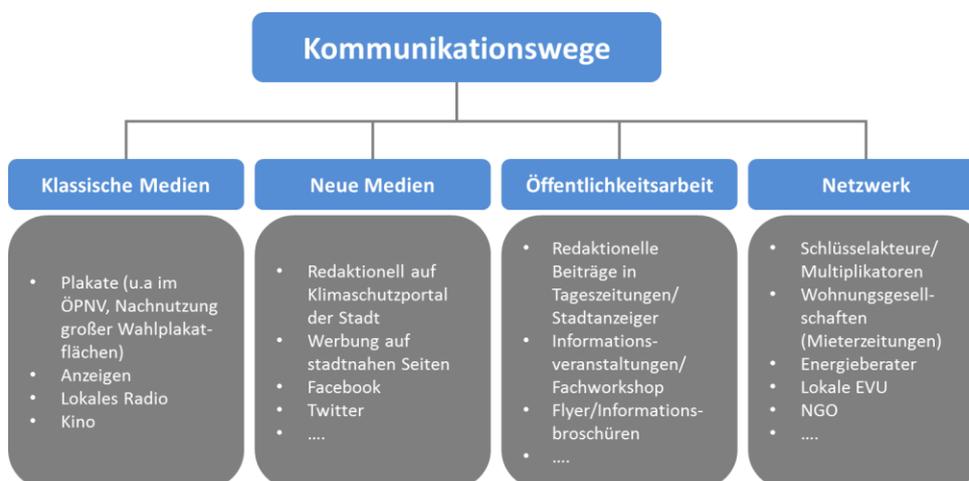


Abbildung 57 Überblick Kommunikationswege
Quelle: 4K

Kalkulieren und kontrollieren

Im ursprünglichen Sinn bedeutet Öffentlichkeitsarbeit, dass Nachrichten in Form redaktioneller Beiträge von den Medien (Tageszeitungen, Magazine, TV etc.) veröffentlicht werden – somit keine Kosten für die Verbreitung entstehen. Dennoch entsteht Aufwand für die Verwaltung, der im Vorfeld bedacht werden muss. Werden neben der klassischen Pressemitteilung weitere Kommunikationskanäle in die Planung einbezogen, muss der entstehende Aufwand genau kalkuliert werden. Die Leitfrage für die Ermittlung der Kosten lautet: Wobei ist das Masterplanmanagement auf externe Hilfe angewiesen? Üblicherweise entstehen durch diese Unterstützung:

- **Externe Kosten**, beispielsweise für Textarbeit oder grafische Gestaltung, Bildrechte, Drucksachen, Mediakosten für Anzeigenschaltung, etc.
- **Interne Kosten**, insbesondere der Personalaufwand für Planung

Finaler Bestandteil der Öffentlichkeitsarbeit ist immer die **Ergebnis-Messung**. Hierfür sollte bereits bei der Kampagnenkonzepcion festgelegt werden, welche Kenngrößen (Erfolgs-Indikatoren) für die Kampagne ausschlaggebend sind und wie diese Daten erhoben werden können. Diese Ziele Indikatoren möglichst konkret definiert werden (z.B. Anzahl Gebäudesanierungen, Beratungsgespräche). Darüber hinaus sollte ein Zeitraum festgelegt werden, in dem diese erreicht werden sollen.

9.2 Zivilgesellschaftlicher Prozess

Beteiligung bleibt im gesamten Masterplan-Prozess eine wichtige und dauerhafte Aufgabe. Kontinuität in der Zusammenarbeit mit allen wichtigen Akteuren ist weiter relevant. Außerdem sollte der Kreis der motivierten und verantwortlichen „Mitreiter“ im kommunalen Klimaschutz sukzessive erweitert werden.

Denn ein übergreifender Transformationsprozess, wie er mit den ambitionierten Zielen des Masterplans

angestrebt wird, kann nur durch die Aktivierung von Akteuren auf den einzelnen Handlungsebenen erreicht werden.

In der Umsetzung stehen konkrete lokale Fragestellungen bei der Zusammenarbeit mit Akteuren im Vordergrund. Die Beteiligungsformate sind abhängig von Thema, Zielgruppe und Zielsetzung.

Lokale Klimaschutznetzwerke

Die Erfahrung der Konzeptphase aber auch der Wunsch der Akteure weist daraufhin, dass im Rahmen von Netzwerken bzw. regelmäßigen Fach-Workshops einzelne Handlungsfelder und Themen weiter gemeinsam bearbeitet und ein konstanter Erfahrungsaustausch zur Umsetzung gepflegt werden sollten.

In den folgenden Maßnahmen wurde dieser Austauschbedarf explizit hervorgehoben:

C 2.1 Betriebliches Mobilitätsmanagement in Unternehmen

D 1.1 Erweiterung von Netzwerken für betrieblichen Erfahrungsaustausch

*D 3.1 Nachhaltige Kreislaufwirtschaft**F 1.1 Entwicklung und Koordination von Projektstrukturen im regionalen Klimaschutz**F 2.1 Regionale Produktion und Vermarktung**F 2.2 Netzwerk Nachhaltige Hochschul- und Bildungslandschaft**F 3.1 Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Energiegenossenschaften**F 3.3 Kooperationen von Stadt und Region mit der Wissenschaft bezüglich Speicher*

In den Diskussionen mit den Fachakteuren kristallisierte sich heraus, dass fast alle Maßnahmen einen Kreis verschiedener Akteure bzw. Partner benötigen, die mit den Initiatoren eng zusammenarbeiten und damit ebenfalls – teilweise temporäre – Netzwerke

bilden. Denn nur gemeinsam können die oft komplexen Projekte erfolgreich umgesetzt werden.

Die Kommunikation und Interaktion in diesen Netzwerken ermöglicht den gegenseitigen Austausch innovativer und kreativer Ideen sowie die Weiterentwicklung etablierter Projekte. Insbesondere mit Hilfe von Schlüsselakteuren befördern sie so den weiteren Umsetzungsprozess. Unter anderem auch dann, wenn sich z.B. aus einzelnen umgesetzten Modellprojekten innerhalb der Netzwerke ein Wettbewerb um die beste Umsetzung entwickelt.

Organisation und Betreuung der Netzwerke bedürfen selbstverständlich einer zuständigen Stelle (u.a. Masterplan-Management, gegebenenfalls auch mit externer Unterstützung), die mit den entsprechenden Mitteln ausgestattet wird.

Beteiligungsprozesse

Beteiligungsprozesse bleiben ein wichtiger Erfolgsfaktor für den Masterplan-Prozess – insbesondere dann, wenn sie sich explizit auch an die Bürgerinnen und Bürger richten. Diese ergänzen die Fachdiskussion um ihre persönliche Sichtweise und sehr konkrete Umsetzungshinweise. Die Beteiligung und Mitsprachemöglichkeit kann damit die Akzeptanz von Maßnahmen verbessern.

Hier können die erarbeiteten Maßnahmen öffentlich vorgestellt und diskutiert werden. Die Bürgerinnen und Bürger sollten auf die zweite Phase des Masterplan-Prozesses mit einer Informationsveranstaltung eingestimmt und weiter dazu motiviert werden, sich an der Umsetzung von Maßnahmen zu beteiligen

Beteiligung hat sich insbesondere beim Ausbau erneuerbarer Energien bewährt (vgl. A 3.4 Ausbau und Förderung Windenergie). Um möglichen Vorbehalten rechtzeitig entgegenzutreten, sollte frühzeitig der Dialog mit der Bevölkerung gesucht werden.

Im Bereich der Stadtplanung wird dies bereits oft praktiziert (vgl. B 2.2 Integrierte energetische Quartierssanierung) und sollte entsprechend auch auf die klimaschutzrelevante Planungen angewendet werden. Ein grundlegender Ansatz hierzu wird in Maßnahme E 1.2 Bürgerbeteiligungsangebote und Klimakompetenz beschrieben.

Ergänzend zur Kommunikationsstrategie tragen diese Beteiligungsprozesse auch dazu bei, dass das Interesse an der Umsetzung von lokalen Klimaschutzmaß-

nahmen hochgehalten und das angestoßene Engagement aufrechterhalten wird.

Neben Workshops und Veranstaltungen kommen in der Umsetzungsphase neue Beteiligungsformate hinzu: Online-Konsultationen können eine einfache Möglichkeit bieten, um die breite Stadtbevölkerung z.B. für eine Bewertung des Maßnahmenkatalogs zu gewinnen. Gezielte Beratungskampagnen oder Wettbewerbe sprechen konkrete Zielgruppen der Kommune an, um diese zur Umsetzung z.B. von Gebäudesanierungsmaßnahmen oder Stromeinsparungen im Haushalt zu motivieren. Auch hier ergibt sich das jeweils bestgeeignete Beteiligungsformat für die Ziel-

gruppe aus der jeweiligen Aufgaben- und Zielstellung. Diese sollten vorab möglichst konkret und mit lokalem praktischem Bezug definiert werden. Eine gute Auswahl möglicher Beteiligungsformate gibt [Nanz/Fritsche 2012].

Im Forschungsprojekt Klima-Citoyen wurde die gezielte Aktivierung von BürgerInnen für Klimaschutzprozesse vor Ort untersucht, diese Ergebnisse sind auch für die Anwendung in Masterplan-Prozessen sehr zu empfehlen [Müller et al. 2016].

Die Ausgestaltung der gewählten Beteiligungsformate ist jeweils abhängig von Thema, Zielgruppe und Zielsetzung.

Klimaschutzbildung

Ein weiterer wichtiger Ansatz ist die Einbeziehung des Bildungsbereichs für Themen der nachhaltigen Entwicklung. Bereits laufende Initiativen im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung sowie Schulprojekte in Magdeburg mit Energie- und Klimaschutzbezug, können den zivilgesellschaftlichen Prozess deutlich befördern. Schulen, Kitas, Hochschule u.a. Orte der Wissensvermittlung bieten sich für die modellhafte Erprobung eines nachhaltigen Lebensstils an.

Die Maßnahmenauswahl im Bildungsbereich bezieht lebenslanges Lernen und ein breites Angebot für viele Zielgruppen ein:

F 2.2 Netzwerk Nachhaltige Hochschul- und Bildungslandschaft

C 2.2 Mobilität als Bildungsaufgabe

E 2.1 Klimaschutz-Kommunikation in Kindergärten und Schulen

E 5.1 Klimafreundlich Gärtnern.

9.3 Verstetigung von Arbeitsstrukturen

Klimaschutzbeirat und Lenkungsgruppe nehmen weiterhin wichtige Rollen ein. Die Treffen finden regelmäßig (ca. zweimal jährlich) statt und beinhalten Sachstandsberichte zum Umsetzungsstand. Die Berichterstattung zum Umsetzungsstand wird von einem Monitoring mit quantitativen und qualitativen Indikatoren begleitet. Die Gremien bewerten das Erreichte (ggfs. mit externer Evaluationsunterstützung) und intervenieren, wenn Zielverfehlungen absehbar sind.

Der gesellschaftlich breit aufgestellte **Klimaschutzbeirat** ist ein unverzichtbares Gremium auf dem Weg zum Zielhorizont 2050 und der erfolgreichen Umsetzung des „Masterplans 100% Klimaschutz“. Der Beirat aus gesellschaftlichen Entscheidungsträgern bringt die relevanten Umsetzungsakteure in einem Forum zusammen. Er bietet eine Netzwerkplattform für die Initiierung und den Start von Pilotprojekten und Kooperationen innerhalb der Stadtgesellschaft (siehe unten: Exkurs Schlüsselakteure). Es stellt darüber hinaus ein kontinuierliches Kontroll-Gremium für die Umsetzung dar.

Immer wieder sollten sich auch die Kommunalpolitik, d.h. der Stadtrat und die Ausschüsse mit Masterplan-

Themen beschäftigen, indem sie Umsetzungsberichte erhalten oder politische Beschlüsse für Umsetzungsprojekte im thematischen Kontext des Masterplans 100% Klimaschutz diskutieren. Die lokale Energiewende und ihre gemeinschaftliche Realisierung muss Teil der politischen Agenda bleiben.

Die Verstetigung des Masterplan-Prozesses gelingt insbesondere dann, wenn zuverlässige „Kümmerer“ wie das Masterplan-Management einen offiziellen Auftrag seitens der Kommunalpolitik (Stadtratsbeschluss) erhalten und die Umsetzung dauerhaft - auch über die Förderphase hinaus - betreuen können.

Das **Masterplan-Management** koordiniert alle projektbezogenen Beteiligungsprozesse. Es organisiert den Austausch zwischen den Akteuren und den Beteiligungsformaten. Das Masterplan-Management aktualisiert den Masterplan kontinuierlich mit den Beratungsergebnissen aus den Gremien. Es nimmt an allen Beteiligungsprozessen teil und hat dort die aktive Rolle als kommunale Ansprechperson für den Masterplan, die Teilergebnisse zusammenführt. Die Masterplan-Umsetzung ist in den Aufgabenbereich der Stabsstelle Klimaschutz/Umweltvorsorge integriert.

Exkurs Schlüsselakteure

Die Einbindung und Mitwirkung verschiedener Schlüsselakteure [Beer et al. 2017] auf gesellschaftlicher, politischer und der Verwaltungsebene ist maßgeblich für den Erfolg des gesamten Masterplan-Projektes. Sie gestalten den Prozess mit und treiben ihn auf ihren Handlungsebenen voran.

Relevante Schlüsselakteure können Magdeburger Persönlichkeiten sein, aber auch Organisationen aus der Verwaltung, der Politik, lokale Unternehmen und Vertreter der Zivilgesellschaft. Sie verfügen über ein ausgeprägtes Fachwissen, Einflussmöglichkeiten, eine gute Reputation im kommunalen Umfeld und sind gut vernetzt. Da sie oft eigenständig oder in ihren Netz-

werken agieren, befördern und verbreiten sie die Klimaschutzmaßnahmen auch außerhalb der Klimanetzwerke auf vielfältigen Ebenen.

Aufgrund der Erfahrungen aus der Konzeptionsphase, welche sich durch die Beteiligung lokaler Experten bei der Erarbeitung des Masterplans auszeichnete, zeigten die folgenden Institutionen Potenziale für geeignete lokale Schlüsselakteure auf:

- Gesellschaft für Wirtschaftsservice Magdeburg mbH (GWM)
- Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH (LE-NA)
- Landesverband Erneuerbare Energien
- Lokalpolitik, Stadtrat
- Otto-von Guericke Universität/ Hochschule Magdeburg
- Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG

9.4 Maßnahmenkatalog

Im Rahmen der partizipativen Konzepterstellung (vgl. Abschnitt 3) wurden Ideen und konkrete Maßnahmevorschläge lokaler Akteure zur Minderung der Emissionen in der Stadt Magdeburg gesammelt und nach Handlungsfeldern in Fach-Arbeitsgruppen (AG)

diskutiert. Die inhaltliche Ausrichtung der AG orientierte sich i.d.R. an den Verbrauchssektoren, mit Ausnahme der AG Alltag und AG Regionaler Klimaschutz, die sich mit übergeordneten Fragestellungen befasst haben (Abbildung 58).

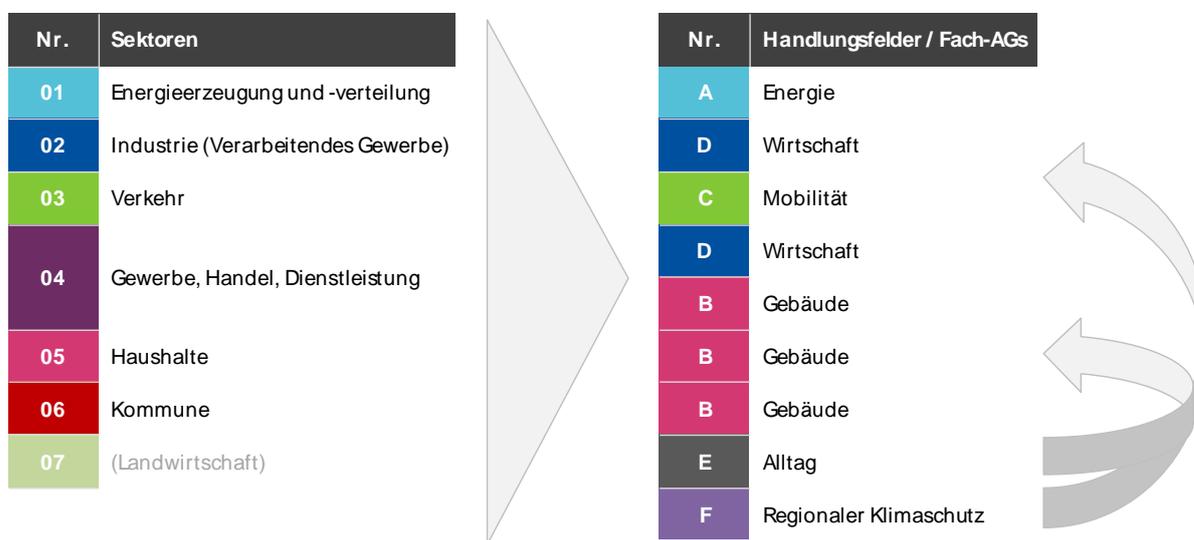


Abbildung 58 Zuordnung der Sektoren zu Handlungsfeldern und deren Fach-Arbeitsgruppen (AG)
Quelle: Darstellung Ie Leipzig

Aus dem Maßnahmenpool entstand unter Berücksichtigung vorhandener Klimaschutzaktivitäten ein Maßnahmenkatalog. Der Maßnahmenkatalog ist ein eigenständiges Dokument und dient als wichtige Arbeitsgrundlage für die spätere Umsetzungsphase (Abbildung 59).

Der Maßnahmenkatalog für den „Masterplan 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Magdeburg“ beinhaltet insgesamt 60 Einzelmaßnahmen, aufgeteilt nach sechs Handlungsfeldern (Energiesysteme und Stromnutzung, Stadtplanung und Gebäude, Mobilität, Wirtschaft, Alltag sowie Regionaler Klimaschutz) (vgl. Tabelle 22 und Abschnitte 6.2.2, 6.3.2, 6.4.2, und 7.2).



Abbildung 59 Deckblatt Maßnahmenkatalog zum „Masterplan 100 % Klimaschutz“ der Landeshauptstadt Magdeburg
 Quelle: Maßnahmenkatalog Masterplan 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Magdeburg

Masterplan 100 % Klimaschutz Magdeburg - Maßnahmenkatalog

B	Gebäude	Seite
	Priorisierung der Maßnahmen	37
	Umsetzungsbeginn der Maßnahmen	37
B 1	Strategie: Klimafreundliche Stadtverwaltung als Vorbild	
B 1.1	Maßnahme: Intensivierung des kommunalen Energiemanagements	38
B 2	Strategie: Integration Energie- und Stadtplanung	
B 2.1	Maßnahme: Umsetzung von Maßnahmen aus dem Klimawandelanpassungskonzept	42
B 2.2	Maßnahme: Integrierte energetische Quartiersanierung	45
B 2.3	Maßnahme: Klimaverträgliche Stadtentwicklung (einschließlich Flächennutzungsplan)	49
B 3	Strategie: Klimafreundlich Wohnen	
B 3.1	Maßnahme: Klimaschutz in der Bauleitplanung	52
B 3.2	Maßnahme: Energie- und baubiologische Beratung beim Kauf	55
B 3.3	Maßnahme: Motivation Hauseigentümern und -eigentümer Sanierungsfahrpläne	58
B 4	Strategie: Energieeffiziente Stromnutzung	
B 4.1	Maßnahme: Effiziente Stromwendungen in Wohn- und Gewerbegebäuden	61

36

Abbildung 60 Übersicht Handlungsfeld „Gebäude“ mit Strategien und Maßnahmen
 Quelle: Maßnahmenkatalog Masterplan 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Magdeburg

Tabelle 22 Übersicht Strategien und Maßnahmen je Handlungsfeld
 Quelle: Darstellung IE Leipzig

	Handlungsfeld/ Fach-AG	Anzahl Strategien	Anzahl Maßnahmen
A	Energiesysteme und Stromnutzung	4	12
B	Stadtplanung und Gebäude	4	8
C	Mobilität	5	12
D	Wirtschaft	3	9
E	Klimaverträglicher Alltag	5	11
F	Regionaler Klimaschutz	3	8
	6	24	60

Für jedes Handlungsfeld enthält der Maßnahmenkatalog eine Übersicht der Strategien und der zugeordneten Maßnahmen (Abbildung 60).

Jede Einzelmaßnahme wird in einem Maßnahmenblatt (Abbildung 61) mit folgenden Informationen beschrieben:

- Wirkungsansatz der Maßnahme, z. B. technische Maßnahme, Finanzierung, Vernetzung, Strategie
- Einführung und Dauer der Maßnahme: vor 2020, 2020-2025, nach 2025
- Ziel und Strategie
- Ausgangslage und Beschreibung
- Initiator, Akteure und Zielgruppe
- Handlungsschritte

- Erfolgsindikatoren
- Gesamtaufwand/Kosten und Finanzierungsansatz
- Energie- und Treibhausgaseinsparung
- Wertschöpfung
- Flankierende Maßnahmen

Der Maßnahmenkatalog ist dem Bericht als separates Dokument beigelegt.

Abbildung 61 Auszug Maßnahmenblatt B 2.1
 Quelle: Maßnahmenkatalog Masterplan 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Magdeburg

Nach Erstellung des „Masterplans 100 % Klimaschutz Magdeburg“ folgt eine dreijährige geförderte Umsetzungsphase, in der erste Maßnahmen angestoßen und begleitet werden können. Zur Erreichung der Klimaschutzziele ist jedoch eine langfristige Umsetzung der Maßnahmen konsequent zu verfolgen.

Um das **Masterplan-Management** zu **verstetigen**, sind auch nach dem Jahr 2020 finanzielle und personelle Ressourcen bereitzustellen.

Ob eine Maßnahme kurz-, mittel oder langfristig eingeführt werden sollte, ist in den Maßnahmenblättern beschrieben. Fast zwei Drittel der Maßnahmen sind kurzfristig, d. h. bis zum Jahr 2020 einzuführen (Tabelle 23).

Für jedes Handlungsfeld gibt es im Maßnahmenkatalog eine Übersicht zum Einführungszeitraum der Maßnahmen wie in Abbildung 62 für den Bereich Energie dargestellt ist.

	Handlungsfeld/ Fach-AG	Kurz- fristig	Mittel- fristig	Lang- fristig
A	Energiesysteme und Stromnutzung	4	6	2
B	Stadtplanung und Gebäude	7	1	-
C	Mobilität	8	4	-
D	Wirtschaft	7	2	-
E	Klimaverträglicher Alltag	9	2	-
F	Regionaler Klimaschutz	4	3	1
	6	39	18	3

Tabelle 23 Übersicht zum Zeitraum der Einführung der Maßnahmen je Handlungsfeld
 Quelle: Darstellung IE Leipzig

Zu beachten ist, dass viele Maßnahmen ihre Wirkung erst als Verbund verschiedener und koordinierter Aktivitäten entfalten können. So bewirken rein technische Einzelmaßnahmen zwar dort, wo sie umgesetzt werden, eine direkte CO₂-Minderung. Ohne Öffentlichkeitsarbeit und weitere Maßnahmen (bspw. Netzwerktreffen für Energieeffizienz in Unternehmen) ist die Verbreitung jedoch gering. Um die Klimaschutzwirkung zu verstärken, ist es daher wichtig, die flankierenden Maßnahmen mit einzubeziehen.

Das Umsetzungsteam sollte die Themen rund um den Klimaschutz vielfältig aufstellen, um eine breite Diskussion in der Öffentlichkeit zu aktivieren. Mit Hilfe intensiver Kommunikationsaktivitäten muss lokaler Klimaschutz zum relevanten Stadthema werden, über das man spricht, das die Öffentlichkeit bewegt und das bei den zahlreichen Partizipationsangeboten zum Mitmachen anregt. Denn eine intensive Beteiligung der Öffentlichkeit ist unbedingte Voraussetzung für den Erfolg bei der Maßnahmenumsetzung (siehe Kapitel 9.1 und 9.2).

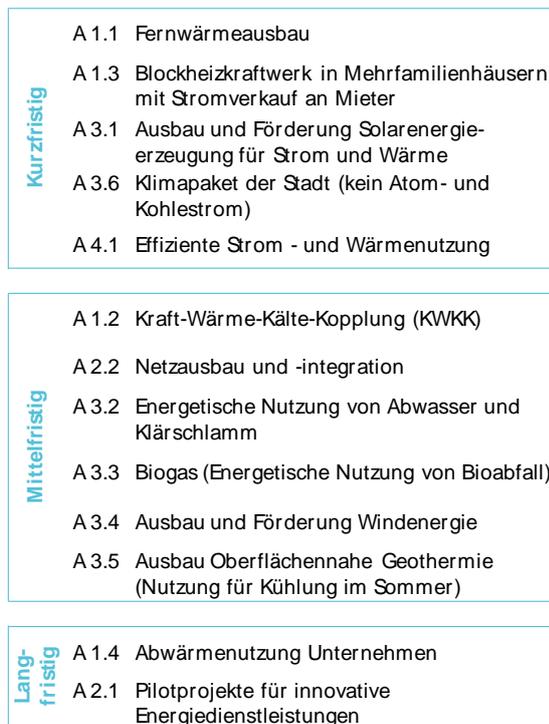


Abbildung 62 Zeitraum der Einführung der Maßnahmen des Handlungsfeldes Energie
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Priorisierung der Maßnahmen

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, Klimaschutzmaßnahmen zu bewerten. Neben wirtschaftlichen Kriterien (z.B. Höhe der Investitionskosten) spielen die Höhe der THG-Minderung über die Laufzeit der Maßnahme und die Möglichkeit zur Erreichung vorgegebener Ziele eine Rolle. Dazu kommen Faktoren wie die Akzeptanz in der Bevölkerung und bei den betroffenen Akteurinnen und Akteuren [Difu 2011].

Die Abschätzung der THG-Minderung einer Einzelmaßnahme kann aufgrund der verschiedenen Wirkungsansätze der Maßnahmenideen von sehr unter-

schiedlicher Güte sein. Technische Maßnahmen, wie z.B. der Tausch einer Heizungskesselanlage gegen eine neue und effizientere, lassen sich hinsichtlich ihres Minderungseffektes sehr gut berechnen. Sehr schwer quantifizierbar sind hingegen Maßnahmen, die auf gezielte langfristige Verhaltensänderung bauen oder bei denen Rückkopplungs- und Verlagerungseffekte in der Wirkungskette erwartet werden. Hier sind meist nur qualitative Aussagen möglich. Für die Umsetzung von Maßnahmen sind Investitionskosten sowie laufende Personal- und organisatorische Kosten der Einzelmaßnahmen im Vergleich mit anderen

Maßnahmen von Bedeutung. In vielen Fällen stellt v. a. zusätzlicher personeller Aufwand auch eines der wichtigsten Hemmnisse für die Umsetzung von Maßnahmen dar [Difu 2011].

Zur Priorisierung der Maßnahmen wurde im neu gegründeten Klimaschutzbeirat ein Meinungsbild erfragt. Ziel dieses Vorgehens ist es, ein besseres Bild innerhalb des Maßnahmenkatalogs zu erlangen, Leuchttürme und Positivbeispiele zu identifizieren und so eine möglichst effektive Umsetzung der Maßnahmenideen zu bewirken. Zu diesem Zweck haben

die Mitglieder des Klimaschutzbeirates die Maßnahmen mit Punkten bewertet. Die Ergebnisse der Priorisierung werden im folgenden Abschnitt für die jeweiligen Handlungsfelder dargestellt.

Anmerkung: Weiterhin soll im Rahmen einer Online-Beteiligung zusätzlich die Bewertung der Maßnahmen durch die Bevölkerung erfolgen. Diese wird voraussichtlich aber erst nach dem entsprechenden Beschluss des Stadtrates stattfinden.

Handlungsfeld Energiesysteme und Stromnutzung

Grundsätzlich unterliegen die Fragen der Wärmeenergieversorgung einem stärkeren örtlichen Einfluss als das europaweit vernetzte Stromnetz. Weil die Energiewende im Wärmesektor derzeit noch stark hinter dem Stromsektor zurückbleibt, liegen an der Spitze der ausgewählten Maßnahmen die Abwärmenutzung

sowie auf Platz 3 der Fernwärmeausbau. Auch die Solarenergieerzeugung lässt sich als dezentrale Energiequelle gut durch örtliche Entscheidungen fördern und erreicht aus Sicht des Klimaschutzbeirates den zweiten Platz in der Prioritätenliste (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24 Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Energiesysteme und Stromnutzung
Quelle: Darstellung IE Leipzig

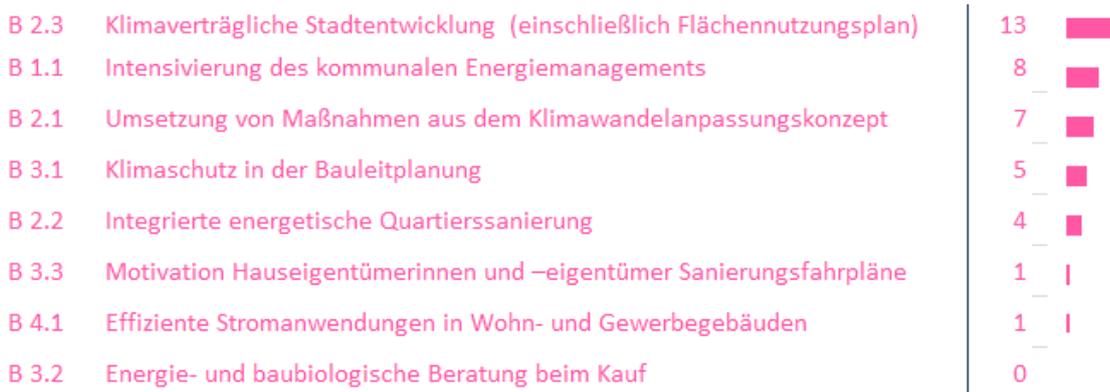
A 1.4	Abwärmenutzung Unternehmen	9	
A 3.1	Ausbau und Förderung Solarenergieerzeugung für Strom und Wärme	7	
A 1.1	Fernwärmeausbau	6	
A 1.3	Blockheizkraftwerk in Mehrfamilienhäusern mit Stromverkauf an Mieterinnen und Mieter	4	
A 3.4	Ausbau und Förderung Windenergie	3	
A 4.1	Effiziente Strom - und Wärmenutzung	3	
A 1.2	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)	2	
A 2.2	Netzausbau und -integration	2	
A 3.5	Ausbau Oberflächennahe Geothermie (Nutzung für Kühlung im Sommer)	2	
A 2.1	Pilotprojekte für innovative Energiedienstleistungen	1	
A 3.2	Energetische Nutzung von Abwasser und Klärschlamm	1	
A 3.3	Biogas (Energetische Nutzung von Bioabfall)	0	

Handlungsfeld Stadtplanung und Gebäude

In diesem Handlungsfeld liegt das Thema der klimaverträglichen Stadtentwicklung an der Spitze der Nennungen, weil dadurch grundsätzliche Weichen für alle weiteren lokalen Strukturen geschaffen werden. Das kommunale Energiemanagement wurde ebenfalls als wichtig erachtet, weil der Klimaschutzbeirat den Fokus auf solche Projekte legen wollte, die durch die

Landeshauptstadt Magdeburg auch gut direkt beeinflusst werden können. Im Rahmen der Diskussion wurden von Seiten der Wohnungswirtschaft auch erste Kooperationsideen für konkrete Bauprojekte vorgeschlagen, um die aktuell bestehenden Potenziale möglichst effizient zu heben (Tabelle 25).

Tabelle 25 Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Stadtplanung und Gebäude
Quelle: Darstellung IE Leipzig



Handlungsfeld Mobilität

Im Handlungsfeld Mobilität folgte der Klimaschutzbeirat weitgehend den Gewichtungungen, die sich aus der Einschätzung der Emissions-Minderungseffekte ergaben. Die Umstellung der Kraftfahrzeug-Antriebe von Verbrennungsmotoren hin zu elektrischen Systemen wurde als größte und auch wichtigste Maßnahme angesehen. Dicht folgt darauf die Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur, weil hier das Potenzial liegt, motorgetriebene Mobilität durch grundsätzlich

emissionsfreie Mobilität zu substituieren. Auch die Reisezeiten im öffentlichen Verkehr, die Stadt der kurzen Wege und das betriebliche Mobilitätsmanagement wurden als besonders wirksam eingestuft. Die übrigen Maßnahmen erschienen im Vergleich dazu entweder als weniger greifbar (Suffizienz) oder als zu speziell (z. B. Lastenfahrräder oder Fahrradverleihsystem), um besonders breite Wirkungen zu entfalten (Tabelle 26).

Tabelle 26 Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Mobilität
Quelle: Darstellung IE Leipzig

C 5.1	Elektromobilität und Brennstoffzellenantrieb	10	
C 3.1	Verbesserung der Radverkehrsinfrastruktur	9	
C 4.1	Wettbewerbsfähige Reisezeiten im ÖPNV	6	
C 1.2	Verkürzung notwendiger Wege	5	
C 2.1	Betriebliches Mobilitätsmanagement (BMM) in Unternehmen	5	
C 2.2	Mobilität als Bildungsaufgabe	3	
C 4.2	Abbau von Zugangshemmnissen zum ÖPNV	3	
C 5.2	Ausbau von Car-Sharing	2	
C 1.1	Förderung der Suffizienz	1	
C 3.2	Lastenfahrräder zur Logistik-Alternative entwickeln	1	
C 2.3	CO ₂ -Kompensation/Emissionsvermeidung bei Dienstreisen	0	
C 3.3	Ausbau des Fahrradverleihsystems	0	

Handlungsfeld Wirtschaft

Mit der nachhaltigen Beschaffung und der nachhaltigen Kreislaufwirtschaft liegen für den Klimaschutzbeirat zwei Maßnahmen an der Spitze der Prioritäten, die grundsätzlich in allen Unternehmen wirksam werden können. Damit zeigt der Klimaschutzbeirat,

dass ihm die Breitenwirkung der Maßnahmen wichtig ist. Die übrigen Maßnahmen werden damit nicht abgewertet, sie werden allerdings nur für bestimmte Unternehmen relevant oder betreffen bestimmte Anwendungsbereiche (Tabelle 27).

Tabelle 27 Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Wirtschaft
Quelle: Darstellung IE Leipzig

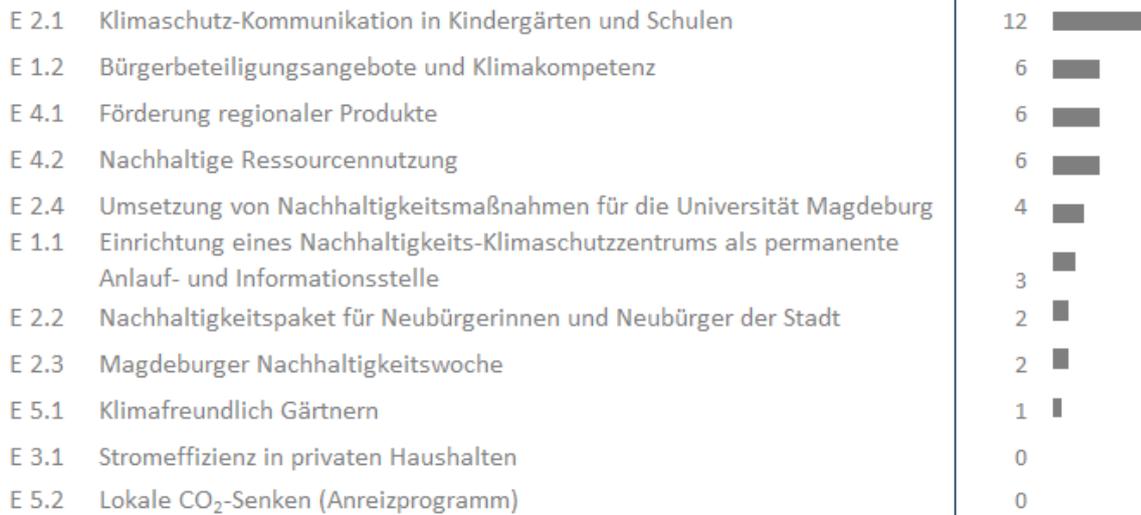
D 3.2	Nachhaltige Beschaffung	14	
D 3.1	Nachhaltige Kreislaufwirtschaft	13	
D 2.1	Energieaudit und Energiemanagement	5	
D 1.1	Erweiterung von Netzwerken für betrieblichen Erfahrungsaustausch	4	
D 2.2	Umstellung auf energieeffiziente LED-Beleuchtung	4	
D 2.5	Ausbau Energieberatungsangebote für (Handwerks-)Betriebe	3	
D 1.2	Weiterentwicklung des Umweltpreises der Landeshauptstadt Magdeburg	1	
D 2.4	Technische Möglichkeiten zur Eigenenergieerzeugung	1	
D 2.3	Initialberatung für energieeffiziente Anlagentechnik	0	

Handlungsfeld Alltag

Für die nachhaltige Wirkung aller Maßnahmen war es den Mitgliedern des Klimaschutzbeirates besonders wichtig, mit der Öffentlichkeitsarbeit dort anzufangen, wo das Thema über Jahrzehnte im Bewusstsein verankert werden kann. Für Maßnahmen im Bereich der Bildung in Schulen und Kindergärten wurden die meisten Punkte vergeben. Auch die Bürgerbeteiligungsangebote sowie die Förderung regionaler Produkte führen in diese Richtung, weil hier der Klima-

schutz erst seine Breitenwirkung durch die Einbindung aller Einwohner erreichen kann. Die übrigen Maßnahmen erhielten dementsprechend etwas weniger Punkte, da sie nicht ganz so breit orientiert waren. Dies spricht jedoch nicht gegen diese Maßnahmen, da sie eine stärker zielgruppenorientiert sind, so dass ihre Umsetzung leichter angegangen werden kann (Tabelle 28).

Tabelle 28 Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Alltag
Quelle: Darstellung IE Leipzig



Handlungsfeld Regionaler Klimaschutz

Der Masterplan-Prozess der Stadt Magdeburg hat auch für die Umlandkommunen eine Vorbildwirkung. Wenn er gelingt, profitiert davon auf vielfältige Weise auch das Umland. Dies kann als Ansporn für weitere Kommunen dienen. Deshalb wurde der Fokus nicht nur auf die Stadt gerichtet, auch die Region Magdeburg soll an der mit dem Prozess einhergehenden

positiven Ausstrahlung und Imageverbesserung teilhaben.

Bei den Themen der Fach-AG Regionaler Klimaschutz handelte es sich um übergreifende Fragestellungen, welche sich teilweise mit bereits in den anderen Fach-AGs behandelten Themen überschneiden. Deshalb wurde der Schwerpunkt auf Stadt-Umland-Beziehungen gelegt.

Die erarbeiteten Maßnahmen der Fach-AG Regionaler Klimaschutz sind den klassischen Energie- und THG-Sektoren (Gebäude, Wirtschaft, Verkehr, Energie) aus Kapitel 6 und 7 nicht eindeutig zuordenbar bzw. lassen sich deren Effekte oft nicht klar quantifizieren. Sie haben eher eine übergeordnete und verbindende Wirkung über den Bilanzraum der Landeshauptstadt Magdeburg hinaus.

Im Folgenden werden die erarbeiteten Maßnahmen der Fach-AG kurz vorgestellt (Tabelle 29).

Strategie 1: Einrichtung von Strukturen und Koordination gemeinsamer Maßnahmen

Primär steht im Mittelpunkt, perspektivisch Projektstrukturen zu entwickeln und am Leben zu erhalten. Das Finden von gemeinsamen Projekten kann dann im Rahmen von Gremien (z.B. interkommunaler Klimaschutzbeirat) erfolgen (mögliche Zusammensetzung ähnlich der Fach-AG Regionaler Klimaschutz).

Strategie 2: Realisierung gemeinsamer Leuchtturmprojekte

In der Zusammenarbeit mit Stadt und Region wurde als ein Arbeitsschwerpunkt die Initiierung von Leuchtturmprojekten gesehen. Diese Leuchtturmprojekte können ganz unterschiedliche Themen beinhalten. Anbieten würde sich eine Kooperation u.a. für das Thema nachhaltige Universität (Maßnahme F 2.2 Netzwerk Nachhaltige Hochschul- und Bildungslandschaft). Im Rahmen der Klimabildung sollte auch eine Zusammenarbeit zwischen Stadt und Region stattfinden und Projekte gemeinsam realisiert werden.

Ein weiteres Projekt könnte eine grüne Mobilitätskette sein (Verbesserung der Zubringersituation und der Mobilität innerhalb der Stadt). In Zukunft wäre z.B. der Einsatz von E-Kleinbussen in den ländlichen

Regionen denkbar (Maßnahme F 2.3 Klimafreundliche Mobilitätskette Stadt-Umland).

Strategie 3 Kooperation im Bereich Energie

Auch hierfür spielt der Ausbau der Stadt-Umland-Beziehungen eine wichtige Rolle. Relevante Themen sind die Verflechtungen hinsichtlich der Kreislaufwirtschaft (Maßnahme F 3.2 Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen) oder im Bereich Bioabfallnutzung und –vergärung bietet sich gemeinsame Projekte an.

Großes Aufholpotenzial besteht beim Thema Bürgerenergie. Unterstützend könnten sich die Kommunen an Bürgerenergieprojekten beteiligen und diese fördern (Maßnahme F 3.1 Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Energiegenossenschaften).

In der Fach-AG wurde auch über das Konfliktfeld Erneuerbare Energien (v.a. Windenergie) und die Belange des Naturschutzes diskutiert. Diese Fragestellungen sind so vielfältig, dass sie nicht allein im Masterplan-Prozess aufgearbeitet werden können. Derzeit werden diese Fragestellungen auch im aktuellen Entwurf des Regionalen Entwicklungsplans sowie im Landesentwicklungsplan berücksichtigt. Mit dem Konflikt zwischen Arten- bzw. Naturschutz und Erneuerbaren Energien beschäftigt sich ebenfalls das Umweltministerium, weshalb im vorliegenden Maßnahmenkatalog keine gesonderten Maßnahmen hierzu erarbeitet wurden.

Bei der Prioritätensetzung rückt der Klimaschutzbeirat die klimafreundlichen Mobilitätsketten zwischen Stadt und Umland sowie die nachhaltige Bildungslandschaft in den Fokus. Mit dieser ersten Prioritätensetzung wird deutlich, dass die Maßnahmen des Mobilitätssektors unzureichend bleiben, wenn der Stadt-

Umland-Verkehr nicht integriert wird, denn hier werden im Durchschnitt mehr Kilometer je Fahrt zurückgelegt als bei innerstädtischen Verkehren. Die zweite Prioritätensetzung unterstreicht die Bedeutung der breiten Bildung, die sich bereits bei der Prioritätensetzung

im Handlungsfeld „Alltag“ gezeigt hat. Dazu wurde auch der Wunsch betont, die regional vorhandenen Forschungseinrichtungen stark in die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen einzubinden

Tabelle 29 Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Regionaler Klimaschutz
Quelle: Darstellung IE Leipzig

F	Regionaler Klimaschutz
F 1	Strategie: Einrichtung von Strukturen und Koordination gemeinsamer Maßnahmen
F 1.1	Maßnahme: Entwicklung und Koordination von Projektstrukturen im regionalen Klimaschutz
F 1.2	Maßnahme: Umsetzung von Klimaschutzthemen in den Verwaltungen
F 2	Strategie: Realisierung gemeinsamer Leuchtturmprojekte
F 2.1	Maßnahme: Regionale Produktion und Vermarktung
F 2.2	Maßnahme: Netzwerk Nachhaltige Hochschul- und Bildungslandschaft
F 2.3	Maßnahme: Klimafreundliche Mobilitätskette Stadt-Umland
F 3	Strategie: Kooperationen im Bereich Energie
F 3.1	Maßnahme: Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Energiegenossenschaften
F 3.2	Maßnahme: Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen
F 3.3	Maßnahme: Kooperation von Stadt und Region mit der Wissenschaft bezüglich Speicher

Tabelle 30 Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Regionaler Klimaschutz
Quelle: Darstellung IE Leipzig

F 2.3	Klimafreundliche Mobilitätskette Stadt-Umland	12	
F 2.2	Netzwerk Nachhaltige Hochschule- und Bildungslandschaft	9	
F 2.1	Regionale Produktion und Vermarktung	6	
F 3.2	Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen	5	
F 3.3	Kooperation von Stadt und Region mit der Wissenschaft bezüglich Speicher	5	
F 3.1	Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Energiegenossenschaften	4	
F 1.2	Umsetzung von Klimaschutzthemen in den Verwaltungen	3	
F 1.1	Entwicklung und Koordination von Projektstrukturen im regionalen Klimaschutz	1	

Finanzierung der Maßnahmen

Zumindest kurzfristig ist Klimaschutz nicht kostenlos, mittel- und langfristig ergeben sich dagegen vielfach Einsparungen, bspw. durch vermiedene Energiekosten und geringere Folgekosten.

Die Kosten für die Umsetzung der Maßnahmenideen umfassen sowohl Personalkosten als auch Investitions- und Sachkosten. Die Kosten sind von verschiedenen Rahmenbedingungen (z. B. Laufzeit eines Netzwerkes, Anzahl teilnehmender Unternehmen, Umfang zu ersetzender technischer Anlagen) abhängig, die erst nach einer vertiefenden Untersuchung bzw. Umsetzungsplanung der Maßnahmenidee festgelegt werden können. In den Maßnahmenblättern ist aufgeführt, wodurch sich mögliche (Anschub-) Kosten ergeben können (bspw. personelle Betreuung, Aufbau Vertriebsstruktur, Kampagnen, Schulungen, Konzepterstellung). Eine Abschätzung der Gesamtkosten aller Maßnahmenideen ist erst im Laufe der Umsetzungsphase möglich.

Die Finanzierung der Maßnahmenideen kann grundsätzlich erfolgen durch

- Eigenfinanzierung,
- Fremdfinanzierung,
- Inanspruchnahme von Förderprogrammen sowie
- Förderung lokaler Klimaschutz- und Energiesparmaßnahmen durch die Kommune.

Zur Unterstützung der kommunalen Aktivitäten im Bereich des Klimaschutzes haben Bund und Länder eine Reihe von Förderprogrammen aufgelegt. Hier ist bei einer Vielzahl der Maßnahmenideen die aktuelle Programmlage zu prüfen, ob zur Umsetzung Förderungen durch Land oder Bund in Anspruch genommen werden können. Entsprechende Hinweise finden sich auch in den Maßnahmenblättern unter dem Punkt Finanzierungsansatz.

9.5 Ausgewählte Klimaschutzmaßnahme

Die Auswahl einer Klimaschutzmaßnahme, die zur Förderung vorgeschlagen wird, muss mehrere Kriterien erfüllen, insbesondere:

- Kurzfristiger Beginn möglich
- Investiver Charakter
- Investitionssumme in einer Größenordnung, für die eine Förderung von 200.000 Euro einen Unterschied darstellen, der die Umsetzungschance erhöht
- Innovativer Charakter
- Mindestens 70 % CO₂-Einsparung

Wie bereits in den Berechnungen zu den Szenarien aufzeigt, ist der Sektor Verkehr eines der wichtigsten Handlungsfelder. Der Verkehrssektor hat derzeit einen Anteil von 30 % an den Gesamtemissionen. Diese werden überwiegend durch den Einsatz von Mineralölprodukten (Ottokraftstoffe und Diesel) verursacht. In der historischen Betrachtung sind diese, bedingt durch einen zunehmenden motorisierten Individualverkehr sowie Güterverkehr, von etwa 0,33 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf ca. 0,37 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 angestiegen. Im Trendszenario wird eine Reduzierung um nur 19 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 erwartet.

Im Masterplanszenario wird eine Reduzierung der THG-Emissionen gegenüber 1990 um 86 % angestrebt. Diese ehrgeizigen Ziele sind neben der Steigerung der Effizienz der Verkehrsträger, Veränderungen der Verkehrsnachfrage sowie Modal Split im Wesentlichen auf die fortschreitende Substitution von Mineralölprodukten durch Strom und Erdgas zu erreichen.

Deshalb wird eine Klimaschutzmaßnahme aus dem Handlungsfeld Mobilität bzw. dem Sektor Verkehr ausgewählt.

Zur Auswahl stehen folgende Vorschläge, die aber noch weiteren Detailierungs- und Abstimmungsbedarf haben:

- Umstellung des kommunalen Fuhrparks:
 - (1) Stadtreinigung des Städtischen Abfallwirtschaftbetriebes mit Elektro-Kehrfahrzeugen bzw. Klein-Abfallfahrzeugen
 - (2) Lastenfahrräder für Botengänge
siehe Maßnahme C 3.2 Lastenverkehr
 - (3) CO₂-Kompensation von Dienstreisen
- Oder eine andere Maßnahme zur Förderung des Fahrradverkehrs.

Vorläufige Eignungsprüfung der Vorschläge:

- Bei (1), (2) & (3) ist ein kurzfristiger Beginn denkbar
- Ein investiver Charakter ist bei (1) und (2) vorhanden
- Hohe Investitionssumme ist auch bei (1) und (2) vorhanden, (3) ist bisher nicht als konkrete investive Maßnahme definiert worden
- Einen innovativen Charakter hat (1), teilweise auch (2), eher nicht bei (3)
- 70 % CO₂-Einsparung müssten bei (1) unter Berücksichtigung von Ökostrom erreichbar sein, bei (2) definitiv da fossile Brennstoffe ersetzt werden

Ergebnis: Derzeit erscheint Vorschlag (1) als geeignete ausgewählte Klimaschutzmaßnahme.

9.6 Controlling

Das Controlling im Rahmen des Masterplans dient als Planungs-, Koordinierungs- und Steuerungsinstrument für den Umsetzungsprozess. Es umfasst die Überprüfung und ggf. Anpassung der Einzelmaßnahmen (Maßnahmencontrolling), die Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanz, die Aktualisierung der

Szenarien sowie die Dokumentation und Veröffentlichung der Ergebnisse. Um das Controlling erfolgreich zu verankern, müssen entsprechende Verantwortlichkeiten festgelegt werden. Die Einführung und Betreuung des Controllings gehört zu den Aufgaben des Klimaschutzmanagements.

Ausgangslage

Die Landeshauptstadt Magdeburg ist seit 1993 Mitglied im **Klima-Bündnis**, womit eine Selbstverpflichtung zur kontinuierlichen Senkung des CO₂-Ausstoßes verbunden ist. Im Jahre 2010 setzte sie sich das Ziel, bis zum Jahr 2050 die CO_{2äq}-Emissionen auf 3,2 t pro Einwohner und Jahr zu reduzieren. Um den städtischen Klimaschutz weiter voranzutreiben, wurden darüber hinaus u. a. folgende Maßnahmen ergriffen

- Energie- und klimapolitisches Leitbild
- Magdeburg EnergieEffiziente Stadt – Modellstadt für erneuerbare Energien (MD-E⁴) (2006)
- Einführung kommunales Energie- und Klimaschutzmanagement (2010)
- Magdeburger Klimaallianz (2012)
- **Energie- und Klimaschutzprogramm 2013 – 2015** (EKP) (2013)

Mit dem vorliegenden „**Masterplan 100 % Klimaschutz**“ wird an die vorhandenen Klimaschutzaktivitäten der Landeshauptstadt Magdeburg angeknüpft.

Um die Umsetzung der Klimaschutzziele zu überprüfen, ist regelmäßig eine Energie- und THG-Bilanz zu erstellen. Die 2009 erstmals erstellte Bilanzierung des Energieverbrauchs und der resultierenden CO₂-Emissionen wurde 2014/15 fortgeschrieben [Landeshauptstadt Magdeburg 2015], so dass für das Stadtgebiet Magdeburg eine **Energie- und CO₂-Bilanz** für die Bilanzjahre **1990 bis 2012** im Online-Tool Eco-Region vorlagen. Diese Daten wurden in das neue Bilanzierungstool Klimaschutzplaner exportiert und die Daten bis 2014 aktualisiert.

Maßnahmencontrolling

Um die Überführung des Masterplans aus der Planungsphase in die praktische Umsetzung bewerten zu können, ist der Fortschritt des Prozesses sowie einzelner Maßnahmen kontinuierlich zu messen bzw. zu evaluieren. Treten Abweichungen auf, können Steuerungsmaßnahmen ergriffen und ggf. neue Ziele ge-

setzt werden. Der Fokus des Maßnahmencontrollings liegt zunächst auf Maßnahmen, die im Einflussbereich der Stadt Magdeburg liegen. Ein weiterer Schritt ist dann die Abfrage des Umsetzungsstandes der Klimaschutzmaßnahmen, bspw. im Rahmen von regelmäßig stattfindenden Netzwerktreffen.

Die Bewertung des Umsetzungsstandes der Maßnahmen verläuft auf zwei Ebenen:

Qualitativ

- Überwachung der in den Maßnahmenblättern beschriebenen Handlungsschritte
- Nutzung einer Ampelfunktion, die über den Erfüllungsstand einzelner Maßnahmen informiert (grün = Maßnahmenverlauf nach Plan, gelb = Maßnahmenverlauf bereitet kleinere Probleme, rot = Maßnahmenverlauf gefährdet)

Quantitativ

- Ermittlung der in den Maßnahmenblättern beschriebenen Kennwerte/Indikatoren:
 - für „harte“ Maßnahmen z. B. spezifischer Wärmeenergieverbrauch der Haushalte pro m² Wohnfläche und Jahr, Pkw-Dichte pro Einwohner und Jahr;
 - für „weiche“ Maßnahmen z. B. Teilnehmer pro Veranstaltung, Beratungen pro Jahr, ausgelöste Investitionen etc. wenn möglich, Abschätzung der mit der Umsetzung verbundenen, theoretischen CO₂-Einsparungen.

Energie und THG-Bilanz

Die vorhandene Energie- und THG-Bilanz wird regelmäßig alle zwei Jahre mit dem Bilanzierungstool Klimaschutzplaner fortgeschrieben. Zentrale Indikatoren im Rahmen der Bilanzerstellung sind die Erfassung der CO₂-Emissionen, der Anteil der erneuerbaren Energien an Strom und Wärme, der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an Strom und Wärme sowie die Endenergieverbräuche für die einzelnen Sektoren.

Anhand der Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanzen können die Fortschritte sowohl im Hinblick auf das Gesamtziel des Masterplans als auch auf die zuvor definierten Teilziele überprüft werden.

Die Bilanzdaten sind darüber hinaus eine wesentliche Voraussetzung für die Darstellung von Klimaschutzindikatoren (z. B. CO₂-Emissionen je Einwohner). Hierzu steht im Rahmen des Benchmarks Kommunaler Klimaschutz¹⁰ ein Set von Indikatoren zur Verfügung. Anhand der Indikatoren werden die Ergebnisse der Bilanz ins Verhältnis zu kommunalen Strukturdaten gesetzt und sind somit besser interpretierbar sowie für den Vergleich mit anderen Kommunen nutzbar. Aktualisierung der Szenarien

Rahmenbedingungen und Annahmen, die den Szenarien zugrunde liegen, können sich für den Prognosezeitraum bis zum Jahr 2050 ändern. Daher sollten die Daten des Trend- und Masterplanszenarios in regelmäßigen Abständen angepasst und fortgeschrieben werden.

¹⁰ www.benchmark-kommunaler-klimaschutz.de

Dokumentation und Veröffentlichung

Die Ergebnisse des Controllings werden den politischen Gremien und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Für die Folgejahre wird es ganz wesentlich sein, Erfolge öffentlich darzustellen, Hindernisse bei der Umsetzung offen zu benennen und zunehmend mehr Akteure in die Umsetzung einzubeziehen (siehe auch Kapitel 9.1 und 9.2).

Die Stadtverwaltung Magdeburg informiert alle zwei Jahre über den Umsetzungsstand des Maßnahmenkatalogs. Hierzu gehören insbesondere die Maßnahmen, bei denen die Stadt Initiator ist.

Zudem kann ein ein umfassender **Klimaschutzbericht** sinnvoll sein. Dieser ist charakterisiert durch eine historische und prozessorientierte Perspektive. Hier wird der Status Quo bewertet und ein Ausblick gegeben. Dieser umfasst die quantitativen Indikatoren der Energie- und CO₂-Bilanz, das quantitative und qualitative Controlling der Einzelmaßnahmen und stellt die Prozesse, Akteure und Aktivitäten vor.

Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis	131
Abbildungsverzeichnis	132
Tabellenverzeichnis	135

Abkürzungsverzeichnis

IST	Realer Verbrauch ohne Temperaturkorrektur
Tber	temperaturbereinigter Verbrauch
PEV	Primärenergieverbrauch
EEV	Endenergieverbrauch
VG	Verarbeitendes Gewerbe
GHD	Sektor Gewerbe Handel und Dienstleistung und übrige Verbraucher
HH	Haushalte
Ew	Einwohner
B	Beschäftigte
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BWS	Bruttowertschöpfung
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GV	Güterverkehr
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MHKW	Müllheizkraftwerk
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MVB	Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH & Co. KG
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Personenverkehr
SrV	System repräsentativer Verkehrsbefragungen
THG	Treibhausgas
TU	Technische Universität
VEP	Verkehrsentwicklungsplan

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Organisations- und Beteiligungsstruktur	2
Abbildung 2	Arbeitsprozess in den Fach-Arbeitsgruppen Quelle: Darstellung 4K	3
Abbildung 3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario bis zum Jahr 2050 nach Sektoren	4
Abbildung 4	Otto-Stadt Slogan für den Bereich Klimaschutz	12
Abbildung 5	Organisations- und Beteiligungsstruktur	19
Abbildung 6	2. Workshop der Fach-AG Mobilität am 05.04.2017	20
Abbildung 7	1. Workshop der Fach-AG Klimaverträglicher Alltag am 01.12.2016	20
Abbildung 8	Akteure im Beteiligungsprozess	20
Abbildung 9	Arbeitsprozess in den Workshops	21
Abbildung 10	1. Workshop der AG Klimaverträglicher Alltag vom 01.12.2016	22
Abbildung 11	Auftaktveranstaltung 13.11.2016	23
Abbildung 12	Ergebnisse der Gruppendiskussion bei der Auftaktveranstaltung am 13.11.2016	23
Abbildung 13	Einwohnerdichte (Einwohner mit Hauptwohnsitz je 100 m ²)	27
Abbildung 14	Altersstruktur Magdeburger Hauptwohnsitzbevölkerung	28
Abbildung 15	Historie und Projektion der Einwohnerentwicklung in der Stadt Magdeburg	29
Abbildung 16	Haushaltsangaben der Stadt Magdeburg	30
Abbildung 17	Entwicklung der Wohnflächen in der Stadt Magdeburg	30
Abbildung 18	Historie und Projektion des Bruttoinlandsprodukt (real)	31
Abbildung 19	Index zu den sozioökonomischen Rahmenbedingungen im Überblick (2014 = 100)	33
Abbildung 20	Endenergieverbrauch (Tber) der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude – Historie und Trendszenario	41
Abbildung 21	Endenergieverbrauch (Tber) der Sektoren Haushalte und kommunale Gebäude – Historie und Masterplanszenario	46
Abbildung 22	Endenergieverbrauch (Tber) Wirtschaft – Historie und Trendszenario	50
Abbildung 23	Endenergieverbrauch (Tber) Wirtschaft – Historie und Masterplanszenario	54
Abbildung 24	Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und Trendszenario	57
Abbildung 25	Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und Masterplanszenario	61

Abbildung 26	Endenergieverbrauch (Tber) nach Sektoren – Historie und Masterplanszenario	64
Abbildung 27	Endenergieverbrauch (Tber) nach Energieträger – Historie und Masterplanszenario	64
Abbildung 28	Stromnetzgebiet der Netze Magdeburg GmbH	65
Abbildung 29	Solarpark Magdeburg in Cracau	66
Abbildung 30	Gasversorgungsgebiet der SWM	67
Abbildung 31	Gasversorgung Magdeburg	68
Abbildung 32	Fernwärmegebiet	69
Abbildung 33	Anlagenschema MHKW-Rothensee	70
Abbildung 34	Biomasseheizkraftwerk der BioPellet Magdeburg GmbH & Co. KG	71
Abbildung 35	PV-Dachflächenanlage auf UPS Depot	73
Abbildung 36	Standorte Solarenergie Magdeburg	74
Abbildung 37	Potenzial Photovoltaik-Freiflächen der Stadt Magdeburg	76
Abbildung 38	Überblick über die Windenergienutzung in Magdeburg	79
Abbildung 39	Überblick über die Windenergienutzung in Magdeburg und Umland	80
Abbildung 40	Geothermiestandorte und Entzugsleistung in Magdeburg	81
Abbildung 41	Stromerzeugung nach Erzeugungsanlagen und Energieträgern gemäß Trendszenario	86
Abbildung 42	Stromerzeugung nach Energieträgern gemäß Masterplanszenario	86
Abbildung 43	Fernwärmeerzeugung nach Heiz-/Heizkraftwerken gemäß Trendszenario	87
Abbildung 44	Fernwärmeerzeugung nach Heiz-/Heizkraftwerken gemäß Masterplanszenario	88
Abbildung 45	Einspeiseleistung der Photovoltaik- und Windenergieanlagen im Stadtgebiet Magdeburg	92
Abbildung 46	Lastgang des Haushalts- sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektor	92
Abbildung 47	Temperaturabhängiger Verlauf der Wärmepumpenlast	93
Abbildung 48	Lastgang der Elektromobilität	93
Abbildung 49	Durch das verarbeitende Gewerbe geprägtes Restlastprofil	94
Abbildung 50	Verlauf der Residuallast	95
Abbildung 51	Häufigkeitsverteilung der Residuallasten	95
Abbildung 52	Häufigkeitsverteilung der Residuallast mit Speicheroptionen	96

Abbildung 53	Erzeugungsanlagen und Umspannwerke in Magdeburg	98
Abbildung 54	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario bis zum Jahr 2050 nach Energieträgern	100
Abbildung 55	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario bis zum Jahr 2050 nach Sektoren	101
Abbildung 56	Planungsschritte einer zielgerichteten Kommunikation	106
Abbildung 57	Überblick Kommunikationswege	109
Abbildung 58	Zuordnung der Sektoren zu Handlungsfelder und deren Fach-Arbeitsgruppen (AG)	115
Abbildung 59	Deckblatt Maßnahmenkatalog zum „Masterplan 100 % Klimaschutz“ der Landeshauptstadt Magdeburg	116
Abbildung 60	Übersicht Handlungsfeld „Gebäude“ mit Strategien und Maßnahmen	116
Abbildung 61	Auszug Maßnahmenblatt B 2.1	117
Abbildung 62	Zeitraum der Einführung der Maßnahmen des Handlungsfeldes Energie	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Zuordnung der Sektoren zu Handlungsfelder und deren Fach-Arbeitsgruppen (AG)	5
Tabelle 2	Workshops in den Fach-Arbeitsgruppen	21
Tabelle 3	Historie und Projektion der Entwicklung der Erwerbstätigen	32
Tabelle 4	Bandbreiten für Strom – THG-Emissionsfaktoren (Bundesmix	34
Tabelle 5	Entwicklung der THG-Emissionsfaktoren für Erdgas und Heizöl	35
Tabelle 6	Wirkungsgrade für PtX-Energieträger	35
Tabelle 7	Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Stadtplanung und Gebäude	42
Tabelle 8	Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Klimaverträglicher Alltag	45
Tabelle 9	Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Wirtschaft	53
Tabelle 10	Modal Split in Magdeburg 2013	56
Tabelle 11	Indikatoren Sektor Verkehr - Historie und Trendszenario	57
Tabelle 12	Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Mobilität	59
Tabelle 13	Indikatoren des Verkehrs, Masterplanszenario	60
Tabelle 14	Entwicklung der Endenergieverbrauchsminderung im Trendszenario	62
Tabelle 15	Entwicklung der Endenergieverbrauchsminderung im Masterplanszenario	63
Tabelle 16	Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Energiesysteme und Stromnutzung	72
Tabelle 17	Entwicklung der absoluten und spezifischen Treibhausgasemissionen im Masterplanszenario	100
Tabelle 18	Entwicklung der Treibhausgasminderung im Masterplanszenario nach verschiedenen Zeiträumen	102
Tabelle 19	Entwicklung der Treibhausgasminderung im Trendszenario nach verschiedenen Zeiträumen Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig	103
Tabelle 20	Kommunikationsrelevante und öffentlichkeitswirksame Maßnahmen	107
Tabelle 21	Zusammenhang zwischen Motivation und Maßnahmen	109
Tabelle 22	Übersicht Strategien und Maßnahmen je Handlungsfeld	116
Tabelle 23	Übersicht zum Zeitraum der Einführung der Maßnahmen je Handlungsfeld	117
Tabelle 24	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Energiesysteme und Stromnutzung	119
Tabelle 25	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Stadtplanung und Gebäude	120
Tabelle 26	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Mobilität	121

Tabelle 27	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Wirtschaft	121
Tabelle 28	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Alltag	122
Tabelle 29	Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Regionaler Klimaschutz	124
Tabelle 30	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld Regionaler Klimaschutz	124

10 Literaturverzeichnis

- [50Hertz 2015] EEG-Anlagenstammdaten; Auswertung für das Netzgebiet der Stadt Magdeburg;
- [AGM 2017] <https://www.agm-magdeburg.de/abwasserentsorgung-magdeburg/klaer>;
- [Agora 2017] Wärmewende 2030;
- [Bänecke 2016] Henning Bänecke Prototypenbau und Weiterentwicklung des River Rider;
- [BNA 2017] Standardlastprofile;
- BNetzA 2017a EEG-Anlagenregister;
- BNetzA 2017b Standardlastprofile;
- [BVG 2017] Oberflächennahe Geothermie. Hg. v. Bundesverband Geothermie; Online verfügbar unter <http://www.geothermie.de>.
- [DWD 2014] Windkarten zur mittleren Windgeschwindigkeit. Hg. v. Deutscher Wetterdienst; Online verfügbar unter <http://www.dwd.de>.
- [DWD 2017] Globalstrahlungskarten, Mittlere Monats- und Jahressummen. Hg. v. Deutscher Wetterdienst; Online verfügbar unter <http://www.dwd.de>.
- [DWG 2017] Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland; 2016. Unter Mitarbeit von Deutsche WindGuard GmbH; Online verfügbar unter <http://www.windguard.de>.
- [EA 2017] Gebäudeintegrierte Windkraftanlagen. Hg. v. EnergieArchitektur; Online verfügbar unter http://www.ea-energiearchitektur.de/download/Windhaus_Posters.pdf.
- [Fach-AG Energiesysteme und Stromnutzung] Ergebnisprotokoll des 1. Workshop Treffen am 15.11.2016; Masterplan-Prozess;
- [FHNH 2015] Kurzgutachten zur Untersuchung "Windenergieausbau in Thüringen"; im Auftrag des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz;
- [Fluss-Strom 2017] Fluss-Strom-Wasserkraft; Netzwerk Technologiekompetenz Fluss-Strom; Online verfügbar unter <http://flussstrom.exfa.de/>.
- [GeotIS 2017] Geothermisches Informationssystem für Deutschland; Online verfügbar unter <https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php>.
- [GETEC 2016] <http://www.getec-heat-power.de/de/referenzen/regenerative-loesu>; Biomasseheizkraftwerk - Strom- und Wärmeversorgung für BioPellet, Magdeburg;
- [Google Earth 2017] Version number: 7.1.8.3036, from 1/17/2017, Server: kh.google.com;
- [IE Leipzig 2017] Potenziale zur Reduktion des Endenergieverbrauchs in Sachsen-Anhalt; Endbericht; Hrsg. Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH;
- [ifeu 2014] Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland; Im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz-Planer - Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“; Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH;
- [ifeu 2016] BSKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal; Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland Kurzfassung; Im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“; Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH;
- [ifeu 2017a] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH Kurzinformation Potenziale / Szenarien für MPK - Kommunen; (Emissionsfaktoren und Verkehr); Heidelberg;

-
- [ifeu 2017b] Kurzinformation Potenziale / Szenarien für MPK-Kommunen (Emissionsfaktoren und Verkehr); Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH;
- [IWES 2014] Wind Monitor; Volllaststunden. Fraunhofer IWES; Online verfügbar unter <http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de>
- [Krause 2016] Umsetzung der Fluss-Strom Forschung in der Praxis; Demonstrationsvorhaben aus dem Wachstumskern;
- [Landeshaupt Magdeburg 2016] Energis; Energie-GeoInformationSystems für die „Energieeffiziente Stadt Magdeburg“ –MDE4; Magdeburg: Energieeffiziente Stadt –;
- [Landeshauptstadt Magdeburg 1993] Strukturplan; Grundlagen zur Flächennutzungsplanung der Landeshauptstadt Magdeburg; Stadtplanungsamt Magdeburg;
- [Landeshauptstadt Magdeburg 2013a] Energie- und Klimaschutzprogramm 2013-2015 der Landeshauptstadt Magdeburg; Umweltamt Magdeburg;
- [Landeshauptstadt Magdeburg 2013b] Integriertes Stadtentwicklungskonzept der Landeshauptstadt Magdeburg; Magdeburg 2025; Gesamtstadt; Stadtplanungsamt Magdeburg;
- [Landeshauptstadt Magdeburg 2015] Energie- und CO2-Bilanzierung der Landeshauptstadt Magdeburg; Bundesministerium für Bildung und Forschung „Verbundvorhaben ENEFF Stadt Magdeburg II: Umsetzung des Konzeptes „Magdeburg EnergieEffiziente Stadt – Modellstadt für Erneuerbare Energie (MD-E4)“ im Rahmen des Wettbewerbs Energieeffiziente Stadt“ Förderkennzeichen 03SF0407A; Umweltamt Magdeburg;
- [Landeshauptstadt Magdeburg 2016a] Bevölkerung & Demographie; Magdeburger Statistik; Amt für Statistik Magdeburg. In: *Magdeburger Statistische Blätter* (94).
- [Landeshauptstadt Magdeburg 2016b] Landeshauptstadt Magdeburg - Änderungsantrag; Stellungnahme der Landeshauptstadt Magdeburg zum 1. Entwurf des Regionalen Entwicklungsplanes für die Planungsregion Magdeburg mit Umweltbericht;
- [Landeshauptstadt Magdeburg 2016c] Stellungnahme der Landeshauptstadt Magdeburg zum 1. Entwurf des Regionalen Entwicklungsplanes für die Planungsregion Magdeburg 2016;
- [Magdeburger Verkehrsbetriebe 2017] Energieverbrauchsdaten der MVB - bisher und perspektivisch; Persönliche Mitteilung vom 29.03.2017; Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH;
- [MHKW 2016] Website; Müllheizkraftwerk Rothensee GmbH;
- [MHKW-R 2016] Website;
- [NETZE Magdeburg 2016] Monatsmeldungen EEG-Daten; Netze Magdeburg GmbH;
- [NETZE Magdeburg 2017] EEG-Daten; Online verfügbar unter <http://www.netze-magdeburg.de/eeg-daten/>
- Öko-Institut 2016 Erstellung generischer EE-Strom-Einspeisezeitreihen mit unterschiedlichem Grad an fluktuierendem Stromangebot; Ergebnisse von Arbeitspaket 3 im Projekt „Einbindung des Wärme- und Kältesektors in das Strommarktmodell PowerFlex zur Analyse sektorübergreifender Effekte auf Klimaschutzziele und EE-Integration“;
- [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015] Klimaschutzszenario 2050; 2. Endbericht; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für;
- [Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES 2016] Überblick über vorliegende Szenarienarbeiten für den Klimaschutz in Deutschland bis 2050; Arbeitspaket 1.1 im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums

für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Wissenschaftliche Unterstützung „Erstellung und Begleitung des Klimaschutzplans 2050“ für das FKZ UM 15 41 1860; Überarbeitete Fassung;

[photovoltaik 2017] Keinen Kotau vor der Politik; Online verfügbar unter <https://www.photovoltaik.eu>

[RPM 2016a] Regionaler Entwicklungsplan für die Planungsregion Magdeburg - 1. Entwurf; Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg RPM;

[RPM 2016b] Regionaler Entwicklungsplan für die Planungsregion Magdeburg - 1. Entwurf; Anlage 2; Anhang 2 Suchräume; Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg RPM;

RWI 2016 Erstellung der Anwendungsbilanzen 2014 bis 2015 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland; Projektbericht; Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie;

[Schädlich] EnergieAtlas - Magdeburg; Entwicklung eines Energie-Geoinformationssystems (EnerGIS); MD-E4: Magdeburg Energieeffiziente Stadt - Modellstadt für Erneuerbare Energien; Hochschule Magdeburg - Stendal;

[Seeger 2015] <http://www.seeger-engineering.eu/de/aktuelles/492-richtfest-des;>

[SIBAU 2016] SIBAU Genthin GmbH & Co. KG Vom River Rider zum Fluss-Strom Flottillenkraftwerk; Magdeburg;

[Solaratlas 2016] Auswertung für die Stadt Magdeburg; SOLARATLAS - Der Vertriebsatlas für die Solarbranche;

[SolarGIS 2017] Geomodel Solar: PVPlanner; Online verfügbar unter <http://solargis.com/>

[SWM 2017a] Beteiligungen der Stadtwerke Magdeburg; Online verfügbar unter <https://www.sw-magdeburg.de/unternehmen/ueber-uns/beteiligungen.html>

[SWM 2017b] Energieträgermix und EEG-Daten; Zusammensetzung des Stromes der SWM Magdeburg; Online verfügbar unter <https://www.sw-magdeburg.de/privatkunden/produkte-preise/strom/infos-zur-stromherkunft/stromherkunft.html>

SWM 2017c Netzlastgang 2016;

[SWM 2017d] Rückmeldungen Fach-AG Alltag - 2. Workshop; E-Mail vom 30.05.2017; SWM Magdeburg - Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG;

[TU Dresden 2009] SrV 1982 - 2008: Entwicklung des durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommens in der Landeshauptstadt Magdeburg;

[TU Dresden 2015 (aktualisierte Version vom 2016)] Sonderauswertung zu Mobilität in Städten – SrV 2013: Städtevergleich. In: *Mobilität in SrV*.

[VSB 2012a] <http://www.vsb.energy/de/referenzen/detail/show/Reference/solar;>

[VSB 2012b] Referenzprojekt Magdeburg; Online verfügbar unter <https://www.vsb.energy/com/de/referenzen/detail/show/Reference/magdeburg/>

[Westnetz 2017] Standardlastprofil Wärmepumpen; Online verfügbar unter <http://www.westnetz.de/web/cms/de/1625922/westnetz/netz-strom/netznutzung/lastprofile/>, letzter Zugriff am 2017.

Wuppertal Institut 2015 RESTORE2050 Europäischer Lastgang 2050; PROJEKTBERICHT zum Arbeitspaket 4 Regenerative Stromversorgung und Speicherbedarf in 2050; Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ 03SF0439B). Unter Mitarbeit von Sascha Eckstein, Mathis

Buddeke, Frank Merten. Hg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Energiespeicher - Forschungsinitiative der Bundesregierung).

[Wuppertaler Institut, D. L.R. 2016] Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung; Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz;

Anhang

A 1 Mitglieder Klimaschutzbeirat

- Gesellschaft für Wirtschaftsservice Magdeburg mbH
- Haus & Grund Sachsen-Anhalt e.V.
- Hochschule Magdeburg-Stendal
- IFAK Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg
- Industrie- und Handelskammer Magdeburg
- Lothar-Kreyssig – Ökumene-Zentrum der Evangelischen Kirche in Mitteldeutschland
- Magdeburg Marketing Kongress und Tourismus GmbH
- Magdeburger Regionalverkehrsverbund GmbH – marego
- Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH und Co. KG
- Naturschutzbund Deutschland Landesverband Sachsen-Anhalt e.V.
- ÖSA Versicherungen
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Rothenseer Rotorblattfertigung GmbH
- Stadtplanungsamt
- Fraktionen im Stadtrat

Akteure des Beteiligungsprozesses

Wirtschaft

- Architekturbüro AW GmbH
- DACHSER SE
- Gesellschaft für Wirtschaftsservice Magdeburg mbH (GWM)
- GETEC green energy AG
- GETEC heat & power AG
- GETEC Wärme & Effizienz AG
- IKEA Deutschland GmbH & Co. KG
- Klinikum Magdeburg gGmbH
- Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt GmbH (LENA)
- Messe- und Veranstaltungsgesellschaft Magdeburg GmbH (MVGGM)
- Magdeburger Regionalverkehrsverbund GmbH – marego
- Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH & Co. KG
- Mobility Center GmbH
- MWG-Wohnungsgenossenschaft eG Magdeburg
- Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH (NASA)
- Öffentliche Versicherungen Sachsen-Anhalt AdöR (ÖSA)
- Regionale Planungsgemeinschaft Magdeburg KdöR
- Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG (SWM)
- Strohhallenhaus Magdeburg/ Brennesselgarten
- TAL Energy UG
- tti Technologietransfer und Innovationsförderung Magdeburg GmbH
- WohnBund-Beratung Dessau, Neustadt Aktiv//Büro
- Wohnungsbaugenossenschaft Magdeburg-Stadtfeld eG
- Wohnungsbaugenossenschaft Otto-von-Guericke eG
- Wohnungsbaugesellschaft Magdeburg mbH

Hochschulen und wissenschaftliche Einrichtungen

- Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (Fraunhofer IFF)
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
- Hochschule Magdeburg-Stendal
- Institut für Automation und Kommunikation e.V. (ifak)
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Städtische Volkshochschule Magdeburg

Kammern/Verbände/Vereine/Initiativen

- ADAC Niedersachsen/Sachsen-Anhalt e.V.
- Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e.V. (ADFC), Landesverband Sachsen-Anhalt
- Bistum Magdeburg
- Caritas für das Bistum Magdeburg e.V.
- Greenpeace e.V., Gruppe Magdeburg
- Handwerkskammer Magdeburg
- Haus & Grund Magdeburg e.V.
- Industrie- und Handelskammer (IHK) Magdeburg
- Kreishandwerkerschaft Elbe-Börde
- Landesverband Erneuerbare Energien Sachsen-Anhalt e.V.
- MMB Magdeburger Maschinenbau e.V.
- Netzwerk Zukunft Sachsen-Anhalt e.V.
- Verbraucherzentrale Sachsen-Anhalt e.V.

Stadt-/Landesverwaltung

- Gemeinde Barleben
- Gemeinde Sülzetal
- Landeshauptstadt Magdeburg, Stadtverwaltung
- Landkreis Börde, Fachdienst Umwelt und Natur
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie Sachsen-Anhalt
- Stadt Barby
- Stadt Burg
- Stadt Gommern
- Stadt Wolmirstedt

Politik

- Landeshauptstadt Magdeburg, Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen
- Landeshauptstadt Magdeburg, Fraktion CDU/FDP/Bund für Magdeburg
- Landeshauptstadt Magdeburg, Fraktion DIE LINKE/future!
- Landeshauptstadt Magdeburg, Fraktion LINKS für Magdeburg
- Landeshauptstadt Magdeburg, Fraktion Magdeburger Gartenpartei
- Landeshauptstadt Magdeburg, SPD-Stadtratsfraktion