

ENDBERICHT

„Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Mainz



Landeshauptstadt
Mainz



Auftraggeber:

Landeshauptstadt Mainz | Grün- und Umweltamt

Hannover/Leipzig, 02.08.2017

Impressum

Auftraggeber

Landeshauptstadt Mainz
Jockel-Fuchs-Platz 1
55116 Mainz

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



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

Bearbeitung

Annerose Hörter (Projektleitung)
Julia Brandt
Andrea Graf
Johannes Trunzer

Ilka Erfurt (Projektleitung)
Johannes Gansler
Matthias Reichmuth
Anne Scheuermann
Christoph Voigtländer

Laufzeit

August 2016 bis August 2017

Datum

Hannover/Leipzig, 02.08.2017

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Steckbrief

Landeshauptstadt Mainz - Masterplan 100 % Klimaschutz

Mainz wird klimaneutral.



Projektinformationen

Förderkennzeichen	03KP0019	
Titel des Vorhabens	KSI: Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz (MPK2016)	
Zuwendungsempfänger	Landeshauptstadt Mainz	
Bundesland	Rheinland-Pfalz	
Einwohnerzahl	209.779 (Stand 31.12.2015)	
Fläche	97,74 km ²	
Postadresse	Straße	Jockel-Fuchs-Platz 1
	PLZ Ort	55116 Mainz
Projektleiter/In	Name	Bernd Winkler
	Telefon	+496131 12-2285
	Email	Bernd.Winkler@stadt.mainz.de
Masterplanmanager/In	Name	Tatiana Herda Muñoz
	Telefon	+496131 12-2993
	Email	Tatiana.HerdaMunoz@stadt.mainz.de
	Name	Dirk Lorig
	Telefon	+496131 12-3163
	Email	Dirk.Lorig@stadt.mainz.de
Webauftritt	www.mainz.de/klimaneutral	
Projektlaufzeit	01.07.2016 bis 30.06.2020	48 Monate

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	11
2 Ausgangslage	13
3 Beteiligungsprozess	15
3.1 Projektstruktur	15
3.2 Expertinnen und Experten	17
3.3 Bürgerinnen und Bürger	19
3.4 Gremien	22
4 Rahmenbedingungen und Annahmen	25
4.1 Bilanzierungsmethodik	25
4.2 Definition der Szenarien	28
4.3 Rahmenbedingungen	30
4.3.1 Demographie und Wohnen	30
4.3.2 Wirtschaft	34
5 Energieerzeugung und -versorgung bis 2050	38
5.1 Ausgangslage	38
5.1.1 Stromversorgung	38
5.1.2 Gasversorgung	39
5.1.3 Wärmeversorgung	40
5.2 Strategien und Maßnahmenideen	44
5.2.1 Solarthermie / Photovoltaik	45
5.2.2 Windenergie	49
5.2.3 Geothermie	52
5.2.4 Wasserkraft	56
5.2.5 Biomasse / Biogas	56
5.2.6 Dezentrale Wärmenetze, Abwärme- und Abwasserwärmenutzung	58
5.3 MASTERPLAN-Szenario	60
5.3.1 Strom	61
5.3.2 Fernwärme	65

5.4 Versorgungskonzepte	68
5.4.1 Stromversorgung	68
5.4.2 Synthetische Gase	75
5.4.3 Wärmeversorgung	76
5.5 Fazit	77
6 Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2050	80
6.1 Industrie	80
6.1.1 Ausgangslage und TREND-Szenario	81
6.1.2 Strategien und Maßnahmenideen	84
6.1.3 MASTERPLAN-Szenario	86
6.1.4 Fazit	87
6.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)	87
6.2.1 Ausgangslage und TREND-Szenario	88
6.2.2 Strategien und Maßnahmenideen	89
6.2.3 MASTERPLAN-Szenario	90
6.2.4 Fazit	91
6.3 Haushalte und Kommune	92
6.3.1 Ausgangslage und TREND-Szenario	92
6.3.2 Strategien und Maßnahmenideen	94
6.3.3 MASTERPLAN-Szenario	96
6.3.4 Fazit	97
6.4 Verkehr	97
6.4.1 Ausgangslage und TREND-Szenario	97
6.4.2 Strategien und Maßnahmenideen	99
6.4.3 MASTERPLAN-Szenario	101
6.4.4 Fazit	102
6.5 Klimaverträglicher Alltag	103
6.6 Zusammenfassung und Folgerungen für die Energieversorgung	104
7 Entwicklung der Emissionen bis 2050	107
7.1 Treibhausgasemissionen	107
7.2 Sektorale Zielsetzung	108

8 Umsetzung	111
8.1 Kommunikationsstrategie	112
8.2 Zivilgesellschaftlicher Prozess	119
8.3 Verstetigung von Arbeitsstrukturen	122
8.4 Maßnahmenkatalog	123
8.5 Ausgewählte Klimaschutzmaßnahme	128
8.6 Controlling	130
9 Fazit	133
Verzeichnisse	136
Abkürzungsverzeichnis	137
Abbildungsverzeichnis	139
Tabellenverzeichnis	143
10 Literaturverzeichnis	144

Zusammenfassung

Die Stadt Mainz sieht sich in der Verantwortung, einen Beitrag gegen den Klimawandel zu leisten und setzt seit über 20 Jahren Maßnahmen zur Begrenzung und Anpassung an den Klimawandel um. Die Ergebnisse wurden im Laufe der Jahre systematisch zu integrierten Klimaschutzkonzepten weiterentwickelt und zahlreiche Projekte erfolgreich umgesetzt. Eine zukunftsfähige Fortschreibung der Mainzer Klimaschutzpolitik erfolgt nun mit der Beteiligung am Förderprogramm „Masterplan 100 % Klimaschutz“ des Bundesumweltministeriums.

Mainz schließt sich damit gemeinsam mit 21 weiteren Kommunen der ambitionierten Klimaschutzpolitik der Bundesregierung an:

Im September 2015 hat sich der Stadtrat Mainz 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 Dauer des Förderprojektes beträgt vier Jahre, von Juli 2016 bis Juni 2020. Im ersten Projektjahr wird 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.

Organisation und Beteiligung

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

Einer der ersten Schritte war die Schaffung einer geeigneten Organisations- und Beteiligungsstruktur für das Projekt „Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz“. Diese definierte neben der thematischen Gliederung der verschiedenen Handlungsfelder ebenso die Beratungs- und Entscheidungsstrukturen der Gremien und die Rollen und Aufgaben der verschiedenen Akteure. (Abbildung 1).

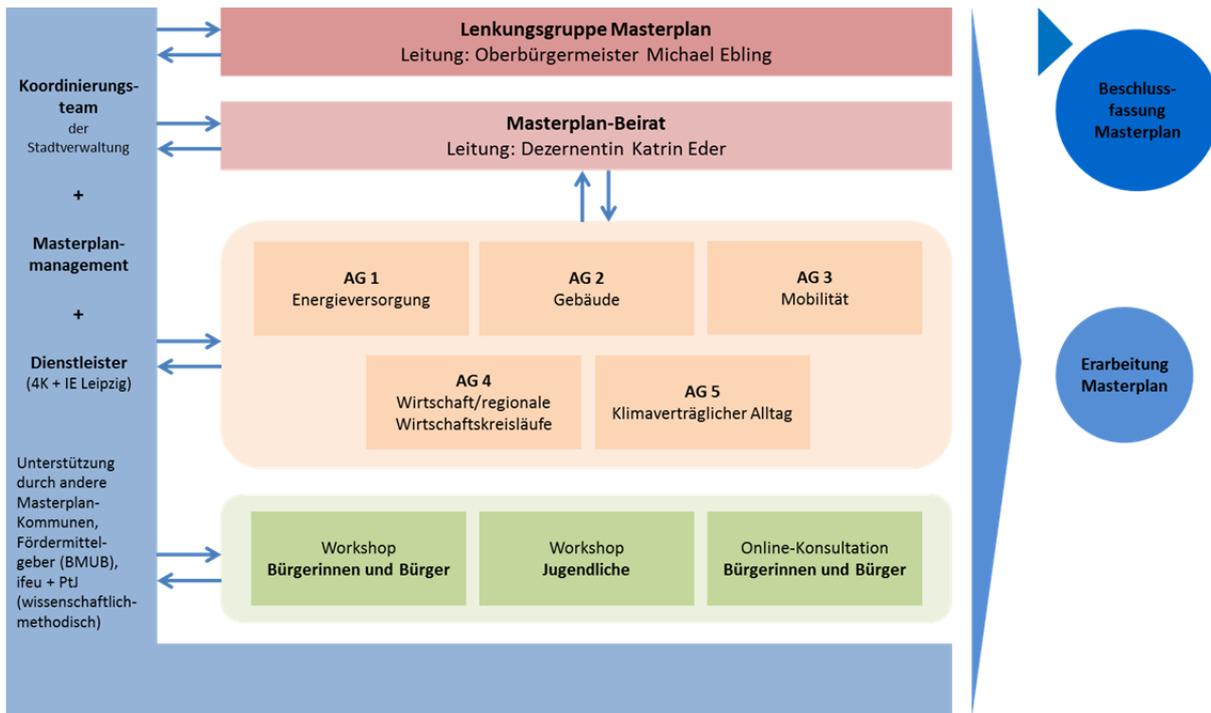


Abbildung 1 Projektmanagementstruktur im Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz
 Quelle: Darstellung Stadt Mainz

Die Beteiligung lokaler Expertinnen und Experten sowie Aktivistinnen und Aktivistern an der Erstellung des Masterplans erfolgte durch die Bildung von Facharbeitsgruppen. Der Arbeitsprozess in diesen Experten-Runden orientierte sich anhand folgender Handlungsfelder im Rahmen von Workshops:

- Energieversorgung
- Gebäude
- Mobilität
- Wirtschaft / regionale Wirtschaftskreisläufe
- Klimaverträglicher Alltag

An den insgesamt 15 Workshops zur Erstellung des Masterplans 100% Klimaschutz beteiligten sich 118 Mainzerinnen und Mainzer aus über 70 verschiedene

Unternehmen, Institutionen, Verbänden und Initiativen. Die wichtigsten direkten Ergebnisse des Partizipationsprozesses lagen dabei, neben der Erarbeitung einer Vision für eine klimaneutrale Mainzer Stadtgesellschaft, in der Entwicklung von Strategien und Maßnahmenideen mit konkreten Handlungsempfehlungen. (Abbildung 2).

In den Workshops konnten mehr als 70 Maßnahmenideen 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.

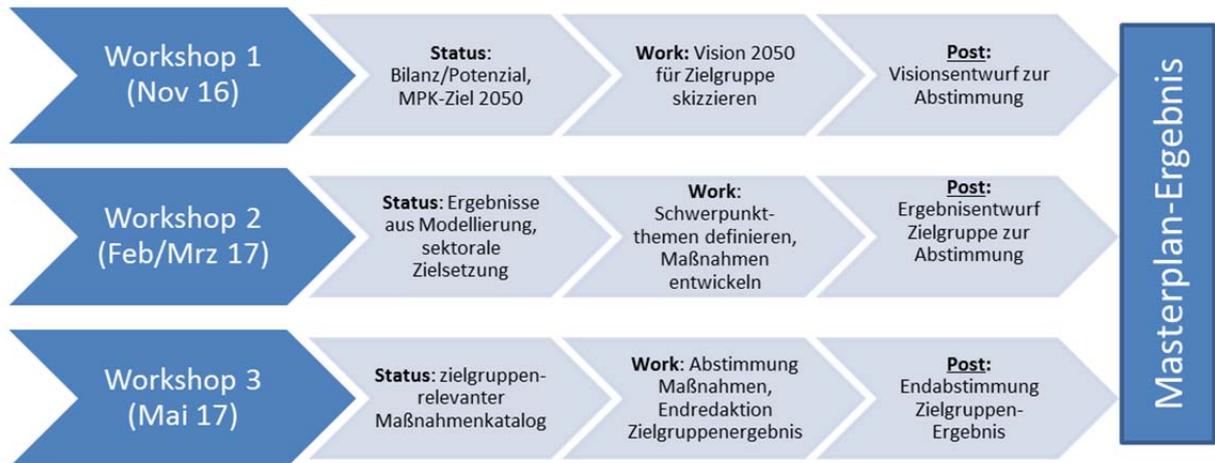


Abbildung 2 Arbeitsprozess in den drei Workshop-Runden
Quelle: Darstellung 4K

Eine Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger in Mainz erfolgte über folgende Angebote:

- „Mein Mainz morgen“ - eine öffentliche Informations- und Diskussionsveranstaltung im Kurfürstlichen Schloss
- Ein Online-Beteiligungsangebot für die Maßnahmenbewertung
- Zwei Workshops für interessierte Mainzerinnen und Mainzern und für Jugendliche

Bilanzierung und Szenarien

Die Bilanzierung und Erstellung der Szenarien erfolgte in einem eng mit der Akteursbeteiligung verzahnten Modellierungsprozess nach den Maßgaben des Handbuchs methodische Grundfragen zur Masterplan-Erstellung [FH Aachen 2016], einem von Fördermitelgeber vorgegebenen Leitfadens zur Erstellung kommunaler Masterpläne für 100 % Klimaschutz.

In einem ersten Schritt wurde die Ausgangslage, also die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2014 in der Stadt Mainz, für die einzelnen Verbrauchssektoren Industrie, Gewerbe/ Handel/ Dienstleistungen (GHD), Haushalt und Kommune sowie Verkehr bilanziert.

Allen Masterplan-Kommunen wurde hierzu ein einheitlicher Bilanzierungsstandard vorgegeben, die Bilanzierungs-Systematik für Kommunen (BISKO). Diese ermöglicht es, interkommunal übertragbare Aussagen bei der Energie- und Treibhausgas (THG)-Bilanzierung zu treffen. Zentraler Bestandteil des BISKO-Standards ist die sogenannte „endenergiebasierte Territorialbilanz“, welche nur die Endenergieverbräuche bzw. die Treibhausgasemissionen berücksichtigt, die innerhalb der Gemarkung der Kommune entstehen.

Auf Basis der Ist-Bilanzierung und unter Berücksichtigung bestehender Konzepte (Energiekonzept Mainz

2005–2015, Energie und Verkehr, Studie „30% Regenerativstrom Mainz“, Biomasse-Masterplan, Wärmemasterplan, Handlungsstrategie Elektromobilität, etc.) erfolgte in einem zweiten Schritt die Berechnung der Szenarien.

Mit einem TREND-Szenario und einem MASTERPLAN-Szenario wurden zwei mögliche Entwicklungspfade der Stadt Mainz bis ins Jahr 2050 beschrieben. Während das TREND-Szenario im Wesentlichen eine Business-as-Usual-Entwicklung rechnet, also keine zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen vorsieht, orientiert sich das MASTERPLAN-Szenario an den Endenergie- und THG-Einsparzielen des Masterplanprogramms.

Das MASTERPLAN-Szenario lieferte in Kombination mit passenden Rahmenbedingungen auf Landes- und Bundesebene die rechnerische und analytische Grundlage für den Beteiligungsprozess.

Die im Beteiligungsprozess von den lokalen Expertinnen und Experten entwickelten Strategien und Maßnahmenideen wiederum lieferten die Basis für die Kalkulation des MASTERPLAN-Szenarios. Dabei wurde von einer optimalen Umsetzung der von den lokalen Expertinnen und Experten entwickelten Strategien und Maßnahmen ausgegangen.

Entwicklung des Endenergieverbrauchs im MASTERPLAN-Szenario

Das angestrebte und in den Kapiteln 5 und 6 aufgeführte MASTERPLAN-Szenario stellt den Entwicklungspfad dar, der sich ergibt, wenn gewisse Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 4) gegeben sind und alle erarbeiteten Strategien und Maßnahmenideen erfolgreich umgesetzt werden.

Eine schrittweise Endenergieverbrauchsreduzierung um 53 % bis zum Jahr 2050 erscheint erreichbar. Die Landeshauptstadt Mainz würde somit auf ihrem Territorium das vom BMUB geforderte Ziel (50 % Reduktion der Endenergie) erreichen.

Im TREND-Szenario bis zum Jahr 2050 sinkt der Endenergieverbrauch von etwa 22 PJ im Jahr 2014 auf etwa 18 PJ, was einem Rückgang von 19 % gegenüber dem Jahr 2015 entspricht (vgl. Abbildung 3).

Gegenüber dem Basisjahr 1990 sinkt der Endenergieverbrauch bis 2050 in der Industrie um 66 %, im Verkehrssektor um 28 %, in den Haushalten um 24 % und im GHD um 14 %. Bei den Mineralölprodukten ist ein deutlicher Verbrauchsrückgang um ca. 54 % und bei den Gasen um 33 % zu erwarten. Der Stromverbrauch steigt um 10 % an.

Entgegen den Trends für die zuvor genannten Energieträger, nimmt der Endenergieverbrauch erneuerbarer Energieträger bis zum Jahr 2050 um 34 % zu. Die übrigen Energieträger haben lediglich eine untergeordnete Bedeutung.

Im MASTERPLAN-Szenario sinkt der Endenergieverbrauch von etwa 22 PJ im Jahr 2014 auf 15 PJ im Jahr 2050, was einem Rückgang von 33 % gegenüber dem Jahr 2014 entspricht. Der Endenergieverbrauch sinkt bis 2050 in der Industrie um 21 %, im Verkehrssektor um 72 %, in den Haushalten um 29 % und im Sektor GHD um 19 % gegenüber dem Jahr 2014. Infolge dessen werden sich die Anteile der Sektoren bis zum Jahr 2050 deutlich verschieben. Bis zum Jahr 2050 geht der Einsatz von Mineralölprodukten um ca. 90 % und von Gasen um 60 % zurück.

Der Stromverbrauch steigt um 20 %. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger im MASTERPLAN-

Szenario verdreifacht sich 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.

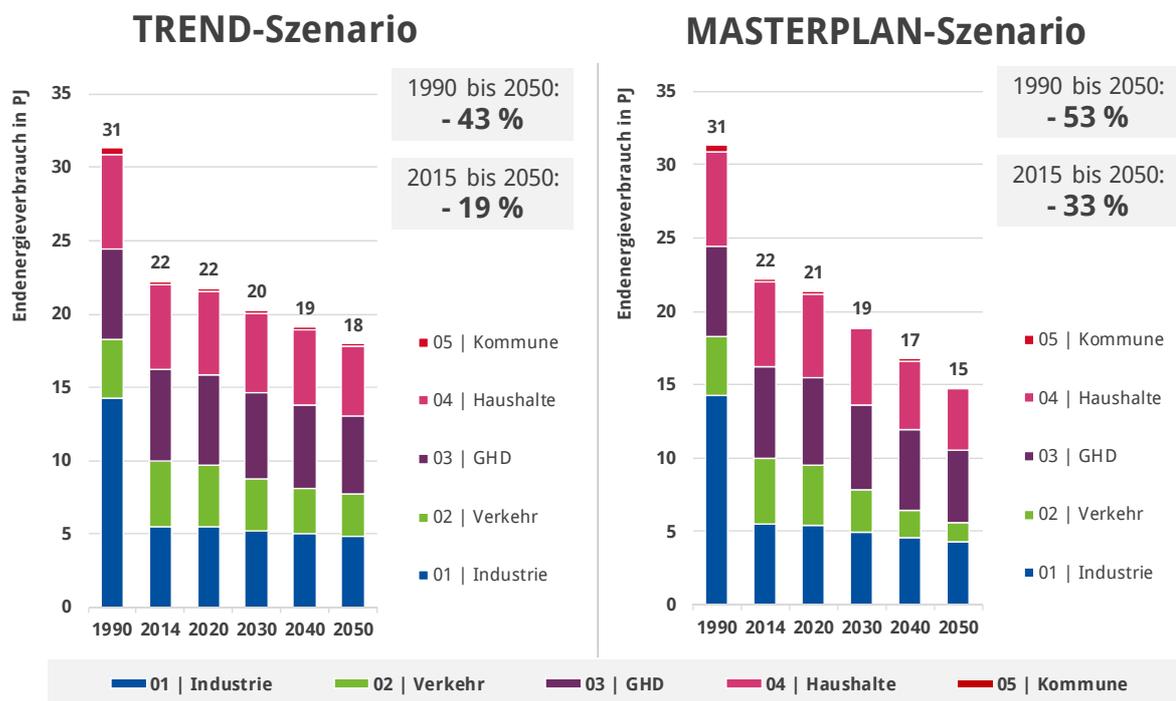


Abbildung 3 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Entwicklung der Treibhausgasemissionen im MASTERPLAN-Szenario

Das vom BMUB geforderte Ziel 95 % THG-Reduktion wird annähernd erreicht. Im MASTERPLAN-Szenario wird eine schrittweise Reduzierung der THG-Emissionen um 92 % aufgezeigt. Somit wird das Ziel knapp verfehlt. Grund dafür sind die lokalen Rahmenbedingungen wie der Wirtschaftsstandort Mainz, eine leicht steigende Bevölkerung oder das geringe Flächenpotential zum Ausbau der erneuerbaren Energien. Aufgrund des langfristigen

Zeitraumes bis 2050 wird aber trotzdem aufgezeigt, dass der Zielkorridor erreichbar ist.

Ausgehend vom Jahr 1990 reduzierten sich die THG-Emissionen in der Stadt Mainz um ca. 40 %; von etwa 3,5 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 2,1 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014.

Bis zum Jahr 2050 wird im MASTERPLAN-Szenario ein weiterer Rückgang um etwa 1,7 Mio. t CO_{2äq} angestrebt (Absenkung um 92 % gegenüber 1990, 86 % gegenüber 2015) (vgl. Abbildung 4).

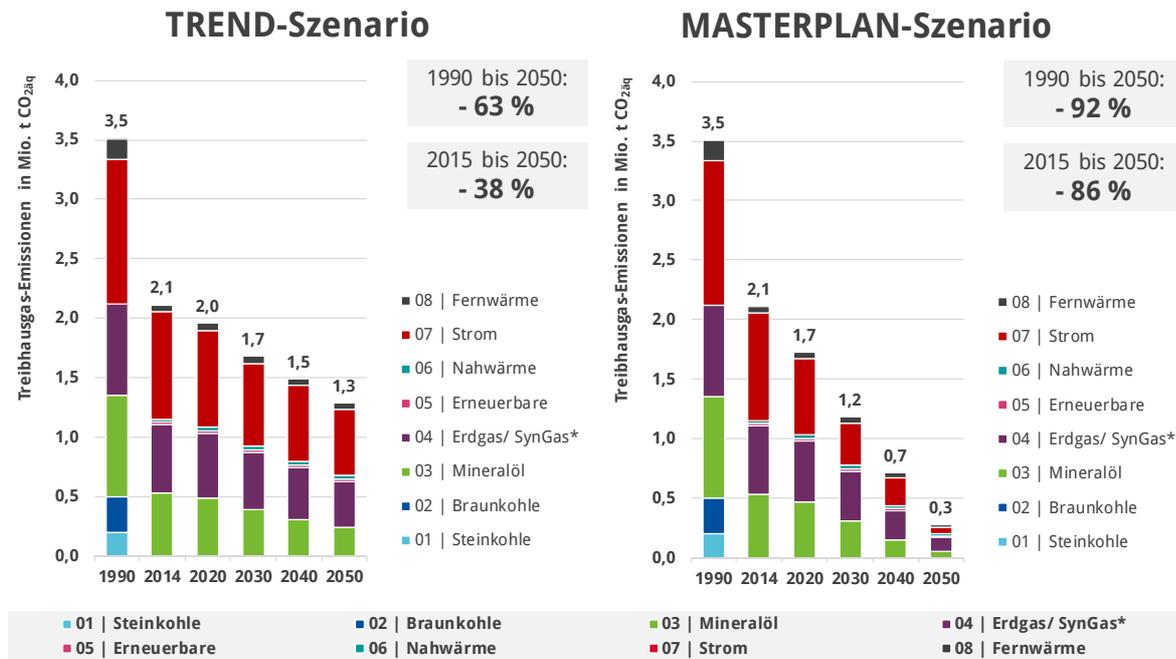


Abbildung 4 Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

Quelle: 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

Die Emissionen je Einwohner halbierten sich fast gegenüber dem Jahr 1990 von 19,2 auf 10,1 t CO_{2äq} im Jahr 2014. Bis zum Jahr 2050 erfolgt im MASTERPLAN-Szenario eine weitere Reduktion auf 1,3 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.

Um die berechneten Reduktionen zu erreichen müssen die Anstrengungen in allen Bereichen stark intensiviert und der erarbeitete Maßnahmenkatalog für die Stadt Mainz umgesetzt werden.

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

Strategien und Maßnahmenideen

Der Maßnahmenkatalog für den Masterplan 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Mainz beinhaltet insgesamt 72 Einzelmaßnahmen, aufgeteilt nach fünf Handlungsfeldern (Energie, Gebäude, Mobilität, Wirtschaft und Alltag). Der Maßnahmenkatalog ist dem Bericht als Anlage beigefügt und dient als wich-

tige Arbeitsgrundlage für die spätere Umsetzungsphase.

Die bilanzgliedernden Sektoren sind den fünf Handlungsfeldern des Maßnahmenkatalogs zuordenbar. Wobei die Handlungsfelder Wirtschaft und Gebäude mehreren Sektoren zugeordnet sind (Tabelle 1).

Tabelle 1 Zuordnung der sechs Sektoren zu den fünf Handlungsfelder und deren Fach-Arbeitsgruppen (AG)
Darstellung: IE Leipzig

Nr.	Sektoren	Handlungsfeld
01	Energieerzeugung und -verteilung	A Energieversorgung
02	Industrie	D Wirtschaft/ regionale Wirtschaftskreisläufe
03	Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD)	D Wirtschaft
04	Haushalte	B Gebäude
05	Kommune	B Gebäude
06	Verkehr	B Gebäude
		C Mobilität
		E Klimaverträglicher Alltag

Energieerzeugung und -verteilung

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. 90 % und von Gasen um 60 % zurück. Der Stromverbrauch steigt um 20 %. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger im MASTERPLAN-Szenario verdreifacht sich 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 Mainzer Kraftwerkspark wird sich bereits im Jahr 2018 mit der Inbetriebnahme des neuen Erdgas-BHKWs verändern.

53 % des im deutschen Gasnetz vorhandenen Erdgases wird durch synthetisches Gas aus „Power to Gas“-Prozessen ersetzt. Außerdem werden die ermittelten regionalen Potenziale für Photovoltaik und Windenergie bis zur Hälfte ausgeschöpft. Bei der Fern-

wärme ist zudem ein geringer Teil des für Mainz ermittelten Photovoltaik-Potenzials von 3.024 TJ zur Aufstellung von Solarkollektoren mit einer thermischen Leistung von 180 TJ bis 2050 – langsam beginnend ab 2030 – und ihre Einbindung in die Fernwärme vorgesehen.

Infolge wachsender Kapazitäten erneuerbarer Energieerzeuger steigen auch die Belastungen in den zugeordneten Netzebenen. Die Differenz aus fluktuierender Einspeisung und Verbrauch weist auf Grund des hohen Anteils von Photovoltaikstrom im MASTERPLAN-Szenario besonders in den Sommermonaten hohe Schwankungen auf. Eine Kompensierung der bis zu 130 MW hohen positiven Residuallast an 550 h im Jahr ist durch eine Kombination verschiedener Lastmanagement-Maßnahmen möglich.

Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Grundlage für das MASTERPLAN-Szenario im Handlungsfeld **Wirtschaft (Industrie und GHD)** ist der Erhalt des Industrie- und Wirtschaftsstandortes Mainz. Die Unternehmen leisten einen wesentlichen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung. Der Endenergieverbrauch der Industrie in Mainz ist zwischen 1990 und 2014 deutlich um rund 61 % gesunken. Ursache dafür waren die Verbesserung der wirtschaftsleistungsbezogenen Energieproduktivität (benötigte Endenergie für die Produktion einer Einheit Wirtschaftsleistung) und Strukturwandelexeffekte.

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 jeweils effizienteste verfügbare Technologie investiert wird.

Haushalte und Kommune

In den **Verbrauchssektoren** private Haushalte und Kommune liegen die größten Endenergie- und THG-Einsparungen im Bereich der Wärmeanwendungen. Neben energetischen Sanierungsmaßnahmen von Gebäuden und Anlagen stand die integrierte Stadtentwicklung im Mittelpunkt der Maßnahmenarbeit. Ein weiterer Fokus wurde auf die Stadt Mainz bzw. ihre Rolle als Vorbild im Rahmen der Strategie „Klimaneutrale Stadtverwaltung“ gelegt.

Verkehr

Der **Verkehrssektor** steht beim Klimaschutz vor besonders großen Herausforderungen, da er bisher noch weitestgehend seine Energie durch die Verbrennung von Mineralölprodukten bezieht. Zur Verminde-

Die Reduzierung des Energieverbrauchs im Verkehr sind vielfältige Anstrengungen und eine Kombination mehrerer Strategien erforderlich. Einen ganz wesentlichen Beitrag stellt hierbei die Umstellung des Pkw-Verkehrs von fossilen Kraftstoffen auf Elektromobilität dar. Da diese Systemumstellung einen hohen Kostenaufwand mit sich bringt, ist es wichtig, auch den 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 die Ziele der Masterplankommune zu erreichen, sind in der Stadt Mainz jedoch 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 voraussichtlich möglich, den Endenergiebedarf im Verkehrssektor um insgesamt 68 % im Vergleich zu 1990 zu senken.

Alltag

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 Nachhaltige Bildung sollen die Mainzer Bürgerinnen und Bürger zu Energieeinsparungen und mehr Aktivitäten im Klimaschutz motivieren. Das alltägliche Lebensumfeld und die Handlungsgewohnheiten bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Suffizienz – insbesondere bei Konsum und den damit verbundenen Stoffkreisläufen.

Suffizienz bedeutet, durch Verhaltensänderung bei Konsum- oder Komfortansprüchen weniger Energie und Rohstoffe zu verbrauchen (bspw. Begrenzung der Wohnfläche pro Person, Wahl eines kleinen und energieeffizienten Autos).

Rebound-Effekte entstehen hingegen, wenn Effizienzsteigerungen zu Verhaltensänderungen führen, die bewirken, dass die ursprünglichen Einsparungen teilweise wieder aufgehoben werden (bspw. verursacht ein energieeffizientes Auto weniger Treibstoffkosten pro Kilometer, also werden Wege häufiger mit dem Auto zurückgelegt). Die Entstehung von Rebound-Effekten ist zu vermeiden.

Umsetzungsprozess

Mit Vorlage dieses Berichtes ist der Masterplan-Prozess nicht abgeschlossen, denn anschließend beginnt die Umsetzungsphase. Dazu gehört nicht nur die Realisierung der Maßnahmen, die von den lokalen Expertinnen und Experten erarbeitet wurden. Um die

Ziele des Masterplans zu erreichen, müssen Konzept und Maßnahmenkatalog zudem stetig weiterentwickelt, ergänzt und die organisatorischen Strukturen angepasst 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 fest zu verankern, damit die Umsetzung bis zur Jahrhundertmitte gelingt. Bereits in der Konzeptphase wurden daher einzelne Maßnahmenideen direkt an bestehende Kompetenzen in der Stadt und der Region gekoppelt

Darüber hinaus sollte eine Breitenbewegung für das klimaneutrale Mainz 2050 entstehen. Insbesondere für

die Bürgerinnen und Bürger ist eine zielgerichtete Kommunikationsstrategie nötig, die Ziele und Aufgaben zur Umsetzung der Maßnahmenideen verständlich und motivierend vermitteln kann. Ein erster Ansatz dazu wurde von einer Studierendengruppe der Johannes-Gutenberg-Universität erarbeitet.

Die Verstetigung des Masterplan-Prozesses gelingt insbesondere dann, wenn zuverlässige Kümmerer wie das Masterplan-Management einen offiziellen Auftrag seitens der Kommunalpolitik (Stadtratsbeschluss) erhält und im Idealfall die Umsetzung dauerhaft -auch über die Förderphase hinaus - betreuen 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. Maßnahmen nachjustiert oder neu entwickelt werden.

Die Ergebnisse des Controllings werden den politischen Gremien und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Alle fünf Jahre wird ein umfassender Klimaschutzbe-

richt vorgelegt. Er umfasst die quantitativen Indikatoren der Energie- und THG-Bilanz, das quantitative und qualitative Controlling der Einzelmaßnahmen und stellt die Prozesse, Beteiligte und Aktivitäten vor.

Die vorhandene Energie- und THG-Bilanz wird regelmäßig alle fünf Jahre mit dem Bilanzierungstool „Klimaschutz-Planer“ fortgeschrieben. 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 Mainz hat sich im 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 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 an und will gleichzeitig den Endenergieverbrauch um 50 Prozent vermindern.

Mit dieser Aufgabenstellung führt Mainz seine bisherigen Aktivitäten zu Energieeffizienz und kommunalem Klimaschutz fort. Denn bereits seit den 90er Jahren untersuchte die Stadt, mit welchen Maßnahmen der lokale Energieverbrauch gesenkt und umweltfreundlich ausgestaltet werden kann. Die Ergebnisse wurden im Laufe der Jahre systematisch zu integrierten Klimaschutzkonzepten weiterentwickelt und zahlreiche Projekte erfolgreich umgesetzt. Gemeinsam mit dem kommunalen Energieversorger und anderen Agierenden der Stadtgesellschaft gelang es so bereits frühzeitig, ein gutes Fundament für die Umsetzung kommunaler Klimaschutzziele in Mainz zu etablieren.

Eine zukunftsfähige Fortschreibung der Mainzer Klimaschutzpolitik erfolgt nun mit dem Masterplan-Projekt. Mainz schließt sich damit der ambitionierten Klimaschutzpolitik der Bundesregierung an:

Deutschland verabschiedete bereits in 2010 mit dem Energiekonzept die Klimaschutzzielsetzung, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 Prozent 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 hatte die Staatengemeinschaft bereits im Dezember 2015 einen wegweisenden Beschluss im Rahmen des Pariser Abkommen 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 ein Förderprogramm „Masterplan 100 % Klimaschutz“ aufgelegt. Die Stadt Mainz beteiligt sich daran in der zweiten Förderrunde gemeinsam mit 21 weiteren Kommunen (vgl. Abbildung 5).



Abbildung 5 Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz

Quelle: Bürgerinnen und Bürger-Workshop, Juni 2017; Grafic Recording Tanja Föhr / Foto 4K)

Die Projektdauer beträgt vier Jahre, von Juli 2016 bis Juni 2020. Im ersten Projektjahr wird 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 Maßnahmenideen.

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 Akteurinnen und Akteure ein Kernelement auch für die strategische

Ausrichtung der kommunalen Klimaschutzpolitik bis 2050. Mainz hat daher bereits die Konzepterarbeitung gemeinsam mit zahlreichen lokalen Expertinnen und 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 | Kommunikation für Klimaschutz, Hannover (4K) zusammengeführt und im vorliegenden Konzept aufbereitet.

Der folgende Text verfolgt die Grundsätze der fairen Verwaltungssprache, welche im Leitfaden der Stadt Mainz „Fairständige Verwaltungssprache – fairstehen, fairsprechen, fairschreiben“ verankert sind.

2 Ausgangslage

Die Landeshauptstadt Mainz ist mit rund 210.000 Einwohnerinnen und Einwohnern die größte Stadt von Rheinland-Pfalz und bildet mit der hessischen Landeshauptstadt Wiesbaden ein Doppelzentrum mit rund 480.000 Einwohnerinnen und Einwohnern. Mainz ist Hochschulstandort mit rund 40.000 Studierenden und einer Vielzahl von Wissenschafts- und Forschungseinrichtungen. Es weist eine hohe Lebensqualität mit einer Vielzahl an kulturellen Angeboten und Mainzer Lebensart in der größten Weinanbauregion Deutschlands auf. Sie ist verkehrsgünstig gelegen im Rhein-Main-Gebiet mit Schnellzug-Anbindung sowie einem Container- und Industriehafen. Neben namhaften Industriebetrieben wie dem Mainzer Traditionsunternehmen Werner & Mertz („Erdal“), der Schott AG und der Wepa Papierfabrik liegt ein Wirtschaftsschwerpunkt in der IT, Kommunikations- und Medienwirtschaft, u.a. mit dem ZDF. Die Mainzer Stadtwerke AG versorgen mit ihren Tochter- und Beteiligungsunternehmen Mainz und die Region mit Strom, Gas, Fernwärme und Trinkwasser und betreiben in Mainz das Bus- und Straßenbahnangebot.

Klimaschutz in Mainz

Die Stadt Mainz setzt sich seit über 20 Jahren mit Initiativen und Programmen für Energieeffizienz und Klimaschutz ein. Durch die Mitgliedschaft im Klima-Bündnis der europäischen Städte und den Beitritt zum Covenant of Mayors hat sich die Stadt Mainz zu den Klimaschutz-Zielen dieser Bündnisse selbst verpflichtet. 1993 erschien das erste Energiekonzept für Mainz, das im Jahr 2000 fortgeschrieben wurde. 2008 erschien die zweite Fortschreibung als integriertes Klimaschutzkonzept mit dem Titel „Energiekonzept Mainz 2005 – 2015, Energie und Verkehr“ mit einem umfangreichen Maßnahmenkatalog, dessen Umsetzung vom Mainzer Stadtrat am 23.9.2009 beschlossen wurde.

Neben der Stadtverwaltung engagieren sich bereits seit vielen Jahren auch die lokalen Energieversorger, privaten Agierenden, Unternehmen und Wissenschaft in Klimaschutz-Netzwerken. Besondere Bedeutung in der Stadt haben der Klimaschutz-Beirat, die Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz, das Energieberater-Netzwerk der Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz sowie das Mainzer Bündnis für nachhaltiges Bauen.

Die Stadt Mainz sieht sich in der Verantwortung, einen Beitrag gegen den Klimawandel zu leisten und setzt seit über 20 Jahren Maßnahmen zur Begrenzung und Anpassung an den Klimawandel um. Bereits 1994 hat sich der Stadtrat dem Klima-Bündnis Ziel verpflichtet, in Mainz alle fünf Jahre die energiebe-

dingten CO₂-Emissionen um 10 % zu reduzieren und die Pro-Kopf-Emissionen bis zum Jahr 2030 bezogen auf 1990 zu halbieren.

Neben Energieberatungs- und Umweltbildungsangeboten im städtisches Umweltinformationszentrum UI werden verschiedene Programme und Initiativen, wie zum Beispiel die "Mainz Klimaschutzinitiative 2020", "Mainz wird klimafit" (Abbildung 6), "Grüne Hausnummer" oder das energetische Sanierungsmanagement Lerchenberg umgesetzt.

Die Mainzer Stadtwerke AG setzen als hundertprozentige Tochtergesellschaft der Stadt Mainz mit zahlreichen Pilot- und Leuchtturmprojekten konkrete Klimaschutzmaßnahmen um, wie zuletzt ein Laufwasserkraftwerk im Rhein, eine Power-to-Gas-Anlage zur Speicherung regenerativer Energie im Energiepark Mainz-Hechtsheim, eine rund neun Kilometer

lange neue Straßenbahntrasse, die sogenannte „Mainzelbahn“, oder das Fahrradvermietsystem „MVG mein Rad“. Mit der Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz erfolgt eine nachhaltige Förderung von Maßnahmen und Projekten.



Abbildung 6 Früheres Logo für die Klimaschutzaktivitäten der Stadt Mainz

3 Beteiligungsprozess

Für die langfristige Transformation der Stadt Mainz hin zu einer klimaneutralen Gesellschaft ist ein aktives Mitwirken aller Bürgerinnen und Bürger, Organisationen und Unternehmen 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 Agierende, lokale Unternehmen, Initiativen sowie Verbände und Kammern erhielten bereits in einer frühen Phase der Konzepterarbeitung die Möglichkeit, aktiv daran mitzuwirken. Der Schwerpunkt des Beteiligungsprozesses wurde auf „externe“ Agierende außerhalb der Politik und Stadtverwaltung gesetzt, um ortsbezogenes Expertenwissen zu bündeln und neue Ansätze für Maß-

nahmen zu erarbeiten. Indem die Beteiligten 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. Kompetenzträgerinnen und Schlüsselakteurinnen und -akteure in den Erstellungsprozess geachtet.

3.1 Projektstruktur

Einer der ersten Schritte nach dem Start des Projekts „Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz“ war die Schaffung einer geeigneten Organisations- und Beteiligungsstruktur. Diese definierte neben der thematischen Gliederung der verschiedenen Handlungsfelder ebenso die Beratungs- und Entscheidungsstrukturen der Gremien und die Rollen und Aufgaben der verschiedenen Beteiligten (vgl. Abbildung 7).

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 Maßnahmenideen, Benennung konkreter Projekte für die Umsetzung in der 2. Phase

- 2. Phase: 01. Juli 2017 – 30. Juni 2020
Umsetzung konkreter Projekte

Die Erarbeitung des vorliegenden Masterplans erfolgte in der ersten Projektphase. In dieser Phase wurden die lokalen Expertinnen und Experten in Form von Workshops am Masterplan-Prozess beteiligt.

Hierdurch konnten wertvolle Erkenntnisse und Informationen zur Potenzialermittlung und zu möglichen Handlungsansätzen gewonnen werden. Ihre Hauptaufgabe lag jedoch in der Erarbeitung einer lokalen Vision und daraus abgeleiteten konkreten Maßnahmenideen.

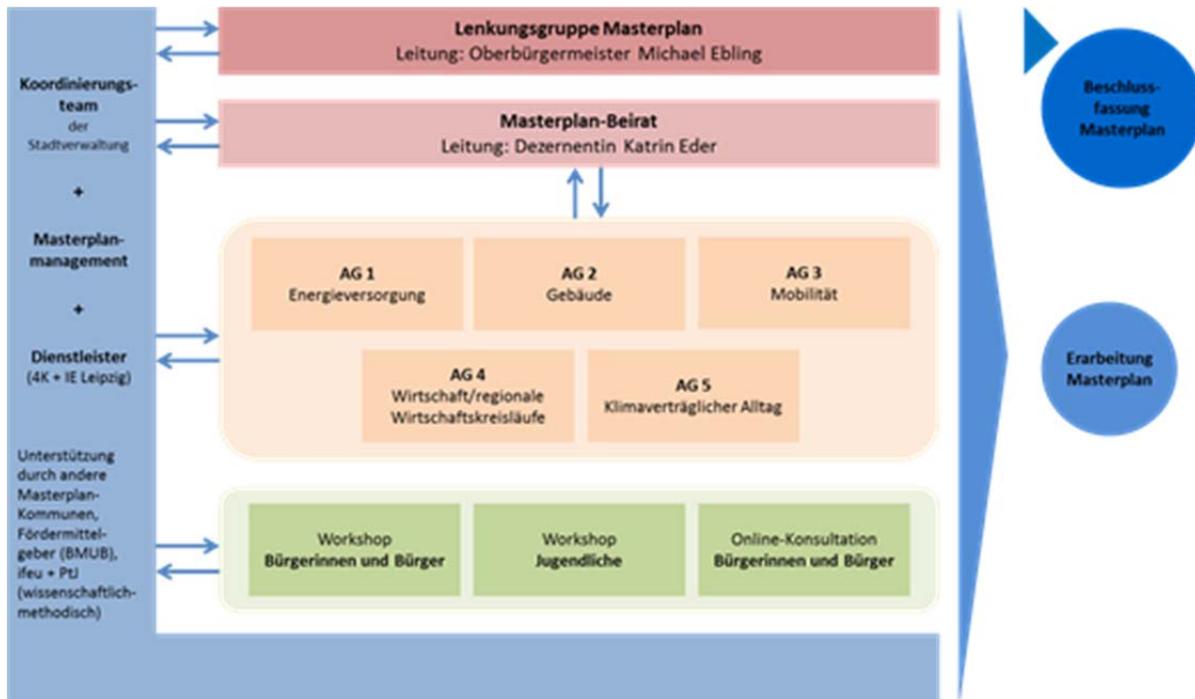


Abbildung 7 Projektmanagementstruktur im Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz

3.2 Expertinnen und Experten

Die Beteiligung lokaler Expertinnen und Experten sowie Akteurinnen 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:

- Energieversorgung
- Gebäude
- Mobilität
- Wirtschaft / regionale Wirtschaftskreisläufe
- Klimaverträglicher Alltag

Eine weitere Arbeitsgruppe Kommunikation und Partizipation ist für die Umsetzungsphase vorgesehen (vgl. auch Kapitel 8). Beteiligungsprozesse leben von der Qualität und dem Engagement der Akteurinnen und 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. Die Erstansprache erfolgte über den Oberbürgermeister und die Dezernentin für Umwelt, Grün, Energie und Verkehr der Landeshauptstadt Mainz. Dabei konnte auf die bereits etablierten Organisationsstrukturen im kommunalen Klimaschutzprozess zurückgegriffen und vorhandene Kontakte aktiviert sowie neue hinzugewonnen werden.

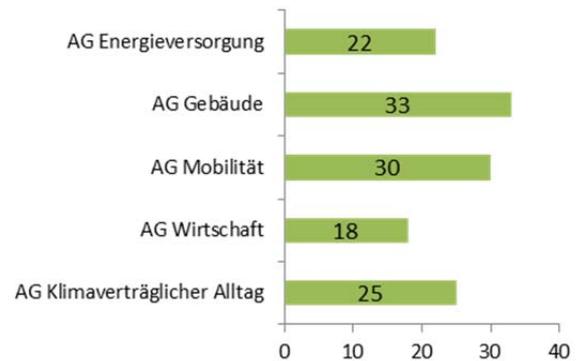


Abbildung 8 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Fach-Arbeitsgruppen
Quelle: Darstellung 4K



Abbildung 9 Akteurinnen und Akteure im Beteiligungsprozess
Quelle: Darstellung 4K

In drei zeitlich inhaltlich aufeinander aufbauenden Veranstaltungsrunden erfolgte die Durchführung von insgesamt 15 halbtägigen Workshops. Hieran beteiligten sich 118 Mainzer Akteurinnen und Akteure aus über 70 verschiedene Unternehmen, Institutionen, Verbänden und Initiativen. Eine Übersicht der beteiligten Institutionen in den einzelnen Fach-Arbeitsgruppen findet sich im Anhang (vgl. Anlage A 1.1).

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

Fach-Arbeitsgruppe	1. Workshop	2. Workshop	3. Workshop
Energieversorgung	09.11.2016	15.02.2017	10.05.2017
Gebäude	10.11.2016	02.02.2017	18.05.2017
Mobilität	10.01.2017	14.02.2017	09.05.2017
Wirtschaft/regionale Wirtschaftskreisläufe	18.11.2016	10.02.2017	05.05.2017
Klimaverträglicher Alltag	17.11.2016	01.02.2017	04.05.2017

Die Fach-Arbeitsgruppen erhielten in den Workshops fachlichen Input aus den Bilanz-, Potenzial- und Szenarienberechnungen. Bereits erarbeitete lokale Bausteine aus den bisherigen Klimaschutzkonzepten und weiterer aktueller Planungsprozesse (u.a. Klimaschutzplanung Land Rheinland-Pfalz, Wärmemasterplan Mainzer Stadtwerke) wurden thematisch aufbereitet und in den Workshops zur Diskussion gestellt.

Ein wesentlicher und neuer Ansatz im Arbeitsprozess in den Workshops war, dass zunächst ein Visionsbild

2050 (vgl. Anlage A 2.1) mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern erarbeitet wurde. Dieses orientierte sich nicht daran, was aus heutiger Sicht bei gleichbleibender Entwicklung zu erwarten ist. Vielmehr sollten Bilder für ein nahezu klimaneutrales Mainz 2050 erdacht werden. Die so erarbeitete Vision stellte die Ziellinie dar, an der alle im Rahmen der Workshops erarbeiteten Strategien und Maßnahmenideen auf lokaler Ebene ausgerichtet wurde (vgl. Anlage A 3).

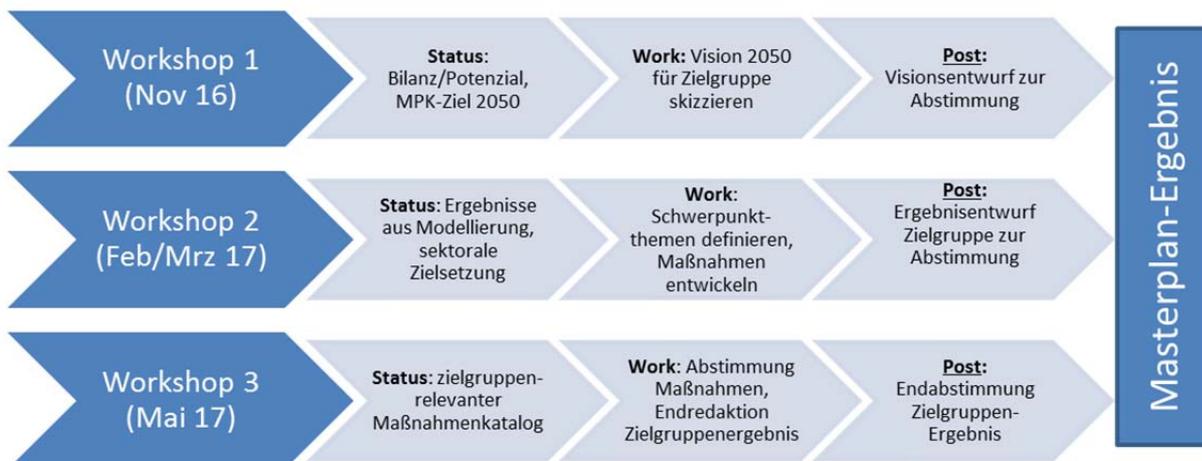


Abbildung 10 Arbeitsprozess in den drei Workshop-Runden
 Quelle: Darstellung 4K

Die Ergebnisse der Workshops zeigten, dass Unternehmen, Verbände 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 Maßnahmenideen mit konkreten Handlungsempfehlungen.

In den Workshops konnten mehr als 70 Maßnahmenideen 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. Die gute Vernetzung und die detaillierte Ortskenntnis der anwesenden Akteurinnen und Akteure ermöglichte es, Chancen, Herausforderungen und Hemmnisse der Vorschläge abzuwiegen und die Maßnahmenideen entsprechend weiterzuentwickeln. Zum Teil bekundeten die Akteurinnen und Akteure auch die Bereitschaft, selbst aktiv zu werden und Maßnahmenideen zu unterstützen. Als Arbeitsergebnis entstand ein Maßnahmenkatalog mit konkreten detaillierten Handlungsempfehlungen sowie einer zeitlichen Priorisierung (siehe dazu Anlage A 3).

3.3 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 mussten daher motivierende Formen für die Mitwirkung entwickelt werden.

In Mainz konzentrierten sich die Angebote für die Bürgerinnen und Bürger auf folgende Elemente:

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 Vertrauens-Rahmen geschaffen werden, welcher eine offene Diskussion zuließ und damit eine konstruktive Arbeitsatmosphäre ermöglichte.

Die Beteiligung der Akteure blieb über die Prozessdauer der drei Workshop-Runden auf einem kontinuierlich hohen Niveau. Einige Mitwirkende zeigten sich auch an einer Fortsetzung der Zusammenarbeit im Rahmen des Masterplan-Umsetzungsprozesses interessiert. Eine Fortführung und Verstetigung einzelner Fach-Arbeitsgruppen oder auch Strategien (z.B. E2 Nachhaltige Bildung, D3 Vernetzung und Wissensmanagement, B2 Klimaneutraler Gebäudebestand) in Form von Netzwerken bietet sich an (vgl. Kapitel 8.2 Zivilgesellschaft).

- „Mein Mainz morgen“ - eine öffentliche Informations- und Diskussionsveranstaltung im Kurfürstlichen Schloss
- Ein Online-Beteiligungsangebot für die Bewertung der Maßnahmenideen
- Zwei Workshops für interessierte Mainzerinnen und Mainzer und für Jugendlichegruppen

Mein Mainz Morgen – Auftaktveranstaltung

Um das Thema einzuleiten und für eine breite Öffentlichkeit interessant zu machen, fand am 21. März 2017 im Kurfürstlichen Schloss die Auftaktveranstaltung zum Masterplan statt. Die Einladung erfolgte über verschiedene Informationskanäle (Presse, Internetseite der Stadt, soziale Medien, Multiplikatoren und Netzwerke). Ziele der Veranstaltung waren einerseits eine öffentliche Information über die Ziele und Bearbeitungsphasen des Masterplans und andererseits die Mobilisation interessierter Bürgerinnen und Bürger sowie lokaler Akteurinnen und Akteure. Oberbür-

germeister Michael Ebling stellte das Projekt vor. Es folgte dann ein Impulsvortrag von Dr. Michael Kopatz zu dem Thema „Ökoroutine“. Die Masterplanmanagerin der Tandemkommune Osnabrück stellte ihre Erfahrungen und Erfolge des Masterplanprozesses aus Osnabrück vor. Dieser startete 2012. Die rund einhundert Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Politik und Fach-Arbeitsgruppen ergänzt durch Privatpersonen diskutierten rege im anschließenden „After-Work“ und tauschten Erfahrungen, Kontakte aber auch Projektanregungen aus.

Online-Befragung

Nach Abschluss der Maßnahmenarbeit durch die Fach-Arbeitsgruppen erhielten die Mainzerinnen und Mainzer während eines Zeitraums von vier Wochen per Online-Konsultation die Möglichkeit, ausgewählte Maßnahmenideen in den fünf Handlungsfeldern selbst zu beurteilen. Die Bewerbung des Online-Angebots erfolgte über die Öffentlichkeitsarbeit der Stadt sowie über die Online-Verteiler der Akteurinnen und Akteure in den Fach-Arbeitsgruppen.

Entwickelt wurde ein einfaches Umfrage-Tool auf der Website der Stadt Mainz. Insgesamt 15 Maßnahmenideen standen zur Bewertung. Die Bürgerinnen und Bürger konnten jede Maßnahme als ‚gut‘, ‚schlecht‘ oder ‚egal/nicht interessant‘ beurteilen und zusätzlich kommentieren. Für die Auswertung wurden zudem einige soziodemografische Angaben (Alter, Personengruppe, Wohnsitz etc.) bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern abgefragt.

Insgesamt wurden 4.957 Bewertungen abgegeben. Dies entspricht einer durchschnittlichen Beteiligung von 330 Bewertungen pro Maßnahme bei durchschnittlich 335 weiblichen und männlichen Teilnehmerinnen und Teilnehmern pro Handlungsfeld. Das Interesse am Handlungsfeld Mobilität war leicht überdurchschnittlich. Darüber hinaus wurden insgesamt 776 Kommentare abgegeben. 54 Prozent der Online-User kennzeichneten sich als Bürgerinnen oder Bürger der Stadt, 19 Prozent waren nach eigenen Angaben nicht aus Mainz. Die Altersgruppen zwischen 20 und 59 Jahren waren recht gleichmäßig verteilt. Die Maßnahmenideen selbst wurden alle positiv bewertet mit Zustimmungen zwischen 54 und 93 Prozent. Anhand der oft konstruktiven Kommentare ließ sich gut ablesen, welche Verbesserungen gewünscht waren. Die Endergebnisse der Online-Konsultation wurden in einem eigenständigen Dokument als Anlage zu diesem Konzept zusammengestellt (siehe Anlage A 2.2)

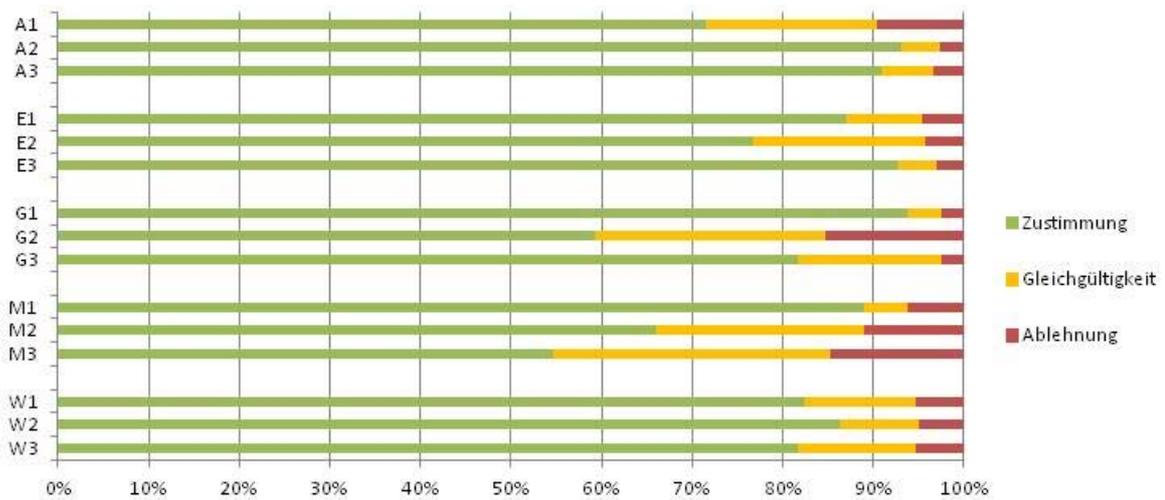


Abbildung 11 Bewertung einer Auswahl von 15 Maßnahmenideen der fünf Handlungsbereiche innerhalb der Online-Befragung
 Quelle: Auswertung und Darstellung 4K

Mein Mainz Morgen: Workshop für Bürgerinnen und Bürger

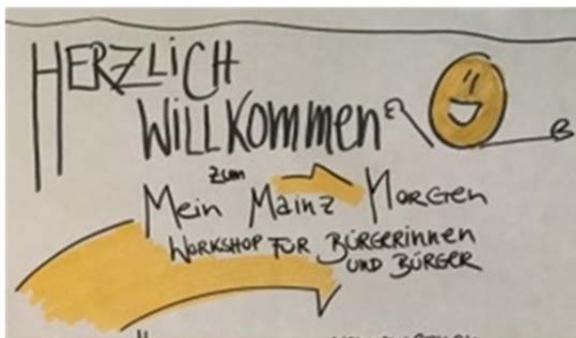


Abbildung 12 Willkommensgruß Bürgerinnen- und Bürger-Workshop Juni 2017
 Quelle: Grafik Recording Tanja Föhr / Foto 4K

Im Juni 2017 lud die Stadt Mainz per öffentlichen Aufruf in der Presse interessierte Bürgerinnen und Bürger zu einer Gesprächsrunde am Abend ein. Zehn Menschen folgten der Einladung und diskutierten engagiert konkrete Kampagnen- und Projekt-

Möglichkeiten, wie Menschen in Mainz für den Klimaschutz bewegt werden können. Eine Illustratorin begleitete die Diskussion mit Grafik Recording, so dass die Ergebnisse anschaulich verfolgt werden konnten (Abbildungen 12 und 13).



Abbildung 13 Ideensammlung: Wie schaffen wir eine Mainzer Klimaschutz-Bewegung?
 Quelle: Grafik Recording Tanja Föhr / Foto 4K

Mein Mainz Morgen: Workshop für Schülerinnen und Schüler

Jugendliche sind die Schlüsselakteurinnen und -akteure für Zukunftsplanungen, daher sollten sie auch in der Konzeptphase für den Masterplan eine wichtige Stimme erhalten. Über die Schulleitungen wurden daher jeweils zwei Vertreterinnen und Vertreter der 10. Klassen in Mainz zu einem Vormittags-Workshop für Jugendliche eingeladen. Veranstaltungsort war das Stadion des 1.FSV Mainz05. Im Mittelpunkt des Workshops standen Ideen und Vorstellungen, wie Jugendliche in Mainz klimaverträglich leben wollen.



Abbildung 14 Workshop für Schülerinnen und Schüler im Juni 2017
Quelle: Foto 4K



Abbildung 15 Jugendliche entwickeln ihre Ideen für Mein Mainz Morgen
Quelle: Foto 4K

Mit einem Impulsgespräch mit dem Initiator des Vereins „living utopia“ erhielten die Anwesenden Einblick in gelebte Suffizienzpraxis anhand des „Liebermensch“-Hauses in Mainz. In der Diskussion wurden Aspekte klimaverträglichen Lebens aus Jugendlichen-Sicht thematisiert und anschließend ein eigener Ansatz mit Ideen zu Kleidungsrecycling, Freizeitgestaltung, Energie- und Verkehrsalternativen skizziert. (Abbildung 14 und Abbildung 15).

3.4 Gremien

Die Erstellung des Masterplans wurde durch ein Koordinationsteam der Stadtverwaltung betreut, in dem Masterplan-Management, weitere Vertreterinnen und Vertreter des Grün- und Umweltamtes sowie des Dezernats V – Umwelt, Grün, Energie, Verkehr und die externen Dienstleister 4K und IE Leipzig eng zusammenarbeiteten. Der bereits langjährig bestehen-

de Klimaschutzbeirat wurde als wichtiges Beratungsgremium zum Masterplan-Beirat ernannt. Zusätzlich entstand als neues Gremium mit Entscheidungsauftrag die Lenkungsgruppe. Beide Gremien sollen auch über die Erstellungsphase hinaus den Masterplan weiter begleiten.

Koordinationsteam 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 und kurze Wege zu den Entscheiderinnen und Entscheidern. Das Masterplan-Management bildet die Schnittstelle zwischen den Beteiligten und den Gremien und bindet wesentliche Akteurinnen und Akteure in die Arbeit ein, um die Umsetzung von Projekten und Maßnahmenideen zu initiieren. Eine Hauptaufgabe des Managements ist die frühzeitige Kommunikation aller Maßnahmenideen im Hinblick auf Akzeptanz, Partizipation und Eigengestaltung. Insbesondere in der Umsetzungsphase wird es die Aufgabe des Managements sein, weitere relevante Akteurinnen und Akteure in den Prozess zu integrieren und die zuvor ermittelten Potenziale zu aktivieren. Neben der Öffentlichkeitsarbeit und der Mobilisierung von Beteiligten, gehören auch die Dokumentation und Berichtspflicht gegenüber dem Fördermittelgeber, die Koordinierung 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 Vertreterinnen und Vertretern des Grün- und Umweltautantes und dem für Umwelt, Grün, Energie und Verkehr zuständigen Dezernat V bildeten sie das Koordinationsteam. Das Team 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.

Masterplan-Beirat

Der Masterplan-Beirat Mainz musste nicht neu gegründet werden, sondern besteht bereits seit 1994 als Klimaschutz-Beirat.

Der Klimaschutz-Beirat wurde mit Beschluss des Stadtrats vom 08.06.1994 eingerichtet und erfüllt für die Organe der Stadt die Funktion eines ständigen Sachverständigenremiums. Er hat 24 Mitglieder aus

Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Verbraucherschutz, Interessenverbänden und Verwaltung (Stand 2015). Seine Aufgabe ist die Beratung der städtischen Organe in allen grundsätzlichen Fragen, die für den lokalen und globalen Klimaschutz und Klimawandel von Bedeutung sind, soweit es sich hierbei um Selbstverwaltungsangelegenheiten handelt. Er diskutiert, be-

wertet und entwickelt Maßnahmenideen zum Schutz klimarelevanter Umweltbereiche unter ökonomischen, ökologischen und gesellschaftspolitischen Aspekten, die für Energie, Verkehr und Konsum von besonderer Bedeutung sind, insbesondere in Hinblick auf die Umsetzung von Klimaschutz- und Energiekonzepten.

Der Klimaschutz-Beirat Mainz wurde für den Masterplan-Prozess als Projektbegleitung eingebunden. Während der Konzeptphase tagte der Beirat viermal. In den Sitzungen wurden die Zwischenergebnisse aus den Fach-Arbeitsgruppen sowie der Szenarienerstellung vorgestellt und diskutiert. Wertvolle Anregungen zur Zusammensetzung der angefragten Expertinnen

und Experten für die Facharbeitsgruppen sowie zu Szenarieninhalten schärfte die Herangehensweise in der Konzepterstellung. In jeder Fach-Arbeitsgruppe arbeiteten darüber hinaus mindestens zwei Mitglieder aus dem Beirat mit. (Mitglieder des Masterplan-Beirats, Stand 2017 vgl. Anhang, A 1.3)

Der Beirat wird auch in der Umsetzungsphase weiterhin eine wichtige Begleitaufgabe für den Masterplan in Mainz übernehmen. Er fungiert insbesondere als Bindeglied und Multiplikator zwischen den kommunalen Entscheidungsgremien und den Bürgerinnen und Bürgern.

Lenkungsgruppe

Die Lenkungsgruppe wurde für das Projekt neu gegründet. Auf Einladung des Oberbürgermeisters konnte ein Kreis ausgewählter Entscheidungsträgerinnen und -träger für die Projektsteuerung gewonnen werden. Alle Dezernentinnen und Dezernenten der Stadtverwaltung wurden angesprochen. Hinzu kamen Teilnehmer aus Verbänden, Kirchen, Hochschulen, Stadtwerken, Gewerkschaften und Verbraucherschützer, die jeweils mit ihrer Führungsebene vertreten waren. Der Masterplan-Beirat war mit seinem Vorsit-

zenden beteiligt (Zusammensetzung der Lenkungsgruppe, vgl. Anhang A 1.2). Aufgabe der Lenkungsgruppe ist es, sich anhand einer guten Informationsgrundlage mit den erarbeiteten Maßnahmenideen auseinanderzusetzen. Sie übernimmt eine Bewertung und Priorisierung der Maßnahmenideen und bereitet damit den Beschluss des Stadtrats vor. Angestrebt wird auch ein besonderes Engagement einzelner Lenkungsgruppen-Mitglieder in ausgewählten Maßnahmenideen in Form einer Patenschaft.

4 Rahmenbedingungen und Annahmen

Zunächst wird die angewendete Bilanzierungsmethodik zur Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz für die Stadt Mainz von 1990 bis zum aktuellen Bilanzjahr vorgestellt. Die Energie- und Treibhausgasbilanz beschreibt die aktuelle Ausgangslage und zeigt bisherige lokale Entwicklungen in der Stadt Mainz in Bezug auf die Entwicklung des Endenergieverbrauchs sowie Veränderungen des lokalen Kraftwerksparks und den damit verbundenen Treibhausgasemissionen auf. Zur Beantwortung der Frage „Wie sind die Projektziele des Masterplans bis 2050 – 50 % Reduktion Endenergieverbrauch und 95 % Reduktion Treibhausgas(THG)-Emissionen gegenüber 1990 – für die Stadt Mainz zu erreichen?“, werden zwei Szenarien (TREND- und MASTERPLAN-Szenario) simuliert. Die Beschreibung der Szenarien soll dazu dienen, transparent aufzuzeigen, welche (zusätzlichen) Anstrengungen erforderlich sind, um die Masterplanziele in der Stadt Mainz zu erreichen. Die sozioökonomischen Rahmenbedingungen der Stadt Mainz (d.h. z.B. Bevölkerungsentwicklung) definieren den Entwicklungsrahmen und werden im Folgenden unter dem Abschnitt Rahmenbedingungen vorgestellt.

4.1 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 [ifeu 2016a]. Dabei wurde eine Methodik entwickelt, die eine einheitliche Berechnung kommunaler THG-Emissionen ermöglicht; der sogenannte BSKO-Standard – Bilanzierungs-StandardKommunal.

Das Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer berücksichtigt die methodischen Grundlagen des BSKO-Standards. Es handelt sich dabei um eine webbasierte Software, deren Betrieb das Klima-Bündnis über-

nommen hat und welche seit Mai 2016 allen interessierten Kommunen zur Verfügung steht.

Die vorliegende Energie- und THG-Bilanz der Stadt Mainz wurde nach dem BSKO-Standard und unter Anwendung des Bilanzierungstools Klimaschutz-Planer erarbeitet [ifeu 2017a].

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 Emissionskatasters (Quellenbilanz) zu Gunsten einer Verursacherbilanz abgewichen [ifeu 2016b].

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 2017b]. 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 THG-Emissionsfaktoren.

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.

Für das TREND-Szenario der Stadt Mainz wurde der Faktor des TREND – Klimaschutzplan 2050 und für das MASTERPLAN-Szenario der Faktor Klimaschutzplan (KS95) 2050, also ein ambitionierter Bundesmix, herangezogen (vgl. Tabelle 3).

Das KS95 beschreibt analog zur Zielsetzung des Masterplanprogramms eine bundesweite Reduktion der Treibhausgasemissionen von 95 % gegenüber 1990.

Voraussetzung für dieses ambitionierte Ziel ist u.a. die Reduktion des Emissionsfaktors für den bundesweiten Strommix.

Tabelle 3 Bandbreiten für Strom – THG-Emissionsfaktoren (Bundesmix)
Quelle: [ifeu 2017b],
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 sinkt im Modell entsprechend dem Anteil von Synthesegas (SynGas) bis 2050, da diese überwiegend auf Erdgas basiert (BHKW- und GuD-Anlage). Es handelt sich dabei um Gas aus Power-to-Gas-Prozessen, wobei Strom aus fluktuierenden erneuerbaren Energien (Windenergie, Photovoltaik) genutzt wird, um per Elektrolyse Was-

ser in Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten. Der Wasserstoff reagiert anschließend mit Kohlenstoffdioxid zu Methan, welches anstelle von Erdgas ins Gasnetz eingespeist werden kann. Allerdings spielen dort auch Abfall und Solarthermie eine geringfügige Rolle. Eine ausführliche Erläuterung zur Entwicklung des Emissionsfaktors der Fernwärme in den beiden Szenarien beinhaltet das Kapitel 5 Energieerzeugung.

Heizöl & Erdgas

Für das TREND-Szenario wurden die Emissionsfaktoren für Heizöl und Erdgas mit GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) für das Jahr 2030 angenommen (vgl. Tabelle 4). 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 [ifeu 2017b]. Biogaseinspeisungen oder die Substitution mit Bioöl wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 4 HG-Emissionsfaktoren Erdgas und Heizöl
Quelle: [ifeu 2017b],
Darstellung IE Leipzig

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

Für das MASTERPLAN-Szenario wird gemäß Klimaschutzplan (KS95) 2050 ein Anteil von 53 % SynGas im Gasnetz angesetzt, so dass der THG-Emissionsfaktor für Gas im Erdgasnetz ab 2030 kontinuierlich sinkt. Aber auch SynGas hat keinen Faktor

von Null, da dieser vom jährlichen Faktor des deutschen Strommix (Strom für Elektrolyse) abhängt und außerdem vom Wirkungsgrad der SynGas-Herstellung (55 %).

Power-to-X (PtX)

„Power to X“ steht allgemein für die Prozesse „Power to Gas“ und „Power to Liquid“ – somit für die Prozesse, bei denen erneuerbarer Strom genutzt wird, um synthetische Gase oder Brennstoffe herzustellen. Für solche strombasierte Energieträger (PtX) hängen die THG-Emissionsfaktoren von dem zu Grunde liegenden Strommix ab (vgl. Tabelle 5). Es wird daher mit dem durchschnittlichen Wert des Bundesstrommix gerechnet. 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 5). Der Stromemissionsfaktor wird mit dem Wirkungsgrad multipliziert, um entsprechende Emissionsfaktoren zu erhalten [ifeu 2017b].

Tabelle 5 Wirkungsgrade für PtX-Energieträger
Quelle: [ifeu 2017b]

	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

Mittels der Datengüte wird die Aussagekraft der Bilanz und der ihr zu Grunde liegenden Daten beschrieben [ifeu 2017b].

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 Energie- und CO₂-Bilanz der Stadt wurde bisher im Rahmen der Erstellung der Energiekonzepte für die Stadt Mainz vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (kurz: ifeu) für die Jahre 1990, 1997 und 2005 bilanziert [ifeu 2008].

Seit 2010 wird die Energie- und CO₂-Bilanzierung vom Grün- und Umweltamt der Stadt Mainz durchgeführt und dafür die Online-Plattform „ECOREgion“ verwendet [Stadt Mainz 2014] & [Stadt Mainz 2013]. In „ECOREgion“ lagen die Daten bis zum Jahr 2013 vor. Für die Bilanzierung im Rahmen des Masterplan-

Projektes wurden die Daten aus „ECOREgion“ in das neue Online-Tool „Klimaschutz-Planer“ exportiert. Für das derzeit aktuelle Ausgangsjahr 2014 wurden die relevanten Daten neu erhoben und in das Bilanzierungstool aufgenommen. Die Datengüte der Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Mainz beläuft sich für das Jahr 2014 auf 0,83 und kann somit als „gut“ eingestuft werden.

Für die Energieverbräuche von Strom, Erdgas sowie Nah- und Fernwärme konnte auf Primärdaten der Energieversorger (Datengüte 1) zurückgegriffen werden. Insgesamt hatten die Verbräuche dieser leitungsgebundenen Energieversorgung im Jahr 2014 einen Anteil von etwa 68 % 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 etwa 0,5. Schlechte Datengüte (0 bzw. 0,25) wurde bei den Energieträgern Flüssiggas und Heizöl vergeben, da der Verbrauch hier lediglich über Sekundärdaten abgeschätzt werden konnte.

4.2 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 Mainz entwickelt. Es werden nicht nur die Pfade der künftigen Entwicklung hinsichtlich der damit verbundenen technischen Maßnahmenideen konzipiert, sondern auch die – vor allem für das **MASTERPLAN-Szenario** – betreffenden Handlungsfelder bestimmt.

Im **TREND-Szenario** (= 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 2015] unter Berücksichtigung lokaler Rahmenbedingungen in der Stadt Mainz bis zum Jahr 2050 abzeichnet.

Es werden somit keine Maßnahmenideen 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 TREND-Szenario (vgl. Abbildung 16) stellt somit einen wahrscheinlichen Pfad dar, wenn die existierenden energie- und klimapolitischen Instrumente in die Zukunft fortgeschrieben und nicht zielorientierter effektiviert werden.

Zum Beispiel wird von Folgendem ausgegangen:

- Steigende Effizienzanforderungen im industriellen und gewerblichen Sektor zur Erlangung von Steuer- und Umlageerleichterungen
- Keine Technologie- bzw. Innovationssprünge
- Trägheiten und Beharrungskräfte innerhalb der Volkswirtschaft (z. B. Investitionen orientieren sich an den ökonomisch typischen Investitionszyklen)
- Hemmnisse wirtschaftlicher, anwendungsbezogener, marktstruktureller sowie informationeller Natur bleiben bestehen

Das **MASTERPLAN-Szenario** für die Stadt Mainz orientiert sich an den Zielen des Masterplan-Projektes „100 % Klimaschutz“ für die lokale Ebene, 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 MASTERPLAN-Szenario 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 MASTERPLAN-Szenarios für die Stadt Mainz steht die Fragestellung im Mittelpunkt, welche Handlungsfelder bis zum Jahr 2050 bearbeitet werden müssen, damit ein erfolgreicher Weg eingeschlagen werden kann (vgl. Abbildung 16).

Hierfür wurden folgende grundlegende Annahmen getroffen:

- Die zusätzlichen Maßnahmenideen 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 Maßnahmenideen sind technologieoffen; d.h. es werden auch Technologien wie Power to Gas (PtG), Power to Liquid (PtL) u.a. berücksichtigt.
- Die Realisierung der Maßnahmenideen bedarf einer intensiven und aktiven Beteiligung aller Akteurinnen und Akteure

Als Ergebnis liegen zwei Pfade vor, die die Bandbreite der möglichen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen in den Sektoren für die Stadt Mainz aufzeigen. Bei der Erstellung der Szenarien wird der BSKO-Standard angewendet (vgl. Kapitel 4.1 Bilanzierungsmethodik). Die Ergebnisse der Szenarien sind witterungsbereinigt. In den Szenarien wird von einheitlichen lokalen – d.h. der Stadt Mainz entsprechenden – Entwicklungen der sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen ausgegangen, die im folgenden Kapitel 4.3 dargestellt sind.



Abbildung 16 Prämissen der beiden Szenarien
Quelle: Darstellung IE Leipzig

4.3 Rahmenbedingungen

Als Basis für die zukünftige Entwicklung der Stadt Mainz 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.

4.3.1 Demographie und Wohnen

In Mainz ist der demographische Wandel und die damit verbundenen Konsequenzen, wie auch in anderen deutschen Städten, ein wichtiges Thema. Hierbei sind strukturelle Verschiebungen in der Einwohnerzusammensetzung in den kommenden Jahren zu erwarten, wobei sich auch in Mainz der Trend zu einer heterogenen und älter werdenden Bevölkerung abzeichnen wird (vgl. Abbildung 17).

stieg der Bevölkerung, aber auch ein deutlicher Rückgang zu erwarten ist (vgl. Abbildung 18). Basis für diese Prognosen bilden die Bevölkerungsvorausrechnungen des Statistischen Landesamt Rheinland-Pfalz [Stala RP 2014].

Die langfristige Entwicklung der Einwohnerzahlen ist steigend. Gegenüber 1990 ist für das Jahr 2014 ein Zuwachs von 14 % zu verzeichnen (Abbildung 18). Für die Entwicklung bis zum Jahr 2050 gibt es derzeit mehrere Varianten, in denen sowohl ein leichter An-

Für das Jahr 2050 liegen keine lokalen Datenquellen vor. Eine Rückkopplung zu anderen relevanten Einflussfaktoren, wie etwa den lokalen Wohnungsmärkten, erfolgt bei einer Vorausberechnung auf Landesebene nicht [Stadt Mainz 2016a].

Für eine einzelne Gebietskörperschaft, wie die Stadt Mainz, haben Prognosen ab 2035 somit noch Modellcharakter.

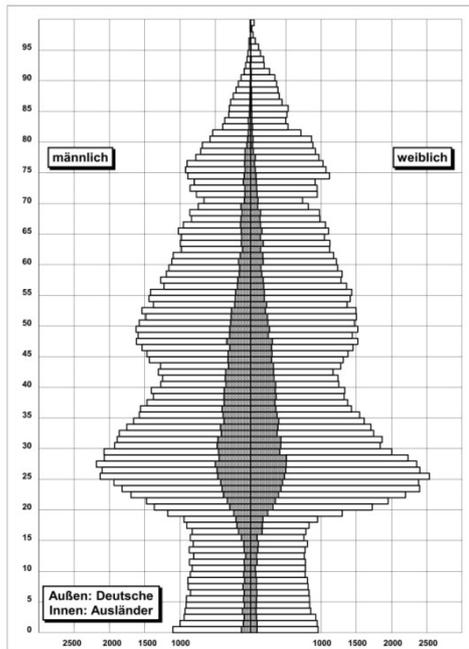


Abbildung 17 Altersaufbau der wohnberechtigten Bevölkerung in Mainz am 31.12.2015
(Daten: Einwohnermelderegister; gemeldete Personen mit Haupt- und Nebenwohnsitz
Quelle: [Stadt Mainz 2016b])

Bevölkerungsvorausberechnungen sind mit Unsicherheiten behaftet, „umso größer [sie] sind [und] je kleiner räumiger sie vorgenommen werden.¹“

- In der oberen Variante steigt die Einwohnerzahl bis zum Jahr 2050 um 1 % auf 211.500 Einwohner
- In der mittleren Variante wird ein Rückgang von 3 % auf 201.541 erwartet.
- Die untere Variante zeigt eine Reduzierung um 10 % bis zum Jahr 2050 auf.

¹ Statistische Analysen Nr. 35, 2015: Rheinland-Pfalz 2060, Vierte regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung (Basisjahr 2013), S. 51

Aufgrund der Standortfaktoren der Stadt Mainz, zu denen u.a. der Hochschulstandort, das Rhein-Main-Gebiet und Mainz als Landeshauptstadt zählen, erscheint die untere Variante unwahrscheinlich. Weiterhin wird angenommen, dass die wirtschaftliche Stärke der Stadt und der Region junge Menschen und ausländische Zuwanderer anziehen wird. Insgesamt erscheint die obere Variante als plausible Option, wohingegen die mittlere Variante den denkbaren Entwicklungspfad bildet.

Die Anzahl der Wohneinheiten in Mainz stieg von 86.300 im Jahr 1990 auf 108.764 im Jahr 2014. Dies entspricht einer Steigerung von ca. 26 % (vgl. Abbildung 19). Die Wohnfläche vergrößerte sich um 33 % von 6,4 Mio. m² im Jahr 1990 auf 8,5 Mio. m² im Jahr 2014 (Ø ca. + 0,8 % pro Jahr). Der Anstieg der Wohneinheiten liegt auch darin begründet, dass die Anzahl der Personen je Wohneinheit kontinuierlich sinkt. Lebten im Jahr 1990 noch 2,13 Personen in einer Wohneinheit, sind es 2014 nur noch 1,93 Personen [Stala RP 2017c]; [Stadt Mainz 2016b].

Dies spiegelt sich auch in der Entwicklung der Wohnfläche je Einwohner wieder. Heute steht einem Bewohner eine Wohnfläche von durchschnittlich 40,8 m² zur Verfügung, 1990 waren es 35,0 m²; das entspricht einem Anstieg von 17 %, (Ø ca. + 0,6 % pro Jahr) [Stala RP 2017c]; [Stala RP 2011], [Stadt Mainz 2016b].

Sowohl im Trend- als auch im MASTERPLAN-Szenario 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 40,8 m² im Jahr 2014 auf 49,0 m² im Jahr 2050 weiter ansteigt (Ø ca. + 0,5 % pro Jahr).

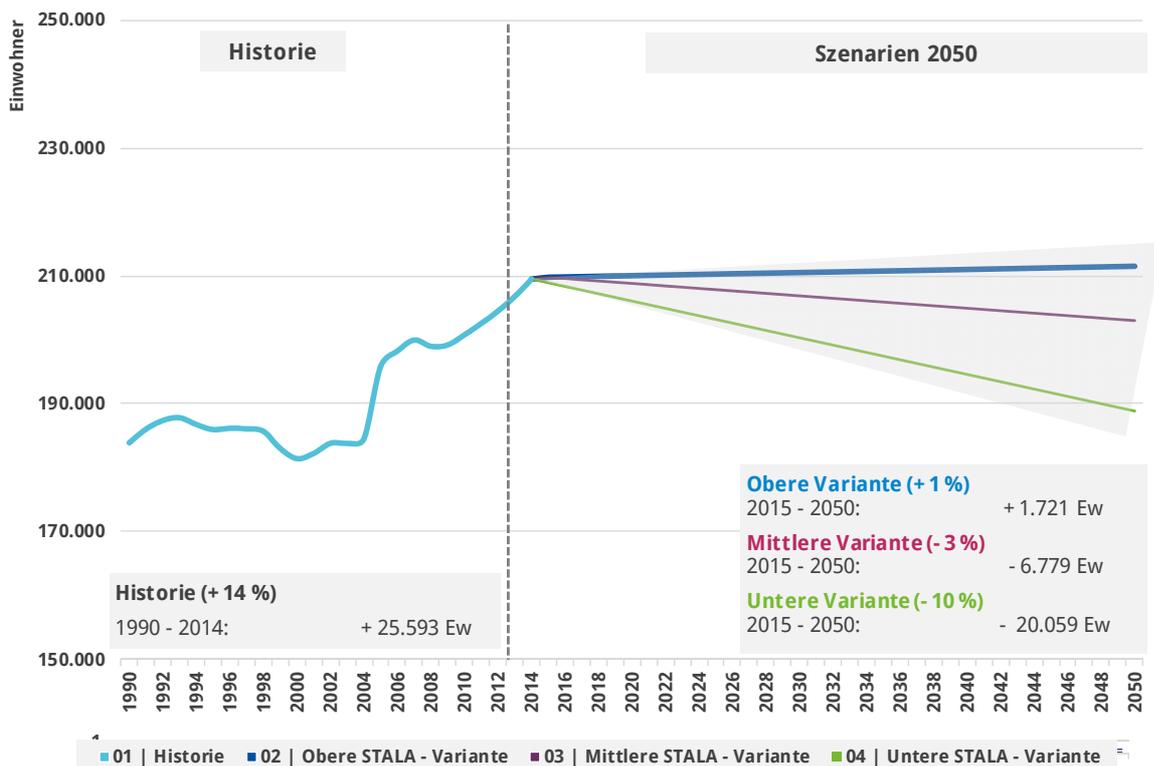


Abbildung 18 Historie und Projektionen der Einwohnerentwicklung in der Stadt Mainz

Quelle: [Stadt Mainz 2016a], Darstellung IE Leipzig
 Anmerkung: 2014 – 2015 Fortschreibung der Stadt Mainz mit Haupt- und Nebenwohnsitz, 1990 – 2013 Fortschreibung des STALA RP zzgl. Nebenwohnsitze, seit Einführung der Zweitwohnsitzabgabe im Jahr 2005 bewegt sich ihre Zahl auf einem Niveau von ca. 2.500 bis 3.000 Personen)
 Fortschreibung bis 2050: Zahlen des [Stala RP 2014]

Die leicht steigende Bevölkerung und die zunehmende Wohnfläche je Einwohner führen insgesamt zu einer steigenden Wohnfläche (2015 bis 2050: ca. + 19 %). Auch die beobachtete rückläufige Belegungs-

quote je Wohneinheit wird bis 2050 anhalten, so dass die Zahl der Einwohner je Wohneinheit von 1,93 Einwohnern im Jahr 2014 auf 1,6 Einwohner je Wohneinheit zurückgeht (vgl. Abbildung 20).

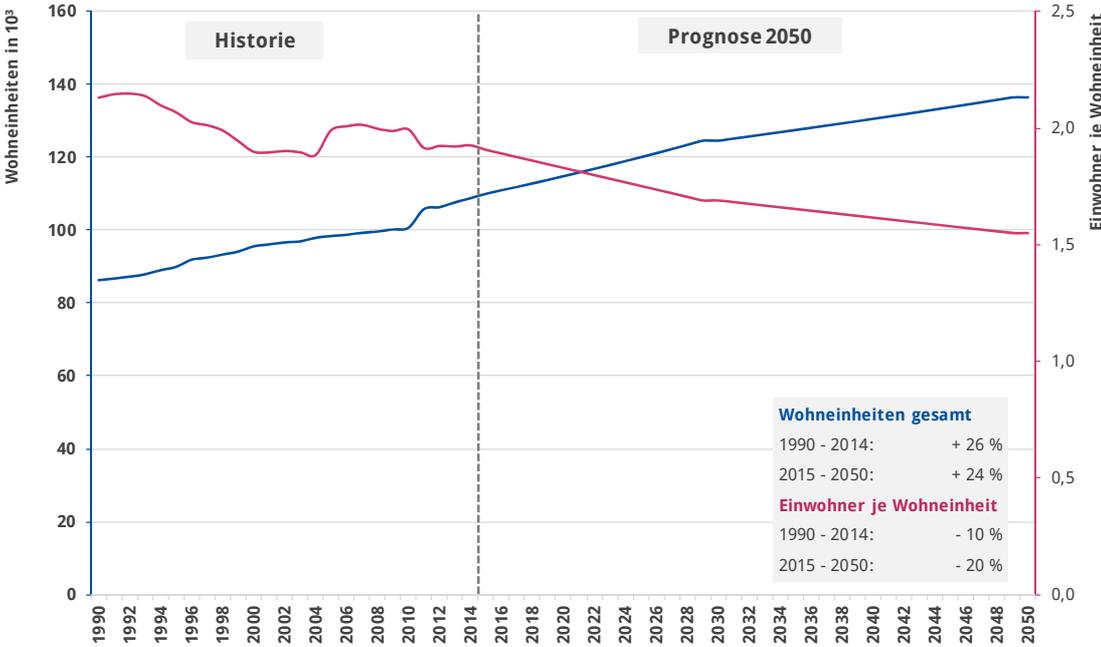


Abbildung 19 Entwicklung der Wohneinheiten in der Stadt Mainz
 Quelle: [Stala RP 2017c], [Stala RP 2011], [Stala RP 2017c] Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

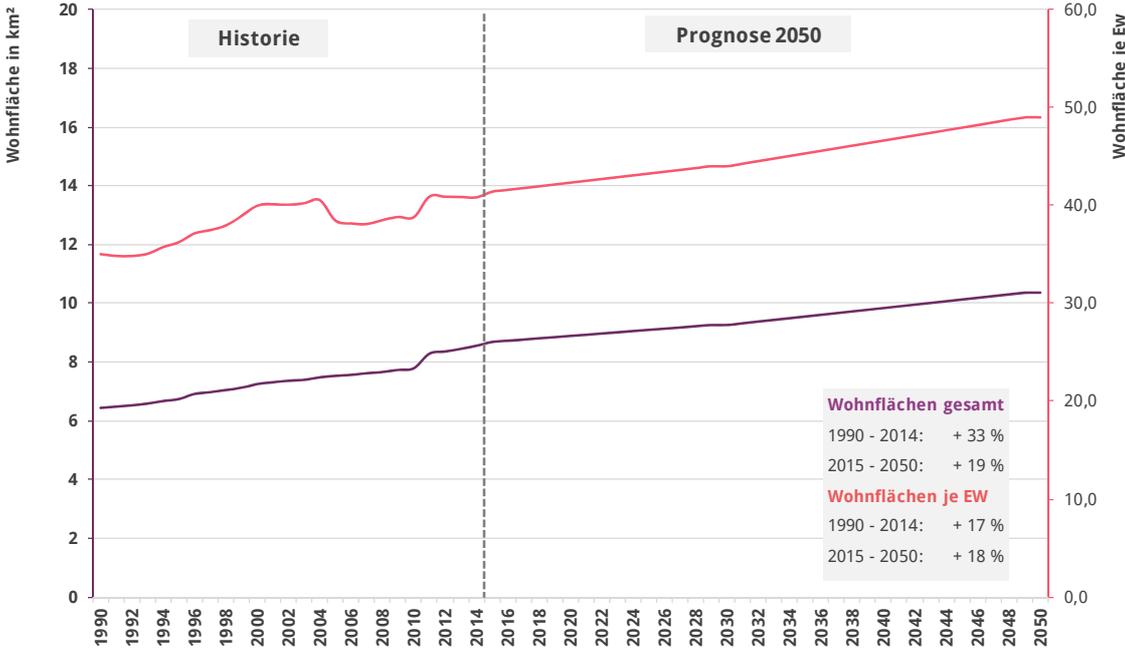


Abbildung 20 Entwicklung der Wohnflächen in der Stadt Mainz
 Quelle: [Stala RP 2017c], [Stala RP 2011], [Stala RP 2017c] Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

4.3.2 Wirtschaft

Über den Zeitraum von 2000 bis 2014 betrachtet, liegt das Bruttoinlandsproduktwachstum (BIP) der Stadt Mainz bei \emptyset ca. + 0,8 % pro Jahr. Die zukünftige Entwicklung des BIP wird in Anlehnung an die für Deutschland angenommene Entwicklung [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015], unter Berücksichtigung der spezifischen Wirtschaftsstruktur der Stadt Mainz sowie dem im Vergleich zur gesamtdeutschen Ebene deutlicheren Bevölkerungsrückgang, fortgeschrieben.

Im bundesdeutschen Klimaschutzszenario 2050 wird für die Projektion des preisbereinigten BIP im Durchschnitt ein Wachstum von 0,78 % pro Jahr für den Zeitraum 2010 bis 2050 für Deutschland ausgegangen [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015]. Für die Stadt Mainz wird von einem langfristigen Wachstum des BIP um jährlich durchschnittlich 0,7 % (preisbereinigt, real) bis zum Jahr 2050 ausgegangen (vgl. Abbildung 21).

Hinter der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, ausgedrückt in Form des Bruttoinlandsproduktes, verbergen sich unterschiedliche Veränderungen in den einzelnen Branchen. Diese Veränderungen lassen sich anhand der realen Bruttowertschöpfung, d.h. preisbereinigt mit Basis 2010, anhand der folgenden Wirtschaftsbereiche bzw. Sektoren charakterisieren:

- 01 | Land- und Forstwirtschaft
- 02 | Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau
- 03 | Wirtschaftsdienstleistungen
- 04 | Öffentliche Dienstleistungen

Gegenüber dem Jahr 2001 erhöhte sich die reale Bruttowertschöpfung im Primär- (01) und Sekundärsektor (02) um ca. 50 % bis zum Jahr 2014. Maßgeblich für diese Entwicklung war dabei das Verarbeitende Gewerbe. Im Dienstleistungssektor (03, 04) konnten hingegen im gleichen Zeitraum deutlich geringere Bruttowertschöpfungszuwächse von ca. 12 % verzeichnet werden.

Die zukünftige Entwicklung der Bruttowertschöpfung wird in Anlehnung an die für Deutschland angenommene Entwicklung [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015] unter Berücksichtigung der spezifischen Wirtschaftsstruktur der Stadt Mainz fortgeschrieben.

Es wird nicht davon ausgegangen, dass sich die Wirtschaftsstruktur der Stadt Mainz 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 sich dementsprechend die Bedeutung der Wirtschaftsdienstleistungen erhöht (vgl. Tabelle 6).

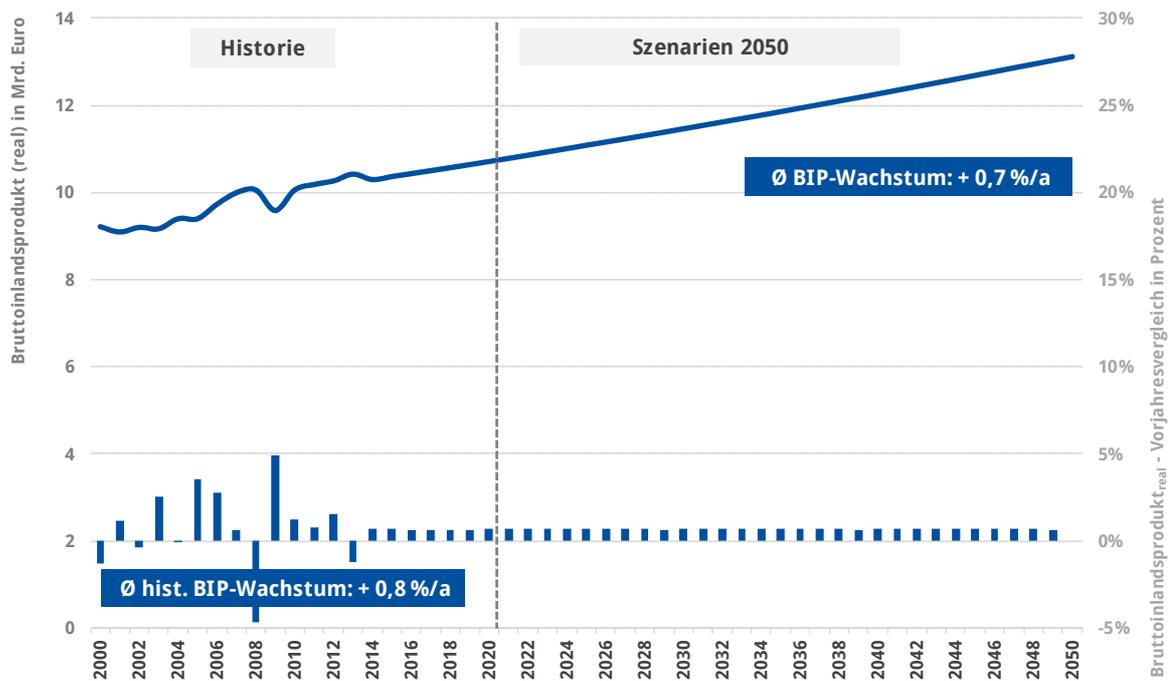


Abbildung 21 Historie und Projektion des Bruttoinlandsprodukt (real)
 Quelle: [Stadt Mainz 2016b] [Stala RP 2017b] [Stala RP 2017a] [Stala RP 2015], [vgrdl 2017]
 Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

Tabelle 6 Historie und Projektion der Bruttowertschöpfung nach Sektoren (preisbereinigt, Basis 2010)
 Quelle: [Stala RP 2017a], [Stala RP 2015], [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

Bruttowertschöpfung _{real} in Mrd. Euro	2001	2014	2020	2030	2040	2050
01 Land- und Forstwirtschaft	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
02 Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau	0,9	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
03 Wirtschaftsdienstleistungen	4,9	5,6	6,0	6,4	6,9	7,3
04 Öffentliche Dienstleistungen	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
Mainz Gesamt	8,3	9,7	10,3	11,1	11,9	12,6

Öffentliche Dienstleistungen (05), welche vor allem Leistungen des Bundeslandes Rheinland-Pfalz beinhalten, werden ebenfalls ansteigen. Die Zahl der Erwerbstätigen in der Stadt Mainz steigt seit 2000 kontinuierlich an und erhöhte sich um 11 % (+ ca. 15.000 Erwerbstätige). Langfristig, bis 2050 betrachtet, wird

die Anzahl der Erwerbstätigen relativ konstant bleiben, wobei – in Anlehnung an die Einwohnerentwicklung – die Zahl der Erwerbstätigen zunächst mittelfristig steigen und anschließend leicht sinken wird (vgl. Abbildung 22).

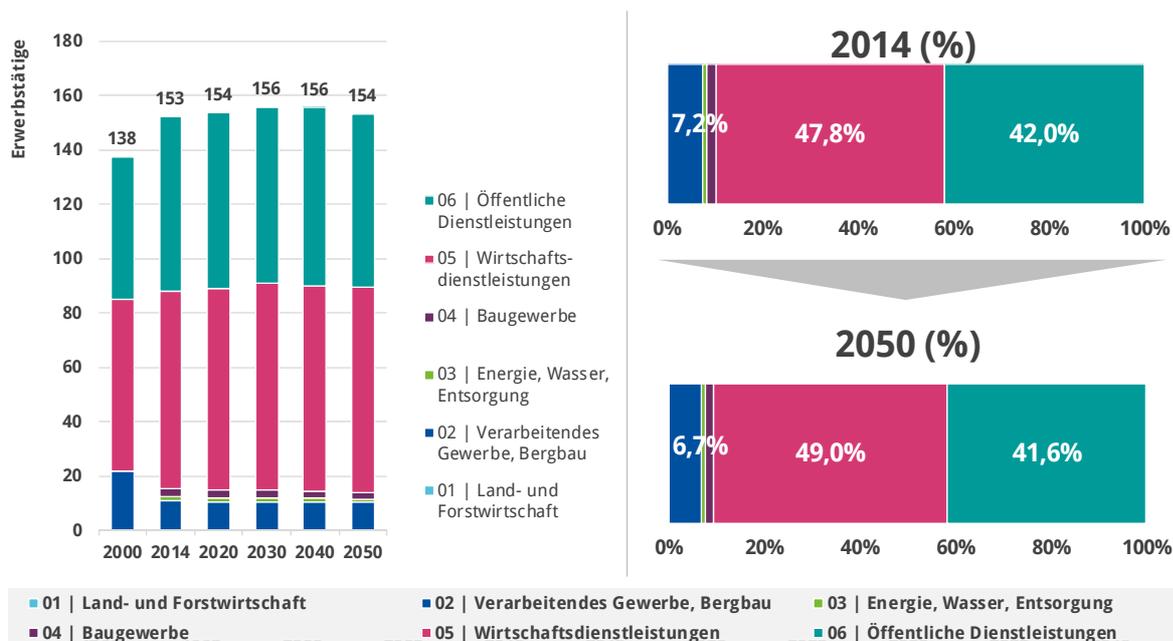


Abbildung 22 Historie und Projektion der Zahl der Erwerbstätigen nach Sektoren
 Quelle: [Stadt Mainz 2016b], [Stala RP 2017a], [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015], Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

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 Mainz haben. Abbildung 23 zeigt den indizierte Verlauf dieser Entwicklungsgrößen im Zeitraum 1990/2000 bis 2050 im Vergleich.

Im Zeitraum 2014 bis 2050 zeigen sich ein leichter Anstieg der Einwohner sowie 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.

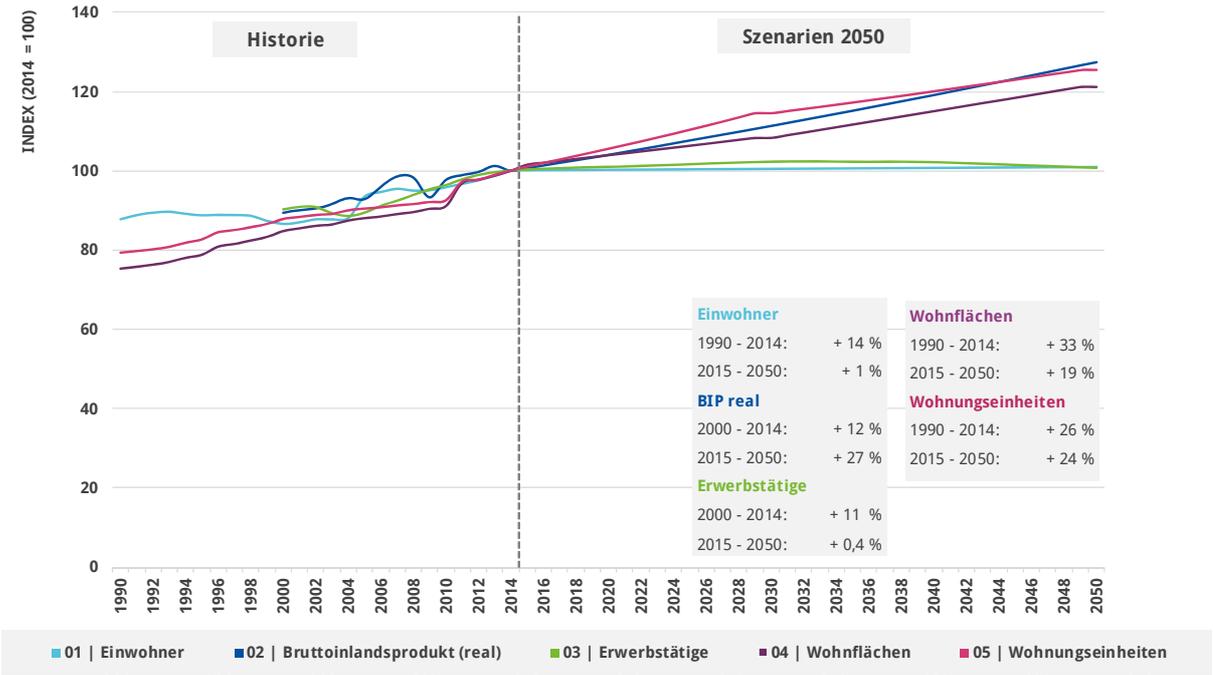


Abbildung 23 Index zu den sozioökonomischen Rahmenbedingungen im Überblick (2014 = 100)

Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

5 Energieerzeugung und -versorgung bis 2050

In diesem Kapitel wird der in Mainz vorliegende Kraftwerkspark zur Vor-Ort-Erzeugung von Strom und Fernwärme dargestellt und darauf basierend die daraus abgeleiteten THG-Emissionen gemäß einem Trend- und MASTERPLAN-Szenario 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.

5.1 Ausgangslage

5.1.1 Stromversorgung

Die wichtigsten Stromerzeugungsanlagen der Landeshauptstadt Mainz stellen seit dem hier betrachteten Basisjahr 1990 folgende Kraftwerke dar [KMW 2002], [KMW 2015], [KMW 2016]:

- Kraftwerk 1: Es handelt sich dabei um ein im Jahr 1958 ans Netz gegangenes Steinkohlekraftwerk, bestehend aus drei nacheinander in Betrieb genommenen Kohleblöcken, mit einer elektrischen Leistung von 300 MW. Dieses wurde im Jahr 2000 abgerissen und durch ein GuD-Kraftwerk ersetzt.
- Kraftwerk 2: Darüber hinaus existiert am Standort Ingelheimer Aue ein 1977 fertiggestellter gas- oder ölbefueter Kombiblock (vgl. Abbildung 24) welcher allerdings vorläufig stillgelegt ist. Das „Kraftwerk 2“ mit einer elektrischen Leistung von 370 MW ist als systemrelevantes Kraftwerk ausgewiesen und dient als Kaltreserve der Bundesnetzagentur (BNetzA) zum optionalen Einsatz bei Engpässen in der deutschen Stromerzeugung.
- Kraftwerk 3: Nach dem Abriss des Kohlekraftwerkes (Kraftwerk 1) wurde auf der Ingelheimer Aue ein als modernstes der Welt geltendes Gas- und

Dampfkraftwerk (GuD) mit einer elektrischen Leistung von rd. 420 MW in Betrieb genommen.

- Müllheizkraftwerk: Das neben der GuD-Anlage stationierte Müllheizkraftwerk ging im Jahr 2004 ans Netz und liefert seinen aus Abfallverbrennung erzeugten Dampf an die KMW. Der Dampf wird – je nach Optimierungsweg – zur Stromerzeugung oder Fernwärmeversorgung genutzt.



Abbildung 24 Kraftwerk 2 der KMW
Quelle: [KMW 2016]

Bei dem Müllheizkraftwerk (MHKW) der Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM) sowie dem Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD) der Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG (KMW) handelt es sich

in beiden Fällen um Anlagen auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), so dass diese nachfolgend bei der Wärmeversorgung behandelt werden.

5.1.2 Gasversorgung

Das Gasversorgungsgebiet wird ebenfalls von der Stadtwerke Mainz Netze GmbH betrieben und weist im Jahr 2015 folgende Leitungslängen auf [KMW 2015]:

▪ Hochdruckleitungen (HD):	153,8 km
▪ Mitteldruckleitungen (MD):	48,5 km
▪ Niederdruckleitungen (ND):	743,3 km

Energiepark Mainz

Im Juli 2015 haben die Mainzer Stadtwerke, Linde Group und Siemens unter wissenschaftlicher Begleitung der Hochschule RheinMain als Partner im Mainzer Stadtteil Hechtsheim eine Power-to-Gas-Anlage in Betrieb genommen (vgl. Abbildung 25). Überschüssiger Strom aus den benachbarten Windenergieanlagen soll genutzt werden, um mittels Elektrolyse Wasser in

Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten. Der Wasserstoff soll anschließend energetisch genutzt werden.

Der Standort des eigens dafür geplanten „Energiepark Mainz“ wurde wegen der Verfügbarkeit von EEG-Anlagen sowie von Strom- und Gasnetzen ausgewählt. Es handelt sich dabei um ein Forschungsprojekt und umfasst Investitionen von ca. 17 Mio. €, welche zur Hälfte vom BMWi im Rahmen der „Förderinitiative Energiespeicher“ getragen werden. Der Elektrolyseur kann eine elektrische Leistung von 6 MW aufnehmen, wobei drei Elektrolyseeinheiten in einer größeren Elektrolysehalle betrieben werden. Während der entstehende Sauerstoff an die Umgebung abgegeben wird, wird der „grüne Wasserstoff“ sowohl an Industrieverbraucher als auch an Wasserstoff-Tankstellen geliefert [EPM 2016].

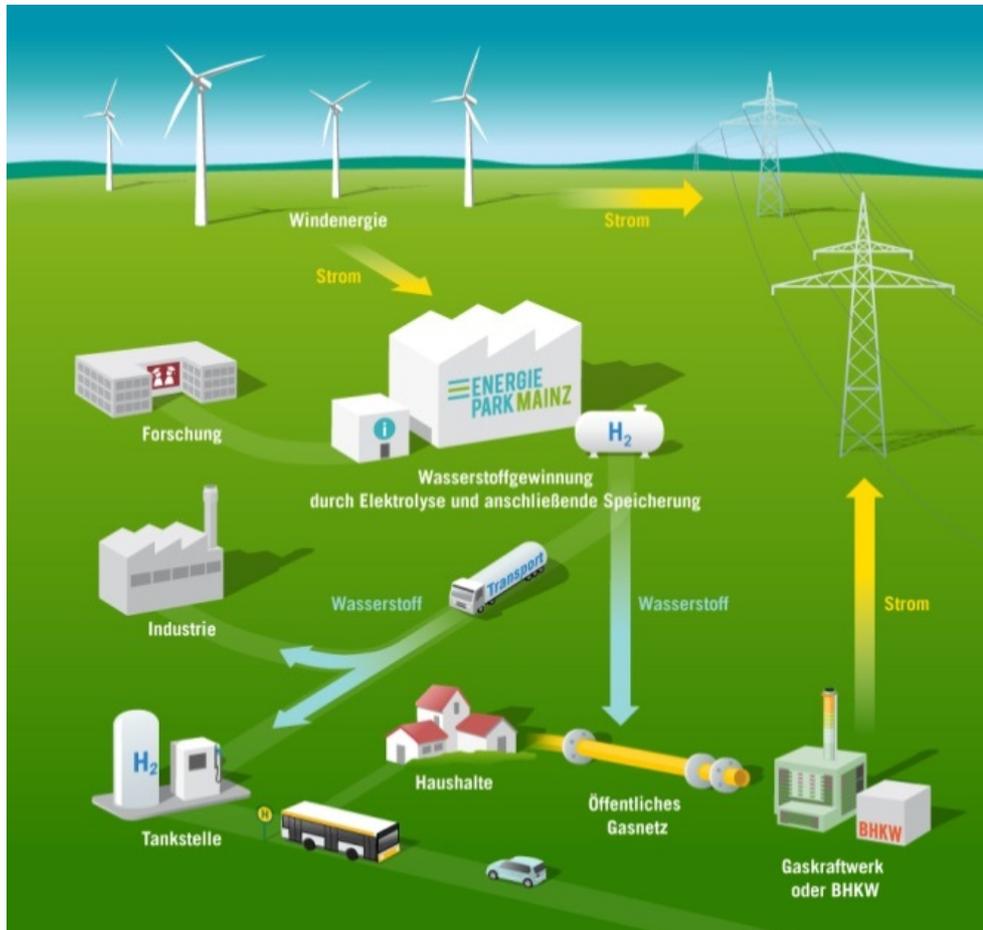


Abbildung 25 Kreislauf Energiepark Mainz
Quelle: [EPM 2016]

5.1.3 Wärmeversorgung

In der Landeshauptstadt Mainz ist seit dem Jahr 2003 ein Müllheizkraftwerk (MHKW) der Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM) in Betrieb, welches seinen bei der Müllverbrennung entstehenden Dampf an die Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG (KMW) abgibt, wodurch es zu einer erheblichen Einsparung von Primärenergie in Form von Erdgas kommt und damit einhergehend der CO₂-Ausstoß reduziert wird. Somit werden die Fernwärmeversorgung der Landes-

hauptstadt Mainz sowie die Lieferung von Prozessdampf für Industriebetriebe in der Grundlast sichergestellt.

EGM-Müllheizkraftwerk

Das im Industriegebiet Ingelheimer Aue stationierte MHKW verfügt über drei Verbrennungslinien (die dritte wurde im Jahr 2008 in Betrieb genommen) und weist eine Verbrennungsleistung von ca. 340.000 t

Abfall pro Jahr auf. Es befindet sich direkt am Standort der KMW, um die konsequente Einbindung der zuvor genannten Infrastruktur und der sich daraus ergebenden Synergieeffekte nutzen zu können [EGM 2016]. Das Schema der Abfallverwertung ist in Abbildung 26 dargestellt.

Das **Abfallaufkommen** und die damit verbundene betriebswirtschaftlich notwendige Anlagenauslastung erfolgt durch Entsorgungs- und Auslastungsverträge mit folgenden Institutionen [EGM 2016]:

- Stadt Mainz
- Landkreis Mainz-Bingen
- Donnersbergkreis
- REMONDIS GmbH & Co. KG

Bei der **Abfallverbrennung** verliert der Abfall – je nach Zusammensetzung – durchschnittlich 90 % seines Volumens und ca. 70 % seines Gewichtes, wodurch auch die zu deponierenden Abfallmengen mit den darin enthaltenen Schadstoffen entsprechend der Vorgaben der TA Siedlungsabfall verringert werden.

Die zurückbleibende inerte Schlacke sowie die bei der Abgasreinigung abgetrennten Verbrennungsrückstände werden in dafür zu gelassene Aufbereitungs- und Verwertungsanlagen weitergeleitet und kommen wieder als Rohstoff für den Deponiebau, der Eisenhütten-Industrie oder in Salzbergwerken zum Einsatz.

Die **Abfallannahme** erfolgt in einer Entladehalle über sieben Abkipfstellen in den Müllbunker. Der mit Müllfahrzeugen angelieferte Sperrmüll wird separat in einer Rotorschere zerkleinert und über ein Förderband ebenfalls in den Müllbunker gegeben. Bioabfall wird hingegen über Abwurfschächte in Großpressbehälter gefüllt und der Wiederverwertung zugeführt. Eine im

Müllbunker installierte Krananlage sorgt für eine homogene Durchmischung und konstante Verbrennung des Abfalls, während die Absaugung der Verbrennungsluft einen Unterdruck erzeugt und damit das Austreten von Geruchsemissionen verhindert [EGM 2016].

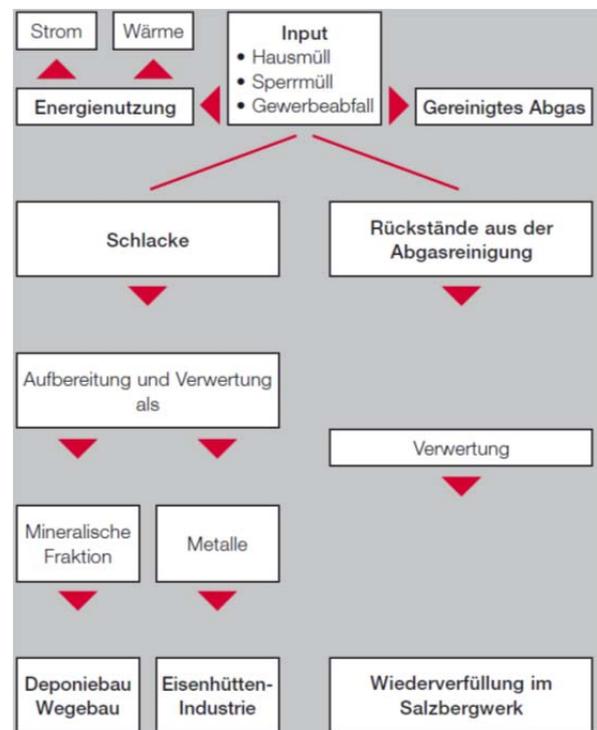


Abbildung 26 Abfallverwertung im MHKW Mainz
Quelle: [EGM 2016]

Die **thermische Abfallbehandlung** beginnt mit der Aufgabe der Restabfälle auf Verbrennungsroste über Aufgabeschächte der drei Verbrennungslinien mittels Dosierstößeln. Die vorhandenen Gasbrenner werden zum Vorheizen des Verbrennungsraums auf eine Mindestverbrennungstemperatur von 850 °C an- und danach wieder abgeschaltet, da der Abfall einen hohen Heizwert aufweist und ohne weitere Zufuhr von Primärenergie selbstgänglich verbrennt. Die für die Abfallverbrennung erforderliche Verbrennungsluft

wird über dem Abfallbunker angesaugt, über Wärmetauscher vorgewärmt und in den Feuerraum eingeblasen, sodass sich eine Verbrennungstemperatur oberhalb 1.000 °C einstellt. Die ca. 1 Stunde auf dem Verbrennungsrost verbliebenen Verbrennungsrückstände gelangen über einen Nassentschlacker in den Schlackebunker und werden anschließend extern in einer Schlackenaufbereitungsanlage in mehreren Verfahrensschritten aufbereitet.

KMW-GuD-Kraftwerk

Am Standort Ingelheimer Aue befindet sich auch das seit 2001 in Betrieb auf Erdgasbasis befindliche GuD-Kraftwerk (auch „Kraftwerk 3“ genannt) der Kraft-

werke Mainz-Wiesbaden GmbH (KMW), welches als eines der effizientesten GuD-Kraftwerke der Welt gilt. Es arbeitet ebenfalls mittels Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und weist wegen der gekoppelten Strom-, Fernwärme- und Prozessdampferzeugung einen Gesamt-Brennstoffnutzungsgrad von rund 80 % auf. Der vergleichsweise niedrige – von EEB ENERKO im Jahr 2014 zertifizierte – Primärenergiefaktor der Fernwärme von $f_p = 0,32$ ergibt sich vor allem auch durch die (bereits erläuterte) Kopplung mit dem MHKW Mainz gemäß dem in Abbildung 27 aufgezeigten Anlagenschema. Das Kraftwerk umfasst die in Tabelle 7 aufgeführten Anlagen mit den entsprechenden Kenndaten [KMW 2016].

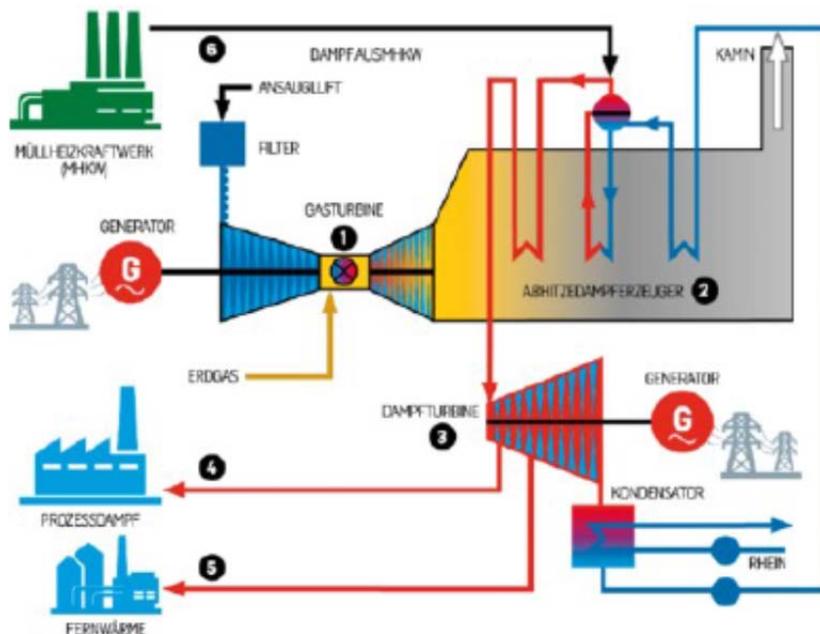


Abbildung 27 Anlagenschema des GuD-Kraftwerks in Mainz

Quelle: [KMW 2002]

Tabelle 7 Anlagenkenndaten des GuD-Kraftwerks in Mainz
Quelle: [KMW 2002] Darstellung: IE Leipzig

Gasturbine	
Modell	Siemens V94.3A2
Feuerungswärmeleistung (Erdgasbetrieb)	682 MW
Generatorleistung	265 MW
Dampfturbine	
Bauart	3-gehäusige Entnahme-Kondensationsturbine
Generatorleistung	265 MW
Abhitzedampferzeuger	
Bauart	3-Druck mit Zwischenüberhitzung
Frischdampfdruck	110 bar
Frischdampftemperatur	550 °C / 560 °C
Frischdampfmenge	278 t/h
Abgastemperatur	84 °C
Hilfsdampferzeuger	
Dampfleistung	30 t/h
Feuerungswärmeleistung (Erdgasbetrieb)	26 MW
Gesamtanlage	
Nettoleistung	406 MW
Elektrischer Netto-Wirkungsgrad	> 58 %

In der erdgasbetriebenen Gasturbine (1) wird zunächst Strom erzeugt und ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Die heißen Verbrennungsabgase werden anschließend in den nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger weitergeleitet und der dort erzeugte Dampf der Dampfturbine zugeführt (3), wo er wiederum zur Stromerzeugung genutzt wird. Ein Teil des Dampfes wird auf unterschiedlichen Druckniveaus ausgespeist und zur Bereitstellung von Prozessdampf (4) und

Fernwärme (5) für externe Verbraucher dienlich gemacht. Der in der Dampfturbine entspannte Dampf wird im Kondensator wieder verflüssigt – als Kühlmittel dient das Flusswasser des Rhein – und zurück in den Abhitzedampferzeuger geleitet, wo es erneut durch die Verbrennungsgase der Gasturbine erhitzt und verdampft wird. Der GuD-Kreislauf beginnt somit erneut (vgl. Abbildung 27 und Tabelle 7).

Zentrales BHKW mit Wärmespeicher

Auf dem Kraftwerksgelände der Ingelheimer Aue planen die Kraftwerke Mainz Wiesbaden AG (KMW) zudem den Bau eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) mit einer Feuerungswärmeleistung von maximal 230 MW. Dieses BHKW soll aus zehn Gasmotoren mit einer Leistung von jeweils $10,3 \text{ MW}_{el}$ und 10

MW_{th} bestehen und eine Fernwärmeeinspeisung in das Netz der Heizkraftwerk GmbH Mainz (HKW) ermöglichen.

Ziel ist es vor allem, im Kraftwerkspark eine höhere Flexibilität und Effizienz zu erreichen, welche durch die kurzen An- und Abfahrtszeiten des BHKW er-

möglichst werden. Damit kann die KMW technisch und wirtschaftlich effizienter am Regelenergiemarkt teilnehmen. Somit ist ferner auch der Bau eines Wär-

mespeichers geplant, damit die BHKW-Wärme bei einer stromgeführten Fahrweise und geringem Wärmebedarf nicht verloren geht [KMW 2016].

5.2 Strategien und Maßnahmenideen

Die für die Landeshauptstadt Mainz ausgearbeiteten Maßnahmenideen im Energiesektor sind Teil folgender drei Strategien (vgl. Tabelle 8). Sie wurden im Rahmen eines Beteiligungsprozesses in der Fach-AG Energie erarbeitet:

- A1: Erhöhung der Energieeffizienz
- A2: Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung
- A3: Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung
- A4: Systemintegration: Speicherung und Steuerung

Tabelle 8 Strategien und Maßnahmenideen im Handlungsfeld Energieversorgung
Quelle: Darstellung IE Leipzig

A Energie	
1 Strategie: Erhöhung der Energieeffizienz	
A 1.1	Maßnahme: Bürgerenergie – Grundbedarfsenergie - Teilhabeenergie
A 1.2	Maßnahme: Energieplattform Mainz
2 Strategie: Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung	
A 2.1	Maßnahme: Ausbau und Entwicklung der Fernwärme
A 2.2	Maßnahme: Dezentrale Netze
A 2.3	Maßnahme: Abwärme- und Abwassernutzung
3 Strategie: Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung	
A 3.1	Maßnahme: Nutzung von Umweltwärme
A 3.2	Maßnahme: Geothermische Stromerzeugung
A 3.3	Maßnahme: Solare Wärmeenerzeugung (Private Anlagen)
A 3.4	Maßnahme: Solare Prozesswärme (Industrie)
A 3.5	Maßnahme: Solare Wärmeenerzeugung (Einbindung in Fern-/Nahwärme)
A 3.6	Maßnahme: Solare Stromerzeugung
A 3.7	Maßnahme: Wasserkraft
A 3.8	Maßnahme: Windenergie
A 3.9	Maßnahme: Biomasse/Biogas
A 3.10	Maßnahme: Bürgerenergiebeteiligung
A 3.11	Maßnahme: Städtische Einrichtungen nutzen erneuerbare Energien
4 Strategie: Systemintegration: Speicherung und Steuerung	
A 4.1	Maßnahme: Speicher
A 4.2	Maßnahme: Flexible Steuerungssysteme / virtuelle Kraftwerke

Nachfolgend werden die wichtigsten Maßnahmenideen für den Energiesektor beschrieben sowie

die entsprechenden Potenziale in der Stadt Mainz aufgezeigt.

5.2.1 Solarthermie / Photovoltaik

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

Dachanlagen

Zum Jahresende 2016 waren im Stadtgebiet Mainz 1.089 Photovoltaik-Dachanlagen (vgl. Abbildung 28) mit einer Gesamtleistung von ca. 26,1 MW installiert.

Die Stromerzeugung betrug im Jahr 2015 ca. 22.073 MWh [MSW 2017d] und deckte damit im Jahr 2015 etwa 1,6 % am Strombedarf der Stadt Mainz (ca. 1.422 GWh) [MSW 2017a]. Die durchschnittliche Anlagenleistung beträgt rund 24 kW, wobei sich die größte PV-Dachanlage mit einer installierten Leistung von ca. 722 kW auf dem Dach der OPEL ARENA (ehemals Coface Arena, vgl. Abbildung 29) befindet.

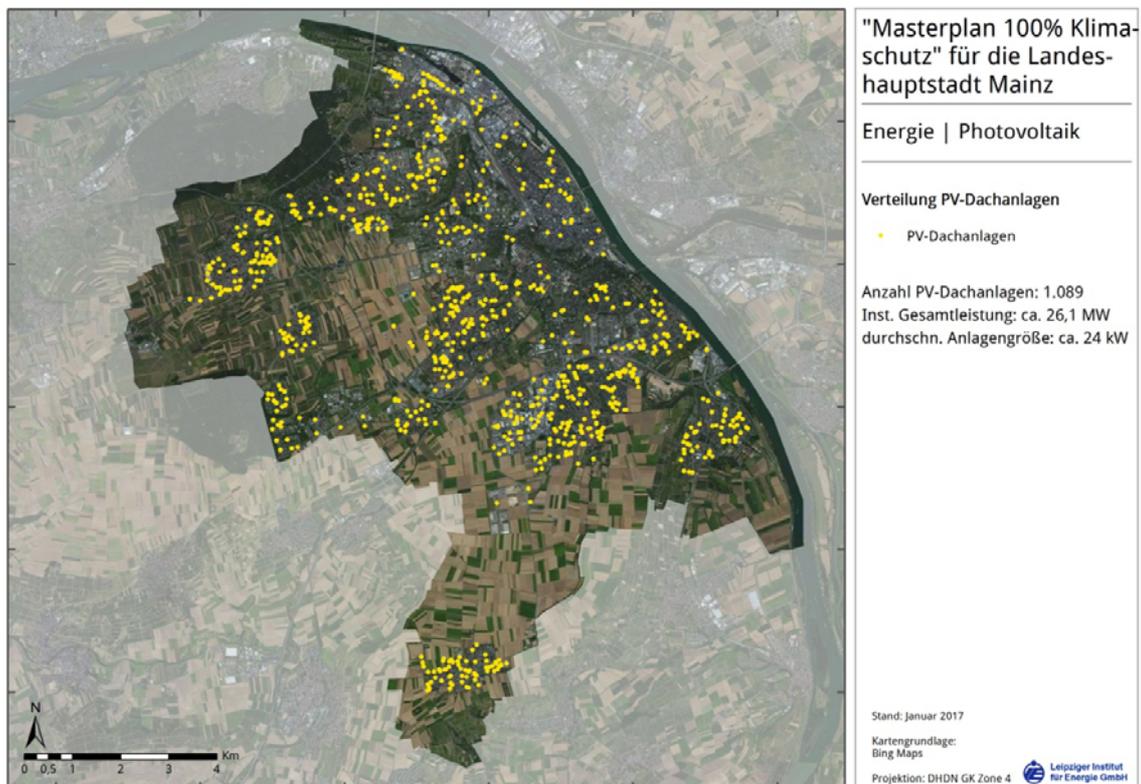


Abbildung 28 PV-Standorte in Mainz

Quelle: [BNetzA 2017a], [Amprion 2017] Darstellung IE Leipzig



Abbildung 29 PV-Dachanlage auf der OPEL ARENA
(ehemals Coface Arena)
Quelle: [Juwi 2016]

Zur Ermittlung des Dachflächenpotenzials wurden bereits mehrere Untersuchungen durchgeführt:

- Diplomarbeit „Solarkonzept Mainz – Dachpotenzialstudie für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen“
- Dachflächenerfassung RIO Energie GmbH & Co. KG
- Dachkartierung/Befliegung des Steinbeis-Transferzentrums für Geoinformation und Landmanagement

Für die weitere Betrachtung im Rahmen des Masterplans werden die Ergebnisse der Dachkartierung des Steinbeis-Transferzentrums für Geoinformation und Landmanagement berücksichtigt [TSB 2011]. In der genannten Studie wurde für die Stadt Mainz ein Dachflächenpotenzial von 4,4 Mio. m² ermittelt.

Da geeignete Dachflächen sowohl zur Gewinnung von Strom durch Photovoltaik als auch zur Erzeugung von Wärme durch Solarthermie genutzt werden können, tritt hier eine Nutzungskonkurrenz auf. Bei einem Nutzungsverhältnis von Photovoltaik zur Solarthermie in Mainz von 94,5 % zu 5,5 % (bisheriges Nutzungsverhältnis in der Stadt Mainz [TSB 2011]) ergibt sich ein Dachflächenpotenzial für Photovoltaik

von etwa 4,16 Mio. m² und für die Solarthermie von etwa 0,24 Mio. m². Das hat zur Folge, dass in Mainz Dachflächen für die Installation von ca. 509 MW Leistung zur Verfügung stehen (dieser Wert wurde auf Basis typischer Werte für den Flächenbedarf von kristallinen und Dünnschichtmodulen im Rahmen der Machbarkeitsstudie „30 % Regenerativstrom Mainz 2020“ ermittelt [TSB 2011]). Die bereits installierte Leistung entspricht ca. 5,1 % des möglichen Dachflächenpotenzials. Somit ergibt sich ein zusätzliches Ausbaupotenzial von ca. 483 MW.

Einen Überblick darüber, welches Dach sehr gut, gut oder nur bedingt geeignet ist, bietet das Mainzer Solarkataster². Die Machbarkeitsstudie [TSB 2011] liefert eine Aussage zu den Dachflächengrößen in Abhängigkeit von der Eignung, wonach ca. 42 ha sehr gut, rund 324 ha gut und etwa 50 ha bedingt geeignet sind.

Fassaden

Neben den zahlreichen zur Verfügung stehenden Dachflächen bieten sich auch Gebäudefassaden zur Installation von Photovoltaik bzw. Solarthermie an, da diese die größten Flächen eines Gebäudes darstellen. 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. Die Stromproduktion mittels Photovoltaik ist vor allem strahlungsabhängig. Da Module bei der senkrechten Montage an Fassaden nicht optimal ausgerichtet sind, liegen hier jedoch

² (<http://www.mainz.de/geoinformationen/umwelt/energie/solarkataster.php>).

ungünstigere Einstrahlungsbedingungen im Vergleich zu einer geeigneten Modulmontage auf Dächern vor.

Das Gesamtpotenzial zur Nutzung der Fassadenflächen für Photovoltaik wurde vom IE Leipzig überschlägig über die Anzahl der Gebäude abgeschätzt. So sind im Stadtgebiet geeignete Fassaden für die Installation von etwa 55,3 MW³ Leistung vorhanden.

Freiflächenanlagen

Im Stadtgebiet wurde bisher keine Photovoltaik-Freiflächenanlage errichtet [Amprion 2017].

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. Um PV-Freiflächenanlagen voran zu bringen, können die Bundesländer eigenständig Flächen kategorisieren und somit zur PV-Nutzung freigeben.

Im Rahmen des Projektes „30% Regenerativstrom Mainz 2030“ [TSB 2011] wurde bereits eine Flächenanalyse durchgeführt. Dabei wurde ein Großteil

³ Für Fassaden an Wohngebäuden nach Potenzialabschätzung IE Leipzig: ca. 26,6 MW bei vollständiger Nutzung der Fassadenflächen durch PV; Für Fassaden an Nichtwohngebäuden ca. 28,7 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.

der Flächen entlang von Autobahnen und Schienenwegen aus Gründen des Naturschutzes, des Artenschutzes usw. ausgeschlossen. Bei einem Flächenverbrauch von 2 ha/MW und der möglichen Errichtung von Freiflächenanlagen mit einer Leistung von weniger als 0,75 MW, wurden bei der Potenzialanalyse Flächen ab einer Größe von 1 ha berücksichtigt. Betrachtet man zusätzlich auch die in der o.g. Studie nicht berücksichtigten Flächen, ergeben sich folgende Potentiale: Entlang der Bahnstrecken besteht in einem Abschnitt von 110 m parallel zu den Strecken ein Flächenpotenzial von rund 28 ha. Entlang von Autobahnen ergibt sich ein Flächenpotenzial von ca. 23 ha (vgl. Abbildung 30).

Bei einem Flächenverbrauch von 2 ha/MW installierter Leistung ergäbe sich somit ein Potenzial von rund 25,5 MW entlang von Bahnstrecken und Autobahnen. Aufgrund von Nutzungskonkurrenzen erscheint eine Hebung dieses Potenzials eher unwahrscheinlich.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie „30% Regenerativstrom Mainz 2030“ [TSB 2011] wurden (103) weitere Flächen identifiziert, bewertet und kategorisiert. Dabei sind Flächen der Kategorie 1 (13) am besten geeignet und Flächen der Kategorie 3 (29) am wenigsten. Zu den 103 identifizierten Flächen gehören auch eine Konversionsfläche und drei Altablagierungen / Altlastenstandorte. Laut [TSB 2011] besitzen diese Flächen ein theoretisches Stromerzeugungspotenzial durch PV-Freiflächenanlagen von etwa 320 Mio. kWh pro Jahr. Bei dieser Annahme kommen kristalline Module mit einer Gesamtleistung von 320 MW auf einer Fläche von 844 ha zum Einsatz.

Teilweise überschneiden sich die Flächen entlang der Autobahnen und Schienenwegen mit den in der Machbarkeitsstudie ausgewiesenen 103 Flächen. Werden diese Überschneidungen berücksichtigt, ergibt sich ein Ausbaupotenzial von rund 335 MW.

Zusammenfassung Ausbaupotenzial

PV-Dachflächen:	ca. 483 MW
ST-Dachflächen:	ca. 0,24 Mio. m ²
PV-Fassaden:	ca. 55 MW
PV-Freiflächen:	ca. 335 MW

Ansätze, Handlungsschritte sowie Akteure und Zielgruppen für den weiteren Ausbau der solaren Strom-/Wärmeerzeugung liefern die Maßnahmenblätter 3.4 bzw. 3.3.

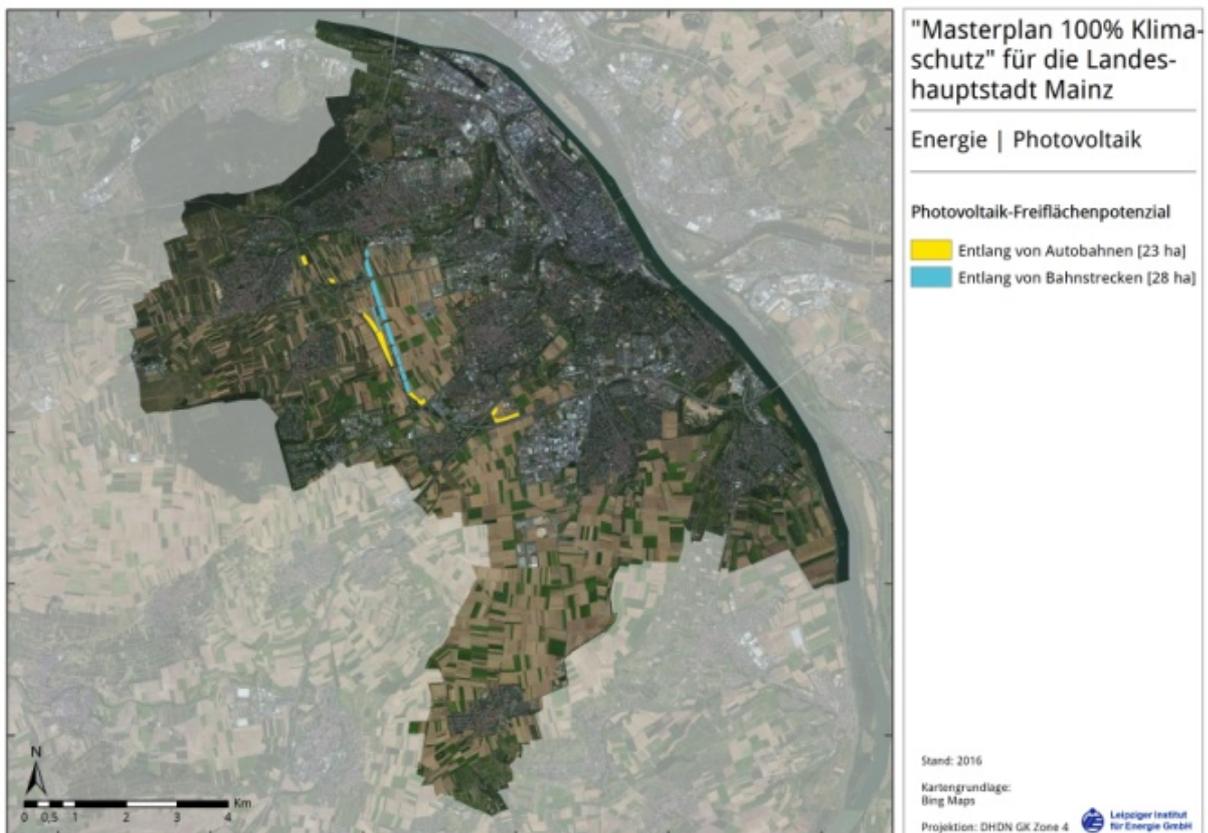


Abbildung 30 Potenzial Photovoltaik-Freiflächen der Stadt Mainz
Quelle: Darstellung IE Leipzig

5.2.2 Windenergie

Derzeit produzieren sechs Windenergieanlagen (WEA) mit einer Gesamtleistung von 6,4 MW Strom im Mainzer Stadtgebiet. Drei der Anlagen (Gesamtleistung 1,8 MW) befinden sich im Gebiet „Ebersheim Süd“. Die restlichen drei WEA (Gesamtleistung 4,6 MW) wurden im Gebiet „Ebersheim Nord“ installiert.

Weitere fünf WEA (8,4 MW installierte Leistung) außerhalb des Stadtgebietes speisen in das Stromnetz der Energienetze Rhein-Main GmbH ein. Zusammen erzeugen die elf WEA rund 26.500 MWh Strom [MSW 2017d], [Amprion 2017].

Repowering und Potenziale

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

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.

Für den Standort „Ebersheim Süd“ wurde bereits im Rahmen des Projektes „30% Regenerativstrom Mainz 2030“ eine Repowering-Analyse durchgeführt. Durch den Einsatz größerer WEA kann ein Mindestabstand von 1.000 m zu Wohngebieten nicht eingehalten werden [TSB 2011]. Außerdem befinden sich diese Anlagen nicht auf einem ausgewiesenen Windvorranggebiet. Dennoch genießen die Anlagen Bestandsschutz. Ein Repowering ist an diesem Standort nicht möglich.

Der Standort „Ebersheim Nord“ wurde ebenfalls auf ein mögliches Repowering hin untersucht. Ein Austausch der bestehenden Anlagen durch größere und leistungsstärkere Anlagen wäre jedoch nur dann sinnvoll, wenn die bestehende Eignungsfläche erweitert würde, da größere Abstände untereinander realisiert werden müssten um Abschattungseffekte zu minimieren und ein ertragsoptimierter Betrieb gewährleistet wäre [TSB 2011].

Im regionalen Raumordnungsplan für die Region Rheinhessen-Nahe von 2014 wird für die Ortsgemeinden Mainz-Ebersheim und Klein-Winternheim das Windvorranggebiet „Mainz-Ebersheim Nord / Klein-Winternheim“ ausgewiesen. Zur Standortoptimierung wurde der bereits existierende Standort „Ebersheim Nord“ erweitert. Das Vorranggebiet weist nun eine Fläche von 156 ha und eine Windhöflichkeit von 5,5 bis 6 m/s in einer Höhe von 100 m über Grund auf. Neben den bereits bestehenden sechs WEA sind weitere vier WEA geplant, von denen bereits zwei 3-MW-Anlagen genehmigt sind [BNetzA 2017a], [Planungsgemeinschaft RN 2012]. Neben der Errichtung neuer WEA an diesem Standort, besteht die Möglichkeit des Repowering der ältesten Bestandsanlagen. Hier kommt vor allem die im Jahr 2000 errichtete 0,6-MW-Anlage infrage. Mit Ende der 20-jährigen, durch das EEG festgeschriebenen Vergütung, kommen jedoch auch jüngere bzw. neu errichtete Anlagen für ein Repowering in Frage. Unter der Annahme, dass zwischen Inbetriebnahme einer WEA und der Inbetriebnahme der Repowering-Anlage 25 Jahre liegen, ist im Zeithorizont bis 2050 ein Repowering an allen ausgewiesenen Standorten möglich. Die durchschnittliche Leistung einer im Jahr

2016 installierten WEA lag bei ca. 2,8 MW. Für das Jahr 2050 wird jedoch bereits mit einer durchschnittlichen Anlagenleistung zwischen 4 und 5 MW kalkuliert. Unter Berücksichtigung dieser beiden Trends besteht ein theoretisches Potenzial installierter Leistung von etwa 50 MW am Standort „Ebersheim Nord“ für das Jahr 2050. Der Ausbau und die mögliche Herangehensweise werden im Maßnahmenblatt 3.8 thematisiert.

Mittelfristig bestünde zusätzlich die Möglichkeit, das ausgewiesene Windvorranggebiet „Mainz-Ebersheim Nord / Klein-Winternheim“ nach Süden zu erweitern [Stadt Mainz 2012]. Dabei müssen jedoch die Belange des Vogelzuges beachtet werden. Ein entsprechender Sachverhalt liegt vor: wenn die bestehenden Anlagen in „Ebersheim Süd“ abgebaut werden, oder die Verträglichkeit mit dem Vogelzug durch ein entsprechendes Monitoring nachgewiesen wird.

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-/Industrieeinheiten 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 [BMW 2016]. Vor allem bei Neubauprojekten sollte der Einsatz solcher gebäudeintegrierten WEA in Betracht gezogen werden.

Windenergie in der Umgebung von Mainz

Im Nachbarlandkreis Mainz-Bingen gab es am Ende des dritten Quartals 2015 eine installierte Gesamtleistung durch WEA von rund 109 MW (vgl. Abbildung 32). Die 56 bestehenden WEA hatten somit eine Durchschnittsleistung von ca. 1,95 MW [SGD Nord/Süd 2015].

Bei der Annahme von 1.700 Vollbenutzungsstunden, könnten die WEA etwa 185 GWh im Jahr erzeugen. Dies entspräche bei einem Stromverbrauch von 1.481 GWh/a [EnergyMap.info 2017] einem Anteil von ca. 12,5 %. In [Planungsgemeinschaft RN 2012] werden zwei Windvorranggebiete ausgewiesen.

Bei dem Vorranggebiet Alsheim/Dittelsheim-Heßloch/ Dorn-Dürkheim wurden bereits 17 WEA installiert (ursprüngliche Planung 14 WEA) und auch das Vorranggebiet Waldalgesheim wurde mittlerweile durch weitere WEA ergänzt. Zur Zeit sind sieben weitere Anlagen mit einer Leistung von 17,15 MW geplant, das weitere Ausbaupotenzial wird jedoch als gering eingeschätzt [BNetzA 2017a].

Für den Landkreis Alzey-Worms gab es zum Ende des dritten Quartals 2015 insgesamt 154 Bestandsanlagen (vgl. Abbildung 32) mit einer Gesamtleistung von ca. 355 MW [SGD Nord/Süd 2015]. Somit ist eine jährliche Stromproduktion von ca. 604 GWh (Annahme: 1.700 Vollbenutzungsstunden) möglich.

Bei einem Stromverbrauch von ca. 936 GWh [EnergyMap.info 2017] wäre dies ein Anteil von etwa 64,5 %. Für den Landkreis Alzey-Worms liegen sieben Ausweisungen für Windvorranggebiete vor [Planungsgemeinschaft RN 2012].

Die vorgesehenen Maßnahmen (i.d.R. Standortoptimierung durch Erweiterung) in den einzelnen Windvorranggebieten wurden teilweise schon umgesetzt,

zehn zusätzliche Anlagen mit einer Leistung von 19,6 MW sind geplant [BNetzA 2017a]. Das weitere Ausbaupotenzial ist auch hier gering.

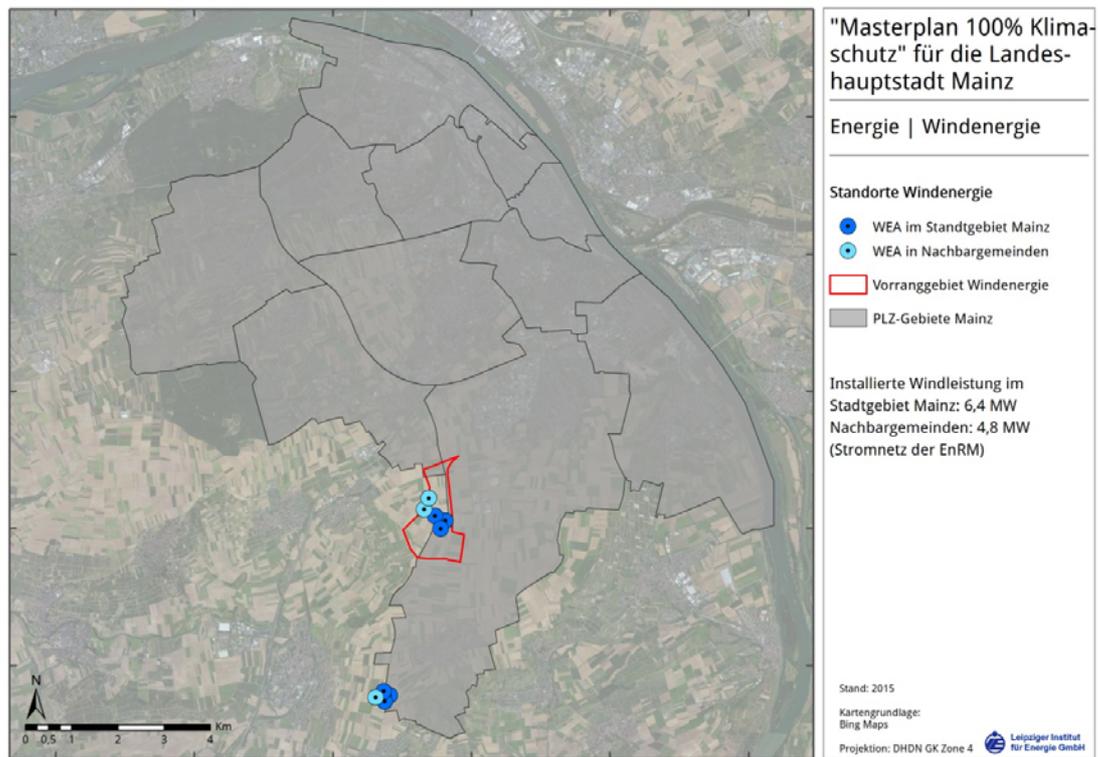


Abbildung 31 Überblick über die Windenergienutzung in Mainz

Quelle: [TSB 2011], [Planungsgemeinschaft RN 2014], [Amprion 2017]; Darstellung IE Leipzig

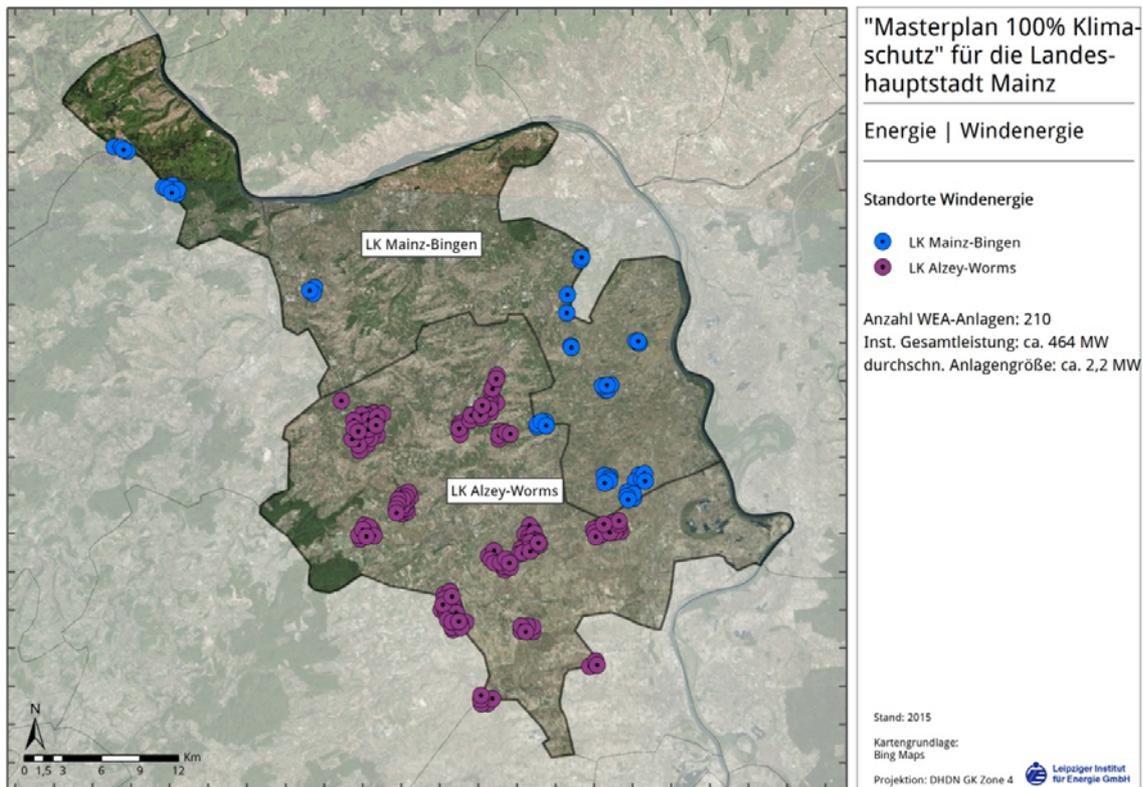


Abbildung 32 Standorte WEA in den LK Mainz-Bingen und Alzey-Worms
 Quelle: [SGD Nord/Süd 2015] Darstellung IE Leipzig

5.2.3 Geothermie

Zur Ermittlung des geothermischen Potenzials wird in oberflächennahe und tiefe Geothermienutzung unterschieden. Bei beiden Verfahren steht die Wärmenutzung im Vordergrund, nur dass bei der Tiefengeothermie mit Erreichen eines bestimmten Temperaturniveaus eine gekoppelte Strom- und Wärmeenergieerzeugung in Betracht kommen.

Oberflächennahe Geothermie

In der Stadt Mainz wird die oberflächennahe Erdwärme mittels Wärmepumpen bereits zahlreich genutzt [Thermago 2015b].

Für die Gewinnung geothermischer Energie im oberflächennahen Untergrund gibt es verschiedene Systeme; die gängigsten sind Elektrowärmepumpen mit Erdwärmesonden (EWS) oder Erdwärmekollektoren als Wärmequelle sowie Wasser-Wasser-Wärmepumpen [LGB-RLP 2016b]. Am häufigsten kommen Elektrowärmepumpen mit Erdwärmesonden zum Einsatz [BVG 2016].

Beim Einsatz von EWS müssen neben wasserrechtlichen auch bergrechtliche Belange beachtet werden, so dass ihr Einsatz nicht in jedem Gebiet genehmigungsfähig ist. Aus wasserwirtschaftlicher und hydrogeolo-

gischer Standortbewertung ist der Einsatz von EWS in Mainz genehmigungsfähig (vgl. Abbildung 33). Lediglich im süd-/südöstlichen Raum und einzelnen

Gebieten im Norden von Mainz ist der Einsatz von EWS nur in Ausnahmefällen genehmigungsfähig [LGB-RLP 2016a].

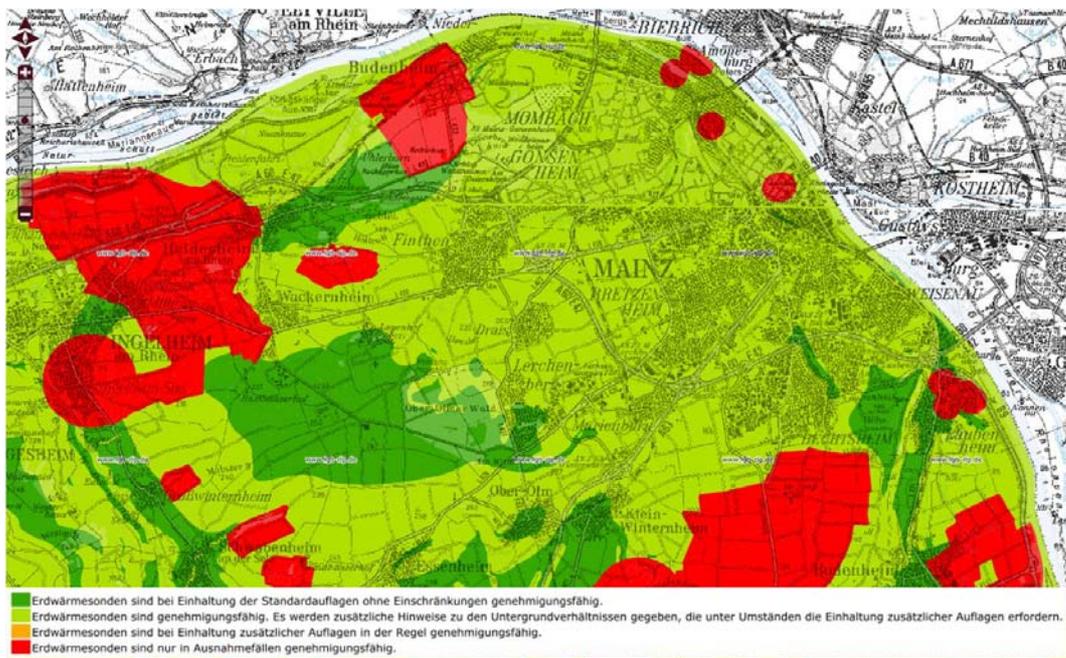


Abbildung 33 Standortbewertung für Erdwärmesonden
Quelle: [LGB-RLP 2016a]

In Rheinland-Pfalz wurden zahlreiche Bohrungen durchgeführt, um die Wärmeleitfähigkeit und die mögliche Wärmeentzugsleistung zu ermitteln. Dabei wird neben den Betriebsstunden auch die Beschaffenheit des Untergrundes (trocken oder wassergesättigt) geprüft. Für das Stadtgebiet Mainz ergeben sich z.B. mittlere mögliche Wärmeentzugsleistungen bis 40 m von 41,6 W/m (trocken) bzw. 48,2 W/m (wassergesättigt) bei 1.800 Betriebsstunden im Jahr [LGB-RLP 2016a]. Für 2.400 Betriebsstunden ergeben sich bei gleicher Tiefe 33,5 W/m (trocken) bzw. 39,0 W/m (wassergesättigt) [LGB-RLP 2016a]. Bei den tiefenbezogenen Werten wurde nicht berücksichtigt, dass

die Untergrundtemperaturen in der Regel mit der Tiefe zunehmen, was wiederum einen positiven Einfluss auf die zur Verfügung stehende Bandbreite der nutzbaren Temperatur hat.

Alternativ zu EWS können Erdwärmekollektoren zum Einsatz kommen. Diese sind zum einem kostengünstiger als EWS und können aufgrund der geringen Nutzungstiefe auch in wasserwirtschaftlich kritischen Gebieten eingesetzt werden [LGB-RLP 2016b]. Die folgenden Abbildungen liefern einen Überblick über die potenzielle Eignung des Bodens für Erdwärmekollektoren (vgl. Abbildung 34) und dessen Wärmeleitfähigkeit (vgl. Abbildung 35).

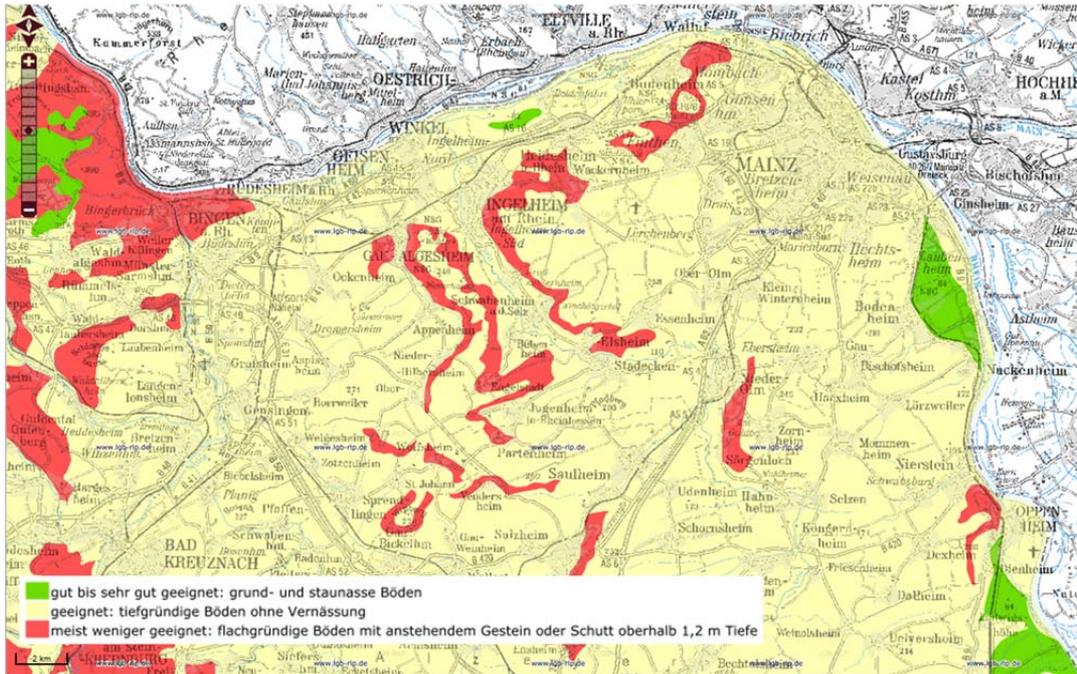


Abbildung 34 Eignung des Bodens für Erdwärmekollektoren im Raum Mainz
 Quelle: [LGB-RLP 2016a]

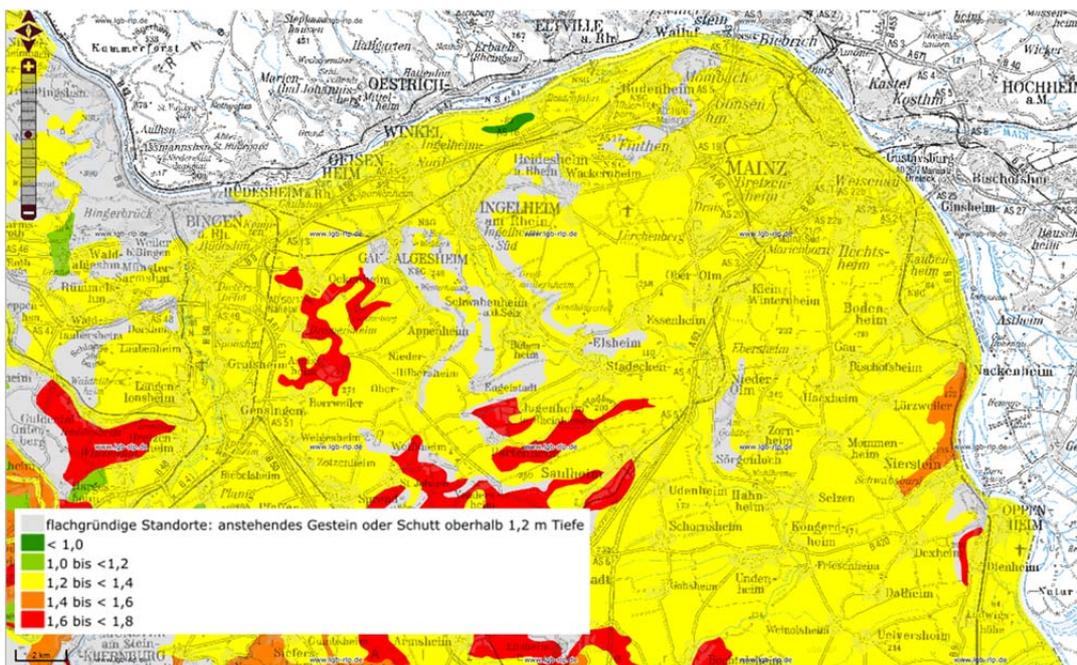


Abbildung 35 Wärmeleitfähigkeit [W/m*K] des Bodens (bei feuchten Verhältnissen) im Raum Mainz
 Quelle: [LGB-RLP 2016a]

Tiefengeothermie

Die Stadt Mainz weist weder eine Bestandsanlage zur Stromerzeugung aus Tiefengeothermie auf, noch befindet sich eine in Planung [BVG 2016].

Obwohl das Erdwärmepotenzial als hoch eingeschätzt wird, gibt es in Mainz bisher keine tiefengeothermische Quelle. Aufgrund der geologischen Gegebenheiten (Oberrheingraben) könnte die teilweise Versorgung der Stadt Mainz durch ein Geothermiekraftwerk mittelfristig eine Rolle spielen [Thermago 2015a].

In Abbildung 36 ist ein Ausschnitt (Stadtgebiet Mainz) der „Berechtsamtskarte“ mit den Ausdehnungen der Konzessionsflächen zur Aufsuchung und Gewinnung von Erdwärme dargestellt [LGB-RLP 2016a].

Bei Groß-Gerau, südöstlich von Mainz gelegen, sollte ein Tiefengeothermiekraftwerk entstehen. Nachdem die erste Bohrung nicht zu dem gewünschten Ergebnis (zu geringe Temperatur und Fließrate) führte, wurde eine zweite Bohrung durchgeführt. Hier traten Probleme bei der Bohrung auf, so dass kein Thermalwasser gefördert werden konnte. Somit wurden sämtliche Bohrarbeiten oder Pumpversuche eingestellt. Derzeit wird geprüft, inwiefern das vorhandene Bohrloch in Zukunft genutzt werden kann. Eine Möglichkeit wäre die energetische Nutzung durch tiefe Erdwärmesonden [ÜWG 2016].

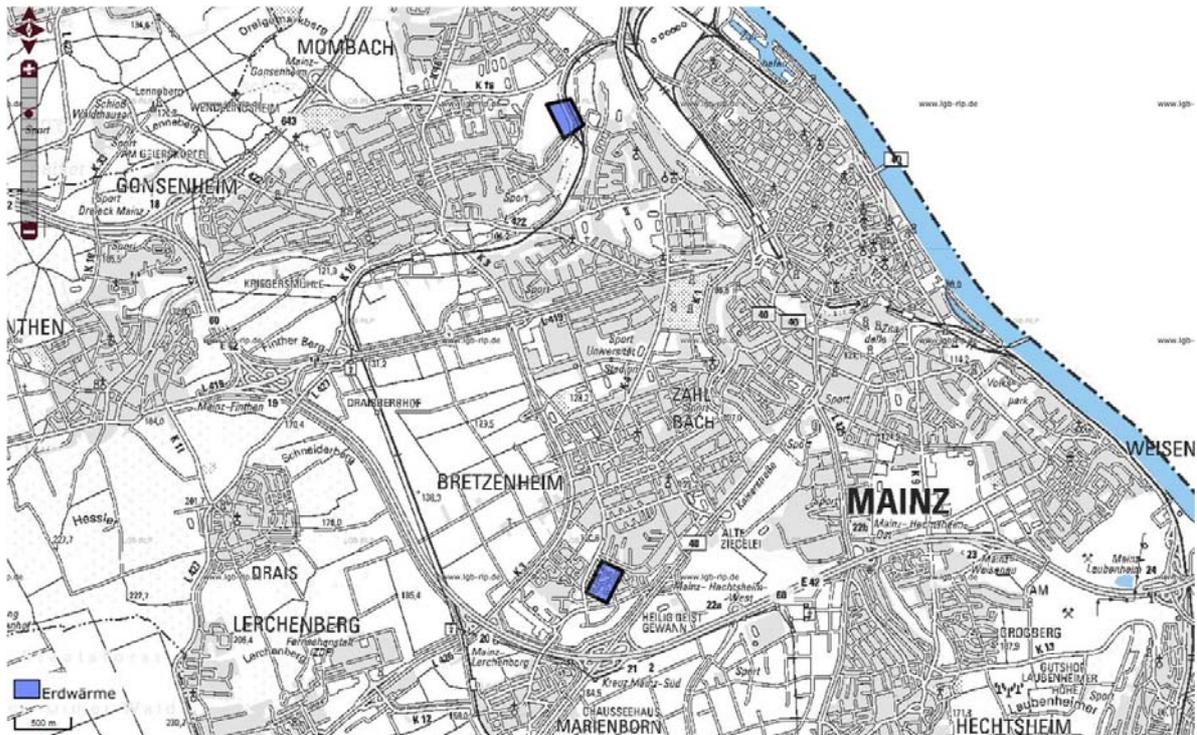


Abbildung 36 Ausschnitt aus der „Berechtsamtskarte“
Quelle: [LGB-RLP 2016a]

5.2.4 Wasserkraft

Neben dem Rhein und dem Main eignen sich noch die Nahe als Potenzial zur Laufwassernutzung in der Region Mainz [TSB 2011]. Da die Nahe nicht durch das Mainzer Stadtgebiet fließt, wäre lediglich eine Beteiligung an den Kleinanlagen möglich.

Der Rhein weist im Mainzer Gebiet keine Staustufen auf, und es wird nicht vom Bau neuer Großkraftwerke ausgegangen. Auch Strömungskraftwerke sind im Bereich der Fahrrinne nicht denkbar [TSB 2011]. Somit ist kein Ausbaupotenzial vorhanden.

Aufgrund des geringen Potenzials zur Stromerzeugung aus Großkraftwerken, besitzen die Mainzer Stadtwerke außerhalb ihres Einzugsgebietes eine Beteiligung am Kraftwerk an der Lenne (500 kW mit 2,5 Mio. kWh/a). Des Weiteren wurden eine Anlage in Sachsen (440 kW) erworben und zehn weitere Wasserkraftanlagen ($> 7.000 \text{ kW}_{el}$) aus dem Bestand der RWE in Nordrhein-Westfalen gekauft.

Eine Alternative zur regenerativen Energiegewinnung stellt die Fluss-Strom-Wasserkraft-Nutzung dar (siehe

auch Maßnahmenblatt 3.5). Hierbei kommen Flusswasserkraftwerke im niedrigen Kilowattbereich zum Einsatz.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Forschungsprojekte durchgeführt und abgeschlossen, u.a.: Vector I/II, Elbstrom I/II, ZIM Eertainer (Container-Wasserkraftwerk) und der bei Niederheimbach (Rhein) getestete River Rider Tandem [Krause 2016], [ZPVP 2017].

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 [Bänecké 2016].

5.2.5 Biomasse / Biogas

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 Grenzen einer Region überschreitet, sondern zum Teil sogar im internationalen Maßstab erfolgt. Im Rahmen der vorliegenden Analyse werden die verfügbaren Biomassepotenziale innerhalb der Stadtgrenzen von Mainz berücksichtigt.

Im Stadtgebiet von Mainz existiert eine Biomasseanlage mit einer Leistung von 800 kW. Im Jahr 2015 speiste die Anlage ca. 4.200 MWh in das Stromnetz ein [MSW 2017d]. Dies entspricht einem Anteil am Strombedarf (ca. 1.422 GWh) von etwa 0,3 %. Hinzu kommt eine Beteiligung zu 24,5 % an der Biomasseanlage Essenheim GmbH [MSW 2017b].

Die Stadt Mainz verfügt bereits über einen Biomassemasterplan aus dem Jahr 2008. Bei der Ermittlung des Biomassepotenzials wurden neben Energiepflanzen auch Ernterückstände aus der Landwirtschaft,

forstwirtschaftliche Potenziale und Reststoffe sowie Abfälle berücksichtigt. Die folgend aufgeführten Werte entstammen dem „Biomassemasterplan für die Landeshauptstadt Mainz – Wirtschaftsförderung durch eine Strategie zur energetischen Nutzung von Biomasse (Projektphase I)“.

Theoretisch sind Potenziale zur **Biogaserzeugung** in der Stadt Mainz vorzugsweise aus den Bereichen Ackerbau und Grünlandwirtschaft sowie Bioabfällen und Grünschnitterzeugung aus Industrie und Gewerbe. Bei der Bewirtschaftung der zur Verfügung stehenden Acker- und Grünlandflächen mit einem für die Stadt Mainz ausgelegten Anbaumix kommen dem Anbau von Mais und Hirse, sowie von Getreide zur Erzeugung von Ganzpflanzensilage die größte Bedeutung zu. Aufgrund der Getreidefläche bietet das Sortier- und Ausputzgetreide ebenfalls ein gewisses Potenzial. Der Feldfutterbau, sowie der Anbau von Futterrüben, Sonnenblumen und Raps eine untergeordnete Rolle. Aus diesen Erzeugnissen lässt sich eine jährliche Energiemenge von etwa 23,8 GWh generieren.

Durch Bioabfälle und grasartigen Grünschnitt aus Industrie und Gewerbe lassen sich etwa 39,0 GWh erzeugen. Aus privaten und kommunalen Grünschnitt (grasartig) sowie Bioabfällen können jährlich Energiemengen von ca. 5,8 GWh bzw. ca. 8,1 GWh erzeugt werden. Ein weiteres Potenzial bietet das Mähgut von Obstbauflächen. Der grasartige Grünschnitt der Mainzer Obstflächen bietet ein Potenzial zur Erzeugung von jährlich rund 9,2 GWh.

Somit lässt sich für die Biogaserzeugung ein Potenzial von insgesamt etwa 85,9 GWh ermitteln.

In Bezug auf die **feste Biomasse** spielen vor allem die Altholzpoteziale der Abfallwirtschaft, das Schnitt- und Rodematerial aus den Obst- und Rebflächen

sowie der private, kommunale, industrielle und gewerbliche holzartige Grünschnitt eine wesentliche Rolle. Eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen die Erzeugnisse aus dem Ackerbau und Grünlandbewirtschaftung sowie aus der Forstwirtschaft.

Ein großes Potenzial liefern Altholz und Holzsperrmüll der Abfallwirtschaft. Hier können jährlich rund 43,4 GWh bereitgestellt werden.

Der holzartige Grünschnitt aus den privaten und kommunalen Bereichen sowie aus der Industrie und dem Gewerbe haben ein Energiepotenzial von zusammen etwa 32,7 GWh im Jahr.

Hinsichtlich der Obst- und Rebflächen besitzt sowohl das Schnittmaterial der Obstanlagen als auch das Rodematerial von Obstanlagen und Rebflächen ein Energiepotenzial. Die Potenziale liegen zusammen bei jährlich ca. 29,1 GWh.

Beim Ackerbau und der Grünlandbewirtschaftung kommen neben Energiegräsern auch schnellwachsende Baumarten (KUP) und Raps zum Einsatz. Das Potenzial des Getreidestrohs wurde mit lediglich 10 % der möglichen Gesamtmenge berücksichtigt [IfaS 2008]. Insgesamt ergibt sich zur Verfügung stehende Energiemenge von ca. 9,8 GWh.

Das forstwirtschaftliche Potenzial wird durch Brennholz, nicht aufgearbeitetes-Holz und Industrieholz bestimmt. Hier ist eine Energiegewinnung von lediglich 1,1 GWh möglich.

Als **Ergebnis** der Potenzialermittlung folgt, dass sich die 202 GWh jährliche Energiebereitstellung aus Biogas und fester Biomasse vorzugsweise aus Altholzverwertung sowie Grünschnitt und Bioabfällen zusammensetzt.

5.2.6 Dezentrale Wärmenetze, Abwärme- und Abwasserwärmenutzung

Ziel sollte ein vermehrter Einsatz dezentraler Blockheizkraftwerke (BHKW) zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis von Erdgas und/oder erneuerbaren Energien sein. Auch die Errichtung von kleinen Heizkraftwerken mit erneuerbaren Energien ist erstrebenswert. Strategisch sollte dabei der vermehrte Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Verbindung mit Nahwärmenetzen erfolgen.

Mainz verfügt über mehrere dezentrale Nahwärmesysteme, darunter auch ein Holzhackschnitzel-Heizwerk am Standort des Grün- und Umweltamts sowie ein "kaltes Nahwärmenetz" mit 14 Wärmepumpen (je 8 kW) im Wohngebiet Küferweg. Weitere dezentrale Heizwerke sind das Deponiegas-BHKW Budenheim, das Heizkraftwerk Lerchenberg und das Heizwerk Berliner Siedlung. Da Mainz über eine zentrale Fernwärme verfügt, sind voraussichtlich im Stadtkern kaum Nahwärmenetze erforderlich.

Auf Basis des Wärmemasterplans können vom Stadtzentrum entfernte Gebiete identifiziert werden, deren Wärmebedarf und Wärmedichte hoch genug ist, um einen wirtschaftlich sinnvollen Einsatz von Nahwärme zu gewährleisten. Zudem muss ein Abgleich von Wärmeangebot und -nachfrage vorgenommen werden. Bei Erdgas-BHKW muss zudem ein Gasnetzanschluss vorliegen, bei Einbindung von Solarenergie entsprechende Flächen mit möglichst hoher Sonneneinstrahlung. Nahwärmeangebote aus BHKW können bei entsprechenden technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen mit Mieterstrommodellen kombiniert werden, um den Kunden zusätzlich attraktive Konditionen für Wärme und Strom anbieten zu können.

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 aufgrund von exothermen Reaktionen Wärme erzeugt, die abgeführt werden muss. Energetisch sinnvoll ist es, diese Wärme nicht einfach nur an die Atmosphäre abzugeben, sondern diese wieder für Prozesse nutzbar zu machen. Dadurch werden Energie (z.B. Erdgas zur Prozesswärmeerzeugung) eingespart und damit einhergehend CO₂-Emissionen reduziert.

Eine typische Abwärmenutzung besteht in Mainz bereits darin, dass überschüssige Wärme aus dem Müllheizkraftwerk der Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM) in das benachbarte Gas- und Dampfturbinenkraftwerk der Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG eingespeist wird. Ein geringes Potential könnte die Nutzung der Abwärme aus der PEM-Elektrolyse im Energiepark Mainz bieten, was aber bisher nicht realisiert worden ist.

Gemäß dem Wärmemasterplan Mainz wird die Abwasserwärmenutzung innerhalb der Unternehmensgruppe Mainzer Stadtwerke mit hoher Aufmerksamkeit beobachtet. Generell verfügt Mainz allerdings nur über eine überschaubare Anzahl möglicher Abwärmequellen, da Unternehmen i.d.R. ihre Abwärmepotenziale selbst lokal nutzen.

Darüber hinaus kann die Niedrigtemperatur von Abwasser in Kläranlagen mittels Wärmepumpen auf ein geeignetes Temperaturniveau gehoben und somit als Heizwärme in nahegelegenen Gebäuden nutzbar gemacht werden.

Exkurs: Beteiligungen der Mainzer Stadtwerke

Da es die regionalen Gegebenheiten in Mainz (hohe Bevölkerungsdichte auf relativ geringer Fläche) nicht zulassen, insbesondere mit dem großflächigen Ausbau von Windenergie-, Photovoltaik- und Wasserkraftanlagen die Energiewende im Sinne der Bundesrepublik voranzutreiben, engagieren sich die Mainzer Stadtwerke in Form finanzieller Beteiligungen an überregional bestehenden und einspeisenden Wind- und Solarparks sowie Wasserkraftanlagen, welche nachfolgend aufgelistet sind. Es handelt sich dabei um EE-Anlagen von Firmen, an denen die MSW im Zeitraum von 2010 bis 2015 mit verschiedenen Anteilen beteiligt waren bzw. noch sind [MSW 2017c], [MSW 2017b]. [MSWÉ

Windenergie

RIO Windkraft GmbH & Co KG |

RIO Energie GmbH & Co KG | Windpark Rheinhessen I | Windpark Heimersheim | pfalzwind GmbH

Photovoltaik

RIO Energie GmbH & Co KG | Rheinhessen Solar GmbH | Tutow I/II/V GmbH | EtechEnergieTechnik Rhein-Main GmbH | Mainz Solar GmbH | Solarpark Elmenhorst | RIO Energie GmbH & Co. KG

Wasserkraft

entega Trade enaqua

Die Beteiligungen der Mainzer Stadtwerke begannen im Jahr 2010 und haben sich von einer damaligen Gesamteinspeisung von 44,2 GWh auf 382,5 GWh im Jahr 2015 gesteigert (vgl. Abbildung 37). Bei der Berechnung und Darstellung der Szenarien im folgenden Kapitel 6.1 werden die Beteiligungen der MSW für den Mainzer Strommix mit berücksichtigt. Es geht dabei darum, informativ Ergebnisse vorzustellen, die nicht nach dem vom Klimaschutzplaner vorgegebenen Territorialprinzip, sondern dem Quellenprinzip ermittelt wurden.

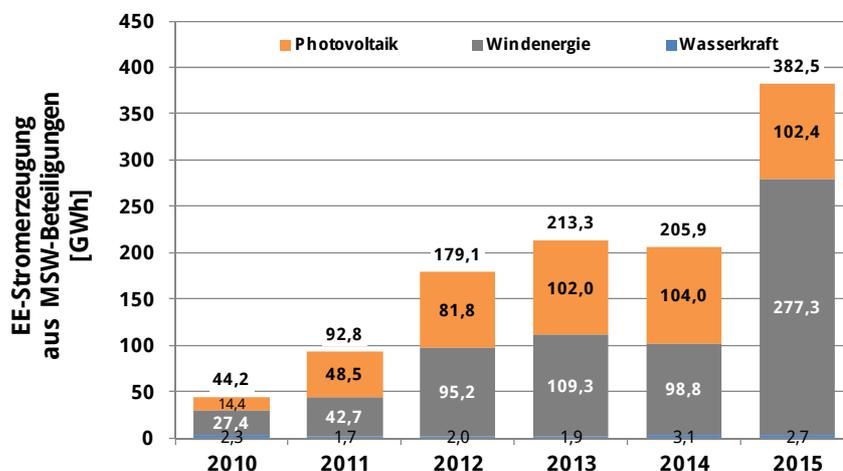


Abbildung 37 Beteiligungen der Mainzer Stadtwerke von 2010 bis 2015

Quelle: [MSW 2017b], Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

5.3 MASTERPLAN-Szenario

Die im Masterplanprozess vom Fördermittelgeber zwingend vorgegebene Bilanzierungs-Systematik für Kommunen (BISKO) ist als endenergiebasierte Territorialbilanz ausgestaltet (vgl. Abbildung 38). Das bedeutet, dass weder die Stromerzeugung vor Ort noch die Beteiligungen der Mainzer Stadtwerke darin keine Berücksichtigung finden. Die aus dem Stromverbrauch resultierenden THG-Emissionen in allen Sektoren werden auf Basis des bundesdeutschen Strommix berechnet.

Im Verlauf des Projektes wurde daher – um den Bemühungen der Stadt, Stadtwerke und Kraftwerke vor Ort und überregional hin zu mehr Energieeffizienz und erneuerbaren Energien gerecht zu werden – eine zusätzliche Bilanzierung vorgenommen, um zum Zwecke der Information die THG-Emissionen des

Mainzer Strommix entsprechend der Erzeugung vor Ort und der EE-Anlagen, an denen die Mainzer Stadtwerke beteiligt sind, zu ermitteln.

Strom und Fernwärme werden im Kraftwerkspark auf der Ingelheimer Aue fast ausschließlich gekoppelt in KWK-Prozessen produziert. Unterschiede ergeben sich jedoch einerseits durch die unterschiedlichen Stromkennzahlen der Heizkraftwerke. Während die GuD-Anlage überwiegend Strom und das Müllheizkraftwerk überwiegend Wärme produzieren, wird zukünftig im geplanten Erdgas-Blockheizkraftwerk Strom und Wärme nahezu im selben Verhältnis erzeugt. Andererseits kommt beim Strommix noch die Erzeugung aus Photovoltaik und Windenergie sowie bei der Fernwärme eine Einbindung von Solarthermie hinzu.

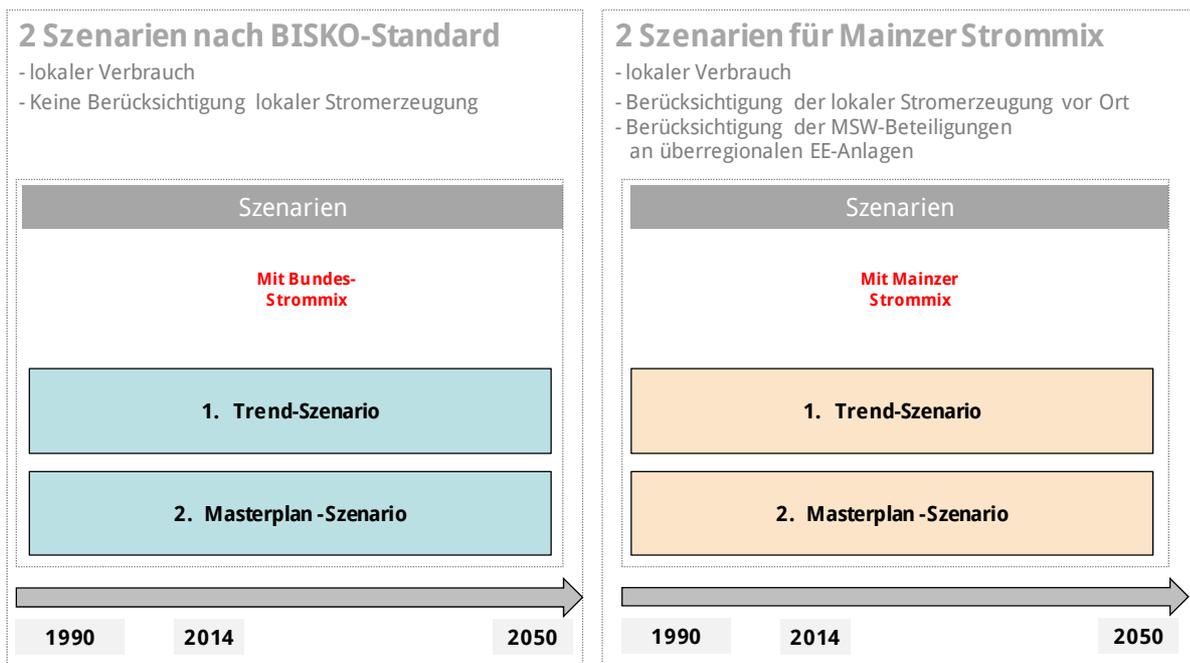


Abbildung 38 Überblick Bilanzierungsmethoden
Quelle: Darstellung IE Leipzig

5.3.1 Strom

Im Jahr 1990 wurde der lokale Strom noch im Steinkohlekraftwerk (KW 1 Kohle) und zum überwiegenden Teil durch den Erdgas-Kombiblock (KW 2 Erdgas-KB) erzeugt. Letzterer war auch im Jahr 2005 noch in Betrieb. Hinzu kamen zwischenzeitlich das Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk (KW 3 GuD) sowie das Müllheizkraftwerk (MHKW) für die Stromerzeugung. Der Strom basiert somit fast ausschließlich auf Erdgas. Ab dem Jahr 2014 ging die Stromerzeugung vor Ort aufgrund der Entwicklungen am Strommarkt erheblich zurück.

Für das TREND-Szenario (vgl. Abbildung 39) werden folgende Annahmen getroffen:

- 2018 wird das neue Erdgas-BHKW in Betrieb gehen, wobei dieses erst langsam (600 Betriebsstunden) getestet und hochgefahren wird; im Zuge dessen wird auch die Erzeugungsarbeit der GuD-Anlage vorerst stark gedrosselt
- Mit dem Ausbau der Fernwärme bis 2021, aber auch in wesentlicher Abhängigkeit von der Marktentwicklung am Strommarkt werden beide Gaskraftwerke ihre Stromerzeugung erhöhen und diese bis 2050 weitgehend konstant halten.
- Ab 2038 wird die Lebensdauer von ca. 25 Jahren des Müllheizkraftwerks überschritten und dessen Betrieb sukzessive eingestellt.
- Das für Mainz ermittelte Potenzial für Photovoltaik von 3.024 TJ wird bis 2050 zu einem Drittel ausgeschöpft (vgl. Kapitel 6.2.1).
- Das für Mainz ermittelte Potenzial für Windenergie von 450 TJ wird bis 2050 zu einem Drittel ausgeschöpft (vgl. Kapitel 6.2.2).

Die Minderung der Bruttostromerzeugung bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 beträgt in diesem Szenario - 56 %. Ein Vergleich der Stromerzeugung im Jahr 2050 mit 2015 (+ 33 %) ist hingegen nicht repräsentativ, da es in diesen Jahren infolge von Umbauten am Kraftwerk zu einem erheblichen Einbruch der Stromproduktion kam.

Für das MASTERPLAN-Szenario (vgl. Abbildung 40) werden folgende Annahmen getroffen:

- Der Kraftwerkspark der KMW bleibt genauso bestehen wie im TREND-Szenario.
- Im Jahr 2050 wird gemäß Klimaschutzenszenario „KSZ KS95“⁴ 53 % des im deutschen Gasnetz vorhandenen Erdgases durch synthetisches Gas aus „Power to Gas“- Prozessen ersetzt. Das für Mainz ermittelte Potenzial für Photovoltaik von 3.024 TJ wird bis 2050 zur Hälfte ausgeschöpft.
- Das für Mainz ermittelte Potenzial für Windenergie von 450 TJ wird bis 2050 zur Hälfte ausgeschöpft. Somit beträgt die Minderung der Bruttostromerzeugung bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 nur noch - 52 %

Anmerkung zu den folgenden zwei Abbildungen: Sie stellen jeweils in Säulen erst das TREND-Szenario und anschließend das MASTERPLAN-Szenario dar. Mit der schwarzen Linie wird vergleichend das jeweilig andere Szenario zusätzlich abgebildet.

⁴ KSZ-KS 95: Begleitforschung – Klimaschutzenszenarien 2. Runde, Klimaschutzenszenario 95 (THG-Minderungsziel in 2050: 95 % gegenüber 1990)

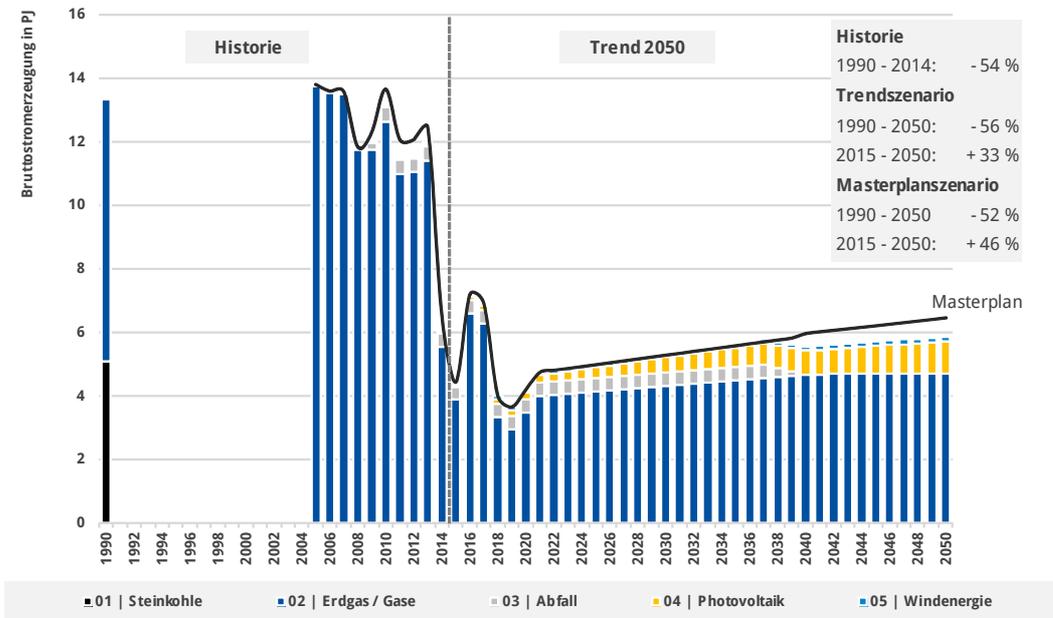


Abbildung 39 Stromezeugung nach Energieträgern gemäß TREND-Szenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben.

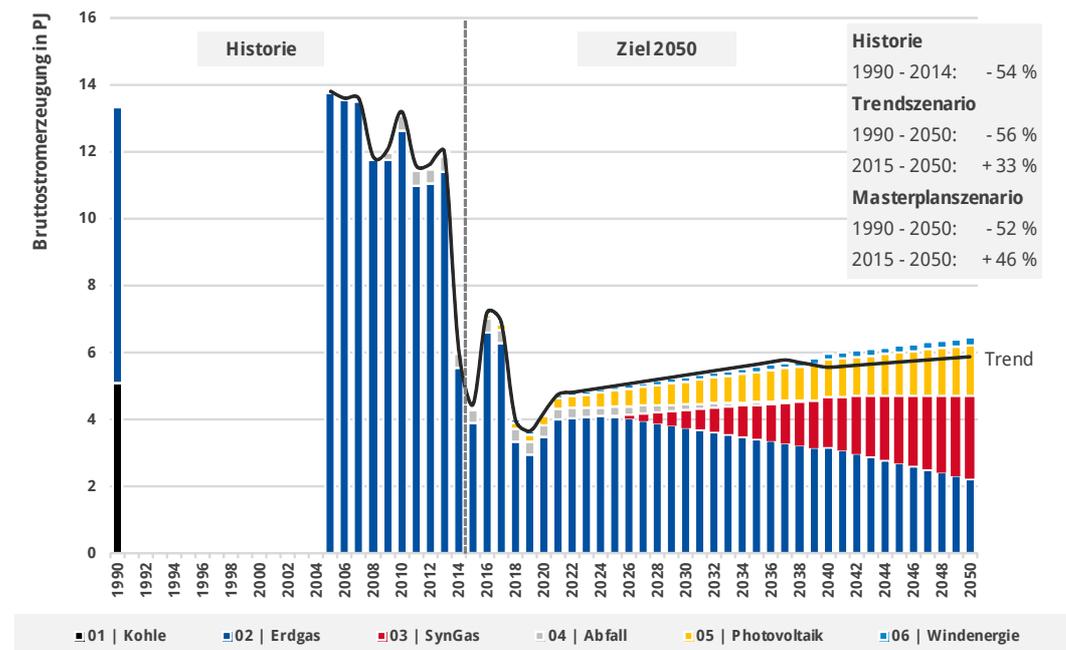


Abbildung 40 Stromezeugung nach Energieträgern gemäß MASTERPLAN-Szenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben.

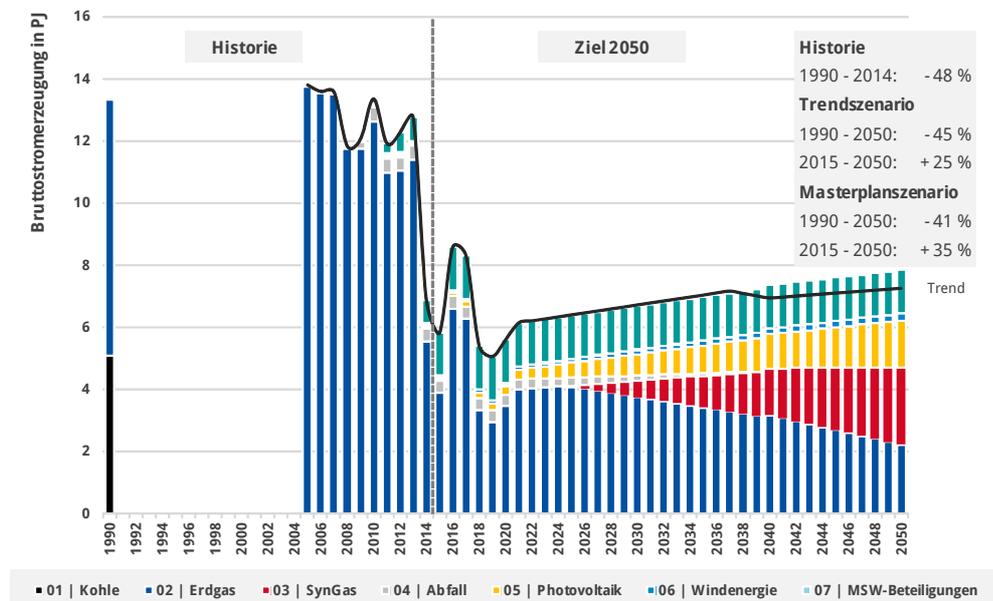


Abbildung 41 Stromerzeugung nach Energieträgern gemäß MASTERPLAN-Szenario einschließlich MSW-Beteiligungen
Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig
Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben.

Im MASTERPLAN-Szenario für den Mainzer Strommix, welcher nach Quellen- statt Territorialprinzip konzipiert ist, werden die finanziellen Beteiligungen der Mainzer Stadtwerke an überregionalen Wind- und Solarparks sowie Wasserkraftwerken (welche jedoch hinsichtlich ihrer installierten Leistung nur eine marginale Rolle gegenüber Windenergie und Photovoltaik spielen) mit berücksichtigt. Der Anteil des erneuerbaren Stroms (v.a. aus Windenergie, Photovoltaik und Synthesegas) beträgt dann im Jahr 2050 insgesamt 72 %, die Verringerung der Stromproduktion gegenüber 1990 nur noch - 41 % (vgl. Abbildung 41).

Nachfolgend sind die THG-Emissionsfaktoren (vgl. Abbildung 42) sowie die absoluten THG-Emissionen (vgl. Abbildung 43) in CO₂-Äquivalenten dargestellt.

Dabei wird unterschieden in die allgemein vom Klimaschutzszenario „KSZ KS95“ für Trend- und

MASTERPLAN-Szenario vorgegebenen THG-Emissionsfaktoren des deutschen Strommix und in die speziell für den Mainzer Strommix seitens IE Leipzig berechneten THG-Emissionsfaktoren. Daraus resultieren (bei Multiplikation der Emissionsfaktoren mit der vor Ort erzeugten Strommenge) die absoluten THG-Emissionen infolge der Stromproduktion in Mainz und den Energieparks, an denen die Mainzer Stadtwerke beteiligt sind.

Wie in Abbildung 42 zu sehen ist, liegen die THG-Emissionsfaktoren des Mainzer Strommix nach Quellenprinzip gegenwärtig weit unterhalb derer des deutschen Strommix. Das liegt vor allem daran, dass die Stromerzeugung auf der Ingelheimer Aue gegenwärtig fast ausschließlich auf KWK basiert, die Einsatzstoffe Erdgas und Abfall zu den am wenigsten CO_{2äq}-intensiven Brennstoffen unter den fossilen Energieträgern (Steinkohle, Braunkohle, Heizöl etc.) gehören und dass durch die vor Ort vorhandenen Windenergie-

und Photovoltaikanlagen, aber vor allem durch die MSW-Beteiligungen an überregionalen Wind- und

Solarparks auch der EE-Anteil mit 27 % im Jahr 2015 bereits überdurchschnittlich hoch ist.

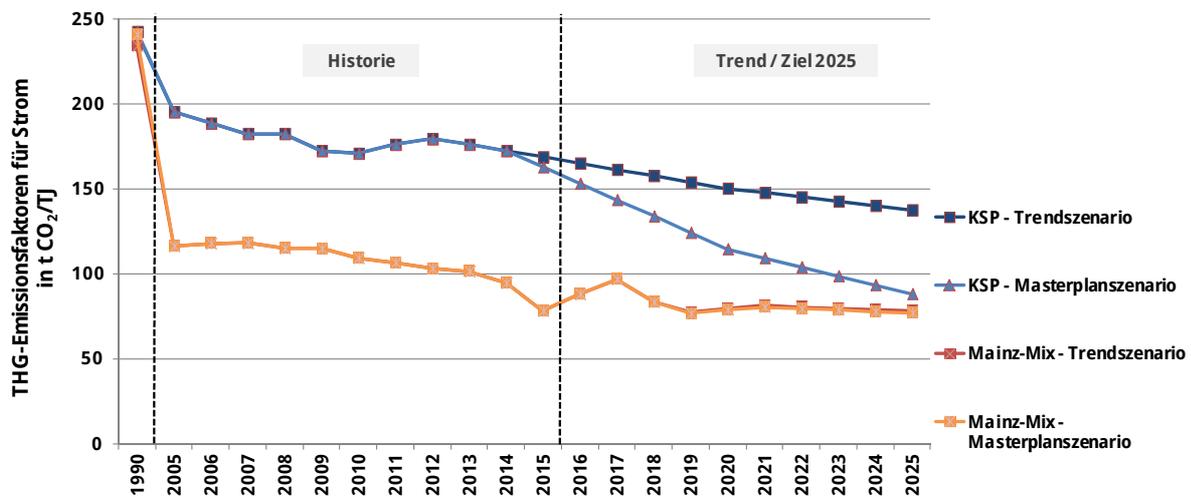


Abbildung 42 THG-Emissionsfaktoren des deutschen Strommix (Basis: Klimaschutzplaner) und des Mainzer Strommix gemäß TREND- und MASTERPLAN-Szenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig
Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben.

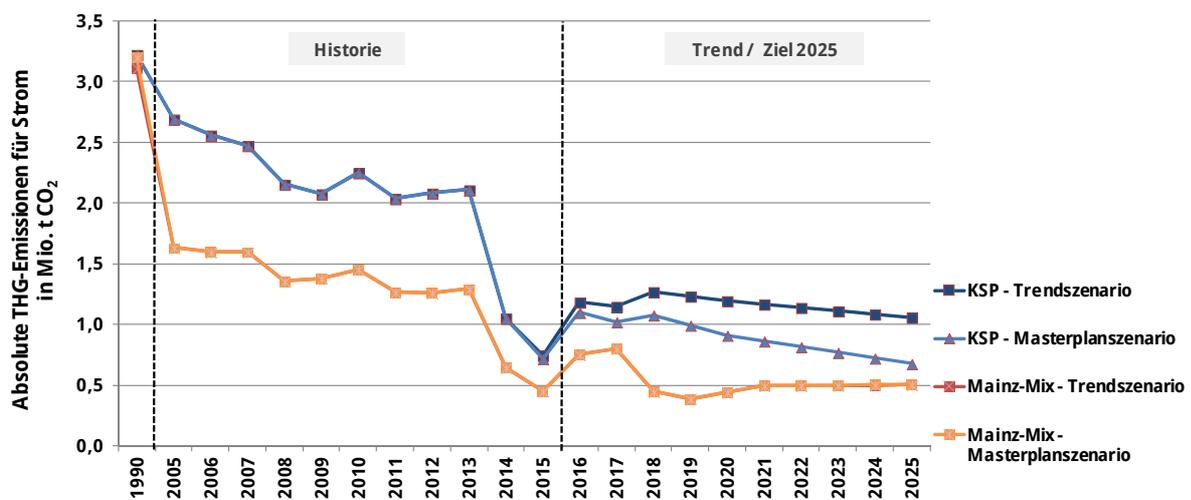


Abbildung 43 Absolute THG-Emissionen des deutschen Strommix (Basis: Klimaschutzplaner) und des Mainzer Strommix gemäß TREND- und MASTERPLAN-Szenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig
Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben.

5.3.2 Fernwärme

Die Fernwärme basierte in den 1990er Jahren noch auf dem Steinkohlekraftwerk (KW1 Kohle) auf der Ingelheimer Aue. Nach dessen Stilllegung ging im Jahr 2001 die GuD-Anlage (KW3 GuD) und im Jahr 2003 das Müllheizkraftwerk (MHKW) in Betrieb, dessen Dampf zur Stromerzeugung oder Fernwärmeversorgung genutzt werden kann. Die Fernwärmeversorgung basiert somit zu einem hohen Anteil auf der Verbrennung von Abfall statt Erdgas.

Das MASTERPLAN-Szenario (Abbildung 44) unterscheidet sich lediglich in zwei Punkten vom TREND-Szenario:

- Im Jahr 2050 wird gemäß Klimaschutzenszenario „KSZ KS95“ 53 % des im deutschen Gasnetz vorhandenen Erdgases durch synthetisches Gas aus „Power to Gas“-Prozessen ersetzt.
- Ein geringer Teil des für Mainz ermittelten Solarflächenpotenzials (180 TJ von 3.024 TJ), welches im Rahmen der Potentialanalyse für Photovoltaik ermittelt wurde, wird zur Aufstellung von Solarkollektoren (Solarthermie) genutzt.

Es wird eine langsam ab 2030 beginnende und bis 2050 abgeschlossene Einbindung dieses Potentials in die Fernwärme vorgesehen.

In den 1990er Jahren basierte die Fernwärme ausschließlich auf dem Steinkohle-Kraftwerk (KW1 Kohle). Mit dem Bau und der Inbetriebnahme des GuD-Kraftwerkes (KW2 GuD) erhöhte sich die installierte thermische Leistung wesentlich. Der Einbruch der Wärmeerzeugung in den Jahren 2014/15 war nicht so enorm wie bei der Stromerzeugung, da dieser teilweise durch das benachbarte Müllheizkraftwerk kompensiert wurde. Mit der Inbetriebnahme des geplanten Erdgas-BHKW im Jahr 2018 soll auch die Wärmeerzeugung aus dem GuD-Kraftwerk vorerst stark gedrosselt, aber in den Jahren darauf wieder angehoben werden. Es wird davon ausgegangen, dass es zu einem weiteren Ausbau der Fernwärme in Mainz kommen wird, so dass diese in den anderen Sektoren den Einsatz fossiler Heizungssysteme (z.B. Erdgas-/Heizöl-Brennwerttherme) substituieren wird. Gegenüber 1990 wird sich gemäß TREND-Szenario (+ 111 %) und gemäß MASTERPLAN-Szenario (+ 129 %) die Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050 somit mehr als verdoppeln.

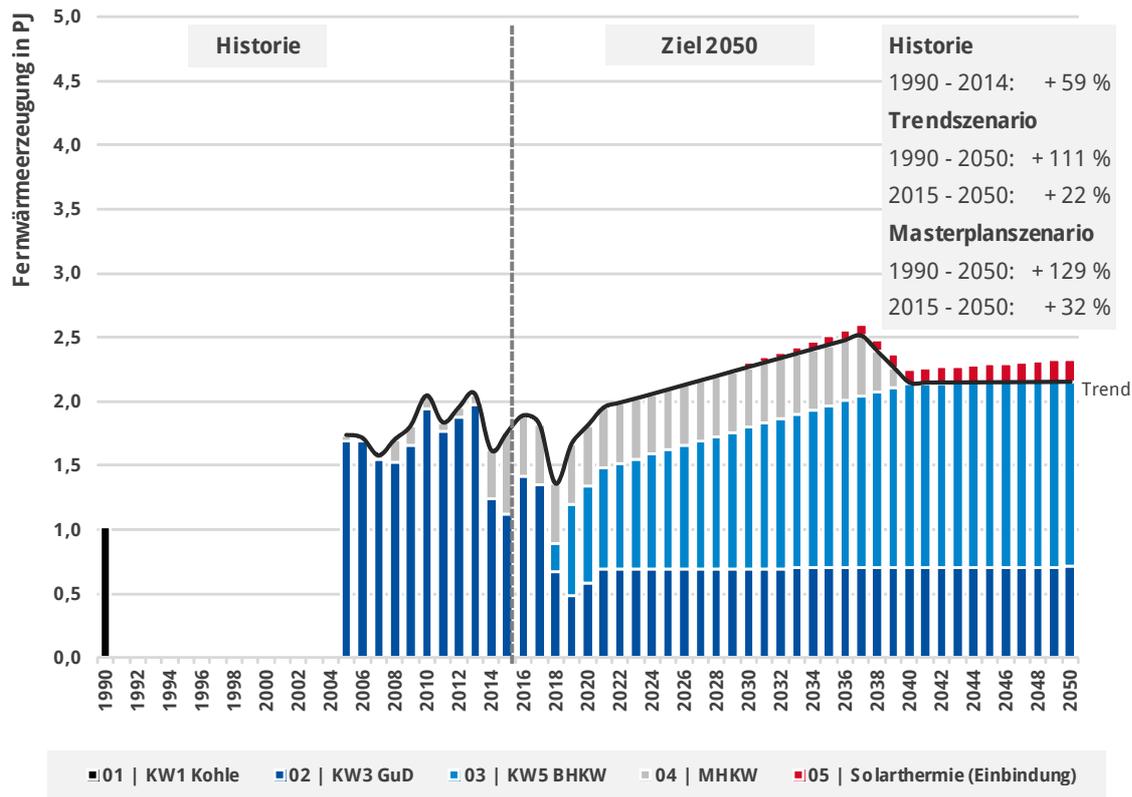


Abbildung 44 Fernwärmeerzeugung nach Erzeugungsanlagen gemäß MASTERPLAN-Szenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig
 Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben.

Gegenüber 1990, als die Fernwärme ausschließlich auf dem CO_{2äq}-intensiven fossilen Brennstoff Steinkohle basierte, sind die THG-Emissionsfaktoren (Abbildung 45) bereits sehr stark gesunken und werden – insbesondere im Rahmen des MASTERPLAN-Szenarios infolge der Einbindung von Synthesegas und Solarthermie – bis 2050 weiter sinken.

Bei den absoluten CO_{2äq}-Emissionen (Abbildung 46) ist der Rückgang wegen der gegenüber 1990 stark

angestiegenen Wärmemengen bei weitem nicht so massiv. Trotzdem ist durch die Substitution der Steinkohle seit 1990 durch die Brennstoffe Abfall, Erdgas, SynGas und (in geringen Mengen) Solarthermie ein deutlicher Rückgang im Kurvenverlauf bis 2050 zu verzeichnen:

- TREND-Szenario: - 40 %
- MASTERPLAN-Szenario: - 68 %.

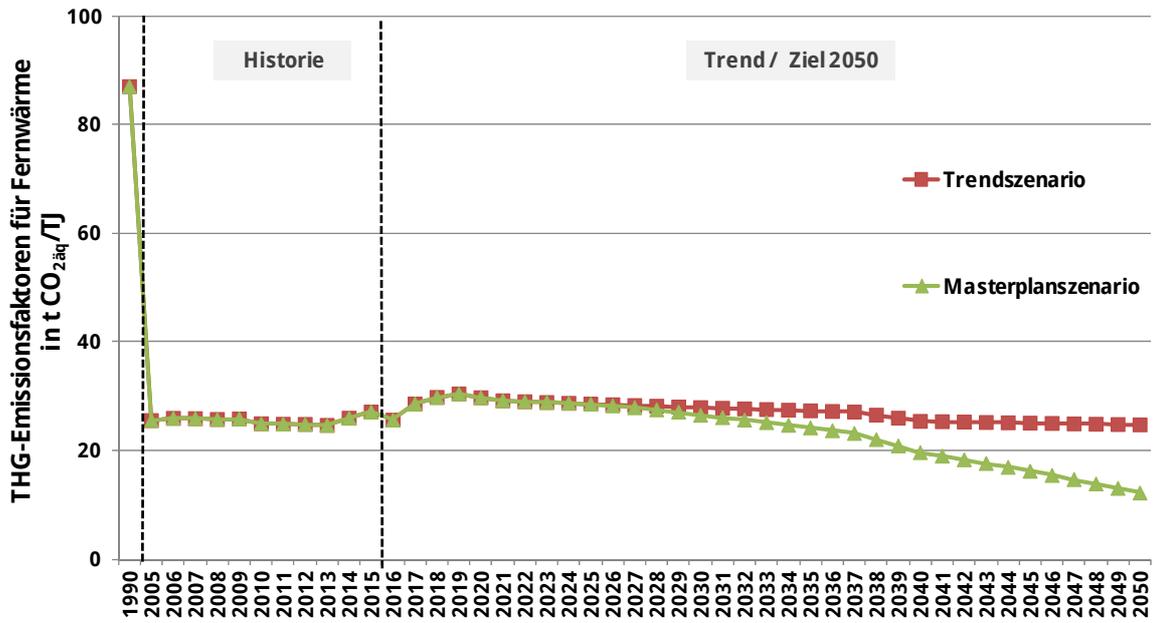


Abbildung 45 THG-Emissionsfaktoren der Mainzer Fernwärme gemäß Trend- und MASTERPLAN-Szenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben

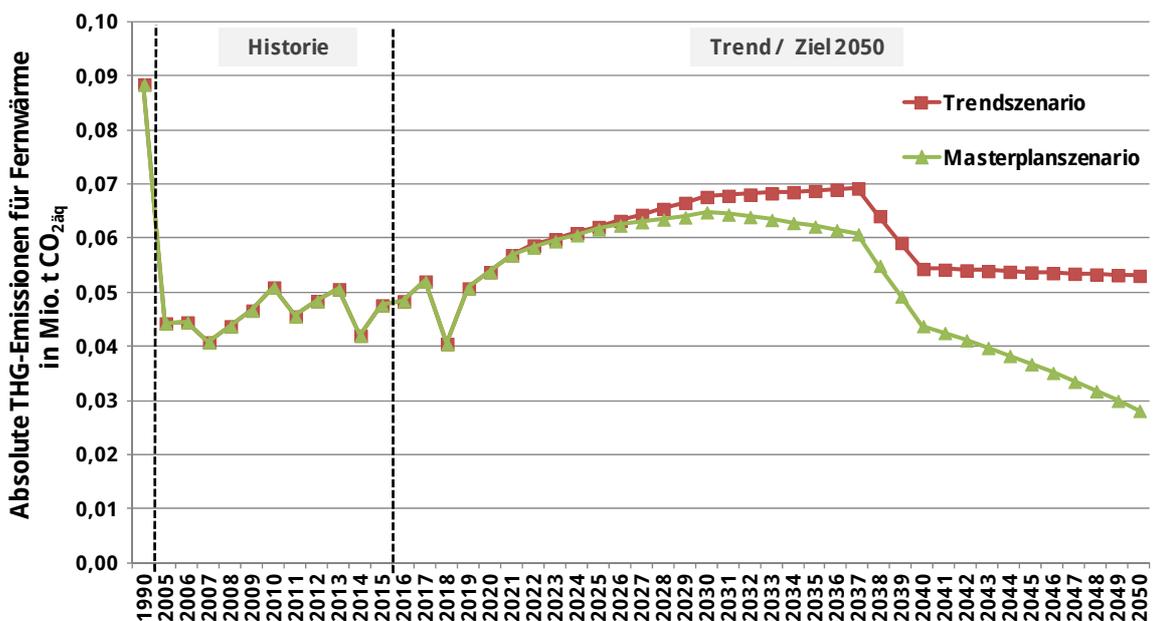


Abbildung 46 Absolute THG-Emissionen der Mainzer Fernwärme gemäß Trend- und MASTERPLAN-Szenario

Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Anmerkung: Für die Jahre 1991 bis 2004 wurden keine Erzeugungsdaten erhoben.

5.4 Versorgungskonzepte

5.4.1 Stromversorgung

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

zur Prognose der fluktuierenden Einspeisung und des zu erwartenden Stromverbrauchs entwickelt. Die Rahmendaten bezüglich der Erzeugung und des Stromverbrauchs entsprechen den Ergebnissen des MASTERPLAN-Szenarios für die Stadt Mainz 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 Wind- oder Photovoltaikanlagen. Die Einspeiseprofile wurden mit Hilfe vom Öko-Institut entwickelter Einspeisezeitreihen für das Jahr 2050 in Rheinland-Pfalz in stünd-

licher Auflösung modelliert [Öko-Institut 2016]. Im Jahr 2050 stellt in der Stadt Mainz, unter Berücksichtigung der Ergebnisse des MASTERPLAN-Szenarios, die Einspeisung aus Windenergie mit 225 TJ und Photovoltaik mit 1.512 TJ einen Anteil von 27 % an der Jahresstromerzeugung. Die Erzeugung aus dem GuD-Kraftwerk sowie dem Gasmotor-BHKW beträgt ca. 4.700 TJ

Während die Einspeisung der Windenergie deutlich unter der Photovoltaik liegt, zeigt diese hohen Spitzen in den Sommermonaten. Maximale positive Lasten von über 320 MW werden den Stromverbrauch in den Mittagsstunden deutlich übersteigen. Hinsichtlich des Jahres- und Tagesverlaufs weist die Windenergie einen deutlich gemäßigteren Verlauf auf, wie in Abbildung 47 dargestellt.

Für den Haushaltssektor stehen das dynamisierte Standardlastprofil (SLP) der Bundesnetzagentur [BNetzA 2017b] und für den GHD-Sektor das SLP der Mainzer Stadtwerke zur Verfügung [Mainzer Netze 2017]. Mit Hilfe dieser Profile lassen sich die Energiemengen von 1.077 TJ für die Haushalte beziehungsweise 2.171 TJ für GHD in stündlicher Auflösung über das Jahr verteilen.

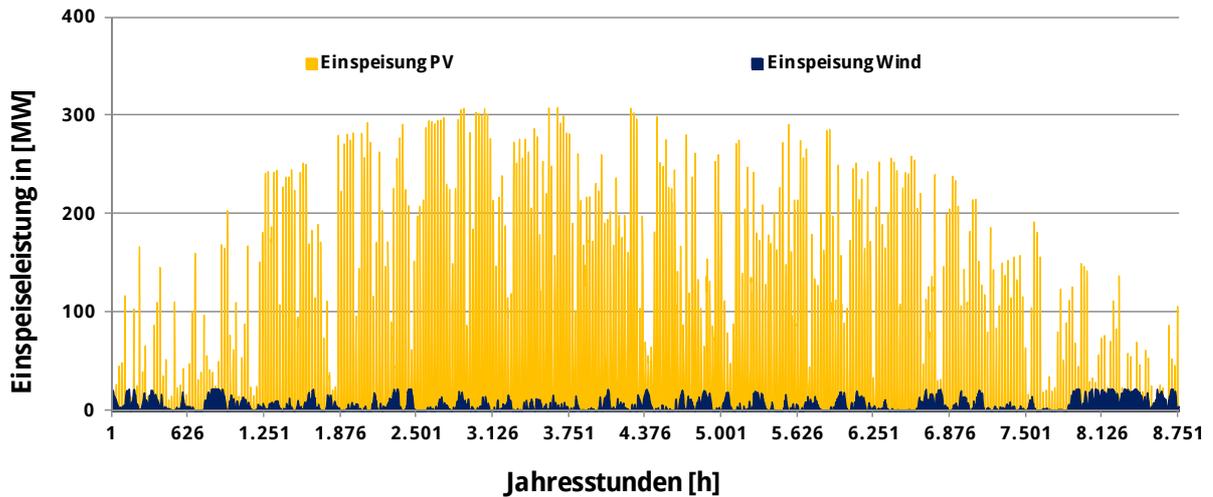


Abbildung 47 Einspeiseleistung der Photovoltaik- und Windenergieanlagen im Stadtgebiet Mainz
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig auf Basis [Öko-Institut 2016]

In der Stadt Mainz verursacht der Sektor GHD etwa ein Drittel des Stromverbrauchs, wobei das Nachfrageprofil durch sehr hohe Spitzen an den Wochenenden gekennzeichnet ist (vgl. Abbildung 48). Weiterhin zeigt sich beim Vergleich von Abbildung 47 und Abbildung 48, dass eine Deckung des Haushaltslastganges 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 eine durchschnittlich geringe Nachfrage in den Sommermonaten auf. Diese Temperaturabhängigkeit – bedingt durch Warmwassererzeugung, Raumwärmebereitstellung und andere witterungsbedingte Prozesse – ist bis zum Jahr 2050 verschiedenen Änderungen unterworfen. Aktuell werden im Haushalts- bzw. GHD-Sektor etwa 13 % bzw. 4 % des Raumwärmebedarfs durch Stromanwendungen gedeckt. Im Haushaltssektor haben Wärmepumpen daran einen Anteil von etwa 50 % [rwi 2016].

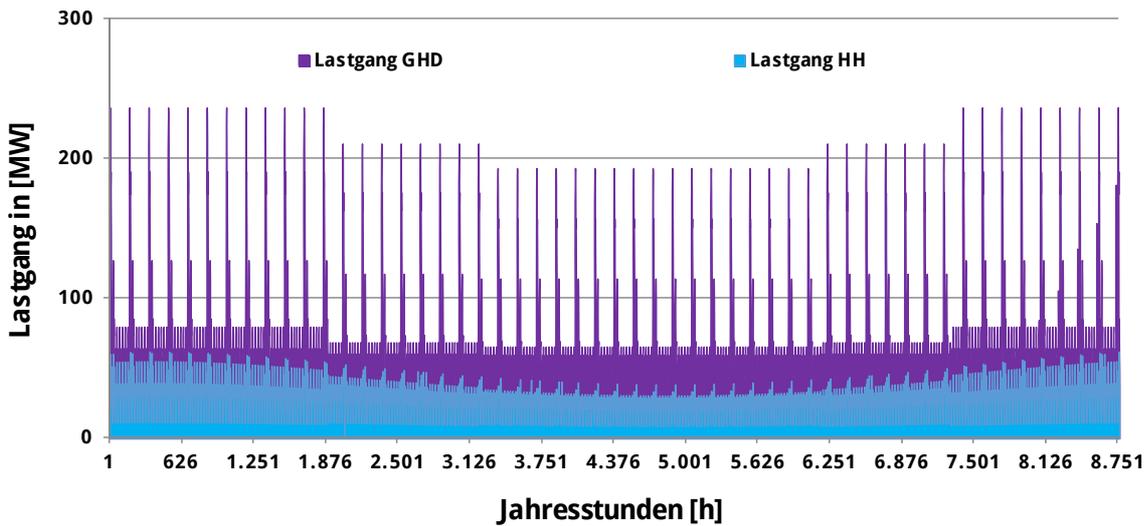


Abbildung 48 Lastgang des Haushalts- sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektor
 Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig auf Basis [BNetzA 2017b] [Wuppertal Institut 2015]

Ausgehend von einer weiteren Steigerung der Wärmepumpenanwendungen sowie einer Steigerung der Raumwärmeanwendungen durch Strom optimiert ein separates Profil für Wärmepumpen die Genauigkeit der Residuallastprognose. Aus den für ein Jahr geltenden Lastgängen wurde nach [Wuppertal Institut

2015] und spezifischen Wetterdaten für den Standort Mainz eine temperaturabhängige Last von knapp 700 TJ ermittelt. Etwa 58 % dieser Energiemenge wurde dem temperaturabhängigen Standardlastprofil für Wärmepumpen [Westnetz 2015] zugeschrieben (vgl. Abbildung 49).

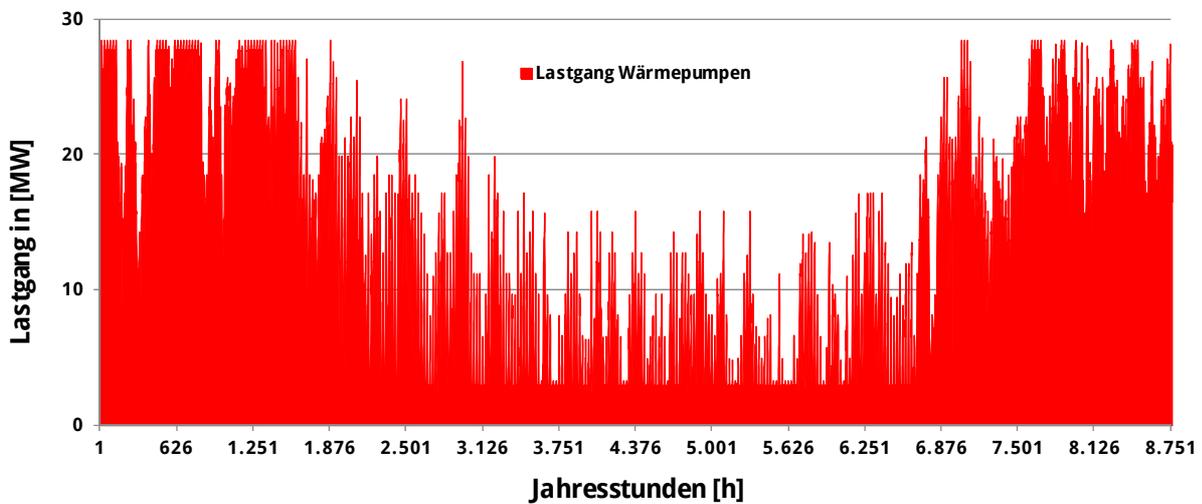


Abbildung 49 Temperaturabhängiger Verlauf der Wärmepumpenlast
 Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig auf Basis [Westnetz 2015]

Weiterhin wurde ein gesondertes Profil für die Elektromobilität (vgl. Abbildung 50) verwendet [Wuppertal Institut 2015], die aufgrund der Elektrifizierung des Verkehrssektors mit über 660 TJ einen erheblichen Anteil am zukünftigen Lastgang besitzen wird. Das Tagesprofil der Elektromobilität weist während der Woche Spitzen am Mittag sowie am Abend auf, so dass der Verkehrssektor als möglicher Speicher für

hohe Mengen an Photovoltaikstrom genutzt werden kann, welcher insbesondere in der Mittagszeit produziert wird. Zunächst wurden keine Lastmanagement- und Speicheroptionen in die Modellierung der Lastprofile einbezogen, um ein möglichst realistisches Bild der maximalen resultierenden Lastwerte zu erhalten.

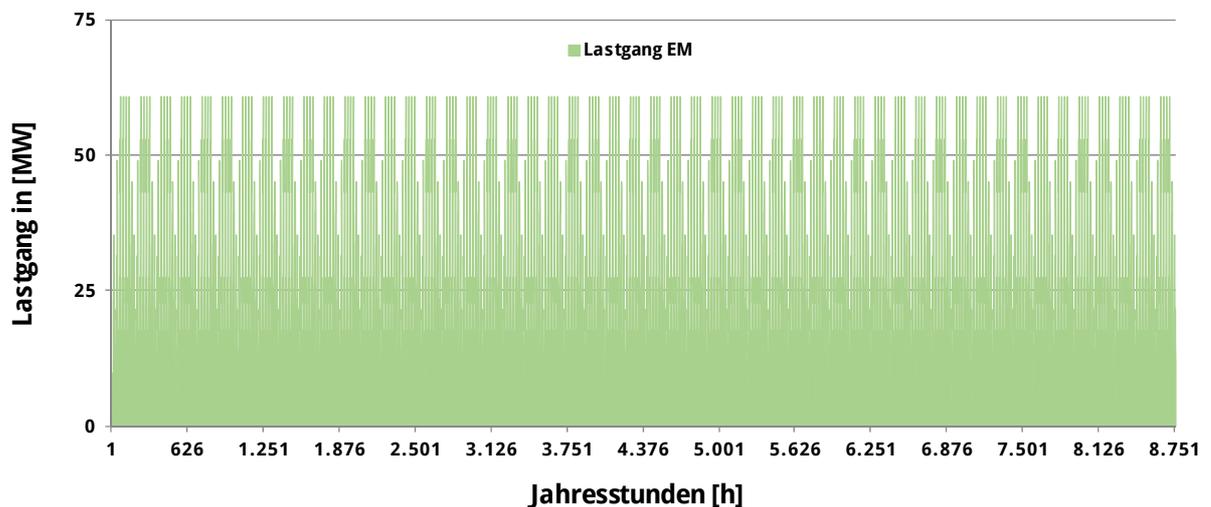


Abbildung 50 Lastgang der Elektromobilität

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig auf Basis [Wuppertal Institut 2015]

Auf Grundlage der durch die Mainzer Stadtwerke veröffentlichten Netzdaten [Mainzer Netze 2015], den sektoralen Energiemengen und den Standardlastprofilen wurde ein Restlastprofil entwickelt, welches im Wesentlichen durch das Verarbeitende Gewerbe geprägt ist. Nach Normierung und Anpassung auf die

verbleibende Energiemenge ergibt sich ein Profil mit einem stetigen Energiebedarf. Das Profil ist besonders durch die Spitzen während der Arbeitswoche bzw. der Täler an Feiertagen, wie am Ende des Jahres, geprägt (vgl. Abbildung 51).

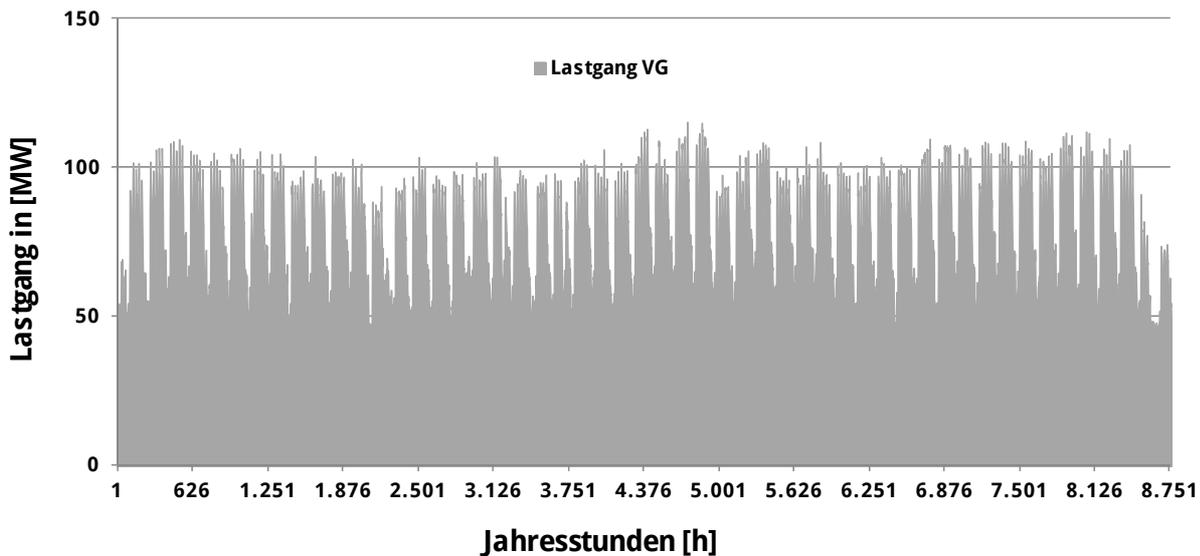


Abbildung 51 Restlastprofil durch leistungsgemessene Verbraucher
 Quelle: Berechnung und Darstellung: IE Leipzig auf Basis [Mainzer Netze 2015]

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 Mainz, bestimmt über Häufigkeitsverteilungen und Differenz-Jahreslastkurven die Über- und Unterdeckung der Leistungsbereitstellung durch EE-Anlagen. Auf Grund der hohen installierten Leistung an Photovolta-

ik sind die höchsten negativen Lasten in den Wintermonaten zu erwarten, tatsächliche Überschüsse lediglich um die Mittagszeiten in den Sommermonaten. Während die maximalen Residuallasten bei über 410 MW liegen, regelmäßig auftreten und über die SLP prognostizierbar sind, liegen die maximalen positiven Residuallasten bei etwa 130 MW und treten seltener auf. Über einen Tag verteilt, kann es dennoch zu Lastwechseln von mehreren hundert Megawatt kommen (vgl. Abbildung 52).

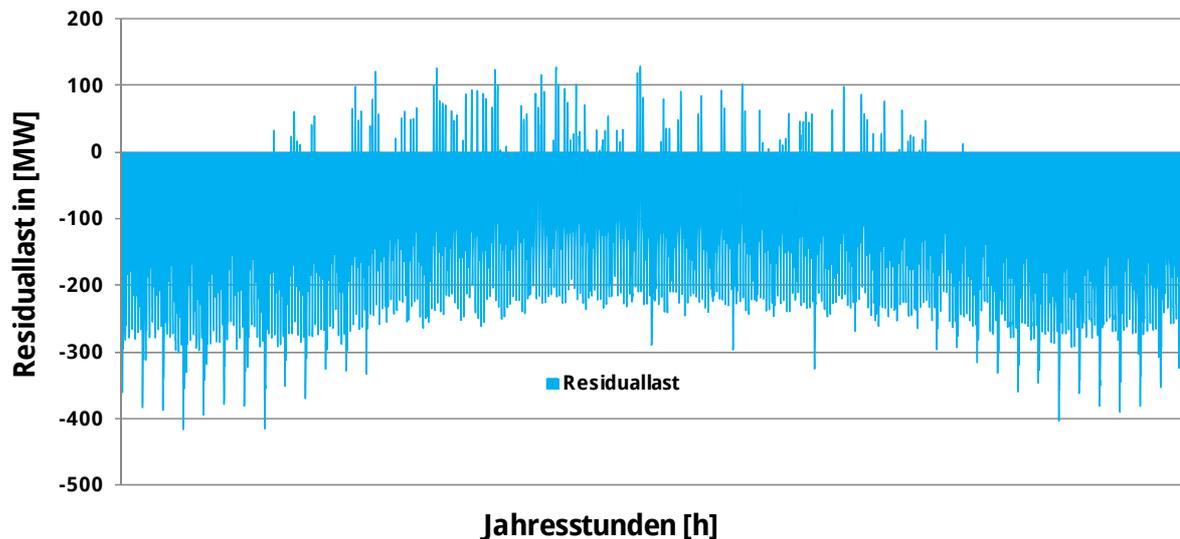


Abbildung 52 Verlauf der Residuallast

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Über 8.100 h im Jahr deckt die Einspeisung durch erneuerbare Energien nicht den tatsächlichen Bedarf, während sich für etwa 550 h ein Überschuss ergibt. Die Summe des „überschüssigen“ Stroms könnte einen Anteil von ca. 2 % der verbleibenden Energiemenge decken. Weiterhin zeigt sich, dass negative Residuallasten von über 300 MW mit hohen Spitzen im GHD-Sektor zusammenfallen, während Verarbeitendes Gewerbe, Haushalte und Elektromobilität einen deutlich gleichmäßigeren Verlauf aufweisen. Die solare Einspeisung kann Zeiten des hohen Verbrauchs decken, während die Einspeisung aus Windenergie den Verbrauch zu keiner Zeit decken kann (vgl. Abbildung 53).

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 wird die Charakteristik der Über-

und Unterlast analysiert. Aufgrund der bereits dargestellten Notwendigkeiten für den Speicherbedarf, werden verschiedene Speicheroptionen betrachtet. Neben dem Speicherprinzip „Strom zu Strom“ kann beispielsweise 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 Integration von 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 Speicheroptionen.

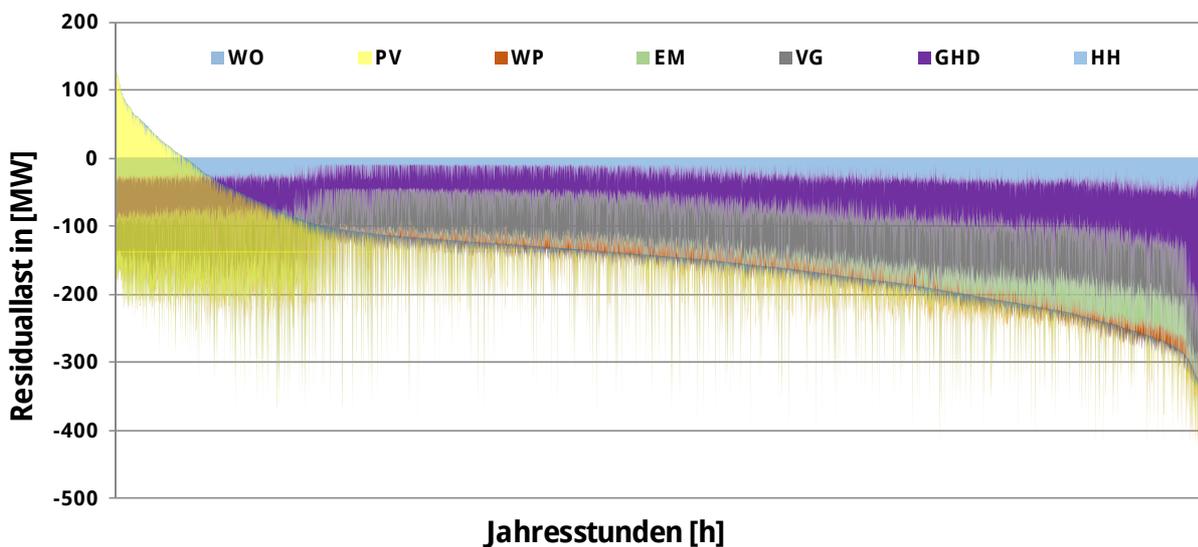


Abbildung 53 Häufigkeitsverteilung der Residuallasten

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. 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 ungleich höher ist und nur einen geringen Anteil mit Photovoltaik decken kann. Der Lastgang der Elektromobilität wurde hinsichtlich der sofortigen Einspeicherung des nicht vom Haushalts- bzw. GHD-Sektor aufgenommenen Photovoltaikstroms optimiert, wobei von einer maximalen Verschiebung von 30 % der Speicherkapazität um 6 h ausgegangen wird.

Im Ergebnis bestehen aber weiterhin hohe Überschüsse bedingt durch die solare Einspeisung in den Sommermonaten. Deren absolute Höhe und Anzahl wurden jedoch deutlich reduziert. So sind nur noch an

etwa 320 h im Jahr positive Lasten von maximal 125 MW zu erwarten (vgl. Abbildung 54). Auch die positive residuale Energiemenge lässt sich durch diese Maßnahmen um ca. 45 % reduzieren.

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 in jedem Sektor von einem DSM-Potential von 2,5% der aktuellen Last und einer maximalen Verschiebung von etwa 4 h ausgegangen ist eine weitere Reduzierung der positiven Laststunden auf etwa 300 h im Jahr mit einer maximalen Last von 120 MW denkbar. Für die verbleibende Energiemenge sind mittelfristige Speicheroptionen im Tages- bis Wochenbereich mit hohen Leistungen optimal. Auf Grund der nur noch relativ marginal auftretenden Lastspitzen werden jedoch nur wenige Volllaststunden im Jahr erzielt werden können.

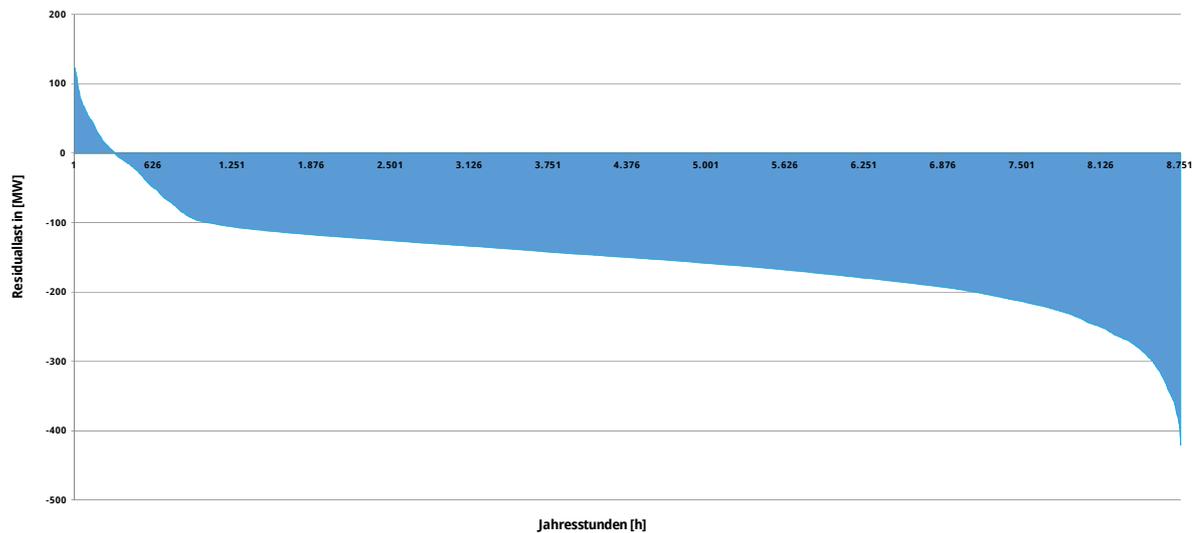


Abbildung 54 Häufigkeitsverteilung der Residuallast mit Speicheroptionen

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

5.4.2 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 lokalen Potenzialen erneuerbarer Energien nicht möglich. Daher werden diese im MASTERPLAN-Szenario, 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.

5.4.3 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 auf 2 % gesteigert werden.

Die Entwicklung der Wärmepumpen wird voraussichtlich nicht in dem erforderlichen Tempo vollzogen werden, weshalb von einer so genannten „Wärmepumpenlücke“ um das Jahr 2030 ausgegangen wird, d.h. dass bis zum Jahr 2030 nicht so viele Wärmepumpen installiert werden können, wie für die

Zielerfüllung der Bundesregierung benötigt werden. 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.

Wärmenetze mit saisonaler Wärmespeicherung

Mit dem gasbasierten Kraftwerkspark auf der Ingelheimer Aue, welcher zudem ausschließlich im KWK-Betrieb arbeitet, und dem damit verbundenen Fernwärmenetz sind die Voraussetzungen zur Nutzung von synthetischen Gas (welches gemäß MASTERPLAN-Szenario im Jahr 2050 zu 53 % im Gasnetz vorhanden sein soll) optimal.

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. Beziehungsweise wären „kalte Netze“, wie sie bereits im Wohngebiet Küferweg vorhanden sind, in Verbin-

dung mit Wärmepumpen eine energieeffiziente Alternative.

Die Firma enpros consulting GmbH ist von der Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG mit den vorbereitenden Planungsarbeiten für eine Wärmespeicheranlage auf der Ingelheimer Aue beauftragt worden.

Da das für 2018 geplante Gasmotoren-BHKW hauptsächlich stromgeführt betrieben werden soll, entsteht eine Differenz zwischen Fernwärmebedarf und Fernwärmeerzeugung.

Die gekoppelt erzeugte Fernwärme, welche in Zeiten hohen Strombedarfs anfällt und nicht abgenommen werden kann, soll in acht Wärmespeichern mit einem Gesamtvolumen von 4.000 m³ und einer Speicherka-

pazität von 2.160 MWh (also 8 x 270 MWh pro Behälter) gespeichert und bei Bedarf ausgespeichert werden.

Die Wärmespeicheranlage mit den Hauptkomponenten Wärmespeicher und BHKW-Auskopplung soll dabei über eine Wärmetauscheranlage hydraulisch vom Fernwärmenetz getrennt werden [enpros 2017].

Dezentrale Wärmeerzeugung (Wärmepumpen, Solarthermie, KWK)

Für die Nutzung der Solarstrahlung mittels Solarthermieranlagen zur Wärmeerzeugung kommen vorrangig Dachflächen in Betracht, wobei dabei stets eine starke Konkurrenzsituation mit Photovoltaik vorherrscht und dieser oftmals Priorität eingeräumt wird (siehe Kapitel 6.2.1. „Solarthermie und Photovoltaik“).

In der Stadt Mainz wird die oberflächennahe Erdwärme zusammen mit Wärmepumpen bereits zahlreich genutzt [Thermago 2015a]. 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 Maßnahme „Geothermie“). Auf dem Kraftwerksgelände der Ingelheimer Aue planen die Kraftwerke Mainz Wiesbaden AG (KMW) zudem den Bau eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) mit einer Feuerungswärmeleistung von max. 230 MW. Dieses soll aus zehn Gasmotoren mit einer Leistung von jeweils 10,3 MW_{el} und 10 MW_{th} bestehen und eine Fernwärmeinspeisung in das Netz der Heizkraftwerk GmbH Mainz (HKW) ermöglichen. Auch bei dem Holzhackschnitzel-Heizwerk am Betriebshof Grün- und Umweltamt handelt es sich um eine biomassebetriebene KWK-Anlage (siehe Maßnahme „Dezentrale Wärmenetze, Abwärme- und Abwasserwärmenutzung“).

5.5 Fazit

In Abbildung 55 wird ein abschließender Überblick über die in Mainz vorhandenen Erzeugungsanlagen und Umspannwerke gegeben. Zur zentralen Fernwärmeerzeugung dienen gegenwärtig das Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD) der Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG (KMW) in Kombination mit dem Müllheizkraftwerk (MHKW) der Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM), welche beide im KWK-Betrieb arbeiten und somit auch Strom erzeugen.

Darüber hinaus verfügen die KMW über einen derzeit nur noch als Spitzenlastkraftwerk fungierenden Erdgas-Kombiblock zur Stromerzeugung.

Außerdem sind weitere dezentrale Heiz- und Heizkraftwerke sowie ein „kaltes Nahwärmenetz“ in Kombination mit Wärmepumpen sowie der Energiepark Mainz, in dem per Elektrolyse Wasserstoff aus erneuerbarem Strom hergestellt wird, zu finden.

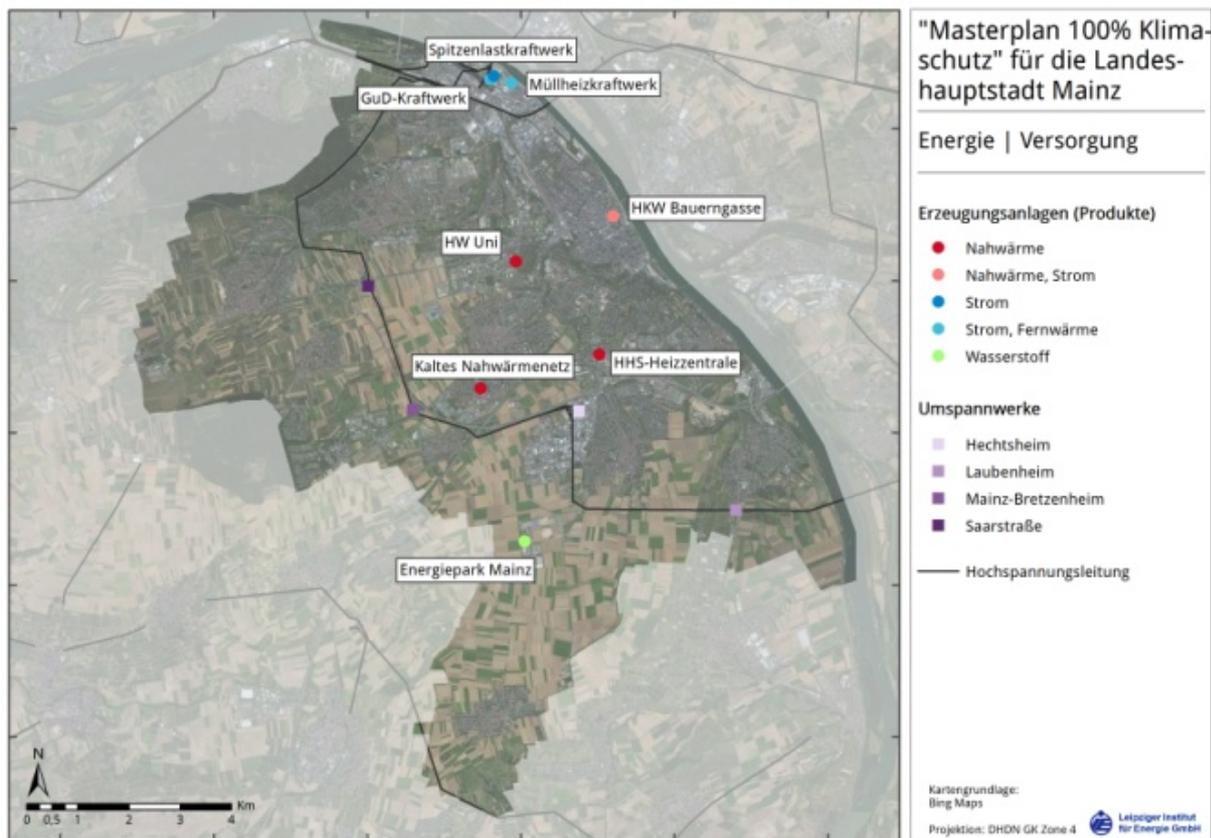


Abbildung 55 Erzeugungsanlagen und Umspannwerke in Mainz
 Quelle: Darstellung IE Leipzig

Für das TREND-Szenario wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2018 das neue Erdgas-BHKW in Betrieb gehen wird, während ab 2038 die Lebensdauer des Müllheizkraftwerks von ca. 25 Jahren überschritten und dessen Betrieb sukzessive eingestellt wird. Das für Mainz ermittelte Potenzial für Photovoltaik von 3.024 TJ und das für Windenergie von 450 TJ wird bis 2050 jeweils zu einem Drittel ausgeschöpft.

Im MASTERPLAN-Szenario bleibt der Kraftwerkspark der KMW bestehen wie im TREND-Szenario. Unterschiede ergeben sich dadurch, dass im Jahr 2050

gemäß Klimaschutzszenario „KSZ KS95“ 53 % des im deutschen Gasnetz vorhandenen Erdgases durch synthetisches Gas aus „Power to Gas“- Prozessen ersetzt wird. Außerdem werden die ermittelten Potenziale für Photovoltaik und Windenergie etwas mehr – nämlich zur Hälfte – ausgeschöpft. Bei der Fernwärme ist zudem ein geringer Teil des für Mainz ermittelten Photovoltaik-Potenzials von 3.024 TJ zur Aufstellung von Solarkollektoren mit einer thermischen Leistung von 180 TJ bis 2050 – langsam beginnend ab 2030 – und Einbindung in die Fernwärme vorgesehen.

Bei einem Vergleich der absoluten THG-Emissionen der Stromerzeugung im Jahr 2050 mit denen von 1990 ergeben sich folgende Minderungen:

- KSP – TREND-Szenario: - 83 %
- KSP – MASTERPLAN-Szenario: - 98 %

Bei den absoluten CO₂_{äq}-Emissionen der Fernwärme ist der Rückgang wegen der gegenüber 1990 stark angestiegenen Wärmemengen bei weitem nicht so massiv. Trotzdem ist ein deutlicher Rückgang bis 2050 gegenüber 1990 zu verzeichnen:

- TREND-Szenario: - 40 %
- MASTERPLAN-Szenario: - 68 %

Infolge wachsender Kapazitäten erneuerbarer Energieerzeuger steigen auch die Belastungen in den zugeordneten Netzebenen. Die Differenz aus fluktuierender Einspeisung und Verbrauch weist auf Grund des hohen Anteils von Photovoltaikstrom im MASTERPLAN-Szenario besonders in den Sommermona-

ten hohe Schwankungen auf. Einspeiseleistungen von bis zu 315 MW übersteigen die Last in Mainz zu dieser Zeit deutlich, während in den Wintermonaten kaum Überschüsse durch die fluktuierende Einspeisung zu erwarten sind. Eine Kompensierung der bis zu 130 MW hohen positiven Residuallast an 550 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 kann eine Reduzierung der maximalen positiven Residuallast auf 120 MW bei gleichzeitiger Senkung der positiven Laststunden auf etwa 320 h im Jahr erreicht werden. Die verbleibende Energiemenge von etwa 50 TJ kann durch geeignete Speichermaßnahmen schließlich noch für ca. 1 % der nicht erneuerbar gedeckten Last aufkommen..

6 Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2050

Zunächst wird die Ausgangslage, also die Entwicklung des Endenergieverbrauchs von 1990 bis 2014 in der Stadt Mainz für die einzelnen Verbrauchssektoren Haushalte sowie Kommune, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Verkehr beschrieben. Anschließend erfolgt der Ausblick bis zum Jahr 2050 im Rahmen des TREND-Szenarios. Hier werden die wesentlichen Entwicklungspfade beschrieben, ohne dass zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden (vgl. Kapitel Definition der Szenarien). Im Rahmen des Masterplanprojekts wurde ein umfangreicher Beteiligungsprozess durchgeführt (vgl. Kapitel Beteiligungsprozess). Verschiedene Fachgruppen erarbeiteten einen umfangreichen Katalog mit Strategien und Maßnahmenideen für jeden Verbrauchssektor (vgl. Kapitel Umsetzung und Maßnahmenkatalog). Im MASTERPLAN-Szenario werden diese Strategien und Maßnahmenideen aufgegriffen und beschrieben, wie die Masterplanziele hierdurch erreicht werden können. .

6.1 Industrie

Die Industrie hat in Mainz einen bedeutenden Anteil – 2015 gab es 58 Betriebe mit 7.400 Beschäftigten. Gegenüber 1990 sind es jedoch nur noch halb so viele Industriebetriebe. Die Stadt will diesem Trend entgegen wirken und den Standort für neue Betriebe interessant machen. Wichtige produzierende Branchen (mit beispielhaften Betrieben) in Mainz sind:

- Baustoffindustrie (HeidelbergCement AG, MOG-AT-Werke Adolf Böving Bitumen- und Dachpap-penfabrik GmbH)
- Chemische Industrie (Werner & Mertz GmbH, INEOS Paraform GmbH & Co. KG)
- Elektroindustrie (Analog Microelectronics GmbH, DILAS Diodenlaser GmbH)
- Fahrzeugindustrie (Zöller-Kipper GmbH, Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH)
- Glasindustrie (SCHOTT AG, Duran Group)
- Kunststoffindustrie (ALPLA Werke Alwin Lehner GmbH & Co KG)
- Lebensmittelindustrie (Brezelbäckerei Ditsch GmbH, ADM Mainz)
- Maschinenbau (ic-automation GmbH, Brucker & Kohlhaas Maschinenbau GmbH)
- Metallindustrie (Römheld & Moelle GmbH)
- Papierindustrie (Kimberly-Clark GmbH, Wepa Hygieneprodukte GmbH)

6.1.1 Ausgangslage und TREND-Szenario

Der höchste Anteil des Endenergieverbrauchs der Industrie wird durch fünf **energieintensive Branchen** benötigt. Nachfolgend werden beispielhaft einige dieser in Mainz ansässigen Unternehmen und ihre Bemühungen zur Steigerung der Energieeffizienz und/oder zur emissionsarmen Strom-/ Wärmeezeugung dargestellt. Die Entwicklungen der vergangenen Jahre zeigen, dass das Thema in den Unternehmen bereits heute eine hohe Relevanz besitzt. Dabei stieg die Aktivität bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen mit der Unternehmensgröße und dem Energiekostenanteil an. Viele der Unternehmen haben bereits ein Energiemanagementsystem nach der Norm DIN EN ISO 50001 eingeführt. Einige Betriebe sind auch nach EMAS, einem freiwilliges Instrument der EU, das Unternehmen und Organisationen jeder Größe und Branche dabei unterstützt, ihre Umweltleistung kontinuierlich zu verbessern, zertifiziert.

Baustoffindustrie

Die Herstellung von Zement ist ausgesprochen energieintensiv. Energie wird in Form von Brennstoffen zur Befuerung der Drehöfen und als elektrische Energie (etwa 10 % des Gesamtenergieverbrauchs) zum Betrieb verschiedener Anlagen (z. B. Rohmaterial- und Zementmahanlagen) eingesetzt [VDZ 2017].

Im **Zementwerk Mainz** der **HeidelbergCement AG** findet jedoch nur der letzte Schritt des Herstellungsprozesses statt, die Mahlung des Klinkers mit Zuschlagstoffen. Der zur Zementherstellung notwendige Klinker wird als Zwischenprodukt von einem Schwesterwerk beschafft.

In Mainz wird ein niedriger Klinkergehalt im Zement angestrebt, um Rohstoffressourcen zu sparen und CO₂-Emissionen zu reduzieren. Zur kontinuierlichen Reduzierung des spezifischen Strom- und Energieverbrauchs verfügt das Werk über ein von extern auditiertes Energiemanagementsystem [HeidelbergCement 2017].

Chemische Industrie

Die **Werner & Mertz GmbH** ist ein Unternehmen der Haushaltschemie mit etwa 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern am Hauptsitz in Mainz. Zur Kontrolle und Optimierung der Energieverbräuche wurde im Jahr 2013 die ISO 50001 mit der entsprechenden Energiedatenerfassung eingeführt.⁵ Nach den standardmäßigen Aktivitäten zum effektiveren Einsatz von Strom (z.B. Anschaffung geregelter Motoren und drehzahl geregelter Pumpen, Optimierung der Beleuchtung) wurde im Jahr 2013 ein neues Beleuchtungskonzept in den Logistikzentren realisiert. Seit 2010 produziert das Gebäude der neuen Hauptverwaltung in Mainz mehr Energie, als für Heizen und Kühlen verbraucht wird. 16 Windkraftturbinen (132 MWh/a), eine Photovoltaikanlage (45 MWh/a) und die geothermische Grundwassernutzung erzeugen 20 % mehr Energie, als für den laufenden Betrieb benötigt wird. Der Solarstrom versorgt zusätzlich zwei Elektro-Smart-Dienstwagen. Regelmäßige Schulungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum Thema Energieeinsparung unterstützen die technischen Aktivitäten [Werner & Mertz 2016].

⁵ *Energieverbrauch 2015 [Werner & Mertz 2016]: 7,4 GWh Strom, 3,3 GWh Erdgas, 5,3 GWh Fernwärme*

Glasiindustrie

Die Glasherstellung gehört zu den energieintensiven Herstellungsprozessen. Entsprechend hoch sind auch die energiebedingten CO₂-Emissionen und durch die hohen Schmelztemperaturen auch die NO_x-Emissionen. Je nach Glasart beträgt die Temperatur in der Glasschmelzwanne zwischen 900 und 1.500°C. Daher ist die Steigerung der Energieeffizienz in der Glasiindustrie ein besonders wichtiges Thema.

Die **SCHOTT AG** ist ein international führender Technologiekonzern auf den Gebieten Spezialglas und Glaskeramik. Der Hauptsitz ist in Mainz mit 2.400 Beschäftigten. Vor einigen Jahren wurde das Energiemanagementsystem ISO 50001 eingeführt. Um weitere Effizienzpotenziale zu identifizieren und auszuschöpfen, gründete der Technologiekonzern für seine sechs Standorte in Deutschland das Energieeffizienznetzwerk „EffiNet@SCHOTT“.

Durch vielfältige Verbesserungen im Prozessablauf wie auch durch den Einsatz von reinem Sauerstoff in der Befeuerung senkt SCHOTT am Standort Mainz permanent den spezifischen Energieeinsatz je Tonne geschmolzenen Glases – seit 1990 um mehr als ein Viertel.⁶ Mit der neuen Rohrglas-Wanne, einer sogenannten Oxyfuel-Wanne, hat SCHOTT das technologisch modernste Wannenkonzept umgesetzt. Bei der Oxyfuel-Technologie wird Erdgas mit reinem Sauerstoff verbrannt.

⁶ Der jährliche Stromverbrauch am Standort Mainz beträgt derzeit 250 GWh und wird durch eine Anlagenleistung von 36 MW (davon 2 MW durch Eigenerzeugung) gedeckt. Der Stromverbrauch der gesamten Industrie in Mainz beträgt ca. 571 GWh, d. h. 44 % davon benötigt die Schott AG. Darüber hinaus besteht ein sehr hoher Erdgasbedarf (Fach-AG Energie, 1.Sitzung).

Das Ergebnis ist ein hocheffizienter Verbrennungsprozess, der gegenüber herkömmlichen Regenerativ-Wannen ca. 30 % weniger Energie benötigt [SCHOTT AG 2016], [SCHOTT AG 2017].

Die **Duran Group** produziert am Standort Mainz mit etwa 180 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Laborgläser, Hohlgläser für Elektrokleingeräte und Haushalt sowie Pressglas für Haushalt und Technik. Zur Umsetzung der Energieziele wurde das Energiemanagementsystem nach der Norm ISO 50001 eingeführt [Duran Group 2016].

Metallindustrie

Diese Branche hat eine hohe Energieintensität in ihren Produktionsprozessen. Es wird viel thermische Energie zur Erwärmung der Metalle benötigt.

Ein wichtiges Geschäftsfeld der Eisengießerei **Römheld & Moelle GmbH** ist die Herstellung von Umformwerkzeugen für die Automobilindustrie und Komponenten für den Maschinenbau – vor allem Prototypen und Einzelteile. Das Unternehmen hat das Energiemanagementsystem nach der Norm ISO 50001 eingeführt [Römheld & Moelle 2017].

Papierindustrie

Die Herstellung von Hygienepapier ist nicht nur energieintensiv, sondern benötigt viel Holz und Wasser.

Die WEPA Gruppe hat in Mainz eine Produktionsstätte (**WEPA Hygieneprodukte GmbH**) mit 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zur Herstellung von Toilettenpapier. Ein wesentlicher Faktor der WEPA Unternehmenspolitik ist die effiziente Herstellung von Hygienepapieren. Umweltschutz ist ein gleichrangiges Unternehmensziel [WEPA 2017].

Der **Endenergieverbrauch** der Industrie in Mainz ist im Betrachtungszeitraum von **1990 bis 2014** deutlich um rund 61 % gesunken. Neben den Anstrengungen der Unternehmen zu Energieeinsparung und -effizienz spiegeln sich in dieser Entwicklung auch Strukturwandelexeffekte (rückläufige Anzahl der Betriebe am Standort Mainz, Verschiebung hin zu weniger energieintensiven Branchen und Produkten) wider.

Die prozentuelle Verteilung der Energieträger ist in Abbildung 57 auf der rechten Seite dargestellt. Dominierende Energieträger waren im Jahr 2014 Erdgas (57 %) und Strom (37 %). Kaum eine Bedeutung hatten Fernwärme (5 %), Mineralöl (1 %) und Erneuerbare Energien (0,2 %).

Im **TREND-Szenario** sinkt der **Endenergiebedarf** im Industriesektor zwischen **2015 und 2050** um ca. 11 % auf etwa 4.9 PJ (vgl. linke Spalte in der Abbildung 56). Diese Entwicklung ist trotz des unterstellten weiteren Wirtschaftswachstums aufgrund der bereits derzeit etablierten Instrumenten zur Energieeffizienz und der daraus folgenden kontinuierlichen Erhöhung der Endenergieproduktivität zu erwarten. Zwischen den Endenergieträgern gibt es strukturelle Verschiebungen, die den beobachteten historischen Trend im Wesentlichen fortsetzen. Der Einsatz von Strom (48 %) nimmt, auch aufgrund des Rückgangs von Erdgas (37 %), an Bedeutung zu (vgl. rechte Spalte in der Abbildung 56 prozentuale Verteilung der Energieträger für das Jahr 2050).

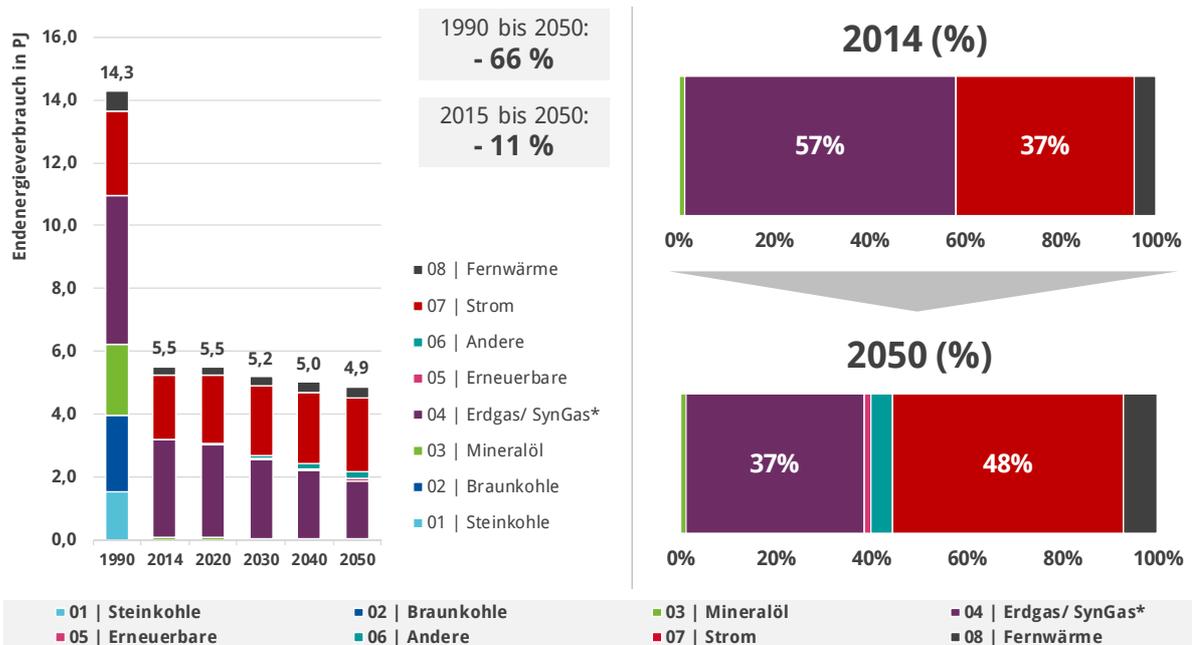


Abbildung 56 Endenergieverbrauch Sektor Industrie – Historie und TREND-Szenario
Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

6.1.2 Strategien und Maßnahmenideen

Grundlage für das MASTERPLAN-Szenario ist der Erhalt des Industrie- und Wirtschaftsstandortes Mainz. Die Unternehmen leisten einen wesentlichen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung.

Durch die Identifizierung und Umsetzung von energetischen Einspar- und Verbesserungsmöglichkeiten bei den Unternehmen können die THG-Emissionen des industriellen Sektors weiter reduziert werden.

Für die energieintensiven Branchen der Industrie ist vor allem die Entwicklung der wirtschaftsleistungsbezogenen Energieproduktivität die maßgebliche Aktivitätsgröße.

Ziel ist es, für die Produktion einer Einheit Wirtschaftsleistung weniger Endenergie einzusetzen. Wesentliche **Handlungsempfehlungen** zur Erreichung der im Sektor Industrie angestrebten Erhöhung der Endenergieproduktivität sind (in Anlehnung an [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015]):

- 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 Materialeffizienz durch hohe Recyclingfähigkeit
- 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 Informations- und Kommunikationstechnologien
- 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

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 im Bereich Wirtschaft folgende **Strategien**:

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

Die zur Umsetzung notwendigen **Maßnahmenideen** wurden mit den in Mainz beteiligten Agierenden diskutiert. Eine Übersicht zu Strategien und Maßnahmenideen für den Bereich Wirtschaft ist Tabelle 9 dargestellt. Ausführlich werden sie im beigefügten Maßnahmenkatalog beschrieben.

Tabelle 9 Strategien und Maßnahmenideen im Handlungsfeld Wirtschaft / regionale Wirtschaftskreisläufe
Quelle: Darstellung IE Leipzig

D Wirtschaft / regionale Wirtschaftskreisläufe	
1	Strategie: Erhöhung der Energieeffizienz und Einsatz erneuerbarer Energien
D 1.1	Maßnahme: Energieeffizienz in der Wirtschaft stärken
D 1.2	Maßnahme: (Eigen)-Energieerzeugung von Strom/Wärme
D 1.3	Maßnahme: Energierückgewinnung: Kaskaden- und Abwärmenutzung
D 1.4	Maßnahme: Energetisch optimierte Gewerbegebiete
2	Strategie: Material- und Ressourceneffizienz
D 2.1	Maßnahme: Nachhaltige Kreislaufwirtschaft: Rohstoffe, Recycling und Upcycling
D 2.2	Maßnahme: Regionale Produktion und Vermarktung
D 2.3	Maßnahme: Nachhaltige Beschaffung
D 2.4	Maßnahme: Förderung von Start-Ups
3	Strategie: Vernetzung und Wissensmanagement
D 3.1	Maßnahme: Fortführung und Vertiefung ÖKOPROFIT®
D 3.2	Maßnahme: Lern-Arena Unternehmen trifft Energie
D 3.3	Maßnahme: Energieeffizienznetzwerke

6.1.3 MASTERPLAN-Szenario

Im MASTERPLAN-Szenario wird davon ausgegangen, dass durch intensivere Effizienzmaßnahmen (u.a. Prozessoptimierung, Steigerung der Ressourcen- und Materialeffizienz, Abwärmenutzung, effizientere Technologien) die wirtschaftsleistungsbezogene Endenergieproduktivität der Industrie deutlich über der im TREND-Szenario liegt. Die Energieeinsparungen im MASTERPLAN-Szenario nehmen entsprechend zu, so dass sich diese im Zeitraum 2015 bis 2050 gegenüber dem TREND-Szenario nahezu verdoppeln könnten. Es wird erwartet, dass im **MASTERPLAN-Szenario** der **Endenergiebedarf** der Mainzer Industrie zwischen **2015 und 2050** um 21 % auf etwa 4.340 TJ zurückgeht (vgl. Abbildung 57). Zwischen

den Endenergieträgern wird es strukturelle Verschiebungen geben. Die unterstellten Maßnahmen sowie die Energieeffizienzfortschritte führen zwischen 2015 und 2050 zu einem Rückgang von Erdgas (-54 %) und Mineralöl (-68 %). Der Einsatz erneuerbarer Energien (vor allem Biogas und Umweltwärme) steigt bis zum Jahr 2050 um etwa 380 TJ an. Darüber hinaus wird ein Teil des fossilen Erdgases durch synthetisches Gas ersetzt. Der Stromverbrauch nimmt infolge der fortschreitenden Automatisierung sowie des Vordringens von Strom in weitere Anwendungsbereiche etwas zu (+9 %). Die dominierenden Energieträger im Jahr 2050 werden Strom, Erdgas/synthetisches Gas, erneuerbare Energien sowie Fernwärme sein.

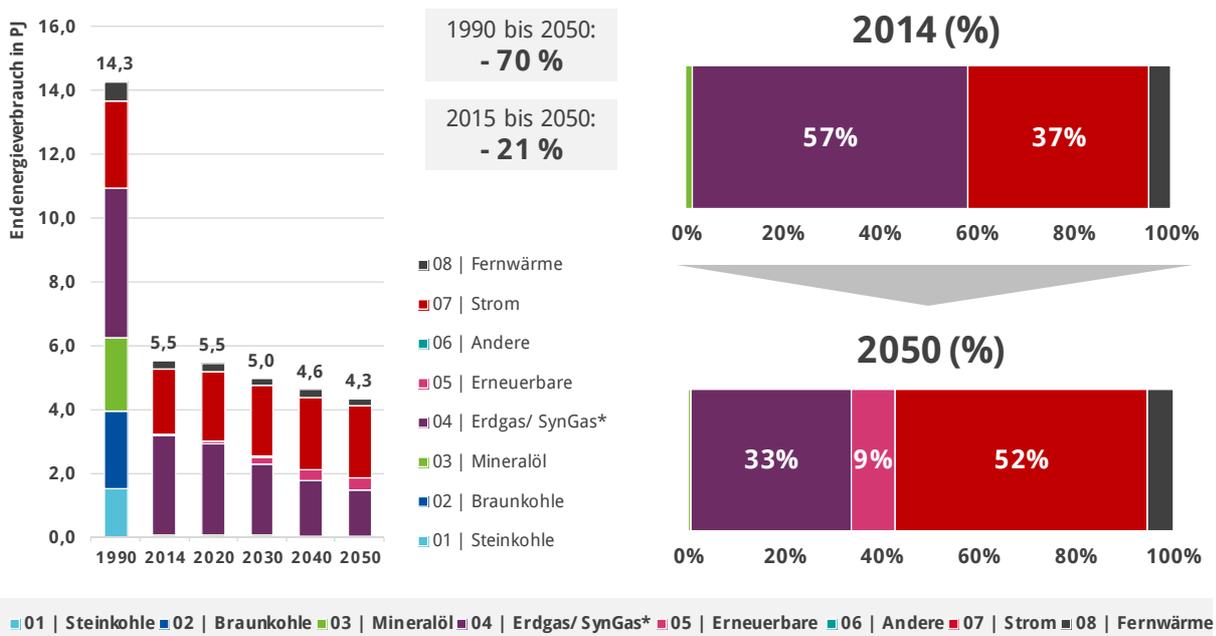


Abbildung 57 Endenergieverbrauch Sektor Industrie – Historie und MASTERPLAN-Szenario

Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

6.1.4 Fazit

Der Endenergieverbrauch der Industrie in Mainz ist zwischen 1990 und 2014 deutlich um rund 61 % gesunken. Neben der Verbesserung der wirtschaftsleistungsbezogenen Energieproduktivität (benötigte Endenergie für die Produktion einer Einheit Wirtschaftsleistung) spielen hier auch Strukturwandeleffekte (Verschiebung hin zu weniger energieintensiven Branchen und Produkten) und eine rückläufige Anzahl der Betriebe am Standort Mainz eine Rolle.

Für die Zukunft wird erwartet, dass die wirtschaftsleistungsbezogene Endenergieproduktivität weiter zunimmt, so dass der Endenergieverbrauch im TREND-Szenario trotz zunehmendem Wirtschafts-

wachstums von 5.5 PJ im Jahr 2014 auf etwa 4.9 TJ im Jahr 2050 abnimmt. Durch intensivere Effizienzbestrebungen liegen die Einsparpotenziale im MASTERPLAN-Szenario deutlich darüber, so dass hier bis zum Jahr 2050 eine Abnahme des Endenergieverbrauchs auf etwa 4.3 PJ erreicht werden könnte. Dies entspricht einem Rückgang des Endenergieverbrauchs im Industriesektor um 70 % gegenüber 1990.

Gleichzeitig erfolgt im MASTERPLAN-Szenario eine stärkere Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger, u. a. wird ein Teil des fossilen Erdgases durch synthetisches Gas ersetzt.

6.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Etwa 90 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort Mainz arbeiten derzeit im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) [Bundesagentur für Arbeit 2016]. Der Sektor umfasst alle Handwerksbetriebe, Betriebe des Handel- und Dienstleistungsbereiches sowie den Bereich Land- und Forstwirtschaft.

Die Stadt versteht sich als Touristen- und Kongressstadt, weshalb zahlreiche Hotels ansässig sind. Als Wirtschaftsfaktor und Tourismusattraktion spielt Wein in der Landeshauptstadt eine große Rolle. Zudem ist Mainz eine Medien- (Sitz des ZDF) und Universitätsstadt. Die wichtigsten Wirtschaftszweige in Mainz sind (absteigend nach Anzahl der Beschäftigten):

- Gesundheits- und Sozialwesen (Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität)
- Handel, Instandhaltung, Reparatur von Kfz
- Information und Kommunikation (ZDF, SWR, 3sat)
- Grundstücks- und Wohnungswesen; Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen
- Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung
- Erziehung und Unterricht
- Verkehr und Logistik (DB Cargo AG)
- Finanz- und Versicherungsleistungen (Mainzer Volksbank, Coface, Sparda-Bank Südwest)

6.2.1 Ausgangslage und TREND-Szenario

Der Energiebedarf im Sektor GHD ist sehr heterogen. Krankenhäuser bspw. zeichnen sich 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 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. Vom Energieverbrauch her gesehen dominiert der Raumwärmebedarf [Fraunhofer ISI et al. 2015], während Strom vor allem für die Beleuchtung benötigt wird.

Einige der Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungsunternehmen haben Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bereits erfolgreich umgesetzt. Bei ihren Bemühungen wurden sie u. a. durch individuelle Beratungsangebote (z. B. ÖKOPROFIT, Mainzer Energiesparzertifikat) unterstützt. Auf Angebote, die voraussetzen, dass die Unternehmen selbst aktiv werden, war die Resonanz noch zu gering [Stadt Mainz 2013].

Im Sektor GHD ist der **Endenergieverbrauch** von **1990 bis 2014** geringfügig um etwa 1% angestiegen. Im Vergleich zur Industrie ist die Entwicklung hier

weniger stark von konjunkturellen Schwankungen geprägt. Einfluss auf den Verlauf des Energieverbrauchs haben u. a. die Witterungsbedingungen in den jeweiligen Betrachtungsjahren, da im GHD-Sektor ein hoher Anteil des Endenergieverbrauchs auf Raumwärme entfällt. Etwa jeweils ein Drittel des Endenergieverbrauchs wurde im Jahr 2014 durch Erdgas und Strom gedeckt, 16 % durch Fernwärme und 11 % durch Mineralöl. Kaum eine Bedeutung hatten hingegen Nahwärme (3 %) und erneuerbare Energien (2 %) (vgl. Abbildung 58).

Für die zukünftige Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Sektors GHD sind vor allem die Zahl der Erwerbstätigen sowie die Bruttowertschöpfung maßgebliche Aktivitätsgrößen. Es wird davon ausgegangen, dass sich der Trend zur Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft weiter verfestigt und sich dementsprechend die Bedeutung der Wirtschaftsdienstleistungen im Sektor GHD weiter erhöht. Seit dem Jahr 2000 steigt die Zahl der Erwerbstätigen in Mainz kontinuierlich an. Bis 2050 wird erwartet, dass die Anzahl gegenüber 2014 relativ konstant bleibt (vgl. Abschnitt 4).

Durch weitere Effizienzfortschritte sinkt der Endenergieeinsatz je Erwerbstätigem im **TREND-Szenario** um 16 % von derzeit 44 GJ auf 37 GJ bis zum Jahr 2050. Das führt dazu, dass trotz des unterstellten weiteren Wirtschaftswachstums der **Endenergiebedarf** im Sektor GHD von **2015 bis 2050** um ca. 13 % auf etwa 5.260 TJ zurückgeht. Während die Bedeutung der fossilen Energieträger Mineralöl und Erdgas abnimmt, wird der Einsatz erneuerbarer Energien zunehmen.

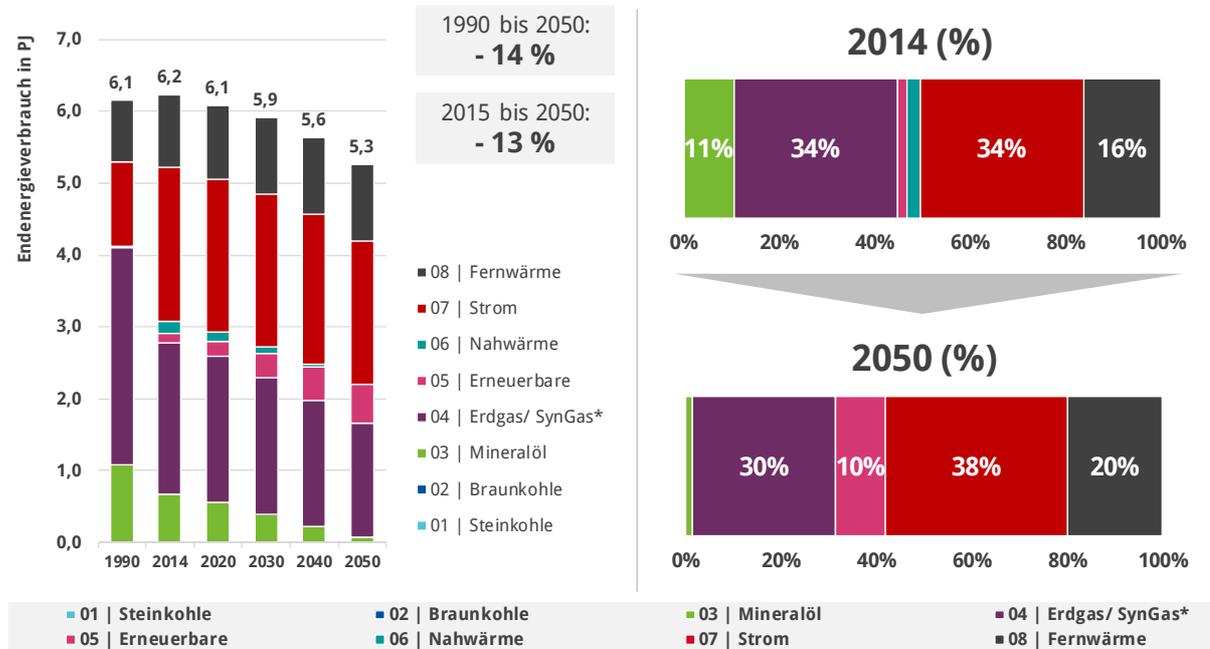


Abbildung 58 Endenergieverbrauch Sektor GHD – Historie und TREND-Szenario
 Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

6.2.2 Strategien und Maßnahmenideen

Im Sektor GHD ist, ebenso wie in der Industrie, die Entwicklung der wirtschaftsleistungsbezogenen Energieproduktivität die maßgebliche Einflussgröße für den Endenergieverbrauch und die THG-Emissionen. Da prinzipiell die gleichen Prozesse zur Erhöhung der Energieproduktivität bzw. Energieeffizienz führen, sind **Handlungsempfehlungen** sowie **Strategien** und **Maßnahmenideen** (Tabelle 9) entsprechend mit denen im Sektor Industrie vergleichbar. Diese wurden mit den in Mainz beteiligten Agierenden gemeinsam für den Bereich Wirtschaft diskutiert. Eine ausführliche Beschreibung für den Bereich Wirtschaft findet sich im Kapitel Umsetzung sowie im Maßnahmenkatalog.

Folgende weitere **Instrumente** können die Umsetzung der Maßnahmenideen im Sektor GHD unterstützen (in Anlehnung an [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015], [Fraunhofer ISI et al. 2015]):

- 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

- 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
- Abwärmennutzung von Rechenzentren
- Lastmanagement

6.2.3 MASTERPLAN-Szenario

Der **Endenergiebedarf** im Sektor GHD sinkt im **MASTERPLAN-Szenario** zwischen **2015 und 2050** um ca. 19 % auf etwa 4.9 PJ (Abbildung 59).

Die Einsparungen im MASTERPLAN-Szenario werden u.a. durch Energieoptimierung im Bereich von Gewerbegebieten und Gebäuden (Steigerung von Sanierungsrate und Sanierungsoptionen, Austausch ineffizienter Heizungsanlagen etc.), Produktionsmitteln (Investitionen, Beschaffung und GreenIT), Logistik sowie Bildung und Motivation erreicht. Der Stromverbrauch für Geräte und Prozesse nimmt durch weitere Effizienzanstrengungen gegenüber dem TREND-Szenario 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.

Durch die Reduktion des Raumwärmebedarfs im GHD-Sektor und die Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger werden sich die Anteile der Energieträger verschieben. Strom und Fernwärme bleiben absolut gesehen bis 2050 auf ähnlichem Niveau, ihr relativer Anteil am Endenergiebedarf nimmt jedoch zu (44 % Strom und 24 % Fernwärme). Der Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung (v. a. Solarthermie und Wärmepumpen) verfünffacht sich zwischen 2015 und 2050 auf 590 TJ, so dass der Anteil am Endenergiebedarf im Jahr 2050 etwa 12 % beträgt.

Darüber hinaus wird im MASTERPLAN-Szenario angenommen, dass ein Teil des fossilen Erdgases durch synthetisches Gas aus erneuerbarem Strom ersetzt wird.

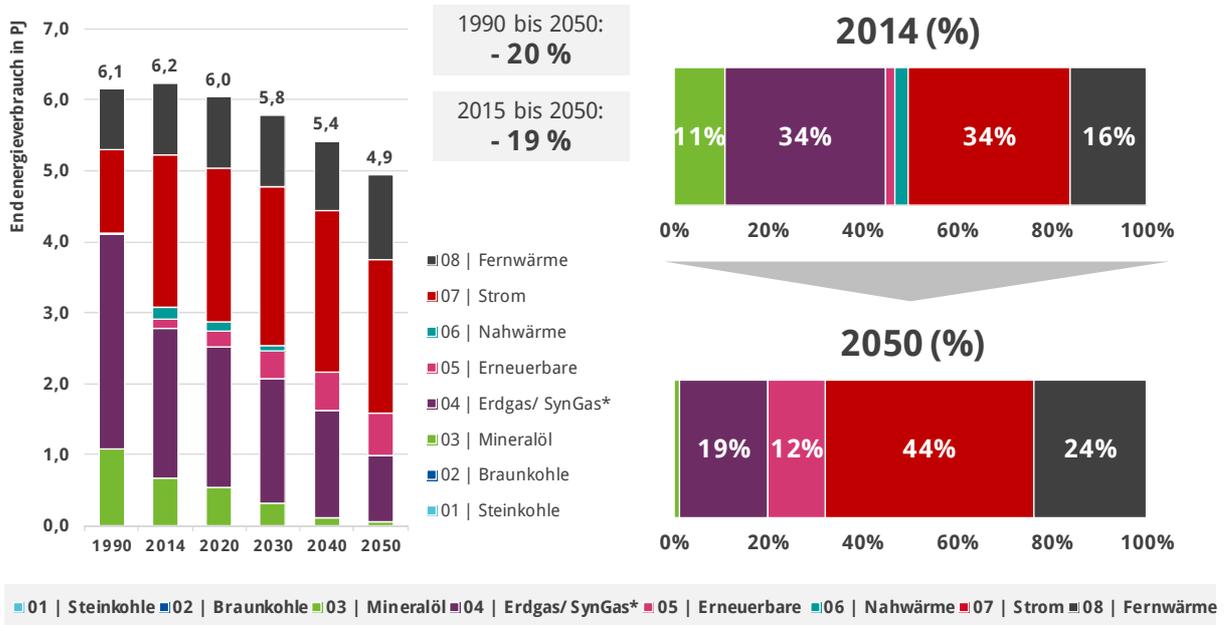


Abbildung 59 Endenergieverbrauch Sektor GHD – Historie und MASTERPLAN-Szenario
 Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

6.2.4 Fazit

Der Endenergieverbrauch des Sektors GHD in Mainz ist zwischen 1990 und 2014 nahezu unverändert geblieben (geringfügiger Anstieg um 1 %) und beträgt derzeit etwa 6,2 PJ. In dieser Entwicklung spiegeln sich der Trend zur Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft und damit eine Erhöhung der Bedeutung von Wirtschaftsdienstleistungen wider. Ein hoher Anteil des Endenergieverbrauchs entfällt im Sektor GHD auf Raumwärme, deren Verbrauch weniger stark von konjunkturellen Schwankungen, sondern u. a. von den Witterungsbedingungen in den jeweiligen Betrachtungsjahren geprägt ist.

Für die zukünftige Entwicklung wird davon ausgegangen, dass die Zahl der Erwerbstätigen in Mainz gegenüber 2014 relativ konstant bleibt.

Durch weitere Effizienzfortschritte, die im Trend- und MASTERPLAN-Szenario unterschiedlich stark ausgeprägt sind, nimmt der Endenergieeinsatz je Erwerbstätigem zwischen 2015 und 2050 um 16 % (Trend-Szenario) bzw. 22 % (MASTERPLAN-Szenario) ab. Das führt dazu, dass trotz Wirtschaftswachstums der Endenergiebedarf des Sektors GHD bis zum Jahr 2050 auf 5,3 PJ bzw. 4,9 PJ abnimmt. Im MASTERPLAN-Szenario entspricht dies gegenüber 1990 einem Rückgang um 20 %.

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

6.3 Haushalte und Kommune

6.3.1 Ausgangslage und TREND-Szenario

Im folgenden Kapitel werden private Haushalte und Kommune (d.h. die Liegenschaften der Stadt Mainz) zusammengefasst dargestellt. Der Endenergieverbrauch der Haushalte und der Kommune setzt sich zusammen aus dem Energieverbrauch für die Raumheizung, Warmwasserbereitung, Nahrungszubereitung, Beleuchtung, Nutzung energieverbrauchender Haushaltsgeräte sowie Geräte zur Freizeitgestaltung.

Die maßgeblichen Einflussfaktoren sind die Einwohnerzahl und die nachgefragte Wohnfläche bzw. Wohneinheiten. Sowohl im Trend- als auch im MASTERPLAN-Szenario wird davon ausgegangen, dass

der in der Vergangenheit beobachtete Trend der zunehmenden Wohnfläche je Einwohner anhalten wird (Vergleich Kapitel Rahmenbedingungen). Im Rahmen der Berechnungen zum TREND-Szenario 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 den Vorgaben der EnEV 2014 und des EE-WärmeG umgesetzt.

Haushalte

Bezüglich des Ausstattungsgrades mit Haushaltsgeräten wird im TREND-Szenario nur eine geringfügige Steigerung berücksichtigt, d.h. Altgeräte werden durch Ersatzbeschaffungen ausgetauscht. Kaum relevante Veränderungen werden auch für die Beleuchtung unterstellt, ebenso für die Ausstattung mit Klimageräten. Lediglich für Informations- und Kommunikations-Endgeräte (IKT-Endgeräte) 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.

Der Endenergieverbrauch reduziert sich von 2015 bis 2050 um ca. 28 % von ca. 7 PJ auf etwa 5 PJ (Abbildung 60). Diese Reduzierung hat eine Verschiebung der Energieträgeranteile zur Folge.

Heizöl wird bis zum Jahr 2050 seine Bedeutung zur Wärmebereitstellung deutlich reduzieren. Gewinner dieser Substitutionseffekte sind die erneuerbaren Energien, deren Anteil von 4 % (0,3 PJ) im Jahr 2014 auf 18 % (10,9 PJ) bis zum Jahr 2050 ansteigt. Für den Einsatz von Nahwärme bestehen ebenfalls Ausbaupotenziale, welche aber von den rückläufigen Tendenzen in der Wärmenachfrage überlagert werden kann. Der Fernwärmeverbrauch bleibt relativ konstant bei ca. 0,4 PJ.

Bei den Stromanwendungen überlagern sich mehrere Entwicklungen mit gegenläufigen Tendenzen. So wird z.B. im Bereich Beleuchtung ein weiterer Rückgang erwartet, während sich bei IKT-Endgeräten Effizienzsteigerungen und der Anstieg des Gerätebestandes überlagern.

Zusätzlich steigt der Stromverbrauch, weil Strom zunehmend im Wärmesektor als Antriebsenergie für den Betrieb von Wärmepumpen (Verdichter, Umwälzpumpe) und Solarthermieranlagen (Umwälzpumpe) dient. Insgesamt steigt der Stromverbrauch von

derzeit 1 PJ auf 1,1 PJ im Jahr 2050. Durch den Rückgang des Energieverbrauches zur Wärmebereitstellung und dem Anstieg des Stromverbrauchs steigt der Stromanteil am Endenergieverbrauch von derzeit 17 % auf 26 % im Jahr 2050.

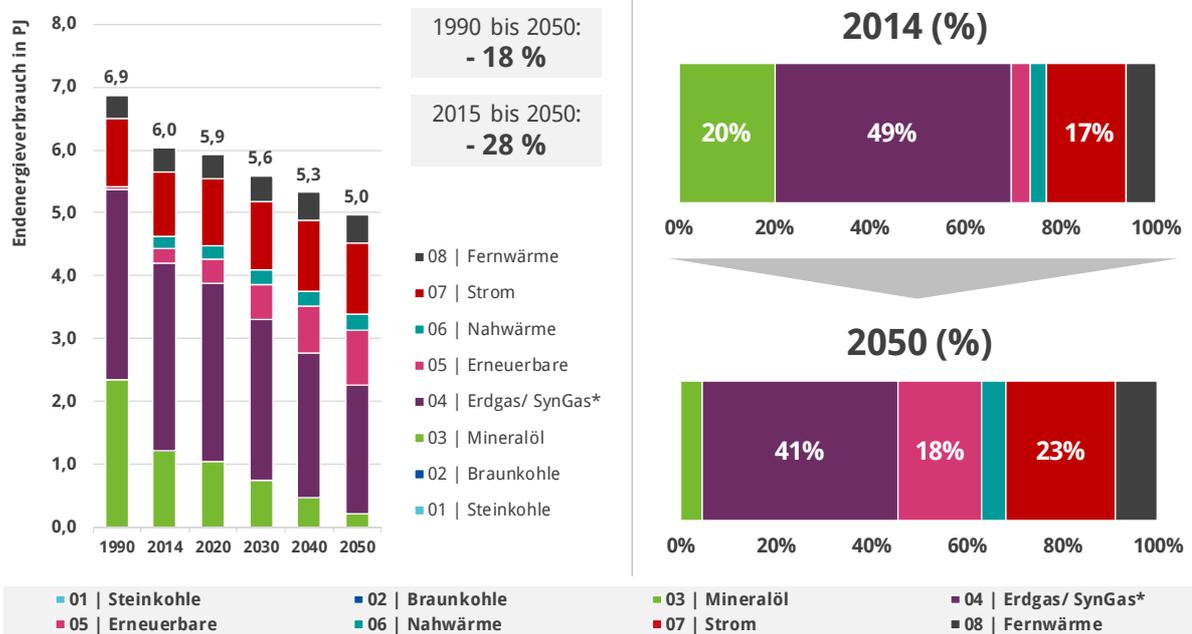


Abbildung 60 Endenergieverbrauch Sektor Haushalte und Kommune – Historie und TREND-Szenario
Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

Kommune

Für das Monitoring der Gebäudeflächen und der Energieverbräuche für den Großteil der öffentlichen Mainzer Liegenschaften ist die Gebäudewirtschaft Mainz (GWM) verantwortlich. Zu den Gebäuden unter der Verantwortung der GWM zählen insgesamt 269 Adressen in Mainz [GWM 2016c]. Die GWM betreut alle öffentlichen Liegenschaften der Stadt Mainz außer Bürgerhäuser, Altenwohnheime, den Entsorgungs- und den Wirtschaftsbetrieb und die

kommunale Datenzentrale (KDZ – Mainz). Diese Gebäude werden wiederum von eigenen Gesellschaften betreut [GWM 2016].

Dokumentierte Energieverbräuche liegen für die Stadt Mainz in verschiedenen Quellen vor:

- „Statistische Informationen zur Stadtentwicklung 2015“ [Stadt Mainz 2016b],

- einen Auszug mit Tabellen zu Energieverbräuchen in [Stadt Mainz 2014a] und
- die von der GWM verwalteten Liegenschaften sowie dokumentierten Energieverbräuchen in [GWM 2016].

Zusammengefasst lassen sich daraus folgende Entwicklungen ableiten: Seit 1990 hat sich der Endenergieverbrauch von 0,5 PJ auf 0,2 PJ im Jahr 2014 re-

duziert und verteilt sich aktuell auf folgende Energieträger [GWM 2016]:

- Mineralöl: 5 %
- Erdgas: 30 %
- Erneuerbare Energien: 1 %
- Strom: 24 %
- Fernwärme 40 %.

6.3.2 Strategien und Maßnahmenideen

Aus den erarbeitenden Handlungsempfehlungen bzw. Maßnahmenideen der Fach-AG Gebäude wurden folgende **Strategien** entwickelt:

1. Klimafreundliche Stadtentwicklung
 2. Klimaneutraler Gebäudebestand
 3. Klimaneutrale Stadtverwaltung
- sowie als übergeordnete Strategie: Gesamtheitliche Stadtplanung.

Die zur Umsetzung notwendigen **Maßnahmenideen** wurden mit den beteiligten Agierenden im Rahmen der Fach-AG Gebäude diskutiert.

Eine Übersicht zu allen Strategien und Maßnahmenideen für das Handlungsfeld Gebäude ist in Tabelle 10 dargestellt. Ausführlich werden die Maßnahmenideen im beigefügten Maßnahmenkatalog beschrieben.

Grundsätzlich können die größten Endenergie- und THG-Einsparungen im Bereich der Wärmeanwendungen erreicht werden. So wird im MASTERPLAN-Szenario eine Senkung des Raumwärmebedarfs um 40 % bis 2050 gegenüber 2014 angestrebt. Die Strategie 2 „Klimaneutraler Gebäudebestand“ beinhaltet die relevanten Maßnahmenideen hierfür. Während die

Maßnahmen B 2.1 und B 2.2 Impulse für neue Investitionsanreize zur verstärkten Beratung und Förderung der energetischen Gebäudesanierung geben sollen, stärkt die Maßnahme B 2.4 die Umsetzungsbegleitung von energetischen Sanierungsmaßnahmen.

Die Steigerung der Effizienz von Heizungsanlagen und des Anteils erneuerbarer Energien von derzeit 4 % auf 27 % regt die Maßnahme B 2.5 an.

Neben dem Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen kommen im Bestand verstärkt erneuerbare Energien zum Einsatz. Dies hat eine deutliche Verschiebung der Energieträgerverteilung zur Folge.

Der Einsatz von Energiegewinnungsfassaden wurde in der Fach-AG Gebäude kontrovers diskutiert und im Ergebnis zunächst nicht in den Maßnahmenkatalog aufgenommen.

Neben energetischen Sanierungsmaßnahmen von Gebäuden und Anlagen stand die integrierte Stadtentwicklung im Mittelpunkt der Maßnahmenentwicklung. Im Rahmen der Strategie 2 „Klimafreundliche Stadtentwicklung“ wurden Maßnahmenideen zur Stadtentwicklung in Bestandsquartieren (z.B. Durchmischung von Wohnen und Arbeiten) und Entwick-

lung von grüner Infrastruktur formuliert. Aber auch zahlreiche Ideen zum „Effizienten Wohnen“ wie z.B. Generationengerechtes Wohnen / neue Wohnformen etc. wurden diskutiert. Alle diese Maßnahmenideen sind unter Berücksichtigung der übergeordneten Strategie „Klimaverträgliche Flächennutzung (Kompakte Stadt)“ anzuwenden.

Ein weiterer Fokus wurde auf die Stadt Mainz bzw. ihre Rolle als Vorbild im Rahmen der Strategie 3 „Klimaneutrale Stadtverwaltung“ gelegt. Neben technischen Maßnahmenideen zur Energieeinsparung stehen formelle Maßnahmenideen wie z.B. B 3.2 Selbstverpflichtung / Gebäuderichtlinie im Vordergrund.

Tabelle 10 Strategien und Maßnahmenideen im Handlungsfeld Gebäude
Quelle: Darstellung IE Leipzig

B	Gebäude
0	Übergeordnete Strategie: Gesamtheitliche Stadtplanung
	Maßnahme: Klimaverträgliche Flächennutzung (Kompakte Stadt)
1	Strategie: Klimafreundliche Stadtentwicklung
B 1.1	Maßnahme: Integrierte Stadtentwicklung in Bestandsquartieren
B 1.2	Maßnahme: Entwicklung „Grüner Infrastruktur“ – Mitwachsende Begrünung
B 1.3	Maßnahme: Effizientes Wohnen (Generationengerechtes Wohnen /neue Wohnformen/ Shareconomy-Angebote)
B 1.4	Maßnahme: Solarsatzung für das Stadtgebiet Mainz / Solarinitiative
2	Strategie: Klimaneutraler Gebäudebestand
B 2.1	Maßnahme: Beratungsoffensive für Wohngebäude
B 2.2	Maßnahme: Förderung - Programme für MFH
B 2.3	Maßnahme: Energieeffizientes Bauen und Sanieren
B 2.4	Maßnahme: Stärkung der Umsetzungsbegleitung
B 2.5	Maßnahme: Optimierung und Modernisierung von Anlagen
B 2.6	Maßnahme: Effizienzplattform Nichtwohngebäude
3	Strategie: Klimaneutrale Stadtverwaltung
B 3.1	Maßnahme: Technische Instrumente - Energieeinsparungen für städtische Einrichtungen
B 3.2	Maßnahme: Verhaltensmaßnahmen - Energieeinsparung in städtischen Einrichtungen
B 3.3	Maßnahme: Gebäuderichtlinie / - Standards
B 3.4	Maßnahme: Optimierung öffentliche Beleuchtungssysteme

6.3.3 MASTERPLAN-Szenario

Im MASTERPLAN-Szenario werden Klimaschutzaktivitäten durch zusätzliche Anstrengungen und flankierende Maßnahmenideen unterstützt (vgl. Maßnahmenkatalog & Kapitel Strategien und Maßnahmenideen), wodurch es möglich wird, zusätzliche (meist) technische Maßnahmen voranzutreiben und umzusetzen. Es findet eine Intensivierung von Effizienzmaßnahmen und eine damit einhergehende Energieträgersubstitution statt. Im MASTERPLAN-Szenario wird unterstellt, dass eine Sanierungsrate von 2,0 % p.a. erreicht wird. Stärker steht auch die Nutzung erneuerbarer Energien im Fokus, so dass nicht nur im Neubau, sondern auch im Bestand erneuerbare Energien verstärkter zum Einsatz kommen. Die Energieträgersubstitution wird forciert, was eine fast komplette Verdrängung von Heizöl sowie eine Sen-

kung des Anteils von Gas am Endenergieverbrauch zur Folge hat (Abbildung 61). Obwohl die erneuerbaren Energien (besonders Umweltwärme und Solarthermie) zunehmend zum Endenergieverbrauch beitragen, ist eine vollständige Substitution der Energieträger Erdgas und Mineralöle nicht möglich; deren Anteil beträgt im Jahr 2050 noch etwa 22 %, sind aber weitgehend auf synthetische erneuerbare Gase umgestellt (vgl. Kapitel 6.4.1).

Während im TREND-Szenario ein leicht steigender bzw. stagnierender Ausstattungsgrad mit Elektrogeräten erwartet wird, wird im MASTERPLAN-Szenario eine Verringerung des Ausstattungsgrades unterstellt. Hier wirken verstärkt auch Maßnahmen aus dem Handlungsfeld Klimaverträglicher Alltag (vgl. Kapitel Klimaverträglicher Alltag).

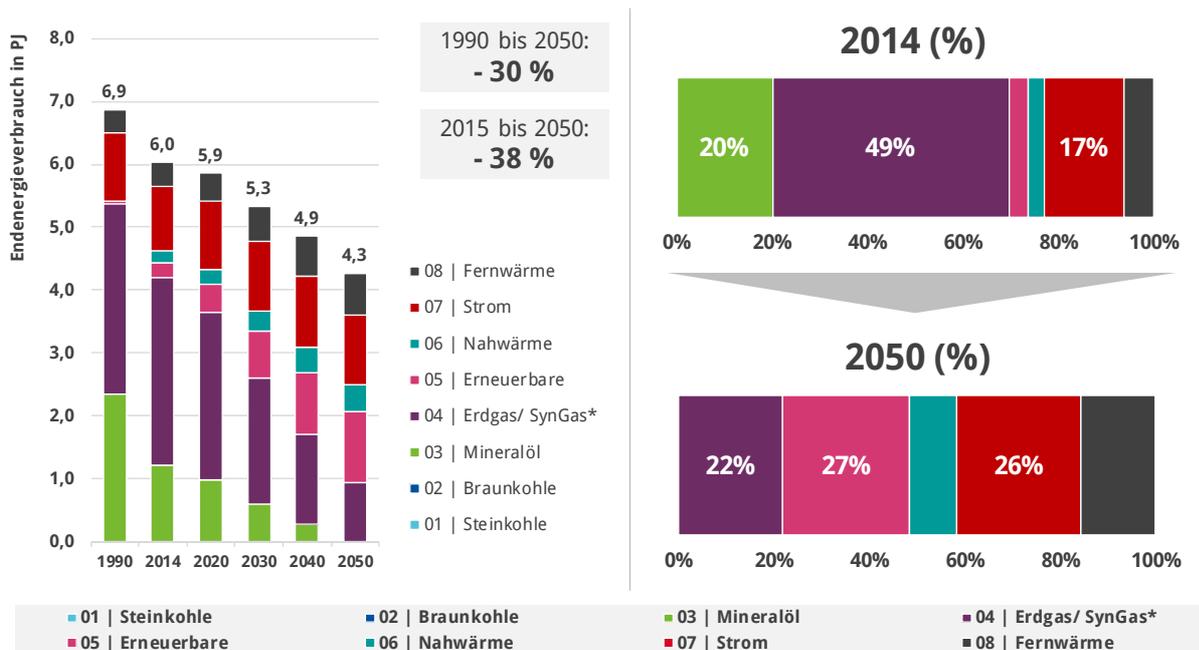


Abbildung 61 Endenergieverbrauch Sektor Haushalte und Kommune – Historie und MASTERPLAN-Szenario
 Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

6.3.4 Fazit

Die erneuerbaren Energien werden mit zu den wichtigsten Energieträgern, da – bis auf Erdgas – alle fossilen Energieträger fast vollständig aus dem Markt verdrängt werden. Im TREND-Szenario beträgt der Anteil von Erdgas 41 % im Jahr 2050 und wird innerhalb des MASTERPLAN-Szenarios auf 22 % gesenkt. Durch die zusätzlichen Einsparungen steigt der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 auf 27 %.

Bei den Stromanwendungen überlagern sich die gegenläufigen Entwicklungen. Zwar sinkt der Strombedarf für Beleuchtung, Informations- und Kommunikations-Endgeräte und Elektrogeräte aufgrund ihrer höheren Effizienz, jedoch können diese Einsparungen den steigenden Verbrauch, aufgrund der verstärkten Stromnachfrage zur Wärmebereitstellung, nicht kompensieren.

6.4 Verkehr

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.

6.4.1 Ausgangslage und TREND-Szenario

Durch seine verkehrsgünstige Lage im Rhein-Main- Ballungsraum ist der Verkehr in Mainz stark mit dem rheinland-pfälzischen und hessischen Umland verflochten, was sich sowohl in einer hohen Einpendler- wie auch Auspendlerquote zeigt.

Nach Erkenntnissen der letzten Verkehrserhebung, mit der in Mainz die Verkehrsmittelnutzung durch die Einwohnerinnen und Einwohner erfragt wurde [Ingenieurbüro Helmert 2016], entfielen 2016 von allen Wegen, die die Mainzer Einwohnerinnen und Einwohner zurücklegten, 39 % auf den motorisierten Individualverkehr (MIV), je 22 % auf den öffentlichen Verkehr und auf Fußwege sowie 17 % auf den Radverkehr. Im Vergleich zu 2008 [TU Dresden 2010] sind damit deutliche Tendenzen weg vom Fußgängerverkehr und vom MIV hin zum Radverkehr und zum öffentlichen Verkehr zu verzeichnen.

In diesen beiden Bereichen gab es in den letzten Jahren Angebotsverbesserungen, so durch das Fahrradvermietsystem „MVGmeinRad“ sowie Ende 2016 (nach der Befragung) durch die Einweihung einer neuen Straßenbahnstrecke. Beide Erhebungen folgen dem Einwohnerprinzip, stellen aber die Verkehrsverhältnisse in der Stadt Mainz besonders gut dar.

Gemessen an den zurückgelegten Personenkilometern lag der MIV-Anteil jedoch 2008 wie auch 2016 bei rund 60 %. Im Klimaschutz-Planer sind dagegen Daten hinterlegt, die auf dem Territorialprinzip beruhen und daher auch den Durchgangsverkehr beinhalten. Für die Szenarien wurden die Aussagen aus den beiden genannten Verkehrserhebungen damit verknüpft.

Im TREND-Szenario wird der Anteil des motorisierten Individualverkehrs – bezogen auf die Verkehrsleistung – über den gesamten Zeitraum unverändert bei rund 60 % belassen. Bei steigender Einwohnerzahl und einer Stabilisierung der Verkehrsleistung pro Kopf steigt die Verkehrsleistung, die mit Pkw erbracht wird, daher bis 2050 noch leicht an.

Für die Entwicklung des öffentlichen Nahverkehrs wurden Angaben der Mainzer Verkehrsgesellschaft zu ihren aktuellen Planungen bezüglich der Laufleistung von Straßenbahnen und Bussen bis 2020 herangezogen,

so dass auch die 2016 und 2017 neu in Betrieb gehenden Linienabschnitte korrekt berücksichtigt sind [Mainzer Verkehrsgesellschaft 2017].

Weitere Kennziffern für das TREND-Szenario 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.

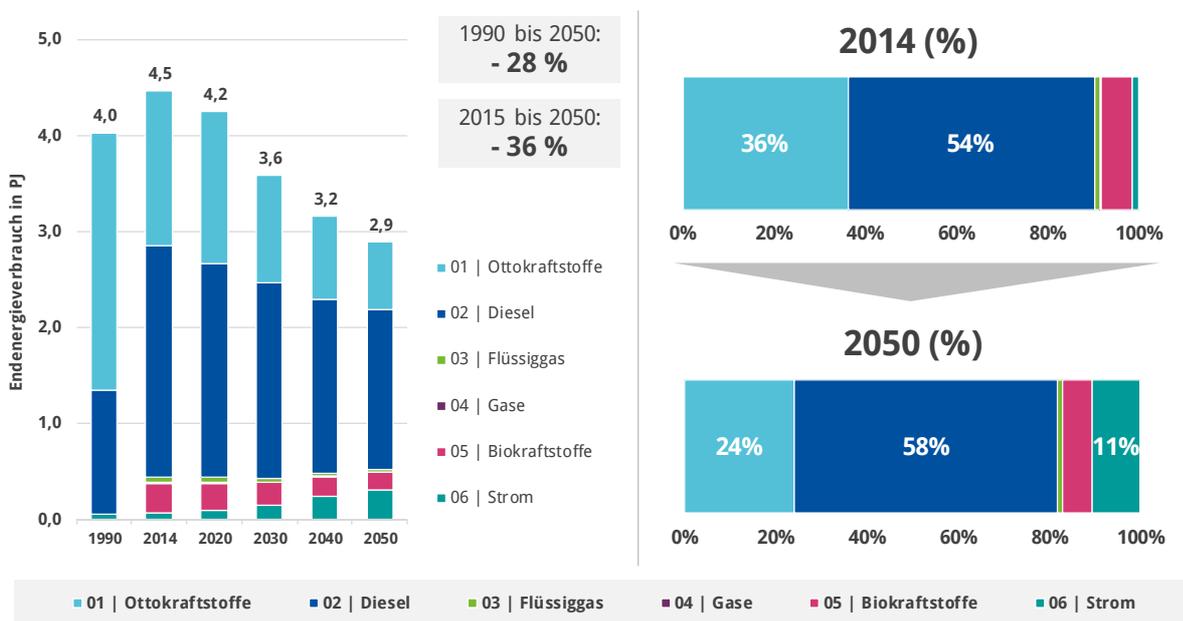


Abbildung 62 Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und TREND-Szenario
 Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

Tabelle 11 Indikatoren des Verkehrs, TREND-Szenario
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Entwicklung der Indikatoren	1990	1995	2014	2020	2030	2040	2050
Fahrleistung Straßen-GV [Fzkm/ Ew]	492,8	584,7	741,2	720,9	730,3	714,0	679,4
Verkehrsleistung PV [Pkm/ Ew]	6.794	7.067	9.441	9.808	9.751	9.651	9.452
MIV-Anteil an den Pkm (Modal Split)	59%	59%	60%	60%	55%	50%	45%
Anteil E-Mobilität an MIV-Pkm	0%	0%	0%	3%	17%	56%	88%
Endenergieverbrauch [MJ/Pkm]	3,2	3,4	2,3	2,0	1,4	0,9	0,6

6.4.2 Strategien und Maßnahmenideen

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

- Vermeidung von Verkehr durch Wegfall (z. B. durch Online-Banking statt Besuch der Bank) oder Verkürzung von Fahrten (z. B. durch Einkaufen im Stadtteil statt außerhalb des Stadtgebietes)
- Verlagerung von Verkehr von weniger effizienten Verkehrsmitteln (fossil angetriebene Pkw und Lkw) 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 nachfolgend genannten Strategien verfolgt die des Mobilitätsmanagements mehrere dieser Ansätze parallel, alle übrigen lassen sich eindeutig den drei Grundrichtungen zuordnen:

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

Jeder dieser fünf Strategien sind jeweils zwei bis fünf Maßnahmenideen zugeordnet, welche in Tabelle 12 sowie im Anhang in Form von Maßnahmenblättern für jede der vorgeschlagenen Maßnahmen dargestellt sind.

Die Strategie der Verkehrsvermeidung führt mit ihren drei Maßnahmen voraussichtlich zu einer Einsparung von 5 % der Personenverkehrsleistung, die sich im TREND-Szenario ergibt. Da die Verkehrsleistung im TREND-Szenario um ca. 5 % ansteigt, bedeutet dies im Ziel-Szenario eine Rückkehr zu den Werten von 2014. Durch die geringere Zahl der Personenkilometer (Pkm) folgen entsprechende Einsparungen beim Energieverbrauch und bei den Emissionen.

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

C	Mobilität
1	Strategie: Verkehrsvermeidung
C 1.1	Maßnahme: Kurze Wege im Bestand für alle Ortsbezirke
C 1.2	Maßnahme: Kurze Wege als Stadtentwicklungsziel
C 1.3	Maßnahme: Effizientes Logistik-System
2	Strategie: Mobilitätsmanagement
C 2.1	Maßnahme: Modellprojekt: Gebietsbezogenes Mobilitätsmanagement
C 2.2	Maßnahme: Förderung des betrieblichen Mobilitätsmanagements
C 2.3	Maßnahme: Vorbildhaft klimafreundlicher Verkehr in der Stadtverwaltung
C 2.4	Maßnahme: Schulisches Mobilitätsmanagement
3	Strategie: Verkehrsverlagerung vom MIV zum ÖPNV
C 3.1	Maßnahme: Ausbau Straßenbahnnetz Mainz/Wiesbaden
C 3.2	Maßnahme: Niedrigschwelliger Zugang zum ÖPNV bzw. zur Intermodalität
C 3.3	Maßnahme: Verlagerung des City-Einkaufsverkehrs vom MIV zum Umweltverbund
4	Strategie: Verkehrsverlagerung vom Kfz- zum Radverkehr
C 4.1	Maßnahme: Weiterentwicklung Fahrradverleihsystem
C 4.2	Maßnahme: Sicheres Fahrradparken
C 4.3	Maßnahme: Lastenräder zur Logistik-Alternative ausbauen
C 4.4	Maßnahme: Radschnellwege ins Umland
C 4.5	Maßnahme: Ausbau der bestehenden Radinfrastruktur
5	Strategie: Effizienter MIV und ÖPNV
C 5.1	Maßnahme: Weiterentwicklung Handlungsstrategie E-Mobilität bis 2050
C 5.2	Maßnahme: Ausbau von Car-Sharing

Die Strategien 2 bis 4 sowie das Car-Sharing (Maßnahme C 5.2) führen mit ihren 13 Maßnahmen alle zur Verlagerung von Verkehrsleistung vom Pkw-Verkehr zu den Verkehrsmitteln des Umweltverbunds (d.h. alle Landverkehrsmittel außerhalb des MIV). Insgesamt soll dadurch der Anteil des MIV an der Verkehrsleistung von derzeit rund 60 % auf 45 % bis 2050 sinken, d. h. ein Drittel 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. Für fünf Maßnahmen, für die eine Verlagerungswirkung besonders deutlich erkennbar ist, wurde die Wirkung gesondert eingeschätzt, auf die acht anderen Maßnahmen entfällt insgesamt 30 % dieses Verlage-

rungeffektes. Bei Verlagerungen zu öffentlichen Verkehrsmitteln steigt der Energiebedarf dort nur bei zusätzlichen Fahrten erkennbar, 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. Bis 2050 führen die Verkehrsverlagerungen zu einem Wachstum des ÖPNV-Anteils an den Verkehrsleistungen von rund 31 % auf gut 39 % aller Personenkilometer. Der nichtmotorisierte Verkehr (einschl. Pedelecs) übernimmt dann fast 16 % der Verkehrsleistungen, was annähernd eine Verdopplung gegenüber heute

darstellt. Die Maßnahme C 5.1 muss im Zusammenhang mit der bereits beschlossenen Elektromobilitäts-Strategie gesehen werden. Sie führt insbesondere dazu, dass der Anteil elektrisch betriebener Pkw bis 2050 nicht nur auf 28 %, sondern 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.

6.4.3 MASTERPLAN-Szenario

Im MASTERPLAN-Szenario sinkt der Energieverbrauch deutlich schneller ab als im TREND-Szenario. 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 großer Teile der Verkehrsleistung des MIV zum Umweltverbund (d.h. alle Landverkehrsmittel außerhalb des MIV) besonders aus.

Auch die Verkehrsvermeidung liefert einen Beitrag, indem 5 % des Verkehrsaufkommens bereits an der Quelle vermieden wird und dann gar kein Verkehrsmittel mehr genutzt werden muss. In Abbildung 63 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.

Außerhalb des MIV werden 2050 noch in geringem Umfang fossile Kraftstoffe in den Verkehrssektoren benötigt, in denen eine Elektrifizierung technisch schwieriger ist. Der größte Teil davon entfällt auf Dieselmotoren, der insbesondere noch im Straßengüterverkehr, in der Binnenschifffahrt sowie für größere Busse benötigt wird.

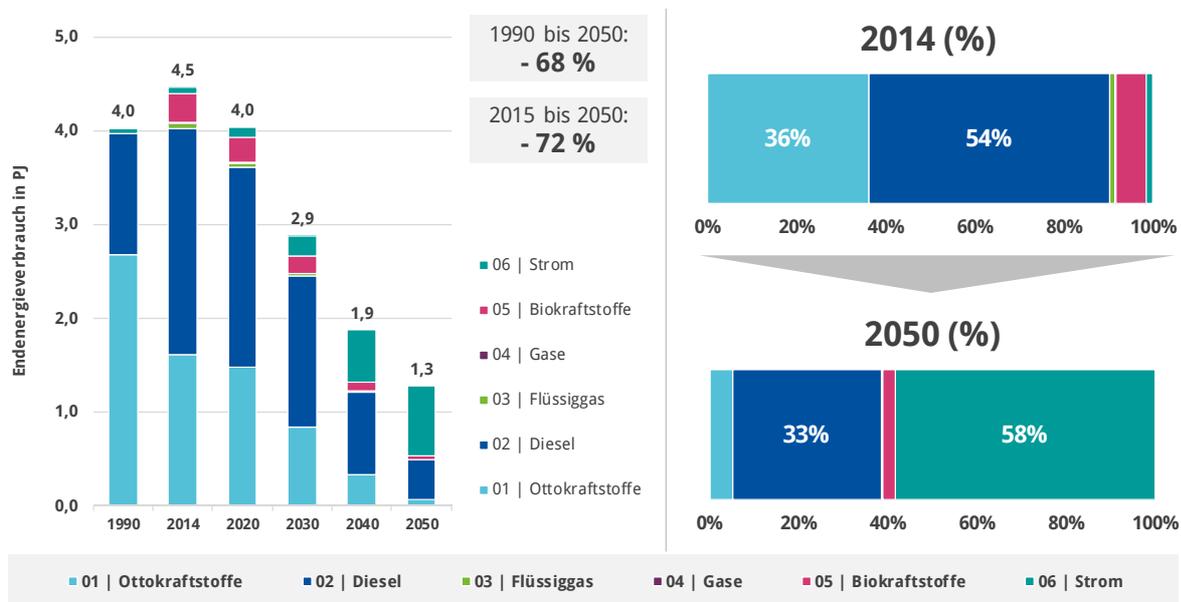


Abbildung 63 Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und MASTERPLAN-Szenario
 Quelle: Fortschreibung und Darstellung IE Leipzig

6.4.4 Fazit

Im Verkehrssektor sind Energieverbrauch und Emissionen seit 1990 angestiegen. Um eine Trendwende zu erreichen, sind vielfältige Anstrengungen und eine Kombination mehrerer Strategien erforderlich. Einen ganz 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 besonders wichtig, nur den notwendigen 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 Mainz zahlreiche zusätzliche Maßnahmen auf kommunaler Ebene erforderlich, wie z.B. der Ausbau des Straßenbahnnetzes einschließlich der City-Bahn. Deren Wirkungen lassen sich in vielen Fällen nur ungenau prognostizieren, zumal die Maßnahmen sich auch gegenseitig beeinflussen. Im Zusammenspiel aller Maßnahmen ist es jedoch voraussichtlich möglich, den Endenergiebedarf um insgesamt 68 % im Vergleich zu 1990 zu senken.

6.5 Klimaverträglicher Alltag

Grundsätzlich sind die aufgezeigten Effizienzpotenziale eigentlich nur realisierbar, wenn sie mit einem sparsamen Nutzerverhalten und langfristigem Bewusstseinswandel einhergehen. Sonst steht zu befürchten, dass Einsparungen durch mögliche Rebound Effekte aufgehoben werden. Hier setzen größtenteils die Maßnahmenideen aus der Fach-AG Alltag (Tabelle 13) mit folgenden Strategien an:

1. Zielgruppengerechte Informations- und Motivationsangebote
2. Nachhaltige Bildung
3. Nachhaltiger Konsum
4. Klimafreundliche Stoffkreisläufe

Tabelle 13 Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Klimaverträglicher Alltag
Quelle: Darstellung IE Leipzig

E	Klimaverträglicher Alltag
1	Strategie: Zielgruppengerechte Informations- und Motivationsangebote
E 1.1	Klimarechner + Ganzheitliche Beratung zu (Mainz-spezifischen) Handlungsalternativen
E 1.2	Maßnahme: Kampagne "Mainz spart Strom" + Energieberatung
2	Strategie: Nachhaltige Bildung
E 2.1	Maßnahme: Nachhaltige Bildungsangebote in der Schule und in Kitas
E 2.2	Maßnahme: Netzwerk Klimaschutzbildung
3	Strategie: Nachhaltiger Konsum
E 3.1	Maßnahme: Mainz wird erste werbefreie Stadt Deutschlands
E 3.2	Maßnahme: Werbefreie Schulen in Mainz
E 3.3	Maßnahme: Städtische Grünflächen - essbare Stadt
E 3.4	Maßnahme: Schaffung konsumfreier Räume
E 3.5	Maßnahme: Stärkung von regionalen und klimafreundlichen Produkten
4	Strategie: Klimafreundliche Stoffkreisläufe
E 4.1	Maßnahme: Stärkung der Reparatur- und Sharingkultur
E 4.2	Maßnahme: Beschränkung für Einwegprodukte

Besonders die Strategie 1 „Zielgruppengerechte Informations- und Motivationsangebote“ aber auch die Strategie 2 „Nachhaltige Bildung“ sollen die Mainzer Bürgerinnen und Bürger zu Energieeinsparungen und mehr Aktivitäten im Klimaschutz motivieren.

Im Handlungsfeld Klimaverträglicher Alltag sind weitere Maßnahmen von Relevanz, deren Effekte sich schwer direkt mit der angewandten Bilanzierungsmethodik abbilden lassen. „Nachhaltiger Konsum“ und „Klimafreundliche Stoffkreisläufe“ haben jedoch

entscheidenden Einfluss auf das alltägliche Lebensumfeld und die Handlungsgewohnheiten. Hier zeigen die einzelnen Maßnahmenideen zahlreiche Möglichkeiten zur Suffizienz auf. Weitere sogenannte Suffizienz-Maßnahmen (z.B. Senkung der Innentemperatur

oder Reduzierung der Wohnfläche) wurden im Maßnahmenkatalog aufgenommen und ausgearbeitet, aber nicht in den Szenarien quantifiziert, weil ihre Wirkungsabschätzung schwer quantifizierbar ist.

6.6 Zusammenfassung und Folgerungen für die Energieversorgung

Der folgende Abschnitt fasst die Entwicklung des Endenergieverbrauchs zusammen. Der Endenergieverbrauch umfasst die für energetische Verwendungszwecke an die Endverbraucher in Industrie, Verkehr, Privaten Haushalten sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistung gelieferten Energiemengen. Ausge-

schlossen 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 um 29 % (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14 Entwicklung der Endenergieverbrauchsminderung in verschiedenen Zeiträumen
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

	EEV-Minderung 1990 - 2014	EEV-Minderung 1990 - 2020	EEV-Minderung 1990 - 2030	EEV-Minderung 1990 - 2040	EEV-Minderung 1990 - 2050
TREND-Szenario					
01 Industrie	-61%	-61%	-64%	-65%	-66%
02 Verkehr	11%	6%	-11%	-22%	-28%
03 GHD	1%	-1%	-4%	-8%	-14%
04 Haushalte	-8%	-10%	-15%	-19%	-24%
05 Kommune	-60%	-61%	-65%	-68%	-71%
Summe Mainz	-29%	-31%	-35%	-39%	-43%
MASTERPLAN-Szenario					
01 Industrie	-61%	-62%	-65%	-68%	-70%
02 Verkehr	11%	0%	-28%	-53%	-68%
03 GHD	1%	-2%	-6%	-12%	-20%
04 Haushalte	-8%	-11%	-19%	-26%	-35%
05 Kommune	-60%	-62%	-67%	-72%	-76%
Summe Mainz	-29%	-32%	-39%	-47%	-53%

Die größten Reduktionen erfolgten im Sektor Industrie. Hatte der Sektor Industrie im Jahr 1990 noch einen Anteil von etwa 46 % am gesamten Endenergieverbrauch, so ist dieser im Jahr 2014 auf ca. 25 % zurückgegangen. Mit 26 % ist der Sektor Haushalte im Jahr 2014 der bedeutendste Endenergieverbraucher, gefolgt von den Sektoren GHD und Industrie. Gegenüber dem Jahr 1990 erhöhte sich der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors um etwa 11 %, wohingegen in den anderen Sektoren deutliche Rückgänge zu verzeichnen sind (1990 bis 2014: Industrie - 61 %; Haushalte - 8 %).

Im **TREND-Szenario** bis zum Jahr 2050 sinkt der Endenergieverbrauch von etwa 22 PJ im Jahr 2014 auf etwa 18 PJ, was einem Rückgang von 19 % gegenüber dem Jahr 2014 entspricht. Gegenüber dem Basisjahr 1990 sinkt der Endenergieverbrauch bis 2050 in der Industrie um 66 %, im Verkehrssektor um 28 %, in den Haushalten um 24 % und im GHD um 14 % (vgl. Abbildung 64 und Abbildung 65).

Bei den Mineralölprodukten ist ein deutlicher Verbrauchsrückgang um ca. 54 % und bei den Gasen um 33 % zu erwarten. Der Stromverbrauch steigt um 10 % an.

Entgegen den Trends für die zuvor genannten Energieträger, nimmt der Endenergieverbrauch erneuerbarer Energieträger bis zum Jahr 2050 um 34 % zu. Die übrigen Energieträger haben lediglich eine untergeordnete Bedeutung.

Im **MASTERPLAN-Szenario** sinkt der Endenergieverbrauch von etwa 22 PJ im Jahr 2014 auf 15 PJ im Jahr 2050, was einem Rückgang von 33 % gegenüber dem Jahr 2014 entspricht. Der Endenergieverbrauch sinkt bis 2050 in der Industrie um 21 %, im Verkehrssektor um 72 %, in den Haushalten um 29 % und im Sektor GHD um 19 % gegenüber dem Jahr 2014.

Infolge dessen werden sich die Anteile der Sektoren bis zum Jahr 2050 deutlich verschieben. Bis zum Jahr 2050 geht der Einsatz von Mineralölprodukten um ca. 90 % und von Gasen um 60 % zurück. Der Stromverbrauch steigt um 20 %. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger im MASTERPLAN-Szenario verdreifacht sich 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.

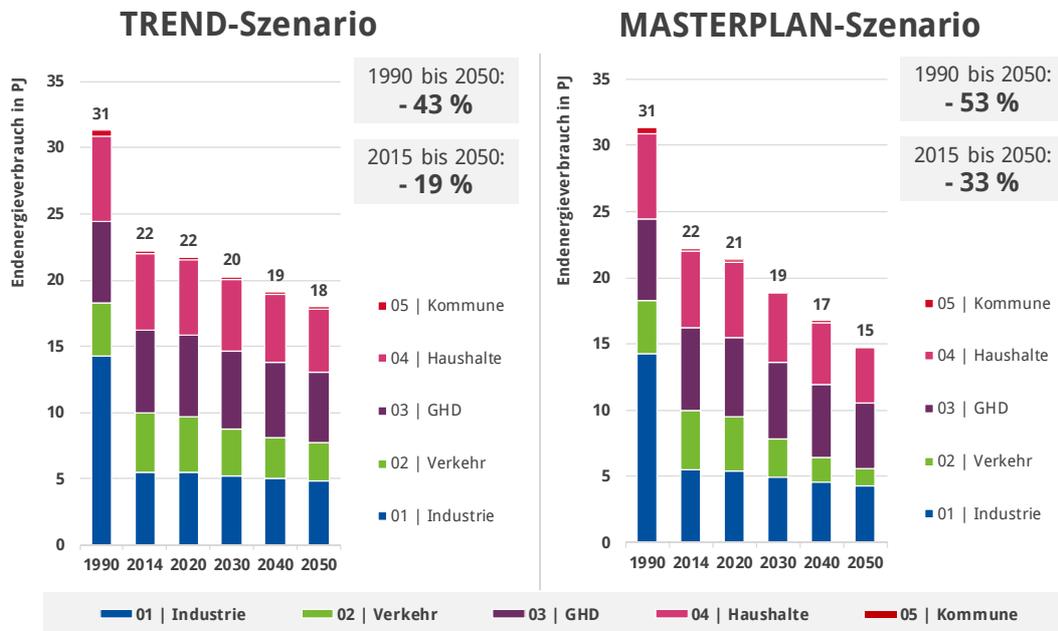


Abbildung 64 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

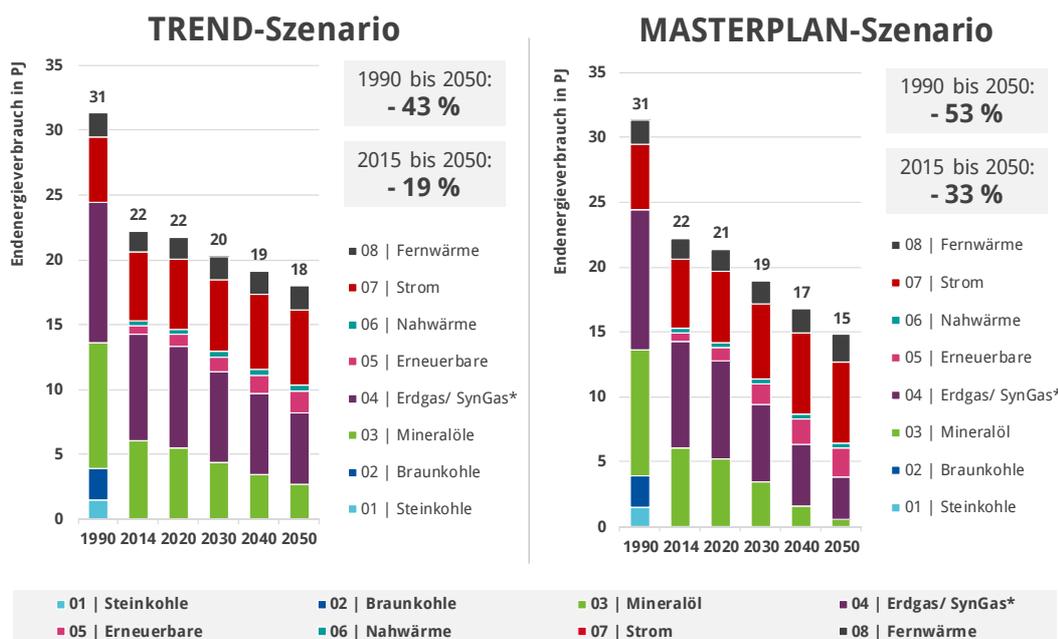


Abbildung 65 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

7 Entwicklung der Emissionen bis 2050

7.1 Treibhausgasemissionen

Nachfolgend werden 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 4.1 Bilanzierungsmethodik). Sie werden in Form von Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten dargestellt. Nachfolgend werden die THG-Emissionen resultierend aus dem Endenergieverbrauch der Stadt Mainz aufgezeigt. In Abbildung 66 sind die THG-Emissionen nach Energieträgern dargestellt. Ausge-

hend vom Jahr 1990 reduzierten sich die THG-Emissionen um ca. 40 %; von etwa 3,5 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 2,1 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014.

Während die THG-Emissionen im TREND-Szenario ausgehend vom Jahr 2014 um ca. 0,9 Mio. t CO_{2äq} bis zum Jahr 2050 sinken (entspricht einer Reduktion um 38 %), wird im ambitionierten MASTERPLAN-Szenario ein Rückgang um etwa 1,7 Mio. t CO_{2äq} bis zum Jahr 2050 angestrebt (Absenkung um 92 % gegenüber 1990, 86 % gegenüber 2015).

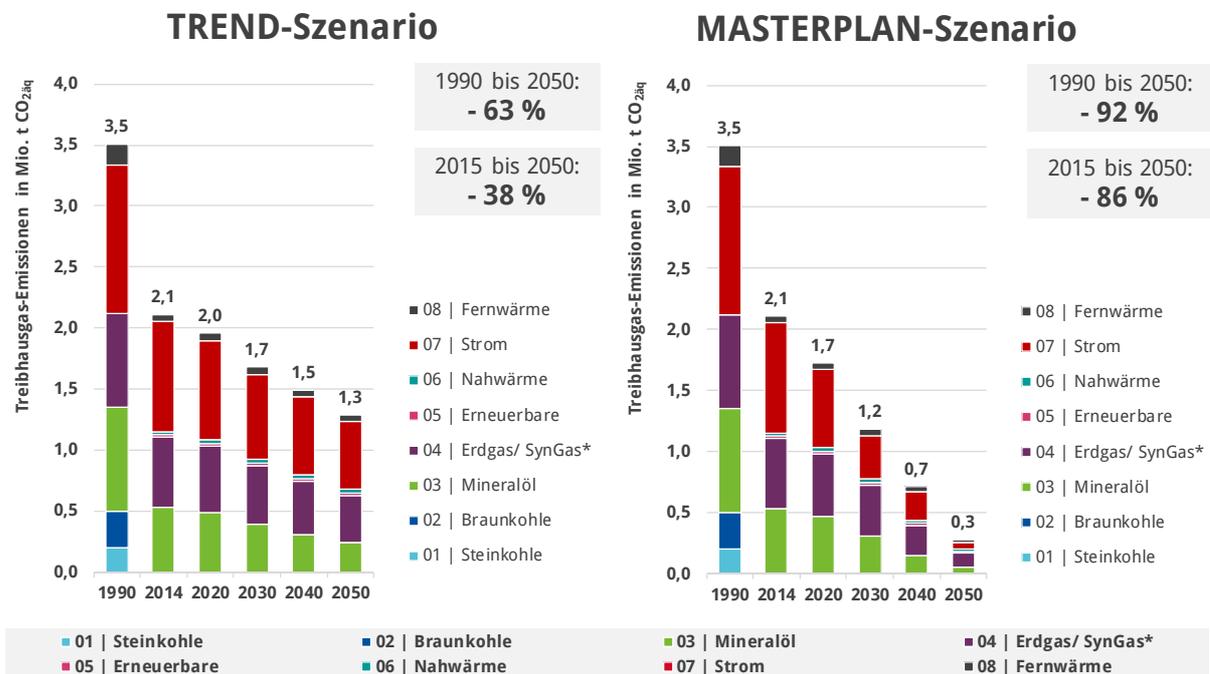


Abbildung 66 Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

Quelle: 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 15 Entwicklung der absoluten und spezifischen Treibhausgasemissionen im MASTERPLAN-Szenario
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Emissionen	1990	2014	2020	2030	2040	2050
Stadt Mainz (Mio. t CO _{2äq} /a)	3,5	2,1	1,7	1,2	0,7	0,3
je Einwohner (t CO _{2äq} /Ew)	19,2	10,1	8,2	5,6	3,4	1,3

Die Emissionen je Einwohner halbierten sich fast gegenüber dem Jahr 1990 von 19,2 auf 10,1 t CO_{2äq} im Jahr 2014. Bis zum Jahr 2050 erfolgt im MASTERPLAN-Szenario eine weitere Reduktion auf 1,3 t CO_{2äq} je Einwohner (vgl. Tabelle 15).

Primär wird die Reduktion der THG-Emissionen durch die deutliche, über die Trendentwicklung hinausgehende 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 Mainz umgesetzt werden.

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

7.2 Sektorale Zielsetzung

Im Folgenden werden die jeweiligen Zielsetzungen zur Minderung der Treibhausgasemissionen entsprechend des MASTERPLAN-Szenarios für die Stadt Mainz bis zum Jahr 2050 in 10-Jahresschritten für die einzelnen Sektoren dargestellt. Zusätzlich werden die Treibhausgasminderungen des TREND-Szenarios

beschrieben, um aufzuzeigen, welche zusätzlichen Anstrengungen gegenüber dem Trend notwendig sind und den Pfad des MASTERPLAN-Szenarios zu erreichen. Denn die Realisierung des MASTERPLAN-Szenarios erfordert eine zusätzliche Treibhausgasreduzierung gegenüber dem Trend von ca. 30 %.

Haushalte und Kommune (Gebäude)

Derzeit hat der Sektor Haushalte einen Anteil von 24 % und die kommunalen Liegenschaften (Kommune) von 1 % an den Gesamtemissionen der Stadt Mainz.

Die Emissionen sind um 24 % von etwa 0,7 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 durch neuere und gleichzeitig effizientere Heizungstechnik. Für das TREND-Szenario wird bis zum Jahr 2050 eine Reduzierung um 54 % gegenüber 1990 erwartet.

Im MASTERPLAN-Szenario wird eine Reduzierung der THG-Emissionen gegenüber 1990 um insgesamt 90 % angestrebt (vgl. Tabelle 17), d.h. bis zum Jahr 2050 ein weiterer Rückgang der Emissionen um 66 %.

Verkehr

Der Verkehrssektor hat derzeit einen Anteil von 18 % an den Gesamtemissionen in der Stadt Mainz.

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 0,38 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf ca. 0,39 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 angestiegen.

Im TREND-Szenario wird eine Reduzierung um 34 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 erwartet und im MASTERPLAN-Szenario eine Reduzierung gegenüber 1990 um 86 % angestrebt (vgl. Tabelle 17).

Neben der Steigerung der Effizienz der Verkehrsträger, Veränderungen der Verkehrsnachfrage sowie Modal Split, wird im Wesentlichen die fortschreitende Substitution von Mineralölprodukten maßgeblich für die Senkung der THG-Emissionen sein.

Industrie

Derzeit weist der Sektor Industrie einen Anteil von 28 % an den Gesamtemissionen der Stadt Mainz auf.

Die Emissionen sind um 66 % von etwa 1,7 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 0,6 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 gesunken. Hauptursache hierfür war die Substitution von Braunkohle durch Erdgas und Mineralölprodukte sowie wirtschaftliche Entwicklungen.

Für das TREND-Szenario wird eine Reduzierung um 78 % bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 erwartet und im MASTERPLAN-Szenario eine Reduzierung der THG-Emissionen gegenüber 1990 um 95 % angestrebt; d.h. bis zum Jahr 2050 ein weiterer Rückgang der Emissionen um 29 %.

GHD

Der Sektor GHD hat derzeit einen Anteil von 29 % an den Gesamtemissionen der Stadt Mainz.

Die Emissionen sind von etwa 0,7 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 1990 auf 0,6 Mio. t CO_{2äq} im Jahr 2014 gesunken. Im TREND-Szenario wird eine Reduzierung um 49 % gegenüber 1990 erwartet und im MASTERPLAN-Szenario eine Reduzierung der THG-Emissionen gegenüber 1990 um 89 % 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 16 Entwicklung der Treibhausgasreduzierung nach verschiedenen Zeiträumen
 Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

	THG-Minderung 1990 - 2014	THG-Minderung 1990 - 2020	THG-Minderung 1990 - 2030	THG-Minderung 1990 - 2040	THG-Minderung 1990 - 2050
TREND-Szenario					
01 Industrie	-66%	-69%	-73%	-76%	-78%
02 Verkehr	2%	-3%	-18%	-27%	-34%
03 GHD	-9%	-18%	-30%	-39%	-49%
04 Haushalte	-24%	-29%	-39%	-46%	-54%
05 Kommune	-73%	-75%	-79%	-83%	-86%
Summe Mainz	-40%	-44%	-52%	-58%	-63%

	MASTERPLAN-Szenario				
01 Industrie	-66%	-73%	-82%	-89%	-95%
02 Verkehr	2%	-8%	-36%	-64%	-86%
03 GHD	-9%	-30%	-52%	-70%	-89%
04 Haushalte	-24%	-36%	-55%	-73%	-90%
05 Kommune	-73%	-78%	-86%	-92%	-97%
Summe Mainz	-40%	-51%	-66%	-80%	-92%

8 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 Muts 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 Maßnahmenideen, die von den lokalen Expertinnen und 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 Maßnahmenideen in reale Projekte zu übertragen. Möglichst frühzeitig sollte die Machbarkeit der beschriebenen Ansätze am Beispiel konkreter und sichtbarer Modellprojekte erprobt und hiermit weitere Akteurinnen und Akteure zur Umsetzung von Maßnahmen motiviert werden (vgl. Abbildung 67).

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 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.



Abbildung 67 Umsetzungsidee aus Bürgerinnen und Bürger-Workshop, Juni 2017

Quelle: Grafik Recording Tanja Föhr / Foto 4K

Darüber hinaus sollte eine Breitenbewegung für das klimaneutrale Mainz 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.

Ein erster Ansatz dazu wird von einer Studierenden-gruppe der Johannes-Gutenberg-Universität erarbeitet. Angedacht ist auch eine Arbeitsgruppe Kommunikation und Partizipation, in der öffentlichkeitserfahrene Expertinnen und Experten mit unterschiedlichen fachlichen Hintergründen die Strategieentwicklung begleiten könnten.

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-Akteurinnen und -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 „Akteurinnen und Akteure am Laufenden gehalten werden“; und die auch Rückmeldemöglichkeiten geben können (z.B. durch Einsatz von Social Media).

8.1 Kommunikationsstrategie

Viele Strategien und Maßnahmen des Masterplans liegen nur teilweise im direkten Einflussbereich der Stadtverwaltung. Für ihre Umsetzung sind lokale und auch regionale Akteurinnen und 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 Mainz klimafreundlich zu gestalten?
- Wie können Gebäudeeigentümer für energetische Sanierungsmaßnahmen gewonnen werden?
- Mit welchen Mitteln können lokale Unternehmen für eine nachhaltige Betriebsführung motiviert werden?

Die Akteurinnen und Akteure der Fach-Arbeitsgruppen beschäftigten sich intensiv mit diesen Fragestellungen. Im Ergebnis resultieren daraus zahlreiche Maßnahmenideen in den Handlungsfeldern **Klimaverträglicher Alltag** und **Wirtschaft** oder **Gebäude**. Die Maßnahmenideen richten sich überwiegend an Zielgruppen, die vor allem mit Kommunikationsansätzen erreicht werden (vgl. Abbildung 68).

Der Maßnahmenkatalog beinhaltet daher vielfältige Ansätze für die „richtige Kommunikation“. Eine Vielzahl der Maßnahmenideen haben konkrete Handlungsschritte und Instrumente einer zielgruppenspezifischen Klimaschutz-Kommunikation entwickelt (siehe Anlage A3 Maßnahmenkatalog).

Die Kommunikationsarbeit wird vom Masterplan-Management der Stadt Mainz 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 „Mitstreiterinnen und Mitstreitern“ werden und sich für den lokalen Klimaschutz einsetzen.



Abbildung 68 Klimaschutz: Was bringt mir das?

Quelle: Grafik Recording Tanja Föhr / Foto 4K

Prozessbegleitende Öffentlichkeitsarbeit

Ein wesentlicher Bestandteil für den Umsetzungserfolg des Klimaschutzkonzepts stellt die prozessbegleitende Öffentlichkeitsarbeit dar. Auf diesem Wege werden Akteurinnen und 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 Mainz zu schaffen.

Grundsätze für alle Öffentlichkeitsmaßnahmen im Rahmen des Klimaschutzes :

- Die verbreiteten Informationen müssen mit den Agierenden 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 grundsätzlich notwendigen Schritte zur Planung öffentlichkeitswirksamer Kampagnen erläutert. Diese sollen dem zentralen Masterplan-Management, das für die Kommunikation zuständig ist, als Leitfaden dienen.

Die kommenden Abschnitte sind in fünf Schritte der Kampagnenplanung gegliedert (vgl. Abbildung 69):



Abbildung 69 Planungsschritte einer zielgerichteten Kommunikation
Quelle: 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 Maßnahmenideen (vgl. Tabelle 19).

Die entwickelten Maßnahmenideen dienen als grundlegende Inhalte für die Öffentlichkeitsarbeit (vgl. Abbildung 70). Dabei ist zu beachten, dass die genannten Maßnahmenideen jeweils weiterer Detaillierungen für die Bearbeitung erfordern und operative Zielsetzungen für die Öffentlichkeitsarbeit zunächst noch definiert werden müssen.



Abbildung 70 Stromsparkampagne für Mainz
Quelle: Grafik Recording Tanja Föhr / 4K

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.

Ein Beispiel für ein operatives Kommunikationsziel für die Stadt Mainz wäre „Steigerung der Präferenz für den Einbau von Solarwärme-Anlagen, um den CO₂-Ausstoß im Wärmesektor zu reduzieren“.

Tabelle 17 Kommunikationsrelevante öffentlichkeitswirksame Maßnahmen
Quelle: 4K

Solarenergienutzung im Gebäude	
A3.3	Solare Wärmeherzeugung (Private Anlagen)
A3.6	Solare Stromerzeugung
Mobilität	
C 2.2	Förderung des betrieblichen Mobilitätsmanagements
C 2.4	Schulisches Mobilitätsmanagement
C 3.3	Verlagerung des City-Einkaufsverkehrs vom motorisierten Individualverkehr zum Umweltverbund
C 5.2	Ausbau von Car-Sharing
Gebäudesanierung /-neubau	
B 2.2	Förderung - Programme für Mehrfamilienhäuser
B 2.4	Stärkung der Umsetzungsbegleitung
B 2.6	Effizienzplattform Nichtwohngebäude
Konsum	
E 1.1	Maßnahme: Klimarechner und ganzheitliche Beratung zu (Mainz-spezifische) Handlungsalternativen
E 1.2	Kampagne "Mainz spart Strom" und Energieberatung
E 2.1	Nachhaltige Bildungsangebote in der Schule und in Kitas
E 3.1	Mainz wird erste werbefreie Stadt Deutschlands
E 3.2	Werbefreie Schulen in Mainz

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 Steue-

rung 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. Regelmäßig kommen hier finanzielle Vorteile, Informations- und Entscheidungs-Sicherheit oder das

Streben nach sozialer Anerkennung in Betracht. Die folgende Tabelle 18 gibt einen Überblick, wie aus Motiven die passenden Instrumente abgeleitet werden können.

Tabelle 18 Zusammenhang zwischen Motivation und Maßnahmen
Quelle: 4K

Motive		Anreizinstrumente Maßnahmen
Finanzieller Vorteil		Monetäre Förderungen Günstige Kredite Abschreibungsmöglichkeiten* Bonusgeschenke
Klare Information		Qualifizierte Energieberater Sprechstunden / Beratungszentrum Vorteile transparent erarbeiten
Entscheidungssicherheit		Ausgebildete Handwerker
Soziale Anerkennung		Auszeichnungen / Gute Presse VIP-Einladungen zu Klimavorträgen

* Rahmenbedingungen auf Bundesebene

Kommunikationsmix planen

Basis der aktuellen Öffentlichkeitsarbeit in Mainz ist die Internetseite zum Masterplan-Prozess auf dem Klimaschutz-Portal der Landeshauptstadt. Jeweils aktuell wird hier über die Zwischenstände der Umsetzung der Maßnahmenideen, aber auch über Veranstaltungen im Rahmen des Prozesses berichtet und Hintergrundinformationen mit entsprechenden Verlinkungen bereitgestellt.

Darüber hinaus bietet es sich an, eine inhaltliche und kommunikative Klammer mit anderen Agierenden und Nachhaltigkeitsprojekten in Mainz zu bilden.

Je nach zu transportierendem Inhalt und Zielgruppe empfehlen sich vielfältige Kommunikationswege, die im Mix eingesetzt und bestenfalls miteinander vernetzt werden (vgl. Abbildung 71).



Abbildung 71 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 Kampagnenkonzepion 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.

8.2 Zivilgesellschaftlicher Prozess

Beteiligung bleibt im gesamten Masterplan-Prozess eine wichtige und dauerhafte Aufgabe. Kontinuität in der Zusammenarbeit mit allen wichtigen Akteurinnen und 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 Akteurinnen und Akteuren auf den einzelnen Handlungsebenen erreicht werden. In der Umsetzung stehen konkrete lokale Fragestellungen bei der Zusammenarbeit mit Akteurinnen und Akteuren im Vordergrund. Die Beteiligungsformate sind abhängig von Thema, Zielgruppe und Zielsetzung.

Lokale Klimaschutz-Netzwerke

Die Erfahrung der Konzeptphase aber auch der Wunsch der Akteurinnen und Akteuren weist darauf hin, 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 (vgl. Abbildung 72).



Abbildung 72 Überblick Kommunikationswege
 Quelle: Bürgerinnen und Bürger-Workshop, Juni 2017; Grafic Recording Tanja Föhr / Foto 4K

In den folgenden Maßnahmenideen wurde dieser Austauschbedarf explizit hervorgehoben:

- C 2.1 Beratungsoffensive für Wohngebäude
- C 2.2 Förderung des betrieblichen Mobilitätsmanagements
- C 4.3 Ausbau der Nutzung von Lastenrädern als Logistik-Alternative
- C 4.4 Radschnellwege im Umland
- C 5.1 Weiterentwicklung Handlungsstrategie Elektromobilität bis 2050
- D 3.1 Fortführung und Vertiefung ÖKOPROFIT®
- D 3.2 Lern-Arena Unternehmen trifft Energie
- D 3.3 Energieeffizienznetzwerke
- E 2.2 Netzwerk Klimaschutzbildung
- E 3.4 Schaffung konsumfreier Räume
- E 3.5 Stärkung von regionalen und klimafreundlichen Produkten
- E 4.1 Stärkung der Reparatur- und Sharingkultur

In den Diskussionen mit den Fach -Akteurinnen und -Akteuren kristallisierte sich heraus, dass fast alle Maßnahmenideen 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 Weiterent-

wicklung etablierter Projekte. Insbesondere mit Hilfe von Schlüsselagierenden 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.

Dies hat sich insbesondere beim Ausbau erneuerbarer Energien bewährt (vgl. Maßnahmenidee A3.10 Bürgerenergiebeteiligungen). Um möglichen Vorbehalten rechtzeitig entgegenzutreten, sollte frühzeitig der Dialog mit der Bevölkerung gesucht werden.

Im Bereich der Stadtplanung wird dies bereits oft praktiziert und sollte entsprechend auch auf die klimaschutzrelevante Planungen angewendet werden. Dazu gehören im Maßnahmenkatalog folgende Maßnahmenideen:

- B 0 Klimaverträgliche Flächennutzung (kompakte Stadt)
- B 1.1 Integrierte Stadtentwicklung in Bestandsquartieren
- B 1.2 Entwicklung „Grüner Infrastruktur“
- B 1.3 Effizientes Wohnen
- C 1.1 Kurze Wege im Bestand für alle Ortsbezirke
- C 2.1 Modellprojekt „Gebietsbezogenes Mobilitätsmanagement“
- D 1.4 Energetisch optimierte Gewerbegebiete

Ergänzend zur Kommunikationsstrategie tragen diese Beteiligungsprozesse auch dazu bei, dass das Interesse an der Umsetzung von lokalen Klimaschutzmaßnahmen hochgehalten und das angestoßene Engagement aufrechterhalten wird.

Neben Workshops und Veranstaltungen kommen in der Umsetzungsphase neue Beteiligungsformate hinzu, die sich auf konkrete Maßnahmen/Projekte beziehen. 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 Zielgruppe 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 [Müller et al. 2015] wurde die gezielte Aktivierung von Bürgerinnen und Bürger für Klimaschutzprozesse vor Ort untersucht, diese Ergebnisse sind auch für die Anwendung in Masterplan-Prozessen sehr zu empfehlen. 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. Die bereits laufenden BNE-Initiativen sowie Schulprojekte u.a. in Mainz 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 (vgl. Abbildung 73).

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

- B 3.2 Verhaltensmaßnahmen – Energieeinsparung in städtischen Einrichtungen
- C 2.4 Schulisches Mobilitätsmanagement
- D 3.2 Lern-Arena Unternehmen trifft Energie
- D 3.3 Energieeffizienznetzwerke
- E 2.1 Nachhaltige Bildungsangebote in der Schule und in Kitas

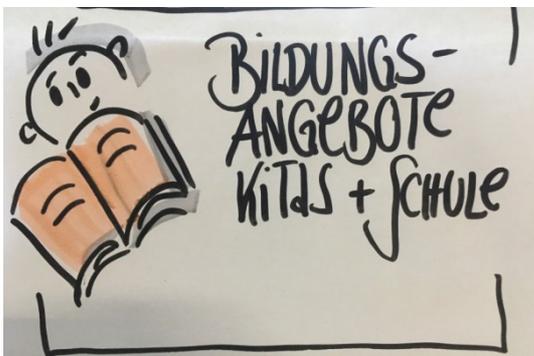


Abbildung 73 Klimaschutz-Maßnahmen im Bildungsbereich

Quelle: GfIC Recording Tanja Föhr / Foto 4K

8.3 Verstetigung von Arbeitsstrukturen

Masterplan-Beirat und Lenkungsgruppe kommt weiterhin eine wichtige Rolle zu, die in der Umsetzungsphase neu definiert werden soll. Denkbar ist auch die Zusammenführung beider Gremien, sofern seine Relevanz durch institutionelle Vertreterinnen und Vertreter der Leitungsebene beibehalten wird. Die Treffen sollten weiterhin regelmäßig (ca. zweimal jährlich) stattfinden 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 (vgl. Kapitel 9.6).

Ein gesellschaftlich breit aufgestelltes Masterplan-gremium mit gesellschaftlichen Entscheidungsträgern hat Einfluss auf die relevanten Umsetzungsakteure und kann diese (moralisch) zur Verantwortung ziehen (siehe Exkurs Schlüsselakteure). Es stellt damit 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.

Nach der einjährigen Konzeptphase „Masterplan 100 % Klimaschutz“ folgt eine dreijährige Umsetzungsphase, in der erste Maßnahmen angestoßen und begleitet werden können. Für die zusätzlichen Aufgaben sind für den Zeitrahmen der Projektdauer zwei Fachkräfte im Masterplan-Management eingesetzt worden, die dem Grün- und Umweltamt fachlich und organisatorisch zugeordnet sind.

Das Masterplan-Management koordiniert alle projektbezogenen Beteiligungsprozesse. Es organisiert den Austausch zwischen den Agierenden 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 Verstetigung des Masterplan-Prozesses gelingt insbesondere dann, wenn zuverlässige Kümmerer wie das Masterplan-Management einen offiziellen Auftrag seitens der Kommunalpolitik (Stadtratsbeschluss) erhält und die Umsetzung dauerhaft - auch über die Förderphase hinaus - betreuen kann

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 Mainzer Persönlichkeiten sein, aber auch Organisationen aus der

Verwaltung, der Politik, lokale Unternehmen und Vertreterinnen und Vertreter der Zivilgesellschaft.

Da sie oft eigenständig oder in ihren Netzwerken agieren, befördern und verbreiten sie die Klimaschutzmaßnahmen auch außerhalb der Klimanetzwerke auf vielfältigen Ebenen.

Aufgrund der Erfahrungen aus der Konzeptionsphase ist festzustellen, dass der aktuelle Masterplan-Lenkungskreis bereits eine gute Basis für diese Zusammenarbeit darstellt, da hier zahlreiche maßgebliche gesellschaftliche Institutionen zusammenkommen und seitens der Führungsebene auch direkt repräsentiert werden.

8.4 Maßnahmenkatalog

Abschnitt 3) wurden Ideen und konkrete Maßnahmvorschläge lokaler Akteure zur Minderung der Emissionen in der Stadt Mainz gesammelt und nach Handlungsfeldern in den Fach-Arbeitsgruppen (AG) diskutiert.

Aus diesem Maßnahmenpool entstand unter Berücksichtigung vorhandener Klimaschutzaktivitäten ein Maßnahmenkatalog. Der Maßnahmenkatalog ist ein eigenständiger Teil des Masterplans und dient als wichtige Arbeitsgrundlage für die spätere Umsetzungsphase (vgl. Abbildung 74).

Der Maßnahmenkatalog für den Masterplan 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Mainz beinhaltet insgesamt 72 Maßnahmenideen, aufgeteilt nach fünf Handlungsfeldern (Energie, Gebäude, Mobilität, Wirtschaft und Alltag) (vgl. Tabelle 19).



Abbildung 74 Deckblatt Maßnahmenkatalog 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Mainz
Quelle: Maßnahmenkatalog 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Mainz

Tabelle 19 Übersicht Strategien und Maßnahmenideen je Handlungsfeld
Quelle: Darstellung IE Leipzig

	Handlungsfelder / Fach-AGs	Anzahl Strategien	Anzahl Maßnahmen
A	Energie	4	18
B	Gebäude	3	15
C	Mobilität	5	17
D	Wirtschaft	3	11
E	Alltag	4	11
	5	19	72

Für jedes Handlungsfeld enthält der Maßnahmenkatalog eine Übersicht der Strategien und der zugeordneten Maßnahmenideen (vgl. Abbildung 75). Der Maßnahmenkatalog ist dem Bericht als Anlage beigefügt.

Maßnahmenkatalog Mainz		Seite
A	Energie	
A 1	Strategie: Erhöhung der Energieeffizienz	
A 1.1	Bürgerenergie - Grundbedarfsenergie - Teilhabeenergie	7
A 1.2	Energieplattform Mainz	9
A 2	Strategie: Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung	
A 2.1	Maßnahme: Ausbau und Entwicklung der Fernwärme	11
A 2.2	Maßnahme: Dezentrale Wärmenetze	14
A 2.3	Maßnahme: Abwärme- und Abwasserwärmenutzung	16
A 3	Strategie: Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung	
A 3.1	Maßnahme: Nutzung von Umweltwärme	18
A 3.2	Maßnahme: Geothermische Stromerzeugung	20
A 3.3	Maßnahme: Solare Wärmeerzeugung (Private Anlagen)	22
A 3.4	Maßnahme: Solare Prozesswärme (Industrie)	24
A 3.5	Maßnahme: Solare Wärmeerzeugung (Einbindung in Fern-/ Nahwärme)	26
A 3.6	Maßnahme: Solare Stromerzeugung	28
A 3.7	Maßnahme: Wasserkraft	30
A 3.8	Maßnahme: Windenergie	32
A 3.9	Maßnahme: Biomasse/Biogas	34
A 3.10	Maßnahme: Bürgerenergiebeteiligungen	37
A 3.11	Maßnahme: Städtische Einrichtungen nutzen erneuerbare Energien	39
A 4	Strategie Systemintegration: Speicherung und Steuerung	
A 4.1	Maßnahme: Speicherkraftwerke	41
A 4.2	Maßnahme: Flexible Steuerungssysteme/virtuelle Kraftwerke	44

Abbildung 75 Übersicht Handlungsfeld „Energie“ mit Strategien und Maßnahmenideen
Quelle: Maßnahmenkatalog 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Mainz

Jede Einzelmaßnahme wird in einem Maßnahmenblatt (vgl. Abbildung 76) 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

Handlungsfeld	Maßnahmennummer	Maßnahmetyp	Einführung der Maßnahme	Dauer der Maßnahme
Energie	A 1.1	Partizipatorische Maßnahmen (Suffizienz)	Kurzfristig vor 2020	fortlaufend
Bürgerenergie - Grundbedarfsenergie - Teilhabeenergie				
Ziel und Strategie				
Ziel: Der Energieverbrauch ist sozialverträglich zu minimieren und das Interesse der Bürgerinnen und Bürger an einer Mitwirkung zu fördern.				
Strategie: Die marktgetriebene Energieversorgung ist durch eine bedarfsorientierte Energieversorgung zu ersetzen. Klimaquartiere dienen dabei als Testzellen.				
Ausgangslage				
Es hat sich gezeigt, dass Energiekonzepte nur dann umgesetzt werden, wenn die betroffenen Bürgerinnen und Bürger bei der Zielerfüllung mitgenommen werden. Bislang wurde eine breite Umsetzung von Maßnahmen nur mit den Argumenten "Es muss sich für den Investor rechnen" oder mit der Vorgabe von gesetzlichen Rahmenbedingungen erreicht.				
Analog zum Konzept "Bürgergeld": wegführen vom "Haben"-zum "Sein"-Verhalten der Menschen (Erich Fromm (1976): Haben oder Sein, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart)				
Beschreibung				
Von Geburt an soll jeder Mensch eine bestimmte Menge Endenergie kostenlos erhalten. Das sollte in absehbarer Zeit (ab 2050) weltweit gelten. Das Maß dafür richtet sich nach den jeweiligen Lebensbedingungen der Menschen in ihrem Geburtsland. Deutschland sollte auch hier eine Vorreiterrolle einnehmen und jedem deutschen Bürger bzw. jedem deutschen Haushalt eine Grundversorgung Endenergie pro Jahr (z. B. 3.000 kWh/a + 4 kWh/h) zur Verfügung stellen. Darin enthalten sind Strom, Wärme und Kraftstoff für die Nutzenergien Licht, Kommunikation, Heizen, Kühlen, Kochen, Waschen, Warmwasser, Pumpen, Mobilität und so weiter. Der Verbrauch, der über die kostenlose Grundversorgung hinausgeht, muss durch Arbeit finanziert werden, ebenso der Bedarf für Allgemeinaufgaben. Die Finanzierung der kostenlosen Bürgerenergie wird über die höheren Preise der kostenpflichtigen Individualenergie geleistet.				
Die Bürger werden bereits bei der Ermittlung der Grundbedarfsenergie aktiv einbezogen. Mainz entwickelt dafür das Konzept.				
Initiator				
Interessensverbände; Stadt Mainz				
Akteure				
Umwelt- und Verbraucherschutzinitiativen; Bürgerinnen und Bürger				
Zielgruppe				
Energieverbraucher				

Abbildung 76 Auszug Maßnahmenblatt A 1.1
Quelle: Maßnahmenkatalog 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Mainz

Nach Erstellung des „Masterplans 100 % Klimaschutz Mainz“ 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 Maßnahmenidee kurz-, mittel oder langfristig eingeführt werden sollte, ist in den Maßnahmenblättern beschrieben. Fast zwei Drittel der Maßnahmenideen sind kurzfristig, d. h. bis zum Jahr 2020 einzuführen (Tabelle 20).

Für jedes Handlungsfeld gibt es im Maßnahmenkatalog eine Übersicht zum Einführungszeitraum der Maßnahmenideen wie in Abbildung 77 für den Bereich Energie dargestellt ist.

Tabelle 20 Übersicht zum Zeitraum der Einführung der Maßnahmen je Handlungsfeld
Quelle: Darstellung IE Leipzig

	Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
Energie	7	6	5
Gebäude	14	1	-
Mobilität	11	5	1
Wirtschaft	7	4	-
Alltag	7	4	-
	46	20	6

Zu beachten ist, dass viele Maßnahmenideen ihre Wirkung erst als Verbund verschiedener und koordinierter Aktivitäten entfalten können. So bewirken rein

technische Einzelmaßnahmen zwar eine direkte CO₂-Minderung, ohne Öffentlichkeitsarbeit und weitere Maßnahmenideen (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 Stadtthema 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).

- Kurzfristig**
- A 3.10 Bürgerenergiebeteiligung
 - A 2.1 Ausbau und Entwicklung der Fernwärme
 - A 2.2 Dezentrale Wärmenetze
 - A 1.1 Bürgerenergie - Grundbedarfsenergie - Teilhabeenergie
 - A 3.6 Solare Stromerzeugung
 - A 1.2 Energieplattform Mainz
 - A 3.3 Solare Wärmeerzeugung (Private Anlagen)

- Mittelfristig**
- A 3.11 Städtische Einrichtungen nutzen erneuerbare Energien
 - A 4.2 Flexible Steuerungssysteme / virtuelle Kraftwerke
 - A 3.8 Windenergie
 - A 3.1 Nutzung von Umweltwärme
 - A 3.4 Solare Prozesswärme (Industrie)
 - A 3.5 Solare Wärmeerzeugung (Einbindung in Fern-/Nahwärme)

- Langfristig**
- A 2.3 Abwärme- und Abwasserwärmenutzung
 - A 4.1 Speicher
 - A 3.2 Geothermische Stromerzeugung
 - A 3.9 Biomasse/Biogas
 - A 3.7 Wasserkraft

Abbildung 77 Zeitraum der Einführung der Maßnahmenideen des Handlungsfeldes Energie
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Bewertung der Maßnahmenideen

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].

Jede der 72 Maßnahmenideen wurde anhand folgender Kriterien bewertet:

- Einsparung Endenergie und THG-Emissionen
- Multiplikatoreffekt
- Aufwand der Stadt Mainz (Kosten und Personal) und Kooperationsbedarf
- Hemmnisse
- Bewertung durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Fach-AG

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].

Somit liegt für alle 72 Maßnahmenideen eine Bewertung nach den o.g. Kriterien als Ergebnis des Beteiligungsprozesses im Rahmen der Fach-AG vor. Die Bewertung hat zu einer ersten Reihenfolge der Maßnahmenideen geführt.

Priorisierung der Maßnahmenideen

Anschließend erfolgte eine **Priorisierung** der Maßnahmenideen durch die **Lenkungsgruppe**. 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 hat die Lenkungsgruppe ausgewählte Bewertungskriterien für die von den Fach-AGs erarbeiteten Maßnahmenideen prozentual gewichtet (Tabelle 21). Die Kriterien orientieren sich an den von Fördermittelgeber vorgegebenen Indikatoren. Jedes Lenkungsgruppenmitglied konnte seinen Vorschlag einbringen.

Tabelle 21 Gewichtung der Bewertungskriterien zur Priorisierung der Maßnahmenideen durch die Mitglieder der Lenkungsgruppe
Quelle: Landeshauptstadt Mainz

Bewertungskriterium	Prozentuale Gewichtung	
	im Einflussbereich der Stadtverwaltung	nicht im Einflussbereich der Stadtverwaltung
Einsparung Endenergie		25 %
Einsparung THG-Emissionen		25 %
Multiplikatoreffekt	15 %	20 %
Priorisierung durch Fach-Arbeitsgruppen	10 %	10 %
Hemmnisse	5 %	10 %
Aufwand (Personal/Kosten)	20 %	—
Aufwand (Kooperation)	0 %	10 %
Summe	100 %	100 %

Bei der Gewichtung wurde folgende grundsätzliche Vorgehensweise vereinbart:

- Die Maßnahmenideen werden in Abhängigkeit des Verantwortung in zwei Kategorien unterschieden
 1. Maßnahmenideen im Einflussbereich der Stadtverwaltung und
 2. Maßnahmenideen im Wirkungsbereich anderer Initiatoren
- Die Einsparung der Endenergie sowie der THG-Emissionen spielt eine übergeordnete Rolle und wird in beiden Gruppen mit jeweils 25 % bewertet.
- Der Multiplikatoreffekt bildet einen Schwerpunkt mit mind. 15 %.
- Für die Maßnahmenideen der Stadtverwaltung soll das Kriterium Aufwand (Personal/ Kosten) mind.

15 % betragen. Bei den restlichen Maßnahmen entfällt das Kriterium Aufwand (Personal/ Kosten).

- Kooperationen sind für die Stadtverwaltung "täglich Brot" deshalb der Vorschlag dieses Kriterium mit 0% zu bewerten.

Durch die Gewichtung der Kriterien entstand eine Priorisierung der Maßnahmenideen, aus der sich Handlungsempfehlungen für eine möglichst effektive Umsetzungsphase ableiten lassen.

Die Lenkungsgruppe einigte sich auch darauf, dass im Rahmen der Maßnahnumsetzung die Möglichkeit von Patenschaften durch Expertise, eigenem Netzwerk, Öffentlichkeitsarbeit und /oder auch finanziell geprüft werden sollte. Die Interessensbekundung an einer konkreten Patenschaft ist in der Umsetzungsphase abzufragen.

Kosten und Finanzierung der Maßnahmenideen

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.

8.5 Ausgewählte Klimaschutzmaßnahme

Im Anschluss an die Masterplan-Konzepterstellung kann eine ausgewählte investive Klimaschutzmaßnahme im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative gefördert werden. Die Förderung in Form eines nicht-rückzahlbaren Zuschusses beträgt maximal 50 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben, maximal 200.000 Euro. Die Auswahl einer Klimaschutzmaßnahme, die zur Förderung vorgeschlagen wird, muss mehrere Kriterien erfüllen, insbesondere:

1. Kurzfristiger Beginn möglich
2. Investiver Charakter

3. Investitionssumme in einer Größenordnung, für die eine Förderung von 200.000 Euro einen Unterschied darstellen, der die Umsetzungschance erhöht
4. Innovativer Charakter
5. Mindestens 70 % CO₂-Einsparung

Wie bereits in den Berechnungen zu den Szenarien aufgezeigt, ist der Sektor Verkehr eines der wichtigsten Handlungsfelder. Deshalb soll die ausgewählte Klimaschutzmaßnahme aus diesem Handlungsfeld ausgewählt werden. Die Maßnahmen aus dem Hand-

lungsfeld Verkehr wurde daraufhin nach dem Ausschlussprinzip auf ihre Eignung überprüft:

Gemäß Kriterium 1 scheiden aus:

- C1.3 Effizientes Logistik-System sowie
- C4.4 Radschnellwege ins Umland

nach Kriterium 2 scheiden aus:

- C1.1 Kurze Wege im Bestand für alle Ortsteile
- C1.2 Kurze Wege als Stadtentwicklungsziel
- C2.1 Modellprojekt: Gebietsbezogenes Mobilitätsmanagement
- C2.2 Förderung des betrieblichen Mobilitätsmanagements
- C2.4 Schulisches Mobilitätsmanagement
- C3.2 Niedrigschwelliger Zugang zum ÖPNV bzw. zur Intermodalität
- C3.3 Verlagerung des City-Einkaufsverkehrs vom MIV zum Umweltverbund

nach Kriterium 3 scheiden aus:

- C3.1 Ausbau Straßenbahnnetz Mainz/ Wiesbaden (zu große Investitionssumme, anderer Finanzierungsrahmen)

nach Kriterium 4 werden als kritisch eingestuft:

- C4.5 Ausbau der bestehenden Radinfrastruktur
- C5.2 Ausbau von Car-Sharing

Es verbleiben in der engeren Wahl:

- C2.3 Vorbildhaft klimafreundlicher Verkehr in der Stadtverwaltung
- C4.1 Weiterentwicklung Fahrradverleihsystem
- C4.2 Sicheres Fahrradparken
- C4.3 Lastenräder zur Logistik-Alternative ausbauen
- C5.1 Weiterentwicklung Handlungsstrategie E-Mobilität bis 2050

In diesen Maßnahmen müsste jeweils eine bestimmte konkrete Kernmaßnahme abgegrenzt werden, für die sich ein Innovationsfortschritt gegenüber anderen Städten und eine CO₂-Minderung von wenigstens 70 % nachweisen lässt.

Vorstellbar ist auch eine Kernmaßnahme, die sich in mehrere der genannten Maßnahmen einordnen lässt. Derzeit erarbeitet und prüft das Masterplanteam vordergründig zwei potentielle Konzepte für die ausgewählte Maßnahme.

Die Verwaltung besitzt neben dem überwiegend benutzten Zugang zum Carsharing book-n-drive® auch über 200 eigene Fahrzeuge, die zu großen Teilen als Sonderfahrzeuge in ganztägigen Einsatz sind. Gemäß den in den Maßnahmen C2.3 „Vorbildhafter klimafreundlicher Verkehr in der Stadtverwaltung“ und C5.1 „Weiterentwicklung Handlungsstrategie E-Mobilität bis 2050“ festgehaltenen Ansätzen wird derzeit geprüft, ob in dem Handlungsfeld ein Pilotprojekt mit dem Titel „Elektrifizierung kommunales Arbeitsgerät“ für eine langfristige sukzessive Umstellung auf Elektrofahrzeuge und -geräte erfolgen kann. Neben den Personenkraftwagen liegt der Fokus der Untersuchung auch auf Sonderfahrzeugen und fossil angetriebenen Hand- und Hilfsmaschinen, die beispielsweise im Bereich des Grün- und Umweltamtes vielfach zum Einsatz kommen. Eine solche Investition erfüllt alle fünf Kriterien.

Die Erweiterung des angedachten Fahrradparkhauses durch die Möglichkeit teilelektrifizierte Fahr- und Lastenräder gegebenenfalls auch auszuleihen, eigene und vorhandene Räder zu laden und durch eine integrierte Servicestation dauerhaft betriebsfähig zu halten stehen derzeit im Fokus der Untersuchung. Diese Option zielt dabei vor allem auf Pendler ab, welche

sich täglich innerhalb des Rhein-Main-Gebiets bewegen und den Wunsch haben, vom Auto auf das Fahrrad umzusteigen. Eine solche Investition erfüllt alle fünf Kriterien und könnte in jeder der fünf verbliebenen

Maßnahmen als wichtiger Schritt definiert werden. Die ausgewählte Klimaschutzmaßnahme wird in der Umsetzungsphase des Masterplans final festgelegt und den Gremien gesondert zum Beschluss vorgelegt.

8.6 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

Seit vielen Jahren ist Mainz im Bereich Energieeinsparung und Klimaschutz aktiv. Nachdem im Jahr 1993 das erste Energiekonzept erschien, wurde 2008 die 2. Fortschreibung „**Energiekonzept Mainz 2005 – 2015 Energie und Verkehr**“ mit einem umfangreichen Maßnahmenkatalog zur Verbrauchsreduzierung für die verschiedenen Akteure im Stadtgebiet erarbeitet. Im **Klimaschutzbericht Mainz 2013** ist der Umsetzungsstand des Energiekonzeptes evaluiert worden [Stadt Mainz 2013]. Es zeigte sich, dass die 2008 vorgeschlagenen Maßnahmen zum Teil umgesetzt, zum Teil weiterentwickelt und zum Teil durch neue ersetzt wurden. Im vorliegenden „**Masterplan 100 % Klimaschutz**“ für die Landeshauptstadt Mainz knüpfen die Klimaschutzaktivitäten an das städtische

"Energiekonzept Mainz 2005 – 2015 Energie und Verkehr" an und werden in den nächsten Jahren systematisch weiterentwickelt.

Um Energieeinsatz und -verbrauch entsprechend den Anforderungen aus dem beschlossenen Energiekonzept zu überprüfen, hat das Grün- und Umweltamt der Stadt Mainz ein Berichtswesen zur regelmäßigen Erstellung einer Energie- und CO₂-Bilanzierung aufgebaut. Für das Stadtgebiet Mainz liegt daher eine **Energie- und CO₂-Bilanz** für die Bilanzjahre **1990 bis 2012** vor. Die Altdaten wurden in das neue Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer überführt, so dass diese künftig als Grundlage für das Maßnahmencontrolling genutzt werden können.

Maßnahmencontrolling

Um die Überführung des Masterplans aus der PlaUm 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. Maßnahmen nachjustiert oder neu entwickelt werden.

Der Focus des Maßnahmencontrollings liegt zunächst auf Maßnahmen, die im Einflussbereich der Stadt Mainz liegen. Ein weiterer Schritt ist dann die Abfrage des Umsetzungsstandes der Klimaschutzmaßnahmen der weiteren Akteure, 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. Teilnehmerinnen und 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 fünf Jahre mit dem Bilanzierungstool „Klimaschutzplaner“ fortgeschrieben. Zentrale Indikatoren im Rahmen der Bilanzerstellung sind die Erfassung der THG-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 eine darüber hinaus wesentliche Voraussetzung für die Darstellung von Klimaschutzindikatoren (z.B. CO₂-Emissionen je Einwohner). Hierzu steht im Rahmen des Benchmarks Kommunaler Klimaschutz⁷ 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 und für den Vergleich mit anderen Kommunen nutzbar.

⁷ www.benchmark-kommunaler-klimaschutz.de

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 MASTERPLAN-Szenarios in regelmäßigen Abständen angepasst und fortgeschrieben werden.

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 8.1).

Die Stadtverwaltung Mainz informiert jährlich in einem **Statusbericht** über den Umsetzungsstand des Maßnahmenkatalogs, insbesondere über die Maßnahmen, bei denen die Stadt Initiator ist. Dazu gehören u. a. durch rein städtische Förderprogramme oder durch Programme mit städtischer Beteiligung geför-

derte Maßnahmen, zum Beispiel die Förderprogramme „Altbausanierung Mainz Plus“ oder „Mini-KWK und gasbetriebene Wärmepumpe“ der Mainzer Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz.

Alle fünf Jahre wird ein umfassender **Klimaschutzbericht** vorgelegt, der erste Bericht jedoch spätestens nach drei Jahren. Dieser ist charakterisiert durch eine historische und prozessorientierte Perspektive. Hier wird der Status Quo bewertet und ein Ausblick gegeben. Er umfasst die quantitativen Indikatoren der Energie- und THG-Bilanz, das quantitative und qualitative Controlling der Einzelmaßnahmen und stellt die Prozesse, Akteure und Aktivitäten vor.

9 Fazit

Für die Landeshauptstadt Mainz kann nach Ablauf der Phase 1 Erstellung Masterplan 100 % Klimaschutz folgendes Fazit gezogen werden:

- Eine klimaneutrale Mainzer Stadtgesellschaft ist eine Vision (vgl. Anhang A2). Die im Rahmen des Masterplanprozesses mit breiter Experten- und Bürgerbeteiligung (vgl. Kapitel 3 und Anhang A1) entwickelten Strategien und Maßnahmen zeigen Handlungsvorschläge, aufgeteilt in fünf Felder (Energieversorgung, Gebäude, Mobilität, Wirtschaft, Klimaverträglicher Alltag), wie die Landeshauptstadt Mainz bis zum Jahr 2050 klimaneutral werden kann (vgl. Anhang A3).
- Das angestrebte und in den Kapiteln 5 und 6 ausformulierte MASTERPLAN-Szenario stellt den Entwicklungspfad dar, der sich ergibt, wenn gewisse Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 4) gegeben sind und alle erarbeiteten Strategien und Maßnahmenideen erfolgreich umgesetzt werden. Eine schrittweise Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen um 92 % sowie eine Endenergieverbrauchsreduzierung um 53% bis zum Jahr 2050 erscheint erreichbar. Die Landeshauptstadt Mainz würde somit auf ihrem Territorium die vom BMUB geforderten Ziele (95 % THG-Reduktion und 50 % Reduktion der Endenergie) knapp erreichen.
- Ein Szenario ist jedoch keine Vorhersage. Die Zahlen dürfen keinesfalls darüber hinwegtäuschen, dass zahlreiche Herausforderungen anzunehmen und diese mit großen Kraftanstrengungen zu bewältigen sind. Das MASTERPLAN-Szenario beschreibt keinen Selbstläufer und macht klar, dass, wenn Reduktionspfade eines Handlungsfeldes nicht vollständig erreicht werden, in anderen Handlungsfeldern ein Ausgleich erfolgen muss (vgl. Kapitel 7). Ein kontinuierlicher Soll-Ist-Vergleich bis 2050 muss sicherstellen, dass alle Potentiale und Möglichkeiten ausgeschöpft werden, um die angestrebte Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen.
- Mit dem Einstieg in Phase 2 des Masterplan-Projektes (vgl. Kapitel 8) ist es Aufgabe der gesamten Mainzer Stadtgesellschaft, aus der Vielfalt der gesammelten Klimaschutzideen in die Breite wirkende Maßnahmenbündel zu gestalten und diese umzusetzen.
- Der in Kapitel 8.4 beschriebene Maßnahmenkatalog der Mainzer Stadtgesellschaft ist gedanklich in zwei Pakete aufzuteilen: in ein Maßnahmenpaket, welches in der Verantwortung der Stadtverwaltung liegt und in ein Paket, das von stadtnahen Gesellschaften, der gewerblichen Wirtschaft oder anderer Mainzer Initiatoren verantwortet wird.
- Maßnahmen, die in der Verantwortung der Stadtverwaltung liegen, sind unter Federführung des im Grün- und Umweltamt angesiedelten Masterplan-Management, im Hinblick auf Kompatibilität zu anderen Stadtentwicklungszielen, Umsetzbarkeit, soziale Auswirkungen sowie Finanzierung unter Beachtung der vom Lenkungskreis vorgenommenen Priorisierung weiter auszuarbeiten und als Einzelmaßnahmen jeweils den städtischen Gremien zum Beschluss vorzulegen. Das Masterplan-Management initiiert, plant, steuert und kontrolliert die Umsetzung von Einzelmaßnahmen. In regelmäßigen Abständen berichtet das Masterplan-Management über den Prozess und das Ergebnis der Maßnahmenumsetzung.

- Maßnahmen, die außerhalb der Verantwortung der Stadtverwaltung liegen - wie die der stadtnahe Gesellschaften, der gewerblichen Wirtschaft oder anderer Mainzer Initiatoren - unterliegen ebenfalls verschiedenen Koordinierungs-, Prüfungs-, Ausarbeitungs- und Entscheidungsvorgängen, bevor sie umgesetzt werden können. Das Masterplanmanagement unterstützt auch diese Maßnahmenumsetzungen, insbesondere hinsichtlich Koordination von Akteuren, Fördermittelrecherchen und Berichterstattungen.
- Hinsichtlich beider Maßnahmenpakete wird klar, dass die vom Lenkungskreis vorgenommene Priorisierung zwar eine wertvolle Orientierung für den Einstieg in die Umsetzungsphase des Masterplan-Projektes darstellt, es sich dabei jedoch nicht um eine feste Umsetzungsreihenfolge handeln kann. Neben den oben genannten Prüfungsschritten zur Umsetzbarkeit gibt es weitere Kriterien, die dazu führen können, dass bestimmte Maßnahmen bevorzugt oder verschoben werden. Zu nennen sind u.a. die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, CO₂-Vermeidungskosten, Druck der Öffentlichkeit, Fristen bei Fördermittelvergaben, Eigenmotivation der Initiatoren oder andere Gelegenheitsfenster („windows of opportunity“).
- Handlungsschwerpunkte, welche die Stadt Mainz mit beeinflussen kann, sind:
 - Allgemein:** Die fortschreitende Effizienzsteigerung in allen (energie)verbrauchsrelevanten Handlungsfeldern.
 - Gebäude:** Umsetzung einer gesamtheitlichen Stadtplanung und einer klimafreundlichen Stadtentwicklung, Hierzu zählt auch, einen klimaneutralen Gebäudebestand anzustreben und deren Realisie-

rung durch verschiedene Maßnahmenideen zu unterstützen. Im direkten Einflussbereich der Stadt Mainz liegt die kontinuierliche Umsetzung einer klimaneutralen Stadtverwaltung.

Mobilität: Umsetzung von weiteren Optimierungen im Verkehrssektor zur Verkehrsvermeidung und zur Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr zum öffentlichen Personennahverkehr, Ausbau des Radverkehrs sowie die Verbreitung der Elektromobilität.

Wirtschaft: Die Erhöhung der Material- und Ressourceneffizienz sowie die Vernetzung und das Wissensmanagements der Mainzer Unternehmen.

Energie: Der Ausbau der erneuerbare Energieerzeugung (besonders im Bereich Photovoltaik) und die damit einhergehende Substitution der fossilen Energieträger. Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und dezentraler Wärmenetze. Verstärkte Systemintegration der erneuerbaren Energien, Einbindung der Bürgerinnen und Bürger in den Prozess der Energiewende.

Alltag: Stärkere Bewusstseinsbildung und Aktivierung der Bürgerinnen und Bürger sowie allen relevanten Akteuren zum Thema Klimaschutz, Nachhaltigkeit und Energiesparen durch zielgruppenspezifische Informations- und Beratungsangebote sowie verschiedene Aktivitäten und Initiativen zum nachhaltigen Konsum und klimafreundliche Stoffkreisläufen.

- Eine erfolgreiche Umsetzung beinhaltet jedoch nicht nur die Umsetzung von Maßnahmen, sondern auch deren Organisation. In Phase 2 ist es daher wichtig, diese Strukturen weiter auszubauen und zu stärken, den Beteiligungsprozess fortzuführen, die Öffentlichkeit zu informieren und mit einzubeziehen und erste Erfolge der umgesetzten Maßnahmen zu bilanzieren (vgl. Kapitel 8.1 bis 8.3). Hierzu gehören auch der Aufbau eines Monitoring- und Controlling-systems (vgl. Kapitel 8.6).
- Die geförderte Projektlaufzeit des „Masterplan 100 % Klimaschutz“ endet am 30.06.2020. Die Zielerreichung, die sich die Stadt Mainz selbst gesetzt hat, ist auf einem Zeitraum bis 2050 angelegt. Dies setzt die Notwendigkeit voraus, Klimaschutz als Daueraufgabe der Verwaltung zu verankern. Die Sicherung einer langfristigen Masterplan-Managements ist hierbei ein entscheidender Erfolgsfaktor. Mit der Schaffung der Lenkungsgruppe und der Bereitschaft einzelner Mitglieder, Patenschaften für verschiedene Maßnahmen oder Strategiepfade zu übernehmen, wurden die Erfolgsaussichten verbessert.
- Klimaneutralität kann nur erreicht werden, wenn möglichst viele Mitglieder der Stadtgesellschaft aktiviert werden. Wirtschaft, Bildungsinstitutionen und Bürgerschaft kommt eine Schlüsselposition bei der Umsetzung der Maßnahmen zu. Dies setzt ein Kommunikations- und Partizipationsprozess zur Steigerung von Motivation, Akzeptanz und Aktivierung aller zu einem klimafreundlichen Verhalten voraus. Durch gezielte Informationskampagnen muss ein Bewusstsein für Suffizienz und Rebound-Effekte geschaffen werden. Die Kommunikationsstrategie unter dem Slogan „MainzGefühl“ soll zu einer Identifikation der gesamten Mainzer Stadtgesellschaft mit den Zielen und der Vision des Masterplans 100 % Klimaschutz führen. Suffizienz bedeutet, durch Verhaltensänderung bei Konsum- oder Komfortansprüchen weniger Energie und Rohstoffe zu verbrauchen (bspw. Begrenzung der Wohnfläche pro Person, Wahl eines kleinen und energieeffizienten Autos). Rebound-Effekte entstehen, wenn Effizienzsteigerungen zu Verhaltensänderungen führen, die bewirken, dass die ursprünglichen Einsparungen teilweise wieder aufgehoben werden (bspw. verursacht ein energieeffizientes Auto weniger Treibstoffkosten pro Kilometer, also werden Wege häufiger mit dem Auto zurückgelegt). Die Entstehung von Rebound-Effekten ist zu vermeiden.
- Abschließend soll betont werden, dass das Masterplan-Projekt nicht nur ein „Gutachten“ ist, sondern auch ein politisch/ gesellschaftlicher Zukunftsprozess, der die Umsetzung von Maßnahmenideen und die Institutionalisierung des Mainzer Klimaschutzes fördert.

Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis	137
Abbildungsverzeichnis	139
Tabellenverzeichnis	143
Literaturverzeichnis	144

Abkürzungsverzeichnis

B	Beschäftigte
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BWS	Bruttowertschöpfung
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEV	Endenergieverbrauch
EM	Elektromobilität
Ew	Einwohner
DSM	Demand-Side-Management
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GHD	Sektor Gewerbe Handel und Dienstleistung und übrige Verbraucher
GuD-KW	Gas- und Dampfkraftwerk
GV	Güterverkehr
GWM	Gebäudewirtschaft Mainz
HH	Haushalte
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
IKT	Informations- und Kommunikationsgeräte
IST	Realer Verbrauch ohne Temperaturkorrektur
KDZ	Kommunale Datenzentrale
Kfz	Kraftfahrzeug
KMW	Kraftwerke Mainz-Wiesbaden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Lkw	Lastkraftwagen
MHKW	Müllheizkraftwerk

MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSW	Mainzer Stadtwerke
MJ	Megajoule
N ₂ O	Lachgas/Distickstoffmonoxid
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PEV	Primärenergieverbrauch
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PtG	Power to Gas
PtL	Power to Liquid
PtX	Power to X
PV	Personenverkehr
STALA RP	Landesamt Rheinland-Pfalz
SWR	Südwestrundfunk
Tber	temperaturbereinigter Verbrauch
THG	Treibhausgase
WE	Wohneinheiten
VG	Verarbeitendes Gewerbe
SLP	Standardlastprofil
STALA RP	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz
SynGas	Synthesegas
ZDF	Zweites Deutsches Fernsehen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Projektmanagementstruktur im Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz	2
Abbildung 2	Arbeitsprozess in den drei Workshop-Runden Quelle: Darstellung 4K	3
Abbildung 3	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig	5
Abbildung 4	Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Energieträgern	6
Abbildung 5	Masterplan 100 % Klimaschutz Mainz	11
Abbildung 6	Früheres Logo für die Klimaschutzaktivitäten der Stadt Mainz	14
Abbildung 7	Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Fach-Arbeitsgruppen	17
Abbildung 8	Akteurinnen und Akteure im Beteiligungsprozess	17
Abbildung 9	Arbeitsprozess in den drei Workshop-Runden	18
Abbildung 10	Bewertung einer Auswahl von 15 Maßnahmenideen der fünf Handlungsbereiche innerhalb der Online-Befragung	21
Abbildung 11	Willkommensgruß Bürgerinnen- und Bürger-Workshop Juni 2017	21
Abbildung 12	Ideensammlung: Wie schaffen wir eine Mainzer Klimaschutz-Bewegung?	21
Abbildung 13	Workshop für Schülerinnen und Schüler im Juni 2017	22
Abbildung 14	Jugendliche entwickeln ihre Ideen für Mein Mainz Morgen	22
Abbildung 15	Prämissen der beiden Szenarien	30
Abbildung 16	Altersaufbau der wohnberechtigten Bevölkerung in Mainz am 31.12.2015 (Daten: Einwohnermelderegister; gemeldete Personen mit Haupt- und Nebenwohnsitz	31
Abbildung 17	Historie und Projektionen der Einwohnerentwicklung in der Stadt Mainz	32
Abbildung 18	Entwicklung der Wohneinheiten in der Stadt Mainz	33
Abbildung 19	Entwicklung der Wohnflächen in der Stadt Mainz	33
Abbildung 20	Historie und Projektion des Bruttoinlandsprodukt (real)	35
Abbildung 21	Historie und Projektion der Zahl der Erwerbstätigen nach Sektoren	36
Abbildung 22	Index zu den sozioökonomischen Rahmenbedingungen im Überblick (2014 = 100)	37
Abbildung 23	Kraftwerk 2 der KMW	38
Abbildung 24	Kreislauf Energiepark Mainz	40

Abbildung 25	Abfallverwertung im MHKW Mainz	41
Abbildung 26	Anlagenschema des GuD-Kraftwerks in Mainz	42
Abbildung 27	PV-Standorte in Mainz	45
Abbildung 28	PV-Dachanlage auf der OPEL ARENA (ehemals Coface Arena)	46
Abbildung 29	Potenzial Photovoltaik-Freiflächen der Stadt Mainz	48
Abbildung 30	Überblick über die Windenergienutzung in Mainz	51
Abbildung 31	Standorte WEA in den LK Mainz-Bingen und Alzey-Worms	52
Abbildung 32	Standortbewertung für Erdwärmesonden	53
Abbildung 33	Eignung des Bodens für Erdwärmekollektoren im Raum Mainz	54
Abbildung 34	Wärmeleitfähigkeit [W/m*K] des Bodens (bei feuchten Verhältnissen) im Raum Mainz	54
Abbildung 35	Ausschnitt aus der „Berechtsamtskarte“	55
Abbildung 36	Beteiligungen der Mainzer Stadtwerke von 2010 bis 2015	59
Abbildung 37	Überblick Bilanzierungsmethoden	60
Abbildung 38	Stromerzeugung nach Energieträgern gemäß TREND-Szenario	62
Abbildung 39	Stromerzeugung nach Energieträgern gemäß MASTERPLAN-Szenario	62
Abbildung 40	Stromerzeugung nach Energieträgern gemäß MASTERPLAN-Szenario einschließlich MSW-Beteiligungen	63
Abbildung 41	THG-Emissionsfaktoren des deutschen Strommix (Basis: Klimaschutzplaner) und des Mainzer Strommix gemäß TREND- und MASTERPLAN-Szenario	64
Abbildung 42	Absolute THG-Emissionen des deutschen Strommix (Basis: Klimaschutzplaner) und des Mainzer Strommix gemäß TREND- und MASTERPLAN-Szenario	64
Abbildung 43	Fernwärmeerzeugung nach Erzeugungsanlagen gemäß MASTERPLAN-Szenario	66
Abbildung 44	THG-Emissionsfaktoren der Mainzer Fernwärme gemäß Trend- und MASTERPLAN-Szenario	67
Abbildung 45	Absolute THG-Emissionen der Mainzer Fernwärme gemäß Trend- und MASTERPLAN-Szenario	67
Abbildung 46	Einspeiseleistung der Photovoltaik- und Windenergieanlagen im Stadtgebiet Mainz	69
Abbildung 47	Lastgang des Haushalts- sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektor	70

Abbildung 48	Temperaturabhängiger Verlauf der Wärmepumpenlast	70
Abbildung 49	Lastgang der Elektromobilität	71
Abbildung 50	Restlastprofil durch leistungsgemessene Verbraucher	72
Abbildung 51	Verlauf der Residuallast	73
Abbildung 52	Häufigkeitsverteilung der Residuallasten	74
Abbildung 53	Häufigkeitsverteilung der Residuallast mit Speicheroptionen	75
Abbildung 54	Erzeugungsanlagen und Umspannwerke in Mainz	78
Abbildung 55	Endenergieverbrauch Sektor Industrie – Historie und TREND-Szenario	83
Abbildung 56	Endenergieverbrauch Sektor Industrie – Historie und MASTERPLAN-Szenario	86
Abbildung 57	Endenergieverbrauch Sektor GHD – Historie und TREND-Szenario	89
Abbildung 58	Endenergieverbrauch Sektor GHD – Historie und MASTERPLAN-Szenario	91
Abbildung 59	Endenergieverbrauch Sektor Haushalte und Kommune – Historie und TREND-Szenario	93
Abbildung 60	Endenergieverbrauch Sektor Haushalte und Kommune – Historie und MASTERPLAN-Szenario	96
Abbildung 61	Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und TREND-Szenario	98
Abbildung 62	Endenergieverbrauch Sektor Verkehr – Historie und MASTERPLAN-Szenario	102
Abbildung 63	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren	106
Abbildung 64	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern	106
Abbildung 65	Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Energieträgern	107
Abbildung 66	Umsetzungsidee aus Bürgerinnen und Bürger-Workshop, Juni 2017	111
Abbildung 67	Klimaschutz: Was bringt mir das?	113
Abbildung 68	Planungsschritte einer zielgerichteten Kommunikation	114
Abbildung 69	Stromsparkampagne für Mainz	114
Abbildung 70	Überblick Kommunikationswege	118
Abbildung 71	Überblick Kommunikationswege	119
Abbildung 72	Klimaschutz-Maßnahmen im Bildungsbereich	121

Abbildung 73	Deckblatt Maßnahmenkatalog 100 % Klimaschutz der Landeshauptstadt Mainz	123
Abbildung 74	Übersicht Handlungsfeld „Energie“ mit Strategien und Maßnahmenideen	124
Abbildung 75	Auszug Maßnahmenblatt A 1.1	124
Abbildung 76	Zeitraum der Einführung der Maßnahmenideen des Handlungsfeldes Energie	125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Zuordnung der sechs Sektoren zu den fünf Handlungsfelder und deren Fach-Arbeitsgruppen (AG)	7
Tabelle 2	Workshops in den Fach-Arbeitsgruppen	18
Tabelle 3	Bandbreiten für Strom – THG- Emissionsfaktoren (Bundesmix)	26
Tabelle 4	HG-Emissionsfaktoren Erdgas und Heizöl	27
Tabelle 5	Wirkungsgrade für PtX-Energieträger	27
Tabelle 6	Historie und Projektion der Bruttowertschöpfung nach Sektoren (preisbereinigt, Basis 2010)	35
Tabelle 7	Anlagenkenndaten des GuD-Kraftwerks in Mainz	43
Tabelle 8	Strategien und Maßnahmenideen im Handlungsfeld Energieversorgung	44
Tabelle 9	Strategien und Maßnahmenideen im Handlungsfeld Wirtschaft / regionale Wirtschaftskreisläufe	85
Tabelle 10	Strategien und Maßnahmenideen im Handlungsfeld Gebäude	95
Tabelle 11	Indikatoren des Verkehrs, TREND-Szenario	99
Tabelle 12	Strategien und Maßnahmenideen im Handlungsfeld Mobilität	100
Tabelle 13	Strategien und Maßnahmen im Handlungsfeld Klimaverträglicher Alltag	103
Tabelle 14	Entwicklung der Endenergieverbrauchsreduzierung in verschiedenen Zeiträumen	104
Tabelle 15	Entwicklung der absoluten und spezifischen Treibhausgasemissionen im MASTERPLAN-Szenario	108
Tabelle 16	Entwicklung der Treibhausgasreduzierung nach verschiedenen Zeiträumen	110
Tabelle 17	Kommunikationsrelevante öffentlichkeitswirksame Maßnahmen	115
Tabelle 18	Zusammenhang zwischen Motivation und Maßnahmen	117
Tabelle 19	Übersicht Strategien und Maßnahmenideen je Handlungsfeld	124
Tabelle 20	Übersicht zum Zeitraum der Einführung der Maßnahmen je Handlungsfeld	125
Tabelle 21	Gewichtung der Bewertungskriterien zur Priorisierung der Maßnahmenideen durch die Mitglieder der Lenkungsgruppe	127

10 Literaturverzeichnis

- [Agora 2017]** Agora Energiewende: Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Berlin, 2017
- [Amprion 2017]** Amprion GmbH: EEG-Anlagenstammdaten 2015. Auswahl nach Postleitzahlen der Stadt Mainz. Dortmund, 2017
- [Bänecke 2016]** Henning Bänecke: River Rider - Flussmühle zur Energiegewinnung; Prototypenbau und Weiterentwicklung des River Rider. Magdeburg, 2016
- [Beer et al. 2017]** Beer, M.; Schirmacher, J.; Bichler, M.; Hörter, A.; Utz, J.; Sommer, B.: Schlüsselakteure bewegen kommunalen Klimaschutz; Grundlagenpapier, Bericht zum Arbeitspaket 2; gefördert durch Nationale Klimaschutzinitiative - Förderkennzeichen 03KF0036. Flensburg, 2017
- [BMWi 2016]** Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Projektdarstellung: Gebäudeintegrierte Windkraftanlagen. Unter Mitarbeit von EnOB - Forschung für Energieoptimiertes Bauen. Online verfügbar unter http://www.ea-energiearchitektur.de/download/Windhaus_Posters.pdf
- [BNetzA 2017a]** Bundesnetzagentur: Anlagenregister Erneuerbare Energien; Online verfügbar unter <https://www.bundesnetzagentur.de>. Bonn, 2017
- [BNetzA 2017b]** Bundesnetzagentur: Standardlastprofile. Bonn, 2017
- [Bundesagentur für Arbeit 2016]** Bundesagentur für Arbeit: Arbeitsmarkt in Zahlen, Sozialversicherungspflichtig (SvB) und geringfügig entlohnte Beschäftigte (geB). Nürnberg, 2016
- [BVG 2016]** Bundesverband Geothermie e.V.: Projektliste Tiefe Geothermie (Stand: November 2016); Projekte in Betrieb / Projekte in Planung; Berlin, 2016
- [Difu 2011]** Deutsches Institut für Urbanistik: Klimaschutz in Kommunen; Praxisleitfaden. Unter Mitarbeit von Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu) Klima-Bündnis – Climate Alliance – Alianza del Clima e.V., Frankfurt/M. Berlin, 2011.
- [Duran Group 2016]** DURAN Group GmbH: Standorte, Geschäftsfelder, Mitarbeiter Wertheim/Main DURAN Produktions GmbH & Co. KG, Mainz, 2016
- [EGM 2016]** Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH: Müllheizkraftwerk Mainz; Entsorgungssicherheit und Umweltschutz auf höchstem Niveau. Mainz, 2016
- [EnergyMap.info 2017]** DIE INTERAKTIVE ENERGYMAP KARTE; Auswahl: Stadt Mainz; Online verfügbar unter <http://www.energymap.info/>
- [enpros 2017]** enpros consulting GmbH: enpros erhält den Auftrag für Ingenieurleistungen im Zusammenhang mit der Planung, Genehmigung, Errichtung und der Inbetriebnahme einer Wärmespeicheranlage; Meldung – Homepage. Nürnberg, 2017

- [EPM 2016]** ENERGIEPARK MAINZ: Wasserstoff-Vorzeigeprojekt läuft erfolgreich; Partner Stadtwerke Mainz, Linde, Siemens und Hochschule Rhein/ Main ziehen positive Zwischenbilanz zum Energiepark Mainz; Pressemitteilung; Mainz, 2016
- [Fraunhofer ISI et al. 2015]** Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013; Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Karlsruhe, München, Nürnberg, 2015
- [GWM 2016]** Landeshauptstadt Mainz: Gebäudewirtschaft Mainz, Daten Energiebereich; Zuarbeit im Rahmen des Projektes Masterplan 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Mainz. Mainz; 2016.
- [HeidelbergCement 2017]** HeidelbergCement AG: Umweltdaten 2016 – Das Werk Mainz. Mainz; 2017
- [IfaS 2008]** Institut für angewandtes Stoffstrommanagement: Biomassemasterplan für die Landeshauptstadt Mainz; Wirtschaftsförderung durch eine Strategie zur energetischen Nutzung von Biomasse (Projektphase I); Abschlussbericht. Birkenfeld, 2008
- [ifeu 2008]** Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Energiekonzept Mainz 2005 - 2015; Energie und Verkehr; Endbericht; Heidelberg, 2008
- [ifeu 2016a]** Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: 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“; Heidelberg, 2016
- [ifeu 2016b]** Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Leitfragen zur Entwicklung von Klimaschutz-Strategien für Masterplan-Kommunen (MPK); Heidelberg, 2016
- [ifeu 2017a]** Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Checkliste Masterplan 100% Klimaschutz; Bilanz, Potenziale, Szenarien, Strategien; Heidelberg, 2017
- [ifeu 2017b]** Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Kurzinformation Potenziale / Szenarien für MPK - Kommunen; (Emissionsfaktoren und Verkehr); Heidelberg, 2017
- [Ingenieurbüro Helmert 2016]** Ingenieurbüro Helmert: Ergebnisbericht Mobilitätsbefragung 2016; Ergebnisbericht für die Stadt Mainz Kurzfassung; im Auftrag des Stadtplanungsamtes Mainz; Aachen, 2016
- [Juwi 2016]** juwi AG: Solaranlage Coface-Arena; Online verfügbar unter <http://www.juwi.de/artikelansicht/solaranlage-coface-arena/>
- [KMW 2002]** Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG: Technische Information »Kraftwerk 3«; Mainz, 2002

- [KMW 2015]** Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG: Kraftwerke Mainz-Wiesbaden; Eine Führung von Herrn Klaus-Dieter Müller; Mainz, 2015
- [KMW 2016]** Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG: Allgemein verständliche Kurzbeschreibung im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsantrags; zur Errichtung und dem Betrieb eines Blockheizkraftwerks KW 5 Am Standort Kraftwerkallee 1, 55120 Mainz; Anlage gemäß Nr. 1.1 des Anhangs I, 4. BImSchV; Mainz, 2016
- [Krause 2016]** Heiko Krause: Umsetzung der Fluss-Strom Forschung in der Praxis; Demonstrationsvorhaben aus dem Wachstumskern; FACHFORUM FLUSS-STROM PLUS 27.09.2016 EXFA Magdeburg; Magdeburg, 2016
- [LGB-RLP 2016a]** Landesamt für Geologie und Bergbau: Kartenviewer; Online verfügbar unter <http://mapclient.lgb-rlp.de>
- [LGB-RLP 2016b]** Oberflächennahe Geothermie für Heiz- und Kühlzwecke; Online verfügbar unter <http://www.lgb-rlp.de/fachthemen-des-amtes/geothermie-in-rheinland-pfalz/oberflaechennahe-geothermie.html>
- [Mainzer Netze 2015]** Netzstrukturdaten; §§ 17 (2) 1. - 17 (2) 4., 12 (3) 3 StromNZV §§ 17 (2) 5. - 17 (2) 6. StromNZV; Online verfügbar unter <http://www.mainzer-netze.de/stromnetze/netzgebiet/strukturdaten/>
- [Mainzer Netze 2017]** Synthetische Lastprofile ab 01.01.2012; Online verfügbar unter <http://www.mainzer-netze.de/stromnetze/netzzugang/lastprofile/>, Mainz, 2017
- [Mainzer Verkehrsgesellschaft 2017]** Mainzer Verkehrsgesellschaft mbH (MVG): Daten für Stadt Mainz "Masterplan 100% Klimaschutz"; Abteilung Ressourcenmanagement; Mainz, 2017
- [MSW 2016]** Mainzer Stadtwerke AG: Beteiligungen; Zuarbeit im Rahmen des Projektes Masterplan 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Mainz; Mainz, 2016
- [MSW 2017a]** Mainzer Stadtwerke AG: Absatzzahlen Strom, Erdgas, Fernwärme 2013 bis 2015; Zuarbeit im Rahmen des Projektes Masterplan 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Mainz; Mainz, 2017
- [MSW 2017b]** Mainzer Stadtwerke AG: Beteiligungen - Einspeisung EEG 2010 bis 2016 durch die Unternehmensgruppe der Stadtwerke Mainz AG; Zuarbeit im Rahmen des Projektes Masterplan 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Mainz; Mainz, 2017
- [MSW 2017c]** Mainzer Stadtwerke AG: Datenlieferung - Erneuerbare Energien; Zuarbeit im Rahmen des Projektes Masterplan 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Mainz; Mainz, 2017
- [MSW 2017d]** Mainzer Stadtwerke AG: Erzeugungsanlagen; Zuarbeit im Rahmen des Projektes Masterplan 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Mainz; Mainz, 2017
- [Müller et al. 2015]** Ria Müller (IÖW), Jan Hildebrand (FG-UPSY), Dr. Frieder Rubik (IÖW), Diana Rode (FG-UPSY), Sigrid Söldner (FG-UPSY) und Sabine Bietz (Zeppe- lin Universität): Der Weg zum Klimabürger; Empfehlungen aus dem Forschungsprojekt Klima-Citoyen; Kommunale Unterstützungs-

- möglichkeiten, Strategien und Methoden; Berlin.
In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderkennzeichen: 01UN1210A-C. Berlin, 2012
- [Nanz/ Fritsche 2012]** Patrizia Nanz, Miriam Fritsche: Handbuch Bürgerbeteiligung; Verfahren und Akteure, Chancen und Grenzen; Bonn 2012.
In: Bundeszentrale für politische Bildung.
- Öko-Institut 2016** Öko-Institut e.V. Institut für angewandte Ökologie : 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“. Unter Mitarbeit von Dr. Matthias Koch Hauke Hermann Franziska Flachsbarth. Freiburg, 2016
- [Öko-Institut & Fraunhofer ISI 2015]** Öko-Institut e.V. Institut für angewandte Ökologie : Klimaschutzszenario 2050; 2. Endbericht; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für; Berlin, 2015
- [Planungsgemeinschaft RN 2012]** Planungsgemeinschaft Rheinhessen-Nahe, Körperschaft des öffentlichen Rechts: Regionalplan Rheinhessen-Nahe; Teilplan Windenergienutzung; Mainz, 2012
- [Planungsgemeinschaft RN 2014]** Planungsgemeinschaft Rheinhessen-Nahe, Körperschaft des öffentlichen Rechts: Regionaler Raumordnungsplan Rheinhessen-Nahe; Gesamtfortschreibung ROP 2014 (genehmigt am 21. Oktober 2015) und Teilfortschreibung (genehmigt am 4. Mai 2016); Mainz, 2014
- [Römheld & Moelle 2017]** Römheld & Moelle Eisengießerei GmbH: Unsere Zertifikate; Online verfügbar unter <http://www.roemheld-moelle.de/zertifikate/> Mainz, 2017
- rwi 2016** Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e. V.: Erstellung der Anwendungsbilanzen 2014 bis 2015 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland; Endbericht Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Unter Mitarbeit von Prof. Dr. Christoph M. Schmidt. Essen, 2016
- [SCHOTT AG 2016]** SCHOTT AG: Geschäftsbericht 2015/16; SCHOTT KONZERN KENNZAHLEN VOM 1. OKTOBER 2015 BIS 30.SEPTEMBER 2016; Mainz, 2016
- [SCHOTT AG 2017]** SCHOTT AG: Reduzierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs; Online verfügbar unter <http://www.schott.com/german/company/environment/reduction/index.html>
- [SGD Nord/Süd 2015]** Meldungen der Oberen Landesplanungsbehörden: Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz; 3. Quartal 2015; Stand: 30.09.2015
- [Stadt Mainz 2012]** Landeshauptstadt Mainz: Begründung - Flächennutzungsplanänderung Nr. 34; Teilfortschreibung des wirksamen Flächennutzungsplanes für den Bereich Windenergie; Mainz, 2012

[Stadt Mainz 2013]	Landeshauptstadt Mainz: Klimaschutzbericht Mainz 2013; Mainz, 2013
[Stadt Mainz 2014]	Landeshauptstadt Mainz, Grün- und Umweltamt: Energie- und CO2-Bilanz der Landeshauptstadt Mainz; Bericht 2014; Mainz, 2014
[Stadt Mainz 2016a]	Landeshauptstadt Mainz, Amt für Stadtentwicklung, Statistik und Wahlen: Anmerkungen Amt 12 zu Bevölkerungsentwicklung; E-Mail vom 23-11-2016; Zuarbeit im Rahmen des Projektes Masterplan 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Mainz; Mainz, 2016
[Stadt Mainz 2016b]	Landeshauptstadt Mainz: Statistische Informationen zur Stadtentwicklung 2015; Kapitel 1 bis 11; Mainz, 2016
[Stala RP 2011]	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Ergebnisse des Zensus 2011; Bevölkerung und Haushalte am 9. Mai 2011, Mainz, Stadt; Bevölkerung nach Alter und weiteren demografischen Strukturmerkmalen sowie Religion; Mainz, 2011
[Stala RP 2014]	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Rheinland-Pfalz 2060; Vierte regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung (Basisjahr 2013); Ergebnisse für die kreisfreie Stadt Mainz; Mainz, 2014
[Stala RP 2015]	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Statistisches Jahrbuch Rheinland-Pfalz 2015; Kapitel 19 - Energie; Mainz, 2015.
[Stala RP 2017a]	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Mein Kreis (Template) Willkommen in Rheinland-Pfalz; Wirtschaft - Zeitreihen; Bruttowertschöpfung zu Herstellungspreisen 2000 bis 2014; Mainz, 2017
[Stala RP 2017b]	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Mein Kreis (Template) Willkommen in Rheinland-Pfalz; Wirtschaft -Zeitreihen; Bruttoinlandsprodukt 2000 bis 2014; Mainz, 2017
[Stala RP 2017c]	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz: Mein Kreis (Template) Willkommen in Rheinland-Pfalz; Wohnen - Zeitreihen; Wohngebäude- und Wohnungsbestand 1987 bis 2015 nach Gebäudeart; Mainz, 2017
[Thermago 2015a]	Thermago GmbH: Wärmemasterplan Mainz; Kurzfassung; Mainz, 2015
[Thermago 2015b]	Thermago GmbH: Wärmemasterplan Mainz; Langfassung; Mainz, 2015
[TSB 2011]	Transferstelle Bingen: 30% Regenerativstrom Mainz 2030; Machbarkeitsstudie für die Stadt Mainz unter Berücksichtigung des Versorgungsgebietes der Stadtwerke Mainz AG; Bingen, 2011
[TU Dresden 2010]	Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften: Sonderauswertung zur Verkehrserhebung ‚Mobilität in Städten – SrV 2008‘; Städtevergleich; Dresden, 2010
[ÜWG 2016]	Überlandwerk Groß-Gerau GmbH: Überlandwerk Groß-Gerau GmbH; Bürgerinformationsveranstaltung am 26.09.2016; Groß-Gerau, 2016
[VDZ 2017]	Verein Deutscher Zementwerke: Energieeffizienz von Zementwerken; Online verfügbar unter https://www.vdz-online.de/zementindustrie/energieverbrauch-zementindustrie/energieeffizienz

-
- [vgrdl 2017]** Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder; Reihe 1, Länderergebnisse Band 1 Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2016; Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet) - Rheinland-Pfalz, 2017
- [WEPA 2017]** WEPA Hygieneprodukte GmbH: Nachhaltigkeit – Umweltschutz und wirtschaftlicher Erfolg im Einklang; Online verfügbar unter <http://www.wepa.de/verantwortung/nachhaltigkeit.html> Arnsberg-Müschede, 2017
- [Werner & Mertz 2016]** Werner & Mertz GmbH: Nachhaltigkeitsbericht mit integrierten Umwelt-erklärungen; Mainz, 2016
- [Westnetz 2015]** Westnetz GmbH: Lastprofile für Elektrowärmepumpen; Online verfügbar unter <http://www.westnetz.de/web/cms/de>, Dortmund, 2015
- Wuppertal Institut 2015** Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH: RESTORE 2050; Europäischer Lastgang 2050; Projektbericht zum Arbeitspaket 4. Unter Mitarbeit von Dipl.-Phys. Frank Merten. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Wuppertal, 2015
- [ZPVP 2017]** Fluss-Strom-Wasserkraft-Nutzung; Innovative Systeme zur regenerativen Energiegewinnung aus Wasserkraft; Online verfügbar unter <http://flussstrom.exfa.de/>