

KLIMA.

KLIMASCHUTZ KAISERSLAUTERN 2050

Skyline Grafik mit Genehmigung plot4u.de



Masterplan 100 % Klimaschutz:
Energiewende Kaiserslautern –
Gemeinsam zum Ziel. Vernetzung von
Technologie, Raum und Akteuren
2017-2050

Impressum

Herausgeber

Stadtverwaltung Kaiserslautern
Referat Umweltschutz
Lauterstraße 2
67657 Kaiserslautern
Telefon: 0631 / 365 - 1150
Telefax: 0631 / 365 - 1159
Email: umweltschutz@kaiserslautern.de
Internet: www.kaiserslautern.de
www.klima-kl.de

Projektleitung und -bearbeitung: Dipl. Geogr. Bettina
Dech-Pschorn, Dipl. Geogr. Hannah-Sophie Stabel

Erarbeitet von



Technische Universität Kaiserslautern
Gottlieb-Daimler-Straße, Gebäude 47
67663 Kaiserslautern



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Heidenhofstraße 2
79110 Freiburg

Stand: 20.09.2017

Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock, Prof. Dr. Annette Spellerberg, Dipl. Phys. Gerhard Stryi-Hipp, Dennis Aldenhoff M.Sc., Dipl.-Ing. Jan-Bleicke Eggers, Dipl.-Ing. Tillman Gauer, Dipl.-Ing. Philipp Maximilian Müller, Ann-Christin Sreball M.Sc., Nils-Magnus Wasser M.Sc., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Lena Wohninsland
Unter Mitarbeit von David Asel, Julia Becker, Felix Kerner, Alexandra Piechatzek

Danksagung

Großer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stadtverwaltung Kaiserslautern, sowie den Unternehmen des Stadtkonzerns, die durch ihren Beitrag und ihr andauerndes Engagement die Erstellung des Masterplans maßgeblich unterstützt haben. Besonders danken wir auch den VertreterInnen des Masterplanbeirats und den zahlreichen Akteuren in den Akteursdialogen und Workshops.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

„Nationale Klimaschutzinitiative

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesumweltministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der THG-Emissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.“

Förderung

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Vorwort

Grußwort des Beigeordneten und Umweltdezernenten Peter Kiefer zum Masterplan 100 % Klimaschutz

Für die Stadt Kaiserslautern ist die Energiewende mit der Transformation der Energieversorgung in eine klimaverträgliche, karbonfreie Versorgung mit Strom, Wärme und Kälte und deren systemischer Nutzung ein zwingend notwendiger Prozess um den Klimawandel zu begrenzen und die regionale Wertschöpfung zu steigern. Eingebettet in einen gesamtstädtischen Prozess zur nachhaltigen Entwicklung unserer Stadt stellt der Masterplan 100 % Klimaschutz das wesentliche Element zur Steuerung und Umsetzung von Maßnahmen zur Zielerreichung dar.



Als eine von 22 bundesweiten Masterplankommunen 2016 liegt uns erstmals ein umfassender Handlungsleitfaden zur Zielerreichung vor. Die lokalen, nationalen und internationalen Klimaschutzziele erreichen wir nur gemeinsam – Bürgerinnen und Bürger, Hauseigentümer, Handel, Dienstleister, Gewerbe, Industrie, Energieversorger und Stadtverwaltung – denn Klimaschutz ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe.

Wesentlicher Bestandteil des Masterplanes ist der Maßnahmenatlas, in dem aktors- und handlungsfeldbezogenen Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Energieeffizienz aufgezeigt werden, um die künftigen Energiebedarfe möglichst klimaverträglich mit Erneuerbaren Energien decken zu können. Dabei war es uns ein besonderes Anliegen die vielen schon laufenden Aktivitäten – die Kirchen, die Unternehmen, das Handwerk seien beispielsweise genannt – zu erfahren, zu bündeln und gemeinsam Lösungen für unsere Stadt zu finden.

Die Stadtverwaltung nimmt dabei verschiedene Funktionen wahr. Sie ist Berater und meist erste Anlaufstelle, als Kommune übt sie die Planungshoheit im Gemeindegebiet aus und ist für die öffentliche Infrastruktur zuständig, als Eigentümer von Liegenschaften und Gebäuden ist sie Hausbesitzer und -verwalter und als Arbeitgeber auch Vorbild für andere Unternehmen.

Der Masterplan 100 % Klimaschutz ist ein Rahmenplan für das Zieljahr 2050. Der sehr lange Zeitraum von heute bis zum Jahr 2050 ist selbstverständlich hinsichtlich seiner konkreten Planbarkeit mit einigen Unsicherheiten behaftet. Der Masterplan wird dem entsprechend Rechnung tragen. Die Maßnahmen sollen in unterschiedlichen Szenarien funktionieren und sich wirtschaftlich rechnen.

Zum Wohle unserer Bürgerschaft und für die Zukunftsfähigkeit unserer Stadt sehe ich dies als einen wichtigen Beitrag im Rahmen unserer Daseinsfürsorge. Ich freue mich auf die gemeinsame Umsetzung der zahlreichen Maßnahmen und Anregungen mit vielen engagierten Beteiligten.

Peter Kiefer
Beigeordneter

Inhalt

Impressum	III
Vorwort	IV
Inhalt	V
Abkürzungsverzeichnis	IX
Zusammenfassung	XII
1 Einleitung	1
1.1 Schritte zum Masterplan 100 % Klimaschutz	1
1.2 Bestehende Strukturen zur nachhaltigen Entwicklung in Kaiserslautern	2
1.3 Aufbau, Methodik und Inhalte des Masterplans 100% Klimaschutz	4
2 Ausgangs- und Rahmenbedingungen	8
2.1 Standortanalyse	8
2.2 Bevölkerungsentwicklung der Gesamtstadt und der Stadtteile	10
2.3 Status quo: Klimaschutzkonzepte, Projekte und Aktionen	15
2.4 Vision 2050: Die Stadt Kaiserslautern im Jahr 2050	16
2.5 Politische und gesetzliche Rahmenbedingungen	18
2.6 Untersuchungsgebiet und Bilanzgrenzen	18
2.6.1 Untersuchungsgebiet	18
2.6.2 Klimatische Rahmenbedingungen	19
3 Energetische Ausgangslage der Stadt Kaiserslautern	21
3.1 Endenergiebedarfe private Haushalte	21
3.1.1 Endenergiebedarf - Elektrische Energie	21
3.1.2 Endenergiebedarf - Thermische Energie	22
3.1.3 Vergleich Endenergiebedarfe und THG-Emissionen	24
3.2 Energiebedarf Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie	24
3.2.1 Berechnungsgrundlagen und Vorgehensweise	24
3.2.2 Endenergiebedarfe	25
3.2.3 Einfluss der Beschäftigtenverteilung	26
3.2.4 US Streitkräfte	26
3.3 Verifikation	26
3.4 Endenergiebedarfe Mobilität	27
3.5 Energieversorgung	29
3.5.1 Versorgungsinfrastruktur an Strom-, Gas- und Wärmenetzen	29
3.5.2 Erzeugungsanlagen Strom und Wärme	31
3.5.3 Treibstoffe	33
3.6 Zusammenfassung sowie Endenergie- und THG-Bilanzierung 1990 und 2015	33
4 Zukünftige Endenergiebedarfe	36
4.1 Endenergiebedarf private Haushalte	36
4.1.1 Endenergiebedarf - Elektrische Energie	36

4.1.2	Endenergiebedarf - Thermische Energie	39
4.2	Endenergiebedarf Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie	41
4.2.1	Berechnungsgrundlagen und Vorgehensweise	41
4.2.2	Gesamter Endenergiebedarf	42
4.3	Endenergiebedarfe Mobilität	42
4.4	Überführen der Jahreswerte in stündliche Zeitreihen	43
4.4.1	Private Haushalte	43
4.4.2	Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie	44
4.4.3	Mobilität	45
4.5	Zusammenfassung	45
5	Erneuerbare Energien- und Abwärmepotenziale	46
5.1	Solarenergienutzung	46
5.2	Windenergienutzung	52
5.3	Wasserkraft	53
5.4	Bioenergienutzung	54
5.5	Nutzung von Umweltwärme einschließlich Geothermie	56
5.6	Tiefengeothermie	57
5.7	Oberflächennahe Geothermie	57
5.8	Abwärmennutzung	59
5.8.1	Abwärmepotenzial statistisch	60
5.8.2	Potenzialerhebung	60
5.9	Zusammenfassung EE-Potenziale	60
6	Zukünftige Energieversorgung	62
6.1	Methodik	62
6.2	Szenarien	64
6.3	Rechenergebnisse	68
6.3.1	Installierte Leistungen und Speicherkapazitäten	68
6.3.2	Elektrische und thermische Energiemengen	70
6.3.3	Gesamtkosten und Emissionen	70
6.3.4	Zeitlich aufgelöste Ergebnisse für die Energieversorgung	72
6.4	Zusammenfassung und Empfehlung für das Zielenergiesystem der Stadt Kaiserslautern	76
6.5	Beschlussvorlage Stadtrat zum Zielenergiesystem der Stadt Kaiserslautern	77
6.6	Einflussmöglichkeiten der Masterplankommune	77
7	Handlungsfelder – Sektorale Ziele, Maßnahmen und Projektideen	79
7.1	Methodik	79
7.1.1	Entwicklung Maßnahmenatlas	80
7.1.2	Mustersteckbrief	81
7.2	Sektorale Teilziele	83
7.3	Handlungsfeld I – Energieversorgung	85
7.3.1	Ersatz Heizkraftwerksblöcke Karcherstraße	86
7.3.2	Optimierung Wärmenetze	86

7.3.3	Ausbau Wärmespeichersysteme	86
7.3.4	Nutzung Tiefengeothermie	86
7.3.5	Repowering bestehender Windenergieanlagen	86
7.3.6	Errichtung von Kleinwindkraftanlagen im Stadtgebiet	87
7.3.7	Wiedererrichtung bzw. Neubau von Kleinwasserkraftanlagen	87
7.3.8	Ausbau PV-Freiflächenanlagen und PV-Anlagen auf Infrastrukturbauten	87
7.3.9	Ausbau Stromspeichersysteme	87
7.3.10	Ausbau des Solarkatasters	88
7.3.11	Bürgerbeteiligung: "Sonnenscheine für KL" und Bürgerenergiegenossenschaft	88
7.3.12	Abwärmenutzung aus Abwasser	88
7.3.13	Errichtung von Klein-BHKW in MFH und Einsatz mobiles BHKW	89
7.4	Handlungsfeld II – Gebäude, Quartiere & Technik	89
7.4.1	Akteursgruppe: Private Haushalte	89
7.4.2	Akteursgruppe: Industrie	92
7.4.3	Akteursgruppe: Gewerbe, Handel, Dienstleistung	95
7.4.4	Akteursgruppe: Stadtverwaltung	97
7.5	Handlungsfeld III - Mobilität	100
7.6	Zusammenfassung Handlungsfelder I-III	102
7.7	Handlungsfeld IV - Klimaneutraler Alltag	105
7.7.1	Klimaneutralen Alltag gestalten	105
7.7.2	Klimaneutrale Arbeitsweisen in Verwaltung und Unternehmen	107
7.7.3	Empfehlung	108
7.8	Leuchtturmprojekte	109
7.8.1	WIPOTEC	109
7.8.2	Westpfalz-Klinikum	110
7.8.3	Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern (ZAK)	111
7.9	Ausgewählte investive Maßnahme	112
7.9.1	Ladeinfrastruktur	112
7.9.2	Ausbau der bestehenden Ladeinfrastruktur	113
7.9.3	Gestaltung der Ladestandorte	114
7.9.4	Kosten und Finanzierung der Ladeinfrastruktur	115
7.9.5	Aufbau eines elektrischen Fuhrparks bei der Stadtverwaltung Kaiserslautern	115
7.9.6	Investitionsszenario für die ausgewählte investive Maßnahme	116
7.9.7	THG-Bilanz	116
7.9.8	Empfehlung	117
7.10	Standard KL - Modernisierungsstandard Kaiserslautern	117
7.10.1	Der Standard KL	118
7.10.2	Standard KL – Markenbildung	119
7.10.3	Standard KL – Qualitätsmanagement	119
7.10.4	Standard KL – Zusammenarbeit der Akteure	121
7.10.5	Standard KL – Beispielhafte Anwendung auf MFH aus den 1970er Jahren	122

7.10.6	Standard KL - Finanzierung und Förderung	123
8	Umsetzung und Wertschöpfungspotenziale	124
8.1	Umsetzungsfahrplan und Meilensteine in den nächsten fünf Jahren	124
8.2	Verstetigung Masterplanprozess	128
8.2.1	Umsetzungsgremium (UG)	130
8.2.2	Berichtswesen	131
8.2.3	Ausstattung und Anpassungen des Masterplanprozesses	135
8.3	Finanzierungsinstrumente und Beteiligungsmodelle	135
8.3.1	Finanzierung im Rahmen von Förderprogrammen:	135
8.3.2	Neue Finanzierungs- und Beteiligungsinstrumente	137
8.3.3	Sonstige Abgaben	139
8.4	Regionale Wertschöpfung	139
8.4.1	Ziel und Umsetzung	140
8.4.2	Regionale Wertschöpfung durch EE	140
8.4.3	Regionale Wertschöpfung durch Klimaschutzmaßnahmen	141
8.4.4	Regionale Stoffkreisläufe	142
8.4.5	Ergebnis	142
8.5	Kooperation mit der Region – ZukunftsRegion Westpfalz	143
9	Partizipation und Akzeptanz für den Klimaschutz	145
9.1	Zielgruppenspezifische Akteursbeteiligung	145
9.2	Mitwirkung in der Umsetzungsphase	146
10	Zusammenfassung und Ausblick	149
11	Abbildungsverzeichnis	151
12	Tabellenverzeichnis	153
13	Literaturverzeichnis	155
14	Anhang	160
14.2	Zu Kap. 2	160
14.3	Zu Kap. 3	161
14.4	Zu Kap. 4	162
14.6	Zu Kap. 6	162
14.7	Zu Kap. 7	165
14.9	Zu Kap. 9	173

Abkürzungsverzeichnis

AEE	Agentur für Erneuerbare Energien
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Brutto-Inlandsprodukt
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
dena	Deutsche Energieagentur
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
EBZ	Energie-Beratungs-Zentrum
EE	Erneuerbare Energie
EEEF	Energieeffizienzfonds
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFRE	Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz
EFH	Einfamilienhaus
EIB	Europäische Investitionsbank
ELENA	European Local ENergy Assistance
EnEv	Energie-Einsparverordnung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	EinwohnerIn
GEG	Gebäude-Energie-Gesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GHD&I	Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie
GIS	Geographisches Informationssystem
GQT	Gebäude, Quartiere und Technik
HH	Haushalt

Abkürzungsverzeichnis

HWK	Handwerkskammer
HKW	Heizkraftwerk
IHK	Industrie- und Handelskammer
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ISB	Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz
ISE	Institut für Solare Energiesysteme
ISO	International Organization for Standardization
IÖW	Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung
ISOE	Institut für sozial-ökologische Forschung
IT	Informationstechnologie
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KL	Kaiserslautern
KM	Kältemaschine
KMU	Kleine und mittelgroße Unternehmen
KomMod	Kommunales Energiesystemmodell
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LKrWG	Landeskreislaufwirtschaftsgesetz
MAP	Marktanreizprogramm des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
MFH	Mehrfamilienhaus
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MPB	Masterplanbeirat
MPH	Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplanerstellung (Ifeu)
MPK	Masterplankommune
MPM	MasterplanmanagerIn
MZR	Motorisierte Zweiräder
NRW	Nordrhein-Westfalen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PIW	Prüfung, Inspektion, Wartung
PKW	Personenkraftwagen
PP	Prozentpunkt
PTJ	Projekträger Jülich

PV	Photovoltaik
QM	Qualitätsmanagement
RLP	Rheinland-Pfalz
SB	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigter
SIJ	Solar Institut Jülich
SP	Stellplatz
ST	Solarthermie
SWK	Stadtwerke Kaiserslautern
THG	Treibhausgas
TGH	Thermische Gebäudehülle
UA	Umweltausschuss
UBA	Umweltbundesamt
UG	Umsetzungsgremium
UMBW	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Vbh	Volllastbetriebsstunden
VZAP	Vollzeitarbeitsplätze
WE	Wohneinheit
WEA	Windenergieanlage
WVE	Wasserversorgungsunternehmen Kaiserslautern
WFK	Wirtschaftsförderungsgesellschaft Stadt und Landkreis Kaiserslautern mbH
WFS	Wirtschaftsförderungsstrategie
WP	Wärmepumpe
WSchVO	Wärmeschutzverordnung
ZAK	Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern
ZRW	ZukunftsRegion Westpfalz

Zusammenfassung

Zielsetzung Masterplan Kapitel 1				
Ziel	Leitbild Null-Emissions-Stadt Kaiserslautern: Reduzierung THG-Emissionen um 95 % und Halbierung Endenergieverbrauch bis 2050 (Basisjahr: 1990)			
Masterplan 100% Klimaschutz	Wesentliches Element zur Steuerung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen inkl. handlungsfeldbezogener Teilbereiche und -ziele. Der Masterplan beschreibt einen möglichen Weg, das angestrebte Ziel der Null-Emissions-Stadt effektiv zu erreichen.			
Maßnahmenatlas	Akteursbezogener Katalog mit Klimaschutzmaßnahmen für zielgerichtete, schrittweise Umsetzung inkl. Teilzielen und Meilensteinen			
Erwartete Bevölkerungsentwicklung der Stadt Kaiserslautern Abschnitt 2.2				
Bevölkerung und Entwicklung	2015:	101.432 EW	Die US Streitkräfte bleiben in der Einwohnerstatistik unberücksichtigt.	
	2030:	97.446 EW		
	2050:	89.940 EW		
Ziel-Szenario	Variante: Trend (Grundlage: Statistisches Landesamt RLP 2017)			
Energetische Ausgangslage der Stadt Kaiserslautern Kapitel 3				
	Endenergieverbrauch [GWh/a]		THG-Emissionen [t-THG/a]	
Basisjahr (1990)	3.395		1.530.000	
Bilanzjahr (2015), gesamt	3.182,13	(100 %)	1.114.757	(100 %)
davon:				
• Private Haushalte	1.120,78	(35,2 %)	345.021	(31,1 %)
• Industrie	951,52	(29,9 %)	383.129	(34,5 %)
• GHD	526,95	(16,5 %)	196.467	(17,7 %)
• Stadtverwaltung	46,28	(1,5 %)	16.765	(1,5 %)
• Verkehr	536,60	(16,9 %)	173.375	(15,6 %)
Basis: Bundes-Mix, Methode Klimaschutz-Planer				
Der Energiebedarf der US Streitkräfte ist im Sektor GHD in den Energiebilanzen berücksichtigt. Eine separate Ausweisung ist aufgrund der Datenlage nicht möglich.				
Zukünftige Endenergiebedarfe und Emissionen im Jahr 2050 (Basis: Zielenergiesystem) Kapitel 4				
	Endenergieverbrauch [GWh/a]		THG-Emissionen [t-THG/a]	
Zieljahr (2050), gesamt	1.483	(100 %)	29.516	(100 %)
davon:				
• Private Haushalte	452	(30,5 %)	9.040	(30,6 %)
• Industrie	594	(40,1 %)	11.828	(40,0 %)
• GHD	291	(19,6 %)	5.713	(19,4 %)
• Stadtverwaltung	18	(1,2 %)	383	(1,3%)
• Verkehr	128	(8,6 %)	2.551	(8,6 %)

Potenziale an Erneuerbaren Energien und Abwärme

Kapitel 5

Solarenergie	Solarflächenpotenzial auf Dächern rd. 400 ha, auf Freiflächen rd. 78 ha Photovoltaik (PV)-Potenzial auf Dach- und Freiflächen: 1.195 MW (bei ausschließlicher Nutzung der Flächen für PV) Solarthermie-Potenzial: 2.330 MW (bei Nutzung der Dachflächen nur für Solarthermie)
Windenergie	9 MW (Standort ZAK)
Wasserkraft	Mühlenstandort „Reichholdsmühle“ und Auslauf der Kläranlage an der Lauter im Bereich der Kernstadt, zusammen 22 kW (196 MWh/a)
Bioenergie	Größtes Potenzial im Bereich biogener Abfall, zusätzl. aus Forstwirtschaft
Tiefengeothermie	Potenzial zur Wärmenutzung vorhanden; muss weiter untersucht werden
Oberflächennahe Geothermie	Geeignete Fläche zur Installation von Erdwärmesonden: 9.402 ha; Potenzial: 4,1 MW an installierbarer thermischer Leistung
Abwärme	Potenzial der Abwärmennutzung von Unternehmensprozessen: 245 GWh/a.

Zukünftige Energieversorgung 2050

Kapitel 6

Methodik	Für die Ermittlung der optimierten zukünftigen Energieversorgung wird das am Fraunhofer ISE entwickelte Strukturoptimierungsmodell KomMod genutzt. Dieses berücksichtigt die Bedarfe an Strom, Wärme (Heiz- und Prozesswärme), Kälte und Mobilität und deren Kopplungen (z.B. durch KWK oder Wärmepumpen) und berechnet die kostenoptimale Deckung der Bedarfe zu jeder Stunde im Jahr.
Ziel	Kostengünstige Deckung des künftigen Energiebedarfs mit einem möglichst hohen Anteil an lokal erzeugten Erneuerbaren Energien (EE) unter Erfüllung der THG-Emissionsziele
Zielszenario Kaiserslautern	„Beschlussvorlage“ Stadtrat 23.06.2017 (Variante 4): Aus Hoheitsgründen auf die Nutzung stadtinterner EE-Potenziale beschränktes Szenario, bei dem ergänzende Empfehlungen für die vertraglich verankerte Nutzung landesweiter Potenziale an Wind- und Bioenergie ausgesprochen werden.
Wichtige Ergebnisse Zielszenario	<ul style="list-style-type: none"> • Stromversorgung <p>Bei der Stromversorgung spielt die PV aufgrund des großen stadtinternen Potenzials eine wichtige Rolle (Deckungsanteil Strombedarf: 29,9 %).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Windenergienutzung <p>Innerhalb der Stadtgrenzen gibt es nur ein sehr geringes Potenzial (Deckungsanteil Strombedarf: 2 %). Als Ergänzung zur PV kommt Windenergienutzung jedoch große Bedeutung zu. Empfehlenswert wäre daher eine Beteiligung an Windparks außerhalb des Stadtgebiets (Deckungsanteil Strombedarf: 52,2 %).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biogene Energieträger wie Bioabfall oder Biogas <p>Biomasse ist aufgrund ihrer Speicherbarkeit eine wichtige Ergänzung zur Solar- und Windenergienutzung und sollte aus Effizienzgründen in KWK genutzt werden. Aufgrund der begrenzten lokalen Potenziale sollte der Import von Biomasse aus anderen Regionen von RLP berücksichtigt werden (Energiekooperationen mit der Region) (Deckungsanteil Strombedarf: 4 % bei stadtinternem Potenzial bzw. 9 % bei landesweiten Potenzialanteilen; Deckungsanteil Wärmebedarf: 7 % bei stadtinterner Potenzialnutzung bzw. 11,9 % bei landesweiten Potenzialanteilen).</p>

- Wärmeversorgung

Solarthermie deckt 10,8 % des Wärmebedarfs. Aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials wird der größte Teil des Wärmebedarfs strombasiert mit Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen gedeckt, die Strom aus EE nutzen. Deren Anteil am Wärmebedarf beträgt 73,5 %.

Handlungsfelder – Sektorale Ziele, Maßnahmen und Projektideen

Kapitel 7

Akteursgruppen

- Energiewirtschaft
- Stadtverwaltung
- Industrie
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD)
- Private Haushalte (Eigentümerschaft privater Haushalte, Mieterschaft privater Haushalte, organisierte Wohnungswirtschaft)

Handlungsfelder

- Handlungsfeld I – Energieversorgung (akteursbezogen)
- Handlungsfeld II – Gebäude, Quartiere und Technik (akteursbezogen)
- Handlungsfeld III – Mobilität (akteursbezogen)
- Handlungsfeld IV – Klimaneutraler Alltag (akteursübergreifend)

Klimaschutzmaßnahmen

- Anzahl gesamt 143 Stk.
- A-Maßnahmen 37 Stk. (37 Maßnahmensteckbriefe)
- B-Maßnahmen 60 Stk. (davon 12 Maßnahmensteckbriefe)
- C-Maßnahmen 46 Stk. (davon 7 Maßnahmensteckbriefe)

Zielkorridore

Gesamtzielepfad für die Reduktion des Endenergiebedarfs

Endenergiebedarf	1990	2015	2020	2025	2030	2040	2050
von (linear)	100%	94%	88%	81%	75%	63%	50%
bis (degressiv)	100%	94%	83%	73%	65%	55%	50%

Gesamtzielepfad für die Reduktion der THG-Emissionen

THG-Emissionen	1990	2015	2020	2025	2030	2040	2050
von (linear)	100%	73%	63%	53%	44%	24%	5%
bis (degressiv)	100%	73%	55%	40%	29%	14%	5%

Akteursbezogene sektorale Teilziele

Zielpfad zur Reduktion des Endenergiebedarfs

Endenergiebedarf	2015	2020	2025	2030	2040	2050
PHH	-7%	-14%	-21%	-28%	-42%	-52%
Industrie	-7%	-13%	-18%	-23%	-31%	-33%
GHD	-7%	-14%	-20%	-25%	-35%	-41%
Stadtverwaltung	-7%	-18%	-29%	-36%	-46%	-51%
Mobilität	-	-	-	-10%	-38%	-76%

Zielpfad THG-Einsparungen						
THG-Einsparungen	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Energieversorgung	-	-3%	-6%	-9%	-16%	-22%
PHH	-31	-38%	-45%	-53%	-64%	-73%
Industrie	-31	-37%	-44%	-50%	-58%	-59%
GHD	-31	-37%	-42%	-46%	-54%	-58%
Stadtverwaltung	-31	-44%	-57%	-65%	-76%	-82%
Mobilität	-	-	-14%	-20%	-70%	-98%

Klimaneutraler Alltag (Handlungsfeld I)	Ziele in diesem Bereich können nur unter lokaler Mitarbeit von Bevölkerung, Unternehmen und Verwaltung erreicht werden und machen die Integration klimaneutraler Lebens- und Arbeitsweisen in den Masterplan erforderlich. Fokus: Wohnen, Mobilität, Green IT, Arbeit, Ernährungs- und Konsumverhalten.
Wichtigste Maßnahmen	Ausbau EE (PV und Solarthermie auf Dach- und Freiflächen), Konzeption Wärmeversorgung und Speicherung, Umsetzung Energieeffizienzmaßnahmen, Neue Geschäftsmodelle, Anpassung Versorgungsinfrastruktur, Stärkung regionale Wertschöpfung, Anreize im Bereich Klimaneutraler Alltag, 100 % Ökostrom Kaiserslautern geht voran, Mobilitätskonzept, Initiierung Klimaneutrale Quartierskonzepte Information – Anreize – Aktivierung – Beratung – Partizipation
Maßnahmen aus SV-Sicht Punkt 7.4.4, Abschnitt 8.1	Modernisierung TGH/Heizungssystem & Optimierung Wärmeverbrauch, Modernisierung Beleuchtungstechnik, Solarthermie, Ausbau PV-Anlagen, Sektorenkopplung am Beispiel Pfaffgelände, Erstellung Energiekataster (Abwärmeatlas), Modernisierung Straßenbeleuchtung, Netzwerk Unternehmen Einsiedlerhof (LEEN), Vernetzung der Energiebeauftragten, Suffizienznetzwerk, Fact Sheets, Optimierung Bauberatung Stadt, Klimaportal/überarbeitete Handwerkerdatenbank, Verstetigung Masterplan & MPM, KLimasparbuch und weitere
Maßnahmen aus SV-Sicht: Investive Maßnahme Abschnitt 7.9	Investition in E-Mobilität, Ladeinfrastruktur und PV-Anlagen: <ul style="list-style-type: none"> • Grund der Maßnahmenwahl: Die investive Maßnahme soll ein Leuchtturmprojekt darstellen, das abseits der direkten Umwelteffekte der Bevölkerung die Anwendbarkeit und Alltagstauglichkeit von umweltfreundlichen Technologien direkt vor Augen führt. • Ziel: Klimaschutzmaßnahme mit lokalem Vorbildcharakter für die Reduktion der städtischen THG-Emissionen • Kosten: rd. 400.000 €, je 50 % kommunale Mittel und Fördermittel • Inhalt: Tlw. Umbau des städtischen Fuhrparks • Installation von Ladesäulen der Leistung von 22 und 50 kW an Standorten der kommunalen Verwaltung • Umsetzungszeitraum: 2018 bis 2020
Standard KL Abschnitt 7.10	Mit dem Standard KL soll eine flächendeckende Modernisierung des Gebäudebestands in gesicherter Qualität mit standardisierten Lösungen und effizienten Prozessen erreicht werden. Träger: z.B. (gemeinnütziger) Verein oder Kreishandwerkerschaft.

Umsetzung, Controlling und Wertschöpfungspotenziale

Kapitel 8

Umsetzungsfahrplan Abschnitt 8.1	Umfasst zeitlich die wichtigsten Maßnahmen und Meilensteine aus Sicht der Stadtverwaltung für die einzelnen Handlungsfelder Private Haushalte, Industrie, GHD und Energiewirtschaft für die nächsten fünf Jahre (2018 bis 2020 und 2020 bis 2023).
Controlling und Verstetigung Abschnitt 8.2	Jährliche Umsetzungsberichte; Statusberichte alle fünf Jahre; erster Statusbericht in 2020
Regionale Wertschöpfung (insg.): Gebäudemodernisierung: Abschnitt 8.4	Alle Maßnahmen: 15 bis 37 Mio. €/a (variiert im Verlauf) Private Haushalte: 5,762 Mio. €/a bzw. 180 Vollzeitarbeitsplätze (VZAP) Büro-, Verwaltungsgebäude, Schulen: 459.000 €/a bzw. 14 VZAP

Partizipation und Akzeptanz für den Klimaschutz

Kapitel 9

Zielgruppenspezifische Akteursbeteiligung Abschnitt 9.1	Aus den Partizipationsformaten sind zahlreiche Anregungen für Maßnahmen in den Masterplan eingeflossen.
Mitwirkung in Umsetzungsphase Abschnitt 9.2	Multiplikatoren: Unternehmen und öffentliche Einrichtungen Leuchttürme sollen animiert werden, über erfolgreich durchgeführte Maßnahmen zu informieren. Der/die MPM soll mit dazu beitragen.

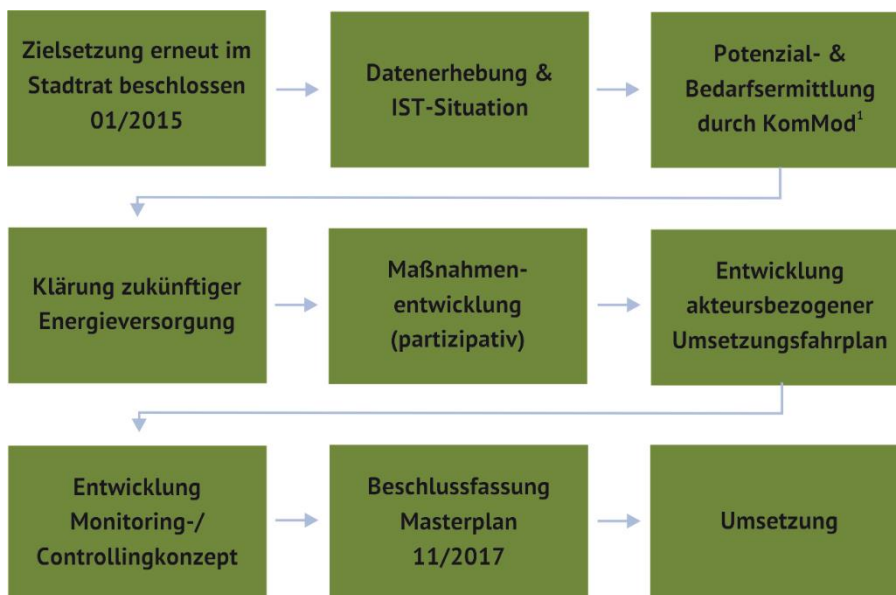
1 Einleitung

1.1 Schritte zum Masterplan 100 % Klimaschutz

Die Stadt Kaiserslautern engagiert sich seit über 20 Jahren erfolgreich im Klimaschutz und ist auf dem Weg bis zum Jahr 2050 eine möglichst fossilfreie, versorgungssichere und bezahlbare Energieversorgung zu realisieren. Um die Ziele 2030 und 2050 erreichen zu können, müssen neue Wege sowohl in den technischen als auch beteiligungsrelevanten Bereichen (u.a. Suffizienzmaßnahmen der Stadtgesellschaft) konzipiert und umgesetzt werden. Die erfolgreiche Bewerbung als Masterplankommune ermöglicht es, mit Fördermitteln aus der Bundesklimaschutzinitiative als eine von insgesamt 22 bundesweit ausgewählten Kommunen und Gemeinden im **Förderprojekt „Masterplan 100 % Klimaschutz“ einen Masterplan für die Energiewende in Kaiserslautern zu erstellen** und in die Umsetzung zu bringen.

Mit der Erarbeitung des Masterplans 100 % Klimaschutz hat die Stadt im Juli 2016 die Projektpartner Technische Universität Kaiserslautern und das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) Freiburg beauftragt. Parallel zum Masterplan 100 % Klimaschutz wird seit Sommer 2016 ein Klimaschutzteilkonzept zur Mobilität erstellt. Dieser **„Mobilitätsplan Klima+ 2030“** ergänzt den Masterplan 100 % Klimaschutz inhaltlich für den Bereich der Mobilität bis zum Jahr 2030. Der Mobilitätsplan soll aufzeigen, welche konkreten Potenziale im Verkehrsbereich bestehen, um THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 zu reduzieren.

Wesentliche Arbeitsschritte bei der Erstellung des Masterplankonzepts waren eine IST-Analyse der energetischen Ausgangslage für die Jahre 1990 und 2015 mit Erstellung der THG- und Endenergiebilanz, eine Potenzial- und Bedarfsanalyse bis 2050, die Maßnahmenentwicklung und die Erstellung eines Monitoring- und Controllingkonzepts sowie nach Abschluss von Phase I der Stadtratsbeschluss zur Umsetzung und Verstetigung (Abbildung 1).



¹ Kommunales Energiesystemmodell: Zeitlich hoch aufgelöste techno-ökonomische Optimierung von Strom, Wärme, Kälte & lokalem Verkehr

Abbildung 1: Schritte zum Masterplan Kaiserslautern (Phase I) (Stadtverwaltung KL, 2017)

Die Erstellung des Masterplans von Juli 2016 bis November 2017 war begleitet von einem kontinuierlichen Partizipationsprozess mit vier Partizipations-Workshops, Akteursdialogen mit Unternehmen und Verbänden, dem Masterplan-Forum und einem Ideen-Wettbewerb (Abschnitt 9.1). Mit dem im Auftrag des Stadtrats gebildeten Masterplanbeirat wurden wichtige Teilschritte abgestimmt, die anschließend zum Beschluss über den Umweltausschuss in den Stadtrat eingebracht wurden.

Für die Stadt Kaiserslautern ist die Transformation der Energieversorgung in eine klimaverträgliche, karbonfreie Versorgung mit Strom, Wärme und Kälte ein zwingend notwendiger Prozess um den Klimawandel zu begrenzen und die regionale Wertschöpfung zu steigern. Vision und Leitbild der im Stadtrat beschlossenen Klimaschutzziele der Stadt Kaiserslautern ist die Null-Emissions-Stadt (Abbildung 2). Dies bedeutet

für das Zieljahr 2050 eine Reduzierung der THG-Emissionen um 95 % und eine Halbierung des Endenergieverbrauchs gegenüber dem Basisjahr 1990. Als Fortführung des Klimaschutzkonzepts der klimaschutzbasierten Wirtschaftsförderungsstrategie 2020 und eingebettet in einen gesamtstädtischen, partizipativen Prozess zur zukunftsfähigen Stadt stellt der „**Masterplan 100 % Klimaschutz: Energiewende Kaiserslautern – Gemeinsam zum Ziel. Vernetzung von Technologie, Raum und Akteuren**“ das wesentliche Element zur Steuerung und Umsetzung dieses Prozesses als Ganzes und bezogen auf handlungsfeldbezogene Teilziele und -bereiche dar.



Abbildung 2: Zeitplan Masterplanprozess (TU Kaiserslautern, 2017)

Der Masterplan legt lokale Teilziele in mehreren Handlungsfeldern fest und erläutert, welche technischen und organisatorischen Maßnahmen hierzu notwendig sind. Grundlage dafür ist unter anderem ein kostenoptimiertes klimaneutrales Energiesystem für die Stadt Kaiserslautern. In der Umsetzungsphase liegt der Fokus nicht allein auf der Realisierung von Maßnahmen und Empfehlungen, sondern auch auf dem Ausbau und der Verstetigung organisatorischer Strukturen und langfristiger Partizipationsprozesse.

Hauptaugenmerk im Masterplan sind Energieeinsparungen durch Suffizienz (Verhaltensänderungen) und Effizienz (technische Verbesserungen). Zur Erzeugung der verbleibenden Energiebedarfe sollen möglichst klimaverträgliche erneuerbare Lösungen realisiert werden. Maßnahmen dazu wurden unter Einbindung von lokalen Akteuren in vier Handlungsfeldern erarbeitet:

- Handlungsfeld I – Energieversorgung
- Handlungsfeld II – Gebäude, Quartiere und Technik
- Handlungsfeld III – Mobilität
- Handlungsfeld IV – Klimaneutraler Alltag

Entlang der Prioritäten im akteursbezogenen Maßnahmenatlas, der als separates Dokument Teil des Masterplans ist, sollen die Maßnahmen Schritt für Schritt zielgerichtet umgesetzt werden. Dazu sind sektorale Teilziele und Meilensteine für die Reduzierung der THG-Emissionen und des Endenergieverbrauchs gebildet worden. Zur Verstetigung des Masterplanprozesses werden ebenfalls konkrete Maßnahmen dargelegt.

Der bisherige Umsetzungsbericht zum Klimaschutzkonzept 2020 wird mit Vorliegen des Masterplans in den Umsetzungsbericht zum Masterplan 100 % Klimaschutz überführt.

1.2 Bestehende Strukturen zur nachhaltigen Entwicklung in Kaiserslautern

Bereits 1993 ist die Stadt Kaiserslautern dem europäischen Klima-Bündnis beigetreten (www.klimabuendnis.org). Darin verpflichteten sich Kommunen zu einer kontinuierlichen Reduktion ihrer THG-Emissionen. Am 08. Juli 1996 hat Kaiserslautern den Grundsatzbeschluss zur Lokalen Agenda 21 (Rio-Deklaration) gefasst und im Jahr 2000 im Rahmen der Zukunftsinitiative Kaiserslautern als erste Stadt in Rheinland-Pfalz mit breiter Beteiligung der gesellschaftlichen Gruppen ein Leitbild mit ersten Maßnahmen im Stadtrat beschlossen.

2010 erfolgte im Rahmen der Aalborg+10 Verpflichtungen eine Bestandsaufnahme zur nachhaltigen Entwicklung. Als eines der wichtigsten Handlungsfelder wurde dabei der Klimaschutz definiert.

Seit Anfang der 1990er Jahre sensibilisiert Kaiserslautern auf unterschiedlichen Wegen die Bevölkerung für die Nutzung der regenerativen Energieträger Sonne, Wind und Biomasse, nutzt wirtschaftliche Chancen der Solarenergie und hat begonnen, sich als Solarstadt zu profilieren, z.B. durch vordere Platzierungen in der Solarbundesliga (www.solarbundesliga.de). Klimaschutz ist eine Gemeinschaftsaufgabe. Der Masterplan 100 % Klimaschutz Kaiserslautern ordnet sich in die Bestrebungen zum Klimaschutz von EU, Bund und Land ein.

N/EU	Bundesregierung	Land Rheinland-Pfalz	Stadt Kaiserslautern
Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung 25.09.2015 UNO Nachhaltigkeitsgipfel, Verabschiedung durch Staats- und Regierungschefs 17 Nachhaltigkeitsziele, den Sustainable Development Goals LSDGs Ziel nachhaltige Gestaltung (sozial, ökologisch, wirtschaftlich) der globalen Entwicklung 2017 Vorlage Fortschrittsbericht	Nachhaltigkeitsstrategie Agenda 2030 - Nachhaltige Entwicklung ist Leitprinzip der Politik der Bundesregierung - Kapitel IV "Nachhaltigkeit auf kommunaler Ebene - 17 Nachhaltigkeitsziele SDGs - nationale Nachhaltigkeitsstrategie 2002 (= Rahmen für Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung). Im Fortschrittsbericht 2016 - Anpassung an Ziele und Indikatoren vorgesehen. Rat für nachhaltige Entwicklung	Nachhaltigkeitsstrategie RLP; Landesprogramm Umweltschutz im Alltag	Lokale Agenda 21/Zukunftsinitiative Kaiserslautern; Aalborg +10- Verpflichtungen; Klimaschutz als ein wesentliches Ziel
Leitinitiative Ressourcenschonendes Europa; Europäische Plattform für Ressourceneffizienz (EREP)	Ressourceneffizienzprogramm 03/2016 Beschluss Bundeskabinett Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II (ProRes II)	Ressourceneffizienz im Unternehmen (EffNet, EffCheck, PIUS und im Gesundheitswesen (green Hospital)	EffNet, EffCheck, Ökoprofit
Pariser Klimaabkommen 12/2015 Einigung von Paris 10/2016 Gesetz zur Ratifizierung (Zustimmung des deutschen Parlaments) Berichte der Weltklimarat IPCC	Energiewende Klimaschutzplan 2050 Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung DAS Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel; Beschluss Bundeskabinett 12/2008; 1.Fortschrittsbericht zum BMUB Beschluss Bundeskabinett 2015 Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) im UBA	Energiewende RLP; Ziele: Erneuerbare Energien, Energieeinsparung und -effizienz, Energieberatung, intelligente Stromnetze und Speichersysteme Energiebericht RLP Klimaschutzkonzept RLP Statusbericht zur Energiewende (2016), (2 Jahres- Rhythmus) Entwicklung von Anpassungsstrategien Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen	2017: Masterplan 100% Klimaschutz 2050 (2010: Klimaschutzkonzept 2020) Umsetzungsberichte zum Klimaschutzkonzept 2020; ab 2018 zum Masterplan 100% Klimaschutz; erster Statusbericht Masterplan 100% Klimaschutz 2020 Klimaanpassungsstrategie Kaiserslautern (Klimaschutzteilkonzept 1.10.17 - 31.12.18) KlimaFolgenDialog mit den Unternehmen dezernatsübergreifende Arbeitsgruppe Extremwetterereignisse

Abbildung 3: Einbettung des Klimaschutzes in die nachhaltige Entwicklung der Stadt Kaiserslautern (Stadtverwaltung KL, 2017)

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müssen kontinuierlich eine Vielzahl von Akteuren in allen relevanten Handlungsfeldern ermutigt und motiviert werden, aktiv Beiträge zum Klimaschutz in Kaiserslautern zu leisten. Akteure aus Stadtverwaltung, ortsansässigen Unternehmen und Bevölkerung müssen sich engagieren. Es bedarf einer gewissen Zeit und Unterstützung, bis Denken und Handeln den Zielen eines klimaneutralen Alltags entsprechen.

Auf der Informationsplattform www.klima-kl.de werden die Aktivitäten der Stadt im Bereich Klimaschutz für die Öffentlichkeit dargestellt.

Bereits seit 2008 arbeitet die Stadt Kaiserslautern im Akteursnetzwerk der Klimaschutzbasierten Wirtschaftsförderungsstrategie mit Unternehmen, Hochschulen, Instituten sowie kirchlichen und sozialen Einrichtungen der Stadt. Ziele sind Information, Erfahrungsaustausch und das Finden gemeinsamer Lösungen vor Ort. **Die Strategie „Vermeiden – Effizienz – Erneuerbare Energien“ stellt die wesentlichen Grundpfeiler des Netzwerks dar. „Vermeiden“ bildet die Basis der Aktivitäten:** Jede eingesparte Kilowattstunde macht die Energiewende kostengünstiger. Vermeiden beinhaltet die Bewusstseinsbildung und die Öffentlichkeitsarbeit sowie Beratungen und Vorbildfunktion. Die nächste Stufe ist das **„Vermindern“** mittels Optimierung der Energieeffizienz und energetischer Modernisierung. Die Spitze der Strategie ist der umfassende Einsatz Erneuerbarer Energien.

Zur Koordination und Umsetzung ist seit 2011 die Stelle des Klimaschutz-/Masterplanmanagements im Referat Umweltschutz der Stadt Kaiserslautern mit Fördermitteln des Bundes besetzt. Eine interne Koordinierungsrunde verschiedener Referate der Stadtverwaltung stimmt sich regelmäßig über Fortschritte und Aktivitäten zum Klimaschutz ab.

Neben dem Klimaschutz wird auch Klimaanpassung bedacht. Seit 2015 partizipieren am KlimaFolgenDialog lokale Wirtschaftsunternehmen und die Stadtverwaltung. Das Projekt befasst sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Unternehmen und deren Anpassungsmöglichkeiten zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit. Die Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit ist Teil des **Förderprogramms „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)**. Eine interne referatsübergreifende Arbeitsgruppe wurde im Januar 2017 **gebildet, das Fördervorhaben des Klimaschutzteilkonzepts „Klimaanpassungsstrategie der Stadt Kaiserslautern“** soll Ende 2017 beginnen.

1.3 Aufbau, Methodik und Inhalte des Masterplans 100% Klimaschutz

Der Masterplan 100 % Klimaschutz ist im Folgenden in acht Kapitel gegliedert und schließt mit der Zusammenfassung und einem Ausblick. Aufbau, Methodik und Inhalte entsprechen den Vorgaben des Handbuchs methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung (Masterplan-Handbuch MPH; SIJ 2016) und den Vorgaben aus dem Förderbescheid. Abbildung 4 zeigt schematisch Aufbau und Inhalte des Masterplans und die Bezüge zwischen den Bestandteilen.

Die Inhalte sind im Einzelnen:

Kapitel 2: Ausgangs- und Rahmenbedingungen

Soziodemographischer Wandel und geänderte Wohnbedürfnisse haben schon jetzt beträchtlichen Einfluss auf die Entwicklung und Energieversorgung der Stadt. Aufgrund belastbarer vorhandener Daten (Statistisches Landesamt RLP, Stadtverwaltung KL) werden in Kapitel 2 die Einwohnerentwicklung und der Flächenbedarf für die Zieljahre 2020, 2030, 2040 und 2050 geschätzt.

Kapitel 3: Energetische Ausgangslage der Stadt Kaiserslautern

In Kapitel 3 werden die Energiebedarfe des Jahres 2015 für Industrie, GHD, Mobilität und private Haushalte in der Stadt Kaiserslautern erfasst und bewertet. Den berechneten Energiebedarfen wird der tatsächliche Absatz im Stadtgebiet gegenübergestellt und angepasst. Hieraus werden Energie- und THG-Bilanzen für die Jahre 1990 und 2015 abgeleitet. Diese bilden die Ausgangsbasis für die Prognose der künftigen Energiebedarfe (Kapitel 4) und die Optimierung des Energiesystems in Kapitel 5.

Die Identifikation von Schwerpunkten (Entwicklungskerne) für energetische Modernisierung im Gebäudebestand erfolgt anhand gebäudebezogener und demographischer Merkmale. Zur Ermittlung künftiger Bedarfe werden Modernisierungskonzepte zur Steigerung der Modernisierungsrate abgeleitet. Hierauf aufbauend wird in Abschnitt 7.10 ein Ausblick auf eine mögliche Standardisierung gegeben, durch die Kosteneinsparungen (Skaleneffekte, beschleunigte Prozesse) erzielt werden sollen.

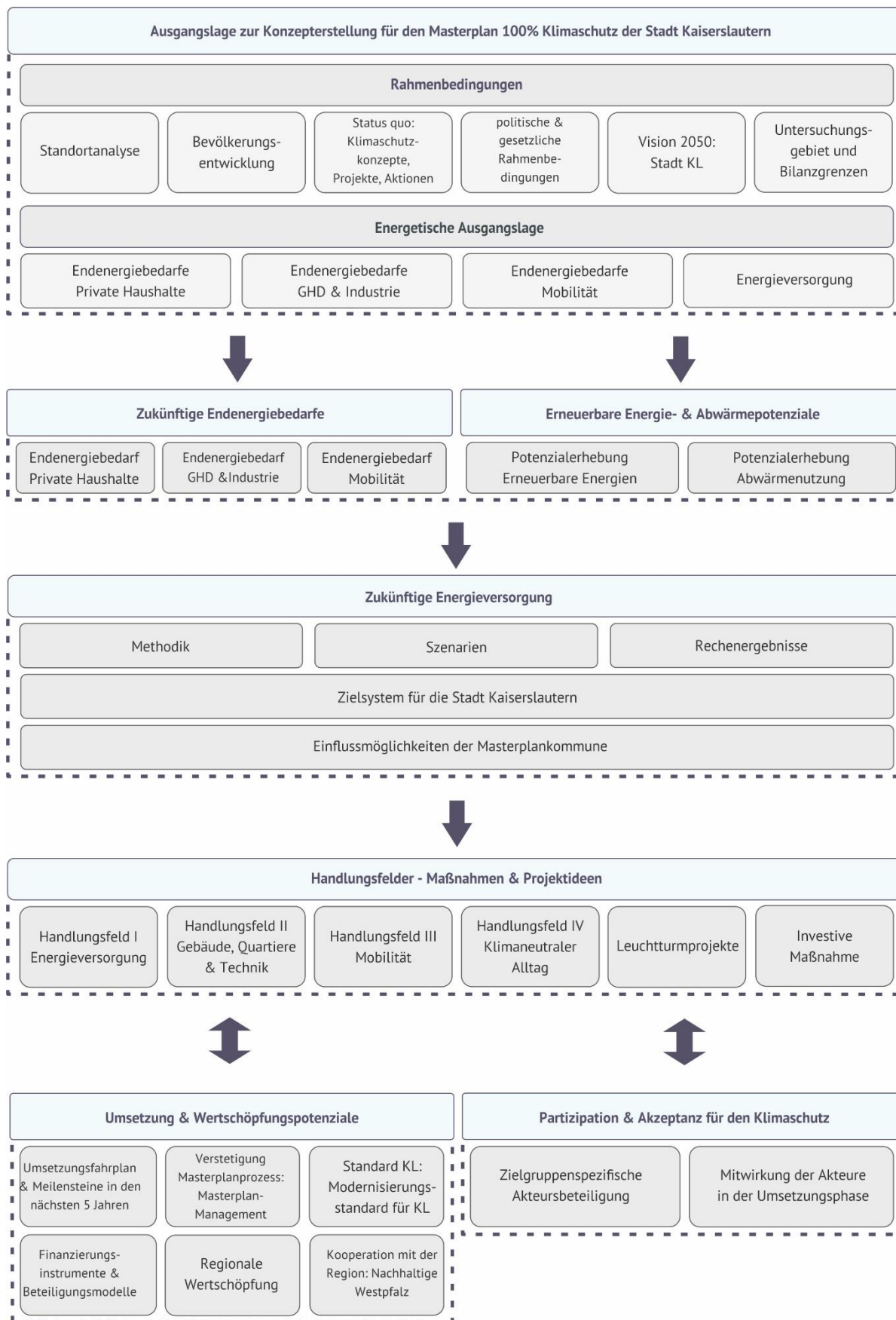


Abbildung 4: Aufbau und Inhalte des Masterplans 100% Klimaschutz (TU Kaiserslautern, 2017)

Zur Dokumentation der Versorgungsinfrastruktur (Strom, Gas, Wärme, Verkehr) werden in Kapitel 3 bestehende Netze analysiert. Regionale Stoffkreisläufe werden dabei mit betrachtet. Die Daten bilden die Grundlage für die Ableitung und Bewertung künftiger Versorgungsmöglichkeiten.

Kapitel 4: Zukünftige Energiebedarfe

Künftige Energiebedarfe für Industrie, GHD und Private Haushalte werden in Kapitel 4 in den Bereichen Strom und anderer Energieträger dargelegt. Zukünftige Energiebedarfe von Unternehmen berücksichtigen steigende Energieeffizienz, geänderte Nutzungsintensität und verbesserte thermische Gebäudeeigenschaften.

Hinzu kommen die Berücksichtigung des Elektrifizierungspotenzials und des resultierenden Strombedarfs sowie der resultierende Brennstoffbedarf.

Auf Basis der ermittelten aktuellen und künftigen Energiedaten werden Energie- und Treibhausgasbilanzen erstellt, die nach Akteursgruppen und auf Strom, Wärme, Kälte und Mobilität aufgeschlüsselt sind. Wie in allen Masterplankommunen wird hierfür der Klimaschutz-Planer genutzt. Die Daten aus dem bisher genutzten System EcoRegion und die ermittelten Endenergiebedarfe für das Jahr 2015 wurden in den Klimaschutz-Planer überführt und werden fortan von der Stadtverwaltung jährlich aktualisiert.

Erkenntnisse über Mobilitätsbedarfe und Mobilitätsversorgung stehen durch den Mobilitätsplan Klima+ 2030 zur Verfügung, diese werden im Masterplan 100 % Klimaschutz quantitativ bis 2050 fortgeschrieben.

Kapitel 5: Erneuerbare Energien- und Abwärmepotenziale

Für den angestrebten Ausbau regenerativer Energieerzeugungsmöglichkeiten werden in Kapitel 5 kommunale EE-Potenziale analysiert und bewertet. Die Analyse baut auf vorhandene Quellen (IfaS, Stadtverwaltung KL, ALKIS) ergänzt um eigene Erhebungen auf. Dabei wurden auch die regionalen Potenziale erhoben und ihre Nutzbarmachung für die Stadt Kaiserslautern ermittelt. Mittels der systemübergreifenden Betrachtung mit dem räumlichen Strukturoptimierungstool KomMod werden in Kapitel 5 die Versorgungsprioritäten ermittelt. Die Methodik von KomMod wird am Beginn der Fortschreibung in Abschnitt 6.1 erläutert.

Gegenwärtige und künftige Nutzungspotenziale in der Abwärme aus Industrie und GHD werden für die wesentlichen Produktionsstätten (inkl. kommunaler Abwärmequellen) in Kapitel 5 räumlich verortet dargestellt und Lösungen zur Nutzung von Abwärme abgeleitet.

Kapitel 6: Zukünftige Energieversorgung

Das sektorübergreifende Versorgungskonzept für die Raumwärmeversorgung in Kapitel 6 baut auf den künftigen Energiebedarfen (Kapitel 4) auf und beinhaltet eine Abschätzung von künftigen Wärmebedarfen und Wärmebedarfsdichten (räumlich aufgelöst für Siedlungsgebiete). Versorgungsoptionen werden unter Berücksichtigung der Sektorenkopplung Strom/Wärme/Mobilität bewertet.

Die Erstellung eines kostenoptimierten klimaneutralen Energiesystems mittels KomMod erfolgt für das Zieljahr 2050 zeitlich hochaufgelöst (Stundenwerte) ebenfalls mit Berücksichtigung der Sektorenkopplung Strom/Wärme/Mobilität, um eine sichere Energieversorgung zu jeder Stunde im Jahr zu gewährleisten. Die Modellierungsergebnisse geben Auskunft über die Versorgungsstrukturen, notwendige Anlagenkapazitäten, EE-Anteile, notwendige Speicherkapazitäten sowie über Import- und Exportmengen (d.h. resultierende Residuallasten) im Ziel-Energiesystem für das Jahr 2050. Für die erstellten Zielszenarien werden Energie- und THG-Bilanzen dargestellt.

Bei der Auswahl der Energiebedarfs- und Versorgungsoptionen in den Handlungsfeldern werden die Einflussmöglichkeiten der Masterplankommune Kaiserslautern herausgearbeitet. Dabei werden direkte und indirekte Einflussmöglichkeiten der Stadtverwaltung, erkennbare Hemmnisse der Umsetzung und notwendige Unterstützung von Land und Bund aufgezeigt. Auf örtliche Gegebenheiten (gebäudebezogene und demographische Merkmale KL, lokale Miet- und Kaufpreise, ökonomische Basis) und relevante Akteursgruppen und -netzwerke wird Bezug genommen.

Kapitel 7: Handlungsfelder, Maßnahmen und Projektideen

In Kapitel 7 folgt die Darstellung von Maßnahmen zur Entwicklung gewählter Versorgungsoptionen für die in Kapitel 4 ermittelten künftigen Energiebedarfe.

Auf Basis der Potenzialanalyse und Energiesystem-Modellierung und unter Berücksichtigung der Klimaschutzziele wurden sektorale Teilziele definiert und Maßnahmenpakete für die künftige Umsetzung beschrieben, die u.a. in einem partizipativen Prozess mit den relevanten Akteuren erarbeitet bzw. abgestimmt wurden (Kapitel 9). Bausteine aus dem Maßnahmenatlas des Klimaschutzkonzepts 2020 wurden in den Masterplan überführt.

Jeweils für Endenergie und THG-Emissionen werden sektorale Zielsetzungen in Zielpfade bis 2050 mit Meilensteinen (2020, 2025, 2030, 2040) entwickelt. Für jedes Handlungsfeld gibt der Masterplan priorisierte Ziele vor, die in kurz- bis mittelfristige Maßnahmen unterteilt sind. So ist der Masterplan als flexibler, fortzuschreibender Maßnahmenplan für die Stadt Kaiserslautern aufzufassen.

Die akteursbezogenen Maßnahmen haben grundsätzlich empfehlenden Charakter. Die wesentlichen Maßnahmen werden jeweils in einem Steckbrief beschrieben, insbesondere in Bezug auf technische Lösungen, Kosten, Dauer, Akteure, Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten.

Exemplarisch werden bereits umgesetzte Leuchtturmprojekte vorgestellt. Diese Projekte besitzen Vorbildcharakter, der Signalwirkung auch für andere lokale Akteure haben kann. In Abschnitt 7.9 wird ein konkreter Sektor mit einem kommunalen Ziel bis 2020 und entsprechenden Erfolgsindikatoren festgelegt. Die ausgewählte investive Maßnahme im Bereich E-Mobilität soll mit Förderung durch das BMUB bis 2020 realisiert werden.

Kapitel 8: Umsetzung und Wertschöpfungspotenziale

Die Umsetzung nimmt die zentrale Rolle des Masterplans ein und ist entscheidend für den Gesamterfolg des Vorhabens. In Kapitel 8 werden aus diesem Grund Empfehlungen für die Verstetigung des Masterplans gegeben und in diesem Rahmen eine Form der Institutionalisierung vorgestellt. Fortgeführt wird dieser Gedanke durch die Beschreibung eines Controlling-Systems.

Durch den Masterplan sollen regionale Wertschöpfungspotenziale in möglichst großem Umfang identifiziert und genutzt werden. Durch lokale Auftragserteilung sollen mittel- und langfristig entsprechende Kompetenzen und Netzwerke aufgebaut bzw. weiterentwickelt werden. Die regionale Wertschöpfung wird exemplarisch am Beispiel der energetischen Gebäudemodernisierung von Wohngebäuden und Büro- und Verwaltungsgebäuden sowie Schulen mit Hilfe des Online-Wertschöpfungsrechners von Difu und IÖW ermittelt (Difu 2017).

Die fiskalische Lage, Größe und ökonomische Basis der Stadt Kaiserslautern erfordern effektive Anreize für lokale Akteure, um Eigeninitiative und Investitionsbereitschaft zu stärken. Als Beispiel für die Stärkung der regionalen Wertschöpfung werden im Hinblick auf die spezielle Gebäudetypologie Impulse für Modernisierungskonzepte gegeben (Standard KL).

Kapitel 8 diskutiert außerdem Finanzierungs- und Beteiligungsmodelle sowie Förderprogramme und -konzepte.

Kapitel 9: Partizipation und Akzeptanz für den Klimaschutz

Die Erstellung des Masterplankonzepts erfolgte unter Beteiligung unterschiedlicher Akteursgruppen der Stadt Kaiserslautern. Kapitel 9 umfasst die Darstellung der durchgeführten Partizipationsprozesse, die gleichzeitig als Anregung für künftige Beteiligungsverfahren in der Umsetzungsphase dienen. Zudem werden Empfehlungen für ein mögliches übergreifendes Partizipationskonzept vorgestellt. Dieses unterstützt ebenfalls den Verstetigungsprozess.

2 Ausgangs- und Rahmenbedingungen

Kapitel 2 umfasst zunächst eine kurze Standortanalyse und die den künftigen Energiebedarfen zugrunde gelegte erwartete Bevölkerungsentwicklung für die Stadt Kaiserslautern. In den Abschnitten 2.3 und 2.4 werden der Status quo aus dem Klimaschutzkonzept der Stadt Kaiserslautern und die Vision für das Jahr 2050 dargelegt. Anschließend werden die politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen und das Untersuchungsgebiet mit den Bilanzgrenzen für den Masterplan 100 % Klimaschutz kurz vorgestellt.

2.1 Standortanalyse

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Kurzcharakterisierung der Stadt
- ✓ Zentrale Strukturdaten zur Bevölkerung und zum Gebäudebestand
- ✓ Einschätzung des Potenzials für klimafreundliches Verhalten

Kaiserslautern zählte Ende 2015 101.432 Einwohner und erstreckt sich über 139,7 km². Im Unterschied zu den anderen kreisfreien Städten in Rheinland-Pfalz weist die Stadt einen überdurchschnittlichen Waldanteil (62 % zu 29 % der Flächennutzung), einen unterdurchschnittlichen Flächenverbrauch durch Landwirtschaft (9 % zu 33 %) und auch einen geringeren Teil an Siedlungs- und Verkehrsflächen (28 % zu 34 %) auf.¹ Der hohe Waldanteil schafft ein gutes Luftklima und eine sehr gute Wasserqualität. Die Stadt ist mit Autobahnen, einem ICE-Haltepunkt und Nähe zum Flughafen Frankfurt verkehrlich gut erschlossen. In eine der beiden nahegelegenen Metropolregionen Rhein-Main oder Rhein-Neckar ist die Stadt jedoch nicht eingebunden, sie befindet sich auch im Hinblick auf den erfolgten Übergang von Mittel- zur Großstadt quasi in einer Zwischenlage. Im Jahr 2012 wurde der Verein ZukunftsRegion Westpfalz (ZRW) gegründet, um vorhandene Kräfte zu bündeln und gemeinsame Projekte zur Stärkung der Zukunftsfähigkeit der Region umzusetzen.²

Kaiserslautern ist durch den sozioökonomischen Strukturwandel geprägt von einer Industrie- und Fabrikstadt hin zu einer Universitätsstadt mit mehreren Forschungsinstituten, in der Dienstleistungen und High-Tech maßgeblich zur Wirtschaftsleistung beitragen (71 % der Bruttowertschöpfung im Dienstleistungsbereich, 29 % im produzierenden Gewerbe). Ein breites Netzwerk aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Industrie und damit das Potenzial für hohe Innovationsfähigkeit und erfolgreiche Zukunftstechnologie sind in den letzten Jahren entstanden. Herausragend ist insbesondere die wissenschaftliche Infrastruktur, die innovative Prozesse auch im Klimaschutz begleiten kann und will. Träger des Strukturwandels sind z.B. die Technische Universität, die Hochschule Kaiserslautern, die Forschungsinstitute³ und das Westpfalz-Klinikum, mit den von ihnen ausgehenden Impulsen zur Differenzierung der Arbeitsplätze und Ansiedlung neuer Betriebe. Heute zählt die Stadt Auto- und Automobilzulieferindustrie, die Chemische Industrie, IT/Medien, Logistik, Maschinenbau und Nutzfahrzeuge zu den Kernbranchen. Im Hinblick auf den Masterplan bietet vor allem die Kombination von High-Tech und Industriebranchen einen Anknüpfungspunkt für innovative Konzepte. In der Science Alliance Kaiserslautern e.V. sind alle Studien- und Forschungseinrichtungen am Standort Kaiserslautern zusammengeschlossen. Studierenden, Wissenschaftlern und Kooperationspartnern aus Wirtschaft, Verwaltung und Industrie bietet sie ein Disziplinen übergreifendes Netzwerk, das innovative Lösungen unter Berücksichtigung jeweils neuester Technologien und Verfahren ermöglicht.

In der Region leben und arbeiten insgesamt Menschen aus mehr als 140 Nationen. Mit der US Army und der US Air Force, dem Europa Direkt Center, dem deutsch-amerikanischen Bürgerbüro und der Atlantischen Akademie sowie den

¹ <http://www.infothek.statistik.rlp.de/MeineHeimat/detailInfo.aspx?l=1&id=3150&key=0731200000&topic=32767#tpDemography>, zuletzt geprüft am: 02.05.2017.

² Der Verein zählt aktuell über 270 Mitglieder aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft; www.zukunftsregion-westpfalz.de; zuletzt geprüft am: 13.09.2017.

³ Hierzu zählen die Fraunhofer-Institute für Experimentelles Software Engineering (IESE) sowie für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM), das Max-Planck-Institut für Software Systeme (MPI), das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), das Institut für Technologie und Arbeit (ITA), das Institut für Verbundwerkstoffe (IVW), das Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik (IFOS) und das Institut für Biotechnologie und Wirkstoffforschung (IBWF).

Partnerstädten gibt es bereits Austausch (z.B. Banja Luka, Davenport, Silkeborg) und gemeinsame Aktivitäten im Klimaschutz.

Trotz der positiven ökonomischen Entwicklungen liegt das Bruttoinlandsprodukt je Erwerbstätigen unter dem der anderen kreisfreien Städte in Rheinland-Pfalz (63.782 € im Vergleich zu 70.921 € pro Jahr; je Einwohner: 44.510 € ggü. 50.780 €). **Auch das verfügbare Einkommen liegt hinter dem der anderen kreisfreien Städte (18.514 € zu 19.990 €).**⁴ Möglicherweise ist das geringere Durchschnittseinkommen ein Anreiz, Kosten für Energie einzusparen, es kann zugleich aber auch ein Hemmnis für Investitionen darstellen. Hinderlich für konkrete Maßnahmen ist sicherlich das Verschuldungsniveau der Stadt, das mit etwa 20.500 €/Kopf an der Spitze deutscher Städte liegt.

Aufgrund von internationaler Migration ist das Bevölkerungswachstum seit 2014 positiv, die Bevölkerungszahl hat sich allerdings in den letzten zehn Jahren insgesamt negativ entwickelt (-3,9 % 2005 bis 2015; s.u.). Der Ausländeranteil beträgt unauffällige 13,5 %, die Anteile aus den unterschiedlichen Nationen spiegeln Besonderheiten der Stadt. Der Nähmaschinenfabrikant Pfaff, die Textilindustrie und die Opel-Werke haben Gastarbeiter vor allem aus Portugal angeworben, die heute noch den größten Anteil an Ausländern stellen, gefolgt von Türken und US-Amerikanern durch die Nähe zur US Air-Base Ramstein. Italiener, Polen, Chinesen, die Russische Föderation und Syrer bilden die nächststärksten Ausländergruppen Ende 2015. Die unterschiedlichen Nationen verteilen sich nicht gleichmäßig auf die 18 Stadtteile, sodass auch bei der Umsetzung von Maßnahmen aus dem Masterplan kulturelle Besonderheiten berücksichtigt werden müssen.

In 2013 lag die Arbeitslosenquote bei 10,6 %, gegenüber 6 % in den westdeutschen Bundesländern und 5,5 % in Rheinland-Pfalz.⁵ Bei der Entwicklung der jüngeren Arbeitslosen unter 25 Jahren zeigen sich positive Werte: Im Zeitraum von 2008 bis 2013 ging diese Zahl um 9,3 % zurück (Westdeutsche Bundesländer: -6,3 %, Rheinland-Pfalz: -8,6 %). Im Jahr 2013 waren 85,4 % aller Arbeitslosen 55 Jahre und älter (westdeutsche Bundesländer: 45,7 %, Rheinland-Pfalz: 41 %). In Kaiserslautern bieten die neu geschaffenen Arbeitsplätze mit ihren Qualifikationsprofilen offensichtlich keinen Ersatz für die verloren gegangenen Jobs in der bis in die 1980er Jahre dominierenden Metall- und Maschinenindustrie.

Bei der Entwicklung der Langzeitarbeitslosen, die ein Jahr oder länger arbeitslos sind, schneidet Kaiserslautern dementsprechend ebenfalls nicht gut ab; von 2008 bis 2013 ist diese Zahl um 13 Prozentpunkte auf 40,1 % gestiegen (Westdeutsche Bundesländer + 5,6 PP auf 35,6 %, Rheinland-Pfalz -2,5 PP auf 31,8 %). Die Belastung durch die hohen Arbeitslosenzahlen, schlagen sich auch in den Sozialausgaben nieder. Insbesondere die Zahlen zu den älteren Arbeitslosen weisen auf den Strukturwandel und das Problem einer strukturellen Arbeitslosigkeit hin.

Im Wohngebäudebestand ist der Anteil an Wohnungen in Mehrfamilienhäusern mit 28 % vergleichsweise hoch. 18 % der Wohnungen bestehen aus Ein- bis Zweiraumwohnungen und ein Drittel aus fünf und mehr Zimmern. Auf 1.000 Bestandswohnungen kommen im Jahr 2013 lediglich 4,6 neu fertiggestellte Wohneinheiten (Westdeutsche Bundesländer: 5,1 WE, Rheinland-Pfalz: 4,9 WE). Auch bei Betrachtung der fertiggestellten Wohnungen im Bestand inkl. Umbauten und Modernisierungen weist Kaiserslautern mit 4,9 Wohneinheiten auf 1.000 Bestandswohnungen den geringsten Wert (Westdeutsche Bundesländer: 5,7 WE, Rheinland-Pfalz: 5,8 WE). Aufgrund von nicht gemeldeten Umbau- oder Modernisierungsmaßnahmen kann die tatsächliche Zahl jeweils höher sein.

Auch wenn diese Bautätigkeit nicht herausragend erscheint, so ist doch eine bemerkenswerte Entwicklung mit einer steigenden Bauaktivität eingetreten. Bei Neubauten, Umbauten und Modernisierungen beträgt die Steigerung von 2008 bis 2013 insgesamt 51,1 % (Westdeutsche Bundesländer: +22,5 %, Rheinland-Pfalz: +9,3 %). Die Niedrigzinsphase dürfte – neben geänderten Wohnbedürfnissen und Wohnstandards im Hinblick auf Grundrisse und Energieverbrauch - mit ausschlaggebend hierfür sein.

Im Einzelhandel geben die Bewohner Kaiserslauterns pro Kopf jährlich 6.094 € aus und damit 6 % weniger als der Bundesdurchschnitt. Der Einzelhandelsumsatz liegt mit 9.103 € pro Einwohner 57 % über dem Bundesdurchschnitt (IHK Pfalz 2016). Der Grund hierfür ist die hohe Zentralität (Index: 167,6, Bundesdurchschnitt: 100) durch Einkäufe von Menschen aus dem Umland und US-amerikanischen Staatsangehörigen. Im Einzelhandel sind, wie in vielen deutschen Großstädten, übliche Leerstände zu verzeichnen. Flächen in guten Lagen finden teilweise auch deshalb keine Nachfrage, weil die Qualität der Gebäude und Flächen nicht den Ansprüchen der Mieter und Nutzer entspricht.

Auf dem Büroflächenmarkt ist kein Überangebot vorhanden. Der Haupt-Bürostandort PRE Park im Nordosten der Stadt wird gerade erweitert und voraussichtlich gut absorbiert. Im übrigen Stadtgebiet sind viele Büro-Mieteinheiten in gemischt genutzten Gebäuden mittlerer Größe.

⁴ Alle Daten aus: <http://www.infothek.statistik.rlp.de/MeineHeimat/detailInfo.aspx?l=1&id=3150&key=0731200000&topic=32767#tpDemography>.

⁵ Eigene Berechnung aus den Angaben der monatlichen Arbeitslosenquote aus 2013; Quelle: Stadtverwaltung KL (2014), S.58.

Viele nicht-selbstgenutzte Gebäude sind im Eigentum privater Bestandhalter wie auch lokaler privater Vermögensverwaltungen (Family Offices). Institutionelle Investoren treten in Kaiserslautern nur vereinzelt auf. Die wichtigste städtebauliche Entwicklung ist das ehemalige Pfaff-Werksgelände mit einer Fläche von rd. 20 ha zwischen Innenstadt und den Standorten der Forschungseinrichtungen, auf dem ein urbanes Wohn- und Gewerbequartier entwickelt werden soll.

Zwischenfazit:

Kaiserslautern bietet mit der Diversifizierung des Arbeitsangebots und der Branchen in Richtung der Wissensgesellschaft zahlreiche Anknüpfungspunkte für Innovationen im Bereich Energie und Klima. Sie hat mit der Bau-AG als kommunales Wohnungsunternehmen einen zentralen Akteur in der Stadt, der den Wohnungsbestand in Richtung Energieeffizienz gestalten kann. Bei der energetischen Modernisierung und Ausstattung mit PV-Anlagen können Reserven konstatiert werden. Die Alterung der Bevölkerung und der dadurch höhere Flächenverbrauch beim Wohnen (Remanenzeffekt) sind zu beachten. Auch sinkende Haushaltsgrößen, die mit der Alterung einhergeht und durch häufiges Alleinwohnen bzw. Zweipersonenhaushalte in jüngeren Jahrgängen vorangetrieben wird, sind relevant. Der Energieverbrauch pro Haushalt ist tendenziell abnehmend. Die Bevölkerung ist im Durchschnitt nicht sehr wohlhabend, es sind Konzentrationen von Einkommensarmut erkennbar, aber sie ist zugleich sehr vielfältig und reicht durch die Technische Universität, die Hochschule, das Klinikum und die kulturellen Einrichtungen in bildungsbürgerliche Milieus mit modernen Werthaltungen hinein. In Kaiserslautern dürfte ein ausreichendes Potenzial vorhanden sein, das Nachhaltigkeitsziele in deren alltägliche Verhaltensweisen einbezieht.

2.2 Bevölkerungsentwicklung der Gesamtstadt und der Stadtteile

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Entwicklungskorridor Einwohnerzahl in der Kommune
- ✓ Bevölkerung, private Haushalte, Erwerbspersonen
- ✓ Altersaufbau der Bevölkerung

Kaiserslautern ist mit 101.432 Einwohnern (2015) kleine Großstadt.⁶ Neun ehemals eigenständige umliegende Gemeinden, die im Rahmen einer Verwaltungsreform eingemeindet wurden, werden heute Ortsbezirke genannt.⁷ Die Einwohnerzahlen in den Stadtteilen der Kernstadt liegen durchgängig höher als die der Ortsbezirke. Einen Überblick über die Einwohnerverteilung Ende 2015 gibt Abbildung 5.

Im Zeitraum 2005 bis 2015 wurde das Bevölkerungsmaximum im Jahr 2008 mit einer Wohnbevölkerung von 105.602 Personen erreicht. Danach fiel die Einwohnerzahl ab und lag in den Jahren 2012 und 2013 unter 100.000 Einwohnern. Seit 2014 ist wieder ein leichter Anstieg zu beobachten. Für die Kernstadt und die Ortsbezirke kann in der Tendenz die gleiche Entwicklung festgestellt werden. Insgesamt fielen die Bevölkerungszahlen von 2005 bis 2015 in der Gesamtstadt von 105.512 auf 101.432 Einwohner, in der Kernstadt von 81.523 auf 79.202 Einwohner und in den Ortsbezirken von 23.989 auf 22.230 Einwohner.⁸

Die prozentuale Veränderung zum Basisjahr 2005 zeigt für die Ortsbezirke bis 2015 größere relative Bevölkerungsverluste (-7,3 %) als für die Kernstadt (-2,9 %). Die Entwicklung für die Gesamtstadt gleicht mit einem Bevölkerungsverlust von 3,9 % der Entwicklung der Kernstadt, da die Ortsbezirke relativ klein sind.

⁶ Vgl. Stadtverwaltung KL, unter:

https://www.kaiserslautern.de/arbeit_bildung_wissenschaft/standort/statistik/bevoelkerung/index.html.de, zuletzt geprüft am: 24.08.2017.

⁷ Vgl. Stadtverwaltung KL, unter:

https://www.kaiserslautern.de/sozial_leben_wohnen/stadtportrait/stadtgeschichte/chronik/index.html.de, zuletzt geprüft am: 01.09.2016.

⁸ Vgl. Stadtverwaltung KL (2012), S. 15 ff.; Stadtverwaltung KL (2016a), S. 15 ff; Stadtverwaltung KL (2016b).

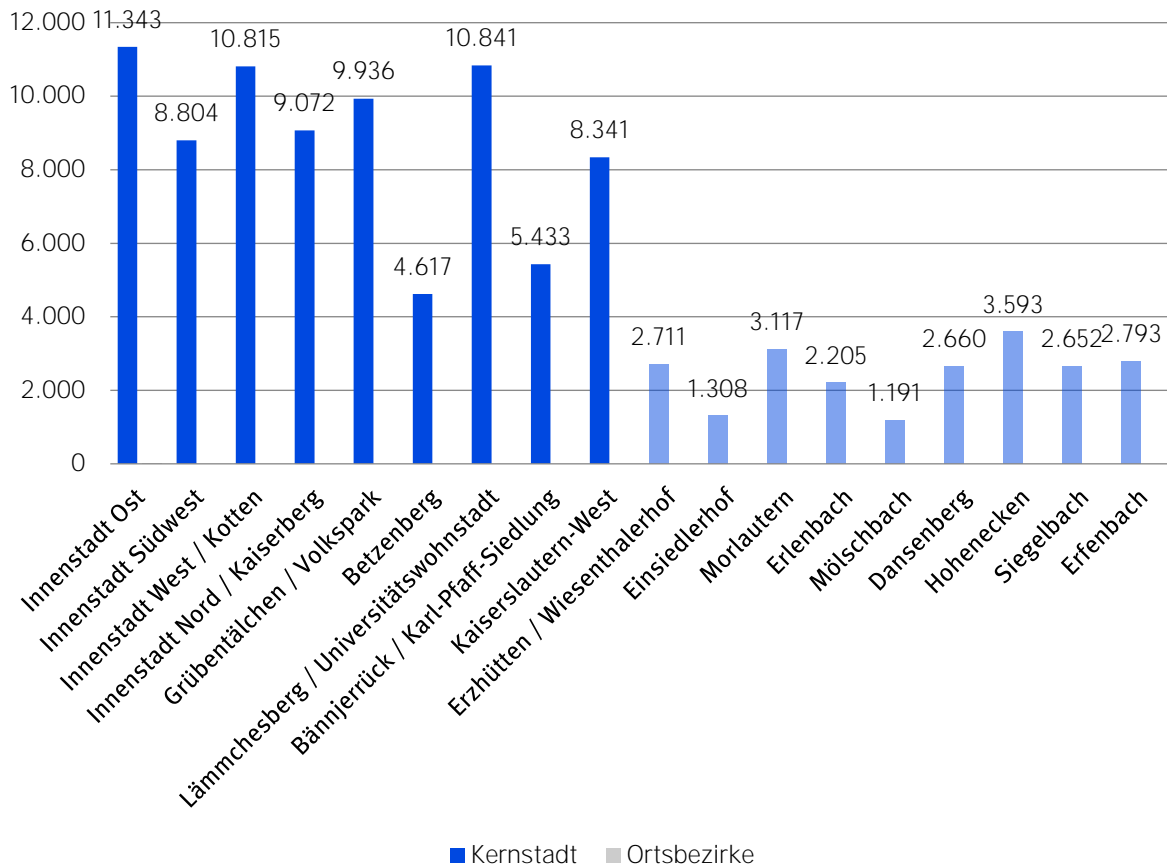


Abbildung 5: Verteilung der wohnberechtigten Bevölkerung auf die Stadtteile in Kaiserslautern (TU Kaiserslautern, 2017)

Datenbasis: Stadtverwaltung KL (2016b)

Ausnahmen vom allgemeinen Trend bilden die Bezirke Innenstadt Südwest und Innenstadt Nord mit einem leichten Wachstum von 1,2 % bzw. 2,3 %. Auch die übrige Innenstadt wies zumindest nur leichte Bevölkerungsverluste auf: In Innenstadt Ost und Innenstadt West/Kotten lagen die Bevölkerungsverluste weniger hoch als im gesamtstädtischen Durchschnitt. Auch Grübentälchen/Volkspark und Siegelbach gehören zu den Stadtteilen mit moderaten Verlusten. Außer Siegelbach verloren aber alle Ortsbezirke deutlich an Einwohnern. Besonders hoch fiel der Rückgang in Bännjerrück/Karl-Pfaff-Siedlung und Kaiserslautern-West aus (Abbildung 6).

Die regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnungen sind aufgrund der Zuwanderung von geflüchteten Menschen in 2015 und Anfang 2016 und wegen der zu erwartenden Binnenwanderungen der Zugezogenen in ihren Größenangaben zu relativieren. Sie haben bislang jedoch noch keinem Schrumpfung- bzw. Wachstumstrend entgegenwirken können, sodass sie hier berücksichtigt werden. Diesen Prognosen entsprechend⁹ verliert Kaiserslautern bis 2030 weniger als 1 % der Gesamtbevölkerung (Basisjahr 2013: 97.162 auf dann 96.631 Einwohner, mittlere Variante), schrumpft allerdings von 2030 bis 2050 um 9,1 % auf 87.831 Einwohner. Jüngere und mittlere Altersklassen nehmen deutlich ab, während die Altersgruppe der über 65-Jährigen von 2013 bis 2050 um 7,3 % zunimmt.

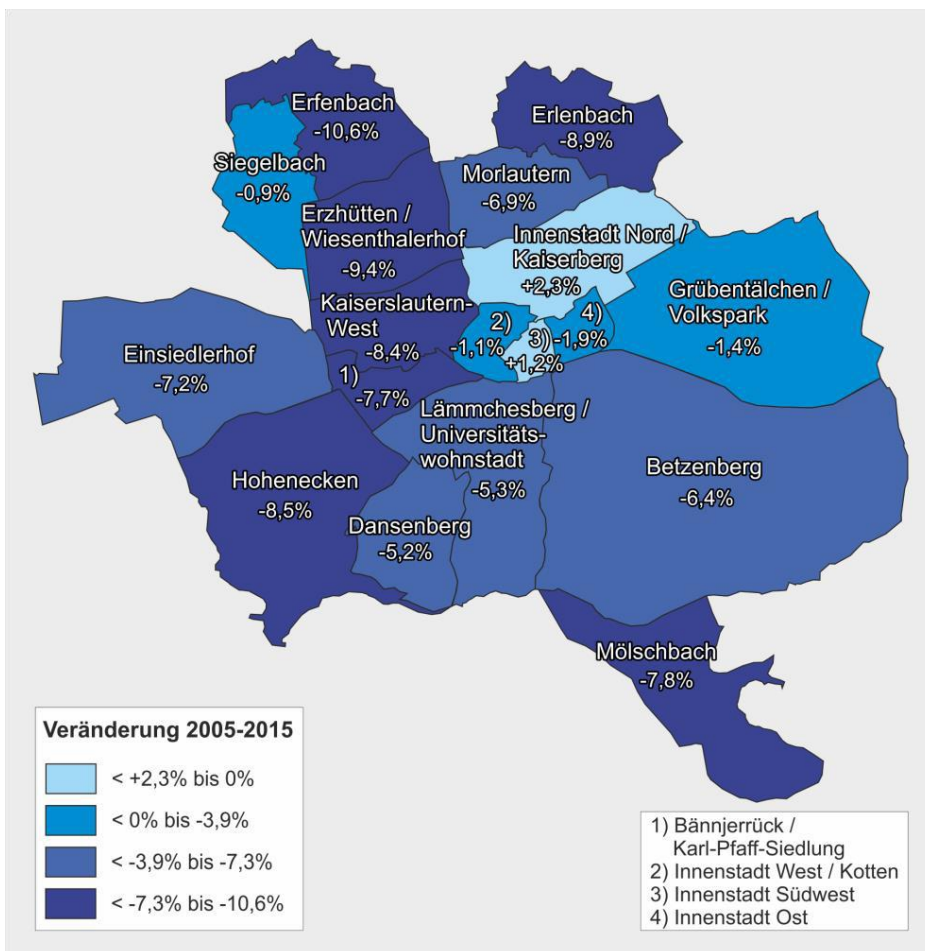
Im Prognos Zukunftsatlas (2016)¹⁰, in dem eine Bewertung der Zukunftsfähigkeit aller Kreise und kreisfreien Städte in Deutschland dargestellt wird, wird für Kaiserslautern ein ausgeglichenes Verhältnis von Chancen und Risiken ermittelt. In Bezug auf Gesamtdeutschland liegt die Stadt im Mittelfeld (Rang 247 von 402). Die Bewertung basiert auf Indikatoren aus den Bereichen Demografie, Wohlstand und soziale Lage, Arbeitsmarkt und Wettbewerb sowie Innovation, wobei neben dem Status-quo auch das Potenzial bzw. die Dynamik bewertet wurden. So sind im Bereich der Demografie nicht nur der Anteil junger Erwachsener und die Fertilitätsrate als Messgrößen für den Status-quo aussagekräftig, sondern auch die Bevölkerungsentwicklung und der Wanderungssaldo junger Erwachsener.

⁹ Vgl. http://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/nach_themen/stat_analysen/RP_2060/rp2060_bj2013.pdf; <http://www.infothek.statistik.rlp.de/MeineHeimat/detailInfo.aspx?l=1&id=3150&key=0731200000&topic=32767#tpDemography>.

¹⁰ Vgl. Prognos (2016), S. 28.

Kaiserslautern schneidet insbesondere im Bereich Demografie sehr gut ab und erreicht Platz 45 von 402 (Aussicht auf „beste“ bzw. „sehr hohe“ Chancen).¹¹ Einen der letzten Plätze, nämlich Rang 395 von 402 erreicht die Stadt im Bereich Wohlstand.¹² Diesem Indikator werden Kenngrößen wie Kaufkraft, Kriminalitätsrate, kommunale Schuldenlast und Anteil der in Bedarfsgemeinschaft lebenden Personen zugrunde gelegt. Für die Einordnung der künftigen Entwicklung ist die Änderung des Anteils der in Bedarfsgemeinschaft lebenden Personen maßgebend. Bemerkenswert ist die hohe Zukunftsfähigkeit im Bereich Digitalisierung von Wirtschaft und Arbeitsmarkt. Bewertet wurde hierbei, z.B. der Anteil „digitaler Impulsgeber“, d.h. bestimmter Berufsgruppen an den Gesamtbeschäftigten oder die Zahl von IT-Gründungen. Im Vergleich mit anderen Kreisen und kreisfreien Städten in Rheinland-Pfalz gehört Kaiserslautern in diesem Bereich mit Koblenz, Mainz, Ludwigshafen und Germersheim zu den Kommunen mit den besten Voraussetzungen. Der Bereich Innovation wird insgesamt jedoch nur leicht positiv beurteilt („leichte Chancen“, Rang 160 von 402), sodass noch Potenzial zur Verbesserung erkennbar ist.¹³ Dieser Mix aus einer einerseits definierten „geringen Stärke“, die aus dem schlechten Abschneiden im Bereich Wohlstand und soziale Lage resultiert, sowie der andererseits vorhergesagten „mittleren Dynamik“ dank guter Ergebnisse in den Bereichen Innovation und Demografie (junge Erwachsene) lassen in der Gesamtbetrachtung ein ausgeglichenes Verhältnis von Chancen und Risiken entstehen.

Abbildung 6: Veränderung der Bevölkerung in den Stadtteilen von Kaiserslautern 2005 bis 2015 (TU Kaiserslautern, 2017)



Datenbasis: Stadtverwaltung KL (2012), S. 15 ff.; Stadtverwaltung KL (2016a), S. 15 ff; Stadtverwaltung KL (2016b).

Bei Betrachtung der Dynamik, also der aktuellen Trends, belegt Kaiserslautern Rang 165 von 402. Die Stadt schneidet damit besser ab als beim Status-quo. Innerhalb von Rheinland-Pfalz ist dies ein überdurchschnittliches, in Bezug auf

¹¹ Vgl. Ebenda, S. 23.

¹² Vgl. <http://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/zukunftsatlas-2016/>, abgerufen am 27.10.2016.

¹³ Vgl. Ebenda.

ganz Deutschland immer noch ein gutes mittleres Ergebnis. Die positive Entwicklung lässt sich unter anderem auf den Bevölkerungsanstieg der letzten Jahre sowie auf einen Anstieg des BIP zurückführen.¹⁴

Werden die Kaiserslauterer Bevölkerungsdaten als Ausgangspunkt für eine Bevölkerungsvorausberechnung herangezogen, ergeben sich drei Verläufe bzw. Varianten. Zum einen kann die Entwicklung des gesamten Zeitraums von 2005 bis 2015 fortgesetzt werden (-3,9 % in zehn Jahren). Zum anderen kann ein Negativszenario betrachtet werden, das in den Jahren von 2008 bis 2013 vorherrschte (-5,4 % in fünf Jahren). Und schließlich ist in der steigenden Tendenz der Jahre 2013 bis 2015 (+1,6 % in zwei Jahren) eine obere Linie für den so bezeichneten Korridor gegeben (vgl. Abbildung 7).

Bei einer naiven Fortschreibung des Bevölkerungsanstiegs zwischen 2013 und 2015 wäre von einem Wachstum bis 2050 um rd. 27 % gegenüber 2005 auszugehen. Diese Trendermittlung würde nur die aktuellsten Bevölkerungsdaten berücksichtigen. Allerdings ist das Wachstum im Jahr 2015 zum Teil auf die Zuwanderung von geflüchteten Menschen zurückzuführen. Eine Zweijahresbetrachtung ist außerdem für eine Prognose zu kurz.

Bevölkerungsverluste sind zu erwarten, wenn die Zeiträume 2005 bis 2015 bzw. 2008 bis 2013 als Basis der Trendfortschreibung herangezogen werden. Der Verlust fällt für die Gesamtbetrachtung ab 2005 mit rd. 17 % bis 2050 im Vergleich zu Prognos (2016) und der Prognose des Statistischen Landesamtes sehr negativ aus. Noch drastischer zeigt sich der Bevölkerungsverlust, wenn die Periode von 2008 bis 2013 herangezogen wird, die ausschließlich Bevölkerungsverluste verzeichnete. Diese Fortschreibung bildet die Basis für die untere Variante. Mit dieser Maßgabe wären Bevölkerungsverluste von bis zu 35 % gegenüber 2005 möglich.

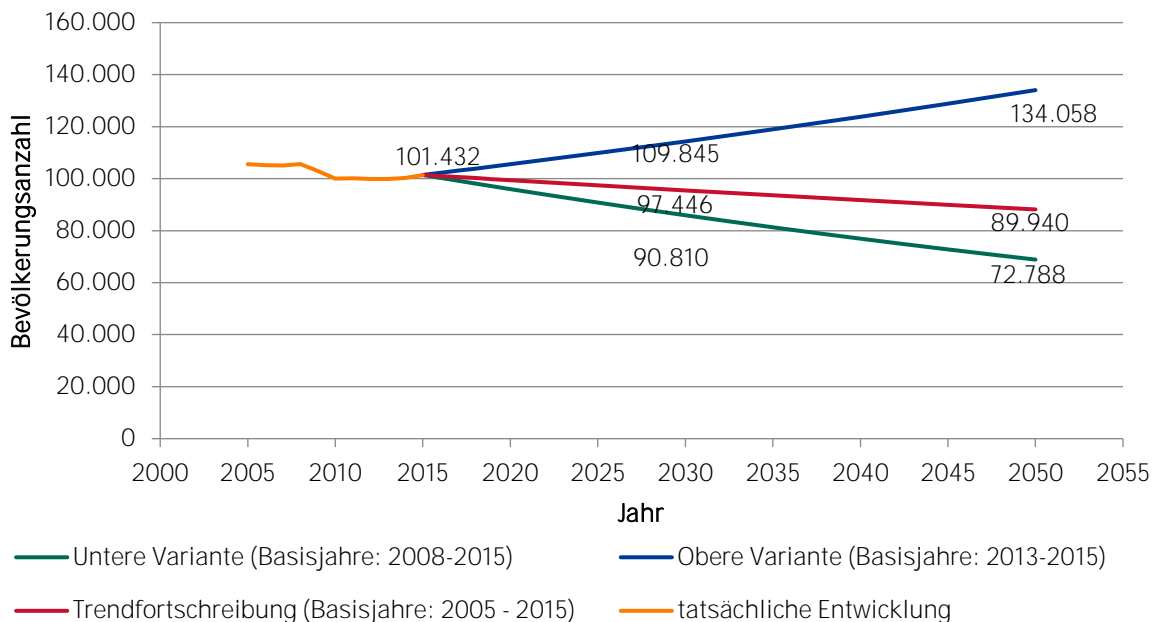


Abbildung 7: Bevölkerungsprognosen für die Stadt Kaiserslautern bis 2050, Korridor auf Basis verschiedener Basiszeiträume (TU Kaiserslautern, 2017)

Datenbasis: Stadtverwaltung KL (2012), S. 15 ff.; Stadtverwaltung KL (2016a), S. 15 ff; Stadtverwaltung KL (2016b).

Zwischenfazit: Die Entwicklungen sind selbst in der mittleren Variante (Fortschreibung des Trends der letzten zehn Jahre) deutlich negativer als in der regionalisierten Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamtes, die auf einer längerfristigen Datenbasis beruht. Umgekehrt erscheint auch die positive Variante unrealistisch. Wird zusätzlich die Prognos-Studie berücksichtigt, erachten wir es für zuverlässig, für weitere Berechnungen die Daten des Statistischen Landesamtes zugrunde zu legen. Das Datenfundament ist einerseits umfangreicher. Andererseits ist fraglich, wie auf lange Sicht das Binnenwanderungsverhalten der Geflüchteten aussehen wird. Die Bevölkerungszahlen werden demnach von 2013 bis 2030 als stagnierend angenommen (Rückgang um 531 Personen,

¹⁴ Vgl. <https://www.statistik.rlp.de/wirtschaft/volkswirtschaftliche-gesamtrechnungen/zeitreihen-regional/vgr22/>, abgerufen am 27.10.2016.

von 97.162 auf 96.631 Personen), von 2031 bis 2050 wird ein Rückgang um 9,1 % auf 87.831 gemeldete Einwohner zugrunde gelegt.

Nach Daten des Statistischen Landesamts Rheinland-Pfalz wird sich – bei Fortsetzung des Trends von 2000 bis 2013 – die Altersverteilung in der Stadt Kaiserslautern bis 2050 deutlich verändern (Abbildung 8). Der Anteil der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter (20 bis 64 Jahre) wird von 64 % um 4 Prozentpunkte auf 58 % sinken. Gleichzeitig erhöht sich der Anteil der über-65-jährigen auf 25 % (+5 Prozentpunkte) bis 2030 und auf 27 % bis 2050 (+6 PP), während der Anteil der unter-20-jährigen auf 16 % (-0,5 PP) bis 2030 und auf 15 % (-1,5 PP) bis 2050 zurückgeht. Der Anstieg des Altenquotienten bedeutet möglicherweise eine größere Belastung der Erwerbstätigen; aber auch die Gesamtbevölkerung geht weiter zurück (Abbildung 7). Im Vergleich zum Durchschnitt der kreisfreien Städte in Rheinland-Pfalz liegt der voraussichtliche Anteil der Erwerbstätigen im Jahr 2030 in Kaiserslautern 2 Prozentpunkte über dem Durchschnitt von 57 %; gleichzeitig fällt der Anteil der unter 20-jährigen voraussichtlich geringer aus.¹⁵

An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass die tatsächliche Bevölkerungsentwicklung die wichtigste Rahmenbedingung für die Zielerreichung während der Umsetzungsphase des Masterplans darstellt. Sollte die tatsächliche Bevölkerungszahl beispielsweise stärker schrumpfen bzw. wachsen als zum jetzigen Zeitpunkt angenommen, hat dies erhebliche Auswirkungen auf die THG-Emissionen sowie die Endenergieeinsparungen. Die tatsächliche Bevölkerungsentwicklung ist aufgrund dessen in den Statusberichten zu monitoren (Punkt 8.2.2). Darauf aufbauend sind ggf. Anpassungsmaßnahmen im Hinblick auf die Zielerreichung zu treffen. In Anhang 14.2 befindet sich die Tabelle mit den Hauptaltersgruppen in absoluten Zahlen. Außerdem ist dort in Tabelle 38 eine detailliertere Unterteilung der Altersklassen zu finden.

Basierend auf den Bevölkerungsdaten (Abbildung 7) kann eine Prognose des Wohnflächenbedarfs getroffen werden, aus welcher dann auch der entsprechende Energiebedarf abgeleitet werden kann (Punkte 3.1.2 und 4.1.2). Der Bedarf an Wohnraum wird auf Grundlage der Bevölkerungsentwicklung abgeschätzt. Betrachtet man die langjährigen mittleren Wohnflächenbedarfe in Deutschland zeigt sich, dass dieser in den letzten Jahren annähernd konstant bei 46,5 m²/Person liegt. Nimmt man für die Zukunft diesen Wert als konstant an, ergibt sich ein direkt proportionaler

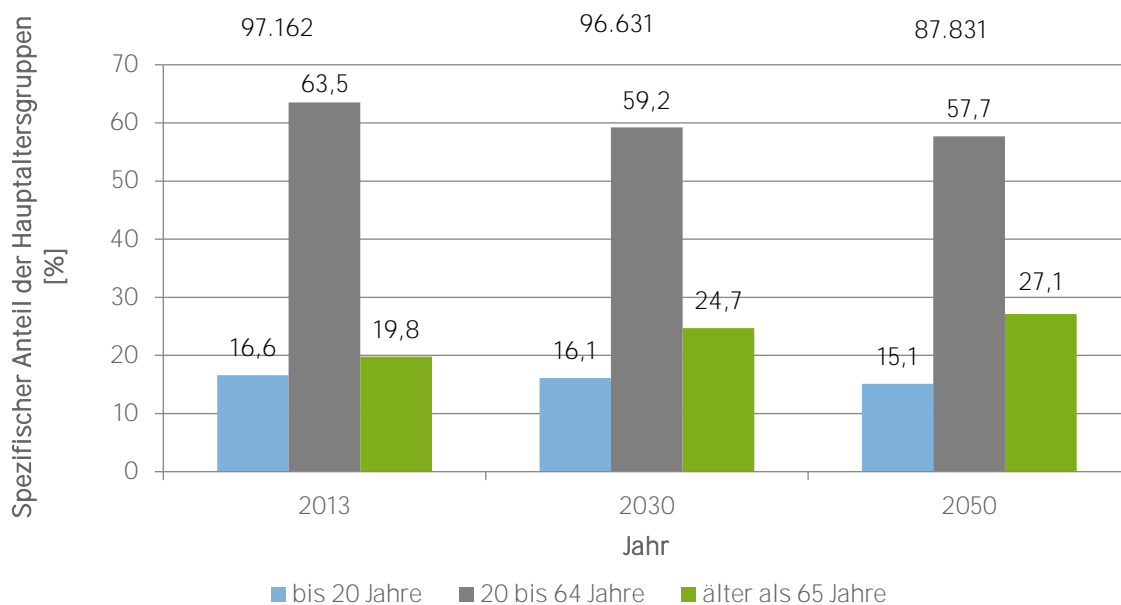


Abbildung 8: Bevölkerungsvorausberechnung für die Stadt Kaiserslautern nach Hauptaltersgruppen bis 2050 in % (TU Kaiserslautern, 2017)

Datenbasis: Statistisches Landesamt (2017), mittlere Variante.

¹⁵ Vgl. <http://www.infothek.statistik.rlp.de/MeineHeimat/detailInfo.aspx?l=1&id=3150&key=0731200000&topic=32767#tpDemography>, abgerufen am 27.10.2016.

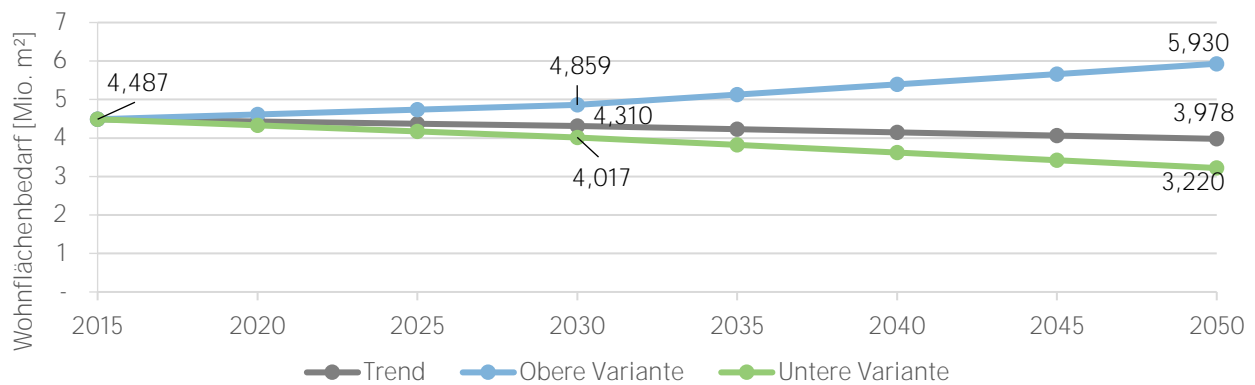


Abbildung 9: Prognostizierter Wohnflächenbedarf für Kaiserslautern (TU Kaiserslautern, 2017)

Zusammenhang zwischen Bevölkerungsentwicklung und Wohnflächenbedarf. Gerade als Universitätsstadt mit vielen Wohngemeinschaften und Wohnheimen, welche jeweils kleine Pro-Kopf-Bedarfe aufweisen, stellt dies eine vertretbare Hypothese dar. Dementsprechend war der Wohnflächenflächenbedarf in Kaiserslautern 2015 mit einem Wert von 44,2 m²/Person niedriger. Mit einem konstanten Bedarf ergibt sich analog zur Bevölkerungsentwicklung ein Anstieg bzw. Rückgang des Wohnraumbedarfs in Kaiserslautern für die Jahre 2020, 2030, 2040 und 2050 (Abbildung 9).

2.3 Status quo: Klimaschutzkonzepte, Projekte und Aktionen

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Klimaschutzkonzept und Umsetzungsbericht der Stadt Kaiserslautern
- ✓ Institutionen und Netzwerke

Kaiserslautern blickt auf viele Jahre und Erfahrungen im Klimaschutz zurück. Seit dem Beitritt zum Klima-Bündnis mit indigenen Völkern Amazoniens e.V. (Stadtratsbeschluss 02.11.1992) engagiert sie sich für den kommunalen Klimaschutz und kann bereits viele Erfolge verzeichnen.

Am 08. Juli 1996 wurde der Grundsatzbeschluss zur Lokalen Agenda 21 (Rio-Deklaration) gefasst und im Jahr 2000 im Rahmen der Zukunftsinitiative Kaiserslautern als erste Stadt in Rheinland-Pfalz mit breiter Beteiligung der gesellschaftlichen Gruppen ein Leitbild mit ersten Maßnahmen im Stadtrat beschlossen.

Bereits seit 2008 arbeitet die Stadt Kaiserslautern gemeinsam mit der Wirtschaftsförderung im Akteursnetzwerk der klimaschutzbasierten Wirtschaftsförderungsstrategie 2020 mit Unternehmen, Hochschulen, Instituten sowie kirchlichen und sozialen Einrichtungen der Stadt. Ziele sind Information, Erfahrungsaustausch und das Finden gemeinsamer Lösungen vor Ort. 2009 trat Kaiserslautern dem Konvent der Bürgermeister bei und engagiert sich in regionalen Klimaschutzinitiativen (z.B. ZukunftsRegion Westpfalz ZRW, Verein Elektromobilität für Kaiserslautern). 2010 erfolgte im Rahmen der Aalborg+10 Verpflichtungen eine Bestandsaufnahme zur nachhaltigen Entwicklung. Als eines der wichtigsten Handlungsfelder wurde dabei der Klimaschutz erachtet.

Zur Optimierung der Klimaschutzaktivitäten im „Konzern Stadt“ hat die Stadt zudem 2010 eine interne Koordinierungsrunde für Klimaschutz geschaffen, die den Prozess neben dem Netzwerk-Austausch steuert und moderiert. Zur Umsetzung des Klimaschutzkonzepts wurde mit Mitteln der Bundesklimaschutzinitiative eine Klimaschutzmanagerstelle ab 2011 im Referat Umweltschutz eingerichtet (siehe auch Abschnitt 8.2).

Seit Anfang der 1990er Jahre sensibilisiert Kaiserslautern auf unterschiedlichen Wegen Bürgerinnen und Bürger für die Nutzung der regenerativen Energieträger Sonne, Wind und Biomasse. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müssen kontinuierlich eine Vielzahl von Akteuren in allen relevanten Handlungsfeldern ermutigt und motiviert werden, aktiv Beiträge zum Klimaschutz in Kaiserslautern zu leisten. Akteure aus Stadtverwaltung, ortsansässigen Unternehmen und Bevölkerung müssen sich engagieren. Es bedarf einer gewissen Zeit und Unterstützung, bis Denken und Handeln den Zielen eines klimaneutralen Alltags entsprechen. Zu den Projekten zählen u.a.:

Initiative Solarstadt Kaiserslautern

Im Jahr 2004 wurde das Projekt "Solarstadt Kaiserslautern" in Vorbereitung der Fußball-Weltmeisterschaft 2006 (Green Goal) mit Förderung der Landesregierung Rheinland-Pfalz initiiert. Ziel des Projekts ist es, bis zum Jahr 2020, den Anteil regenerativer Energien an der Stromproduktion um 20 % zu steigern. Kaiserslautern liegt beim bundesweit ausgetragenen Wettbewerb „Solarbundesliga4“ in der Kategorie Großstädte aktuell auf Platz 3, der u.a. auch der PV-Anlage auf dem Stadionsdach des 1. FCK und der PV-Anlage am Hölzengraben, einer innovativen Eigenstromversorgung von Unternehmen zu verdanken ist.

Ökoprofit

Zwischen 2005 und 2013 führten Stadt und Landkreis Kaiserslautern gemeinsam mit der Wirtschaftsförderungsgesellschaft das Projekt Ökoprofit durch. Insgesamt wurden 35 Unternehmen, darunter auch eine Schule und das Verwaltungsgebäude der Kreisverwaltung, zertifiziert. Allein die 25 städtischen Betriebe sparen zusammen rd. 759.000 € jährlich ein. Im Rahmen des Masterplans werden die Dialogformate für KMU neu überdacht.

KlimaFolgenDialog

Neben dem Klimaschutz wird auch Klimaanpassung bedacht. Seit 2015 partizipieren am KlimaFolgenDialog lokale Wirtschaftsunternehmen. Das Projekt befasst sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Unternehmen und deren Anpassungsmöglichkeiten zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit. Die Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit ist Teil des Förderprogramms „Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Eine interne referatsübergreifende Arbeitsgruppe wurde im Januar 2017 gebildet, das Fördervorhaben des Klimaschutzteilkonzepts „Klimaanpassungsstrategie der Stadt Kaiserslautern“ beginnt im Oktober 2017.

Auf der Informationsplattform www.klima-kl.de werden die Aktivitäten der Stadt im Bereich Klimaschutz und Klimaanpassung für die Öffentlichkeit dargestellt.

2.4 Vision 2050: Die Stadt Kaiserslautern im Jahr 2050

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Richtung und Ziel der Stadt Kaiserslautern
- ✓ Vision 2050
- ✓ Herausforderungen der Zukunft

Als Mitgliedsstadt des Klima-Bündnis verpflichtet sich Kaiserslautern alle fünf Jahre die THG-Emissionen um 10 % zu reduzieren und ausgehend vom Basisjahr 1990 die Pro-Kopf-Emissionen bis 2030 zu halbieren. Die Faktoren Wirtschaftlichkeit, Umwelt- und Klimaverträglichkeit, regionale Wertschöpfung sowie Versorgungssicherheit spielen dabei eine ebenso große Rolle wie die sozialen Aspekte des Klimaschutzes. Der Klimaschutz ist dabei eingebettet in eine gesamtstädtische Idee einer zukunftsfähigen Entwicklung hin zu einer attraktiven Stadt als Standort für Unternehmer, öffentlich-rechtliche Dienstleister, wissenschaftliche Institutionen und als Wohnort zur Lebens- und Freizeitgestaltung in einem Klima des sozialen Friedens.

Die Stadt Kaiserslautern orientiert sich bei der Vorgehensweise und der Auswahl der Handlungsschwerpunkte an den Aalborg +10 Commitments. Diese dienen auf europäischer Ebene einer Vielzahl von Städten als Rahmen Ihrer nachhaltigen Entwicklung. Sie umfassen insgesamt zehn thematische Handlungsfelder, in denen die Städte ihre spezifischen Handlungsschwerpunkte auswählen und festlegen: Demokratische Mitwirkung, Effektives Management, Schutz natürlicher Ressourcen, Nachhaltige Produktion und Konsum, Nachhaltige Stadtplanung, Nachhaltige Mobilität, Nachhaltiges Gesundheitswesen, Zukunftsbeständige lokale Wirtschaft, Soziale Gerechtigkeit sowie Globale Verantwortung.

Als Masterplankommune 100 % Klimaschutz folgt Kaiserslautern somit auch den Klima- und Umweltschutzzielen des Bundes.

Vision 2050

Kaiserslautern hat sich weiter zu einer lebenswerten modernen Großstadt im Südwesten Deutschlands entwickelt, die richtungsweisend zum Klima- und Umweltschutz beiträgt und hierfür auch über die Region hinaus bekannt ist. Als High-Tech-Standort kommen zahlreiche positive Impulse auch durch Innovationen aus den Forschungseinrichtungen

in vielen Bereichen der Stadt zum Einsatz. Aufgrund der überschaubaren Größe und kurzen Wege der Stadt ist die Vernetzung und Kooperation der Akteure aus unterschiedlichen Sektoren unter Führung durch das Masterplanmanagement (Abschnitt 8.2) ausgezeichnet gelungen und etabliert. Die Akteure denken und handeln gemeinschaftlich, entwickeln gemeinsam Lösungen und nutzen Ressourcen nachhaltig mit Sinn und Nutzen für alle Beteiligten. Lösungen werden beständig hinterfragt und dadurch kontinuierlich weiterentwickelt. Über technische Fortschritte und Netzwerke werden alle Beteiligten effizient informiert und sinnvolle Möglichkeiten zur Partizipation geschaffen. Die Kooperation erstreckt sich auch über alle Bereiche der Stadtverwaltung und des Stadtkonzerns. Neben dem Masterplanmanagement, das die kontinuierliche Umsetzung des Masterplans sicherstellt, wurde eine Stadtholding geschaffen, wodurch die Aktivitäten der städtischen Betriebe gebündelt und Synergien optimal genutzt werden.

Ein Großteil der Verkehrsleistung wird durch ÖPNV- und Fahrradnutzung erbracht. Fahrradwege wurden hierzu erweitert und ausgebaut. Der Anteil an PKW-Stellplatzflächen und Verkehrsräumen konnte deutlich reduziert werden. Mobilität ist lokal zu 95 % emissionsfrei. Elektrisch betriebene Fahrzeuge werden vollständig mit Strom aus Erneuerbaren Energien gespeist. Car-Sharing ist weit verbreitet. Lieferverkehr im Stadtgebiet erfolgt durch Elektrofahrzeuge, die untereinander so vernetzt sind, dass Routen kontinuierlich optimiert werden. ÖPNV erfolgt im Stadtgebiet durch elektrisch betriebene Busse und Taxis, die ebenfalls autonom fahren und mit anderen Fahrzeugen vernetzt sind. Elektrisch betriebene Fahrzeuge können im Stadtgebiet vielerorts einfach und schnell an Ladeeinrichtungen aufgeladen werden.

Der Energieverbrauch im Gebäudebestand wurde durch energetische Optimierung kontinuierlich um mehr als 70 % reduziert und vollständig auf Erneuerbare Energie und Abwärme/ Prozesswärme umgestellt. Fern- und Nahwärmenetze wurden hierzu im Stadtgebiet ausgebaut. Das Energiemanagement in Gebäuden ist technisch optimiert und intelligent vernetzt. Datenschutz und Privatsphäre der Bevölkerung sind vollständig gewährleistet. Im Stadtbild sind historische Fassaden weiterhin sichtbar und in einem guten Erhaltungszustand. Neubauten wurden seit 2020 als Niedrigstenergiehäuser realisiert. Bei Gebäudemodernisierungen und im Neubau kamen bevorzugt ökologisch sinnvolle Lösungen zum Einsatz. Die Ausführung erfolgte technisch weitgehend standardisiert, wodurch Kosteneinsparungen und eine verlässliche Ausführungsqualität erreicht wurden.

Erneuerbare Energie wird als Wärme und Strom in einer größeren Anzahl von Energiespeichern in allen Bereichen der Stadt gespeichert. Die Produktion erfolgt zu einem großen Teil über virtuelle Kraftwerke aus Erneuerbaren Energien. Viele Bürgerinnen und Bürger sind an der Energieerzeugung auch wirtschaftlich durch neue Modelle beteiligt. Hierdurch konnten beträchtliche finanzielle Mittel für die Energiewende in der Stadt generiert werden und die Bevölkerung von Erlösen und Kosteneinsparungen profitieren. Vorzeigeprojekte (Leuchttürme) sind in vielen Bereichen der Stadt sichtbar und teilweise auch über die Region hinaus bekannt. Durch die Masterplanumsetzung wurde eine beachtliche regionale Wertschöpfung realisiert, die zum wachsenden Wohlstand beigetragen hat.

Herausforderung der Zukunft bestehen vor allem in der Verstärkung des Masterplanprozesses durch Motivation und Aktivierung der unterschiedlichen Akteure in zivilgesellschaftlichen Prozessen (Abschnitt 9.2). Hierzu gehören auch passende Finanzierungs- und Beteiligungsinstrumente (Abschnitt 8.3). Durch technologischen Wandel werden viele Maßnahmen angepasst werden dürfen oder angepasst werden müssen. Das Masterplanmanagement (Abschnitt 8.2) muss diesen Wandel während der Umsetzungsphase ständig beobachten und Maßnahmen wo nötig anpassen oder neu initiieren. Ggf. müssen Prioritäten angepasst werden. Bewegung im Masterplanprozess muss jedoch möglichst zu jeder Zeit erhalten bleiben. Unsicherheit, die durch Wandel entsteht, darf die Umsetzung von Maßnahmen also nicht unnötig behindern. Das Masterplanmanagement muss auch in dieser Hinsicht klug und besonnen mit allen Akteuren interagieren. Die Besetzung der Schlüsselpositionen mit starken, engagierten Persönlichkeiten und deren erfolgreiche Zusammenarbeit mit Multiplikatoren ist einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren für das Gelingen der Masterplanumsetzung.

2.5 Politische und gesetzliche Rahmenbedingungen

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Politische und rechtliche Rahmenbedingungen wie (inter)nationale Zielsetzungen, Gesetze und Verordnungen die in Zusammenhang mit dem Masterplan stehen

Politisch bettet sich der Masterplan 100 % Klimaschutz in die Bemühungen und internationalen Verpflichtungen der Bundesregierung ein, die Emission von Treibhausgasen (THG) bis zum Jahr 2050 soweit zu senken, dass der Anstieg der mittleren Erdtemperatur auf max. 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit begrenzt wird (Europäische Kommission, DG Climate Action 2016; Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 2016).

Gleichzeitig unterliegt das Themenfeld des Masterplans einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien auf kommunaler, föderaler, nationaler und europäischer Ebene. Eine gelungene grafische Übersicht hierzu bietet das Bundeswirtschaftsministeriums unter (BMWi 2017c). Alle dort aufgeführten Gesetze und Verordnungen zu beschreiben, ist an dieser Stelle nicht sinnvoll. Nachfolgend werden deshalb lediglich exemplarisch die wichtigsten Gesetze genannt, die auch in direktem Zusammenhang mit den in Kapitel 7 vorgeschlagenen Maßnahmen stehen. Zusätzlich zu den rechtlichen Vorgaben existieren verschiedenste Förderprogramme, die die politische Zielsetzung unterstützen (Abschnitt 8.3).

- Baugesetzbuch BauGB
- Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG
- Erneuerbare-Energien-Wärmeengesetz EEG
- Energieeinsparungsgesetz EnEG
- Wasserhaushaltsgesetz WHG
- Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG
- Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz KWKG
- Bundesberggesetz BbergG
- Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz UVPG

2.6 Untersuchungsgebiet und Bilanzgrenzen

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Beschreibung und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets
- ✓ Beschreibung der klimatischen Bedingungen

Die Festlegung des Untersuchungsgebiets und der damit einhergehenden Bilanzgrenzen bildet den Rahmen in dem die Analysen und Berechnungen dieses Masterplans stattfinden. Sie ist daher von zentraler Bedeutung.

2.6.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Stadt Kaiserslautern in ihren verwaltungsrechtlichen Stadtgrenzen (Abbildung 10). Sämtlicher Energiebedarf an Strom, Wärme und für Verkehr der Bewohner, Unternehmen oder Stadtverwaltung innerhalb dieser Grenze wird in die Betrachtungen einbezogen. Das Gleiche gilt für die Potenziale an erneuerbaren Energien wie Sonne, Wind, Wasser und Bioenergie sowie die zu deren Nutzung nötigen technischen Anlagen.

Alles hingegen, was außerhalb dieser Grenze geschieht, liegt auch außerhalb des Betrachtungsraums. Aus Sicht des Energiesystems stellt die Stadtgrenze folglich die Bilanzgrenze dar. Ein Import oder Export von Energieträgern wie Strom oder Brenn- und Treibstoffen über diese Bilanzgrenze ist jedoch möglich.

Von der räumlichen Abgrenzung besteht eine Ausnahme, nämlich die Energieversorgungsanlagen der Zentralen Abfallwirtschaft Kaiserslautern ZAK, die etwas ostnordöstlich außerhalb der Stadtgrenze liegen. Sie werden als

innerhalb der Bilanzgrenze liegend angesehen. Sie werden folglich in der Modellierung in Kapitel 6 abgebildet und können zur Deckung des stadtinternen Strom- und Wärmebedarfs beitragen.

Im Rahmen der Szenarienbildung in Kapitel 6 spielt zusätzlich das Bundesland Rheinland-Pfalz eine Rolle. Es gehört zwar nicht zum Untersuchungsgebiet, in einem Szenario werden jedoch die landesweiten Potenziale zur Biogas- und Windenergienutzung bevölkerungsanteilig in die verfügbaren Energiepotenziale einbezogen.

Eine Besonderheit Kaiserslauterns bilden die großflächigen Stützpunkte der US-amerikanischen Streitkräfte, die mit fast 890 ha über 6 % der Gesamtfläche belegen. Es existieren sowohl Stützpunkte der Landstreitkräfte (US Army) als auch welche der Luftwaffe (US Air Force), wie Abbildung 11 zeigt. Obwohl die Stadt Kaiserslautern nur eingeschränkte Hoheit über diese Stützpunkte hat, werden sie als innerhalb der Bilanzgrenze befindlich betrachtet.

2.6.2 Klimatische Rahmenbedingungen

Für den Energiebedarf, vor allem zur Raumheizung, sowie die Erhebung der Potenziale an erneuerbaren Energien sind die klimatischen Bedingungen in Kaiserslautern von zentraler Bedeutung. So entscheidet die solare Einstrahlung im Jahresverlauf über die möglichen Energieerträge aus Photovoltaik und Solarthermie, und die örtliche Windgeschwindigkeit bestimmt die möglichen Erträge aus der Windenergienutzung. Der Außentemperaturverlauf hat maßgeblichen Einfluss auf den Heizwärmebedarf und die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen sowie von Solarthermieanlagen.

Um nicht ein willkürliches Jahr als Basis für die Berechnungen in Kapitel 6 zu verwenden, werden die Daten eines sogenannten Referenzjahres genutzt. Sie entstammen dem TRY-Datensatz des Deutschen Wetterdienstes für das Jahr 2035, in den bereits zu erwartende Klimaänderungen einfließen (BBR et al. 2011; BBR 2016).



Abbildung 10: Gemarkungsgrenze des Stadtgebiets Kaiserslautern und Stadtteilgrenzen (Fraunhofer ISE, 2017)

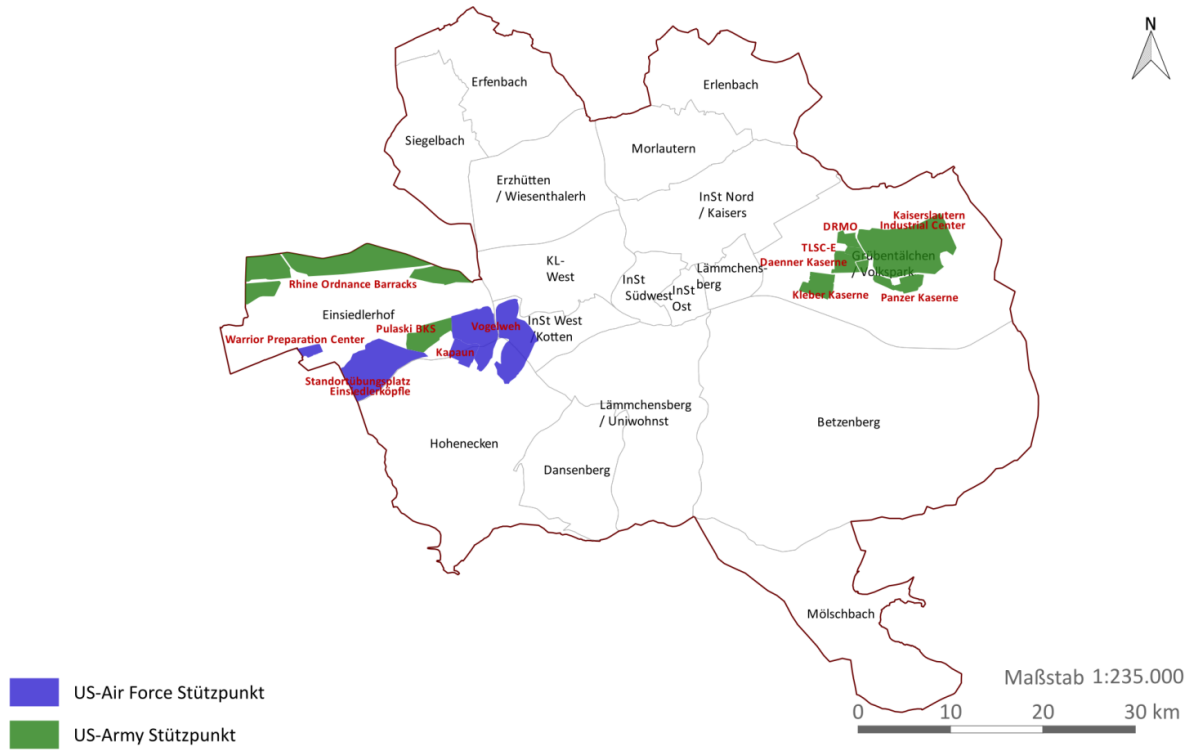


Abbildung 11: Stützpunkte der US Streitkräfte (Sonderflächen Bund) (Fraunhofer ISE, 2017)

3 Energetische Ausgangslage der Stadt Kaiserslautern

Zur Erstellung des Masterplans muss die Ausgangslage definiert werden, auf Grundlage derer die nächsten Schritte und das Zielszenario basieren. Im Folgenden sind alle Emissionen von Treibhausgasen in CO₂-Äquivalenten angegeben. Aufgrund der kürzeren Schreibweise werden diese allerdings vereinfacht als THG-Emissionen bezeichnet.

Für ein umfangreiches Klimaschutzkonzept müssen alle Emissionen und Energieverbräuche im betrachteten Gebiet erhoben werden. Dies kann auf Grundlage unterschiedlicher Daten, Gruppierungen und Detailtiefen erfolgen. Im Optimalfall wäre für jede verbrauchte kWh in der Kommune die genaue Verwendung bekannt und dokumentiert. Dies ist allerdings mangels Datenverfügbarkeit nicht möglich.

Daher werden die Bedarfe aggregiert und soweit nicht bekannt mit statistischen Verfahren geschätzt. Dies erfolgt für folgende Sektoren:

- Private Haushalte
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung (inkl. Stadtverwaltung)
- Industrie
- Mobilität

Die berechneten Bedarfe werden mit den im Gesamtstadtgebiet abgesetzten Endenergiemengen verglichen. Abweichungen werden angepasst und damit statistische Unsicherheiten behoben.

Zur Verifikation der Ergebnisse und der Verfahren werden die ermittelten Ergebnisse mit Veröffentlichungen des IfaS verglichen. Die ermittelten Emissionen für 2015 werden mit denen des IfaS für die Jahre 1990 und 2010 verglichen.

Es bleibt anzumerken, dass die Energiebedarfe, wenn nicht explizit anders bezeichnet, als Endenergiebedarfe zu verstehen sind. Dabei wird unter Endenergie die Form verstanden die dem Kunden geliefert wird, also z.B. Erdgas oder Strom. Nutzenergie wie Heizwärme wiederum ist die Form die vom Kunden für bestimmte Zwecke, hier zur Beheizung der Wohnung, benötigt wird.

3.1 Endenergiebedarfe private Haushalte

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Beschreibung der Endenergiebedarfsberechnung 2015 für elektrische Energie in privaten Haushalten
- ✓ Beschreibung der Endenergiebedarfsberechnung 2015 zur Bereitstellung von thermischer Energie in privaten Haushalten
- ✓ Endenergiebilanz 2015 für private Haushalte

Private Haushalte sind ein wesentlicher THG-Emittent. Aufgrund ihrer Homogenität und der großen Anzahl an Verbrauchsstellen sind sie statistisch gut zu erfassen. Die Verbräuche in Privathaushalten werden in Energiebedarfe für elektrische und thermische Energie unterteilt. Energie für Mobilität wird in diesem Sektor nicht erfasst. Das grundlegende Verfahren zur Berechnung der Bereiche wird nachfolgend jeweils kurz vorgestellt.

Die Wärmebedarfe der privaten Haushalte entstehen auf der gesamten Wohngebäudenutzfläche in Kaiserslautern. Diese wird nicht nur von den registrierten Einwohnern bewohnt, sondern auch von US-Amerikanern, deren genaue Zahl unbekannt ist, da sie keiner Meldepflicht unterliegen. Damit können sich in der Berechnung der Bedarfe bzw. der Angabe spezifischer Kennwerte (z.B. Heizwärmebedarf pro Einwohner), Ungenauigkeiten in den Ergebnissen ergeben.

3.1.1 Endenergiebedarf - Elektrische Energie

Der in privaten Haushalten genutzte Strom kann dank der hohen Anzahl an Verbrauchsstellen mit einer hohen statistischen Genauigkeit geschätzt werden.

1) Statistische Grundlage

Als statistische Grundlage für den Strombedarf dient die Anzahl der Wohnungen in Kaiserslautern. Hierzu werden die Wohnungsstatistiken des Statistischen Landesamts Rheinland-Pfalz nach Größe der Haushalte und die Anzahl der Bewohner für Kaiserslautern ausgewertet.

2) Spezifische Kennzahlen

Im nächsten Schritt wird der spezifische Strombedarf je Wohnung ermittelt. Als Grundlage dient hierzu BDEW (2016), in dem die statistischen, gemittelten Strombedarfe je Wohneinheit für das Jahr 2008 ausgewertet sind. Daneben wurden die Abschätzungen des Umweltbundesamts (UBA) für das Jahr 2050 als Grundlage für die Entwicklung des Bedarfs der privaten Haushalte genutzt.

3) Statistische Strombilanz

Durch Multiplikation der Werte aus 1) und 2) wird der statistische Strombedarf der privaten Haushalte berechnet.

4) Verifikation und Anpassung der Strombilanz

Die berechneten Bedarfe werden mit den erfassten tatsächlichen Verbrauchswerten verifiziert und ggf. angepasst.

5) Emissionsbilanz Strom

Die Berechnung der Emissionen erfolgt aufgrund der im Klimaschutz-Planer hinterlegten Emissionsfaktoren.

Aus der statistischen Strombilanz für die privaten Haushalte ergibt sich ein jährlicher Strombedarf für das Jahr 2015 von 146,04 GWh. Hieraus können die jährlichen Emissionen aufgrund des Strombedarfs der privaten Haushalte für bestimmte Haushaltsgrößen berechnet werden. Die Emissionen belaufen sich auf 87.624 t-THG für das Jahr 2015 (Tabelle 1).

Tabelle 1: Strombedarf und resultierende THG-Emissionen je Haushaltsgröße in privaten Haushalten in Kaiserslautern für 2015 auf Basis statistischer Berechnungen (TU Kaiserslautern, 2017)

Haushaltsgröße	Anzahl Haushalte je Haushaltsgröße		Anzahl Bewohner je Haushaltsgröße	Spezifischer Strombedarf je Haushalt	Gesamtstrombedarf Private Haushalte	Resultierende THG-Emissionen
	-	%				
-	-	%	-	kWh/a	GWh/a	t-THG
1	18.096	38	18.096	1.957	35,41	21.248
2	16.191	34	32.382	3.284	53,17	31.903
3	6.191	13	18.573	3.866	23,93	14.361
4	5.238	11	20.952	4.535	23,75	14.253
5+	1.905	4	11.429	5.126	9,76	5.859
-	47.621	-	101.432	-	146,04	87.624

3.1.2 Endenergiebedarf - Thermische Energie

Die statistischen Endenergiebedarfe an thermischer Energie werden wie folgt berechnet:

1) Statistische Grundlage

Als statistische Grundlage dient die beheizte Wohnfläche. Diese kann aus diversen statistischen Veröffentlichungen ermittelt werden. Hier wurden die bereits erstellten Daten aus TUKL (2016) genutzt, die mit aktuellen Zubauten lt. Bauanträgen ergänzt wurden. Die beheizten Flächen werden anhand ihres Baualters und der Gebäudegröße gruppiert. Hierbei wird die Gruppierung nach IWU (2016) genutzt. Als Ergebnis liegen die beheizten Flächen je Stadtteil, Gebäudegröße und Baualtersklasse vor.

2) Spezifische Bedarfswerte

Den in 1) ermittelten Flächen werden je Gebäudetyp spezifische Bedarfe [kWh/(m².a)] aus IWU (2016) zugeordnet. Zu berücksichtigen ist, dass in diesen Verbräuchen auch Bedarfe für Warmwasser und Raumwärme aus elektrischen

Quellen wie Wärmepumpen enthalten sind. Die große Anzahl an Gebäuden führt zu einer relativ geringen Unsicherheit. Weiterhin wird ein Klimakorrekturenfaktor mit eingerechnet, welcher angibt, wie sich der Heizwärmebedarf im Verhältnis zum Referenzort Potsdam verhält, auf den sich die spezifischen Bedarfe beziehen. Der Klimakorrekturenfaktor für Kaiserslautern beträgt 0,93.

3) Statistische Wärmebilanz

Durch Kombination der in 1) und 2) gewonnenen Informationen können die Energiebedarfe für Wärme ermittelt werden. Diese besitzen die gleiche Auflösung wie die in 1) zugrunde gelegten Daten. Somit können diese Daten nach Bedarf, z.B. je Stadtteil oder Baualtersklasse, wieder zusammengefasst werden.

4) Verifikation und Anpassung der Wärmebilanz

Die statistisch berechneten Daten werden mit den tatsächlichen Verbrauchswerten verglichen und ggf. angepasst.

5) Emissionsbilanz Wärme

Die Berechnung der Emissionen erfolgt wieder durch die im Klimaschutz-Planer hinterlegten Emissionsfaktoren.

Die Verbräuche an Energieträgern wie Biomasse, Solarthermie und der Verbrauch für Wärmepumpen werden alle den Wohngebäuden zugeschrieben und durch ein statistisches Verfahren geschätzt. Besonders bei Wärmepumpen und Biomasse bildet diese Annahme die Realität gut ab. Die Anteile am Wärmebedarf, die durch Wärmepumpen, Biomasse und Solarthermie gedeckt werden, wurden aus der Statistik des Marktanzreizprogramms (MAP) des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle entnommen (Tabelle 40, Anhang 14.3). Eine genaue Zuordnung ist zum einen nicht möglich, da die entsprechenden Daten nicht verfügbar sind, zum anderen nicht notwendig, da eine Gesamtbilanz erstellt wird. Daneben liegt der Anteil dieser Energieträger in Kaiserslautern unter 1 % und ist somit sehr gering.

Die Aufschlüsselung des Wärmebedarfs und der THG-Emissionen der anderen Energieträger bezogen auf die Gebäudealtersklassen kann Tabelle 2 entnommen werden. Hier ist auch ein spezifischer Bedarf für die Gebäudeklassen angegeben, der aus dem errechneten Energiebedarf und den zugehörigen Wohnflächen berechnet wurde. Ein Großteil der Gebäude ist einer der frühen Gebäudealtersklassen (Baujahr vor 1983) zuzuordnen. Diese Gebäude weisen im unmodernisierten Zustand einen sehr hohen spezifischen Bedarf auf (Tabelle 2). Somit fallen bereits 85 % der THG-Emissionen durch Gebäude mit einem Baujahr vor 1984 an. In der Summe ergibt sich durch die kommunale Energiebilanz ein Endenergiebedarf für die Bereitstellung von Heizwärme in privaten Haushalten von 975 GWh in 2015. Daraus resultieren für das Jahr 2015 Emissionen in Höhe von 257.397 t-THG und ein durchschnittlicher spezifischer Heizwärmebedarf von 217 kWh/(m².a). Zum Vergleich: Im Neubau liegt dieser Wert zwischen 40 und 100 kWh/(m².a). Die resultierenden spezifischen Emissionen liegen bei 57,4 kg-THG/(m².a) und damit rd. 16 % über dem Bundesschnitt von 49,7 kg-THG/(m².a)¹⁶.

Tabelle 2: Endenergiebedarf an thermischer Energie und resultierende THG-Emissionen in privaten Haushalten für Kaiserslautern je Baualtersklasse für 2015 auf Basis statistischer Berechnungen (TU Kaiserslautern, 2017)

Baualtersklasse	Einheit	Bis 1948	1949 - 1968	1969 - 1983	1984 - 1994	1995 - 2001	2002 - 2009	2010 - 2015	Summe
Wohnfläche	1.000 m ²	1.168,7	1.389,3	987,1	360,3	309,9	200,5	70,6	4.486,5
Energiebedarf	GWh/a	287,29	339,29	213,62	68,46	37,31	24,02	4,76	974,75
THG-Emissionen	t-THG/a	75.862	89.593	56.408	18.078	9.852	6.343	1.257	257.397
Spezifischer Bedarf	kWh/(m ² .a)	245	244	216	190	120	120	67	217

¹⁶ co2online 2017; <https://www.heizspiegel.de/service/news/beitrag/heizen-welches-bundesland-ist-am-klimafreundlichsten-13551/>, Zugriff 04.09.2017.

3.1.3 Vergleich Endenergiebedarfe und THG-Emissionen

Um die Aufteilung der THG-Emissionen bezogen auf die zugehörigen Energieträger kenntlich zu machen, sind diese in Abbildung 12 für die privaten Haushalte dargestellt. Der Strombedarf macht demnach nur 13 % der gesamten jährlichen Energiebedarfe der privaten Haushalte aus, gleichzeitig ist dieser für 25 % der jährlichen THG-Emissionen verantwortlich. Grund hierfür sind die geringeren spezifischen Emissionsfaktoren bei der Wärmebereitstellung im Vergleich zum Emissionsfaktor für den deutschen Strommix.

Endenergiebedarf und Emissionen privater Haushalte in Kaiserslautern

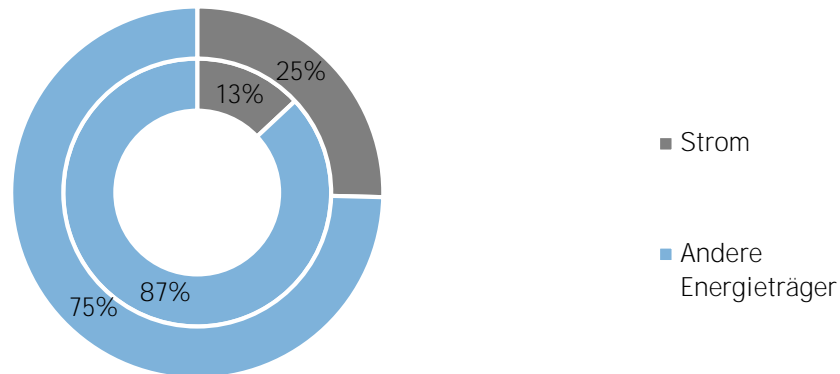


Abbildung 12: Vergleich der Energiebedarfe (innen) und THG-Emissionen (außen) für elektrische und thermische Energie (TU Kaiserslautern, 2017)

3.2 Energiebedarf Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Beschreibung der Endenergiebedarfsberechnung 2015 für GHD&I
- ✓ Einfluss der Beschäftigtenentwicklung hinsichtlich der Endenergiebilanz
- ✓ Endenergiebilanz Stadtverwaltung, GHD und Industrie
- ✓ Bedeutung der US Streitkräfte für die Endenergiebilanz

3.2.1 Berechnungsgrundlagen und Vorgehensweise

Die Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie (GHD&I) und öffentliche Hand können nach mehreren Unterscheidungsmerkmalen wie z.B. der Rechtsform unterteilt werden, dabei gibt es allerdings keine eindeutige Unterscheidung zwischen den Gruppen. Auch hier ist es wird ein statistischer Ansatz gewählt, der durch Verbrauchswerte verifiziert wird.

1) Statistische Grundlage

Als Grundlage dient die Anzahl der Beschäftigten je Gewerbesektor, die über die statistischen Landesämter erhoben werden können. Das Statistische Landesamt erhebt die Beschäftigten je Gemeinde und Wirtschaftszweig. Die aktuelle Klassifikation des Wirtschaftszweiges unterscheidet 21 Abschnitte mit jeweils 21 Abteilungen A-U. Für Kaiserslautern ist die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten je Abteilung verfügbar.

Zum Teil wurden die Zahlenwerte durch das Statistische Landesamt Rheinland-Pfalz als „geheim zu halten“ eingestuft. Dies kann unterschiedliche Gründe haben, wie z.B. eine zu geringe Anzahl an Unternehmen oder geringe Anzahl an Beschäftigten (SB). Zur Vervollständigung wurden die nicht zugeordneten Fälle nach Erfahrungswerten auf die verbleibenden Abschnitte verteilt. Die Anzahl der nicht zugeordneten Arbeitnehmer ergibt sich als Differenz aus der Gesamtsumme der SB und der den einzelnen Abschnitten zugeordneten SB.

2) Statistische Kennwerte Endenergie

Weiter wurden statistische Kennwerte je Branche ermittelt für den durchschnittlichen Bedarf von Endenergie nach Brennstoffen (Erdgas, Erdöl, Fernwärme, Biomasse, etc.) und Strom pro Mitarbeiter in einem durchschnittlichen Unternehmen der jeweiligen Branche. Verfügbar sind der durchschnittliche Endenergiebedarf in kWh je Beschäftigtem und Jahr für die verschiedenen Branchen aus ISI (2015) und Difu (2016). Der Mobilitätsbedarf ist nicht enthalten.

3) Statistischer Endenergiebedarf

Durch Multiplikation von Daten aus 1) mit Daten aus 2) erhält man die statistischen Bedarfe an Nutzenergie für die Unternehmen in der Stadt Kaiserslautern.

4) Aufteilung GHD-Werte

In den statistisch berechneten Werten enthält der Bereich GHD ebenfalls die Stadtverwaltung. Deshalb werden die Verbräuche der Stadtverwaltung von diesem Sektor abgezogen.

5) Verifikation der Endenergiebilanz

Die statistisch berechneten Mengen werden mit den erhobenen kumulierten Verbrauchsdaten, also tatsächlich abgerechneten Erdgas-, Strom und Fernwärmemengen, abgeglichen. Bei Abweichungen werden die statistischen Werte an die Verbrauchswerte angepasst.

6) Weitere Datenerhebungen für Anpassungen

Um die Anpassung an die realen Verbrauchswerte durchführen zu können, sind weitere Datenerhebungen notwendig, insbesondere im Bereich der Industrie und Großabnehmer, da diese Gruppe wesentlich inhomogener ist als der Sektor GHD oder die privaten Haushalte. Hierfür wurden eine Online-Umfrage, Umfrageerfassungen und Einzelgespräche durchgeführt.

7) Emissionsbilanz GHD&I

Nach der Eingabe der angepassten Endenergiebilanz in den Klimaschutz-Planer gibt dieser die Emissionsbilanz für den Bereich Stadtverwaltung, GHD und Industrie aus.

3.2.2 Endenergiebedarfe

In Tabelle 3 sind die berechneten Energiebedarfe und THG-Emissionen für die Sektoren GHD&I inklusive Stadtverwaltung in Kaiserslautern für das Jahr 2015 aufgelistet. Im Vergleich zu den privaten Haushalten ist der Anteil des Strombedarfs am gesamten Energiebedarf wesentlich höher. Dadurch ergeben sich, verglichen mit den privaten Haushalten, durch die um 36 % höheren Endenergiebedarfe um 73 % höhere THG-Emissionen.

Tabelle 3: Endenergiebedarf und resultierende THG-Emissionen für Industrie, GHD und Stadtverwaltung ohne Mobilität in Kaiserslautern für 2015 auf Basis statistischer Berechnungen (TU Kaiserslautern, 2017)

Wirtschaftszweig		Endenergiebedarf	THG-Emissionen
Einheit		GWh/a	t-THG/a
Industrie	Andere Energieträger	536,42	134.069
	Strombedarf	415,10	249.060
GHD	Andere Energieträger	349,92	90.255
	Strombedarf	177,02	106.212
Stadtverwaltung	Andere Energieträger	31,46	7.873
	Strombedarf	14,82	8.892
Gesamt		1.524,74	596.361

3.2.3 Einfluss der Beschäftigtenverteilung

Da der Energiebedarf jeder Branche aus den spezifischen Bedarfswerten je Mitarbeiter berechnet wurde, wird im Folgenden der Einfluss der Entwicklung der Beschäftigtenzahlen untersucht. Hierzu wurden die Werte für die Jahre 2010 und 2015 der Beschäftigten und die daraus rechnerisch resultierenden Änderungen der Energiebedarfe berechnet. Tabelle 4 zeigt, dass es dabei eine starke Verlagerung vom Metall- und Ernährungssektor hin zu chemischer Industrie, Krankenhäuser, Gummi- und Kunststoffwaren und Handel gab. Aufgrund der Verschiebung vom produzierenden Gewerbe hin zum Dienstleistungssektor ergibt sich trotz der Erhöhung der Beschäftigtenzahl eine Reduzierung des Energiebedarfs.

Tabelle 4: Änderung der Beschäftigten nach Wirtschaftszweig zwischen 2010 und 2015 in Kaiserslautern und auf Basis von statistischen Kennwerten resultierende Energiebedarfsänderung (TU Kaiserslautern, 2017)

Wirtschaftszweig	Veränderung Anzahl Beschäftigte	Veränderung Energiebedarf	Wirtschaftszweig	Veränderung Anzahl Beschäftigte	Veränderung Energiebedarf
Einheit		MWh/a		-	MWh/a
NE-Metalle, Gießereien	-220	-181.817	Chemische Industrie	186	124.385
Metallbearbeitung	-220	-181.817	Krankenhäuser	874	25.706
Ernährung und Tabak	-60	-10.491	Gummi- und Kunststoffwaren	308	19.845
Maschinenbau	-312	-7.634	Handel	958	12.679
Summe	-812	-381.759	Summe	2.326	182.615

3.2.4 US Streitkräfte

Neben den erhobenen Beschäftigten in den Sektoren GHD sowie Industrie existiert in Kaiserslautern mit den US-amerikanischen Streitkräften ein weiterer Bereich, der zum Teil deutlichen Fluktuationen unterliegt. Deren Umfang wird durch das Statistische Landesamt in der Abteilung U erhoben, jedoch nicht veröffentlicht. Die Streitkräfte teilen sich innerhalb der Stadt in die beiden Gruppen US Army und US AirForce auf. In den Endenergiebilanzen sind die Streitkräfte durch die Erfassung der leitungsgebundenen Versorgung berücksichtigt und werden als Teil des Sektors GHD behandelt. Eine Separierung ist auf Basis der verfügbaren Daten nicht möglich. Bezogen auf Art und Umfang des Energiebedarfs sind die Streitkräfte wie ein Unternehmen zu betrachten und sollten daher in entsprechende Planungen und Gremien, z.B. das Akteursnetzwerk, integriert werden. Im Rahmen der Masterplan-Erstellung wurde Interesse an einer Mitwirkung zum Erreichen der Klimaschutzziele signalisiert.

3.3 Verifikation

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Vorgehensweise bei der Verifikation der statistischen Bedarfsberechnungen
- ✓ Vergleich der berechneten THG-Emissionen mit anderen Studien

Zur Verifikation der statistisch ermittelten Daten wurden mehrere Ansätze gewählt. Zum einen wurden potenzielle große Verbraucher (hotspot-Unternehmen) direkt angeschrieben und Verbrauchsdaten abgefragt und mit den statistischen Hochrechnungen verglichen. Zudem wurden die Verbräuche der leitungsgebundenen Energieträger (Erdgas, Strom, Fernwärme) betrachtet.

Beim Abgleich der Gesamtbilanzen zeigte sich, dass der statistisch berechnete Bedarf deutlich höher als die realen Verbräuche ist. Erwartungsgemäß wurden dabei die Sektoren private Haushalte und GHD mit dem statistischen Verfahren gut abgeschätzt. Diese Sektoren entsprechen somit im Mittel den für Deutschland statistischen Daten. Größere Unterschiede wurden bei den Industriebetrieben festgestellt, da hier die Anzahl zum einen geringer und zum anderen die Energieverbräuche wesentlich diverser sind. Daneben umfassen die statistischen Daten für Deutschland i.d.R. mehrere Unternehmensbereiche, wie Produktion, Entwicklung oder Verkauf. Wenn aber z.B. nur der weniger energieintensive Teil der Unternehmensbereiche in Kaiserslautern angesiedelt ist, führt dies zwangsläufig zu einer Verzerrung. Diese Differenzen zeigten sich bei manchen Unternehmen bei Gegenüberstellung der statistisch erhobenen Daten mit den Umfragedaten.

Im Allgemeinen zeigte sich ein Trend zu einem höheren Einsatz von Strom und einem geringeren Bedarf an Heiz- und Prozesswärme. Daher wurden die statistisch ermittelten Bedarfe vor allem im Bereich der Prozesswärme bei Industrieunternehmen angepasst. Dies bedeutet konkret, dass der statistisch berechnete Strombedarf für Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistung um 10 % nach oben und der Bedarf für Prozess- und Heizwärme im Bereich Industrie um 45 % nach unten korrigiert wurde.

Neben den Verbrauchsdaten wurden auch weitere Erhebungen des IfaS zu THG- Emissionen ausgewertet. Alle Betrachtungen weisen einen rückläufigen Trend gegenüber 1990 auf (Abbildung 13).

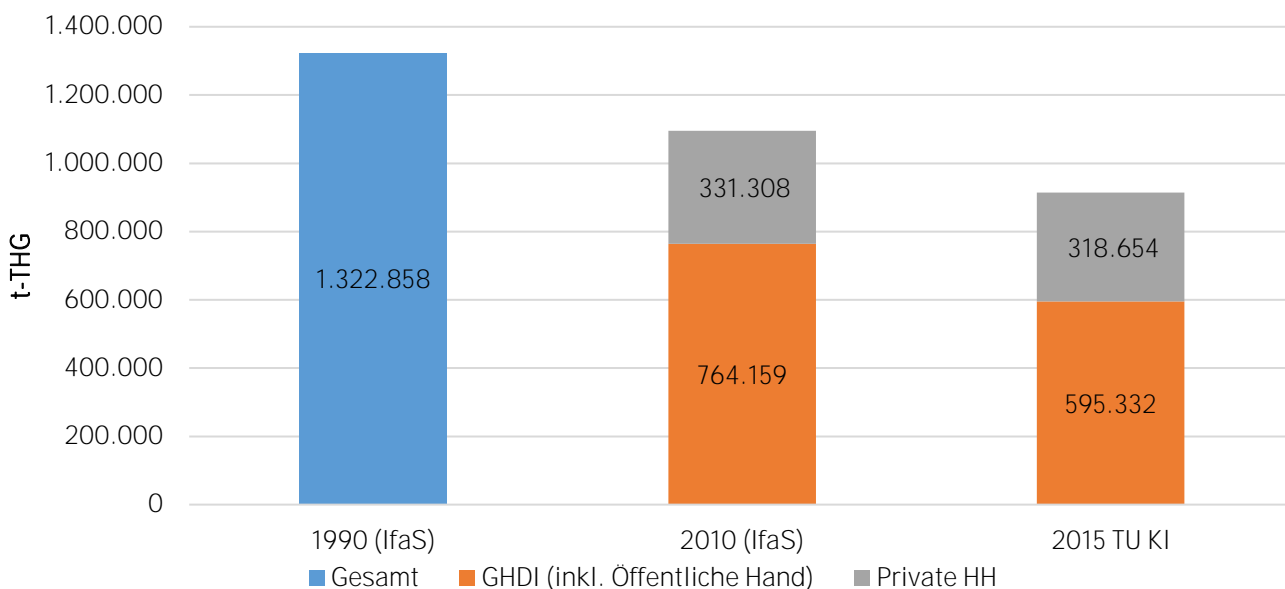


Abbildung 13: Vergleich der ermittelten THG-Emissionen (ohne Verkehr) für Stadt Kaiserslautern (TU Kaiserslautern, 2017)

3.4 Endenergiebedarfe Mobilität

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Darstellung der von R&T Ingenieure ermittelten Fahrleistungen
- ✓ Eigene Erhebung von Energiebedarfen im Schienenverkehr
- ✓ Berechnung der daraus resultierenden Energiebedarfe

Der Sektor Verkehr wird in der zusätzlichen Untersuchung „**Mobilitätsplan Klima+ 2030**“ separat betrachtet, daher werden an dieser Stelle nur die wichtigsten Annahmen und Folgerungen aus dem Mobilitätsplan dargestellt.

Auf Grund des Territorialprinzips bei der Bilanzierung wird nur der Verkehr bilanziert, welcher innerhalb der Gemarkung der Stadt Kaiserslautern stattfindet. Dieser umfasst zum einen den Verkehr, welcher vollständig in Kaiserslautern stattfindet, z.B. von Mölschbach über Kaiserslautern nach Erfenbach. Zudem kommen die

Streckenanteile bei Fahrten von und nach Kaiserslautern, die in Kaiserslautern liegen, also z.B. der Teil der Strecke des Lautertal-Express zwischen Kläranlage und Hauptbahnhof. Zusätzlich wird noch der Transitverkehr durch Kaiserslautern berücksichtigt, also Verkehr mit Start und Ziel außerhalb von Kaiserslautern, wie z.B. Verkehr auf der A6 von Ludwigshafen nach Saarbrücken, der durch Kaiserslautern fließt. Abweichend von dieser Logik wird der Flugverkehr nur am Start- und Landepunkt bilanziert. Da in Kaiserslautern keine Flughäfen existieren, entfällt dieser Teil (vgl. MPH 5.2.4). Aus gleichem Grund entfallen Emissionen durch Binnenschiffverkehr und S- bzw. U-Bahnen.

Analog zur stationären Bilanz wird diese an Hand von Kenngrößen ermittelt. Während für den Straßenverkehr jährliche Fahrleistungen vorliegen (Tabelle 41, Anhang 14.3), sind für Schienenverkehr und Reisebusse nur absolute Verbrauchswerte vorhanden (Tabelle 5). Diese wurden durch R+T Ingenieure erhoben bzw. von DB Netze bereitgestellt. Mit Hilfe der spezifischen Emissionsfaktoren können aus den Fahrleistungen bzw. Energiemengen die absoluten Emissionen berechnet werden. Die spezifischen Emissionsfaktoren sind dem Klimaschutz-Planer entnommen. Zudem wurde jedem Verkehrsmittel eine Kraftstoffart zugewiesen. Weitere Fahrleistungen, wie mit Fahrrad oder zu Fuß, werden auf Grund ihrer Emissionsfreiheit mit 0 berücksichtigt. Es ergibt sich für 2015 ein kumulierter Energiebedarf von 536,5 GWh/a für Mobilität innerhalb von Kaiserslautern, wobei der Anteil an Strom bei unter 1 % liegt. Diesel und Benzin haben mit 56 % bzw. 42 % einen ähnlich hohen Anteil an der Energiebereitstellung. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den resultierenden Emissionen, diese summieren sich zu 172.101 t-THG/a, wobei 55 % auf die Verbrennung von Diesel und 44 % auf die Verbrennung von Benzin entfallen. Somit trägt der Verkehr in Kaiserslautern mit rd. 15 % zu den gesamten bilanzierten Emissionen bei.

Tabelle 5: Endenergiebedarf und THG-Emissionen des Verkehrs in Kaiserslautern 2015 (TU Kaiserslautern, 2017)

Verkehrsart	Bedarf bzw. gemessener Verbrauch	Energie-träger	Emissions-faktor	Emissionen
Einheit	GWh/a	-	g-THG/kWh	t-THG/a
Motorisierte Zweiräder	5,0	Benzin	314,4	1.572
PKW	343,5	2/3 Benzin 1/3 Diesel	314,4 325,5	71.999 37.270
Leichte Nutzfahrzeuge (< 3,5 t)	27,2	Diesel	325,5	8.848
LKW (> 3,5t)	135,2	Diesel	325,5	43.997
Stadtbusse	11,9	Diesel	325,5	3.887
Reisebusse	5,1	Diesel	325,5	1.662
Schienenpersonennahverkehr (Strom)	1,1	Strom		656
Schienenpersonennahverkehr (Kraftstoffe)	2,6	Diesel	325,5	831
Schienenpersonenfernverkehr (Strom)	1,4	Strom		796
Schienenpersonenfernverkehr (Kraftstoffe)	0,1	Diesel	325,5	48
Schienengüterverkehr (Strom)	2,6	Strom		1.528
Schienengüterverkehr (Kraftstoffe)	0,9	Diesel	325,5	277
Flugzeuge	0,0	Kerosin	-	-
Binnenschiffe	0,0	Diesel	325,5	-
Straßen- und U-Bahnen	0,0	Strom		-
Summe	536,6	-	-	173.375

3.5 Energieversorgung

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Beschreibung der heutigen Energieversorgungsinfrastruktur für Strom, Wärme, Erdgas und Treibstoffe
- ✓ Beschreibung der heutigen Energieversorgungsanlagen für Strom und Wärme

Im Folgenden wird die heutige Energieversorgung Kaiserslauterns mit Strom, Wärme und Treibstoffen beschrieben.

3.5.1 Versorgungsinfrastruktur an Strom-, Gas- und Wärmenetzen

Wie Abbildung 14 zeigt, wird das Stadtgebiet Kaiserslautern von zwei Netzbetreibern mit Strom versorgt. Der größte Teil des Kaiserslauterner Stadtgebiets liegt im Versorgungsbereich der SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgungs-AG, kurz SWK (SWK 2017). Lediglich der Ortsteil Mölschbach im Südosten der Stadt und einzelne Liegenschaften in den Stadtteilen Einsiedlerhof im Westen und Erfenbach im Nordwesten sind an das Netz der Pfalzwerke Netz AG angeschlossen (Pfalzwerke Netz AG 2017). Die Stromnetzabdeckung ist flächendeckend.

Das Netz der SWK hat eine Gesamtlänge von 1.414 km (SWK 2015). Das Netz verfügt ausschließlich über die Spannungsebenen Mittel- und Niederspannung, besitzt also keinen Hochspannungsteil. Die Jahreshöchstlast im gesamten Netzgebiet betrug 2014 knapp 94 MW, und die Kapazität der Umspanneinrichtungen von Mittel- nach Niederspannung 247 MVA (SWK 2015). Neuere Daten sind nicht öffentlich verfügbar.

Zusätzlich zu den veröffentlichten Daten liegen den Autoren viertelstündlich aufgelöste Zeitreihen der Netzlast im Stadtgebiet Kaiserslauterns vor (SWK 2015, 2017). Außerdem ist der Anteil der Standardlastprofilkunden am Jahresstromabsatz gegeben (SWK 2017). Die Daten werden für die zeitlich aufgelösten Szenarienrechnungen in Kapitel 6 verwendet.

Bei Erdgas und Fernwärme ist SWK der einzige Netzbetreiber im Kaiserslauterner Stadtgebiet. Aus den zur internen Verwendung von SWK zur Verfügung gestellten Netzplänen wird ersichtlich, dass sich das Erdgasnetz auf alle Stadtteile erstreckt und die besiedelten Bereiche sehr gut abgedeckt. Abbildung 15 zeigt eine aus den detaillierten Netzplänen abgeleitete Darstellung auf Stadtteilebene. Eine Zahlenangabe zur Netzabdeckung liegt seitens des Netzbetreibers nicht vor.

Gespeist wird das Erdgasnetz aus den Hochdruckleitungen Creos-HD-Transportleitung Nord und Süd mit 28 bar bzw. 23 bar (SWK 2011). Es verfügt über eine Länge von insgesamt fast 1.025 km (SWK 2014). Die maximale Netzlast betrug 2013 rd. 544 MW (SWK 2014). Für das Bezugsjahr 2015 sind noch keine Werte veröffentlicht.

Aus ergänzenden, nicht-öffentlichen Angaben ist zusätzlich der Jahreserdgasabsatz im Stadtgebiet Kaiserslauterns in stündlicher Auflösung bekannt (SWK 2017). In Jahressumme belief er sich 2015 auf rd. 1.610 GWh.

Für das Fernwärmenetz liegen den Autoren ebenfalls nicht-öffentliche Angaben in Form eines Netzplans sowie einer tagesfein aufgelösten Zeitreihe des Fernwärmeabsatzes für das Jahr 2015 vor (SWK 2017). Angaben zur Leitungskapazität sind nicht bekannt.

Entgegen dem optischen Eindruck aus der stadtteilbezogenen Darstellung in Abbildung 15 ist das Fernwärmenetz nicht nur in weniger Stadtteilen verfügbar als das Gasnetz, sondern auch innerhalb dieser deutlich dünner ausgebaut. Es konzentriert sich vor allem auf den dichtbebauten Innenstadtbereich. Von dort gehen Sticheleitungen nach Westen zu den Industrieansiedlungen im Stadtteil Einsiedlerhof und nach Nordosten zum Betriebsgelände von ZAK, was dem dortigen Biomasseheizkraftwerk eine Fernwärmeeinspeisung ermöglicht (SWK 2017; ZAK 2017b). ZAK steht für Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern - gemeinsame kommunale Anstalt der Stadt und des Landkreises Kaiserslautern (ZAK) und ist der örtliche und auch regionale Entsorgungs- und Verwertungsbetrieb (ZAK 2017c).

Über die Energieversorgung hinaus ist SWK auch für die Wasserver- und -entsorgung sowie den öffentlichen Nahverkehr in Kaiserslautern zuständig (SWK 2017).

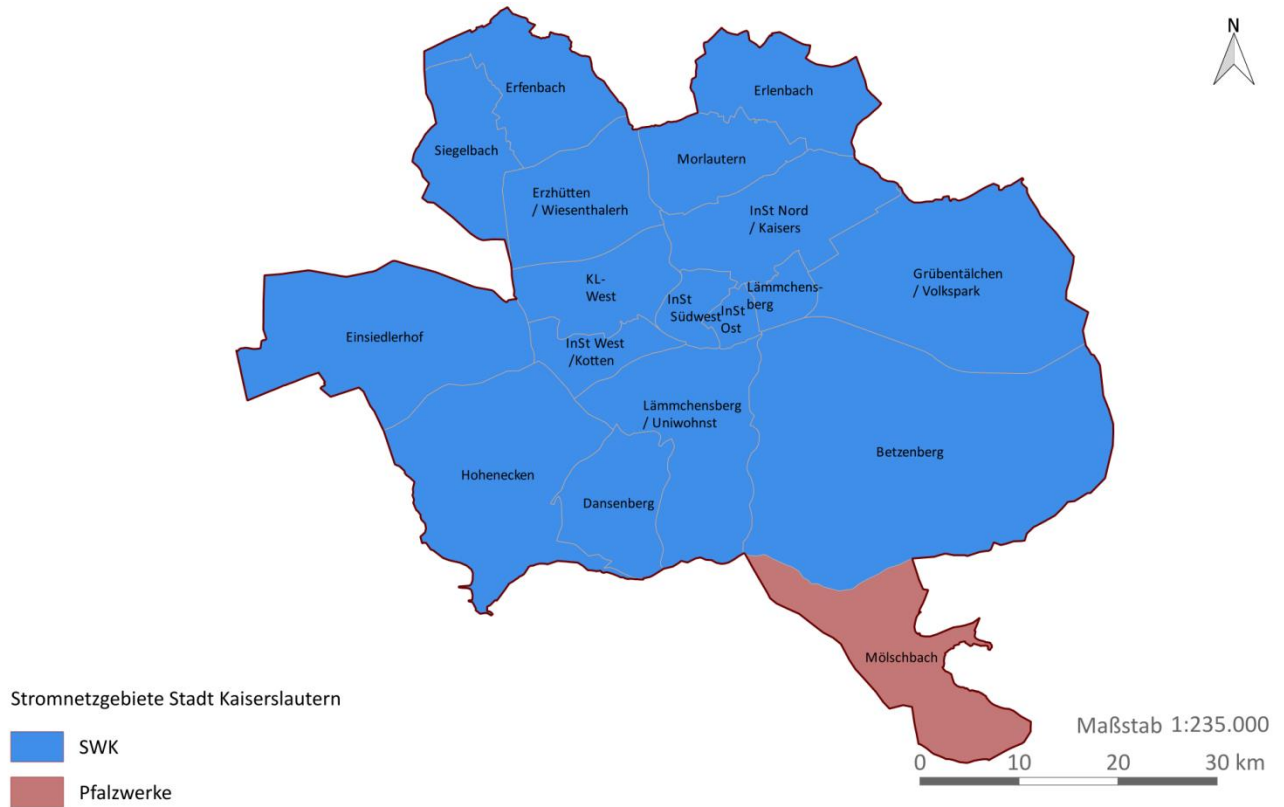


Abbildung 14: Stromnetzgebiete der beiden Netzbetreiber SWK und Pfalzwerke im Stadtgebiet Kaiserslautern (Fraunhofer ISE, 2017; Daten: SWK, Pfalzwerke)



Abbildung 15: Gebiete mit Gas- und Fernwärmeversorgung des Netzbetreibers SWK (Fraunhofer ISE, 2017; Daten: SWK)

3.5.2 Erzeugungsanlagen Strom und Wärme

In Kaiserslautern existieren einige größere Kraftwerke und Versorgungsanlagen. Die größten Einheiten stellen die beiden Heizkraftwerksblöcke der SWK in der Karcherstraße dar (Nummer 1 in Abbildung 16). Der Kohleblock verfügt über eine Wärmeleistung von 80,6 MW_{th}. Der erdgasgefeuerte Block hat eine Wärmeleistung von rd. 86,4 MW_{th}. Beide Blöcke versorgen über eine gemeinsame Hochdruckdampfschiene mehrere Turbinen mit Frischdampf und treiben Generatorseinheiten mit einer elektrischen Leistung von zusammen 23,3 MW_{el} an. Zusätzlich gibt es eine Gasturbine mit 5,1 MW_{el} elektrischer Leistung. Die beiden Heizkraftwerksblöcke werden in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben, d. h. neben Strom wird auch Fernwärme ausgekoppelt. Sollte die Fernwärmeleistung aus den beiden Heizkraftwerksblöcken witterungsbedingt nicht ausreichen, so stehen am Standorten Burgstraße und Opelkreisel sowie den US Liegenschaften Ost und Vogelweh zusätzlich Spitzenlastkessel bereit (z. B. Nummer 2). Am Standort in der Karcherstraße wurden im Jahr 2017 außerdem drei große, zentrale Warmwasserspeicher installiert, die eine Kapazität von je 340 m³ aufweisen und mit dem Fernwärmenetz gekoppelt sind (SWK 2017).

Das Bioabfallheizkraftwerk auf dem Betriebsgelände von ZAK ist über den östlichen Strang ans Fernwärmenetz der SWK angebunden und speist seit 2016 ins Fernwärmenetz ein (Nummer 3). Es weist eine elektrische und thermische Leistung von 3,2 MW bzw. rd. 8 MW auf (ZAK 2017a). Als Brennstoffe werden Altholz, Garten- und Parkabfälle sowie über eine vorgelagerte Vergärung in einer Biogasanlage auch Bioabfälle energetisch verwertet. Auf dem Gelände stehen außerdem drei Windenergieanlagen mit einer elektrischen Nennleistung von je 3 MW (Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern - gemeinsame kommunale Anstalt der Stadt und des Landkreises Kaiserslautern (ZAK) 2017d). Auf einem der Gebäude ist eine Photovoltaikanlage mit fast 0,4 MW elektrischer Leistung installiert (Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH 2015, S. 47).

Die größte innerstädtische Photovoltaikanlage, City-Solarpark Hölzengraben, befindet sich im Nordosten der Stadt (Nummer 4). Es handelt sich um eine Freiflächenanlage mit einer Fläche von über 845.000 m² auf der rd. 6,4 MW an elektrischer Leistung installiert sind (WVE GmbH Kaiserslautern 2017; Deutsch-französisches Büro für erneuerbare Energien 2015).

Eine weitere große Photovoltaikanlage befindet sich auf dem Fritz-Walter-Stadion (Nummer 5). Sie hat eine Fläche von 6.000 m² mit einer installierten elektrischen Leistung von fast 1,4 MW (Solar-Energiedach GmbH PV 2017).

Auf dem Gebäude von IKEA im Westen der Stadt ist ebenfalls eine Photovoltaikanlage installiert. Auch hier ist die installierte Leistung unbekannt. Aufgrund der belegten Fläche werden etwa 0,1 MW abgeschätzt. An dem Standort wird außerdem noch ein Erdgas-BHKW unbekannter Leistung betrieben, das die Liegenschaft – zusammen mit der PV-Anlage – weitgehend mit Strom und Wärme versorgt (IKEA 2017).

In öffentlichen Gebäuden wie Mehrzweckhallen und Schulen werden darüber hinaus eine Reihe kleiner Erdgas-BHKW betrieben (Nummern 7-12). In Summe sind hier 0,04 MW_{el} an elektrischer und 0,1 MW_{th} an thermischer Leistung installiert (Stadtverwaltung KL 2017). Die SWK betreibt im Stadtgebiet BHKWs mit rd. 0,195 MW_{el} elektrischer und 0,33 MW_{th} Wärmeleistung (SWK 2017).

Abgesehen von der Fernwärme erfolgt die Wärmeversorgung weitgehend dezentral und zu großen Teilen auf Basis von Erdgas. Details zu den hier insgesamt installierten Heizleistungen sind nicht vorhanden. Stromspeicher werden nach derzeitigem Kenntnisstand in Kaiserslautern nicht betrieben.

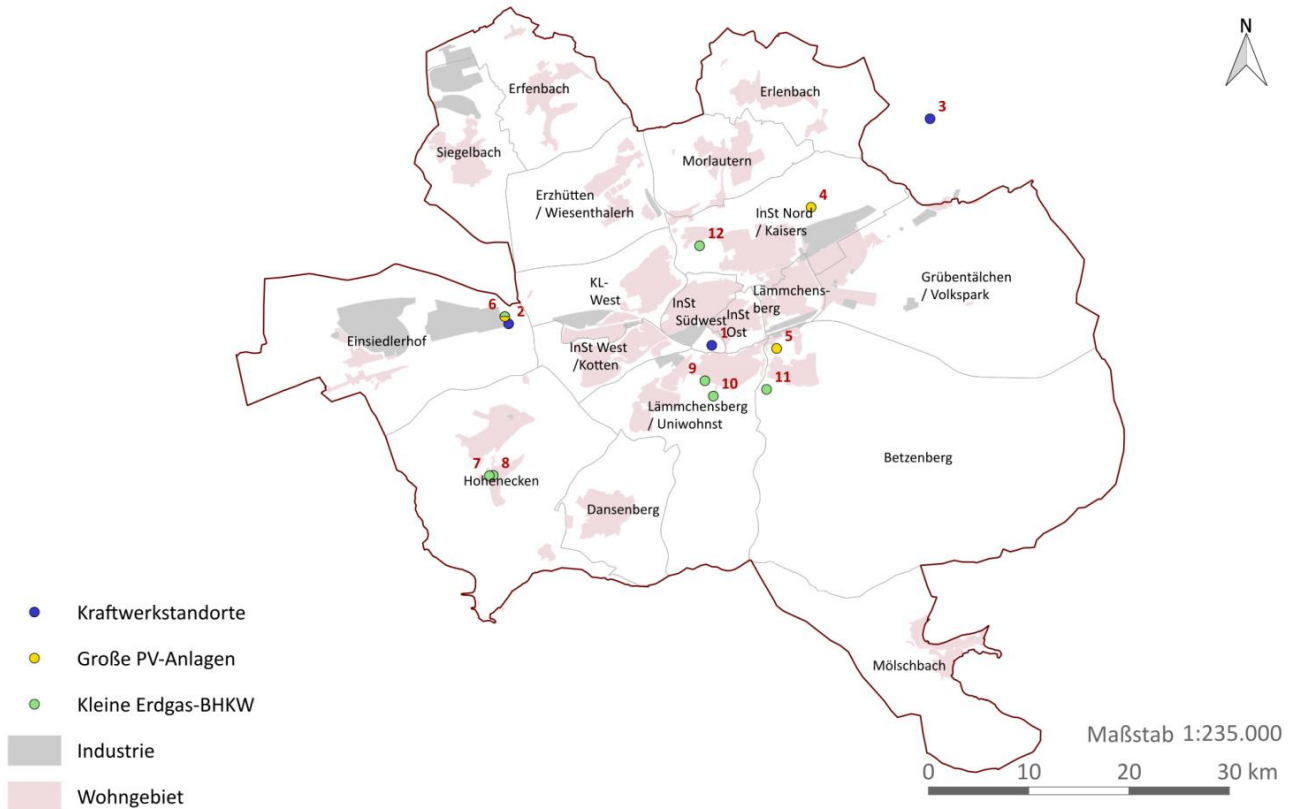


Abbildung 16: Bestehende Kraftwerkskapazitäten (TU Kaiserslautern, 2017)

Tabelle 6: Bestehende Kraftwerkskapazitäten (Fortsetzung)

Lfd. Nummer in Abbildung 16	Beschreibung	Nennleistung in kW		Inbetriebnahme
		Elektrisch	Thermisch	
1	Heizzentrale SWK:			
	Kohlekraftwerksblock	-	80.600	1996
	Erdgasheizkraftwerksblock	-	86.400	1989
	Generatorleistung gesamt	23.300	-	unbekannt
	Gasturbine	5.100	-	unbekannt
	3 Wärmespeicher	je 340 m ³	-	2017
2	Heizzentrale SWK: Spitzenlastkessel	-	unbekannt	unbekannt
3	Betriebsgelände ZAK:			
	Bioabfall-HKW	3200	8.000	unbekannt
	3 Windenergieanlagen	9.000	-	2014
	PV-Aufdachanlage	360	-	unbekannt
4	City-Solarpark Hölzengraben:	845.000 m ²	-	2014
	PV-Freiflächenanlage	6.360		
5	Fritz-Walter-Stadion:	6.000 m ²	-	2010
	PV-Aufdachanlage	900		
6	IKEA:	ca. 100	-	2015
	PV-Aufdachanlage, Erdgas-BHKW	unbekannt	unbekannt	2015

Tabelle 6 Bestehende Kraftwerkskapazitäten (Fortsetzung)

Lfd. Nummer in Abbildung 16	Beschreibung	Nennleistung in kW		Inbetriebnahme
		elektrisch	thermisch	
7	Mehrzweckhalle Hohenecken: Erdgas-BHKW	5	13	2011
8	Grundschule Hohenecken: Erdgas-BHKW	5	13	2010
9	Barbarossahalle: Erdgas-BHKW	5	13	2012
10	Pestalozzi Schule: Erdgas-BHKW	5	13	2011
11	Schulzentrum Süd: Erdgas-BHKW	19	34	2010
12	Schulzentrum Nord: Erdgas-BHKW	3	8	2011

Quellen: (SWK 2017; ZAK 2017c; Deutsch-französisches Büro für erneuerbare Energien 2015; Solar-Energiedach GmbH PV 2017; IKEA Deutschland 2017; Stadtverwaltung KL 2017)

3.5.3 Treibstoffe

Auf dem Stadtgebiet Kaiserslauterns werden keinerlei Raffinerien betrieben, so dass sämtliche rohölbasierten Produkte wie Treibstoffe und Heizöl importiert werden müssen (Mineralölwirtschaftsverband e.V. 2017). Der Vertrieb von Benzin und Diesel erfolgt über ein Netz von rd. 20 Tankstellen (Deutsche Tele Medien GmbH 2017). An einer der klassischen Tankstellen wird zusätzlich Erdgas biogener Herkunft (Biogas) angeboten. Zusätzlich kann an der Betriebshoftankstelle der Gasanstalt Kaiserslautern AG Biogas getankt werden (Zukunft ERDGAS GmbH 2017). Die für den Verkehr benötigten Mengen an Treibstoffen sind im Abschnitt 3.4 bereits aufgeführt worden.

3.6 Zusammenfassung sowie Endenergie- und THG-Bilanzierung 1990 und 2015

Einen schematischen Überblick über das Energiesystem Kaiserslauterns im Jahr 2015 bietet Abbildung 17. Es zeigt die Energieflüsse von den Primärenergiequellen (linke Seite) hin zu den Endenergiebedarfen (rechte Seite). Auf der Quellseite wird dabei deutlich, wie stark das heutige Energiesystem von Energieimporten abhängt. Lediglich knapp 8 % des Strombedarfs werden aus örtlichen Photovoltaik- oder Windenergieanlagen gedeckt. Beim Wärmebedarf sind es sogar nur etwa 0,5 %, die aus Sonne oder Biomasse bereitgestellt werden. Der größte Teil der Energieimporte wiederum besteht oder basiert auf fossilen und nuklearen Energieträgern, ist also nicht erneuerbar. Ausgenommen hiervon ist der regenerative Anteil des importierten Stroms, der 2015 im Bundesdurchschnitt 31,5 % beträgt.

Zu sehen ist auch, dass die lokale Erzeugungskapazität im Strombereich insgesamt, also einschließlich der fossil betriebenen Anlagen, gering ist. Im Ergebnis müssen rund 75 % des Strombedarfs von außen zugeführt werden.

Aus der Energiebedarfssseite ist ersichtlich, dass derzeit mit ca. 62 % ein Großteil des Endenergiebedarfs auf Wärme für Raumheizung und Prozesswärme entfällt. Strom macht 20 % des Gesamtbedarfs aus und für Mobilität werden knapp 17 % aufgewandt. Auf Kälteanwendungen entfällt lediglich rund 1 % des Endenergiebedarfs. Der elektrische Anteil am Mobilitätssektor ist, trotz des elektrifizierten Schienenfernverkehrs, mit rund 9 % gering.

Die aus dieser Übersicht resultierenden Gesamtbilanzen für den Endenergiebedarf und die resultierenden THG-Emissionen sind in Abbildung 18 und Abbildung 19 den Werten für das Bezugsjahr 1990 gegenübergestellt. Der Endenergiebedarf im Stadtgebiet ist demnach von 3.395 GWh/a im Jahr 1990 auf 3.182 GWh/a im Jahr 2015, was einen Rückgang um 6,3 % bedeutet.

Im Vergleich dazu sind die THG-Emissionen von 1,53 Mio. t-THG im Jahr 1990 auf 1,11 Mio. t-THG im Jahr 2015 und damit um 27,5 % gesunken (Abbildung 19). Damit betragen die THG-Emissionen rd. 11 t-THG pro Einwohner und Jahr, was in etwa dem bundesdeutschen Schnitt von 11,5 t-THG im Jahr 2012 entspricht.

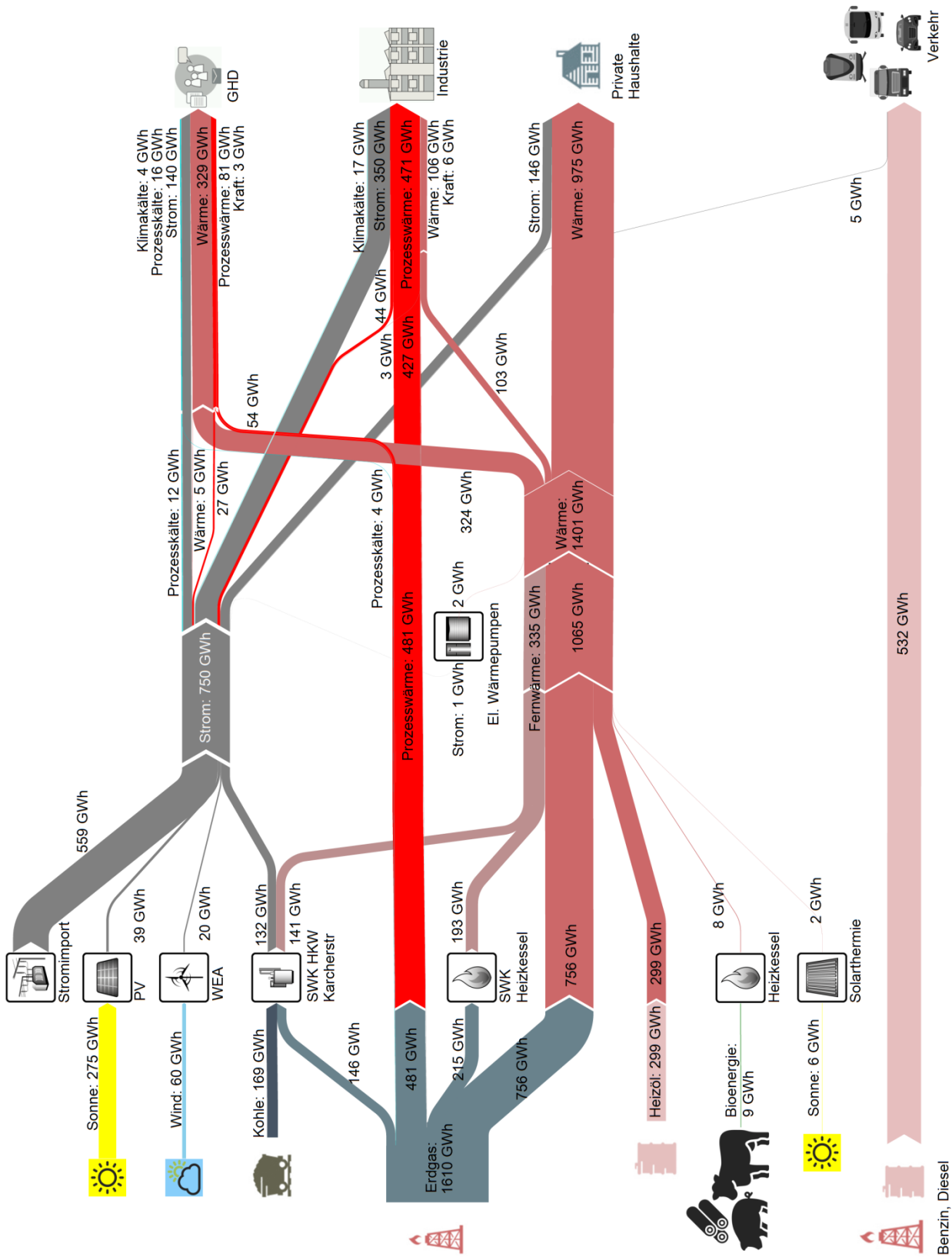


Abbildung 17: Energieflussbild Kaiserslauterns in 2015 (Fraunhofer ISE, 2017)

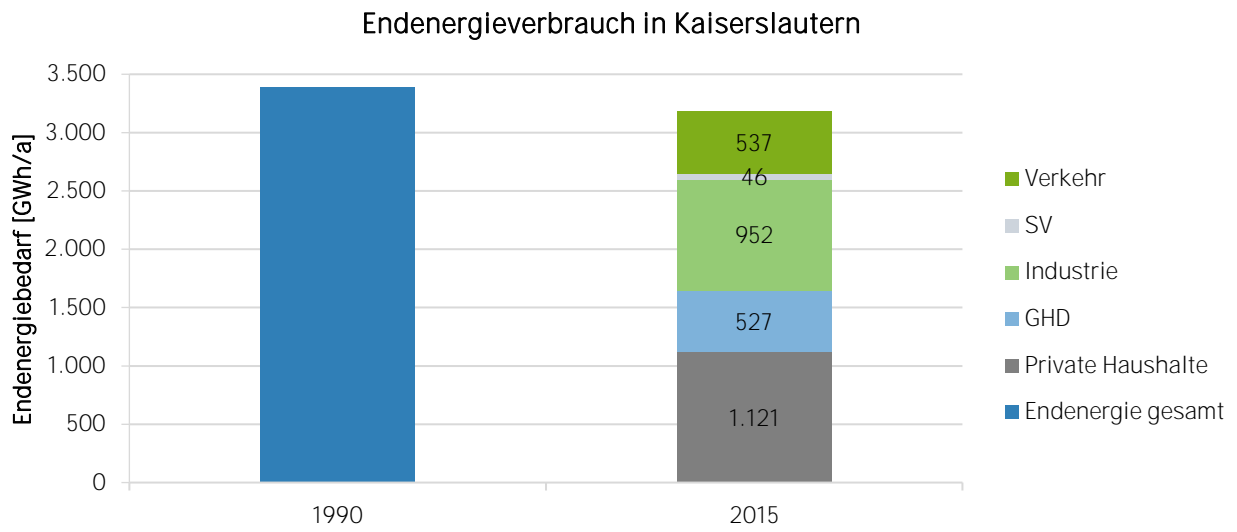


Abbildung 18: Vergleich des Endenergieverbrauchs in Kaiserslautern 1990 und 2015 (TU Kaiserslautern, 2017)

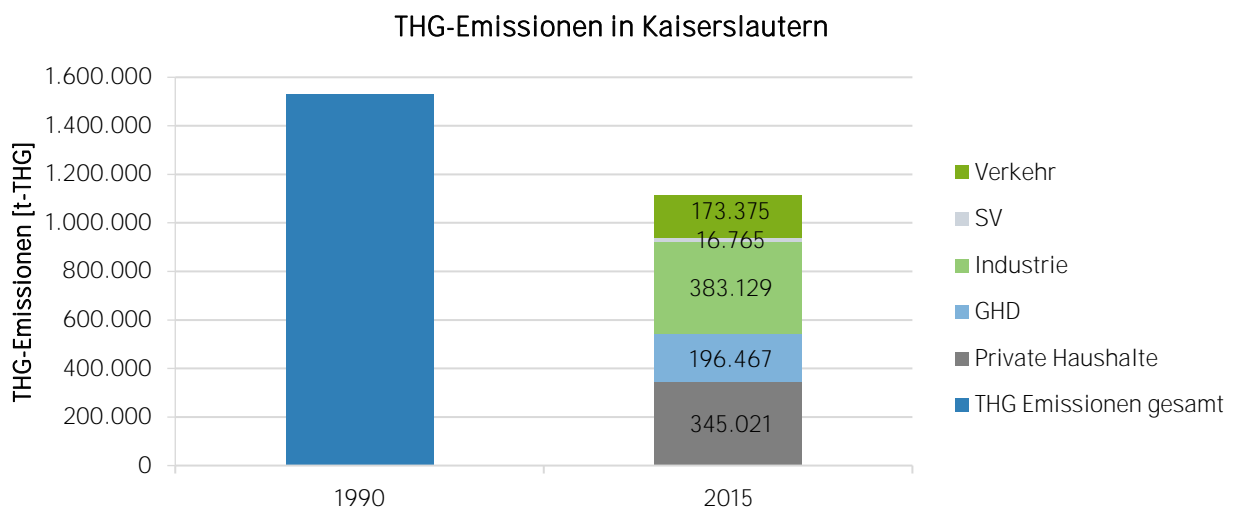


Abbildung 19: Vergleich der THG-Emissionen in Kaiserslautern 1990 und 2015 (TU Kaiserslautern, 2017)

4 Zukünftige Endenergiebedarfe

Welche Inhalte befinden sich in diesem Kapitel?

- ✓ Beschreibung der Endenergiebedarfsberechnung 2050 für elektrische Energie in privaten Haushalten
- ✓ Darstellung der möglichen Bedarfs- und Emissionsentwicklung in drei Bevölkerungsszenarien
- ✓ Beschreibung der Endenergiebedarfsberechnung 2050 für die Wärmebereitstellung
- ✓ Darstellung der möglichen Bedarfsentwicklung in drei Bevölkerungsszenarien und zwei Modernisierungsstandards

Die Berechnung des Energiebedarfs im Jahr 2050 wird für die einzelnen Sektoren separat durchgeführt und dabei unterschiedliche Entwicklungsfaktoren zugrunde gelegt, z.B. das Trendszenario der Bevölkerungsentwicklung zur Berechnung des Energiebedarfs der privaten Haushalte. Die Berechnungen folgen der gleichen Logik wie für den aktuellen Bedarf (Kapitel 3), die zusätzlichen Annahmen werden folgend dargestellt.

4.1 Endenergiebedarf private Haushalte

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Beschreibung und Berechnung der Endenergiebedarfsentwicklung von privaten Haushalten
- ✓ Darstellung der möglichen Bedarfsentwicklung in drei Bevölkerungsszenarien
- ✓ Darstellung des möglichen Verlaufs der THG-Emissionen für die drei Bevölkerungsszenarien

4.1.1 Endenergiebedarf - Elektrische Energie

Für die Fortschreibung der Energiebedarfe im Bereich elektrische Energie wurden folgende Annahmen getroffen:

1) Verteilung Haushaltsgrößen

Die erwartete Verteilung der Haushaltsgrößen für 2030 wurde den Daten des Statistischen Bundesamts entnommen. Eine Voraussage darüber hinaus ist nur schwerlich möglich, weshalb die Verteilung für das Jahr 2050 gleich der Verteilung für 2030 angenommen wurde.

2) Einwohnerzahlen

Die Einwohnerzahlen sind dem Trendszenario aus Kapitel 2 entnommen.

3) Durchschnittliche Stromverbräuche pro Haushalt

Die Verteilung der Stromverbräuche wurde mit den Daten des BDEW und den vom UBA angegebenen zukünftigen Strombedarfen berechnet. Dieses Vorgehen weicht von dem im Masterplan-Handbuch (MPH) vorgeschlagenen Vorgehen ab. Im MPH wird die Erfassung der Verbrauchsstruktur für 2015 und 2050 in privaten Haushalten vorgeschlagen. Aus diesen Verbrauchsstrukturen sollen dann die zukünftigen elektrischen Bedarfe berechnet werden. Da eine detaillierte Abschätzung der Verbrauchsstruktur in 2050 sehr spekulativ ist, wurde stattdessen eine aggregierte Abschätzung über den gesamten Strombedarf durchgeführt.

Die resultierenden Ergebnisse für das Trendszenario in den Jahren 2030 und 2050 sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt. Zum einen verringert sich der Gesamtbedarf an elektrischer Energie in den Haushalten, in Folge des sinkenden Bedarfs pro Haushalt, zum anderen wird im Trendszenario von einer Verringerung der Einwohnerzahlen in Kaiserslautern in Höhe von 11,3 % ausgegangen, was wiederum in einem sinkenden Gesamtstrombedarf resultiert.

Tabelle 8: Aufteilung des Strombedarfs und der resultierenden THG-Emissionen auf die Haushaltsgröße in privaten Haushalten in Kaiserslautern für 2030 – Trendszenario (TU Kaiserslautern, 2016)

Haushaltsgröße	Verteilung Haushaltsgröße		Verteilung Bewohner	Spezifischer Strombedarf je Haushalt	Gesamtstrombedarf Private Haushalte
	-	%			
1	20.988	42	20.988	1.758	36,89
2	18.989	38	37.978	2.950	56,01
3	4.497	9	13.491	3.473	15,62
4	3.998	8	15.992	4.073	16,28
5+	1.499	3	8.997	4.604	6,9
-	49.972	100	97.446	-	131,71

Tabelle 9: Aufteilung des Strombedarfs und der resultierenden THG-Emissionen auf die Haushaltsgröße in privaten Haushalten in Kaiserslautern für 2050 – Trendszenario (TU Kaiserslautern, 2016)

Haushaltsgröße	Verteilung Haushaltsgröße		Verteilung Bewohner	Spezifischer Strombedarf je Haushalt	Gesamtstrombedarf Private Haushalte in KL
	-	%			
1	19.372	42	19.372	1.492	28,90
2	17.527	38	35.054	2.504	43,88
3	4.151	9	12.453	2.948	12,24
4	3.690	8	14.760	3.457	12,76
5+	1.384	3	8.301	3.909	5,41
-	46.123	100	89.940	-	103,19

Die prognostizierten Strombedarfe für die privaten Haushalte sind in Abbildung 20 und Abbildung 21 mitsamt den berechneten Bedarfen für die anderen zwei Szenarien dargestellt. Nur im Falle einer steigenden Bevölkerungszahl ist von einem leicht steigenden Strombedarf auszugehen. Da nur ein geringfügiger Rückgang des Strombedarfs der privaten Haushalte angenommen werden kann, ist der Emissionsfaktor der wichtigste Hebel zur Minderung der THG-Emissionen. Dies zeigt sich auch deutlich beim Vergleich von Abbildung 20 mit Abbildung 21. Hier sind die sinkenden Emissionen bei annähernd konstantem Bedarf klar auf den sinkenden Emissionsfaktor zurückzuführen. Der für Abbildung 21 genutzte Emissionsfaktor ist eine Interpolation zwischen dem Emissionsfaktor für Strom im Jahr 2015 (600 g-THG/kWh) und dem im Masterplan-Handbuch (MPH) vorgegebenen Zielemissionsfaktor für Strom im Jahr 2050 (33,8 g-THG/kWh).

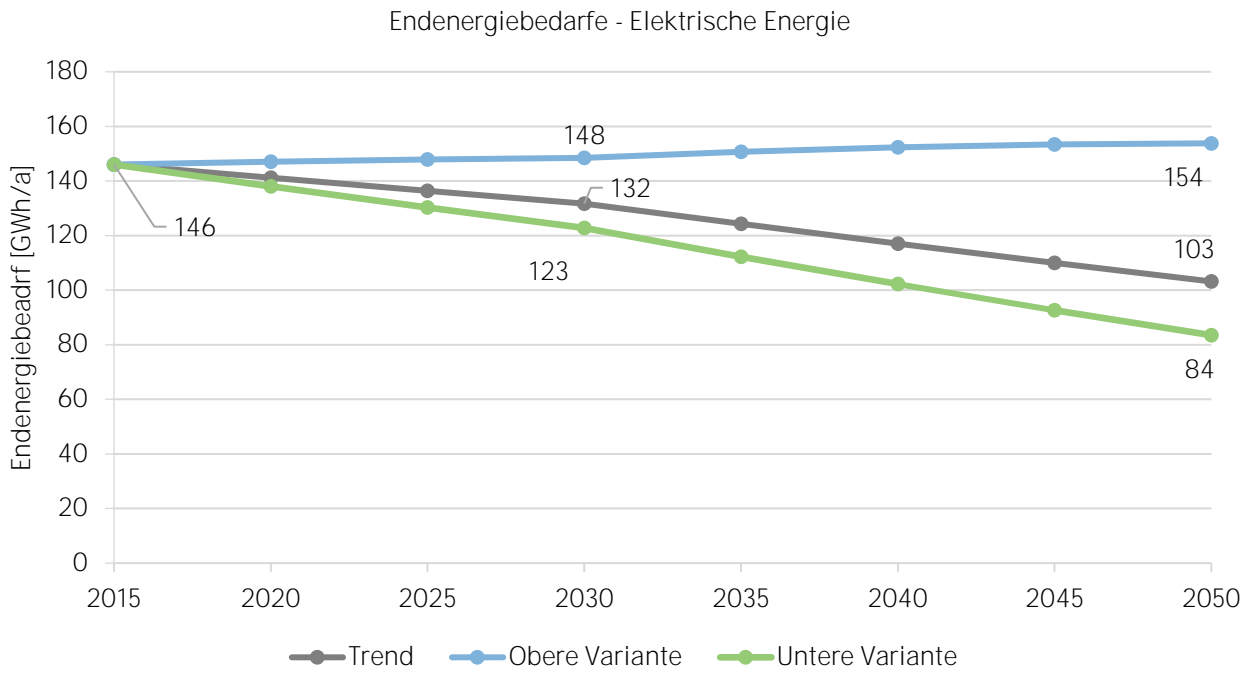


Abbildung 20: Endenergiebedarfe an elektrischer Energie für die privaten Haushalte ohne Strombedarf für Raumwärme (TU Kaiserslautern, 2017)

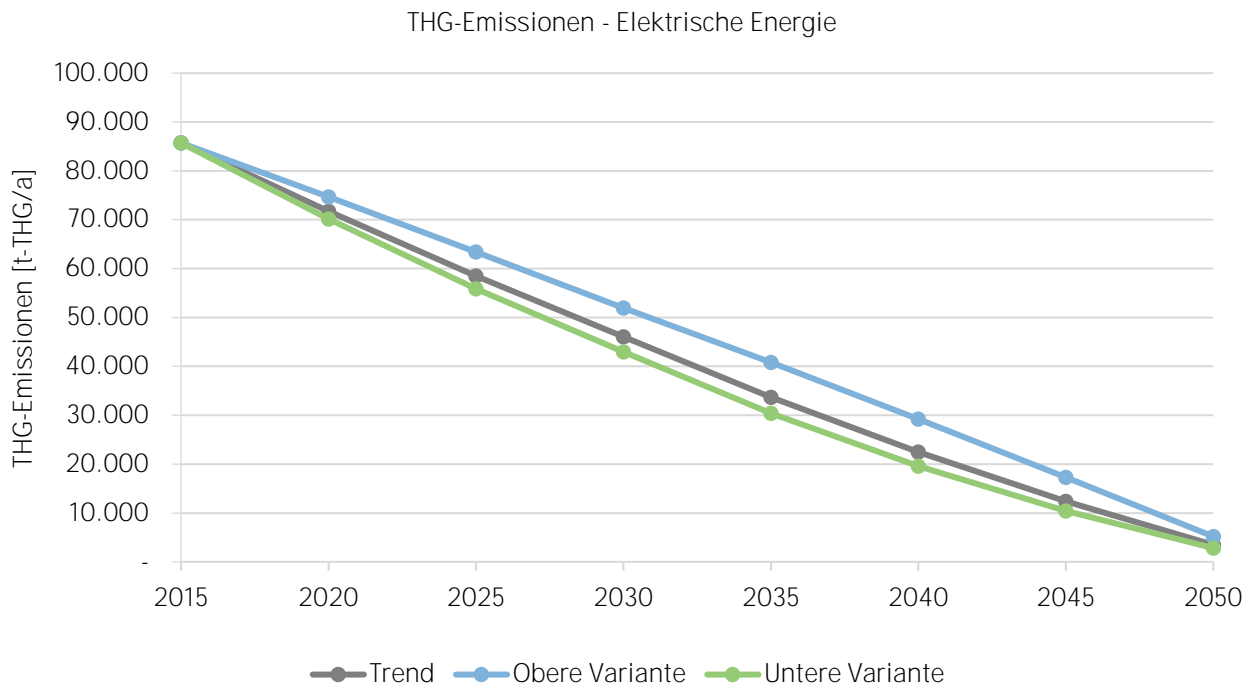


Abbildung 21: Möglicher Verlauf der THG-Emissionen in Folge des in Abbildung 13 angegebenen Bedarfs an elektrischer Energie in privaten Haushalten (TU Kaiserslautern, 2017)

4.1.2 Endenergiebedarf - Thermische Energie

Um die zukünftigen Energiebedarfe an anderen Energieträgern abzuschätzen, werden für eine Berechnung des künftigen Gebäudebestands folgende Annahmen getroffen:

1) Wohnfläche je Bewohner bleibt konstant

In den letzten Jahren ist die Wohnfläche pro Bewohner gestiegen, diese Steigerung nimmt aber immer weiter ab, sodass eine Sättigung in den nächsten Jahren angenommen wird. Daher wird die Wohnfläche pro Bewohner als konstant angenommen. Durch Suffizienzmaßnahmen (Abschnitt 7.7) kann diese Zahl in der Umsetzungsphase möglicherweise gesenkt werden.

2) Relative Verteilung der Bewohner auf die Gebäudetypen

Die relative Verteilung der Bewohner auf die einzelnen Gebäudegrößen wird ebenfalls als konstant angenommen.

3) Rate für Modernisierung, Ersatzneubau und Abriss

Da von einer konstanten Wohnfläche pro Bewohner ausgegangen wird, ist der gesamte Wohnflächenbedarf nur noch von der Bevölkerungsentwicklung abhängig. Des Weiteren wird eine Neubaurate von 1 % pro Jahr angenommen. Dabei bezieht sich die Prozentangabe auf den berechneten Wohnflächenbedarf des jeweiligen Szenarios für das Jahr 2050, sodass sich eine überschüssige Wohnfläche ergibt. Bei dieser Wohnfläche wird von einem Abbruch oder einer Nichtbenutzung ausgegangen, womit sie nicht weiter berücksichtigt wird.

4) Spezifische Energiebedarfe

Für das Jahr 2050 wird eine komplette Modernisierung des Gebäudebestands zugrunde gelegt. Hierfür werden die spezifischen Endenergiebedarfskennwerte nach IWU (2016) angenommen. Zudem wird angenommen, dass durch gezielte Modernisierungen von Gebäuden mit Baujahr vor Einführung der WSchVO (1995) bei diesen Gebäuden der Bedarf nicht höher als 125 kWh/(m².a) ist (Tabelle 42, Anhang 0). Diese Zielwerte werden im Folgenden als **„konventionell modernisiert“ (IWU)** bezeichnet.

5) Relative Verteilung der Bewohner auf die Ortsteile

Analog zur Verteilung auf die Gebäudetypen wird angenommen, dass die relative Verteilung der Bewohner auf die Stadtteile gleichbleibt.

6) Emissionsfaktoren

Nach Vorgabe des MPH wird der Emissionsfaktor aus dem gewählten Kraftwerkspark bzw. den gewählten Heizsystemen ermittelt.

Mit den erläuterten Annahmen ergeben sich prozentuale Reduktionen des Energiebedarfs von 65 % für das Trendszenario. In Abbildung 22 sind weiterhin die Energiebedarfe für das obere und untere Bevölkerungsszenario **dargestellt. Daneben ist beispielhaft auch das Trendszenario mit wesentlich aufwändigerer „zukunftsweisender Modernisierung“ (IWU) eingezeichnet.** Durch die Nutzung emissionsarmer Technologien (Wärmepumpe mit PV-Strom, Solarthermie) für die Bereitstellung der verbleibenden Energiemengen können die THG-Emissionen auf einen kleinen einstelligen Prozentwert des Ausgangswerts reduziert werden (Abbildung 23). Der exemplarische Verlauf der THG-Emissionen in Abbildung 23 zeigt, dass die Gebäudemodernisierung und die emissionsarme Bereitstellung von Energie für Warmwasser und Heizwärme der privaten Haushalte wesentlich zur Reduktion der Gesamtemissionen beitragen.

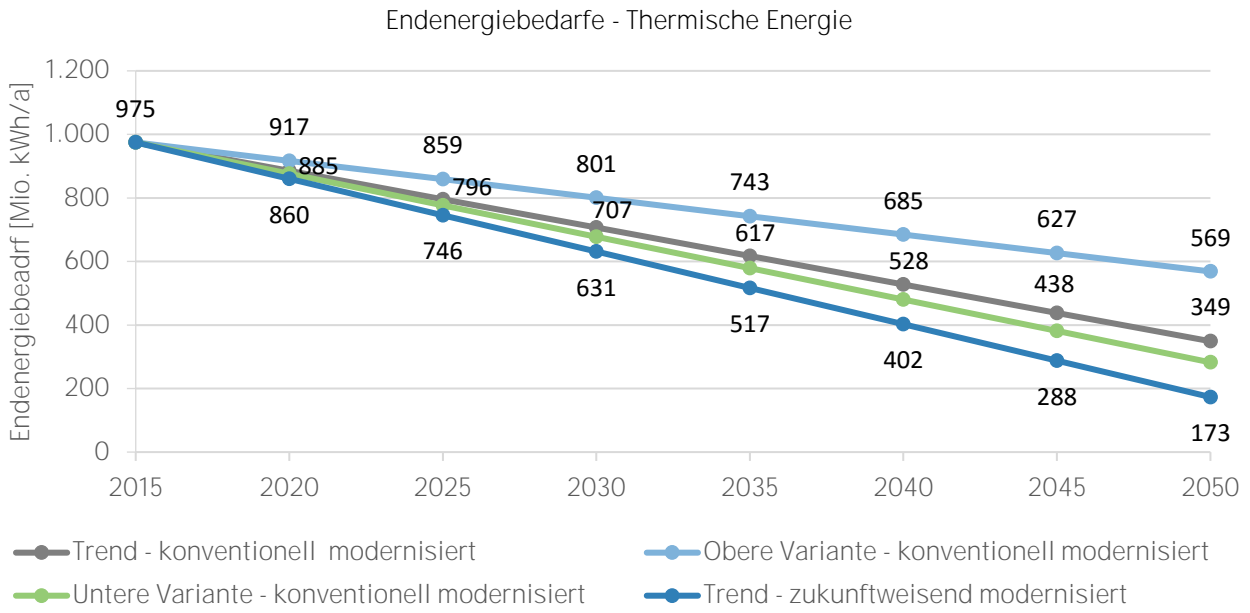


Abbildung 22: Prognostizierte Endenergiebedarfe für die Wärmebereitstellung in privaten Haushalten in Kaiserslautern 2015 bis 2050 (TU Kaiserslautern, 2017)

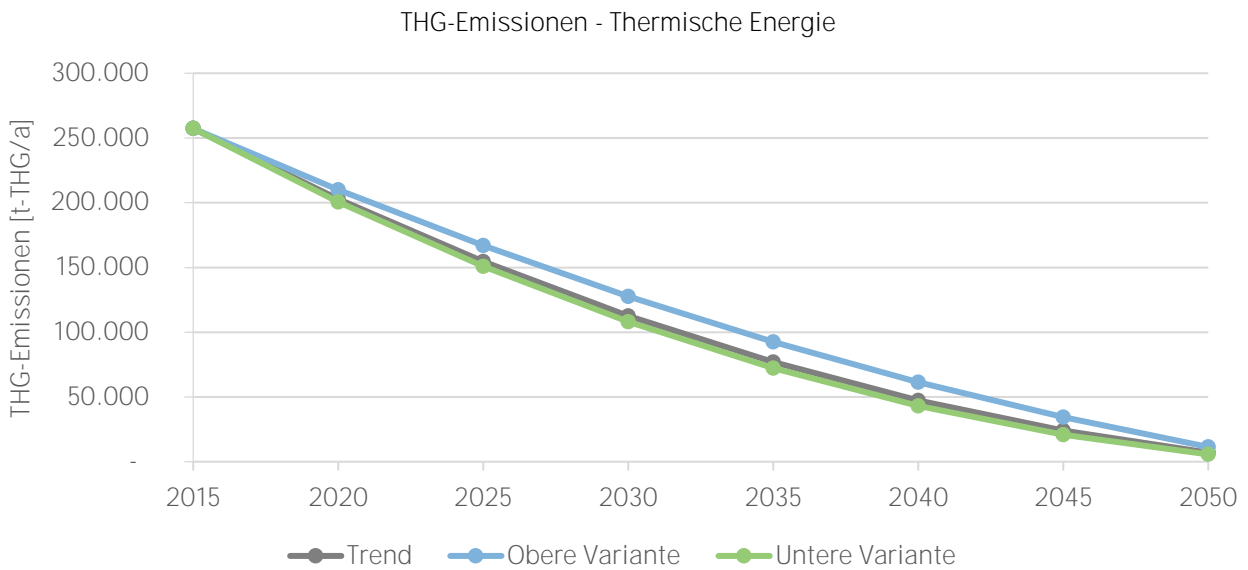


Abbildung 23: Möglicher Verlauf der THG-Emissionen in Folge der Wärmebereitstellung in privaten Haushalten in Kaiserslautern 2015 bis 2050 (TU Kaiserslautern, 2017)

4.2 Endenergiebedarf Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Beschreibung und Berechnung der Endenergiebedarfsentwicklung von GHD&I
- ✓ Darstellung der möglichen Bedarfsentwicklung in drei Bevölkerungsszenarien
- ✓ Darstellung des möglichen Verlaufs der THG-Emissionen für die drei Bevölkerungsszenarien

Analog zum Bedarf der privaten Haushalte wird auch der zukünftige Energiebedarf im restlichen stationären Sektor (GHD & Industrie und Stadtverwaltung) für das Jahr 2050 abgeschätzt. Im Folgenden werden wieder die wichtigsten Annahmen und Ergebnisse kompakt dargestellt.

4.2.1 Berechnungsgrundlagen und Vorgehensweise

Für die Vorausberechnung des Energiebedarfs für den kombinierten Sektor GHD&I wurden mehrere Grundannahmen getroffen, die kurz vorgestellt werden:

1) Anzahl der Beschäftigten

Die Anzahl der Beschäftigten ist proportional zur Entwicklung der Bevölkerungszahlen in den einzelnen Szenarien (Trend, obere und untere Variante).

2) Verteilung der Beschäftigten

Die relative Verteilung der Beschäftigten auf die einzelnen Geschäftszweige wird als konstant angenommen. Dies stellt eine Vereinfachung dar, welche aufgrund der weit in der Zukunft liegenden und somit schwer bis nicht vorhersehbaren Situation im Jahr 2050 getroffen wird.

3) Veränderung der Bedarfssituation

Die Änderungen im spezifischen Bedarf (je Beschäftigtem und nach Nutzenergieform) richten sich nach dem MPH und werden durch Energieindizes einbezogen (Tabelle 10).

4) Effizienzsteigerung

Neben der Änderung für die Bedarfssituation wird die Steigerung der Energieeffizienz von Maschinen und Anlagen, genauso wie eine Verschiebung von Prozessen durch einen weiteren Faktor abgebildet. Dieser Faktor wird auch nach dem MPH gewählt und in den Energieindices mit einbezogen. Die so errechneten Energieindices sind für alle Nutzenergieformen außer Informations- & Kommunikationstechnik kleiner 1 (Tabelle 10). Es wird also von einer weniger energieintensiven Produktion ausgegangen, die von einem höheren Einsatz von Informationstechnologien wie Computern und künstlicher Intelligenz begleitet wird.

5) Spezifische Emissionen

Auch für die nicht-privaten Sektoren werden Emissionsfaktoren angenommen. Für Strom, analog zu den privaten Haushalten, wird nach MPH ein Wert von 33,8 g-THG/kWh zugrunde gelegt. Der Emissionsfaktor für die restlichen Energieträger ergibt sich aus der zukünftigen Energieversorgung (s. Zukünftige Energieversorgung).

Tabelle 10: Energieindizes für 2030 und 2050 bezogen auf Ausgangsjahr 2015 (MPH, 2015)

Nutzenergieform	Beleuchtung	Kraft	Prozesswärme inkl. WW	Prozess- & Klimakälte	IKT	Raumheizung
Index 2050 - Strom	0,589	0,663	0,869	0,703	1,062	0,966
Index 2050 - Andere	-	0,633	0,869	0,703	-	0,966

4.2.2 Gesamter Endenergiebedarf

Mit der oben beschriebenen Vorgehensweise werden die Endenergiebedarfe für die Jahre 2030 und 2050 berechnet. Die berechneten Endenergiebedarfe sind in Abbildung 24 aufgezeigt. Weiterhin ergeben sich die Zwischenwerte durch Interpolation. Alle Szenarien weisen einen stetig sinkenden Endenergiebedarf auf. Im Trendszenario sinkt der Endenergiebedarf um etwas mehr als 40 % von 1.525 auf 903 GWh pro Jahr. Der sinkende Bedarf geht hauptsächlich auf die gesteigerte Effizienz in der Produktion zurück (Tabelle 10). Im Falle der Szenarien Trend und untere Variante sinkt der Bedarf zusätzlich durch die abnehmende Anzahl der Beschäftigten. Durch den steigenden Anteil des Dienstleistungssektors und sinkende Beschäftigtenzahlen beim produzierenden Gewerbe sind ggf. weitere Energieeinsparungen durch geringere Verbrauchswerte im Dienstleistungssektor zu erwarten. Da die Verteilung der Beschäftigten allerdings als konstant angenommen wird, ist dieser Effekt nicht in die zukünftigen Endenergiebedarfe mit eingeflossen. Der Anteil des direkten Strombedarfs variiert im Bereich von 37 bis 39 %. Daneben kann Strom auch eingesetzt werden um den restlichen Endenergiebedarf zu decken, da Strom verhältnismäßig leicht in andere Energieformen umgewandelt werden kann. Der zu erwartende absolute Stromanteil ist durch eine Optimierung mittels KomMod in Kapitel 6 zu bestimmen.

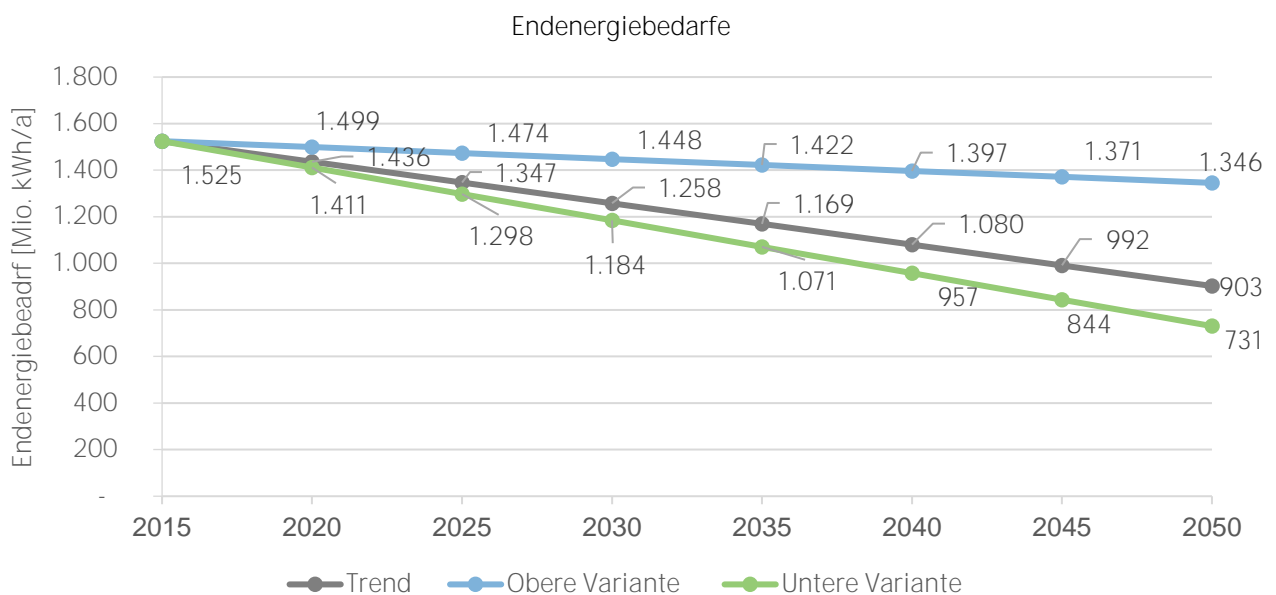


Abbildung 24: Prognostizierter Verlauf des Gesamtendenergiebedarf des GHD&I Sektors von 2015 bis 2050 (TU Kaiserslautern, 2017)

4.3 Endenergiebedarfe Mobilität

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Beschreibung Vorgehensweise Endenergiebedarfsberechnung 2050
- ✓ Darstellung Modal Split 2030 und 2050
- ✓ Berechnung der resultierenden Endenergiebedarfe

Mit den Ausgangsdaten aus dem Kapitel 3 für das Jahr 2015 und dem Szenario für 2030 aus dem Mobilitätsplan der R+T Ingenieure, wird der Endenergiebedarf für das Jahr 2050 abgeschätzt. Im Szenario für 2030 wird von einer Verschiebung des Modal Splits von motorisiertem Individualverkehr hin zu ÖPNV und emissionsfreien Fortbewegungsmethoden (Fahrrad, Fuß) ausgegangen (Tabelle 11).

Dieser Trend wird für das Jahr 2050 fortgeschrieben, sodass eine Verringerung des motorisierten Individualverkehrs (PKW, MZR) von 20 % gegenüber 2015 angenommen wird. Daneben steigt die Fahrleistung des ÖPNV um 30 %. Für die Berechnung der Endenergiebedarfe wird des Weiteren davon ausgegangen, dass eine vollständige Umstellung aller

Tabelle 11: Modal Split 2030 und 2050 (R+T Ingenieure: Daten für 2030, TU Kaiserslautern: Daten für 2050)

Zeitbezug	PKW/MZR	Fuß	Rad	ÖPNV
2015	65%	21%	2%	12%
Szenario 2030	56%	22%	9%	13%
Szenario 2050	52%	22%	10%	16%
Veränderung 2015-2050	0,8	1,05	5,00	1,30

PKW: Personenkraftwagen, MZR: Motorisierte Zweiräder

Tabelle 12: Endenergiebedarfe im Bereich Mobilität für 2050 (TU Kaiserslautern, 2017)

Verkehrsart	Bedarf bzw. gemessener Verbrauch [GWh/a]	Energie-träger
Motorisierte Zweiräder	0,33	Strom
PKW	56,29	Strom
Leichte Nutzfahrzeuge (< 3,5 t)	10,19	Strom
LKW (> 3,5t)	45,13	Strom
Stadtbusse	3,90	Strom
Reisebusse	1,28	Strom
Schienenpersonennahverkehr	2,14	Strom
Schienenpersonenfernverkehr	1,27	Strom
Schienengüterverkehr	2,72	Strom
Summe	123,27	Strom

Antriebe auf Elektromotoren erfolgt. Aufgrund des vernachlässigbaren Energiebedarfs bleiben Fahrrad und Fußwege bei der Berechnung der Endenergiebedarfe unberücksichtigt.

Durch den energieschonenderen Modal Split in 2050 und den höheren Wirkungsgrad der Elektroantriebe resultierten im Vergleich zu heute wesentlich geringere Endenergiebedarfe (Tabelle 12). Alle weiteren Verkehrsarten werden bzgl. der Fahrleistung als konstant angesehen und in ihrer Gesamtheit auf Elektroantriebe umgestellt. In der Summe sinkt der Endenergiebedarf für den Verkehr so um 77 % von 537 GWh/a auf 123 GWh/a.

4.4 Überführen der Jahreswerte in stündliche Zeitreihen

Die bisher in diesem Kapitel genannten Energiebedarfswerte stellen jeweils den jährlichen Gesamtbedarf dar. Für die Berechnungen zur Optimierung der zukünftigen Energieversorgung in Kapitel 6 werden darüber hinaus jedoch stündlich aufgelöste Werte eines Jahres benötigt. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Jahresbedarfe in solche Zeitreihen überführt werden.

4.4.1 Private Haushalte

Elektrischer Energiebedarf

Aus Tabelle 9 in diesem Kapitel liegt der Jahresstrombedarf der privaten Haushalte für 2050 in Höhe von 103,19 GWh vor. Zusätzlich ist aus Angaben der SWK das in ihrem Netzgebiet für die Abschätzung des Strombedarfs privater Haushalte verwendete Standardlastprofil (SLP) bekannt (SWK 2017). Es beschreibt die zeitliche Verteilung eines Jahresstrombedarfs auf Stundenwerte als normierte Zeitreihe. Durch Skalierung des Profils mit dem Jahresstrombedarf lässt sich dessen zeitlicher Verlauf berechnen.

Thermischer Energiebedarf

Zum zeitlichen Verlauf des Bedarfs an Heizwärme und Warmwasser liegen keine Informationen vor. Um die in Abschnitt 4.1.2 erhobenen Jahresbedarfe zeitlich aufzulösen, wird daher ein Gebäudemodell eingesetzt und für drei exemplarische Gebäudetypen parametrisiert (Simple Hourly Method – SHM nach ISO 2008). Das Modell bildet das thermodynamische Verhalten der Gebäudehülle und den Einfluss von Außentemperaturverlauf und solarer Einstrahlung ab. Die resultierenden Zeitreihen werden mit den jährlichen Wärmebedarfen je Gebäudetyp skaliert und nachfolgend summiert.

Der Bedarf an Klimakälte wurde für die privaten Haushalte nicht explizit abgeschätzt. Stattdessen sind die heute üblichen – eher geringen – Bedarfe bereits im Strombedarf enthalten.

4.4.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

Elektrischer Energiebedarf

Der zeitliche Verlauf des Strombedarfs bei Gewerbe, Handel und Dienstleistungen variiert im Vergleich zu privaten Haushalten deutlich stärker. In der Praxis werden daher verschiedene branchenspezifische Profile verwendet. Nach Auskunft der SWK beeinflussen diese Profile allerdings weniger als ein Prozent des heutigen Gesamtbedarfs (SWK 2017). Sie werden daher bei der zeitlichen Auflösung des zukünftigen Strombedarfs nicht extra berücksichtigt.

Überschreitet der jährliche Strombedarf an einem Anschluss einen Schwellwert von 100.000 kWh, so wird dessen zeitlicher Verlauf nicht mehr über Standardlastprofile abgeschätzt, sondern zeitlich aufgelöst gemessen (Registrierende Leistungsmessung – RLM). Dies gilt insbesondere für Industrieunternehmen, aber auch für größere Betriebe aus dem GHD-Sektor.

Für Kaiserslautern liegt aus nicht öffentlichen Angaben der SWK der Anteil der SLP-Kunden am Jahresstrombedarf 2015 vor. Zusätzlich ist bekannt, dass dieser Bedarf fast ausschließlich auf Haushalte entfällt (SWK 2017). Der Jahresstrombedarf der RLM-Kunden im Jahr 2015 und dessen Verlauf lassen sich daher über die Differenz zwischen Gesamtstrombedarf und Bedarf der SLP-Kunden ermitteln.

Für das Jahr 2050 wird von einem identischen Verlaufsprofil für die RLM-Kunden ausgegangen. Die Zeitreihe des zukünftigen Strombedarfs ergibt sich dann, indem die Zeitreihe des Strombedarfs der RLM-Kunden von 2015 normiert und mit dem Jahresbedarf an Strom für 2050 skaliert wird.

Thermischer Energiebedarf

Für den Prozesswärmebedarf sind leider keine Informationen zum zeitlichen Verlauf bekannt. In der Annahme, dass Produktionsprozesse häufig parallel Strom und Wärme benötigen, wird das normierte stromseitige RLM-Profil auch für die zeitliche Auflösung des Wärmebedarfs verwendet. Die Zeitreihe des Wärmebedarfs entsteht dann aus der Skalierung des Profils mit dem jährlichen Gesamtbedarf an Prozesswärme. Für den Bedarf an Prozesskälte wird analog vorgegangen.

Bei Klimakälte wird davon ausgegangen, dass sie vorwiegend durch elektrische Kompressionskältemaschinen bereitgestellt wird und insofern bereits im RLM-Profil des Strombedarfs abgebildet ist. Ihr Jahresbedarf wird daher mit dem RLM-Profil zeitlich aufgelöst und dem oben genannten Strombedarf zugeschlagen.

Zum Beheizungsprofil der Gebäude und Produktionshallen sind keine Informationen verfügbar. Als Behelf wird das kombinierte Bedarfsprofil der privaten Haushalte normiert übernommen und mit dem Jahresbedarf der Sektoren GHD und Industrie skaliert. Von diesem initialen Heizwärmebedarf lässt sich ein Teil potenziell aus Prozessabwärme decken (Abschnitt 5.8), was im Rahmen der Szenarienrechnungen in Kapitel 6 berücksichtigt wird. Da die Abwärme aus der Prozesswärme stammt, wird für ihren zeitlichen Verlauf ebenfalls das RLM-Profil genutzt. Vom zeitlich aufgelösten initialen Heizwärmebedarf lässt sich nun die resultierende Zeitreihe des Abwärmepotenzials abziehen. Hierbei wird deutlich, dass sich ein Teil des Abwärmepotenzials gar nicht nutzen lässt, weil es den momentanen Heizwärmebedarf übersteigt. Der verbleibende Heizwärmebedarf in seinem zeitlichen Verlauf geht in die Berechnungen zur zukünftigen Energieversorgung in Kapitel 6 ein.

4.4.3 Mobilität

Für 2050 wird angenommen, dass Straßen- und Schienenfahrzeuge ausschließlich elektrische Antriebe nutzen und somit den Strombedarf erhöhen. Während das Strombedarfsprofil bei den Schienenfahrzeugen unmittelbar an das Fahrprofil gekoppelt ist, sind für die Straßenfahrzeuge die Ladezeiten relevant. In Abbildung 25 sind beispielhaft Bedarfsprofile einer Woche für die Fahrzeugkategorien Personenkraftwagen und motorisierte Zweiräder (PKW und MZR), Lastkraftwagen (LKW), Nah- und Fernverkehrsbusse und den gesamten Schienenverkehr aufgeführt. Das resultierende Strombedarfsprofil für den Sektor Mobilität ergibt sich dann aus der Summe der Einzelprofile.

4.5 Zusammenfassung

Die zukünftigen Endenergiebedarfe sind von vielen Faktoren abhängig. Der wichtigste Faktor ist die Bevölkerungsentwicklung. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die wirtschaftliche Entwicklung, die den Energiebedarf von GHD&I stark prägt. Da hierzu keine Annahmen vorliegen, wurde die wirtschaftliche Entwicklung jedoch nicht gesondert betrachtet. Es wurden drei Bevölkerungsszenarien berücksichtigt.

Bei den privaten Haushalten wird eine moderate Modernisierung angestrebt, die als konventionell modernisiert bezeichnet wurde. Die definierten spezifischen Endenergiebedarfe, die hierfür eingehalten werden sollen, sind bereits bei dem derzeitigen Stand der Technik gut durch Dämmungsmaßnahmen möglich (Tabelle 42, Anhang 0).

Im Bereich Mobilität wird durch die Umstellung auf Elektroantriebe und einen energieschonenderen Modal Split der Endenergiebedarf um 77 % gesenkt.

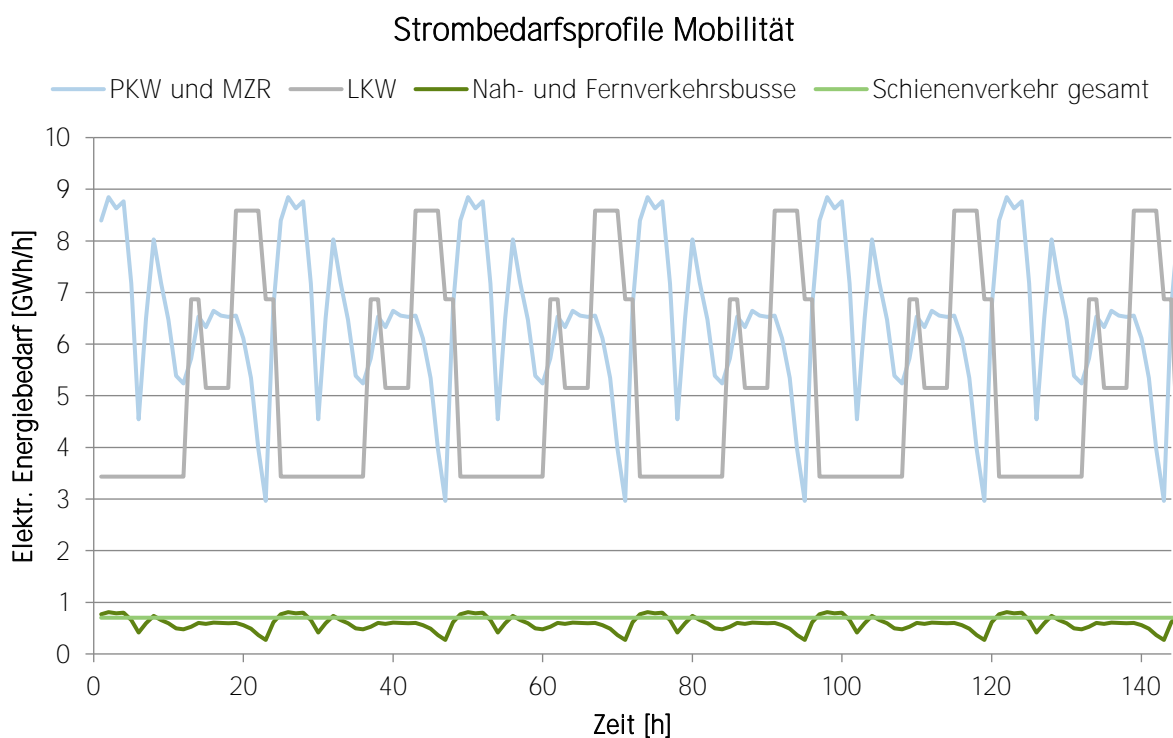


Abbildung 25: Beispiele der verwendeten Strombedarfsprofile verschiedener Fahrzeugtypen für eine Beispielswoche

5 Erneuerbare Energien- und Abwärmepotenziale

Welche Inhalte befinden sich in diesem Kapitel?

- ✓ Potenziale an Erneuerbaren Energien in den Bereichen Solarenergienutzung, Windenergienutzung, Wasserkraftnutzung, Bioenergienutzung, Nutzung von Umweltwärme
- ✓ Abwärmepotenziale

Der zukünftig erwartete Energiebedarf an Strom, Wärme, Kälte und für Mobilität soll künftig möglichst weitgehend mit dem vor Ort verfügbaren Potenzial an erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden. Das Potenzial an erneuerbaren Energien (EE-Potenzial) ist dabei stark von den lokalen Gegebenheiten abhängig. Dies gilt sowohl für die klimatischen Verhältnisse als auch für die Topographie und Orographie des Gebiets, die sich auf die Möglichkeiten zur Nutzung von Windenergie-, Wasserkraft-, Solarenergie- und Biomassenutzung auswirken. Von den geologischen Verhältnissen im Untergrund hängen zudem die Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Wärmequellen ab.

Im günstigsten Fall reicht das lokale EE-Potenzial aus, um den Energiebedarf zu jedem Zeitpunkt vollständig zu decken. In dichtbesiedelten Städten mit hoher Energiebedarfsdichte und gleichzeitig geringen verfügbaren Flächenpotenzialen für die Nutzung von Windenergie und Biomasse ist dies i.d.R. jedoch nicht möglich. Verbleibender Energiebedarf muss dann durch den Import von Energieträgern wie Strom oder Brennstoffen gedeckt werden. Um diesen Import zu konkretisieren und damit auch die zeitlichen und kapazitiven Beschränkungen in die Betrachtungen zur Bedarfsdeckung aufzunehmen, ist es sinnvoll, nicht einen pauschalen Import aus unbekanntenen Quellen anzunehmen, sondern regionale oder landesweite Potenziale bevölkerungsanteilig einzubeziehen. Dies sollte im Abgleich mit dem bestehenden Energiekonzept des Land Rheinland-Pfalz erfolgen. Mit bevölkerungsanteilig ist gemeint, dass das beispielsweise landesweite Flächenpotenzial zur Windenergienutzung gleichmäßig auf die Bevölkerung des Bundeslandes verteilt wird. Die Stadt erhält dann gemäß ihrem Bevölkerungsanteil an der Landesbevölkerung ein Windenergiepotenzial zugewiesen, selbst wenn vor Ort keine geeigneten Standorte existieren. Im ländlichen Raum identifizierte Potenziale an Windenergie und Biomasse dienen so auch zur Versorgung der größeren Städte.

Das beschriebene Vorgehen wird auch bei der Potenzialerhebung für Kaiserslautern angewandt, indem neben den lokalen Potenzialen auch landesweite Potenziale zur Windenergie- und Biomassenutzung berücksichtigt werden. Aufbauend darauf werden in Abschnitt 6.2 Szenarien zur zukünftigen Energieversorgung gebildet und berechnet.

Insgesamt werden im Folgenden die Potenziale zur Solarenergienutzung durch Photovoltaik und Solarthermie, zur Windenergienutzung, zur Nutzung von Umweltwärme einschließlich Geothermie, zur Bioenergienutzung einschließlich biogenen Abfalls und zur Wasserkraftnutzung abgeschätzt. Zusätzlich werden die Möglichkeiten zur Abwärmenutzung untersucht.

5.1 Solarenergienutzung

Die Nutzung von Solarenergie durch Photovoltaik und Solarthermie bietet in dicht bebauten Siedlungsstrukturen i.d.R. das größte EE-Potenzial. Neben der Integration als Aufdach- oder Fassadenanlagen können die Module (PV) und Kollektoren (Solarthermie) auch auf Freiflächen aufgestellt werden, was mehr Freiheit hinsichtlich der Ausrichtung und Neigung bietet, jedoch potenziell auch zu Konkurrenz mit anderen Nutzungsformen wie Landwirtschaft führt. Da sich dieselben Flächen sowohl zur Installation von Photovoltaik- als auch Solarthermieanlagen eignen, besteht zwischen beiden Systemen grundsätzlich eine Flächenkonkurrenz. Bedacht werden muss zudem, inwiefern Dachflächen zur Begrünung genutzt werden sollen, um das Kleinklima in der Stadt zu verbessern. Eine parallele Nutzung von begrünten Dachflächen für die Solarenergienutzung ist jedoch möglich.

Photovoltaik wandelt Sonnenlicht in elektrischen Strom. Solarthermie erzeugt aus Sonnenlicht Wärme, die zum Heizen von Gebäuden, zur Warmwasserbereitung und als Prozesswärme verwendet werden kann. Bei der Nutzung als Prozesswärme lassen sich vor allem niedrigere Temperaturen bis etwa 100°C sinnvoll über nicht-konzentrierende Systeme bereitstellen. Sind höhere Temperaturen gefordert, so müssen konzentrierende Kollektoren eingesetzt werden, die dann aber nur noch den direkten Strahlungsanteil des Sonnenlichts nutzen können und damit in unseren

Breiten mit hohem Diffusanteil der Sonnenstrahlung i.d.R. wenig rentabel sind. Im Folgenden werden deshalb ausschließlich Flachkollektoren, also nicht-konzentrierende Systeme betrachtet.

Tabelle 13: Verteilung der Freiflächenpotenziale, der installierbaren PV-Leistungen und der resultierenden Stromerträge über die Stadtteile für 2050, Vergleich verschiedener Quellen (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 75; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE)

Stadtteil	Aufstellfläche	PV-Leistung	Stromertrag
Einheit	ha	MW	MWh/a
Kernstadt	46,43	27,9	25.536
Dansenberg	12,22	7,3	6.723
Erfenbach mit Lampertsmühle und Stockborn	48,24	28,9	26.530
Erlenbach mit Gersweilerhof	9,28	5,6	5.102
Erzhütten / Wiesenthalerhof	-----	-----	-----
Hohenecken mit Espensteig	10,08	6,1	5.546
Mölschbach	4,52	2,7	2.484
Morlautern mit Waldhof	18,83	11,3	10.355
Siegelbach	5,9	3,5	3.245
Einsiedlerhof	-----	-----	-----
Freifläche Gesamtstadt (BBP und Peschla + Rochmes)	155,5	93,3	85.521
Freiflächenpotenzial (Fraunhofer ISE)	155,5	194,4	-----

Tabelle 14: Annahmen PV-Potenzialerhebung auf Freiflächen für Jahr 2050 (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE)

Nutzbarer Modulflächenanteil bezogen auf die Potenzialfläche	0,5
Elektrischer Wirkungsgrad PV	25,0 %
Flächenbedarf PV in m ² /kW	4,0

Solarpotenzial auf Freiflächen

Die Freiflächenpotenziale für die Solarenergienutzung wurden im Rahmen des EE-Konzepts Kaiserslautern der Ingenieurbüros BBP sowie Peschla und Rochmes, das als Ergänzung zum Entwurf des Flächennutzungsplans 2025 erstellt wurde, bereits erhoben (BBP und Peschla + Rochmes 2013). Die Flächen sind zunächst bewusst nicht in den FNP aufgenommen worden, um das Ausmaß des wirtschaftlichen Interesses von Planern abzuwarten. Dies heißt allerdings auch, dass vor Erteilung einer Baugenehmigung ein erweitertes Genehmigungsverfahren mit Erstellung eines Bebauungsplans durchlaufen werden muss, was Aufwand und Kosten erhöht.

Als geeignet werden in der Studie Standorte ausgewiesen, die eine Mindestgröße von 5.000 m² aufweisen, hinreichend eben sind und eine durchgängige Belegung der Fläche mit nach Süden ausgerichteten PV-Modulen erlauben (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 73). Insgesamt ergeben sich so 155 ha (1,55 km²) an Freifläche, für die die Autoren von einer installierbaren Photovoltaikgesamtleistung von 93 MW und einem Jahresstromertrag von 85,5 GWh/a ausgehen. Tabelle 13 zeigt die ermittelten Flächenpotenziale aufgeschlüsselt nach Stadtteilen.

Die genannten Freiflächenpotenziale werden für die vorliegende Studie unverändert übernommen. Aufgrund des technischen Fortschritts steigen jedoch die 2050 installierbaren PV-Leistungen. So wird für das Jahr 2050 von einem auf 25 % gestiegenen elektrischen Wirkungsgrad der PV-Module ausgegangen (Tabelle 14). In Kombination mit der Annahme, dass sich 50 % der Potenzialfläche als PV-Modulfläche nutzen lassen, ergibt sich für 2050 ein Potenzial von fast 195 MW an installierter PV-Leistung (Tabelle 13). Die Abweichung zwischen Potenzialfläche und Modulfläche liegt in den zwischen den Modulreihen notwendigen Abständen begründet, durch die eine übermäßige Abschattung vermieden wird. Eine Installation von Solarthermieanlagen auf Freiflächen kann im Einzelfall ebenfalls sinnvoll sein,

wenn die Wege zum Wärmeabnehmer hinreichend kurz sind. In dieser Studie werden auf Freiflächen jedoch ausschließlich Photovoltaikanlagen vorgesehen.

Solarpotenzial auf Dachflächen – bestehende Studien

Auch hinsichtlich der Untersuchung von Dachflächenpotenzialen für die Solarenergienutzung bestehen in Kaiserslautern bereits verschiedene Vorarbeiten. Dies sind zum einen Arbeiten des Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), das die Dachflächenpotenziale ausgewählter Einzelgebäude untersucht hat (IfaS 2005). Die Studie liefert ein punktuell sehr genaues, aber für den hiesigen Zweck einer Gesamtpotenzialbestimmung unzureichendes Bild des Solarpotenzials. Sie wird deshalb im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Zusätzlich wurde von Seiten der Stadt ein online zugängliches Solardachkataster erstellt (Stadtverwaltung KL 2017). Es basiert auf den Daten einer Laserscanbefliegung von 2008 und teilt die erfassten Dachflächen in die drei Klassen „sehr gut geeignet“ (grün), „gut geeignet“ (gelb) und „nicht geeignet“ (rot) ein (Abbildung 27). Allerdings ist nicht der gesamte heutige Gebäudebestand Kaiserslauterns enthalten, sondern in erster Linie Wohngebäude mit Stand 2010. Sofern die Dachformen automatisch eindeutig fehlerfrei erzeugt wurden, erfolgte die Zuordnung zu den Klassen gemäß Auskunft der Stadt anhand des nachfolgenden Schlüssels. Eventuell vorhandene Abschattungen wurden nicht berücksichtigt. Die Klassifizierung ist in Abbildung 26 auch grafisch dargestellt.

- sehr gut geeignet: Dachneigung zwischen 35° und 45° und Azimut (Ausrichtung) zwischen 135° und 225° (Südost über Süd bis Südwest),
- gut geeignet: Dachneigung zwischen 1 Grad und 35 Grad sowie zwischen 45 Grad und 75 Grad und Azimut zwischen 45° und 315° (Nordost über Süd bis Nordwest),
- schlecht geeignet: Rest, d. h. Dachneigung kleiner als 1° oder größer als 75° oder Ausrichtung zwischen Nordost und Nordwest.
- Fehlerhafte Dachformen wurden mit „Nicht auswertbar“ bezeichnet.

Aus einer Kombination des Solarkatasters mit den Gebäudegrundflächen aus ALKIS für 2015 ergibt sich, dass die Grundfläche aller Gebäude, für deren Eignung zur Solarenergienutzung untersucht wurde, rd. 305 ha beträgt. Davon sind 2 ha (<1 % der Fläche) für eine Solarenergienutzung ungeeignet. Der größte Teil von 267 ha (über 87 %) ist gut geeignet und 36 ha (12 %) sind sogar sehr gut geeignet (Tabelle 15).

Aufgrund der unvollständigen Abbildung des heutigen Gebäudebestands und der fehlenden Informationen zu den konkreten Dachflächen lassen sich die Angaben des Katasters nur begrenzt nutzen. Die Erhebung des Dachflächenpotenzials wurde deshalb auf Basis eigener Berechnungen durchgeführt, die nachfolgend vorgestellt werden.

Solarpotenzial auf Dachflächen – eigene Erhebung

Als Grundlage für die eigenen Erhebungen dienen die in elektronischer Form aus dem amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) vorliegenden Daten zu den örtlichen Gebäudeumringen (Stadtverwaltung KL 2017). Wie Abbildung 28 zeigt, sind die Originaldaten in die Nutzergruppen Wohngebäude, öffentliche Hand, Gewerbe- und Wirtschaftsgebäude und Arkaden gegliedert. Die Datensätze werden in einem ersten Schritt zu einem Gesamtgebäudebestand zusammengefasst. Arkaden sind als Teil der eigentlichen Gebäude anzusehen und werden für die Solarpotenzialerhebung nicht benötigt, da sie keinen Einfluss auf die Dachflächen haben. Sie werden daher außer Acht gelassen.

Da sich die Datensätze teilweise überschneiden, werden sie im nächsten Schritt bereinigt (Abbildung 28). In der Folge werden Teile der öffentlichen Gebäude sowie der Gewerbegebäude den Wohngebäuden zugeschlagen. In den Gewerbegebäuden sind außerdem auch private Garagen enthalten, die in eine eigene Kategorie überführt werden.

Als letztes werden alle Gebäude, die in Industriegebieten liegen (Schnittmenge mit „Industrieflächen“), einer neuen Kategorie Industriebauten zugeordnet. Sie enthält sowohl Teile des vormaligen Wohngebäudebestands als auch der Gewerbebauten.

Zusätzlich zu den genannten Kategorien verbleiben Kleinstflächen, die nicht in den Abbildungen aufgeführt sind. Gegenüber einer gesamten Grundfläche von rd. 700 ha (Tabelle 16) weisen sie eine Grundfläche von insgesamt lediglich 0,6 ha auf und haben somit keinen Einfluss auf die Potenzialbestimmung.

Tabelle 15: Solarpotenzialflächen gemäß Solarkataster KL (Fraunhofer ISE, 2017)

Klassifizierung	Gebäudegrundfläche in ha	Flächenanteil in %
Sehr gut geeignet	36,5	11,94%
Gut geeignet	266,7	87,30%
Nicht geeignet	2,3	0,76%
Summe	305,5	

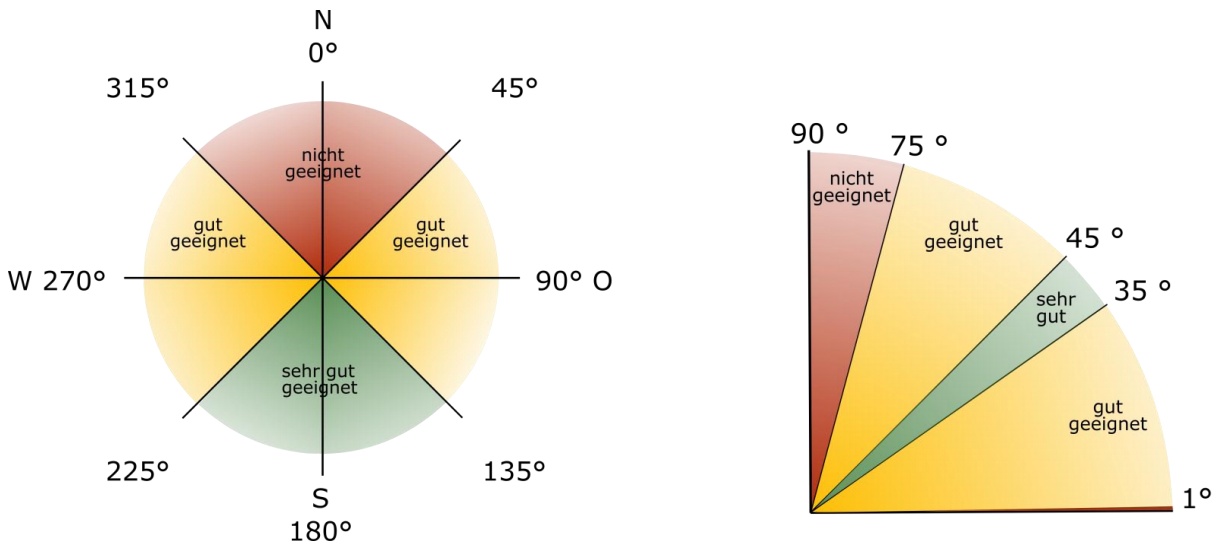


Abbildung 26: Klassifizierungskriterien gemäß Solarkataster KL (Fraunhofer ISE, 2017)



Abbildung 27: Innenstadt Kaiserslauterns als Auszug aus dem Solarkataster KL (Stadtverwaltung KL, 2017)

Die neue Gliederung dient zum einen der Abschätzung der Dachneigung und zum anderen der späteren Zuweisung von Maßnahmen zu Akteuren (Kapitel 7). Mangels genauerer Informationen wird die Dachneigung für jede Gebäudekategorie anhand einer stichprobenartigen Betrachtung von Luftbildern abgeschätzt.

Für Industrie- und Gewerbebauten sowie Garagen wird angenommen, dass sie Flachdächer mit einem Neigungswinkel von 0° besitzen. Die Neigung und Ausrichtung von Solarmodulen- bzw. -kollektoren ist in diesem Fall grundsätzlich frei wählbar. Zur Ertragsmaximierung werden 35° Modul- bzw. Kollektorneigung und eine reine Südausrichtung festgelegt. Um den potenzialmindernden Einfluss von Verschattung und Dachaufbauten zu berücksichtigen, werden pauschal 20 % der Dachfläche als nicht nutzbar abgezogen. Bedingt durch die notwendigen Reihenabstände zwischen den Modulen bzw. Kollektoren lassen sich 50 % der verbleibenden Dachfläche als Modul- bzw. Kollektorfläche installieren. Für die Gewerbegebäude resultieren hieraus knapp 47 ha an Potenzialfläche für Kollektoren und/oder Module. Die Industriegebäude verfügen über fast 83 ha. Die Flächenpotenziale auf Garagen sind demgegenüber mit unter 6 ha gering (Tabelle 16).

Für Wohngebäude und öffentliche Gebäude wird von einem Satteldach mit einer Neigung von 35° ausgegangen. In diesem Fall ist die Ausrichtung nur zweistufig wählbar, indem entweder die eine oder die andere Dachhälfte belegt wird. Da keine Informationen zur Ausrichtung der Dachflächen vorliegen, wird von einer Gleichverteilung auf die acht Haupt- und Nebenhimmelsrichtungen ausgegangen. Über die Gleichung

$$A_{Dach} = \frac{A_{Grund}}{\cos \gamma}$$

werden die Gebäudegrundfläche A_{Grund} in die Dachfläche A_{Dach} umgerechnet (Tabelle 16). Der Winkel γ kennzeichnet die Dachneigung. Vom Ergebnis werden wiederum 20% aufgrund von Aufbauten und Verschattung als nicht nutzbar abgezogen. Von den beiden Dachhälften wird eine Seite vollständig als Potenzialfläche angesehen, die andere zur Hälfte. Hierdurch wird berücksichtigt, dass die nördlichen Himmelsrichtungen weniger gut für eine Solarenergienutzung geeignet sind. Für Wohngebäude ergibt sich so ein Flächenpotenzial 231 ha. Öffentliche Gebäude kommen auf fast 34 ha. Insgesamt stehen in Kaiserslautern nach dieser Erhebung rd. 400 ha an Potenzialfläche für PV-Module und/oder Solarkollektoren zur Verfügung. In dieser Potenzialerhebung ist die Tragfähigkeit der Dächer noch nicht bedacht. Sie muss vor einer Belegung mit Modulen oder Kollektoren geprüft werden.

Ein Teil der öffentlichen Gebäude und, in geringerem Umfang, der Wohngebäude befindet sich im Eigentum der Stadt Kaiserslautern („städtische Gebäude“). Aus politischer Sicht sind die hierzu gehörenden Potenzialflächen besonders interessant, weil die Stadt unmittelbaren Zugriff auf ihre Nutzung hat. Ihr Umfang beträgt rd. 80.000 m² (8 ha), was 2 % des gesamten Dachflächenpotenzials entspricht.

Tabelle 16: Gebäudeklassen für die Dachflächenpotenzialbestimmung zur Solarenergienutzung in KL (Fraunhofer ISE, 2017)

Klassifizierung	Gebäudegrundfläche	Dachfläche	Potenzial an Modul- bzw. Kollektorfläche
Einheit	ha	ha	ha
Wohngebäude	315,9	385,6	231,4
Gewerbegebäude	117,2	117,2	46,9
Industriegebäude	206,8	206,8	82,7
Öffentliche Gebäude	46,2	56,4	33,8
Garagen	13,8	13,8	5,5
Städtische Gebäude (Teilmenge der öffentlichen und Wohngebäude)	(10,9)	(13,3)	(8,0)
Summe	699,8	779,7	400,3

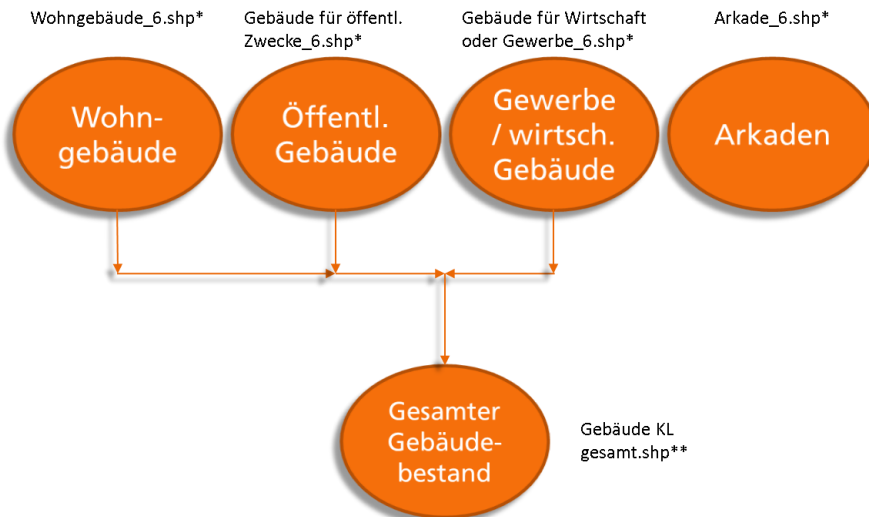


Abbildung 28: Gliederung der ALKIS-Daten zum Gebäudebestand Kaiserslauterns (Fraunhofer ISE, 2017)

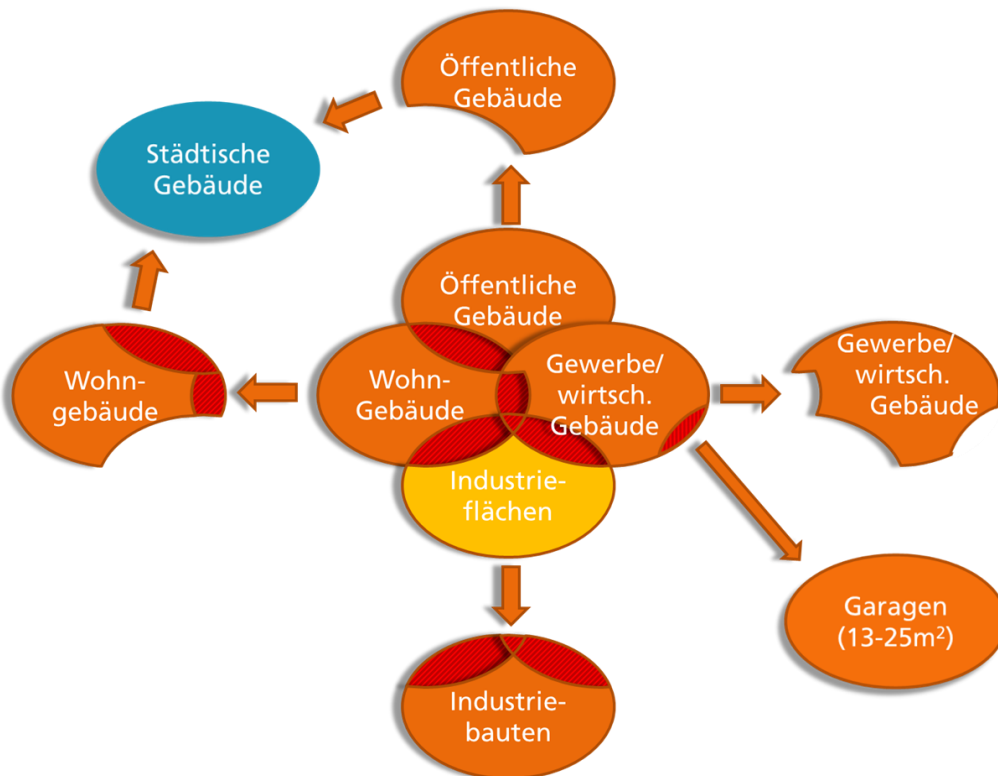


Abbildung 29: Vorgehensweise bei der Aufbereitung der Gliederung des Gebäudebestands Kaiserslauterns (Fraunhofer ISE, 2017)

5.2 Windenergienutzung

Aus den genannten Gründen werden für die Windenergienutzung, zusätzlich zu den stadtinternen Potenzialen, auch bevölkerungsanteilige Potenziale des Bundeslandes Rheinland-Pfalz betrachtet.

Stadtinternes Potenzial

Im Rahmen des Erneuerbare Energien Konzeptes wurden nicht nur die Solarpotenziale, sondern auch die Potenziale zur Windenergienutzung untersucht (BBP und Peschla + Rochmes 2013). Nach Beachtung der allgemeinen Ausschlusskriterien verbleiben neun Standorte (Tabelle 17). Fünf dieser Flächen (Nummer 1 bis 4 und 7) sind allerdings mit weniger als 18 ha zu klein für eine effektive Windenergienutzung. Bei den übrigen vier Flächen bestehen ebenfalls zwischen ein und mindestens sechs einschränkenden Kriterien, weshalb nur die Flächen mit den Einstufungen 1 und 2 als Nutzungsflächen zur Ausweisung im Flächennutzungsplan empfohlen werden (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 49). Dies trifft nur auf die Gebiete mit den Flächennummern 5 und 6 zu, die eine Gesamtfläche von 198 ha umfassen. Sie sind in Tabelle 17 in der **Kategorie „gut geeignet“ zusammengefasst**. Nach einer groben Abschätzung ließen sich auf dieser Fläche aus technischer Sicht etwa zehn Windenergieanlagen der 3 MW-Klasse errichten, was einem jährlichen Stromertrag in der Größenordnung von 65 GWh entspricht.

Die Erhebungen fanden allerdings vor dem Windkrafterlass der Landesregierung statt, aufgrund dessen eine Windenergienutzung im Bereich des Pfälzerwaldes grundsätzlich ausgeschlossen wird. Der Stadtrat der Stadt Kaiserslautern hat entsprechend beschlossen, dass im Flächennutzungsplan 2025 keine Vorrangflächen für die Windenergienutzung dargestellt werden sollen. Da die Windenergienutzung jedoch, wie auch in den späteren Szenarienrechnungen in Kapitel 6 zu sehen ist, eine wichtige Stütze einer zukünftigen, auf erneuerbaren Energien beruhenden Energieversorgung darstellt und sich die politischen Rahmenbedingungen bis 2050 ändern können, sind die Ergebnisse hier trotzdem aufgeführt.

Neben den diskutierten Potenzialflächen für neue Windenergieanlagen existieren auf dem Betriebsgelände von ZAK im Kapiteltal drei Anlagen mit einer Nennleistung von je 3 MW. Die Standorte befinden sich zwar knapp außerhalb der Gemarkung Kaiserslautern, ihr Einspeisepunkt liegt jedoch in der Stadt. Sie werden in dieser Studie daher als stadtinternes Windenergiepotenzial angesehen. Es wird ferner angenommen, dass die Standorte auch im Jahr 2050 noch nutzbar sind. Die bestehenden Windenergieanlagen erreichen Jahresstromerträge von rd. 20 GWh (Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern - gemeinsame kommunale Anstalt der Stadt und des Landkreises Kaiserslautern (ZAK) 2017d).

Eine häufig diskutierte Möglichkeit zur Windenergienutzung innerhalb von Siedlungsstrukturen sind Kleinwindenergieanlagen. Je nach Definition werden darunter Anlagen mit einer Nennleistung von bis zu 100 kW oder aber mit Rotordurchmessern von bis zu etwa 16 m verstanden. Abhängig vom Hersteller und der Windgüte am Standort weisen Anlagen mit 10 kW Nennleistung Rotordurchmesser von etwa 7-10 m auf. Soll eine Kleinwindenergieanlage auf einem Gebäude errichtet werden, so müssen sowohl dessen Statik als auch die optischen und akustischen Auswirkungen eingehend geprüft werden.

Bedacht werden muss auch, dass Kleinwindenergieanlagen bezogen auf die installierte Leistung geringere Stromerträge erzielen als Großwindenergieanlagen. Dies liegt zum einen an schlechteren Wirkungsgradkennlinien, ist also technisch bedingt. Zum anderen sind die Windverhältnisse in bzw. über strömungstechnisch rauen Siedlungsstrukturen deutlich schlechter als beispielsweise über landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Masthöhen der Kleinanlagen sind zudem deutlich geringer als bei Großanlagen. Je größer der Abstand vom Boden, desto höher und gleichmäßiger sind jedoch die Windgeschwindigkeiten.

Ökonomisch betrachtet sind Kleinwindenergieanlagen, sowohl hinsichtlich der spezifischen Investitionen als auch hinsichtlich der Betriebs- und Wartungskosten, teurer als Großanlagen. Zusammen mit dem spezifisch geringeren Ertrag ergeben sich hieraus deutlich höhere Stromgestehungskosten.

Da die Leistung pro Anlage verglichen mit Großanlagen gering ist, würden beispielsweise 300 Standorte für 10 kW-Anlagen benötigt, um eine Großanlage mit 3 MW hinsichtlich der Nennleistung zu ersetzen. Eine so große Anzahl an Standorten im Stadtgebiet erscheint als eher fraglich.

In der Folge wird das aus Kleinwindenergieanlagen resultierende Stromertragspotenzial als gering angesehen. Sie werden deshalb in den Szenarienrechnungen in Kapitel 6 nicht betrachtet. Die Errichtung von ein oder zwei Anlagen im Bereich der Innenstadt wäre jedoch ein weithin sichtbares Bekenntnis zur Energiewende und würde

Tabelle 17: Eignungsflächen für die Windenergienutzung (ohne Berücksichtigung fachplanerischer Belange) (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE nach BBP und Peschla + Rochmes 2013)

Flächennummer	Fläche	Eignungseinstufung	Bewertung	Fläche	Mögliche Windenergieanlagenzahl, installierte Leistung, Jahresertrag
Einheit	ha	-	-	ha	-
5	28,3	1	Gut geeignet	198,0	10 Anlagen 30 MW 65 GWh/a
6	169,7	2			
8	678,0	3	Weniger gut geeignet oder schlechter	782,2	-
9	104,2	4			
1-4, 7	24,8	5	Nicht geeignet	24,8	
Gesamt	1.005				

Eignungseinstufung

- 1: Bis zwei einschränkende Kriterien
- 2: Drei bis vier einschränkende Kriterien
- 3: Fünf einschränkende Kriterien
- 4: Sechs oder mehr einschränkende Kriterien
- 5: Flächengröße < 18 ha

Quelle: (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE) nach (BBP und Peschla + Rochmes 2013)

Kaiserslauterns Bemühungen und Fortschritte in diesem Bereich sichtbar machen. Solchen Anlagen käme daher eine mitunter große Symbolkraft zu. Anders als bei den heute üblichen Großwindenergieanlagen existieren bei Kleinwindenergieanlagen deutlich mehr Bauformen, so dass die Anlagen auch nach ästhetischen Gesichtspunkten ausgewählt werden könnten (s. a. Maßnahmen in Kapitel 7).

Landesweites Potenzial

Die Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) weist in ihren Potenzialaufstellungen für das Bundesland Rheinland-Pfalz ein Windenergiepotenzial von 12.000 MW an installierbarer Leistung und einen daraus möglichen Jahresstromertrag von 25 TWh aus (Agentur für Erneuerbare Energien 2017b). Der bevölkerungsanteilige Wert dieses Potenzials wird nachfolgend Kaiserslautern zugeschlagen.

Rheinland-Pfalz verfügte 2015 über eine Gesamtbevölkerung von 4.052.803 Einwohnern, und in Kaiserslautern lebten 2015 offiziell rd. 100.000 Menschen (Abschnitt 2.2). Hieraus ergibt sich ein Bevölkerungsanteil Kaiserslauterns von knapp 2,5 % an der Landesbevölkerung.

Übertragen auf die Windenergiepotenziale entspricht dies einem Potenzialanteil von 296 MW. Nach Ansetzen eines Sicherheitsabschlags stehen hiervon 80 %, entsprechend rd. 237 MW, in den Szenarien in Kapitel 6 zur Verfügung. Da die bestehenden drei Anlagen in Kaiserslautern mit 9 MW bereits in der landesweiten Erhebung enthalten sind, werden sie bei Ansatz landesweiter Potenziale nicht zusätzlich berücksichtigt.

Konkrete Standorte für den Potenzialanteil Kaiserslauterns werden in dieser Studie nicht betrachtet. Für weitere Schritte steht mit dem Potenzialatlas RLP aber bereits eine landesweite Abschätzung der Windgeschwindigkeitsverhältnisse zur Verfügung (Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz 2017, 2013).

5.3 Wasserkraft

Möglichkeiten zur Wasserkraftnutzung sind im Erneuerbare Energien Konzept ebenfalls untersucht worden (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 91). Von den 17 betrachteten Standorten erscheinen zwei als geeignet. Dies betrifft zum einen den ehemaligen Mühlenstandort „Reichholdsmühle“, bei dem Staudamm und Stauteich auch heute noch

existieren, was eine Reaktivierung erleichtert (BBP und Peschla + Rochmes 2013, 95f). Nach Abschätzung des EE-Konzeptes ließen sich hier etwa 46 MWh an Jahresstromertrag gewinnen. Bei mehr oder minder gleichmäßiger Durchströmung entspricht dies einer elektrischen Leistung von rd. 5 bis 8 kW.

Als zweiter Standort wird der Auslauf der Kläranlage an der Lauter im Bereich der Kernstadt in Betracht gezogen. Hier wurde im EE-Konzept ein Jahresstromertrag von rd. 150 MWh abgeschätzt, was einer elektrischen Leistung von etwa 17 bis 25 kW entspricht.

Für beide Anlagen wären allerdings unter anderem aufwendige wasserrechtliche Genehmigungsverfahren zu durchlaufen. Eine Aufnahme in den Flächennutzungsplan 2025 wurde deshalb nicht empfohlen. Für die Szenarienrechnungen in Kapitel 6 werden die beiden Standorte dennoch mit den genannten Stromerträgen als Potenzial angenommen.

5.4 Bioenergienutzung

In Kaiserslautern werden durch die ZAK bereits heute verschiedene biogene Reststoffe wie Altholz, Gartenabfälle oder Bioabfall stofflich und energetisch genutzt. Auch Holz aus der Forstwirtschaft und, in geringem Umfang, Erntereste wie Stroh werden energetisch verwendet. Durch den geringen Anteil land- und forstwirtschaftlicher Flächen in dichtbesiedelten Strukturen sind biogene Energieträger in der Stadt jedoch nur sehr begrenzt verfügbar. Gleichzeitig kommt ihnen aufgrund ihrer Speicherbarkeit und der damit verbundenen Möglichkeit, sie flexibel in Erzeugungsanlagen einzusetzen, eine große Bedeutung im Energiesystem zu. Neben den stadtinternen Potenzialen werden deshalb – genau wie bei der Windenergie – auch landesweite Potenziale in die Überlegungen einbezogen. Das gesamte, für die zukünftige Energieversorgung nutzbare Potenzial an biogenen Energieträger wird nachfolgend zusammengefasst.

Stadtinternes Potenzial

Abfallpotenzial

Kaiserslauterns größtes Biomassepotenzial besteht in aus Abfall. Bereits heute verwertet ZAK Altholz, Garten- und Parkabfälle sowie Bioabfall in großem Umfang. Durch die Kooperation der ZAK mit der GML Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH aus Ludwigshafen werden die biogenen Abfälle, die bisher von der GML verwertet wurden, seit Oktober 2015 komplett über die ZAK energetisch und stofflich verwertet. Insgesamt entfallen damit auf ZAK jährlich fast 15.000 kt an Bioabfall aus Kaiserslautern und zusätzlich rd. 45.000 kt aus dem Versorgungsgebiet der GML (Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH 2015, 39f). Hinzu kommen jährlich etwa 12.800 kt an Altholz sowie 26.500 kt an Garten- und Parkabfällen (Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH 2015, S. 31–35). Zusammen mit dem anfallenden Deponiegas werden daraus jährlich etwa 14 GWh an Strom und 40 GWh an Wärme bereitgestellt (Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH 2015, S. 40; Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern - gemeinsame kommunale Anstalt der Stadt und des Landkreises Kaiserslautern (ZAK) 2017a). Die thermische Energie wird seit 2016 als Fernwärme in das Leitungsnetz der SWK eingespeist (s. a. Abschnitt 3.5). Für die Zukunft wird angenommen, dass die Strom- und Wärmeerträge weiterhin unverändert zur Verfügung stehen. Sie stellen damit das nutzbare energetische Potenzial aus biogenen Abfällen dar.

Forstwirtschaftliche Biomasse

An zweiter Stelle bei den Biomassepotenzialen steht Energieholz aus der Forstwirtschaft. Kaiserslautern verfügt auf seiner Gemarkung über eine Waldfläche von rd. 8.500 ha, aus denen jährlich etwa 103.000 m³ an Holz geerntet werden. Der Baumbestand teilt sich auf die in Tabelle 18 gezeigten Baumarten auf. Den größten Flächenanteil besitzen Kiefern mit 42 % (3.570 ha), gefolgt von Buchen mit 34 % (2.890 ha). Eiche, Fichte und Douglasie haben Anteile von unter 10 % (Landesforsten Rheinland-Pfalz 2017).

Aus bundesweiten Erhebungen ist der spezifische jährliche Flächenertrag jeder Baumart bekannt und außerdem der hiervon energetisch genutzte Anteil („Energieholz“) (Statistisches Bundesamt 2015). Es soll betont werden, dass nur dieser Anteil in die Potenzialbetrachtung einfließt. Stofflich genutzte oder aus ökologischen Gründen im Wald verbleibende Baumbestandteile werden also nicht als energetisch nutzbar angesehen.

Zusammen mit dem aus der Literatur bekannten Heizwert jeder Holzart lässt sich nun der Energiegehalt des jährlich verfügbaren Energieholzes berechnen. Über alle Baumarten summiert stellt es mit rd. 58 GWh/a das energetische Potenzial aus forstwirtschaftlicher Biomasse dar.

Tabelle 18: Energiepotenzial aus forstwirtschaftlicher Biomasse (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE nach Landesforsten Rheinland-Pfalz 2017; Statistisches Bundesamt 2015; Kaltschmitt et al. 2016, S. 638)

Baumart	Flächenanteil	Bestandsfläche	Spez. jährl. Flächenertrag Energieholz	Jahresertrag	Heizwert	Energiepotenzial
Einheit	%	ha	t/(ha·a)	t/a	MWh/t	GWh/a
Buche	34%	2.890	3,312	9.572	4,25	40,7
Eiche	9%	765	0,793	607	4,25	2,6
Fichte	9%	765	0,952	728	4,33	3,2
Kiefer	42%	3.570	0,597	2.130	4,33	9,2
Douglasie	6%	510	0,952	485	4,33	2,1
Summe	100%	8.500	-	13.520	-	57,7

Tabelle 19: Energiepotenzial aus landwirtschaftlichen Reststoffe (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE) nach Statistisches Landesamt RLP 2010a; Breitenfeld 2017; Kaltschmitt et al. 2016)

Getreideart	Anbaufläche	Ernteertrag	Verhältnis Reststoff zu Ertrag	Energetisch nutzbarer Anteil	Heizwert	Energiepotenzial
Einheit	ha	t/(ha·a)	%	%	MWh/t	GWh/a
Wintergerste	188	6,8	90	25	4,86	1,4
Sommergerste	188	5,3	90	25	4,86	1,1
Triticale	188	5,6	130	25	4,75	1,6
Roggen	188	5,9	100	25	4,83	1,3
Winterraps	188	3,4	190	25	4,75	1,4
Weidegras	188	5,7	0	0	4,58	0
Summe	1.128					6,8

Tabelle 20: Energiepotenzial für Biogas aus tierischen Exkrementen (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE nach Statistisches Landesamt RLP 2010c, 2010b; Kaltschmitt et al. 2016)

	Anzahl Nutztiere	Exkrementaufkommen	Sammelbarer Anteil	Energetisch nutzbarer Anteil	Biogas-ertrag	Heizwert Biogas	Energiepotenzial
Einheit	Anzahl	t/(Tier·a)	%	%	m ³ /t	kWh/m ³	GWh/a
Rinder	308	14,940	60 %	90 %	25	5,97	0,371
Hühner	251	0,061	80 %	80 %	80	5,97	0,005
Summe	559	20,6					0,376

Landwirtschaftliche Biomasse

Im Stadtgebiet Kaiserslauterns wird auf 1.128 ha Fläche Landwirtschaft betrieben (Statistisches Landesamt RLP 2010a). Behelfsweise wird angenommen, dass sich diese Fläche gleichmäßig auf die in Tabelle 19 genannten Getreidearten sowie Weidegras verteilt. Über die dem Jahreserntebericht des Landes Rheinland-Pfalz entnommenen, flächenbezogenen Ernteerträge lassen sich die absoluten Ernteerträge je Frucht bestimmen (Breitenfeld 2017). Aus der allgemeinen Literatur stammen zudem Angaben zum Verhältnis von Reststoff zu Ernteertrag, zu den energetisch nutzbaren Anteilen je Ernteertrag und zu deren Energiegehalt. In Kombination ergibt sich so ein energetisches Potenzial von 6,8 GWh/a. Weidegras wird hierbei bewusst nicht betrachtet, um keine Nutzungskonflikte zu verursachen. Von den Getreiden wird ausschließlich der Reststoff Stroh und dort auch wiederum nur der energetisch nutzbare Anteil verwertet. Eine Nutzung beispielsweise als Einstreu steht also nicht im Widerspruch zu den Erhebungen.

Biogas aus tierischen Exkrementen

Eine weitere Möglichkeit zur Bereitstellung biogener Energieträger bietet die Nutzung tierischer Exkremente in Biogasanlagen zur Biogasgewinnung. Im Stadtgebiet Kaiserslautern werden 308 Rinder sowie 251 Hühner gehalten. Eine Schweinehaltung besteht nicht (Statistisches Landesamt RLP 2010c, 2010b). Auf Basis der von diesen Tieren ausgeschiedenen Exkrementmengen, dem daraus resultierenden Biogasertrag und dessen Energiegehalt ergeben sich die in Tabelle 20 aufgeführten Energieerträge. Aus einem Vergleich der Gesamtsumme von <1 GWh/a mit den Energiebedarfen aus Kapitel 4 sowie den vorgenannten Potenzialen wird deutlich, dass die stadtinterne Biogasgewinnung kaum einen Beitrag zur Bedarfsdeckung leisten kann. Hier wären Kooperationen mit der Region notwendig.

Landesweites Potenzial

Zur Bestimmung des landesweiten Potenzials an forstwirtschaftlicher Biomasse sowie an Biogas wird, genau wie bei der Bestimmung der landesweiten Windenergiepotenziale, auf die Zusammenstellung der Agentur für Erneuerbare Energien zurückgegriffen. Der Potenzialanteil Kaiserslauterns wird dann wiederum bevölkerungsanteilig gebildet.

Zu bedenken ist, dass biogene Rohstoffe und Energieträger zukünftig voraussichtlich nicht nur zur stationären Energiegewinnung, sondern auch zur Produktion von Treibstoffen und für stoffliche Zwecke benötigt werden. Aus diesem Grund wird nicht das gesamte rechnerische Potenzial in den Szenarienrechnungen in Kapitel 6 verwendet, sondern nur jeweils die Hälfte.

Forstwirtschaftliche Biomasse

Für das landesweite Potenzial an forstwirtschaftlicher Biomasse wird von 35.329 TJ/a ausgegangen (Agentur für Erneuerbare Energien 2017a). Mit dem gleichen Ansatz wie bei den landesweiten Potenzialen zur Windenergienutzung ergibt sich hieraus ein bevölkerungsanteiliger Wert von 242 GWh/a für Kaiserslautern. Im Rahmen der Szenarienrechnungen in Kapitel 6 stehen hiervon 50 %, entsprechend 121 GWh/a, zur Verfügung.

Biogas

Das Biogaspotenzial von Rheinland-Pfalz wird mit 2.813 GWh/a angegeben (Agentur für Erneuerbare Energien 2017c). Bevölkerungsanteilig entspricht dies 69 GWh/a an Potenzialanteil für Kaiserslautern, von dem mit 35 GWh/a rund die Hälfte in den Szenarien in Kapitel 6 als nutzbar angesehen wird.

5.5 Nutzung von Umweltwärme einschließlich Geothermie

Als Umweltwärme werden natürliche Wärmequellen bezeichnet, die sich entweder direkt oder durch eine zur Temperaturerhöhung nachgeschaltete Wärmepumpe für Heizzwecke oder auch zur Stromerzeugung nutzen lassen. Zwei wichtige Wärmequellen in diesem Zusammenhang sind die Umgebungsluft und Erdwärme, also geothermische Quellen.

Umgebungsluft hat den Vorteil, dass sie überall verfügbar ist und das resultierende Nutzungspotenzial nur theoretisch begrenzt ist. Das Potenzial der sie nutzenden Wasser-Luft-Wärmepumpen wird in dieser Studie und den Szenarienrechnungen in Kapitel 6 daher als unbegrenzt angenommen.

Ein Nachteil von Umgebungsluft als Wärmequelle ist allerdings, dass sie genau dann besonders geringe Temperaturen aufweist, wenn der Heizwärmebedarf aufgrund der geringen Außentemperaturen groß ist. Die Effizienz der

Umgebungsluft nutzenden Wärmepumpen und auch deren spezifische Wärmeleistung sind daher gerade dann gering, wenn viel Wärme benötigt wird.

Im Vergleich dazu weisen Erdwärmequellen im Winter deutlich höhere und über das Jahr konstantere Temperaturen auf. Die Nutzung von Erdwärme wird grundsätzlich in Tiefengeothermie und oberflächennahe Geothermie unterschieden, wobei als Grenze zwischen beiden üblicherweise eine Bohrtiefe von 400 m angesehen wird.

Bei oberflächennaher Geothermie reicht die Erdtemperatur i.d.R. noch nicht für eine direkte Nutzung zum Heizen aus, sondern es müssen zusätzlich Wärmepumpen zur Temperaturerhöhung eingesetzt werden. Die Erdwärme kann dem Boden dazu über Erdsonden, also senkrechte Bohrungen oder Erdkollektoren, d. h. in geringer Tiefe waagrecht verlegte Leitungsnetze entzogen werden.

Die durch Tiefengeothermie nutzbaren Erdtemperaturen lassen demgegenüber eine direkte Nutzung für Heiz- und/oder Prozesswärme zu. Bei günstigen geologischen Bedingungen lassen sich mit vertretbarem Aufwand sogar Temperaturen erzielen, die für einen Dampfkraftprozess zur Stromerzeugung ausreichen.

5.6 Tiefengeothermie

Laut Erneuerbare Energien Konzept ist in Kaiserslautern absehbar kein wirtschaftliches Potenzial für die Tiefengeothermienutzung zur Stromerzeugung erkennbar, da der Temperaturgradient mit etwa 1°C pro 33 m Bohrtiefe zu gering ist. Im Oberrheingraben beträgt der Gradient im Vergleich 1°C pro 9 m Bohrtiefe (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 86). Für eine direkte thermische Nutzung hingegen reichen die Erdtemperaturen voraussichtlich aus. Erkenntnisse über das tatsächliche Potenzial für diese Nutzung liegen derzeit jedoch nicht vor. In dieser Studie wird daher vorsichtshalber kein Potenzial zur Tiefengeothermienutzung veranschlagt.

5.7 Oberflächennahe Geothermie

Das Landesamt für Geologie und Bergbau stellt auf seiner Internetseite die Ergebnisse einer wasserwirtschaftlichen und hydrogeologischen Standortbewertung der Nutzung von oberflächennaher Geothermie mittels Erdwärmesonden in Rheinland-Pfalz bereit. Die Teilergebnisse für das Stadtgebiet Kaiserslauterns wurden im Rahmen des Erneuerbare Energien Konzeptes ausgewertet (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 87). Wie die resultierende Abbildung 30 zeigt, bestehen demnach auf weiten Flächen gute Möglichkeiten zum Erdwärmesondeneinsatz. Mit etwa 8.315 ha Fläche sind 60 % des Stadtgebiets eher gut geeignet (grüne Flächen) und 1.087 ha (8 %) können unter zusätzlichen rechtlichen Auflagen genutzt werden (gelbe Flächen). Die verbleibenden 4.546 ha (32 %) sind eher nicht genehmigungsfähig (rote Flächen). Die Summe aus geeigneten und unter Auflagen geeigneten Flächen beträgt 9.402 ha. Unter der Annahme einer typischen, flächenbezogen entnehmbaren Leistung von 60 bis 100 mW/m² ergibt sich hieraus eine maximal installierbare thermische Leistung von 5,6 bis 9,4 MW. Da die für Erdwärmesonden notwendigen Bohrungen in dicht bebauten Stadtgebieten wie Innenstädten häufig nicht möglich sind, werden in dieser Studie 4,1 MW an installierbarer thermischer Leistung als Potenzial angesetzt.

Für die Eignung des Stadtgebiets zur Nutzung von Erdwärme mittels Erdkollektoren liegen ebenfalls Untersuchungen des Landesamtes für Geologie und Bergbau vor, deren Ergebnisse in das Erneuerbare Energien Konzept übernommen wurden (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 88). Gemäß Abbildung 31 besteht für fast das gesamte Stadtgebiet eine grundsätzliche Eignung, allerdings ist nur relativ kleiner Teil im Westen der Stadt aufgrund der Bodenbeschaffenheit gut oder sehr gut geeignet. Die entsprechende Fläche von etwa 805 ha wird für diese Studie als Potenzial übernommen. Grundsätzlich muss bedacht werden, dass überbaute Flächen, wie sie in dicht besiedelten Siedlungsstrukturen üblich sind, i.d.R. keine Verlegung von Erdwärmekollektoren zulassen. Die Potenzialabschätzung erfolgt aus diesem Grund sehr konservativ.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit oberflächennaher Geothermie stellen Grundwasserleiter dar (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 89). Hier sind allerdings keinerlei konkrete Potenzialabschätzungen vorhanden und die wasserrechtlichen Auflagen zudem besonders hoch. Für die nachfolgenden Berechnungen in Kapitel 6 wird diese Möglichkeit deshalb nicht betrachtet.

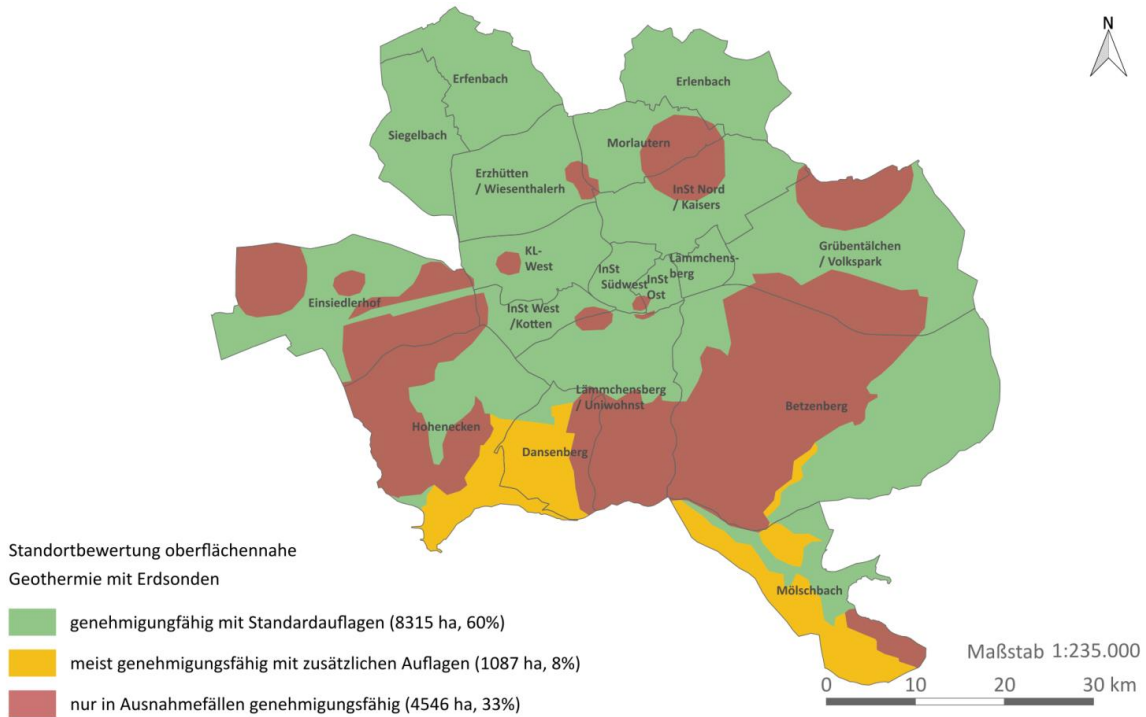


Abbildung 30: Flächeneignung zur oberflächennahen Geothermienutzung mittels Erdsonden ((Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE) nach (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 147))



Abbildung 31: Flächeneignung zur oberflächennahen Geothermienutzung mittels Erdwärmekollektoren (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE) nach (BBP und Peschla + Rochmes 2013, S. 148)

5.8 Abwärmenutzung

Bei vielen Prozessen in Industrie und Gewerbe wird Wärme ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Diese ungewollten Wärmeverluste werden als Abwärme bezeichnet.¹⁷ Je nach Prozess kann die Art der anfallenden Abwärme sehr unterschiedlich sein. Sie kann entweder an ein bestimmtes Medium gebunden sein oder diffus über die Oberflächen der jeweiligen Anlage durch Strahlung oder Konvektion an die Umgebung abgegeben werden. An Medien gebundene Abwärme ist häufig in großer Menge verfügbar und deutlich leichter als diffus anfallende Abwärme zu nutzen.¹⁸ Die Abwärmtemperatur von Prozessen kann bis zu 600°C betragen. In den meisten Fällen weist die im Unternehmen anfallende Abwärme jedoch Temperaturen zwischen 30 und 140°C auf. Aus ökologischer Sicht stellt die Abwärmenutzung eine hervorragende Lösung zur Einsparung von Emissionen und Kosten dar. So kann durch die Nutzung von Abwärme auf die Erzeugung, z.B. aus fossilen Brennstoffen wie Erdgas, teilweise verzichtet werden. Durch diese Substitution wird die Effizienz der Anlage gesteigert.

Aus wirtschaftlicher Sicht sollte Abwärmevermeidung stets der Abwärmenutzung vorgezogen werden. Der nötige Investitionsaufwand ist vergleichsweise gering. Durch energieeffiziente Komponenten, einer guten Wärmedämmung der jeweiligen Anlagen sowie der Verbesserung zugrundeliegender Prozesse kann ein Großteil an Abwärme bereits reduziert werden. Eine vollständige Vermeidung von Abwärme ist jedoch i.d.R. nicht möglich.¹⁹

Die Bandbreite an Abwärmequellen in Unternehmen ist vielfältig, da in den meisten thermischen oder mechanischen Prozessen Abwärme anfällt. Typische Abwärmequellen sind neben Abluft und Abwasser aus Prozessen oder Fertigungsbereichen auch Abgas aus Kesselanlagen und Kühlwasser aus Raumlufttechnischen Anlagen und Druckluftkompressoren. Fertige Produkte, die nach der Herstellung auskühlen müssen, können ebenfalls größere Mengen Energie bzw. Abwärme enthalten. Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung in Unternehmen nimmt zudem die Abwärme aus Serverräumen und Rechenzentren stetig zu.

Je nach Temperaturniveau und anfallender Abwärmemenge kann Abwärme für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden. Grob bestehen folgende Nutzungsmöglichkeiten:

- Wärmerückgewinnung: Im Prozess anfallende Abwärme wird im selben Prozess bzw. derselben Anlage weiter genutzt. Typische Vertreter sind chemische Industrie oder Papierherstellung.
- Betriebsinterne Abwärmenutzung: Anfallende Abwärme wird betriebsintern in anderen Prozessen bzw. zur Raumheizung oder Warmwasserbereitung eingesetzt (Kaskadierung).
- Externe Abwärmenutzung: Abwärme wird außerhalb des Betriebs am gleichen Standort oder über eine Einspeisung in Fern- oder Nahwärmenetze genutzt.
- Umwandlung Abwärme in andere Nutzenergieformen: Durch Nutzung von Absorptionskältemaschinen und ORC-Anlagen kann Abwärme auch in andere Nutzenergieformen, wie Kälte und Strom, umgewandelt werden.

Für die Auswahl der möglichen Abwärmenutzungsverfahren ist insbesondere das Temperaturniveau von Bedeutung, auf dem die Abwärme anfällt. Das Temperaturniveau hängt maßgeblich von den vorhandenen Anlagen und Produktionsverfahren ab. Reicht das Temperaturniveau der Abwärmequelle nicht für eine Wärmenutzung aus, kann die Temperatur ggf. durch den Einsatz von Hilfsenergie, wie hochwertigem Strom, mithilfe einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau angehoben und nutzbar gemacht werden.²⁰ Neben dem Temperaturniveau sind weitere Faktoren für die effiziente Abwärmenutzung entscheidend. Abwärme kann grob in den folgenden Dimensionen bewertet werden:

- Die verfügbare Abwärmemenge sollte möglichst dem Energiebedarf des Verbrauchers (Abwärmesenke) entsprechen, um keinen zusätzlichen Wärmeerzeuger vorhalten zu müssen.
- Das Abwärmeangebot sollte möglichst genau mit den Zeiten des Wärmebedarfs übereinstimmen, um eine wirtschaftliche Nutzung der Abwärme betriebsintern bzw. extern erreichen zu können. Häufig passt das Bedarfsprofil jedoch nicht vollständig zum Angebotsprofil. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, mit einem Wärmespeicher Leistungsspitzen und zeitliche Verschiebungen abzupuffern.²¹
- Neben der Frage, ob ausreichend Platz zur Installation der Komponenten zur Verfügung steht, spielt die Distanz zwischen Abwärmequelle und -senke eine große Rolle. Lange Transportwege der Wärmeträgermedien erhöhen Wärmeverluste und Transportaufwand.

¹⁷ <https://industrie-energieeffizienz.de/energiekosten-senken/energieeffiziente-technologien/abwaermenutzung/erfolgreiche-abwaermenutzung-im-unternehmen/>, Zugriff: 06.02.2017.

¹⁸ Vgl. Saena (Hrsg.) (2012), S. 6.

¹⁹ Linckh/Schmitz (2012).

²⁰ Dena (Hrsg.) (2015), S. 8.

²¹ Linckh/Schmitz (2012), S. 15.

- Je länger die Nutzungsdauer einer Anlage ist, bzw. je mehr Vollbenutzungsstunden erreicht werden, desto wirtschaftlicher ist Abwärmenutzung. Je aufwändiger das Sammeln und der Transport der Wärme, desto höher liegen die Investitionskosten.
- Um die Versorgungssicherheit bei der überwiegenden Nutzung von Abwärme in einem Prozess sicherzustellen, ist häufig ein redundantes System erforderlich, um den durchgängigen Anlagenbetrieb auch bei Ausfall der Abwärmequelle zu gewährleisten. Handelt es sich um einen sensiblen Prozess, der von einem bestimmten Temperaturniveau abhängt, müssen die prozesstechnischen Rahmenbedingungen unbedingt im Detail geprüft werden.²²

Ob die Abwärmenutzung für ein Unternehmen letztlich sinnvoll ist, ist stets vom Einzelfall abhängig. Auch wenn die Nutzung von Abwärme zeitlich und räumlich möglich ist, sollte stets die technische Umsetzbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit der Abwärmenutzung unter Berücksichtigung der aufzuwendenden Kosten für Planung, Technik und Installation geprüft werden. Die Detailplanung kann von einem Fachmann übernommen werden. Dieser ist i.d.R. nicht Teil des Unternehmens und daher auf die Initiative und die Informationen aus den Betrieben angewiesen.

5.8.1 Abwärmepotenzial statistisch

Aufgrund der vielfältigen Abwärmequellen sowie der zahlreichen internen und externen Abwärmenutzungsmöglichkeiten ist prinzipiell eine individuelle Untersuchung des Abwärmepotenzials für jedes einzelne Unternehmen oder Unternehmenszusammenschlüsse erforderlich, um detaillierte Aussagen über das vorhandene Gesamtpotenzial treffen zu können. Eine detaillierte Ermittlung des Abwärmepotenzials für alle in Kaiserslautern ansässigen Gewerbe- und Industrieunternehmen überschreitet den Untersuchungsrahmen und den Detaillierungsgrad des Masterplans. Es wird daher ein vereinfachtes Untersuchungsverfahren, wie ebenfalls im MPH beschrieben, angewandt. Hiermit ist eine erste Abschätzung des vorhandenen Abwärmepotenzials möglich.

Im ersten Schritt wird das derzeitige Abwärmepotenzial auf Basis der kommunalen Energiebedarfe des Jahres 2015 im Industrie- und GHD-Sektor in Abhängigkeit der Anwendungsfelder in diesen Sektoren grob abgeschätzt. Die größten Abwärmepotenziale sind bei den Anwendungsfeldern Prozesswärme, mechanische Energie und Kühlung zu erwarten. Etwa 20 bis 30 % der zur Produktion eingesetzten Energiemenge in Form von Strom, Gas, Heizöl usw. können üblicherweise bei Einsatz von Abwärmerückgewinnung wieder zurückgewonnen werden. In Kaiserslautern summiert sich dieses Potenzial auf rd. 245 GWh/a. Dies stellt das technisch nutzbare Abwärmepotenzial dar. Das wirtschaftlich, nutzbare Potenzial ist zum Teil deutlich geringer, denn es hängt von einer Reihe von Eigenschaften sowohl der **Abwärmequelle als auch der geplanten Abwärmenutzung sowie deren „Passgenauigkeit“** ab (Abschnitt 5.8).

5.8.2 Potenzialerhebung

Das oben dargestellte Abwärmepotenzial stellt eine erhebliche Energiemenge dar. Wie oben beschrieben, können diese Potenziale nicht vollständig nutzbar gemacht werden. Zum Teil wurden sie bereits gehoben, zum Teil sind sie unwirtschaftlich und zum Teil fehlen die entsprechenden Verbraucher. Daher wurden 21 Unternehmen, die einen Großteil der umgesetzten Energie in Kaiserslautern verbrauchen, befragt. In der online-Befragung wurden die anfallenden Abwärmemengen, das Temperaturniveau auf dem die Abwärme anfällt sowie die Maximalleistung der jeweiligen Abwärmequelle abgefragt. Zudem wurden die Unternehmen geographisch gruppiert, um daraus Cluster ableiten zu können. Es zeigte sich, dass die Abwärmemengen entweder bereits direkt oder indirekt genutzt werden oder kaum Information über deren Potenziale vorhanden sind. Durch Energieeffizienzmaßnahmen und eine optimierte ggf. auch quartiersbezogene Wärmeerzeugung sollen noch nicht genutzte Potenziale in Zukunft genutzt werden.

5.9 Zusammenfassung EE-Potenziale

In Kaiserslautern steht eine Reihe von erneuerbaren Energien zur Verfügung, um den zukünftigen Energiebedarf zu decken (Tabelle 21). Das größte innerstädtische Potenzial besteht für die Solarenergienutzung – vor allem auf Dachflächen (400 ha). Hier lassen sich sowohl Photovoltaik- als auch Solarthermieanlagen installieren. In geringerem Umfang sind auch Freiflächenpotenziale vorhanden (78 ha), die sich vor allem für eine Photovoltaiknutzung eignen.

²² Linckh/Schmitz (2012), S. 15.

Insgesamt ließen sich alternativ etwa 1.195 MW an Photovoltaik- oder 2.330 MW an solarthermischer Leistung installieren.

Die Windenergienutzung ist im Stadtgebiet Kaiserslautern aufgrund der hohen Siedlungsdichte und rechtlicher Vorgaben nur stark eingeschränkt möglich. Rechnerisch stehen Kaiserslautern allerdings auch nennenswerte, bevölkerungsanteilige Potenziale aus dem Bundesland Rheinland-Pfalz zu. Stadtintern beläuft sich das Potenzial auf 9 MW. Die anteiligen landesweiten Potenziale entsprechen etwa 237 MW an installierter Leistung.

Das Potenzial zur Wasserkraftnutzung ist demgegenüber sehr gering. Zwei kleine Standorte mit zusammen rd. 22 kW Leistung ließen sich allerdings zukünftig (wieder) nutzen.

An Bioenergie stehen Bioabfälle aus dem Haushalt, Holz, Garten- und Parkabfälle, Erntereste und tierische Exkremate zur Verfügung. Das größte Potenzial in Höhe von rd. 14 GWh/a an Strom und 40 GWh/a an Wärme entfällt hierbei auf Bioabfälle, gefolgt von Holz mit 24 GWh/a. Stroh kommt auf rd. 7 GWh/a. Werden bevölkerungsanteilige Potenziale aus dem Bundesland hinzugezogen, so erhöht sich der Gesamtwert auf 156 GWh/a.

Geothermie lässt sich aller Voraussicht nach vor allem oberflächennah und überwiegend in Kombination mit Wärmepumpen erschließen. Der mögliche Beitrag zur Energieversorgung erscheint bei einer installierbaren thermischen Leistung von etwa 4,1 MW allerdings eher gering.

Die Nutzung industrieller Abwärme verfügt rechnerisch über ein sehr großes Potenzial von 245 GWh/a. Für deren Hebung ist allerdings die individuelle Lage in den einzelnen Betrieben mit ihren spezifischen Produktionsprozessen zu beachten.

Tabelle 21: Übersicht der verfügbaren Potenziale an erneuerbaren Energien und Abwärme (Fraunhofer ISE, 2017)

Installierte Leistungen und/oder Jahresenergieerträge	Stadt KL	Bundesland Rheinland-Pfalz
Solarpotenzial auf Dachflächen	400 ha	-
Solarpotenzial auf Freiflächen	78 ha	-
Result. PV-Potenzial	1.195 MW (478 ha)	-
Result. Solarthermiefpotenzial	2.330 MW (400 ha)	-
Windenergiepotenzial	9 MW	237 MW*
Wasserkraftpotenzial	0,022 MW _{el} und 196 MWh _{el} /a (Strom)	-
Bioabfallpotenzial	14,4 GWh _{el} /a (Strom) und 40 GWh _{th} /a (Wärme)	-
Bioenergiepotenzial	31 GWh/a (Heizwert)	156 GWh/a (Heizwert)*
Geothermiefpotenzial (tief)	-	-
Wärmepumpen mit oberflächennaher Geothermiefnutzung	max. 4,1 MW _{th}	-
Industrielle Abwärme	245 GWh/a	-

*: Reduziertes bevölkerungsanteiliges Potenzial in Höhe von 80 % des bevölkerungsanteiligen Potenzials bei der Windenergienutzung und 50 % bei Bioenergie

6 Zukünftige Energieversorgung

Welche Inhalte befinden sich in diesem Kapitel?

- ✓ Beschreibung der Methodik bei der Berechnung einer sinnvollen zukünftigen Energieversorgung
- ✓ Betrachtete Szenarien der zukünftigen Energieversorgung
- ✓ Berechnungsergebnisse, Schlussfolgerungen und Empfehlungen zum zukünftigen Energiesystem
- ✓ Einflussmöglichkeiten der Masterplankommune

In diesem Kapitel wird mithilfe des Strukturoptimierungstools KomMod eine sinnvolle künftige Energieversorgung für Kaiserslautern entworfen. Als Vorarbeit hierfür wurden in Kapitel 4 die künftigen Energiebedarfe an Strom, Wärme, Kühlung und für Mobilität geschätzt. Aus Kapitel 5 stehen dem EE-Potenziale gegenüber, die zur Bedarfsdeckung genutzt werden können. Das Ziel der Berechnungen ist die Ermittlung desjenigen Versorgungssystems, das unter den gegebenen Rahmenbedingungen die geringsten Gesamtkosten aufweist. Zu den Rahmenbedingungen gehören beispielsweise Vorgaben zu den maximalen THG-Emissionen, die Kosten für Energieträger oder die technischen Daten der verfügbaren Versorgungsanlagen. Da viele dieser Rahmenbedingungen für die fernere Zukunft unsicher sind und zudem grundsätzliche Entscheidungen, z.B. hinsichtlich des Einzugsgebiets der erneuerbaren Energien anstehen, werden die Untersuchungen anhand von Szenarien vorgenommen. Im folgenden Abschnitt ist die Vorgehensweise beschrieben.

6.1 Methodik

Als zentrales Werkzeug für die Ermittlung einer sinnvollen zukünftigen Energieversorgung wird das am Fraunhofer ISE entwickelte Strukturoptimierungstool KomMod genutzt. Dieses techno-ökonomische Bottom-Up-Modell bildet das Energiesystem der Stadt Kaiserslautern für das Zieljahr 2050 mit den Bedarfssektoren Strom, Wärme, Kälte und Mobilität als mathematisches Gleichungssystem ab. Dabei werden die Zusammensetzung (Struktur) und der Betrieb der Energieversorgungsanlagen mit dem Ziel minimaler Gesamtkosten simultan optimiert (gelb hinterlegter Bereich mit den Spalten „Umwandlung“ und „Speicherung“ in Abbildung 32).

Die in Kapitel 4 erhobenen Energiebedarfe an Strom einschließlich Mobilität, Prozesswärme, Heizwärme, Warmwasser, Klima- und Prozesskälte werden dazu vorgegeben (**Spalte „Nutzung“** in Abbildung 32). Die methodische Vorgehensweise der Ableitung zukünftiger Bedarfe aus heutigen Daten ist in Abbildung 33 zu sehen.

Vorgegeben werden auch die in Kaiserslautern bestehenden EE-Potenziale und die Verfügbarkeit weiterer Energieträger (**Spalte „Energieträger“** in Abbildung 32 sowie obere Zeilen in Abbildung 33). Die Herleitung der verfügbaren Mengen ist in Kapitel 5 ausführlich beschrieben.

Als weitere Eingangsdaten fließen die technischen und ökonomischen Parameter der vor Ort verfügbaren Versorgungstechnologien ein. In Anhang 14.6 sind die Annahmen aufgeführt.

Ein Parametersatz, der diese Eingangsdaten als Randbedingungen der Modellierung zusammenfasst, wird als Szenario bezeichnet. Um verschiedene Aspekte des Energiesystems oder die Auswirkungen von Änderungen in den Randbedingungen untersuchen zu können, werden mehrere Szenarien konfiguriert, gerechnet und in ihren Ergebnissen verglichen. Die für Kaiserslautern aufgestellten Szenarien sind in Abschnitt 6.2 beschrieben.

Der methodische Kern des Modells besteht in der Abbildung und simultanen Berücksichtigung möglichst vieler der innerhalb des kommunalen Energiesystems auftretenden Wechselwirkungen. Dies betrifft zeitliche und räumliche Abhängigkeiten, aber auch Wechselwirkungen zwischen Strom- und Wärmebereitstellung bei KWK oder zwischen Stromnutzung und Wärmeproduktion bei elektrischen Wärmepumpen, um nur einige Beispiele zu nennen. Das Modell ist deshalb technisch und zeitlich hochaufgelöst ausgeführt.

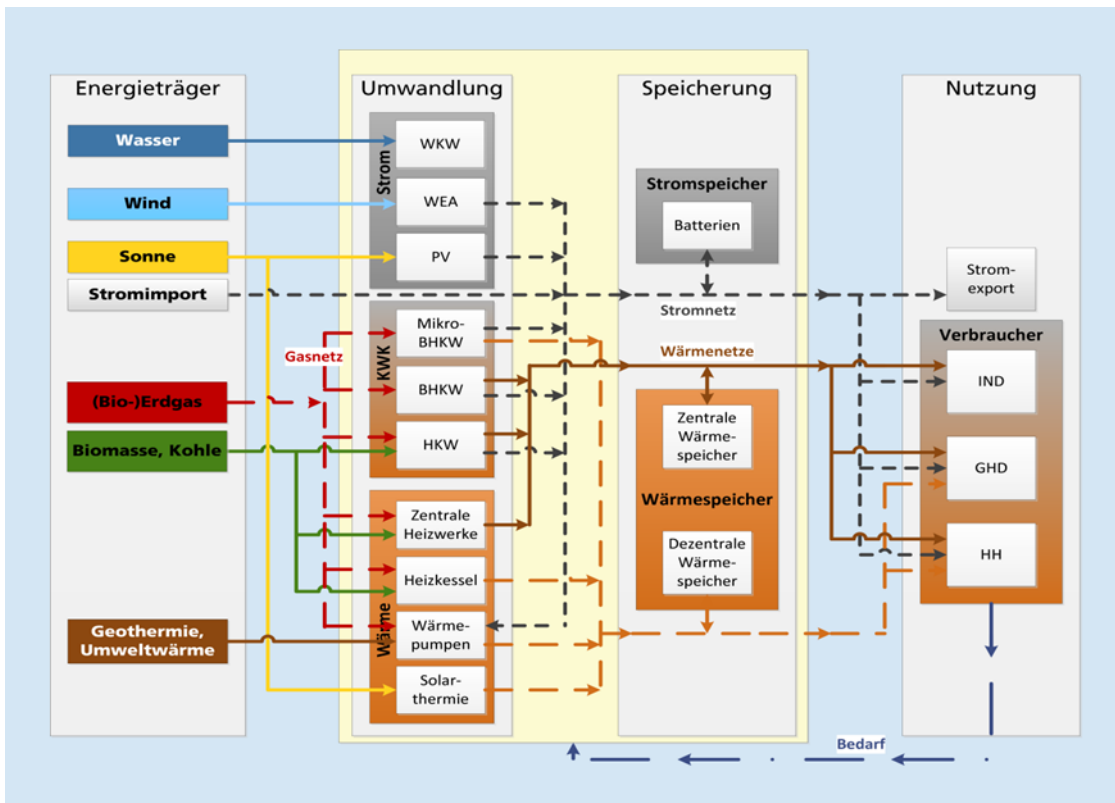


Abbildung 32: Grundstruktur des Energiesystemmodells KomMod (Fraunhofer ISE, 2017)

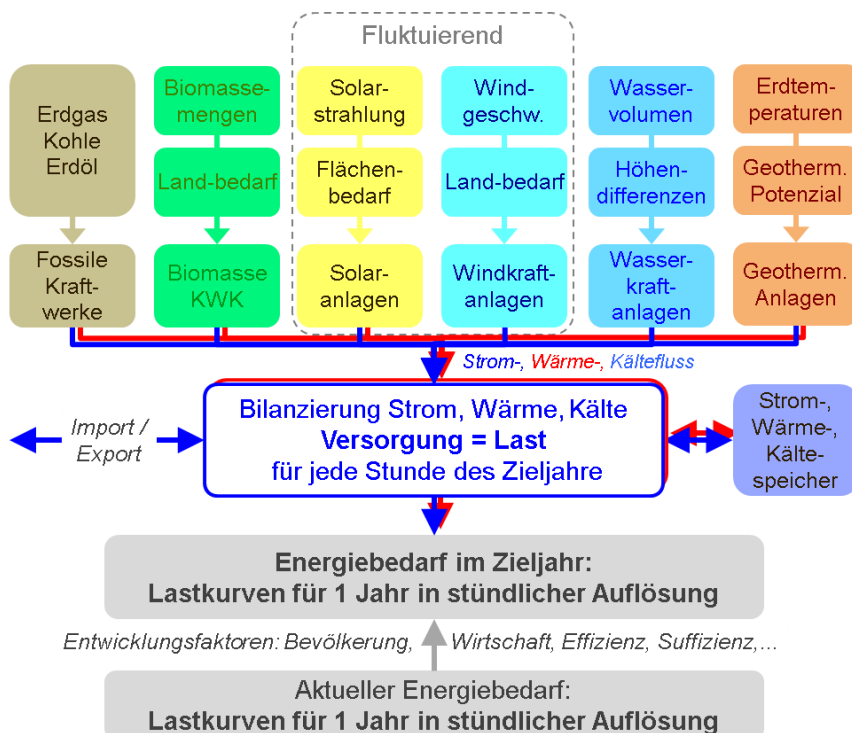


Abbildung 33: Vorgehensweise bei der Energiesystemoptimierung mit KomMod (Fraunhofer ISE, 2017)

Als techno-ökonomisches Modell umfasst das Gleichungssystem zum einen ökonomische Beziehungen, die z.B. die Investitionsaufwendungen, die Betriebs- und Wartungskosten und ggf. Brennstoffkosten beschreiben. Zum anderen wird das physikalische Verhalten des Systems und der darin enthaltenen Anlagen definiert. Die zentralen physikalischen Gleichungen stellen die Energiebilanzen dar. Sie werden für jeden Bedarfssektor aufgestellt und müssen in jedem Zeitschritt erfüllt sein, d. h. Energieangebot und -nachfrage müssen sich zu jedem Zeitpunkt ausgleichen (Mitte in Abbildung 33). Sofern dies nicht allein durch die Regelung von Erzeugungsanlagen technisch möglich oder ökonomisch sinnvoll ist, so erlauben elektrische und thermische Speicher eine Zwischenspeicherung von Energie und damit eine zeitliche Verschiebung. Alternativ und/oder zusätzlich sind außerdem ein Import und Export von EE-**Strom von außerhalb des Stadtgebiets zulässig. Die Anlagen aus denen solch „grauer“ Importstrom kommt, sind nicht Gegenstand der Untersuchung.** Hiervon zu unterscheiden sind Stromerträge konkreter Anlagentypen, die zwar außerhalb des Stadtgebiets stehen, die aber physikalisch und ökonomisch abgebildet sind.

Aufgrund der Formulierung als lineares deterministisches mathematisches Optimierungsmodell lassen sich Ergebnisse reproduzieren und die Optimalität des Ergebnisses mathematisch beweisen. Durch die leichte Konfigurierbarkeit aufgrund des modularen Konzepts und die strikte Trennung vom Modellkern mit dem Gleichungsteil und den projektbezogenen Daten lässt sich KomMod schnell und flexibel an die spezifische Situation des betrachteten Untersuchungsgebiets anpassen.

Als Ergebnis der Optimierungsrechnungen liefert KomMod sinnvoll vernetzte Lösungen aus Sicht des Gesamtsystems, die alle relevanten Kenndaten des Energiesystems enthalten. Hinsichtlich der Struktur sind dies beispielsweise die installierten Leistungen, Speicherkapazitäten, maximal auftretenden Energieflüsse und jährlichen Energiemengen. Außerdem enthalten sind Größen wie Volllaststundenzahlen, Anlagenstandorte, Flächenbedarf und die Kosten und THG-Emissionen für jeden Anlagentyp und das Gesamtsystem. Für jeden Anlagentyp sowie Energieflüsse über die Energiesystemgrenze in Form von Im- und Export werden Zeitreihen des Betriebs ausgegeben, aus denen eine optimale Betriebsführung abgeleitet werden kann.

6.2 Szenarien

Die Szenarienbildung zielt darauf ab, das Auffinden einer sinnvollen zukünftigen Energieversorgung zu unterstützen, indem neben den in KomMod enthaltenen techno-ökonomischen Rahmenbedingungen weitere Aspekte einbezogen werden, die im Modell nicht abgebildet sind. Es werden drei Szenarien definiert und berechnet. Aus ihnen wird nachfolgend und ohne weitere Berechnungen noch ein viertes Szenario als Beschlussvorlage für die Stadt abgeleitet wird.

In den drei berechneten Szenarien werden zwei Aspekte variiert. Dies ist zum einen der Einzugsbereich der Erneuerbare-Energien-Potenziale. Wie in Kapitel 5 ausgeführt, ist eine Erweiterung des Einzugsraums über die eigentlichen Stadtgrenzen hinaus sowohl aus technischer als auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll. Dies gilt vor allem für die Bereitstellung von Strom aus Windenergieanlagen, aber auch für die Nutzung von Bioenergie. Das „Szenario 1 - **Stadt KL**“ geht von einer ausschließlichen Nutzung städtischer Erneuerbare Energien-Potenziale aus. Als einzige Vorgabe hinsichtlich der Nutzung bestimmter Technologien wird eine Mindestbatteriekapazität von 250 MWh festgelegt. Im „Szenario 2 - **Stadt KL m ST**“ bleiben die Beschränkung auf städtische EE-Potenziale und die Vorgabe der minimalen Batteriekapazität erhalten. Ergänzend wird vorgegeben, dass mindestens 10 % der Dachflächenpotenziale durch Solarthermieanlagen (ST) genutzt werden müssen. Im dritten Szenario stehen zusätzlich Potenziale an Windenergie und Biomasse aus dem Bundesland Rheinland-Pfalz (RLP) zur Verfügung. Hinsichtlich der sonstigen Vorgaben entspricht es Szenario 2. Die Potenzialzuweisung erfolgt dabei bevölkerungsanteilig (Anteil der Bevölkerung von Kaiserslautern an der Bevölkerung von RLP). Von diesem Anteil wiederum werden bei der Windenergie 80 % als verfügbar angesetzt und bei der Biomasse 50 %. **Das Szenario wird deshalb mit „Szenario 3 - RLP reduziert anteilig m ST“ benannt. Im Folgenden wird es auch als RLP-Szenario bezeichnet.** Einen Überblick über die verwendeten Szenarien gibt Tabelle 22.

In der Szenarienbenennung wird bereits der zweite variierte Aspekt deutlich, nämlich die Nutzung von Solarthermie zur Wärmebereitstellung und die zwischen Solarthermie und Photovoltaik bestehenden Wechselwirkungen. Eine Wechselwirkung zwischen beiden Anlagentypen besteht in der Flächenkonkurrenz. Außerdem weisen sie sehr ähnliche Energieangebotsprofile auf. Dies führt dazu, dass tendenziell zur selben Zeit Überschüsse anfallen oder Mangel an Energieertrag herrscht. Die beiden Anlagentypen ergänzen sich daher hinsichtlich ihres Angebotsprofils nicht, sondern konkurrieren. Hinzu kommt, dass Solarthermieanlagen unter den getroffenen Annahmen aus Sicht des Gesamtsystems ökonomisch ungünstiger sind als Photovoltaikanlagen. In Kombination führen die genannten Punkte dazu, dass Photovoltaikanlagen bevorzugt eingesetzt werden und Solarthermie häufig aus den Optimierungsergebnissen herausfällt.

Tabelle 22: Übersicht über die maximalen/ minimalen EE-Potenziale in den berechneten Versorgungsszenarien (Fraunhofer ISE, 2017)

Installierte Leistungen und/oder Jahresenergieerträge	Szenario 1 Stadt KL	Szenario 2 Stadt KL m ST	Szenario 3 RLP m ST
Bioabfall-HKW	max. 3,3 MW _{el} und 14,4 GWh _{el} /a (Strom)		
Biogas-BHKW	max. 23 MW _{el} und 24,2 GWh/a (Heizwert Biogas*)		max. 23 MW _{el} und 156 GWh/a (Heizwert Biogas*)
Windenergieanlagen	max. 9 MW	max. 9 MW	max. 237 MW
Kleinwasserkraftwerke	max. 0,022 MW _{el} und 196 MWh _{el} /a (Strom)		
PV-Anlagen	max. 1.195 MW (max. 478 ha)		
Solarthermieanlagen	max. 2.330 MW _{th} (400 ha)	min. 233 MW _{th} (40 ha) max. 2.330 MW _{th} (400 ha)	
Wärmepumpen mit oberflächennaher Geothermienutzung	max. 4,1 MW _{th}		
Batteriespeicher	min. 250 MWh _{el}		

*: Äquivalent zum veranschlagten Potenzial an Biogas (0,2 GWh/a bzw. 35 GWh/a) und Holz (24 GWh/a bzw. 121 GWh/a)

KL: Kaiserslautern; RLP: Rheinland-Pfalz; ST: Solarthermie; (B)HKW: (Block-)Heizkraftwerk; PV: Photovoltaik; WW: Warmwasser

Im Sinne einer Diversifizierung und der damit verbundenen Erhöhung der Versorgungssicherheit ist die Nutzung von solarthermischen Anlagen jedoch erstrebenswert, zumal die entstehenden Mehrkosten i.d.R. überschaubar sind. Zu beachten ist außerdem, dass gerade private Hausbesitzer nicht alleine auf Basis von ökonomischen Überlegungen entscheiden und insofern auch zukünftig von einem Mindestumfang an Solarthermienutzung auszugehen ist. Aus diesen Gründen **wird in den Szenarien „Stadt m ST“ und „RLP reduziert anteilig m ST“ eine Mindestnutzung von 10 % der Solarpotenzialflächen für Solarthermieanlagen vorgegeben.**

Tabelle 22 fasst die zentralen Annahmen und Unterschiede in den Szenarien zusammen. Die verfügbaren Technologien und Anlagentypen unterscheiden sich dabei zwischen den Szenarien nicht, sondern lediglich die vorgegebenen Ober- und Untergrenzen an installierter Leistung variieren. **Werte, die mit „max.“ gekennzeichnet sind, stellen Obergrenzen an installierter Leistung bzw. an erzielbarem Energieertrag dar.** Bei Photovoltaik und Solarthermie sind ergänzend auch die dazugehörigen Flächen angegeben. Die Angaben entsprechen den lokalen bzw. landesweiten Potenzialen und entstammen Kapitel 5.

Werte, denen die Angabe „min.“ vorangestellt ist, entsprechen einer mindestens zu installierenden Leistung bzw. zu nutzenden Fläche. Sofern kein min-Wert gegeben ist, gilt der Wert Null als Untergrenze. Ein Anlagentyp steht dann zwar im Szenario grundsätzlich zur Verfügung, muss aber nicht genutzt werden.

Im Einzelnen stehen ein Bioabfall-Heizkraftwerk (HKW), Biogas-Blockheizkraftwerke (BHKW), Photovoltaik- und Solarthermieanlagen auf Freiflächen und Dächern, Kleinwasserkraftwerke, elektrische Wärmepumpen in Verbindung mit oberflächennaher Geothermienutzung und als Wasser-Luft-Wärmepumpen, elektrische Direktheizungen (Power-to-Heat), Kompressions- und Absorptionskältemaschinen sowie elektrische und thermische Speicher als Anlagentypen zur Verfügung. Die detaillierten technischen und ökonomischen Annahmen der einzelnen Anlagentypen sind im Anhang 14.6 aufgeführt. Die Anlagentypen zur Deckung des thermischen Energiebedarfs werden außerdem in drei Temperaturniveaus eingeteilt: Heizwärme, Prozesswärme und Prozesskälte. Bei Wohngebäuden ist der Trinkwarmwasserbedarf in der Heizwärme enthalten, bei Industrie- und Gewerbebauten in der Prozesswärme.

Das Bioabfall-HKW entspricht technisch und hinsichtlich der verfügbaren Abfallmengen der heutigen Anlage auf dem ZAK-Gelände im Kapiteltal. Zusätzlich zum Haushaltsbioabfall werden Deponiegas, Altholz und Grünabfälle aus Gärten und Parks verwertet. Anzumerken ist, dass aktuell nur etwa ein Viertel des Bioabfalls aus Kaiserslautern stammt und etwa drei Viertel aus Ludwigshafen importiert werden. Im Gegenzug wird der Haushaltsabfall Kaiserslauterns im

Müllheizkraftwerk von Ludwigshafen energetisch genutzt. Aufgrund dieses Tauschgeschäfts werden die Bioabfälle aus Ludwigshafen wie innerstädtische Potenziale behandelt.

Entsprechend der heutigen Eckdaten werden als Obergrenze für die installierte elektrische Leistung 3,3 MW vorgegeben. Für die thermische Leistung resultieren daraus knapp 8 MW. Das Kraftwerk kann in den Szenarien sowohl Heiz- als auch Prozesswärme bereitstellen.

Gemäß der Potenzialerhebungen in Kapitel 5 steht in Kaiserslautern außerdem ein nennenswertes Potenzial an energetisch nutzbarem Waldholz zur Verfügung. Dessen Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplung würde allerdings den Bau eines Holzheizkraftwerks innerhalb der Stadt oder einen deutlichen Ausbau der Anlagen auf dem ZAK-Gelände erfordern, um die bereitgestellte Wärme ins Fernwärmenetz einspeisen zu können. Technisch böte sich hier ein Ersatz der bestehenden kohle- und erdgasgefeuerten Kraftwerksblöcke in der Karcherstraße an. Unter anderem aus emissionsschutzrechtlichen Bedenken wird eine solche Lösung allerdings aktuell weder von SWK noch von ZAK als umsetzbar erachtet. Stattdessen wird von SWK eine gasbasierte Lösung bevorzugt.

Für die nähere Zukunft kann dann Erdgas als Brennstoff dienen, das nach und nach durch Biogas und/oder synthetische Gase (Power-to-Gas in Form von Elektrolyse oder Methanisierung) ersetzt wird. In den Szenarien wird daher von einer Art Tauschhandel ausgegangen, in dem das energetische Potenzial an Holz durch ein gleichgroßes Potenzial an Biogas ersetzt wird. Um diesen Ansatz technisch umzusetzen, müsste also Holz aus der Stadt zu einem Nutzungsort in der Region transportiert und umgekehrt Biogas aus der Region nach Kaiserslautern importiert werden. Da hierfür die bestehenden Erdgasnetze genutzt werden können und die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas bereits erfolgreich praktiziert wird, ist dieses Vorgehen grundsätzlich möglich. Durch die Aufbereitung und, in geringerem Umfang, den Transport treten allerdings zusätzliche Verluste auf. Der Ansatz wird in den Szenarien sowohl auf die innerstädtischen wie auch auf die bevölkerungsanteiligen landesweiten Potenziale angewandt. Zu den resultierenden Biogasmengen kommen noch die eigentlichen stadtinternen bzw. landesweiten Biogaspotenziale hinzu.

Aufgrund des angedachten Standorts im Herzen der Stadt wird die installierte elektrische Leistung der Biogas-BHKW auf maximal 23 MW begrenzt. Der Wert entspricht in etwa der Leistung der heutigen Kraftwerksblöcke. Gleichzeitig ist dadurch die Feuerungsleistung auf etwa 50 MW limitiert, was hinsichtlich des Genehmigungsverfahrens relevant ist (Abschnitt 2.5, BImSchG). Genau wie das Bioabfall-HKW können die Biogas-BHKW in den Szenarien sowohl Heiz- als auch Prozesswärme bereitstellen. Allerdings ist zu bedenken, dass bei Einsatz eines Biogas-BHKWs das derzeit installierte Hochdruckdampfsystem mit der Stromerzeugung über Turbinen nicht mehr betrieben werden kann. Diese Lösung müsste dementsprechend detailliert geprüft werden.

Die Standorte für Windenergieanlagen stehen in den beiden Stadt-Szenarien bereits fest, indem davon ausgegangen wird, dass die bestehenden Anlagen auf dem Betriebsgelände von ZAK nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer erneuert werden. Grundsätzlich sollte in diesem Zuge auch geprüft werden, ob eine Erhöhung der installierten Leistung rechtlich möglich sowie technisch und ökonomisch sinnvoll ist. Für die Szenarien wird davon ausgegangen, dass das innerstädtische Potenzial auf den heutigen Wert von 9 MW_{el} beschränkt bleibt.

Aus den Ergebnissen des EE-Konzepts zum Entwurf des Flächennutzungsplans 2025 erscheinen zwei Standorte für die Wasserkraftnutzung interessant. Dies ist zum einen eine Wiederbelebung des Standorts Reicholdsmühle. Zum anderen könnte am Auslauf der Kläranlage Kernstadt eine Anlage neu errichtet werden. Bei beiden Anlagen handelt es sich allerdings um Kleinanlagen, so dass der mögliche Beitrag der Wasserkraft zur Strombedarfsdeckung gering bleibt.

Für die Installation von PV-Anlagen werden keine über die in Kapitel 5 hinausgehenden Vorgaben hinsichtlich der Ausrichtung der Solarmodule gemacht. Der Optimierungsalgorithmus kann die Module demzufolge in der am besten zu den systemischen Anforderungen passenden Weise auf die verfügbaren Dach- und Freiflächen verteilen.

Solarthermieanlagen können in den Szenarien sowohl zur Deckung von Heizwärmebedarf als auch zur Prozesswärmebereitstellung eingesetzt werden. Da Schrägdächer, wie auch bei der Potenzialerhebung angenommen, eher bei Wohn- und öffentlichen Gebäuden anzutreffen sind, werden diese Flächen der Heizwärmebereitstellung zugeordnet. Bei Industrie- und Gewerbebauten herrschen angenommenermaßen Flachdächer vor, weshalb deren Flächen für eine Deckung des Prozesswärmebedarfs vorgesehen sind. Ob Solarthermie als Wärmequelle für den Prozess geeignet ist, ist im Einzelfall zu prüfen, weil die benötigten Prozesstemperaturen in den Kaiserslauterner Betrieben unbekannt sind.

Wie eingangs erwähnt, wird für Solarthermieanlagen eine Untergrenze an zu installierender Kollektorfläche vorgegeben, die 10 % der verfügbaren Solarpotenzialflächen entspricht. Für die Nutzung der Flächenpotenziale auf Schrägdächern wird die minimal zu installierende Kollektorfläche dazu gleichmäßig über die Ausrichtungen Ost,

Südost, Süd, Südwest und West verteilt (je rd. 48 ha). Auf Flachdächern wird ebenfalls eine Flächennutzung von mindestens 10 % vorgegeben (rd. 162 ha), wobei von einer reinen Südausrichtung ausgegangen wird, da sich so die größten Energieerträge erzielen lassen. Sofern sich im Rahmen der Optimierung eine darüberhinausgehende Flächennutzung als sinnvoll erweist, so kann der Optimierungsalgorithmus die Ausrichtung dieser Anlagen auf Schrägdächern im Rahmen der Potenzialgrenzen frei wählen.

Durch Wärmepumpen lassen sich auch Wärmequellen nutzen, deren Temperaturniveau für eine direkte Nutzung als Heiz- oder Prozesswärme nicht ausreicht. Gemäß den Ergebnissen des Erneuerbare Energien Konzepts bestehen in Kaiserslautern vor allem Potenziale für eine Nutzung oberflächennaher Geothermie mit Erdsondenanlagen. Konkrete Standorte sind, bis auf eine bestehende Anlage bei der Firma Wipotec, mangels Probebohrungen bisher unbekannt.

Als zweiter Wärmepumpentyp sind in den Szenarien Wasser-Luft-Wärmepumpen verfügbar. Sie nutzen Umgebungsluft als Wärmequelle und sind deshalb flexibel und unabhängig von der Bodenbeschaffenheit einsetzbar. Ihr Potenzial ist i.d.R. nur theoretisch begrenzt.

Die Nutzung von Tiefengeothermie wird zwar von privaten Investoren zur Wärmegewinnung erwogen, Probebohrungen stehen aber noch aus. In konservativer Abschätzung werden in den Szenarien aus diesem Grund keine Tiefengeothermieanlagen vorgesehen.

Wärmepumpen in Verbindung mit Erdsondenanlagen werden in den Szenarien für die Prozesswärmebereitstellung vorgesehen, Luft-Wasser-Wärmepumpen für die Heizwärmebereitstellung.

Als weiterer Anlagentyp zur Wärmebereitstellung aus Strom stehen in den Szenarien direktelektrische Heizgeräte sowohl für die Gebäudeheizung als auch für Prozesswärme zur Verfügung. Sie sind in ihrem technischen Potenzial faktisch unbegrenzt. Im Vergleich mit Wärmepumpen können sie Wärme auf höheren Temperaturniveaus bereitstellen, weisen aber deutlich geringere Effizienzwerte auf.

Für die beiden im Modell verfügbaren Kältemaschinentypen, Kompressionskältemaschinen und Absorptionskältemaschinen, werden keine über die grundsätzlichen technischen und ökonomischen Spezifikationen hinausgehenden Vorgaben gemacht. Beide Anlagentypen stellen Prozesskälte bereit. Die Kompressionskältemaschine wird elektrisch betrieben. Die Absorptionskältemaschine benötigt vor allem Wärme, die als zusätzlicher Heizwärmebedarf im Modell abgebildet ist.

Zur zeitlichen Entkopplung von Energieangebot und -nachfrage sind in allen Szenarien elektrische und thermische Speicher verfügbar. Die thermischen Speicher sind in Anlagentypen für jedes Temperaturniveau untergliedert. Sie umfassen sowohl zentrale als auch dezentrale Installationen. Besondere Vorgaben werden für sie nicht gemacht.

Die elektrischen Batteriespeicher sind von den Parametern her vorzugsweise als dezentrale Anlagen zur Installation in Verbindung mit PV-Anlagen auf Gebäuden vorgesehen. Für sie wird für alle Szenarien eine zu installierende Mindestkapazität von 250 MWh festgelegt.

Begründet liegt dies in der Annahme, dass die Eigennutzung von Strom aus Photovoltaik zukünftig noch stärker als heute gefordert wird. Gleichzeitig liegen die Stromgestehungskosten von PV bereits heute häufig unter den Strombezugskosten privater Haushalte, so dass sich private Batteriespeicher bei sinkenden Investitionskosten auch ökonomisch zunehmend lohnen. Aufgrund dieser Überlegungen ist zukünftig ein Mindestmaß an installierter Batteriekapazität zu erwarten.

Aus der in KomMod abgebildeten, gesamtsystemischen Sicht hingegen erscheinen Batteriespeicher in vielen Szenarienkombinationen jedoch häufig auch zukünftig nicht als ökonomisch vorteilhaft. Ohne einen manuellen Eingriff würden deshalb eventuell keine elektrischen Speicher installiert.

Ein weiterer Grund für die Vorgabe von elektrischen Speichern ist die durch sie tendenziell sinkende Netzbelastung. Dieser positive Effekt ist jedoch in KomMod nicht abgebildet, da das Stromnetz nicht modelliert ist. Er kann sich deshalb auch nicht monetär auswirken, sondern es muss korrigierend von außen eingegriffen werden.

Aus den Rechenergebnissen für die Szenarien und deren Vergleich folgen dann Empfehlungen für die Anlagenzusammensetzung des zukünftigen Energiesystems. Sie münden in ein Szenario, das als Grundlage für einen Beschluss des Stadtrats zur Umsetzung des Masterplans empfohlen wird. Aus Gründen der Zuständigkeit muss sich dieses Szenario im Wesentlichen auf Anlagen auf der Gemarkung der Stadt Kaiserslautern beschränken.

6.3 Rechenergebnisse

Die Rechenergebnisse umfassen Aussagen zu den sinnvollerweise zu installierenden elektrischen und thermischen Leistungen und Speicherkapazitäten, zu den durch die einzelnen Anlagentypen bereitgestellten Energiemengen, den Gesamtkosten der Energieversorgung und zu deren THG-Emissionen.

6.3.1 Installierte Leistungen und Speicherkapazitäten

Abbildung 34 und Abbildung 35 zeigen die in den drei im vorangehenden Abschnitt definierten Szenarien installierten elektrischen und thermischen Leistungen und Speicherkapazitäten. Zusätzlich ist ein Szenario namens **„Beschlussvorlage“ dargestellt, das die Grundlage eines Stadtratsbeschlusses bildet**. Es entspricht einer **Kombination aus dem Stadtszenario „Stadt KL m ST“ und dem RLP-Szenario** und wird am Ende des Abschnitts besprochen.

In Abbildung 34 sticht die installierte Leistung an Photovoltaik (gelbe Säule) hervor. Sie beträgt zwischen 339 MW und 695 MW, was 28 bis 58 % des Solarflächenpotenzials entspricht. Aus den weiteren Ergebnissen wird deutlich, dass sie sowohl von der installierten Solarthermieleistung abhängt (Vergleich „Stadt KL“ mit „Stadt KL m ST“) als auch von den verfügbaren Potenzialen an Biomasse und Windenergie (Vergleich „Stadt KL m ST“ mit RLP-Szenario).

Die installierte elektrische Leistung an biogen gefeuerten KWK-Anlagen beträgt 9 MW in den beiden Stadt-Szenarien und 26 MW im RLP-Szenario (grüne Säule). Thermisch sind es 13 MW und 30 MW. Von der elektrischen Leistung entfallen szenarienübergreifend rd. 3 MW auf das Bioabfall-HKW. 6 MW bzw. 23 MW werden durch Biogas-BHKW bereitgestellt. Die thermische Leistung des Bioabfall-HKW beträgt knapp 8 MW. Die restlichen gut 5 MW bzw. 22 MW entfallen auf die Biogas-BHKW.

Sofern, wie im RLP-Szenario, genügend Brennstoff zur Verfügung steht, reizen die installierten Leistungen der Biogas-BHKW folglich die vorgegebene Obergrenze aus. In den Stadt-Szenarien hingegen reicht lediglich eine deutlich geringere installierte Leistung aus, um das Biogaspotenzial sinnvoll auszuschöpfen. Die resultierenden Volllaststundenzahlen sind in den beiden Stadt-Szenarien mit über 4.900 h/a ähnlich. Im RLP-Szenario liegen sie mit 3.120 h/a deutlich niedriger und unter einem Wert, der aus heutiger Sicht wirtschaftlich tragbar ist. Für die Zukunft ist allerdings absehbar, dass Systemdienstleistungen – gerade der flexiblen Kraftwerke – an Bedeutung gewinnen werden, so dass hier auch entsprechende Vergütungsmodelle zu erwarten stehen.

Die installierte Leistung an Windenergieanlagen (WEA) ist in Abbildung 34 blau dargestellt. Sie reizt die verfügbaren innerstädtischen Potenziale von **9 MW in den Szenarien „Stadt KL2 und „Stadt KL m ST“ vollständig aus**. Im RLP-Szenario werden 233 MW erreicht, was einer Potenzialausnutzung von 98 % entspricht. Durch die Erhöhung des Windenergie- und Biomassepotenzials im RLP-Szenario im Vergleich mit dem Szenario „Stadt KL m ST“ sinkt die benötigte PV-Kapazität um 47 %.

Bei den thermischen Leistungen und Speicherkapazitäten in Abbildung 35 fallen die dunkelblauen, orangenen und gelben Säulen ins Auge. Für die Solarthermieanlagen (gelb) gilt, dass jeweils nur die minimal vorgegebene Leistung installiert wird. Dies führt im Szenario „Stadt KL“ dazu, dass, wie in den Szenarienbeschreibungen erörtert, überhaupt keine Solarthermie vorgesehen wird. In den anderen beiden Szenarien wird lediglich die einer 10 %-igen Potenzialflächennutzung entsprechende Leistung von 233 MW installiert.

Ein Vergleich der beiden Stadtszenarien zeigt, dass sich die installierte Solarthermieleistung auf die übrigen Anlagentypen auswirkt. Besonders deutlich wird dies für die installierte Leistung an Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen (dunkelblau). Sie liegt bei maximal 363 MW im Szenario „Stadt KL“ und sinkt auf 316 MW im Szenario „Stadt KL m ST“ sowie 285 MW im RLP-Szenario. Durch die vergleichsweise geringen Volllaststundenzahlen der Solarthermieanlagen von etwa 400 h/a lassen sich durch die installierten 233 MW an Solarthermie nur 47 MW an installierter Wärmepumpen- und Elektroheizungsleistung ersetzen. Vor allem durch das zusätzlich verfügbare Biogas im RLP-Szenario sinkt dann die installierte Leistung an Wärmepumpen und Elektroheizungen gegenüber dem Szenario „Stadt KL m ST“ um weitere 31 MW.

Die installierte Kapazität an Speichern für Heiz- und Prozesswärme, in der Grafik als Wärmespeicher zusammengefasst, wird ebenfalls deutlich von der installierten Solarthermieleistung beeinflusst (orange Säulen). Im Vergleich der Stadt-Szenarien führt die Vorgabe von Solarthermienutzung zu einem Anstieg der installierten Wärmespeicherkapazität von rd. 2.000 MWh auf 2.800 MWh (+40 %).

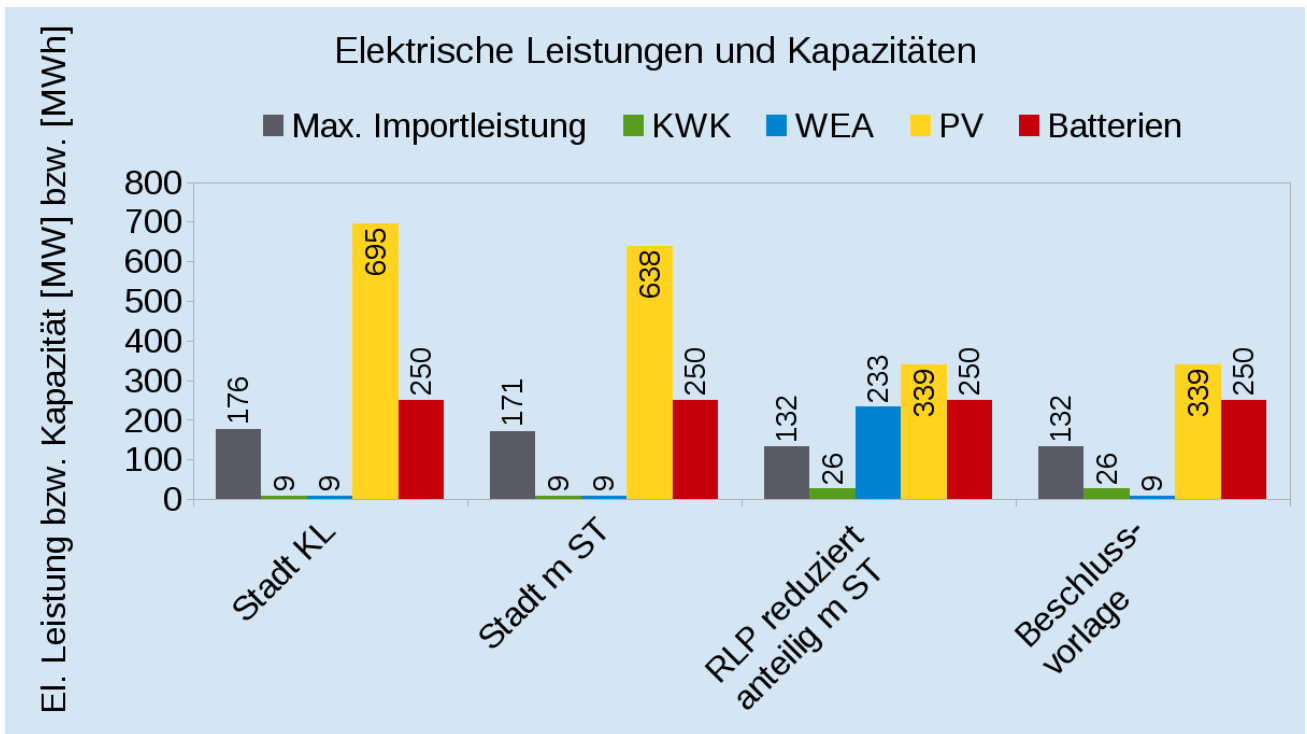


Abbildung 34: Installierte elektrische Leistungen und Batteriespeicherkapazitäten in den Szenarien (Fraunhofer ISE, 2017)

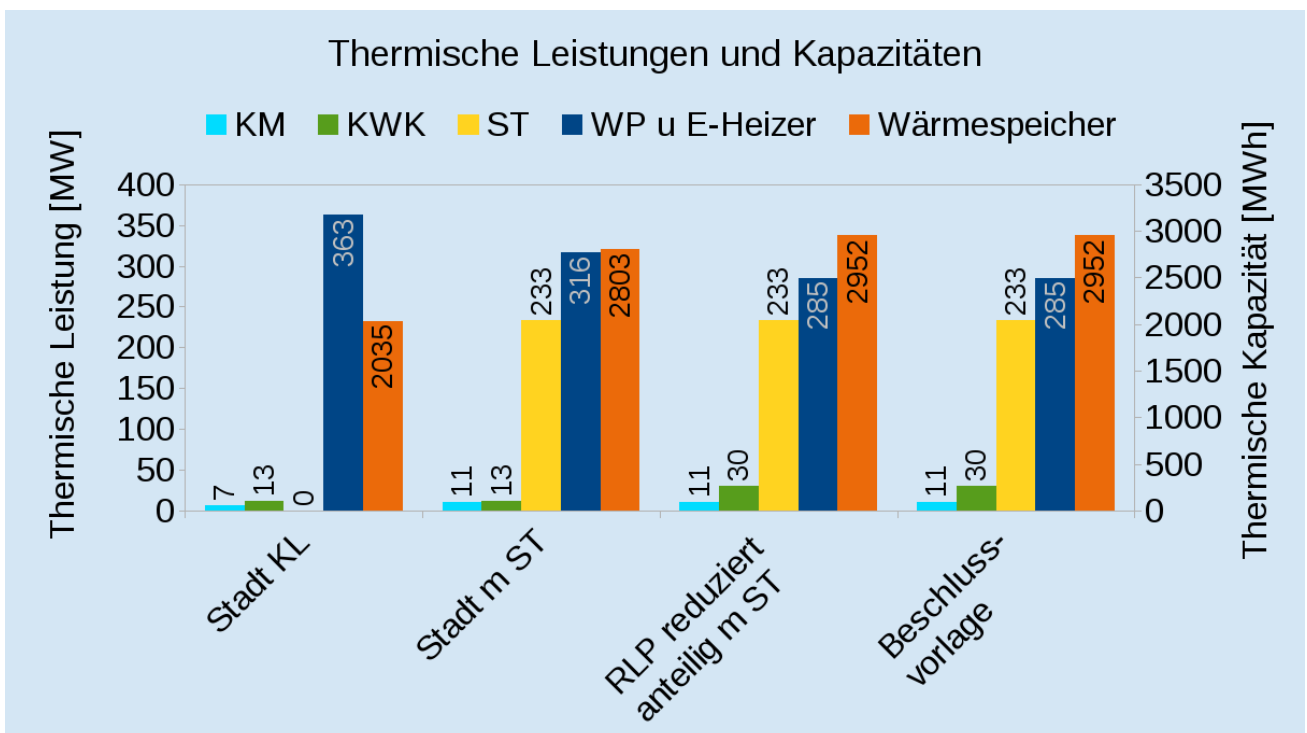


Abbildung 35 Installierte thermische Leistungen und Wärmespeicherkapazitäten in den Szenarien (Fraunhofer ISE, 2017)

Zusätzlich wirken sich auch Veränderungen in den installierten Leistungen an Biogas-BHKW und Windenergieanlagen auf die installierte Wärmespeicherkapazität aus. Im RLP-Szenario werden, trotz der größeren Biogaspotenziale, sogar noch einmal 150 MWh (+5 %) mehr an Wärmespeichern installiert, so dass insgesamt fast 3.000 MWh erreicht werden. Hier zeigt sich der Einfluss der größeren Volatilität der Windenergienutzung gegenüber der Photovoltaik.

Die installierte Leistung der Kältemaschinen wird ebenfalls von der Solarthermieleistung beeinflusst. Im Vergleich der Stadtscenarien erhöht sich die installierte Leistung der Absorptionskältemaschinen von unter 3 MW auf über 6 MW, sofern Solarthermie im Szenario vorhanden ist. Dies liegt daran, dass Absorptionskältemaschinen einen Teil der solaren Wärme als Antriebsleistung nutzen können. Die installierte Leistung an Kompressionskältemaschinen verändert sich im Gegensatz dazu nicht.

Die Kältespeicher sind in Abbildung 35 nicht gezeigt. Verglichen mit den Wärmespeichern sind für sie gemäß den Berechnungen deutlich geringe Kapazitäten von 13 MWh im Szenario „Stadt KL“ über 58 MWh im RLP-Szenario bis zu 134 MWh in „Stadt KL m ST“ ausreichend.

Hinsichtlich der elektrischen Speicher wird in allen Szenarien lediglich die vorgegebene Batteriekapazität von 250 MWh installiert, so dass hier keine Unterschiede bestehen.

6.3.2 Elektrische und thermische Energiemengen

Die Deckung des elektrischen und thermischen Energiebedarfs durch die verschiedenen Anlagentypen ist in den folgenden Abbildungen gezeigt. Aus Abbildung 36 wird ersichtlich, dass Photovoltaik in den Stadtscenarien mit 53 bis 56 % den größten Anteil zur Strombedarfsdeckung beiträgt. Bioabfall, Biogas und Windenergie zusammen können aufgrund der geringen Potenziale nur etwa 6% beitragen, so dass ein Stromimportbedarf von rd. 39 bis 41 % verbleibt.

Durch die gesteigerten Potenziale an Windenergie und biogenen Energieträgern sinkt der Stromimportbedarf im RLP-Szenario auf unter 9 %. Mit Stromimport ist hier der Import aus unbekannt externen Quellen bezeichnet. Ein Großteil des Windstroms sowie des Biogases werden aus räumlicher Sicht zwar ebenfalls importiert, beide Anlagentypen gehören aber hinsichtlich der Potenzialbetrachtung zum Untersuchungsgebiet.

Den größten Teil zur Strombedarfsdeckung trägt im RLP-Szenario mit fast 53 % die Windenergie bei. Wie schon bei den installierten Leistungen zu sehen, ersetzt sie Photovoltaik, die nun noch 30 % des Bedarfs liefert. Biogas und Bioabfall tragen die restlichen 9 % zur Bedarfsdeckung bei.

Bei den thermischen Energiemengen dominieren Wärmepumpen einschließlich Geothermie zusammen mit elektrischen Direktheizungen die Versorgung (Abbildung 37). Im Szenario „Stadt KL“ erreichen sie durch das Fehlen von (kostengünstigen) Alternativen einen Anteil von 89 %. Etwa 7 % können durch die stadtinternen biogenen Potenziale gedeckt werden.

Im Szenario „Stadt KL m ST“ sorgt die vorgegebene Solarthermienutzung für etwas mehr Vielfalt in der Anlagenzusammensetzung. Rd. 11 % des Bedarfs lassen sich so durch die Solarthermieanlagen decken. In der Folge verringert sich der Anteil der Wärmepumpen und Elektroheizungen auf rd. 78 %, während die biogen gefeuerten Anlagen praktisch unverändert bei 7 % Anteil bleiben.

Die gesteigerte Verfügbarkeit von Biogas im RLP-Szenario wirkt sich nicht nur stromseitig, sondern auch im Wärmebereich positiv aus, indem der Beitrag der Heizkraftwerke zur Bedarfsdeckung auf knapp 12 % steigt. Dies mindert den Bedarf an Wärmepumpen und Elektroheizern, deren Anteil auf unter 74 % sinkt, während der Beitrag aus Solarthermie praktisch unverändert bei knapp 11% bleibt.

Der Kältebedarf ist im Vergleich zum Wärmebedarf deutlich geringer. Er wird in allen Szenarien vor allem durch Kompressionskältemaschinen gedeckt. Im Szenario „Stadt KL“ liegt der Anteil bei rd. 76 %. In den beiden Szenarien mit Vorgabe von Solarthermienutzung sind es rd. 61 %. Der Rest der benötigten Kälte wird durch Absorptionskältemaschinen bereitgestellt.

6.3.3 Gesamtkosten und Emissionen

Die nivellierten jährlichen Gesamtkosten liegen bei 187 Mio. €/a und 199 Mio. €/a in den beiden Stadt-Szenarien sowie 152 Mio. €/a im RLP-Szenario (Abbildung 38). Aus einem Vergleich der Stadt-Szenarien folgt, dass die

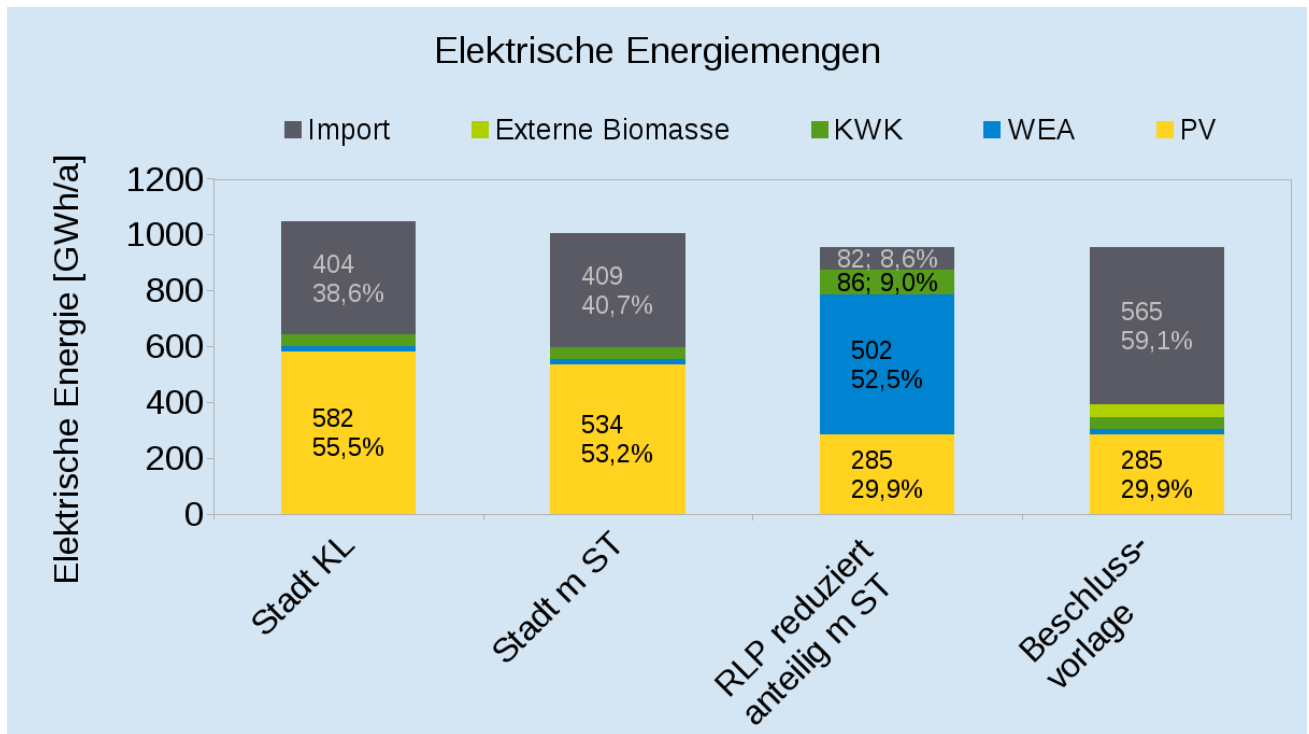


Abbildung 36: Elektrische Energiemengen in den Szenarien (Fraunhofer ISE, 2017)

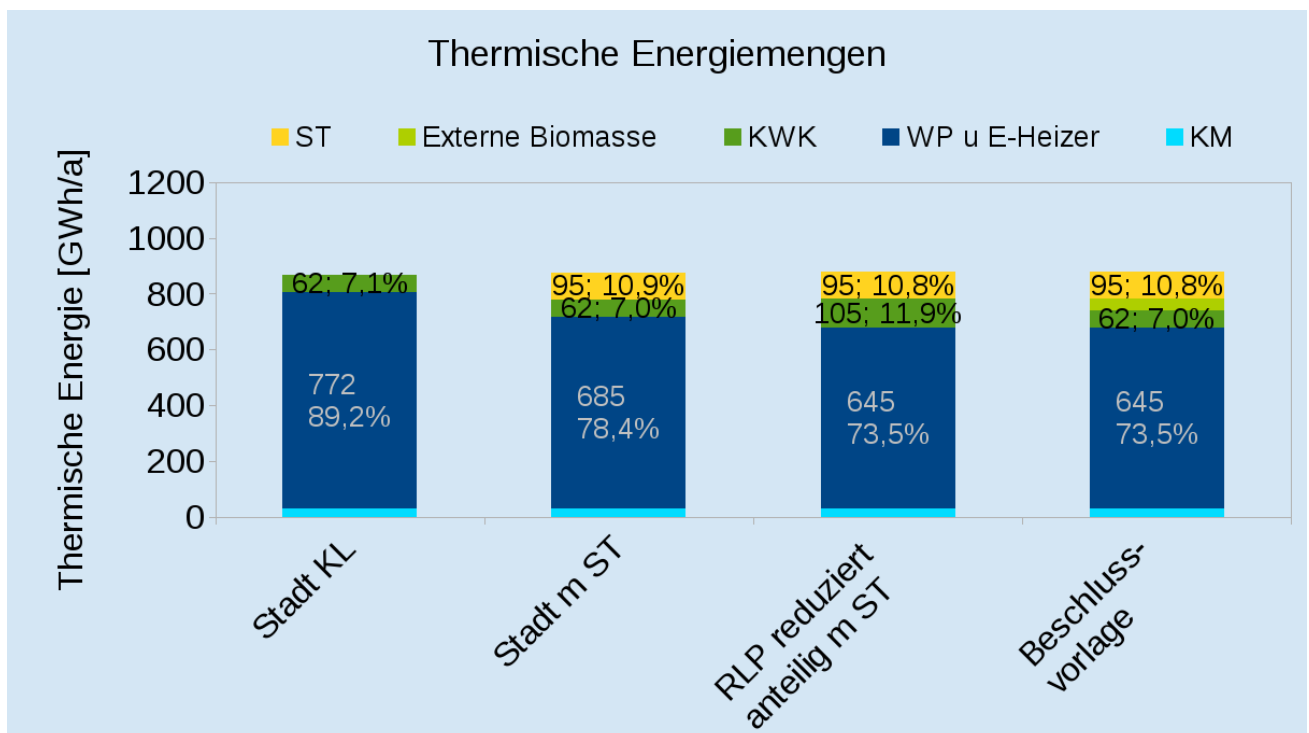


Abbildung 37: Thermische Energiemengen in den Szenarien (Fraunhofer ISE, 2017)

Vorgabe einer 10 %-igen Solarflächennutzung für Solarthermie zu Mehrkosten von gut 6 % führt. Aufgrund der Wechselwirkung mit Photovoltaik und Wärmepumpen führt die Solarthermienutzung nicht zu einer THG-Emissionsminderung, sondern die Emissionen steigen sogar minimal um eine Kilotonne pro Jahr von 28 kt/a auf 29 kt/a.

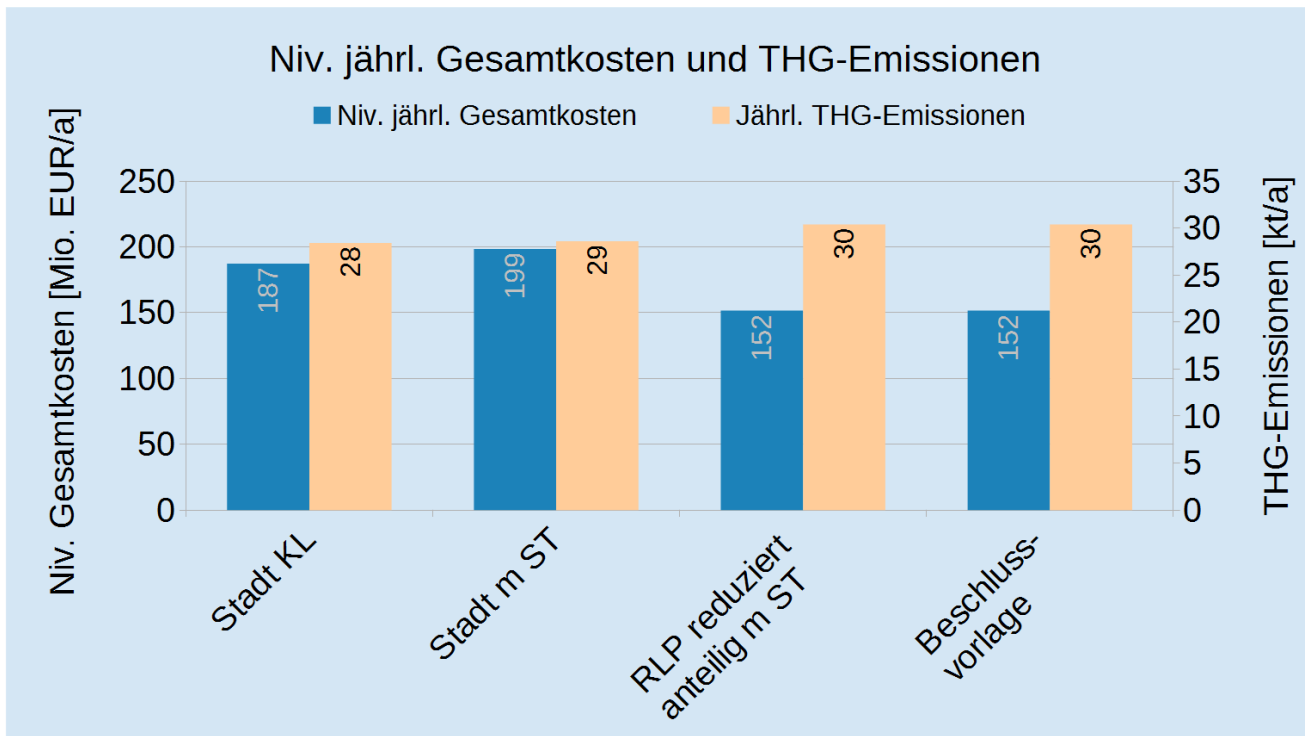


Abbildung 38: Nivellierte jährliche Gesamtkosten und THG-Emissionen in den Szenarien (TU Kaiserslautern, 2017)

Verglichen mit den Kosten des Szenarios „Stadt KL m ST“ liegen die jährlichen Gesamtkosten des RLP-Szenarios um 47 Mio. €/a bzw. 24 % niedriger. Hier macht sich der kostendämpfende Einfluss der deutlich höheren Biogas- und vor allem Windenergiepotenziale im RLP-Szenario positiv bemerkbar. Gleichzeitig wird so die Bedeutung von Vielfalt in der Zusammensetzung der Energieversorgungsanlagen sichtbar, die zusätzlich auch die Versorgungssicherheit erhöht.

Bedingt durch den verstärkten Biogaseinsatz liegen die THG-Emissionen im RLP-Szenario um eine bzw. zwei Kilotonnen pro Jahr über denen der Stadtscenarien. Trotzdem bleiben die THG-Emissionen in allen drei Szenarien deutlich unter dem für die Zielerreichung zulässigen Grenzwert von rd. 77 kt/a. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse erscheint eine Ausweitung der räumlichen Potenzialgrenzen auf das Bundesland Rheinland-Pfalz als überaus sinnvoll.

6.3.4 Zeitlich aufgelöste Ergebnisse für die Energieversorgung

Für das Szenario „RLP anteilig reduziert m ST“ sind in den folgenden Abbildungen exemplarisch die zeitlichen Verläufe der Strom-, Heiz- und Prozesswärmeversorgung gezeigt. Jede Grafik deckt den Zeitraum einer Kalenderwoche ab. Die dünne rote Linie kennzeichnet den Verlauf des Wärme- oder Strombedarfs. Im Fall von Strom bezieht sich diese Linie auf den ursprünglichen Bedarf ohne elektrische Wärme- und Kältebereitstellung. Der gesamte Strombedarf ist dementsprechend höher und wird durch die dünne hellblaue Linie charakterisiert.

Der jeweilige Beitrag der einzelnen Versorgungstechnologien ist als Farbfläche dargestellt. Gelb steht für Photovoltaik oder Solarthermie, blau für Windenergie und Wasserkraft bei Strom sowie Wärmepumpen und direktelektrische Heizungen bei Wärme. Grün kennzeichnet Beiträge aus den Bioabfall- und Biogasheizkraftwerken. Grau steht für Import von Strom, d.h. für eine Zufuhr von Strom aus unbekanntem externen Anlagen und für Export von internen Stromüberschüssen in die Region. Das Be- und Entladen von Batterie- oder Wärmespeichern ist in kräftigem Orange dargestellt.

Anhand der zeitlichen Darstellung werden sowohl die zeitlichen Varianzen im Strom- und Wärmebedarf als auch die Verläufe der Strom- und Wärmebereitstellung aus den verschiedenen Anlagentypen deutlich.

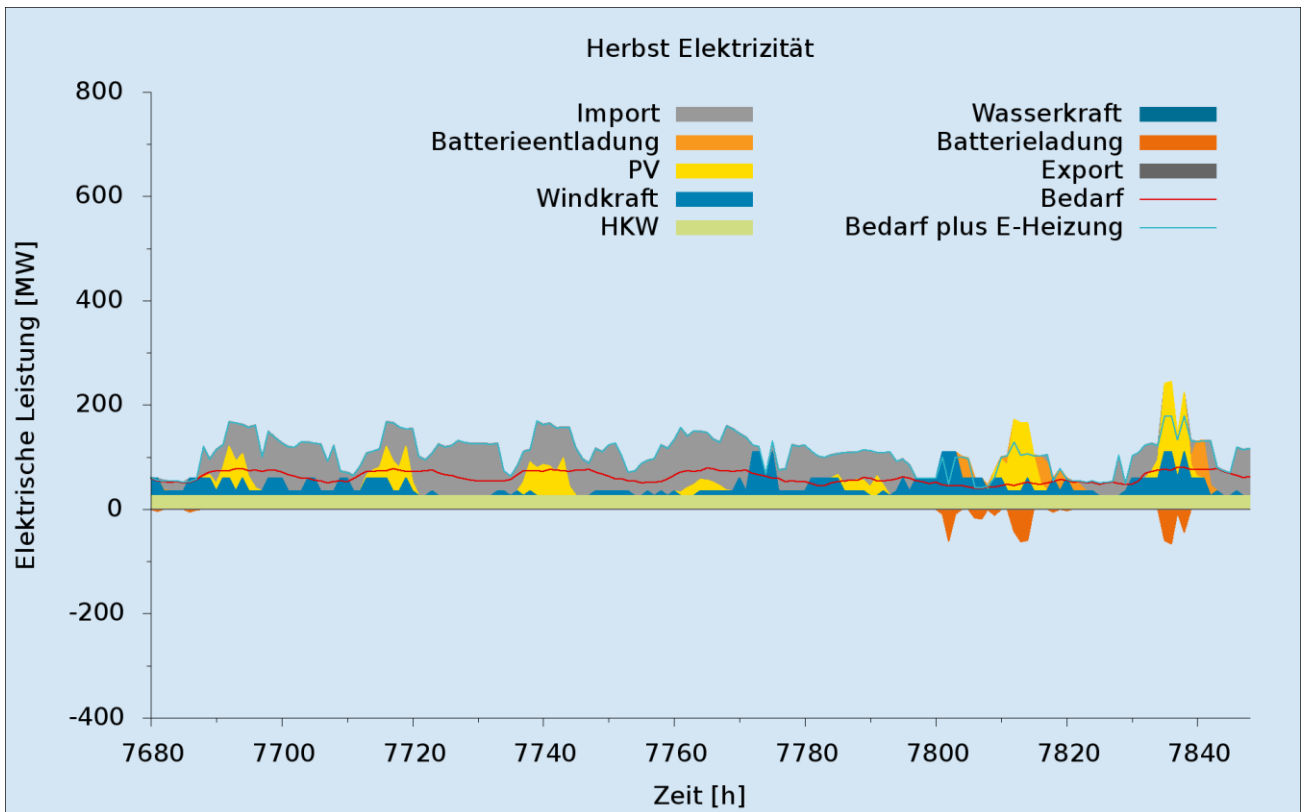


Abbildung 39: Zeitlicher Verlauf der Stromversorgung in einer Beispielwoche im Herbst (Fraunhofer ISE, 2017)

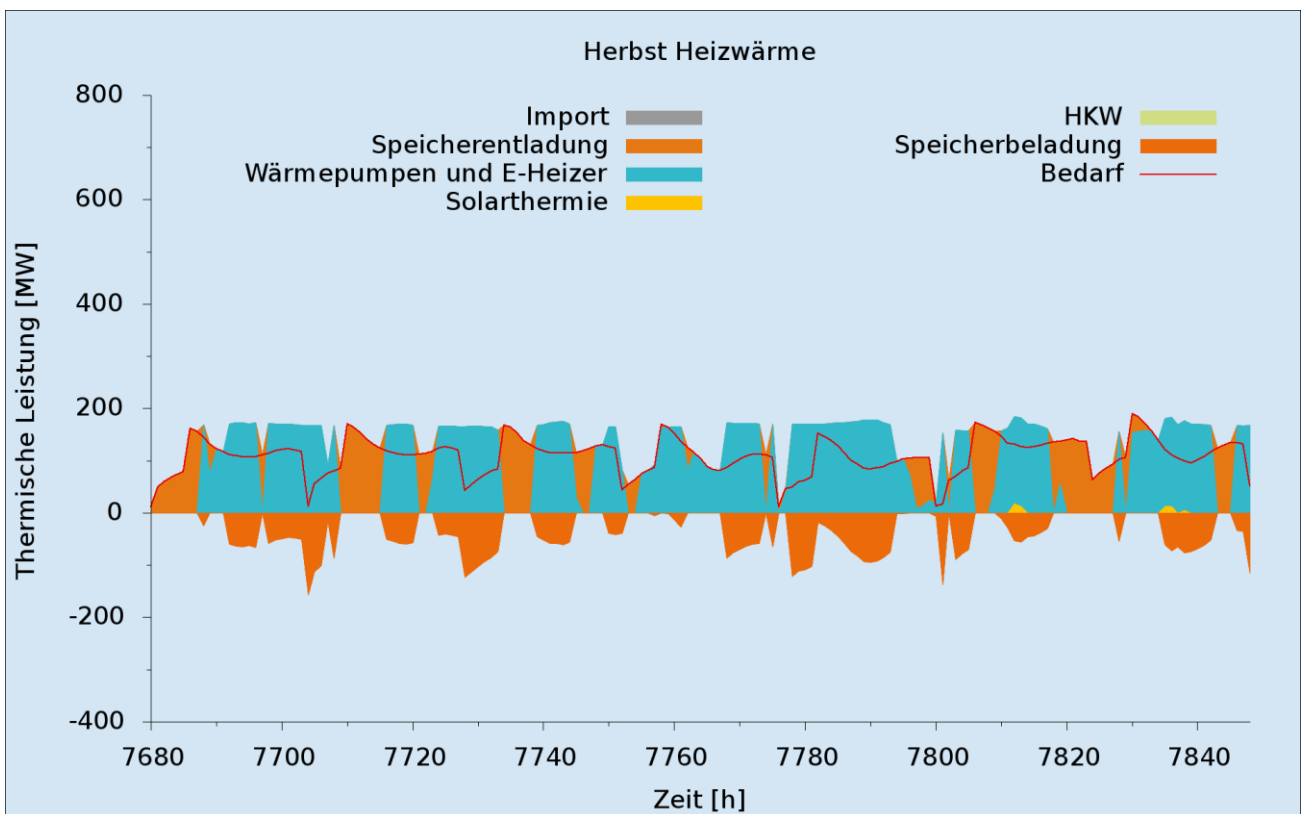


Abbildung 40: Zeitlicher Verlauf der Heizwärmeversorgung in einer Beispielwoche im Herbst (Fraunhofer ISE, 2017)

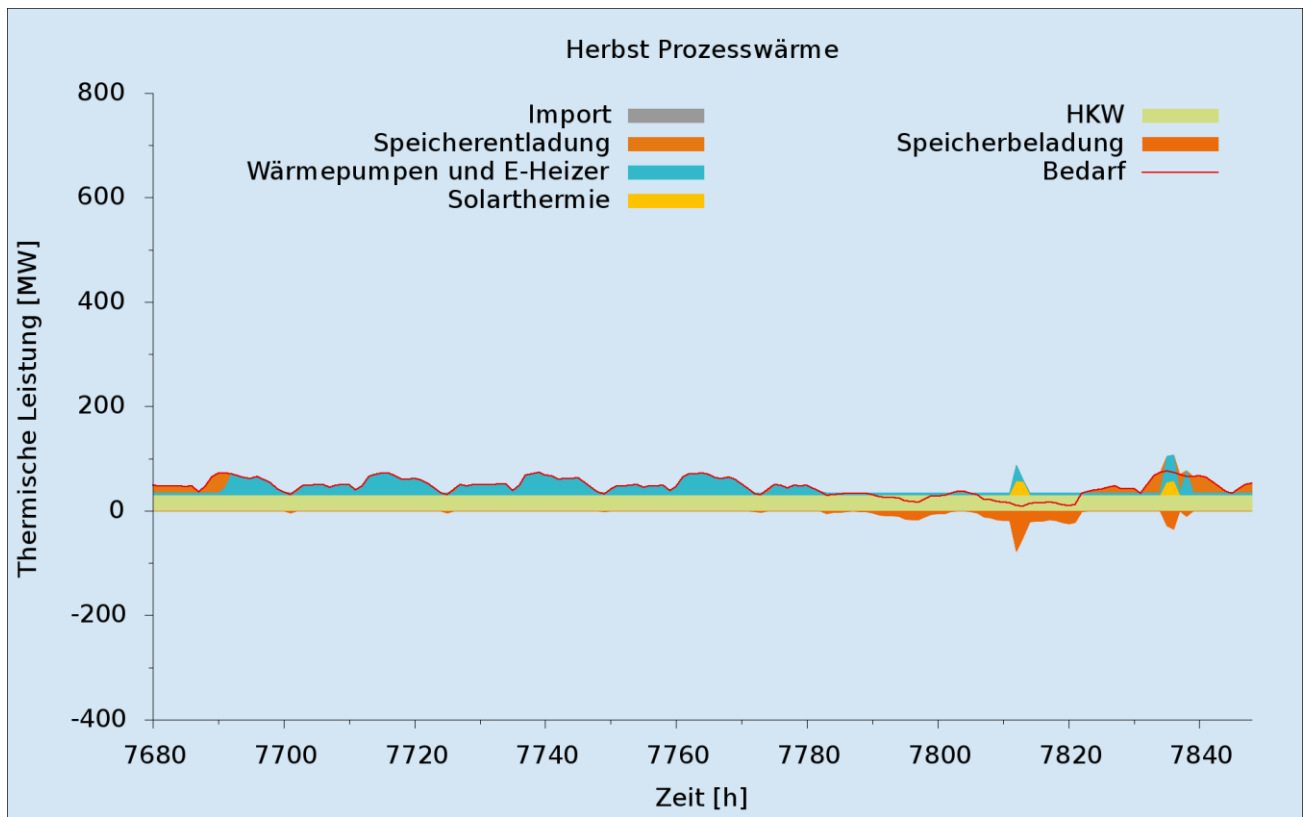


Abbildung 41: Zeitlicher Verlauf der Prozesswärmeversorgung in einer Beispielwoche im Herbst (Fraunhofer ISE, 2017)

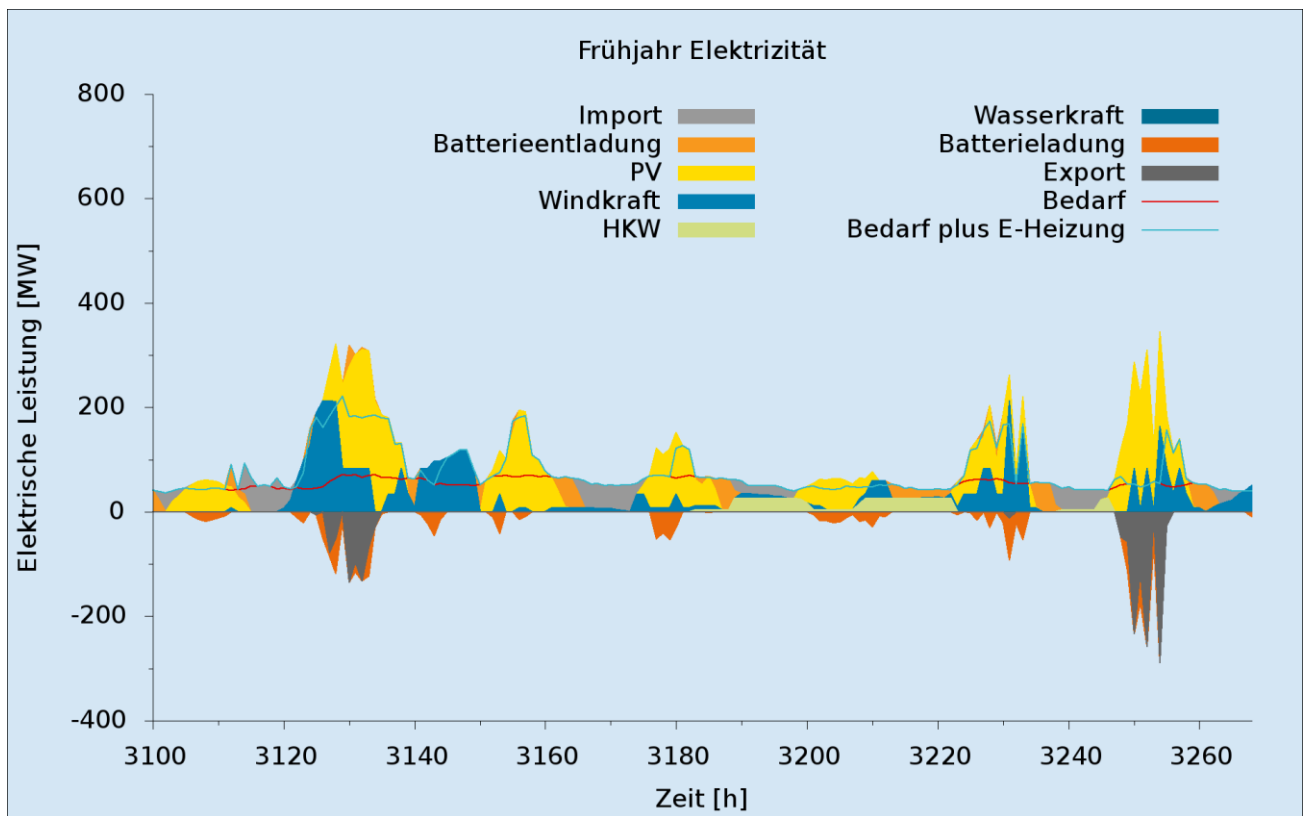


Abbildung 42: Zeitlicher Verlauf der Stromversorgung in einer Beispielwoche im Frühjahr (Fraunhofer ISE, 2017)

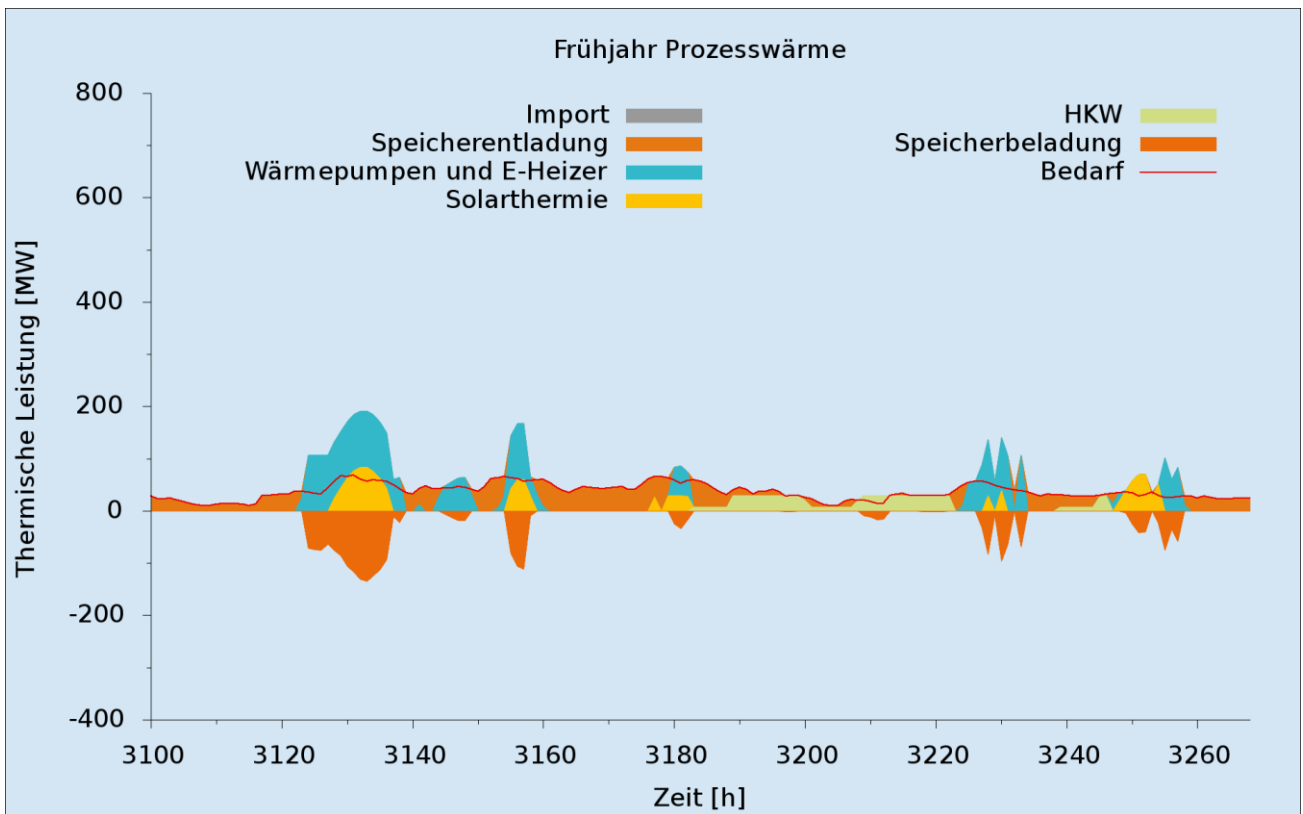


Abbildung 43: Zeitlicher Verlauf der Prozesswärmeversorgung in einer Beispielwoche im Frühjahr (Fraunhofer ISE, 2017)

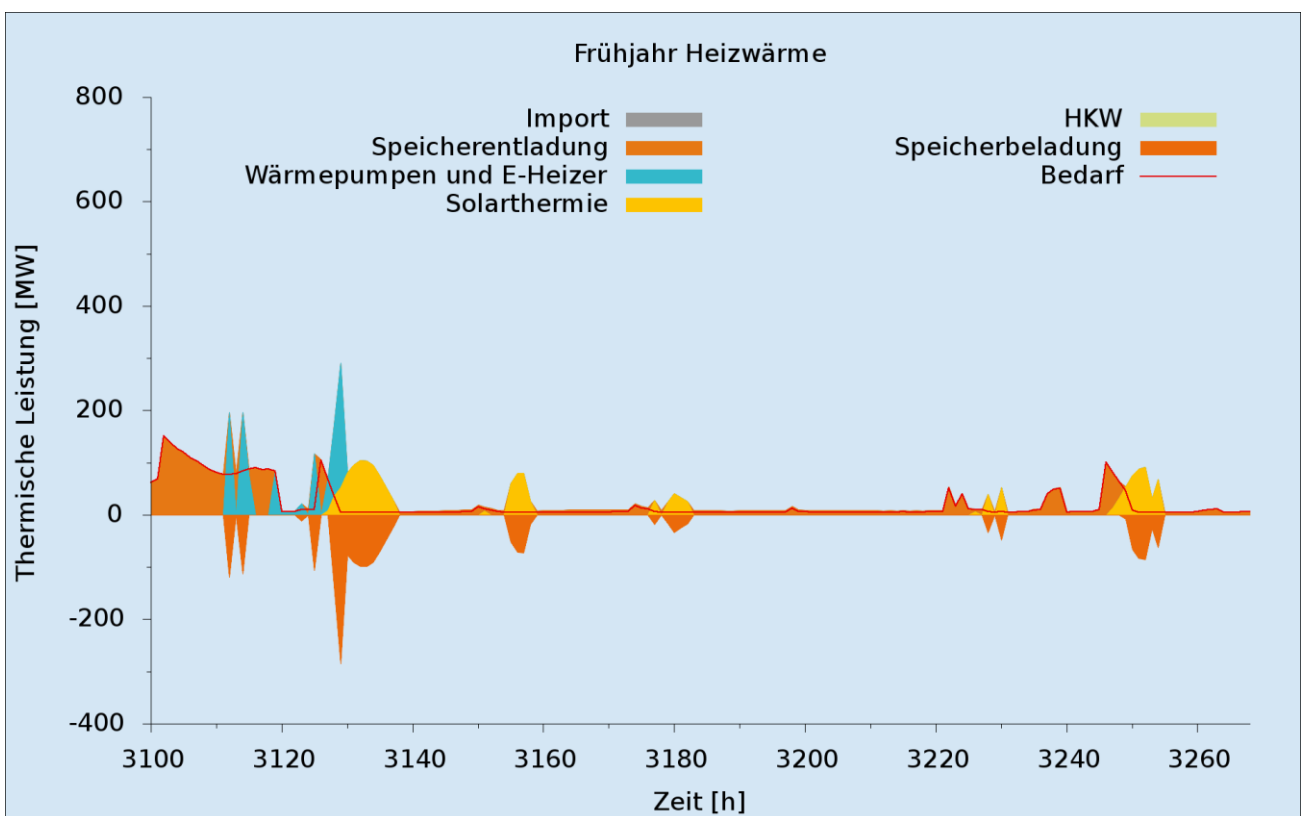


Abbildung 44: Zeitlicher Verlauf der Heizwärmeversorgung in einer Beispielwoche im Frühjahr (Fraunhofer ISE, 2017)

6.4 Zusammenfassung und Empfehlung für das Zielenergiesystem der Stadt Kaiserslautern

In Kapitel 4 werden, unter Berücksichtigung von umfassenden Maßnahmen zu Effizienzsteigerung und Energieeinsparung, die künftigen Energiebedarfe in den Bereichen Strom, Heiz- und Prozesswärme, Prozesskälte sowie Mobilität erhoben. Aus Kapitel 5 sind die innerstädtischen und die bevölkerungsanteilig berücksichtigten, landesweiten Potenziale an Erneuerbaren Energien bekannt. Sie können zur Deckung des künftigen Energiebedarfs eingesetzt werden.

Auf diesen beiden Datengrundlagen werden in diesem Kapitel Energieversorgungsszenarien definiert, die mithilfe des Energiesystemmodells KomMod berechnet werden. Das Ziel der Berechnungen ist eine möglichst kostengünstige Deckung des künftigen Energiebedarfs mithilfe der vorhandenen EE-Potenziale, wobei gleichzeitig die zur Zielerreichung maximal erlaubten THG-Emissionen eingehalten werden müssen.

Je nachdem, ob lediglich die stadtinternen oder auch landesweite EE-Potenziale zur Verfügung stehen, ändern sich die installierten Leistungen und die Anteile der verschiedenen Versorgungstechnologien an der Energiebedarfsdeckung. Auch die Kosten und die THG-Emissionen werden hierdurch beeinflusst. Es gibt jedoch auch szenarienübergreifende Erkenntnisse.

Bei der Stromversorgung spielt Photovoltaik aufgrund ihres großen stadtinternen Potenzials in allen Szenarien eine wichtige Rolle. In den beiden auf die stadtinternen Potenziale an Wind- und Bioenergie beschränkten Szenarien deckt sie sogar über die Hälfte des Strombedarfs. Im RLP-Szenario mit bevölkerungsanteilig landesweiten Wind- und Bioenergiepotenzialen sind es immer noch 30 %. Ihr Ausbau – vor allem auf Dächern, um eine zusätzliche Flächenversiegelung zu vermeiden – sollte vorangetrieben werden.

Der Windenergienutzung kommt ebenfalls eine große Bedeutung zu. Ihr Potenzial wird in allen Szenarien praktisch ausgereizt. Werden, wie im RLP-Szenario, bevölkerungsanteilig landesweite Potenziale einbezogen, deckt sie über die Hälfte des Strombedarfs, sodass kaum noch Stromimport unbekannter Herkunft benötigt wird. Hieraus folgt die technische Empfehlung, sich an Windparks außerhalb des Stadtgebiets zu beteiligen.

Die zwischen den Szenarien in ihrer Verfügbarkeit variierenden biogenen Energieträger wie Bioabfall oder Biogas werden ebenfalls vollständig genutzt. Aufgrund ihres zeitlich flexiblen Einsatzes können sie in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) flexibel zur Strom- und Wärmebedarfsdeckung eingesetzt werden. Bei Hinzuziehung landesweiter Potenziale erreichen sie im RLP-Szenario Deckungsanteile von 9 % des Strom- und 12 % des Wärmebedarfs. Genau wie bei der Windenergie wird hier empfohlen, vertraglich eine langfristige Versorgung mit zusätzlichen biogenen Energieträgern zu sichern. Aus technischer Sicht ist Biogas besonders flexibel einsetzbar.

Bei der Wärmeversorgung werden zukünftig vor allem strombasierte Systeme in Form von Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen eingesetzt, die mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben werden. In den Szenarien erreichen diese Systeme Deckungsanteile von 73 bis 89 % am Wärmebedarf.

Durch die Vorgabe einer Mindestnutzung von 10 % der Dachflächenpotenziale für Solarthermieanlagen in den **Szenarien „Stadt KL m ST“ und „RLP reduziert anteilig m ST“ können diese fast 11 %** des Wärmebedarfs liefern. Die Vorgabe führt zu vertretbaren Mehrkosten von 6 %. Auf der anderen Seite erhöht sie die Diversität in der Wärmeversorgung und erlaubt auf eine sinnvolle Art eine stärkere Erschließung stadtinterner Potenziale, was die Einflussmöglichkeiten Kaiserslauterns erhöht.

Die Gesamtnutzung der Solarpotenziale im RLP-Szenario liegt mit weniger als 45 % deutlich unterhalb des Gesamtpotenzials. Folglich ist es voraussichtlich unkritisch, dass die zulässigen Dachlasten mangels Kenntnis nicht in die Potenzialerhebungen einfließen konnten, da genügend Alternativflächen zur Verfügung stehen.

Aus einem Vergleich der beiden Szenarien „Stadt KL m ST“ und „RLP reduziert anteilig m ST“ wird deutlich, wie wichtig eine breite Technologiemischung für eine ausgewogene und kostengünstige Energieversorgung ist. Das Szenario „RLP reduziert anteilig m ST“ wird daher grundsätzlich zur Umsetzung empfohlen. Gleichzeitig muss bedacht werden, dass sich Beschlüsse der Stadt Kaiserslautern nur auf ihr eigenes Hoheitsgebiet und ihre Gemarkung beziehen können. Die Errichtung von Windenergieanlagen außerhalb der Stadtgrenzen liegt daher außerhalb ihres Einflusses. Sofern politisch gewünscht, ist eine Beteiligung an externen WEA-Standorten über die Firmen des Stadtkonzerns jedoch durchaus möglich und wird empfohlen.

Um die technischen und ökonomischen Erkenntnisse aus den Szenarienrechnungen mit den rechtlichen Aspekten hinsichtlich des Hoheitsgebiets zu vereinen, wird aus den bestehenden Szenarien **das Szenario „Beschlussvorlage“** abgeleitet.

6.5 Beschlussvorlage Stadtrat zum Zielenergiesystem der Stadt Kaiserslautern

Die Beschlussvorlage für den Stadtrat kombiniert die technischen Empfehlungen des RLP-Szenarios, bei dem bevölkerungsanteilig landesweite Potenziale an Wind- und Bioenergie miteinbezogen werden, mit dem Szenario „Stadt KL m ST“, das sich auf stadtinterne EE-Potenziale beschränkt (Tabelle 22). Das Ergebnis ist in Abbildung 34 bis Abbildung 38 mit „Beschlussvorlage“ benannt.

Die zu installierenden Leistungen an Bioabfall-HKW, Photovoltaik, Solarthermie, Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen sowie die Kapazitäten an Batterien und Wärmespeichern entsprechen denen des RLP-Szenarios. Alle diese Anlagen werden innerhalb des Stadtgebiets errichtet. Auch die installierte Leistung an Biogas-BHKW wird aus dem RLP-Szenario übernommen, weil für die Fortnutzung der Fernwärme eine Mindestgröße an Erzeugungskapazität notwendig ist. Die Biogasversorgung kann vom Betreiber, auch ohne direkten Zugriff auf externe Flächen, über Lieferverträge – analog zum heutigen Erdgasbezug – gesichert werden. In den Abbildungen zu den bereitgestellten Strom- und Wärmemengen (Abbildung 36 und Abbildung 37) sind die Erträge aus importiertem Biogas von den stadtinternen Erträgen abgegrenzt in hellgrün dargestellt.

Für die Windenergie werden in der Beschlussvorlage lediglich die stadtinternen Potenziale von 9 MW anstelle der im RLP-Szenario vorgesehenen 233 MW angesetzt. In der Folge steigt der Importbedarf von Strom aus unbekanntem Quellen von 82 GWh/a auf 565 GWh/a. Zu beachten ist, dass zur Erreichung der klimapolitischen Ziele auch dieser Strom aus Erneuerbaren Energien mit dementsprechend geringen THG-Emissionen stammen muss. Je nach Kosten des zusätzlichen Stromimports aus unbekanntem Quellen können die Gesamtkosten höher oder niedriger ausfallen als im RLP-Szenario berechnet und für die Beschlussvorlage übernommen.

Einen schematischen Überblick über die Energieflüsse sowohl des aus „Szenario 3 - RLP reduziert anteilig m ST“ resultierenden Energiesystems als auch des daraus abgeleiteten Energiesystems der Beschlussvorlage bietet Abbildung 45. Der Vergleich mit dem heutigen Energiesystem in Abbildung 17 zeigt, dass auch zukünftig der größte Teil des Endenergiebedarfs auf Wärme (60 %) entfällt. Bedingt durch den Wechsel hin zu Elektromobilität steigt der Stromanteil auf 37 %. Der Kältebedarf bleibt mit 2 % insgesamt gering, verdoppelt sich jedoch in seinem Anteil gegenüber 2015.

Bei Betrachtung der Erzeugungsseite im linken Bereich der Abbildung unterscheidet sich die Situation deutlich vom heutigen Zustand. Es wird deutlich, wie stark sich der Wechsel von brennstoffbasierten zu elektrischen Heizungssystemen auswirkt. Über 81 % der gesamten bereitgestellten Energie werden in Form von Strom bereitgestellt, nur knapp 19 % in Form von Wärme.

6.6 Einflussmöglichkeiten der Masterplankommune

Die Masterplankommune Kaiserslautern hat folgende Möglichkeiten zur Einflussnahme auf die Umsetzung der Ergebnisse aus den Szenarienrechnungen:

- Durch ihre Beteiligung an den Unternehmen des Stadtkonzerns, namentlich SWK, ZAK, WVE
- Durch Begünstigung der solarenergetischen Nutzung in Bauleitplanung bzw. städtebaulichen Verträgen
- Durch Ansprache und Aufklärung der Bürger und örtlichen Unternehmen zur Motivation; wo möglich fachliche Unterstützung bei Genehmigungsverfahren oder anderen rechtlichen Aspekten
- Durch Maßnahmen bei ihrer eigenen Infrastruktur, was gleichzeitig eine Vorbildfunktion erfüllt:
 - Installation von PV- und Solarthermieanlagen auf städtischen Gebäuden
 - Energetische Modernisierung der Gebäudehülle bei städtischen Liegenschaften
 - Bevorzugte Nutzung der in den Szenarien als zukünftig sinnvoll ermittelten Wärmeversorgungstechnologien wie Fernwärme, Wärmepumpen und direktelektrische Heizungen, Solarthermieanlagen
 - Umstellung des Fuhrparks auf verbrauchs- und emissionsarme, möglichst elektromobile Fahrzeuge

Viele dieser Ansatzpunkte sind als konkrete Maßnahmen im nachfolgenden Kapitel ausgeführt.

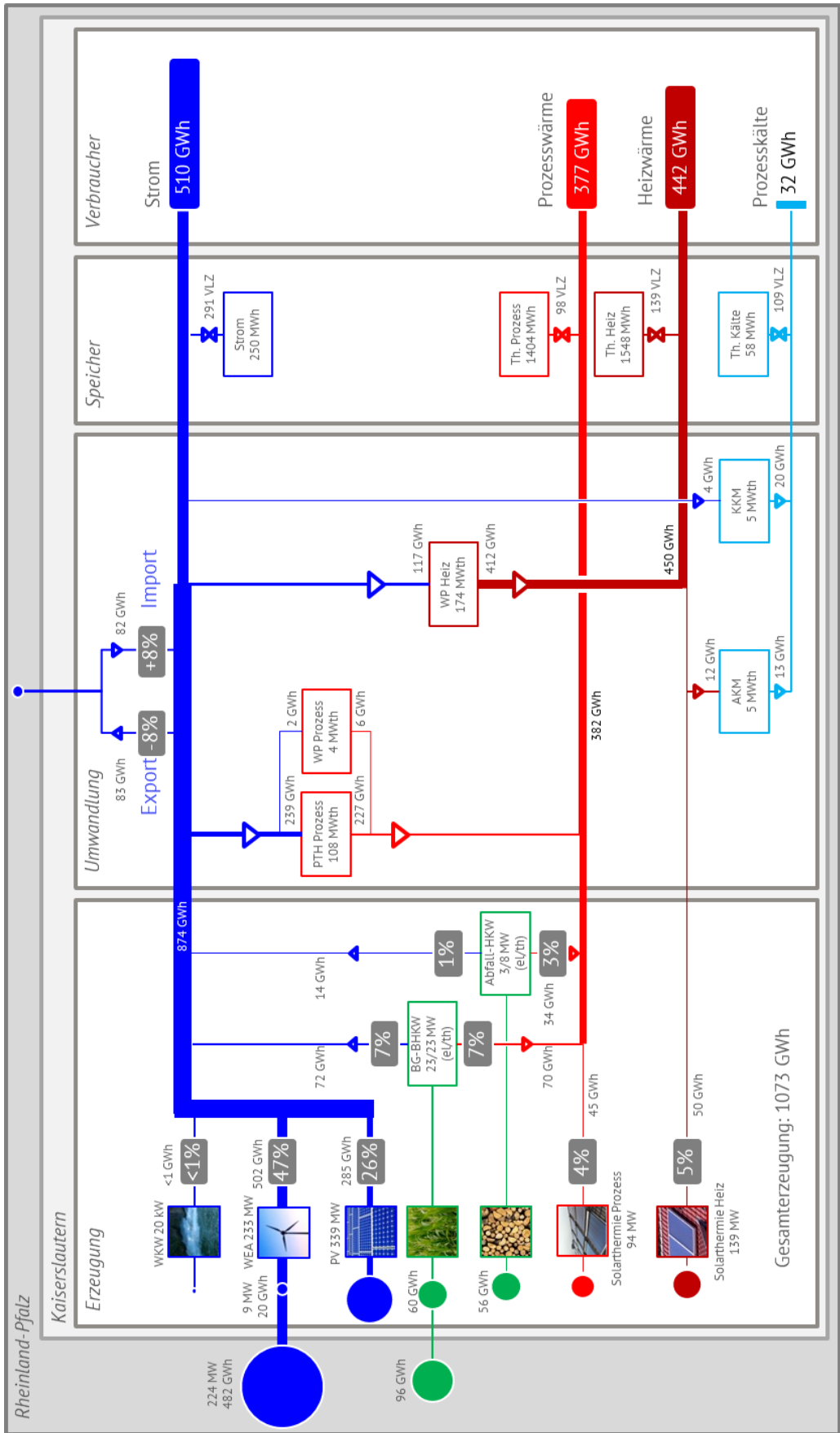


Abbildung 45: Energieflussbild Kaiserslauterns in 2050 gemäß „Szenario 3 - RLP reduziert anteilig m ST“ (Fraunhofer ISE, 2017)

7 Handlungsfelder – Sektorale Ziele, Maßnahmen und Projektideen

In diesem Kapitel werden der Erstellungsprozess des Maßnahmenatlas erläutert und sektorale Teilziele sowie die einzelnen Handlungsfelder des Masterplans beschrieben. Pro Handlungsfeld werden die akteursbezogenen Maßnahmenbereiche vorgestellt. Im separaten Maßnahmenatlas sind die Maßnahmen vollständig enthalten. Exemplarisch werden in Kaiserslautern bereits umgesetzte Leuchtturmprojekte zum Klimaschutz aufgezeigt. Anschließend wird auf die ausgewählte investive Maßnahme eingegangen, die am Beginn der Umsetzungsphase (bis Juni 2020) mit Förderung durch das BMUB realisiert werden soll. Den Abschluss von Kapitel 7 bildet die Maßnahme Standard KL für Anreize zur energetischen Gebäudemodernisierung.

7.1 Methodik

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Erläuterung der Handlungsfelder und Akteursgruppen
- ✓ Darstellung Entwicklungsprozess Maßnahmenatlas
- ✓ Vorstellung Mustersteckbrief für Maßnahmen

Durch den Masterplan sollen gezielt konkrete Akteursgruppen angesprochen werden. Wesentlich für die Umsetzung des Masterplans sind folgende Gruppen, die sich an den Bereichen der Energiebilanz orientieren (Kapitel 3):

- Energiewirtschaft
- Stadtverwaltung
- Industrie
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD)
- Private Haushalte (Eigentümerschaft privater Haushalte, Mieterschaft privater Haushalte, Organisierte Wohnungswirtschaft)

Diese stehen den vier strategischen Handlungsfeldern gegenüber:

- Energieversorgung
- Gebäude, Quartiere und Technik
- Mobilität
- Klimaneutraler Alltag

Während die Maßnahmen in den Handlungsfeldern Energieversorgung und Gebäude, Quartiere, Technik (GQT) klar einzelnen Akteuren zuzuordnen sind, findet in den Handlungsfeldern Mobilität und Klimaneutraler Alltag eine akteursübergreifende Betrachtung statt. Maßnahmen zu den Themen Information & Beratung sowie Anreizsysteme richten sich an spezielle Akteure innerhalb der Akteursgruppen.

Als Grundlage für die Maßnahmen dient das Startjahr 2015.²³ Für die einzelnen Akteursgruppen wurden Zielpfade für die jeweiligen Beiträge zur Erreichung der Klimaschutzziele entwickelt, die bei der Beschreibung der Maßnahmen ab Abschnitt 7.3 dargestellt werden. Die Zielpfade enthalten nur durch konkrete Maßnahmen erreichbare Einsparungen. Steigende Energiebedarfe, wie zum Beispiel im Bereich IKT, die durch Energieeffizienzmaßnahmen aufgefangen werden, sind ebenfalls in die Zielpfade eingerechnet. Einsparungen die sich durch sinkende Einwohnerzahlen oder Beschäftigungszahlen ergeben, sind nicht in den akteursbezogenen Zielpfaden enthalten. Somit ergibt die Differenz aus dem Endenergiebedarf, den angegebenen Einsparungen, der entsprechenden Bevölkerungsentwicklung und ggf. einem gestiegenen Bedarf für IKT den neuen Endenergiebedarf. Im Gesamtzielpfad der Stadt wird der Einfluss der Bevölkerungsentwicklung nochmals aufgezeigt.

Für jede Akteursgruppe wurden umfangreiche Maßnahmenpakete entwickelt. Abbildung 46 fasst die Akteursgruppen und Handlungsfelder mit Maßnahmenpaketen zusammen.

²³ Für das Jahr 2015 wurde eine umfassende Erhebung durchgeführt, sodass ausreichend Daten für die Bilanzierung der Maßnahmen vorhanden sind. Die Maßnahmen sind dabei so abgestimmt, dass die Ziele, die auf dem Basisjahr 1990 basieren, erreicht werden. Bei Maßnahmen, die bereits in der Umsetzung sind, werden nur die in 2015 ausstehenden Potenziale berechnet.

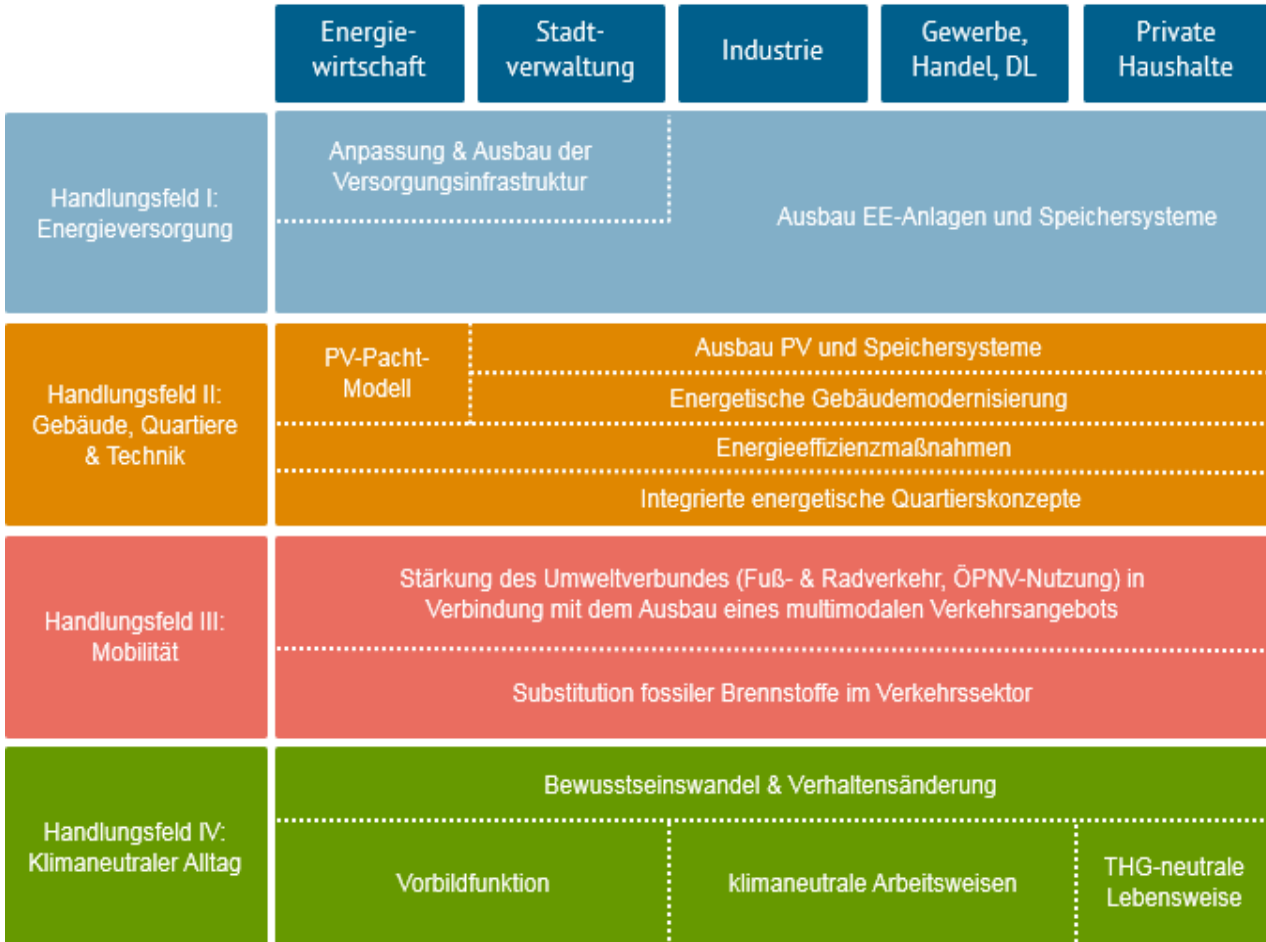


Abbildung 46: Handlungsfelder und Akteursgruppen (TU Kaiserslautern, 2017)

Die einzelnen Maßnahmen innerhalb der Maßnahmenpakete orientieren sich an den Zielen des Masterplans. In ihrer Gesamtheit zeigen sie einen Pfad auf, wie die Ziele des Masterplans aus heutiger Sicht bis 2050 zu erreichen sind. Die Maßnahmen sollen dabei nicht als endgültig aufgefasst werden, sondern stellen vielmehr einen Vorschlag zur Zielerreichung dar. Im Laufe des Umsetzungsprozesses können (und werden) technologische oder gesellschaftliche Änderungen auftreten, welche heute noch nicht absehbar sind, sodass Anpassungen an den identifizierten Maßnahmen erfolgen müssen.

In den Umsetzungs- und Statusberichten (Abschnitt 8.2) wird der Fortschritt während der Umsetzungsphase regelmäßig erfasst und dokumentiert.

7.1.1 Entwicklung Maßnahmenatlas

Der Masterplan 100 % Klimaschutz für Kaiserslautern beinhaltet einen Katalog mit aktorenspezifischen Maßnahmen, welche die Erreichung der Klimaschutzziele sichern sollen. Für die Entwicklung des Maßnahmenatlas wurden unterschiedliche Quellen herangezogen. Als Basis diente der Maßnahmenatlas des Klimaschutzkonzepts 2020 der Stadt Kaiserslautern aus dem Jahr 2010. In diesem wurden bereits umfangreiche Maßnahmen für einen aktiven Klimaschutz vorgeschlagen und umgesetzt. Der Maßnahmenatlas wurde gesichtet und offene Maßnahmen, die für die Zielerreichung geeignet schienen, auf ihre Anwendbarkeit im Masterplan hin überprüft, bei Bedarf angepasst und anschließend in den Maßnahmenatlas des Masterplans überführt.

Um den partizipativen Ansatz des Masterplanprozesses auch zu leben, wurden die Bevölkerung sowie die ortsansässigen Unternehmen im Rahmen eines breiten Partizipationsprozess in die Entwicklung des Masterplanmaßnahmenatlas mit eingebunden (Abschnitt 9.1). So wurde online ein Ideenwettbewerb zur Einreichung von Effizienzmaßnahmen durch die Bevölkerung durchgeführt. Die eingereichten Ideen wurden gesichtet und für die Zielerreichung des Masterplans geeignete Maßnahmen in den Maßnahmenatlas übernommen. Neben dem

Ideenwettbewerb wurden drei akteursspezifische Partizipations-Workshops durchgeführt. Darüber hinaus wurden gezielt Akteure aus den einzelnen Akteursgruppen angesprochen und mit ihnen Interviews bzw. Fachgespräche durchgeführt. Die Erkenntnisse aus den Workshops und Interviews flossen ebenfalls in die Entwicklung des Maßnahmenatlas mit ein. Weitere Quellen für die Entwicklung einzelner Maßnahmen waren die Sichtung bestehender Masterpläne aus der ersten Förderungsperiode (2012) der Initiative „Masterplan 100 % Klimaschutz“ und Fachliteratur zu Energieeffizienzmaßnahmen und EE-Ausbau.

Die entwickelten Maßnahmen wurden innerhalb des Maßnahmenatlas einzelnen Akteursgruppen zugewiesen. Anschließend erfolgte eine Priorisierung der akteursspezifischen Maßnahmen nach einem zuvor festgelegten Kriterienschema. Die Maßnahmen wurden in drei Gruppen (A, B & C) eingeteilt. Maßnahmen der Gruppe A stellen Hauptmaßnahmen im Masterplan dar, welche für die Erreichung der definierten Ziele unbedingt umgesetzt werden sollten. Maßnahmen der Gruppe B sind begleitende Maßnahmen. Ihre Umsetzung sollte zusammen mit den Maßnahmen der Gruppe A erfolgen. Gruppe C umfasst kleinere und alternative Maßnahmen, die anstelle von Maßnahmen der Gruppen A und B durchgeführt werden könnten, wenn geänderte Rahmenbedingung eine Realisierung dieser Maßnahmen verhindern. Der Maßnahmen Katalog umfasst insgesamt 143 Maßnahmen, wovon 37 A-Maßnahmen, 59 B-Maßnahmen und 47 C-Maßnahmen sind. Im Maßnahmenatlas (Spalte 4 der Tabellen) sind die Maßnahmen zusätzlich mit den Attributen H (Hauptmaßnahme), I (innovative Maßnahme) und L (Leuchtturmprojekte) gekennzeichnet. Alle A-Maßnahmen sind gleichzeitig Hauptmaßnahmen. Hauptmaßnahmen, für die keine THG- oder Endenergieeinsparungen bilanziert werden können (z.B. Anreizsysteme ohne direkt messbare Einspareffekte), sind jedoch keine A-Maßnahmen. Leuchtturmprojekte und innovative Projekte haben besondere Bedeutung aufgrund der größeren Sichtbarkeit und Reichweite auch als Einzelmaßnahmen. Die Kennzeichnung dient der einfacheren Sortierung aller 143 Maßnahmen in Verbindung mit der Priorisierung in die Gruppen A, B und C. Im Maßnahmenatlas sind 54 Maßnahmen in Steckbriefen dargestellt. Die weiteren B- und C-Maßnahmen sind tabellarisch zusammengefasst. Der Maßnahmenatlas wird als PDF-Datei veröffentlicht und kann im Klimaportal (www.klima-kl.de) der Stadt Kaiserslautern heruntergeladen werden. Auf Anfrage kann die vollständige Maßnahmenliste im XLS-Format von der Stadtverwaltung bezogen werden.

Für alle Maßnahmen des Maßnahmenatlas wurden zentrale Chancen und Hemmnisse ausgewiesen, die mit der Umsetzung der jeweiligen Maßnahme verbundenen sind. Darüber hinaus wurden die zentralen Akteure für deren Realisierung im Maßnahmenatlas benannt. Maßnahmen der Kategorie A wurden außerdem hinsichtlich ihres jeweiligen Endenergie- und THG-Einsparungspotenzials ausgewertet. Weiterhin wurden für jede A-Maßnahmen, die mit ihrer Umsetzung verbundenen Investitions- und Folgekosten als Barwerte berechnet und im Maßnahmenatlas ausgewiesen.²⁴ Darüber hinaus wurde die mit den jeweiligen A-Maßnahmen einhergehenden THG und Endenergieeinsparungen sowie die regionale Wertschöpfung geschätzt und dargestellt.

7.1.2 Mustersteckbrief

Für eine übersichtliche Darstellung der einzelnen Maßnahmen innerhalb des Masterplans wurde ein Maßnahmen-Steckbrief entwickelt. Mittels des Steckbriefs erfolgt die Erfassung der Maßnahmen entlang eines einheitlichen Schemas (Abbildung 47). Es liegen insgesamt 54 Maßnahmensteckbriefe vor. Die Maßnahmen sind im separaten Maßnahmenatlas dokumentiert, der auch die akteursspezifischen Maßnahmensteckbriefe für die zentralen Maßnahmen des Masterplans enthält.

Im Mustersteckbrief sind auch der Zeitraum bis zum Abschluss der Maßnahme und der prozentuale Umsetzungsgrad seit 2015 dargestellt. Das Basisjahr 2015 wurde gewählt, da der Umsetzungsgrad bei vielen Maßnahmen rückwirkend bis 1990 unbekannt ist. Die absoluten Ziele pro Maßnahme werden in den Umsetzungs- und Statusberichten durch das Masterplanmanagement regelmäßig erfasst (Abschnitt 8.2). Die Maßnahmensteckbriefe dienen der übersichtlichen Information der Akteure in den einzelnen Handlungsfeldern. Es wird empfohlen die Steckbriefe regelmäßig, z.B. im Rahmen der Erstellung der Statusberichte, zu aktualisieren.

²⁴ Zur Berechnung der Barwerte der Investition und Folgekosten der A-Maßnahmen wurden ein Diskontierungszins von 4 % und Preissteigerungsraten für die Herstellungs- und Folgekosten von jeweils 2 % angesetzt. Die Folgekosten umfassen nur Kosten für Prüfung, Inspektion und Wartung (PIW) der jeweiligen Maßnahme. Erneuerungsinvestition, welche nach Ende der Nutzungsdauer der jeweiligen Maßnahmen anfallen, wurde nicht betrachtet.

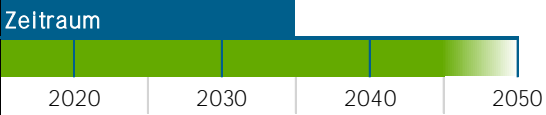
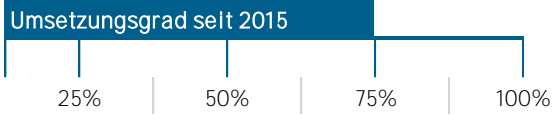
PHH/X.Y		Maßnahme XY		
Maßnahmentyp:	Beschreibung, um welche Form von Maßnahme es sich handelt.			
Initiator:	Nennung der Hauptakteure (Initiator, Träger) der Maßnahme.			
Zielgruppe:	Nennung des Akterurs, der durch die Maßnahme bewegt bzw. angesprochen wird.			
Akteure:	Nennung weiterer wichtiger Akteure, Partner und Bezug auf die Maßnahme.			
Zeltraum				
	2020	2030	2040	2050
	Umsetzungsgrad seit 2015 			
	25%	50%	75%	100%
	Stand: Sept. 2017			
Kennzahlen				
Investitionskosten	o T€	THG-Einsparungen	0 t-THG/a	
Regionale Wertschöpfung	o T€	Endenergieeinsparung	0 MWh/a	
Ziel und Strategie	Beschreibung des Ziels der Maßnahme bzw. Erläuterung, wie die Maßnahme die erarbeiteten Klimaszenarien unterstützt.			
Beschreibung	Beschreibung der durchzuführenden Maßnahmen sowie Erläuterung der Ausgangsvoraussetzungen für die Realisierung im jeweiligen Handlungsfeld.			
Chancen	Erläuterung der wesentlichen Chancen, die bei der Realisierung der Maßnahme bestehen.		Hemmnisse	Erläuterung der wesentlichen Hemmnisse, die bei der Realisierung der Maßnahme bestehen.
Erfolgsindikatoren	Benennung der wichtigsten Meilensteine während der Umsetzungsphase, an denen der Erfolg der Maßnahme sowie der Fortschritt gemessen werden können.		Handlungsschritte	Darstellung der Handlungsschritte in zeitlicher Einordnung.
Flankierende Maßnahmen	Nennung der wichtigsten flankierenden Maßnahmen.		Umsetzungsprojekte	Bestehende Projekte, die gegenwärtig umgesetzt werden bzw. Projekte deren Umsetzung schon geplant ist.
Finanzierung/Förderung	Beschreibung welche Möglichkeiten zur Finanzierung bzw. Förderung der Maßnahmenkosten bestehen.			
Hinweise			

Abbildung 47: Muster Maßnahmensteckbrief (TU Kaiserslautern, 2017)

7.2 Sektorale Teilziele

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Zielspannen für die Gesamtzielpfade
- ✓ Akteursbezogene sektorale Teilziele

Die Erreichung des Gesamtziels des Masterplans –THG-Reduktion um 95 % sowie Endenergieeinsparung um 50 % gegenüber dem Bezugsjahr 1990- erfolgt schrittweise (Tabelle 23 und Tabelle 24). Dementsprechend wurde für die beiden Ziele jeweils ein Zielkorridor auf Basis eines linearen und degressiven Zielpfads definiert (Abbildung 48 und Abbildung 49).

Tabelle 23: Zielkorridor des Gesamtzielpfads für die Reduktion des Gesamtendenergiebedarfs (TU Kaiserslautern, 2017)

Endenergiebedarf	1990	2015	2020	2025	2030	2040	2050
von (linear)	100%	94%	88%	81%	75%	63%	50%
bis (degressiv)	100%	94%	83%	73%	65%	55%	50%

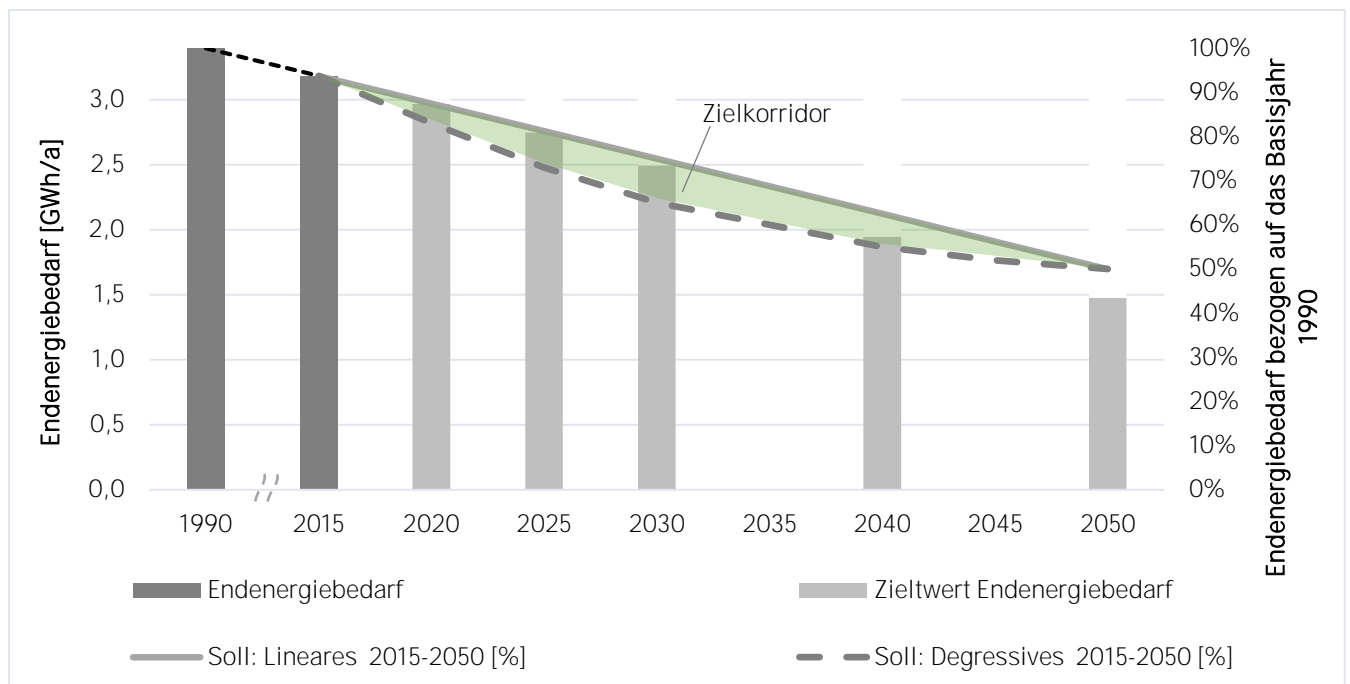


Abbildung 48: Gesamtzielpfad Endenergiebedarf (TU Kaiserslautern, 2017)

Aufgrund der komplexen Wirkungszusammenhänge kann das Gesamtziel nur unter Beteiligung aller Akteursgruppen erreicht werden. Aus diesem Grund wurden für die strategischen Handlungsfelder I bis III (Abschnitt 7.1) jeweils akteursbezogene sektorale Teilziele entwickelt. Das Handlungsfeld IV – Klimaneutraler Alltag steht in diesem Kontext außen vor, da die Einflussfaktoren auf die Reduktion der THG-Emissionen nur unter großer Unsicherheit abschätzbar sind. Gleichwohl ist die Umsetzung von Maßnahmen in diesem Handlungsfeld ebenso von Bedeutung für die Zielerreichung des Masterplans (Abschnitt 7.7 und Maßnahmenatlas).

Die sektorale Teilziele stellen akteursbezogene Zielpfade dar. Hierfür wurden entsprechende Maßnahmen entwickelt, die detailliert dem Maßnahmenatlas zu entnehmen sind. Bei Erstellung der Zielpfade wurde darauf Wert gelegt, dass wirtschaftliche Maßnahmen möglichst frühzeitig begonnen und abgeschlossen werden, während umfangreichere Maßnahmen (z.B. Gebäudemodernisierungen) als kontinuierlicher Prozess aufgenommen wurden.

Tabelle 24: Zielkorridor des Gesamtzielpfads für die Reduktion der THG-Emissionen (TU Kaiserslautern, 2017)

THG-Emissionen	1990	2015	2020	2025	2030	2040	2050
von (linear)	100%	73%	63%	53%	44%	24%	5%
bis (degressiv)	100%	73%	55%	40%	29%	14%	5%

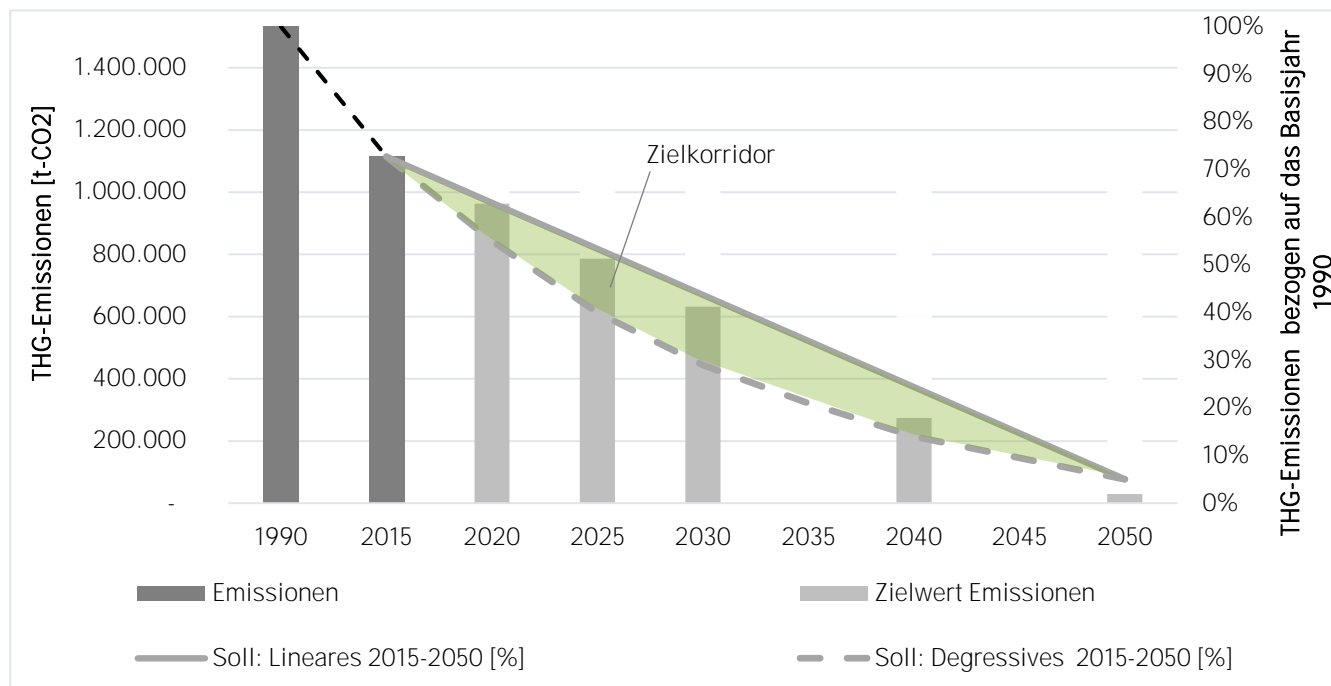


Abbildung 49: Gesamtzielpfad THG-Emissionen (TU Kaiserslautern, 2017)

Die aktorsbezogenen Zielpfade sind für die Endenergie in Tabelle 25 und für die THG-Emissionen in Tabelle 26 dargestellt. Die wichtigsten hierfür durchzuführenden Maßnahmen und die daraus resultierenden Kosten sind im Abschnitt 7.4 erläutert.

Tabelle 25: Aktorsbezogene Zielpfade 1990 bis 2050 im Bereich Endenergiebedarf (TU Kaiserslautern, 2017)

Jahr	Energieversorgung*	Private Haushalte	Industrie	GHD	Stadtverwaltung	Mobilität
2015	-	-7 %	-7 %	-7 %	-7 %	-
2020	-	-14 %	-13 %	-14 %	-18 %	-
2025	-	-21 %	-18 %	-20 %	-29 %	-
2030	-	-28 %	-23 %	-25 %	-36 %	-10 %
2040	-	-42 %	-31 %	-35 %	-46 %	-38 %
2050	-	-52 %	-33 %	-41 %	-51 %	-76 %

*: Endenergiebedarfe werden den Endverbrauchern zugerechnet; Endenergiebedarf für die Energieversorgung folglich nicht vorhanden

Tabelle 26: Akteursbezogene Zielpfade 1990 bis 2050 im Bereich THG-Einsparungen (TU Kaiserslautern, 2017)

Jahr	Energieversorgung*	Private Haushalte	Industrie	GHD	Stadtverwaltung	Mobilität
2015	-	-31	-31	-31	-31	-
2020	-3 %	-38 %	-37 %	-37 %	-44 %	-
2025	-6 %	-45 %	-44 %	-42 %	-57 %	-14 %
2030	-9 %	-53 %	-50 %	-46 %	-65 %	-20 %
2040	-16 %	-64 %	-58 %	-54 %	-76 %	-70 %
2050	-22 %	-73 %	-59 %	-58 %	-82 %	-98 %

*: Endenergiebedarfe und Emissionen werden bei den Verbrauchern bilanziert; die Energieversorgung besitzt deshalb keine Emissionen; durch die Bereitstellung von Energie durch EE können trotzdem Einsparungen erzielt werden; Einsparungen sind bezogen auf die Gesamtemissionen 1990

Da das Basisjahr 1990 aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht akteursbezogen bilanziert werden kann, werden die Gesamteinsparungen zwischen 1990 und 2015 auf die stationären Sektoren (PHH, Industrie, GHD und SV) aufgeteilt. So ergeben sich gleiche relative Einsparungen im Startjahr 2015 für die stationären Sektoren. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass jegliche bisher erreichten Effizienzsteigerungen im Bereich Mobilität durch ein steigendes Mobilitätsaufkommen kompensiert wurden und somit in diesem Handlungsfeld zwischen 1990 und 2015 keine Einsparungen erzielt wurden.

Weiterhin ist anzumerken, dass Umwandlungsverluste im Rahmen des Energieversorgungsystems durch angepasste THG-Emissionsfaktoren beim Endverbraucher berücksichtigt werden. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle nochmals hervorgehoben werden, dass Umwandlungsverluste sowohl bei EE-Anlagen als auch konventionellen Energieanlagen auftreten. Folglich leistet die Energieversorgung durch den Ausbau von EE-Anlagen einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele.

7.3 Handlungsfeld I – Energieversorgung

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Maßnahmen im Handlungsfeld Energieversorgung für Akteure Energieversorger, Flächeneigentümer und Stadt

Die Zielsetzung der fast vollständigen Reduktion von THG-Emissionen wirkt sich erheblich auf die Struktur der zukünftigen Energieversorgung und die darin verwendeten Energieträger und Anlagentypen aus. Das Handlungsfeld Energieversorgung ist daher von zentraler Bedeutung, denn zur Zielerreichung ist nicht weniger als ein umfassender Umbau der Energieversorgungsstruktur erforderlich – weg von überwiegend fossilen Energieträgern und den dazugehörigen Versorgungsanlagen und hin zu Erneuerbaren Energien. Für die konkrete Ausgestaltung solch einer THG-emissionsarmen Energieversorgung mit Strom, Wärme, Kälte und Mobilität sind in den Szenarienrechnungen in Kapitel 6 Lösungen aufgezeigt worden. Die resultierenden Ergebnisse für die Zusammensetzung der Energieversorgung werden in diesem Abschnitt in Maßnahmen überführt, die als Empfehlungen für ein konkretes Handeln der einzelnen Akteure dienen. Die Maßnahmen bauen auf den bereits erzielten Fortschritten und Erfolgen Kaiserslauterns auf.

Zentrale Akteure im Handlungsfeld der Energieversorgung sind klassischerweise die örtlichen Energieversorger. Aufgrund überwiegend dezentral zu installierender Anlagentypen wie Wärmepumpen, PV- oder Solarthermieanlagen spielen darüber hinaus zunehmend auch Gebäude- und Flächeneigentümer eine wichtige Rolle. Die Stadt kann den Prozess durch Information, Aufklärung und Motivation ebenfalls unterstützen. Darüber hinaus kommt ihr bei ihren

eigenen Liegenschaften, Anlagen und Fahrzeugen eine wichtige Vorbildfunktion zu. Im Rahmen ihrer kommunalen Hoheit kann sie zudem auch durch das Setzen rechtlicher Rahmenbedingungen Einfluss nehmen.

7.3.1 Ersatz Heizkraftwerksblöcke Karcherstraße

Die größte Einzelmaßnahme stellt der Ersatz der Kraftwerksblöcke der SWK in der Karcherstraße dar, der um das Jahr 2030 herum ansteht. Empfohlen wird der Einsatz von (bio-)gasbetriebenen Blockheizkraftwerken (BHKW) mit einer elektrischen Gesamtleistung von 26 MW und einer thermischen Leistung von 30 MW. Sie arbeiten in Kraft-Wärme-Kopplung und stellen gleichzeitig Strom und Fernwärme bereit.

Um möglichst geringe THG-Emissionen zu verursachen, ist spätestens 2050 ein Betrieb mit Biogas oder synthetischen Brennstoffen (Power-to-gas) erforderlich. Sofern nicht bereits 2030 Biogas als ausschließlicher Brennstoff eingesetzt wird, sollte dem Erdgas in der Übergangszeit bis 2050 ein stetig steigender Anteil an Biogas beigemischt werden.

Die mit dem Ersatz verbundenen Gesamtkosten liegen bei rd. 8,8 Mio. € (Barwert 2015). In der Angabe sind Investitionen sowie Betriebs- und Wartungskosten enthalten, jedoch keine Brennstoffkosten.

7.3.2 Optimierung Wärmenetze

Heutige Wärmenetze sind i.d.R. auf relativ hohe Temperaturen von z. B. 90°C im Vorlauf ausgelegt. Durch den verstärkten Einsatz von Niedertemperaturheizsystemen wie Flächenheizungen in Wohnungen sind diese hohen Temperaturen künftig nicht mehr erforderlich. Durch eine Absenkung des Temperaturniveaus lassen sich einerseits die Leitungsverluste im Netz reduzieren und zum anderen auch Wärme aus Technologien wie Wärmepumpen oder Solarthermie einbinden ("Grüne Fernwärme"). Für die künftige Nutzung des Fernwärmenetzes sollte daher eine Umstellung auf ein Niedertemperatursystem untersucht werden. Hierzu sind Bedarfsanalysen und konkrete Gespräche mit Großabnehmern erforderlich. Im Rahmen dieser Bedarfsanalyse kann auch ermittelt werden, ob sich, über die Anpassung hinaus, ein Ausbau des bestehenden Netzes lohnt. Zentraler Akteur bei dieser Maßnahme ist der Netzbetreiber SWK.

7.3.3 Ausbau Wärmespeichersysteme

Wärmespeicher bieten eine vergleichsweise kostengünstige Möglichkeit zur zeitlichen Entkopplung von Wärmeangebot und -nachfrage. In Verbindung mit Heizkraftwerken, Solarthermieanlagen und Wärmepumpen erlauben sie, erzeugte Wärme zeitverzögert zu nutzen. Akteure sind hier sowohl private Gebäudeeigentümer als auch Fernwärmenetzbetreiber.

7.3.4 Nutzung Tiefengeothermie

Zur genauen Potenzialabschätzung der Nutzung von Tiefengeothermie für die Fernwärmeeinspeisung liegen bisher keine geologischen Untersuchungen vor. Als Maßnahme wird deshalb die Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Tiefengeothermienutzung empfohlen. Als Akteure kommen hier vor allem der Fernwärmenetzbetreiber wie auch größere Industriebetriebe mit vom Temperaturniveau her passendem Wärmebedarf in Frage.

7.3.5 Repowering bestehender Windenergieanlagen

Die heutigen Anlagenstandorte auf dem Betriebsgelände der ZAK sollten auch nach dem Ende der wirtschaftlichen Nutzungsdauer der heutigen Anlagen genutzt werden. Ein Ersatz der Anlagen gegen neue, nach Möglichkeit leistungsstärkere, Turbinen steht etwa im Jahr 2034 an.

7.3.6 Errichtung von Kleinwindkraftanlagen im Stadtgebiet

Wie in Punkt 5.2 ausgeführt, können Kleinwindenergieanlagen nur einen sehr begrenzten Beitrag zur Stromversorgung in Kaiserslautern leisten. Trotzdem wird die Errichtung einer Kleinwindenergieanlage an einem geeigneten, geringinvasiven Standort im Stadtgebiet empfohlen, um die Bedeutung der Windenergie sichtbar zu machen. Grundsätzlich geeignet sind Anlagen mit 1 bis 10 kW elektrischer Nennleistung und einem Rotordurchmesser von <10 m. Da Kleinwindenergieanlagen bisher deutlich weniger erprobt sind als Großanlagen, hätte eine solche Maßnahme innovativen Charakter.

Die Anlage sollte von Seiten der Stadt initiiert werden und im Rahmen einer Bürgerbeteiligung der bestgeeignete Standort sowie eine ästhetisch erscheinende Bauform gewählt werden. Mit der Errichtung einer 10 kW-Anlage sind geschätzte Kosten von 48.000 € (Barwert 2015) verbunden. Es lassen sich etwa 8 MWh p.a. an Strom gewinnen.

7.3.7 Wiedererrichtung bzw. Neubau von Kleinwasserkraftanlagen

Im Rahmen der Potenzialerhebung in Punkt 5.3 wurde bereits auf zwei zur Wasserkraftnutzung geeignete Standorte hingewiesen: die Reicholdsmühle und den Auslauf der Kläranlage Kernstadt. An der ehemaligen Reicholdsmühle bestand bereits eine Wasserkraftnutzung. Hierauf aufbauend wird eine Reaktivierung empfohlen.

Am Standort an der Kläranlage fand bisher keine Wasserkraftnutzung statt. Sofern technisch und rechtlich möglich, sollte dieser ebenfalls aktiviert werden.

Aus beiden Anlagen zusammen lassen sich voraussichtlich fast 200 MWh/a an Strom gewinnen. Auch wenn dieser Beitrag gemessen am gesamten Strombedarf sehr gering ist, stellt die Maßnahme doch eine öffentlichkeitswirksame und ästhetische Möglichkeit der EE-Nutzung dar. Die mögliche THG-Einsparung beträgt etwa 100 t/a. Aufgrund der zu erwartenden langwierigen Genehmigungsverfahren sollte die Umsetzung nach Möglichkeit spätestens 2018 beginnen. Die Gesamtkosten belaufen sich auf etwa 74.000 € (Barwert 2015).

7.3.8 Ausbau PV-Freiflächenanlagen und PV-Anlagen auf Infrastrukturbauten

Flächen zur PB-Nutzung stellen das größte stadtinterne EE-Potenzial dar und bilden damit die wichtigste lokale Säule der künftigen Energieversorgung. Es stehen Freiflächen, Dachflächen und Flächen auf Infrastrukturbauten zur Verfügung.

Basierend auf den Ergebnissen aus den Szenarienrechnungen wird eine Belegung von rd. 77 % der Freiflächen mit einer gesamten installierten Leistung von 150 MW empfohlen. Als Akteure sind hier vor allem die Flächeneigentümer gefragt, aber auch Energieversorgungsunternehmen (EVU) und Planer kommen in Frage. Die Flächen bieten sich auch zur Nutzung durch Bürgergenossenschaften und ähnliche Beteiligungsmodelle an, wie sie in den Maßnahmen unter Punkt 7.3.11 aufgeführt sind.

Mit der genannten installierten Leistung lässt sich ein jährlicher Stromertrag von rd. 126 GWh erzielen. Ausgehend von einer gleichmäßigen Installation bis 2050 liegen die Gesamtkosten inklusive Anlagenersatz bei rd. 83 Mio. € (Barwert 2015).

Bei den Infrastrukturbauten muss das genaue Potenzial noch ermittelt werden. Dessen ungeachtet, erscheint eine installierte Leistung in der Größenordnung von 5 MW mit einem Jahresstromertrag von 4,2 GWh möglich. Die Kosten belaufen sich auf rd. 3,3 Mio. € (Barwert 2015). Die Potenzialhebung liegt vor allem in Händen der Stadt.

Ein Großteil der in Kapitel 6 errechneten Installationen an PV-Anlagen liegt auf Dachflächen. Je nach Gebäudeeigentümer wird deren Nutzung in folgenden Abschnitten in den jeweiligen Handlungsfeldern beschrieben.

7.3.9 Ausbau Stromspeichersysteme

Batterien erlauben als elektrische Energiespeicher die zeitliche Entkopplung von Stromangebot und -nutzung. Vor allem in Verbindung mit Photovoltaikanlagen, die einen ausgeprägten Tagesgang des Stromertrags aufweisen, ermöglichen sie die Erhöhung der Eigenstromnutzung. Sie lohnen sich daher bereits zunehmend für kleine PV-Anlagen auf Wohngebäuden. Sie gehören deshalb vor allem ins Handlungsfeld private Haushalte. Gleichzeitig trägt ihr Einsatz

zu einer Entlastung der örtlichen Stromnetze bei und steigert damit die Netzstabilität, weshalb zukünftig auch Energieversorger ein Interesse an deren Einsatz haben dürften.

Aufgrund der zu erwartenden Entwicklung auch im Bereich der E-Mobilität, ist von weiter sinkenden Preisen für Batteriespeicher auszugehen, sodass sich die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme zukünftig noch verbessert.

7.3.10 Ausbau des Solarkatasters

Kaiserslautern verfügt bereits über ein online zugängliches Solarkataster, in dem die Eignung von Dachflächen für die Solarenergienutzung ausgewiesen ist. Diese Maßnahme zielt darauf ab, das Kataster zu aktualisieren, zu verbessern und auszubauen, indem z.B. wichtige Angaben wie Größe und Neigung der Fläche sowie installierbare Leistung und zu erwartender Energieertrag ergänzt werden. Darüber hinaus sind die Flächeneigentümer hinterlegt. Aus Datenschutzgründen können Investoren per Chiffre online bei den Eigentümern anfragen. Parallel können Flächeneigentümer ihre Flächen an einer Börse anbieten. Die Stadtverwaltung stellt auf der Plattform außerdem Informationen für Eigentümer und Investoren bereit. Dies können Informationsmaterialien wie Leitfäden sein, aber **auch Planungshilfen zum Genehmigungsverfahren sowie „Solarsprechstunden“ bei der Verwaltung oder der Verbraucherzentrale**, zu denen online Termine vereinbart werden können. Die Gesamtkosten werden auf 13.000 € geschätzt (Barwert 2015), wobei dieser Wert stark vom Umfang der Ergänzungen abhängt.

7.3.11 Bürgerbeteiligung: "Sonnenscheine für KL" und Bürgerenergiegenossenschaft

Neben institutionellen Investoren wie EVU sollte, im Sinne einer gesellschaftlichen Teilhabe, auch die Bevölkerung am Umbau des Energiesystems und dem damit verbundenen Ausbau der Erneuerbaren Energien beteiligt werden. Dies wird von Seiten der Stadt wie auch der SWK durch Bürgerbeteiligungsmodelle unterstützt.

Private Investitionen in den EE-Ausbau lassen sich vor allem durch Information, Aufklärung und Motivation fördern. Eine städtische Maßnahme in diesem Rahmen ist die Unterstützung von bestehenden und bei Bedarf neuen Bürgerenergiegenossenschaften in Kaiserslautern. Vor allem sollen bestehende Initiativen so unterstützt werden, dass sie nachhaltig relevante Beiträge zur Förderung Erneuerbarer Energien leisten können. Dazu sind im Vorfeld Umfragen zum bürgerschaftlichen Interesse und Analysen zu eventuellen Hemmnissen und rechtlichen Rahmenbedingungen durchzuführen.

Die Genossenschaften können sich, wie Haushalte und Unternehmen, um Mittel aus dem KLimaschutzfonds bewerben. Der Klimaschutzmanager oder die Energieagentur stellt eine Liste der Beteiligungsmodelle zur Verfügung, die durch Mitteilungen der Akteure fortlaufend aktualisiert wird (vgl. Maßnahmen Handlungsfeld Stadtverwaltung).

Ergänzend bietet SWK auf privatwirtschaftlicher Basis das Beteiligungsmodell „Sonnenscheine für KL“ an, das der interessierten Bevölkerung offensteht.

Durch die zwei sich ergänzenden Ansätze kann die Bevölkerung zwischen verschiedenen Anbietern und Beteiligungsmodellen wählen. Auf diese Weise werden unterschiedliche Zielgruppen für lokale Investitionen erreicht.

7.3.12 Abwärmennutzung aus Abwasser

Die städtischen Abwässer stellen ein ganzjährig verfügbares und in ihrer Temperatur relativ konstantes Abwärmepotenzial dar, das sich durch den Einsatz von Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen nutzen lässt.

Die Kaiserslauterner Stadtentwässerung beschäftigt sich bereits seit 2008 mit dem Thema, wobei grundlegende Fragen zur wirtschaftlich und technisch erschließbaren Abwassermenge, zur Integration der Wärmeüberträger in die bestehenden Kanäle oder zu geeigneten Gebieten und Abnehmern noch offen sind. Um die Fragen abschließend zu klären, ist eine gezielte Machbarkeitsstudie erforderlich, die im Rahmen dieser Maßnahme durchgeführt werden soll. Die Kosten für die Stadt als treibendem Akteur werden auf rd. 18.000 € angesetzt (Barwert 2015).

7.3.13 Errichtung von Klein-BHKW in MFH und Einsatz mobiles BHKW

Der Austausch älterer, insbesondere ölgefeuerter Heizkessel durch Klein-BHKW senkt die spezifischen THG-Emissionen für die Strom- und Wärmebereitstellung maßgeblich. BHKW stellen damit eine gute Übergangslösung auf dem Weg zu einer auf erneuerbaren Energien beruhenden THG-armen Energieversorgung dar.

Gemäß dem Klimaschutzkonzept der Stadt Kaiserslautern ist geplant, bis 2020 zehn gasgefeuerte BHKW in Mehrfamilienhäusern oder bei anderen mittelgroßen Abnehmern aufzustellen (Stadtverwaltung KL 2013). Für die BHKW ist eine Nutzleistung von rd. 145 kW vorgesehen, die sich aus 50 kW elektrischer und 95 kW thermischer Leistung zusammensetzen. Für die erfolgreiche Umsetzung der Maßnahme ist sowohl Informations- und Aufklärungsarbeit der Stadt als auch Initiative von Akteuren aus der privaten Energiewirtschaft erforderlich. Die Gesamtkosten der Maßnahme werden mit insgesamt etwa 700.000 € angenommen (Barwert 2015).

Als zweite Maßnahme im Bereich kleiner BHKW ist der Einsatz einer mobilen Einrichtung denkbar, die zwei geeignete Standorte, zum Beispiel ein Schwimmbad im Sommer und ein Verwaltungsgebäude oder eine Schule im Winter mit Wärme versorgt. Das Projekt wurde bereits diskutiert und bis auf weiteres aufgeschoben. Es besteht Interesse seitens Stadtverwaltung und SWK.

Um die Umsetzbarkeit zu untersuchen, soll eine Machbarkeitsstudie für den Einsatz von gasgefeuerten mobilen BHKW in Kaiserslautern durchgeführt werden. Diese beinhaltet die Auswahl geeigneter Aufstellstandorte und optimale BHKW-Größe. Bei Einsatz der gleichen Leistungsklasse wie bei der zuvor genannten Maßnahme ergeben sich Gesamtkosten von etwa 66.000 € (Barwert 2015). Aufgrund der erforderlichen Mobilität werden mindestens 50 % höhere spezifische Kosten angenommen als bei stationärer Anwendung.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Prüfung und Priorisierung der Maßnahmen seitens der Akteure
- ✓ Weitere Ausgestaltung der ausgewählten Maßnahmen
- ✓ Umsetzung der ausgewählten Maßnahmen

7.4 Handlungsfeld II – Gebäude, Quartiere & Technik

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Darstellung Zielpfad im Handlungsfeld GQT für die unterschiedlichen Akteursgruppen
- ✓ Beschreibung der zentralen Maßnahmen des Handlungsfelds GQT für die unterschiedlichen Akteursgruppen
- ✓ Kostenplan A-Maßnahmen je Akteursgruppe

7.4.1 Akteursgruppe: Private Haushalte

Im Jahr 2015 lag der Gesamtenergiebedarf der Privaten Haushalte in Kaiserslautern bei 1.121 GWh/a. Dies stellt 35 % des städtischen Gesamtendenergiebedarfs dar. Im Bereich der Privaten Haushalte kann durch Realisierung der akteursspezifischen Maßnahmen 542 GWh/a eingespart werden (Tabelle 27). Durch die sinkenden Bevölkerungszahlen des Trendszenarios wird der Endenergiebedarf voraussichtlich um weitere 127 GWh/a bis zum Jahr 2050 abnehmen. Damit ergibt sich ein erwarteter Bedarf für die Privaten Haushalte für 2050 von 452 GWh/a. Durch die Umsetzung der Maßnahmen ergibt sich weiterhin eine Einsparung von 208.536 t-THG/a.

Tabelle 27: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe Private Haushalte im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

Private Haushalte	THG-Emissionen (Gesamt)		Endenergiebedarf (Gesamt)	
	[t-THG/a]		[GWh/a]	
2015	345.021		1.121	
Jahr	THG-Einsparungen (Gesamt)		Endenergieeinsparung (Gesamt)	
	[t-THG/a]	[%] ²⁵	[GWh/a]	[%] ²⁵
2020	34.190	10	83	7
2025	70.461	20	166	15
2030	109.282	32	253	23
2040	167.177	48	417	37
2050	208.536	60	542	48

Der Hauptschwerpunkt des Endenergiebedarfs im Bereich der Privaten Haushalte liegt gegenwärtig auf der Bereitstellung von Raumwärme. Daher muss, um langfristig THG- und Endenergieeinsparungen im Bereich der privaten Haushalte zu erreichen, die energetische Gebäudemodernisierung Priorität haben.

Über zwei Drittel der Wohngebäude in Kaiserslautern wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 errichtet. Die energetische Qualität der thermischen Gebäudehülle dieser Gebäude entspricht nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Für Bestandsgebäude mit einem spezifischen Endenergiebedarf über 125 kWh/m² K wird eine energetische Modernisierung der thermischen Gebäudehülle empfohlen. Je nach Gebäude können hierbei unterschiedliche energetische Modernisierungsmaßnahmen (Dämmung Fassaden, Austausch Fenster, Dämmung Dach, etc.) wirtschaftlich sinnvoll sein. Ökologische Aspekte und die Nachhaltigkeit der eingesetzten Materialien sollten insbesondere bei Dämmmaßnahmen unbedingt beachtet werden. Wichtig ist dabei vor allem, dass die einzelnen Modernisierungsmaßnahmen aufeinander abgestimmt werden und eine möglichst umfassende energetische Modernisierung des jeweiligen Gebäudes erreicht wird. Dabei ist zu beachten, dass die energetische Modernisierung der thermischen Gebäudehülle häufig einigen Restriktionen unterliegt. Diese können u.a. aus unter Denkmalschutzanforderungen sowie geometrischen Einschränkungen bei der Überdämmung von Gehwegen, Hofdurchfahrten oder zu niedrigen Kellerdecken bestehen. Die Restriktionen führen dazu, dass nicht alle Bestandsgebäude auf den höchstmöglichen Wärmeschutzstandard modernisiert werden können. Aus diesem Grund wird im Masterplan eine moderat energetische Modernisierung der Bestandsgebäude vorgeschlagen, die einerseits das Erreichen der Endenergieziele ermöglicht und andererseits Widerstand bei Gebäudeeigentümern vermeidet. Alle Wohngebäude sollten die in Tabelle 42 (im Anhang 14.4) vorgestellten Grenzwerte für den Heizwärmebedarf bis 2050 unterschreiten. Der bestehende Restwärmebedarf der Gebäude sollte im Jahr 2050 möglich effizient unter Ausnutzung von erneuerbarer Energien bereitgestellt werden.

Der Fokus der energetischen Modernisierungstätigkeit im Gebäudebestand lag in den letzten Jahrzehnten überwiegend auf Einzelgebäuden. Zukünftig wird jedoch das Quartier als Handlungsebene für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen verstärkt in den Blickpunkt geraten. Dadurch können umfassende, lokal angepasste und integrierte Maßnahmenpakete entwickelt und umgesetzt werden. Zahlreiche energetische Maßnahmen im Gebäudebereich weisen einen Quartiersbezug auf:

- Neueinführung oder Erweiterung von Wärmenetzen
- Umstellung der Wärmenetze auf regenerative Energien,
- Akteursvernetzung zwischen Gebäudeeigentümern und Energieversorgern
- Beteiligung mehrerer Eigentümer an Blockheizkraftwerken

Erste Erfahrungen mit energetischen Quartierskonzepten liegen in Kaiserslautern bereits vor. So wurde im Jahr 2015 durch die Technische Universität Kaiserslautern ein energetisches Quartierskonzept für das Quartier Bahnheim entwickelt, welches sich derzeit in der Umsetzungsphase befindet.

²⁵ Prozentwerte bezogen auf 2015, Einbettung Gesamtzielpfad 1990 bis 2050 in Abschnitt 7.6.

Durch energetische Modernisierung des Wohngebäudebestands in Kaiserslautern können bis zum Jahr 2050 Endenergieeinsparungen in Höhe von 214 GWh/a erzielt werden (siehe Maßnahme 1.1 (a) und 1.1 (b) im Maßnahmenatlas). Mit der aktuellen Modernisierungsrate ist diese Zielsetzung nur bedingt zu erreichen. Erforderlich ist vielmehr eine deutliche Steigerung der Modernisierungsrate von derzeit 0,8 %/a (bezogen auf die äquivalente Vollsanierung) auf 1,8 %/a in den nächsten Jahren. Ein breiter Mix unterschiedlicher Instrumente und Strategien ist hierzu erforderlich. Es wird empfohlen, dass die interne Koordinierungsrunde Klimaschutz der Stadtverwaltung Kaiserslautern regelmäßig auch das Thema Gebäudemodernisierung behandelt und gezielt weitere Maßnahmen zur Steigerung der Modernisierungsrate entwickelt. Ein Ansatzpunkt könnte eine konsequente Förderung energetischer Modernisierungsmaßnahmen bei Modernisierungsanlässen im Rahmen der Städtebauförderung sein. Modernisierungsanlässe ergeben sich z.B. bei Eigentumsübertragung, beim Thema altersgerechter Umbau oder im Rahmen ohnehin durchzuführender Instandhaltungsmaßnahmen. Hier muss mit speziellen Informations- und Beratungsangeboten gezielt angesetzt werden, sodass Gebäudeeigentümer durch abgestimmte Förderprogramme zu energetischen Modernisierungsmaßnahmen bewegt werden.

Neben den Bestandsgebäuden wird auch die energetische Qualität von Wohngebäude-Neubauten entscheidenden Einfluss auf die Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Privaten Haushalte haben. Mit der Umsetzung der EU-Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden werden die gesetzlichen Anforderungen an Neubauten weiter steigen. Die EU-Richtlinie sieht vor, dass ab dem Jahr 2021 innerhalb **der EU nur noch „nearly zero energy buildings“** errichtet werden dürfen. Die genauen gesetzlichen **Anforderungen an ein „nearly zero energy building“** befinden sich in Deutschland mit dem Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) derzeit noch in Erarbeitung. Im Rahmen des Masterplans wird davon ausgegangen, dass sich die gesetzlichen Anforderungen an die thermische Gebäudehülle von Neubauten an den Anforderungen für ein KfW-Effizienzhaus 40 orientieren werden.

Neben den bereits beschriebenen Maßnahmen wurden weitere zentrale Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Privaten Haushalte identifiziert. Zusammenfassend sind diese in Tabelle 28 dargestellt.

Der Schwerpunkt der Maßnahmen liegt auf der Reduzierung des Strombedarfs der Privaten Haushalte, der Optimierung der Gebäudeanlagentechnik sowie dem EE-Ausbau zur Wärme- und Stromversorgung im Wohngebäudebereich. Mittels der dargestellten Maßnahmen können bis 2050 Endenergieeinsparungen von 328 GWh/a und THG-Einsparungen in Höhe von 153.100 t-THG/a erzielt werden. Weitergehende Information sind dem Maßnahmenatlas zu entnehmen.

Tabelle 28: Zentrale technische Maßnahmen für Akteursgruppe Private Haushalte im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

Nummer	Maßnahmentitel	Umsetzungszeitraum	Endenergieeinsparung (2050) GWh/a	THG-Einsparung (2050) t-THG/ a
1.2	Errichtung von Neubauten als Niedrigstenergiegebäude	2015-2050	227	59.100
2.1	Modernisierung Heizungssystem	2015-2050	40	10.500
2.2	Optimierung Beleuchtungstechnik	2015-2025	5	3.200
2.3	Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung (Solarthermie)	2015-2050	-	14.700
2.5	Ausbau PV-Anlagen auf Wohngebäuden (Dach/Fassade)	2015-2050	-	43.600
2.8	Einsatz Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung	2015-2050	35	9.000
3.2	Einsatz von Green IT	2015-2025	8	4.700
3.3	Einsatz energieeffizienter Haushaltsgeräte	2015-2025	13	7.900

Abbildung 50 zeigt den Kostenplan zur Realisierung der im Bereich der Privaten Haushalte identifizierten A-Maßnahmen. Kumuliert sind die jährlichen Investitionskosten für die jeweiligen Einzelmaßnahmen sowie maßnahmenübergreifend die jährlichen Gesamtfolgekosten dargestellt.

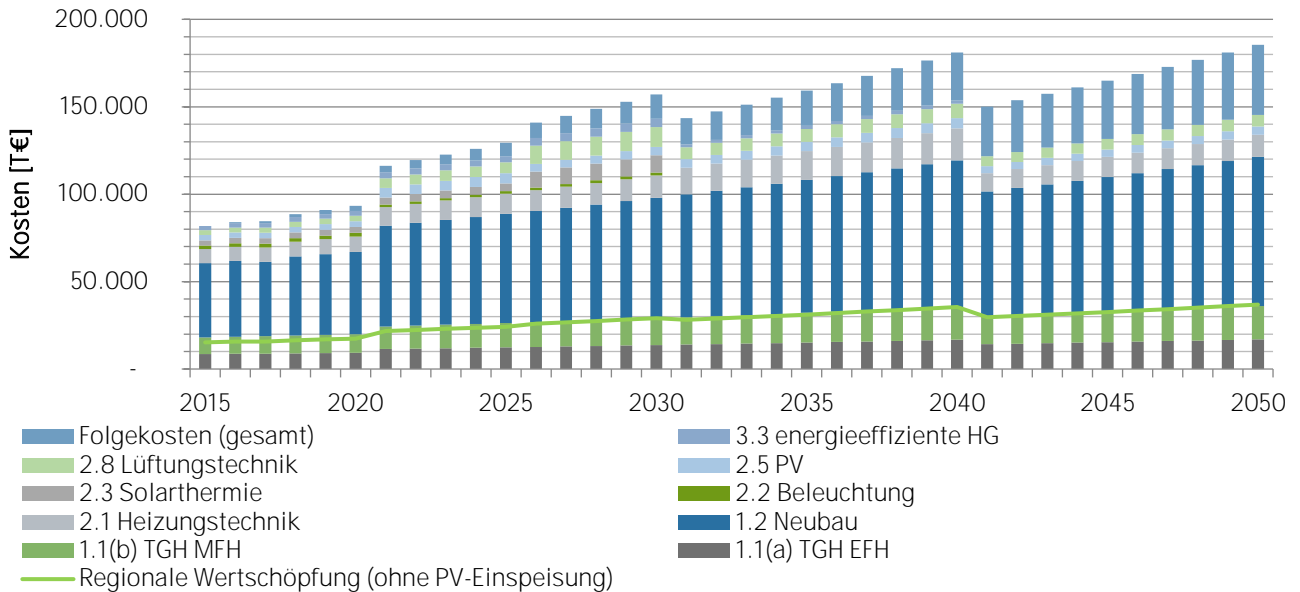


Abbildung 50: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe Private Haushalte im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

Die Jährlichen Gesamtinvestitionskosten zur Umsetzung der identifizierten A-Maßnahmen liegen zwischen 82.220 und 156.000 T€/a. Ein Großteil hiervon entfällt auf die Errichtung von Neubauten als Niedrigstenergiegebäude. Sie stellen 48 bis 59 % der jährlichen Investitionskosten im Bereich der Privaten Haushalte dar. Die Investitionskosten zur energetischen Gebäudemodernisierung des Wohngebäudebestands, die sich ebenfalls über den gesamten Betrachtungszeitraum erstrecken, sind deutlich geringer. Sie werden zwischen 18.013 und 36.024 T€/a betragen.

Im Rahmen der Zielpfadfestlegung wurde im Bereich der Privaten Haushalte angenommen, dass die Modernisierungsrate erst ab dem Jahr 2020 durch vermehrte Öffentlichkeitsarbeit und zusätzliche Förderungen signifikant steigt. Darüber hinaus werden Neubauten im Bereich der Privaten Haushalte erst ab diesem Zeitpunkt verpflichtend als „nearly zero energy buildings“ ausgeführt werden müssen. Im Jahr 2020 tritt daher ein sprunghafter Anstieg der Investitionskosten in Abbildung 50 auf. Ab dem Jahr 2040 wird mit einem deutlichen Rückgang der Neubauaktivitäten im Bereich der Privaten Haushalte in Kaiserslautern gerechnet. Auch wird angenommen, dass der überwiegende Teil des Gebäudebestands bis zu diesem Zeitpunkt energetisch modernisiert worden ist. Die Investitionskosten nehmen daher für die Maßnahmen 1.1, 1.2 und 2.1 im Jahr 2040 signifikant ab.

Nach Umsetzung der jeweiligen Einzelmaßnahme fallen Folgekosten an. Sie nehmen aufgrund der zunehmenden Umsetzung der Maßnahmen im Zeitverlauf stetig zu. Im Jahr 2050 werden die Folgekosten bezogen auf die Gesamtheit der umgesetzten Maßnahmen bei 38.703 T€/a liegen.

Investitionen Privater Haushalte in Energieeffizienzmaßnahmen lösen Umsätze aus, von denen eine Vielzahl lokaler Akteure profitieren kann. Von der Planung über die Gewerke für die Umsetzung bis hin zu den Installations- und Wartungsarbeiten kann ein Gros der Wertschöpfung in der Stadt bleiben. Das Regionale Wertschöpfungspotenzial durch Maßnahmen im Bereich der Privaten Haushalte liegt bei 15.173 bis 36.590 T€/a.

7.4.2 Akteursgruppe: Industrie

Der Endenergiebedarf der Industrie in Kaiserslautern lag 2015 bei 952 GWh/a. Der überwiegende Teil der Endenergie wurde dabei zur Bereitstellung von Prozesswärme und zum Betrieb elektrischer Antriebe eingesetzt. Bis 2050 soll der Endenergiebedarf der Industrie gegenüber dem Startjahr 2015 um 27 % sinken. Der Ausstoß an THG-Emissionen kann durch die Umsetzung der identifizierten Maßnahmen im selben Zeitraum um 157.700 t-THG/a gesenkt werden (Tabelle 29). Dies stellt eine Reduzierung der THG-Emissionen um 41 % dar. Um die Klimaschutzziele des Masterplans im Bereich Industrie erreichen zu können, sind umfassende Energieeffizienzmaßnahmen in Industrieunternehmen durchzuführen.

Tabelle 29: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe Industrie im Handlungsfeld GOT (TU Kaiserslautern, 2017)

Industrie	THG-Emissionen (Gesamt)		Endenergiebedarf (Gesamt)	
	[t-THG/a]		[GWh/a]	
2015	383.129		952	
Jahr	THG-Einsparungen (Gesamt)		Endenergieeinsparung (Gesamt)	
	[t-THG/a]	[%] ²⁶	[GWh/a]	[%] ²⁶
2020	35.326	9	56	6
2025	71.164	19	113	12
2030	104.093	27	165	17
2040	149.455	39	239	25
2050	157.664	41	259	27

Viele Unternehmen in Kaiserslautern haben bereits begonnen, ihre Prozesse energieeffizienter zu gestalten und sich dadurch auch wirtschaftliche Vorteile zu erarbeiten. Dennoch bestehen weiterhin vielfältige Effizienzpotenziale.²⁷ In der Industrie bietet vor allem die effizientere Erzeugung bzw. Nutzung der in der Produktion eingesetzten Prozesswärme ein großes Einsparungspotenzial (siehe Maßnahme 2.1 im Maßnahmenatlas). Fast jedes Industrieunternehmen ist für den Betrieb von Trocknungsanlagen auf die Versorgung mit Prozesswärme angewiesen. Rd. 40 % des industriellen Wärmebedarfs wird durch Kesselanlagen zur Dampf- und Heißwassererzeugung bereitgestellt. Industrieunternehmen können durch energetische Modernisierung ihrer Wärmeversorgungssysteme Energieeinsparungen von durchschnittlich 15 % erzielen. Je nach Anforderung des Unternehmens sind unterschiedliche bedarfsgerechte Modernisierungsvarianten denkbar: Einsatz Brennwertkessel, Umstellung auf Pelletheizung zur Deckung der Raumwärme, Umstellung auf Brennstoffzellenheizsysteme, Umstellung Wärmeversorgung auf Wärmepumpen.

Eine weitere Maßnahme im Bereich der Prozesswärme stellt die verstärkte Nutzung der innerhalb der Produktionsprozesse anfallenden Abwärme dar (siehe Maßnahme 3.1 im Maßnahmenatlas). Ein Großteil der anfallenden Abwärme wird heute noch ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Für die erfolgreiche Reintegration industrieller Abwärme innerhalb der Unternehmen sind eine große Bandbreite an Energieeffizienztechnologien am Markt verfügbar (Abschnitt 5.8), die bisher nur in begrenztem Umfang Anwendung findet.

Neben der internen Nutzung von Abwärme ist auch eine Abgabe an Dritte über ein Nahwärmenetz möglich, z.B. an benachbarte Unternehmen. Hierdurch können Erlöse erwirtschaftet werden.

Eine weitere zentrale Maßnahme für Endenergieeinsparungen innerhalb der Industrieunternehmen besteht in der systematischen Optimierung stromverbrauchender Querschnittstechnologien wie Elektromotoren, Druckluft-, Lüftungs- und Pumpensystemen (siehe Maßnahmen im Maßnahmenatlas). So werden gemäß Trendszenario etwa 70 % des in lokalen Industrieunternehmen eingesetzten Stroms für den Betrieb dieser Querschnittstechnologien eingesetzt. Durch Einsatz energieeffizienter Komponenten sowie einer optimierten Betriebsweise lassen sich Endenergieeinsparungen zwischen 20 und 30 % erzielen. Insgesamt werden bis zum Jahr 2050 so rd. 113 GWh/a an Endenergie eingespart werden können.

Anders als im Bereich der Privaten Haushalte spielt der Endenergiebedarf zur Raumheizung in Industrieunternehmen eine untergeordnete Rolle. Auch in diesem Bereich können jedoch durch energetische Gebäudemodernisierung erhebliche Einsparungen an THG-Emissionen und Endenergie erzielt werden. Der überwiegende Teil der vorhandenen

²⁶ Prozentwerte bezogen auf 2015, Einbettung Gesamtzielpfad 1990 bis 2050 in Abschnitt 7.6.

²⁷ Oft sind bestehende Effizienzpotenziale in Unternehmen hinreichend erfasst, doch es fehlt an Anreizen zu deren Ausschöpfung. Energieeffizienzmaßnahmen stehen mit anderen Investitionen im unternehmensinternen Wettbewerb. Oftmals werden Investitionen vorgezogen, die das Kerngeschäft des Unternehmens betreffen. Zum anderen werden derzeit häufig nur Investitionen mit hinreichend kurzen Amortisationszeiten (i.d.R. <2 Jahre) getätigt. Dies führt vielfach dazu, dass realisierbare Maßnahmen trotz einer möglichen positiven Verzinsung des eingesetzten Kapitals nicht umgesetzt werden. Hier können neue Finanzierungsformen Impulse setzen (Punkt 8.3.2).

Industriegebäude (Werkhallen, etc.) wurde vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 errichtet. Die energetische Qualität der thermischen Gebäudehülle dieser Gebäude, die sich zum Großteil noch im Urzustand befinden, ist aus heutiger Sicht unzureichend. Typische spezifische Endenergiebedarfe liegen zwischen 120 und 180 kWh/m²a. Eine umfassende Modernisierung der thermischen Gebäudehülle ist notwendig. Folgende Maßnahmen zur energetischen Modernisierung der Gebäudehülle sollten durchgeführt werden: Dämmung Fassade, Modernisierung Fenster sowie Dämmung des Dachs. Insgesamt lassen sich durch energetische Gebäudemodernisierung der Industriegebäude Endenergieeinsparung von 36 GWh/a erzielen.

Zukünftig wird wie für Private Haushalte auch für Unternehmen das Quartier als Handlungsebene für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen verstärkt in den Blickpunkt geraten. Gewerbegebiete bieten hierfür ein hohes Potenzial, da große Energiebedarfe und -überschüsse häufig direkt in räumlicher Nähe vorhanden sind. Synergien können genutzt werden, um die energetische Gesamteffizienz des Quartiers zu steigern. Oft stehen Unternehmen in einem Gewerbegebiet im Hinblick auf Verbrauch und Bereitstellung von Energie vor ähnlichen Problemen und Herausforderungen. Die individuellen Möglichkeiten bei der Durchführung von Effizienzmaßnahmen und dem Einsatz energieeffizienter Erzeugungsanlagen sind hingegen oft beschränkt. Künftig soll die Entwicklung unternehmensübergreifender Energiekonzepte in Gewerbegebieten verstärkt vorangetrieben werden, um die Gesamteffizienz der Quartiere zu erhöhen. Ein erstes geeignetes Quartier ist das Gewerbegebiet Einsiedlerhof, in dem ein Austausch zwischen Unternehmen schon initiiert wurde.

Neben den vorgestellten A- Maßnahmen wurden weitere zentrale Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich Industrie identifiziert (Tabelle 30). Weitergehende Information zu den einzelnen Maßnahmen sind dem Maßnahmenatlas zu entnehmen.

Tabelle 30: Zentrale technische Maßnahmen für Akteursgruppe Industrie im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

Nummer	Maßnahmentitel	Umsetzungszeitraum	Endenergieeinsparung (2050) GWh/a	THG-Einsparung (2050) t-THG/ a
2.2	Optimierung Beleuchtungstechnik	2015-2025	10	5.800
2.3	Nutzung erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung (Solarthermie)	2015-2050	-	11.500
2.5	Ausbau PV-Anlagen: auf Industriebaldachern	2015-2050	-	12.700
3.2	Einsatz von Green IT	2015-2025	17	10.000

Um eine dauerhafte Steigerung der Energieeffizienz in den Industrieunternehmen zu erreichen sollten die Industrieunternehmen in Kaiserslautern seitens des Masterplanmanagers verstärkt zur Teilnahme an Energieeffizienz-Netzwerken motiviert werden. Innerhalb von Energieeffizienz-Netzwerke arbeiten i.d.R. mehrere Unternehmen unterschiedlicher Branchen zusammen, um gemeinsam Effizienzverbesserungen zu erzielen. Das primäre Ziel besteht darin, in der Startphase rentable Energieeffizienzpotenziale zu identifizieren, die während der Laufzeit umgesetzt werden. Eine beschleunigte Umsetzung der Maßnahmen entsteht durch einen regelmäßigen moderierten Erfahrungsaustausch zwischen den Unternehmen mit jeweils einer Betriebsbesichtigung, wobei die Teilnehmer voneinander lernen und sich gegenseitig motivieren (auch durch ein gemeinsames mehrjähriges Netzwerkziel und ein jährliches Monitoring der Einsparerfolge). Die Netzwerke sollten möglichst branchen- oder standortbezogen sein, um den effektiven Austausch der Unternehmen untereinander zu verstärken.

Abbildung 51 zeigt den Kostenplan zur Realisierung der für den Bereich Industrie identifizierten Maßnahmen. Je nach Maßnahmen fallen unterschiedlich hohe Investitions- und Folgekosten über den Betrachtungszeitraum an. Die jährlichen Gesamtinvestitionskosten zur Realisierung der Maßnahmen liegen zwischen 5.024 und 12.252 €/a. Bis 2050 entfällt der überwiegende Teil der jährlich anfallenden Investitionskosten auf die energetische Gebäudemodernisierung der bestehenden Industriegebäude. Etwa 45 % der jährlich anfallenden Investitionskosten werden zur energetischen Modernisierung der bestehenden Industriegebäude aufgewendet werden müssen.

Neben der energetischen Gebäudemodernisierung der bestehenden Industriegebäude auch fallen hohe Investitionskosten für den Ausbau von PV-Anlagen auf Industriebaldachern sowie zur Optimierung der strombasierten Querschnittstechnologien innerhalb der Industrieunternehmen an. Diese liegen über den Betrachtungszeitraum für

den Ausbau von PV-Anlagen bei 833 und 2.026 T€/a und für die Optimierung der strombasierten Querschnittstechnologien bei 686 und 1.346 T€/a.

Nach Umsetzung der jeweiligen Einzelmaßnahmen fallen Folgekosten an. Sie nehmen mit der Betrachtungszeit aufgrund der zunehmenden Umsetzung der Maßnahmen stetig zu. Im Jahr 2050 werden die Folgekosten bezogen auf die Gesamtheit der umgesetzten Maßnahmen **5.467 T€/a betragen**.

Durch die Umsetzung der Maßnahmen im Bereich Industrie werden regionale Wertschöpfungseffekte ausgelöst (Abschnitt 8.4). Das jährliche, regionale Wertschöpfungspotenzial für den Bereich Industrie ist in Abbildung 51 als grüne Linie dargestellt. Dieses liegt in einer Spanne von 538 bis 1.249 T€/a.

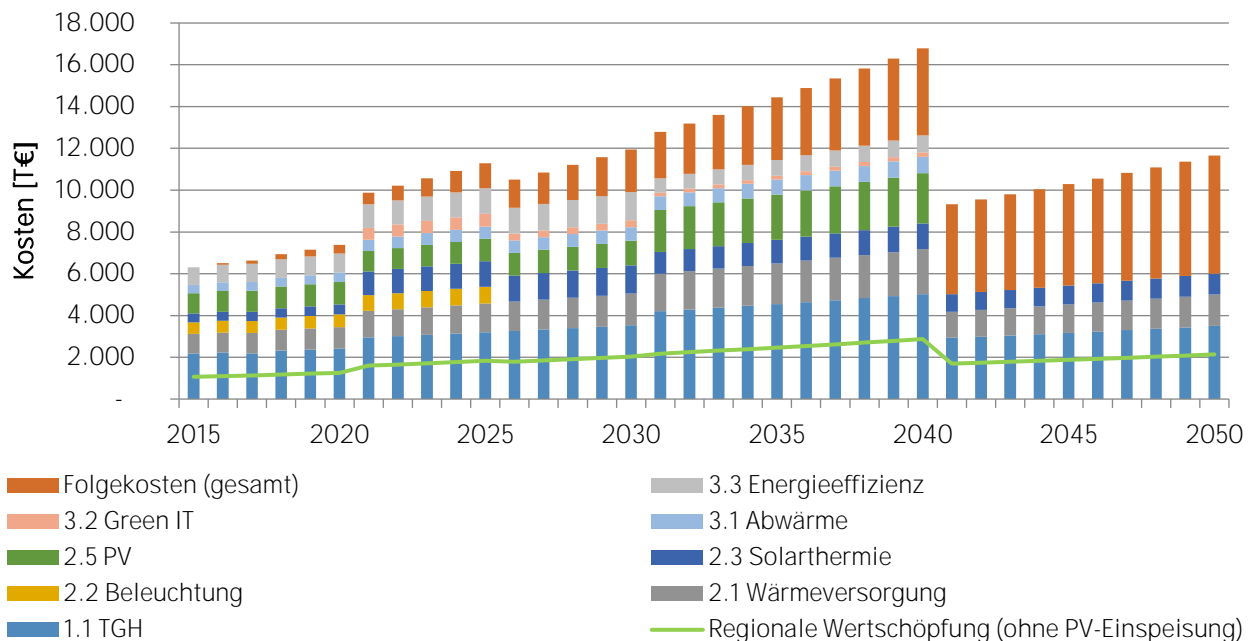


Abbildung 51: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe Industrie im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

7.4.3 Akteursgruppe: Gewerbe, Handel, Dienstleistung

Die Akteursgruppe GHD ist wesentlich homogener und in der Anzahl der Beschäftigten größer als die Gruppe Industrie. Der Zielpfad für das Jahr 2050 ist verglichen mit den Zielpfaden der Privaten Haushalte und der Stadtverwaltung moderat (Tabelle 31), und die inbegriffenen Maßnahmen bieten mehr Chancen als Risiken. Durch die große Anzahl von Gebäuden in dieser Gruppe sind die Endenergieeinsparungspotenziale durch Gebäudemodernisierungen entsprechend hoch. Daneben bieten jegliche Effizienzmaßnahmen bei elektrischen Verbrauchern ein weiteres großes Potenzial, das durch den steigenden Einsatz von IKT und anderen elektrisch angetriebenen Geräten stetig wächst.

Im Bereich der Endenergieeinsparungen ist die thermische Gebäudehülle (TGH) mit einem Anteil von über 50 % (rd. 97 GWh/a) an den Endenergieeinsparungen bis 2050, wie auch bei den Privaten Haushalten, wesentlich. Wird weiterhin auch die mit der Modernisierung der TGH einhergehende Modernisierung der TGA (Gebäudelüftungstechnik, Heizungstechnik) einbezogen, ergibt sich ein Anteil von 70 %. Bei der Planung der Gebäudemodernisierung und auch beim Neubau von Gebäuden sollte eine statische Prüfung der geplanten oder bestehenden Dachkonstruktion im Hinblick auf PV- und Solarthermieanlagen in Betracht gezogen werden. Die restlichen Endenergieeinsparungen ergeben sich durch Energieeffizienzmaßnahmen. Durch die in Summe große Anzahl der Beschäftigten können beträchtliche Endenergieeinsparungen auch bereits ohne große Investitionsmaßnahmen durch Verhaltensänderungen erreicht werden.

Bei Energieeffizienzmaßnahmen im Bereich der Beleuchtungstechnik kann neben dem Einsatz modernster Technik auch durch eine bessere Nutzung von Tageslicht elektrische Energie eingespart werden. Dies sollte bei Modernisierungsmaßnahmen stets geprüft werden. Da der Einsatz von IKT voraussichtlich weiter steigt, empfiehlt es sich besonders, auf energetisch optimierten Einsatz und Energieeffizienz zu achten. Daneben besteht ein hohes

Einsparpotenzial bei elektrischen Antrieben und der Kältetechnik: In beiden Bereichen ist die Technik in den letzten Jahren wesentlich effizienter geworden. Typische Beispiele, die sich auch wirtschaftlich i.d.R. schnell amortisieren, sind Kühl- und Gefriergeräte sowie alte Heizungspumpen. Weiterhin sind der Ausbau von Solarthermie mit 7 % und PV-Anlagen mit 11 % der THG-Einsparungen wichtige Bausteine auch im Bereich GHD. Die restlichen THG-Einsparungen werden durch die Modernisierung der TGA und TGH erzielt.

Tabelle 31: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe GHD im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

GHD	THG-Emissionen (Gesamt)		Endenergiebedarf (Gesamt)	
	[t-THG/a]		[GWh/a]	
2015	196.467		527	
Jahr	THG-Einsparungen (Gesamt)		Endenergieeinsparung (Gesamt)	
	[t-THG/a]	[%] ²⁸	[GWh/a]	[%] ²⁸
2020	16.922	9	37	7
2025	33.059	17	74	14
2030	43.011	22	99	19
2040	65.448	33	157	30
2050	78.717	40	191	36

Neben den technischen Maßnahmen und einem energieoptimierten Nutzerverhalten sind gerade die größeren Unternehmen aufgefordert, aktiv in Netzwerken wie einem Marie-Energieeffizienz- oder einem LEEN-Netzwerk teilzunehmen. Hier sollen die TeilnehmerInnen durch gegenseitigen Erfahrungsaustausch lernen und profitieren. Eine genauere Beschreibung der Netzwerke ist im Maßnahmenatlas zu finden. Weiterhin können Unternehmen sich zusammenschließen und eine gemeinsame Quartierslösung zur Energieversorgung anstreben. So können Synergieeffekte genutzt und Energiekosten gespart werden. GHD-Unternehmen, die in der Nähe von Industrieunternehmen mit einem hohen Einsatz von thermischer Prozesswärme liegen, können Wärmebedarfe durch nicht vermeidbare Abwärme von Nachbarunternehmens decken. Durch die Nutzung eines Pufferspeichers kann die Versorgungssicherheit erhöht werden. Daneben kann das Vorhalten einer Reserveleistung oder der ursprünglichen Heizungstechnik notwendig sein, um Abhängigkeiten von Produktionsprozessen und deren Abwärme zu reduzieren. Durch die Ausweitung dieses Konzepts auf ganze Quartiere und das Einbinden vieler Unternehmen werden Schwankungen im Bedarf und Angebot verringert. Gleichzeitig erhöht dies den Nutzen und die Wirtschaftlichkeit einer zentralen Reverse- oder Grundlast-Erzeugungseinheit, wie z.B. eines BHKW.

Die mit den Maßnahmen einhergehenden Investitions- und Folgekosten sind in Abbildung 52 dargestellt. Durch das Vorziehen mancher Maßnahmen bzw. den erhöhten Umsetzungsgraden in den ersten Jahren erscheint die Darstellung wesentlich statischer mit annähernd gleichbleibenden Investitionshöhen im Laufe der Jahre. Der Hauptteil der Kosten entfällt mit Abstand auf die energetische Gebäudemodernisierung von Nichtwohngebäuden. Selbst bei sehr moderaten Modernisierungsszenarien müssen alle Gebäude bis 2050 mindestens einmalig modernisiert werden. In Folge der hohen Anzahl an Gebäuden ist das Volumen ebenso beträchtlich wie unumgänglich. Die übrigen Kosten belaufen sich im Durchschnitt auf lediglich 100 bis 150 € pro Jahr und Beschäftigten. Die dadurch getätigten Investitionen sind nicht als Mehrkosten anzusehen, da sie die derzeitigen Instandhaltungskosten in den jeweiligen Maßnahmenbereichen ersetzen. Weiterhin werden so Energiebedarfe und -kosten gesenkt. Als weitere Maßnahmen sind Investitionen in EE-Anlagen wie Solarthermie und PV enthalten. Die resultierende regionale Wertschöpfung ist als Linie im Diagramm mitangegeben und bewegt sich um 16 % der Kosten.

Grundlegend sollte die Zielerreichung 2050 in der Akteursgruppe GHD geringe Probleme bereiten, da die Maßnahmen i.d.R. eine hohe Wirtschaftlichkeit aufweisen. Daneben sind die Modernisierung der TGH und TGA durch höhere Gebäudemodernisierungsraten im Vergleich zum Sektor der Privaten Haushalte schneller erreichbar. Diese beiden Punkte spiegeln sich auch im Zielpfad wider. So wird die Umsetzung vieler Effizienzmaßnahmen bereits in den ersten

²⁸ Prozentwerte bezogen auf 2015, Einbettung Gesamtzielpfad 1990 bis 2050 in Abschnitt 7.6.

Jahren angestrebt (Tabelle 31). Das erhöhte Engagement in den ersten Jahren ist notwendig, um die angestrebten Gesamteinsparungen zu erreichen.

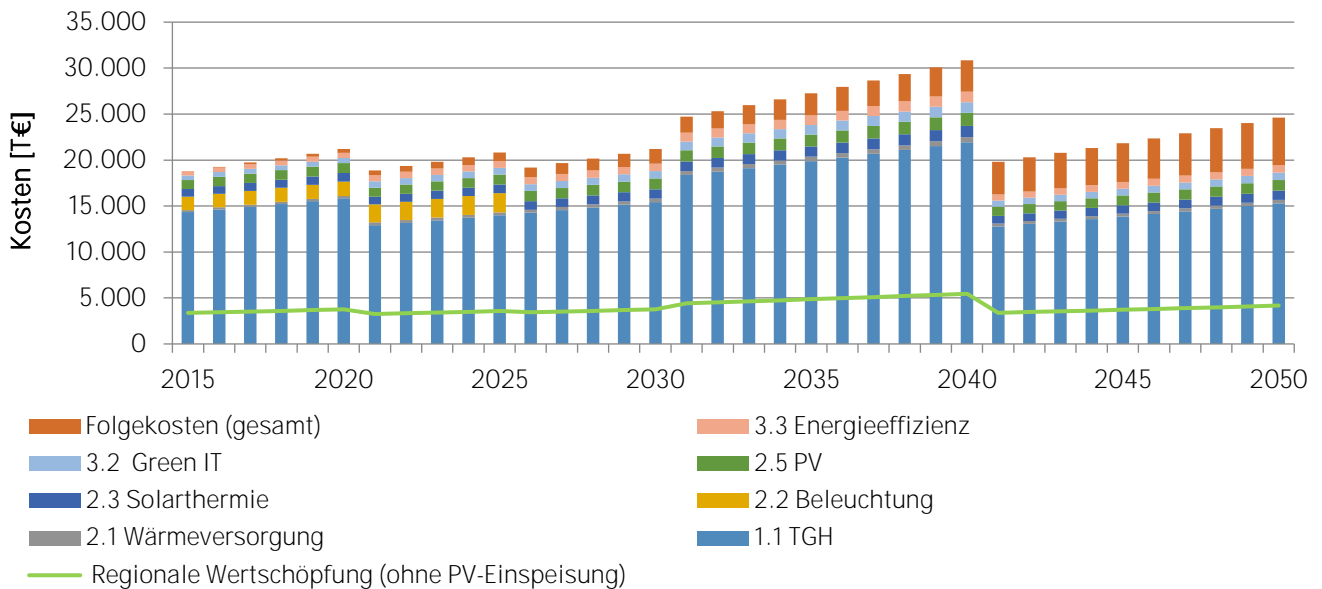


Abbildung 52: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe GHD im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

7.4.4 Akteursgruppe: Stadtverwaltung

Die Stadtverwaltung hat im Masterplan eine herausragende Rolle. Sie ist einerseits Vorreiter und Vorbild für die anderen Akteure und andererseits Koordinator des Masterplans sowie des Umsetzungsprozesses. Dementsprechend sieht der Maßnahmenatlas einen ambitionierten Zielpfad für die Stadtverwaltung vor (Tabelle 32). Durch die Umsetzung der Maßnahmen erreicht die Stadtverwaltung höhere prozentuale THG-Einsparungen, als die anderen Akteure. Dies ist durch hohe Endenergieeinsparungen und durch eine hohe Erzeugung von PV-Strom möglich.

Im Bereich der Endenergieeinsparung sind vor allem die energetische Modernisierung der TGH und die damit verbundene Modernisierung der TGA zu nennen. Daneben soll eine vollständige Umrüstung der Beleuchtungstechnik in und auf städtischen Liegenschaften durchgeführt werden. Durch die ebenfalls vollständige Umrüstung der Straßenbeleuchtung und der Signalanlagen erreicht die Stadt insgesamt eine Endenergieeinsparung von 22 GWh/a, was rd. 50 % der benötigten Endenergie in 2015 entspricht. Dabei sollte die weitere Umrüstung der Straßen- als auch der Gebäudebeleuchtung priorisiert werden. Diese Maßnahmen sind sehr wirtschaftlich und haben darüber hinaus eine hohe Öffentlichkeitswirkung. Die Modernisierung der TGH hingegen ist ein kontinuierlicher Prozess. Ziel sollte es sein, die benötigte Heizenergie der städtischen Gebäude um rd. 50 % bis 2050 ggü. 2015 zu reduzieren. Eine detaillierte Angabe der Modernisierungsstandards bei den einzelnen Gebäuden der Stadtverwaltung würde den Rahmen des Masterplans übersteigen, weshalb diese Entscheidung nach einer Einzelfallprüfung des Referats Gebäudemanagement getroffen werden muss. Weitere Endenergieeinsparungen sind durch den Einsatz von Green IT und ein Energiemanagement möglich. Bei letzterem wird das geplante Energiemonitoringsystem der Stadtverwaltung als wichtiges Instrument dienen. So erreichte Einsparungen reduzieren ggf. die nötigen Einsparungen in den bereits genannten Maßnahmen.

Der Zielpfad der THG-Emissionen beruht zu einem großen Anteil auf den Einsparungen, die durch den Zubau von PV-Anlagen auf Dächern der städtischen Liegenschaften erreicht werden. Dabei wurde angenommen, dass die Stadtverwaltung auf rd. 50 % des Dachflächenpotenzials PV-Anlagen installiert. Diese Installationen können direkt durch die Stadtverwaltung vorgenommen oder durch Verpachtung der Dachflächen erreicht werden. Daneben werden durch die Umrüstung der noch nicht modernisierten Beleuchtungsanlagen (Straßen- und restliche Beleuchtungstechnik) rd. 4.500 t-THG/a eingespart. So werden durch die Kombination der PV-Anlagen und der vollständigen Umrüstung der Beleuchtungstechnik bereits 53 % (8.900 t-THG/a) der THG-Einsparungen bis 2050 erreicht. Die restlichen Einsparungen erfolgen im Bereich der Gebäudemodernisierung und der damit verbundenen Heizenergiebereitstellung. In diesem Rahmen ist auch eine Nutzung von Solarthermie auf 2 % des

Dachflächenpotenzials vorgesehen. Die Kombination dieser Maßnahmen resultiert in einer grünen Stadtverwaltung, die ihren Strombedarf zu einem Großteil durch selbsterzeugten PV-Strom deckt.

Tabelle 32: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe Stadtverwaltung im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

Stadtverwaltung	THG-Emissionen (Gesamt)		Endenergiebedarf (Gesamt)	
	[t-THG/a]		[GWh/a]	
2015	16.765		46	
Jahr	THG-Einsparungen (Gesamt)		Endenergieeinsparung (Gesamt)	
	[t-THG/a]	[%] ²⁹	[GWh/a]	[%] ²⁹
2020	3.217	19	5	11
2025	6.323	38	11	23
2030	8.320	50	14	31
2040	10.897	65	19	41
2050	12.505	75	22	47

Neben der technischen Vorreiterrolle, die durch die Umsetzung der beschriebenen technischen Maßnahmen angestrebt wird, liegt der Maßnahmenfokus der Stadtverwaltung im Bereich Information, Beteiligung und Anreizsysteme. Hier ist die Koordinierungsstelle Klimaschutz mit dem Masterplanmanagement im Referat Umweltschutz federführend. Die Maßnahmen in diesen Bereichen zielen hauptsächlich auf die Motivation anderer Akteure ab. Als zwei herausragende Punkte sind die Vernetzung und der Erfahrungsaustausch der Akteure zu nennen (Abschnitt 9.2). Die Vernetzung soll dabei auch über die Stadtgrenzen hinaus erfolgen. Ein ständiger Erfahrungsaustausch und die Kooperation mit umliegenden Gemeinden bzw. Städten sind wesentlich für den Erfolg. Als Stadt besitzt Kaiserslautern ein grundlegend anderes Profil als die ländliche Umgebung.

Eine weitere Maßnahme ist die Einführung von regionalen Benchmarks, z.B. für die ZukunftsRegion Westpfalz (ZRW) analog zu anderen Metropolregionen. Dies kann in mehreren Varianten angestrebt werden. Die grundlegende Idee ist die Motivation durch Wettbewerb. Dies kann ein simpler Vergleich der energetischen Situation von Betrieben oder städtischen Liegenschaften sein. Weitaus effektiver könnte die Durchführung eines Wettbewerbes mit Aktionsjahren sein. Die Teilnehmer starten mit ihrem jeweiligen Energieverbrauch aus dem Vorjahr und streben danach, diesen Verbrauch zu senken. Dies können sie durch ein energiesparendes Benutzerverhalten oder technische Maßnahmen erreichen. Zur Maximierung des Effekts werden während des Wettbewerbs Aktionskampagnen durchgeführt, die in Kooperation mit lokalen Unternehmen durchgeführt werden sollen. Z.B. könnte über einen befristeten Zeitraum von z.B. drei Monaten eine Beleuchtungskampagne mit starken Rabatten auf Beleuchtungsartikel initiiert werden (analog auch für andere Artikel). Prinzipiell wären öffentliche Einrichtungen sowie Handel- und Dienstleistungsunternehmen geeignete Teilnehmer. Da im Bereich GHD hauptsächlich Kleinunternehmen in Frage kommt, ist die Ausschreibung eines Preises als zusätzlicher Anreiz empfehlenswert. Diese Wettbewerbe/Benchmarks könnten eine große Wirkung haben, deshalb sollte die Umsetzung dieser Maßnahme mit Nachdruck angestrebt werden; bei erfolgreicher Durchführung empfiehlt sich die Wiederholung und Ausbreitung der Maßnahme auf weitere Branchen bzw. Akteure. Die Energieagentur RLP wäre ein geeigneter Koordinator für die Umsetzung.

Für den angestrebten Ausbau von PV-Anlagen ist eine Anpassung des Erbbaupachtrechts zielführend bzw. notwendig. Derzeit steigt der Erbbauzins durch die angenommene gewerbliche Tätigkeit von 4 % auf 6,5 %, was PV-Anlagen in vielen Fällen unwirtschaftlich macht. Im Hinblick auf den hohen Anteil von Erbpachtgrundstücken in Kaiserslautern ist eine Änderung des Erbbaupachtrechts mit einer Ausnahme für PV-Anlagen dringend zu empfehlen.

Die Einbindung der Bevölkerung beim Ausbau von EE-Anlagen kann zu einer Beschleunigung und einer erhöhten Akzeptanz führen. Dabei kann die Einbindung durch den Einsatz von Crowdfunding oder durch einen öffentlichen Klimaschutzfonds gelingen (Abschnitt 8.3). Diese Finanzierungsansätze sind auch auf andere Maßnahmen

²⁹ Prozentwerte bezogen auf 2015, Einbettung Gesamtzielpfad 1990 bis 2050 in Abschnitt 7.6.

übertragbar und besonders attraktiv bei einem niedrigen allgemeinen Zinsniveau. Neben der Möglichkeit ggf. höhere Renditen durch einen Klimaschutzfonds oder durch ein Crowdfunding zu erzielen, ermöglichen diese Ansätze engagierten BürgerInnen die Einbringung beim regionalen Klimaschutz.

Als letzte Hauptmaßnahme wird die Einführung eines zentralen Vorschlagssystems für die Stadt Kaiserslautern empfohlen. Hier können BürgerInnen Verbesserungen Ideen und Lösungsvorschläge einreichen.

Für die erfolgreiche Umsetzung des Masterplans sind eine kontinuierliche Evaluation und das Monitoring der Maßnahmenumsetzung essenziell. Gerade im Hinblick auf den langen Umsetzungszeitraum ist eine kontinuierliche Überprüfung der Rahmenbedingungen in den Statusberichten notwendig (Abschnitt 8.2). Durch neue Gesetze oder neue Technologien können Anpassungen notwendig werden, die bei der Erstellung des Masterplans noch nicht absehbar waren.

Die Investitionskosten und einhergehenden Folgekosten sind für den Zielpfad der Stadtverwaltung jährlich aufgelöst in Abbildung 53 dargestellt.

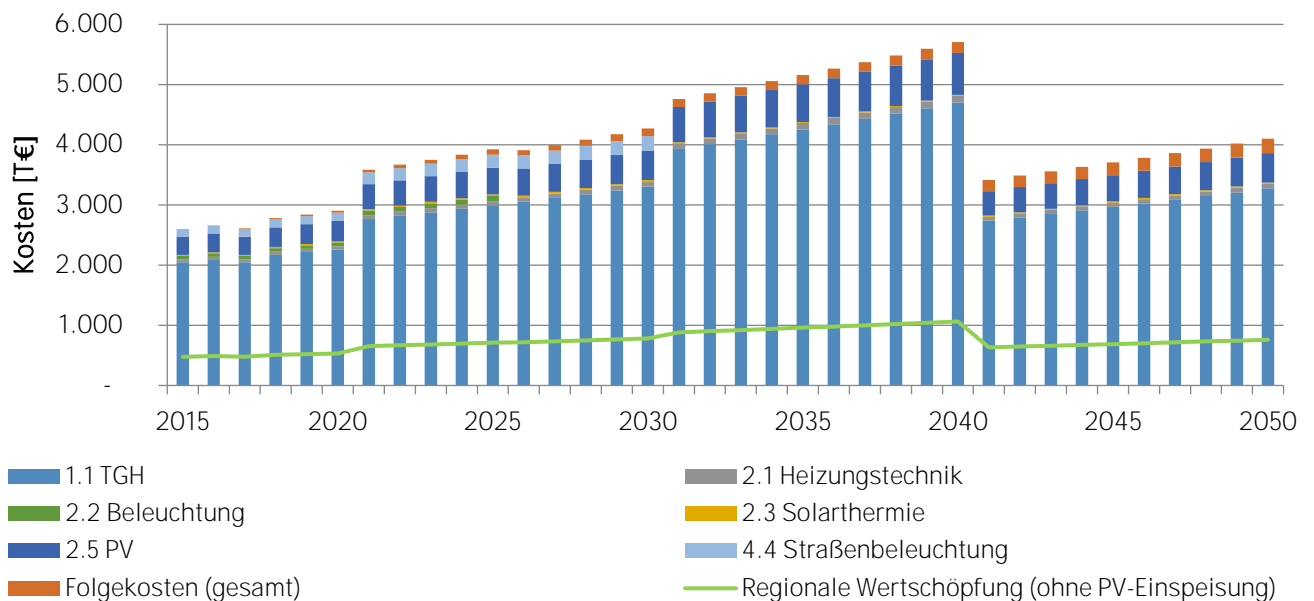


Abbildung 53: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe Stadtverwaltung im Handlungsfeld GQT (TU Kaiserslautern, 2017)

Auf den ersten Blick erscheinen die jährlichen Gesamtkosten sehr hoch. Bei differenzierter Betrachtung können die Maßnahmen 1.1 (Gebäudemodernisierung) und 2.5 (Ausbau von PV-Anlagen) als Hauptkostenpunkte identifiziert werden. PV-Anlagen können, wie bereits beschrieben, ggf. auch durch Verpachtung von Dachflächen realisiert werden. Die Kosten für die Gebäudemodernisierung betragen rd. 2 Mio. € im Jahr 2015. Damit würden die jährlichen Investitionen etwa im Bereich der jährlichen Energiekosten liegen, welche durch die Maßnahme deutlich reduziert werden sollen. Daneben unterschreiten die jährlichen Modernisierungskosten in allen Jahren die in den Akteursdialogen mit der Stadtverwaltung kommunizierte Obergrenze von 6,25 Mio. €/a für Sanierung und Neubau. Die Maßnahmen 2.2 (Beleuchtungstechnik) und 4.4 (Straßenbeleuchtung) sollen möglichst schnell innerhalb von max. zehn und 15 Jahren durchgeführt werden. Neben den Investitionskosten sind die Folgekosten der Maßnahmen im Diagramm dargestellt. Auffällig ist die Verschiebung der Kosten im Jahr 2041, die zwei Ursachen hat. Zum einen stehen im stationären Bereich in den ersten Jahren erhöhte Anstrengungen an, da sich der Sektor Mobilität und die Bevölkerungsentwicklung erst zu einem späteren Zeitpunkt bedeutend auswirkt. Zum anderen soll verhindert werden, dass die Zielerreichung auf die letzten Jahre aufgeschoben wird. Im Diagramm ist außerdem die aus den Investitionen resultierende regionale Wertschöpfung als Linie angegeben. Hier wird ersichtlich, dass ein Großteil der Investitionen in der Region verbleibt.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Prüfung und Priorisierung der Maßnahmen seitens der Akteure
- ✓ Weitere Ausgestaltung der ausgewählten Maßnahmen
- ✓ Umsetzung der ausgewählten Maßnahmen

7.5 Handlungsfeld III - Mobilität**Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?**

- ✓ Darstellung Zielpfad im Handlungsfeld Mobilität (akteursübergreifend)
- ✓ Erläuterung Leitvorstellungen
- ✓ Sektorales Teilziel Mobilität Stadtverwaltung Kaiserslautern

Parallel zur Entwicklung des Masterplans wird durch das Büro R+T Ingenieure für Verkehrsplanung der „**Mobilitätsplan Klima+ 2030**“ für die Stadt Kaiserslautern erarbeitet. Dabei werden die aktuellen Verkehrsverhältnisse der Stadt analysiert und auf dieser Grundlage u.a. Potenziale zur Reduktion von THG-Emissionen im Verkehrsbereich bis zum Jahr 2030 aufgezeigt. Die Ergebnisse und Empfehlungen des Mobilitätskonzepts komplettieren den Masterplan. Aus diesem Grund werden nachfolgend nur Leitvorstellungen zur Reduktion von THG-Emissionen bis 2050 qualitativ beschrieben. Weitere Details zum Handlungsfeld Mobilität sind dem Mobilitätsplan zu entnehmen.

Wie in Kapitel 3 dargestellt, fielen im Jahr 2015 rd. 17 % des Endenergiebedarfs und 16 % der THG-Emissionen in Kaiserslautern auf den Verkehrsbereich. Diese Werte liegen zwar unterhalb des Bundesdurchschnitts, machen jedoch einen signifikanten Anteil des gesamten Endenergiebedarfs und der THG-Emissionen in Kaiserslautern aus. Die Reduktion der THG-Emissionen im Verkehr ist somit eine entscheidende Voraussetzung zur Erreichung der definierten Klimaschutzziele im Masterplan. In Tabelle 33 sind die notwendigen THG- und Endenergieeinsparungen als Zielpfad für das Handlungsfeld Mobilität dargestellt.

Tabelle 33: Zielpfad Handlungsfeld Mobilität (TU Kaiserslautern, 2017)

Mobilität	THG-Emissionen (Gesamt)		Endenergiebedarf (Gesamt)			
	[t-THG/a]		[GWh/a]			
2015	173.375		-	537		-
Jahr	THG-Einsparungen (Gesamt)		THG-Einsparungen (Stadtverwaltung)	Endenergieeinsparung (Gesamt)		Endenergieeinsparungen (Stadtverwaltung)
-	[t-THG/a]	[%] ³⁰	[%] ³¹	[GWh/a]	[%] ³⁰	[%]
2020	-	-	1	-	-	3
2025	24.151	14	17	-	-	6
2030	34.502	20	25	52	10	11
2040	120.756	70	74	203	38	46
2050	169.059	98	99	409	76	81

³⁰ Prozentwerte bezogen auf 2015, Einbettung Gesamtzielpfad 1990 bis 2050 in Abschnitt 7.6.

³¹ Ersatz von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren im städtischen Fuhrpark durch Elektroautos; Strom aus EE.

Bis zum Jahr 2050 sollen die THG-Emission um 98 % und der Endenergiebedarf im Handlungsfeld Mobilität um 76 % reduziert werden. Dieses Ziel ist nur durch die Mitwirkung aller Akteursgruppen erreichbar. Im Hinblick auf den langen Umsetzungszeitraum bis 2050 werden nachfolgend Leitvorstellungen zur Reduktion der THG-Emissionen aufgezeigt. Die Umsetzung dieser Leitvorstellungen ist flexibel zu gestalten. Aus heutiger Sicht sind technische Fortschritte und deren Auswirkungen auf die Gesellschaft nicht präzise abschätzbar. So könnten z.B. autonome Fahrzeuge künftig zum festen Bestandteil des Straßenverkehrs werden. Ebenso ist denkbar, dass eine Marktdurchdringung aufgrund rechtlicher Regulierungen nicht oder nur sehr langsam erfolgen wird. Die Leitvorstellungen sind daher an die jeweiligen technischen Möglichkeiten und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen anzupassen.

Umstellung des Kfz-Verkehrs auf Elektromobilität

Für die Umsetzung des Masterplans müssen im Handlungsfeld Mobilität möglichst geringe THG-Emissionen im Straßenverkehr gewährleistet werden. Dies macht aus heutiger Sicht die Umstellung des überwiegend auf fossilen Brennstoffen basierenden Kfz-Verkehrs auf E-Mobilität erforderlich. Bei gleichbleibendem Stellenwert des MIV in der Bevölkerung gilt die Umstellung auf E-Mobilität gleichermaßen für Private Haushalte wie auch für Fuhrparks von Unternehmen. Zur Zielerfüllung müssen bis 2050 alle Kfz in Kaiserslautern einen elektrischen Antrieb besitzen, der mit Ökostrom betrieben wird.

Damit der Umstieg auf E-Mobilität gelingt, ist eine flächendeckende Ladeinfrastruktur für die Fahrzeuge essenziell. Die Kommunen nehmen diesbezüglich eine Schlüsselrolle bei der Marktdurchdringung von E-Mobilität ein, da sie für Genehmigungsprozesse wie das Aufstellen der Ladesäulen im öffentlichen Raum oder das Vorhalten von Parkraumbereitstellungen verantwortlich sind. Dennoch wurde die Rolle der Kommunen zur Stärkung der E-Mobilität bislang nur wenig beleuchtet.³² Unter Einbezug der unterschiedlichen Akteursgruppen sollte Kaiserslautern als Masterplankommune als Vorreiter vorangehen und den Ausbau der Ladeinfrastruktur vorantreiben.

Sektorales Teilziel Mobilität Stadtverwaltung Kaiserslautern

Die Stadtverwaltung Kaiserslautern hat bereits beschlossen, bis 2020 zehn Fahrzeuge im städtischen Fuhrpark durch Elektroautos zu ersetzen. Die in Abschnitt 7.9 beschriebene investive Maßnahme greift diesen Umstand auf und beschreibt zusätzlich ein Konzept zur Stärkung der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Der Strom hierfür soll aus PV-Anlagen gewonnen werden, die Teil des Konzepts sind. Insofern leistet die Maßnahme neben dem Handlungsfeld Mobilität auch einen Beitrag zum Handlungsfeld Gebäude, Quartiere und Technik (GOT).

Stärkung des Umweltverbunds

Für einen THG-armen Stadtverkehr ist eine Verkehrsverlagerung zu Gunsten der Anteile des Umweltverbunds (Fuß-, Rad- und ÖPNV) am Modal-Split erforderlich. Anreize können durch den Ausbau und die Optimierung multimodaler Verkehrsangebote gesetzt werden. Die Einführung des Leihfahrrad-Systems „VRNnextbike“ in Kaiserslautern ist **positiv hervorzuheben. Parallel ist das typische „Henne-Ei“-Problem zu lösen.** Die Stärkung des Umweltverbunds am Modal-Split wird nicht allein durch die Schaffung der entsprechenden Infrastruktur erreichbar sein. Aufgrund des hohen Stellenwerts des eigenen Autos in der Bevölkerung ist ein Bewusstseinswandel erforderlich. Aus diesem Grund sollten die Handlungsfelder Klimaneutraler Alltag und Mobilität kombiniert betrachtet werden.

Stadt der kurzen Wege

Die Umsetzung der Leitvorstellung „Stärkung des Umweltverbunds“ korreliert mit der Leitvorstellung „Stadt der kurzen Wege“. Dieses Leitbild der Stadtplanung strebt neben der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme die Stärkung des Umweltverbunds am Modal-Split an. Vorstellung ist eine kompakte Stadt mit einer entsprechenden Nutzungsdurchmischung, wodurch die zurückgelegten Distanzen verkürzt und die aktive Mobilität (Fuß- und Radverkehr) begünstigt werden. Hierfür sind soziale Infrastrukturen (z.B. Bildungseinrichtungen) sowie Versorgungsinfrastrukturen (z.B. Supermärkte) wohnortnah bereitzustellen. Die Umsetzung dieser Leitvorstellung erfordert die kooperative Zusammenarbeit der Referate innerhalb der Stadtverwaltung und unterstreicht die Notwendigkeit eines institutionalisierten Masterplanmanagements (Abschnitt 8.2).

Die nächsten Schritte:

- ✓ Ladeinfrastruktur für E-Mobilität ausbauen
- ✓ Anreiz für größere Nutzung des ÖPNV schaffen

³² Vgl. Rudolph (2012), S. 82.

7.6 Zusammenfassung Handlungsfelder I-III

Die Ziele für das Jahr 2050 sind die Reduzierung von 50 % des Endenergieverbrauchs und 95 % der THG-Emissionen im Vergleich zum Basisjahr 1990. Bis 2015 ist bereits eine Reduktion von rd. 6 % im Endenergieverbrauch und rd. 27 % bei den THG-Emissionen erreicht worden. In Abbildung 54f sind die weiteren Einsparungen dargestellt, die zwischen 2015 und 2050 noch zu erzielen sind. Die Einsparungen sind jeweils nach Art der Maßnahme und dem Einfluss der Bevölkerungsentwicklung aufgeteilt. Im Bereich der Endenergie wird mit einem Anteil von 41 % der größte Teil der Einsparungen durch die Modernisierung der TGH und der TGA erreicht (Abbildung 54). Bei den THG-Einsparungen werden nur 18 % der Einsparungen durch Gebäude und 38 % durch EE-Anlagen beigetragen (Abbildung 55). Die EE-Anlagen wiederum haben keinen Einfluss auf die Endenergieeinsparungen, da sie zwar „grüne“ Energie bereitstellen, aber per se keine Energie einsparen. In dem Anteil der EE-Anlagen ist auch die importierte Energiemenge enthalten, die v.a. aus Windenergie stammen sollte. Somit wird ersichtlich, dass die z.T. sehr umfangreichen Gebäudemodernisierungen notwendig sind, um die angestrebten Endenergieeinsparungen bis 2050 zu erreichen. Energieeffizienzmaßnahmen haben einen Anteil von 14 % bei der Endenergie und 14 % bei den THG-Emissionen. Ebenfalls sehr wichtig ist das Handlungsfeld Mobilität, welches mit 24 % zu den Endenergieeinsparungen und mit 15 % zu den THG-Emissionen beiträgt. Ein weiterer Baustein ist die Bevölkerungsentwicklung, die als Trendszenario aus Kapitel 2 in die Berechnungen mit eingeflossen ist. Hier wurde angenommen, dass die Bevölkerungsentwicklung einen direkten prozentualen Einfluss auf den Endenergiebedarf und die Emissionen hat. In Folge der Bevölkerungsentwicklung bis 2050 (Kapitel 2) ergeben sich gegenüber dem Startjahr 2015 ein um 11 % geringerer Endenergiebedarf und eine ebenso hohe Reduktion bei den THG-Emissionen.

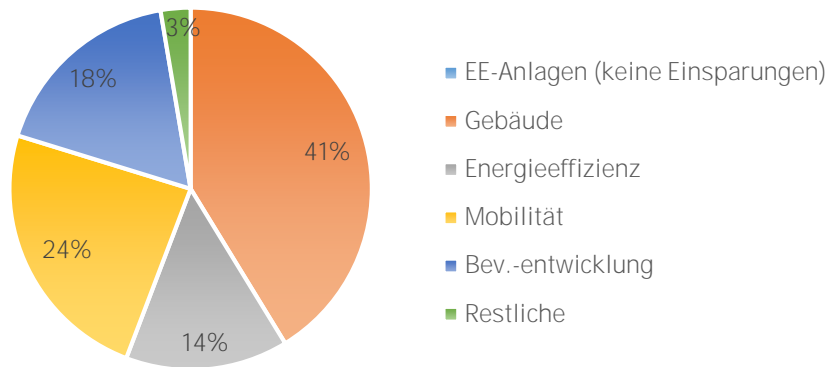


Abbildung 54: Aufteilung aller Endenergieeinsparungen für 2050 nach Art der Maßnahme inkl. Einfluss Bevölkerungsentwicklung (TU Kaiserslautern, 2017)

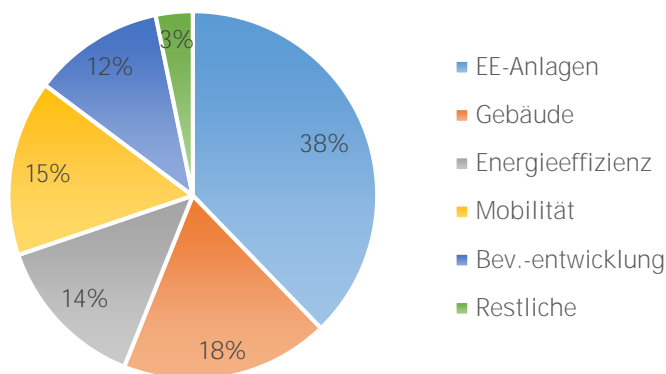


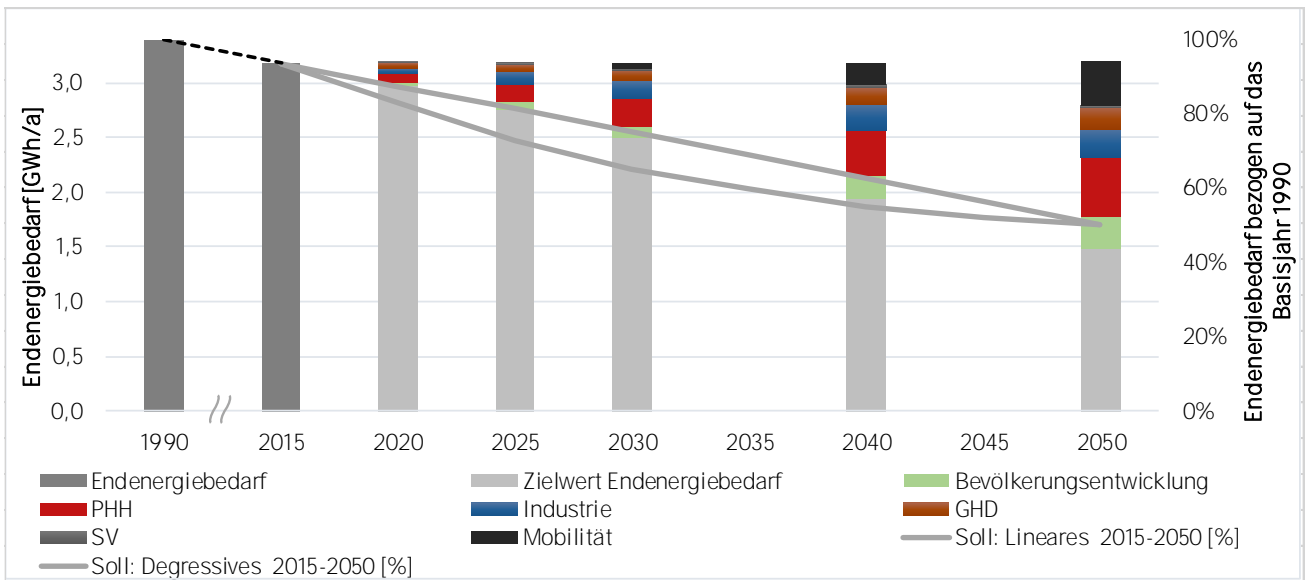
Abbildung 55: Aufteilung aller THG-Einsparungen bis 2050 nach Art der Maßnahme inkl. Einfluss der Bevölkerungsentwicklung (TU Kaiserslautern, 2017)

Alle weiteren Einsparungen, die nicht eindeutig in die vorherigen Kategorien eingeordnet werden konnten, sind in den Diagrammen als „Restliche“ dargestellt. Ein zeitlicher Überblick über den Verlauf der Einsparungen ist in Abbildung 56 für die Endenergie und in Abbildung 57 für die THG-Emissionen angegeben. In den unteren Teilen der Abbildungen sind sowohl die bilanzierten Werte für 1990 und 2015 als auch die zu erzielenden Einsparungen in Tabellenform aufgelistet. Hier fließen alle Zielpfade der zuvor vorgestellten Handlungsfelder und Akteursgruppen ein. Während

Maßnahmen wie die Gebäudemodernisierung kontinuierlich bis in das Zieljahr 2050 ablaufen, sind viele Maßnahmen und Faktoren schwerpunktmäßig am Anfang oder am Ende des Zeitraums angesiedelt. So wird die Umstellung der Mobilität erst zu einem späteren Zeitpunkt einen signifikanten Beitrag zu den Klimaschutzzielen leisten, der bis 2050 exponentiell steigt.

Durch die Bilanzierung von Endenergie werden nur die Absätze beim Endverbraucher bilanziert. Eigenbedarfe von Energieversorgungsanlagen, wie z.B. für die Bereitstellung von Fernwärme, sind als Verluste bei der Energieumwandlung hin zur Endenergie zu sehen und werden durch Emissionsfaktoren einbezogen. Somit entfallen auf die Energieversorgung weder Endenergiebedarfe noch Emissionen. Allerdings kann die Energieversorgung durch den Ausbau von EE-Anlagen den Emissionsfaktor der bereitgestellten Endenergie senken und auch einen wichtigen Beitrag zur Zielerreichung leisten.

Neben der Bevölkerungsentwicklung wird der steigende IKT-Einsatz als Sondereffekt aufgeführt (Abbildung 56f.). Der dadurch höhere Bedarf wird von den darüber aufgeführten Einsparungen subtrahiert. Somit sind etwas größere Einsparungen nötig, um den erhöhten Energiebedarf im Bereich IKT zu kompensieren.



[MWh/a]		Endenergiebedarf		Einsparung Endenergie				
Handlungsfeld	Akteursgruppe	1990*	2015	2020	2025	2030	2040	2050
I. Energieversorgung	EV	0	0	0	0	0	0	0
II. GQT	PHH	1.210.984	1.120.782	82.675	166.161	253.374	416.579	541.669
	Industrie	1.028.101	951.521	56.470	112.940	164.560	238.863	258.895
	GHD	569.349	526.940	37.127	74.254	99.210	157.442	190.717
	SV	50.007	46.282	5.240	10.700	14.311	19.132	21.887
III. Mobilität	Mobilität	536.600	536.600	0	0	52.000	203.000	408.900
Sondereffekte:								
Bevölkerungsentwicklung		0	0	34.392	68.784	103.175	211.920	299.738
IKT Einsatz		0	0	0	0	0	-8.077	-16.153
Gesamt		3.395.041	3.182.125	215.903	432.839	686.631	1.246.936	1.705.651

*: 2015 akteursbezogen bilanziert; 1990 aggregiert bilanziert, Gesamteinsparung von 1990 bis 2015 gleichmäßig auf die Akteursgruppen aufgeteilt, Mobilität als konstant angenommen

Abbildung 56: Endenergiebedarf und Einsparungen durch die Handlungsfelder (TU Kaiserslautern, 2017)

Der Bevölkerungseinfluss ist dem Trendszenario aus Kapitel 2 entnommen und sinkt demnach bis 2030 nur geringfügig. Von 2030 bis 2050 wird mit einer weiter sinkenden Bevölkerungszahl gerechnet, weshalb sich größere Einsparungszuwächse in diesem Zeitraum ergeben. Da die Entwicklung der Bevölkerungszahl nur sehr schwierig vorherzusehen ist, wird der Endenergie Zielpfad nicht genau auf das Ziel von 50 % abgestimmt. Somit bleibt ein gewisser Sicherheitsfaktor im Zielpfad. Hier kann bei einer stark abweichenden Bevölkerungsentwicklung nachjustiert werden. Bei einer konstanten Bevölkerungszahl bis 2050 wären geringfügig höhere Endenergieeinsparungen im Bereich von 1 bis 2 % bei den Akteuren notwendig. Die THG-Emissionen in 2050 entsprechen denen des KomMod

Zielsystems und liegen mit 29.516 t-THG (~ 2 % ggü. 1990) unter den Zielvorgaben des Bundes für den Masterplan im Jahr 2050 (5 %). Das Zielsystem ist damit ambitionierter als notwendig. Allerdings sieht es in gewissem Umfang Erzeugungskapazitäten außerhalb von Kaiserslautern vor, die stadintern nicht gesteuert werden können.

Durch die späten Einflüsse der Bevölkerungsentwicklung und der Einsparungen im Bereich Mobilität ist die Einhaltung des Zielkorridors gerade in den ersten Jahren schwierig. Aus diesem Grund ist es wichtig, Maßnahmen mit einer hohen Wirtschaftlichkeit frühzeitig durchzuführen. Dies betrifft vor allem Energieeffizienzmaßnahmen, wie die Umrüstung der Beleuchtungstechnik, die Kältetechnik und andere elektrische Geräte. In den Zielpfaden der Akteursgruppen sind diese Maßnahmen kurzfristig eingerechnet. Trotzdem wird der Zielkorridor in den ersten Jahren nur knapp eingehalten.

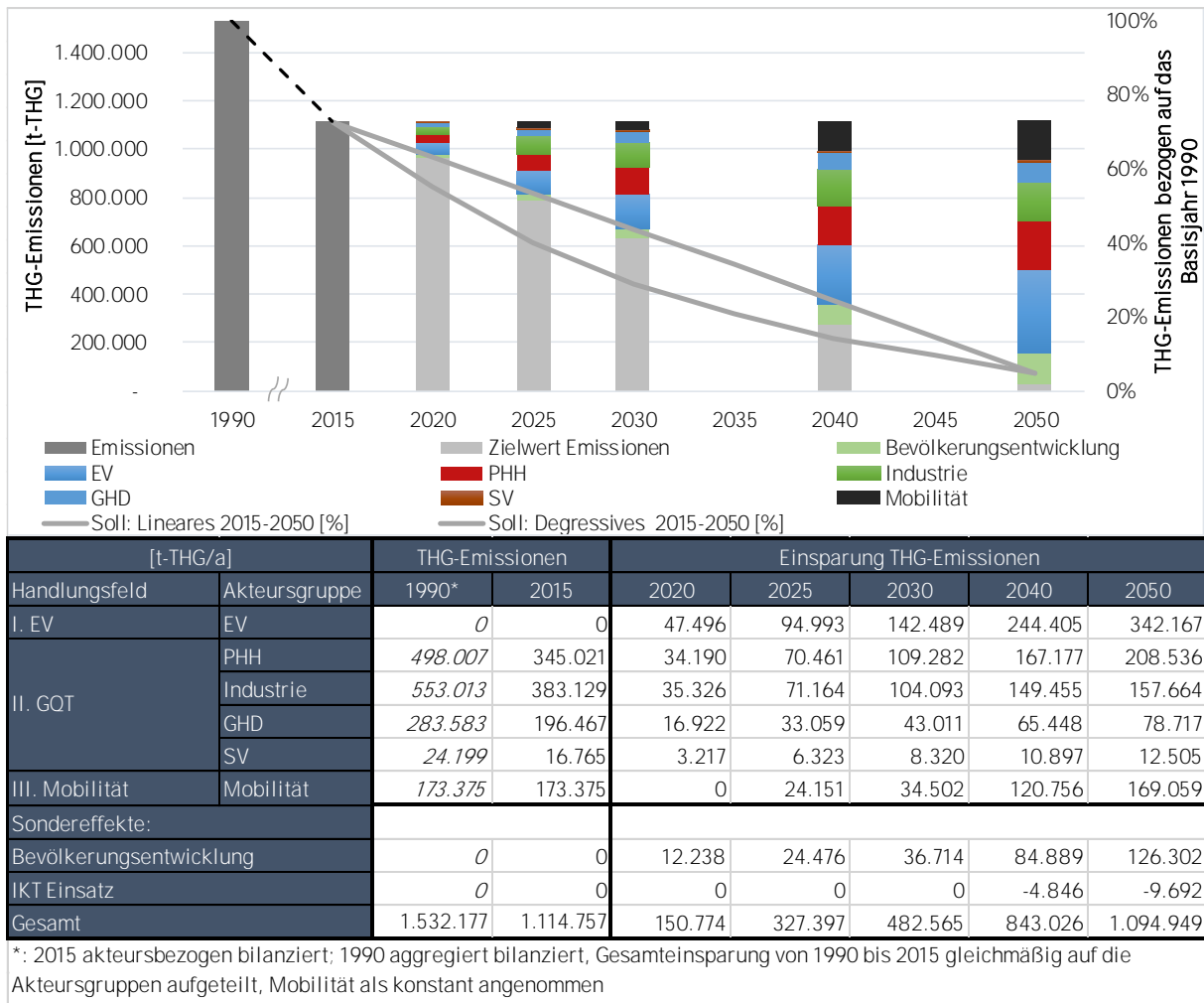


Abbildung 57: Resultierende THG-Emissionen und Einsparungen aus den Handlungsfeldern (TU Kaiserslautern, 2017)

Neben den bereits beschriebenen technischen Maßnahmen, die als Stützpfeiler der Zielpfade dienen, bietet gerade die Digitalisierung und Vernetzung ein hohes Potenzial zur besseren Steuerung von Erzeugung und Verbrauch und somit zum effizienteren Einsatz von Energie. Da die Effekte derzeit noch kaum fass- und messbar sind, sind die zu erwartenden Potenziale nur zum Teil in die Zielpfade eingeflossen. Trotzdem soll auf diesen wichtigen Punkt noch einmal hingewiesen werden, da er in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen wird. Die Nutzungsmöglichkeiten sind dabei sehr weitläufig und reichen von einer intelligenten Straßenbeleuchtung über den digitalen Verwaltungsservice bis hin zu sinnvollen Smart Home Lösungen und vielen weiteren mehr. Auch die intelligente Einbindung von E-Fahrzeugen und deren Batteriespeichern können einen wichtigen Beitrag für die Stromnetze von Morgen leisten.

7.7 Handlungsfeld IV - Klimaneutraler Alltag

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Klimaneutrale Handlungsweisen für das Privat- und Berufsleben
- ✓ Herausforderungen bei der Umsetzung eines klimaneutralen Alltags
- ✓ Empfehlungen zur Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen durch die Kommune

Der Klimaschutz ist ein wesentlicher Bestandteil zur Umsetzung des Nachhaltigkeitskonzepts in der modernen **Gesellschaft. Das Bestreben ist die Schaffung einer „klimaneutralen Gesellschaft“** - einer Gesellschaft, deren Lebens- und Handlungsweisen das Klima weder positiv noch negativ beeinflussen.³³ Im „**Klimaschutzplan 2050**“ der Bundesregierung wurde die daraus resultierende Reduktion von THG-Emissionen als Ziel festgesetzt. Zur Zielerreichung muss der jährliche THG-Ausstoß bis 2050 pro Kopf auf rd. 1 t/a reduziert werden (Abbildung 58).³⁴ Dieses nationale Ziel kann nur unter lokaler Mitarbeit der gesamten Bevölkerung sowie der Unternehmens- und Verwaltungslandschaft erreicht werden und macht die Integration klimaneutraler Lebens- und Arbeitsweisen in den Masterplan erforderlich.

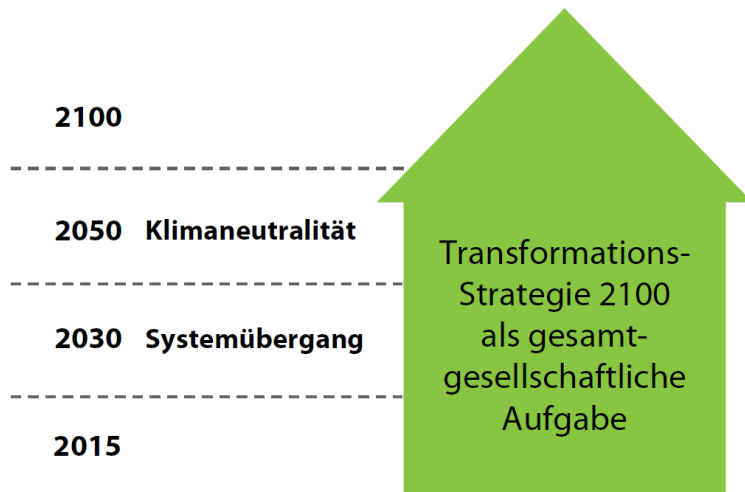


Abbildung 58: Reduktion von THG-Emissionen für eine klimaneutrale Gesellschaft (Fläming 2016, S.17)

7.7.1 Klimaneutralen Alltag gestalten

Das Engagement der privaten Haushalte und damit die Mitwirkung jedes einzelnen ist ein notwendiger und entscheidender Baustein zur Reduzierung der gesamten THG-Emissionen (Kapitel 7). Neben den Energieverbräuchen im Bereich Wohnen sowie dem Mobilitätsverhalten, stellen Ernährungs- und Konsumverhalten wichtige Stellschrauben für die Gestaltung eines klimaneutralen Alltags von Bürgerinnen und Bürgern dar.³⁵ Für die Verbesserung der Klimabilanz sind nicht allein technische Verbesserungen relevant sondern in großem Umfang auch persönliche Verhaltensänderungen. Pro Person bzw. Haushalt und Jahr können allein rd. 500 kg THG durch den Wechsel zu Ökostrom-Anbietern erzielt werden, rd. 500 kg THG durch den Verzicht auf einen 3.000 km Fernflug und rd. 260 kg THG durch mediterrane Ernährungsweise (hoher Anteil an Obst, Gemüse und Hülsenfrüchte sowie geringerer Verzehr tierischer Lebensmittel).³⁶ Beispielhaft werden für die priorisierten Stellschrauben Vorschläge für die Gestaltung eines klimaneutralen Alltags aufgezeigt.³⁷ Weitere Anregungen geben Naturschutzorganisationen und -verbände (z.B. NABU, WWF, BUND), Verbraucherzentralen und Energieagenturen der Länder oder Umweltministerien.

³³ Vgl. UBA (2014), S. 5.

³⁴ Vgl. UBA (2013), S. 4.

³⁵ Vgl. UBA (2014), S. 9.

³⁶ Vgl. ISOE (2013), S. 3.

³⁷ Vgl. B.A.U.M. e.V. (2014).

Stellschraube Wohnen

- Suffizienter Wohnflächenbedarf. Reduzierung von nicht genutzten Flächen durch Umzug/Untervermietung/Abtrennung; ggf. Planung von Neubauten und Umbauten so, dass bei geringerem Flächenbedarf (z.B. im Alter) Flächen mit geringem Aufwand abgetrennt und einer anderweitigen Nutzung zugeführt werden können. So können SeniorInnen auch alleinstehend im gewohnten Zuhause wohnen bleiben (Remanenz), ohne dass der Flächenverbrauch pro Kopf überproportional hoch ist. Gleichzeitig werden freie Haushaltsmittel generiert, die ggf. auch in das Gebäude investiert werden können.
- Energiebewusster Umgang mit Elektrogeräten. Nicht permanent benötigte Stromverbraucher (z.B. TV, Bildschirme, PC, Ladekabel) sollten vom Netz getrennt werden. Das Ausschalten des PC-Monitors rentiert sich bereits bei Arbeitspausen von zehn Minuten.
- Montage von Dämmmatten hinter den Heizungskörpern. Diese Maßnahme kann bis zu 100 €/a und rd. 300 kg-THG/a einsparen, da Energie effizienter in den Raum abgestrahlt wird.
- **Vermeidung von „Festbeleuchtung“, z.B. durch Abschalten der Beleuchtung** bei Verlassen des Hauses sowie gerichtete Beleuchtung. So muss z.B. beim Lesen nicht das ganze Zimmer ausgeleuchtet werden.
- Durchführung von professionellen Thermografieaufnahmen. Sie zeigen thermische Schwachstellen der Gebäudehülle auf und dienen der Vorbereitung der Gebäudemodernisierung. Ansprechpartner sollen über das Klimaportal (www.klima-kl.de) bekanntgegeben werden (siehe Maßnahme 5.2.4 im Maßnahmenatlas).
- Energieberatung durch die Verbraucherberatung (Rathaus Nord, Referat Umweltschutz, Lauterstraße 2, 67657 Kaiserslautern; Terminvereinbarung unter der Tel.-Nr.: 0631/365-1150)
- ...

Stellschraube Mobilitätsverhalten

- Überprüfung des Mobilitätsverhaltens. Der Verzicht auf Kurzstreckenfahrten mit dem Auto kann bis zu 110 €/a einsparen. Unnötige Wegstrecken sollten vermieden werden und Kurzstrecken mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden.
- Bildung von Fahrgemeinschaften für Arbeitswege und Freizeitaktivitäten. Auf diese Weise können rd. 280 €/a bei 5 km Arbeitsweg eingespart werden.
- Nutzung des öffentlichen Verkehrs. Über das Internet können mittlerweile günstige Routen ausgewählt und Verspätungen angezeigt werden. (Fahrplanauskunft Kaiserslautern: <https://www.swk-kl.de/de/busverkehr/fahrplaene/fahrplanauskunft.html>)
- ...

Stellschraube Ernährungs- und Konsumverhalten

- Reduzierung von Fleisch- und Milchprodukten. Die Viehhaltung ist weltweit für rd. 18 % aller THG-Emissionen verantwortlich. Zudem ist die Herstellung des Tierfutters flächen- und energieintensiv.
- Saisonale Lebensmittel gebrauchen. Auf diese Weise können die regionale Wirtschaft unterstützt und lange Transportwege reduziert werden. Links zu regionalen Warenkörben und ähnlichen Angeboten könnten ggf. in das Klimaportal (www.klima-kl.de) aufgenommen werden.
- Müll vermeiden, z.B. beim Kauf von Geräten und Kleidung auf Langlebigkeit und Qualität achten. Mit langlebigen Produkten werden Geldeinsparungen erzielt, auch wenn diese zunächst höhere Anschaffungskosten aufweisen; **laufendes Projekt in der Stadtverwaltung zur „Plastikfreien Stadt“: Die Stadtverwaltung Kaiserslautern führt derzeit eine wiederverwertbare recycelte Einkaufstasche ein, die einen guten ökologischen Fußabdruck hat.**
- Kauf von Kleidung aus Bio-Baumwolle. Diese weist eine bessere Klimabilanz als konventionelle Baumwolle auf, da weniger Düngemittel, Pestizide, Wasser und Energie verbraucht werden.
- Einkaufsführer App. Einkaufs App für Kaiserslautern, die einen Überblick gibt wo, welches Produkt verfügbar ist. Die Einkaufsführer App befindet sich derzeit schon im Aufbau (angelehnt an bitkom **Wettbewerb „digitale Stadt“**). Evtl. besteht eine Anknüpfungsmöglichkeit mit dem NachhaltiGuide vom Nachhaltigkeitsbüro der TU Kaiserslautern.
- ...

Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass eine klimaneutrale Lebensweise nicht allein mit kostspieligen Investitionen einhergehen muss. So kann z.B. der richtige Umgang mit Elektrogeräten oder der Verzicht auf Plastiktüten bereits zur Reduktion von THG-Emissionen beitragen. Zur Förderung eines klimaneutralen Alltags ist vielmehr eine

Verhaltensänderung der Bevölkerung notwendig, die wiederum ein Bewusstsein für Klimaschutzmaßnahmen voraussetzt. Ein Hindernis stellt jedoch oftmals das Fehlen der persönlichen Betroffenheit dar. Zwar sind sich viele BürgerInnen der Notwendigkeit des Klimaschutzes zunehmend bewusst, doch führt dieses Bewusstsein nicht automatisch zu individuellen Verhaltensänderungen oder zur Beteiligung am kommunalen Klimaschutz.³⁸ Diese Ausgangssituation ist ebenfalls in Kaiserslautern erkennbar. Während des Bürgerworkshops (Abschnitt 9.1) wurde von den Teilnehmenden das Erfordernis einer Bewusstseinssteigerung für den lokalen Klimaschutz thematisiert. Demnach hätte ein Großteil der Bevölkerung die Notwendigkeit von Umsetzungsmaßnahmen für den kommunalen Klimaschutz noch nicht verinnerlicht. Durch geeignete Informations- und Partizipationsmaßnahmen solle im Rahmen eines ganzheitlichen Kommunikationskonzeptes das Bewusstsein für den Klimaschutz erhöht werden.

Eine zielgruppengerechte Ansprache der Bevölkerung ist erforderlich. Nicht allein für die Bewusstseinssteigerung, sondern auch für den Wahrnehmungswandel von Klimaschutzmaßnahmen. Häufig werden diese mit Verzicht, Einschränkung der Lebensqualität oder höheren Kosten verknüpft. Die einhergehenden Vorteile, wie etwa Kosteneinsparungen, Vorteile für die Gesundheit oder Steigerung der Innovationskraft werden nicht assoziiert.³⁹ Fehlende Kenntnis über Beitragsmöglichkeiten, vielfach in Kombination mit Zeitmangel für den Wissenserwerb, stellt eine große Herausforderung für die Umstellung auf klimaneutrale Handlungsweisen dar.⁴⁰ Zur Aktivierung der Bevölkerung sowie von Unternehmen ist zu beachten, dass dem Wunsch nach Information gleichzeitig der Bedarf nach leicht kategorisierbarer Information gegenüber steht.⁴¹

Für die zielgerichtete Ansprache von Akteuren geben folgende Regeln eine Handlungsempfehlung:

- Persönliche und individuelle Ansprache
- Bestehende Kontakte nutzen
- Zusammenarbeit mit Multiplikatoren
- Ansprechende und anschauliche Informationsmaterialien
- Sprache der Zielgruppe sprechen
- Lokalen Bezug herstellen
- Konkrete Handlungsfelder aufzeigen
- Missverständnisse und falsche Erwartungen vermeiden
- Konzentration auf ausgewählte Beteiligungsangebote
- Klimaschutzziele für 2050 greifbar machen

7.7.2 Klimaneutrale Arbeitsweisen in Verwaltung und Unternehmen

BürgerInnen nehmen auf dem Weg zu einem klimaneutralen Alltag gewissermaßen eine Doppelrolle ein. Neben dem Privatleben (inkl. Konsumverhalten) sind Verhaltensänderungen im Berufsleben erforderlich. Verwaltungen und Unternehmen nehmen in ihrer Funktion als Arbeitgeber aus diesem Grund eine Vorbildfunktion ein.

Umweltbewusstsein und Verhaltensänderungen im Berufsleben werden von der Belegschaft meist auch im Privatleben fortgeführt. Klimaschonendes Engagement von Verwaltung und Unternehmen ist daher unerlässlich um die Ziele des Masterplans zu erreichen. Während in den vorangegangenen Abschnitten vornehmlich technische Maßnahmen für die Akteursgruppen Industrie und GHD vorgestellt wurden, werden nachfolgend beispielhaft THG-reduzierende Maßnahmen zur Förderung eines klimaneutralen Arbeitsalltags fokussiert.⁴²

Stellschraube Mobilität

- Dienstreisen klimafreundlich gestalten und wenn möglich reduzieren. Für Geschäftsreisen sollten präferiert öffentliche Verkehrsmittel genutzt werden. Eine gezielte Terminabstimmung kann Mitfahrlösungen fördern und ggf. die Anzahl an Dienstreisen reduzieren. Viele Dienstreisen könnten durch Video- oder Telefonkonferenzen ersetzt werden.
- Jobticket einführen. Die Einführung eines arbeitgeberbezuschussten Jobtickets kann die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs begünstigen.
- Nutzung von E-Mobilität. Insbesondere für Kurzstrecken eignet sich die Nutzung von E-Bikes oder Elektroautos. Eine langfristige Umstellung von Fuhrparks sollte bedacht werden.

³⁸ Vgl. Methling (2017), S. 14.

³⁹ Vgl. Ebenda.

⁴⁰ Vgl. Ebenda.

⁴¹ Vgl. Schweizer (1990), S. 173.

⁴² Vgl. Bremer Energie-Konsens (2016), Energieagentur.NRW GmbH (2010) und UMBW (2017).

Stellschraube Green IT / Digitalisierung

- Bildung von virtuellen Arbeitsteams. Die Nutzung von Open-Source-Programmen ermöglicht die Bearbeitung eines identischen Dokuments von mehreren Personen an unterschiedlichen Standorten.
- Inventur aller am Arbeitsplatz/im Unternehmen installierten Geräte. Auf diese Weise können nicht notwendige Geräte identifiziert und entfernt werden. Parallel ist auf die Anschaffung besonders energieeffizienter und nachhaltiger Geräte zu achten.
- ...

Stellschraube Arbeitsplatz / Gebäudebetrieb

- Wiederverwendung von Ressourcen, z.B. Einrichtung von zentralen Abgabestellen von einseitig bedruckten Papier und Wiederverwendung als Notizblätter.
- Beleuchtung bewusst nutzen, z.B. durch differenzierte Beleuchtungssysteme für unterschiedliche Bereiche in Großraumbüros oder der Einsatz von Bewegungssensoren.
- Bei der Beschaffung auf die Nachhaltigkeit bzw. die ökologischen Eigenschaften achten.
- ...

Die Stadtverwaltung nimmt in diesem Kontext eine Sonderrolle ein. Ihre Vorbildfunktion richtet sich nicht allein an die Mitarbeiterschaft sowie Bürgerinnen und Bürger, sondern auch an die lokal ansässige Unternehmenslandschaft. Als Vorreiter muss sie mit gutem Beispiel vorangehen, um die Beteiligung von Industrie-, Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungsunternehmen am Klimaschutz voranzutreiben. Die Kommunen tragen die Verantwortung, Unternehmen **für den lokalen Klimaschutz zu aktivieren sowie „bottom-up“**- Initiativen der Unternehmen bei Bedarf zu unterstützen. Die Einflussmöglichkeiten der kommunalen Verwaltung auf das Wirtschaften der Unternehmen sind jedoch mittelbar. Sie müssen die Unternehmen indirekt über Informations- und Vernetzungsveranstaltungen sowie Auslobung von Wettbewerben mobilisieren. Große Unternehmen sind meist bereits im Klimaschutz aktiv. Der Austausch zwischen den großen Unternehmen mit der Stadtverwaltung in Ökoprotit hat sich bereits als zielführend erwiesen und soll ggf. in anderer Form in LEEN oder Mari:e-Energieeffizienz-Netzwerken fortgesetzt werden. KMUs hingegen fehlen häufig die finanziellen und personellen Ressourcen für eine aktive Beteiligung am Klimaschutz. Eine allgemeine Herausforderung kann die Kooperationsbereitschaft in kommunalen Klimaschutznetzwerken darstellen. Folgend sind Handlungsempfehlungen zur Förderung der Beteiligung von Unternehmen am kommunalen Klimaschutz gegeben:

- Persönliche Gespräche führen, um Problemstellungen in Unternehmen in Erfahrung zu bringen
- Motivation und Eigeninteressen des Unternehmens berücksichtigen
- Bedarfe und Handlungsmöglichkeiten der jeweiligen Branche identifizieren
- Unternehmensgröße, -branche und -struktur berücksichtigen
- Ökonomischen Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen hervorheben
- An die gesellschaftliche Verantwortung appellieren und ggf. an gesetzliche Vorgaben erinnern
- Aktiven Unternehmen eine positive Außendarstellung ermöglichen (z.B. durch Vorstellung von Klimaschutzaktivitäten im Rahmen von Veranstaltungen).

7.7.3 Empfehlung

Der entscheidende Faktor auf dem Weg zu einem klimaneutralen Alltag ist nicht die Technik, sondern der Mensch selbst. Ohne die Einsicht und das notwendige Bewusstsein für Klimaschutzmaßnahmen können Verhaltensänderungen aller Akteure nur schwer vorangetrieben werden und die Nutzung entsprechender technischer Fortschritte bleibt aus. Für einen klimaneutralen Alltag müssen Routinen sowohl im Privat- als auch Berufsleben angepasst werden. Routinen sind jedoch Verhaltensweisen, die sich Individuen nur selten bewusst und folglich kognitiv nur schwer zugänglich sind.

Um die gewünschten Änderungen zu erzielen, ist ein erheblicher Aufwand an Kommunikations- und Überzeugungsarbeit erforderlich.⁴³ Hierzu wird empfohlen nach dem **„4-E-Modell“** (Abbildung 59) vorzugehen. In diesem Kontext kann auf unterschiedliche Partizipationsformen zurückgegriffen werden. Je nach Anliegen kann eine **passende Beteiligungsform gewählt werden. Einen geeigneten Überblick bietet z.B. das „Handbuch Bürgerbeteiligung“ von Nanz und Fritsche.** Um Verhaltensänderungen zu erzielen, stellen ebenfalls viele Energieagenturen (z.B. Energieagentur.NRW GmbH) oder auch Kommunen Materialien zur Beteiligung von Akteuren am Klimaschutz bei. Erschwert wird diese Arbeit durch die bestehende Diskrepanz **zwischen „Erklärungen“ und dem**

⁴³ Vgl. ISOE (2013), S. 3-4.

eigentlichen „Tun“. Diese Situation zeigt einmal mehr die notwendige Vorreiterrolle der Kommunen. Bzgl. der Förderung eines klimaneutralen Alltags sollten sie sich nicht wie bisher vornehmlich auf technologische Verbesserungen und Infrastrukturmaßnahmen konzentrieren, sondern in gleichem Maße auf Maßnahmen, die auf Konsum-, Mobilitäts- und Wohnverhalten abzielen.⁴⁴



Abbildung 59: 4-E-Modell (TU Kaiserslautern, 2017 nach ISOE 2013, S. 13-14.)

Die nächsten Schritte:

- ✓ Exemplify – klimaneutrale Arbeitsweisen innerhalb der kommunalen Verwaltung vorantreiben und Vorreiterrolle aktiv gestalten
- ✓ Enable und Encourage – ein Hintergrundkonzept für die Partizipation für alle Masterplanbereiche entwerfen und in diesem Rahmen zielgruppengerechte Informationsmaterialien für klimaneutrale Handlungsweisen entwickeln
- ✓ Engage – die Ausstrahlungskraft über Vereine ist zumeist höher. Bürgerinnen und Bürger sollten daher zunächst über Vereine oder Verbände mobilisiert werden

7.8 Leuchtturmprojekte

In Kaiserslautern wurden in den vergangenen Jahren bereits umfassende Projekte in Hinblick auf Energieeffizienzsteigerung und EE-Nutzung realisiert. Einige dieser Projekte besitzen einen Vorbildcharakter, der Signalwirkung auch für andere lokale Akteure haben kann. Nachfolgend soll auf drei Projekte näher eingegangen werden, die beispielhaft für Leuchttürme im Bereich des Klimaschutzes in Kaiserslautern fungieren:

7.8.1 WIPOTEC

Die Firma WIPOTEC wurde 1988 in Kaiserslautern gegründet und ist einer der führenden Produzenten von hochpräzisen Wege- und Inspektionstechnik für den industriellen Einsatz weltweit. Das Unternehmen hat einen Teil

⁴⁴ Vgl. Ebenda. S. 4.

seiner Gewinne zur Umstellung seines Energieversorgungssystems weg von fossilen hin zu regenerativen Energien investiert, um das selbstgesteckte Ziel einer CO₂-neutralen Produktion schrittweise zu erreichen.



Abbildung 60: Produktionsstandort Firma WIPOTEC in Kaiserslautern (WIPOTEC)

Die CO₂-neutrale Energieversorgung eines Produktionsbetriebs rein auf Basis von regenerativen Energien gilt vielen Unternehmen heute noch als undenkbar. Das Beispiel der Firma WIPOTEC zeigt jedoch, dass dies bereits heute kosteneffizient möglich sein kann.

Für den Standort Kaiserslautern wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule Mainz und dem Fachplaner Otto Reisig ein umfangreiches Energiekonzept zur nachhaltigen Energieversorgung des Standorts entwickelt und umgesetzt. Das Konzept sieht die effiziente Verknüpfung am Markt etablierten Techniken zur Deckung der unterschiedlichen Energiebedarfe des Standorts und den Einsatz eines modernen Energiemanagementsystems vor. Die wichtigsten Bestandteile sind:

- Solarthermische Kühlung über Absorptionswärmepumpen
- Ein Geomassivspeicher zur saisonalen Wärmespeicherung
- Eine hocheffiziente Lüftungsanlage
- Ein Lufterdwärmetauscher in Kombination mit dem Regenrückhaltebecken
- Eine PV-Freiflächenanlage zur Versorgung des Standorts mit Strom

Darüber hinaus wurden die Bestandsgebäude energetisch optimiert und eine neue Werkshalle in Passivhaus-Standard ausgeführt, um den Energiebedarf für Wärme und Kälte möglichst gering zu halten. Mittels der durchgeführten energetischen Maßnahmen am Standort konnten jährliche THG-Einsparungen in Höhe von 1.292 t/a erzielt werden.

7.8.2 Westpfalz-Klinikum

Das Energiekonzept des Westpfalz-Klinikums in Kaiserslautern, inklusive der Standorte Kirchheimbolanden und Rockenhausen, wurde durch SWK und die WVE GmbH erstellt, da das Klinikum über kein internes Energiemanagement verfügt und lediglich dessen Ansätze verfolgt. Es beinhaltet eine Strategie zum nachhaltigen Energiesparen und umsetzungsfähige Handlungsempfehlungen. Erster Schritt war die Grobanalyse der IST-Situation, bei welcher die Hauptenergieverbraucher identifiziert und deren Verbrauchsverhalten analysiert wurden. Durch einen Vor-Ort-Termin wurden der Gebäudebestand aus 20 Gebäuden mit 109.667 m² BGF begutachtet und Stärken und Potenziale des Versorgungssystems aufgezeigt. Die Gebäudesanierung findet im Zuge von Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen statt. Stärken des Versorgungssystems zeigen sich in der Anlagentechnik, dem Wärmeverteilungsnetz und der Energierückgewinnung, welche sich in einem überwiegend guten bis sehr guten Zustand befinden. Zudem ist ein Stromlastmanagement installiert und die Notstromversorgung weist eine hohe Leistungskapazität auf. Energieeinsparpotenziale zeigen sich in der Übersicht der Energieströme und deren Zusammenhang im Gesamtsystem. Des Weiteren können zu hohe Temperaturniveaus, die nur teilweise Realisierung der Netztrennung und die unterschiedliche Zusammenfassung der Wärmeverbraucher optimiert werden. Die Bereiche Technik, Bau und EDV sind organisatorisch voneinander getrennt. Im Zuge des Ausblicks auf die Kostenreduzierung wurde der Einsatz

von BHKW vorgeschlagen. BHKW wurden an den Standorten Kirchheimbolanden und Rockenhausen bereits realisiert, welche sich beide rechnen. Noch im Jahr 2017 ist der Bau eines BHKW am Standort Kaiserslautern geplant.⁴⁵

Alle drei Standorte führten bereits Energieaudits durch, Kirchheimbolanden nahm zusätzlich am „EffCheck – Ressourceneffizienz in Rheinland-Pfalz“ teil. Neben dem BHKW sind weitere Maßnahmen geplant, wie der Einsatz von effizienten Pumpen mit Fördermitteln der KfW. Für eine Förderung in Höhe von 30 % bedeutet dies allerdings einen hohen Verwaltungsaufwand, weswegen eine alternative Förderung durch die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) des BMUB im Raum steht. Eine weitere Handlungsempfehlung ist die KIP Planung am Gebäude 19, welche eine energetische Fassadensanierung mit PV-Anlagen vorsieht. Seit dem Hochhausbrand in London im Juni 2017 sei man dahingehend jedoch zurückhaltend. Seitens der Beschäftigten steigt die Nachfrage nach Elektroladesäulen für E-Autos und Konzepten für deren Nutzung.⁴⁶

Im Energiekonzept von SWK und WVE gehört die Planung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des BHKW zu den Handlungsempfehlungen im **Maßnahmenpaket „Effizienz“**. Ziele des Pakets sind **Kostenreduzierung**, Energieeinsparung, Effizienzsteigerung, Reduzierung der THG-Emissionen und erhöhte Versorgungssicherheit. Eine **weitere Handlungsempfehlung ist die „strukturierte Strombeschaffung“**, die durch eine Strukturanalyse erreicht werden soll. Grund ist der steigende Stromverbrauch, der durch wachsende technische Ansprüche entsteht. Ziel ist der optimierte Stromeinkauf der Marktnähe, Risikostreuung, Dynamität und Flexibilität gewährleisten soll.⁴⁷

Wunsch ist die ausreichende Förderung durch Land und Bund sowie die bessere Vernetzung der Landesministerien, in diesem Falle allen voran das Umwelt- und Gesundheitsministerium.⁴⁸

7.8.3 Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern (ZAK)

Die Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern ist eine gemeinsame kommunale Anstalt der Stadt und des Landkreises Kaiserslauterns und ist u.a. zuständig für die Behandlung, Verwertung und die Beseitigung der Abfälle. Das Abfallwirtschaftszentrum Kaiserslautern-Mehlingen liegt rd. 1,5 km nordöstlich des Rands der Stadt Kaiserslautern (Abbildung 61).

Gegründet wurde die ZAK im Jahre 1976 und war zunächst ein Deponiezweckverband, der sich über die Jahre zu einem 88 ha großen modernen Abfallwirtschaftszentrum weiterentwickelt hat. Zentrale Aufgabe ist die weitestgehende Behandlung und Verwertung von Abfällen unter ökologischen und ökonomischen Aspekten mit dem Ziel der Nutzung der Ressourcen und der Ausschleusung von Schadstoffen aus dem Kreislauf.

Die ZAK ist bei der Erfüllung ihrer Aufgaben dem öffentlichen Zweck verpflichtet. Zweck ist, die Abfälle der Trägerkommunen gemeinsam besser und wirtschaftlicher zu entsorgen, unter dem Leitbild einer sicheren, ökologischen und effizienten Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft. Neben der Entsorgung der überlassenen Siedlungsabfälle hat die ZAK die Aufgabe der Einsammlung von gefährlichen Abfällen und Problemabfällen. Dazu kommt die Zuständigkeit für den Transport, den Umschlag und die Entsorgung von nicht überlassungspflichtigen Abfällen. Durch Nutzung der angelieferten Abfälle und der Anlagen der ZAK wird u.a. Energie aus erneuerbaren Quellen gewonnen.

So werden bei der ZAK die Abfälle aus Stadt und Landkreis Kaiserslautern mit rd. 250.000 angeschlossenen Einwohnern behandelt, recycelt, verwertet und beseitigt. Hinzu kommen rd. 60.000 t Bioabfälle der Städte Kaiserslautern, Ludwigshafen, Speyer, Frankenthal, Neustadt, Worms sowie der Landkreise Kaiserslautern, Bad Dürkheim und Rhein-Pfalz-Kreis, die stofflich und energetisch verwertet werden.



Abbildung 61: ZAK-Gelände (ZAK)

⁴⁵ Akteursdialog im Westpfalzkrankenhaus 28.06.2017.

⁴⁶ Ebenda.

⁴⁷ Ebenda.

⁴⁸ Ebenda.

Die ZAK ist als Gesellschafterin an der GML GmbH beteiligt, die das Müllheizkraftwerk Ludwigshafen in Kraft-Wärme-Kopplung mit hoher Effizienz zur thermischen Verwertung von Siedlungsabfällen betreibt.

Insgesamt werden am Standort der ZAK in einem Biomasseheizkraftwerk, einem Blockheizkraftwerk, drei gut sichtbaren Windkraftanlagen und verschiedenen PV-Anlagen jährlich rd. 32 Mio. kWh Strom erzeugt. Hierdurch alleine können bereits rd. 8.000 Haushalte mit Strom versorgt werden. Daneben wird zusätzlich Fernwärme in den Kraftwerken und einem Bio- und Deponiegaskessel erzeugt. Dabei konnten 2016 eine Menge von rd. 41 Mio. kWh als „grüne Fernwärme“ ins Fernwärmenetz der SWK eingespeist werden.

Die ZAK ist nach DIN EN ISO 9001 (Qualitätsmanagement), nach DIN ISO 14001 (Umweltmanagement) und als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert und führt Energieaudits durch. Ein externes Audit findet jedes Jahr statt. Dadurch wird gewährleistet, dass Ressourcen und Energien zurückgewonnen und dem Kreislauf zurückgeführt werden. Somit wird Primärenergie eingespart und die THG-Belastung reduziert.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Identifizierung weiterer bestehender Leuchtturm-Projekte in Kaiserslautern
- ✓ Bericht in regelmäßigen Abständen zur Aktivierung der Akteure
- ✓ Entwicklung neuer Leuchtturm-Projekte in Zusammenarbeit mit den unterschiedlichen Akteursgruppen

7.9 Ausgewählte investive Maßnahme

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Vorstellung ausgewählte investive Maßnahme
- ✓ Identifizierung möglicher Standortorte für Ladesäulen
- ✓ Wirtschaftlichkeits-Berechnung zur investiven Maßnahmen
- ✓ Zielbeitrag der investiven Maßnahme (MPK 2016)

Masterplankommunen des Jahres 2016 (MPK 2016) können, ergänzend zur Förderung im Rahmen des Masterplans, die Förderung einer ausgewählten Maßnahme beantragen. Die ausgewählte investive Maßnahme soll ein Leuchtturmprojekt darstellen, das abseits der direkten Umwelteffekte der Bevölkerung die Anwendbarkeit und Alltagstauglichkeit von umweltfreundlichen Technologien direkt vor Augen führt.

In der EU ist der Mobilitätssektor für 25 % der THG-Emissionen verantwortlich.⁴⁹ In Kaiserslautern beträgt der Anteil des Mobilitätssektors an den THG-Emissionen rd. 16 %. Die E-Mobilität bietet hierbei insbesondere im städtischen Kurzstreckenverkehr beträchtliche Potenziale zur Minderung des THG-Ausstoßes. Aus diesem Grund sieht die ausgewählte investive Maßnahme ganzheitliche Investition in den kommunalen Fuhrpark und die dazugehörige Ladeinfrastruktur vor. Unmittelbar werden die Ausstöße des stadteigenen Fuhrparks reduziert und den Einwohnern der Stadt Elektrofahrzeuge als Alternative demonstriert. Als Ergänzung dazu werden Carports und städtische Gebäude mit PV-Anlagen ausgerüstet. Die Anlagen werden so dimensioniert, dass der erzeugte Strom den Bedarf der Elektroautos bilanziell ungefähr decken kann.

7.9.1 Ladeinfrastruktur

Für den Umstieg auf Elektrofahrzeuge ist der zielgerichtete Aufbau einer Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet von Kaiserslautern nötig. Gegenüber der Lademöglichkeit durch normalen Haushaltsstrom bietet die Schnellladung an speziellen Ladeeinrichtungen einige Vorteile. Ein ganzheitliches E-Mobilitätskonzept der Stadt Kaiserslautern erfordert die Errichtung einer Reihe solcher Ladesäulen an strategisch günstigen Standorten im Stadtgebiet. SWK erstellt derzeit ein Konzept für öffentliche E-Ladesäulen im Stadtgebiet.

Bei der Konzeption der ausgewählten investiven Maßnahme müssen vor allem diese Aspekte beachtet werden:

- Bestandsaufnahme der bestehenden Ladeinfrastruktur
- Ausbau der bestehenden Ladeinfrastruktur

⁴⁹ Vgl. BMVI (2017), S. 1.

- Ausgestaltung der Ladeeinrichtung
- Mögliche Mikrostandorte
- Kosten und Finanzierung
- Kommunale Maßnahmen

Für ein ganzheitliches E-Mobilitätskonzept sind die Aktivitäten der SWK und weiterer Akteure der Stadtverwaltung und des Vereins Elektromobilität für Kaiserslautern sinnvollerweise zu bündeln.

Bestandsaufnahme der bestehenden Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet Kaiserslautern

Im Stadtgebiet und der näheren Umgebung der Stadt Kaiserslautern existieren zurzeit zehn Standorte mit Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge (Abbildung 62).



Abbildung 62: Bestehende Ladeinfrastruktur in Kaiserslautern (rot: 43 kW, blau: 22 kW, grau: 11 kW, schwarz: <11kW) (goingelectric.de, 2017)

Gegenwärtig existiert eine Schnellademöglichkeit mit über 43 kW im Stadtgebiet. Daneben gibt es mehrere Lademöglichkeiten mit 22 kW. Davon sind zwei im Kerngebiet der Stadt. Die geplanten zusätzlichen Maßnahmen zum Aufbau der Ladeinfrastruktur könnten einen deutlichen Mehrwert beim Angebot von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge bieten. Besonders der Bedarf an Schnellademöglichkeiten im Stadtgebiet wird deutlich, da solche Ladesäulen momentan nur am Standort Eselsfürth vom US-Fahrzeughersteller Tesla bereitgestellt werden. Die Stadtwerke Kaiserslautern (SWK) haben bisher zehn bis 15 potenzielle Standorte im Stadtgebiet von Kaiserslautern identifiziert und planen bis zum Jahresende 2017 bis zu fünf Ladepunkte in Betrieb zu nehmen.

7.9.2 Ausbau der bestehenden Ladeinfrastruktur

Für die Nutzung eines kommunalen Elektro-Fuhrparks ist eine grundlegende Anforderung, dass der gesamte E-Fahrzeugbestand zu Beginn der Nutzungszeit vollständig aufgeladen bereitgestellt werden kann. Hierfür ist es sinnvoll eine Ladeinfrastruktur an den Standorten in den Betriebshöfen und auf den Parkplätzen der städtischen Verwaltung zur Verfügung zu stellen. Deshalb ist die Installation von grundlegenden langsam ladenden Lademöglichkeiten essentiell. Daneben befindet sich im Stadtgebiet bereits eine Reihe von schnelleren Ladesäulen für Elektrofahrzeuge. Die Platzierung einer weiteren Schnellladevorrichtung für die Stadtverwaltung soll die Versorgungssicherheit weiter steigern. So wird gewährleistet, dass alle Fahrzeuge geladen werden können und bei außergewöhnlichem Bedarf eine Schnellladesäule zur Verfügung steht, um dringend benötigte Dienstfahrzeuge zeitnah zu laden. Als zentraler Punkt wird als Standort für die Schnellladesäule das Rathaus vorgeschlagen (siehe Abbildung 75 im Anhang 14.7).

7.9.3 Gestaltung der Ladestandorte

Die im Stadtgebiet installierte Ladeinfrastruktur sollte nicht nur in technischer Hinsicht, sondern auch in Sachen Gestaltung und Installation modernen Anforderungen entsprechen.⁵⁰ Als sinnvolle Ergänzung an den Ladestandorten wird die Installation von zusätzlichen PV-Anlagen empfohlen. So kann bilanziell der Bedarf der Elektroautos direkt durch eigens erzeugten Ökostrom gedeckt werden. Daneben zeigt die Kombination dem Bürger anschaulich die emissionsfreie Fortbewegung von morgen. Deshalb sollten Dachflächen in der Nähe von Ladeinfrastruktur möglichst für PV-Anlagen genutzt werden. Am Standort der Schnellladesäule wird mangels geeigneter Dachfläche die Installation von Carports für PV-Anlagen in Betracht gezogen. Diese sind in der Installation kostenintensiver, sind aber gleichzeitig näher am Boden und fallen dem Betrachter somit sofort als Energielieferant für die Ladesäule auf. Ab einer Grundfläche von 50 m² muss für die Errichtung von Carports ein Bauantrag gestellt werden.

Eine mögliche spätere Öffnung der Ladeinfrastruktur für Privatnutzer von Elektrofahrzeugen müsste bereits bei der Planung berücksichtigt werden. Zur bestmöglichen Integration der Ladeinfrastruktur am Mikrostandort werden fünf Kriterien zugrunde gelegt.⁵¹

- Lage an Schnittstellen mit dem ÖPNV
- Gute Sichtbarkeit der Ladesäule
- Kontextgerechte Gestaltung der Ladeanlage
Die Ladeeinrichtungen müssen sich von konkurrierenden Flächennutzungen abheben, ohne Verkehrsteilnehmer zu beeinträchtigen.
- Kontextgerechte Gestaltung der Ladesäule
Für dezente Gestaltung können schlanke Ladestellendesigns gewählt oder die Einrichtung in bestehende städtische Anlagen (Straßenbeleuchtung) integriert werden.
- Markierung oder Beschilderung des Straßenraums
Beschilderungen oder Markierungen des Straßenraums sollen direkt und eindeutig auf die Ladeeinrichtung hinweisen.

Abbildung 63 zeigt beispielhaft die mögliche Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum. Die Ladeeinrichtung ist in den Parkraum integriert und weist eine gute Sichtbarkeit aus allen Fahrbahnrichtungen auf.

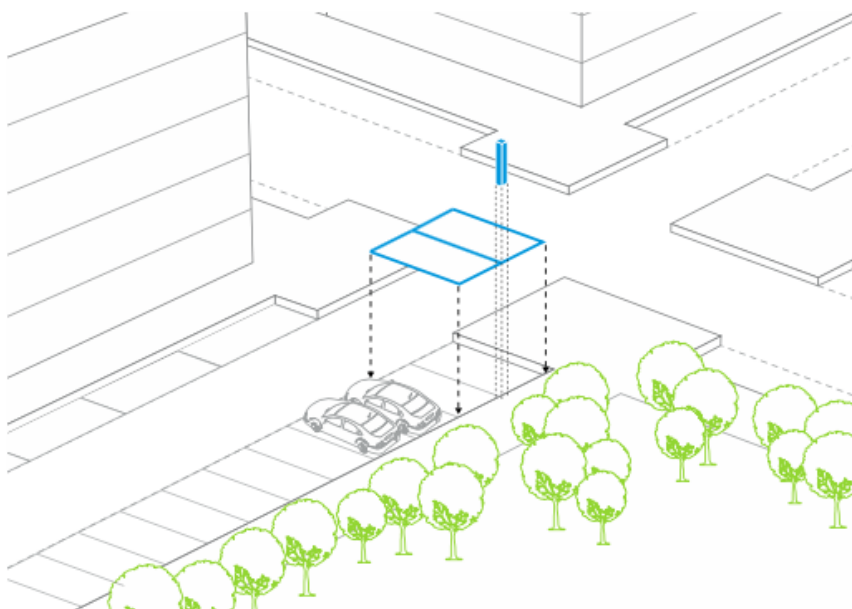


Abbildung 63: Flächenbedarf einer Ladeeinrichtung im Parkraum (BuroHappold Engineering, 2014).

⁵⁰ In einem „Praxisleitfaden integrierte Ladeinfrastruktur“ des BMVI werden Angaben und Beispiele zur Gestaltung der Ladestandorte gegeben; BuroHappold Engineering (Hrsg.) (2014), S. 60-62.

⁵¹ Vgl. BuroHappold Engineering (2014), S. 60.

Für einfachen Zugang und Bedienung können Kriterien identifiziert werden, an welchen sich die technische Gestaltung der Ladesäulen ausrichten sollte.⁵²

7.9.4 Kosten und Finanzierung der Ladeinfrastruktur

Für das Stadtgebiet Kaiserslautern könnten mehrere Investitionsszenarien gebildet werden. Für die Einrichtung von öffentlichen Ladeeinrichtungen kommen vor allem Schnellladesäulen in Betracht. Die Ersteller des Masterplans und des Mobilitätsplans erwarten, dass der elektronische Antrieb in der Breite des Fuhrparks zum Einsatz kommt. Die Priorität bei der Bemessung der Ladeinfrastruktur liegt deshalb auf der Anzahl der Ladepunkte. Da den städtischen Fahrzeugen über Nacht eine längere Zeit zur Aufladung zur Verfügung steht, wird das Investitionsszenario der investiven Maßnahme hauptsächlich mit smarten Ladeboxen konzipiert (Tabelle 34). Da in Einzelfällen auch eine kurzfristige und möglichst kurze Nutzung am Tag nicht ausgeschlossen werden kann, wird zusätzlich eine Schnellladesäule des Typs DC 50 kW betrachtet.

Tabelle 34: Schätzung der Netto-Kosten für Ladeninfrastruktur bis 2020 (Statusbericht der nationalen Plattform Elektromobilität 2015)

Ladetechnik	Smarte Ladebox		Ladesäule		Ladesäule	
Spannungstyp	AC (Wechselstrom)		AC (Wechselstrom)		DC (Gleichstrom)	
Smart Meter und Energiemanagement	ja		ja		ja	
Ladepunkt	1		2		1	
Ladeleistung (kW)	> 3,7 kW		11 oder 22		50	
	2015	Prognose 2020	2015	Prognose 2020	2015	Prognose 2020
Hardware komplett inkl. Kommunikation und Smart Meter	1.200 €	700 €	5.000 €	2.500 €	25.000 €	15.000 €
Netzanschlusskosten	0 €	0 €	2.000 €	2.000 €	5.000 €	5.000 €
Genehmigung, Planung, Standortsuche	500 €	500 €	1.000 €	1.000 €	1.500 €	1.500 €
Montage, Baukosten, Beschilderung	500 €	500 €	2.000 €	2.000 €	3.500 €	3.500 €
Gesamtinvestition	2.200 €	1.700 €	10.000 €	7.500 €	35.000 €	25.000 €

7.9.5 Aufbau eines elektrischen Fuhrparks bei der Stadtverwaltung Kaiserslautern

In ihrer Vorbildfunktion für den Klimaschutz strebt die Stadt Kaiserslautern den Ersatz von zehn Fahrzeugen im städtischen Fuhrpark durch Elektroautos bis 2020 an (Abschnitt 7.5).

Der Automobilmarkt offeriert eine weite Bandbreite an Elektrofahrzeugen. Da in der öffentlichen Verwaltung unterschiedliche Typen von Fahrzeugen genutzt werden, erfolgt die Strukturierung in Nutzfahrzeuge (Tabelle 49, Anhang 14.7) und Personenkraftwagen (Tabelle 50, Anhang 14.7). Für eine grobe Einordnung sind Listenpreise angegeben. Ausstattungskriterien und Betriebskosten bedürfen einer detaillierteren Untersuchung. Aufgrund der Förderrichtlinien sind nur Ersatzbeschaffungen, die in den nächsten Jahren anstehen, in Betracht zu ziehen.

⁵² Vgl. Ebenda.

7.9.6 Investitionsszenario für die ausgewählte investive Maßnahme

Die Konzeption der investiven Maßnahme sieht Investitionen in den Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, die Elektrifizierung des kommunalen Fuhrparks sowie die Errichtung von PV-Anlagen auf kommunalen Gebäuden vor. Ein Austausch von Fahrzeugen ist zurzeit nur in einem Teil des städtischen Fuhrparks möglich. Die vorgeschlagenen Investitionen in den städtischen Fuhrpark wurden aus anstehenden Ersatzmaßnahmen unterschiedlicher Referate der Stadt abgeleitet.

Aktuell hat die Stadt Kaiserslautern rd. 370 Fahrzeuge im Einsatz. Die Beschaffung erfolgt zum größten Teil dezentral über die Referate. Das Investitionsszenario (Tabelle 35) sieht einen Ersatz von neun Fahrzeugen vor. Die zugehörige Investition in Ladeinfrastruktur erfolgt in neun Ladeboxen des Typs 3,7 kW. Zusätzlich wird an einem Standort eine Schnelladesäule für außerplanmäßige kurzfristige Aufladungen installiert. Zweckmäßiger könnte alternativ die Installation einer günstigeren Ladesäule vom Typ 22 kW sein. 50 % von maximal 400.000 € werden durch das BMUB gefördert. Der tatsächliche Investitionsbetrag der Stadt kann ggf. auch darüber liegen.

Tabelle 35: Investitionsszenario investive Maßnahme (TU Kaiserslautern, 2017)

Budget Ladeinfrastruktur	Preis	Menge	Standort bspw.	54.800 €
Ladebox	2.200 €	9	Parkplatz Elektroautos	19.800 €
Spannungstyp DC, 50 kW	35.000 €	1	Rathaus Kaiserslautern	35.000 €
Budget Elektrofahrzeuge		9		285.000 €
Ref. Gebäudewirtschaft	30.000 €	1	Gebäudewirtschaft	30.000 €
Ref. Tiefbau	30.000 €	2	Tiefbau	60.000 €
Kastenwagen Gewerk 1	35.000 €	1	Daennerstraße	35.000 €
Kastenwagen Gewerk 2	35.000 €	1	Daennerstraße	35.000 €
PKW Gewerk 1/2	30.000 €	1	Daennerstraße	30.000 €
Kleintransporter Gewerk 3	35.000 €	1	Daennerstraße	35.000 €
PKW Gewerk 3	30.000 €	1	Feuerwache Kaiserslautern	30.000 €
PKW Gewerk 4	30.000 €	1	Rathaus Kaiserslautern	30.000 €
Budget PV-Anlagen		20		57.200 €
PV-Anlage, Feuerwache Dach in kW _p	1.600 €	17	Feuerwache Kaiserslautern	27.200 €
PV-Anlage mit Carport, 1 SP, in kW _p	10.000 €	3	Rathaus Kaiserslautern	30.000 €
Investitionsbetrag				397.000 €

Eine exakte Analyse der Wirtschaftlichkeit der investiven Maßnahme sollte auf Basis genauer Daten aus dem städtischen Fuhrpark und der Produktdatenblätter möglicher E-Fahrzeuge erfolgen. Auch dann wohnen den Analysen stets Unsicherheiten über die künftigen Entwicklungen von Marktpreisen für Kraftstoffe und Elektrizität inne.

7.9.7 THG-Bilanz

Vorrangiges Ziel der investiven Maßnahme ist die Reduktion der THG-Emissionen. Der Analyse liegt das Investitionsszenario aus Tabelle 35 zugrunde. Die Werte sind aus öffentlichen Datenbanken entnommen und für den Fahrzeugmix als Mittelwert angenommen.

Durch die Kombination von E-Mobilität und der Einspeisung von Strom aus PV-Anlagen können rd. 16 t/a an THG gegenüber dem ursprünglichen System eingespart werden (s. Tabelle 51). Treiber hierfür sind die geringeren spezifischen THG-Emissionen der Elektrofahrzeuge und die bilanziellen Einsparungen durch die PV-Anlagen.

7.9.8 Empfehlung

Die investive Maßnahme markiert als eine öffentlichkeitswirksame Investition den Start der Umsetzungsphase des Masterplans. Sie besitzt Modellcharakter und soll beispielhaft zeigen, dass die anspruchsvollen Ziele des Masterplans erreichbar sind. Die investive Maßnahme wird durch das BMUB mittels einer nicht rückzahlbaren Zuwendung in Höhe **von bis zu 50 % der zuwendungsfähigen Ausgaben gefördert. Die maximale Zuwendungshöhe beträgt 200.000 €.** Der Bewilligungszeitraum für die Förderung der investiven Maßnahmen liegt bei 36 Monaten. Die investive Maßnahme soll innerhalb des Förderzeitraums abgeschlossen werden. Folgende Voraussetzung zum Erhalt der Förderung bestehen:

- Die Maßnahme soll einen Beitrag zur Erreichung der Teilziele leisten.
- Es soll eine THG-Einsparung in Höhe von 70 % erreicht werden.
- Idealerweise ist die Maßnahme öffentlichkeitswirksam.
- Die Maßnahme soll zur Energieeinsparung beitragen.
- Die Zivilgesellschaft an der Auswahl und Umsetzung der investiven Maßnahmen zu beteiligen.

Die Stadtverwaltung verfolgt von 2018 bis 2020 als sektorales Ziel die Anschaffung von zehn Elektroautos im städtischen Fuhrpark, die bestehende Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren ersetzen. Hierzu leistet die investive Maßnahme einen direkten Beitrag. Die THG-Einsparung beträgt durch die Kombination mit PV-Anlagen bis zu 100 % (Punkt 7.9.7).

Die Fahrzeuge parken über Nacht, sodass die Möglichkeit besteht, langsam ladende und günstigere Infrastruktur zu nutzen (Tabelle 35). Daher könnte ein größerer Anteil in die Anschaffung von Fahrzeugen und PV-Anlagen investiert werden. Die so angeschafften Fahrzeuge sollen die E-Mobilität der Bevölkerung näherbringen und den Wechsel von einem verbrennungsbasierten Verkehrssektor hin zu einer auf Elektrizität basierenden Fortbewegung beschleunigen. Es wird erwartet, dass durch die weitere Entwicklung im Bereich der E-Mobilität die technischen und wirtschaftlichen Vorteile zunehmen. Dennoch ist die Umstellung der Mobilität und die Versorgung mit emissionsarmer Energie ein aufwändiger Prozess. Die Vorreiterrolle der Stadtverwaltung in diesem Bereich erscheint daher besonders wichtig.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Entscheidung über das Konzept der investiven Maßnahme
- ✓ Durchführung Akteursgespräche zur Konkretisierung (mit beteiligten Abteilungen)
- ✓ Ggf. Baugenehmigung beantragen
- ✓ Ausschreibung/Beschaffung E-Fahrzeuge, Ladesäulen, PV-Anlagen, Carport
- ✓ Umsetzung der ausgewählten investiven Maßnahme

7.10 Standard KL - Modernisierungsstandard Kaiserslautern

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Konzept Standard KL: Inhalt, Markenbildung, Qualitätsmanagement, Zusammenarbeit der Akteure
- ✓ Beispielhafte Anwendung auf Wohngebäude der 1970er
- ✓ Finanzierung und Förderung im Rahmen des Standard KL

Seit dem Jahr 2000 entwickelt das Energie-Beratungs-Zentrum (EBZ) in Stuttgart Standards für die energetische Gebäudesanierung unter der Marke Stuttgarter Sanierungsstandard.⁵³ Der Standard stellt hohe Anforderungen an die Qualität der Sanierungsarbeiten. Schwerpunkte liegen auf einer optimierten, gewerkeübergreifenden Zusammenarbeit, der Standardisierung technischer Ausführungen sowie der Normierung und Regulation von Sanierungsarbeiten.

⁵³ Online unter: <http://www.stuttgarter-sanierungsstandard.com/stuttgarter-sanierungsstandard/>

Der Standard KL beinhaltet ähnliche Ziele wie der Stuttgarter Sanierungsstandard. Angepasst auf die Stadt Kaiserslautern sollen Qualitätsstandards definiert werden, die insbesondere für die Modernisierung von Altbauten in unterschiedlichen Stadtteilen in Kaiserslautern gelten.⁵⁴

Grundlegendes Ziel des Standard KL ist die Erhöhung der Modernisierungsquote im Gebäudebestand durch

- Gesicherte Qualitätsstandards für Gebäudemodernisierung in Kaiserslautern
- Optimiertes Preis-Leistungs-Verhältnis durch Kooperation und Synergien bzw. Skaleneffekte
- Aufbau und Stärkung eines gewerkeübergreifenden Handwerker- und Beraternetzwerks
- Dauerhafte Motivation der Handwerksbetriebe für Modernisierungen im Standard KL

Bei der Entwicklung und Einführung des Standard KL kann auf bestehende Ergebnisse aus dem Projekt **Stadtumbaugebiet „Aktives Stadtzentrum Kaiserslautern“** und den Stuttgarter Sanierungsstandard aufgebaut werden. Träger des Standard KL könnte z.B. ein (gemeinnütziger) Verein oder die Kreishandwerkerschaft sein.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen können künftig durch RentalCal unterstützt werden. In dem pan-europäischen Forschungsprojekt wird ein kostenloses Online-Tool zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen für Wohnimmobilien entwickelt (www.rentalcal.eu).

7.10.1 Der Standard KL

Mit dem Standard KL soll eine flächendeckende Modernisierung in gesicherter Qualität mit standardisierten Lösungen und effizienten Prozessen erreicht werden. Da Bauherren selbstständig über Ablauf und Umfang der Maßnahmen entscheiden und Leistungen im Rahmen des Standard KL kostenpflichtig sind, muss die Teilnahme am Standard KL einen eindeutigen und transparenten Mehrwert besitzen.

Tabelle 36 stellt beispielhaft den Modernisierungsprozess mit möglichen Leistungen im Rahmen des Standard KL dar:

Tabelle 36: Modernisierungsprozess und Leistungen des Standard KL (TU Kaiserslautern, 2017)

Phase des Modernisierungsprozesses	Aufgabe des Eigentümers	Mögliche Leistung von Standard KL
Vorbereitungs- und Informationsphase	- Sammeln von Informationen zu Möglichkeiten und Ablauf der Modernisierung	- Koordination der Interessenten über die Standard KL Plattform - Nach Möglichkeit frühzeitige Bündelung bei Einkauf identischer Bauteile/Bauleistungen (Sonderkonditionen, Synergien bzw. Skaleneffekte) - Über die Plattform können direkt Termine mit zertifizierten Energieberatern gemacht werden - Eine aktuelle Handwerker- und Beraterdatenbank mit qualifizierten Betrieben wird geführt (Stadt KL)
Planungsphase	- Bestimmung zu erreichendes Modernisierungsniveau - Festlegung durchzuführende Maßnahmen - Erstellung Finanzierungskonzept	- Mit Nutzung der Plattform schaltet sich automatisch das Qualitätsmanagement (QM) des Standard KL hinzu - Energieberater oder Handwerker informieren QM über vorgesehene Maßnahmen - Nach Möglichkeit Bündelung von Einkauf identischer Bauteile und/oder Bauleistungen (Sonderkonditionen) - Sonderkonditionen in Kooperation mit lokalen Kreditinstituten
Ausführungsphase	- Bauliche Umsetzung der Maßnahmen	- Ggf. Betreuung des Baufortschritts durch QM für sachgemäße Durchführung der Maßnahmen

⁵⁴ Der weiterreichende Begriff Modernisierung (Verbesserung) soll in diesem Kontext einfache Sanierungen (Wiederherstellung) miteinschließen (DIN 32736).

Nachbereitungsphase	<ul style="list-style-type: none"> - Soll/Ist-Vergleich Modernisierungsniveau und Kosten - Dokumentation und kontinuierliche Verbesserung 	<ul style="list-style-type: none"> - Mängelfeststellung, Mängelverfolgung (ggf. durch QM)
---------------------	---	--

7.10.2 Standard KL – Markenbildung

Wie der Stuttgarter Sanierungsstandard soll Standard KL als eingetragene Marke etabliert werden. Dies schützt vor unerlaubter Nutzung der Marke und trägt mit zur Qualitätssicherung bei. Für Unternehmen, die sich dem Standard KL anschließen, gelten dazu drei Kernanforderungen:

- Zertifizierung der Handwerksbetriebe und Energieberater
- Regelmäßige Teilnahme an Schulungen, Workshops und Impulsvorträgen zum Standard KL
- Einhaltung der Prozesse des Standard KL

Wie in Stuttgart soll an Gebäuden, die nach dem Standard KL modernisiert werden, durch Gerüstbanner während der Durchführung für den Standard geworben werden. Dadurch soll die Bekanntheit des Standards weiter steigen und Nachahmer motiviert werden. Über die Anzahl der modernisierten Gebäude informiert das MPM regelmäßig auch durch die Medien, insbesondere das Klimaportal (www.klima-kl.de).

7.10.3 Standard KL – Qualitätsmanagement

Durch den Standard KL können unterschiedliche Leistungen zusammengefasst werden. Maßnahmen, die unter der Marke Standard KL ablaufen, sollen weitere Kapazitäten (z.B. der ausführenden Handwerksbetriebe und Fachfirmen) durch getaktete Arbeitsabläufe freisetzen. Dabei wird eine konstant hohe Qualität der Durchführung sichergestellt. Hierzu bindet der Träger des Standard KL fachkundiges Personal für das Qualitätsmanagement (QM) ein:

- Qualitätsprüfung der eingereichten Angebote
- Pflege der Datenbanken, Qualifikationsprüfung der Berater und Handwerksbetriebe
- Begleitung des Bauablaufs selbst als (zusätzlicher) Ansprechpartner für Bauherren (kostenpflichtig)
- Aktualisierung der inhaltlichen Anforderungen, auch durch Berücksichtigung aktueller Gesetzgebung

Das QM erbringt ganz oder teilweise kostenpflichtige Leistungen für Bauherren und soll dadurch möglichst kostendeckend arbeiten (Punkt 7.10.6). Für die Einrichtung des QM des Standard KL können ggf. bereits vorhandene Strukturen in Kaiserslautern genutzt werden.

Energieberatung

Als Grundlage für die spätere Konzeption und Durchführung der Maßnahmen dient die Erstberatung in Form der Energieberatung. Diese könnte – wie bisher – in Räumlichkeiten der Stadt Kaiserslautern (Rathaus Nord) angesiedelt sein und in Zusammenarbeit mit der Verbraucherzentrale erfolgen. Bestehende und neue Quartiersmanager können jeweils in bestimmten Stadtteilen die Erstberatung übernehmen. Der/die Energieberater/in soll nachweisliche Fachkunde besitzen und regelmäßig an Schulungen, Workshops und Impulsvorträgen des Standard KL teilnehmen. Das QM des Standard KL identifiziert qualifizierte Energieberater und fördert den Kontakt zwischen Bauherren und Dienstleistern. Dies erfolgt durch Einbindung der Energieberater in die Handwerkerdatenbank zu einer Baubegleiterdatenbank auf der Homepage der Stadt Kaiserslautern, die durch den MPM gepflegt wird. Die Fachkunde wird wie folgt gewährleistet:

- Eintragung des Energieberaters in Expertenliste (www.energie-effizienz-experten.de/expertensuche/) als Voraussetzung für Förderfähigkeit
- Abschluss als Gebäudeenergieberater (IHK)

Abbildung 64 stellt einen möglichen Prozess der Qualitätssicherung für Beratungsleistungen dar.



Abbildung 64: Beispiel für Prozess der Qualitätssicherung für Beratungsleistungen im Standard KL (TU Kaiserslautern, 2017)

Vor Baubeginn

Um die Durchführung der Modernisierung vorzubereiten, müssen Bauherren die Angebote von qualifizierten Handwerksbetrieben auswerten können. Im Rahmen des Standard KL könnte dazu durch den Träger ein Leitfaden für die Ausschreibung und Vergabe von Handwerksleistungen entwickelt werden. Der Leitfaden könnte folgende Themen behandeln:

- Recherche und Vorauswahl
- Hinweise der Verbrauchzentrale
- Definition von Leistungen
- Ausschreibung
- Vergabe
- Kontrolle

Je nach Größe des Projekts können entsprechend qualifizierte Baubegleiter aus der Baubegleiterdatenbank vorgeschlagen werden.

Bauherren sollen im Rahmen des Standard KL möglichst auf identische Bauteile oder Bauleistungen zurückgreifen, damit Skalen- und Synergieeffekte erzielt werden (Punkt 7.10.6).

Während Bauausführung

Während der Bauausführung steht durch den Standard KL ein Leitfaden für Baubegleiter zur Verfügung. Bauabläufe sollen so koordiniert sein, dass Verzögerungen minimiert werden. Nachbesserungsbedarfe müssen zeitnah dokumentiert, kommuniziert und durchgeführt werden. Durch regelmäßige Begehungen der Baustelle sollen die Ausführung kontrolliert und Fehler unterbunden werden. Hinweise zur Qualitätssicherung während der Durchführung, z.B. von Handwerksbetrieben, sollen möglichst in den Standard KL zurückfließen, wenn sie von allgemeinem Interesse sind.

Insbesondere während der Bauausführung sollen digitale Dienste für das QM genutzt werden. So können der Baufortschritt und Verbesserungsvorschläge automatisch in eine Datenbank übertragen werden, die vom QM des Standard KL bzw. dem MPM kontrolliert wird. Verbesserungsvorschläge können z.B. Gegenstand von Schulungen, Workshops und Impulsvorträgen im Rahmen des Standard KL sein.

Nach Projektfertigstellung

Das QM oder ein Baubegleiter führen nach der Fertigstellung die Begehung und Abnahme des Objekts mit den Beteiligten durch. Mängel sollen durch den Standard KL möglichst vermieden werden. Schlechtleistungen werden registriert und können zum Ausschluss aus der Baubegleiterdatenbank führen bzw. darin registriert werden.

7.10.4 Standard KL – Zusammenarbeit der Akteure

Zurzeit existiert eine Handwerkerdatenbank für die Stadt und den Landkreis Kaiserslautern. Eine Kategorisierung der Unternehmen findet entlang der folgenden Produkte statt:

- Blockheizkraft
- Geothermie
- Holzpellets
- Holzhackschnitzel
- Stückholzheizung
- Photovoltaik
- Wärmepumpe
- Wärmedämmung
- Fensterbau/-austausch
- Solarthermie

Die Gliederung sollte ergänzt und neu geordnet werden. Dabei sollten Erfahrungen aus Gesprächen mit privaten Bauherren berücksichtigt werden. Die Gliederung kann außerdem an der Maßnahmenliste bzw. dem Maßnahmenatlas des Masterplans ausgerichtet werden.

Zertifizierte Energieberater sollten möglichst vor der Auftragsvergabe bei der Konzeption der Maßnahmen unterstützen (Punkt 7.10.3). Dies kann direkt über ein Kontaktformular auf der Internetseite des Standard KL erfolgen. Darin könnten bereits Eckdaten des Projekts enthalten sein, das QM des Standard KL informiert werden und das Projekt an infrage kommende Energieberater weitergeleitet werden. Um einen solchen Prozess auf Basis der Baubegleiterdatenbank zu etablieren, müssten folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Definierte Standards, Zertifizierungen und Qualifikationen für Energieberater und Handwerksbetriebe in der Datenbank
- Aktive Pflege und Bewerbung der Datenbank bei Bauherren, Beratern und Handwerksbetrieben
- Bindung der Berater und Handwerksbetriebe an Ziele und Prozesse des Standard KL

Weiterhin ist festzulegen, ob Bauherren über die Seite des Standard KL Energieberater einzeln auswählen können oder ob die Projekte nach bestimmten Kriterien grundsätzlich allen registrierten Energieberatern angeboten werden.

Netzwerktreffen und Weiterbildung

Ein Teilziel des Standard KL sind normierte technische Lösungen, z.B. Detailausbildungen im Bereich von Dach- und Kellerdeckendämmung oder Anschlusskonstruktionen im Fenster- und Dachbereich, die bei neuen Erkenntnissen kontinuierlich verbessert werden. Dazu sollen Schulungen, Workshops und Impulsvorträge durch das QM des Standard KL initiiert und angeboten werden. Zielgruppe und auch mögliche ReferentInnen sind alle am Standard KL beteiligten Akteure, vor allem Berater und Handwerksbetriebe. Sinnvoll ist die Verbindung mit dem bestehenden Akteursnetzwerk (Abschnitt 1.2).

In den Programmen vernetzen sich die Akteure, tauschen Wissen aus, optimieren gemeinsam den Standard und erweitern ihr Netzwerk. Um dem Standard KL angeschlossen zu sein, ist die aktive Teilnahme an einer bestimmten Anzahl von Programmterminen erforderlich. Die Anzahl kann abhängig von der Netzwerkgröße und Inhalten gewählt werden.

7.10.5 Standard KL – Beispielhafte Anwendung auf MFH aus den 1970er Jahren

Die im Rahmen des Standard KL durchgeführten Maßnahmen sollen technisch, sozial und ökologisch den aktuellsten Anforderungen entsprechen. Die Maßnahmen müssen an typische Merkmale des Gebäudebestands angepasst sein.

Gebäudetypologie Kaiserslautern

In einer Voruntersuchung der TU Kaiserslautern zur Gebäudetypologie wurde das Einsparpotenzial im Stadtgebiet Kaiserslautern geschätzt. Abbildung 65f zeigt das Einsparpotenzial in kWh/a je Stadtteil für EFH und MFH unterschiedlicher Baualtersklassen.

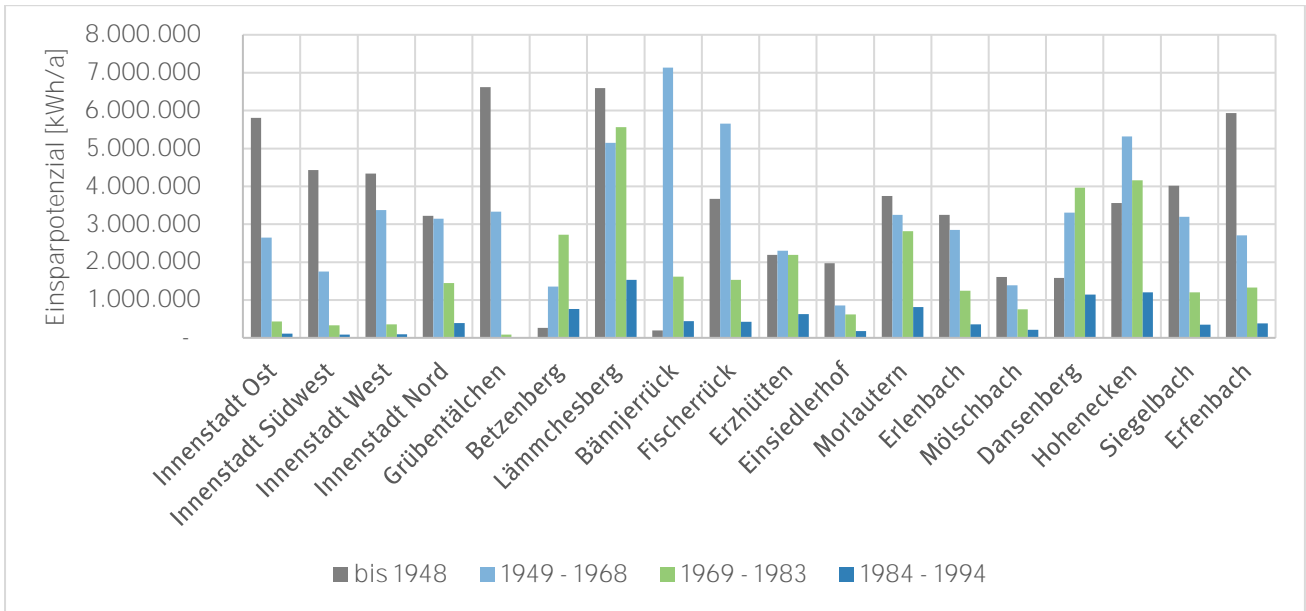


Abbildung 65: Einsparpotenzial bei EFH im Stadtgebiet Kaiserslautern (TU Kaiserslautern, 2017)

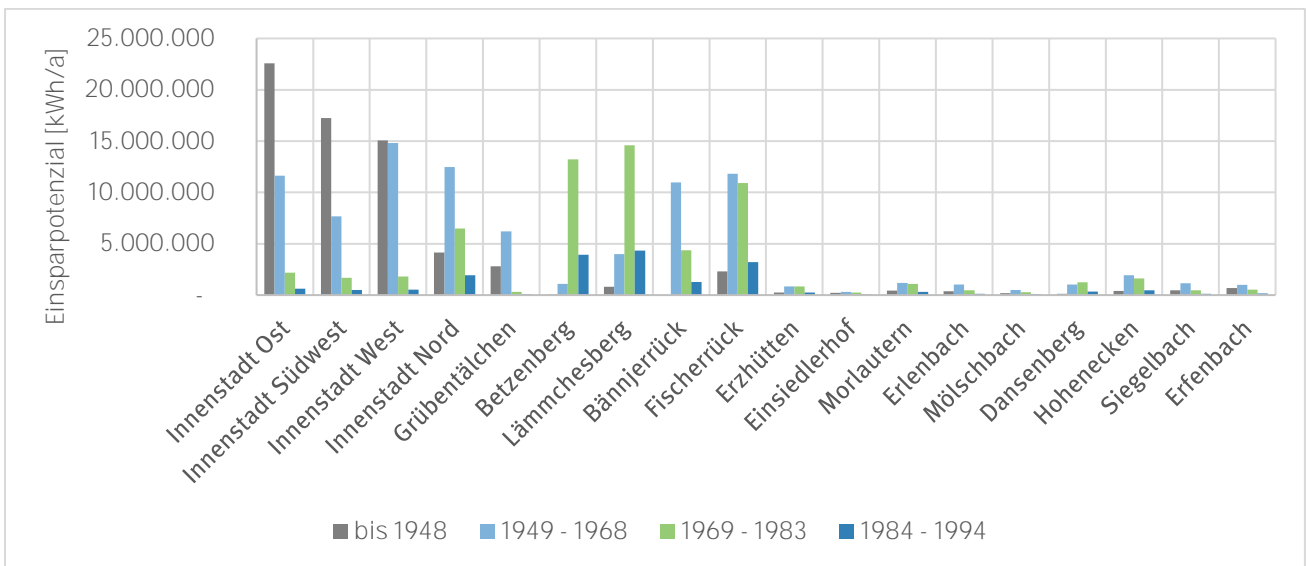


Abbildung 66: Einsparpotenzial bei MFH im Stadtgebiet Kaiserslautern (TU Kaiserslautern, 2017)

Die Daten zeigen z.B. in den Bezirken Betzenberg und Lämmchesberg ein hohes Einsparpotenzial bei Gebäuden der Baujahre 1969-1983, in Innenstadtbereichen vor allem bei Gebäuden mit Baujahren vor 1948.

MFH aus den 1970er Jahren

Die Stadtteile Betzenberg und Lämmchesberg weisen ein überdurchschnittliches Einsparpotenzial bei MFH aus den 1970er Jahren auf. Grundsätzlich umfasst jeder Gebäudetyp bestimmte Merkmale, für die allgemeine

Handlungsempfehlungen gegeben werden können. Für den Standard KL wurden mehrere Modernisierungsstufen definiert, von einfach bis komplett. Eine einfache Modernisierung umfasst grundlegende Maßnahmen, die kostengünstig und schnell durchgeführt werden können. Für MFH aus den 1970er Jahren liegen Handlungsempfehlungen zur energetischen Modernisierung vor, die in Anhang 14.7 beispielhaft wiedergegeben sind.⁵⁵

7.10.6 Standard KL - Finanzierung und Förderung

Finanzierungsmöglichkeiten

Um Bauherren über Fördermöglichkeiten zu informieren, wäre es sinnvoll Informationsquellen auf der Internetseite der Stadt Kaiserslautern bereitzustellen. Dies könnte durch die Verlinkung eines Förderatlas geschehen (z.B. Energieagentur RLP 2017). Solch ein Förderatlas umfasst grundlegende Informationen über Anbieter und Rahmenbedingungen von Förderkrediten und Zuschüssen. Abschnitt 8.3 beschreibt Förderprogramme und Beteiligungsmodelle.

Kooperation mit Lieferanten

Durch Kooperation und Synergien bzw. Skaleneffekte soll das Preis-Leistungs-Verhältnis für Modernisierungen im Rahmen des Standard KL optimiert werden. Hierzu sollen Bauherren möglichst identische Bauteile oder Bauleistungen auswählen, die in größeren Stückzahlen, möglichst in Serie, bezogen werden. Dadurch können Bauprozesse vereinfacht und die Fehlerquote während der Ausführung reduziert werden. Der/die MPM kann in Absprache mit Energieberatern und Handwerksbetrieben Anreize für Maßnahmen so koordinieren, dass gleichzeitig größere Stückzahlen eines Typs gebündelt bestellt werden. Dadurch können Preisvorteile durch Sonderkonditionen bei Einkauf und Lieferung erzielt werden. Die Organisation sollte mit entsprechendem Vorlauf erfolgen und auch berücksichtigen, dass genügende Kapazitäten für den Einbau vorhanden sind bzw. Teile entweder über einen längeren Zeitraum geliefert oder zwischengelagert werden können. Großbestellungen könnten auch mit anderen Masterplankommunen gemeinsam getätigt werden.

Zur Vereinfachung und Beschleunigung von Bauabläufen könnten Maßnahmen quartiers- oder straßenzugweise gebündelt werden. Die finanziellen Einsparungen, auch in Kombination mit entsprechenden Förderprogrammen, könnten dazu genügend große Anreize bieten. Dies setzt allerdings auch besondere kommunikative und organisatorische Leistungen etwa von QuartiersmanagerInnen voraus. Die gleichzeitige Durchführung ermöglicht es auch besonders gut, Ausführungsarten und Prozesse weiterzuentwickeln (Punkt 7.10.3). Schulungen und Workshops könnten im Vorfeld und parallel dazu erfolgen (Punkt 7.10.4).

Kooperationen mit lokalen Kreditgebern

In Zusammenarbeit mit lokalen Kreditgebern (u.a. Stadtparkasse Kaiserslautern) können neue Finanzierungsanreize geschaffen werden (siehe auch Abschnitt 8.3). Eigentümer, die im Rahmen des Standard KL Maßnahmen durchführen, könnten Zugang zu günstigeren Finanzierungsmöglichkeiten erhalten. So sind im Rahmen eines Förderprogramms Energieeinsparung z.B. Sonderkredite, neue Kreditformen oder günstige Kapitaldienste denkbar. Möglich wäre, dass bestimmte Fördergelder nur beantragt werden können, wenn der Standard KL eingehalten wird

Die nächsten Schritte:

- ✓ Bestimmung eines Trägers für Standard KL
- ✓ Umsetzung Konzept Standard KL in die Praxis: Modernisierungsstandard ausarbeiten, Einrichtung Baubegleiterdatenbank auf Homepage der Stadtverwaltung, Einführung Qualitätsmanagement
- ✓ Kontaktaufnahme mit Lieferanten und Finanzierungspartnern
- ✓ Weiterentwicklung Konzept Standard KL: Aufnahme von Hinweisen über normierte technische Lösungen zur Qualitätssicherung während der Durchführung

⁵⁵ Vgl. Johann 2016.

8 Umsetzung und Wertschöpfungspotenziale

Aufbauend auf die in Kapitel 7 entwickelten Maßnahmen wird in Kapitel 8 der Weg zur Erreichung der Klimaschutzziele beschrieben. Hierzu wird ein Umsetzungsfahrplan der nächsten fünf Jahre für die einzelnen Handlungsfelder als erste verbindliche Orientierung der Stadtverwaltung vorgeschlagen. Die Verantwortlichkeit für eine erfolgreiche Umsetzung obliegt dem Masterplanmanagement in Referat 15 (Umweltschutz), dessen Organe vorgestellt und in Beziehung gesetzt werden. Anforderungen an ein erfolgreiches Berichtswesen und Controllinginstrumente sind ebenfalls in diesem Kapitel enthalten. Das Kapitel schließt mit Ausführungen zu Finanzierungsinstrumenten, regionaler Wertschöpfung und der Kooperation mit der Region.

8.1 Umsetzungsfahrplan und Meilensteine in den nächsten fünf Jahren

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Erläuterung Umsetzungsfahrplan bis 2020 (und 2023)
- ✓ Maßnahmen und Meilensteine der Stadtverwaltung in Phase II des Masterplanprojekts (bis 2020)

Der Umsetzungsfahrplan umfasst zeitlich die wichtigsten Maßnahmen und Meilensteine der einzelnen Handlungsfelder I. Energieversorgung, II. GQT, III. Mobilität und IV. Klimaneutraler Alltag für die nächsten fünf Jahre. Zur Erreichung der Teilziele und des Gesamtziels sollen die dargestellten Projekte bis zum Jahr 2023 initiiert bzw. durchgeführt werden. Die Maßnahmen und Projekte sind im Umsetzungsfahrplan priorisiert und sollen durch aktorsübergreifende Maßnahmen wie Anreizsysteme und Partizipation erweitert werden. Abbildung 67 zeigt die priorisierten Klimaschutzmaßnahmen und Aktionen, die zu Beginn der Masterplanumsetzung angestoßen und durchgeführt werden sollen. Einige der dargestellten Maßnahmen umfassen zusätzliche flankierende Maßnahmen. Diese sind in den Maßnahmensteckbriefen und dem Maßnahmenatlas jeweils angegeben (Abschnitt 7.1). In 2020 endet die Förderperiode für den Masterplan durch das BMUB. Gleichzeitig soll in 2020 der erste Statusbericht durch das Masterplanmanagement erstellt werden, der ab dann alle fünf Jahre aktualisiert wird (Punkt 8.2.2).

Der Umsetzungsfahrplan gibt eine erste verbindliche Orientierung für die Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen des Masterplans. Der/die MasterplanmanagerIn (MPM) ist für die Prozesssteuerung während der Umsetzung durch die unterschiedlichen Akteursgruppen verantwortlich (Abschnitt 8.2). Wesentlich hierfür ist die zielgruppengerechte Ansprache und Partizipation der Akteure. Der MPM wird in den jeweiligen Akteursgruppen und Netzwerken die Initiatoren und Akteure für Maßnahmen informieren und mobilisieren. Die wesentlichen Initiatoren und Akteure sind in den Maßnahmensteckbriefen bzw. dem Maßnahmenatlas für jede Maßnahme hinterlegt (Abschnitt 7.1). Einige Maßnahmen können zeitnah initiiert werden. Maßnahmen, die auf Vorarbeiten aufbauen, bedürfen einer gründlichen Vorbereitung und Konzeption. So ist ein langfristiges Ziel der Stadt Kaiserslautern die Steigerung der regionalen Wertschöpfung (Abschnitt 8.5).

Tabelle 37 enthält Maßnahmen für Phase II des Förderprojekts bis Juni 2020 aus dem Umsetzungsfahrplan. Die aufgeführten Maßnahmen bzw. Maßnahmenbereiche können gleichzeitig mehrere Einzelmaßnahmen oder **flankierende Maßnahmen umfassen. In dem Fall steht in der ersten Spalte statt der Maßnahmenummer „Div.“ für Diverse.** Die gezeigten Meilensteine bis 12/2018, 12/2019 und 12/2020 dienen als mögliche Größenordnung für die angegebenen Indikatoren pro Maßnahme.

Abbildung 67 zeigt den Umsetzungsfahrplan bis 2023. Im Maßnahmenatlas sind die Umsetzungszeiträume für jede Maßnahme angegeben. Einige Maßnahmen sind andauernd über einen langen Zeitraum wirksam (mit wechselnden Initiatoren und Akteuren) bzw. müssen für eine andauernde Effektivität durch einen Träger verstetigt werden (z.B. KLimasparbuch, Standard KL).

Tabelle 37: Maßnahmen der Phase II aus dem Umsetzungsfahrplan (TU Kaiserslautern, 2017)

Nr.	Maßnahmentitel	Indikator	Meilensteine		
			12/2018	12/2019	12/2020
1.1, 2.1 & 2.6	Modernisierung TGH/ Heizungssystem & Optimierung Wärmeverbrauch	Reduzierung Wärmebedarf ggü. 2015 [%]	5	6	7,5
2.2	Modernisierung Beleuchtungstechnik	Beleuchtungstechnik modernisiert in SV- Liegenschaften [%]	30	40	50
2.3	Solarthermie	Kollektorfläche [m ²]	50	100	200
2.5	Ausbau PV-Anlagen (SV)	PV-Anlagen [MWp]	1,2	1,5	1,8
4.1	Sektorenkopplung am Beispiel Pfaffgelände	Konzept Sektorenkopplung für Pfaffgelände entwickelt			ja
4.2	Erstellung Energiekataster (Abwärmeatlas)	Kooperierende Unternehmen [Anzahl, gesamt]	5	15	20
4.4	Modernisierung Straßenbeleuchtung	Anteil der 2015 noch nicht modernisierten Straßenbeleuchtung modernisiert [%]	18	24	30
5.1	Netzwerk Unternehmen Einsiedlerhof (LEEN)	Kooperierende Unternehmen [Anzahl, gesamt]	3	6	10
5.1.3	Vernetzung der Energiebeauftragten, Suffizienznetzwerk aus NPO, Bildung, Green Office, Kirchen	Netzwerkveranstaltungen [Anzahl Teilnehmer, kumuliert]	20	50	80
5.2.2	Fact Sheets Solaranlagen, Energieeffizienzgebäude	Erstellung Erstinformation TGH („Fact Sheet“) Erstellung Erstinformation Solaranlagen („Fact Sheet“)	ja ja	-	-
5.2.2, 5.17,	Optimierung Bauberatung Stadt (Kombi Energieberatung)	Veröffentlichung Klimaschutz-Fibel Kombination von Bauberatung mit Energieberatung	ja ja	-	-
5.2.3	Standard KL (Abschnitt 7.10)	Trägerschaft Standard KL gefunden	ja	-	-
	Klimaportal/überarbeitete Handwerkerdatenbank (Baubegleiterdatenbank)	Handwerkerdatenbank im Klimaportal integriert Kooperierende Betriebe [Anzahl, gesamt]	ja 30	50	50
5.3	Effizienzinitiative Weiße Ware	Getauschte/verkaufte Geräte [Anzahl, kumuliert] im Aktionszeitraum (Information durch Handelspartner)	0	50	300
5.4	Vorschlagssystem für Energieeffizienzmaßnahmen	Vorschläge [Anzahl, kumuliert]	30	70	120
5.10	Stromsparkampagne	Einsparung Endenergieverbrauch Private Haushalte (kWh) (jährlich)	-	-	-
5.22	Verstetigung Masterplan & MPM	MPM-Planstelle für mind. 12 weitere Monate eingerrichtet und besetzt	ja	ja	Ja
6.1	KLimasparbuch	KLimasparbuch erstellt und eingeführt	ja		
6.3	Bauleitplanung (Solaranlagen immer möglich)	Ausnahmen/Vorgaben hinsichtlich Solaranlagen in Bauleitplanung integriert	-	ja	-

6.9	Anpassung Erbbaupachtrecht	Ausnahme für PV-Anlagen in Erbbaupachtrecht integriert	-	ja	-
Div.	Information – Anreize – Aktivierung – Beratung – Partizipation	Beratungen [Anzahl, kumuliert]	50	200	450
		Partizipationsveranstaltungen [Anzahl Teilnehmer, kumuliert]	50	200	350
		Durchführung einer Informationsveranstaltung und Teilnahme an einer Verbrauchermesse (pro Jahr)	1	1	1
		Öffentlicher Bericht zur THG-Bilanzierung/ Umsetzungsstand Maßnahmen im Rat mit anschließender Veröffentlichung auf dem Klimaportal der Stadt (pro Jahr)	1	1	1
Div.	Kontinuierlicher Austausch, akteursübergreifend	Mitglieder in Klimaschutznetzwerken [Anzahl]	40	60	100
		Individuelle Kontakte MPM mit Akteuren, dokumentiert [Anzahl, kumuliert]	20	60	200
		Austausch mit Akteuren vor Ort unter Beteiligung der Steuerungsgruppe (=Masterplanbeirat) (pro Jahr)	2	2	2
Mob-Konzept	Umstellung städtischer Fuhrpark auf E-Autos	Anzahl zusätzliche Elektroautos [Anzahl, gesamt] ggü. 2017	-	5	10

Durch den Katalog von Klimaschutzmaßnahmen und den Umsetzungsplan wird die Richtung im Masterplan vorgegeben. Im Zeitablauf der Umsetzung muss jedoch kontinuierlich nachgesteuert werden, indem Fortschritte der initiierten Maßnahmen mit den jeweiligen Zielen abgeglichen und neue technologische Entwicklungen in die Betrachtung aufgenommen werden. Die Verstetigung der Maßnahmenumsetzung erfolgt durch das Masterplanmanagement. Dieses muss gewährleisten, dass alle Akteure in der Stadt kontinuierlich über Fortschritte informiert und zum Handeln in ihrem Tätigkeitsbereich aktiviert werden.

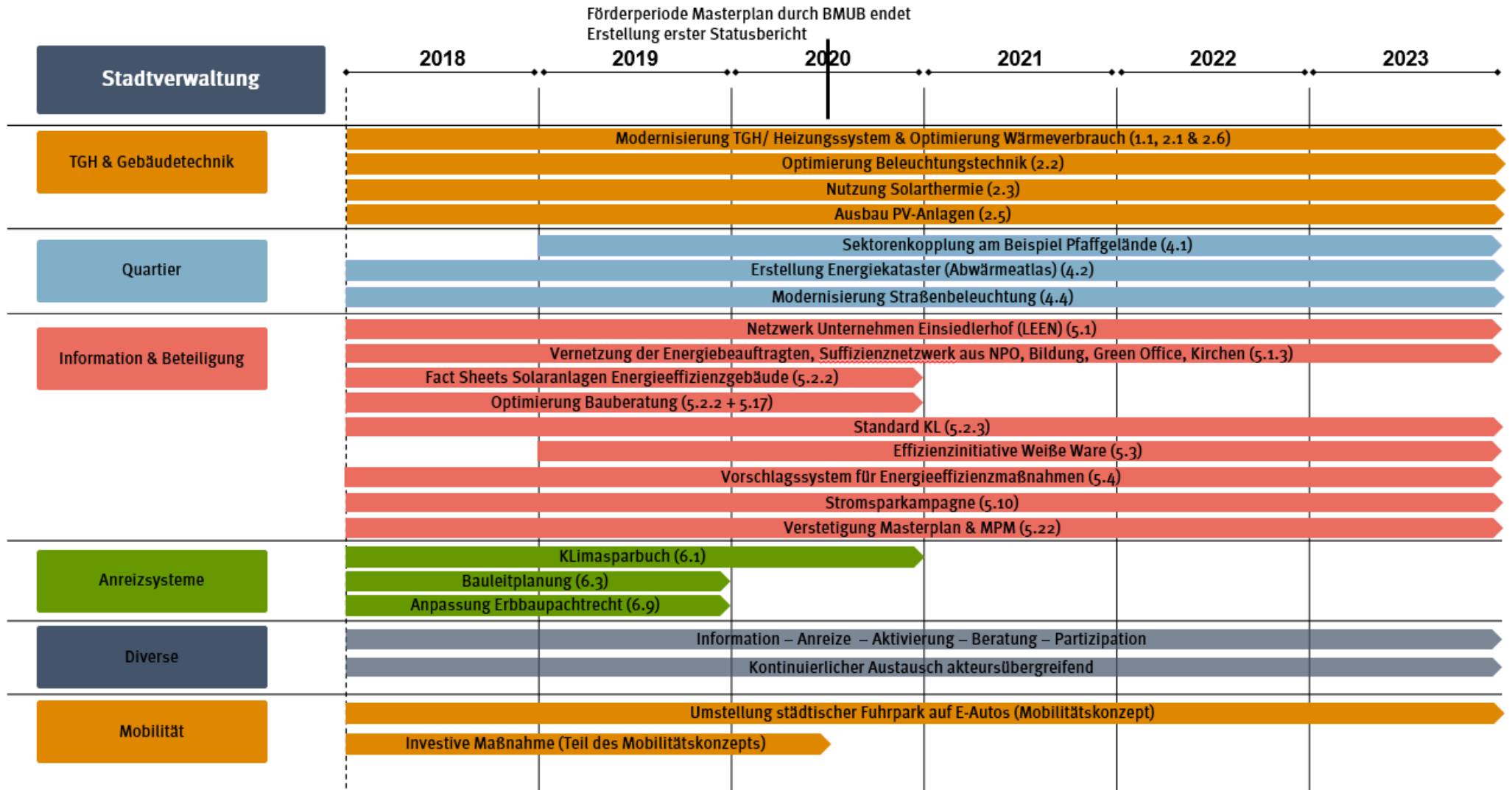


Abbildung 67:Umsetzungsfahrplan mit Maßnahmen und Meilensteine bis 2023 (TU Kaiserslautern, 2017)

8.2 Verstetigung Masterplanprozess

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Umsetzungsgremium (UG) - Organisationsstruktur, MasterplanmanagerIn (MPM), Interne Koordinierungsrunde Klimaschutz, Masterplanbeirat (MPB)
- ✓ Berichtswesen - Umsetzungsberichte, Statusberichte, Indikatoren
- ✓ Ausstattung und Anpassungen des Masterplanprozesses

Die praktische Umsetzung der im Masterplan festgelegten Ziele und Maßnahmen erfolgt in den zuständigen Referaten der Stadt Kaiserslautern unter Steuerung durch das Referat Umweltschutz und durch eigenes Handeln der internen und externen Akteure. Durch klare Organisationsstrukturen und definierte Zuständigkeiten, die im Wesentlichen bereits existieren und punktuell anzupassen sind, ist die Masterplanumsetzung effektiv in die bestehende städtische Organisationsstruktur integriert. Die Steuerung erfolgt durch das Referat Umweltschutz und die dort angesiedelte interne Koordinierungsrunde Klimaschutz, der Referate der Stadtverwaltung und Organe des Konzerns angehören. Die Institutionalisierung eines Masterplanmanagements hat sich auch in anderen Masterplankommunen als wesentlicher Faktor für eine erfolgreiche Umsetzungsphase bewährt. Eine mögliche Organisationsstruktur für die Verstetigung des Masterplanprozesses ist in Abbildung 68 dargestellt. Die Funktionen und Aufgaben werden in Punkt 8.2.1 näher erläutert.

Entscheidend für die Verstetigung des Masterplanprozesses, und auch vom PtJ gefordert, ist ein Berichtswesen, das sich auf ein regelmäßiges Monitoring und Controlling der Maßnahmen stützt (Punkt 8.2.2). Auch bisher sind zur Umsetzung des Klimaschutzkonzepts 2020 jährliche Umsetzungsberichte erstellt worden. Sie werden mit dem Masterplan 100 % Klimaschutz weitergeführt.

Verhaltensänderungen der Akteure sind durch initiierte und flankierende Aktivitäten bzw. Kampagnen zu beeinflussen. Letztere dienen gleichfalls dazu, den Bekanntheitsgrad des Masterplans zu erhöhen und dessen Präsenz im Stadtleben weiter wachsen zu lassen. Kapitel 9 geht auf die Aspekte Partizipation und Akzeptanz ausführlich ein. Im Maßnahmenatlas sind zahlreiche Aktivitäten und Kampagnen beschrieben.

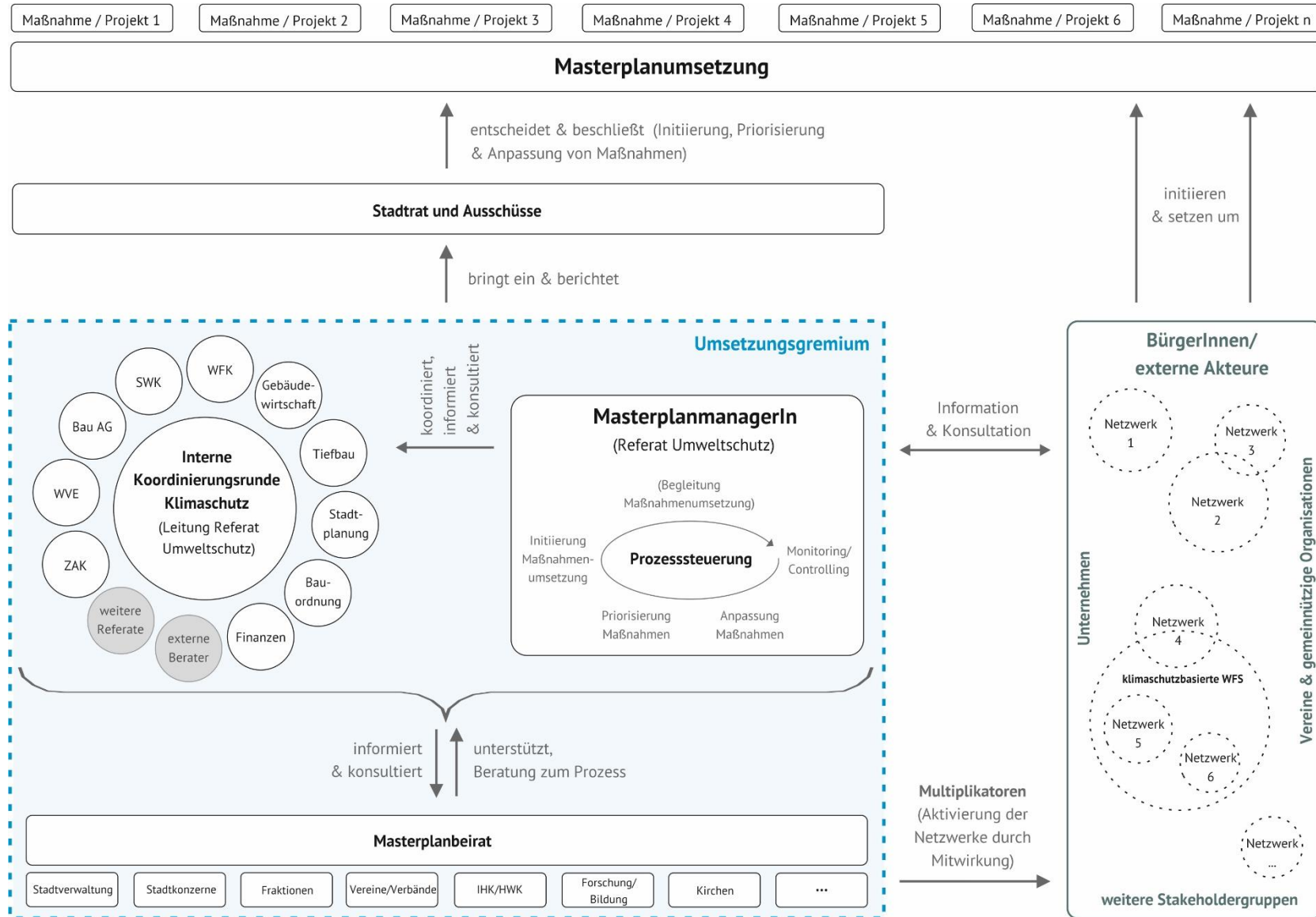


Abbildung 68: Organisationsstruktur für die Verstetigung des Masterplanprozesses (TU Kaiserslautern, 2017)

8.2.1 Umsetzungsgremium (UG)

Das Umsetzungsgremium dient dazu, dass die Umsetzung des Masterplans fortwährend geplant, gesteuert und kontrolliert wird. Es bündelt das Wissen der einzelnen Referate der Stadt sowie der Unternehmen im Konzern und ermöglicht es, dieses zielgerichtet in Bezug auf Zielerreichung einzusetzen. Die empfohlene Organisationsstruktur setzt sich aus drei Bausteinen zusammen: dem/der MasterplanmanagerIn (MPM), der internen Koordinierungsrunde Klimaschutz und dem Masterplanbeirat (MPB).

MasterplanmanagerIn (MPM)

Der/die MPM kann als „Gesicht des Masterplans“ aufgefasst werden. Er/sie stellt das verbindende Element zwischen interner und externer Kommunikation dar und ist insbesondere für eine transparente Kommunikationspolitik verantwortlich. Der/die MPM muss sich als „NetzwerkerIn“ darstellen, der/die Multiplikatoren aus der Bevölkerung, lokalen Vereins- oder Unternehmenslandschaft etc. identifiziert, motiviert und miteinander vernetzt. Auf diese Weise soll die eigenständige Bildung von Netzwerken sowie die Durchführung von „bottom-up“-Projekten zur Erreichung der Masterplanziele begünstigt werden. Der/die MPM wird während der Masterplanumsetzung stellvertretend mit den jeweiligen SchirmherrInnen eines Netzwerkes fortlaufend im Austausch stehen und diese über aktuelle Entwicklungen im Masterplan informieren als auch konsultieren.

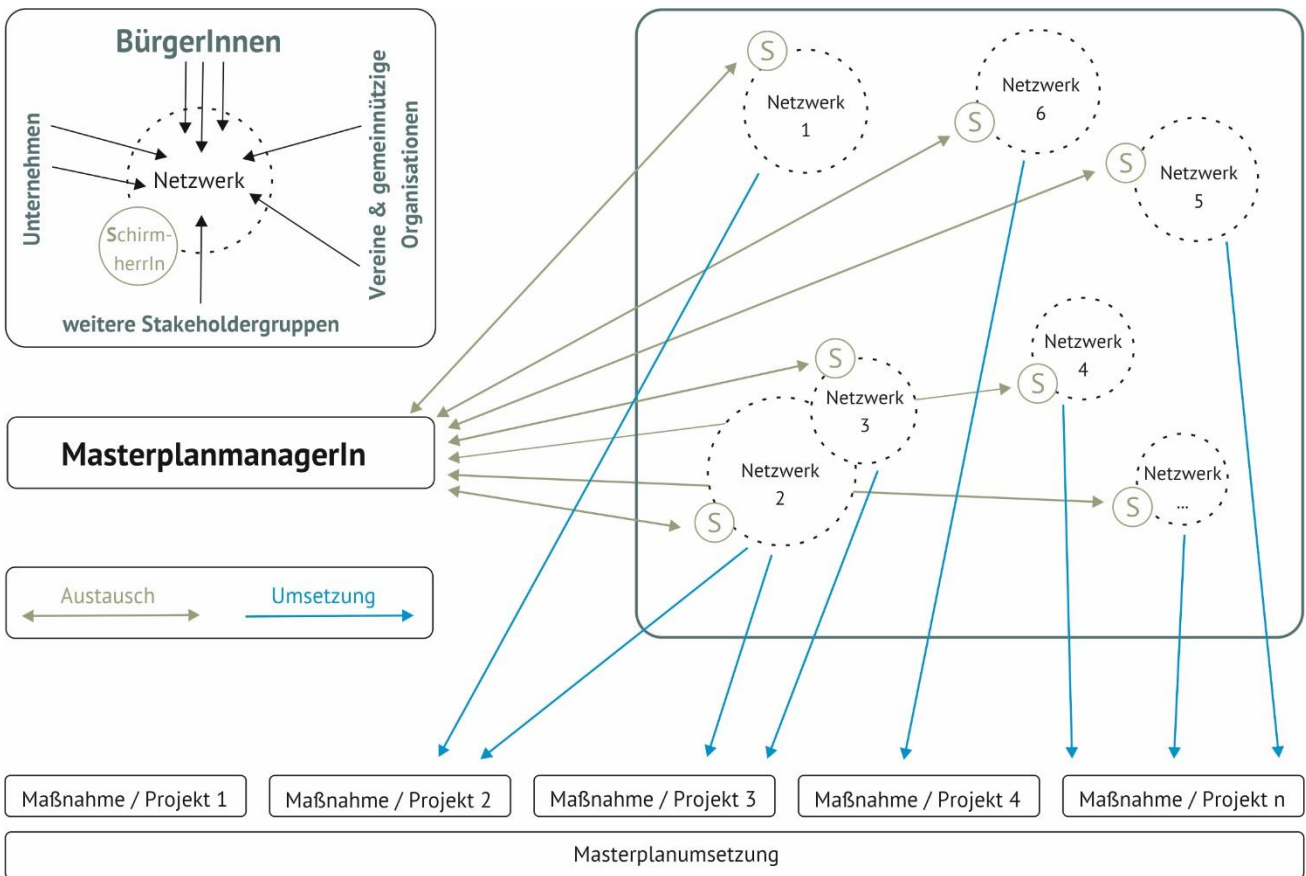


Abbildung 69: Rolle des MPM im Masterplanprozess (TU Kaiserslautern, 2017)

Der/die MPM ist auch in hohem Maße für die Begleitung der Realisierung der Einzelmaßnahmen des Masterplans (z. B. Konzipierung und Einreichung von Förderanträgen, Vernetzung von Schlüsselpersonen und Entscheidungsträgern, Moderationsfunktion etc.) verantwortlich. Weiterhin werden die Einzelmaßnahmen in den unterschiedlichen Bereichen durch ihn/sie koordiniert und gesteuert. Je nach Einzelmaßnahme stimmt er/sie Projektpläne (Ablauf- und Ressourcenpläne) im Netzwerk ab. Zudem prüft der/die MPM geeignete Partizipationsformen für die Bevölkerung und weitere Interessensgruppen im Rahmen des Umsetzungsprozesses der jeweiligen Projekte.

Eine weitere Hauptaufgabe des/der MPM ist das Monitoring und Controlling der Umsetzungsphase. Der/die MPM besitzt den Gesamtüberblick über den Umsetzungsgrad und berichtet über den Fortschritt der Einzelmaßnahmen an

die interne Koordinierungsrunde, den Masterplanbeirat (MPB) und den Rat der Stadt Kaiserslautern. Neben der Datenbeschaffung zu Einzelmaßnahmen und deren Aufbereitung fällt die Erstellung von jährlichen Umsetzungsberichten zu den Einzelmaßnahmen in dessen Aufgabenbereich. Darüber hinaus ist er/sie für die Fortschreibung der THG- und Endenergiebilanz (Kapitel 3) der Stadt mittels Klimaschutz-Planer verantwortlich. Die Instrumente im Rahmen des Monitoring und Controlling sollen so abgestimmt sein, dass sie den Anforderungen des PtJ und des Klimaschutz-Planers entsprechen. Arbeitsprozesse sollen dadurch möglichst synchron und effizient sein.

Alle fünf Jahre erstellt der/die MPM in Zusammenarbeit mit der internen Koordinierungsrunde einen umfassenden Statusbericht. Umsetzungs- und Statusberichte werden publiziert (z.B. auf der Homepage der Stadtverwaltung, im Klimaportal unter www.klima-kl.de), um die Transparenz der Umsetzungsfortschritte für alle Interessensgruppen zu erhöhen (Punkt 8.2.2). Die Software Klimaschutz-Planer unterstützt auch die Erstellung von Umsetzungsberichten und Benchmarks. Die Dokumentation des Masterplanprozesses ist ein entscheidendes Kriterium für die Effektivität des Umsetzungsremiums, da diese die Diskussions- und Entscheidungsgrundlage für die interne Koordinierungsrunde, den MPB und den Stadtrat bzgl. der weiteren Umsetzung bildet. Sie ist die Grundlage dafür, die Ziele im Blick zu behalten und ggf. nachzusteuern.

Interne Koordinierungsrunde Klimaschutz

Die Kooperation zwischen der internen Koordinierungsrunde Klimaschutz und dem/der MPM bildet die Kernfunktion zur Verstetigung des Masterplanprozesses. Aufgrund der vielseitigen Aufgaben für die erfolgreiche Gestaltung der Umsetzungsphase benötigt der/die MPM verwaltungsinternen Rückhalt und Unterstützung. Die interne Koordinierungsrunde unterstützt den/die MPM bei der Umsetzung der Einzelmaßnahmen und verfolgt auf Grundlage der Dokumentation durch den/die MPM die kontinuierliche Zielerreichung des Masterplans. In der internen Koordinierungsrunde werden aktuelle Entwicklungen in Bezug auf den Masterplan und der Umsetzungsstand der Einzelmaßnahmen erörtert. In diesem Kontext priorisiert die interne Koordinierungsrunde gemeinsam mit dem/der MPM Einzelmaßnahmen, die im nächsten Schritt jeweils umgesetzt werden sollen. Des Weiteren werden auch mögliche Fehlentwicklungen bei Einzelmaßnahmen diskutiert, um geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen oder Alternativen zu entwickeln. Vertreter der internen Koordinierungsrunde wirken als Multiplikatoren in ihre jeweiligen Ämter und Referate hinein und sind für die Gewährleistung des notwendigen Rückhalts für den/die MPM verantwortlich. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgt in deren Zuständigkeit.

Bei spezifischen Fragestellungen sollte die interne Koordinierungsrunde weitere städtische Referate/Ämter oder externe Berater hinzuziehen, um die entsprechende Fachexpertise sowie eine objektive Betrachtung von Problem- bzw. Fragestellungen zu gewährleisten (Abbildung 68).

Der Masterplanbeirat (MPB)

Der mit Beginn des Förderprojekts in 2016 begründete Masterplanbeirat (MPB) hat während der Erstellungsphase des Konzepts eine beratende Funktion übernommen und behält diese auch während der Umsetzungsphase bei. MitgliederInnen des MPB sind gleichzeitig Multiplikatoren und Treiber für externe Akteure. Aus dem Beirat heraus sollen die Umsetzung mitgesteuert und bei Bedarf ggf. Arbeitsgruppen gebildet werden oder eine aktive Beteiligung in den Netzwerken erfolgen. Die interne Koordinierungsrunde und der/die MPM werden den Beirat in regelmäßigen Abständen (z.B. halbjährlich) über die Umsetzungsfortschritte informieren und hinsichtlich geplanter bzw. anzupassender Maßnahmen konsultieren. Der MPB übernimmt eine beratende Funktion und eignet sich insbesondere aufgrund der repräsentativen Zusammensetzung mit Vertretern aus Stadtpolitik, Stadtkonzern sowie kommunalen Verbänden und Organisationen, die eine breite Interessenslandschaft widerspiegeln.

8.2.2 Berichtswesen

Im Zeitablauf der Umsetzung des Masterplans muss kontinuierlich nachgesteuert werden. Der Fortschritt in den jeweiligen Maßnahmen ist mit den gesetzten Zielen abzugleichen, und neue Entwicklungen, die technologischer, wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Natur sein können, müssen auf ihren Einfluss und ihre Praktikabilität überprüft werden. Das Berichtswesen umfasst regelmäßige Umsetzungsberichte und Statusberichte, die mit geeigneten Indikatoren hinterlegt sind.

Umsetzungsberichte

Für zentrale Maßnahmen, die direkt einzelnen Akteuren zuordenbar sind, werden turnusmäßig Umsetzungsberichte erstellt, mit denen Fortschritte und Ergebnisse bewertet werden können. Der/die MPM erstellt die Umsetzungsberichte und steht hierzu mit den Akteuren in Verbindung. Für die Erstellung ist er/sie auf aussagekräftige Daten und Informationen von den Akteuren angewiesen.

Die Berichterstattung ist in einem Prozess angeordnet und wiederholt sich zyklisch. Als Zyklus wird für Umsetzungsberichte wie auch bisher eine jährliche Berichterstattung angestrebt. Die Umsetzungsberichte werden dem Rat der Stadt Kaiserslautern vorgelegt und anschließend auf der Homepage der Stadt Kaiserslautern veröffentlicht.

Statusberichte

Für die Darstellung von Erfolgen und die Optimierung des Umsetzungsprozesses finden kontinuierliche Erhebungen statt, die auf Indikatoren basieren. Diese umfassen die qualitativ und quantitativ erhobenen Indikatoren zur Erstellung der THG-Bilanz und das Monitoring/Controlling mittels der Umsetzungsberichte.

In einem kontinuierlichen Fünf-Jahres-Zyklus erstellt der/die MPM erstmals 2020 auf dieser Grundlage aussagekräftige Statusberichte über den Gesamtfortschritt und Zielerreichungsgrad der Masterplanumsetzung. Die Statusberichte sind das zentrale Element im Berichtswesen für die Umsetzung des Masterplans. Die Berichte dienen der Hinterfragung der Maßnahmen und ggf. der Anpassung an geänderte Rahmenbedingungen. Bei der Erstellung der Statusberichte wird gleichzeitig der Umsetzungsfahrplan für weitere fünf Jahre fortgeschrieben.

Da die Statusberichte, wie auch die Umsetzungsberichte, allgemein zugänglich gemacht werden, dienen sie gleichfalls dazu, den Bekanntheitsgrad des Masterplans zu erhöhen und dessen Präsenz im Stadtleben weiter wachsen zu lassen. Aus dem Maßnahmenatlas umgesetzte Aktivitäten und Kampagnen tragen ebenfalls zur Verstetigung der Umsetzung bei und sind dementsprechend in die Berichterstattung zu integrieren. Zusammenfassend zeigt sich für den Aufbau des Statusberichts die Struktur in Abbildung 70.

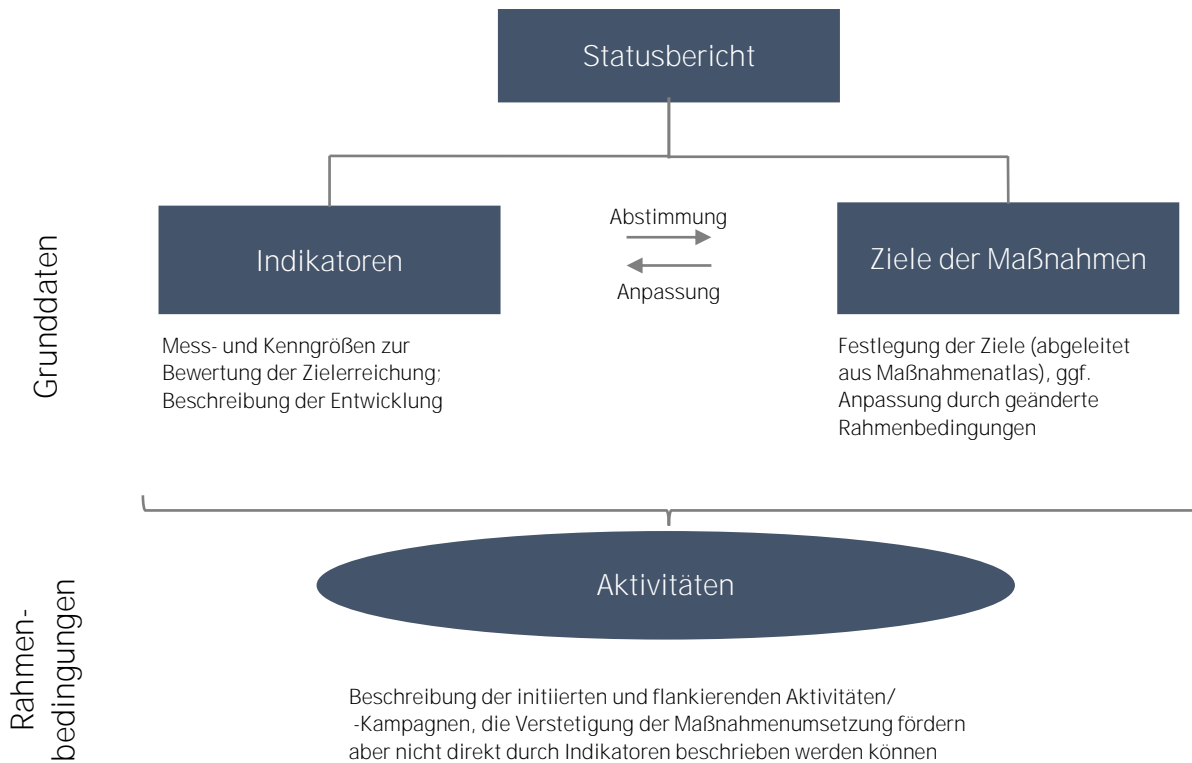


Abbildung 70: Aufbau Statusbericht (TU Kaiserslautern, 2017)

Die langfristige Auslegung des Masterplans von mehr als 30 Jahren wird neben der kontinuierlichen Anpassung der Indikatoren und Aktivitäten ggf. auch Anpassungen in Aufgabenbereichen des Masterplanmanagements bedingen.

Abbildung 71 zeigt beispielhaft, wie ein Monitoring und Controlling für die Maßnahmen zur energetischen Modernisierung der EFH durchgeführt werden könnte.

Akteur/Nr.	PHH/1.1(b),2.1,2.8	Maßnahme	Energetische Modernisierung MFH				
Beschreibung	Modernisierung TGH und TGA in bestehenden MFH						
Maßnahme zu	12%	umgesetzt	Beginn	2015	Ende	2050	
Akteure	Gebäudeeigentümer, Energieberater, Handwerker						
Indikatoren; Hauptindikator für Maßnahmenumsetzung						Einheit	
1	MFH energetisch modernisiert					Anzahl	
2	Durchschnittlicher Modernisierungsgrad bei energetisch modernisierten MFH					%	
3	MFH Vollmodernisierungsäquivalente (aus Indikator 1 und 2)					Anzahl	
Datengrundlage							
Zielwerte							
	jährlich	2015	2016	2017	2018	2019	2050
1	294	293	586	881	1.174	1.467	10.269
2	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
3	235	234	469	705	939	1.174	8.215
IST-Werte							Stand
1	430	28	400	520	370		1.318
2	78%	79%	79%	72%	84%		78%
3	334	22	316	374	311	0	1.023
Bewertung	Zielwert knapp erreicht; nur tlw. Vollmodernisierungen						
Hemmnisse	Hohe Kosten, Denkmalschutz						
(Begleitende) Aktivitäten	initiiert	Standard KL (SV_5.2.3)					
	geplant	Thermographieinitiative (SV_5.2.4), Erstinformation TGH (SV_5.2.2)					
Anmerkungen	Ermittlung Vollmodernisierungsäquivalente über durchgeführte Maßnahmen (Basis: Wärmeverlustanteil, Dena): Außenwände 30 %, Fenster 12 %, Dach 21 %, Keller 11 %, Heizung 14 %, Lüftung 12 %						
Durchgeführte Projekte							
Jahr	2018						
Projekte	Städtebauförderung Innenstadt West (ca. 20 % Zuschuss)						
	Werbekampagne: Bewerbung des Programms durch Presse, Homepage, Quartiersmanagement						
	Evaluation der Projekte (Städtebauförderung) mit Analyse der Wirksamkeit durchgeführter Maßnahmen						
Anmerkungen							

Abbildung 71: Muster für ein Controllingblatt zu Maßnahmen des Masterplans (TU Kaiserslautern, 2017)

Indikatoren

Indikatoren (Kennzahlen) stellen die Grunddaten eines Berichts dar und können in Relation zu ihren historischen oder angestrebten Werten gesetzt werden. Zudem ermöglichen Indikatoren ein gezieltes Benchmarking, um Umsetzungserfolge (ggf. auch zwischen unterschiedlichen Maßnahmen) miteinander vergleichen zu können.⁵⁶ Der MPM dokumentiert in regelmäßigen Abständen den Umsetzungsprozess und die prozessbegleitende Zielerreichung anhand der Indikatoren. Dadurch wird der Umsetzungsstand der Maßnahmen kontinuierlich kontrolliert und bewertet. Bei Hemmnissen kann aktiv gesteuert werden.

⁵⁶ Ein Benchmarking könnte ggf. auch andere Kommunen in der Region einbeziehen (Abschnitt 8.5).

Die meisten Maßnahmen können durch Indikatoren bewertet werden. Wichtig ist, dass die Indikatoren in Abstimmung mit den Akteuren festgelegt und kommuniziert werden. Die Anzahl der Indikatoren sollte je Maßnahme so gering wie möglich sein. Ein bis drei Indikatoren reichen i.d.R. aus, um Maßnahmen zu bewerten.

Indikatoren sind unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien festzulegen:

- Datengrundlage: Verfügbarkeit, Aktualität, vorhandener Datenpool, Erhebung von Daten, Aufwand/Nutzen-Verhältnis
- Aussagekraft über Erreichungsgrad der vorgegebenen Ziele: Zielwerte bei Umsetzung der Maßnahmen
- Art und Weise der Beeinflussbarkeit hinsichtlich der Zielerreichung durch beteiligte Akteure (Energieversorger, Verbraucher, **Stadtverwaltung, ...**)

Indikatoren können dabei sowohl direkte Kennzahlen sein als auch messbare Ersatzgrößen, mittels derer ansonsten schwer greifbare Sachverhalte beschrieben werden können.

Für die Steuerung und Dokumentation können folgende zentrale Indikatoren genutzt werden. Eine Erweiterung der Indikatoren prozessbegleitend zur Masterplanumsetzung ist grundsätzlich sinnvoll. Vorhandene Indikatoren, die sich bewährt haben, sollen weitergenutzt werden. Der/die MPM passt Indikatoren bei Bedarf an. Zentrale Indikatoren müssen in den Klimaschutz-Planer übertragbar sein.

In Tabelle 37 sind einige der Indikatoren bereits auf Maßnahmen der Phase II aus dem Umsetzungsfahrplan angewendet (Abschnitt 8.1).

Alle Handlungsfelder:

Bilanziell

- THG-Emission pro Kopf der Bevölkerung (t/EW)
- THG-Intensität der Sektoren oder Energieformen
- Anteil regenerativer (THG-freier) Energieträger am Energieverbrauch
- Energieintensität im Industriesektor (Energieverbrauch pro EUR Wertschöpfung)
- Wärmeverbrauch Private Haushalte (kWh/m²)
- Endenergieverbrauch Private Haushalte (kWh/EW) (jährlich)
- Endenergieverbrauch Industrie und GHD (kWh/Beschäftigte) (jährlich)
- Energiekennwerte Verwaltungsgebäude, Schulen (kWh/m²)
- Energiekennwert Straßenbeleuchtung (kWh/EW)
- Anteil EE am Wärmeverbrauch Stadt und -verwaltung (%)
- Anteil EE am Stromverbrauch Stadt und -verwaltung (%)
- Anteil KWK am Energieverbrauch Stadt und -verwaltung (%)
- Abfallaufkommen (kg/EW)

Nicht-Bilanziell

- Anzahl/Anteil der Mitglieder in Klimaschutznetzwerken
- Anzahl Teilnehmer pro Veranstaltungen
- Lufthygiene (z.B. Reduzierung Stickoxide, Feinstaub, Ozon)
- Anzahl Energieberatungen pro Jahr
- Wertschöpfung/ausgelöste Investitionen
- Entwicklung Mietkosten (Kalt-/Warmmiete; Anteil Nebenkosten)
- Anzahl/Anteil modernisierter Gebäude im Stadtgebiet (Energieausweis)

Handlungsfeld Mobilität:

Weitere

- Modal-Split⁵⁷ (MIV, ÖPNV)
- THG-Kennwert der Fahrzeugflotte der Stadtverwaltung (g/km)
- Anteil nachhaltiger Mobilität am Verkehrsaufkommen
- Anteil nachhaltiger (E-)Fahrzeuge in Flotten

⁵⁷ Im MIV und ÖPNV wird oft der Modal-Split zur Umweltverträglichkeitsbewertung des Mobilitätsaufkommens herangezogen. Der Modal Split bildet die Verteilung des Transportaufkommens auf unterschiedliche Verkehrsmittel ab.

8.2.3 Ausstattung und Anpassungen des Masterplanprozesses

Die erläuterte Organisationsstruktur und Funktionsweise des Masterplanprozesses kann bedarfsweise angepasst werden. In jedem Fall sollte die Institutionalisierung des Umsetzungsgremiums offiziell durch den Stadtrat beschlossen werden, um dieser Organisationsform entsprechendes Gewicht zu verleihen. Ziel muss eine agile und flexible Organisationsstruktur sein, die reaktionsfähig externen Einflüssen und Rahmenbedingungen begegnen kann. Die Organisationsstruktur muss eine ziel- und ressourcenorientierte Zusammensetzung des Managementsystems sicherstellen. Dabei muss ein regelmäßiger referatsübergreifender Wissenstransfer stattfinden.

Die Stelle des/der MPM wird im Rahmen der Bundeklimaschutzinitiative bis zum Jahr 2020 gefördert. Der/die MPM sollte jedoch auch darüber hinaus, möglichst für die gesamte Umsetzung des Masterplans bis 2050, der/die zentrale MitarbeiterIn für den Klimaschutz in der Stadtverwaltung Kaiserslautern bleiben. Eine langfristige Unterstützung der Personalausgaben durch den Bund wäre wichtig, um die Fortführung dieser Planstelle für die gesamte Dauer der Masterplanumsetzung sicherzustellen.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Bestehendes Masterplanmanagement in der Stadtverwaltung Kaiserslautern langfristig erhalten
- ✓ Förderung von Netzwerkbildungen bzw. Unterstützung zur (Re-)Aktivierung bestehender Netzwerke
- ✓ Controllingprozess fortführen, ggf. Indikatoren ergänzen
- ✓ Personenbezogene Festlegung der Verantwortlichkeiten
- ✓ Festlegung des Indikatorsystems für die Masterplanumsetzung

8.3 Finanzierungsinstrumente und Beteiligungsmodelle

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Finanzierungsmöglichkeiten des Masterplans in Hinblick auf Förderprogramme
- ✓ Diskussion neuer Finanzierungs- und Beteiligungsinstrumente

8.3.1 Finanzierung im Rahmen von Förderprogrammen:

Die Förderlandschaft für den EE-Ausbau und Energieeffizienzmaßnahmen ist äußerst vielfältig. Neben den Programmen auf europäischer Ebene stellen auch der Bund sowie verschiedene Bundesländer Finanzmittel zur Verfügung, welche zur Realisierung der identifizierten Maßnahmen, genutzt werden können. In der Umsetzungsphase des Masterplans sollte geprüft werden, welche bestehenden Förderprogramme der unterschiedlichen Ebenen für die Finanzierung der jeweiligen Maßnahme am geeignetsten sind. Hierbei sollten auch Förderprogramme benachbarter Handlungsfelder (z.B. der Stadt- und Quartiersentwicklung) betrachtet werden.

Förderprogramme auf EU-Ebene

Eines der zentralen europäischen Förderprogramme für Maßnahmen des kommunalen Klimaschutzes ist der Europäische Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE). Das Gesamtbudget des Fonds beträgt für den Zeitraum 2014 bis 2020 rd. 325 Mrd. €. Bis 2020 müssen mindestens 20 % der Finanzmittel des Fonds für Effizienzmaßnahmen zur Reduktion von THG in der EU eingesetzt werden. Die Maßnahmen des Fonds werden in den Mitgliedstaaten auf regionaler Ebene in Form von operationellen Programmen durchgeführt. In Rheinland-Pfalz sind hierfür das Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forst sowie das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau federführend verantwortlich. Mit den Finanzmitteln aus dem EFRE fördert das Land Rheinland-Pfalz derzeit überwiegend Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz sowie EE-Nutzung in öffentlichen Gebäuden und kommunalen Infrastrukturen. Mit den Zuwendungen sollen Vorhaben umgesetzt werden, die in strategischen Konzepten zum kommunalen Klimaschutz beschrieben sind.⁵⁸

Auf europäischer Ebene bieten weiterhin EU-Finanzinstitutionen, wie die Europäische Bank für Wiederaufbau und Rekonstruktion (EBRD) und die Europäische Investitionsbank (EIB) Förderprogramme an. Eines dieser Programme ist das „**European Local Energy Assistance**“ (ELENA) der EIB. Im Rahmen von ELENA erhalten lokale und regionale

⁵⁸ Vgl. Energieagentur RLP (2015), S. 1.

Behörden Unterstützung bei der Finanzierung von Investitionen in EE und Energieeffizienz sowie für die Erstellung von Machbarkeitsstudien.⁵⁹

Der Energieeffizienzfonds (EEEF) wiederum fördert mittels Darlehen, Garantien und Beteiligungen kommunale Projekte zur Endenergieeinsparung, zum EE-Ausbau und zur Energiespeicherung. Forschungsorientierte Projekte zu den Themen Energie- und Ressourceneffizienz sowie umweltfreundlicher Verkehr können im Rahmen des EU-Forschungsprogramms HORIZON 2020 beantragt werden.

Förderprogramme auf Bundesebene

Auf Bundesebene wird die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen insbesondere durch die KfW gefördert. Sie bietet die im Rahmen ihrer Förderprogramme zinsvergünstigte Darlehen oder Zuschüsse für die Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor (KfW-Förderprogramme: 151/152, 153, 277, 278, 430, 431), sowie zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen (KfW-Förderprogramme 249, 276, 292) an. Die KfW unterstützt weiterhin die EE-Nutzung durch private Haushalte und Unternehmen (KfW-Förderprogramme 271, 272, 273 und 275). Darüber hinaus stellt die KfW auch finanzielle Mittel für die Erstellung und Umsetzung von integrierten, energetischen Quartierskonzepten zur Verfügung (KfW-Förderprogramme 201/202, 203/204, 432).

Neben der KfW stellen beispielsweise das BMUB und das BBR Finanzmittel für Forschungsaufträge und Projekte zur Entwicklung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen bereit.

Der EE-Ausbau wird auf Bundesebene durch zwei zentrale Förderbausteine – das Marktanzreizprogramm (MAP) und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – vorangetrieben. Ziel des MAP ist die Erhöhung des EE-Anteils im Wärmesektor. Mit dem MAP werden unter anderem der Einbau von Biomasseheizungsanlagen, Wärmepumpen und Solarthermieanlagen in Bestandsgebäuden zur Wärmebereitstellung finanziell unterstützt. Die Anlagen müssen dabei bestimmte technische Anforderungen erfüllen, um förderfähig zu sein. Das MAP zielt hauptsächlich auf den Bestandsgebäudebereich ab. Im Neubaubereich erfolgt die Förderung von EE-Anlagen zur Wärmebereitstellung nur bei bestimmten, innovativen Anlagentypen, da eine Verpflichtung zur Nutzung von EE nach dem Erneuerbaren-Energien-Wärmegegesetz besteht.⁶⁰ Mit dem MAP werden nicht nur Kleinanlagen zur Wärmebereitstellung sondern auch größere Heizwerke und Nahwärmenetze auf Basis von EE gefördert.

Ziel des EEG ist EE-Ausbau im Stromsektor. In den letzten Jahren unterlag das EEG aufgrund politischer Entscheidungen stetigen Änderungen. Mit der letzten EEG-Novelle im Jahr 2017 wurde ein Ausschreibungsmodell für Neuanlagen ab einer bestimmten Anlagengröße eingeführt. Bislang galten für Betreiber von EE-Anlagen zur Stromerzeugung feste Vergütungssätze. Ab dem Jahr 2017 werden die Vergütungssätze für Neuanlagen ab einer bestimmten Anlagengröße jedoch nicht mehr staatlich festgelegt, sondern durch Ausschreibungen am Markt ermittelt. Dabei gilt: Wer am wenigsten für den wirtschaftlichen Betrieb einer neuen EE-Anlage zur Stromerzeugung fordert, wird gefördert.⁶¹ Die Vergütungssätze bestehender Anlagen ändern sich derweil nicht (Bestandsschutz). Um die Akteursvielfalt auch im Rahmen des neuen Ausschreibungsmodells weiterhin zu erhalten, wurden für Bürgerenergiegenossenschaften erleichterte Teilnahmebedingungen eingeführt.

Förderprogramme auf Landesebene (Rheinland-Pfalz)

Auch auf Landesebene finden sich ebenfalls vielfältige Förderangebote zur Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen und den EE-Ausbau. So stellt die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB) im Rahmen des Förderprogramms zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz Zuschüsse für Energie- und Ressourceneffizienzmaßnahmen in gewerblichen Unternehmen zur Verfügung. Die Energieeffizienzmaßnahmen müssen dabei eine Energieeinsparung von mind. 20 % und Maßnahmen zur Ressourceneffizienz von mind. 10 % erreichen.⁶² Mittels des Effizienzcredit RLP werden Darlehen für Umsetzungsmaßnahmen zur Energieeinsparung und zur Nutzung EE, sofern diese ausschließlich für den betrieblichen Eigenverbrauch vorgesehen sind und keine Vergütung nach dem EEG erhalten, bereitgestellt. Die energetische Modernisierung von Gebäuden wird im Rahmen der sozialen Wohnraumförderung des Landes Rheinland-Pfalz mit Darlehen und Zuschüssen unterstützt. Gegenüber anderen Bundesländern fördert das Land RLP speziell Energieberatungsangebote für Unternehmen und private Haushalte. Im Förderprogramm EffCheck übernimmt das Land RLP maximal 70 % der Energieberatungskosten für

⁵⁹ Vgl. Ebenda, S. 2.

⁶⁰ Vgl. BMWi (2017b).

⁶¹ Vgl. Ebenda.

⁶² Vgl. Energieagentur RLP (2017).

Unternehmen.⁶³ Landesmittel fließen auch in die Energieberatungsangebote der kommunalen Verbraucherzentralen, wodurch diese Energieberatungen in RLP kostenlos anbieten können.

Förderprogramme auf kommunaler Ebene (Stadt Kaiserslautern)

Auf kommunaler Ebene fördert SWK mittels des Stromtarifs SWK Natura Premium den EE-Ausbau. 1,04 c jeder verbrauchten kWh fließt dabei direkt in den Ausbau regenerativer Energiequellen in der Region.⁶⁴

Derzeit bestehen keine kommunalen Förderprogramme zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen bzw. dem EE-Ausbau auf kommunaler Ebene. Im Rahmen des Umsetzungsprozesses könnte ein Förderprogramm aus dem Jahr 2006 neu aufgelegt werden. Das **kommunale Förderprogramm „2006 € für dein Haus“** förderte in den Jahren 2005 und 2006 die energetische Modernisierung von Wohngebäuden in Kaiserslautern. Eigentümer erhielten bei Durchführung einer umfassenden energetischen Modernisierung mit einer Primärenergieeinsparung von mindestens 50 % einen zusätzlichen Förderzuschuss in Höhe von 2.006 € durch die Stadt Kaiserslautern. Neben einer Beteiligung der Stadt an dem Förderprogramm brachten sich zahlreiche Sponsoren in das Programm mit ein.⁶⁵ Das Programm war sehr erfolgreich und führte zur energetischen Modernisierung von rd. 40 Wohngebäuden im Förderzeitraum.

Aufgrund der derzeitigen Haushaltslage kann die Stadtverwaltung Kaiserslautern kommunale Programme zwar anstoßen, jedoch bis auf weiteres nur mit externen Mitteln (Sponsoren) realisieren.

8.3.2 Neue Finanzierungs- und Beteiligungsinstrumente

Für die Umsetzung des Masterplans müssen auch neue Finanzierungs- und Beteiligungsinstrumente in Betracht gezogen werden. Nachfolgend werden die wichtigsten „neuen“ Finanzierungsinstrumente vorgestellt, die sich bereits generell in der Praxis etabliert haben:

Contracting

Contracting ist eine vertraglich vereinbarte Dienstleistung eines Dritten – des Contracting-Gebers (Contractors) – für Energieverbraucher (Contracting-Nehmer) im Zusammenhang mit einer Investition, die Energie einspart. I.d.R. umfasst das Contracting die Planung, Finanzierung und Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen sowohl anlagentechnischer als auch baulicher Art.⁶⁶ Die Investitionen des Contractors amortisieren sich durch die Energiekosteneinsparungen, die durch die durchgeführten Energieeffizienzmaßnahmen erreicht werden. Wesentliche Vorteile des Contractingnehmers sind geringe Kapitalbindung und die Bündelung mehrerer Teilleistungen zu einer Gesamtleistung, wodurch Schnittstellen und Ansprechpartner reduziert werden.⁶⁷

Beim Energieliefer-Contracting übernimmt der Contractor die Verantwortung für die Finanzierung über die Planung, Errichtung und den Betrieb bis hin zur Außerbetriebnahme einer Energieanlage. Im Gegenzug erhält er ein Entgelt für die vom Contractingnehmer bezogene Nutzenergie sowie die Vorhaltung der Energieanlage. Anwendung findet das Energieliefer-Contracting vor allem bei Neubauten, aber auch bei Bestandsbauten, bei denen eine Modernisierung geplant ist.

Das Einspar-Contracting wendet sich der Nachfrageseite zu und hat die systematische Erschließung von Energiesparmaßnahmen bei der Umwandlung von End- und Nutzenergie in Energiedienstleistungen (z.B. warme oder gekühlte Räume, effiziente Beleuchtung) zum Ziel. Der Contractor identifiziert bei diesem Modell Einsparpotenziale und setzt diese in Zusammenarbeit mit dem Contractingnehmer um. Die Vergütung erfolgt nach dem Leistungsprinzip und misst sich an den Energieeinsparungen gegenüber einem festgelegten Referenzniveau (Baseline). Dieses Contractingmodell findet insbesondere bei Bestandsgebäuden Anwendung.

Ob sich die Umsetzung mittels Contracting lohnt, muss stets individuell geprüft werden.

⁶³ Vgl. Ebenda.

⁶⁴ Vgl. SWK (2017).

⁶⁵ Vgl. Stadtverwaltung KL (2005).

⁶⁶ Vgl. Berger (2012), S. 6 f.

⁶⁷ Vgl. Dena (2017).

Intracting

Ausgangspunkt des Intracting ist ein Contractingmodell. Wie beim Contracting übernimmt ein Contractor die Planung, Finanzierung und Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen. Anders als beim klassischen Contracting ist jedoch der Contractingnehmer nicht ein externer Dritte sondern eine andere interne Organisationseinheiten innerhalb der eigenen Organisation.⁶⁸ Das Modell des Intractings umfasst im Wesentlichen die Finanzierung von Effizienzmaßnahmen aus sich selbst heraus in Form der erzielbaren Kosteneinsparungen der umgesetzten Effizienzmaßnahmen.

In der Praxis findet Intracting hauptsächlich in größeren kommunalen Gebietskörperschaften und in größeren Körperschaften des öffentlichen Rechts (Kirchen) statt, um dort zügig wirtschaftliche Energieeffizienzmaßnahmen zu realisieren.

Dazu wird in der jeweiligen öffentlichen Körperschaft in einem ersten Schritt ein besonderer Haushaltsposten gebildet, der mit einer einmaligen Anschubfinanzierung ausgestattet wird. Mit dieser Anschubfinanzierung werden erste Effizienzmaßnahmen realisiert. Die erwirtschafteten Kosteneinsparungen aus diesen Maßnahmen werden dem Haushaltsposten gutgeschrieben und dort zur Finanzierung weiterer Effizienzmaßnahmen eingesetzt.

Intractingmodelle bieten gegenüber Contractingmodellen für öffentliche Körperschaften folgende Vorteile:

- Wagnis- und Gewinnzuschläge entfallen und damit zusätzliche finanzielle Belastungen
- Interner Informationsvorsprung kann genutzt werden
- **Auch weniger rentable Effizienzmaßnahmen werden umgesetzt („kein Rosinenpicken“)**
- Verhinderung von Arbeitsplatzabbau und damit verbundenem Wissensverlust

Es ist stets im Einzelfall zu prüfen, ob die Einführung eines Intractings klassischen Contractingmodellen zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen vorzuziehen ist.

Crowdfunding

Eine relativ neue Finanzierungform ist das Crowdfunding (bisher nicht für Kommunen). Hierbei erfolgt durch einen Projektinitiator über eine Internetplattform eine offene Ausschreibung zur Spende bzw. Beteiligung an einem Projekt. Der Projektinitiator stellt das Projekt im Rahmen der Ausschreibung der Öffentlichkeit vor und nennt die benötigte Mindestkapitalmenge, die durch die Masse (Crowd) zur Verfügung gestellt werden muss, damit dieses durchgeführt werden kann. Falls die angestrebte Summe nicht erreicht wird, erhalten die Investoren ihr Geld zurück.⁶⁹

Im Verhältnis zur Mindestkapitalmenge leistet jedes Mitglied der Masse (Crowdfunder) nur einen geringen finanziellen Anteil. Für diese Leistung erhält der Crowdfunder eine Gegenleistung. Dies kann in unterschiedlichen Formen – Sachleistung, Geldleistung, etc. – erfolgen.

Vorteil des Crowdfunding gegenüber klassischen Finanzierungsformen ist, dass Kleininvestoren ohne hohen bürokratischen Aufwand mit geringen Beiträgen gezielt Ideen und Projekte unterstützen können. Die Investoren (Crowd) werden darüber hinaus zu Multiplikatoren, wenn sie in ihrem sozialen Umfeld über das Vorhaben berichten. Das erhöht die Aufmerksamkeit und den Bekanntheitsgrad des jeweiligen Projekts

Nachteilig ist, dass die Crowdfunding-Szene bisher weitgehend gesetzlich unreguliert ist. Kleinstinvestoren sollten daher nur Kapital investieren, das sie für den Erhalt ihres Lebensstandards nicht benötigen. Ein Totalverlust des eingesetzten Kapitals ist prinzipiell möglich.

Crowdfunding eignet sich im Rahmen des Masterplans für alle Projekte, die für viele Menschen unterstützenswert sind, aber über die klassischen Finanzierungsarten nur zu ungünstigen Konditionen finanziert werden können. Dies könnten visionäre oder forschungsintensive Projekte wie die Errichtung von Solar-Fahrradwegen sein.

Klimaschutzfonds/Klimaschutzstiftung

Eine neue Finanzierungsform könnte die Einführung eines Sondervermögens sein, das neben den bestehenden Förderprogrammen von Bund und Land Projekte im Rahmen der Masterplanumsetzung fördert.

Die Finanzierung des Sondervermögens könnte auf unterschiedliche Arten erfolgen. Eine Möglichkeit wäre die Einführung einer Abgabe auf die energetische Gebäudequalität von Bestandsgebäuden („**Sonstige Abgaben“ unten**). Erlöse hieraus würden in das Sondervermögen eingezahlt. Eigentümer würden unter Beachtung sozialer Kriterien zur

⁶⁸ Vgl. Kristof (1998), S. 3 f.

⁶⁹ Vgl. Harms (2017).

Einhaltung eines spezifischen energetischen Mindeststandards je nach Baualtersklasse und Gebäudetyp verpflichtet. Gebäudeeigentümer könnten für energetische Modernisierungen Fördermittel aus dem Sondervermögen erhalten.

Sollen auch private Anleger zur Kapitalanlage Mittel in das Sondervermögen einzahlen dürfen, wäre die Einbeziehung einer Bank bzw. einer BaFin-regulierten Investmentgesellschaft als Träger erforderlich. Diese innovative Variante wäre entsprechend aufwändig, böte aber die Möglichkeit für externe Mittelzuflüsse z.B. von engagierten Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen oder sonstigen Investoren mit einer geringen Renditeerzielungsabsicht. Weitere beteiligte Akteure könnten SWK (Weiterentwicklung, Speisung), die Stadt- und Kreissparkasse Kaiserslautern (Speisung, Vertrieb) sowie die Stadtverwaltung Kaiserslautern (Weiterentwicklung, Information) sein. Die herkömmliche Variante wäre ein Sondervermögen, das ausschließlich aus öffentlichen Mitteln gespeist wird. Ein solches Sondervermögen könnte in Form einer Stiftung z.B. unter Beteiligung der Stadt- oder Kreissparkasse Kaiserslautern aufgelegt und administriert werden. Institutionen wie die Technische Universität Kaiserslautern, die Industrie- und Handelskammer Kaiserslautern oder ortsansässige Unternehmen könnten als beratende Partner ebenfalls in die Konzeption und Lenkung des Sondervermögens eingebunden werden.

8.3.3 Sonstige Abgaben

Künftig könnte die energetische Qualität von Gebäuden auch in die Erhebung gebäudebezogener Abgaben integriert werden. Ähnlich wie bei der Kfz-Steuer könnten THG-Emissionen bei der Bemessung von gebäudebezogenen Abgaben zugrunde gelegt werden. Hierzu ist zunächst eine Einstufung des Gebäudebestands in Effizienzklassen erforderlich. Als Bewertungsgrundlage könnte der Energieausweis dienen. Auf dieser Grundlage könnte ein Energieeffizienzfaktor für jedes Gebäude ermittelt werden, der in die Bemessungsgrundlage für Abgaben eingeht. Gebäudebezogene Abgaben bieten die Möglichkeit, alle Gebäudeeigentümer gleichermaßen bei der Erreichung der Klimaschutzziele einzubeziehen und energetische Modernisierungen ggf. ökonomisch möglichst unabhängig von jeweiligen Eigentümern zu gestalten. Mögliche Mehreinnahmen können zur Verstetigung von Förderprogrammen wie dem Klimaschutzfonds eingesetzt werden. Die Abgabe sollte von einer Umlage auf Mieter ausgenommen sein.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Identifizierung geeigneter Finanzierungsformen für einzelne Maßnahmen
- ✓ Prüfung Einrichtung eines Klimaschutzfonds
- ✓ Prüfung Bonus-/Aktionsprogramme „2018 Euro für dein Haus“

8.4 Regionale Wertschöpfung

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Ansätze zur regionalen Wertschöpfung
- ✓ Regionale Wertschöpfung durch EE
- ✓ Regionale Wertschöpfung am Beispiel energetischer Gebäudemodernisierung

Die Stärkung der regionalen Wirtschaftskreisläufe stellt einen zentralen Baustein für eine klimafreundliche Stadt- und Regionalentwicklung im Rahmen des Masterplans dar. Langfristiges Ziel ist es, die regionale Wirtschaft zu fördern und die Attraktivität des Standorts zu stärken. Die Stadt Kaiserslautern ist dabei wichtiger Treiber und Profiteur bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und dem EE-Ausbau. Derzeit fließt ein Großteil der in Kaiserslautern erwirtschafteten Finanzmittel aus der Stadt/Region. Durch Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen sowie dem verstärkten lokalen Ausbau von EE-Anlagen können diese Finanzabflüsse gemindert werden. So trägt die Nutzung regional erzeugter Produkte, Technologien und Dienstleistungen zur Sicherung von Arbeitsplätzen, zusätzlichen Steuereinnahmen und Stärkung der lokalen Kaufkraft bei.⁷⁰ Die daraus resultierende regionale Wertschöpfung umfasst dabei alle in der Region Kaiserslautern erbrachten wirtschaftlichen Leistungen und Güter, welche durch Stadt, Bevölkerung und Unternehmen vor Ort erzeugt werden. Viele der Maßnahmen im Maßnahmenatlas sind mit hohen Investitionen verbunden. Die Umsetzung durch ortsansässige Unternehmen stärkt die Wirtschaft und unterstützt den

⁷⁰ Vorzieheffekte durch ohnehin vorgesehene Maßnahmen würden dabei keine zusätzliche Wertschöpfung generieren.

lokalen Arbeitsmarkt. Investitionen von privaten Haushalten und Unternehmen in energetische Effizienzmaßnahmen lösen Umsätze aus, an denen i.d.R. eine Vielzahl lokaler Akteure partizipiert. Von der Planung über die Gewerke, welche die Maßnahmen umsetzen, bis hin zu den Installations- und Wartungsarbeiten kann ein Gros der Wertschöpfung in der Stadt erfolgen. Positive Effekte wirken auch auf Unternehmen, die nicht unmittelbar an einer individuellen Maßnahme beteiligt waren. Die regionale Wertschöpfung ist umso höher, je mehr regional ansässige Unternehmen an der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen beteiligt werden und je mehr regional ansässiges Personal dabei eingesetzt wird. Durch die Regionalisierung der Energiebezugsquellen kann die Wertschöpfung gesteigert und dem Abfluss von Finanzmitteln nach außen entgegengewirkt werden.

8.4.1 Ziel und Umsetzung

Der sechste Umsetzungsbericht zum Klimaschutzkonzept 2020 der Stadt Kaiserslautern sah bei Umsetzung aller Maßnahmen ein Einsparpotenzial von 222.000 t-THG/a vor.⁷¹ Die regionale Wertschöpfung der Maßnahmen wurde mit rd. 82 Mio. € bei Investitionskosten von rd. 816 Mio. € abgeschätzt. Der Maßnahmenatlas im Masterplan 100 % Klimaschutz Kaiserslautern ergibt ein Einsparpotenzial von 1.085.300 t-THG/a bis 2050. Um die regionale Wertschöpfung und den Wirtschaftsstandort Kaiserslautern zu fördern und zu stärken, müssen neue Anreizstrukturen geschaffen werden, die Unternehmen sowie Bürgerinnen und Bürger der Stadt Kaiserslautern mobilisieren und aktivieren. Die vorgeschlagenen Klimaschutzmaßnahmen beinhalten unterschiedliche Potenziale für die Schaffung regionaler Wertschöpfungseffekte. Um die Wertschöpfung zu stärken, müssen die Wertschöpfungsstufen in Form von Leistungen und Arbeitsschritten mehrheitlich in der Region ablaufen. Exemplarisch sind dies bei Durchführung einer energetischen Gebäudemodernisierung die Stufen Planung, Herstellung und Wartung sowie die damit einhergehenden Einnahmen aus dem Verkauf der Baustoffe, Komponenten und Dienstleistungen. Zu beteiligten regionalen Betrieben gehören Architekten, Ingenieurbüros, Handwerksunternehmen und Fachmärkte. Je mehr Stufen der Wertschöpfungskette innerhalb der Region Kaiserslautern abgedeckt werden können, desto höher fällt die regionale Wertschöpfung aus.

Maßnahmen zur Steigerung der regionalen Wertschöpfung können umfassen:

- Ausbau und Bezug von regional erzeugtem Ökostrom
- Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen mit Industrie, GHD und Bevölkerung
- Nutzung regionaler Produkte, Technologien, Dienstleistungen
- Aktive Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit
- Stärkung regionaler Wirtschafts- und Stoffkreisläufe

8.4.2 Regionale Wertschöpfung durch EE

Die Planungshoheit gewährt der Stadt Kaiserslautern eine unmittelbare Einflussnahme auf den künftigen EE-Ausbau. Genaue Einflüsse und Kennzahlen sind jedoch aufgrund ungenauer Rahmenbedingungen schwer ermittelbar. So kann die Abschätzung über die Höhe der Effekte durch allgemeine Entwicklungen von Kosten und Preisen sowie technologischen Entwicklungen von Produkten und Anlagen und deren Ausbaugrad stark variieren. Erste Ergebnisse zu dem wertschöpfenden Einfluss von EE auf Kommunen haben das IÖW und das ZEE 2010 publiziert.⁷² Demnach durchläuft jedes Produkt unterschiedliche Wertschöpfungsstufen, von der Planungs- und Herstellungsphase, über die Installation, den Betrieb, die Nutzungsphase bis zum Rückbau. Die Produktion der gebauten EE-Anlagen wie Windkraftanlagen oder PV-Module findet i.d.R. an anderen Standorten statt. Durch Importe liegt lokal kein Wertschöpfungseffekt vor. Ziel der Stadt Kaiserslautern soll es sein, möglichst viele der Wertschöpfungsstufen abzudecken, die in und um Kaiserslautern durchlaufen werden können. So sind Produktion und Installation lediglich einmal stattfindende Prozesse, während Wartung und Instandhaltung wiederkehrende und wichtige Stufen im Wertschöpfungsprozess darstellen. Dies hat positive Effekte auf Unternehmen und Beschäftigte vor Ort, sofern die Gewinne wieder in der Region ausgegeben werden. Eine präzise Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte ist nur dann möglich, wenn die reinen Nettoeffekte gegenüber der bisherigen Situation hinreichend genau analysiert werden können. Eine derart komplexe volkswirtschaftliche Untersuchung ist im Zuge eines Masterplankonzepts nur beschränkt möglich.

⁷¹ Stadtverwaltung KL, Referat Umweltschutz 2016.

⁷² IÖW (2010).

Nachfolgende ausgewählte Maßnahmen aus dem Maßnahmenatlas haben erwartungsgemäß hohe Einflüsse auf die lokale Wertschöpfung und Beschäftigung in der Stadt:

- Modernisierung Gebäudebestand (Umsetzung Standard KL): Stärkung lokaler Bauwirtschaft
- Ausbau EE-Anlagen: Stärkung von Unternehmen im Bereich Betrieb und Wartung
- Optimierung regionaler Stoffkreislauf: Beteiligte entlang der Wertschöpfungskette
- Nutzung lokaler Produkte, Technologien und Dienstleistungen
- Regionale Biomasse: nachhaltige Verarbeitung, Verwertung und Vermarktung (z.B. ZAK-Kompostprodukte)

8.4.3 Regionale Wertschöpfung durch Klimaschutzmaßnahmen

Der regionale Wertschöpfungskreislauf durch Klimaschutzmaßnahmen ist schematisch in Abbildung 72 dargestellt. Wie bereits im Konzept zur Klimaschutzbasierten Wirtschaftsförderungsstrategie 2020⁷³ erläutert, entfallen die größten Anteile auf die Strom- und Wärmeproduktion. Zu begründen ist dies u.a. durch die zwei in Kaiserslautern ansässigen regionalen Unternehmen, die Hauptversorger von Strom, Gas und Wärme im Stadtgebiet sind.

Die regionale Wertschöpfung wurde exemplarisch am Beispiel der energetischen Gebäudemodernisierung von Wohngebäuden und Büro- und Verwaltungsgebäuden sowie Schulen mit Hilfe des Online-Wertschöpfungsrechners von Difu und IÖW ermittelt.⁷⁴ Darin enthalten sind die Netto-Einkommen der Beschäftigten in den beteiligten Unternehmen, die Netto-Gewinne der Unternehmen sowie der kommunale Anteil der Steuern, welche auf die beiden genannten Größen gezahlt werden. Diese monetären Größen lassen sich auch nach den Akteuren aufschlüsseln, denen sie zufließen. Mit den Beschäftigten-Einkommen sind zugleich Arbeitsplätze verbunden, die ebenfalls in der Modellrechnung ermittelt werden. Wertschöpfungseffekte durch andere gebäudebezogene Maßnahmen werden im Rechner nicht berücksichtigt, ebenso wie Effekte durch wirtschaftliche Aktivitäten von Unternehmen, die über das Stadtgebiet Kaiserslautern hinausgehen.

Die regionalen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte summieren sich gemäß IÖW-Rechner bei der energetischen Gebäudemodernisierung im Bereich Private Haushalte auf rd. 5,762 Mio. €/a und 180 Vollzeitstellen.⁷⁵ Die Wertschöpfungseffekte verteilen sich mit 5,153 Mio. € auf Dämm-Maßnahmen und mit 609.500 € auf den Austausch und Betrieb von Heizungs- und Lüftungsanlagen. Bei der energetischen Modernisierung von Büro- und Verwaltungsgebäuden sowie Schulen summieren sich die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte auf rd. 459.000 €/a bzw. 14 Vollzeitarbeitsplätze. Hierin verteilen sich die Effekte mit 428.000 € auf Dämm-Maßnahmen und mit 31.000 € auf den Austausch und Betrieb von Heizungs- und Lüftungsanlagen.

Die Ergebnisse basieren auf realen und hinterlegten Daten und Kenngrößen. Sie bieten eine Orientierung für die Größe der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte durch die energetische Gebäudemodernisierung in Kaiserslautern. Neben der Handwerkerleistung, die durch die Ausführung erforderlich wird, ergeben sich auch Einsparpotenziale durch den geringeren Energieverbrauch der



Abbildung 72: Wertschöpfungskreislauf (regional) (TU Kaiserslautern, 2017)

⁷³ Stadtverwaltung KL (2013).

⁷⁴ Difu (2017), Die Berechnung erfolgt auf Basis von errechneten Durchschnittswerten für unterschiedliche Gebäudetypen und Modernisierungsmaßnahmen.

⁷⁵ Annahme: Alle Wertschöpfungsstufen können von Unternehmen innerhalb der Region abgedeckt werden, außer Herstellung.

Gebäude. Die Umsätze im Handwerk und der Verbleib der Gelder in den privaten Haushalten tragen zur regionalen Wertschöpfung bei.

8.4.4 Regionale Stoffkreisläufe

Um möglichst viele der erzeugten Produkte, Technologien und Dienstleistungen in der Region zu nutzen, müssen regionale Wertströme weiterentwickelt werden. Durch die Optimierung von Energie-, Finanz- und Stoffkreisläufen in der Region können zusätzliche Wertschöpfungseffekte realisiert werden. Die Wertströme werden in der Region umgeleitet und schaffen dadurch Vorteile für Unternehmen und Bevölkerung. Die Mehrheit der erforderlichen Energie für GHD und Industrie oder Verbrauchsgüter wird bisher außerhalb der Region beschafft. Durch die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen soll es ermöglicht werden, einen Großteil der Energie- und Rohstoffzeugnisse durch regionale Kreisläufe unmittelbar vor Ort zu erzeugen und zu beziehen. Einen daraus resultierenden Effekt stellt auch die Reduzierung von Finanzabflüssen aus der Region dar.

8.4.5 Ergebnis

Neben dem Ziel, bis zum Jahr 2050 eine klimaneutrale Energieversorgung zu erreichen, sollen regionale Marktpotenziale und die Wertschöpfung gesteigert werden, um die Attraktivität und das Wirtschaftswachstum in Kaiserslautern zu stärken. Der sechste Umsetzungsbericht zum Klimaschutzkonzept 2020 in Kaiserslautern hat bereits gezeigt, dass die regionale Wertschöpfung kontinuierlich im Stadtgebiet angestiegen ist und mit den Klimaschutzmaßnahmen weitere positive Effekte zu erwarten sind. Im Masterplan wie auch bereits im Klimaschutzkonzept 2020 besteht die größte Einflussmöglichkeit in der Strom-, Wärme- und Kälteproduktion. Diese Bereiche bewirken auch die größten Effekte auf die regionale Wertschöpfung. Bei Investitionskosten der A-Maßnahmen aller Akteure im Masterplan von rd. 100 bis 240 Mio. €/a (jährlich variierend und steigend) könnte die gesamte regionale Wertschöpfung bis zum Jahr 2050 für die dargestellten Maßnahmen rd. 15 bis 37 Mio. €/a (ohne EEG-Vergütung) betragen. Die Kosten und die resultierende regionale Wertschöpfung sind in Abschnitt 7.4 für die vier Akteursgruppen jährlich graphisch dargestellt. Die Förderung lokal erzeugter Produkte und Dienstleistungen kann sich günstig auf Industrie, Gewerbe, Einzelhandel und die Bevölkerung auswirken. Durch lokale Auftragserteilung sollen mittel- und langfristig entsprechende Kompetenzen (und Netzwerke) aufgebaut bzw. weiterentwickelt werden. Das Akteursnetzwerk der klimaschutzbasierten Wirtschaftsförderungsstrategie bildet hierfür einen passenden Rahmen, der sinnvoll erweitert werden kann. Weitere positive Wechselwirkungen bestehen durch ein attraktives Mobilitätskonzept. So kann auch der Einzelhandel durch die Zunahme von Rad- bzw. Fußverkehr und eine erhöhte Passantenfrequenz profitieren.⁷⁶ Insgesamt steigt durch die regionale Wertschöpfung in Folge des Masterplans der Anteil der Investitionen, die in der Region verbleiben.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Erkennen von Konfliktpotenzialen (Flächen, Rohstoffe)
- ✓ Auslösen von Investitionen zum Klimaschutz
- ✓ Steigerung regionaler Marktpotenziale und Wertschöpfung
- ✓ Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit zur Aktivierung von Investitionen
- ✓ Regionale Wertschöpfung durch Klimaschutzmaßnahmen, u.a. Energetische Gebäudemodernisierung nach Standard KL (Handwerker, Produkte, Transport, Handel)
- ✓ Lokale Innovationen fördern

⁷⁶ Planersocietät/ISUP (2000).

8.5 Kooperation mit der Region – ZukunftsRegion Westpfalz

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Nachhaltige Zukunftsregion Westpfalz
- ✓ Stadt – Umland – Beziehung
- ✓ Regionale Leuchtturmprojekte und Bürgerbeteiligung
- ✓ Ansätze zur interkommunalen Kooperation und Vernetzung

Um eine zukunftsfähige Energiepolitik zu gewährleisten, sind im Zuge des Masterplans 100 % Klimaschutz KL auch Kommunen, Unternehmen und Partner über die Stadtgrenzen Kaiserslauterns in die Klimaschutzpolitischen Ziele mit einzubinden. Dadurch können zusätzliche ressourcenschonende Potenziale hinsichtlich einer nachhaltigen Regionalentwicklung ermöglicht werden.

Die Stadt Kaiserslautern engagiert sich seit mehreren Jahren in nationalen wie internationalen Netzwerken zum Klimaschutz wie dem Klima-Bündnis e.V., dem Städtenetzwerk RLP sowie dem Verein Elektromobilität für Kaiserslautern. Die kooperative Vernetzung ermöglicht den gemeinsamen Austausch von Erfahrungen und Kenntnissen zum Klimaschutz sowie auch die Möglichkeit der finanziellen Unterstützung durch Länder oder Seitens der EU. Dies eröffnet der Stadt Kaiserslautern weitere Möglichkeiten, ihre Position im Klimaschutz auszubauen und den lokalen Klimaschutz noch stärker als bisher zu fördern.

Um die Verbindlichkeit zum Klimaschutz zu stärken, liegt im Rahmen des Masterplans ein Fokus auf der Vernetzung und Kooperation von Städten und Kommunen in der Region Westpfalz. Die Westpfalz ist eine von fünf Planungsregionen in Rheinland-Pfalz und umfasst rd. 3.085 km². Zur Region zählen rd. 518.000 Einwohnerinnen und Einwohner mit dem Oberzentrum Kaiserslautern. Die Westpfalz ist landschaftlich geprägt durch einen hohen Anteil an Wald- und Landwirtschaftsflächen, mit dem größten zusammenhängenden Waldgebiet Deutschlands, dem Pfälzerwald. Die Westpfalz ist gleichzeitig ein innovativer Industrie-, Technologie- und Forschungsstandort und ermöglicht durch die gute Infrastruktur attraktive Rahmenbedingungen für Unternehmen und Arbeitnehmer. Die Landwirtschaft unterstützt bei der Herstellung regenerativer Energien.

Ein Klimapolitisches Ziel der Regionalentwicklung in der Westpfalz bildet der nachhaltige Schutz der Naturlandschaft sowie des Lebensraums für die Bevölkerung. Deren Schutz soll sich an Kriterien der Nachhaltigkeit orientieren und eine entscheidende ökologische, ökonomische und soziale Wirkung für die Westpfalz beinhalten.

Der Verein ZukunftsRegion Westpfalz (ZRW) ist ein Netzwerk von Institutionen, um gemeinsam die Region darzustellen und zu stärken sowie gemeinsame Projekte umzusetzen. Er wurde im Jahr 2012 gegründet und zählt über 270 Mitglieder aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft (www.zukunftsregion-westpfalz.de). Der Verein könnte – analog zur Metropolregion Rhein-Neckar – dahingehend weiterentwickelt werden, dass sie als Netzwerk auch die Grundlage für Benchmarks und Kooperationen im Bereich Klimaschutz bilden kann (Punkt 7.4.4).

Durch richtungsweisende Leuchtturmprojekte können regionale Potenziale geschaffen und ausgebaut werden. Ein Beispiel stellt dabei die Vermarktung und Nutzung regionaler Produkte dar. Ein ressourceneffizienter Umgang heimischer Rohstoffe ermöglicht die THG-Einsparung durch kurze Transportwege sowie die Wertschöpfung in der Region. Durch eine bessere interkommunale Kommunikation und Vernetzung können lokal ansässige Unternehmen voneinander profitieren, indem sie etwa kürzere Lieferwege untereinander ermöglichen. Zur Erreichung der klimapolitischen Ziele in der Westpfalz sollen bestehende Netzwerke von Kommunen gestärkt werden, um gemeinsame Klimastrategien und Konzepte in den Handlungsfeldern Energie und Mobilität für die Zukunft zu erarbeiten.

Um Nachhaltigkeitsprojekte mit energetischer Zielsetzung in der Region erfolgreich durchzuführen, muss die Bevölkerung im Umland mobilisiert und einbezogen werden. Empfehlenswert ist es, eine zukunftsweisende Struktur zu schaffen, die eine kommunale Bürgerbeteiligung ermöglicht. Zur Umsetzung können dabei Aktionen wie Veranstaltungen, Akteursnetzwerke, Kampagnen oder Wettbewerbe veranstaltet werden (Abschnitt 9.2). Durch gemeinsam organisierte Seminarprogramme sowie Workshops können Inhalte und Empfehlungen zu einer nachhaltigen Entwicklung sowie einem klimaneutralen Alltag an die Bevölkerung kommuniziert werden. Dadurch kann der regionale Klimaschutzgedanke gestärkt werden. Die Kooperation der Stadt mit dem Umland stellt einen wichtigen Schritt hin zu einer ressourcenschonenden und umweltfreundlichen Zukunft dar.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Klimaschutz in der Region Westpfalz
- ✓ Zielsetzung und Entwicklungsplan zur einer klimafreundlichen Region, z.B. in Kooperation mit ZukunftsRegion Westpfalz (ZRW)
- ✓ Zusammenarbeit Stadt – Umland, u.a. regionale Konzepte, Akteursnetzwerk, Kampagnen
- ✓ Anstoß Leuchtturmprojekte mit regionaler Bedeutung
- ✓ EE-Ausbau und Energiespeicherung in Stadt-Umland
- ✓ Klimabewusstes Verhalten in Stadt - Umland
- ✓ Profil und Potenziale der Stadt KL in der Region stärken
- ✓ Anreize zum Umstieg auf ÖPNV (u.a. Job-Ticket, Bürgerbus)
- ✓ Regionale Kooperationen (u.a. Naturschutz, Kultur, EZH, Gewerbeflächenmanagement, Infrastruktur & ÖPNV, Wohnungsmarkt, Arbeitsmarkt, Klimaschutz, Stadt- und Regionalplanung).

9 Partizipation und Akzeptanz für den Klimaschutz

Im Rahmen der Masterplanerstellung wurde von Beginn an großen Wert auf das Thema Partizipation gelegt. Daraus entstand ein umfassender Beteiligungsprozess mit unterschiedlichen Zielgruppen. Bei jedem Beteiligungsverfahren war das Ziel, konkrete Maßnahmen für die vier Handlungsfelder⁷⁷ herauszuarbeiten oder weiterzuentwickeln und in den Masterplan mit aufzunehmen. In Abschnitt 9.1 und Anhang 14.9 ist die zielgruppenspezifische Akteursbeteiligung während der Masterplanerstellung beschrieben. Abschnitt 9.2 gibt weitere Anhaltspunkte für die Mitwirkung breiter Akteursgruppen in der Umsetzungsphase.

9.1 Zielgruppenspezifische Akteursbeteiligung

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Akteursbeteiligung als Instrument in Planungsprozessen von Kommunen
- ✓ Partizipationsformate während der Masterplanerstellung

Die Akteursbeteiligung ist ein wichtiges Instrument in vielen Planungsprozessen von Kommunen. Hierbei gilt es formelle (z.B. Bauleitplanung), also gesetzlich vorgegebene Verfahren und informelle (z.B. Masterpläne), d.h. nicht formal geregelte, sondern freiwillig durchgeführte Verfahren zu unterscheiden. Für Kommunen gehört die Partizipation der Bürgerinnen und Bürger zum Grundstein eines Planungsprozesses, um eine gesteigerte Akzeptanz zu erreichen. Neben der Kooperation stellt auch die Information bei den Beteiligungsverfahren wichtige Prozesse dar, um den Planungsprozess transparenter zu gestalten. Neben der frühzeitigen Einbindung der Öffentlichkeit sind auch die zielgruppengerechte Ansprache und das Medienformat wichtig, um die entsprechenden Akteure zu informieren. Gängige Formate der Partizipation sind u.a. die lokale Presse (Radio, Zeitung, Amtsblatt), Internet, E-Mail Newsletter und Online Befragungen (Bischoff/Selle/Sinning 2007, S. 9ff). Im Rahmen der Masterplanerstellung wurde ein Corporate Design für Flyer bzw. Broschüren entwickelt, dass in der Folge weitergenutzt werden soll. In Anhang 14.9 sind zwei Muster eingefügt.

Im Rahmen von Partizipations-Workshops und Akteursdialogen mit unterschiedlichen Akteursgruppen (Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung, Private Haushalte, Stadtverwaltung) wurden Interessen der Akteure und unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten aufgezeigt (Abbildung 73).

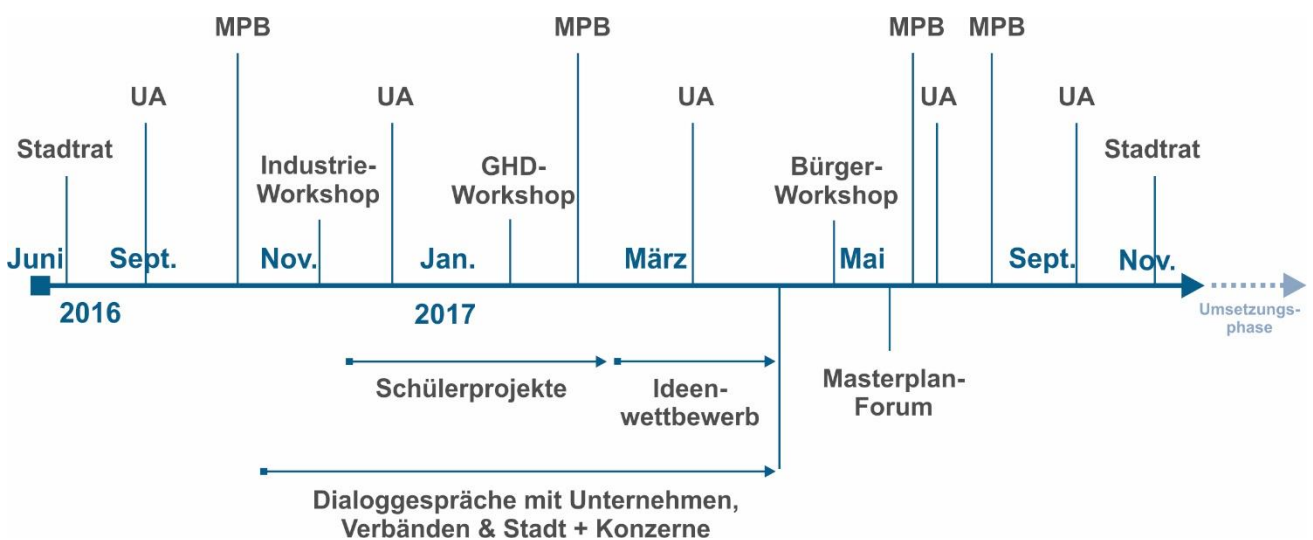


Abbildung 73: Partizipationsprozess (TU Kaiserslautern, 2017)

⁷⁷ Handlungsfelder: I. Energieversorgung, II. Gebäude, Quartiere und Technik, III. Mobilität und IV. Klimaneutraler Alltag (Abschnitt 7.1).

Es wurden konkrete Probleme angesprochen und Lösungen gefunden. Beteiligte, die sonst nur formal miteinander kommunizierten, konnten sich über die Workshops persönlich kennenlernen. Durch einen Erfahrungsaustausch auf fachlicher Ebene konnten die Akteure direkt voneinander profitieren. Durch die Input-Vorträge zur Eröffnung der jeweiligen Workshop-Formate wurden die Anwesenden auf Positivbeispiele aufmerksam gemacht, die ebenfalls zu einem klimaneutralen Alltag beitragen sollen.

Aus den Partizipationsformaten sind zahlreiche Anregungen für Maßnahmen in den Masterplan eingeflossen. Da der Masterplan sich bis auf das Jahr 2050 erstreckt, lag ein Augenmerk auf der jüngeren Bevölkerung, die durch a) einen Ideenwettbewerb in einem Gymnasium angesprochen, sowie b) über den für alle offenen Ideenwettbewerb im Internet erreicht werden sollte. Neben Unternehmen und Bevölkerung waren auch Verbände und Einrichtungen wie NABU, BUND, Verbraucherzentrale und Wirtschaftsförderungsgesellschaft bei den Formaten vertreten. Die Partizipationsformate sind in Anhang 14.9 dokumentiert. Es wurden konkrete Bedürfnisse angesprochen und Lösungsansätze gefunden.

Für die Zukunft müssen noch mehr Menschen für das Thema Klimaschutz sensibilisiert und aktiviert werden. Die Maßnahmen der einzelnen Handlungsfelder können nur mit einer breiten Beteiligung von Bevölkerung, Unternehmen, Verbänden und weiteren Einrichtungen umgesetzt werden. Die Beteiligungsprozesse müssen weiterhin gepflegt werden, um die Partizipation aufrecht zu erhalten und zu steigern. Denkbar wäre z. B. die Bildung von Projektgruppen, die einzelne Maßnahmen begleiten oder durchführen. Durch die spezifische Mitarbeit an Projekten wird ein Stück Gestaltungsmacht an die Bevölkerung übertragen. Dies ist wichtig, um demokratische Prozesse in der Stadtgesellschaft zu verankern. Für die Umsetzungsphase ist es wichtig, dass weitere Veranstaltungen in neutralen Räumen mit niedrigschwelligem Zugang und nicht im Rathaus oder an Hochschulen veranstaltet werden. Die Beteiligungszahlen an den Partizipationsformaten und Erfahrungen aus anderen Beteiligungsprozessen deuten darauf hin, dass Bürgerinnen und Bürger teilweise gehemmt sind, an einer Veranstaltung in politisch oder wissenschaftlich orientierten Einrichtungen teilzunehmen.

9.2 Mitwirkung in der Umsetzungsphase

Welche Inhalte befinden sich in diesem Abschnitt?

- ✓ Bedeutung von Multiplikatoren und Anreizsystemen für die Umsetzungsphase
- ✓ Wesentliche Multiplikatoren
- ✓ Anstoß zivilgesellschaftlicher Prozesse

Städte und Gemeinden sind Schlüsselakteure für erfolgreichen Klimaschutz. Durch vorbildliche Maßnahmen kann die Stadtverwaltung Kaiserslautern eine Vorreiterrolle einnehmen (Punkt 7.4.4). Die Internetseiten der Stadt Kaiserslautern sollten dahingehend weiter optimiert werden. Die Stadtverwaltung ist gleichzeitig:

- Berater und Promoter: Hinweis auf Fördermöglichkeiten zum Klimaschutz durch vorhandene Beratungsstellen, z.B. die Energieberatung.
- Planer und Regulierer: Festlegung verbindlicher Maßnahmen in Bauleitplanung.
- Versorger und Anbieter: Ausbau der Erneuerbaren Energien, Angebot an kommunalen Wertstoffhöfen (Recycling der Abfälle).
- Verbraucher und Vorbild: Aufzeigen vorbildlicher Maßnahmen (klimagerechte Modernisierung der Gebäude, Energieeinsparmöglichkeiten) und dadurch Vorbild zum Nachahmen und Anregung sein, das eigene Nutzverhalten zu bedenken (Portz 2015, S. 86f.).

Öffentliche Einrichtungen wie die Stadtverwaltung und Unternehmen können als wichtige Multiplikatoren wirken, insbesondere durch Publikumsverkehr. Potenzielle (kleine und große) Leuchttürme sollen animiert werden, über erfolgreich durchgeführte Maßnahmen zu informieren (Abschnitt 7.8). Die Stadtverwaltung berichtet u.a. von der **Teilnahme des Programms „Klima-COACH“ der Energieagentur Rheinland-Pfalz**, das 2016 durchgeführt wurde. Der Klima-COACH ist kostenlos und für jedermann nutzbar. Durch Nutzerschulungen werden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen über Maßnahmen zur THG-Einsparung in den Handlungsfeldern Mobilität, Energie, Bewegung oder Ernährung informiert. Auf der Plattform klimacoach-rlp.de ist es auch möglich, Arbeitskollegen oder Freunde zum Wettbewerb aufzurufen. Nach Anmeldung sind die Aktionen einzutragen und die Fortschritte sowie die THG-Einsparungen anhand eines Rankings zu erkennen. Des Weiteren

möchte die Stadt durch das derzeit laufende Projekt „Plastikfreie Stadt“ einen Beitrag zur Reduzierung des Plastikkonsums leisten. Die Stadtverwaltung druckt derzeit wiederverwertbare recycelte Plastiktaschen, die einen guten ökologischen Fußabdruck haben. Durch solche Projekte und Maßnahmen erzielt die Stadtverwaltung einen sichtbaren und täglich zu erlebenden Effekt.

Das in der Stadt gestärkte Bewusstsein für klimafreundliches Verhalten bietet insgesamt einen Anknüpfungspunkt zum Anstoß zivilgesellschaftlicher Prozesse. Anhand der Workshops während der Masterplanerstellung wurde deutlich, dass die Mehrheit der TeilnehmerInnen sich sehr für den Klimaschutz interessiert und teilweise auch schon engagiert. Darüber hinaus gibt es bereits einige einschlägige Beispiele von bürgerlichem Engagement, z.B. das Repair-Café, den Upcycling-Workshop an der Technischen Universität Kaiserslautern, den Umsonstflohmarkt vom libertären Infoladen und den Kulturtreff Eselsohr.

Im Rahmen des Klimaschutzkonzepts 2020 entstand das Akteursnetzwerk der Klimaschutzbasierten Wirtschaftsförderungsstrategie mit Unternehmen und Einrichtungen aus den Bereichen Planung und Wohnungsbau, Handel und Industrie, Energieversorgung, Forschung und Bildung, Kirchen, Soziales, Sport und Verbraucherschutz (Stadtverwaltung KL 2013). Die Klimaschutzbasierte Wirtschaftsförderungsstrategie und das Akteursnetzwerk haben weiterhin eine herausragende Bedeutung in der Umsetzungsphase des Masterplans haben (Abschnitt 8.2). Hieraus entwickelten sich Arbeitsgruppen zu den Themen Erneuerbare Energien und Gebäudemodernisierung, die ebenfalls fortgeführt werden sollen. Eine zusätzliche Variante ist das Suffizienznetzwerk aus Non-Profit-Organisationen (NPO), Bildungsinstitutionen und Kirchen, das Verhaltensänderungen für höhere Suffizienz im Alltag von Menschen initiieren soll.

Wesentlich für die Umsetzungsphase und die Aktivierung von Multiplikatoren ist außerdem das Umsetzungsgremium für den Masterplan (Punkt 8.2.1). Der im Jahr 2016 gebildete Masterplanbeirat umfasst Vertreter aus der Verwaltung, den kommunalen Unternehmen, der Politik und verschiedene Institutionen, wie z.B. der Verbraucherzentrale. Während der Masterplanerstellung fanden vier Sitzungen mit dem MPB statt (Abbildung 73). Der MPB soll weiterhin Teil des Umsetzungsgremiums für den Masterplan sein und zweimal jährlich tagen. Der/die MasterplanmanagerIn hat eine wesentliche netzwerkbildende Funktion als verbindendes Element zwischen Multiplikatoren und Netzwerken. Die bereits laufenden Projekte wie z.B. das Klimaportal oder Informationsveranstaltungen sollen während des Masterplanprozesses durch den/die MPM optimiert und über die Förderlaufzeit hinaus weiter fortgeführt werden. Hierzu zählt auch die Fortführung der THG-Bilanzierung. Vorgesehen ist seitens der Stadtverwaltung auch die jährliche Durchführung einer Informationsveranstaltung und Teilnahme an einer Verbrauchermesse.

Das beschriebene Berichtswesen (Punkt 8.2.2) ist ein weiterer wichtiger Bestandteil zur Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Verstetigung des Masterplanprozesses.

Weitere Multiplikatoren sind Vereine, Unternehmen, Energieversorger, Agenturen etc., die im Bereich Klimaschutz Positives erreicht und umgesetzt haben. Dazu zählen u.a. die Leuchtturmprojekte in Abschnitt 7.8. Effektive Anreize sind insbesondere wichtig, um die Zielgruppe Einzelhandel und Dienstleistung für das Thema Klimaschutz zu sensibilisieren. Hierbei wäre es förderlich, wenn der/die MPM bei Veranstaltungen der Einzelhandelsverbände **informiert, z.B. bei Treffen der Werbegemeinschaft „Kaiser in Lautern“.**

Mit der Umsetzung des Masterplans sollen private Haushalte, Unternehmen, Verbände und eine Vielzahl weiterer Akteure erreicht werden (Abbildung 74). Es ist beabsichtigt, ein Klima zu schaffen, in dem Sensibilisierung und Umweltbewusstsein zu konkreten Handlungen führen. Durch eine zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit werden Alteingesessene, Zugezogene, Junge und Alte, Wohlhabende und Einkommensschwächere in die Maßnahmen integriert. Dabei sollen Ökologie und Ökonomie stärker verzahnt und die wechselseitigen Synergien sichtbar gemacht werden. Dabei wird eine Vollkostenrechnung bei neuen Investitionsvorhaben angestrebt, die auch die Energiekosten berücksichtigt.

In dem Prozess sollen auch Akteure im Umland angesprochen werden, z.B. in Kooperation mit der ZukunftsRegion Westpfalz (Abschnitt 8.5)

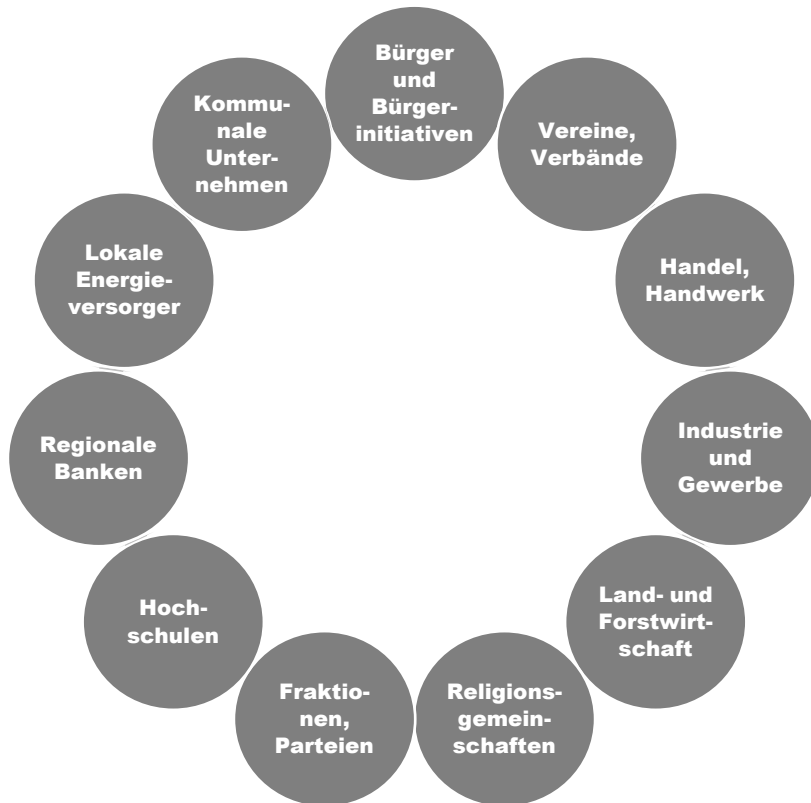


Abbildung 74: Akteure in Umsetzungsphase (TU Kaiserslautern, 2017; nach Difu 2011:132)

Für weitere Unterstützungen steht der/die MPM in der Umsetzungsphase vor der Herausforderung, die zentralen Akteure und ausgewählten klimafreundlichen Maßnahmen mit der Bevölkerung in koordinierter Weise auf den Weg zu bringen. Die durchgeführten Partizipationsprozesse zeigen, dass bereits vielfältige Bereitschaft vorhanden ist, die breite Bevölkerung jedoch noch aktiviert werden muss. Für eine Hintergrundanalyse zur Partizipation bzgl. zivilgesellschaftlicher Prozesse wurden durch die Stadtverwaltung zusätzliche Mittel beim PTJ beantragt und bewilligt.

Die nächsten Schritte:

- ✓ Informieren über potenzielle (kleine und große) Leuchttürme
- ✓ Hintergrundanalyse zur Partizipation bzgl. zivilgesellschaftlicher Prozesse durchführen
- ✓ Bestehende Netzwerke ausbauen und für Kooperationen nutzen
- ✓ Zielgruppenorientierte Partizipationsverfahren einführen

10 Zusammenfassung und Ausblick

Die Stadt Kaiserslautern hat sich das Ziel gesetzt, die THG-Emissionen um 95 % und den Endenergieverbrauch um 50 % bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren. Der vorliegende Masterplan 100 % Klimaschutz Kaiserslautern hat für die Erreichung der kommunalen Klimaschutzziele eine zentrale Bedeutung und beschreibt einen möglichen Weg, um das angestrebte Ziel effektiv zu erreichen. Er bildet die wesentliche Grundlage für den weiteren Klimafahrplan der nächsten Jahre für die Stadt Kaiserslautern.

Kaiserslautern sensibilisiert bereits seit Anfang der 1990er Jahre die Bürgerinnen und Bürger für die Nutzung der regenerativen Energieträger wie Sonne, Wind und Biomasse. Als Fortführung des Klimaschutzkonzepts der klimaschutzbasierten Wirtschaftsförderungsstrategie 2020 und eingebettet in den gesamtstädtischen, partizipativen Prozess zur zukunftsfähigen Stadt stellt der **„Masterplan 100 % Klimaschutz: Energiewende Kaiserslautern - Gemeinsam zum Ziel. Vernetzung von Technologie, Raum und Akteuren“** das wesentliche Element zur Steuerung und Umsetzung dieses Prozesses als Ganzes und bezogen auf handlungsfeldbezogene Teilziele und Bereiche dar.

Der bisherige Umsetzungsbericht zum Klimaschutzkonzept 2020 wird mit Vorliegen des Masterplans in den Umsetzungsbericht zum Masterplan 100 % Klimaschutz überführt, inhaltlich ergänzt um den **„Mobilitätsplan Klima+ 2030“** für den Bereich der Mobilität.

Das am Fraunhofer ISE entwickelte Strukturoptimierungstool KomMod zeigt, dass die optimierte zukünftige Energieversorgung der Stadt Kaiserslautern nur durch die Erschließung weiterer lokal erzeugter Erneuerbaren Energien bilanziell erreicht werden kann. Dies berücksichtigt die Bedarfe an Strom, Wärme (Heiz- und Prozesswärme), Kälte und Mobilität und ihre Kopplungen (z.B. durch KWK oder Wärmepumpen) und deren Deckung zu jeder Stunde im Jahr. Die Hebung der Potenziale an EE und Abwärme im Stadtgebiet in den Bereichen Solarenergie, Windenergie, Wasserkraft, Bioenergie und Geothermie tragen dazu bei, diese Ziele zu erreichen. Das Masterplankonzept zeigt mit dem **gewählten Szenario „Variante 4“, einer Kombination aus den stadtinternen EE-Potenzialen** und den technischen Ergebnissen des RLP-Szenarios (unter Berücksichtigung der Wind- und Biomassepotenziale des Landes RLP entsprechend dem Bevölkerungsanteil von Kaiserslautern) das zukünftige Energiesystem für die Stadt Kaiserslautern auf, durch das die Reduzierung der THG-Emissionen und Halbierung des Endenergieverbrauchs bis zum Jahr 2050 realisierbar ist. Bei der Stromversorgung spielt Photovoltaik aufgrund des großen stadtinternen Potenzials eine wichtige Rolle (Anteil an Stromerzeugung: 29,9 %). Obwohl innerhalb der Stadtgrenzen nur ein sehr geringes Windpotenzial vorhanden ist, kommt der Windenergienutzung als Ergänzung zur PV eine große Bedeutung zu. So wäre seitens der Stadt Kaiserslautern eine Beteiligung an Windparks außerhalb des Stadtgebiets möglich und sinnvoll. Biomasse ist aufgrund ihrer Speicherbarkeit eine wichtige Ergänzung zur Solar- und Windenergienutzung und sollte aus Effizienzgründen in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden. Aufgrund der begrenzten lokalen Potenziale sollte der Import von Biomasse aus anderen Regionen von Rheinland-Pfalz berücksichtigt werden. Solarthermie deckt 10,8 % des Wärmebedarfs im Ziel-Energiesystem. Aufgrund des begrenzten Biomassepotenzials wird der größte Teil des Wärmebedarfs strombasiert mit Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen gedeckt, die Strom aus EE nutzen.

Mit dem zweiten Schwerpunkt des Masterplankonzepts, der Erstellung von Klimaschutzmaßnahmen, wurden akteursbezogene Maßnahmen für eine zielgerichtete und schrittweise Umsetzung des Masterplans inklusive sektoraler Teilziele und Meilensteine aufgezeigt. Die 143 Klimaschutzmaßnahmen im Maßnahmenatlas, unterteilt in die Handlungsfelder I – Energieversorgung, II – Gebäude, Quartiere und Technik, III – Mobilität und IV – Klimaneutraler Alltag, zeigen eine Vielzahl an Umsetzungsmöglichkeiten auf, um die Akteure aus Energiewirtschaft, Stadtverwaltung, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistung (DL) und Privaten Haushalten zielgerichtet anzusprechen und zu aktivieren. Insbesondere im Handlungsfeld Klimaneutraler Alltag können die Ziele nur unter lokaler Mitarbeit von Bevölkerung, Unternehmen und Verwaltung erreicht werden. Dies macht die Integration klimaneutraler Lebens- und Arbeitsweisen erforderlich, worin die Stadt Kaiserslautern eine Vorbildfunktion einnehmen kann. Exemplarisch werden bereits umgesetzte Leuchtturmprojekte vorgestellt. Diese Projekte besitzen Vorbildcharakter, der Signalwirkung auch für andere lokale Akteure haben kann.

Wichtige Maßnahmen wie der Ausbau Erneuerbarer Energien (PV und Solarthermie auf Dach- und Freiflächen), die Modernisierung der Gebäude, Anreize für einen klimaneutralen Alltag, die investive Maßnahme sowie die Umsetzung weiterer Energieeffizienzmaßnahmen sind priorisiert und stets im Rahmen eines partizipativen Beteiligungsprozesses umzusetzen. Der Umsetzungsfahrplan gibt hier eine erste Orientierung für die nächsten fünf Jahre. Einige Maßnahmen können zeitnah initiiert werden, andere, die auf Vorarbeiten aufbauen, bedürfen einer gründlichen Vorbereitung und Konzeption. So soll ein langfristiges Ziel der Stadt Kaiserslautern die Steigerung der regionalen Wertschöpfung sein, die durch eine Vielzahl an Maßnahmen umgesetzt werden kann. Partizipative Maßnahmen aus

Sicht der Stadtverwaltung – wie die Thermographieinitiative, Effizienzinitiative Weiße Ware, KLimasparbuch, Klimaschutzschulen, Projektstage Klimaschutz oder das Vorschlagsystem für Energieeffizienzmaßnahmen – können unmittelbar konzeptioniert und gestartet werden. Hierzu sollen lokale Akteure eingebunden werden, um die Maßnahmen zielgruppenorientiert und effizient umzusetzen.

Durch die Umsetzung der beschriebenen Klimaschutzmaßnahmen werden die Zielsetzungen im Masterplan 100 % Klimaschutz vollständig erfüllt, auch wenn sich einige der vorgesehenen technischen Maßnahmen unter den angenommenen künftigen Rahmenbedingungen und Entwicklungen ändern werden. So wird eine kontinuierliche Fortschreibung in jährlichen Umsetzungsberichten und Statusberichten alle fünf Jahre erfolgen, um auf Basis des empfohlenen Maßnahmenatlas die Klimaschutzstrategie an exogene Entwicklungen anzupassen.

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müssen kontinuierlich eine Vielzahl von Akteuren in allen relevanten Handlungsfeldern ermutigt und aktiviert werden, Beiträge zum Klimaschutz in Kaiserslautern zu leisten. Akteure aus Stadtverwaltung, ortsansässigen Unternehmen und Bevölkerung sind aufgerufen, sich aktiv an diesem klimaschutzbasierten Transformationsprozess zu beteiligen. Ziel für die nächsten Jahre ist es, sowohl die Kooperation zum Klimaschutz innerhalb von Stadt und Region als auch den kommunalen Klimaschutzprozess zu verstetigen und zu einer festen Säule im täglichen Handeln der Stadtverwaltung, der Klimaschutznetzwerke sowie vieler weiterer Akteure und der Bevölkerung insgesamt zu machen.

Mit dem Masterplan 100 % Klimaschutz kann Kaiserslautern die formulierten Klimaschutzziele erreichen und eine vorbildliche und visionäre Klimaschutzfunktion einnehmen. Die akteursbezogenen Maßnahmen haben grundsätzlich empfehlenden Charakter. Für jedes Handlungsfeld gibt der Masterplan priorisierte Ziele vor, die in kurz- bis mittelfristige Maßnahmen unterteilt sind. So ist der Masterplan als flexibler, fortzuschreibender Maßnahmenplan für die Stadt Kaiserslautern aufzufassen.

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schritte zum Masterplan Kaiserslautern (Phase I)	1
Abbildung 2: Zeitplan Masterplanprozess	2
Abbildung 3: Einbettung des Klimaschutzes in die nachhaltige Entwicklung der Stadt Kaiserslautern	3
Abbildung 4: Aufbau und Inhalte des Masterplans 100% Klimaschutz	5
Abbildung 5: Verteilung der wohnberechtigten Bevölkerung auf die Stadtteile in Kaiserslautern	11
Abbildung 6: Veränderung der Bevölkerung in den Stadtteilen von Kaiserslautern 2005 bis 2015	12
Abbildung 7: Bevölkerungsprognosen für die Stadt Kaiserslautern bis 2050, Korridor auf Basis verschiedener Basiszeiträume	13
Abbildung 8: Bevölkerungsvorausberechnung für die Stadt Kaiserslautern nach Hauptaltersgruppen bis 2050 in % ..	14
Abbildung 9: Prognostizierter Wohnflächenbedarf für Kaiserslautern	15
Abbildung 10: Gemarkungsgrenze des Stadtgebiets Kaiserslautern und Stadtteilgrenzen	19
Abbildung 11: Stützpunkte der US Streitkräfte (Sonderflächen Bund)	20
Abbildung 12: Vergleich der Energiebedarfe (innen) und THG-Emissionen (außen) für elektrische und thermische Energie	24
Abbildung 13: Vergleich der ermittelten THG-Emissionen (ohne Verkehr) für Stadt Kaiserslautern	27
Abbildung 14: Stromnetzgebiete der beiden Netzbetreiber SWK und Pfalzwerke im Stadtgebiet Kaiserslautern	30
Abbildung 15: Gebiete mit Gas- und Fernwärmeversorgung des Netzbetreibers SWK	30
Abbildung 16: Bestehende Kraftwerkskapazitäten	32
Abbildung 17: Energieflussbild Kaiserslauterns in 2015	34
Abbildung 18: Vergleich des Endenergieverbrauchs in Kaiserslautern 1990 und 2015	35
Abbildung 19: Vergleich der THG-Emissionen in Kaiserslautern 1990 und 2015	35
Abbildung 20: Endenergiebedarfe an elektrischer Energie für die privaten Haushalte ohne Strombedarf für Raumwärme	38
Abbildung 21: Möglicher Verlauf der THG-Emissionen in Folge des in Abbildung 13 angegebenen Bedarfs an elektrischer Energie in privaten Haushalten	38
Abbildung 22: Prognostizierte Endenergiebedarfe für die Wärmebereitstellung in privaten Haushalten in Kaiserslautern 2015 bis 2050	40
Abbildung 23: Möglicher Verlauf der THG-Emissionen in Folge der Wärmebereitstellung in privaten Haushalten in Kaiserslautern 2015 bis 2050	40
Abbildung 24: Prognostizierter Verlauf des Gesamtenergiebedarf des GHD&I Sektors von 2015 bis 2050	42
Abbildung 25: Beispiele der verwendeten Strombedarfsprofile verschiedener Fahrzeugtypen für eine Beispielswoche	45
Abbildung 26: Klassifizierungskriterien gemäß Solarkataster KL	49
Abbildung 27: Innenstadt Kaiserslauterns als Auszug aus dem Solarkataster KL	49
Abbildung 28: Gliederung der ALKIS-Daten zum Gebäudebestand Kaiserslauterns	51
Abbildung 29: Vorgehensweise bei der Aufbereitung der Gliederung des Gebäudebestands Kaiserslauterns	51
Abbildung 30: Flächeneignung zur oberflächennahen Geothermienutzung mittels Erdsonden	58
Abbildung 31: Flächeneignung zur oberflächennahen Geothermienutzung mittels Erdwärmekollektoren	58
Abbildung 32: Grundstruktur des Energiesystemmodells KomMod	63
Abbildung 33: Vorgehensweise bei der Energiesystemoptimierung mit KomMod	63
Abbildung 34: Installierte elektrische Leistungen und Batteriespeicherkapazitäten in den Szenarien	69
Abbildung 35: Installierte thermische Leistungen und Wärmespeicherkapazitäten in den Szenarien	69
Abbildung 36: Elektrische Energiemengen in den Szenarien	71
Abbildung 37: Thermische Energiemengen in den Szenarien	71
Abbildung 38: Nivellierte jährliche Gesamtkosten und THG-Emissionen in den Szenarien	72
Abbildung 39: Zeitlicher Verlauf der Stromversorgung in einer Beispielwoche im Herbst	73
Abbildung 40: Zeitlicher Verlauf der Heizwärmeversorgung in einer Beispielwoche im Herbst	73
Abbildung 41: Zeitlicher Verlauf der Prozesswärmeversorgung in einer Beispielwoche im Herbst	74
Abbildung 42: Zeitlicher Verlauf der Stromversorgung in einer Beispielwoche im Frühjahr	74
Abbildung 43: Zeitlicher Verlauf der Prozesswärmeversorgung in einer Beispielwoche im Frühjahr	75
Abbildung 44: Zeitlicher Verlauf der Heizwärmeversorgung in einer Beispielwoche im Frühjahr	75
Abbildung 45: Energieflussbild Kaiserslauterns in 2050 gemäß „Szenario 3 - RLP reduziert anteilig m ST“	78
Abbildung 46: Handlungsfelder und Akteursgruppen	80
Abbildung 47: Muster Maßnahmensteckbrief	82

Abbildung 48: Gesamtzielpfad Endenergiebedarf	83
Abbildung 49: Gesamtzielpfad THG-Emissionen.....	84
Abbildung 50: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe Private Haushalte im Handlungsfeld GQT	92
Abbildung 51: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe Industrie im Handlungsfeld GQT.....	95
Abbildung 52: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe GHD im Handlungsfeld GQT	97
Abbildung 53: Investitions- und Folgekosten für Akteursgruppe Stadtverwaltung im Handlungsfeld GQT	99
Abbildung 54: Aufteilung aller Endenergieeinsparungen für 2050 nach Art der Maßnahme inkl. Einfluss Bevölkerungsentwicklung	102
Abbildung 55: Aufteilung aller THG-Einsparungen bis 2050 nach Art der Maßnahme inkl. Einfluss der Bevölkerungsentwicklung	102
Abbildung 56: Endenergiebedarf und Einsparungen durch die Handlungsfelder	103
Abbildung 57: Resultierende THG-Emissionen und Einsparungen aus den Handlungsfeldern	104
Abbildung 58: Reduktion von THG-Emissionen für eine klimaneutrale Gesellschaft	105
Abbildung 59: 4-E-Modell	109
Abbildung 60: Produktionsstandort Firma WIPOTEC in Kaiserslautern	110
Abbildung 61: ZAK-Gelände	111
Abbildung 62: Bestehende Ladeinfrastruktur in Kaiserslautern	113
Abbildung 63: Flächenbedarf einer Ladeeinrichtung im Parkraum	114
Abbildung 64: Beispiel für Prozess der Qualitätssicherung für Beratungsleistungen im Standard KL	120
Abbildung 65: Einsparpotenzial bei EFH im Stadtgebiet Kaiserslautern	122
Abbildung 66: Einsparpotenzial bei MFH im Stadtgebiet Kaiserslautern	122
Abbildung 67: Umsetzungsfahrplan mit Maßnahmen und Meilensteine bis 2023.....	127
Abbildung 68: Organisationsstruktur für die Verstetigung des Masterplanprozesses	129
Abbildung 69: Rolle des MPM im Masterplanprozess	130
Abbildung 70: Aufbau Statusbericht	132
Abbildung 71: Muster für ein Controllingblatt zu Maßnahmen des Masterplans	133
Abbildung 72: Wertschöpfungskreislauf (regional)	141
Abbildung 73: Partizipationsprozess	145
Abbildung 74: Akteure in Umsetzungsphase	148
Abbildung 75: Mögliche Standorte der Ladeinfrastruktur am Standort Stadtverwaltung Kaiserslautern	165
Abbildung 76: Priorisierung der Handlungsempfehlungen	169
Abbildung 77: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 1.....	169
Abbildung 78: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 2	170
Abbildung 79: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 3	170
Abbildung 80: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 4	171
Abbildung 81: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 5	171
Abbildung 82: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 6	172
Abbildung 83: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 7	172
Abbildung 84: Corporate Design Partizipationsprozess Masterplan (hier: Ideenwettbewerb und Poster Bürgerworkshop)	173
Abbildung 85: Corporate Design Partizipationsprozess Masterplan (hier: Rückseite Flyer Bürgerworkshop)	174

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Strombedarf und resultierende THG-Emissionen je Haushaltsgröße in privaten Haushalten in Kaiserslautern für 2015 auf Basis statistischer Berechnungen.....	22
Tabelle 2: Endenergiebedarf an thermischer Energie und resultierende THG-Emissionen in privaten Haushalten für Kaiserslautern je Baualtersklasse für 2015 auf Basis statistischer Berechnungen.....	23
Tabelle 3: Endenergiebedarf und resultierende THG-Emissionen für Industrie, GHD und Stadtverwaltung ohne Mobilität in Kaiserslautern für 2015 auf Basis statistischer Berechnungen.....	25
Tabelle 4: Änderung der Beschäftigten nach Wirtschaftszweig zwischen 2010 und 2015 in Kaiserslautern und auf Basis von statistischen Kennwerten resultierende Energiebedarfsänderung.....	26
Tabelle 5: Endenergiebedarf und THG-Emissionen des Verkehrs in Kaiserslautern 2015.....	28
Tabelle 6: Bestehende Kraftwerkskapazitäten (Fortsetzung) Tabelle 7: Bestehende Kraftwerkskapazitäten.....	32
Tabelle 8: Aufteilung des Strombedarfs und der resultierenden THG-Emissionen auf die Haushaltsgröße in privaten Haushalten in Kaiserslautern für 2030 – Trendszenario.....	37
Tabelle 9: Aufteilung des Strombedarfs und der resultierenden THG-Emissionen auf die Haushaltsgröße in privaten Haushalten in Kaiserslautern für 2050 – Trendszenario.....	37
Tabelle 10: Energieindizes für 2030 und 2050 bezogen auf Ausgangsjahr 2015.....	41
Tabelle 11: Modal Split 2030 und 2050.....	43
Tabelle 12: Endenergiebedarfe im Bereich Mobilität für 2050.....	43
Tabelle 13: Verteilung der Freiflächenpotenziale, der installierbaren PV-Leistungen und der resultierenden Stromerträge über die Stadtteile für 2050, Vergleich verschiedener Quellen.....	47
Tabelle 14: Annahmen PV-Potenzialerhebung auf Freiflächen für Jahr 2050.....	47
Tabelle 15: Solarpotenzialflächen gemäß Solarkataster KL.....	49
Tabelle 16: Gebäudeklassen für die Dachflächenpotenzialbestimmung zur Solarenergienutzung in KL.....	50
Tabelle 17: Eignungsflächen für die Windenergienutzung (ohne Berücksichtigung fachplanerischer Belange).....	53
Tabelle 18: Energiepotenzial aus forstwirtschaftlicher Biomasse.....	55
Tabelle 19: Energiepotenzial aus landwirtschaftlichen Reststoffe.....	55
Tabelle 20: Energiepotenzial für Biogas aus tierischen Exkrementen.....	55
Tabelle 21: Übersicht der verfügbaren Potenziale an erneuerbaren Energien und Abwärme.....	61
Tabelle 22: Übersicht über die maximalen/ minimalen EE-Potenziale in den berechneten Versorgungsszenarien.....	65
Tabelle 23: Zielkorridor des Gesamtzielpfads für die Reduktion des Gesamtendenergiebedarfs.....	83
Tabelle 24: Zielkorridor des Gesamtzielpfads für die Reduktion der THG-Emissionen.....	84
Tabelle 25: Akteursbezogene Zielpfade 1990 bis 2050 im Bereich Endenergiebedarf.....	84
Tabelle 26: Akteursbezogene Zielpfade 1990 bis 2050 im Bereich THG-Einsparungen.....	85
Tabelle 27: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe Private Haushalte im Handlungsfeld GQT.....	90
Tabelle 28: Zentrale technische Maßnahmen für Akteursgruppe Private Haushalte im Handlungsfeld GQT.....	91
Tabelle 29: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe Industrie im Handlungsfeld GQT.....	93
Tabelle 30: Zentrale technische Maßnahmen für Akteursgruppe Industrie im Handlungsfeld GQT.....	94
Tabelle 31: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe GHD im Handlungsfeld GQT.....	96
Tabelle 32: Zielpfad THG- und Endenergieeinsparung für Akteursgruppe Stadtverwaltung im Handlungsfeld GQT.....	98
Tabelle 33: Zielpfad Handlungsfeld Mobilität.....	100
Tabelle 34: Schätzung der Netto-Kosten für Ladeninfrastruktur bis 2020.....	115
Tabelle 35: Investitionsszenario investive Maßnahme.....	116
Tabelle 36: Modernisierungsprozess und Leistungen des Standard KL.....	118
Tabelle 37: Maßnahmen der Phase II aus dem Umsetzungsfahrplan.....	125
Tabelle 38: Bevölkerungsvorausberechnung für die Stadt Kaiserslautern. Bevölkerung 2000, 2013, 2035 und 2060 nach Hauptaltersgruppen.....	160
Tabelle 39: Bevölkerungsvorausberechnung der Stadt Kaiserslautern für 2030 nach Hauptaltersgruppen.....	161
Tabelle 40: Annahmen für Anlagentechnik in Energiebilanz.....	161
Tabelle 41: Fahrleistungen und Energiebedarfe des Verkehrs in Kaiserslautern für 2015.....	161
Tabelle 42: Spezifische Endenergiebedarfe der Wohngebäude.....	162
Tabelle 43: In den Szenarienrechnungen verwendete allgemeine ökonomische Daten.....	162
Tabelle 44: Wirtschaftliche Nutzungsdauern, spezifische Investitionsaufwendungen und spezifische fixe jährliche Betriebs- und Wartungskosten der in den Szenarienrechnungen verwendeten Anlagentypen.....	163
Tabelle 45: Spezifische Brennstoffkosten der in den Szenarienrechnungen verwendeten Anlagentypen.....	163
Tabelle 46: Technische Daten der Heizkraftwerke für Prozess- und Heizwärme (KWK).....	164

Tabelle 47: Technische Daten der Photovoltaikanlagen	164
Tabelle 48: Technische Daten der Solarthermieranlagen für Prozess- und Heizwärme	164
Tabelle 49: Marktübersicht Elektro-Nutzfahrzeuge	166
Tabelle 50: Marktübersicht Elektro-PKW	167
Tabelle 51: Vergleich THG-Emissionen Fahrzeuge	169
Tabelle 52: Partizipations-Workshop Industrie und Gewerbe – Maßnahmen	175
Tabelle 53: Partizipations-Workshop Dienstleistung und Handel – Maßnahmen	175
Tabelle 54: Partizipations-Workshop BürgerInnen – Maßnahmen	176
Tabelle 55: Partizipation Stadtverwaltung – Maßnahmen	177
Tabelle 56: Schüler Projekte – Maßnahmen	177

13 Literaturverzeichnis

Agentur für Erneuerbare Energien (Hrsg.) (2017a): Rheinland-Pfalz. Bioenergie-Potenzial Forstwirtschaftliche Biomasse (Summe) (TJ). Online verfügbar unter: https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/RLP/kategorie/bioenergie/auswahl/612-bioenergie-potenzial/#goto_612, zuletzt geprüft am 14.09.2017.

Agentur für Erneuerbare Energien (Hrsg.) (2017b): Rheinland-Pfalz. Potenzial Windenergie Leistung (MW). Online verfügbar unter: www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/RLP/kategorie/wind/auswahl/304-potenzial_windenergi/#goto_304, zuletzt geprüft am 14.09.2017.

Agentur für Erneuerbare Energien (Hrsg.) (2017c): Rheinland-Pfalz. Technisches Biogaspotential (GWh/a). Online verfügbar unter: www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/RLP/kategorie/bioenergie/auswahl/187-technisches_biogaspo/#goto_187, zuletzt geprüft am 14.09.2017.

B.A.U.M. e.V. (Hrsg.) (2014): Meine persönliche Energiewende und Tipps für eine nachhaltige Lebensführung, Hamburg.

BBP/Peschla + Rochmes (Hrsg.) (2013): Erneuerbare Energien Konzept Kaiserslautern. Hrsg.: Stadt Kaiserslautern, zuletzt geprüft am 14.12.2016.

BBR (Hrsg.) (2016): Download des Testreferenzjahr-Datensatzes TRY2011. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung BBR. Online verfügbar unter: http://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Regelungen/Testreferenzjahre/Testreferenzjahre/TRY2011_Datensatz1_2.zip?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 22.03.2016.

BBR/Climate & Environment Consulting Potsdam/DWD (Hrsg.) (2017): Handbuch - Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) and Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH and Deutscher Wetterdienst (DWD). Online verfügbar unter: http://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Regelungen/Testreferenzjahre/Testreferenzjahre/TRY_Handbuch.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 18.09.2017.

BBR/Climate & Environment Consulting Potsdam/DWD (Hrsg.) (2011): Projektbericht - Aktualisierte und erweiterte Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) and Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH and Deutscher Wetterdienst (DWD). Online verfügbar unter: http://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Regelungen/Testreferenzjahre/Testreferenzjahre/Projektbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 18.09.2017.

BDEW/DKE/ZVEH/ZVEI (Hrsg.) (2016): Der Technische Leitfaden Ladeinfrastruktur Elektromobilität Version 2, online verfügbar unter: <https://www.vde.com/resource/blob/988408/750e290498bf9f75f50bb86d520caba7/leitfaden-elektromobilitaet-2016--data.pdf>, zuletzt geprüft am 18.09.2017.

Berger/Schlopsnies/Trautne (2012): Leitfaden. Energiespar-Contracting in öffentlichen Liegenschaften, Wiesbaden. Online verfügbar unter: https://www.energieland.hessen.de/pdf/Contracting-Leitfaden_2012.pdf, zuletzt geprüft am 30.07.2017.

Bischoff/Selle/Sinning (2007): Informieren, Beteiligen, Kooperieren. Kommunikation in Planungsprozessen. Eine Übersicht zu Formen, Verfahren und Methoden. Dortmund.

BMUB (Hrsg.) (2017): Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Ausgabe 2017. Online verfügbar unter: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_2017_bf.pdf, zuletzt geprüft am 01.08.2017.

BMUB (Hrsg.) (2015): Richtlinie zur Förderung von Klimaschutz in Masterplankommunen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative.

BMVI (Hrsg.) (2017): Bekanntmachung Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland 2017.

BMWi (Hrsg.) (2017a): Marktanzreizprogramm (MAP), online verfügbar unter: <http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Foerderung/Marktanzreizprogramm/marktanzreizprogramm.html>, zuletzt geprüft am 30.07.2017.

BMWi (Hrsg.) (2017b): EEG 2017: Start in die nächste Phase der Energiewende, online verfügbar unter: <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Standardartikel/EEG/eeg-2017.html>, zuletzt geprüft am 30.07.2017.

BMWi (Hrsg.) (2017c): Gesetzeskarte für das Energieversorgungssystem. Karte zentraler Strategien, Gesetze und Verordnungen.

Buro Happold Engineering (Hrsg.) (2014): Charging the City Praxisleitfaden Integrierte Ladeinfrastruktur, online verfügbar unter: https://www.bemobility.de/file/bemobility-de/2509708/tG24bDrr6uk_9yzFXSzw6vJC0Q/9069316/data/guidebook.pdf, zuletzt geprüft am 30.07.2017.

Breitenfeld (2017): Ernte 2016: Getreideernte litt unter Nässe. Wintergerste erstmals vor Sommergerste. In: Statistische Monatshefte Rheinland-Pfalz (01), S. 40–50.

Bremer Energie-Konsens GmbH (Hrsg.) (2016): 10 Tipps für klimafreundliche Fortbewegung im Arbeitsalltag. Online verfügbar unter: <http://www.energiekonsens.de/10-tipps-fuer-klimafreundliche-fortbewegung-im-arbeitsalltag.html>, zuletzt geprüft am 01.08.2017.

Brügemann (2017): Die Beteiligung von Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen – Beispiele aus der Praxis. In: Difu (Hrsg.): Akteure im kommunalen Klimaschutz erfolgreich beteiligen. Von den Masterplankommunen lernen. Online verfügbar unter: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/Difu_SKKK_Broschuere_Beteiligungsprozesse_barrierefrei-.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2017.

co2online (Hrsg.) (2017): Heizen: Welches Bundesland ist am klimafreundlichsten? Vergleich von CO₂-Emissionen in Ein- und Mehrfamilienhäusern. co2online. Online verfügbar unter <https://www.heizspiegel.de/service/news/beitrag/heizen-welches-bundesland-ist-am-klimafreundlichsten-13551/>, zuletzt geprüft am 04.09.2017.

Damm/Radermacher (2013): Projekt CO₂-neutrale Landesverwaltung Hessen – Eine Strategie für Hessen: Reduktion – Substitution – Kompensation. In: Hölscher und Radermacher (Hrsg.): Klimaneutralität. Hessen geht voran, Wiesbaden.

dena (Hrsg.) (2017): Contracting-Modelle, online verfügbar unter: <http://www.kompetenzzentrum-contracting.de>, zuletzt geprüft am 30.07.2017.

dena (Hrsg.) (2015): Erfolgreiche Abwärmennutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen, Berlin.

Deutsche Tele Medien (Hrsg.) (2017): Tankstellen Kaiserslautern. Online verfügbar unter: www.dasoertliche.de/Themen/Tankstellen/Kaiserslautern.html, zuletzt geprüft am 11.09.2017.

Deutsch-französisches Büro für erneuerbare Energien (Hrsg.) (2015): Stromproduktion von Freiflächenanlagen für nahe gelegene Gewerbeparks. PV Anlage Hölzengraben. Unter Mitarbeit von Kurt Schwan und WVE GmbH Kaiserslautern. Konferenz zu Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Deutschland und Frankreich. Paris, 14. April.

Difu (Hrsg.) (2017a): Akteure im kommunalen Klimaschutz erfolgreich beteiligen. Von den Masterplankommunen lernen. Online verfügbar unter: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/Difu_SKKK_Broschuere_Beteiligungsprozesse_barrierefrei-.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2017.

Difu (Hrsg.) (2017b): Online-Wertschöpfungsrechner für die energetische Gebäudesanierung. Online verfügbar unter: <https://wertschoepfungsrechner.difu.de>, zuletzt geprüft am 14.09.2017.

Difu (Hrsg.) (2011): Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden, Berlin.

Energieagentur.NRW (Hrsg.) (2010): „**aktionswoche.Efit**“ - Ein Projekt für energiebewusstes Verhalten in Büro- und Verwaltungsgebäuden. Online verfügbar unter: https://energie-tools.ea-nrw.de/_database/_data/datainforpool/06_aktion.Efit_Pr%C3%83%C6%92%C3%82%C2%A4sentation_20100902.pdf, zuletzt geprüft am 01.08.2017.

Energieagentur RLP (Hrsg.) (2017): Förderkompass, online verfügbar unter: <https://www.energieagentur.rlp.de/foerderkompass>, zuletzt geprüft am 30.07.2017.

- Energieagentur RLP (Hrsg.) (2015): Faktenpapier. EU-Förderung für den kommunalen Klimaschutz, Kaiserslautern. Online unter: https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/20151104_FP_EU-Foerderung_fuer_den_kommunalen_Klimaschutz_final_TW.pdf, zuletzt geprüft am 30.07.2017.
- Europäische Kommission/DG Climate Action (Hrsg.) (2016): Pariser Übereinkommen. Online verfügbar unter: https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de, zuletzt geprüft am 13.09.2017.
- Flämig (2016): Weiter denken. Von der Energiewende zur Nachhaltigkeitsgesellschaft, Berlin/Heidelberg.
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (2017): Eigene Untersuchungen und Annahmen.
- Goingelectric (Hrsg.) (2017): Goingelectric Stromtankstellen Verzeichnis. Online verfügbar unter: <http://www.goingelectric.de/stromtankstellen/Deutschland/Kaiserslautern/>, zuletzt geprüft am 18.09.2017.
- Harms (2017): Was ist Crowdfunding? Definition & Erklärung, online verfügbar unter: <https://www.crowdfunding.de/was-ist-crowdfunding/>, zuletzt geprüft am 30.07.2017.
- Hirschl et.al. (2010): Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien, Schriftenreihe des IÖW, Berlin, S.19.
- IfaS (Hrsg.) (2005): Forschungsbericht: Solarstadtconcept Kaiserslautern. Hrsg.: Stadt Kaiserslautern und Rheinland-Pfalz Ministerium für Umwelt und Forsten.
- IKEA Deutschland (Hrsg.) (2017): „Haus der kurzen Wege“ eröffnet in Kaiserslautern. Online verfügbar unter: www.ikea-unternehmensblog.de/article/2015/entspannter-einkaufen-haus-der-kurzen-wege-in-kaiserslautern-eroeffnet, zuletzt geprüft am 11.09.2017.
- IÖW (Hrsg.) (2012): Kommunale Wertschöpfung durch EE: Ergebnisse der Studie des IÖW, Schriftenreihe des IÖW 196/10, Berlin 2017.
- ISO (2008): ISO 13790:2008, Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling.
- ISOE (Hrsg.) (2013): Klimafreundlich leben in der Stadt. Potenziale für CO₂-arme Lebensstile. Online verfügbar unter: http://www.klima-alltag.de/uploads/media/klimaalltag-broschuere-2013_01.pdf, zuletzt geprüft am 01.08.2017.
- Johann (2016): Handlungsempfehlungen für die Revitalisierung von Mehrfamilienhäusern aus den 1970er Jahren, in: Kurzrock, Björn-Martin (Hrsg.): Reihe Immobilien [entwickeln] an der TU Kaiserslautern, Bd. 2, Diss., Kaiserslautern 2016.
- Kaltschmitt/Hartmann/Hofbauer (Hrsg.) (2016): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Aufl., Wiesbaden.
- Kristof et.al (1998): Kommunales Intracting, Wuppertal. Online verfügbar unter: https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/kommunales_intracting.pdf; zuletzt geprüft am 30.07.2017.
- Landesforsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2017): Das Forstamt in Zahlen. Online verfügbar unter: www.wald-rlp.de/de/forstamt-kaiserslautern/wald/das-forstamt-in-zahlen/, zuletzt geprüft am 15.09.2017.
- Linckh/Schmitz (2012): Abwärmennutzung im Betrieb. Klima schützen, Kosten senken, Augsburg.
- Methling (2017): Die Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern – Beispiele aus der Praxis. In: Difu (Hrsg.): Akteure im kommunalen Klimaschutz erfolgreich beteiligen. Von den Masterplankommunen lernen. Online verfügbar unter: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/Difu_SKKK_Broschuere_Beteiligungsprozesse_barrierefrei-.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2017.
- Mineralölwirtschaftsverband (Hrsg.) (2017): Raffinerien und Pipelines in Deutschland. Online verfügbar unter: www.mwv.de/raffinerien-und-pipelines/, zuletzt geprüft am 18.09.2017.
- Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2013): Windatlas Rheinland-Pfalz. Energie, die einleuchtet. Online verfügbar unter: https://mueef.rlp.de/fileadmin/mulewf/Themen/Energie_und_Strahlenschutz/Energie/1_rlp_windatlas_stand_2407_2013.pdf, zuletzt geprüft am 18.09.2017.
- Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2017): Windenergie. Online verfügbar unter: <https://mueef.rlp.de/en/themen/energie-und-strahlenschutz/erneuerbare-energien/windenergie/>, zuletzt geprüft am 14.09.2017.

Nationale Plattform Elektromobilität (Hrsg.) (2015): Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland: Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015.

Pfalzwerke Netz AG (Hrsg.) (2017): Internetauftritt der Pfalzwerke Netz AG. Online verfügbar unter: www.pfalzwerke-netz.de, zuletzt geprüft am 10.09.2017.

Planersocietät/ISUP (Hrsg.) (2000): Förderung des Rad- und Fußverkehrs – Ein Leitfaden für die kommunale Praxis in kleineren und mittleren Kommunen, Dortmund/Dresden.

Portz (2015): Klimawandel und Klimaanpassung in: Jarass (Hrsg.): Raumplanung und Klimawandel, Berlin.

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.) (2016): Klimaabkommen von Paris wird Gesetz. Online verfügbar unter: www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2016/07/2016-07-06-ratifizierung-pariser-klimaabkommen.html, zuletzt geprüft am 13.09.2017.

Prognos (Hrsg.) (2016): Prognos Zukunftsatlas 2016, Berlin.

Saena (Hrsg.) (2012): Technologie der Abwärmenutzung, Dresden.

Schweizer (1990): Industrieansiedlung und Bürgerprotest. Dissenswahrnehmung und Konsensbildung durch die Unternehmung, Diss., Mannheim.

Solar-Energiedach GmbH PV (Hrsg.) (2017): Mit Sonnenenergie in die neue Saison 2010. Aufdach-Solarkraftwerk (Green Goal) Betzenberg. Online verfügbar unter: www.solar-energiedach.de/referenzen_betzenberg.htm, zuletzt geprüft am 11.09.2017.

Solar-Institut Jülich (Hrsg.) (2016): Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung. Kommunale Masterpläne für 100% Klimaschutz. Online verfügbar unter: https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/handbuch_methodischer_grundfragen_bf_cps_final.pdf, zuletzt aufgerufen am 13.09.2017.

Stadtverwaltung KL (Hrsg.) (2017): Solardachkataster der Stadt Kaiserslautern. Online verfügbar unter: <https://geoportal.kaiserslautern.de/mapbender3/application/solar>, zuletzt geprüft am 14.09.2017.

Stadtverwaltung KL (Hrsg.) (2016a): Statistischer Jahresbericht 2015, Kaiserslautern.

Stadtverwaltung KL (2016b): Wohnberechtigte Bevölkerung der Stadt Kaiserslautern.

Stadtverwaltung KL (Hrsg.) (2015): Statistischer Jahresbericht 2014, Kaiserslautern.

Stadtverwaltung KL (Hrsg.) (2013): Klimaschutzbasierte Wirtschaftsförderungsstrategie 2020 – Klimaschutzkonzept der Stadt Kaiserslautern, Kaiserslautern.

Stadtverwaltung KL (Hrsg.) (2012): Statistischer Jahresbericht 2011, Kaiserslautern.

Stadtverwaltung KL (Hrsg.) (2005): Erfolgreicher Start des Impulsprogramm "2006 Euro für dein Haus". Online verfügbar unter:

https://www.kaiserslautern.de/buerger_rathaus_politik/medienportal/pressemitteilungen/01249/index.html.de, zuletzt geprüft am 30.07.2017.

Stadtverwaltung KL, Referat Umweltschutz (2017): Datenlieferung, 2017 an Technische Universität Kaiserslautern und Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.

Stadtverwaltung KL, Referat Umweltschutz (2016): Klimaschutzkonzept 2020: Sechster Umsetzungsbericht Stand 30.04.2016, Kaiserslautern.

Stadtverwaltung KL, Referat Gebäudewirtschaft (2015): Jahresenergiebericht 2015, Kaiserslautern.

SWK (Hrsg.) (2015): Veröffentlichungspflichten gemäß StromNZV und StromNEV für das Jahr 2014. Netzstrukturdaten nach § 27 Abs. 2 Nr. 1-7 StromNEV.

SWK (Hrsg.) (2017): Internetauftritt der SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgungs-AG. Online verfügbar unter: www.swk-kl.de, zuletzt geprüft am 10.09.2017.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2015): Wald und Holz. Holzeinschlag nach Holzartengruppen bzw. Holzsorten und ausgewählten Besitzarten (korrigiert). Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/WaldundHolz/Tabellen/HolzeinschlagDeutschland.html>, zuletzt geprüft am 15.09.2017.

- Statistisches Landesamt RLP (Hrsg.) (2010a): Landwirtschaft: Basisdaten regional. Bodennutzung landwirtschaftlicher Betriebe 2010 nach ausgewählten Hauptnutzungs- und Kulturarten. Tabelle 15. Online verfügbar unter: www.statistik.rlp.de/de/wirtschaftsbereiche/landwirtschaft/basisdaten-regional/tabelle-15/, zuletzt geprüft am 15.09.2017.
- Statistisches Landesamt RLP (Hrsg.) (2010b): Landwirtschaft: Basisdaten regional. Viehbestände landwirtschaftlicher Betriebe im März 2010 nach Nutzungskategorien und Verwaltungsbezirken. Tabelle 20. Online verfügbar unter: www.statistik.rlp.de/de/wirtschaftsbereiche/landwirtschaft/basisdaten-regional/tabelle-20/, zuletzt geprüft am 15.09.2017.
- Statistisches Landesamt RLP (Hrsg.) (2010c): Landwirtschaft: Basisdaten regional. Viehbestände landwirtschaftlicher Betriebe im März 2010 nach Nutzungskategorien und Verwaltungsbezirken. Tabelle 19. Online verfügbar unter: www.statistik.rlp.de/de/wirtschaftsbereiche/landwirtschaft/basisdaten-regional/tabelle-19/, zuletzt geprüft am 15.09.2017.
- SWK (Hrsg.) (2017): Stromtarif SWK Natura Premium. Online verfügbar unter: <https://www.swk-kl.de/de/privatkunden/produkte-leistungen/strom/swk-natura-premium.html>, zuletzt geprüft am 30.07.2017.
- SWK (2017): Datenlieferung, 2017 an Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.
- SWK (Hrsg.) (2011): Netzkopplungspunkte der SWK-Versorgungs-AG.
- SWK (Hrsg.) (2014): Strukturdaten nach § 27 GasNEV für das Jahr 2013.
- SWK (Hrsg.) (2015): Veröffentlichungspflichten nach Stromnetzzugangsverordnung Strom NZV §17. Netzlast, vorgelagertes Netz, Einspeisung: Zeitreihen (Leistungsangabe).
- UBA (Hrsg.) (2017): THG-Emissionen seit 1990 nach Gasen. Online verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#textpart-1>, zuletzt geprüft am 18.09.2017.
- UBA (Hrsg.) (2014): Klimaneutral leben. Verbraucher starten durch beim Klimaschutz, Bonn. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/klimaneutral_leben_4.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2017.
- UBA (Hrsg.) (2013): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050, Bonn. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales_deutschland_im_jahr_2050_langfassung.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2017.
- UMBW (Hrsg.) (2017): Auf dem Weg in die klimaneutrale Landesverwaltung. CO₂-Bilanz nach dem Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg. Online Verfügbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Klima/Bericht_Klimaneutrale_Landesverwaltung.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2017.
- Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie (2015): Gemeinsames Abfallwirtschaftskonzept Kaiserslautern 2015-2020. Teil 2c: Abfallwirtschaftskonzept ZAK. Hrsg. v. ZAK und Stadtverwaltung KL.
- WVE (Hrsg.) (2017): City-Solarpark Hölzengraben eingeweiht. Online verfügbar unter: www.wve-kl.de/wve_kl_de/aktuelles_wve.html?topic=&satnav&news_article=43&PHPSESSID=a802e0006525746be03b6e7ced7f51ff, zuletzt geprüft am 11.09.2017.
- ZAK (Hrsg.) (2017a): Biomasseheizkraftwerk – BMHKW. Online verfügbar unter: www.zak-kl.de/anlagen/biomasseheizkraftwerk, zuletzt geprüft am 10.09.2017.
- ZAK (Hrsg.) (2017b): „Grüne“ Fernwärme für die Stadtwerke. Online verfügbar unter: www.zak-kl.de/innovation/gruene-fernwaerme-fuer-die-stadtwerke, zuletzt geprüft am 10.09.2017.
- ZAK (Hrsg.) (2017c): Internetauftritt der Zentralen Abfallwirtschaft Kaiserslautern, zuletzt geprüft am 10.09.2017.
- ZAK (Hrsg.) (2017d): Windenergieanlagen. Online verfügbar unter: www.zak-kl.de/anlagen/windenergieanlagen, zuletzt geprüft am 10.09.2017.
- Zukunft ERDGAS (Hrsg.) (2017): Erdgastankstellen in Ihrer Nähe oder auf Ihrer Route. Online verfügbar unter: www.erdgas.info/erdgas-mobil/erdgas-tankstellen/tankstellenfinder, zuletzt geprüft am 11.09.2017.

14 Anhang

14.2 Zu Kap. 2

Tabelle 38: Bevölkerungsvorausberechnung für die Stadt Kaiserslautern. Bevölkerung 2000, 2013, 2035 und 2060 nach Hauptaltersgruppen (Quelle: Statisches Landesamt RLP 2017).

Alter in Jahren	2000	2013		2035		2060	
	Anzahl	Anzahl	Veränderung zu 2000 in %	Anzahl	Veränderung zu 2013 in %	Anzahl	Veränderung zu 2035 in %
< 3	2.614	2.351	-10,1	2.224	-5,4	1.888	-15,1
3 bis 5	2.702	2.231	-17,4	2.151	-3,6	1.812	-15,8
6 bis 9	3.650	2.886	-20,9	2.877	-0,3	2.390	-16,9
10 bis 15	5.831	4.636	-20,5	4.446	-4,1	3.631	-18,3
16 bis 19	4.033	4.041	0,2	3.376	-16,5	2.781	-17,6
20 bis 34	21.270	23.610	11,0	21.416	-9,3	18.385	-14,2
35 bis 49	23.377	18.013	-22,9	17.081	-5,2	14.031	-17,9
50 bis 64	18.157	20.112	10,8	16.280	-19,1	14.748	-9,4
65 bis 79	14.012	14.009	0,0	17.183	22,7	14.079	-18,1
80+	4.179	5.273	26,2	7.575	43,7	9.497	25,4
< 20	18.830	16.145	-14,3	15.074	-6,6	12.502	-17,1
20 bis 64	62.804	61.735	-1,7	54.777	-11,3	47.164	-13,9
65+r	18.191	19.282	6,0	24.758	28,4	23.576	-4,8
Insgesamt	99.825	97.162	-2,7	94.609	-2,6	83.242	-12,0
Anteile							
< 3	2,6	2,4	-0,2	2,4	0,0	2,3	-0,1
3 bis 5	2,7	2,3	-0,4	2,3	0,0	2,2	-0,1
6 bis 9	3,7	3,0	-0,7	3,0	0,0	2,9	-0,1
10 bis 15	5,8	4,8	-1,0	4,7	-0,1	4,4	-0,3
16 bis 19	4,0	4,2	0,2	3,6	-0,6	3,3	-0,3
20 bis 34	21,3	24,3	3,0	22,6	-1,7	22,1	-0,5
35 bis 49	23,4	18,5	-4,9	18,1	-0,4	16,9	-1,2
50 bis 64	18,2	20,7	2,5	17,2	-3,5	17,7	0,5
65 bis 79	14,0	14,4	0,4	18,2	3,8	16,9	-1,3
80+	4,2	5,4	1,2	8,0	2,6	11,4	3,4
< 20	18,9	16,6	-2,3	15,9	-0,7	15,0	-0,9
20 bis 64	62,9	63,5	0,6	57,9	-5,6	56,7	-1,2
65+	18,2	19,8	1,6	26,2	6,4	28,3	2,1
Insgesamt	100	100	0,0	100	0,0	100	0,0
Durchschnitt aller kreisfreien Städte in RLP							
< 20	19,5	17,4	-2,1	17,0	-0,4	15,9	-1,1
20 bis 64	62,5	62,7	0,2	56,8	-5,9	54,5	-2,3
65+	17,9	19,9	2,0	26,2	6,3	29,6	3,4
Insgesamt	100	100	0,0	100	0,0	100	0,0

Tabelle 39: Bevölkerungsvorausberechnung der Stadt Kaiserslautern für 2030 nach Hauptaltersgruppen (Quelle: Statistisches Landesamt RLP 2017)

Bevölkerungsentwicklung (absolut)	2000	2013	2030*	2050*
< 20	18.830	16.145	15.569	13.301
20 bis 64	62.804	61.735	57.210	50.705
65+	18.191	19.282	23.852	23.825
Insgesamt	99.825	97.162	96.631	87.831

*: Datenbasis: persönliche Information des Statistischen Landesamts RLP zur vierten regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung für die Stadt Kaiserslautern im Jahr 2030 und 2050 nach den drei Hauptaltersgruppen, 2016.

14.3 Zu Kap. 3

Tabelle 40: Annahmen für Anlagentechnik in Energiebilanz (TU Kaiserslautern, 2017)

Energieträger	Faktor(en)
Biomasse	3.000 Vbh* 70 % thermischer Wirkungsgrad
Solarthermie	350 kWh/(m ² *a) (lt. https://www.kaiserslautern.de/sozial_leben_wohnen/umwelt/klimaschutz/projekte/043390/index.html.de)
Wärmepumpen	2.000 Vbh/a und JAZ=3

Tabelle 41: Fahrleistungen und Energiebedarfe des Verkehrs in Kaiserslautern für 2015 (Quelle: R&T Ingenieure)

	Fahrleistung [Mio. km/a]	Gemittelter spez. Verbrauch [Wh/km]
Motorisierte Zweiräder	13,826	362
PKW	541,251	635
Leichte Nutzfahrzeuge (< 3,5 t)	33,980	800
LKW (> 3,5 t)	50,141	2.696
Stadtbusse	3,001	3.980

14.4 Zu Kap. 4

Tabelle 42: Spezifische Endenergiebedarfe der Wohngebäude (nach IWU, 2016 mit Kappung auf max. 125 kWh/(m².a))
(Quelle: IWU & TU Kaiserslautern)

Spez. Endenergiebedarf (konventionell modernisiert, klimakorrigiert) [kWh/(m ² .a)]									
Gebäudetyp		bis 1948	1949 - 1968	1969 - 1983	1984 - 1994	1995 - 2001	2002 - 2009	2010 - 2015	Neubau
EFH	frei	125	125	125	125	60	60	60	43
	angebaut	125	125	125	125	56	56	56	39
MFH	frei	125	125	124	125	55	55	55	39
	angebaut	125	125	124	125	51	51	51	35
Gr. MFH	angebaut	124	120	112	125	40	40	40	30

14.6 Zu Kap. 6

Tabelle 43: In den Szenarienrechnungen verwendete allgemeine ökonomische Daten (Quelle: Fraunhofer ISE, 2017)

Allgemeine ökonomische Daten	
Ökonomischer Betrachtungszeitraum	20 a
Mittlere jährliche Inflationsrate	1,7 %/a
Inflationsbehafteter kalkulatorischer jährlicher Zinssatz	7,0 %/a
Inflationsbereinigter kalkulatorischer jährlicher Zinssatz	5,2 %/a
Inflationsbehaftete jährliche Steigerungsrate für Brennstoffkosten sowie Betriebs- und Wartungskosten ab 2050	2,0 %/a
Inflationsbereinigte jährliche Steigerungsrate für Brennstoffkosten sowie Betriebs- und Wartungskosten ab 2050	0,3 %/a

Tabelle 44: Wirtschaftliche Nutzungsdauern, spezifische Investitionsaufwendungen und spezifische fixe jährliche Betriebs- und Wartungskosten der in den Szenarienrechnungen verwendeten Anlagentypen (Quelle: Fraunhofer ISE, 2017)

Anlagentyp	Nutzungsdauer [a]	Invest 2015 [€/kW] bzw. [€/kWh]	Invest 2050 [€/kW] bzw. [€/kWh]	Spez. Betriebs- und Wartungskosten [% _{Invest} /(kW*a)]
Klein-Wasserkraft	40	5.000	5.000	1,5
Klein-Windkraft < 10kW	15	3.000	2.800	3,0
Groß-Windkraft 3MW	20	1.300	1.256	2,5
Aufdach-PV	25	1.300	600	2,0
Aufdach-Solarthermie	25	800	528	2,0
Müll-HKW	35	1.500	1.552	2,0
Gas-BHKW 4MW _{el}	16	582	602	2,5
Luft-Wasser-Wärmepumpe	20	1.100	1.100	1,0
Erdsonden-Wärmepumpe	20	1.320	1.320	1,0
Direktelektrische Heizung (power to heat)	20	238	246	1,0
Kompressionskältemaschine	20	150	155	2,0
Absorptionskältemaschine	20	400	414	2,0
Elektrische Speicher	10	1.200	229	2,5
Thermische Speicher	20	26	27	1,0

Anmerkungen:

-Alle Angaben in €₂₀₁₅

-Invest Gas-BHKW inkl. Generalüberholung nach 8 Jahren

-Invest Solarthermie in [€/m²_Kollektor]; inkl. Montage und Verrohrung, aber ohne Speicher

-Invest elektr. Speicher in [€/kWhel]

-Invest therm. Speicher in [€/MWhth]; entspricht etwa 950€/m³

Tabelle 45: Spezifische Brennstoffkosten der in den Szenarienrechnungen verwendeten Anlagentypen (Quelle: Fraunhofer ISE, 2017)

Anlagentyp	Spezifische Brennstoff- bzw. Stromkosten in €/kWh
Graustromimport	0,200
Müll-HKW	0,015
Gas-BHKW 4MW _{el}	0,075
Luft-Wasser-Wärmepumpe	0,055 zzgl. systeminterner Stromgestehungskosten zum jeweiligen Zeitpunkt
Erdsonden-Wärmepumpe	
Direktelektrische Heizung (Power-to-Heat)	
Kompressionskältemaschine	

Alle Angaben in €₂₀₁₅.

Tabelle 46: Technische Daten der Heizkraftwerke für Prozess- und Heizwärme (KWK) (Quelle: Fraunhofer ISE, 2017)

Anlagentyp	Mittlerer elektrischer Wirkungsgrad	Mittlerer thermischer Wirkungsgrad
Müll-HKW	25,1 %	60 %
Gas-BHKW	46 %	45 %

Tabelle 47: Technische Daten der Photovoltaikanlagen (Quelle: Fraunhofer ISE, 2017)

Technische Daten Photovoltaikanlagen (Freiflächen- und Aufdachanlagen)	
Mittlerer Bruttoflächenbedarf pro installierter Leistung	4 m ² /kW
Mittlerer elektrischer Modulwirkungsgrad	25 %
Mittlerer Wechselrichterwirkungsgrad	98 %
Performance Ratio	75 %

Tabelle 48: Technische Daten der Solarthermieranlagen für Prozess- und Heizwärme (Quelle: Fraunhofer ISE, 2017)

Technische Daten Solarthermieranlagen für Prozess- und Heizwärme	
Mittlerer Bruttoflächenbedarf pro installierter Leistung	15,0 m ² /kW
F'	0,92
Tau _{Glas}	0,92
Absorption	0,95
a1	3,5
a2	0,015

14.7 Zu Kap. 7

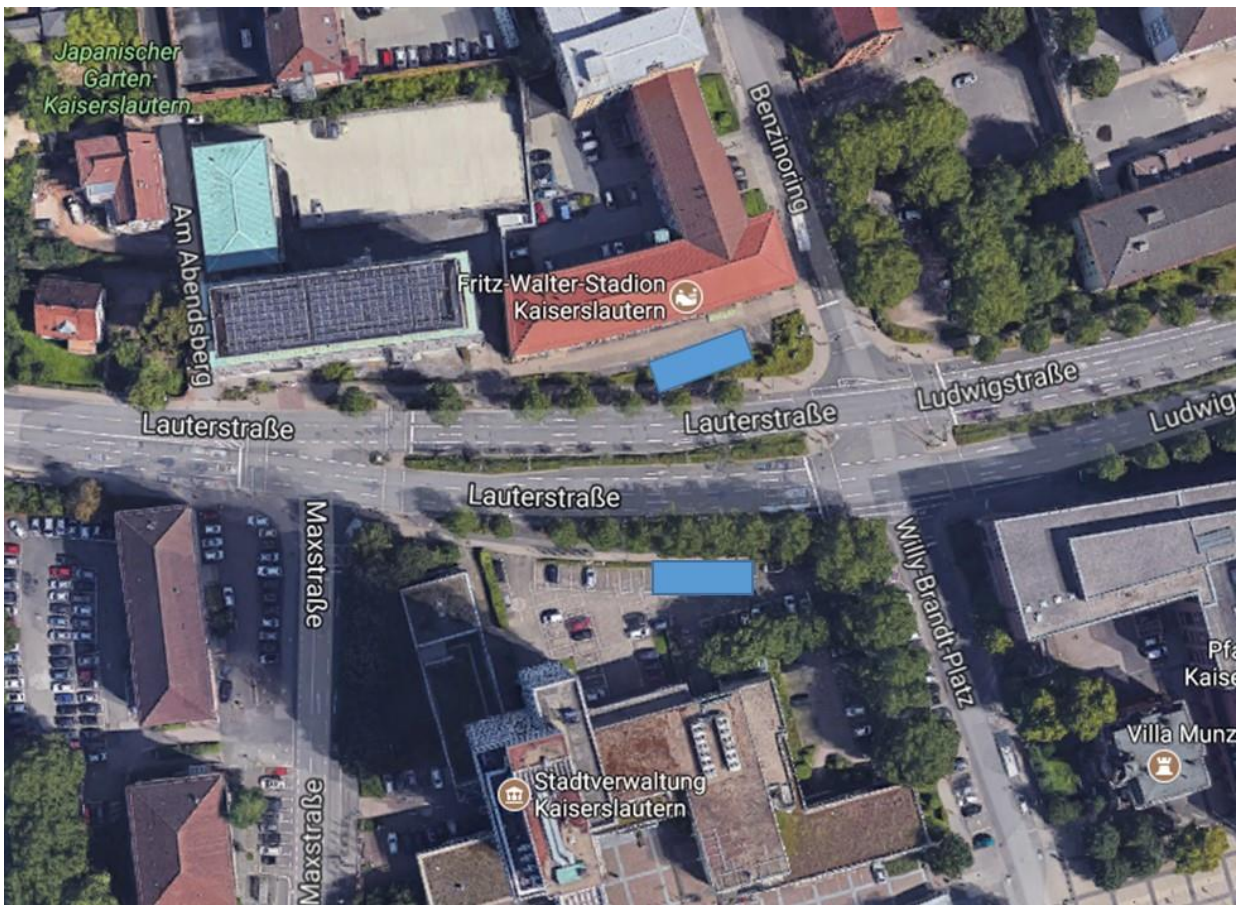


Abbildung 75: Mögliche Standorte der Ladeinfrastruktur am Standort Stadtverwaltung Kaiserslautern (Quelle: google maps)

Tabelle 49: Marktübersicht Elektro-Nutzfahrzeuge (TU Kaiserslautern, 2017)

















Modell	Marke	Listenpreis ab	Abbildung	Bildquelle
Berlingo Electric Kastenwagen	Citroen	15.690 €		www.citroen.de
e-NV200 Kastenwagen Pro/Pro+/Comfort/Kombi	Nissan	31.705 €		www.nissan.de
e-NV200 Evalia, Tekna 5-Sitzer/7-Sitzer	Nissan	31.705 €		www.nissan.de
Partner Electric Kastenwagen L1, L2	Peugeot	21.290 €		www.elektro-kfz-vergleich.de
Kangoo Z.E. 2-Sitzer, Maxi Z.E 2 Soitzer und 5-Sitzer	Renault	20.820 €		www.renault.at
Kangoo Maxi Z.E. Doppelkabine	Renault	20.820 €		www.ecomento.de
Work (B14) mit Pritsche/Aufbau/Pure	Streetscooter	32.000 €		www.eike-klima-energie.eu

Tabelle 50: Marktübersicht Elektro-PKW (TU Kaiserslautern, 2017)

Modell	Marke	Listenpreis ab	Abbildung	Bildquelle
i3	BMW	36.800 €		www.bmwusa.com
C-Zero	Citroen	19.800 €		www.citroen.de
E-Mehari	Citroen	24.790 €		www.citroen.de
Focus	Ford	34.900 €		www.ford.de
IONIQ Elektro	Hyundai	33.300 €		www.hyundai.at
Soul EV	Kia	29.490 €		www.kbb.com
B 250e	Mercedes-Benz	39.151 €		www.mbusa.com
Leaf	Nissan	23.365 €		www.nissan.de
Ampera-e	Opel	39.330 €		www.opel-is.de








ZOE	Renault	20.200 €		www.renault.fr
fortwo electric drive coupé	Smart	21.940 €		www.automobile-diagnose.com
fortwo electric drive cabrio	Smart	25.200 €		www.automobilemag.com
fourfour electric drive	Smart	22.600 €		www.smart.com
e-up!	VW	26.900 €		www.automotor-und-sport.de
e-Golf	VW	35.900 €		www.vwmodels.ca
e-load up!	VW	27.495 €		www.emosite.volkswagen.de

Tabelle 51: Vergleich THG-Emissionen Fahrzeuge (Quelle: Eigene Darstellung)

THG-Betrachtung	Einheit	Elektro	Benzin
Anzahl Fahrzeuge		9	9
Fahrleistung	km/a	15000	15000
Treibstoff		Strom	Benzin
Verbrauch	kWh/100km; l/100km	12,7	6
Spez. THG-Emissionen	g/km	76,2	120
THG-Emissionen	t/a	10,3	16,2
PV Anlage	kWh/a	16800	
THG-Einsparungen PV	t/a	10,08	
Bilanz	t/a	0,2	16,2

Abbildung 76: Priorisierung der Handlungsempfehlungen (Quelle: Johann 2016, S. 226)

Nr.	Bereich	Ausgangssituation	Maßnahme	G	Kosten	€/m² Wfl.	Hinweise	
Wärme- und Warmwassererzeugung								
B8	Wärmeerzeugung	1 Wärmeerzeugung schadhaft	1a Gebäudezentralen Wärmeerzeuger austauschen	S N	6.223-23.830 €/St 24.714-65.106 €/St 8.325-27.822 €/St	-	-Kosten Gas-Brennwertkessel/Öl-Kessel 19 bis 600 kW; zzgl. Kosten Wärmeerzeuger ausbauen und ggf. neue Rohre einziehen -Kosten Erdgas-BHKW bis 50 kW; zzgl. Kosten Wärmeerzeuger ausbauen und ggf. neue Rohre einziehen -Kosten Pellet-Heizkessel bis 120 kW; zzgl. Kosten Förderung, Wärmeerzeuger ausbauen und ggf. neue Rohre einziehen -Rückbau- und Entsorgungskosten bei Asbest (200-500 €/St) -Kosten Fernwärmeübergabestation (ggf. vom EV übernommen) Ggf. Anlagenoptimierung (L10 3a-3d) -Kosten Beschichtung -Ggf. Anlagenoptimierung (L10 3a-3d) -Kosten Fernwärmeübergabestation (ggf. vom EV übernommen)	
			1b Elektrospeichergeräte austauschen		540-2.400 €/St			
			1c Fernwärmeübergabestation erneuern		183-211 €/kW			
			1d Heizungsregler/Brenner austauschen		238-1.989 €/St			
			1e Heizöltank instand setzen		1 €/l			
			1f Umwälzpumpe austauschen		254-1.073 €/St			
			1g Gebäudezentralen auf dezentralen Wärmeerzeuger umstellen (Fernwärme)		183-211 €/kW			
			1h Gebäudezentralen auf dezentralen Wärmeerzeuger umstellen (Nahwärme)		individuell			
			1i Gebäudezentrale Öl-Heizkessel-Versorgung auf anderen Energieträger umstellen		6.392-65.106 €/St			
			1j Wohnungszentrale auf gebäudezentrale Wärmeerzeugung umstellen		64-131 €/m² Wfl.			64-131
			1k Wohnungszentrale auf dezentrale Wärmeerzeugung umstellen (Fernwärme)		67-110 €/m² Wfl.			67-110
			1l Wohnungszentrale auf dezentrale Wärmeerzeugung umstellen (Nahwärme)		individuell			-
			1m Elektrospeichergeräte umstellen		s. 1j-1l			-
B8	WW-Bereitung	2 WW-Bereitung schadhaft	2a Gebäudezentralen WW-Bereiter austauschen	S N	3.494-4.336 €/St	-	-	
			2b Gas-Durchlauferhitzer austauschen		1.097-1.377 €/St			24-30
			2c Elektro-Durchlauferhitzer austauschen		398-495 €/St			17-22
			2d Warmwasserspeicher austauschen		1.665-2.776 €/St			-
			2e Regelung instand setzen		60-400 €/St			-
			2f Regelung austauschen		200-1.000 €/St			-
			2g Förderpumpe austauschen		254-1.073 €/St			-
			2h Gebäudezentrales 4-Leiternetz auf 2-Leiternetz mit Wohnungsstation umstellen		4.000-7.000 €/WE			87-153
			2i Wohnungszentrale auf gebäudezentrale WW-Bereitung umstellen		80-131 €/m² Wfl.			80-131
			2j Dezentrale auf wohnungszentrale WW-Bereitung umstellen		82-129 €/m² Wfl.			82-129
			2k Dezentrale auf gebäudezentrale WW-Bereitung umstellen		80-131 €/m² Wfl.			80-131

Abbildung 77: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 1 (Quelle: Johann 2016, S. 232)

Nr.	Bereich	Ausgangssituation	Maßnahme	G	Kosten	€/m² Wfl.	Hinweise
Dach							
L1	Flachdach	1 Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt	1a Unbelüftetes Flachdach nach EnEV dämmen (Umkehrdach) 1b Belüftetes Flachdach zu unbelüftetem Flachdach nach EnEV umwandeln	N K V	42-106 €/m² 42-106 €/m²	14-35 14-35	Ggf. wasserableitende Schicht auf Dämmung; Mindestgefälle von 2 % Belüftetes Flachdach luftdicht konstruieren Jeweils: Dachan- und Dachabschlüsse an Dämmebene anpassen; ggf. Flachdach bekieseln; Attika überdämmen; ggf. mit Außenwanddämmung (L3 1a-2b) koppeln; ggf. Voraussetzungen für Solaranlage/Photovoltaik (Be2 1a/Be2 1b) schaffen
		2 Beheiztes Dachgeschoss und Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt/angestrebter Dachgeschossausbau mit langfristig nutzbarer Dachkonstruktion	2a Steildach zwischen Sparren dämmen 2b Steildach unter Sparren dämmen	N K V	102-127 €/m² 87-112 €/m²	39-49 33-43	Raumhöhenverluste beachten; ggf. Installationsstränge in Dämmebene Jeweils: Dämmung diffusionsoffen; Anschlüsse zwischen Dach und -flächenfenstern mit Dämmzarge; Tragfähigkeit Dachkonstruktion beachten; ggf. Dachüberstände für Außenwanddämmung (L3 1a-2b); ggf. Voraussetzungen für Solaranlage/Photovoltaik (Be2 1a/Be2 1b) schaffen
	3 Blitzschutzanlage nicht vorhanden und Gefahr für Überspannungsschäden/unmittelbare Nachbargebäude mit Blitzschutzanlage/MFH ab 20 WE	3 Blitzschutz installieren	F	29-40 €/m²	9-16	Ggf. mit Flachdachdämmung (1a/1b) oder mit Dachinstandsetzung (B1 1/2a/2b/3/7) koppeln	
Außenüren und -fenster							
L2	Fenster und Fenstertüren	1 Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt	1 Alte Fenster durch neue zweifachverglaste Kunststofffenster nach EnEV austauschen, ggf. Fensterlüfter integrieren	N K V	316-780 €/m² 120-350 €/St	65-149	Ggf. mit Außenwanddämmung (L3 1a-2b) koppeln, Fenster in Dämmebene; keine Kopplung; Fenster auf Außenwandebene; bei Fenstertüren ggf. Balkone/Loggien (L3 7a/7b) beachten; bei Austausch über ein Drittel aller Fenster Lüftungskonzept (Lüftung L7); bei Bedarf niedrigere Bedienghöhe der Fensterrollen, einbruchhemmende Fenster; ggf. Fenster mit lediglich Drehfunktion; Kosten Fensterlüfter (Tabelle 54)
		2 Fensteraustausch (1) und Kopplung Innenfensterbänke nötig	2 Innenfensterbänke austauschen	T	28-83 €/m	-	Bevorzugt pflegeleichte und kostengünstige Materialien wählen
	Sonnenschutz	3a Fensteraustausch (1) und Kopplung Rollläden nötig	3a Alte Rollläden durch neue Kunststoffrollläden austauschen	T	129-153 €/m²	25-29	Bei Außenwanddämmung (L3 1a/1b/2b) in Dämmebene; ggf. an Nordseite auf Rollläden verzichten; bei Aufstockungen/Dachausbauten (L5 3a/3b) ggf. Rollläden mit Elektroantrieb
3b Ungedämmte Rollladenkästen		3b Rollladenkästen nachträglich dämmen	N K	31-55 €/m²	6-11	Platz im Rollladenkasten beachten	

Abbildung 78: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 2 (Quelle Johann 2016, S. 235)

Nr.	Bereich	Ausgangssituation	Maßnahme	G	Kosten	€/m² Wfl.	Hinweise
Außenwände, Vordach							
L3	Außenwände	1a Mauerwerk einschalig/Fertigteilkonstruktion und Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt, kompakte Gebäudegeometrie	1a VHF mit Dämmung nach EnEV an bestehende Außenwände anbauen	N K V	104-155 €/m²	152-226	Ggf. vorhandene VHF rückbauen (B3 3b); Hinterlüftung Dämmung vermeiden; Unterkonstruktion zwei Lagen überkreuz; MW-Dämmung winddicht; statischer Nachweis erforderlich; ggf. teils 1a und 1b wegen Kosten realisieren
		1b Mauerwerk einschalig/Fertigteilkonstruktion und Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt, verwickelte Gebäudegeometrie	1b WDVS mit Dämmung nach EnEV an bestehende Außenwände anbringen	N K V	85-155 €/m²	147-226	Ggf. vorhandene VHF rückbauen (B3 3b); Hinterlüftung Dämmung vermeiden; Putz diffusionsoffen (EG stabilis); ggf. Sturzschutz; ggf. statischer Nachweis; bei Aufdopplung dübeln, bestehendes EPS-System nicht mit MW und Kunstharzputz Jeweils: Sockel feuchteunempfindlich dämmen; Wärmebrücken an Anschlüssen vermeiden; bei nachträglicher Außenwanddämmung Anschlüsse einplanen; ggf. Balkone/Loggien (B3 7a/7b) berücksichtigen
		2 Zweischaliges Mauerwerk und Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt	2a Kerndämmung durch Einblasdämmstoff nach EnEV 2b Sichtmauerwerk abbauen, VHF/WDVS (1a/1b) an Außenwände anbauen	N K V N K V V	25-45 €/m² 29-77 €/m (Fensterlaibung) 260-505 €/m² s. 1a/1b	36-66	Wasserabweisender Dämmstoff; Hohlräume vollständig ausfüllen; Fensterlaibungen nachträglich dämmen; Entwässerungsöffnungen im Sockelbereich einbauen - Kosten Rückbau - S. 1a/1b
	3 Nutzeranforderungen an Anstrich/Optik nicht erfüllt	3a Außenwände reinigen 3b Außenwände auf Alt- oder Neuputz streichen	V V	7-16 €/m² 14-53 €/m²	20-77	- Kosten Abwaschen/Hochdruckreinigung/Dampfstrahlung - Möglichst helle Farben wählen	
	Außenfensterbänke	4 Außenwanddämmung (1a/1b/2b)	4 Außenfensterbänke austauschen	T	37-95 €/m	-	Bevorzugt pflegeleichte und kostengünstige Materialien wählen; ggf. mit Fensteraustausch (L2 1) koppeln
	Regenfallrohre	5 Außenwanddämmung (1a/1b/2b)	5 Regenfallrohre austauschen	T	39-64 €/m	-	-
Vordach	6 Vordach fehlend/Nutzeranforderungen an Optik nicht erfüllt	6 Vordach neu anbauen	V	1.055-2.246 €/St	3-6	Ggf. mit Außenwanddämmung (1a/1b/2b) oder Hauseingangserneuerung (L12) koppeln	
Kellerdecke, OGD							
L4	Kellerdecke	1 Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt	1 Kellerdecke unterseitig nach EnEV oder höherem Standard dämmen	N K V	28-38 €/m²	8-10	Vorhandene Leitungen, Kellerhöhe beachten; ggf. Verzögerungsdämmung ausführen; Kellerabgänge dämmen
	OGD	2 Unbeheiztes Dachgeschoss und Nutzeranforderungen an Wärmeschutz nicht erfüllt	2 OGD nach EnEV dämmen	N K V	28-38 €/m²	8-10	Dämmung diffusionsoffen ausführen; Wärmebrücken an Innenwänden, Aufgängen, Türen gering halten; ggf. begehbare Deckenaufbau, ansonsten Laufbohlen

Abbildung 79: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 3 (Quelle Johann 2016, S. 236)

Nr.	Bereich	Ausgangssituation	Maßnahme	G	Kosten	€/m² Wfl.	Hinweise
L6	WW-Bereit- ung	4 Nutzeranforderungen an effiziente WW-Bereit-ung nicht erfüllt	4a Gas-WW-Boiler austauschen	V	1.913-2.372 €/St	42-52	-
			4b Gas-Durchlauferhitzer austauschen	N	1.097-1.377 €/St	24-30	-
		4c Elektro-Durchlauferhitzer austauschen	N	398-495 €/St	17-22	-	
		4d Wohnungszentrale WW-Bereit-ung umstel- len	K	s. L10 2h-2j	-	S. L10 2h-2j	
	5 Bei Erneuerung Wandbeläge 1f mit wesentlich kürzer Lebensdauer der Elektroleitungen als neue Innen- wandbeläge	5 Elektroinstallation vollständig erneuern	T F	74-120 €/m² Wfl.	74-120	Standard orientiert an Zielgruppenanforderung/RAL-RG 678	
	6 Elektroleitungen nicht ausreichend bemessen	6 Stromkreise hinzufügen	V	163-222 €/St 4,20-4,80 €/m	-	- Kosten FI-Schalter nachrüsten - Kosten Elektroleitung	
Lufttechnische Anlagen							
L7	Lüftungsan- lagen	1 Reduzierte Lüftung nach DIN 1946-6 nicht erreicht: freie Lüftung	1a Fensterlüfter installieren		120-180 €/St	-	Bei Fensteraustausch B2 2/L2 1; ggf. Fensterlüfter und ALD in windarmen Lagen; Zuluft mit Volumenstrombegrenzung; besser mehrere kleine Fensterlüfter pro Raum als ein groß dimensionierter
			1b Zuluft-ALD einbauen		70-260 €/St	-	-
			1c Lüftungssieb in Innentüren einbauen	F	40-59 €/St	-	Überströmöffnungen einbauen
			1d Türblatt kürzen	V	21-42 €/St	-	Max. 10 mm kürzen
	2 Nennlüftung nach DIN 1946-6 nicht erreicht: ventilatorgestützte Lüftung (Abluft)	2a Abluftventilator einbauen	K	224-439 €/St	-	Zu- und Ablufträume; ggf. 1c, 1d nötig; ggf. mit Wärmerückgewinnung in Ablufträumen	
		2b Außenwandventilator einbauen	V	286-347 €/St	-	-	
3 Nennlüftung nach DIN 1946-6 nicht erreicht: ventilatorgestützte Lüftung (Zu-/Abluft raumweise)	3a Zentralen Abluftventilator einbauen	V	750-2.000 €/St	2-5	-		
	3b ALD mit Ventilator einbauen	V	300-350 €/St 300-1.450 €/St	-	Ggf. mit Wärmerückgewinnung		
	4 Bei Einbau ventilatorgestützter Lüftungsanlage (2a-3b)	4 Lüftungsanschluss hinzufügen	T	30 €/St	-	-	
Wärmeübertragung, Elektroinstallationen							
L8	Übertra- gungsnetze	1 Nutzeranforderungen an Internet- anschluss nicht erfüllt	1 Internetanschluss hinzufügen	V	306-510 €/WE	6-9	Bei Mieterwechsel: Standard orientiert an Zielgruppenanforde- rung/RAL-RG 678; bewohnter Zustand: Anschluss im Flur hin- zufügen; möglichst Glasfasernetze
	Niederspan- nungsinstal- lationsanla- gen	2 Nutzeranforderungen an Elektroin- stallation nicht erfüllt	2a Stromkreise hinzufügen	V	163-222 €/St 4,20-4,80 €/m	-	- Kosten FI-Schalter nachrüsten - Kosten Elektroleitung
			2b FI-Schalter nachrüsten	F	163-222 €/St	-	FI-Schutz beachten; ggf. Steckdosen mit RCD einbauen
	2c Smart Meter installieren	V	308-605 €/St	7-13	-		
	3 Gegensprechanlage fehlt	3 Gegensprechanlage einbauen	V	224-291 €/St	5-6	Standard orientiert an Zielgruppenanforderung/RAL-RG 678; Be- dienenelemente zwischen 85 und 130 cm hoch anordnen	

Abbildung 80: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 4 (Quelle: Johann 2016, S. 238)

Nr.	Bereich	Ausgangssituation	Maßnahme	G	Kosten	€/m² Wfl.	Hinweise
L8	Wärme- übertragung	4 Nutzeranforderungen an Wärme- übertragung nicht erfüllt	4a Thermostatventile austauschen	V	4-6 €/m² Wfl.	4-6	Ggf. mit Verbindung zu Fensterkontaktschaltern
			4b Heizkörper reinigen	N	9-13 €/m² Wfl.	34-75	-
			4c Heizkörper schleifen und lackieren	N	72-119 €/St	-	-
			4d Heizkörper austauschen	N	34-75 €/m² Wfl.	-	Zzgl. Kosten Heizkörperdemontage (71-98 €/St); ggf. Flächen- heizkörper einbauen; ggf. Heizkörpernischen dämmen
Wohnbereiche							
L9	Innenwände	1 Nutzeranforderungen an Innen- wände nicht erfüllt	1a Innenwände anstreichen	V	6-18 €/m²	-	- Kosten Anstrich auf Raufaser-/Putzanstrich/Kalkschlämme/ Silikat-/Mineralfarbanstrich
			1b Fliesen anbringen	V	93-145 €/m²	-	-
	Deckenbe- läge	2 Nutzeranforderungen an Decken- belag nicht erfüllt	2a PVC-/Linoleum-Oberbelag einbauen	V	40-78 €/m²	-	Jeweils: ggf. Zulage für asbesthaltige Ausgangsoberbeläge
			2b Fliesen-Oberbelag einbauen	K	78-135 €/m²	-	-
	3 Nutzeranforderungen an Wohnungsinnentüren nicht erfüllt	3a Wohnungsinnentüren anstreichen/abbeizen/ lasieren/Türblatt erneuern	V	80-216 €/St	-	- Kosten Einzelmaßnahmen	
		3b Wohnungsinnentüren austauschen	V	571-755 €/St	-	- Kosten Wandstärke < 24 cm	
Wärme- und Warmwassererzeugung							
L10	Wärmeer- zeugung	1 Nutzeranforderungen an Wärmeer- zeugung nicht erfüllt	1a Gebäudezentralen Wärmeerzeuger austau- schen	V N K	6.223-23.830 €/St 24.714-65.106 €/St 8.325-27.822 €/St	-	- Kosten für Gas-Brennwertkessel/Öl-Kessel 19 bis 600 kW; zzgl. Kosten Wärmeerzeuger ausbauen und ggf. neue Rohre einziehen - Kosten Erdgas-BHKW bis 50 kW; zzgl. Kosten Wärmeerzeuger ausbauen und ggf. neue Rohre einziehen - Kosten Pellet-Heizkessel bis 120 kW; zzgl. Kosten Förderung, Wärmeerzeuger ausbauen und ggf. neue Rohre einziehen - Kosten für Gas-Brennwerttherme 9-50 kW; ggf. Rohre in Schorn- stein einziehen (Kosten 58-149 €/m)
			1b Wohnungszentralen Wärmeerzeuger aus- tauschen	V	3.193-4.523 €/St	-	- Rückbau- und Entsorgungskosten bei Asbest (200-500 €/St)
			1c Elektrospeichergerät austauschen	V	550-2.400 €/St	-	-
			1d Heizungsregler/Brenner austauschen	V	238-1.989 €/St	-	-
			1e Umwälzpumpe austauschen	V	254-1.073 €/St	-	-
			1f Gebäudezentralen auf dezentralen Wär- meerzeuger umstellen (Fernwärme)	V	183-211 €/kW	-	1a-1e: ggf. Anlagenoptimierung 3a-3d
			1g Gebäudezentralen auf dezentralen Wär- meerzeuger umstellen (Nahwärme)	N	individuell	-	- Kosten für Fernwärmeübergabestation, werden ggf. vom EV ubernommen
			1h Gebäudezentrale Öl-Heizkessel-Versor- gung auf anderen Energieträger umstellen	K	6.392-65.106 €/St	-	-
			1i Wohnungszentralen auf gebäudezentralen Wärmeerzeuger umstellen	V	73-98 €/m² Wfl.	72-96	- Kosten Brennwertkessel 50 bis 600 kW; Kosten Erdgas-BHKW bis 50 kW; Kosten Pellet-Heizkessel bis 120 kW; zzgl. Förderung Kosten für Zentralheizung mit Gas/Festbrennstoff; ggf. mit Bad- modernisierung L6 koppeln
			1j Wohnungszentralen auf dezentralen Wär- meerzeuger umstellen (Fernwärme)	V	67-110 €/m² Wfl.	66-108	- Kosten für Fernwärme mit oder ohne WW; ggf. mit Badmoderni- sierung L6 koppeln
			1k Wohnungszentralen auf dezentralen Wär- meerzeuger umstellen (Nahwärme)	V	individuell	-	- Ggf. mit Badmodernisierung L6 koppeln; 1i-1k: Steigleitungen in Schornsteine oder Versorgungsschächte
1l Elektrospeichergeräte umstellen	V	s. 1i-1k	-	- S. 1i-1k; Rückbau- und Entsorgungskosten bei Asbest (200- 500 €/St)			

Abbildung 81: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 5 (Quelle: Johann 2016, S. 239)

Nr.	Bereich	Ausgangssituation	Maßnahme	G	Kosten	€/m² Wfl.	Hinweise
L10	WW-Bereit- ung	2 Nutzeranforderungen an WW-Bereit- ung nicht erfüllt	2a Gebäudezentralen WW-Bereiter austauschen	V	3.494-4.336 €/St	-	
			2b Gas-Durchlauferhitzer austauschen		1.097-1.377 €/St	24-30	
			2c Elektro-Durchlauferhitzer austauschen		398-495 €/St	17-22	
			2d Warmwasserspeicher austauschen		1.663-2.776 €/St	-	Bis 95 °C, inkl. MSR
			2e Regelung austauschen		200-1.000 €/St	-	
			2f Förderpumpe austauschen		254-1.073 €/St	-	
			2g Gebäudezentrales 4-Leiternetz auf 2-Leiternetz mit Wohnungsstation umstellen	N	4.000-7.000 €/WE	87-153	
			2h Wohnungszentrale auf gebäudezentrale WW-Bereit-ung umstellen	K	80-131 €/m² Wfl.	78-131	Kosten Zentralheizung mit WW (Gas/Öl)
			2i Dezentrale auf wohnungszentrale WW-Bereit-ung umstellen		82-129 €/m² Wfl.	82-129	Kosten Gas-Etagenheizung
			2j Dezentrale auf gebäudezentrale WW-Bereit-ung umstellen		80-131 €/m² Wfl.	78-131	Kosten Zentralheizung mit WW (Gas/Öl)
	Wärmeversorgungsan- lage	3 Nutzeranforderungen an optimierte Wärmeversorgung nicht erfüllt	3a Witterungsgeführte Vorlaufregelung nachrüsten	V	6-9 €/m² Wfl.	6-9	Ggf. Heizgrenztemperaturen oder Nachtabsenkung/-abschaltung einstellen
			3b Thermostatventile austauschen/nachrüsten	N	4-6 €/m² Wfl.	4-6	
			3c Alte Heizkörper durch neue Flächenheizkörper ersetzen	K	34-75 €/m² Wfl.	34-75	Ggf. Flächenrestriktionen vorhanden; Kosten Heizkörperdemontage (71-98 €/St)
			3d Heizungsanlage hydraulisch abgleichen		70-90 € pro Heizkörper	-	Ggf. (genauere) Thermostatventile nachrüsten (3b); genaue Einstellung K _v -Wert beachten; bei Heizungserneuerung Pflicht
Treppenhaus, Keller							
L11	Treppenhaus	1 Nutzeranforderungen an Anstrich/Optik nicht erfüllt 2 Nutzeranforderungen an zweiten Handlauf nicht erfüllt und Durchgangsbreite TH > 1 m, kein Aufzug im Gebäude 3 Nutzeranforderungen an rutschhemmende Decken- und Treppenbeläge nicht erfüllt	1 Innenwände auf altem Putz streichen	V	6-18 €/m²	-	Möglichst mit Wohnungseingangstüreneuerung (4a/4b); Helle Farben für positives Helligkeitsempfinden verwenden
			2 Zweiten Handlauf installieren		42-58 €/m	-	
			3 Decken- und Treppenbeläge nachbearbeiten		24-96 €/m²	-	Kosten chemische Behandlung/Beschichtung von Naturstein (Tabelle 72)
	Wohnungseingangs- türen	4 Nutzeranforderungen an Wohnungseingangstür nicht erfüllt	4a Wohnungseingangstür überarbeiten	V	92-255 €/St	2-6	Kosten Einzelmaßnahmen (Tabelle 67)
			4b Wohnungseingangstür austauschen		689-1.199 €/St	15-26	Ggf. mit Sicherheitsschloss und Spion

Abbildung 82: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 6 (Quelle: Johann 2016, S. 240)

Nr.	Bereich	Ausgangssituation	Maßnahme	G	Kosten	€/m² Wfl.	Hinweise
Be1	Private Frei- flächen	1 Nutzeranforderungen an private Freiflächen nicht erfüllt	1 Mietergärten einrichten	V N	650-3.700 €/St	-	Möglichst unterschiedliche Größen; Zugang zu Balkonen mit Tür sichern; Gärten von Gemeinschaftsraum abgrenzen; nicht an Haupterschließungswegen anordnen; Wasseranschluss; Belichtung, störende Einflüsse beachten; ggf. Terrasse, Verschattungselemente, Aufbewahrungsmöglichkeiten einrichten
Be2	Erneuerbare Energien	1 Nutzeranforderungen an erneuerbare Energien nicht erfüllt	1a Solaranlage mit WW-Speicher auf Dach installieren 1b PV-Anlage auf Dach installieren	N	10.610-25.000 € 1.200 -1.500 € je kW _p	-	Kosten Solaranlage 5-30 Personen; Platzbedarf für Speicher beachten Mindestabnahmequote, Lage-, Flächenrestriktionen, Auswirkungen auf Besteuerung beachten; ggf. mit Dacherneuerung (B1/L1) koppeln
Be3	Sicherheits- technik	1 Nutzeranforderungen an Sicherheitstechniken nicht erfüllt	1a Hausnotruf installieren 1b Gegensprechanlage installieren 1c Video-Türstation installieren 1d Rauchwarnmelder installieren	V V V S	270-300 €/St 224-291 €/St 3.500-15.000 €/St 4-42 €/m² NGF	5-6 5-6 - 5-47	Kosten 3-20 WE Kosten Einzelrauchmelder/Kabel-/Funk-Brandmeldesystem
Be4	Aufzugsan- lagen	1 Nutzeranforderungen an barrierefreie/-reduzierte Erschließung nicht erfüllt und WE und Außenanlage barrierefrei/-reduziert	1a Treppenlift installieren 1b Aufzug anbauen, zzgl. Schacht 1c Aufzug anbauen, Treppenlift installieren	V K	8.000-14.000 €/St 16.475-25.861 € je Halt 3.000-4.500 €/m s. 1a, 1b	180-283	Fluchtvegbreite von 0,80 m muss erhalten bleiben Kosten Aufzug vier bis acht Personen; ggf. Flächenrestriktionen beachten; möglichst viele WE mit Aufzug erschließen (Kostenumlage); ggf. Laubengangerschließung hinzufügen; Aufzug stufenlos erreichbar machen und 1,50x1,50 Bewegungsfläche vor Einstieg planen; bei Außenaufzug ggf. Beheizung, -lüftung Kosten Stahlschacht S. 1a, 1b
Be5	Energie- spartechnik	1 Nutzeranforderungen an intelligente Verbrauchserfassung nicht erfüllt	1 Smart Meter installieren	N	308-605 €/St	7-13	
Be6	Badflächen	1 Nutzeranforderungen an Badgröße nicht erfüllt	1 Bad vergrößern	V	500-2.000 €/St	11-44	Verknüpft mit Badmodernisierung; Realisierung bevorzugt, wenn Gäste-WC und Bad oder Bad und HWR nebeneinander; bestehende Versorgungsschächte ggf. für Leitungen nutzen; im unbewohnten Zustand durchführen
Be7	Außenanlage	1 Nutzeranforderungen an Gestaltung der Außenanlage nicht erfüllt	1 Außenanlage neu gestalten	V	35-82 € je m² Außenanlagenfläche	-	Nutzungszonen klar trennen; erste Priorität Wege (B11 4), Kinderspielflächen (B11 6, 7); zweite Priorität private Freiflächen (Be1), Gemeinschaftsflächen mit unterschiedlichen Aufenthaltsqualitäten; bei Nachfrage: Flächen für Fahrräder, Stauraum, E-Mobilität einrichten, Stellplätze verlegen, Abfallsammelplätze aufwerten (B11 12); Adressbildung bei zentralen Plätzen, Hinweisschilder

Abbildung 83: Handlungsempfehlungen MFH 1970er Jahre – Auszug 7 (Quelle: Johann 2016, S. 242)

14.9 Zu Kap. 9

Mitmachen!

Masterplan 100% Klimaschutz

Kaiserslautern



Lauter*n gute Ideen

Beschreiben Sie Ihre Idee zum Klimaschutz!
Teilnahme bis zum 12. April 2017.

Als Gewinn winken ein Hauptpreis im Wert von 450 Euro und weitere Sachpreise!

Mehr unter www.lautemideen.de



Bürgerworkshop am 02. Mai 2017

Am 02. Mai 2017 um 17:30 Uhr in der Atlantischen Akademie laden wir Sie zur Diskussion mit Ideen und Konzepten für ein klimafreundliches Kaiserslautern ein!

Wo können Erneuerbare Energien eingesetzt werden?
Wie kann der Energieverbrauch in der Stadt gesenkt werden?

Über diese und weitere Fragen möchten wir uns mit Ihnen austauschen!



Informationen zum Klimaschutz unter www.klima-kl.de



Abbildung 84: Corporate Design Partizipationsprozess Masterplan (hier: Ideenwettbewerb und Poster Bürgerworkshop) (TU Kaiserslautern, 2017)

KLIMA

KLIMASCHUTZ KAISERSLAUTERN 2050

Masterplan 100% Klimaschutz für die Stadt Kaiserslautern | Energiewende Kaiserslautern – Gemeinsam zum Ziel

Die Stadt Kaiserslautern ist bundesweit eine von insgesamt 22 Kommunen, die am Projekt „Masterplan 100% Klimaschutz“ der Bundesklimaschutzinitiative teilnehmen. Bis zum Jahr 2050 soll in allen Handlungsfeldern des Klimaschutzes eine energie-neutrale Energieversorgung erreicht werden.

Weitere Informationen unter: www.klima-kl.de

Das Ziel des Masterplans 100% Klimaschutz kann nur gemeinsam mit den Akteuren und der Bevölkerung vor Ort erreicht werden. Übrigens: selbst wer wenig Zeit oder Lust hat, viele Dinge gleichzeitig zu verändern, kann durch folgende **Energiespartipps** seinen Geldbeutel und gleichzeitig das Klima schonen:

Weniger ist mehr! Wenn Sie die Temperatur in Ihren Wohnräumen um nur 1 Grad senken, können Sie fünf bis zehn Prozent der Heizenergie sparen. Waschen Sie bei 40 statt bei 60 Grad, denn heutige Waschmittel machen Koch- und Vorwäsche meist überflüssig.

Den Durchblick behalten! Ein Fenstertausch ist mit hohen Kosten verbunden, kann aber sehr große Energieeinsparungen bringen. Achten Sie beim Fensteraustausch auf Wärmeeffizienz von Glas und Rahmen sowie auf den fachgerechten Einbau. Die Energieagentur Rheinland-Pfalz und die Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz beraten Sie bei der Planung!

Weitere Energiespartipps finden Sie bei der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz oder Naturschutzorganisationen, wie dem WWF.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Abbildung 85: Corporate Design Partizipationsprozess Masterplan (hier: Rückseite Flyer Bürgerworkshop) (TU Kaiserslautern, 2017)

Tabelle 52: Partizipations-Workshop Industrie und Gewerbe – Maßnahmen (TU Kaiserslautern, 2017)

Handlungsfeld	Maßnahmen
Energieversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Initiative „EvOe“ Energie vor Ort erzeugen: „Man muss sich nur zusammentun“ • Errichtung Nahwärmenetze • Nutzung von Abwärme zur Wärmeversorgung angrenzender Unternehmen • Ausbau PV-Nutzung auf Hallendächern • Zentrales Heiz- und Kühlkonzept bei Neubauten • Buntstandstein als Erdspeicher?
Gebäude, Quartiere & Technik	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung energetischer Quartierskonzepte für Gewerbegebiete • Einrichtung bzw. Ausbau Energiemanagementsysteme in Unternehmen/Einsatz modernere Energiemanagementsoftware • Entwicklung von Benchmarks hinsichtlich Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen • Optimierung Gebäudedämmung in Hallen • Bildung von Energieeffizienz-Netzwerken
Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> • Verstärkte Nutzung von E-Fahrzeugen als Firmenwagen / Bereitstellung von Strom für Fahrzeuge durch eigene PV-Anlage • Verbesserung ÖPNV-Anbindung an Gewerbegebiete in KL
Klimaneutraler Alltag	<ul style="list-style-type: none"> • Keine relevanten Vorschläge/Maßnahmen

Tabelle 53: Partizipations-Workshop Dienstleistung und Handel – Maßnahmen (TU Kaiserslautern, 2017)

Handlungsfeld	Maßnahmen
Energieversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Keine relevanten Vorschläge/Maßnahmen
Gebäude, Quartiere & Technik	<ul style="list-style-type: none"> • „Schaufensteroffensive“ – Erneuerung von Schaufenstern • Beleuchtungsaktion – Eingangsbereich attraktiver gestalten durch Tageslichtspiegel • Austausch elektrischer Geräte • E-Shopping Plattform Kaiserslautern • Einzelhandels-App: Kauf- und Lieferdienste
Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> • Koordinierte Lieferdienste, insbesondere für Internetbestellungen
Klimaneutraler Alltag	<ul style="list-style-type: none"> • Energiemonitor für die Stadt und Geschäfte (Anzeige CO₂-Einsparungen) • Klimaschutz als Chance: Klimaschutzprodukte anbieten – Buy Smart: Regionaler bzw. nachhaltiger Warenkorb • Energiesparwettbewerb „Wir machen mit!“ – Hohe Einsparungen im Einzelhandel belohnen • Zusammenstellung eines Flyers mit wichtigen Informationen und leichten Umsetzungen zu Energiesparmaßnahmen, sowie AnsprechpartnerInnen auflisten um den Einzelhandel für das Thema zu sensibilisieren

Tabelle 54: Partizipations-Workshop BürgerInnen – Maßnahmen (TU Kaiserslautern, 2017)

Handlungsfeld	Maßnahmen
Energieversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Substitution der konventionellen Energieträger im Heizkraftwerk durch Geothermie oder Biomasse • Abwärmenutzung in Kombination mit Fernwärme • Pilotprojekt Biogas Kaiserslautern: In Neubaugebieten Fäkalien direkt zur Energiegewinnung in Biomasseverwertung
Gebäude, Quartiere & Technik	<p>Private Haushalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausleihen Wärmebildkamera + kostenlose Beratung • Klein beginnen: Einfache Dämmmaßnahmen aufzeigen • „Umzugsmanagement“ – leichtere Anpassung des Flächenbedarfs an Lebenssituation • Wärme aus Abwasser <p>Unternehmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abwärmenutzung von Unternehmen ggf. in Verbindung mit Nah-/Fernwärme • Vernetzung von Firmen • Gewerbegebiete stärker im Bereich Begrünung miteinbeziehen (Ausgleichsmaßnahmen) <p>Stadtverwaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abschaltung überflüssiger Beleuchtung • Dem Bürger bei Fördermöglichkeiten zur Seite stehen / Förderatlas)
Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines kombinierten Fahrplans (Schiene, Bus, Rad) • Ausbau des Radwegenetzes ist Priorität • Hauptbahnhof & Gewerbegebiete besser anbinden • Stadt und Umland vernetzen • Erhöhung der Parkgebühren, um Anreize für Rad und ÖPNV zu schaffen • Befreiung von ÖPNV-Gebühren/Kostenloser Nahverkehr • Einführung der Lauterncard • Radschnellwege • Leifahrrad-System • Grüner Pfeil für Fahrräder • Jobtickets in Unternehmen und Stadtverwaltung • Mitfahrbank • Kondel (Gondelsystem für Kaiserslautern) • Umstellung auf E-Mobilität oder Bio-Erdgas fördern • Umstellung der Fahrzeugflotte im öffentlichen Dienst/Pflegedienst
Klimaneutraler Alltag	<ul style="list-style-type: none"> • Mülltrennung/Vermeidung am Arbeitsplatz • Klimaneutrale Veranstaltungen • Pflicht für Kaffeebecher mit Pfand • Saving Food App „Too good to go“ • Sport macht Strom • Papiertüten/Stoffbeutel statt Plastik (generelles Verbot für Plastiktüten) • Bekanntheit steigern: Solar-Biotonne, Repair-Café • Mengenabhängige Abfallgebühren • Kurzzeit-Schließfächer • KLima Sparbuch • Essbare Innenstadt/Stadt Gärtnerei (Urban Gardening) • Steigerung der Akzeptanz von Windrädern • Einführung einer kommunalen Klima- & Nachhaltigkeits-Haushaltswirtschaft für Kaiserslautern (Planung, Überprüfung und Nachsteuerung)

	<ul style="list-style-type: none"> • Öffentlicher Blog zur Ideensammlung von individuellen Handlungen zum Klimaschutz • Fassaden- und Dachbegrünung, Farbgestaltung mit Künstlern, Rooftop Bars/Cafés • Pakete an den Arbeitsplatz liefern lassen → spart Transportwege
--	--

Tabelle 55: Partizipation Stadtverwaltung – Maßnahmen (TU Kaiserslautern, 2017)

Handlungsfeld	Maßnahmen
Energieversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Fernwärme Vorranggebiete
Gebäude, Quartiere & Technik	<ul style="list-style-type: none"> • Dach-/ Fassadenbegrünung (BUND), Flachdachbegrünung kontrollieren • Anbau in 2. Reihe • Klimaschutz in (solaroptimierter) Bauleitplanung, städtebauliche Verträgen und Satzungen; auch: Kauf-/Mietverträgen • Hocheffizienzpumpen in Brunnen • Einrichtung bzw. Ausbau Energiemanagementsystem/Einsatz moderner Energiemanagementsoftware • Einrichtung „Kümmerer“-Stelle für Umsetzung energetischer Quartierskonzepte
Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> • Konzepterstellung für E-Mobilität/Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum
Klimaneutraler Alltag	<ul style="list-style-type: none"> • Klimacoach • Kleingeräte (Ventilatoren) hinterfragen • ASK: Plastiktütenfreie Stadt • Monitore mit Einsparung (vernetzt) in öffentlichen Gebäuden • Selbstverpflichtungen von Verbänden/Unternehmen (auswerten)
Beratung/Anreize	<ul style="list-style-type: none"> • Baufibel inkl. Kontaktpersonen „Fact Sheets“ für Bauteile; FAQ-Listen, Architekt, Nachweise, Standards, Förderatlas • Klimaportal, Bauen mit Themen/Phasen statt Index („Lexikon“), Bürgerinformationssystem mit Bester Praxis („in X Schritten vom ... zum ...“) • Bauberatung inkl. Modernisierungs-/Sanierungsberatung (ggf. plus Koordinierung der Maßnahme); Architekten und Energieberatung in Handwerker- und Planer- Datenbank aktualisieren/ergänzen • Bekanntheit von Beratungsangeboten und Fördermitteln (auch: Städtebauförderung) erhöhen; Kopplung mit digitalem Bauantrag (automatische Emails: „Denken Sie jetzt an...“)

Tabelle 56: Schüler Projekte – Maßnahmen (TU Kaiserslautern, 2017)

Handlungsfeld	Maßnahmen
Energieversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau der Erneuerbaren Energien: Solarzellen auf Dächern • Subventionierung von Solaranlagen auf zahlreichen öffentlichen Gebäuden
Gebäude, Quartiere & Technik	<ul style="list-style-type: none"> • Begrünung in Schulen auf Dächern und Pausenhof • Grünflächen auf Flachdächern • Verbot von Glühlampen außer LED • Verkehrskreisel sowie Mittelstreifen und Straßenbegrenzungen begrünen • Solarzellen auf Spitzdächern • Urban Farming auf dem Parkhaus des Pfalztheaters und der Wiese davor
Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> • VRN-Fahrkarte für alle SchülerInnen gratis

	<ul style="list-style-type: none"> • Führerschein dient auch als Busfahrkarte • Ausbau der Fahrradwege • Räumung der Fahrradwege im Winter • Fahrradausleihe mit mehreren Standpunkten • Kapazität der Busse vergrößern • Parkplätze teurer zur Verfügung stellen • Angebot von Lademöglichkeiten für Elektroautos auf Parkplätzen ausweiten • Subventionierung für Fahrräder • Subventionierung für Wasserstoffautos • Netzwerk von Wasserstoff Tankstellen installieren, ggf. Privatisierung der Tankstellen • Autofreie Sonntage • Elektrische Einkaufsbusse: Stromquellen durch Solaranlagen auf Dächern, Unterstützung bzw. Anfahrt von regionalen Supermärkten (Abwendung von Großkonzernen)
<p>Klimaneutraler Alltag</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Schulfach Gärtnern: Kinder lernen bewussten Umgang mit Pflanzen und der Natur, eigenständiger Anbau fördern • Ausbau von Sozial- und Erdkundeunterricht • Umweltworkshops/Klimaschutzworkshops in Schulen • Firmen, die nicht klimaneutral arbeiten sollen mehr Steuern zahlen • Regelmäßigere Informationsveranstaltungen in der Schule und in Firmen, um SchülerInnen und MitarbeiterInnen zu sensibilisieren für klimaneutrales Verhalten • Regelmäßige Veranstaltungen mit Stadt und Interessierten um neue Projekte vorzustellen und gemeinsam Entscheidungen zum Thema Klimaschutz treffen

Akteursbeteiligung in der Masterplanerstellung

Workshop Industrie und Gewerbe

- Workshop am 24.11.2016 in Räumlichkeiten der TU Kaiserslautern
- Ansprache/Information: Akteursnetzwerk, postalisch, Homepage, Rheinpfalz, persönlich
- 37 Teilnehmer/innen aus verschiedenen Unternehmen
- Impulsvortrag von Prof. Thomas Giel über Chancen klimaneutraler Produktionsanlagen am Best Practice Beispiel der Firma Wipotec (Kaiserslautern)
- Thementische zu den Themen Erneuerbare Energien, Energiemanagement, Kraft-Wärme-Kopplung, Rolle von Industrie und Gewerbe im Masterplan
- Wichtigste Maßnahmen in Tabelle 52

Workshop Handel und Dienstleistung

- Workshop bzw. Diskussionsrunde am 02.02.2017 in Räumlichkeiten der TU Kaiserslautern
- Ansprache/Information: Akteursnetzwerk, postalisch, Homepage, Rheinpfalz, persönlich
- Persönliche Einladungen (Brief) an 100 GeschäftsführerInnen bzw. FilialleiterInnen aus Handel und Dienstleistung
- Nur 13 TeilnehmerInnen, daher offene Diskussionsrunde statt ursprünglich vorgesehener Thementische
- Insgesamt wurde bei der Veranstaltung deutlich, dass die Einzelhändler den Klimawandel noch nicht als Chance sehen, weil viele existenziell kämpfen. Das zentrale Problem in der Innenstadt, sind die häufig zu hohen Mietpreise.
- Wichtigste Maßnahmen in Tabelle 53

Workshop BürgerInnen

- Workshop am 02.05.2017 in der Atlantischen Akademie im Rathaus Nord in Kaiserslautern
- Ansprache/Information: Homepage, Amtsblatt, Rheinpfalz, Plakate in Stadtbussen, Flyer
- Impulsvortrag von Dr. Immanuel Stieß, Leiter des Forschungsschwerpunkts Energie und Klimaschutz im Alltag am Institut für sozial-ökologische Forschung, zum Thema „Klimaschutz im Alltag“
- Thementische zu den Themen Haus und Energie, Klimaneutraler Alltag, Klimaneutralität am Arbeitsplatz, in Schule und Universität
- Wichtigste Maßnahmen in Tabelle 54

Ideenwettbewerb Lauter*n gute Ideen

- Online-Ideenwettbewerb für die breite Bevölkerung vom 12.02.2017 bis 12.04.2017
- Insgesamt über 40 Ideen zur klimaneutralen Gestaltung für Kaiserslautern
- Jury bestehend aus Richard Mastenbroek, Vorstand der SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgungs-AG, Prof. Dr. Annette Spellerberg, Dekanin des Fachbereichs Raum- und Umweltplanung an der TU Kaiserslautern und Carsten Brossette, Stadtratsmitglied der Fraktion Die Linke
- Sachpreise von SWK, Pfalztheater Kaiserslautern und 1. FC Kaiserslautern
- Wichtigste Maßnahmen in Tabelle 54

Masterplanforum

- Forum am 16.05.2017 für alle bisher Beteiligten und Interessierte im Großen Ratssaal des Rathauses
- Ansprache/Information: Homepage, Rheinpfalz, persönlich, offen für alle Interessierten
- Persönliche Email-Einladung an alle Personen, die an einem Workshop teilgenommen haben
- Rd. 40 TeilnehmerInnen
- Präsentation der bisherigen Maßnahmen aus den Workshops und Beantwortung von Fragen aus dem Publikum
- Preisverleihung zum Ideenwettbewerb durch den Oberbürgermeister Dr. Klaus Weichel

Akteursdialoge

- Schriftliche Befragungen, zahlreiche Experteninterviews und Workshops von November 2016 bis April 2017, u.a. Stadtverwaltung, Stadtkonzern, Unternehmen, Verbände, Energieagentur RLP; Fachplaner, Tandemstadt Bensheim
- Wichtigste Maßnahmen (Stadtverwaltung) in Tabelle 55

Schüler Projekte

- Projekte in der 12. Jahrgangsstufe am Rittersberg Gymnasium zum Thema Klimaneutrales Kaiserslautern unter Leitung von Lehrerin Frau Annette Coen im Frühjahr 2017
- Wichtigste Maßnahmen in Tabelle 56

Studien-Projekt

- Bachelorprojekt „**Klimafreundliches Uniwohngebiet in Kaiserslautern**“ im Sommersemester 2017 am Fachgebiet Stadtsoziologie
- Im Rahmen des Bachelorprojekts wurde das Umweltbewusstsein und Verhalten von Privathaushalten untersucht. Das Stadtgebiet im Südwesten von Kaiserslautern wurde dafür nach Gebäude- und Sozialstruktur unterteilt.