



13. ENERGIEBERICHT RHEINLAND-PFALZ





13. ENERGIEBERICHT RHEINLAND-PFALZ

BERICHTSZEITRAUM DER
BILANZEN:

2016 - 2017

IMPRESSUM

Herausgeber:	Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Kaiser-Friedrich-Str. 1 55116 Mainz
	E-Mail: poststelle@mueef.rlp.de Internet: http://www.mueef.rlp.de Telefon: +49 6131 16 - 0 Telefax: +49 6131 16 – 4646
	Erschienen 2020 Datenstand der amtlichen Statistiken überwiegend bis Dezember 2017, ansonsten ggf. bis Mitte 2019
Entwurf, Gestaltung, Satz:	Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Abteilung 8 Herr Dr. Stefan Laibach, Herr Ulrich Gallent
Textbeiträge:	Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Ministerium des Innern und für Sport Ministerium für Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur Ministerium der Finanzen Ministerium für Bildung Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz
Statistische Daten und Auswertung:	Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz Mainzer Str. 14 - 16 56130 Bad Ems
Bildernachweis Titelseite:	pixabay

Eine kostenlose pdf-Version dieser Ausgabe finden Sie zum Download auf den Internetseiten des Ministeriums unter www.mueef.rlp.de.

© Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten
Rheinland-Pfalz
Mainz, 2019

Für nicht gewerbliche Zwecke sind Vervielfältigung und unentgeltliche Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet. Die Verbreitung, auch auszugsweise, über elektronische Systeme/Datenträger bedarf der vorherigen Zustimmung. Alle übrigen Rechte bleiben vorbehalten.

Hinweis:

Der Energiebericht wird von der Landesregierung Rheinland-Pfalz im Rahmen ihres gesetzlichen Auftrages zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Laut Beschluss des rheinland-pfälzischen Landtags vom 27.03.1992 wird er im zweijährigen Turnus erstellt.

Er darf weder von Parteien noch Wahlbewerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal – und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger oder der Empfängerin zugegangen ist.

Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.



Unsere Energieversorgung in Rheinland-Pfalz wie auch im gesamten Bundesgebiet befindet sich in einem grundlegenden Wandel. Erneuerbare Energien übernehmen in zunehmendem Maße die Verantwortung für ein sicheres und kostengünstiges Energieversorgungssystem. Der Ausstieg aus der Atomkraft bis Ende 2022 und die Beendigung der Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle spätestens bis zum Jahr 2038 stellen wichtige Meilensteine auf dem Weg zu einer vollständig regenerativen Energieversorgung dar.

Rheinland-Pfalz hat sich auf seinem Weg zur Klimaneutralität bis 2050 das ambitionierte energiepolitische Ziel gesetzt, den eigenen Strombedarf bereits bis zum Jahr 2030 vollständig aus regenerativen Quellen zu decken. Dazu ist es erforderlich, die Erneuerbaren Energien weiter im Land dynamisch auszubauen, aber auch Investitionen in Energieeinsparung und in einen effizienten Energieeinsatz nicht nur im Strom-, sondern auch im Wärme- und Mobilitätsbereich zu tätigen.

Investitionen in die Nutzung der Erneuerbaren und in den Schutz unseres Klimas tragen bereits heute in zunehmendem Maße zur regionalen Wertschöpfung bei.

Der weitere Ausbau der Erneuerbaren Energien im Rahmen einer erfolgreichen

Energiewende stellt eine wesentliche Voraussetzung für den langfristigen Erhalt des Wirtschaftsstandorts Deutschland und damit verbunden einer Vielzahl hochqualifizierter Arbeitsplätze dar. Die Wirtschaft und hier insbesondere die energieintensiven Industrieunternehmen setzen in zunehmendem Maße auf den Einsatz von regenerativen Energien, um ihre Energieversorgung langfristig planbar, sicher und bezahlbar zu gestalten sowie um ihren wichtigen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

In den zurückliegenden Jahren ist die Umsetzung der Energiewende in unserem Land gut vorangekommen. So ist der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in 2017 auf ca. 48% gestiegen. Im Vergleich zum Jahr 1990 hat sich die regenerativ erzeugte Strommenge in 2017 sogar mehr als verzehnfacht. Einen wesentlichen Anteil daran hat insbesondere der Ausbau der Windenergie sowie der Fotovoltaik. Aber auch die Bioenergie und die Wasserkraft tragen verlässlich zur regenerativen Stromerzeugung bei.

Durch den Ausbau der Erneuerbaren konnte der Wandel vom Stromimportland zu einem Stromerzeugungsland weiter fortgesetzt werden. Der Anteil des Strombezugs aus anderen Bundesländern am Stromverbrauch verringerte sich von über

VORWORT

70% im Jahr 2000 auf nur noch ca. 29% in 2017.

Regenerative Energiequellen leisten auch einen wichtigen Beitrag zur klimaschonenden Wärme- und Kälteerzeugung im Land. So betrug in 2017 der Anteil der Erneuerbaren am Bruttoendenergieverbrauch im Bereich Wärme und Kälte bereits ca. 11%, in 2005 lag dieser Anteil unter 3%.

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen auf der Bundesebene haben in den zurückliegenden Jahren zu einem Bruch in der positiven Entwicklung beim Ausbau der Erneuerbaren geführt. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) setzt in der aktuellen Ausgestaltung keine ausreichenden Anreize mehr für den von unserer Wirtschaft, unseren Kommunen sowie unseren Bürgerinnen und Bürgern gewünschten schnelleren Ausbau der Erneuerbaren Energien. Hier ist der Bundesgesetzgeber gefordert, die bestehenden rechtlichen Hemmnisse insbesondere beim Ausbau der Solarenergie, Windenergie und Bioenergie zeitnah zu beseitigen.

Die rheinland-pfälzische Landesregierung hat eine Reihe von Maßnahmen zur Umsetzung der Energiewende im Strom-, Wärme- und Verkehrssektor ergriffen, über die der 13. Energiebericht detailliert informiert.

Hierzu zählen u. a. die Umsetzung des Wärmekonzepts des Landes, Projekte zur technologischen Optimierung und Markteinführung alternativer Antriebskonzepte, aber auch die Solarinitiative Rheinland-Pfalz.

Die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende im Land wird darüber hinaus durch die zahlreichen Informations- und Erstberatungsangebote der Energieagentur Rheinland-Pfalz sowie der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz für unsere Unternehmen, Kommunen und privaten Haushalte aktiv unterstützt.

Der vorliegende 13. Energiebericht gibt einen umfassenden Überblick über den erreichten Stand der Energiewende in Rheinland-Pfalz und berichtet über die im Land erzielten Minderungen an energie- und prozessbedingten Treibhausgasemissionen. Als aktueller Monitoringbericht zu Energie und Klimaschutz bildet er die notwendige fachliche Basis für die weitere Umsetzung der Energiewende im Land und für das Erreichen unserer Klimaschutzziele.



Ulrike Höfken

Ministerin für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten

FACTSHEET

1. Wesentliche Energiedaten für Rheinland-Pfalz für die Bilanzjahre 2016 und 2017¹:

Stromerzeugung und Anteile an Bruttostromerzeugung sowie –verbrauch:

Indikator	Strommenge		Anteil an der Bruttostromerzeugung		Anteil am Bruttostromverbrauch	
	[TWh]		[%]		[%]	
Jahr	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Bruttostromverbrauch	28,562	29,056				
Bruttostromerzeugung	19,596	20,676			68,6	71,2
aus EE-Anlagen	8,913	9,945	45,5	48,1	31,2	34,2
<u>davon:</u>						
Windenergie	4,797	5,923	24,5	28,6	16,8	20,4
Fotovoltaik	1,725	1,859	8,8	9,0	6,0	6,4
Wasserkraft	1,063	0,832	5,4	4,0	3,7	2,9
Biomasse	1,238	1,240	6,3	6,0	4,3	4,3
Sonstige EE	0,091	0,090	0,5	0,4	0,3	0,3
davon Geothermie	0,025	0,026				
aus nicht-EE Anlagen	10,683	10,730	54,5	51,9	37,4	36,9
davon Erdgas	9,488	9,835	48,4	47,6	33,2	33,8
Kraft-Wärme-Kopplung (nur Nettostromerzeugung)	8,748	8,771	44,6	42,4	30,6	30,2
Kraft-Wärme-Kopplung (Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung)	23,152	21,886				
Austauschsaldo (Bezug aus anderen Bundesländern)	8,966	8,380			31,4	28,8
Endenergieverbrauch	131,278	131,968				
davon aus EE	9,066	8,920				
Endenergieproduktivität						
Index (1991 = 100)	125,3	125,7				
Absolutwert* in € / MWh	1.067	1.089				

*in Preisen des jeweiligen Jahres

¹ Angaben nach Statistischem Landesamt Rheinland-Pfalz, Energiebilanz 2016 und 2017 bzw. Statistische Berichte zur Stromeinspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung 2016 und 2017, s.a. <http://www.statistik.rlp.de/de/wirtschaftsbereiche/energie/publikationen/>

Anlagenanzahl und installierte Leistung:

Indikator	Anlagenanzahl		Installierte Leistung	
Einheit	[-]		[MW]	
Jahr	2016	2017	2016	2017
Windenergie	1.569	1.668	3.130	3.422
Fotovoltaik	93.929	97.195	1.986	2.078
Wasserkraft	225	217	241	231
Biomasse ²	372	362	173	164
Sonstige EE				
davon Geothermie	1	2	5	8

2. Weitergehende Energiedaten³:

Indikator	Anlagenanzahl		Installierte Leistung	
Einheit	[-]		[MW]	
Jahr	2018	1. HJ 2019	2018	1. HJ 2019
Windenergie	1.748	1.758	3.589	3.628
Fotovoltaik	101.652	104.629	2.186	2.265
Wasserkraft	210	213	227	228
Biomasse	393	400	172	176
Sonstige EE				
davon Geothermie	2	2	8	8

² Angaben gemäß Bundesnetzagentur, Energie in Zahlen 2016 und 2017; s.a. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/erneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/zahlenunddaten-node.html

³ Angaben gemäß Veröffentlichung der Deutschen WindGuard GmbH bzw. Bundesnetzagentur und eigener Berechnungen.

10 wesentliche Kernaussagen des 13. Energieberichts:

1. Mit einem Anteil von 71% bezogen auf den Stromverbrauch des Landes (29,1 TWh) hat die rheinland-pfälzische Stromerzeugung (20,7 TWh) einen neuen Rekordwert erreicht.
2. Die rheinland-pfälzische Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist 2017 kräftig gestiegen. Mit 9,9 TWh nahm die Erzeugung gegenüber 2016 um ca. 12%, gegenüber 2010 sogar um ca. 127% zu. Auch der Anteil der erneuerbaren Stromproduktion erreichte mit ca. 48% einen neuen Höchstwert. 2010 waren es erst ca. 26%.
3. Der Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung am Stromverbrauch betrug in 2017 ca. 34%, eine Steigerung um 3 Prozentpunkte im Vergleich zum Vorjahreswert. In 2010 lag der Beitrag der Erneuerbaren zur Deckung des Strombedarfs des Landes erst bei 15%.
4. In 2017 stieg der Anteil der Windenergie an der rheinland-pfälzischen Stromerzeugung auf ca. 29% (bzw. 5,9 TWh), gefolgt von der Fotovoltaik mit einem Anteil von ca. 9% (bzw. 1,9 TWh), der Biomasse mit 6% Anteil (bzw. 1,2 TWh) und der Wasserkraft mit 4% Anteil (bzw. 0,832 TWh).
5. Der Anteil der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen an der Gesamtstromerzeugung lag 2017 bei 42%. Der entsprechende Wert für Deutschland betrug lediglich 14%. Die hoch-effiziente KWK wird in Rheinland-Pfalz von Erdgas dominiert (90% Anteil).
6. Die industrielle Eigenstromerzeugung hatte in 2017 einen Anteil an der Gesamtstromerzeugung von ca. 40%, am Gesamtstromverbrauch des Landes von ca. 29% sowie am Stromverbrauch der rheinland-pfälzischen Industrie von ca. 52%.
7. Erneuerbare Energieträger haben 2017 etwa 11% zur Deckung des Bruttoendenergieverbrauchs im Bereich Wärme und Kälte beigetragen. Im Jahr 2005 lag der Anteil erst bei ca. 2,8%.
8. Der gesamte Endenergieverbrauch in Rheinland-Pfalz betrug im Jahr 2017 ca. 132 TWh. Mit 40% hatte der Sektor Haushalte/GHD den größten Anteil daran, gefolgt von der Industrie mit 32% und dem Verkehrssektor mit 28%.
9. Die Energiewende wird zu einem zunehmend wichtigen Wirtschaftsmotor für unser Land. Im Jahr 2016 erzielten Unternehmen in Rheinland-Pfalz im Zusammenhang mit der Energiewende Umsätze von ca. 529 Mio. Euro. In Rheinland-Pfalz waren 2016 insgesamt 10.450 Menschen in der Energiewende beschäftigt, eine Steigerung von 3,9% zum Vorjahr.
10. Die Emissionsmengen der wichtigsten Treibhausgase in Rheinland-Pfalz nahmen zwischen 1990 und 2017 insgesamt um 36,7% ab. Zur Erreichung des Zielwertes von 40% bis 2020 fehlen somit noch 3,3 Prozentpunkte.

INHALTSÜBERSICHT

Vorwort	6
Factsheet	8
Inhaltsverzeichnis, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	11
1. Einleitung	14
2. Ziele der Energiepolitik	16
3. Umsetzung der Energiepolitik in Rheinland-Pfalz	21
3.1 Erneuerbare Energiequellen, KWK und Eigenstromversorgung.....	21
3.2 Ausbau und Entwicklung der Energieinfrastruktur.....	36
3.3 Energieeffizienz und Energieeinsparung, Beratungsangebote für private Haushalte, Wirtschaft und Kommunen in Rheinland-Pfalz	46
3.4 Energieforschung und Wissenstransfer.....	53
3.5 Das Land als Vorbild.....	55
3.6 Finanzielle Vorteile der Energiewende.....	63
4. Entwicklung von Energieerzeugung und –verbrauch in Rheinland-Pfalz	65
4.1 Rahmenbedingungen und Bestimmungsfaktoren der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs.....	65
4.2 Entwicklung der Bruttotromerzeugung und des Bruttostromverbrauchs	69
4.3 Entwicklung der Wärmeerzeugung und des Wärmeverbrauchs.....	73
4.4 Entwicklung des Energieverbrauchs im Bereich der Mobilität.....	76
4.5 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren.....	81
4.6 Entwicklung der Erzeugungskosten und der Energiepreise.....	86

5.	Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990 – 2017 (Kurzberichterstattung gemäß §7 Abs. 2 Nr. 1 LKSG)	90
5.1	Erfassung von Treibhausgasemissionen: Methodische Grundlagen	90
5.2	CO ₂ -Emissionen aus dem Energieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern unter Berücksichtigung einer verursacherbezogenen Betrachtung	95
	• Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz)	95
	• Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch (Quellenbilanz)	100
	• Ausgewählte Kennzahlen und Indikatoren	103
5.3	CO ₂ -Emissionen aus Produktionsprozessen (nicht energiebedingt) und weitere Treibhausgasemissionen	108
5.4	Zusammenfassung und Bewertung der Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen in Rheinland-Pfalz	116
6.	Entwicklung der energiebedingten Emissionen von SO₂ und NO_x	118

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abb. 1:	Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 2017 nach Energieträgern.....	70
Abb. 2:	Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern 2005 – 2017.....	71
Abb. 3:	Stromverbrauch nach Erzeugungsstruktur 1990 – 2017.....	72
Abb. 4:	Bruttoendenergieverbrauch 2005 – 2017 nach Anwendungsbereichen.....	74
Abb. 5:	Endenergieverbrauch in Rheinland-Pfalz und Deutschland 1990, 2000, 2010 und 2017 nach Verbrauchergruppen.....	76
Abb. 6:	Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 1990 – 2017 nach Energieträgern.....	79
Abb. 7:	Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Sektoren.....	82
Abb. 8:	Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Energieträgern.....	84
Abb. 9:	CO ₂ -Bilanz (Verursacherbilanz) Rheinland-Pfalz 2017.....	93
Abb. 10:	CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990 – 2017.....	97
Abb. 11:	CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990 – 2017 nach Emittentensektoren (in Mill. t).....	98
Abb. 12:	CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990 – 2017 nach Emittentensektoren (in %).....	99
Abb. 13:	CO ₂ -Emissionen nach der Quellenbilanz 1990 – 2017.....	101
Abb. 14:	CO ₂ -Emissionen nach der Quellenbilanz 1990 – 2017 nach Energieträgern.....	103
Abb. 15:	Energiebedingten CO ₂ -Emissionen in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1990 – 2017.....	104
Abb. 16:	Spezifische CO ₂ -Emissionen aus der Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1990 – 2017.....	105
Abb. 17:	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen je Einwohner/-in in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1990 – 2017.....	106
Abb. 18:	CO ₂ -Intensität in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1991 – 2017.....	107
Abb. 19:	Treibhausgasemissionen 1990 – 2017 nach Art der Gase (in Mil. t).....	109
Abb. 20:	Treibhausgasemissionen 1990 – 2017 nach Art der Gase (in %).....	110
Abb. 21:	Methanemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (in Mil. t).....	112
Abb. 22:	Methanemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (in %).....	113
Abb. 23:	Distickstoffoxidemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (in Mil. t).....	114
Abb. 24:	Distickstoffoxidemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (%).....	115
Abb. 25:	SO ₂ und NO _x -Emissionen in t pro Jahr.....	122
Tab. 1:	Energieverbrauchs- und Kostenanalysen für LBB-Liegenschaften, Universitäten und Hochschulen.....	57

1. EINLEITUNG

Der Energiebericht des Landes Rheinland-Pfalz ist laut Beschluss des rheinland-pfälzischen Landtags in zweijährigem Turnus zu erstellen¹.

Der inhaltliche Aufbau des Berichts richtet sich nach den Themenfeldern, über die er gemäß Landtagsbeschluss Auskunft geben soll.

Dabei handelt es sich um folgende Bereiche:

- Struktur und Entwicklung der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs,
- Energiepreisbildung und -entwicklung,
- Maßnahmen zur Energieeinsparung,
- Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien sowie
- Entwicklung des Ausstoßes von Kohlendioxid, Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden.

Der 13. Energiebericht bezieht sich auf die Bilanzjahre 2016 und 2017. Wenn verfügbar haben auch neuere Informationen Eingang in den Bericht gefunden.

Um eine Vergleichbarkeit und eine Konstanz im Aufbau und der Fortschreibung der Inhalte zu gewährleisten, orientiert sich der 13. Energiebericht inhaltlich an

seinen Vorgängerberichten aus den Jahren 2007 bis 2017.

Der 13. Energiebericht Rheinland-Pfalz umfasst eine Beschreibung der Ziele der rheinland-pfälzischen Energiepolitik (s. Kapitel 2), die Darstellung wesentlicher Maßnahmen der Landesregierung zur Umsetzung der Energiepolitik in Rheinland-Pfalz (s. Kapitel 3), eine Zusammenstellung energiestatistischer Kennzahlen zur Entwicklung von Energieerzeugung und –verbrauch sowie der Energiepreise (s. Kapitel 4), die Kurzberichterstattung zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen für den Zeitraum 1990 bis 2017 gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 1 Landesklimaschutzgesetz (s. Kapitel 5) sowie die Darstellung und Bewertung der Entwicklung energiebedingter Emissionen von SO₂ und NO_x (s. Kapitel 6).

Bereits die Struktur und der Inhalt des 12. Energieberichts wurden mit dem Ziel einer Verbesserung von Lesbarkeit und Handhabbarkeit deutlich gestrafft, da in den vorangegangenen Jahren der Umfang der Energieberichte wegen der Aufnahme neuer Themen und als Folge der Fortschreibung der bisherigen Berichtsthemen kontinuierlich angestiegen war. Diese Wei-

¹ Drucksache 12/1154 vom 18.03.1992

terentwicklung der Berichterstattung wird mit dem 13. Energiebericht fortgesetzt.

Der 13. Energiebericht unterteilt sich wieder in einen Berichtsteil sowie einen Datenteil (Anhang). Der Berichtsteil umfasst in textlich gestraffter Form die wesentlichen Aussagen des Energieberichts. Detaillierte Abbildungen und Tabellen zu den Berichtsschwerpunkten sind im Datenteil (Anhang) zu finden. Dieser wird als Datendatei auf der Internetseite des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten dem interessierten Leser zur Vertiefung zum Download angeboten. Somit bleibt die Qualität und Tiefe der Datenauswertung und Datendarstellung in bewährter Weise erhalten.

Das dem eigentlichen Berichtsteil vorangestellte Factsheet, das wesentliche energiestatistische Kennzahlen für Rheinland-Pfalz für den Berichtszeitraum 2016 und 2017 sowie weitere aktuelle Daten zum Ausbau von Windenergie und Fotovoltaik umfasst, wird um eine Zusammenstellung wichtiger Kernaussagen des 13. Energieberichts ergänzt. Die bisher in den Energieberichten enthaltene Zusammenfassung der wesentlichen Berichtsschwerpunkte kann daher entfallen.

Der Energiestatistikteil (Kapitel 4) wurde stark komprimiert und auf wesentliche Kennzahlen der Berichtsjahre 2016 und 2017 fokussiert. Die energiestatistische

Betrachtung beginnt mit dem Thema „Strom“ gefolgt von „Wärme“ und „Mobilität“. Im Anschluss wird der Endenergieverbrauch näher beleuchtet. Abschließend wird auf die Entwicklung der Erzeugungskosten sowie der Energiepreise eingegangen. Weiterführende tabellarische und graphische Informationen, die auch längerfristige Entwicklungen energiestatistischer Kennzahlen umfassen, können dem Datenteil (Anhang) des Berichtes entnommen werden.

Die Energiebilanz baut auf den gemäß den gesetzlichen Vorgaben zu erhebenden statistischen Daten zur Energiewirtschaft auf. Primärdatenerhebungen wurden im Rahmen der Berichterstellung nicht durchgeführt.

Auch die Berechnungen zur SO₂- und NO_x- Bilanzierung beruhen auf amtlichen Daten des Statistischen Landesamts Rheinland-Pfalz.

2. ZIELE DER ENERGIEPOLITIK

Allgemeine energiepolitische Zielstellungen

Die rheinland-pfälzische Landesregierung unterstützt den Ausstieg aus der Atomenergie und die Fortsetzung der Energiewende mit den Schwerpunkten Ausbau der erneuerbaren Energien, Steigerung der Energieeffizienz sowie Energieeinsparung. Sie wirkt auf den Ausstieg aus der Kohlekraft hin und verfolgt das Ziel einer sicheren, ökologischen und preiswerten Energieversorgung für unsere privaten Haushalte, unsere Kommunen und für unsere Wirtschaft.

Wesentliche Rahmenbedingungen unserer Energiepolitik sind der Schutz des Klimas und die in Paris vereinbarten Klimaschutzziele der internationalen Staatengemeinschaft bei gleichzeitigem Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Rheinland-Pfalz. Die rheinland-pfälzische Energiepolitik unterstützt das Erreichen der im Landesklimaschutzgesetz festgeschriebenen Klimaschutzziele einer Verminderung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40% bis 2020 sowie um mindestens 90% bis zum Jahr 2050 im Vergleich zum Jahr 1990. Bis zum Jahr 2050 wird Klimaneutralität angestrebt.

Auf Grund ihrer Bedeutung für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende unterstützt Rheinland-Pfalz die Entwicklung innovativer Technologien zum Klimaschutz, zur Energieeffizienz und zur Gewinnung und Speicherung erneuerbarer Energien.

Als führendes Exportbundesland in Deutschland mit einem überdurchschnittlichen Anteil an energieintensiver Grundstoffindustrie in Rheinland-Pfalz, wie z.B. Chemie, Glas, Keramik, Papier, aber auch Lebensmittelindustrie, sind die Bezahlbarkeit der Energie im internationalen Vergleich, das Fortbestehen der im internationalen Vergleich betrachtet sehr guten Versorgungssicherheit und die langfristige Planbarkeit der Energiepolitik für die Unternehmen von herausragender wirtschaftlicher Bedeutung.

Ausbau der erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung

Wir verfolgen das Ziel eines regional ausgewogenen, verbrauchsnahe sowie ökonomisch sinnvollen Ausbaus der erneuerbaren Energien, um die Wertschöpfung und Akzeptanz in den Regionen unseres Landes weiter zu stärken.

Entsprechend des Beschlusses des Landtags vom 26.04.2018 (LT-Drs.: 17/6022) soll bis zum Jahr 2030 eine vollständige Stromversorgung des Landes aus Erneuerbaren Energien erreicht werden.

Wir setzen uns für die Eigenstromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie hocheffiziente Erdgas-Kraft-Wärme-Kopplung ein. Dies ist insbesondere für unsere Industrie und unser Gewerbe von hoher Bedeutung. Außerdem wollen wir die Eigenstromnutzung bei Fotovoltaik-Anlagen auf privaten Wohnhäusern und Gewerbeimmobilien stärken.

Die kostengünstige Windenergie soll auch künftig eine wichtige Rolle bei der umweltfreundlichen Stromerzeugung spielen. Gute Windenergiestandorte sollen weiterhin optimal genutzt und entwickelt werden, z. B. durch das Repowering von Windenergieanlagen.

Netzausbau, Systemintegration und Speichersysteme

Im bedarfsgerechten Ausbau des Stromübertragungsnetzes liegt eine notwendige Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende. Dem Übertragungsnetz kommt mit zunehmendem Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien die Aufgabe zu, regionales Angebot und Nachfrage bei der Erzeugung auszugleichen und die verschiedenen Erzeugungsarten in den

Regionen mit den Lastzentren in den Ballungsräumen zu verknüpfen. Ausbaubedarf zwischen Nord- und Süddeutschland besteht außerdem im Zusammenhang mit der Abschaltung der Kernenergieanlagen im Süden der Bundesrepublik sowie mit dem Ausstieg aus der Kohleverstromung spätestens bis zum Jahr 2038.

Die Energiewende führt zu einer Dezentralisierung der Energieinfrastruktur. Energieerzeugung findet zunehmend in den Verteilnetzen statt. Daher setzen wir uns für eine stärkere systemverantwortliche Rolle der Stadtwerke und der Verteilnetzbetreiber sowie für dezentrale und regionale Konzepte und Lösungen ein, um die Versorgungssicherheit auf hohem Niveau zu gewährleisten.

Intelligente Netze sind ein wichtiger Hebel, um die Energieversorgung für die wachsenden und komplexer werdenden Anforderungen zu rüsten. Das Land unterstützt deshalb die Entwicklung und Anwendung dieser digitalen Technologien und setzt sich für geeignete Förderprogramme des Bundes ein.

Ein effizientes Lastmanagement im Energieverbrauch, die hocheffiziente und flexible Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung, die technologische Entwicklung und Markteinführung von innovativen Energiespeichern, wie z. B. Batterien,

Power-to-Heat oder Power-to-Gas zur Erzeugung von grünem Wasserstoff, sowie die engere Verknüpfung der Strom-, Wärme- und Verkehrssektoren (Sektorenkopplung), z. B. durch KWK oder Elektromobilität, werden einen zunehmend wichtigen Beitrag leisten, um die fluktuierende Einspeisung von Wind- oder Solarstrom sicher in unser Energieversorgungssystem zu integrieren.

Mit einem zunehmenden Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromproduktion gewinnt die Frage der Integration in den bestehenden Strommarkt bzw. die Weiterentwicklung des Strommarktdesigns an Bedeutung. Es gilt intelligente, marktkonforme Konzepte zu entwickeln, die mit einem möglichst effizienten Einsatz von staatlichen und privaten Mitteln die sichere Bereitstellung von elektrischer Energie kostengünstig ermöglichen, damit die Unternehmen international wettbewerbsfähig am Standort Deutschland bzw. Rheinland-Pfalz produzieren können.

Der Biomasse als natürlicher Energiespeicher kommt bei der Integration der Erneuerbaren in sichere Versorgungsstrukturen eine besondere Bedeutung zu. Hierfür werden wir uns auch bei Novellierungen des EEG einsetzen.

Energieberatung

Ein gutes Beratungsangebot ist für das Gelingen der Energiewende förderlich. Die Energiewende muss auf bundes- und landespolitischer Ebene eingeleitet und auf lokaler Ebene umgesetzt werden. Dazu wurde die Erstinformation und Erstberatung von Unternehmen und Kommunen sowie von den Bürgerinnen und Bürgern zum Ausbau der erneuerbaren Energien, zur Energieeinsparung und zur Steigerung der Energieeffizienz aufgebaut. Bei diesem Beratungsangebot sind Effizienzsteigerung, Sparsamkeit, Vermeidung von Doppelstrukturen und eine gute Ausrichtung auf die Bedarfe im Land von Bedeutung.

Wir stärken die Energieberatung im Land, beispielsweise durch die Energieagentur Rheinland-Pfalz und die Verbraucherzentrale.

Energiewende im Wärmesektor

Zur Erreichung unserer energie- und Klimaschutzpolitischen Ziele ist ein stärkerer Fokus auf den Wärmemarkt unbedingt notwendig. Wir werden deshalb unsere Anstrengungen im Wärmebereich verstärken, da hier erhebliche Effizienz- und Einsparpotenziale bestehen. Hier kommt dem Gebäudebereich – und hier vor allem dem Gebäudebestand – eine besonders wichtige Rolle zu.

Das rheinland-pfälzische Wärmekonzept legt die Schwerpunkte der Umsetzung der Wärmewende in Rheinland-Pfalz auf die energetische Quartiersentwicklung, Nahwärmenetze und Wärmespeicher, Bioenergie, energetische Gebäudesanierung, regenerative Heiz- und Kühltechnik, Nutzerverhalten/ Energieberatung, Nachhaltige Baumaterialien sowie die Verknüpfung von Strom und Wärme, Speicherung und Regelung.

Akzeptanz und Bürgerbeteiligung

Rheinland-Pfalz bekennt sich zu einer regional verankerten und nicht zuletzt bürgergetragenen Energiewende. Ziel ist eine möglichst große Anzahl von Menschen bei der Umsetzung der Energiewende mitzunehmen, um diese von unten voranzutreiben und die Wertschöpfung zu erhöhen.

Viele Bürgerinnen und Bürger wollen die Energiewende aktiv mitgestalten und an ihr teilhaben, wobei die Energiegenossenschaft eine sehr beliebte Form der Beteiligung ist.

Die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle wird zukünftig für Energiegenossenschaften immer wichtiger, dazu gehören verstärkt Modelle aus dem Bereich der Energieeffizienz und Energieeinsparung.

Die finanzielle Beteiligung der Bürger ist auch ein wichtiger Faktor regionaler Wert-

schöpfung, in dem nicht nur große Investoren die Gewinne aus den Erneuerbare-Energien-Projekten erhalten, sondern diese den Menschen vor Ort zugutekommen und deren Finanzkraft stärken. Die regionale Wirtschaft profitiert auch ganz direkt z. B. durch Auftragsvergabe an regional ansässige Unternehmen.

Mobilität

Alternative Antriebe sind ein wichtiger Bestandteil der Energiewende und des Klimaschutzes. In Rheinland-Pfalz als Flächen- und Pendlerland ist der Verkehrssektor mit mehr als einem Viertel am gesamten Endenergieverbrauch beteiligt. Den Hauptanteil hat dabei der Kraftfahrzeugverkehr.

Bei der Mobilitätswende unterstützt das Land Rheinland-Pfalz u. a. die Entwicklung alternativer Antriebe, wie z. B. die Elektromobilität, Brennstoffzellenfahrzeuge, die Entwicklung von E bzw. Syn.-Fuels vorwiegend im Nutzfahrzeug-, Schiffs- und Luftfahrtbereich, Antriebe auf Basis biogener Kraftstoffe sowie übergangsweise auch Erdgas.

Das Land fördert darüber hinaus Projekte zur Entwicklung neuer Nutzungs- und Mobilitätskonzepte (Car-Sharing, Nutzer-Sharing, Fahrgemeinschaften) sowie zur Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Netze der Zukunft.

Neben den genannten Möglichkeiten werden zukünftig weitere Mobilitätsformen, wie der öffentliche Personennahverkehr sowie das Radfahren, an Bedeutung im Rahmen der Mobilität der Zukunft gewinnen.

Durch gezielte Unterstützung, wie beispielsweise bei der Aktion „Stadtradeln“, wird versucht, den Umstieg auf diese umweltfreundliche Mobilitätsform zu erleichtern.

Kommunen

Das Land Rheinland-Pfalz hat sich zum Ziel gesetzt, die Gemeinden als Schlüssel-ebene der Energiewende auf Ihrem Weg zu Energieeffizienzkommunen tatkräftig zu unterstützen. Dazu dient zum einen das umfassende, auf die Bedarfe der Gemeinden zugeschnittene Leistungsportfolio der Energieagentur. Der zweite Aktivposten für die kommunale Energiewende sind die Landesförderprogramme. Angefangen von der Abfallwirtschaft – konkret werden Bioabfallvergärungsanlagen gefördert – über Energieeffiziente Kläranlagen, Holzenergienutzung, Solarspeicher, die Wärmewende im Quartier bis hin zur zukunftsfähigen Energieinfrastruktur werden die kommunalen Handlungsfelder mit Landesmitteln flankiert.

3. UMSETZUNG DER ENERGIEPOLITIK IN RHEINLAND-PFALZ

3.1 Erneuerbare Energiequellen, KWK und Eigenstromversorgung

Wasserkraft

Der Vorteil der Wasserkraft liegt u. a. darin, dass Emissionen nicht vorkommen. Entsorgungsprobleme für Filterstäube und Verbrennungsrückstände existieren ebenfalls nicht. Die Wasserkraft liefert je nach Flussgebiet und jahreszeitlichem Wasserangebot eine mehr oder weniger konstante Grundlast und trägt dadurch zur Leistungsabsicherung der Energiegewinnung bei.

Die Bewertung der vorhandenen Wasserrechte im Hinblick auf das Wasserkraftpotenzial aber auch die Durchgängigkeit der Gewässer führt zu folgendem Ergebnis: Im Rahmen des Projektes „Bewertung der rheinland-pfälzischen Wanderfischgewässer hinsichtlich Durchgängigkeit und Eignung zur Wasserkraftnutzung“ wurden in 2006 Wasserkraftanlagen an den Gewässern > 100 km² Einzugsgebiet ermittelt. Schwerpunkt der Stromerzeugung sind vor allem die 24 großen Wasserkraftanlagen an Saar, Mosel, Lahn, Nahe und Wied. Eine Steigerung der Wasserkraftnutzung kann vor allem an den vorhandenen Stand-

orten durch Reaktivierung stillgelegter Anlagen oder Steigerung der Effizienz der in Betrieb befindlichen Anlagen erfolgen. Aufgrund der gewässerökologischen Nachteile und des geringen Ausbaupotenzials der Wasserkraft in ihrer konventionellen Form befinden sich Turbinen für geringe Fallhöhen und Anlagenkonzepte mit ökologischen Vorteilen in der Erprobung. Über Kosten und Zuverlässigkeit solcher Anlagen können auf Grund fehlender Erfahrung zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine verlässlichen Angaben gemacht werden. Gleiches gilt für sogenannte „Fischfreundliche Turbinen“ durch die Fische unbeschadet hindurch wandern sollen.

Der Aufstau der Flüsse durch Querbauwerke zur Nutzung der Wasserkraft führt zu Problemen bei der Durchgängigkeit sowie die Änderung der Charakteristik des Fließgewässers. Demzufolge wird natürlich immer wieder eine Nutzung der Wasserkraft ohne Aufstau diskutiert und es gibt dazu sehr viele technische Konzepte und Realisierungen. Grundsätzlich gilt jedoch, dass

die Energieausbeute solcher Anlagen wesentlich kleiner ist als die Ausbeute bei konventionellen Anlagen. Der Einsatz neuer Technologien wie z. B. von Generatoren mit Hochtemperatur-Supraleitern würde schätzungsweise zu einer Erhöhung der Jahresarbeit von 2 – 4% führen.

Insgesamt ist festzustellen, dass es zahlreiche „neue“ Entwicklungen gibt, die aber bei näherer Betrachtung Weiterentwicklungen und Kombinationen bekannter Techniken darstellen. Inwieweit diese Entwicklungen ihren Platz finden werden, ist erst nach einer erfolgreich abgeschlossenen Testphase einschließlich der notwendigen Leistungsnachweise feststellbar. Letzten Endes ist in allen Anwendungsfällen ein standortspezifisches abgestimmtes Gesamtkonzept entscheidend, um eine optimale Nutzung der von der Natur gebotenen Wasserkraftressource zu erreichen bei gleichzeitiger Sicherstellung der Durchgängigkeit der Gewässer.

Windenergie

In Rheinland-Pfalz sind 42% der Landesfläche bewaldet und die windhöufigsten Standorte finden sich überwiegend auf den bewaldeten Höhenzügen, in der Regel fern ab von dichter besiedelten Ortslagen. Wenn hier Erträge aus der Bereitstellung von Windenergiestandorten erzielt werden, kommen sie der Allgemeinheit, in erster Linie den Kommunen und damit der lokalen Bevölkerung zugute.

Der Wald wird aufgrund seiner langen Lebensdauer besonders vom Klimawandel betroffen sein. Bereits jetzt weisen 84% aller Bäume Schäden auf, die unter anderem auf die Klimaveränderung zurückzuführen sind. Windenergieanlagen tragen zur Minderung von Emissionen und damit zum Waldschutz bei.

Die meisten Wälder in Rheinland-Pfalz sind im Eigentum der öffentlichen Hände (Kommunen (46%) und Land (26%)). Als größte Wald besitzende Körperschaft nimmt sich Landesforsten Rheinland-Pfalz der öffentlichen Aufgabe einer nachhaltigen Energieversorgung auf regenerativer Basis an, bemüht sich aktiv um geeignete Windenergiestandorte auch im Staatswald und bringt sich mit geeigneten Standorten im Staatswald auch in kommunale Solidarpakte ein. Hierdurch kann die Windenergie auf gut geeignete Standorte konzentriert werden. Im Jahr 2018 drehten sich rund 25% der Windenergieanlagen in rheinland-pfälzischen Wäldern.

Der Ausbau der Windenergie auf Waldstandorten hat in Rheinland-Pfalz früh begonnen und es konnten vielfältige und wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Mittlerweile drehen sich insgesamt rund 440 Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz im Wald und leisten somit einen wertvollen Beitrag zu einer nachhaltigen Energie- wende. Über 80% dieser Anlagen stehen

im Kommunalwald. Weitere Windräder befinden sich im Bau oder sind in Planung.

Eine Übersicht über Windenergieanlagen im Wald ist im Anhang beigefügt (s. Anhang 1 Kapitel 3.1; Seite 3).

Bioenergie, biogene Reststoffe und Abfälle

Im Jahr 2017 hatte die Biomasse einen Anteil von über 88% am Endenergieverbrauch von Erneuerbaren Energien in Deutschland. In Rheinland-Pfalz betrug der Anteil 87%.

Landwirtschaftliche Biogasproduktion Stromproduktion

Die landwirtschaftliche Biogaserzeugung trägt unter den Bioenergieträgern maßgeblich dazu bei, den Anteil der erneuerbaren Energien weiter zu steigern.

2017 wurde in den rund 174 rheinland-pfälzischen Biogasanlagen mit einer elektrischen Leistung von insgesamt rund 69 MW¹ eine Strommenge von 0,550 TWh und damit rund 44,6% des Stroms aus Bioenergieanlagen auf Basis von Biogas erzeugt. Die Stromproduktion aus Biogas kann flexibel und bedarfsgerecht erfolgen.

Daher soll Biogas als fester Bestandteil des Energiemixes in Rheinland-Pfalz auch 2030 erhalten bleiben.

Wärmeerzeugung und Wärmenutzung

In den rheinland-pfälzischen Biogasanlagen wird die Wärme als Nebenprodukt der Stromerzeugung zu circa einem Drittel genutzt. Bezogen auf die letztmals für das Bezugsjahr 2016 erhobenen Erzeugungsdaten haben Biogasanlagen im Jahr 2017 ein theoretisches Wärmepotenzial von schätzungsweise rund 0,13 TWh bereitgestellt. Eine wirtschaftliche Nutzung der in Biogasanlagen anfallenden Wärme ist auch aufgrund der zu geringen Anreize durch das EEG bzw. das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz derzeit kaum darstellbar.

Das rheinland-pfälzische Umweltministerium unterstützt daher Biogasanlagenbetreiber im Rahmen des Wärmekonzepts mit dem „Zukunftsscheck Biogas“ dabei, deren Anlagen effizienter und damit wirtschaftlicher zu betreiben (ertragreiche Wärmekonzepte, bedarfsgerechte Stromproduktion, flexible Fahrweisen).

Rohstoffnutzung durch Biogasanlagen

Auch für 2017 ist davon auszugehen, dass circa 70 Masse-% der in Biogasanlagen eingesetzten Substrate nachwachsenden Rohstoffe (NawaRo) waren, auf die rund 90% der produzierten Energie zurückzuführen sind. Die restlichen 10% der Energie wurden auf Basis von Wirtschaftsdüngern, die knapp ein Drittel der eingesetzten Biomasse ausmachen, erzeugt.

¹ 5. Biogaserhebung DLR; Stand 12/2016

Das Hauptsubstrat bei den NawaRo bleibt weiterhin Silomais, gleichwohl dessen Anteile zugunsten alternativer Rohstoffe, wie z. B. Ganzpflanzensilage oder Grassilage abnehmen. Daneben sind Wirtschaftsdünger, wie z. B. Gülle oder Stallmist, bedeutende Biogassubstrate. Die gasdichte Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen kann in der Landwirtschaft wesentlich zur Reduktion von Treibhausgasen beitragen. Das Umweltministerium setzt sich daher weiterhin im Rahmen seiner Möglichkeiten für die Verbesserung der einschlägigen gesetzlichen Rahmenbedingungen ein.

Müllheizkraftwerken

Neben den Energieerzeugungsanlagen die ausschließlich Biomasse einsetzen wurden 2017 in Rheinland-Pfalz 760.451 t Restabfälle in 3 Müllheizkraftwerken verwertet. Aus dieser Abfallmenge wurden rund 1,411 TWh Energie gewonnen (19% Strom, 29% Wärme, 52% Prozessdampf) und hierdurch 229.353 t CO₂ eingespart. Bei den eingesetzten Restabfällen handelte es sich um Haus-, Sperr-, Gewerbe-, Bau- und sonstigen Abfällen, die sich sowohl aus Biomasse als auch aus mineralischen Stoffen zusammensetzen.

Abfallvergärungsanlagen

2017 wurden in den 6 Bioabfallvergärungsanlagen in Rheinland-Pfalz aus 175.268 t

Bioabfälle aus der Getrenntsammlung, primär Gartenabfälle und Abfälle aus der Bio- tonne, in der Kaskade Strom und Wärme von rund 0,020 TWh erzeugt. Dabei wurden 70% als Strom in das Netz eingespeist und 30% der Energie in Form von Wärme genutzt.

Biomasse Heizkraftwerke

2016 wurde in 12 Biomasseheizkraftwerken, deren gesamte elektrische Leistung 40 MW umfasst, erneuerbarer Strom erzeugt. Daneben haben diese mit einer gesamthermischen Leistung von 95 MW in erheblichem Umfang sowohl Heiz- als auch Prozessenergie erzeugt.

Im Wesentlichen wurden diese Anlagen mit Altholz betriebenen. Neben Altholz wurde in diesen Anlagen auch Holz verbrannt. Dieses Holz setzte sich u. a. aus Waldrestholz, holzartige Biomasse aus der Getrenntsammlung und Straßenbegleitgrün zusammen.

Energieholz

Die Vermarktung von schwach dimensioniertem Laubholz und Laubholzkronen (klassisches Energieholz) stellte Landesforsten Rheinland-Pfalz (RLP) Ende der 90er Jahre vor große Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund betrieb Landesforsten RLP seit dem Jahr 2004 eine aktive Beratung über die Einsatzmöglichkeiten des CO₂-neutralen Brennstoffs Holz. Die

Einführung von Produktleitern „Holzenergieberatung“, die Erarbeitung von Informationsartikeln wie dem Ratgeber „Effizient heizen mit Holz und Sonne“ und viele weitere Aktivitäten haben, begünstigt durch steigende Preise der fossilen Energieträger Öl und Gas, dazu beigetragen, dass Heizen mit Holz eine wahre Renaissance erlebt hat. Der über Landesforsten RLP vermarktete Energieholzanteil stieg in kürzester Zeit stark an und verblieb auf einem hohen Niveau. In den Jahren seit 2015 geht der Absatz aufgrund des sehr niedrigen Ölpreises und der milden Winter zurück.

Im Jahre 2018 wurden durch Landesforsten Rheinland-Pfalz insgesamt ca. 475.000 Festmeter Energieholz verkauft. 21% davon gingen an gewerbliche, 79% an nicht gewerbliche Kunden, d. h. überwiegend an Endverbraucher. 5,2% des Energieholzes wurden als Hackschnitzel aufgearbeitet, der Rest wurde als Waldholz vermarktet. Das Waldholz wird im Wesentlichen zu Scheitholz weiterverarbeitet. 64% entfielen auf die Baumart Buche, 17% auf die Eiche, 7% auf das Nadelholz wie z.B. Fichte und 12% auf sonstige Laubbaumarten.

Da zwar fast alle rheinland-pfälzischen Kommunen, aber nur ein kleiner Teil der privaten Waldbesitzer über Landesforsten vermarkten, ist davon auszugehen, dass der Gesamtanfall von Energieholz in 2018 inkl. Eigenbedarf bei rd. 675.000 Festmeter

lag. Aufgrund der Erhebungen der Bundeswaldinventur III (veröffentlicht 2015) ist davon auszugehen, dass ca. 200.000 Festmeter Holz aus dem Privatwald energetisch genutzt werden.

Im Bereich der erneuerbaren Wärmeenergie ist Holz mit über 71% mit Abstand die bedeutendste erneuerbare Energieform. Die enormen Mengen an erneuerbarer Wärmeenergie aus Holz werden dabei überwiegend durch die über 605.000 Einzelfeuerstätten in RLP (Statistische Anlagenerhebung des Schornsteinfegerhandwerks RLP), die mit festen Brennstoffen – vorwiegend Scheitholz – betrieben werden, erzeugt. Obwohl Holz ein nachwachsender Rohstoff ist, steht er nachhaltig nur begrenzt zur Verfügung. Durch den Einsatz moderner Technik besteht z. B. bei Einzelraumfeuerungsanlagen ein erhebliches Effizienzsteigerungspotenzial. Durch den Einsatz moderner Technik könnte, trotz konstanter zur Verfügung stehender Rohstoffmengen, der Anteil der energetischen Nutzung des Holzes innerhalb der erneuerbaren Energieträger gesteigert werden.

Eine Übersicht zum Energieholzverkauf von Landesforsten Rheinland-Pfalz im Jahr 2018 ist im Anhang enthalten (s. Anhang 2 Kapitel 3.1, Seite 3)

Klärgas

Steigerung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen

Im Bereich der Abwasserbeseitigung unterstützt die Landesregierung schwerpunktmäßig die Energieoptimierung auf Kläranlagen. Kläranlagen gehören zu den größten Energieverbrauchern der Kommunen, sodass verfahrens- und maschinentechnische Maßnahmen zur Nutzung der vorhandenen Einsparpotenziale unterstützt werden. Haupteinsparpotenziale für Abwasseranlagen liegen vor allem im Bereich der Belüftung in der biologischen Stufe, aber auch bei der Umstellung der Verfahrenstechnik (MSR-Technik) sowie der maschinentechnischen Optimierung (Energie sparende Pumpen, Zentrifugen etc.).

Daneben fördert die Landesregierung Maßnahmen der Klärschlammbehandlung zur Steigerung der Energieerzeugung. Im Jahr 2014 wurde von der Landesregierung die Broschüre „Umstellung von Kläranlagen auf Schlammfaulung“ veröffentlicht. Auch auf dieser Grundlage bzw. der zugehörigen Studie wurden vom Land konkrete Umstellungsmaßnahmen der Kommunen von Kläranlagen auf die sogenannte Faulungstechnik zur Erzeugung von Biogas finanziell gefördert. Beispielhaft können hier die Kläranlagen Selters, Saulheim, Nothbachtal, Simmern und Edenkoben genannt werden. Ziel ist die Ausstattung möglichst weiterer

mittelgroßer Kläranlagen ab 10.000 Einwohnerwerten Anschlussgröße mit der Faulungstechnik zu Erzeugung von Biogas. In der Studie „Zukunftsorientierte Einbindung der Faulung und Faulgasverwertung in die Verfahrenskette der Abwasserreinigung, Schlammbehandlung und -verwertung in Rheinland-Pfalz“ (ZEBRAS) im Auftrag des MUEEF wurden die noch vorhandenen Optimierungspotenziale der rheinlandpfälzischen Faultürme ermittelt und Vorschläge für deren Nutzung erarbeitet. Neben der verfahrenstechnischen Optimierung der Schlammfaulung bestehen noch relevante Potenziale u. a. bei der Nachrüstung von Anlagen mit neuen Blockheizkraftwerken oder auch Mikrogasturbinen.

Als Grundlage für die Maßnahmen der Kläranlagenbetreiber werden Energieanalysen vom Land finanziell unterstützt.

Nach einer aktuellen Abschätzung ist davon auszugehen, dass der Stromverbrauch der rheinland-pfälzischen Kläranlagen in den letzten 10 Jahren von etwa 0,260 TWh im Jahr auf etwa 0,180 TWh im Jahr reduziert werden konnte. Für die Stromerzeugung aus Klärgas wird von einer Steigerung von etwa 0,037 TWh im Jahr 2011 auf etwa 0,050 TWh im Jahr 2018 ausgegangen. Davon wurden über 96% im eigenen Betrieb genutzt.

Viele weitere Maßnahmen der Energieeinsparung und Energieerzeugung auf Kläranlagen sind in der Umsetzung oder in Planung. Eine Potenzialabschätzung für Rheinland-Pfalz hat ergeben, dass durch die Nutzung von Einsparpotenzialen der Stromverbrauch von aktuell etwa 0,180 TWh im Jahr auf bis zu 0,150 TWh im Jahr reduziert werden kann. Die Stromerzeugung aus Klärgas (Biogas) kann von aktuell 0,050 TWh im Jahr auf bis zu 0,070 TWh im Jahr gesteigert werden. Das langfristige Ziel ist es, diese Zielwerte ggf. sogar noch zu übertreffen. Neben dem Strom wird auch ein Teil der entstehenden Wärme auf den Kläranlagen genutzt. Noch freie Wärmepotenziale lassen sich zukünftig z. B. zur Klärschlamm-trocknung einsetzen. Ein energetisch günstiger Ersatzbrennstoff ist auch der ausgefaulte und getrocknete Klärschlamm der großen Anlagen.

Regelenergie und Power-to-Gas auf Kläranlagen

Die rheinland-pfälzischen Kläranlagen mit Faulturm verfügen in aller Regel über KWK-Anlagen zur Erzeugung von Strom, der vor Ort direkt genutzt wird. Derzeit wird in mehreren Projekten praxisnah untersucht, wie diese KWK-Anlagen flexibilisiert und in den Regelenergiemarkt durch Teilnahme an virtuellen Kraftwerken integriert werden können. Einige Kläranlagen beteiligen sich bereits am Regelenergiemarkt, andere sind in

der Prüfung oder schon in der Vorbereitung.

Darüber hinaus bieten Kläranlagen mit Faulungstechnik – wie andere Biogasanlagen auch – eine regenerative CO₂-Quelle. Diese kann vor Ort ggf. für den Prozessschritt der Methanisierung im Power-to-Gas-Prozess genutzt werden. Dadurch lässt sich das Regelenergie- und Flexibilitätspotenzial deutlich erhöhen. Kläranlagen können somit auch eine zusätzliche Speicherfunktion übernehmen bzw. dazu beitragen, durch die Umwandlung von Strom in speicherfähige Energieträger (Wasserstoff, Methan) überschüssige volatile Energie zu speichern. Wie und mit welchen Techniken sich Power-to-Gas auf Kläranlagen am effizientesten umsetzen lässt, ist ebenfalls Gegenstand aktueller Forschungsprojekte.

Weitere Informationen stehen auf www.wasser.rlp.de in der Rubrik Abwasser und wassergefährdende Stoffe/ Kommunales Abwasser/ Energieeffizienz zur Verfügung.

Solarthermie

Das Prinzip ist einfach: Solarthermieanlagen verwandeln Sonnenenergie in Wärme. Das funktioniert, indem die Wärmeträgerflüssigkeit der Solarthermieanlage durch Absorption der Strahlungsenergie der Sonne aufgewärmt wird. Diese Wärme

kann dann in zwei verschiedenen Anwendungen genutzt werden: Zur solaren Trinkwassererwärmung und zur solaren Heizungsunterstützung.

Mit knapp 80% ist der Flachkollektor der am häufigsten installierte Kollektortyp. Daneben werden Röhrenkollektoren verbaut, während Luft- und Speicherkollektoren nur in wenigen Fällen existieren (0,2%).

Bezüglich der Anlagennutzung ergibt sich ein Verhältnis von 52% für die Warmwasserbereitung und 47% für die Heizungsunterstützung (Raumheizung). Solarthermie-Kollektoren werden nur in sehr geringem Ausmaß (<0,1%) zur Kälteerzeugung oder Prozesswärmeerzeugung verwendet.

Bis Ende 2018 waren in Deutschland insgesamt 2,36 Mio. Solarwärme-Anlagen mit einer Solarkollektorfläche von insgesamt 20,5 qm (brutto) installiert. Bundesweit beträgt die insgesamt installierte Solarwärme-Leistung 14,4 GW_{th}. In 2018 wurden 71.000 Solarwärme-Anlagen neu verbaut, die jährlich CO₂-Emissionen von rund 2 Mio. Tonnen vermeiden.

Die gesamte Kollektorfläche lag in Rheinland-Pfalz im Jahr 2017 bei 974.100 m², dies entspricht 49,06 m² Kollektorfläche pro km² Landesfläche. Die gesamte solarthermische Wärmeerzeugung belief sich auf 0,395 TWh_{th}.

Im Bundesländervergleich lag Rheinland-Pfalz im Jahr 2017 hinsichtlich des realisierten Potenzials der Dachflächennutzung für Solarthermie hinter Bayern und Baden-Württemberg auf einem dritten Rang.

Das Thema: „Solare Wärmenutzung“ behandelt ebenfalls die Broschüre „Effizient Heizen mit Holz und Sonne“, die durch das Umweltministerium in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Landesforsten Rheinland-Pfalz im Jahr 2008 gemeinsam herausgegeben wurde. Im Jahr 2014 wurde diese Broschüre grundlegend überarbeitet. Im Kapitel „Solare Wärmenutzung – Die Sonne schickt uns keine Rechnung“ wird anschaulich erklärt, welche Möglichkeiten die Solarthermie bietet. Die Broschüre kann unter anderem auf der Internetseite www.wald-rlp.de bestellt und heruntergeladen werden.

Fotovoltaik

Solarinitiative Rheinland-Pfalz (SIRLP): Informations- und Kommunikationsinitiative zum Ausbau der Solarenergie

Mit der Solarinitiative Rheinland-Pfalz unterstützt die Energieagentur Rheinland-Pfalz insbesondere Kommunen und Unternehmen bei der Planung und Umsetzung ihrer Solarenergievorhaben – sowohl im Bereich des Einsatzes solarer Wärme als auch im Bereich der regenerativen Stromerzeugung mit Fotovoltaik.

Zentrale Themen hierbei sind die Nutzung und Speicherung von Solarenergie zum Decken des Eigenbedarfs an Strom und Wärme. Hierbei kooperiert die Energieagentur Rheinland-Pfalz z. B. mit Kommunen, Verbänden, Vereinen und Institutionen im Land. Beispielgebend kann eine Kooperationsveranstaltung mit der Ecoliance e. V. in 2018 angeführt werden, in welcher insbesondere Unternehmen zu Möglichkeiten der Solarenergienutzung informiert wurden.

Das Solar-Speicher-Programm

Mit dem Solar-Speicher-Programm unterstützt das Land seit Oktober 2019 Privathaushalte und Kommunen dabei, neue Fotovoltaikanlagen in Zusammenhang mit Batteriespeichern zu installieren.

Es ist eine Ausweitung in Vorbereitung, so dass auch Anlagen in Unternehmen und Bürgerenergiegenossenschaften gefördert werden können. Für das PV-Speicher-Programm stehen 5 Mio. Euro bereit. Die Nachfrage ist riesengroß:

Zum Stichtag 12. März 2020 sind bei der Energieagentur RLP insgesamt 1.186 Förderanträge eingegangen, von denen rund 470 bearbeitet und bis auf wenige Ausnahmen genehmigt worden sind. Wir rechnen damit, mit dem Batterie-Speicher-Programm rund 3.000 Speicher fördern zu können.

Zum Vergleich: Im Jahr 2018 sind in Rheinland-Pfalz 1.076 PV-Speicher installiert worden, in 2019 waren es bereits 1.254.

Unter den Antragstellern befinden sich mittlerweile auch drei Kommunen.

Beteiligung des Landes Rheinland-Pfalz am Projekt LIFE-IP ZENAPA

Das Land Rheinland-Pfalz ist über das Nationalparkamt Hunsrück-Hochwald Partner des EU-Förderprojekts „LIFE-IP ZENAPA – Zero Emission Nature Protection Areas“, welches zudem durch die Stiftung Umwelt und Natur Rheinland-Pfalz kofinanziert wird. Dem Projekt gehören Partner aus 8 Bundesländern und Luxemburg an, darunter aus Rheinland-Pfalz zahlreiche Kommunen sowie weitere Akteure, wie die Träger der Biosphärenreservate Bliesgau und Pfälzerwald-Nordvogesen. Das Projekt zielt darauf ab, die Energiewende mit den verschiedensten Anforderungen des Klima-, Natur- und Artenschutzes in Einklang zu bringen. Die Partner entwickeln dahingehend jeweils strategische Biodiversitäts- und Klimaschutzkonzepte. In diesem Rahmen wurden von den Partnern das Programm „1.000 Solardächer“ ins Leben gerufen. Ziel ist es, im gesamten Projektgebiet eine installierte Leistung von 59 MWp Fotovoltaik plus 5 Speicheranlagen bis 2024 zu erreichen.

Landesverordnung Freiflächen-Fotovoltaik

Strom aus Freiflächen-Fotovoltaik ist die derzeit günstigste Stromerzeugungsart in Deutschland. Für Anlagen, die nach dem EEG eine Einspeisevergütung erhalten wollen, lässt das EEG die Errichtung von Fotovoltaik-Freiflächenanlagen im Wesentlichen nur auf versiegelten Flächen und Konversionsflächen sowie auf Seitenrandstreifen entlang von Autobahnen und Schienenwegen zu. Diese bundesgesetzlich geregelte Flächenkulisse begrenzt damit den Ausbau der Freiflächen-Fotovoltaik erheblich und sollte daher erweitert werden.

Das EEG eröffnet zudem den Ländern die Möglichkeit, eigene Regelungen für die Nutzung von Acker- und Grünlandflächen für Fotovoltaik-Freiflächenanlagen zu treffen. Um im Land die Teilhabe auch an diesem Baustein der Energiewende bzw. der dadurch generierten regionalen Wertschöpfung zu ermöglichen, hat die Landesregierung von dieser Ermächtigungsgrundlage im EEG Gebrauch gemacht und Gebote auf ertragsarmen Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten für Fotovoltaik-Freiflächenanlagen in den einschlägigen Ausschreibungen zugelassen. Diese Öffnung der Flächenkulisse erfolgt für maximal 50 Megawatt jährlich bis 2021, was einer Fläche von maximal ca. 100 ha jährlich entspricht.

Landesweites Solarkataster

Der rheinland-pfälzische Ministerrat begrüßte in seinem Beschluss vom 12.11.2019 die existierenden Initiativen von Städten, Gemeinden und Landkreisen in Rheinland-Pfalz, Solarkataster der neuen Generation einzuführen und kündigte an, im Jahr 2020 ein landesweites Online-Solarkataster einzuführen.“

Geothermie

Im Bereich des Oberrheingrabens der Süd- und Vorderpfalz verfügt Rheinland-Pfalz über große geothermische Potenziale der Tiefengeothermie. Seit mehr als einem Jahrzehnt wird in diesem Bereich nach Erdwärme gesucht. Zu deren Nutzung wurden zwei Geothermiekraftwerke errichtet, die aus etwa 3.000 m Tiefe über 160 Grad Celsius heißes Thermalwasser heben und daraus elektrische und Wärmeenergie erzeugen können. In Landau ging Ende 2007 das erste industrielle Geothermie-Kraftwerk Deutschlands in Betrieb. Es verfügt über eine elektrische Leistung von circa 3 MW. Die mögliche thermische Leistung zu Heizzwecken beträgt 3 bis 6 MW. Das Kraftwerk war zwischenzeitlich auf Grund einer technischen Havarie im März 2013 außer Betrieb genommen worden. In Insheim, nur wenige Kilometer von Landau entfernt, ist seit Ende des Jahres 2012 ein zweites Geothermiekraftwerk in Betrieb. Die elektrische Leistung dieses Kraftwerkes liegt bei

4,8 MW, die mögliche thermische Leistung zu Heizzwecken beträgt hier 6 bis 10 MW.

In Rheinland-Pfalz sind derzeit drei tiefe Erdwärmesondenanlagen in Betrieb, bei denen die Erdwärme ausschließlich zu Heizzwecken aus Tiefen von 800 – 1.500 Metern genutzt wird. Des Weiteren werden in Rheinland-Pfalz diverse kalte Nahwärmenetze betrieben. Mehrere Häuser werden hierbei zu Heiz- und Kühlzwecken an ein zentrales Erdwärmesondenfeld angeschlossen. Im Sommer 2016 wurde beispielsweise ein Projekt in Schifferstadt umgesetzt, bei dem 40 Häuser von einem zentralen Sondenfeld mit 28 oberflächennahen Erdwärmesonden versorgt werden. Auf Grund von spürbaren Erdbeben im August und September 2009, die im Zusammenhang mit dem Betrieb des Geothermiekraftwerkes in Landau standen, hat die Landesregierung ein „Mediationsverfahren Tiefe Geothermie Vorderpfalz“ initiiert. Vertreterinnen und Vertreter von Bürgerinitiativen und Betreibergesellschaften haben über die Probleme der Nutzung der Tiefengeothermie diskutiert und zusammen mit der Landesregierung Lösungsansätze vereinbart (<https://mwvlw.rlp.de/de/themen/wirtschaftszweige/rohstoffwirtschaft-geologie/buergerdialog>).

Die Nutzung oberflächennaher Erdwärme als erneuerbare Energie zu Heiz- und Kühlzwecken ist in Rheinland-Pfalz etabliert und wird weiter ausgebaut.

Dabei wird die in den Erdschichten bzw. dem Grundwasser bis 400 Meter gespeicherte Wärme bei einem Temperaturniveau von 8 bis 12°C über effiziente Wärmepumpen genutzt.

Die Landesregierung unterstützt die Nutzung der Erdwärme durch die Datenbereitstellung beim Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB) als zentrale Anlaufstelle für geowissenschaftliche Fragestellungen. Das LGB gewährt den Zugriff auf geologische Karten und andere geologische bzw. geothermische Informationen (<http://www.lgb-rlp.de/de/karten-und-produkte/online-karten/online-karten-geothermie.html>). Ziel des internetgestützten Informationsangebotes ist eine kostenfreie Standortanalyse zur Nutzung der oberflächennahen Erdwärme. Bauherren, Planer und Bohrfirmen erhalten damit eine Vielzahl wichtiger Informationen rund um das Thema „Heizung mit Wärmepumpen und Erdwärmesonden“ (<http://www.lgb-rlp.de/service/lgb-downloads/erdwaerme.html>).

Für Fragestellungen zur tiefen Geothermie im Oberrheingraben stehen geologische und geophysikalische Informationen in Form eines digitalen dreidimensionalen

Untergrundmodells online zur Verfügung (<http://www.geopotenziale.org>).

Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis der erneuerbaren Energien

Der Begriff „Kraft-Wärme-Kopplung“ (KWK) bezeichnet die gleichzeitige Umwandlung von fossilen oder regenerativen Energieträgern in elektrische Energie und Nutzwärme. Kraft-Wärme-Kopplungs-Technologien nutzen im Vergleich zu einer getrennten Strom- und Wärmeerzeugung vorhandene Energieträger effizienter aus, schonen fossile und regenerative Ressourcen, verringern die spezifischen Treibhausgas- und Schadstoffemissionen bei der Strom- und Nutzwärmeerzeugung und leisten damit einen wichtigen Beitrag für den Klima- und Umweltschutz. Durch eine Nutzung der KWK können Gesamtwirkungsgrade in Höhe von bis zu 90% erreicht werden.

Im bundesweiten Vergleich gehört Rheinland-Pfalz im Jahr 2017 mit einem Anteil der KWK an der Gesamtstromerzeugung von ca. 42,4% sowie bezogen auf den Bruttostromverbrauch des Landes von ca. 30,2% zur Spitzengruppe innerhalb der deutschen Flächenländer. Der Anteil der KWK an der Nettostromerzeugung lag in 2017 bundesweit nur bei ca. 20,0%.

Mit einem Anteil von ca. 90% wird überwiegend Erdgas als Brennstoff für die KWK-Stromerzeugung im Land eingesetzt. Der Verwendung regenerativer Energien in

KWK-Anlagen ist mit einem Anteil von 6,4% bezogen auf die Nettostrom- und -wärmeerzeugung in 2017 aber immer noch vergleichsweise gering. Der Anteil der Industrie an der KWK-Stromerzeugung ist mit ca. 87% in 2017 auch im Bundesvergleich besonders hoch. Insbesondere die industrielle Eigenstromerzeugung auf der Basis von Erdgas-KWK ist für die rheinland-pfälzische Wirtschaft von besonderer Bedeutung.

Trotz des derzeit im Bundesvergleich hohen Ausbaustandes der KWK hat die rheinland-pfälzische Landesregierung in den vergangenen Jahren den weiteren Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung mit verschiedenen Maßnahmen weiter aktiv begleitet.

So unterstützt die Landesregierung sowohl fachlich als auch finanziell die jährlich an der TH Bingen stattfindende KWK-Impulstagung Rheinland-Pfalz, die sich in den zurückliegenden zwölf Jahren als zentrale Plattform für den Informations- und Erfahrungsaustausch zu allen KWK-relevanten Themen etabliert hat.

Eigenstromversorgung

Die fortschreitende technologische Entwicklung in der regenerativen Stromerzeugung sowie in der Kraft-Wärme-Kopplung ermöglicht in zunehmendem Maße, das sich Unternehmen, kommunale Einrichtungen und private Haushalte kostengünstig selbst mit Strom versorgen können.

Die industrielle Eigenstromerzeugung, die zu ca. 95% in KWK-Anlagen erfolgt, ist für Rheinland-Pfalz von herausragender Bedeutung. Die rheinland-pfälzischen Unternehmen haben in den zurückliegenden Jahren bereits in großem Maße in diese klimafreundliche, flexible und hocheffiziente Strom- und Nutzwärmeerzeugung investiert.

Die industrielle Eigenstromerzeugung hatte in Rheinland-Pfalz in 2017 einen Anteil an der Gesamtstromerzeugung von ca. 40%, am Gesamtstromverbrauch des Landes von ca. 29% sowie am Stromverbrauch der Industrie von ca. 52%.

Mit dem Ausbau der Eigenstromversorgung ist eine Vielzahl positiver Effekte für eine kosteneffiziente Umsetzung der Energiewende im Land verbunden. Die Eigenstromversorgung trägt zu einer Reduktion der Netzausbaukosten auf der Übertragungs- und Verteilnetzebene bei, da der Strom vor Ort erzeugt und verbraucht wird, steigert die regionale Wertschöpfung und führt zu einem sinkenden Bedarf an Energieträgerimporten.

Wenn unsere Bürgerinnen und Bürger sowie unsere Unternehmen ihren Strom selbst erzeugen und verbrauchen, erhöht das auch die Akzeptanz für die Energiewende, da sie als neue energiewirtschaftliche Akteure einen aktiven Beitrag zum Auf-

bau einer regenerativen und hocheffizienten Stromversorgung leisten können und so zu wichtigen Treibern dieses Umwandlungsprozesses werden.

Daher setzt sich das Land bereits seit Jahren auf Bundes- wie auch EU-Ebene aktiv dafür ein, dass die Eigenstromerzeugung auf der Basis regenerativer Brennstoffe sowie der hocheffizienten Erdgas-KWK sowohl bei Neu- als auch Bestandsanlagen von allen staatlich induzierten Preisbestandteilen befreit werden.

Neben der industriellen Eigenstromerzeugung unterstützt die rheinland-pfälzische Landesregierung insbesondere die Eigenstromnutzung durch PV-Anlagen auf privaten Wohnhäusern beispielsweise im Rahmen der Solarinitiative der rheinland-pfälzischen Energieagentur. Auch Mieterstrommodelle, bei denen die Eigenstromerzeugung im eigenen Wohngebäude die Energiekosten für Mieter dauerhaft senkt, können einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, dass auch Mieter von der Energiewende finanziell profitieren.

Bürgerenergiegenossenschaften

Bürgerenergiegenossenschaften werden vor allem von den Menschen in ihrer Region getragen und sind damit fest in dieser verankert. Ihr Erfolg lässt sich nicht zuletzt darauf zurückführen, dass sie vielen Menschen eine Beteiligung an Energieprojekten bei relativ geringem Risiko und einer

demokratischen Mitsprache ermöglichen. Dabei setzen Energiegenossenschaften vor allem Projekte in ihrem Umfeld um, was die regionale Wertschöpfung und die Akzeptanz der Energiewende stärkt. Energiegenossenschaften stehen für eine Energiewende auf bürgerschaftlicher und dezentraler Ebene.

Die dezentrale Gestaltung der Energiewende ist für uns eine Grundvoraussetzung, um unsere Klimaschutz- und energiepolitischen Ziele zu erreichen. Bürgerenergiegenossenschaften sind uns dabei wichtige Partner.

Landesnetzwerk BürgerEnergieGenossenschaften Rheinland-Pfalz e.V. - LaNEG



Das LaNEG gründete sich am 18. März 2012 und wird vom Land gefördert. Mittlerweile sind 20 Bürgerenergiegenossenschaften aus Rheinland-Pfalz Mitglied. Daneben sind das Netzwerk „Energiewende jetzt“, der Genossenschaftsverband – Verband der Regionen e.V. sowie eine Energiegenossenschaft aus Nordrhein-Westfalen und eine mit Sitz im Saarland Netzwerkmitglied.

Die 20 rheinland-pfälzischen Bürgerenergiegenossenschaften mit ihren rund 4.500 Mitgliedern haben bisher über 47 Mio. Euro in lokale Erneuerbare-Energien-Anlagen investiert. Diese Investitionen umfassen ca. 24 MWp Fotovoltaik sowie 6 MW Windenergie und 6 Beteiligungen an Windparks.²

Das Landesnetzwerk hat sich als zentraler Ansprechpartner für Fragen rund um die Bürgerenergie etabliert. Es vertritt die Interessen der rheinland-pfälzischen Energiegenossenschaften, fördert den Erfahrungsaustausch unter den Energiegenossenschaften sowie die Vernetzung mit anderen Akteuren der Energiewende und unterstützt die Energiegenossenschaften bei der Erschließung neuer Geschäftsfelder. Als Mitglied sowohl im Energiebeirat als auch im Klimaschutzbeirat der Landesregierung Rheinland-Pfalz berät es diese in Bezug auf Bürgerbeteiligung an der Energiewende.

Weitere Informationen zum Landesnetzwerk und seinen Mitgliedern sind unter www.laneg.de zu finden

Rolle der Kommunen

Die Kommunen sind ein Schlüsselakteur für die erfolgreiche Umsetzung der Ener-

² LaNEG, Mainz, April 2019

giewende und das Erreichen der Klimaschutzziele. Als Planungs- und Genehmigungsbehörde beeinflussen sie maßgeblich die Umsetzung von Klimaschutz- und Energieeffizienzmaßnahmen sowohl von privaten Haushalten als auch von Unternehmen. Als Projektträgerinnen für das Landesprogramm „Wärmewende im Quartier“ lassen 55 Kommunen Quartiersanierungskonzepte erarbeiten und 27 unterstützen die Umsetzung mit einem dreijährigen Sanierungsmanagement. In den Quartieren werden Synergien zwischen Energieerzeugern, Unternehmen und Privathaushalten für Energieeffizienz und erneuerbare Energien genutzt (mehr dazu auf S.52).

Aber auch als Eigentümer von Liegenschaften mit erheblichen, bislang nicht gehobenen Energieeffizienzpotenzialen sind die Kommunen gefordert, ihre Vorbildfunktion wahrzunehmen und durch Energieeffizienzmaßnahmen in öffentlichen Gebäuden aktiv die Energiewende zu gestalten. Rund 10 bis 15 % der Energiekosten können bereits durch nicht investive oder gering investive Maßnahmen eingespart werden.

Hier setzt das rheinland-pfälzische Umweltministerium mit einem Projekt zum kommunalen Energiemanagement im Rahmen eines seit 2017 gestarteten EFRE-Programms „100 Energie-Effizienz-Kommunen“ an. Dabei geht es um die systematische Erfassung und das Controlling der

Energiedaten in den kommunalen Liegenschaften unter der Prämisse, den Energieverbrauch, die damit verbundenen Kosten und letztlich die Treibhausgasemissionen zu senken.

Mit den einzelnen EFRE-Programmbausteinen wurden über die Energieagentur des Landes bereits über 100 Gemeinden erreicht. Nunmehr soll der Fokus gezielt auf das kommunale Energiemanagement gelegt werden mit dem Ziel, alle Gemeinden in Rheinland-Pfalz mittelfristig zu Energieeffizienz-Kommunen zu entwickeln.

3.2 Ausbau und Entwicklung der Energie-Infrastruktur

Netzausbau und Aufbau intelligenter Netzstrukturen

Netzausbau auf der Übertragungsnetzebene

Bis 2022 werden die deutschen Kernkraftwerke schrittweise außer Betrieb genommen sowie die Braun- und Steinkohlekraftwerke spätestens bis Ende 2038 stillgelegt. Der Ausbau der Verbindungen zu unseren europäischen Nachbarn wird verstärkt, um Versorgungssicherheit über die Staatsgrenzen zu ermöglichen. Diesen Wandel zeichnet das Stromnetz nach. Dazu gibt es zwei zentrale Gesetzesvorhaben, die die konkreten Ausbauprojekte vorgeben. Beide Gesetzgebungsvorhaben betreffen das Land Rheinland-Pfalz.

Im Jahr 2009 wurde das Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (EnLAG) verabschiedet. Das EnLAG listete ursprünglich 24 Ausbauprojekte auf und stufte sie als notwendig für die künftige Energieversorgung in Deutschland ein. In der Landesfläche Rheinland-Pfalz wurde der festgestellte Ausbaubedarf inzwischen weitgehend umgesetzt. Noch nicht gebaut ist das Vorhaben EnLAG Nr. 19, bei dem es um den Neubau der 380-kV-Hochspannungsfreileitung von Dauersberg Richtung Dortmund geht. Die Planfeststel-

lung im Abschnitt Dauersberg – Landesgrenze Rheinland-Pfalz/NRW (16 km) erfolgte im Juli 2015.

Das Bundesbedarfsplangesetz stellt seit 2013 für die darin enthaltenen Vorhaben die energiewirtschaftliche Notwendigkeit und den vordringlichen Bedarf zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebes fest. Von bundesweit 43 Vorhaben sind 16 als länderübergreifend oder grenzüberschreitend im Sinne des Netzausbaubeschleunigungsgesetzes (NABEG) gekennzeichnet. Zwei Vorhaben sind für die Landesfläche Rheinland-Pfalz relevant. Einerseits ist dies die Gleichstromverbindung Ultranet zwischen Osterath und Philippsburg, einem bundesländerübergreifenden Vorhaben. Außerdem geht es um eine Höchstspannungsleitung zwischen Metternich (bei Koblenz) und Niederstedem (nördlich von Trier).

Aufbau intelligenter Netzstrukturen

Bereits heute übertreffen die installierten Leistungen der EE-Anlagen in Rheinland-Pfalz die Spitzennachfrage. In Zeiten mit viel Wind und viel Sonne erzeugen die Anlagen dann mehr Strom als zeitgleich in Rheinland-Pfalz vollständig verbraucht werden kann.

Dies ist der Ausgangspunkt für eine hochinnovative Entwicklung.

Das Ziel eines weitgehend automatisierten Energieversorgungssystems, das die sich verstärkende Dynamik, Flexibilität und Komplexität der Energieversorgung beherrschbar macht, setzt einerseits Methoden, Verfahren und IKT-Komponenten voraus, um die informations- und energietechnischen Komponenten eines Gesamtsystems zu integrieren und zu koordinieren und benötigt andererseits die Entwicklung marktrelevanter Anwendungen, die die gewonnenen Erkenntnisse der energiewirtschaftlichen Praxis zu führen.

Smart Grids – Die digitalen Stromnetze der Zukunft

Der Begriff „Smart Grid“ umfasst die intelligente Steuerung von Erzeugern, Speichern, Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Übertragungs- und Verteilungsnetzen mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Smart Grids, „intelligente Netze“, werden eine entscheidende Komponente der Energieversorgung der Zukunft sein.

Hierbei geht es zum einen im Rahmen der netzseitigen Systemführung um den erhöhten Informationsbedarf über verschiedene Netzzustände in Echtzeit (Smart Grids) und zum anderen um Messwerte und -daten zur marktseitigen Bereitstellung für Lieferanten,

Netzbetreiber und Netznutzer sowie zur Bilanzierung und Endkundenabrechnung (Smart Market).

Smart Grids tragen im Wesentlichen Verantwortung dafür, dass in den flächendeckenden Verteilernetzen ausreichend Netzkapazitäten für alle Stromerzeuger und Strombezieher vorhanden sind. Denn in Zukunft wird jedes Haus nach Möglichkeit nicht nur Strom beziehen, sondern auch selbst Strom erzeugen und ins Netz einspeisen. Der bisher weitgehend passive Stromkunde wird zum aktiven so genannten „Prosumer“. Die E-Wirtschaft und ihre Kunden bewegen sich unter diesen Voraussetzungen von der bisher verbrauchsorientierten Erzeugung hin zu einem erzeugungsorientierten Verbrauch.

Eine wichtige Rolle beim Management der Smart Grids spielen „intelligente“ Stromzähler (Smart Meter), die im Haushalts- und Gewerbebereich die bisher üblichen Ferraris-Zähler ersetzen.

Im Zusammenspiel mit intelligenten Stromzählern – Smart Meter – sind Intelligente Stromnetze die Basis für den effizienten Umgang mit Strom, die Stabilisierung des Stromnetzes und den Aufbau der Elektromobilität.

Zukunftsinitiative Smart Grids Rheinland-Pfalz

Mit der „Zukunftsinitiative Smart Grids“ begleitet und unterstützt das Land die flächendeckende Einführung von intelligenten Net-

zen sowie von intelligenten Netzmanagementsystemen und bindet hierzu insbesondere die Wirtschaft und Kommunen ein. Die „Zukunftsinitiative“ bietet Erstinformationen zu den Nutzungsmöglichkeiten intelligenter Netztechnik, zur Verbrauchssteuerung, zur wirtschaftlichen Nutzung von Flexibilität im Energieverbrauch sowie zur Einbindung von Eigenstromerzeugungsanlagen und innovativer Energiespeicherlösungen in virtuellen Kraftwerken.

Regionale Netze/ Verbundstrukturen

Das Stromsystem hat sich in den letzten Jahren einer starken Veränderung gegenübergesehen. Zunehmend stellen die fluktuierenden und dezentralen Erneuerbaren Energien Wind und Photovoltaik das prägende Element des neuen Stromsystems dar, diese können jedoch nur sehr bedingt sichere Leistung bieten.

Die regenerativen Erzeuger müssen deshalb von Flexibilitätsoptionen für die Erbringung positiver und negativer Residuallast flankiert werden, die kurz-, mittel- und langfristig vorhandene Angebotslücken überbrücken. Dies wird durch ein dezentrales und intelligentes „Lastmanagement“ möglich, welches eine effiziente Sektorenkopplung voraussetzt.

Ein Beispiel ist das Projekt „Verbundnetze Westeifel“, welches in der Region vorhandene Anlagen für Strom Wind, Sonne, Wasser und Biogas in ein spartenübergreifendes

Verbundsystem einbezieht. Biogas kann für die Systemtransformation unverzichtbare Funktionen erbringen. Dies geschieht durch den weiteren Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und die stärkere Verbreitung elektrischer Wärmepumpen.

Ein weiteres Beispiel demonstriert, wie über die Sektorenkopplung demnächst klimaneutral Brennstoffzellenbusse auf den Straßen im Rhein-Main-Gebiet im Rahmen eines Probetriebs fahren werden. Eine Wasserstofftankstelle wurde auf dem Betriebshof der ESWE Verkehr in Wiesbaden errichtet. Sie wird das kontinuierliche Betanken von mindestens acht Bussen ermöglichen. Ein Kompetenzzentrum mit Werkstatt für die Wartung der Brennstoffzellenbusse wird auf dem Gelände der MVG in Mainz aufgebaut. Der Wasserstoff für die Tankstelle stammt aus dem Energiepark Mainz und wird mit Hilfe von Windstrom produziert.

Die Verbundprojekte zeigen, wie sich die Sektoren Mobilität und Wärme immer stärker mit dem Stromsektor verzahnen müssen.

Flexibilisierung des Energieversorgungssystems

Der Ausbau der erneuerbaren Energien wird auch in den kommenden Jahren wesentlich durch den Ausbau der Windenergie und der Fotovoltaik getragen werden.

Bereits heute haben Windenergie und Fotovoltaik in Rheinland-Pfalz einen Anteil von ca.

78% an der regenerativ erzeugten Strommenge und von ca. 93% an der installierten regenerativen Stromerzeugungsleistung.

Rheinland-Pfalz hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 den Strombedarf bilanziell vollständig durch erneuerbare Energien zu decken. Für unser Industrieland ist dabei von zentraler Bedeutung, dass auch in einem Stromsystem mit regenerativer Versorgung der Energiebedarf jederzeit zuverlässig gedeckt wird.

Dabei gilt die zentrale Herausforderung, Stromerzeugung und -verbrauch jederzeit in Einklang zu bringen und die im internationalen Vergleich sehr gute Stromversorgungssicherheit auch zukünftig auf hohem Niveau zu gewährleisten.

Eine effiziente und vollständige Integration erneuerbarer Energien in sichere Versorgungsstrukturen erfordert die Flexibilisierung des gesamten Energiesystems.

Neben dem Ausbau und der Digitalisierung der Stromnetze stehen entlang der Wertschöpfungskette verschiedene Optionen zur Flexibilisierung der Energieversorgung zur Verfügung, so z. B. der Einsatz von Stromspeichern, die Sektorenkopplung einschließlich Power-to-Gas, die Ausweitung von Demand Side Management sowie die Flexibilisierung des konventionellen Kraftwerkparks. Anbieter von Flexibilität auf der Erzeugungs-

und Nachfrageseite können auf dem Strommarkt und durch die Erbringung von Systemdienstleistungen Erlöse erwirtschaften. Die derzeit zu beobachtenden Preissignale bilden jedoch nur begrenzte Anreize für weitere Investitionen in Flexibilität.

Vor diesem Hintergrund sind im Rahmen der Weiterentwicklung des aktuellen Strommarktdesigns weitere Anstrengungen geboten, die Märkte für Flexibilität in der Stromversorgung zu schaffen. Ziel ist es, gemeinsam mit Vertretern der Energiewirtschaft, der Industrie und der Forschung den Bedarf an Flexibilität im Stromversorgungssystem zu diskutieren und die entsprechenden Marktmodelle für die notwendigen Flexibilitätsoptionen zu entwickeln.

Durch die Neugestaltung staatlich induzierter Preisbestandteile (Umlagen, Abgaben, Entgelte und Steuern) im Energiesektor muss zukünftig ein verstärkter Anreiz für einen systemdienlichen Einsatz der uns zur Verfügung stehenden Flexibilitätsoptionen geschaffen und die Wettbewerbsfähigkeit von regenerativ erzeugtem Strom zu fossilen Energieträgern hergestellt werden, beispielsweise um die Sektorenkopplung zu unterstützen.

Regelung und Speicherung

In einem regenerativen Stromversorgungssystem werden alle Arten von Stromspeichern ihren Anwendungsfall finden – beginnend von der PV-Batterie für die heimische

PV-Anlage über die Großbatterie in der Primärregelung sowie die saisonale Energiespeicherung durch Power-to-Gas und Bioenergie.

In den zurückliegenden Jahren hat der Einsatz von PV-Batteriesystemen zur Erhöhung der Eigenstromversorgungsquote insbesondere in privaten Haushalten an Bedeutung gewonnen. Entsprechend den Daten des Jahresberichts 2018 zum bundesweiten Solarstromspeicher-Monitoring³ waren zum 31.12.2017 deutschlandweit ca. 85.000 PV-Stromspeicher installiert. Am 28.08.2018 wurde in Eichwalde bei Berlin der 100.000. Fotovoltaik-Speicher in Deutschland offiziell in Betrieb genommen.

Mit einer Anzahl von ca. 3.600 Systemen zum Ende des Jahres 2017 beträgt der Anteil von Rheinland-Pfalz an den deutschlandweit installierten PV-Speichern ca. 4,2%. Für die PV-Batteriesysteme in Rheinland-Pfalz lassen sich aus den bundesweiten Zahlen eine Leistung von ca. 12 MW sowie eine Speicherkapazität von ca. 25 MWh abschätzen.

Für die Zeiten, in denen die Sonne nicht ausreichend scheint und der Wind nicht genug weht, die durchaus auch mal mehrere Wo-

chen andauern können, braucht es Langzeitspeicher, um die Versorgungssicherheit zu garantieren.

Bioenergie sowie „EE-Gas“, das aus erneuerbaren Stromüberschüssen durch Elektrolyse erzeugt wird und in die bestehende Erdgasinfrastruktur eingespeist werden kann, ermöglichen die notwendige Langzeitspeicherung regenerativer Energie.

Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW) schätzt die Speicherkapazität der Gasleitungen und Gasspeicher in Deutschland auf ca. 230 Terawattstunden. Würde diese Gasmenge vorrangig im Stromsektor hocheffizient eingesetzt, ließe sich – nach entsprechender Ausgestaltung des gesamten Kraftwerkparks – der Stromverbrauch Deutschlands für ca. 2 Monate abdecken.

Biogas kann auf Grund der vergleichsweise kostengünstigen Lagerfähigkeit sowohl zur Kurzzeit-, als auch zur Langzeit-Speicherung eingesetzt werden. Biogasanlagen sind auf der Ebene der Regionalversorgung eine kostengünstige Regel- und Speicheroption. Ihre Verstromungsanlagen sind kaltstartfähig und innerhalb von Minuten einsatzbereit.

³ ISEA - Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe RWTH Aachen: Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm

Solarstromspeicher 2.0 - Jahresbericht 2018, 2018.
www.energiespeichermonitoring.de

Gerade für kommunale Unternehmen besteht eine günstige Regel- und Speichermöglichkeit darin, Biogas aus Klärschlamm oder Bioabfällen zu erzeugen, zwischenzuspeichern und flexibel in sonnen- und windschwachen Zeiten zu verstromen.

Sektorenkopplung

In einem zukünftigen regenerativen Stromerzeugungssystem wird die fluktuierende regenerative Stromerzeugungsleistung ein Vielfaches der Spitzenlast betragen.

Bereits heute übersteigt die im Land installierte Stromerzeugungsleistung von Windenergie und PV mit zusammen über 6.000 MW die Spitzenlast des Landes. Die Sektorenkopplung wird sich aber nicht nur auf die kosteneffiziente Nutzung von regenerativ erzeugtem Überschuss-Strom beschränken, sondern muss im Sinne des Klimaschutzes auch gezielt für eine zusätzliche Substitution fossiler Brennstoffe bzw. Kraftstoffe im Wärme- und Verkehrssektor eingesetzt werden.

Sektorenkopplung trägt nur dann zur Energiewende und zur weitgehenden Dekarbonisierung unserer Energieversorgung bei, wenn der Strom aus erneuerbaren Energien möglichst energieeffizient und als Ersatz fossiler Energieträger verwendet wird.

Darüber hinaus muss die Sektorenkopplung zur Erschließung von Flexibilitätspotentialen beitragen, die Integration von Erneuerbaren Energien im Strommarkt unterstützen und

auch bei Netzengpässen systemdienlich wirken.

Einsatzmöglichkeiten ergeben sich dabei insbesondere in den Verbrauchssektoren Wärme und Mobilität.

Aber auch der Industriesektor bietet vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz regenerativ erzeugter Energieträger, wie z. B. Wasserstoff oder Methan aus Power-to-Gas-Anlagen.

Wesentliche Technologien für eine effiziente Sektorenkopplung sind bereits heute verfügbar und erfolgreich in der praktischen Anwendung.

Beispiele hierfür sind u. a. Wärmepumpen, Induktionsöfen in Eisengießereien, aber auch Elektrofahrzeuge oder Pedelecs sowie Power-to-Gas-Anlagen.

Biogas-KWK-Anlagen verbinden mit Strom-, Wärme und Biogas sogar drei Energiesektoren auf hocheffiziente Weise miteinander.

Wesentliches Hemmnis für eine breite Anwendung der Sektorenkopplung besteht derzeit insbesondere in der geringen Wettbewerbsfähigkeit von Strom gegenüber fossilen Brennstoffen, wie z. B. Erdgas oder Heizöl.

Durch die Belastung mit staatlich induzierten Preisbestandteilen (Steuern, Abgaben, Entgelte und Umlagen) ist die Verwendung von Strom insbesondere im Wärmesektor mit

Ausnahme von industriellen Sonderanwendungen (Induktionsöfen) oder Wärmepumpen in der Regel nicht wirtschaftlich.

Der Bundesgesetzgeber ist gefordert, durch eine grundlegende Neugestaltung der staatlich induzierten Preisbestandteile, die Wettbewerbsfähigkeit von regenerativ erzeugtem Strom mit fossilen Energieträgern sicher zu stellen.

Maßnahmen und Projekte des Landes

Im Land wurden und werden verschiedene Modellprojekte zur technischen Entwicklung und Markteinführung von intelligenten Flexibilitätstechnologien durchgeführt.

Die Stadtwerke Trier (SWT) realisieren das Infrastrukturprojekt „Regionales Verbundsystem Westeifel“. Neben der energetischen Optimierung und Erhöhung der Versorgungssicherheit der Trinkwasserversorgung werden in diesem Projekt durch Mitverlegung anderer Medien Synergien generiert. Dabei wird Biogas, welches von regionalen Biogasanlagen erzeugt wird, über ein Rohgasnetz eingesammelt und an zentraler Stelle auf Erdgasqualität aufbereitet und als Biomethan ins Erdgasnetz eingespeist werden.

Im Energiepark Mainz wird seit 2015 in einer Power-to-Gas-Anlage (6 MW) Wasserstoff durch innovative PEM-Elektrolyse hergestellt. Der Strom hierfür kommt aus benachbarten Windkraftanlagen.

In der Pilotanlage des Prüf- und Forschungsinstituts Pirmasens e.V. im Energiepark Pirmasens-Winzeln wird biogenes Kohlendioxid aus einer nahe gelegenen Biogas-Anlage mit Wasserstoff methanisiert. Das so erzeugte Bio-Methan wird in das Erdgasnetz eingespeist.

Im Projekt GreenPowerGrid unterstützt das Land das Fraunhofer ITWM (Kaiserslautern) bei der Analyse, wie verteilte Batteriespeichersysteme im Rahmen eines regionalen Energiekonzepts unterschiedliche Aufgaben (Optimierung der Nutzung lokal erzeugter Energie, lokale Netzdienstleistungen, überregionale Systemdienstleistungen) erfüllen können und welche Auswirkungen auf Geschäftsmodelle von Stadtwerken sich daraus ergeben.

Der Verein StoREgio Energiespeichersysteme erhält eine projektbezogene Unterstützung. In seiner Tätigkeit als Innovationscluster bringt der Verein Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft zusammen, um Projekte zur technischen Entwicklung und wirtschaftlichen Anwendung von Energiespeichersystemen aller Technologien zu initiieren und zu begleiten. Die Erkenntnisse hieraus nutzen die beteiligten Partner im Rahmen ihrer individuellen Entwicklungs- und Vermarktungsstrategien. Zum Teil führen die Projekte zur Installation von Speichersystemen im Rahmen von Pilotversuchen.

Im Auftrag des Landes untersuchte die Transferstelle Bingen im Rahmen der Projekte VEVIDE (Weiterentwicklung des Verbundes dezentraler Stromspeicher verschiedener Art in einem virtuellen Energiespeicher) und VEVIDE 2 unterschiedliche Möglichkeiten, die in Industrie und Gewerbe zahlreich vorhandenen Energiespeicher und Lastmanagementpotenziale zu einem virtuellen Großspeicher zu verknüpfen und an den Regelleistungsmärkten zu vermarkten.

Im Forschungsvorhaben Smart Country im Eifelkreis Bitburg-Prüm wird mit intelligenter Netztechnik, einem Speicher auf Basis Biogas und innovativen Betriebsmitteln erarbeitet, wie Energieversorgung gerade im ländlichen Raum gestaltet werden kann. Hier ist das Profil einer typischen ländlichen Versorgungssituation von morgen heute schon gegeben.

Designnetz als Bundesländer übergreifendes Schaufensterprojekt (Nordrhein-Westfalen, Saarland und Rheinland-Pfalz) entwickelt ein Gesamtbild, wie sich die verschiedenen existierenden Konzepte gegenseitig ergänzen und wie sie einen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch und somit Systemstabilität sicherstellen können. Rheinland-Pfalz bietet dazu das geeignete Umfeld, die Interaktion nahe zusammenliegender Regionen mit hohen Erzeugungsüberschüssen aus erneuerbaren Energien mit urbanen Lastzentren zu

untersuchen. Diese Situation ermöglicht hohen regionalen Eigenverbrauch.

Da der technische Entwicklungsstand der verschiedenen Speichertechnologien noch sehr unterschiedlich ist, wurden und werden im Land verschiedene Modellprojekte zur technischen Entwicklung und Markteinführung von Speicher- und Regelungstechnologien mit finanzieller Unterstützung des Landes Rheinland-Pfalz durchgeführt. Zu diesen zählen u. a.: die Pilotanlage zur Methanisierung von Kohlendioxid mit Wasserstoff im Energiepark Pirmasens-Winzeln, die Modellprojekte „myPowerGrid“ und „Green Power Grid“ des Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, die Projekte „Vevide“ und Vevide II der Transferstelle Bingen und Kooperationspartner sowie der Verein StoREGio Energiespeichersysteme mit Sitz in Ludwigshafen.

Das Programm zukunftsfähige Energie-Infrastrukturen (ZEIS)

ZEIS Wärme

Der Wärmebereich hat bislang nur wenig zur Energiewende beigetragen. Dabei ist dieser Sektor in Deutschland allein für 40% der Treibhausgase verantwortlich!

Auch bei der Betrachtung des Energieverbrauchs spielt der Wärmesektor eine bedeutende Rolle.

56% des Endenergieverbrauchs in Deutschland – und 58% in Rheinland-Pfalz entfallen auf den Bereich Wärme und Kälte.

Der Anteil der Erneuerbaren Energien liegt im Wärmebereich in Deutschland bei 13% und in Rheinland-Pfalz bei 11%.

Um die Energiewende-Ziele zu erreichen, hat das Land Rheinland-Pfalz den Wärmesektor verstärkt in den Fokus genommen. Seit 2016 werden Investitionszuschüsse für Nahwärmenetze auf der Basis von Erneuerbaren Energien oder Abwärme im Rahmen des Programmes „Zukunftsfähige Energie-Infrastrukturen“ gezahlt, mit Inkrafttreten der überarbeiteten Förderrichtlinie Ende 2018 in Höhe von 20%. In der Regel werden bei den Projekten in kleineren Ortschaften oder Ortsteilen die Ölheizungen von 100 bis 150 Ein-Familien-Häuser ersetzt durch den Anschluss an Nahwärmenetze auf Basis von großen Solarthermie-Anlagen und Bioheizanlagen, die mit Hackschnitzeln aus den Wäldern der Region betrieben werden. Kommunale Gemeindewerke, Energiegenossenschaften oder Öffentlich-Öffentliche Partnerschaften mit Stadt- und Gemeindewerken aus anderen Regionen sind häufig die Investoren und Betreiber. Die Initiative zu den Nahwärmenetzen geht in der Regel von wenigen Bürgerinnen und Bürgern aus. Die Umsetzung des gemeinsamen Projektes Nahwärmenetz schafft oft neuen Zusammenhalt im Ort.

Die Energieagentur berät bei der Planung der Projekte. „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur – ZEIS“ (seit 2016) wurden bisher 17 Wärmenetze gefördert mit einem gesamten Investitionsvolumen von 16.582.348,60 Euro

und einem Fördervolumen von insgesamt 1.649.945,30 Euro (Stand 31.03.2020)

ZEIS Beleuchtung

Mit der Novelle der VV ZEIS wurde Ende 2018 die LED-Sanierung der Straßenbeleuchtung als neuer Schwerpunkt in dieses Programm aufgenommen. Bei der Straßen- und Außenbeleuchtung können durch hoch-effiziente LED-Technik erhebliche Potenziale für Klimaschutz und Kostensenkung im Sanierungsfall erschlossen werden. Das Land übernimmt auch hier 20% der Investitionskosten.

Die geförderte, speziell ausgestattete Beleuchtungstechnik vermindert negative Auswirkungen von Lichtemissionen auf die nachtaktive Tierwelt. Daneben soll das Förderprogramm den Einsatz neuer digitaler Technologien anreizen. Daher werden im Einzelfall auch die Lichtmasten gefördert, wenn diese als Technologieträger eingesetzt werden. Der Mast dient hierbei als Träger für unterschiedliche Module: In Betracht kommen diverse Steuerungsmaßnahmen, die für energetische und allgemein umweltrelevante Verbesserungen sorgen. Dazu zählen beispielsweise der Einsatz von WLAN-Hotspots und von Sensorik, die den Verkehr zu freien Parkplätzen lenkt, Sensorik zur Erfassung und Auswertung von Umweltdaten oder die Integration von Ladesäulen oder Notrufeinrichtungen in die Masten.

Die Sanierung der Straßenbeleuchtung leistet insgesamt einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele des Landes. Mit der Modernisierung ihrer Straßenbeleuchtung können die Städte und Gemeinden rd. 70 % Prozent ihrer CO₂-Emissionen einsparen und ihre Stromkosten erheblich senken. Laut veröffentlichten Untersuchungen kann jede Kommune durch LED-Umrüstung rund 58 % des Energieverbrauchs für ihre Straßenbeleuchtung einsparen. Bei Kommunen, die ausschließlich Quecksilberdampf-Hochdrucklampen betreiben, liegt das individuelle Einsparpotential sogar bei 80 %.

Überschlägigen Erhebungen zufolge gab es im Jahr 2019 in Rheinland-Pfalz noch rd. 80.000 Leuchten aus der Klasse der besonders ineffizienten Quecksilberdampflampen, deren Austausch aus Gründen des Klimaschutzes besonders vorangetrieben werden soll. Rechtsgrundlage für die Umrüstung der Straßenbeleuchtung ist die EU Richtlinie zur Nutzung von energieverbrauchenden Produkten. Seit 1. April 2015 dürfen keine Quecksilberdampflampen, auch HQL-Lampen genannt, mehr in Umlauf gebracht werden. Diese Vorgabe bedeutet aber auch, dass alle Quecksilberdampfleuchten, die bereits in Betrieb sind, weiterverwendet werden können. Angesichts der Lebensdauer dieser Leuchtmittel zwischen 30 und 50 Jahren bestand zunächst in den Kommunen noch wenig Bereitschaft in die Umrüstung zu investieren.

Das Land fördert unabhängig von den vorgenannten Förderangeboten im Rahmen der Verwaltungsvorschrift ZEIS die Umrüstung der Straßenlampen auf LED-Beleuchtung mit Mitteln aus dem ‚Kommunalen Investitionsprogramm 3.0‘ des Bundes. Insgesamt 96 Kommunen haben mit Unterstützung aus diesem Programm eine LED Umrüstung durchgeführt.

ZEIS Durchführbarkeitsstudien

Auf der Grundlage der Verwaltungsvorschrift vom 28.11.2018 des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (MUEEF) unterstützt das Land Rheinland-Pfalz Durchführbarkeitsstudien in Bezug auf Nahwärmenetze und den Leuchtentausch bei der Straßenbeleuchtung.

Sie überprüfen Lösungsansätze hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit. Risiken werden identifiziert und Erfolgsaussichten abgeschätzt. Förderkriterien sind die Energie- und Kosteneffizienz, der Anteil der Nutzung erneuerbarer Energien und der Innovationsgehalt der skizzierten Maßnahme.

Bei Durchführbarkeitsstudien sind bis zu 60 Prozent der Gesamtkosten bis zu einem Förderbetrag von maximal 50.000 Euro förderfähig, die förderfähigen Gesamtkosten würden dann bei 83.333 Euro liegen. Förderfähig sind Personalausgaben sowie Ausgaben für die Beauftragung externer Sachverständiger.

3.3 Energieeffizienz und Energieeinsparung, Beratungsangebote für private Haushalte, Wirtschaft und Kommunen in Rheinland-Pfalz

Energieagentur Rheinland-Pfalz



Die Energieagentur Rheinland-Pfalz (EARLP) trägt mit ihren acht Regionalbüros durch ihre Angebote, Projekte und Kampagnen wesentlich dazu bei, das Klimaschutzgesetz und die Nachhaltigkeitsstrategie des Landes erfolgreich umzusetzen. Die Fortschritte des Landes bei Klimaschutz und Energiewende macht die Energieagentur Rheinland-Pfalz sichtbar mit dem landesweiten und regionalen Monitoring durch den Energieatlas Rheinland-Pfalz und im Rahmen des Projektes „Kommunale Treibhausgas-Bilanzierung und regionale Klimaschutzportale in Rheinland-Pfalz“ (KomBiReK).

Die EARLP wurde 2012 als landeseigene Gesellschaft gegründet. Sie versteht sich als Dienstleister, der auf vielfältiges Know-how zurückgreifen kann. Denn die Mitarbeiter sind u. a. Ingenieure, Architekten, Finanzierungsexperten oder Juristen; sie verfügen über umfassende Projekterfahrung. Mit konkreten Projekten in den Bereichen Energieeinsparung, Energieeffizienz und -

management sowie Erneuerbare Energien unterstützt die Landesenergieagentur Kommunen und ihre Bürger*innen sowie Unternehmen bei der Umsetzung ihrer Energie- und Klimaziele. Das kann beispielsweise die Erstellung eines kommunalen Energieberichtes sein, der Bau eines Nahwärmenetzes oder der Austausch alter Beleuchtungsanlagen durch LED-Technologie im Unternehmen. Oft können kommunale oder unternehmerische Vorhaben nur deshalb realisiert werden, weil die Landesenergieagentur gezielt über Förderprogramme der EU, des Bundes und Landes informiert und über diese Beratung bei der Finanzierung von Projekten hilft.

Bei allen Aktivitäten für den Energie- und Klimaschutz planen und bewerten die Experten der Energieagentur Rheinland-Pfalz auch immer deren Effekte für die regionale Wertschöpfung. Ziel ist dabei stets, die fossilen Importe zu verringern. Regionale Investitionen und Innovationen sollen gesteigert und regionale Wirtschaftskreisläufe gestärkt werden. Für diese Prozesse entwickelte die Energieagentur Rheinland-Pfalz Methoden für die Datenanalyse, die auf das gesamte Land übertragbar sind.

Für den Erfahrungsaustausch und die Entwicklung gemeinsamer Projekte bringt die Energieagentur Rheinland-Pfalz Partner zusammen, auch auf internationaler Ebene. Sie arbeitet eng mit der Forschung zusammen, um Zukunftsthemen mitzugestalten, Projekte wissenschaftlich zu begleiten und neue, wegweisende Vorhaben zu entwickeln.

Die Landesenergieagentur vernetzt die Akteure der Energiewende in Rheinland-Pfalz und kooperiert mit vielen von ihnen (z. B. Verbraucherzentralen, Handwerkskammern, Bezirksverband Pfalz). Netzwerke gibt es beispielsweise in den Bereichen Energieeffizienz (z. B. Effizienznetz Rheinland-Pfalz, Initiative Energieeffizienz-Netzwerke Rheinland-Pfalz, Netzwerk Energieeffizientes Bauen und Wohnen), Mobilität (Netzwerk Elektromobilität) oder zu speziellen Themen wie Solarenergie (Arbeitskreis Fotovoltaik) oder Klimaschutz (Regionale Netzwerke kommunaler Klimaschutz). Als landeseigene Einrichtung steht die Energieagentur Rheinland-Pfalz in engem Kontakt zum Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (MUEEF). Eine Zusammenarbeit gibt es auch mit dem Wirtschafts- und Finanzministerium. Daraus leitet sich eine weitere wichtige Aufgabe ab: Sie berät die Landesregierung in Fragen des Klimaschutzes und der Energiewende und stellt Transparenz her über Investitionen und den Nutzen von Maßnahmen für Klimaschutz und Wertschöpfung.

Mit der Bundesenergieagentur und den Energieagenturen in anderen Bundesländern tauschen sich die Mitarbeiter der Energieagentur Rheinland-Pfalz kontinuierlich aus. So haben sie einen guten Überblick über Trends, Entwicklungen und neue Möglichkeiten, die sich für Rheinland-Pfalz bieten. Die Landesenergieagentur wird vorwiegend aus Haushaltsmitteln des MUEEF finanziert, zunehmend aber auch über Drittmittelprojekte.

Energieberatung durch die Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz

verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz

Bei der Beratung privater Haushalte hinsichtlich der Nutzung von Einsparpotenzialen und Erneuerbarer Energien im Gebäudereich ist die Verbraucherzentrale seit über 40 Jahren aktiv. Das Angebot einer persönlichen Energieberatung in 70 Beratungsstandorten wird vom Bundeswirtschaftsministerium finanziell unterstützt und steht den Bürgerinnen und Bürgern in Rheinland-Pfalz kostenfrei zur Verfügung. Darüber hinaus wurden vom MWKEL bzw. seit April 2016 vom MUEEF weitere Projektbausteine bei der Verbraucherzentrale gefördert.

Kostenlose persönliche Energieberatung in Rheinland-Pfalz

Dank der zusätzlichen Landesförderung konnten von 2015 bis 2018 insgesamt

13.148 persönliche Energieberatungen in rund 70 Standorten in Rheinland-Pfalz kostenlos angeboten werden.

Sonderaktionen

2016: Aktion Schimmel-Check

Zunächst wurde in der Stationären Beratung die Ausgangssituation analysiert; in Rund 25% der Fälle erfolgte anschließend ein Vor-Ort-Termin. Dabei kamen ein Daten-Logger für Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie ein Oberflächentemperaturmesser und ein Hygrometer zum Einsatz. Zur Beratungsunterstützung wurden Check-Listen für die Vor-Ort-Begehung und Textbausteine für die Berichterstellung entwickelt.

2017: Aktion zu PV-Anlagen ohne und mit Batteriespeicher

Mit Hilfe eines eigens entwickelten Excel-Tools erfolgte eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen mit und ohne Batteriespeicher sowie in Kombination mit einer Wärmepumpe.

2018: Stromsparwochen und Heizungserneuerung

Mit Hilfe eigens entwickelter Excel-Tools erfolgte die Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines Austauschs von Elektrogroßgeräten sowie von Lampen. Mit Hilfe einer Check-Liste erfolgte die Auswertung vorgelegter Angebote zur Erneuerung der Heizungsanlage.

Seminare und Energierechtsberatung

Von 2015 bis 2018 wurden insgesamt 21 Seminare mit insgesamt 246 Teilnehmern zu den Themen „Altbaumodernisierung – das Energiesparhaus im Bestand“ sowie „Das Ziel beim Neubau: Energiespar- und Passivhäuser“ durchgeführt.

In den 6 Verbraucherberatungsstellen wurde mit Hilfe von Honoraranwälten eine persönliche Energierechtsberatung angeboten. Hinzu kam eine landesweite Energierechtshotline. Das Themenspektrum reicht von Vertragsfragen über Probleme mit der Abrechnung bis hin zur Prüfung von Verträgen. Von 2015 bis 2018 wurden insgesamt 1.973 persönliche/schriftliche und 2.279 telefonische Energierechtsberatungen durchgeführt sowie 498 Heizkostenabrechnungen überprüft.

Energiearmut in RLP – Energiekostenberatung der Verbraucherzentrale

Nach Abschluss der Pilotphase in Mainz wurde dieses spezielle Beratungsangebot 2016 auf die anderen 5 Verbraucherberatungsstellen ausgedehnt. Mit diesem Angebot wird insbesondere einkommensschwachen Haushalten mit Zahlungsproblemen bei der Energieversorgung umfassend geholfen. Von 2015 bis 2018 haben insgesamt 3.693 persönliche/schriftliche sowie 2.466 telefonische Beratungen stattgefunden.

Darüber hinaus wurden umfangreiche Gespräche mit möglichen Kooperationspartnern wie Wohlfahrtsverbände, kommunale soziale Dienste, Schuldnerberatungsstellen sowie den zuständigen Ämtern der jeweiligen Kommunen geführt.

Öffentlichkeitsarbeit

Neben zahlreichen Pressemeldungen und Energietipps sowie der Pflege der Internetplattform der Energieberatung wurden mehrere für die Ratsuchenden kostenlose Broschüren im DIN A4-Format als beratungsunterstützendes Material erstellt bzw. aktualisiert. Außerdem erfolgte die Begleitung und Dokumentation der energetischen Modernisierung von 4 Objekten. Die Ergebnisse werden auf der Seite www.energieberatung-rlp.de vorgestellt.

Qualitätsstandards und Energieverbrauchskennzeichnung von Elektrogeräten

Die Verbraucherzentrale hat Qualitätsstandards für die wichtigsten Außenbauteile sowie für die wichtigsten Bestandteile der Anlagentechnik definiert und als einzelne DIN-A4-Broschüren veröffentlicht.

Im Rahmen eines Projekts zum Energielabel erfolgte eine umfangreiche Verbraucherinformation. 16 Informationsblätter erklären die Energielabel für die verschiedenen Elektrogeräte. Eine eigens konzipierte

Wanderausstellung wurde fortlaufend in öffentlichen Gebäuden in ganz Rheinland-Pfalz ausgestellt und war bislang an mehr als 40 Orten zu sehen. In Kooperation mit der Energieagentur Rheinland-Pfalz wurde ein Bildungsmodul für Schulen für einen Projekttag in der 7. und 8. Klasse erstellt. Die Stromsparkiste kann von Lehrkräften in Rheinland-Pfalz kostenlos ausgeliehen werden.

Die Gesamtzahl aller Verbraucherkontakte im Energiebereich beläuft sich auf 50.776. Diese Zahl schlüsselt sich wie folgt auf: 29.554 persönliche/schriftliche Beratungen, 13.050 Telefonanfragen, 8.172 Teilnehmer bei Vorträgen und Seminaren.

Beratung einkommensschwacher Haushalte

Für den Begriff „Energiearmut“ gibt es bislang keine allgemein anerkannte Definition. Energiearmut beschreibt die Schwierigkeit einkommensschwacher Haushalte, ihre Energierechnungen bezahlen zu können, sowie die Folgen der daraus resultierenden Versorgungssperren. Nach Angaben der Bundesnetzagentur wurden 2017 in Deutschland rund 361.000 Haushaltskunden der Strom abgestellt. Dies sind etwa 22.000 Sperrvorgänge mehr als 2016.⁴ In Rheinland-Pfalz wurde im Jahr 2017 bei

⁴ Bundesnetzagentur; Bundeskartellamt (Hrsg.) (2019): Monitoringbericht 2018; Bonn

13.208 Haushalten die Stromversorgung unterbrochen.⁵

Projekt „Energiearmut vorbeugen – Energiekostenberatung“

Das Projekt „Energiearmut vorbeugen - Energiekostenberatung“ der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz wird seit 2013 aus Landesmitteln gefördert. Im Rahmen des Projektes wurde ein umfangreiches Beratungsangebot speziell für einkommensschwache Haushalte entwickelt, die Schwierigkeiten haben, ihre Energierechnung zu zahlen. Die Beratungsleistungen reichen dabei von der Mediation zwischen Kunde und Energieversorger über die Energieeinsparberatung bis hin zur Energierechtsberatung. Die Energiekostenberatung verfolgt einen systemischen Ansatz und kann Haushalte über einen längeren Zeitraum begleiten. Die Beratung wird in den Städten Mainz, Kaiserslautern, Koblenz, Ludwigshafen, Pirmasens, Trier, Wittlich und Worms angeboten.

Die Beratungsstellen werden vor allem von Alleinstehenden, Alleinerziehenden und Menschen mit besonderen Belastungen wie Krankheit oder Schicksalsschlägen aufgesucht. Die Mehrheit der beratenen

Haushalte bezieht soziale Leistungen wie Arbeitslosengeld II oder Grundrente. Fast alle Ratsuchenden kommen wegen hoher Stromkosten in die Beratung. Hohe Verbrauchswerte und damit verbundene hohe Energiekosten werden oft durch elektrische Heizung und Warmwasserbereitung verursacht, auf die die Betroffenen als Mieter keinen Einfluss haben. Neben solchen strukturellen Benachteiligungen finden sich aber auch auf der individuellen Ebene Ursachen für Energieschulden. So sind Ratsuchende bspw. aufgrund gesundheitlicher oder sozial-psychologischer Ursachen schnell überfordert.⁷

Auswertungsergebnisse des Projektes für die Jahre 2016 bis 2018 zeigen, dass in knapp 60% der Beratungsfälle die Verbraucherzentrale erreichen konnte, dass bestehende Stromsperren aufgehoben wurden. Und in 70% der Fälle konnten angedrohte Stromsperren abgewendet werden. Gleichzeitig konnten für 85% der Betroffenen bessere Zahlungsmodalitäten erzielt werden wie z. B. Ratenpläne und Veränderungen der Abschläge. Durch die Optimierung von Tarif, Verbrauch und Budget wurde das Risiko erneuter Versorgungssperren für die betroffenen Haushalte verringert.⁶

⁵ BT-Drs. 19/8879 (2019): Drucksache des Deutschen Bundestages 19/8879 vom 02.04.2019: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sven Lehmann, Dr. Julia Verlinden, Dr. Wolfgang Strengmann-Kuhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN –

Drucksache 19/8383 – Ausmaß und Auswirkungen der Energiearmut

⁶ Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V. (Hrsg.) (2019): Allein, überlastet, energiearm? Ergebnisse der ersten landesweiten Auswertung der Energiekostenberatung der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz Januar 2016 bis August 2018; Mainz

Effizienznetz Rheinland-Pfalz – EffNet



Mit dem Effizienznetz Rheinland-Pfalz (EffNet – www.effnet.rlp.de) steht seit 2005 ein zentraler Ansprechpartner für Ressourceneffizienz, Energie und Umwelt zur Verfügung. Das Effizienznetz Rheinland-Pfalz basiert auf einer Initiative der Landesregierung und wird gemeinsam vom Landesamt für Umwelt (LfU) und der Energieagentur Rheinland-Pfalz betrieben. Die in Rheinland-Pfalz zahlreich vorhandenen, nicht-kommerziellen Informations- und Beratungsangebote zu Ressourceneffizienz, Energie und Umwelt werden in einem gemeinsamen Netzwerk mit über 40 Netzwerkpartnern gebündelt und einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht. Auf der Homepage findet der Nutzer zahlreiche Informationen, aktuelle Hinweise, Rechtsvorschriften und Links. Zudem werden über das EffNet verschiedene praxisnahe Projekte im Bereich Ressourceneffizienz, Energie und Umwelt durchgeführt.

Projekt „EffCheck – Ressourceneffizienz in Rheinland-Pfalz“



Die Landesregierung fördert mit dem Projekt „EffCheck“ (www.effcheck.rlp.de) insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen sowie kommunale Betriebe, um durch die Analyse der Produktionsverfahren und -prozesse Einsparpotenziale beim Material- und Energieeinsatz und Möglichkeiten zur Reduzierung von Abfällen und Abwässern aufzuzeigen. Grundlage ist die Verwaltungsvorschrift des MUEEF vom 21. Februar 2019 zur Förderung von Betriebsberatungen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz.

In einem Maßnahmenplan erhalten die Betriebe Vorschläge für konkrete, Erfolg versprechende Maßnahmen. Das Land Rheinland-Pfalz fördert den EffCheck aktuell mit max. 70% der Beratungskosten bis zu einem Höchstbetrag von 5.200 Euro (netto). Auf Basis der Ergebnisse der Gemeinschaftsstudie „Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 – Potenziale der digitalen Transformation für KMU des verarbeitenden Gewerbes“ wurde der „EffCheck - Industrie 4.0“ („EffCheck – Ressourceneffizienz in Rheinland-Pfalz durch digitale Transformation (Industrie 4.0)“) erarbeitet. Die Umsetzung der EffCheck-Maßnahmen kann durch die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB) GmbH und speziell durch das Förderprogramm des Wirtschaftsministeriums zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz (ERGU) gefördert werden.

Auf der Homepage des EffCheck-Projekts sind eine Vielzahl von Projektpräsentationsblättern zu den in den Unternehmen erfolgreich durchgeführten EffChecks abrufbar.

„Green hospital Rheinland-Pfalz“



Besonders nachhaltig wirtschaftende Krankenhäuser können sich um die Auszeichnung „green hospital Rheinland-Pfalz“ bei der beauftragten Prüfstelle Fa. Arqum Zert GmbH bewerben. Die Auszeichnung würdigt in einem ganzheitlichen Ansatz u. a. Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs bzw. des effizienten Einsatzes von Energie im Gesundheitswesen. In insgesamt 13 verschiedenen Handlungsfeldern werden neben der Ressourceneffizienz / Energie weitere Bereiche wie beispielsweise Green-Management, Beschäftigung, regionale Gesundheitsversorgung, lokale Wertschöpfung und Verkehrsmanagement mit jeweils spezifischen Kriterien und Umsetzungsbeispielen vorgestellt.

Im Rahmen der Förderrichtlinie „Wärmewende im Quartier“ stockt das Land Rheinland-Pfalz die Förderung des Bundes im Rahmen des KfW-Programmes 432 auf. Auf Antrag der Gemeinden fördern wir im

1. Jahr die Erstellung eines Investitionskonzeptes für das Quartier. Hier wird dargestellt, welche Investitionen in die Einsparung von Energie und die Versorgung mit Erneuerbaren Energien sinnvoll sind und welche Einsparungen an Kosten und CO₂-Emissionen wirtschaftlich darstellbar sind. Dabei werden Synergien und Möglichkeiten der Kooperation zwischen Bewohnern, Hausbesitzern, Wohnungsbaugesellschaften und –genossenschaften, öffentlichen Einrichtungen, Unternehmen und der Kommune genutzt. Bürger*innen und Unternehmen werden in die Erarbeitung der Konzepte einbezogen.

Im 2. – 4. Jahr fördern wir eine Firma oder einen Quartiermanager, die vor Ort bei der Durchführung der Maßnahmen helfen und z. B. auch beim Einwerben von Fördermitteln helfen. Bisher wurden im Rahmen des Förderprogramms „Wärmewende im Quartier“ insgesamt 82 Anträge mit einem Gesamtinvestitionsvolumen von 7.197.737 Euro und einem Fördervolumen des Landes von 1.625.428,80 Euro beschieden (Stand 31.03.2020).

55 Quartierskonzepte und 27 Projekte im Sanierungsmanagement wurden bewilligt. Die Energieagentur Rheinland-Pfalz organisiert den Erfahrungsaustausch zwischen den teilnehmenden Kommunen.

3.4 Energieforschung und Wissenstransfer

Energie in der Schulbildung

Kinder und Jugendliche stellen nicht nur in Anbetracht des Klimawandels und wachsender Herausforderungen im Umgang mit begrenzten planetaren Ressourcen Fragen im Hinblick auf eine zukunftsfähige Gestaltung der Welt. Die Fragehaltung aufgreifend ermöglichen Kitas und Schulen in Rheinland-Pfalz variantenreiche Lerngelegenheiten, die auch Energiethemen berücksichtigen. Die fortentwickelten Curricula der natur-, technik- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächer stellen unterschiedliche Bezüge her und fordern ebenfalls zur fächerverbindenden Arbeit auf. Zugleich sind Energiefragen insbesondere auch Gegenstand von Lehr-Lernsettings, schulischen Vorhaben und lehrerbildenden Veranstaltungen im Rahmen der Querschnittsaufgabe „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)“ und der MINT-Strategie des Bildungsministeriums.

Im Berichtszeitraum wurden neben der konkreten unterrichtlichen Arbeit an und mit Energiethemen im Rahmen der BNE-Beratung des Pädagogischen Landesinstituts der Energieerlebnisparkours vorgestellt und an Schulen weiter eingeführt, Gerätschaften wie die zahlenmäßig erweiterten Energiefahrräder für Projekte bereitgestellt, mit dem Solarkoffer und der „Power-Box“

gearbeitet oder im Rahmen von Netzwerktreffen die energiebezogenen Angebote außerschulischer Lernorte und weiterer Kooperationspartner wie der Energieagentur Rheinland-Pfalz von Lehrkräften erschlossen. Dank der kontinuierlichen Zusammenarbeit mit der VRD-Stiftung für Erneuerbare Energien werden in der schulischen Praxis und im Fortbildungsbereich Kistensets und didaktische Arrangements eingesetzt, um Themen wie Licht, Energieträger und besonders erneuerbare Energien, Klimaschutz etc. adressatengerecht und beispielsweise mittels der Methode des Tutorienlernens bearbeiten zu können.

Der landesweite BNE-Tag an der IGS in Wörth am Rhein im Mai 2018 wurde u. a. dafür genutzt, um Beispiele der in Städten und Gemeinden zahlreich vorhandenen Projekte „Klimaschutz durch Energiesparen an Kitas und Schulen“ und Erfolgsideen von Schulen, die bei bundesweiten Wettbewerben wie dem Deutschen Klimapreis der Allianz Umweltstiftung reüssierten, zu präsentieren. Auf besonderes Interesse der Teilnehmenden stießen ebenfalls Workshops und Stände zu den an vielen Grundschulen durchgeführten und durch das MUEEF geförderten Kinderklimaschutzkonferenzen oder zum „Klimawandelweg“.

Anliegen der MINT- und Nachhaltigkeitsbildung wurden darüber hinaus stärker mit der globalen Perspektive und den Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen verknüpft: Diverse Fortbildungen für Lehrpersonal stellten didaktische Arrangements zu Energie-, Mobilitäts- oder Ernährungsfragen in den Mittelpunkt und profitierten von der Zusammenarbeit mit Partnerinnen und Partnern aus dem non-formalen Bildungsbereich.

Energieforschung in rheinland-pfälzischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Rheinland-Pfalz sind für die Landesregierung wichtige Partner bei der Energiewende.

Die Energieforschung wird im Rahmen von Lehre, Grundlagenforschung und angewandter Forschung in unterschiedlichen technischen und naturwissenschaftlichen Bereichen geleistet. Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen bringen Kompetenzen und Forschungsaktivitäten aus zahlreichen Wissenschaftsfeldern wie dem Maschinenbau, der Elektrotechnik, den Informationstechnologien, der Chemie, der Biotechnologie, den Materialwissenschaften oder der Mathematik ebenso ein wie aus dem Umweltrecht oder der Regionalstatistik.

Neben der Förderung durch private Unternehmen, Stiftungen sowie öffentliche Drittmittelgeber wie der EU, die Deutsche Forschungsgemeinschaft oder dem Bund mit seinem umfangreichen Energieforschungsprogramm fördert auch das Land Energieforschung in den Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Hochschulen und Forschungseinrichtungen des Landes sind untereinander und mit Unternehmen regional und überregional vernetzt. Gemeinsam führen sie wertvolles Fachwissen in Querschnittsprojekten zusammen und entwickeln innovative Lösungsansätze für die großen Herausforderungen der Energieforschung.

Für das Gelingen der Energiewende werden gut ausgebildete Fachkräfte im Energiebereich benötigt, die neue Ideen aufnehmen, weiterentwickeln und zu zukunftsfähigen Produkten ausbauen. Die Hochschulen setzen daher einen Schwerpunkt auf die Ausbildung von Fachkräften und eine enge Zusammenarbeit mit der Wirtschaft, den Kammern und Verbänden.

In der Anlage (s. Anlage Kapitel 3.4, Seiten 6 – 51) werden Lehrstühle und Forschungsverbände aus der Energieforschung genannt, sowie über deren vielfältige Tätigkeitsfelder Auskunft gegeben.

3.5 Das Land als Vorbild

Energieversorgung im Kontext der Landes- und Regionalplanung

Landes- und Regionalplanung in Rheinland-Pfalz leisten einen wichtigen Beitrag zu einer sicheren und nachhaltigen Energieversorgung des Landes. Die Kernaufgabe der überfachlichen und überörtlichen gesamtträumlichen Planung ist die Umsetzung der Leitvorstellung einer nachhaltigen Raum- und Siedlungsentwicklung.

Das Landesentwicklungsprogramm Rheinland-Pfalz (LEP IV) und die regionalen Raumordnungspläne enthalten zu verschiedenen Handlungsfeldern energierelevante raumordnerische Ziele und Grundsätze. Leitbild ist eine sichere, kostengünstige, umweltverträgliche und Ressourcenschonende Energieversorgung für Rheinland-Pfalz. Neben der Energieeinsparung, der effizienten Energieverwendung und der Stärkung der eigenen Energieversorgung kommt dabei dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien eine wesentliche Bedeutung zu.

Mit der ersten Teilfortschreibung des LEP IV im Jahr 2013 wurde grundsätzlich festgelegt, dass ein geordneter Ausbau der Windenergie durch die Regional- und Bauleitplanung sichergestellt werden soll.

Hierzu sollen die Regionalpläne Vorranggebiete für die Windenergienutzung ausweisen; die Befugnis für eine abschließende Steuerung durch die Ausweisung von Konzentrationsflächen für die Windenergie wurde auf die Bauleitplanung übertragen. Die grundsätzliche Aufgabenverteilung zwischen Landes-, Regional- und Bauleitplanung wurde in der dritten Teilfortschreibung des LEP IV beibehalten.⁷ Um einen substantziellen Beitrag zur Stromerzeugung zu ermöglichen, sollen 2% der Fläche des Landes für die Windenergienutzung bereitgestellt werden. Das LEP IV benennt einen erweiterten abschließenden Katalog mit Ausschlussgebieten für die Windenergie, gibt Abstandsregeln zu Siedlungsgebieten vor und unterstützt das Repowering von Windenergieanlagen.

⁷ Dritte Landesverordnung zur Änderung der Landesverordnung über das Landesentwicklungsprogramm vom 12. Juli 2017. Die Verordnung ist im Gesetz- und Verordnungsblatt vom 20. Juli 2017 (GVBl. S. 162) verkündet worden

und am Tag nach der Verkündung, am 21. Juli 2017, in Kraft getreten.

Weitere Informationen unter www.mdi.rlp.de

Das LEP IV enthält auch Regelungen zu anderen erneuerbaren Energien, z. B. zur Fotovoltaik.

Energiemanagement in Landesliegenschaften

Zur Erfolgskontrolle der Energieeinsparmaßnahmen in Landesliegenschaften wurde die Erfassung und Auswertung der Energieverbrauchswerte fortgeschrieben. Die Auswertungsergebnisse für die Landesliegenschaften im Portfolio des Landesbetriebes Liegenschafts- und Baubetreuung (LBB) können für die Jahre 2002 bis 2017 in ausführlicher Darstellung dem LBB-Energiebericht 2019 entnommen werden. Der LBB-Energiebericht 2019 ist auf der Internetpräsenz des LBB digital abrufbar unter

<https://lbb.rlp.de/de/service/publikationen/energiebericht/>.

Bereits 2006 erstellte der Landesbetrieb LBB eine Richtlinie zum energieeffizienten Bauen und Sanieren, die eine Unterschreitung der gesetzlichen Vorgaben nach Energieeinsparverordnung (EnEV) vorgibt. Diese Richtlinie steht ebenfalls in der aktuellen Fassung beim Landesbetrieb LBB digital unter <https://lbb.rlp.de/de/service/publikationen/energiebericht/> zur Verfügung. Unter Anwendung der Richtlinie wurde nicht nur ein besonders vorbildlicher, die gesetzlichen Anforderungen übertreffender, energetischer Standard für

die Landesliegenschaften umgesetzt. Es entstanden zahlreiche „Leuchtturm“-Projekte im Bestand und im Neubau bis hin zum zertifizierten Passivhausstandard und zum EnergiePlus- oder Energiegewinnhaus.

Verbrauchs- und Kostenentwicklung in den Liegenschaften des LBB mit Universitäten und Hochschulen der angewandten Wissenschaften bzw. Fachhochschulen

Für die Jahre 2007 bis 2017 hat der Landesbetrieb LBB Energieverbrauchs- und Kostenanalysen für LBB-Liegenschaften, Universitäten und Hochschulen erstellt, die in zusammengefasster Form der Tabelle 1 (S. 57) zu entnehmen sind.

Die Gesamtkosten der LBB-Liegenschaften inkl. Hochschulen (ca. 1.800 Gebäude mit ca. 3 Mio. m² Nettogrundfläche) für Wärme, Strom und Wasser/Abwasser betrugen in 2017 etwa 55 Mio. €.

Der klimabereinigte Energieverbrauch für Beheizung und Warmwasserbereitung sank von 409 GWh im Jahr 2007 auf 376 GWh im Jahr 2017. Das entspricht einer Abnahme um 8,1% bzw. 0,8% pro Jahr. Gründe dafür liegen vor allem in den fortlaufenden energetischen Sanierungen im Bestand. Weitere Einsparungen werden durch die seit Jahren unternommenen Maßnahmen in den Bereichen Betriebsoptimierung, Energie-Einspar-Contracting und Energiecontrolling erzielt. Ebenso wird

Tab. 1

**Energieverbrauchs- und Kostenanalysen für LBB-Liegenschaften,
Universitäten und Hochschulen**

	Wärme			Strom		Wasser- und Abwasser		Treibhausgas- Emissionen im CO ₂ - Äquivalent to
	Verbrauch		Kosten Mio. €	Verbrauch GWh	Kosten Mio. €	Verbrauch Frischwasser Mio. m ³	Kosten Wasser und Abwasser Mio. €	
	unbereinigt GWh	klimabereinigt GWh						
2007	341,1	409,1	18,6	187,8	24,1	1,08	3,7	218.800
2008	359,4	405,4	22,5	193,0	26,7	1,04	3,6	220.200
2009	346,7	392,3	21,6	192,9	27,6	1,06	3,7	216.000
2010	385,1	386,2	21,1	195,3	30,6	1,02	3,7	214.556
2011	322,5	393,1	18,9	197,5	30,0	1,02	3,8	216.290
2012	355,9	383,3	21,9	198,0	33,7	1,00	3,7	214.558
2013	357,9	378,8	20,4	193,2	34,4	1,00	3,7	210.353
2014	303,9	379,4	19,1	197,0	37,0	1,01	3,8	214.050
2015	334,7	378,9	19,2	193,6	38,5	1,01	3,8	211.262
2016	327,1	376,2	17,4	191,3	35,4	0,97	3,9	206.816
2017	322,3	375,8	15,6	187,8	34,9	0,99	4,0	203.133

über die „LBB-Energie-Richtlinie“ ein besonders energieeffizienter Standard im Neubau sichergestellt, der die Verbräuche des Gesamtportfolios reduziert.

Der Stromverbrauch liegt wieder nach Jahren des Anstiegs bei ca. 188 GWh, während der Wasserverbrauch leicht sinkt.

Die verbrauchsbedingten Treibhausgasemissionen (erfasst als CO₂-Äquivalent) sanken von 2007 bis 2017 von rd. 219.000 Tonnen (t) auf rund. 203.133 t CO₂-Äquivalent. Das ist eine Reduktion um ca. 7,2%. Die jährlichen Anpassungen des CO₂-Äquivalentsfaktors für Strom aufgrund der Vergrößerung des regenerativen Anteils bei der Stromversorgung der Bundesrepublik sind hier nicht berücksichtigt. Die daraus resultierenden CO₂-Einsparungen sind somit bisher nicht dargestellt.

Die Reduzierungen der Treibhausgasemissionen ergeben sich hier nur durch die Erfolge des Landesbetriebs LBB in der Energieeinsparung und durch den kontinuierlichen Ausbau von Biomasse-Anlagen (Holzpellets, Holzhackschnitzel), Kraft-Wärme-Kopplung sowie von eigengenutzten Fotovoltaikanlagen in den LBB-eigenen Liegenschaften.

Nutzung von regenerativen Energien und Kraft-Wärme-Kopplung

Zur weiteren Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen ist der Landesbetrieb LBB bestrebt, für seine Immobilien den Anteil an regenerativ erzeugter Energie deutlich zu erhöhen. Dazu zählen vor allem der Einbau von Wärmeerzeugern, die mit Biomasse

befeuert werden der Einbau von Solarthermieanlagen, der Einsatz von Fotovoltaikanlagen zur Stromerzeugung und die Nutzung von Erdwärme in den meisten Fällen mittels Wärmepumpentechnik. Auch der Anteil der über Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Energie wird ständig ausgebaut. In Form von Blockheizkraftwerken (BHKW) wird effizient Wärme und gleichzeitig über einen Generator Strom erzeugt. Die Verluste dabei sind gering und damit ebenso die Treibhausgas-Emissionen.

Eine Zusammenstellung der Anlagen zur regenerativen Energieerzeugung und Kraft-Wärme-Kopplung mit Erträgen befindet sich im Anhang (s. Anlagen 3 – 11 Kapitel 3.5, Seiten 52 – 57).

Verkehrspolitische Weichenstellungen zu mehr Energieeffizienz

Verkehrspolitische Grundsätze der Landesregierung

Die Steigerung der Energieeffizienz ist ein wichtiges Ziel rheinland-pfälzischer Verkehrspolitik. Der Weg dorthin führt über eine optimale Verknüpfung der Verkehrsmittel und den Umstieg auf innovative, aus regenerativ erzeugten Energien gespeiste Antriebe sowie die Weiterentwicklung der IuK-Technologien für energieeffiziente Verkehrsabläufe bis hin zu automatisierten Fahrweisen.

Um die Energieeffizienz im Verkehr zu erhöhen gilt es, für die Beförderung von Menschen und Gütern nach Möglichkeit Verkehrsmittel mit niedrigen spezifischen Energieverbräuchen zu nutzen.

Um die Energieeffizienz des motorisierten Straßenverkehrs deutlich zu steigern, werden geeignete Maßnahmen des Bundes zur Erhöhung des Anteils von Fahrzeugen mit innovativen Antrieben aus regenerativen Energien sowohl im Individualverkehr als auch im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) unterstützt. Im Land soll ein Schwerpunkt bei der Unterstützung von Forschung und Entwicklung sowie auf kommunalen Pilotprojekten für innovative Antriebe gesetzt werden. Mit Blick auf die Steigerung der Energieeffizienz im Verkehr gibt es verkehrspolitische Schwerpunktsetzungen der Landesregierung insbesondere in den nachfolgenden Bereichen.

Öffentlicher Personenverkehr

Mit dem Fahrplanwechsel am 14. Dezember 2014 sind im Rahmen des Zukunftskonzeptes Rheinland-Pfalz Takt 2015 erhebliche Angebotsausweitungen im SPNV erfolgt; die gefahrenen Zugkilometer um rund 20% steigen. Mit der weitgehend neuen Fahrzeugflotte konnte die Energieeffizienz der Fahrzeuge gesteigert werden.

Zudem werden derzeit gemeinsam mit Zweckverbänden und Verkehrsverbänden regionale ÖPNV-Konzepte erarbeitet bzw.

umgesetzt, um auch den ÖPNV auf der Straße zu stärken.

Ausbau des Straßennetzes, Verkehrstelematik und Verkehrsmanagement

Rheinland-Pfalz verfügt über eines der dichtesten Straßennetze der Bundesrepublik. Daher hat die Landesregierung sich bei der Neuanmeldung für den Bundesverkehrswegeplan 2015 auf den Erhalt vor Neubau festgelegt. Die Fahrtbedingungen auf den Straßen haben großen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch.

Mit dem Ausbau der Infrastruktur, modernen Mitteln der Verkehrstelematik und intelligenten Steuerungen können der Verkehr verflüssigt und Energie verbrauchende Staus vermieden werden. So erfordern Stop and Go-Situationen die doppelte Kraftstoffmenge wie der störungsfreie Verkehrsfluss.

Im nachgeordneten Straßennetz werden verstärkt verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerungen eingesetzt, die auch die Erfordernisse der klimafreundlichen Verkehrsträger (ÖPNV, Rad- und Fußverkehr berücksichtigen).

Bildung von Fahrgemeinschaften

In der Erhöhung der Besetzungsgrade der Pkw liegen noch erhebliche Effizienzpotenziale, mit denen nicht nur Minderungen beim Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs, sondern auch erhebliche

Kostenersparungen beim Nutzer verbunden sind. Hierzu hat das Land mit dem Bau von 145 Mitfahrerparkplätzen bereits einen wichtigen Beitrag geleistet. Weitere Projekte sind im Gang oder in der Planung.

Förderung des Car-Sharing-Systems

Jedes Car-Sharing Fahrzeug ersetzt zwischen 4 und 8 private Pkw und reduziert damit den Druck auf öffentliche und private Flächen für Pkw-Stellplätze. Car-Sharing ermöglicht nachhaltige Mobilitätslösungen. Zur Ergänzung der Parkprivilegien für stationsbasierte Carsharing-Fahrzeuge an Ortsdurchfahrten von Bundesstraßen erweitert das Land die Vorschriften zur Sondernutzung im Landesstraßengesetz auch für Landes-, Kreis, Gemeinde- und sonstige Straßen.

Förderung des Fahrradverkehrs

Auch im Sinne der Steigerung der Energieeffizienz im Verkehr ist die Landesregierung bestrebt, das Fahrrad als alltägliches Verkehrsmittel zu stärken. Das Radwegenetz an klassifizierten Straßen betrug Ende 2017 insgesamt 1.892 km. Rund 3,1 Mio. Euro sind in 2017 in den Bau von Radwegen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen investiert worden, womit 7,7 km neue Radwege fertiggestellt werden konnten. Darüber hinaus hat das Land 2017 den Bau von selbstständigen Radwegen in kommunaler Baulast mit Fördermitteln in Höhe von 3,0 Mio. Euro unterstützt.

Mit dem Pilotprojekt der Pendler-Radroute Bingen - Ingelheim - Mainz will das Land gemeinsam mit den Kommunen insbesondere auf vorhandenen Wegen eine Verbindung schaffen, die Rad Fahrenden ein zügiges und störungsarmes Pendeln ermöglicht. Die bauliche Realisierung der Pendler-Radroute Bingen-Ingelheim-Mainz soll ab Sommer/Herbst des Jahres 2019 abschnittsweise begonnen werden.

Mobilitätsmanagement

Mit einem Pilotprojekt wird die Landesverwaltung ein nachhaltiges Mobilitätsmanagement unter Einbindung alternativer Antriebe, Car-Sharing, E-Bikes und Job-Tickets starten.

Mobilität und Tourismus

Die bisherigen und noch geplanten Weiterentwicklungen im SPNV und bei den regionalen Busverkehren wirken sich auch auf die Erreichbarkeit von touristischen Zielen mit energieeffizienten öffentlichen Verkehrsmitteln positiv aus.

Ausbau der Containerumschlagterminals in den rheinland-pfälzischen Binnenhäfen

Rheinland-Pfalz verfügt mit seiner Lage an den Wasserstraßen Mosel und Rhein über ein logistisches Alleinstellungsmerkmal erster Güte. Der neue Bedarfsplan für die Bundeswasserstraßen sieht den Bau weiterer zweiter Schleusenammern im Zuge

der Mosel und die Vergrößerung der Abladetiefe des Rheins zwischen St. Goar und Mainz/Wiesbaden vor.

Im kombinierten Verkehr auf der Wasserstraße sind starke Wachstumsraten zu verzeichnen; diesem wird mit einem kontinuierlichen Ausbau der Terminkapazitäten Rechnung getragen. Die Landesregierung begrüßt insoweit die Ankündigung des Bundes, die finanzielle Förderung solcher Projekte in den kommenden Jahren fortzuführen. Davon werden auch Vorhaben in rheinland-pfälzischen Binnenhäfen profitieren. Zudem sollen die knappen Hafentflächen landesplanerisch besser geschützt werden.

Dienstfahrzeuge der Landesverwaltung

Die Landesregierung hat beim Klimaschutz Vorbildfunktion. Daher haben wir uns im Landesklimaschutzgesetz zum Ziel gesetzt, die Landesverwaltung bis 2030 klimaneutral zu gestalten. Die „Leitlinie für die Elektromobilität in der Landesverwaltung Rheinland-Pfalz“ ist dabei ein wesentlicher Schritt zur Zielerreichung. Damit stärken wir die klimafreundliche Mobilität der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die Leitlinie wurde Anfang September 2019 im Ministerrat beschlossen.

Bei Neubauten und Gebäudesanierungen der Landesverwaltung verpflichtet sich die Landesregierung bei jedem fünften Parkplatz eine Lademöglichkeit für E-Autos sicherzustellen. Die benötigte Energie soll vorzugsweise aus selbst erzeugtem Strom

bereitgestellt werden, der durch Fotovoltaikanlagen eingespeist wird. Auch bei Bestandsgebäuden sollen diese Infrastrukturmaßnahmen nach Möglichkeit sukzessive umgesetzt werden. Um die Fahrzeuge des Landes und die Dienstreisen in der Gesamtbilanz künftig klimaneutral zu organisieren, wollen wir Dienstwagen zudem ressortübergreifend bereitstellen und die Anschaffung von E-Autos erleichtern.

Autonom fahrender Kleinbus „Emma“

Im August 2018 hat die Mainzer Mobilität (MVG) erfolgreich einen autonomen elektrischen Kleinbus, „Emma“ auf einer Strecke von etwa 700 Meter am Mainzer Rheinufer getestet. Knapp 3.300 Fahrgäste (bis zu 200 Fahrgäste pro Tag) haben während 506 Fahrten das Angebot genutzt (Fahrstrecke gesamt ca. 800 km), die Kommentare und Erfahrungen waren überwiegend positiv. Das Land Rheinland-Pfalz hat das Projekt finanziell unterstützt.

Lotsenstelle alternative Antriebe

Mit dem Projekt „Lotsenstelle alternative Antriebe“ der Energieagentur Rheinland-Pfalz werden seit 2017 die rheinland-pfälzischen Kommunen, deren Einwohnerinnen und Einwohner sowie die dort ansässigen Unternehmen mit gezielten Informationen und Angeboten zum Thema alternative Antriebe bei ihren integrierten, strategischen Ansätzen zur Reduktion klimarelevanter

Emissionen unterstützen. Weitere Informationen finden sich unter: <https://www.energieagentur.rlp.de/projekte/kommune/lotsenstelle-alternative-antriebe/>

Elektromobilität im ländlichen Raum – Entwicklung einer Pilotregion im Westerwald

Durch die Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes und die Umsetzung geeigneter Maßnahmen im Bereich der Elektromobilität soll der Westerwald zu einer Pilotregion für den Einsatz der Elektromobilität im ländlichen Raum werden. Das Vorhaben „Elektromobilität im ländlichen Raum – Entwicklung einer Pilotregion im Westerwald“ der Energieagentur Rheinland-Pfalz zielt seit 2017 darauf ab, die Kommunen der Region, deren Bürgerinnen und Bürger sowie die dort ansässigen Unternehmen konzeptionell zu unterstützen und mit Projekten, gezielten Informationen und Angeboten zum Thema Elektromobilität die Nutzung alternativer Antriebe in der Region voranzubringen. Weitere Informationen unter:

<https://www.energieagentur.rlp.de/projekte/kommune/elektromobilitaet-im-laendlichen-raum/>

Netzwerk Elektromobilität Rheinland-Pfalz

Das Netzwerk Elektromobilität Rheinland-Pfalz bringt die relevanten Institutionen und Akteure im Bereich der Neuen Mobilität im Land zusammen. Es startete seine Arbeit bereits 2010, damals noch als Forschungsprojekt unter der Führung der Technischen

Universität Kaiserslautern. Seit 2015 moderiert und organisiert die Energieagentur Rheinland-Pfalz das Netzwerk. Während der regelmäßigen Netzwerktreffen werden bspw. aktuelle Vorhaben und Erkenntnisse vorgestellt und im Kreis der Netzwerkteilnehmer diskutiert.

Wasserstoff betriebene Brennstoffzellenbusse

In einem Pilotprojekt zur Erprobung des Einsatzes von mit Wasserstoff betriebenen Brennstoffzellenbussen beschaffen die Verkehrsgesellschaften der Städte Mainz (MVG), Wiesbaden (ESWE Verkehr) und Frankfurt am Main (traffiQ/ ICB) derzeit Fahrzeuge. Das Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten und das hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung haben bei diesem zukunftsweisenden Projekt die Errichtung von Tankstelleninfrastruktur mit jeweils einer Million Euro gefördert. Die Einweihung der Wasserstofftankstelle erfolgt im Frühjahr 2020. Derzeit findet der Probebetrieb mit ersten Fahrzeugen statt.

Tankstelle 2.0

Das Institut für Mobilität und Verkehr (imove) und die Juniorprofessur für Elektromobilität (JEM) der Technischen Universi-

tät Kaiserslautern erarbeiteten eine Strategie zur nachhaltigen Versorgung von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben. Ziel des Projektes war es, bestehende Ansätze zu verfeinern und eine Strategie, zum Aufbau einer Versorgungsinfrastruktur für alle alternativen Energieträger für das Jahr 2020 mit einem Ausblick auf 2030 und 2050 zu erarbeiten. Die Ergebnisse der Untersuchung können unter https://mueef.rlp.de/fileadmin/mulewf/Themen/Energie_und_Strahlenschutz/Energie/Abschlussbericht_Tankstelle_2_0.pdf abgerufen werden.

Tankstelle 2.1

Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes Tankstelle 2.0 bearbeitet ein Konsortium der Technischen Universität Kaiserslautern, seit Herbst 2018 ein Forschungsprojekt mit dem besonderen Fokus auf der Netzintegration der Ladesäulen für Elektrofahrzeuge. Hierzu erarbeitet das Konsortium eine ganzheitliche Betrachtung der vollständigen Versorgungskette und Netz-situation von der großräumigen Stromversorgung bis zur Nutzung der einzelnen Ladesäule. Ziel ist es, in einzelnen exemplarischen Räumen die Hemmnisse aus Netzkapazität, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz zu beleuchten.

3.6 Finanzielle Vorteile der Energiewende

Die Energiewende ist ein zunehmend wichtiger Wirtschaftsmotor für unsere Volkswirtschaft, Arbeitgeber für eine wachsende Zahl von Menschen und wichtiger Wirtschaftsfaktor für Kommunen. Im Jahr 2016 erzielten Unternehmen in Rheinland-Pfalz im Zusammenhang mit der Energiewende Umsätze von 529 Mio. Euro. Ein überdurchschnittlich hoher Anteil hiervon entfällt auf Dienstleistungen der Wartung und Instandhaltung und fällt somit dauerhaft an. Insgesamt 1.458 Unternehmen waren der Erneuerbaren Energie-Branche zuzurechnen (GWS, März 2018).

In Rheinland-Pfalz waren 2016 insgesamt 10.450 Menschen in der Energiewende beschäftigt, eine Steigerung von 3,92 % zum Vorjahr. Pro 1.000 Arbeitnehmer sind dies 5,8 Beschäftigte. Legt man die durchschnittliche Bruttowertschöpfung eines rheinland-pfälzischen Arbeitnehmers im Jahr 2016 von 62.313 Euro zu Grunde (StaLa, 2018), ergibt sich eine kumulierte Wertschöpfung von über 650 Mio. Euro.

Untersuchungen belegen, dass der Bereich der Gebäudesanierung besonders beschäftigungsintensiv ist. So gibt die KfW an, dass durch die ihre Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ im Jahr 2017 in Deutschland ein Beschäftigungseffekt von insgesamt 435.000 Personenjahren ausgelöst wurde,

25.400 davon in Rheinland-Pfalz.

Finanzielle Vorteile durch die Energiewende zeigen sich in zahlreichen Kommunen. Am Beispiel des Rhein-Hunsrück-Kreises zeigt sich: Die Einnahmen aus den Erneuerbaren Energien und die Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen haben den Kommunen im Kreis sowie den Bürger*innen finanzielle Spielräume zur Entwicklung des ländlichen Raums gegeben. Projekte und Maßnahmen schaffen eine kommunale Wertschöpfung von jährlich rund 44 Mio. Euro. Die Rücklagen der Ortsgemeinden sind auf 84 Mio. Euro gewachsen. Die kommunale Verschuldung im Landkreis beträgt nur noch 20% des Landesdurchschnittes (Stand 11/ 2018).

Im Jahr 2017 erzielte die Industrie mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz einen Erlös von 4,5 Mrd. Euro (4,5% des gesamten Industrieumsatzes). Davon wurden 2,4 Mrd. Euro im Bereich Klimaschutz erwirtschaftet. Dies entspricht einem Anteil von 54 Prozent. Investitionen in den Umweltschutz wurden 2017 in Höhe von 227 Mio. Euro getätigt. Dies waren 7,9% der gesamten Investitionen des Industriesektors. Auf den Klimaschutz entfielen rund 58 Mio. Euro. Dies entspricht rund 25% der gesamten Umweltschutzinvestitionen.

Aufgrund der restriktiven bundespolitischen Rahmenbedingungen stagniert derzeit auch in Rheinland-Pfalz der dringend erforderliche Ausbau der Erneuerbaren Energie, vor allem der Windenergie. Im erstem Halbjahr 2019 wurden lediglich zehn neue Anlagen mit einer Gesamtleistung von 39 MW neu errichtet (in den Jahren 2015-2017 zwischen waren es jeweils rund 200 MW). Nicht nur in Rheinland-Pfalz, sondern bundesweit hat dies massive wirtschaftliche Konsequenzen. Im Moment steht mit Enercon ein weiteres deutsches Windkraftunternehmen, das einmal zu den wichtigsten der Welt gehörte, vor einem dramatischen Stellenabbau. Bereits 2017 verschwanden in der deutschen Windkraftbranche 26.000 Stellen. Auch die Siemens-Tochter Gamesa will tausende Arbeitsplätze abbauen, Senvion hat im April 2019 Insolvenz angemeldet. Mit Recht weist die Branche auf die Bedeutung des Heimatmarktes hin, immerhin noch der weltweit drittgrößte Standort für Windenergie.

Eine Industrie aber, mit der die Ingenieur-nation Deutschland einen weltweit benötigten Exportschlager im Programm hätte, wird derzeit systematisch zerstört. Während die Windenergie in Asien und Südamerika boomt, kommt sie hierzulande zum Stillstand. Im Jahr 2000 führte Deutschland mit einem Zubau von 1.700 MW den internationalen Windenergiemarkt noch an. Heute droht der deutschen Windenergie ein Schicksal wie zuvor der Solarindustrie, die

bis auf wenige verbliebene Unternehmen mit Weltrang aus Deutschland verschwunden ist.

Ein dynamischer Ausbau der Erneuerbaren, die Sanierung von Gebäuden, das Marktanzreizprogramm für Wärmepumpen oder auch eine Ausweitung der Öko-Landwirtschaft – Klimaschutz schafft bereits heute tausende von zukunftsfähigen und hochqualifizierten Arbeitsplätze, vor allem in Technologie und Handwerk - deutlich mehr als in Kohle und Atomkraft.

Um diese Entwicklung zu forcieren sind folgende Weichenstellungen notwendig:

- ein dynamischer Ausbau der erneuerbaren Energien der dem tatsächlichen künftigen Bedarf Rechnung trägt,
- ein intelligenter Netzausbau, der regionale und überregionale Ansätze verknüpft,
- die Verbindung der Energiewende mit der Digitalisierung,
- eine Investitionsoffensive in zukunftsfähige Technologien und Infrastruktur in allen Sektoren,
- kombiniert werden sollte dies mit Fortbildungs- und Umschulungsangeboten für Handwerk und Unternehmen und einer Kampagne zur Gewinnung technischen Nachwuchses in diesem Bereich,
- zielgerichtete Forschung und Entwicklung.

4. ENTWICKLUNG VON ENERGIEERZEUGUNG UND –VERBRAUCH IN RHEINLAND-PFALZ

4.1. Rahmenbedingungen und Bestimmungsfaktoren der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs

Die wesentlichen Informationen für das Energiemonitoring auf Landesebene liefert die Energiebilanz. Mit der Energiebilanz lässt sich der Energieverbrauch in Rheinland-Pfalz umfassend darstellen. Zu den Rahmenbedingungen und Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs liegen in der amtlichen Statistik und anderen validen Quellen viele Informationen vor.

Der Energieverbrauch hängt zum einen von

natürlichen Gegebenheiten ab, z. B. den Temperatur- bzw. Witterungsbedingungen. Zum anderen wird der Energieverbrauch durch ökonomische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen bestimmt. Hinzu kommen politische bzw. gesetzliche Regelungen und Maßnahmen, wie z. B. dem gesetzlich geregelten Vorrang für erneuerbare Energien nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz.

Energiebilanz

Um den Energieverbrauch in einer Volkswirtschaft umfassend darzustellen, werden Energiebilanzen erstellt. Eine Energiebilanz zeigt das Aufkommen, die Umwandlung und die Verwendung von Energie nach Arten von Energieträgern und Verbrauchssektoren für ein Wirtschaftsgebiet und einen bestimmten Zeitraum. In Rheinland-Pfalz berechnet das Statistische Landesamt jährlich die Energiebilanz des Landes im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (MUEEF).

Um Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen für die Bundesländer zu gewährleisten, werden die Energiebilanzen nach einer einheitlichen Methodik des Länderarbeitskreises Energiebilanzen erstellt. Die Bilanzrechnungen basieren auf Ergebnissen der amtlichen Energiestatistiken sowie auf verschiedenen Statistiken, die von Verbänden der Energiewirtschaft erstellt werden, und einzelnen Schätzungen. Die Methodik des Länderarbeitskreises Energiebilanzen richtet sich nach internationalen und europäischen Vorgaben. Zwischen dem Berichtsjahr und der Fertigstellung der Energiebilanz liegt eine vergleichsweise lange Zeitspanne. Für diesen Bericht stehen auf Landesebene Daten für das Berichtsjahr 2017 zur Verfügung.

Die Temperatur- bzw. Witterungsbedingungen verursachen deutliche saisonale Schwankungen des Energieverbrauchs, z. B. durch den Heizbedarf im Winter. Strukturelle Faktoren, insbesondere die Wirtschaftsstruktur, spielen eine wichtige Rolle für das Niveau des Energieverbrauchs in einem Land. Darüber hinaus haben konjunkturelle Entwicklungen kurz- und mittelfristig Einfluss auf den Energieverbrauch, z. B. Schwankungen der Produktion. Außerdem wird der Energieverbrauch durch Preisentwicklungen an den Energiemärkten beeinflusst.¹

Das Niveau und die Entwicklung der wirtschaftlichen Aktivitäten in einer Volkswirtschaft werden mithilfe des Bruttoinlandsprodukts bzw. seiner Veränderung gemessen. Das Bruttoinlandsprodukt umfasst den Wert aller produzierten Waren und Dienstleistungen (Produktionswert) abzüglich des Wertes der Güter, die für die Produktion verbraucht werden (Vorleistungen). Um die Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Produktion im Zeitablauf zu erfassen, ist eine Bereinigung des nominalen Bruttoinlandsprodukts um Preisänderungen notwendig (preisbereinigtes bzw. reales Bruttoinlandsprodukt). Grundsätzlich erfordert eine Erhöhung des gesamtwirtschaftlichen Outputs bzw. des Bruttoinlandsprodukts einen höheren Einsatz an Inputs, also auch einen höheren

Energieeinsatz, es sei denn, Investitionen in den Kapitalstock und technologischer Fortschritt sorgen für Produktivitätssteigerungen. In Rheinland-Pfalz ist das Bruttoinlandsprodukt zwischen 1991 und 2017 preisbereinigt um 32% gestiegen. Der Primärenergieverbrauch, also der Energieeinsatz vor sämtlichen Umwandlungsprozessen, nahm im gleichen Zeitraum „nur“ um 10% zu. Somit ist der Energieeinsatz nicht in gleichem Maß gestiegen wie die Wirtschaftsleistung. In Deutschland fiel das Wirtschaftswachstum zwischen 1991 und 2017 höher aus als in Rheinland-Pfalz (+44%). Anders als in Rheinland-Pfalz nahm der Energieverbrauch in diesem Zeitraum sogar ab (-7,4%). Folglich ist der Energieeinsatz für die gesamtwirtschaftliche Produktion auch deutschlandweit effizienter geworden. Mit einer Einheit Primärenergie wird heute deutlich mehr Inlandsprodukt erstellt als noch vor 25 Jahren. Die Effizienzgewinne fielen aber noch höher aus als in Rheinland-Pfalz. Seit 1991 stieg die Energieproduktivität hierzulande um 19% und in Deutschland um 55%.

Die Steigerung der Energieproduktivität ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass nicht mehr zeitgemäße Verfahren und Technologien nach und nach durch effizientere, moderne abgelöst wurden. Ein anderer wesentlicher Grund dürfte die Veränderung der Wirtschaftsstruktur gewesen sein. Der Dienstleistungsbereich, der im Vergleich zur Warenproduktion mit einem vergleichsweise

¹ Zur Energiepreisentwicklung siehe Kapitel 4.6.

geringen Energieeinsatz auskommt, hat im Betrachtungszeitraum deutlich an Bedeutung gewonnen.

Im Jahr 2017 lag die Energieproduktivität unter dem Bundeswert: Mit einer Megawattstunde Primärenergie wurden in laufenden Preisen 787 Euro Bruttoinlandsprodukt erstellt; in Deutschland waren es 871 Euro. Die geringere rheinland-pfälzische Energieproduktivität ist zum Teil auf Unterschiede in der Wirtschaftsstruktur zurückzuführen. Obwohl seit Anfang der 1990er-Jahre der Anteil des vergleichsweise energieintensiven Verarbeitenden Gewerbes an der Wertschöpfung gesunken ist, hat dieser Wirtschaftsbereich in Rheinland-Pfalz immer noch einen relativ hohen Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung. Mit 26% liegt dieser Anteil in Rheinland-Pfalz deutlich über dem Bundesdurchschnitt (23%). Hierbei ist die Chemische Industrie besonders hervorzuheben. Sie ist hierzulande der wichtigste Industriezweig.² Die Chemie trägt in Rheinland-Pfalz rund 7% zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung bei und ist mit gut einem Viertel an der Wertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes beteiligt. Bundesweit liegen diese Anteilswerte nur bei 2% bzw. 9%.

Die Chemische Industrie ist in Rheinland-Pfalz mit Abstand die größte Industrie-

branche. Sie weist bezogen auf ihren Umsatz einen vergleichsweise hohen Energieeinsatz auf (2,2 MWh je 1.000 Euro Umsatz). Dies lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass klassische Energieträger wie Mineralöle bzw. -produkte hier nicht nur zur Energieerzeugung, sondern auch für „nicht-energetische Zwecke“ als Vorprodukte zum Einsatz kommen. Die zweithöchste Energieintensität im Verarbeitenden Gewerbe wies 2017 die Glas- und Keramikindustrie auf (1,4 MWh je 1.000 Euro). Zu den energieintensiven Branchen gehören zudem unter anderem die Papier- und Pappeindustrie sowie die Metallerzeugung und -bearbeitung. Insgesamt haben die energieintensiven Branchen in Rheinland-Pfalz eine wesentlich höhere gesamtwirtschaftliche Bedeutung als bundesweit: Sie kamen 2017 innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes auf einen Umsatzanteil von 49%. In Deutschland belief sich dieser Anteil dagegen nur auf 31%.³

Nicht nur die Industrie, sondern auch die Haushalte und Kleinverbraucher tragen mit der Nutzung von Strom und ihrem Heizverhalten einen wesentlichen Teil zum rheinland-pfälzischen Energieverbrauch bei. Hinzu kommt – unabhängig von gewerblichen oder privaten Zwecken – der mobilitätsbedingte Energieverbrauch. Zu den gesell-

² Die Industrie wird hier mit dem Verarbeitenden Gewerbe (Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008, Abschnitt C) gleichgesetzt.

³ Die Abgrenzung energieintensiver Branchen erfolgt hier über den Energieverbrauch bezogen auf den Branchenumsatz.

schaftlichen Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs zählen Aspekte wie die demografische Entwicklung, aber auch die Zahl der Haushalte sowie die Wohn- und Verkehrsverhältnisse.

In Rheinland-Pfalz ist die Zahl der Einwohnerinnen und Einwohner zwischen 1991 und 2017 stärker gestiegen als in Deutschland (+7,3% gegenüber +3,4%). Die Zahl der Haushalte wuchs im Betrachtungszeitraum ebenfalls etwas stärker. Dies dürfte gesamtwirtschaftlich mit einem steigenden Bedarf an Nutzenergie, also z. B. Wärme und Licht, einhergegangen sein. Aber auch im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher wurde die Energienutzung durch den technologischen Fortschritt effizienter.

Bei den Wohnverhältnissen sind zwischen Rheinland-Pfalz und Deutschland strukturelle Unterschiede erkennbar: Die Einfamilienhausquote, d. h. der Anteil der Einfamilienhäuser an den Wohngebäuden, die mit Energie versorgt werden müssen, ist hierzulande mit 73% höher als im Bundesdurchschnitt (67%). Den Rheinland-Pfälzerinnen und Rheinland-Pfälzern stehen pro Kopf zudem durchschnittlich 6,9 Quadratmeter mehr Wohnfläche zur Verfügung als den Bundesbürgerinnen und -bürgern (2017: rund 53 gegenüber 47 Quadratmeter).

Strukturelle Unterschiede gibt es auch im Bereich Verkehr. Die Zahl der Fahrzeuge ist

in Rheinland-Pfalz deutlich höher als bundesweit. Im Jahr 2017 kamen hierzulande auf 1.000 Haushalte 1.251 Pkw. Das waren 142 Pkw mehr als in Deutschland. Dies dürfte u. a. darauf zurückzuführen sein, dass in Rheinland-Pfalz vergleichsweise viele Berufstätige zwischen Wohnort und Arbeitsort pendeln. Die Zahl der Pkw stieg in Rheinland-Pfalz in den letzten zehn Jahren um 12% (Deutschland: +11%). Die Zahl der Kraftfahrzeuge legte insgesamt um 13% zu (Deutschland: +13%).

4.2 Entwicklung der Bruttostromerzeugung und des Bruttostromverbrauchs

Bruttostromerzeugung

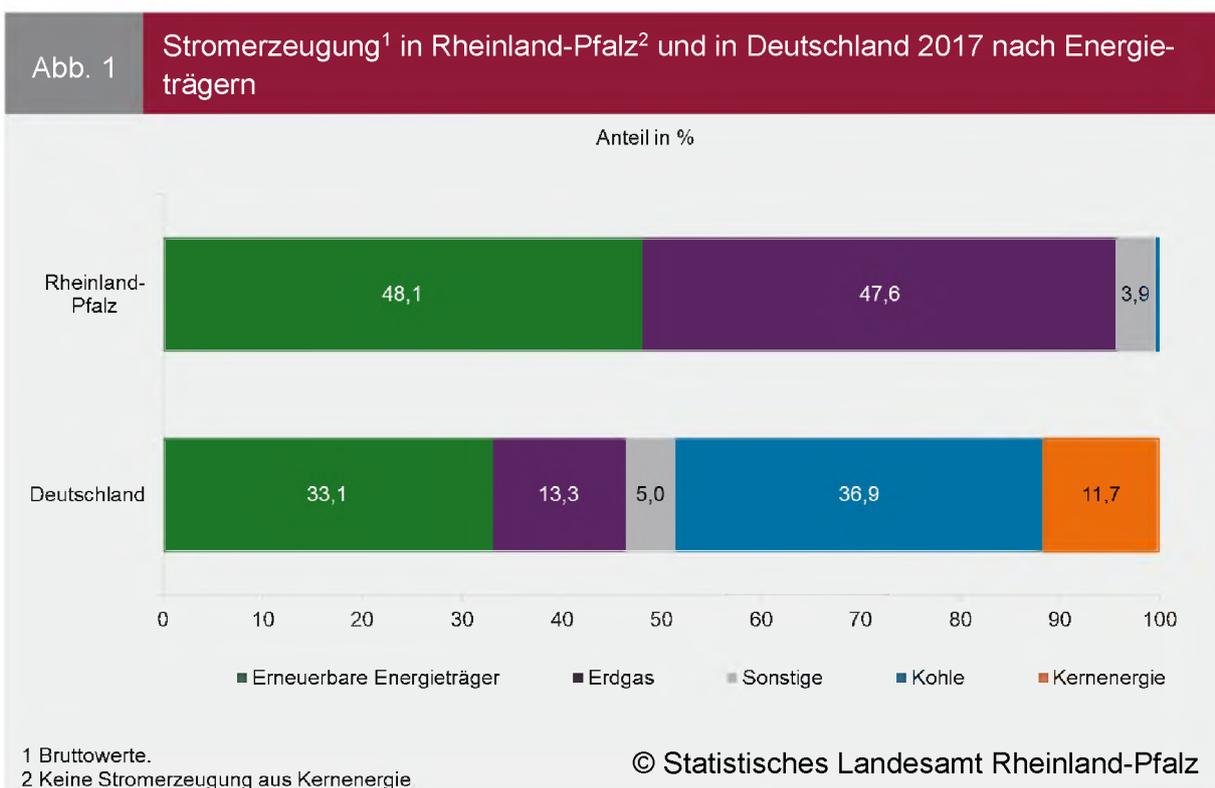
In Rheinland-Pfalz wurden 2017 insgesamt 20,7 TWh Strom erzeugt. Gegenüber 2016 bedeutet dies eine deutliche Zunahme um 5,5%. Auch langfristig nahm die Bruttostromerzeugung stark zu; sie war 2017 um 177% höher als 1990. Gegenüber 2000 beträgt der Anstieg 142%. Der Zuwachs ist maßgeblich auf die gestiegene Bedeutung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im rheinland-pfälzischen Strommix zurückzuführen. Die Bruttostromerzeugung aus fossilen Energieträgern ist hingegen in den letzten zehn Jahren in Rheinland-Pfalz auf annähernd gleichem Niveau geblieben.⁴ Die erneuerbaren Energieträger machen in Rheinland-Pfalz 48% der im Land produzierten Strommenge aus; 1990 waren es erst 12% (2000: 17%).

Der Vergleich zwischen Rheinland-Pfalz und Deutschland zeigt deutliche strukturelle Unterschiede bei der Stromproduktion: Der wichtigste Energieträger für die Bruttostromerzeugung in Rheinland-Pfalz ist Erdgas. Dieser nicht erneuerbare Energieträger hatte 2017 einen Anteil von 48% am rheinland-

pfälzischen Strommix. Im deutschen Strommix betrug der Anteil hingegen nur 13%. Im Vergleich zu den anderen konventionellen Energieträgern ist die Stromherstellung aus Erdgas mit den geringsten CO₂-Emissionen verbunden – abgesehen von der mit anderen Problemen bzw. Risiken behafteten Atomkraft.

Der Anteil der erneuerbaren Energieträger lag auf der Bundesebene mit 33% deutlich unter dem rheinland-pfälzischen Niveau. Im langfristigen Vergleich hatte die regenerative Bruttostromerzeugung in Rheinland-Pfalz durchweg einen höheren Anteilswert als in Deutschland. Seit 1990 ist der Unterschied von 8,1 Prozentpunkte auf 15 Prozentpunkte gewachsen.

⁴ Fossile bzw. konventionelle Energieträger sind im Gegensatz zu erneuerbaren bzw. regenerativen Energien nur begrenzt verfügbar. Sie können weitgehend klima- und wetterunabhängig für die Stromproduktion genutzt werden und damit Produktionsschwankungen von erneuerbaren Energien ausgleichen.



Die rheinland-pfälzische Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist 2017 kräftig gewachsen. Gegenüber 2016 nahm die Erzeugung um 12% auf 9,9 TWh zu. Die Windkraft konnte als stärkster erneuerbarer Energieträger hierbei einen besonders hohen Zuwachs von 23% ausweisen. Der Anteil der Windkraft am rheinland-pfälzischen Strommix lag damit bei 29%, was einer Erzeugungsmenge von 5,9 TWh entspricht. Der Anstieg des Windkraftanteils war auf ein windstarkes Jahr 2017 sowie den starken Ausbau der installierten Leistung zurückzuführen. An zweiter Stelle folgt die Fotovoltaik mit einer Bruttostromerzeugung von 1,9 TWh (+7,7% gegenüber 2016). Aus Biomasse wurden 2017 insgesamt 1,2 TWh gewonnen (+0,2%). Wasserkraftanlagen erzeugten 0,8 TWh elektrische Energie. Ge-

genüber 2016 war der Wert deutlich rückläufig (-22%). Dies dürfte auf Niedrigwasserphasen zurückzuführen sein.

Energieträgerspezifische Daten für die erneuerbaren Energien liegen seit 2005 vor. Seitdem lag der Zuwachs bei 322%. Die Wachstumsdynamik ging vor allem von den Energieträgern Windkraft und Fotovoltaik aus.

Die Bruttostromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)⁵ hat 2017 mit 8,8 TWh leicht zugenommen (+0,3%). Der Anteil des Stroms aus KWK-Anlagen an der rheinland-pfälzischen Stromerzeugung ist langfristig rückläufig und betrug 42% (2016: 45%). Der

⁵ Hier werden ausschließlich Anlagen mit einer Brutto-Engpassleistung elektrisch von 1 MW und mehr berücksichtigt.

Abb. 2 Stromerzeugung¹ aus erneuerbaren Energieträgern 2005 – 2017

Anteil ist immer noch deutlicher höher als im Bund (14%).

Bruttostromverbrauch

Der Bruttostromverbrauch belief sich 2017 auf 29,1 TWh und war damit 1,7% höher als im Jahr zuvor. Im Vergleich zu 1990 stieg der Verbrauch um 6,7%. In den letzten zehn Jahren veränderte sich der Bruttostromverbrauch kaum. Er bewegte sich um einen Wert von 29 TWh. Die Verbrauchsschwankungen lassen sich zum Teil auf konjunkturelle Schwankungen zurückführen. Besonders deutlich wurde dies im Jahr der Wirtschaftskrise 2009; in dem Jahr war die niedrigste Verbrauchsmenge der letzten 15 Jahre zu verzeichnen. Der rheinland-pfälzische

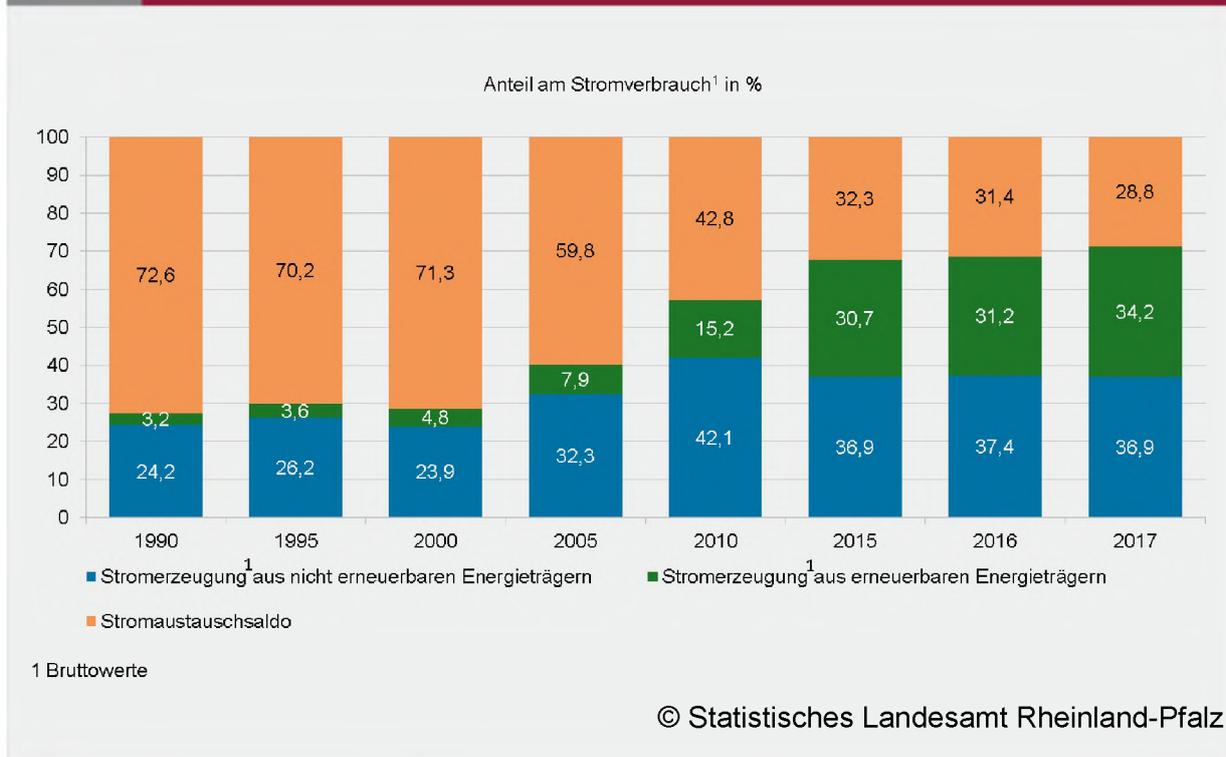
Bruttostromverbrauch wird zum einen durch die Erzeugung von Strom im Land sowie zum anderen durch Stromimporte aus anderen Bundesländern oder aus dem Ausland gedeckt. Dennoch wird der in Rheinland-Pfalz erzeugte Strom auch exportiert. Von dem Stromaußenhandel ist allerdings nur der Saldo bekannt. Dieser Stromaustauschsaldo weist in Rheinland-Pfalz einen Importüberschuss auf.

Durch den Zuwachs der heimischen Stromproduktion bei langfristig stagnierendem Bruttostromverbrauch nahm der Importüberschuss ab. Damit ist Rheinland-Pfalz in den letzten Jahren unabhängiger von Stromimporten geworden.

Der Stromaustauschsaldo (Nettostromimport) sank 2017 auf 8,4 TWh, den niedrigsten Wert im gesamten Betrachtungszeitraum. Im Vergleich zum Vorjahr sank er um 6,5%. Seit 2000 hat sich der Stromaustauschsaldo um 60% verringert. Entsprechend hat sich seitdem auch das Verhältnis zwischen heimischer Erzeugung und Nettoimporten deutlich verschoben. Während vor zehn Jahren noch rund die Hälfte des rheinland-pfälzischen Bruttostromverbrauchs durch Nettoimporte gedeckt wurde, hat sich seitdem der Anteil der Eigenerzeugung deutlich erhöht. Der Anteil der Stromerzeugung am Bruttostromverbrauch stieg hierzulande 2017 auf den Rekordwert von 71%. Der Anteil der Nettoimporte belief sich auf nur noch 29%.

Die heimische Bruttostromerzeugung aus regenerativen Energiequellen trug mit einem Anteil von 34% zur Deckung des Bruttostromverbrauchs bei. Dies entspricht einem Plus von 3 Prozentpunkten gegenüber dem Vorjahr. In welchem Umfang der nach Rheinland-Pfalz importierte Strom aus erneuerbaren oder nicht erneuerbaren Quellen gewonnen wurde, lässt sich nicht ermitteln. Der tatsächliche Strommix, der dem rheinland-pfälzischen Endenergieverbrauch zugrunde liegt, ist daher nicht bestimmbar. Da außerhalb von Rheinland-Pfalz Energieträger wie Kohle und Kernenergie immer noch eine Rolle spielen, dürfte sich dies auch im heimischen Verbrauch widerspiegeln.

Abb. 3 Stromverbrauch¹ nach Erzeugungsstruktur 1990 – 2017



4.3 Entwicklung der Wärme- und Kälteerzeugung und des Wärme- und Kälteverbrauchs

Bei der Energienutzung lassen sich drei Anwendungsbereiche unterscheiden, und zwar die Bereiche Wärme (bzw. Kälte)⁶, Strom und Verkehr. Spätestens mit der Einführung des Vorrangprinzips bei der Netzeinspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien im Jahr 2000 steht der Anwendungsbereich Strom im Fokus der Energie- und Umweltpolitik in Deutschland.⁷ Dagegen sind die Bereiche Wärme und Verkehr etwas jüngere Handlungsfelder der Politik. Im Bereich der Wärme bilden seit 2009 das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz und die Erneuerbare-Energien-Richtlinie den gesetzlichen Rahmen.⁸ In Rheinland-Pfalz hat die Landesregierung mit dem Koalitionsvertrag vom 17. Mai 2016 den Wärmesektor in den Fokus gerückt. Sie strebt durch den stärkeren Einsatz von erneuerbaren Energien und durch die Steigerung der Energieeffizienz bis 2050 einen klimaneutralen Gebäudebestand an.

⁶ Der Energieverbrauch im Wärme- und Kältebereich beinhaltet Verbräuche für Raumwärme, Warmwasser, sonstige Prozesswärme, Klimakälte sowie sonstige Prozesskälte.

⁷ Das Vorrangprinzip wurde 2000 mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) eingeführt, welches das Stromeinspeisungsgesetz von 1991 ablöste.

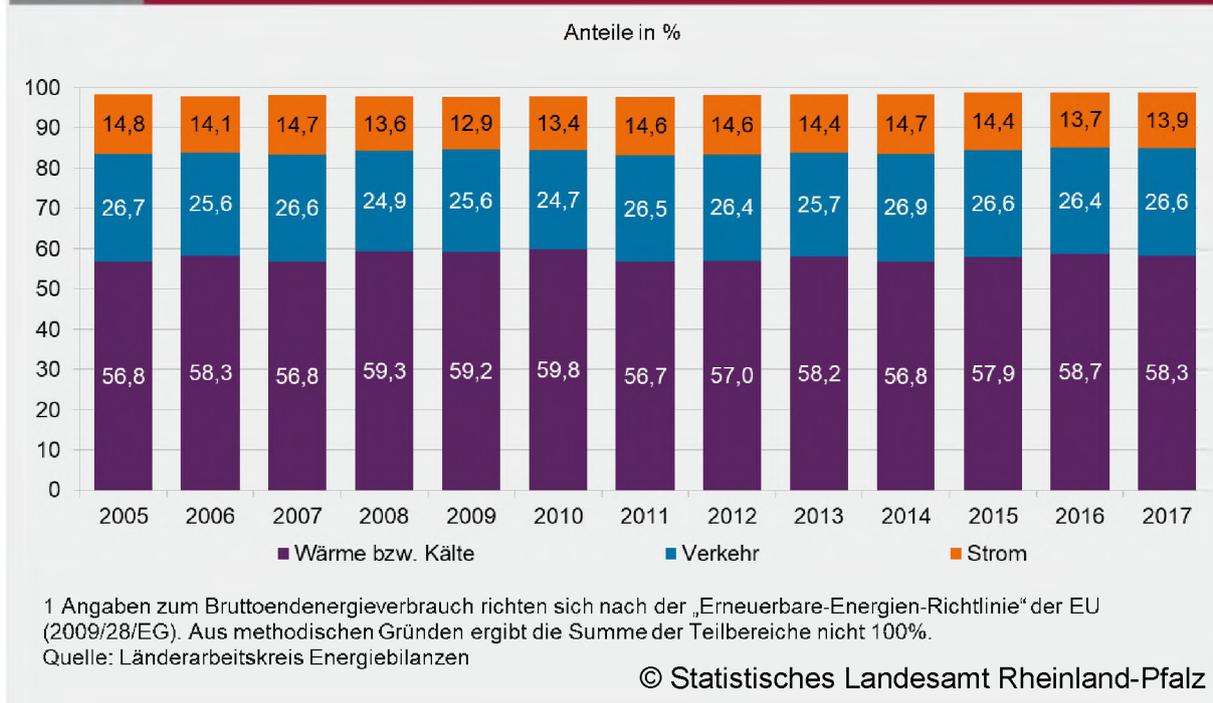
⁸ Im Jahr 2018 ist eine Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie in Kraft getreten (RED II bzw. Richtlinie (EU) 2018/2001).

Die wichtigsten Energieträger zur Erzeugung von Wärme sind derzeit allerdings noch fossile Energieträger, insbesondere Erdgas und Mineralöle. Der Energieverbrauch in Rheinland-Pfalz wurde 2017 zu zwei Dritteln mit diesen beiden Energieträgern gedeckt (Mineralöle: 37%, Erdgas: 30%). Bundesweit belief sich der Anteil auf 61% (Mineralöle: 38%, Erdgas: 23%).⁹ Erdgas wird hauptsächlich zur Wärmeherzeugung, aber auch zur Stromerzeugung genutzt. Energieträger auf Mineralölbasis sind neben der Verwendung im Wärmebereich insbesondere für den Verkehr in Form von Kraftstoffen nach wie vor von großer Bedeutung.

Die Energiebilanz weist den Energieverbrauch zum einen nach Energieträgern und zum anderen nach Verbrauchergruppen aus.¹⁰ Eine Unterscheidung nach Anwendungsbereichen ist nicht möglich. Für den Anwendungsbereich Wärme ist nur der Teil des Endenergieverbrauchs, der über Fernwärme gedeckt wird, direkt aus der Energiebilanz ersichtlich (2017 in Rheinland-Pfalz: 2,4%, in Deutschland: 4,5%). Die letzte

⁹ Diese Werte beziehen sich auf den Endenergieverbrauch.

¹⁰ Zum Energieverbrauch nach Verbrauchergruppen bzw. -sektoren siehe Kapitel 4.5.

Abb. 4 Bruttoendenergieverbrauch¹ 2005 – 2017 nach Anwendungsbereichen

Stufe der Energieverwendung, die Umwandlung der Energieträger in sogenannte „anwendungszweckbezogene Nutzenergien“ wie Raumwärme/-kälte, mechanische Energie, Licht etc. kann derzeit nicht auf Basis der Energiebilanz nachgewiesen werden. Es gibt jedoch auf Bundesebene zu diesem Thema weiterführende Analysen, deren Ergebnisse auch Rückschlüsse für die Bundesländer zulassen. Somit liegen auch für die Länderebene Informationen über die Energienutzung in den drei Anwendungsbereichen Wärme bzw. Kälte, Strom und Verkehr vor.

Die Ergebnisse zur Nutzenergie in den drei Anwendungsbereichen sind Teil der Berechnungen zum sogenannten Bruttoend-

energieverbrauch. Diese Kennzahl ist die Bezugsgröße bei der Quantifizierung der Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU nach der Erneuerbare-Energien-Richtlinie. Für Deutschland wurde ein Ausbauziel in Höhe von 18% erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis 2020 festgelegt. EU-weit gilt ein Zielwert von 32% bis 2030. Der Bruttoendenergieverbrauch ist (außerhalb der Energiebilanzen) eine spezielle Bezugsgröße für den Anteil erneuerbarer Energien. Er unterscheidet sich vom Endenergieverbrauch, der in der Energiebilanz nachgewiesen wird, durch die Einbeziehung von Verteilungs- und Übertragungsverlusten sowie dem in der Energiewirtschaft anfallenden Eigenverbrauch. Daten zum Bruttoendenergiever-

brauch stehen für die Berichtsjahre 2005 bis 2017 zur Verfügung.¹¹

Der Bereich Wärme bzw. Kälte besitzt von den drei Anwendungsbereichen die größte Bedeutung für den Bruttoendenergieverbrauch. Im Jahr 2017 wurden in diesem Bereich in Rheinland-Pfalz 77,8 TWh Energie eingesetzt. Dies entspricht einem Anteil am gesamten Bruttoendenergieverbrauch von 58%. An zweiter Stelle folgt der Verkehrssektor mit einem Energieverbrauch von 35,5 TWh bzw. einem Anteil von 27%. Der Bereich Strom steht an dritter Stelle: In Form von Elektrizität wurden 18,5 TWh bzw. 14% der Bruttoenergie verwendet.¹² Seit 2005 gibt es hinsichtlich dieser Anwendungsbereiche keine nennenswerte strukturelle Veränderung bei der Energienutzung.¹³

Erneuerbare Energieträger haben 2017 etwa 11% zur Deckung des Bruttoendenergie-

verbrauchs im Bereich Wärme bzw. Kälte beigetragen. Im Jahr 2005 betrug der Anteil der erneuerbaren Energieträger zur Deckung des Bruttoendenergieverbrauchs im Bereich Wärme bzw. Kälte erst 2,8%. Dies entspricht einer Zunahme von 2,1 TWh auf 8,3 TWh. Der Einsatz der erneuerbaren Energieträger zur Deckung des Bruttoendenergieverbrauchs in diesem Sektor war somit mehr als vier Mal so hoch wie noch in 2005. Die Steigerung fand dabei vor allem in der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums statt. Seit 2011 schwankt der Wert zwischen 10 und 11%.

In Deutschland lag der Anteil der erneuerbaren Energien 2017 im Bereich Wärme bzw. Kälte bei 13% – das sind 2,8 Prozentpunkte mehr als in Rheinland-Pfalz.

Trotz des steigenden Anteils der erneuerbaren Energien dominieren somit im Wärmesektor sowohl in Rheinland-Pfalz als auch in Deutschland bislang die fossilen Energieträger (Anteile 2017: 89% bzw. 87%). Werden alle drei Anwendungsbereiche bzw. -sektoren (Wärme bzw. Kälte, Strom und Verkehr) zusammen betrachtet, ergibt sich der Anteil, den die erneuerbaren Energien zur Deckung des gesamten Bruttoendenergieverbrauchs beitragen. Dieser Anteil lag 2017 hierzulande bei 15%; bundesweit wurden ebenfalls 15% erreicht. Bis zum nationalen Zielwert von 18%, der nach der Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2020 erreicht sein soll, fehlen deutschlandweit noch 2,5 Prozentpunkte.

¹¹ Diese Ergebnisse, die gemäß der EU-Definition für den BrEEV berechnet wurden, unterscheiden sich etwas von den Werten, die in diesem Bericht an anderer Stelle angegeben sind, da letztere sich auf den EEV entsprechend der Energiebilanz beziehen. Der Unterschied zwischen dem BrEEV nach der EU-Abgrenzung und dem EEV aus der Energiebilanz belief sich 2017 auf 1,5 TWh.

¹² An anderer Stelle in diesem Bericht werden Stromverbrauchswerte von knapp 30 TWh ausgewiesen. Der Grund für die unterschiedliche Größenordnung ist, dass ein Teil der Verbrauchsmenge an Strom in Wärme bzw. Kälte umgewandelt wird.

¹³ Es ist anzumerken, dass die Summe des BrEEVs in den drei Anwendungsbereichen aus methodischen Gründen nicht exakt dem über einen anderen Berechnungsweg ermittelten gesamten BrEEV entspricht; für 2017 ergibt sich eine Differenz von 1,5 TWh.

4.4 Entwicklung des Energieverbrauchs im Bereich der Mobilität

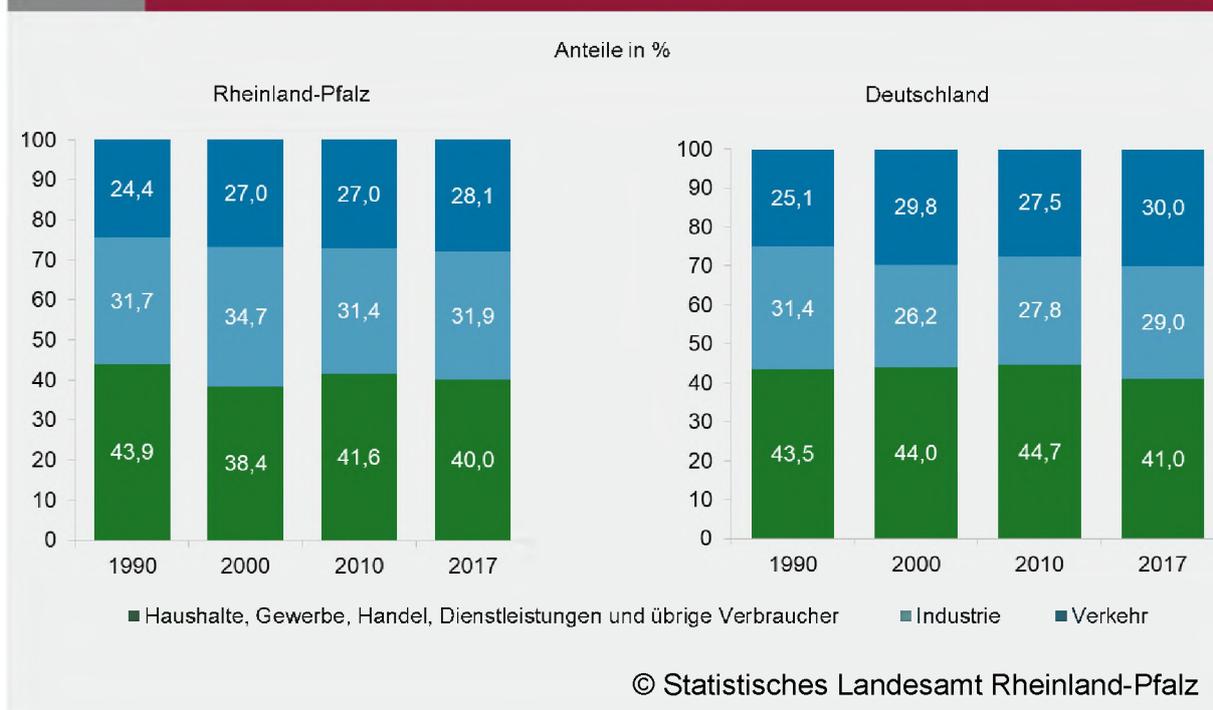
Mit der Erneuerbare-Energien-Richtlinie von 2009 wurde in der EU das Ziel festgelegt, den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch im Verkehrssektor bis 2020 auf mindestens 10% zu erhöhen.¹⁴ In Rheinland-Pfalz schwankt dieser Anteil seit 2008 um 5%. Im Jahr 2017 waren es 4,6%; gesteigert werden konnte er nicht. Auch in Deutschland gab es seitdem leichte Schwankungen, aber keinen Aufwärtstrend. Bundesweit war der Anteil erneuerbarer Energien am Brutto-

endenergieverbrauch mit 7% allerdings höher als hierzulande. Dies dürfte u. a. auf die strukturellen Unterschiede wie die höhere Bedeutung des Berufspendlerverkehrs in Rheinland-Pfalz zurückzuführen sein.

Der Verkehrssektor bildet neben dem Industriesektor und dem Bereich „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher“ eine der drei Verbrauchergruppen, die in der Energiebilanz un-

Abb. 5

Endenergieverbrauch in Rheinland-Pfalz und Deutschland 1990, 2000, 2010 und 2017 nach Verbrauchergruppen



¹⁴ Im Dezember 2018 ist eine Neufassung der Richtlinie in Kraft getreten. Demnach gilt für 2030 unter verschiedenen Einschränkungen ein Zielwert von 14%.

terschieden werden. Im Jahr 2017 belief sich der Anteil des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor am gesamten Endenergieverbrauch auf 28%. Dieser Anteil ist seit gut zehn Jahren – von leichten Schwankungen abgesehen – unverändert geblieben. Bundesweit entfielen 2017 nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB) rund 30% des Endenergieverbrauchs auf den Verkehrssektor. Auch in Deutschland hat sich dieser Anteil ähnlich wie in Rheinland-Pfalz in den letzten zehn Jahren kaum verändert. Im Vergleich zu 1990 nahm der Anteil des Verkehrssektors am Energieverbrauch in Rheinland-Pfalz um 3,7 Prozentpunkte zu, bundesweit um 4,9 Prozentpunkte.

Im gesamten Verkehrssektor in Rheinland-Pfalz belief sich der Endenergieverbrauch 2017 auf 37 TWh. Dies ist der höchste Wert seit 2008. Gegenüber 2016 stieg der Endverbrauch um 1,5%. Die Entwicklung des mobilitätsbedingten Energieverbrauchs wird durch den Straßenverkehr bestimmt. Dieser machte 2017 rund 94% des gesamten verkehrsbedingten Endenergieverbrauchs aus. Dies entspricht 34,9 TWh (+1,3% gegenüber 2016). In den letzten zehn Jahren hat sich der Energieverbrauch im Straßenverkehr - abgesehen von leichten jährlichen Schwankungen - kaum verändert. Die Kraftfahrer reagierten dabei kaum auf

Preisänderungen, weil die Nachfrage nach Kraftstoffen relativ unelastisch ist. Eine Steigerung des Benzin- bzw. Dieselpreises führt also nicht direkt zu einem Rückgang an getankten Kraftstoffen, es sei denn die Preissteigerung fällt außergewöhnlich hoch aus.¹⁵ Dies war beispielsweise 2012 der Fall: In diesem Jahr erreichten die Kraftstoffpreise in Rheinland-Pfalz einen Höchststand, der 22% über dem Niveau von 2017 lag. Dies zog einen Rückgang des Energieverbrauchs im Straßenverkehr von 1,6% nach sich.

Die Unterscheidung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Kraftstoffen und weiteren Energieträgern zeigt, dass Dieselmotoren der meistgenutzte Energieträger ist. In den 90er-Jahren wurde in Rheinland-Pfalz noch mehr als die Hälfte des Energiebedarfs mit Ottokraftstoffen gedeckt. Im Jahr 2017 trägt Dieselmotoren 56% zur Deckung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor bei. Dieser Anteil nimmt seit zehn Jahren kontinuierlich zu. Die getankte Menge an Dieselmotoren (ohne den biogenen Anteil) hatte 2017 einen Energiegehalt von umgerechnet 20,8 TWh (davon für den Straßenverkehr 20,4 TWh). Dies entspricht einer Zunahme von 2,1% gegenüber dem Jahr zuvor und ist der höchste Wert seit 1990.

¹⁵ Zur Energiepreisentwicklung siehe auch Kapitel 4.6.

Seit 2008 sind die verbrauchten Dieselmotorkraftstoffmengen durchgehend gestiegen. Durch den Skandal um die Höhe der umweltschädlichen Abgaswerte von Dieselfahrzeugen in der jüngeren Vergangenheit gerieten Dieselmotoren zunehmend in die Kritik. Effekte auf die Nachfrage nach Dieselmotoren blieben jedoch bisher aus. Allerdings ging die Zahl der Neuzulassungen von Diesel-Pkw 2017 um 16% zurück (Deutschland: -13%). Die Neuzulassung von Benzinern nahm dagegen um 9,6% zu (Deutschland: +14%).

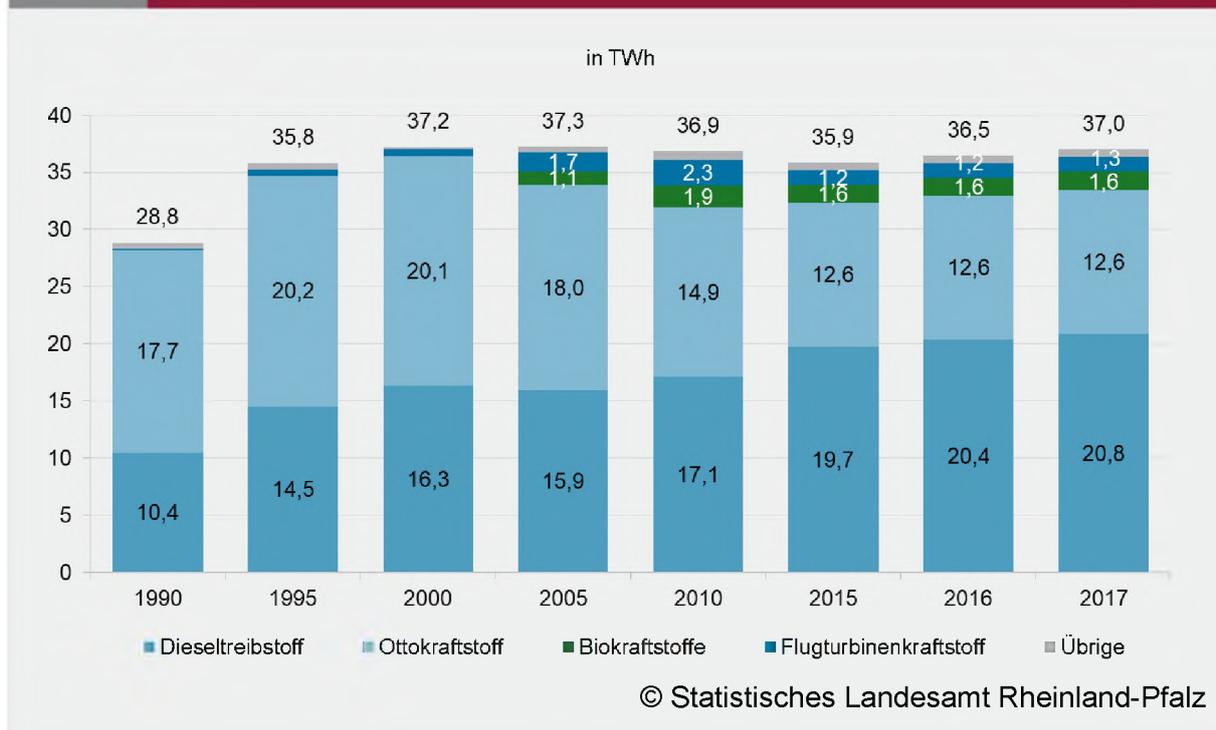
Der Kraftstoffverbrauch hängt unter anderem von der zurückgelegten Fahrleistung ab. Nach Angaben der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL)¹⁶ sind die Fahrleistungen der in Rheinland-Pfalz zugelassenen Kraftfahrzeuge in den letzten Jahren durchgehend gestiegen. Daten sind für den Zeitraum 2008 bis 2016 verfügbar. In diesem Zeitraum belief sich die Zunahme der jährlichen Gesamtfahrleistung auf 11%; der Lastkraftwagenverkehr wies mit 18% eine überdurchschnittliche Zunahme auf. Im gleichen Zeitraum stieg der Energieverbrauch im Straßenverkehr um 1,5%. Der Verbrauch ist also nicht in dem gleichen Maß gestiegen wie die Fahrleistung. In dieser Entwicklung spiegelt sich der tech-

nologische Fortschritt wider: Effizientere Motoren führten in den letzten Jahren zu einem geringeren durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch je zurückgelegtem Fahrzeugkilometer. Die technisch bedingten Verbrauchseinsparungen wurden aber durch die zunehmende Fahrleistung überkompensiert. Nach Angaben des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur lag der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch von Pkw und Kombis 2016 bundesweit bei 7,2 Litern pro 100 km. Der Durchschnittsverbrauch war im Vergleich zu 2008 rückläufig (-0,3 Liter). Im Jahr 2000 war er mit 8,3 Litern pro 100 km noch deutlich höher. Eine Zunahme ist erstmalig für 2017 zu beobachten (+0,2 Liter nach vorläufigen Berechnungen). Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass wieder mehr verbrauchsintensive Fahrzeuge gekauft wurden.

Daten zur Fahrleistung in Rheinland-Pfalz differenziert nach diesel- und benzinbetriebenen Fahrzeugen liegen in der amtlichen Statistik nicht vor. Allerdings weisen Dieselfahrzeuge im Jahresdurchschnitt üblicherweise eine höhere Fahrleistung auf als Fahrzeuge mit Benzinmotor. Zudem sind Lastkraftwagen in der Regel mit Dieselmotoren ausgestattet (am 1. Juli 2019: 95%). Dies erklärt, weshalb in Rheinland-Pfalz mehr Diesel- als Ottokraftstoff getankt wird, obwohl Benziner derzeit rund 60% des Kfz-Bestands

¹⁶ Die Ergebnisse der UGRdL sind online abrufbar unter: <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl>.

Abb. 6 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor 1990 – 2017 nach Energieträgern



ausmachen (am 1. Juli 2019: 62%). Benzin trug 2017 „nur“ 34% bzw. 12,6 TWh zur Deckung des gesamten verkehrsbedingten Endenergieverbrauchs bei. Im Jahr 1990 waren es dagegen noch 61% bzw. 17,7 TWh. Der Benzinanteil speziell im Straßenverkehr belief sich 2017 auf 36%; der Anteil von Dieseltreibstoffen lag bei 59%.

Die Menge an getankten Biokraftstoffen lag 2017 im Vergleich zum Jahr zuvor unverändert bei 1,6 TWh. Biokraftstoffe spielen seit Mitte der 2000er-Jahre eine nennenswerte Rolle für die Mobilität in Rheinland-Pfalz. Der Anteil der Biokraftstoffe zur Deckung des Endenergieverbrauchs im

Verkehrssektor belief sich 2017 auf 4,4% (2016 ebenfalls 4,4%).

Der Stromverbrauch durch den Schienenverkehr machte 1,2% des gesamten mobilitätsbedingten Endenergieverbrauchs aus. Die Elektromobilität im Straßenverkehr kam 2017 auf keinen nennenswerten Anteil (0,02%). Der Stromverbrauch von reinen Elektroautos und Plug-In-Hybridfahrzeugen im Straßenverkehr wird seit dem Bilanzjahr 2016 in der Energiebilanz erfasst. Am 1. Juli 2019 waren in ganz Rheinland-Pfalz erst 5.860 Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb und 3.533 Plug-In-Hybride zugelassen. Dies entspricht zusammen einem Anteil von 0,3% am gesamten Kfz-Bestand von 3,1 Millio-

nen (Deutschland: 222.986 Fahrzeuge bzw. 0,4% von 58,1 Millionen).

Weitere Kraftstoffe wie Erdgas und Flüssiggas besitzen nur eine sehr geringe Bedeutung für die Deckung des Energiebedarfs für Mobilitätszwecke (2017: 0,6%). Der Straßenverkehr ist derzeit noch immer nahezu vollständig von den Kraftstoffen auf Erdölbasis abhängig: Von den 34,9 TWh Energie, die 2017 im Straßenverkehr verbraucht wurden, stammten 95% aus der Verbrennung von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen.

Für den Luftverkehr ist Flugturbinenkraftstoff mit einem Anteil von 99% der bedeutendste Energieträger. Ottokraftstoffe, die in den motorbetriebenen Kleinflugzeugen eingesetzt werden, sind demgegenüber vernachlässigbar. Der Energieverbrauch des Luftverkehrs belief sich 2017 umgerechnet auf 1,3 TWh. Dies war zwar etwas mehr als im Jahr zuvor (1,2 TWh), aber in den letzten zehn Jahren war der Treibstoffbedarf des Luftverkehrs in Rheinland-Pfalz rückläufig. Der höchste Energieverbrauch im Betrachtungszeitraum wurde 2007 verzeichnet. Seitdem ist der Treibstoffverbrauch um 46% gesunken. Dies ist auf ein geringeres Beförderungsaufkommen des Flughafens Hahn zurückzuführen. Der Anteil des luftverkehrsbedingten Energieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nahm

dadurch langfristig ab und lag 2017 nur noch bei 3,6% (2016: 3,4%). Dies waren rund 3 Prozentpunkte weniger als 2007.

Der Energieverbrauch durch den Schienenverkehr und die Binnenschifffahrt ist für den Verkehrssektor nur von nachrangiger Bedeutung. Diese beiden Verkehrsträger kamen 2017 gemeinsam auf einen Anteil von 2,3% am mobilitätsbedingten Endenergieverbrauch (ebenfalls 2016: 2,3%). Dieser Anteil ist seit gut 15 Jahren nahezu unverändert.

Im Schienenverkehr überwiegt aufgrund des hohen Elektrifizierungsgrades des Streckennetzes der Verbrauch von Strom. Im Jahr 2017 wurden 0,43 TWh Fahrstrom eingesetzt. Der Verbrauch von Energie aus Dieselmotorkraftstoff war mit 0,22 TWh deutlich geringer.

Die Binnenschifffahrt hat hierzulande im Vergleich zu den anderen Verkehrsarten die geringste Bedeutung. Im Jahr 2017 kamen in der Binnenschifffahrt 0,18 TWh Dieselmotorkraftstoff (z. T. mit biogenen Beimischungen) zum Einsatz.

4.5 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren

Der Endenergieverbrauch in Rheinland-Pfalz belief sich 2017 auf 132 TWh. Er umfasst die Energiemenge, die von den Endverbrauchern z. B. in Form von Heizöl, Strom und Benzin eingesetzt wurde. Gegenüber dem Jahr zuvor gab es einen leichten Zuwachs von 0,5% (2016: +2,6%). Üblicherweise unterliegt der Endenergieverbrauch etwas kräftigeren Schwankungen. In den letzten zehn Jahren lag die Spannweite der jährlichen Änderungsraten zwischen –6,5% und +4,8%.

Wird der Endenergieverbrauch um Temperatureinflüsse bereinigt, ergibt sich für 2017 ein um 2,4 TWh (1,8%) höherer Verbrauchswert (134,4 TWh). Dies ist auf eine eher milde Witterung zurückzuführen, wie sie mittlerweile das vierte Jahr in Folge zu beobachten war. Temperaturbereinigt stieg der Verbrauch 2017 um 1,2% (2016: +2%).

Im Jahr 2017 wuchs die Wirtschaft nur schwach (preisbereinigt +0,9%). Wirtschaftswachstum ist in der Regel mit einem steigenden Ressourceneinsatz verbunden. Im rheinland-pfälzischen Energieverbrauch spiegelte sich die konjunkturelle Entwicklung nur bedingt wider, da die steigende Energieeffizienz moderner Techno-

logien den Energiebedarf in den letzten Jahren reduziert hat. Dies war 2017 insbesondere im Industriesektor zu beobachten, der trotz Wachstum weniger Energie verbrauchte als im Jahr zuvor (–1%). Allerdings wurden mehr Mineralöle bzw. Mineralölprodukte nicht-energetisch als Rohstoffe in der Chemischen Industrie eingesetzt (+5,5%).¹⁷

Der Endenergieverbrauch kann nach drei Verbrauchergruppen (Sektoren) aufgliedert werden. Neben der Industrie werden die Bereiche Verkehr sowie Haushalte und Kleinverbraucher unterschieden. Den größten Verbrauch hatte 2017 der Sektor Haushalte und Kleinverbraucher, auch Haushalte/GHD (GHD: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) genannt. Dieser Sektor umfasst Privathaushalte, kleingewerbliche Betriebe, den öffentlichen und privaten Dienstleistungsbereich, den Groß- und Einzelhandel, die Landwirtschaft und das Militär. In der Summe kam dieser Sektor auf einen Energieverbrauch von 52,8 TWh. Der Sektor hatte 2017 einen Anteil von 40% am gesamten Endenergieverbrauch. An zweiter Stelle folgte die Industrie mit einer Verbrauchsmenge von

¹⁷ Dieser Teil des Energieverbrauchs wird in der Energiebilanz nicht dem Endverbrauch der Sektoren zugeordnet.

42,1 TWh und einem Anteil von 32% am Gesamtverbrauch. Der Verkehrssektor lag mit 37 TWh bzw. einem Anteil von 28% an dritter Stelle.

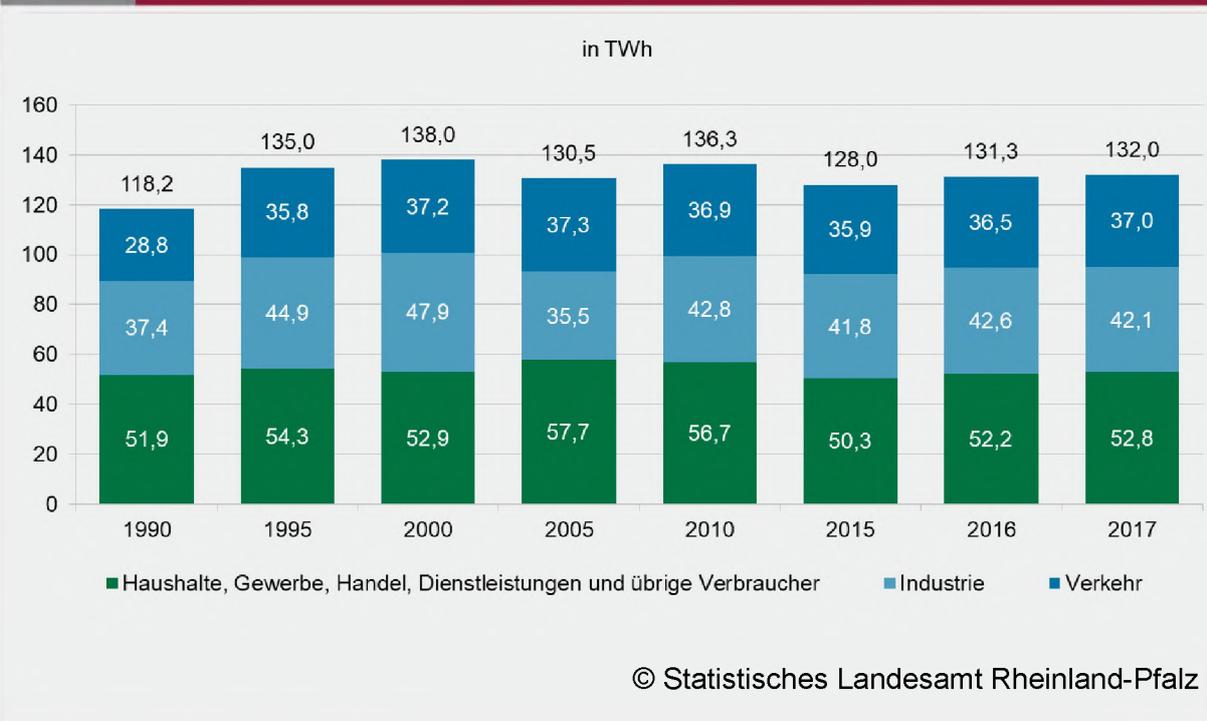
Wie in Rheinland-Pfalz verbraucht der Sektor Haushalte und Kleinverbraucher auch bundesweit die meiste Energie (2017: 41%). Dagegen ist der Anteil des Industriesektors am Energieverbrauch hierzulande deutlich höher als bundesweit. In Deutschland lag der Verbrauchsanteil der Industrie 2017 bei 29%; dies sind 3 Prozentpunkte weniger als in Rheinland-Pfalz. Ursache hierfür ist die Chemische Industrie, die für die rheinland-pfälzische Wertschöpfung eine sehr große Bedeutung hat. Sie gehört zu den besonders

energieintensiven Wirtschaftszweigen. Der Verkehrssektor hatte bundesweit einen Anteil von 30% am Endenergieverbrauch; dies waren 2 Prozentpunkte mehr als in Rheinland-Pfalz.

Der rheinland-pfälzische Anteil am gesamten deutschen Endenergieverbrauch belief sich 2017 auf 5,2%. Im Sektor Industrie war der Anteil von Rheinland-Pfalz mit 5,7% am höchsten; die anderen beiden Sektoren (Haushalte/GHD und Verkehr) lagen bei 5% bzw. 4,8%.

Der gesamte Endenergieverbrauch ist in Rheinland-Pfalz zwischen 2000 und 2017 um 4,4% gesunken. Er liegt jedoch 12% über dem Wert des Jahres 1990. Dabei

Abb. 7 Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Sektoren



hat der Verbrauch im Verkehrssektor mit einem Plus von 28% im Vergleich zu 1990 besonders stark zugenommen. Seit 2000 ist der Verbrauch aber – abgesehen von jährlichen Schwankungen – nahezu stabil geblieben (–0,5%). Der Verbrauch in der Industrie ist im Vergleich zu 1990 um 13% gestiegen. Dies ist insbesondere auf Verbrauchssteigerungen in den 1990er-Jahren zurückzuführen. Danach konnte der Energieeinsatz im Industriesektor zum Teil wieder reduziert werden; gegenüber 2000 ist ein Minus von 12% zu verzeichnen. Der Energieverbrauch der Haushalte und Kleinverbraucher liegt heute auf einem ähnlichen Niveau wie 1990 (+1,7%); im Vergleich zu 2000 gab es keine nennenswerte Veränderung (–0,3%).

Bei der Deckung des Endenergieverbrauchs kommt den fossilen Energieträgern die größte Bedeutung zu. Zwei Drittel des Verbrauchs werden in Rheinland-Pfalz über die fossilen Energieträger Mineralöle bzw. Mineralölprodukte und Erdgas gedeckt. Mineralöle bzw. Mineralölprodukte kamen 2017 mit 37% (48,4 TWh) auf den höchsten Anteil. Der Anteil der Mineralöle und Mineralölprodukte ist aber seit 1990 rückläufig (1990: 48%). Der Verbrauch von Erdgas belief sich 2017 auf 39,5 TWh. Dies entspricht einem Anteil an der Deckung des Energieverbrauchs von 30%. Dieser Anteil hat langfristig zugenommen (1990: 23%).

Strom machte 2017 mit 28 TWh gut ein Fünftel des Endenergieverbrauchs aus. Damit liegt der Anteilswert in etwa auf dem gleichen Niveau wie zu Beginn des Betrachtungszeitraums. Erneuerbare Energieträger deckten 6,8% (1990: 0,4%) des Energieverbrauchs. Dabei ist zu beachten, dass hier nur die direkte Nutzung von Energie aus regenerativen Energiequellen berücksichtigt wird, z. B. Bioenergie in der Wärmeerzeugung. Erneuerbare Energien, die indirekt z. B. in Form von Strom für die Deckung des Energieverbrauchs zum Einsatz kommen, werden bei dieser Betrachtung nicht separat ausgewiesen, sondern gehen in den Bereich Strom ein.

Bundesweit ist der Energieträgermix ähnlich: Der Endenergieverbrauch wird größtenteils mit Mineralölen und Mineralölprodukten gedeckt (2017: 38%). An zweiter Stelle folgt Erdgas (2017: 23%), wobei der Anteil bundesweit geringer ist als in Rheinland-Pfalz (Differenz 2017: 6,6 Prozentpunkte). Dafür kommt dem Einsatz von Kohle bundesweit eine höhere Bedeutung zu als hierzulande. Der Kohleanteil belief sich in Rheinland-Pfalz nur auf 0,7%, in Deutschland aber auf 4,9%. Erneuerbare Energieträger hatten bundesweit einen ähnlichen Stellenwert wie in Rheinland-Pfalz (Anteil in Deutschland: 7,2%; Differenz: 0,4 Prozentpunkte).

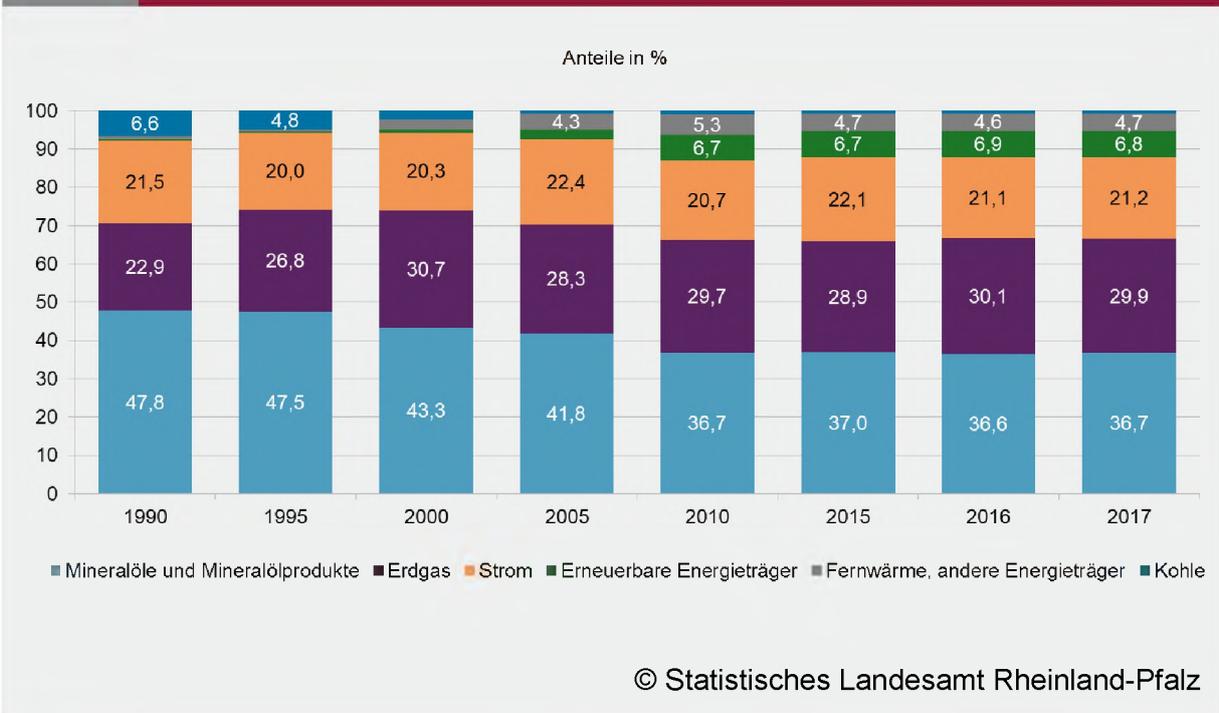
In den drei Verbrauchssektoren ist die Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger unterschiedlich:

Für den Sektor Haushalte/GHD ist Erdgas der wichtigste Energieträger; der Beitrag zur Deckung des sektorspezifischen Endenergieverbrauchs belief sich 2017 auf 38% (20,2 TWh). Mineralöle und Mineralölprodukte lieferten einen Beitrag von 24%. Dies entsprach einem Verbrauch von 12,9 TWh. Davon entfiel der Großteil auf leichtes Heizöl. Leichtes Heizöl wird in vielen Haushalten für die Beheizung und die Warmwasserbereitung eingesetzt. Elektrischer Strom kam auf 23% des Endenergieverbrauchs des Sektors Haushalte/GHD (12,3 TWh). Erneuerbare Energie-

träger haben bei den Haushalten und Kleinverbrauchern einen höheren Stellenwert als in der Industrie und im Verkehrssektor. Der Anteil zur Deckung des Energieverbrauchs des Sektors Haushalte/GHD belief sich 2017 auf 12% (direkt, d. h. ohne Berücksichtigung von Strom und Fernwärme). Im Jahr 2017 wurden hier 6,2 TWh Energie aus erneuerbaren Quellen eingesetzt. Damit kamen 70% des gesamten hierzulande durch erneuerbare Energien gedeckten Endenergieverbrauchs im Sektor Haushalte/GHD zum Einsatz.

Wie für den Sektor Haushalte/GHD hat Erdgas als Energiequelle auch für den Endenergieverbrauch des Industriesektors

Abb. 8 Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Energieträgern



die größte Bedeutung. Im Jahr 2017 wurden in der Industrie 19,2 TWh Erdgas verbraucht. Die Menge deckte fast die Hälfte des Verbrauchs der Industrie für energetische Zwecke (2017: 46%).¹⁸ Im Industriesektor ist die Chemische Industrie der größte Endverbraucher von Erdgas; sie kam 2017 auf alleine 50% des energetischen Erdgasverbrauchs des Sektors. Darüber hinaus werden größere Erdgas-mengen in den Betrieben der Keramik und Glas verarbeitenden Industrie sowie in der Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln und in der Papierproduktion eingesetzt.

Die zweitwichtigste Energiequelle für die Industrie ist Elektrizität. Mit 15,3 TWh hatte Strom 2017 einen Anteil von 36% an der Deckung des Endenergieverbrauchs in diesem Sektor. Auch hier entfällt mit 47% der größte Anteil auf die Chemische Industrie.

Alle anderen Energieträger kamen in der Industrie nur in geringem Maß zum Einsatz. Unter den fossilen Energieträgern deckten Mineralöle bzw. Mineralölprodukte und Kohle 2017 zusammen 3,2% des energetischen Verbrauchs der Industrie. Die Gruppe der sonstigen Energieträger,

zu der u. a. Fernwärme und Abfall zählen, deckte 2017 mit 5,2 TWh 12% des Endenergieverbrauchs der Industrie. Die erneuerbaren Energien kamen (ohne Berücksichtigung der indirekten Nutzung beim Verbrauch von Strom- und Fernwärme) auf einen Anteil von 2,5%.

Im Verkehrssektor haben die mineralölbasierten Energieträger derzeit mit Abstand die größte Bedeutung: Otto-, Diesel- und Flugturbinenkraftstoffe hatten 2017 einen Anteil von 94% an der Deckung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor. Eine Veränderung in nennenswerter Größenordnung gab es hier in den letzten zehn Jahren trotz der EU-weit umweltpolitisch forcierten Steigerung der Biokraftstoffquoten und der Zahl von Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien nicht.¹⁹

¹⁸ Hier wird ausschließlich die energetische Nutzung von Energieträgern dargestellt. In der Industrie werden Energieträger jedoch auch als Rohstoffe nicht-energetisch eingesetzt.

¹⁹ Für eine ausführliche Darstellung der Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor siehe Kapitel 4.4.

4.6 Entwicklung der Erzeugungskosten und der Energiepreise

Die Energiepreise werden maßgeblich durch die staatliche Regulierung beeinflusst. Dies zeigt beispielsweise der Strompreis. Er setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen: Bei dem im Jahr 2018 von einem durchschnittlichen deutschen Haushalt zu zahlenden Preis von 29,88 ct/kWh entfiel auf die Erzeugung und den Vertrieb von Strom nur ein Anteil von 22%. Die Netzentgelte²⁰ kamen auf einen Anteil von 23%; ebenfalls je 23% und damit zusammen fast die Hälfte des Strompreises entfielen auf Steuern und die Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG-Umlage). Im Gegensatz zu den nicht zweckgebundenen Steuern dient die EEG-Umlage ausschließlich der Finanzierung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien. Auf die Entwicklung des Strompreises hatte in den letzten Jahren insbesondere diese Umlage einen erheblichen Einfluss. Die EEG-Umlage erreichte 2017 mit 6,88 ct/kWh ihren bisherigen Höchstwert, sank danach aber zwei Jahre in Folge. Die Festlegung für 2019 beläuft sich auf 6,405 ct/kWh (–5,7% gegenüber 2018).

²⁰ Netzentgelte sind regional unterschiedliche staatlich regulierte Gebühren für die Durchleitung des Stroms durch das Versorgungsnetz.

Betrachtet man von den preisbildenden Komponenten für Strom ausschließlich die Erzeugungskosten (auch: Gestehungskosten) lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den Energieträgern erkennen.

Nach einer Studie des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) aus dem Jahr 2018 werden die Stromgestehungskosten bei neu errichteten Kraftwerken vor allem durch Art und Größe der technischen Anlagen sowie durch die Betriebs- und die Standortbedingungen bestimmt.²¹ Laut der Studie sind Erneuerbare inzwischen konkurrenzfähig zur konventionellen Stromerzeugung, teilweise sogar zu Braunkohlestrom.

Den Berechnungen des ISE zufolge wird Strom derzeit am günstigsten über neue Fotovoltaikanlagen auf Freiflächen in Süddeutschland erzeugt. Die Kostenspanne für Strom aus Fotovoltaik-Neuanlagen liegt zwischen 3,71 Cent je produzierter Kilowattstunde Strom (Freiflächenanlagen in Süddeutschland) und 11,54 ct/kWh (kleine Dachanlagen in Norddeutschland). Auch

²¹ Die ISE-Studie ist im Internet abrufbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf [Stand: 07.08.2019].

bei neuen Windanlagen an Land können die Gestehungskosten ähnlich gering sein, wenn die Standortbedingungen optimal sind. Hier reicht die Spanne von 3,99 bis 8,23 ct/kWh. Bei den fossilen Energieträgern weisen neu errichtete Braunkohlekraftwerke in einem Bereich von 4,59 bis 7,98 ct/kWh die günstigsten Stromgestehungskosten bei ca. 7.000 Volllaststunden pro Jahr auf. Bei konventionellen neuen Gaskraftwerken werden die höchsten Kosten ermittelt. Sie liegen im günstigsten Fall (2.000 Volllaststunden pro Jahr) bei 11,03 ct/kWh. Neu errichtete Gas- und Dampf-Kombikraftwerke können mit 7,78 ct/kWh bei 4.000 Volllaststunden pro Jahr allerdings deutlich darunter liegen.²²

Neue Atomkraftwerke, wie beispielsweise Hinkley Point C in Großbritannien, benötigen garantierte Vergütungen in Höhe von ca. 11 ct/kWh zuzüglich Inflationsausgleich für 35 Jahre, um wirtschaftlich betrieben werden zu können.²³

Die anlagenspezifischen Gestehungskosten für Strom aus erneuerbaren Energieträgern sind aufgrund von effizienteren neuen Technologien und Kostendegressionseffekten in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken. Die wirtschaftlicher ge-

wordenen Anlagen dürften nach einer Analyse der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) von 2016 voraussichtlich im Laufe der 2020er-Jahre für eine Reduktion der Erzeugungskosten sorgen.²⁴ Kostensteigerungen sind dagegen in Bezug auf die Systemsicherheit und einen notwendigen Netzausbau zu erwarten.

Um preisliche Veränderungen im Zeitablauf darstellen zu können, werden Energiepreisindizes verwendet. Dabei wird zwischen Verbraucher- und Erzeugerpreisen unterschieden.

Der Verbraucherpreisindex misst die durchschnittliche Entwicklung der Preise aller Waren und Dienstleistungen, die von privaten Haushalten für Konsumzwecke gekauft werden. Er umfasst rund 600 Waren und Dienstleistungen („Warenkorb“), darunter auch Energieträger. Der Verbraucherpreisindex ist in Rheinland-Pfalz seit Mitte der 1990er-Jahre jährlich um durchschnittlich 1,3% gestiegen. Zwischen 1995 und 2017 belief sich der Zuwachs insgesamt auf 33%. Im Jahr 2017 stiegen die Verbraucherpreise um 1,4%. Jahrespreisdaten liegen darüber hinaus am aktuellen Rand bereits bis zum Jahr 2018 vor;

²² Gas- und Dampf-Kombikraftwerke erzielen durch die Nutzung von Abwärme höhere Wirkungsgrade und sind damit kosteneffizienter als klassische Gaskraftwerke.

²³ Siehe auch https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk_Hinkley_Point

²⁴ Die Analyse von H. Höfling (KfW Research, 2016) ist im Internet abrufbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-Nr.-145-Oktober-2016-Kosten-EE-Ausbau.pdf> [Stand: 08.08.2019].

in diesem Jahr lag die Preissteigerung bei 1,7%.

Die Energiepreise nahmen wesentlich stärker zu als die Verbraucherpreise insgesamt. Der Verbraucherpreis für Strom stieg zwischen 1995 und 2017 in Rheinland-Pfalz um 108%. Nachdem der Strompreis 2015 allerdings erstmals seit 2000 wieder gesunken war, fielen die Preissteigerungen in den Folgejahren vergleichsweise moderat aus. Im Jahr 2017 belief sich die Preissteigerung auf 0,2% (2018: ebenfalls +0,2%).

Besonders deutlich verteuerte sich Heizöl, das in Rheinland-Pfalz zwischen 1995 und 2017 eine Preissteigerung von 136% zu verzeichnen hatte. Im Jahr 2017 stieg der Verbraucherpreis für Heizöl um 11% (2018: +19%). Für die Heizölpreise gilt wie für die gesamte Mineralölpreisentwicklung, dass sie von weltweiten wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen beeinflusst werden. Ein Bestimmungsfaktor der Preisentwicklung ist vor allem die Angebotssteuerung durch die Anpassung der Rohölfördermengen der Organisation der Erdöl exportierenden Länder (OPEC) sowie weiterer Förderländer. So sanken die Verbraucherpreise zwischen 2013 und 2016, was u. a. auf eine Anhebung der Produktionsmengen im Zuge neuer Fördermethoden („Fracking“) zurückzuführen gewesen sein dürfte. Auch Kraftstoffe wurden deshalb zeitweise für die Verbraucher günsti-

ger. Allerdings nahmen die Preise für Kraftstoffe über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg deutlich zu. Die durchschnittliche jährliche Preissteigerung bei Kraft- und Schmierstoffen belief sich in Rheinland-Pfalz auf 2,6%. Zwischen 1995 und 2017 ist insgesamt eine Preissteigerung von 77% zu verzeichnen. Im Jahr 2017 stieg der Benzinpreis um 5,6% und der Dieselpreis um 8,1% (2018: +7% bzw. +11%). Im Vergleich zu Diesel fiel die Preissteigerung bei Benzin über den gesamten Betrachtungszeitraum geringer aus: Seit 1995 stieg der Preis für Dieseldieselfkraftstoffe um 102%, der Preis für Superbenzin und Super plus nahm um 73% zu.

Der Gaspreis stieg seit Mitte der 1990er-Jahre um 93%. Im Gegensatz zum Heizölpreis sank der Gaspreis für rheinland-pfälzische Verbraucher in den letzten Jahren; im Jahr 2017 lag der Rückgang bei 1,4% (2018: -1,6%).

Der Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte misst die durchschnittliche Preisentwicklung von Rohstoffen und Industrieerzeugnissen, die in Deutschland hergestellt und verkauft werden. Der Erzeugerpreisindex für Energie ist Teil des Indexes der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte und misst dementsprechend die durchschnittliche Preisentwicklung von Energieträgern, die im Inland hergestellt und verkauft werden. Allerdings kann hier nur die

gesamte Entwicklung für Deutschland dargestellt werden, weil landesspezifische Informationen für Rheinland-Pfalz nicht vorliegen.

Der Erzeugerpreisindex für Energie ist im längerfristigen Vergleich zwischen 2000 und 2017 um 53% gestiegen und damit deutlich stärker als der Erzeugerpreisindex für gewerbliche Produkte ohne Energie (+19%).²⁵ Die Entwicklung der Energiepreise ist in der Regel wesentlich volatiler als die Entwicklung der übrigen Preise. Im Jahr 2017 fielen die Preisänderungen mit +2,7% bei dem Erzeugerpreisindex für Energie und +2,8% bei dem Erzeugerpreisindex für gewerbliche Produkte ohne Energie aber ähnlich aus (2018: +5,5% bzw. +1,8%).

Der längerfristige Anstieg der Preise war bei den verschiedenen Energieträgern unterschiedlich stark ausgeprägt. Im Vergleich zum Vorjahr nahmen 2017 die Erzeugerpreise für schweres Heizöl mit +38% am stärksten zu (2018: +22%); leichtes Heizöl war 17% teurer (2018: +22%). Der Preis für Erdgas ging im Gegensatz dazu kurzzeitig zurück (-6%; 2018: +3,9%). Der Erzeugerpreis für Strom erhöhte sich 2017 um 4,7% (2018: +6,5%).

²⁵ Daten zum Erzeugerpreisindex liegen erst seit dem Jahr 2000 vor.

5. ENTWICKLUNG DER TREIBHAUS- GASEMISSIONEN 1990 – 2017 (KURZBERICHTERSTATTUNG GEMÄß §7 ABS. 2 NR. 1 LKSG)

5.1 Erfassung von Treibhausgasemissionen: Methodische Grundlagen

Treibhausgasemissionen entstehen in erster Linie bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern zum Zweck der Energiegewinnung. Den wesentlichen Teil der Treibhausgase machen deswegen die aus dem Energieverbrauch resultierenden Emissionen aus (energiebedingte Emissionen). Klimaschädliche Gase entstehen aber auch in anderen Bereichen, insbesondere bei verschiedenen Produktionsprozessen in der Industrie. Das Monitoring über die Entwicklung der Treibhausgase in Rheinland-Pfalz umfasst sowohl die Entwicklung der energiebedingten Treibhausgasemissionen als auch die Entwicklung der sonstigen Treibhausgasemissionen. Diese Berichtspflichten sind in § 7 LKSG (Landesklimaschutzgesetz) geregelt.

Als wichtigste anthropogene, also durch den Menschen verursachte Treibhausgase sind neben Kohlendioxid (CO₂) vor allem

Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O bzw. Distickstoffoxid) zu nennen. Hinzu kommen weitere Gase, die sogenannten F-Gase (fluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen), welche zum Teil extrem klimawirksam sind und damit ein sehr hohes Treibhausgaspotenzial aufweisen. Mit der Hilfe von CO₂-Äquivalenzfaktoren werden die unterschiedlichen Treibhausgase normiert und bezüglich ihrer Auswirkungen auf das Klima miteinander vergleichbar gemacht.

CO₂-Emissionen machen bundesweit fast 90% der Treibhausgase aus und sind damit die Hauptursache für Deutschlands Beitrag zum anthropogenen Treibhausgaseffekt. Sie entstehen vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Erdöl und Erdgas für die Strom- und Wärmeerzeugung, im Verkehr und in der Industrie. Methan entsteht hauptsächlich in

der Landwirtschaft (insbesondere bei der Massentierhaltung), sowie bei der Abfalldeponierung und der Abwasserbehandlung. Die bedeutendste Quelle für die Entstehung von Lachgas ist die landwirtschaftliche Bodennutzung, insbesondere durch die Verwendung von stickstoffhaltigem Düngemittel. F-Gase werden hergestellt, um als Treibgas, Kühl- oder Löschmittel – und früher auch als Bestandteil von Schallschutzscheiben – eingesetzt zu werden.¹

Die Ermittlung der energiebedingten CO₂-Emissionen erfolgt nach einer auf der Ebene der Bundesländer im Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK Energiebilanzen) abgestimmten einheitlichen Methodik.² Die Berechnungsbasis bilden die Ergebnisse aus der Bilanzierung der Energieverbräuche der Länder. Es werden ausschließlich die Emissionen aus dem Einsatz und der Verarbeitung der fossilen Energieträger Kohle, Gas, Mineralöl und nicht biogene Abfälle berücksichtigt. In die

¹ Eine detaillierte Beschreibung der Treibhausgasemissionen veröffentlicht das Umweltbundesamt auf seiner Homepage im Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> [Stand: 30. September 2019].

² Der LAK Energiebilanzen veröffentlicht auf seiner Homepage Daten zum Energieverbrauch und zu den CO₂-Emissionen aller Bundesländer sowie detaillierte Hintergrundinformationen zur Methodik: <http://www.lak-energiebilanzen.de> [Stand: 30. September 2019].

Berechnung der Emissionen gehen spezifische, auf den Heizwert eines Energieträgers bezogene CO₂-Faktoren ein. Diese stellt das Umweltbundesamt differenziert nach Energieträgern und Einsatzbereichen zur Verfügung. Aus der Energiebilanz werden grundsätzlich nur diejenigen Bereiche einbezogen, in denen entweder ein emissionswirksamer Umwandlungseinsatz von Energieträgern stattfindet (wie bei den Kraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung) oder Energieträger direkt für den Endverbrauch in den drei Sektoren Industrie, Verkehr und Haushalte sowie Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (Haushalte/GHD) zum Einsatz kommen.

Beim Nachweis der energiebedingten CO₂-Emissionen wird zwischen den CO₂-Emissionen aus der sogenannten Quellenbilanz und aus der sogenannten Verursacherbilanz unterschieden:

Bei der Quellenbilanz werden die Emissionen auf Basis des Primärenergieverbrauchs berechnet. Die Quellenbilanz ermöglicht Aussagen über die Gesamtmenge der im Land emittierten energiebedingten CO₂-Emissionen von der Entstehens- bzw. Aufkommenseite. Dabei werden auch die Emissionen ausgewiesen, die beim Einsatz fossiler Energieträger für die heimische Stromerzeugung entstehen – auch, wenn ein Teil der produzierten

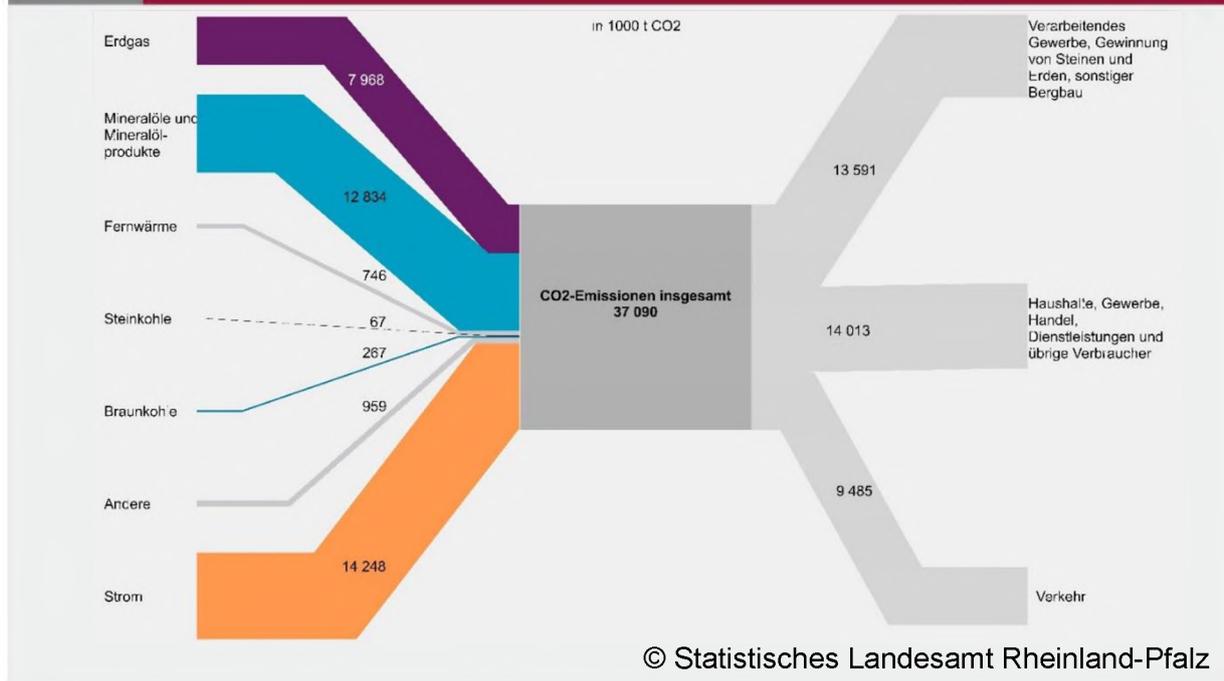
Strommenge exportiert wird. Die Emissionen aus der Stromerzeugung außerhalb des Landes bleiben hier dagegen – auch, wenn der Strom importiert wird – unberücksichtigt. Somit sind keine direkten Rückschlüsse auf das Verbrauchsverhalten der Endenergieverbraucher und den dadurch verursachten Beitrag zu den CO₂-Emissionen eines Landes möglich. Rheinland-Pfalz weist als Stromimportland deshalb nach der Quellenbilanz im Vergleich zu den Strom exportierenden Ländern geringe Emissionen aus, verursacht aber indirekt Emissionen in den anderen Bundesländern.

Die Verursacherbilanz weist nach, wie viele CO₂-Emissionen in einem Land auf den Endenergieverbrauch zurückzuführen sind. Der Endenergieverbrauch umfasst die Verwendung von Energieträgern in den einzelnen Verbrauchergruppen bzw. Sektoren (Industrie, Verkehr und Haushalte/GHD). In der Verursacherbilanz werden die Emissionen des Umwandlungsbereichs den Endverbrauchern zugeordnet, die sie verursacht haben. Für Strom erfolgt die Anrechnung der Emissionsmenge, die dem Endverbrauch zuzurechnen ist, auf der Grundlage des Brennstoffverbrauchs aller Stromerzeugungsanlagen in Deutschland. Hierzu wird ein Berechnungsfaktor verwendet, der sogenannte Generalfaktor. Er ergibt sich als Quotient aus der Summe

der Emissionen der deutschen Stromerzeugungsanlagen, soweit sie für den inländischen Verbrauch produzieren, und der Summe des inländischen Stromendverbrauchs (einschließlich der Stromimporte). Aufgrund dieser teilweise modellhaften Berechnungsmethode ist ein direkter Zusammenhang mit den tatsächlich in einem Bundesland angefallenen Emissionen, die in der Quellenbilanz dargestellt werden, nicht gegeben. Für die umfassende Betrachtung und Interpretation der rheinland-pfälzischen Verhältnisse ist es jedoch sinnvoll, die Ergebnisse aus beiden Bilanzierungsmethoden heranzuziehen. Aufgrund des hohen Anteils von Importstrom in Rheinland-Pfalz ergeben sich im Hinblick auf die Höhe des CO₂-Gesamtausstoßes bei den Verfahren erhebliche Unterschiede.³

Die energiebedingten CO₂-Emissionen werden entsprechend des Energieverbrauchs durch ökonomische, gesellschaftliche und natürliche Rahmenbedingungen bestimmt. Wesentliche ökonomische Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs und damit auch der energiebedingten Emissionen sind die konjunkturelle Entwicklung, die Wirtschaftsstruktur und die Preisentwicklungen auf den Energie-

³ In diesem Bericht werden zunächst die Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz) dargestellt und danach die Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch (Quellenbilanz).

Abb. 9 CO₂-Bilanz (Verursacherbilanz) Rheinland-Pfalz 2017

märkten. Zu den gesellschaftlichen Einflussfaktoren zählen die demografische Entwicklung, aber auch Aspekte wie die Zahl der Haushalte sowie die Entwicklung der Wohn- und der Verkehrsverhältnisse. Die Entwicklung der energiebedingten Emissionen unterliegt kräftigen kurzfristigen Schwankungen. Neben den konjunkturellen Schwankungen, die sich auf den Energieverbrauch auswirken, sind hierfür auch die natürlichen Gegebenheiten, insbesondere die Witterungsbedingungen, verantwortlich.

Bei der Betrachtung der Gesamtmenge des Treibhausgasausstoßes – wie im LKSG gefordert – sind neben den energiebedingten auch andere CO₂-

Emissionen zu berücksichtigen. Hierzu gehören die prozessbedingten CO₂-Emissionen, die bei chemischen Reaktionen in bestimmten Produktionsprozessen direkt freigesetzt werden. In die Berechnungen hierzu gehen verschiedene vom Umweltbundesamt als relevant eingestufte Herstellungsprozesse im Sektor Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe ein. Auf der Länderebene werden die Prozesse zur Herstellung von Hüttenaluminium, Zementklinker, Kalk, Glas, Calciumkarbid, Ammoniak, Soda Ziegel und Ruß berücksichtigt. Es ist notwendig, für die Berechnungen spezifische Emissionsfaktoren zu verwenden. Diese Emissionsfaktoren veröffentlicht das Umweltbundesamt im

Rahmen der Nationalen Inventarberichte zum deutschen Treibhausgasinventar.

Darüber hinaus erfordert ein umfassendes Monitoring der Treibhausgasemissionen auch die Berücksichtigung der Methan- und Distickstoffoxidemissionen. Diese werden von dem Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL) nach einer ländereinheitlichen Methode ermittelt.⁴ Die Grundlage für die Berechnungen auf Länderebene ist die jährliche Berichterstattung über die Quell- und Senkengruppen des Umweltbundesamtes im Rahmen des Nationalen Inventarberichts zum Deutschen Treibhausgasinventar (NIR) gemäß den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Zur Berechnung der F-Gase liegt keine Methodik vor, aus der sich belastbare und vergleichbare Ergebnisse für die Bundesländer ermitteln lassen. Im AK UGRdL wird aber derzeit an einem solchen Konzept gearbeitet. Es gibt jedoch Informationen für die Bundesebene. In Deutschland lag dieser Anteil nach Angaben des Umweltbundesamts 2017 bei 1,7% (2016:

⁴ Der AK UGRdL veröffentlicht auf seiner Homepage u. a. Daten zu den Treibhausgasemissionen aller Bundesländer und detaillierte Hintergrundinformationen zur Methodik: <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl> [Stand: 30. September 2019].

1,7%).⁵ Somit ist die Größenordnung mit einem Anteil von rund 2% an den Gesamtemissionen (gemessen in CO₂-Äquivalenten) auf Bundesebene sehr gering. Wegen ihres hohen Treibhauspotenzials gibt es in der EU aber gesetzliche Auflagen, mit denen das Inverkehrbringen und die Verwendung von F-Gasen streng reglementiert wird.⁶

Der Berechnungsstand in diesem Bericht ist September 2019 (energiebedingte CO₂-Emissionen, prozessbedingte CO₂-Emissionen, Methan und Lachgas). Durch die Weiterentwicklung der Methodik in den Arbeitskreisen der Länder und die Anpassung der Emissionsfaktoren des Umweltbundesamts haben sich die prozessbedingten CO₂-Emissionen, Methan und Lachgas rückwirkend im Vergleich zum vorhergehenden Berechnungsstand aktualisiert.

⁵ Auf Bundesebene erfolgt die Ermittlung der Treibhausgase durch das Umweltbundesamt (UBA); zu den Daten siehe UBA 2019: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990–2017, Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgasemissionen> [Stand: 30. September 2019].

⁶ Die Regelungen finden sich in der EU-Verordnung über fluorierte Treibhausgase 517/2014 und der Richtlinie über Emissionen aus Klimaanlagen in Kraftfahrzeugen (RL 2006/40/EG) sowie der nationalen Chemikalien-Klimaschutzverordnung in der Fassung vom 14. Februar 2017.

5.2 CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern unter Berücksichtigung einer verursacherbezogenen Betrachtung

Emissionen nach der Verursacherbilanz

Nach der Verursacherbilanz für Rheinland-Pfalz beliefen sich die energiebedingten Kohlendioxidemissionen 2017 auf 37,1 Millionen Tonnen. Der Ausstoß von Kohlendioxid erreichte damit den niedrigsten Stand seit 1990. Gegenüber dem Jahr zuvor sanken die Emissionen um 1% bzw. 371.000 Tonnen.

Seit 1990 gab es Effizienzfortschritte bei der Energieverwendung und der Anteil der emissionsrelevanten fossilen Energieträger zur Deckung des Energieverbrauchs wurde geringer. So war es möglich, dass der Endenergieverbrauch im Betrachtungszeitraum zunahm (+12%), während die durch den Energieverbrauch bedingten CO₂-Emissionen im gleichen Zeitraum um 12% sanken. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass Kohlen und Mineralöle teilweise durch Erdgas und erneuerbare Energieträger substituiert wurden. Erdgas verursacht einen vergleichsweise geringeren spezifischen CO₂-Ausstoß pro einge-

setzter Energieeinheit. Die erneuerbaren Energien werden als klimaneutral bewertet, d. h. es wird davon ausgegangen, dass die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern keine CO₂-Emissionen verursacht.

Der Ausstoß an Kohlendioxid erreichte in Rheinland-Pfalz Mitte der 1990er-Jahre den höchsten Stand im Betrachtungszeitraum. Er lag 1996 bei 46,2 Millionen Tonnen und damit 25% über dem Niveau von 2017. Die Emissionen sind trotz kurzfristiger Schwankungen tendenziell rückläufig. Die jährlichen Schwankungen sind insbesondere auf die konjunkturelle Entwicklung und auf Witterungsbedingungen zurückzuführen.

Die Konjunkturlage beeinflusst den Verbrauch von Energie und damit die Höhe der energiebedingten Emissionen. Besonders deutlich war dies während der Wirtschaftskrise 2009. In diesem Jahr wurde der stärkste Rückgang der Emissionen im Betrachtungszeitraum verzeichnet. Er be-

lief sich auf –5,4%. Kurzfristige konjunkturelle Entwicklungen wirken sich allerdings nicht immer im gleichen Jahr und in vollem Umfang auf den Energieverbrauch und damit auf die CO₂-Emissionen aus. Ein Grund hierfür ist, dass Produktionsanpassungen in der Industrie verzögert erfolgen und zunächst Lagerbestände auf- oder abgebaut werden. Die Höhe der energiebedingten Emissionen hängt zudem von der Zusammensetzung der Energieträger ab, die zur Deckung des Energieverbrauchs eingesetzt werden (Energimix).

Im Jahr 2017 ist das Bruttoinlandsprodukt um 0,9% gewachsen. Dies spiegelt sich nicht in den CO₂-Emissionen wider. Trotz einer leichten Zunahme des Endenergieverbrauchs um 0,5% sank 2017 der CO₂-Ausstoß um 1%. Dies lag daran, dass sich der Emissionsfaktor für die Berechnung des Stromverbrauchs auf Basis des hier unterstellten bundesweit geltenden Strommix (Generalfaktor) im Vergleich zum Jahr zuvor verringert hat.

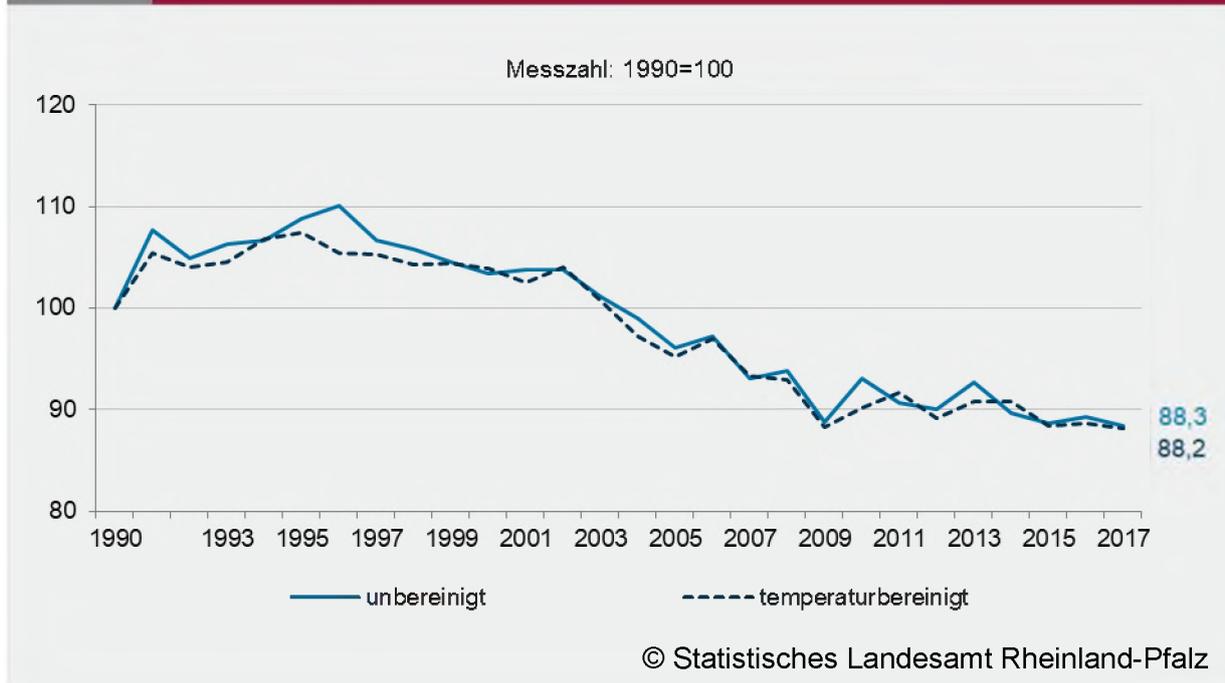
Um witterungsbedingte Verzerrungen bei der Entwicklung des Energieverbrauchs und der energiebedingten Emissionen herauszurechnen, wird eine Temperaturbereinigung vorgenommen. Damit lassen sich fiktive CO₂-Emissionen ermitteln, die entstanden wären, wenn die jährlichen Temperaturen einem langjährigen Mittel

entsprochen hätten.⁷ Die Temperaturbereinigung führt zu einer Glättung der durch den Heizbedarf kurzfristig auftretenden Schwankungen. Temperaturbereinigt beliefen sich die CO₂-Emissionen 2017 auf 37,6 Millionen Tonnen. Dieser Wert liegt 469.000 Tonnen über dem unbereinigten Wert. Die Ursache hierfür war, dass in dem Jahr eine eher milde Witterung mit überdurchschnittlichen Temperaturen herrschte. Dadurch kam es zu einem geringeren Energieverbrauch in der Heizperiode. Temperaturbereinigt sanken die CO₂-Emissionen im gesamten Betrachtungszeitraum ebenso wie die unbereinigten Werte um 12%.

Der größte Teil der energiebedingten CO₂-Emissionen wurde 2017 durch den Sektor Haushalte/GHD verursacht. Mit 14 Millionen Tonnen (unbereinigt) belief sich der Anteil am gesamten in der Verursacherbilanz nachgewiesenen CO₂-Ausstoß auf 38%. Der Industriesektor verursachte allerdings mit 13,6 Millionen Tonnen und einem Anteil an den gesamten Emissionen von 37% fast genauso viele Emissionen wie der Sektor Haushalte/GHD. Nach die-

⁷ Die Temperaturbereinigung erfolgt auf der Basis von länderspezifischen Korrekturfaktoren, die aus den Gradtagszahlen regionaler Wetterstationen gebildet werden. Gradtagszahlen zeigen den Zusammenhang zwischen der Außenlufttemperatur und der gewünschten Raumtemperatur. Je niedriger die Außenlufttemperaturen sind, desto höher sind die Gradtagszahlen und umgekehrt.

Abb. 10 CO₂-Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990 – 2017



sen beiden Hauptemittenten folgt mit etwas Abstand der dritte Emittentensektor, der Verkehrsbereich. Durch den Energieverbrauch im Verkehr entstanden 26% des CO₂-Ausstoßes in Rheinland-Pfalz. Die Emissionsmenge des Verkehrssektors lag bei rund 9,5 Millionen Tonnen.

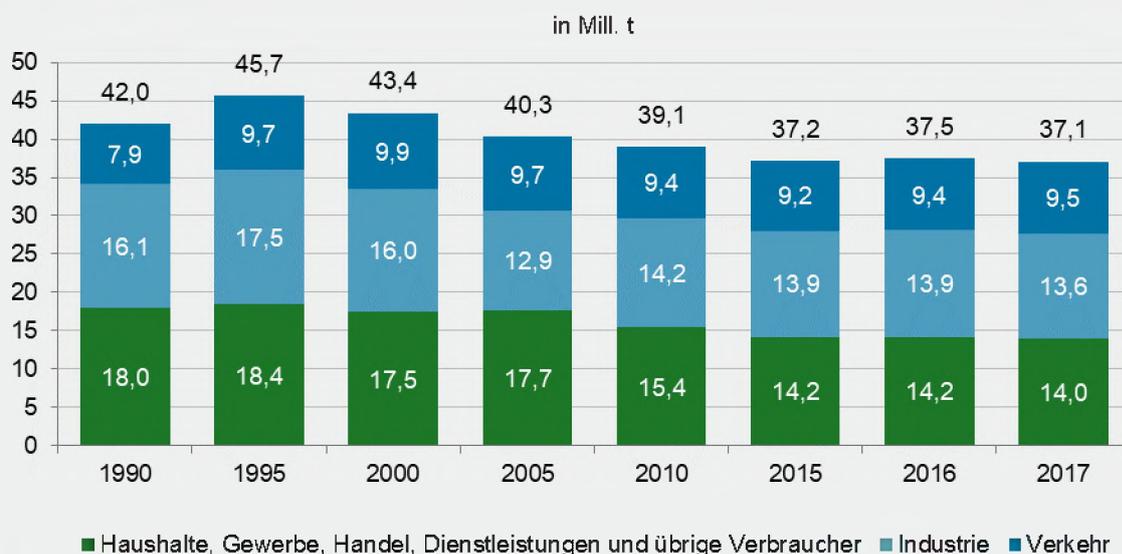
Langfristig konnten die Emissionen in den beiden größeren Emittentensektoren deutlich gesenkt werden, während die verkehrsbedingten Emissionen kräftig zunahmen. Die Industrie reduzierte ihren Kohlendioxidausstoß vor allem durch umwelttechnischen Fortschritt: Die CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch der Industrie nahmen seit 1990 um 16%

ab – bei einer Zunahme des Energieverbrauchs um 13%.

Die im Sektor Haushalte/GHD verursachten Emissionen sanken seit 1990 sogar um 22%. Dies ging mit einem leicht steigenden Endenergieverbrauch einher (+1,7%). In diesem Sektor stieg die Energieeffizienz u. a. durch Nachrüstung bzw. den Einbau von moderneren Heizungsanlagen in Gebäuden. Der Verbrauch von leichtem Heizöl wurde dadurch reduziert und hauptsächlich durch Erdgas ersetzt, das einen geringeren CO₂-Ausstoß pro eingesetzter Energieeinheit aufweist als Heizöl.

Abb. 11

CO₂-Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990 – 2017 nach Emittentensektoren (in Mill. t)



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Die Zunahme der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor belief sich seit 1990 auf 21%. Die Ursache hierfür ist ein kräftig zunehmender Endenergieverbrauch im Straßenverkehr (+27% seit 1990). Der Verbrauchsanstieg war mit einer steigenden Zahl von Kraftfahrzeugen verbunden. Hinzu kommt ein zunehmender Einsatz von Dieselmotoren (+99%). Ottomotoren haben dagegen seit 1990 an Bedeutung verloren (-29%). Sie trugen 2017 noch rund 34% zur Deckung des gesamten verkehrsbedingten Endenergieverbrauchs bei; der Anteil von Dieselmotoren lag dagegen bei 56% (1990: 61% Otto- und 36% Dieselmotoren).

Emissionsminderungen, die der technologische Fortschritt im Bereich der Antriebs-

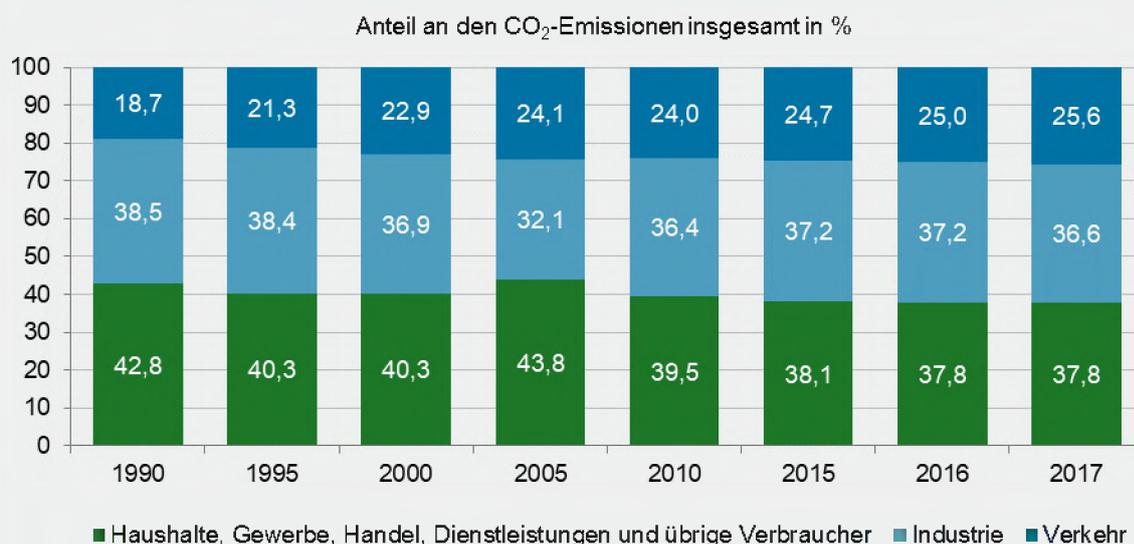
technik ermöglichte, dürften durch das Verbrauchs- und Kaufverhalten wieder „aufgezehrt“ bzw. überkompensiert worden sein. Der Kraftfahrzeugbestand nimmt jährlich weiter zu (+13% seit 2008⁸). Die Fahrleistungen der in Rheinland-Pfalz zugelassenen Kraftfahrzeuge sind nach Angaben der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) in den letzten Jahren durchgehend gestiegen.⁹ Daten sind für den Zeitraum 2008 bis 2016 verfügbar. In diesem Zeitraum belief sich die Zunahme der jährlichen Gesamtfahrleistung auf 11%; der Lastkraftwagenver-

⁸ Eine vergleichbare Zeitreihe des Kraftfahrzeugbestands für den Zeitraum vor 2008 ist nicht verfügbar.

⁹ Die Ergebnisse der UGRdL sind online abrufbar unter: <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl>.

Abb. 12

CO₂-Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990 – 2017 nach Emittentensektoren (in %)



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

kehr wies mit 18% eine überdurchschnittliche Zunahme auf.

Die Verursacherbilanz lässt sich nicht nur nach Emittentensektoren, sondern auch nach Energieträgern auswerten.¹⁰ Aus der Verursacherbilanz ergibt sich für Rheinland-Pfalz durch die zusätzliche Berücksichtigung der Stromimporte ein wesentlich höherer Wert für die Kohlendioxidemissionen als aus der Quellenbilanz. Ein Teil der Stromerzeugung für den rheinland-pfälzischen Verbrauch erfolgt außer-

halb des Landes. Wie die Entwicklung des Außenhandels zeigt, wird in Rheinland-Pfalz heute allerdings deutlich weniger Strom verbraucht, der von außerhalb des Landes stammt, als in der Vergangenheit. Im Jahr 2017 lag der Anteil des Saldos (Nettostromimporte) am Bruttostromverbrauch bei 29% (1990: 73%). Der in der Verursacherbilanz für Rheinland-Pfalz nachgewiesene energiebedingte Ausstoß an Kohlendioxid war 2017 um 10,2 Millionen Tonnen höher als der Ausstoß laut Quellenbilanz. Dieser große Unterschied ist insbesondere auf die Emittentensektoren Industrie und Haushalte/GHD zurückzuführen, die große Mengen Strom verbrauchen und damit Hauptverursacher der

¹⁰ Der wesentliche Unterschied zur Quellenbilanz ist, dass Strom und Fernwärme als Ergebnis von Umwandlungsprozessen einzelner Energieträger vollständig im Endenergieverbrauch aufgehen – und nicht wie in der Quellenbilanz nach Umwandlungs- und Endverbrauchsbereich getrennt nachgewiesen werden.

CO₂-Emissionen aus der Stromproduktion sind.

Die mit dem Stromverbrauch verbundenen Emissionen beliefen sich 2017 auf 14,2 Millionen Tonnen. Damit lag ihr Anteil an den Gesamtemissionen bei 38% (2016: 39%). Im Vergleich zum Jahr zuvor ist der Stromverbrauch leicht gestiegen (+1,1%). Die daraus resultierenden CO₂-Emissionen sanken 2017 dagegen um 3,4%. Dies liegt daran, dass der in diesem Jahr für die Berechnung der Emissionen zu Grunde gelegte bundeseinheitliche Emissionsfaktor (Generalfaktor) für den Stromverbrauch geringer war als bisher. Durch den steigenden Anteil erneuerbarer Energien im deutschen Strommix wurde je verbrauchter Kilowattstunde weniger Kohlendioxid in die Atmosphäre eingebracht als bisher. Auf längere Sicht, d. h. seit 1990, sind die CO₂-Emissionen aus dem Stromverbrauch durch Steigerungen der Energieeffizienz in der Erzeugung um 21% zurückgegangen.

Der Anteil der Mineralöle und Mineralölprodukte an den Gesamtemissionen lag 2017 nach der Verursacherbilanz bei rund 35%. In den letzten zehn Jahren veränderte sich der Anteilswert kaum. Die CO₂-Emissionen, die durch die Verbrennung von Mineralölen und Mineralölprodukten entstehen, beliefen sich auf 12,8 Millionen

Tonnen. Dies entspricht einem Plus von 0,8% gegenüber 2016.¹¹

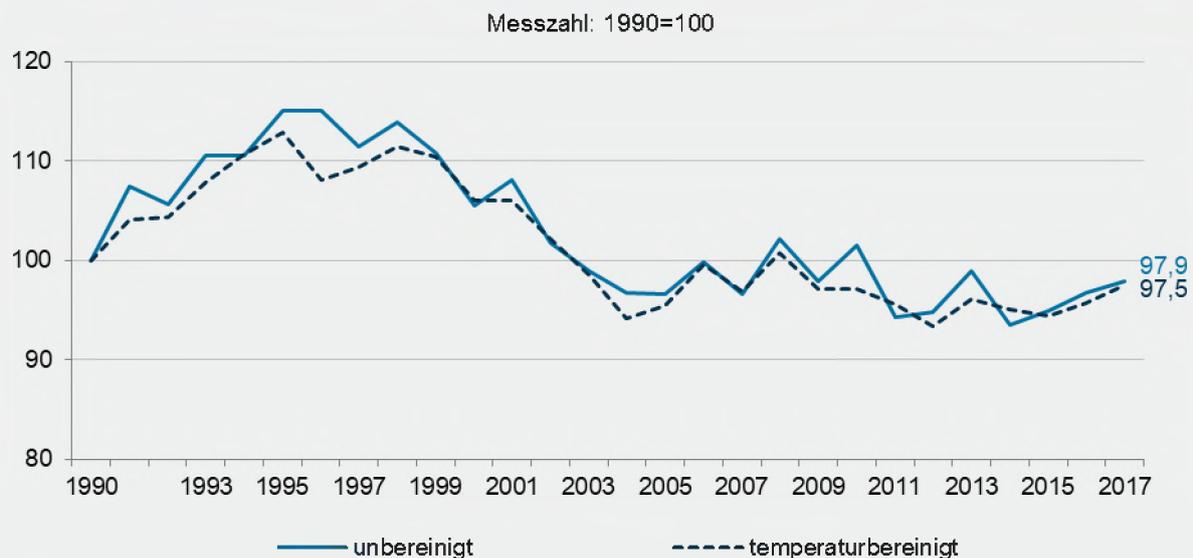
Der CO₂-Ausstoß, der aus dem Verbrauch von Erdgas resultiert, wird in der Verursacherbilanz ohne den auf die Stromerzeugung entfallenden Anteil dargestellt. Deshalb lagen die Emissionen aufgrund des Verbrauchs von Erdgas 2017 laut Verursacherbilanz mit 8 Millionen Tonnen deutlich unter dem Wert, der in der Quellenbilanz nachgewiesen wird. Die in der Verursacherbilanz ausgewiesenen Kohlendioxidemissionen entsprechen praktisch der Menge, die durch die Nutzung von Erdgas zur Wärmeerzeugung freigesetzt wurde. Der Anteil von Erdgas an den gesamten CO₂-Emissionen belief sich nach der Verursacherbilanz 2017 auf 21%. Seit 1990 stieg der Anteil an den Gesamtemissionen um 8,6 Prozentpunkte. Dies liegt daran, dass heute mehr Verbraucher ihren Wärmebedarf statt aus Heizöl und Kohle aus Erdgas decken als zu Beginn des Betrachtungszeitraums.

Emissionen nach der Quellenbilanz

Die CO₂-Emissionen beliefen sich nach der Quellenbilanz 2017 auf 26,9 Millionen Tonnen. Gegenüber dem Jahr zuvor stiegen die Emissionen um 1,2%. Damit spie-

¹¹ Die Emissionen aus der Verursacherbilanz unterscheiden sich hier kaum vom CO₂-Ausstoß laut Quellenbilanz, da Mineralöle und Mineralölprodukte in der Stromerzeugung keine große Rolle spielen.

Abb. 13 CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanz 1990 – 2017



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

gelt sich nur ein Teil des um 2,1% gestiegenen Primärenergieverbrauchs in den daraus resultierenden Emissionen wider, d. h. auch hier kommt zum Tragen, dass die Zusammensetzung des Energiemix in Rheinland-Pfalz 2017 mit weniger klimaschädlichen Emissionen verbunden war als im Jahr zuvor. Der Effekt ist aber weniger ausgeprägt als bei der verursacherbezogenen Bilanzierung. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass die mit dem bundesweiten Generalfaktor bewerteten Emissionen durch Stromimporte in der Quellenbilanz nicht berücksichtigt werden. Langfristig nahm der CO₂-Ausstoß nach der Quellenbilanz gegenüber 1990 um 2,1% ab. Der Primärenergieverbrauch stieg im gleichen Zeitraum um 14%.

Werden die CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanz temperaturbereinigt, ergibt sich ein bereinigter CO₂-Ausstoß für 2017 von 27,3 Millionen Tonnen. Dieser bereinigte Wert ist 456.000 Tonnen höher als der unbereinigte Wert, was auf den unterdurchschnittlichen Heizbedarf in diesem Jahr zurückzuführen ist. Der temperaturbereinigte CO₂-Ausstoß lag 2017 über dem Vorjahresniveau (+1,8%). Langfristig ergibt sich nach der Temperaturbereinigung eine Reduktion der Emissionen um 2,5% gegenüber 1990. Die Emissionsminderung fällt also temperaturbereinigt mit 0,4 Prozentpunkten nur wenig höher aus als unbereinigt.

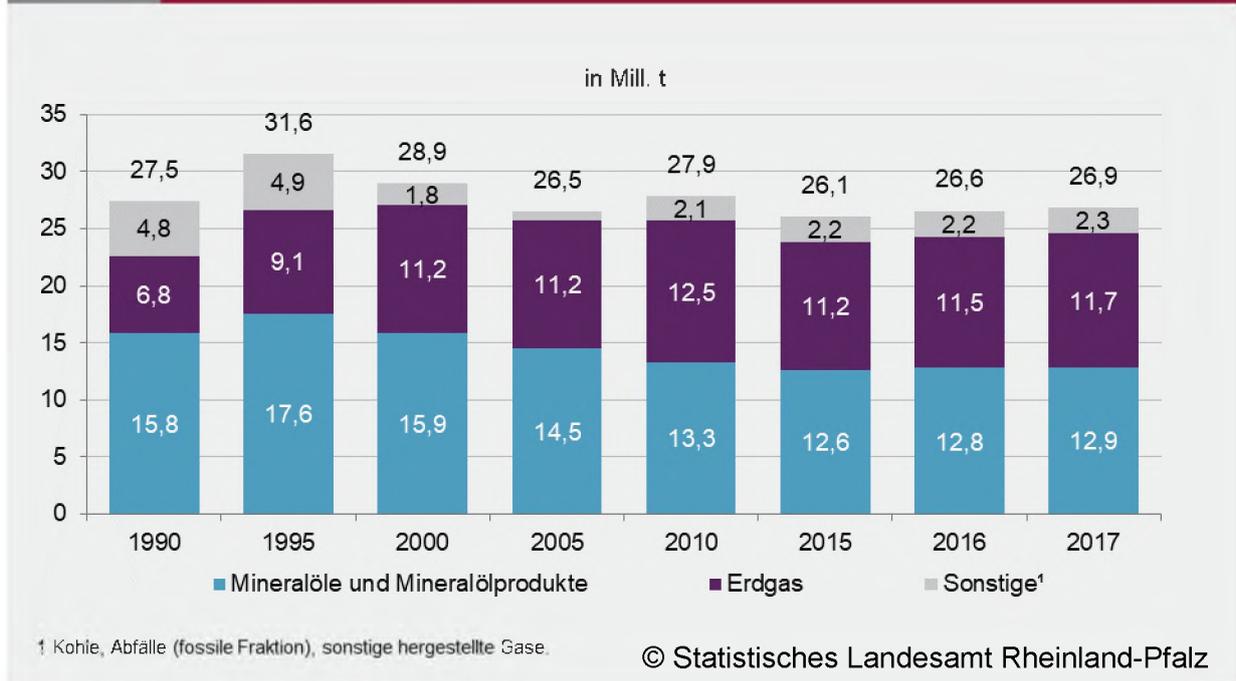
Im Gegensatz zur Verursacherbilanz lassen sich in der Quellenbilanz die CO₂-Emissionen aus dem Umwandlungsbereich separat nachweisen. Im Jahr 2017 belief sich der CO₂-Ausstoß im Umwandlungsbereich auf 4,8 Millionen Tonnen. Dies entspricht 18% der gesamten in der Quellenbilanz nachgewiesenen Emissionen (ohne Temperaturbereinigung). Die größte Bilanzposition im Umwandlungsbereich ist die heimische Stromerzeugung. Bei der Stromproduktion in Rheinland-Pfalz entstanden 2017 rund 3,9 Millionen Tonnen CO₂. Dies entspricht 81% der Emissionen aus dem Umwandlungsbereich bzw. 14% der gesamten in der Quellenbilanz nachgewiesenen Kohlendioxidemissionen.

Im Endverbrauchsbereich entstanden laut Quellenbilanz 22,1 Millionen Tonnen CO₂; das sind 82% der Gesamtemissionen. Der größte Teil der Emissionen entfiel auf den Emittentensektor Verkehr (34%). Der Anteil der im Sektor Haushalte/GHD verursachten Emissionen an den gesamten Emissionen belief sich 2017 nach der Quellenbilanz auf 28%. Die Industrie folgte mit einem Anteil von 20%. Hinsichtlich des CO₂-Ausstoßes weist die Industrie damit unter den drei Emittentensektoren den niedrigsten Wert auf. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass die durch Umwandlungsprozesse – z. B. bei der Erzeu-

gung von Strom und Wärme – verursachten Emissionen in der Quellenbilanz nicht dem Endverbrauchsbereich zugerechnet werden, sondern separat im Umwandlungsbereich nachgewiesen sind. Die Stromverwendung in den Sektoren Industrie und Haushalte/GHD führt dazu, dass die Emissionsanteile hier deutlich geringer sind als in der Verursacherbilanz.

Rund 91% des CO₂-Ausstoßes resultiert laut Quellenbilanz aus der Verwendung von Mineralölen bzw. Mineralölprodukten und Erdgas. Durch die Verbrennung von Mineralölen und Mineralölprodukten wurden knapp 12,9 Millionen Tonnen Kohlendioxid in die Umwelt abgegeben. Damit entfiel fast die Hälfte der in der rheinland-pfälzischen Quellenbilanz nachgewiesenen CO₂-Emissionen auf den Mineralölbereich. Im Vergleich zu den 1990er-Jahren verringerte sich der CO₂-Ausstoß beim Verbrauch von Mineralölen und Mineralölprodukten deutlich: Zwischen 1990 und 2017 verringerte sich dieser Ausstoß um 19%. Im Vergleich zum Jahr zuvor stiegen die Emissionen aus dem Mineralölverbrauch um 0,8%. Grundsätzlich unterliegt der Verbrauch von Mineralölen und Mineralölprodukten vergleichsweise starken kurzfristigen Schwankungen, die insbesondere konjunktur- und witterungsbedingt sind.

Abb. 14 CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanz 1990 – 2017 nach Energieträgern



Während der Ausstoß von CO₂ aus der Verbrennung von Mineralölen und Mineralölprodukten im Betrachtungszeitraum deutlich zurückging, nahmen die CO₂-Emissionen aus der Nutzung von Erdgas kräftig zu (+71% seit 1990). Die Gründe hierfür sind der zunehmende Erdgaseinsatz in den Endverbrauchssektoren Industrie und Haushalte/GHD sowie die zusätzliche Verwendung für die heimische Stromerzeugung. Gegenüber dem Jahr zuvor gab es 2017 ein Plus von 1,4%. Auch hier ist zu beachten, dass beim Verbrauch von Erdgas grundsätzlich deutliche kurzfristige Schwankungen auftreten. Der Anteil von Erdgas an den gesamten CO₂-Emissionen belief sich nach der Quellenbilanz 2017 auf 44%.

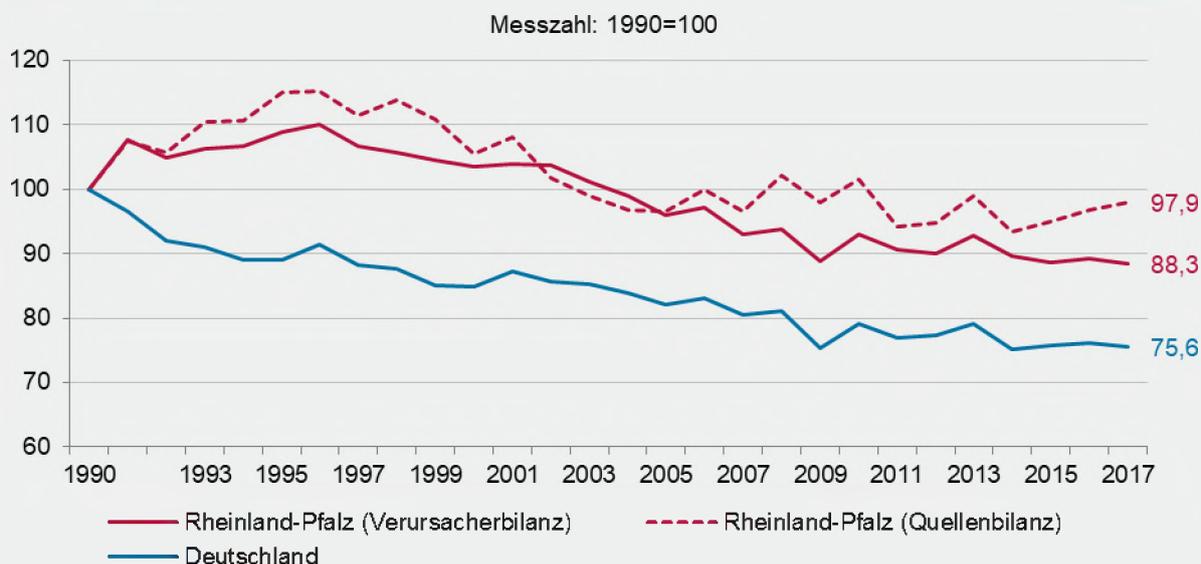
Ausgewählte Kennzahlen und Indikatoren

Deutschlandweit gingen die energiebedingten Kohlendioxidemissionen nach Angaben des Umweltbundesamtes zwischen 1990 und 2017 um 24% zurück.¹² Dieser Rückgang war im Vergleich zu Rheinland-Pfalz sehr hoch, was vor allem auf die deutliche Abnahme der Emissionen in den ostdeutschen Bundesländern zu Beginn der 1990er-Jahren zurückzuführen ist. Nach der Wiedervereinigung gab es dort einen Umbruch in der Wirtschaftsstruktur; der Wertschöpfungsanteil der Industrie ging deutlich zurück. Zudem wurde in die Modernisierung und Erneuerung der Anla-

¹² Diesem Wert liegt eine Berechnung zugrunde, die methodisch mit der Quellenbilanzierung auf der Länderebene vergleichbar ist.

Abb. 15

Energiebedingten CO₂-Emissionen in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1990 – 2017



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

gen zur Energieversorgung investiert. Wird das Jahr 2000 als Basis des Berichtszeitraums zugrunde gelegt, beläuft sich der Rückgang der Emissionen deutschlandweit auf 11%. In Rheinland-Pfalz ist für den Zeitraum 2000 bis 2017 ohne Berücksichtigung der außerhalb des Landes entstandenen indirekten Emissionen ein Rückgang des CO₂-Ausstoßes von 7,2% zu verzeichnen. Laut Verursacherbilanz sank der energiebedingte CO₂-Ausstoß seit 2000 allerdings um 15%; in diesem Wert sind die indirekten Emissionen durch die außerhalb des Landes produzierte Strommenge enthalten. Für die Berechnung kann allerdings nur der pauschale „CO₂-Generalfaktor“ auf Basis des bundesdeutschen Strommix unterstellt werden. Durch eine weniger CO₂-intensive

Stromproduktion sank der Generalfaktor seit 2000 um 19%.

Bei der Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz entstanden 2017 durchschnittlich 188 g CO₂ je produzierter kWh. Der spezifische CO₂-Ausstoß der rheinlandpfälzischen Stromproduktion war damit 63% geringer als im Bundesdurchschnitt (507 g je kWh). Allerdings wurden 2017 rund 29% des in Rheinland-Pfalz verbrauchten Stroms (29,1 TWh) außerhalb des Landes produziert (Nettoimporte).¹³ Im Vergleich zum Referenzjahr 1990 sanken die spezifischen CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz um 60%, während sie in Deutschland nur um

¹³ Der Stromaußenhandel kann nur als Saldo dargestellt werden.

rund 28% zurückgingen. Der Unterschied ist auf den wirtschafts- und umweltpolitisch geförderten Ausbau der heimischen Stromproduktion in Rheinland-Pfalz zurückzuführen, der weitgehend auf der Basis erneuerbarer Energiequellen realisiert wurde. Heute ist der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz deutlich höher als in Deutschland (2017: 48% gegenüber 33%).

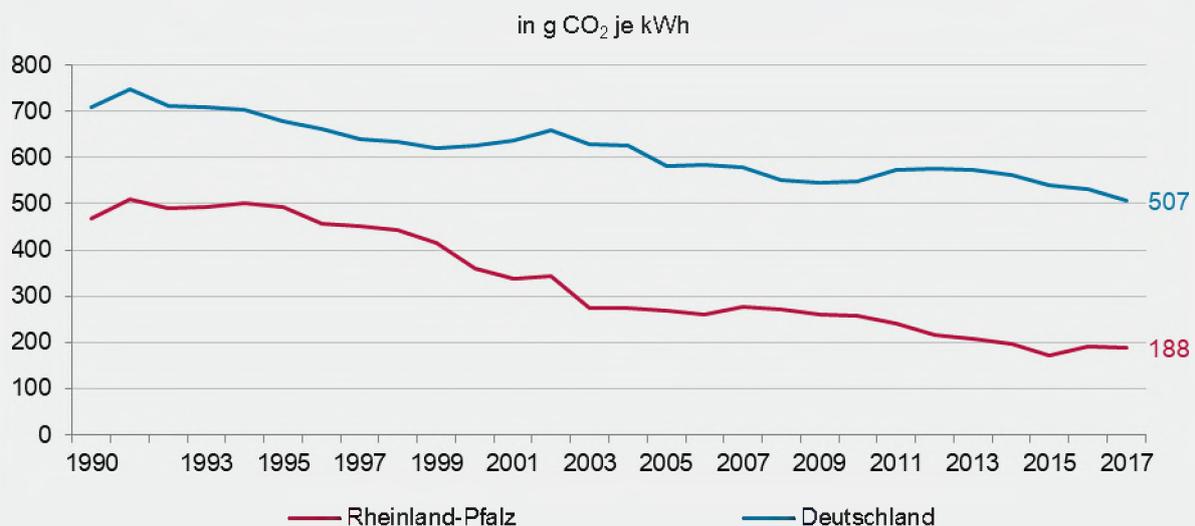
Bei Ländervergleichen zur Belastung der Atmosphäre mit Treibhausgasen wird häufig der Pro-Kopf-Ausstoß von CO₂ herangezogen. Weitere Indikatoren, die Vergleiche ermöglichen, beziehen den CO₂-Ausstoß auf Daten aus den Wirtschaftsstatistiken. Solche Kennzahlen werden auch bei der Formulierung von Zielen zur

Reduzierung von Treibhausgasemissionen herangezogen.

In Rheinland-Pfalz lag der Pro-Kopf-Ausstoß von Kohlendioxid nach der Quellenbilanz 2017 bei 6,6 Tonnen und damit deutlich unter dem Niveau, das für Deutschland insgesamt ermittelt wurde (9 Tonnen). Dies liegt zum einen daran, dass in dem Wert für Rheinland-Pfalz die Emissionen aus den Stromimporten nicht enthalten sind. Zum anderen werden bei der Berechnung der CO₂-Emissionen in der Quellenbilanz nur die vergleichsweise niedrigeren Emissionsfaktoren der rheinland-pfälzischen Stromerzeugung verwendet. Werden die auf importierte Strommengen entfallenden Kohlendioxidemissionen mit einbezogen und wird bei der Be-

Abb. 16

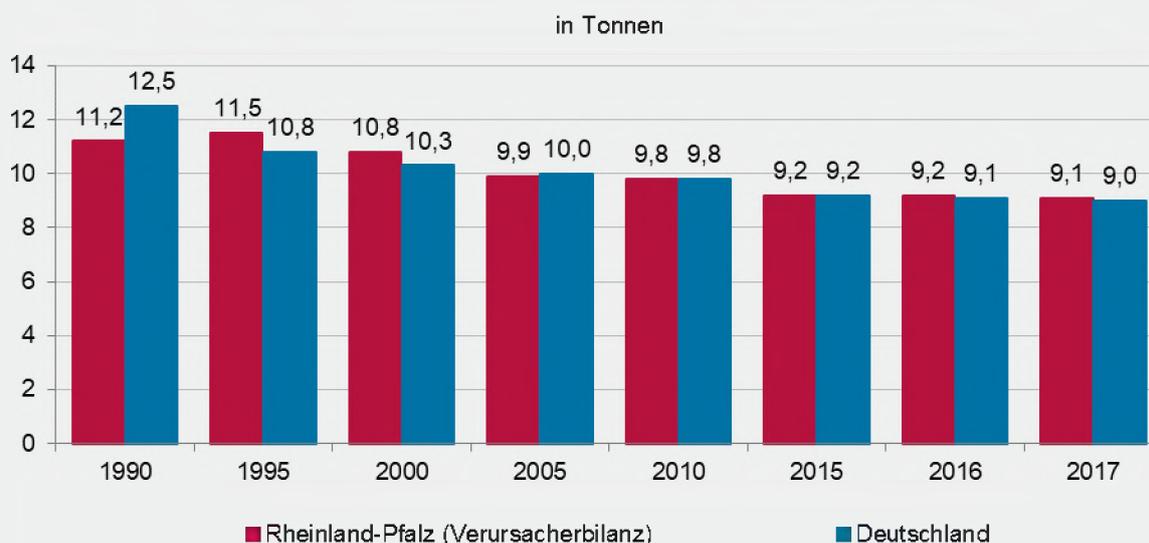
Spezifische CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1990 – 2017



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Abb. 17

Energiebedingte CO₂-Emissionen je Einwohner/-in in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1990 – 2017



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

wertung des CO₂-Ausstoßes des rheinland-pfälzischen Stromverbrauchs der durchschnittliche Emissionswert der bundesdeutschen Stromerzeugung als Generalfaktor zugrunde gelegt, ergeben sich nach der Verursacherbilanz wesentlich höhere CO₂-Emissionen für Rheinland-Pfalz. Mit 9,1 Tonnen je Einwohnerin bzw. Einwohner entspricht der Kohlenstoffdioxid ausstoß im Land in etwa den Pro-Kopf-Emissionen in Deutschland.

Die langfristige Betrachtung zeigt, dass sich der rheinland-pfälzische CO₂-Ausstoß pro Kopf seit Beginn des Betrachtungszeitraums laut Verursacherbilanz um 19% verringerte. Auf Bundesebene fiel der Rückgang wesentlich höher aus (-27%). Dies ist vor allem auf die deutliche Ab-

nahme der Emissionen in den neuen Bundesländern zu Beginn der 1990er-Jahre zurückzuführen.

Zwischen 1990 und 1995 reduzierten sich die CO₂-Emissionen je Einwohnerin bzw. Einwohner in Deutschland um 13% (-1,6 Tonnen), während in Rheinland-Pfalz 2,5% (0,3 Tonnen) je Einwohnerin bzw. Einwohner mehr emittiert wurden. Der Pro-Kopf-Ausstoß ist allerdings in der Folgezeit auch hierzulande gesunken. Zwischen 1995 und 2017 verringerte sich der Ausstoß um rund ein Fünftel (Deutschland: -17%).

Die CO₂-Intensität bezieht die Kohlendioxidemissionen auf das Bruttoinlandsprodukt. Sie misst sozusagen den durchschnittlichen „CO₂-Gehalt“ einer Wert-

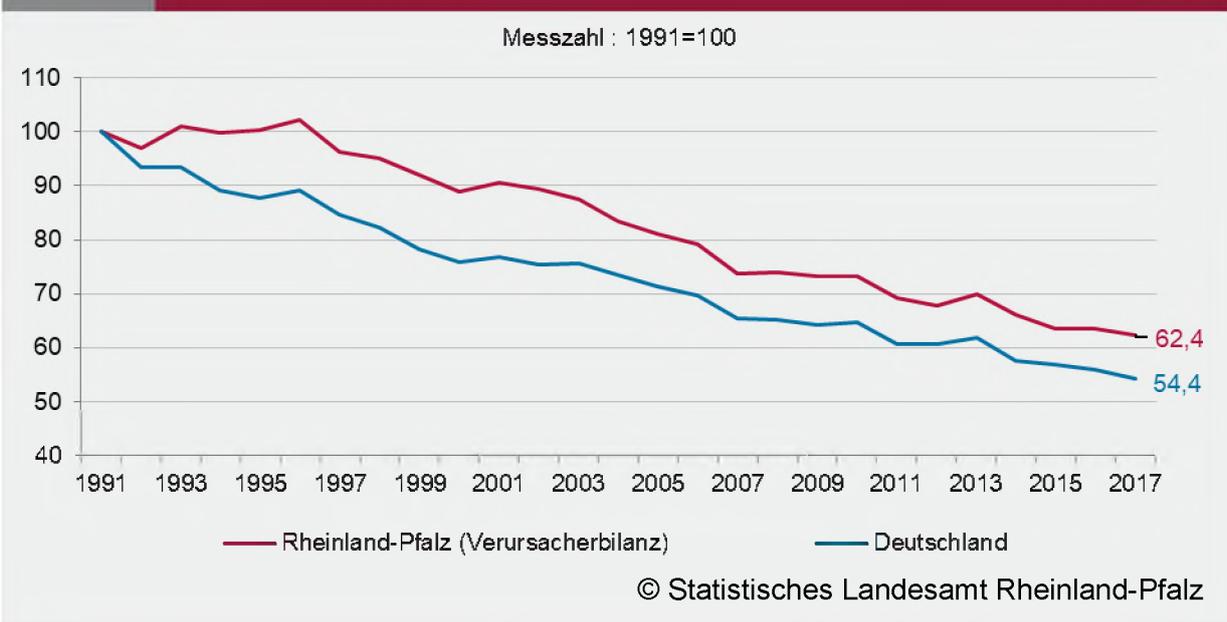
schöpfungseinheit. Es handelt sich hierbei um ein Effizienzmaß. Aus einer sinkenden CO₂-Intensität kann aber nicht unbedingt auf eine geringere Umweltbelastung geschlossen werden. Die Kennzahl sinkt auch dann, wenn der CO₂-Ausstoß steigt, aber schwächer zunimmt als das Bruttoinlandsprodukt.

Auf Basis der Verursacherbilanz, die auch die CO₂-Emissionen aus Strombezügen beinhaltet und daher – unter Beachtung der Bewertungsunsicherheiten (Generalfaktor) – eher mit den Werten für Deutschland verglichen werden kann, ergibt sich für Rheinland-Pfalz 2017 eine CO₂-Intensität von 258 Tonnen je eine Million Euro Bruttoinlandsprodukt. Dies ist ein deutlich höherer Wert als in Deutschland, das 2017 eine CO₂-Intensität von 228 Tonnen je eine Million Euro Bruttoinlandsprodukt aufwies. Die Wirtschaft in Rheinland-Pfalz ist somit kohlendioxidin-

tensiver als die deutsche Wirtschaft, was auf die strukturellen Unterschiede zurückzuführen ist. Es spiegelt sich hier die vergleichsweise hohe Bedeutung einer zum Teil sehr energieintensiven Industrie in Rheinland-Pfalz wider, insbesondere die Chemischen Industrie ist hier zu nennen.

In Rheinland-Pfalz sank die CO₂-Intensität langfristig etwas schwächer als im Bundesdurchschnitt. Während der Indikator auf Bundesebene 2017 um 46% niedriger war als 1991, nahm er in Rheinland-Pfalz in dem gleichen Zeitraum um 38% ab. Verursacht wurden diese Entwicklungen zum einen durch den stärkeren Rückgang der Emissionen, aber auch durch das höhere Wachstum der Wertschöpfung in Deutschland seit 1991: Während das rheinland-pfälzische Bruttoinlandsprodukt um 32% zulegte, belief sich das gesamtdeutsche Wirtschaftswachstum auf 44%.

Abb. 18 CO₂-Intensität in Rheinland-Pfalz und in Deutschland 1991 – 2017



5.3 CO₂-Emissionen aus Produktionsprozessen (nicht energiebedingt) und weitere Treibhausgasemissionen

Die gesetzlichen Berichtspflichten zum Klimaschutz in Rheinland-Pfalz nach § 7 LKSG erfordern ein Monitoring der energiebedingten Emissionen und sonstigen Treibhausgasemissionen. Deshalb wird in diesem Bericht über die Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen hinaus auch die Entwicklung der prozessbedingten CO₂-Emissionen sowie der Treibhausgase Methan und Lachgas dargestellt.

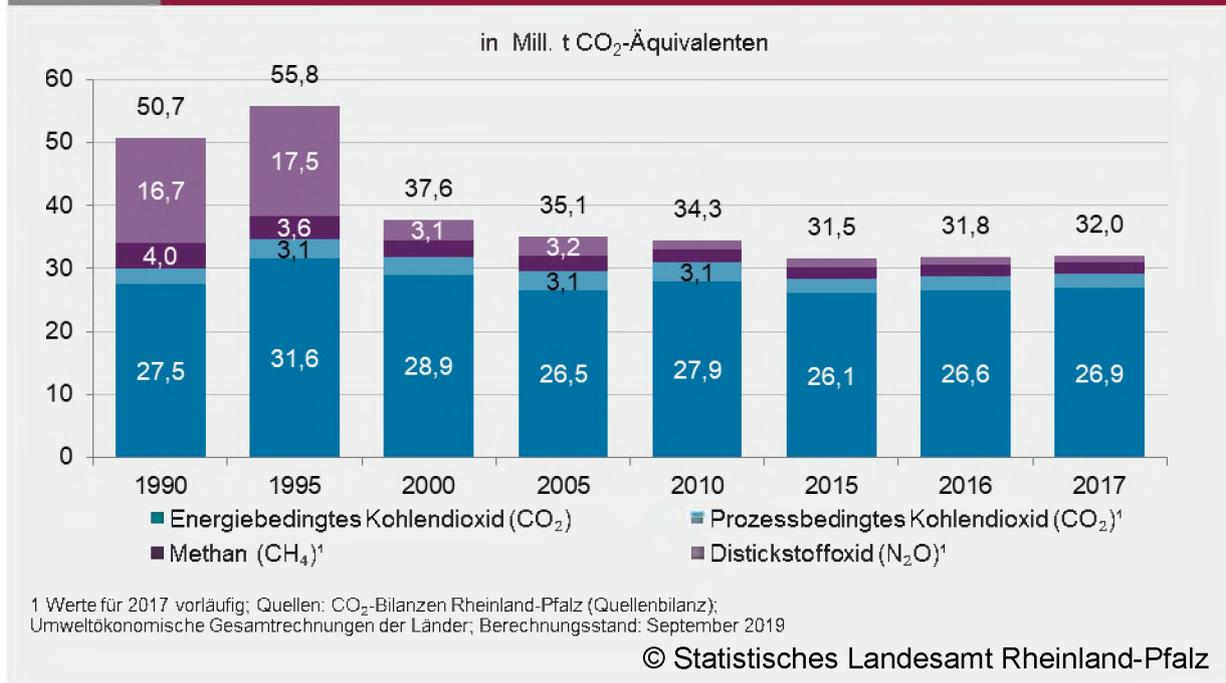
Wie für Veröffentlichungen auf Ebene der Bundesländer üblich, wurden für die Berechnung der gesamten Treibhausgasemissionen die energiebedingten CO₂-Emissionen auf Basis der Quellenbilanz herangezogen. Auch für den Nachweis der anderen Treibhausgasemissionen ist wie bei der Quellenbilanz der Entstehungsort maßgeblich. Nur auf dieser Basis liegen für die Bundesländer vergleichbare und valide Daten vor.

Die in diesem Bericht veröffentlichten Ergebnisse basieren auf ländereinheitlichen Berechnungsmethoden, die in den Arbeitskreisen der Statistischen Ämter der

Länder entwickelt wurden und fortwährend dem aktuellen Stand der Wissenschaft angepasst werden. Deshalb weichen die Ergebnisse in diesem Bericht teilweise von denen des Klimaschutzberichts 2017 ab. Da die verwendeten Emissionsfaktoren und die Berechnungen in den Arbeitskreisen der Statistischen Ämter der Länder für die verschiedenen Arten von Treibhausgasen regelmäßig aktualisiert werden, ist bei der Interpretation der Ergebnisse der jeweilige aktuelle Berechnungsstand zu beachten. Für die Treibhausgase Methan und Lachgas liegen aus dem „Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder“ (AK UGRdL) für das Jahr 2017 erst vorläufige Werte vor (Berechnungsstand: September 2019).

Die Treibhausgasemissionen sind in Rheinland-Pfalz zwischen 1990 und 2017 deutlich gesunken. Im Basisjahr 1990 beliefen sie sich insgesamt noch auf 50,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Am höchsten war der Treibhausgasausstoß Mitte der 1990er-Jahre. Bis 2017 sanken die Emissionen auf 32 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente, d. h. um 37%

Abb. 19 Treibhausgasemissionen 1990 – 2017 nach Art der Gase (in Mil. t)



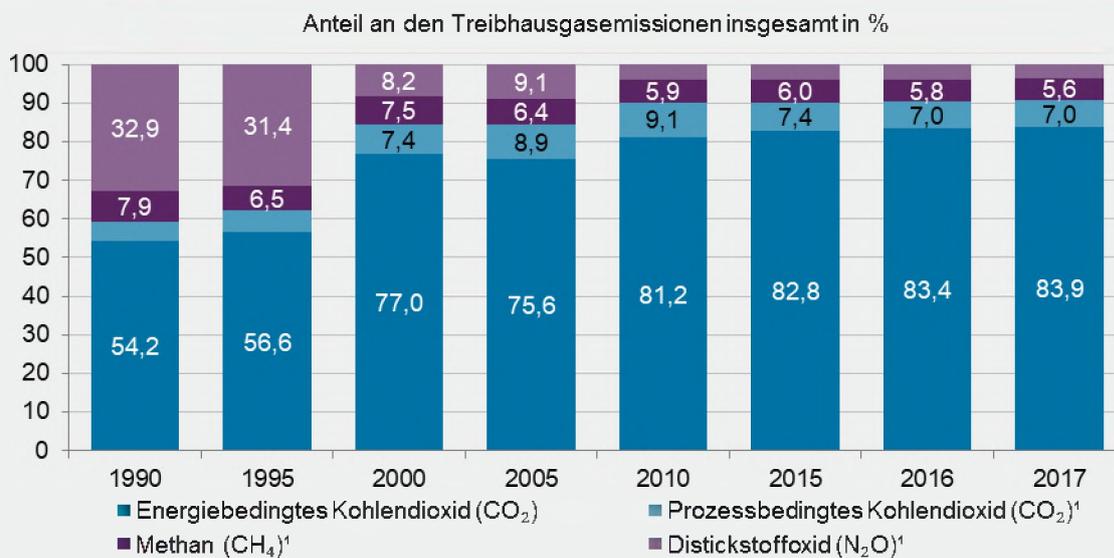
gegenüber dem Basisjahr 1990. Die Emissionsminderung fiel bundesweit mit 28% geringer aus als hierzulande.

Die Entwicklungen der einzelnen Treibhausgasarten waren sehr unterschiedlich. Die energiebedingt freigesetzten Kohlendioxidmengen machen mit 84% den größten Teil des Gesamtausstoßes in Rheinland-Pfalz aus. Die prozessbedingten CO₂-Emissionen hatten 2017 einen Anteil von 7% am gesamten rheinland-pfälzischen Treibhausgasausstoß. Methan

und Lachgas kamen gemeinsam auf einen Anteil von 9,1%.

Die prozessbedingten CO₂-Emissionen beliefen sich 2017 absolut auf 2,2 Millionen Tonnen. Sie lagen damit 12% unter dem Niveau von 1990. Zwischenzeitlich nahm der prozessbedingte Ausstoß von Kohlendioxid allerdings deutlich zu. Er lag 2005 und 2010 bei rund 3,1 Millionen Tonnen. Seit 2010 sanken die prozessbedingten CO₂-Emissionen jedoch wieder (-872.000 Tonnen bzw. -28%).

Abb. 20 Treibhausgasemissionen 1990 – 2017 nach Art der Gase (in %)



¹ Werte für 2017 vorläufig; Quellen: CO₂-Bilanzen Rheinland-Pfalz (Quellenbilanz); Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungsstand: September 2019

© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Wie die energiebedingten Kohlendioxidemissionen lassen sich die prozessbedingten CO₂-Emissionen nach Emittentensektoren bzw. ursächlichen Produktionsbereichen aufgliedern. In Rheinland-Pfalz entsteht ein Teil der prozessbedingten CO₂-Emissionen bei der Produktion von Ammoniak. Zudem werden insbesondere beim Brennen von Zementklinker (einem Grundstoff in der Zementherstellung) und von Kalkstein (zur Kalkherstellung) größere CO₂-Mengen freigesetzt. In der in Rheinland-Pfalz bedeutsamen Glas- und Keramikherstellung fallen dagegen nur sehr geringe Mengen an.

Die energie- und prozessbedingten Kohlendioxidemissionen hatten 2017 gemein-

sam einen Anteil von 91% an den Treibhausgasen. Dieser Anteil ist seit 1990 größer geworden, sodass die Bedeutung von Kohlendioxid im Vergleich zu den anderen Arten von Treibhausgasen zugenommen hat. Zu Beginn des Betrachtungszeitraums lag der Anteil von CO₂ an den Treibhausgasemissionen erst bei 59%.

Mit 29,1 Millionen Tonnen war der Kohlendioxid ausstoß 2017 rund 0,9 Millionen Tonnen niedriger als 1990. Die energie- und prozessbedingten Kohlendioxidemissionen lagen damit 2017 zusammengenommen um 2,9% unter dem Niveau von 1990. Im Vergleich zu Lachgas und Methan veränderten sich die CO₂-Emissionen damit relativ wenig.

Ursächlich für den starken Rückgang der Gesamtemission von Treibhausgasen waren vor allem die Minderungen beim Distickstoffoxid (Lachgas). Im Betrachtungszeitraum sanken die Lachgasemissionen um 93%. Sie machten 1990 noch 33% der Gesamtemissionen aus. Mittlerweile liegt dieser Anteil nur noch bei 3,5%. Durch verfahrenstechnische Maßnahmen in der Chemischen Industrie wurden die Emissionen von 16,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten im Jahr 1990 auf 1,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2017 reduziert. Seit Ende der 1990er-Jahre wird Lachgas, welches vor allem in der Adipinsäureproduktion als unerwünschtes Reaktionsprodukt anfällt, thermisch zersetzt. Der größte Teil der Einsparungen erfolgte in der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre (1995 bis 2000: -82%).

Die Methanemissionen sind im Betrachtungszeitraum ebenfalls kräftig gesunken. Im Jahr 2017 wurden 1,8 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente an Methan freigesetzt. Dies waren 55% weniger als 1990. Der Anteil von Methan an den gesamten Treibhausgasemissionen nahm damit von 7,9% im Jahr 1990 auf 5,6% im Jahr 2017 ab.

Bei der Interpretation der Entwicklung der Treibhausgase ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass über die in diesem

Bericht dargestellten Arten von Treibhausgasen hinaus vergleichsweise kleine Mengen zusätzlicher Treibhausgase freigesetzt werden, die aus Mangel an belastbaren und vergleichbaren Daten nicht abgebildet werden können. Über die Treibhausgase Methan und Lachgas liegen jedoch im AK UGRdL detaillierte Informationen vor, und es ist möglich, eine differenzierte Betrachtung nach Emittentensektoren vorzunehmen.¹⁴

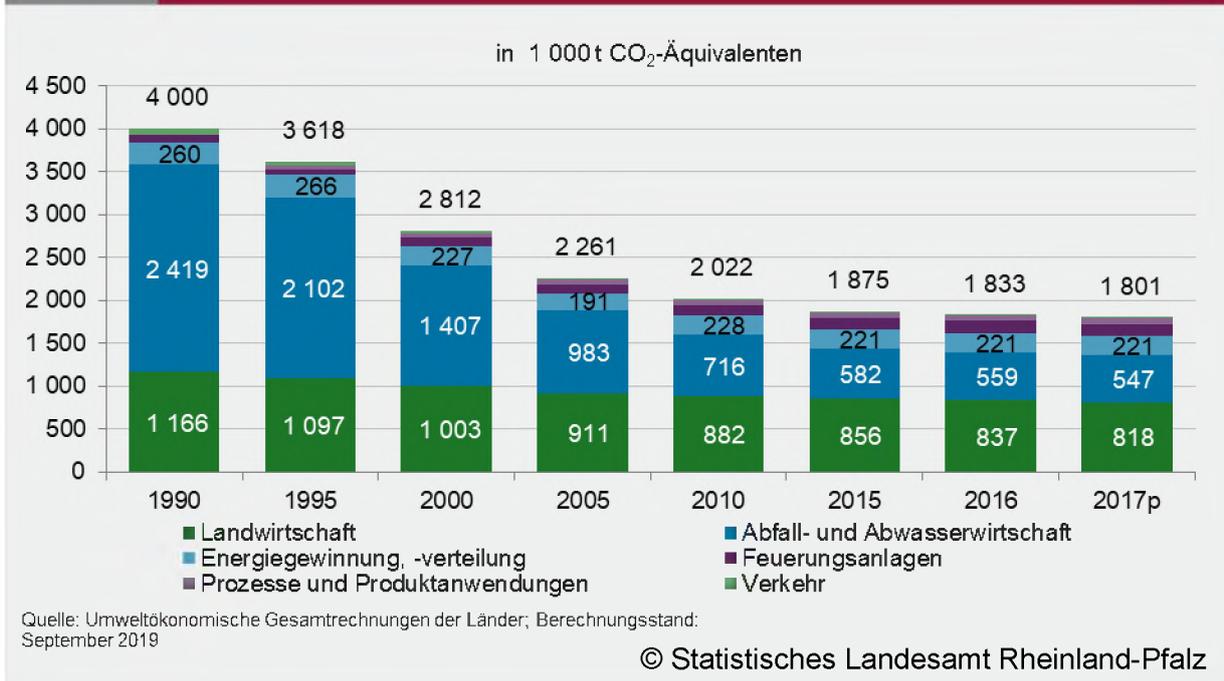
Methan und Lachgas entstehen bei verschiedenen Aktivitäten, die den Sektoren Landwirtschaft, Industrie (Prozesse, Produktanwendungen), Energie (Energiegewinnung und -verteilung, Feuerungsanlagen), Verkehr sowie Abfallwirtschaft und Abwasserbeseitigung zugeordnet werden können. Sie beliefen sich 2017 zusammen auf rund 2,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente.

Die Methanemissionen stammten 2017 hauptsächlich aus der Landwirtschaft. Dieser Sektor war nach vorläufigen Ergebnissen des AK UGRdL für den Ausstoß von 818.000 Tonnen Methan verantwortlich.¹⁵ Dies entsprach 45% des gesamten Methanausstoßes in Rheinland-Pfalz.

¹⁴ Für weitere Informationen über die Erfassung von Treibhausgasen und die methodischen Grundlagen siehe auch Abschnitt 5.1

¹⁵ Berechnungsstand: September 2019.

Abb. 21 Methanemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (in Mil. t)

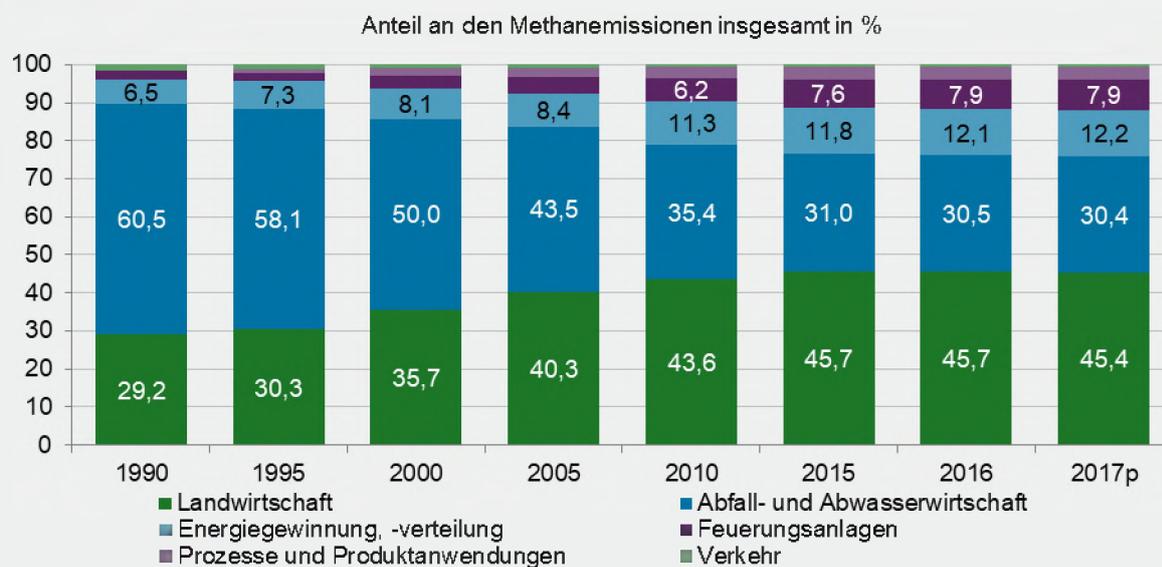


In der Landwirtschaft kommt der Großteil der Emissionen aus der Viehhaltung, insbesondere der Rinderhaltung. Daneben spielt der Einsatz von Wirtschaftsdünger in der Viehhaltung eine größere Rolle. Mit sinkenden Viehbeständen und effizienteren Verfahren bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger gingen im Betrachtungszeitraum auch die Methanemissionen aus der Landwirtschaft deutlich zurück (–30%).

Im Bereich Abfallwirtschaft und Abwasserbehandlung wurden 2017 rund 547.000 Tonnen Methan emittiert. Mit einem Anteil von 30% am gesamten Methanausstoß steht dieser Bereich hinter der Landwirtschaft an zweiter Stelle der

Hauptverursacher. Der überwiegende Teil der Emissionen stammt aus der Deponierung von Abfällen mit biologisch abbaubaren Bestandteilen. Zudem entsteht Methan zu einem wesentlichen Teil in den kommunalen Kläranlagen in Rheinland-Pfalz. Die Emissionen im Bereich Abfallwirtschaft und Abwasserbehandlung waren im Betrachtungszeitraum stark rückläufig (–77%). Deshalb wurde auch der Anteil am gesamten Ausstoß von Methan deutlich kleiner. Im Jahr 1990 war der Bereich Abfallwirtschaft und Abwasserbehandlung mit einem Anteil von 60% noch der Hauptemittent von Methan.

Abb. 22 Methanemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (in %)



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

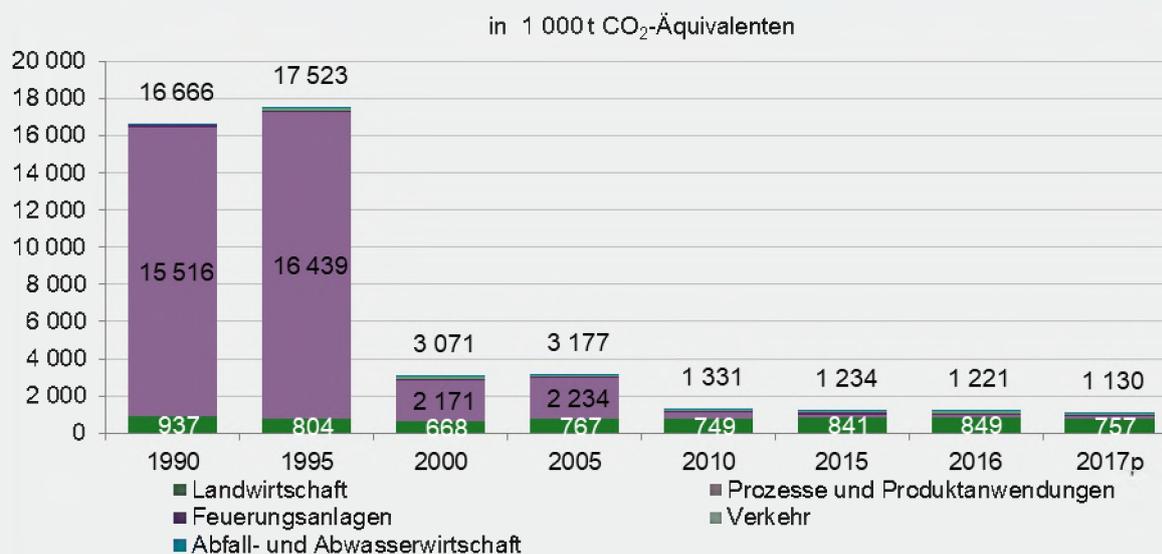
Auf den Sektor Energiegewinnung und -verteilung entfielen 2017 rund 12% der Methanemissionen (221.000 Tonnen CO₂-Äquivalente). Diese Emissionen resultieren fast vollständig aus den Verlusten, die mit der Weiterleitung und Verteilung von Erdgas verbunden sind. Die Emissionen aus der Energiegewinnung und -verteilung sind gegenüber 1990 um 15% gesunken. Der Anteil am gesamten Methanausstoß nahm jedoch um 5,8 Prozentpunkte zu (Anteil 1990: 6,5%).

Die sonstigen Sektoren (Feuerungsanlagen, Prozesse und Produktanwendungen sowie Verkehr) haben nur eine vergleichsweise geringe Bedeutung für die gesamte Menge an freigesetztem Methan. Bei den Feuerungsanlagen wird überwie-

gend durch die Heizungsanlagen privater Haushalte, die feste Brennstoffe wie Kohle und Brennholz verfeuern, Methan freigesetzt. Aus Feuerungsanlagen resultierten 2017 rund 7,9% der gesamten Methanemissionen. Der Sektor Prozesse und Produktanwendungen folgte mit 3,5%; hier entsteht Methan vor allem in der Chemischen Industrie.

Der Hauptverursacher des Ausstoßes von Distickstoffoxid (Lachgas) ist ebenfalls die Landwirtschaft. Im Jahr 2017 stammten nach den vorläufigen Ergebnissen des AK UGRdL 67% der Emissionen aus diesem Sektor (757.000 Tonnen CO₂-Äquivalente). Die Emissionen sind größtenteils eine Folge der Eingriffe in den na-

Abb. 23 Distickstoffoxidemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (in Mil. t)



Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder; Berechnungsstand: September 2019

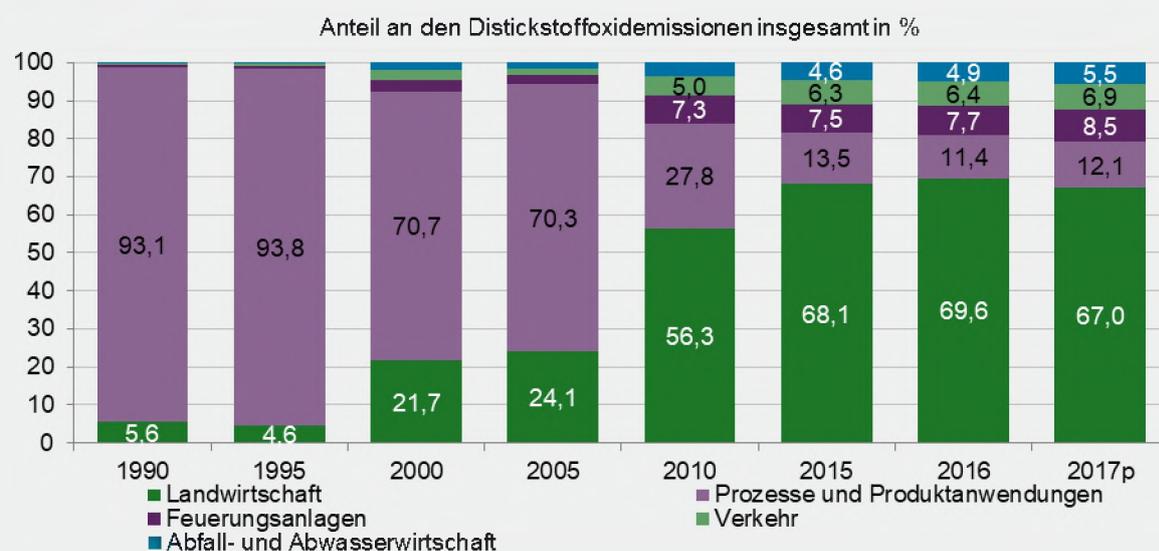
© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

türlichen Bodenhaushalt, z. B. durch Pflanzenbau, Düngung und Viehhaltung. Die Emissionen der Landwirtschaft blieben seit Mitte der 1990er-Jahre relativ stabil. Gegenüber 1990 ist in diesem Sektor ein Minus von 19% zu verzeichnen.

Die größte Reduktion von Distickstoffoxid erfolgte während des Betrachtungszeitraums im Bereich Prozesse und Produktanwendungen. Industrielle Prozesse waren 2017 noch für 137.000 Tonnen CO₂-Äquivalente Lachgas verantwortlich. Emissionsquellen sind z. B. die Produktion von Adipinsäure und stickstoffhaltigen Säuren in der Grundstoffchemie. Die weitgehende Vermeidung der N₂O-Emissionen aus diesen Prozessen war entscheidend

für die kräftige Reduktion der Lachgasemissionen insgesamt. Zwischen 1995 und 2000 nahmen sie im Bereich Prozesse und Produktanwendungen um 87% ab. Bis 2017 erfolgte eine weitere Verminderung der Lachgasemissionen in der Chemischen Industrie, sodass über den gesamten Betrachtungszeitraum eine Reduktion von 99% erreicht wurde. Im Jahr 1990 machte der Ausstoß von Distickstoffoxid noch einen Anteil von 33% an den gesamten Treibhausgasemissionen in Rheinland-Pfalz aus und 93% der Distickstoffoxidemissionen stammten aus dem Bereich Prozesse und Produktanwendungen (2017: 12%). Der kräftige Rückgang der gesamten Treibhausgasemissionen um 37% ist somit zu einem wesentlichen Teil auf die verfahrenstechnischen Inno-

Abb. 24 Distickstoffoxidemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren (%)



© Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

vationen in der für die rheinland-pfälzische Wirtschaft sehr bedeutenden Chemischen Industrie zurückzuführen.

ke, Heizungsanlagen und der Straßenverkehr.

Die übrigen Emittentensektoren, in denen Distickstoffoxid in größeren Mengen freigesetzt wird (Feuerungsanlagen, Verkehr, Abfall- und Abwasserwirtschaft), sind für die Gesamtentwicklung von vergleichsweise geringer Bedeutung (236.000 Tonnen CO₂-Äquivalente). Ihr Anteil an den Lachgasemissionen belief sich allerdings zusammen auf 21%. Gegenüber 1990 sind die Emissionen in diesen drei Sektoren insgesamt um 11% gestiegen. Die wichtigsten Emissionsquellen sind hier die Abwasserreinigung, die Industriekraftwer-

5.4 Zusammenfassung und Bewertung der Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen in Rheinland-Pfalz

Die Emissionsmengen der wichtigsten Treibhausgase in Rheinland-Pfalz – Kohlendioxid, Distickstoffoxid und Methan – nahmen zwischen 1990 und 2017 insgesamt um 37% ab. Zur Erreichung des Zielwertes von 40% bis 2020 fehlen somit noch 3,3 Prozentpunkte. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist zu beachten, dass die Treibhausgasemissionen z. T. kräftigen kurzfristigen Schwankungen unterliegen und aus der jüngeren Entwicklung kein kontinuierlicher Abwärtstrend erkennbar ist. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass für die Beurteilung der Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen aus Gründen der Datenqualität die inländischen Emissionen aus der Quellenbilanz herangezogen werden. Hier bleiben die durch Stromimporte verursachten Emissionen der heimischen Endverbraucher unberücksichtigt.

Ein Großteil der Emissionsminderung erfolgte bereits in den 1990er-Jahren, insbesondere durch die Reduktion von Distickstoffoxid. Zu Beginn des Betrachtungszeitraums war der Ausstoß von Distickstoffoxid in Rheinland-Pfalz auch im

Vergleich zu anderen Bundesländern sehr hoch. Der Grund hierfür waren die produktionsbedingten Emissionen der heimischen Industrie, insbesondere der Chemischen Industrie. Mithilfe technischer Maßnahmen konnten die Distickstoffoxidemissionen erheblich reduziert werden. Die Emissionsminderung hat sich seit den 1990er-Jahren deutlich verlangsamt. Gegenüber 2010 wurde zwar eine Emissionsminderung von 6,7% realisiert, aber diese starke Reduktion dürfte vor allem auf konjunktur- und witterungsbedingte Schwankungen zurückzuführen sein. Eindeutige Schlussfolgerungen über weitere richtungsweisende Impulse lässt die jüngere Entwicklung der Emissionsmengen noch nicht zu. Die Emissionen lagen 2017 beispielsweise wieder auf dem Niveau von 2011 und 2012.

Die Methan- und Distickstoffoxidemissionen haben seit 1990 kräftig an Bedeutung verloren. Ihr Anteil an den Gesamtemissionen belief sich 1990 zusammen auf 41%, bis 2017 sank der Anteil auf 9,1%. Die prozessbedingten CO₂-Emissionen sind dagegen zwischenzeitlich gestiegen, lagen jedoch 2017 rund 12%

unter dem Niveau von 1990. Ihre Bedeutung für die Gesamtemissionen nahm im Betrachtungszeitraum leicht zu und lag 2017 bei 7% (+2 Prozentpunkte).

Für die Realisierung von Klimaschutzziele sind heute die Entwicklungen bei den energiebedingten Kohlendioxidemissionen ausschlaggebend. Die CO₂-Emissionen sind zwar langfristig auch gesunken (1990 bis 2017: –2,1% nach der Quellenbilanz bzw. –12% nach der Verursacherbilanz), aber nicht in dem Ausmaß wie Methan und Distickstoffoxid. Die CO₂-Emissionen haben mittlerweile das höchste Gewicht und damit den stärksten Einfluss auf das Minderungspotenzial der Treibhausgase insgesamt: Im Jahr 2017 waren 84% der in Rheinland-Pfalz ausgestoßenen Kohlendioxidemissionen auf die Verbrennung fossiler Energieträger durch den Energieverbrauch zurückzuführen. Im Basisjahr 1990 lag dieser Anteil noch bei 54%. Während bei den Haushalten und in der Industrie deutliche Minderungen der CO₂-Emissionen realisiert wurden, mussten im Sektor Verkehr steigende Emissionen hingenommen werden. Für die höheren Emissionen im Verkehrssektor war vor allem der Straßenverkehr verantwortlich.

6. ENTWICKLUNG DER ENERGIEBEDINGTEN EMISSIONEN VON SO₂ UND NO_x

Methodik der Emissionsberechnung

Die Ermittlung der SO₂- und NO_x-Emissionen auf Basis der in den Energiebilanztabellen 2016 und 2017 aufgeführten Endenergieverbrauchsmengen erfolgt mit Hilfe von Emissionsfaktoren.

Die SO₂- und NO_x-Generalfaktoren für Rheinland-Pfalz wurden in Anlehnung an die gesamtdeutsche Entwicklung ermittelt.

Der entsprechende bundesdeutsche Generalfaktor wurde auf Basis der vom BMWi veröffentlichten Daten zum Brennstoffeinsatz der Stromerzeugung, des energiebedingten Schwefeldioxid- bzw. Stickoxid- ausstoßes sowie der Entwicklung des Wirkungsgrades von fossilen Stromerzeugungsanlagen abgeleitet. Hier ergaben sich leichte Verringerungen der SO₂- und NO_x-Generalfaktoren, bedingt durch den erhöhten Einsatz erneuerbarer Energieträger bei abnehmenden fossilen Anteilen.

Für die Emissionsfaktoren des Verkehrs (Motorenbenzin, Dieselkraftstoff) wurde die durchschnittliche Entwicklung der letzten fünf Jahre zu Grunde gelegt, ebenso für die Höhe des Emissionsfaktors für

Heizöl EL. Für alle drei Emissionsfaktoren ergeben sich Verbesserungen. Die kontinuierliche Erneuerung des Fahrzeugparks bzw. des Heizungsbestandes rechtfertigen diese Annahmen.

SO₂ und NO_x-Emissionen nach Verbrauchergruppen

Emittentengruppe Industrie

Der Endenergieverbrauch der Emittentengruppe stieg von 2015 auf 2016 um +1,7% an, sank jedoch im Folgejahr 2017 um -1,0% ab.

Die größte Reduktion ergab sich mit -5,7% bzw. -4,8% für die beiden Bilanzjahre bei den festen Brennstoffen.

Bei flüssigen bzw. gasförmigen Brennstoffen gab es jeweils Erhöhungen um +4,4% bzw. +3,7% gegenüber 2016. Bezogen auf das Folgejahr ergaben sich wieder Reduktionen um -2,2% bzw. -4,9%.

Der Verbrauch von Strom und Fernwärme stieg 2016 erst geringfügig (+0,3%), in 2017 dann stärker (+3,3%) an.

Den weitaus größten Anteil bei den SO₂-Emissionen der Emittentengruppe hat der Verbrauch von Strom und Fernwärme (2017: 87%). Der geringe Verbrauchsanstieg dieser Energieträger in 2016 führte zu einer Reduktion der SO₂-Emissionen in Höhe von -6,1% bedingt durch den verbesserten Generalfaktor Strom (höherer Anteil erneuerbarer Energieträger bei stark sinkender Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle)¹. Dies führte in Summe zu einer Reduktion der Gesamtemissionen von SO₂ in dieser Emittentengruppe um -5,8%. Im Jahr 2017 stieg der Endenergieverbrauch von Strom der Industrie deutlich an (+3,3%). Der Mehrverbrauch konnte nicht durch die Veränderungen beim Generalfaktor kompensiert werden, daher stieg der Gesamtemissionswert um 2,3% an.

Die NO_x-Emissionen der Verbrauchergruppe werden wesentlich durch den Verbrauch von Strom und Fernwärme (2017: 75%) sowie von gasförmigen Brennstoffen (2017: 22%) bestimmt. Korrelierend mit der Entwicklung des Energieverbrauchs gasförmiger Brennstoffe (3,7% in 2016

und -4,9% in 2017) stiegen bzw. fielen die NO_x-Emissionen des Energieträgers um +4,0% bzw. -4,9%. Die NO_x-Emissionen bedingt durch den Verbrauch von Strom und Fernwärme fielen in 2016 um -1,0%, in 2017 stiegen sie um +2,2% an.

Aufgrund der prozentualen Anteil der jeweiligen Energieträger veränderten sich die Gesamtemissionen von NO_x nur geringfügig (+0,04% in 2016, +0,4% in 2017).

Emittentengruppe Verkehr insgesamt

Der Endenergieverbrauch des Verkehrs wird maßgeblich vom Verbrauch flüssiger Brennstoffe bestimmt (2017: 98%). Desessen Verbrauch stieg in 2016 um +1,8% und in 2017 um weitere +1,6% an.

Die Anteile der weiteren Energieträger „gasförmige Brennstoffe“ und „Strom“ in der Emittentengruppe Verkehr liegen weiterhin mit jeweils 1% auf unbedeutendem Niveau, ihr Verbrauch nahm mit -8,3% bzw. -4,8 im Jahr 2017 weiter ab.

Die SO₂-Emissionen der Emittentengruppe Verkehr entstammen hälftig aus dem Verbrauch von flüssigen Brennstoffen (2017: 52%) und Strom. Die SO₂-Emissionen aus dem EEV von flüssigen Brennstoffen stiegen in beiden Bilanzjahren um 2,4% (2016) bzw. 4,7% im Jahr 2017 an, die Emissionen aus dem Verbrauch von

¹ Steinkohle: -4,7% in 2016 bzw. -16,6% in 2017
 Braunkohle: -3,2% in 2016; bzw. -0,8% in 2017
 Mineralöl: -5,8% in 2016 und -4,7% in 2017
 BMWi, Zahlen und Fakten, Energiedaten, Nationale und Internationale Entwicklung, Tab. 22; vom 22.01.2019
<http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/energiedaten.html>

Strom im Verkehrsbereich reduzierten sich um -2,3% im Jahr 2016 und im Folgejahr 2017 um weitere -3,9%.

Für die Entwicklung der gesamten SO₂-Emissionen der Emittentengruppe ergibt sich eine geringe Reduktion von -0,4% gefolgt von einer geringfügigen Steigerung um +0,4% im Jahr 2017.

Entsprechend dem dominierenden Anteil der flüssigen Brennstoffe liegt der Anteil der NO_x-Emissionen aus dem Energieträger bei 98%.

Trotz steigendem Verbrauch sanken die gesamten Emissionen von NO_x in der Emittentengruppe im Betrachtungszeitraum um -2,5% bzw. -2,9%.

Emittentengruppe Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher

Der Endenergieverbrauch dieser Gruppe von Emittenten setzt sich 2017 zu 40% aus dem Verbrauch von gasförmigen Brennstoffen, zu 27% aus Strom und Fernwärme, zu 23% flüssige Brennstoffe und zu 10% aus festen Brennstoffen zusammen.

In Summe ergab sich eine Erhöhung des Gesamtverbrauchs in dieser Emittentengruppe um +3,8% bzw. +1,1% im Jahr 2017. Wesentlichen Anteil daran hat der

gestiegene Verbrauch von gasförmigen Brennstoffen (+11,2% bzw. +3,5%).

67% der SO₂-Emissionen entstammen 2017 aus dem Verbrauch von Strom und Fernwärme. Die Emissionen an Schwefeldioxid dieser Energieträger sanken im Jahr 2016 um -11,8% ab und stiegen im Folgejahr um geringfügige +0,3% wieder an. SO₂-Emissionen aus dem Verbrauch von flüssigen Brennstoffen stellen mit rund 31% Anteil im Jahr 2017 die zweite wesentliche Emissionsquelle dar. Die SO₂-Emissionen des Energieträgers sanken um -1,7% in 2016 bzw. stiegen im Jahr 2017 wieder geringfügig um 0,9% an.

In Summe ergibt sich in der Emittentengruppe eine Reduktion der SO₂-Emissionen um -8,7% in 2016 und eine leichte Steigerung um +0,6% im Jahr 2017.

Die NO_x-Emissionen der Emittentengruppe sanken im Betrachtungszeitraum insgesamt um -1,2% bzw. -0,03% in 2017.

Im Wesentlichen liegt dies an sinkenden Emissionen bei Strom und Fernwärme (-6,0% bzw. -0,7% in 2017). Der Anteil der NO_x-Emissionen aus der Nutzung von Strom und Fernwärme an den Gesamtemissionen von Stickoxiden liegt bei 54%.

Flüssige und gasförmige Brennstoffe sind für jeweils rund 23% der NO_x-Emissionen verantwortlich, wobei die Emissionen aus der Nutzung der flüssigen Brennstoffe im Betrachtungszeitraum mit -0,4% und -1,6% gesunken sind, wogegen die der gasförmigen Brennstoffe mit 11,4% bzw. 3,0% in 2017 angestiegen sind.

Gesamtemissionen der drei Emittentengruppen

Für die Bilanzjahre werden für Rheinland-Pfalz SO₂-Emissionen in Summe der drei Emittentengruppen in Höhe von 11.120 t/a (2016) und 11.275 t/a für das Jahr 2017 ermittelt.

Der weitaus größte Anteil wird durch den Verbrauch von Strom und Fernwärme (77%) sowie flüssige Brennstoffe (17%) verursacht, feste (5%) sowie gasförmige Brennstoffe (1%) haben weitaus geringere Anteile.

In Summe sanken die SO₂-Emissionen in 2016 um -7,0% und stiegen im Folgejahr um +1,4% leicht an.

Für die Jahre 2016 und 2017 werden in Rheinland-Pfalz NO_x-Emissionen in Höhe von 54.140 t/a bzw. 53.495 t/a ausgewiesen. Rund die Hälfte der Emissionen entstammen der Nutzung flüssiger Brennstoffe, der Anteil von Strom und Fernwärme liegt bei 37%. Durch gasförmige Brenn-

stoffe werden rund 13% NO_x-Emissionen emittiert.

Insgesamt ergibt sich für die Bilanzjahre eine Reduktion um -1,5% (2016) und -1,2% (2017).

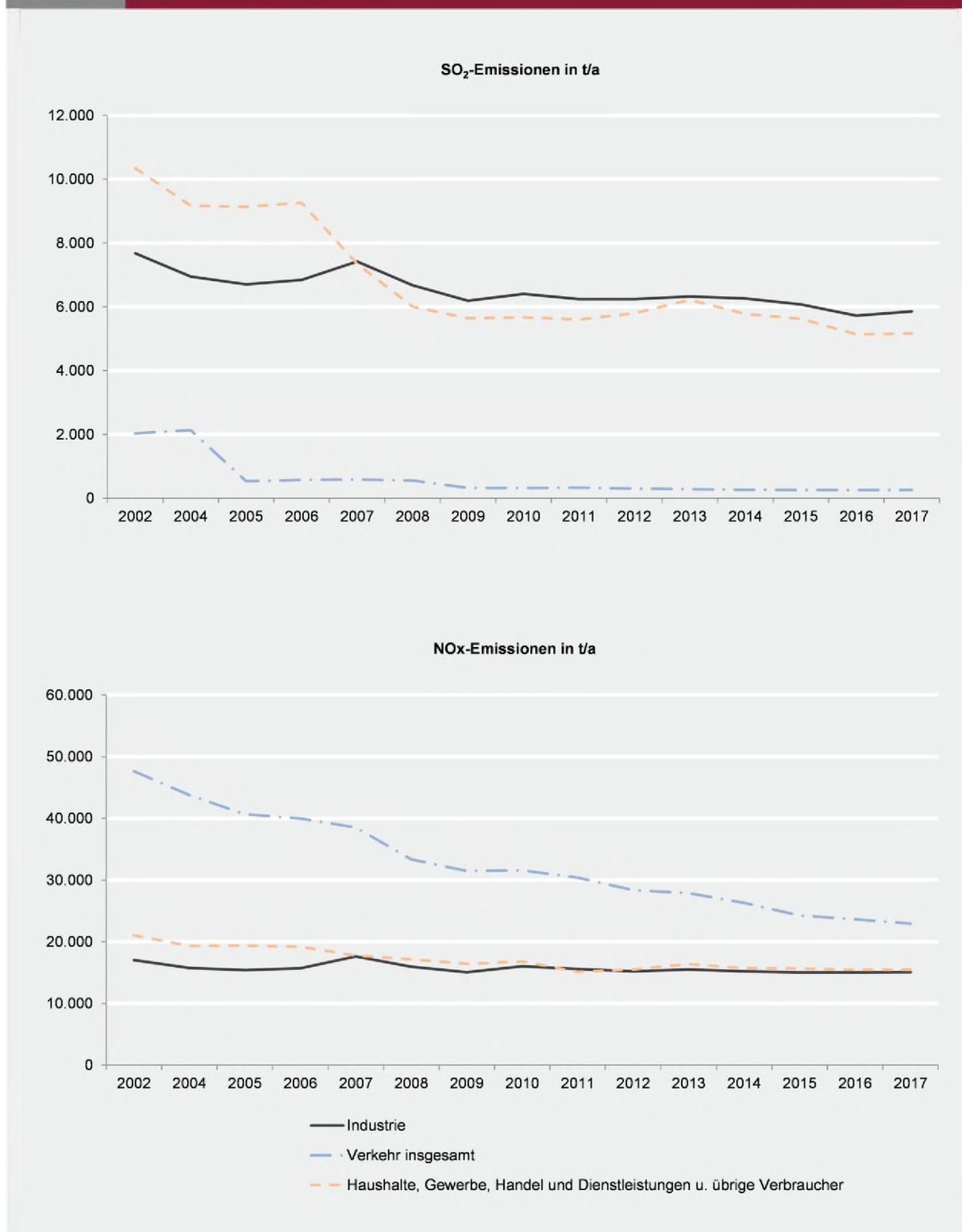
Gesamtergebnisse auf Landesebene

Der Ausstoß von Schwefeldioxid (SO₂) zeigte in der langjährigen Betrachtung seit 2002 eine stetig abnehmende Tendenz und hat in 2017 mit 11.275 t/a einen neuen Tiefststand erreicht.

Bei den Emissionen von SO₂ hat die Emittentengruppe Industrie mit 52% den größten Anteil. Den zweithöchsten Anteil mit 46% tragen die Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen u. übrige Verbraucher bei. Der Anteil des Verkehrs liegt bei 2%.

Den größten Anteil an den NO_x-Emissionen hat mit 43% in 2017 der Verkehrssektor. Auf die beiden anderen Emittentengruppen entfallen jeweils rund 29% der NO_x-Emissionen.

Abb. 25 SO₂ und NO_x-Emissionen in t pro Jahr





Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Str. 1
55116 Mainz

poststelle@mueef.rlp.de
www.mueef.rlp.de

13. ENERGIEBERICHT RHEINLAND-PFALZ

A N H A N G

zum

Bericht

Übersicht der Kapitel des Hauptberichtes mit Anhängen oder ergänzenden Informationen:

3.1 Erneuerbare Energiequellen, KWK und Eigenstromversorgung	5
Anhang 1: Windenergieanlagen im Wald.....	5
Anhang 2: Energieholzverkauf Landesforsten Rheinland-Pfalz.....	5
3.4 Energieforschung und Wissenstransfer	6 – 51
3.5 Das Land als Vorbild	52
Anhang 3: Biomasseanlagen in LBB-Liegenschaften.....	52
Anhang 4: Solarthermieanlagen in LBB-Liegenschaften (inkl. Hochschulen).....	53
Anhang 5: Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften ohne Hochschulen).....	54
Anhang 6: Stromertrag der Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften ohne Hochschulen).....	55
Anhang 7: Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften; Hochschulen).....	55
Anhang 8: Stromertrag der Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften; Hochschulen).....	55
Anhang 9: Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) in LBB-Liegenschaften (inkl. Hochschulen).....	56
Anhang 10: Strom- und Wärmeerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) in LBB-Liegenschaften (inkl. Hochschulen).....	57
Anhang 11: Geothermieanlagen in LBB-Liegenschaften inkl. Hochschulen.....	57
4: Entwicklung von Energieerzeugung und –verbrauch in RLP	58 - 61
Anhang 12: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in spezifischen Mengeneinheiten.....	62
Anhang 13: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in Terajoule.....	64
Anhang 14: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in Kilowattstunden.....	66
Anhang 15: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in spezifischen Mengeneinheiten.....	68
Anhang 16: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in Terajoule.....	70
Anhang 17: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in Kilowattstunden.....	72
Anhang 18: Zeichenerklärung zur Darstellung der Energiebilanz.....	74
Anhang 19: Satellitenbilanz „Erneuerbare Energieträger“ 2016.....	75
Anhang 20: Satellitenbilanz „Erneuerbare Energieträger“ 2017.....	76
Anhang 21: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur rheinland-pfälzischen Energiebilanz 2016.....	77

Anhang 22: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur rheinland-pfälzischen Energiebilanz 2017.....	78
Anhang 23: Energieflussbild Rheinland-Pfalz 2017.....	79
4.1: Rahmenbedingungen und Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs.....	80
Anhang 24: Bruttowertschöpfung 2000 – 2017 nach Wirtschaftsbereichen.....	80
Anhang 25: Erwerbstätige 2000 – 2018 nach Wirtschaftsbereichen.....	81
Anhang 26: Ausgewählte Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs 1990 – 2017.....	82
Anhang 27: Ausgewählte Kennzahlen und Indikatoren zum Energieverbrauch 1990 – 2017.....	83
4.2: Entwicklung der Bruttostromerzeugung und des Bruttostromverbrauchs.....	84
Anhang 28: Strombilanz 1990 – 2017.....	84
4.3: Entwicklung der Wärmeerzeugung und des Wärmeverbrauchs.....	85
Anhang 29: Bruttoendenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren.....	85
4.4: Entwicklung des Energieverbrauchs im Bereich der Mobilität.....	86
Anhang 30: Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Verbrauchergruppen.....	86
Anhang 31: Endenergieverbrauch 1990-2017 nach Verbrauchergr. und Energieträgern.....	87
4.5: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren.....	88
Anhang 32: Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Energieträgern.....	88
Anhang 33: Primärenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Energieträgern.....	89
Anhang 34: Struktur des Energieverbrauchs 1990 – 2017.....	90
4.6: Entwicklung der Energiepreise.....	91
Anhang 35: Index1) der Erzeugerpreise für gewerbliche Produkte, Energie und ausgewählte Energieträger in Deutschland 2000 – 2018.....	91
Anhang 36: Index der Verbraucherpreise und für ausgewählte Energieträger in Rheinland-Pfalz 1995 – 2018.....	92
Anhang 37: Index der Verbraucherpreise für Kraftstoffe in Rheinland-Pfalz 1995 – 2018.....	93

5.0: Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990 – 2017	94
Anhang 38: CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990–2017 nach Emittentensektoren.....	94
Anhang 39: CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990–2017 nach Energieträgern.....	95
Anhang 40: CO ₂ -Emissionen nach der Quellenbilanz 1990–2017 nach Emittentensektoren.....	96
Anhang 41: CO ₂ -Emissionen nach der Quellenbilanz 1990–2017 nach Energieträgern.....	97
Anhang 42: Ausgewählte Kennzahlen und Indikatoren zu den CO ₂ -Emissionen 1990–2017.....	98
Anhang 43: Treibhausgasemissionen 1990 – 2017 nach Art der Gase.....	99
Anhang 44: Methanemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren.....	100
Anhang 45: Distickstoffoxidemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren.....	101
Anhang 46: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur Energiebilanz 2017.....	102
Anhang 47: CO ₂ -Emissionsfaktoren 2017 nach Energieträgern.....	103
Anhang 48: CO ₂ -Emissionen nach der Quellenbilanz in Rheinland-Pfalz 2017	104
Anhang 49: Temperaturbereinigte CO ₂ -Emissionen nach der Quellenbilanz in Rheinland-Pfalz 2017.....	105
Anhang 50: CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanz in Rheinland-Pfalz 2017.....	106
Anhang 51: Temperaturbereinigte CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanz in Rheinland-Pfalz 2017.....	107

3.1 Erneuerbare Energiequellen, KWK und Eigenstromversorgung

Anhang 1: Windenergieanlagen im Wald

Jahr	Windenergieanlagen im Wald	davon		
		Kommunal-Wald	Privat-Wald	Staats-Wald
2011	162	145	6	11
2012	212	188	11	13
2013	257	229	13	15
2014	309	271	17	21
2015	352	301	26	25
2016	397	340	31	26
2017	422	363	32	27
2018	440	371	35	34

Quelle: Meldungen der Forstämter

Anhang 2: Energieholzverkauf Landesforsten Rheinland-Pfalz im Jahr 2018 (alle Besitzarten)

Verkauf durch Landesforsten	Staatswald	151.000
	Kommunalwald	314.000
	Privatwald	10.000
geschätzter zusätzlicher Anfall (auch Eigenbedarf)	Privatwald	200.000
Summe		675.000

Kunden	gewerblich	21 %
	nicht gewerblich	79 %

Nutzungsform	Hackschnitzel	5,2 %
	Waldholz	94,8 %

Anteile der Baumarten	Buche	64 %
	Eiche	17 %
	Nadelholz (z.B. Kiefer)	7 %
	Sonstige	12 %

3.4 Energieforschung und Wissenstransfer

Einzelprojekte der Hochschulen und der Forschungseinrichtungen

In zahlreichen Forschungsschwerpunkten und Forschungszentren der Hochschulen die im Rahmen der Forschungsinitiative des Landes gefördert werden, wird sich mit Fragen der Energieforschung beschäftigt, wie z. B. mit Themenstellungen, die dem Grundlagenverständnis energetischer Prozesse oder der Materialentwicklung dienen. Die komplexen Herausforderungen der Energiewende machen dabei in vielen Fällen eine Herangehensweise über Fächergrenzen hinweg notwendig.

Für die einzelnen Hochschulregionen sind nachfolgend u. a. Professuren und Forschungsverbände genannt, die sich mit Fragestellungen aus der Energieforschung beschäftigen und die mit ihren vernetzten Projekten dazu beitragen, die Energiewende erfolgreich umzusetzen. Die daran anschließend angeführten Beispiele geben einen Eindruck über die breite thematische Aufstellung und die Vernetzung der Akteure.

In rheinland-pfälzischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen werden zahlreiche Projekte bearbeitet, die sich mit Forschungsfragen beschäftigen, die einen direkten und indirekten Bezug zur Energieforschung haben und so das Bild vervollständigen. Die folgende Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Studiengänge mit Schwerpunkt „Energie“:

An den sieben Hochschulen und vier Universitäten des Landes werden künftige Fachkräfte für das Thema Energie ausgebildet. Insgesamt werden im Berichtszeitraum 21 Studiengänge angeboten, davon 11 grundständige Studiengänge mit dem Abschluss Bachelor und 10 weiterführende Studiengänge mit dem Abschluss Master.

Studienfach	Abschluss	Hochschulname	Studienort	Studientyp
Energie- Betriebsmanagement	Master of Engineering	Fachhochschule Bingen	Bingen	weiterführend
Energie-, Gebäudemanagement	Master of Science	Fachhochschule Bingen	Bingen	weiterführend
Energie- und Prozesstechnik	Bachelor of Science	Fachhochschule Bingen	Bingen	grundständig
Regenerative Energiewirtschaft	Bachelor of Science	Fachhochschule Bingen	Bingen	grundständig

Studienfach	Abschluss	Hochschulname	Studienort	Studientyp
Energieeffiziente Systeme	Bachelor	Hochschule Kaiserslautern	Kaiserslautern	grundständig
Architektur	Master	Hochschule Kaiserslautern	Kaiserslautern	weiterführend
Betriebswirtschaft	Bachelor	Hochschule Kaiserslautern	Zweibrücken	grundständig
Elektrotechnik	Bachelor	Hochschule Kaiserslautern	Kaiserslautern	grundständig
Prozessingenieurwesen	Bachelor	Hochschule Kaiserslautern	Kaiserslautern	grundständig
Wirtschaftsingenieurwesen	Bachelor	Hochschule Kaiserslautern	Kaiserslautern	grundständig
Energiemanagement	Master	Hochschule Trier	Trier	weiterführend
Energietechnik - Regenerative und Effiziente Energiesysteme	Bachelor	Hochschule Trier	Trier	grundständig
Erneuerbare Energien	Bachelor of Science	Hochschule Trier	Birkenfeld	grundständig
Umweltorientierte Energietechnik	Master	Hochschule Trier	Birkenfeld	weiterführend
Unternehmensrecht und Energierecht	Master of Laws (LL. M.)	Hochschule Trier	Birkenfeld	weiterführend
Elektrotechnik	Bachelor	Hochschule Trier	Trier	grundständig
International Material Flow Management	Master	Hochschule Trier	Birkenfeld	weiterführend
Energie- und Verfahrenstechnik	Bachelor	TU Kaiserslautern	Kaiserslautern	grundständig
Verfahrens- und Energietechnik	Master	TU Kaiserslautern	Kaiserslautern	weiterführend
Elektrotechnik	Diplom	TU Kaiserslautern	Kaiserslautern	grundständig
Energiemanagement	Master	Universität Koblenz-Landau	Koblenz	weiterführend

Quelle: <http://studinfo.rlp.de/hochschulen/>

Johannes Gutenberg Universität Mainz

Maßnahmen aus den Bereichen Forschung und Technologietransfer

2 Projekte aus dem Arbeitskreis Prof. Dr.-Ing. Michael Kersten, PD Dr. Frieder Enzmann, Institut für Geowissenschaften

HyINTEGER

Mikrotomographische Quantifizierung von Lösung-/Fällungsprozessen in der Porenskala und reaktive Simulation der Porositäts-Permeabilitätsbeziehung

Ziel der im Projekt "HyINTEGER" durchgeführten Forschungsarbeiten ist die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen den technischen Einrichtungen eines Wasserstoffspeichers und den natürlichen (Untergrund-)Bestandteilen in einem stark korrosiven, hoch salinaren Milieu unter Einsatz geowissenschaftlicher Methoden.

Laufzeit: 2016 – 2020

Fördersumme: 233 k€

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

ReSalt

Mikrotomographische Quantifizierung von Fällungsprozessen (Scaling) in Reservoirgesteinen und reaktive Simulation der induzierten Porositäts-/Permeabilitätsänderung

Nachhaltige Entwicklungen tiefengeothermischer Anlagen erfordern eine Verbesserung der Gesteinspermeabilität und ständige Nachsorge während der gesamten Nutzungszeit des Reservoirs. Die Interaktion zwischen wärmetragendem Fluid und Gestein kann bereits in der Tiefe die Lösung oder Fällung von Mineralen (das sogenannte „Scaling“) bedingen, wodurch die Reservoirigenschaften schnell negativ verändert werden können. Dies kann wiederum die Wärmeaustauschkapazität des Reservoirs sowie hydromechanische Reaktionen des Gesteins auf die Fluidzirkulation nach sich ziehen, die bis hin zum Verschluss der Wasserwegigkeiten im Untergrund führen kann. Das Projekt ReSalt zielt darauf ab zum einen die fundamentalen Prozesse bei Fällungsreaktionen im Reservoir und deren Einfluss auf wichtige Reservoirigenschaften wie Porosität und Permeabilität zu verstehen, und zum anderen die Betriebsbedingungen wie Druck, Temperatur und Stimulationsszenarios in Hinblick auf eine Minimierung von Ausfällungen zu optimieren.

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Maßnahmen aus dem Bereich Wissenstransfer

Ferien- und Schnupperkurse der JGU zum Thema Energie in den Jahren 2017-2018

Schnupperkurs: Flower Power – Nachwachsende Rohstoffe im Botanischen Garten

„Der Schnupperkurs „Nachwachsende Rohstoffe im Botanischen Garten“ soll[t]e die Nutzung von Pflanzen als Energieträger und Rohstofflieferanten für industrielle Zwecke thematisieren und das Angebot an BNE-Projekten (Projekte einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung) in

der Grünen Schule ausbauen. Nachwachsende Rohstoffe sind land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel verwendet werden. Sie werden als Industrierohstoffe, aber auch als Energieträger genutzt. Mit ihrer neutralen CO₂-Bilanz werden sie in vielen Bereichen als eine nachhaltige Alternative zu den traditionellen fossilen Energieträgern angesehen. Allerdings stellen sich bei ihrer Verwendung auch viele Fragen: Reicht das Potenzial der nachwachsenden Rohstoffe zur Deckung des Energiebedarfs? Geht der Anbau von Energiepflanzen auf Kosten der Produktion von Nahrungsmitteln? Inwieweit verändert der Anbau von Energiepflanzen unsere traditionelle Kulturlandschaft? Zur Diskussion dieser Fragen bieten sich Konzepte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung an. Diese fördert Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung von Fähigkeiten zu einer zukunftsfähigen Gestaltung unserer Umwelt. In diesem Kurs soll[t]en Jugendliche der Klassenstufen 9 bis 11 die Nutzungsmöglichkeiten von Pflanzen experimentell erarbeiten und kritisch hinterfragen. Eine eigene Abteilung im Botanischen Garten in Mainz, in der die wichtigsten Industrie- und Energiepflanzen gezeigt werden, bietet für eine anschauliche Durchführung des Projektes beste Voraussetzungen.“

Ablauf des Kurses: Zunächst erfolgte folgender kurzer Einstieg: Durch ein Gruppengespräch und eine Kurz-Präsentation der Lehrperson sollen die Schülerinnen und Schüler den eigenen Energieverbrauch und dessen mögliche Konsequenzen für Mensch und Natur reflektieren. Sie erarbeiten den Unterschied zwischen fossilen und regenerativen Energien, und sie definieren den Begriff Bioenergie.

Im Anschluss daran erarbeiteten die Schülerinnen und Schüler in 2erGruppen an 3 Stationen Erkenntnisse zu nachwachsenden Rohstoffen. Abgeschlossen wurden die jeweiligen Kurse mit einem Rollenspiel, in welchem die Schülerinnen und Schüler globale Aspekte der Nutzung von Energiepflanzen erarbeiten, um in einer abschließenden Diskussion im Plenum eine eigene Position und Handlungsmöglichkeiten zum Thema Energieverbrauch und -erzeugung sowie Ressourcenschutz zu entwickeln.

Der Kurs war 2012 und 2013 Projekt im Rahmen von „Wissenschaft/Zukunft“ und hat sich verstetigt. 2017 wurde der Kurs 3-mal und 2018 einmal durchgeführt mit insgesamt 74 Schüler/innen der 8. bis 10. Klassen.

HOCHSCHULE MAINZ

Die Hochschule Mainz betreibt Energieforschung mit externen Partnern; beispielhaft sind die folgenden Projekte:

SmartTOM HS Mainz

Gegenstand des Forschungsprojektes unter der Leitung von Prof. Thomas Giel, Professor für Technisches Gebäudemanagement, ist die Weiterentwicklung des innovativen Energiemonitoring-Systems SmartTOM der Hochschule Mainz. Gestiegene Nutzeranforderungen, komplexer werdende gesetzliche Rahmenbedingungen und die daraus resultierenden höheren Technisierungsgrade von Gebäuden sind verbunden mit zunehmenden Herausforderungen für einen wirtschaftlichen, funktions- und bedarfsgerechten Betrieb von Gebäuden. In der Planungs- und Bauphase müssen die Voraussetzungen für einen effizienten Betrieb geschaffen werden. Das SmartTOM trägt dazu bei, an den Schnittstellen zwischen der Planungs- und Bauphase und der Nutzungsphase die angestrebte Qualität und Energieeffizienz insbesondere der Gebäudetechnik zu sichern.

In Kooperationen aus der Hochschule Mainz / Prof. Thomas Giel und Unternehmen wird damit ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz im Gebäudebestand geleistet. SmartTOM hilft den Nutzern Typfehler in ihren Energieerzeugungsanlagen im Gebäude zu erkennen und zu beheben. Dadurch können Bestandsgebäude so energieeffiziente wie möglich betrieben werden. Durch den Einsatz des SmartTOMs können bis zu 20 % des Energieverbrauchs eingespart werden.

NUKOSI-TGA HS Mainz

Gegenstand des Forschungsprojektes unter der Leitung von Prof. Thomas Giel, Professor für Technisches Gebäudemanagement, ist die Entwicklung des Software-tools NUKOSI-TGA zur Bewertung von Energiekonzepten bei Neubauprojekten des Landes zusammen mit dem LBB (CC Energiemanagement).

In diesem Tool werden Berechnungsgrundlagen für Technikkombinationen für die Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden bezüglich der Wirtschaftlichkeit und Effizienz entwickelt. Unter Technikkombinationen versteht man z.B. bei der Wärmeversorgung die Art der Energieübertragung bzw. der Erzeugung. Ziel ist es, mit diesem Tool, in einem frühen Planungs- bzw. Projektstudium, mit einfachen Mitteln die wirtschaftlichste und energetische effizienteste Energieversorgungsvariante für zukünftig zu bauende und zu sanierende Landesliegenschaften zu finden.

PCC Tower

Im Forschungsprojekt PCC-Tower , Leitung Prof. Dr. Andreas Garg, Professor für Tragwerksplanung, wird in Zusammenarbeit mit der Fa. Tubularis GmbH, Bad Neuenahr-Ahrweiler, ein neuartiges Konzept zur modularen Bauweise von besonders hohen Windenergieanlagen,

Onshore, entwickelt und erprobt, um den international wachsenden Bedarf an qualitativ hochwertigen und dennoch kostengünstigen Betonfertigteiltürmen zu decken.

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Förderprogramm Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

HOCHSCHULE KAISERSLAUTERN

Forschungsschwerpunkt Hocheffiziente technische Systeme

Die Hochschule Kaiserslautern konzentriert die Themen Energie- und Ressourceneffizienz unter anderem im Forschungsschwerpunkt „Hocheffiziente technische Systeme“. Der Forschungsschwerpunkt verfolgt einen systemischen Ansatz. Er bündelt und vernetzt die vorhandenen Kompetenzen in den Disziplinen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik, um domänenübergreifend technische Systeme zu optimieren. Der Forschungsschwerpunkt ist an der Hightech-Strategie der Bundesregierung ausgerichtet und konzentriert sich auf die Erarbeitung von Lösungen für prioritäre gesellschaftliche Herausforderungen, wie Mobilität, Gesundheit, Nachhaltigkeit, Energie und Klima. Die Projekte innerhalb des Forschungsschwerpunkts weisen eine große Anwendungsnähe auf und werden in der Regel gemeinsam mit Partnern aus der Industrie bearbeitet. Enge Kooperationen bestehen mit den In-Instituten der Hochschule Kaiserslautern für Kunststofftechnik Westpfalz (IKW), Energieeffiziente Systeme (IES) und Quality, Modeling, Manufacturing, Materials (QM3) sowie mit dem Kompetenzzentrum Mechatronische Systeme.

In der **Arbeitsgruppe für „Elektrotechnische Systeme der Mechatronik“**, geleitet von Prof. Dr.-Ing. Sven Urschel, ist ein wesentlicher Forschungsgegenstand die Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz rotierender Maschinen:

Im Projekt **„HYDRESS“ (Entwicklung neuer Konzepte für hydromechatronische Aggregate zur signifikanten Erhöhung der Ressourceneffizienz)** sollen vor dem Hintergrund der Megatrendthemen Energieeffizienz, Ressourcenminimierung und auch Reduzierung von kritischen Werkstoffen im Bereich der Pumpentechnologie für Klima- und Trinkwassersysteme neue Wege beschritten und Innovationen vorgebracht werden. In diesem Verbundprojekt, gefördert vom BMBF, sollen durch das Zusammenspiel und die synergetische Nutzung der unterschiedlichen Kompetenzen der Projektpartner innovative Umwälzpumpen entwickelt werden. Dies wird er-

reicht durch neue Aufbaukonzepte sowie den Einsatz neuartiger Werkstoffe (etwa Soft Magnetic Composites) und Fertigungstechnologien (etwa eingespritzte kunststoffgebundene Magnete), um die Hauptkomponenten elektrischer Motor und Pumpenaggregat zu optimieren.

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Im Projekt „DIAdEM“ (Betriebsdaten basierte Diagnose rotierender Maschinen für einen nachhaltigen, zuverlässigen und hocheffizienten Betrieb) sollen zur betriebsbegleitenden Beurteilung rotierender Maschinen (Pumpen, Lüfter, Kompressoren) Algorithmen entwickelt werden, die auf Basis standardmäßig verbauter Sensorik Aussagen über den aktuellen und auch den zukünftigen Zustand der Aggregate treffen können. So wird eine einfache Bewertung von Energieeffizienz und Verschleiß der Maschinen möglich und der Betreiber kann über entsprechende Anlageneingriffe eine nachhaltige Fahrweise garantieren. Gegenüber dem Stand der Technik sollen die Verfahren allein aus den elektrischen Größen des Motors (Strom und Spannung) auf den Zustand von Elektromotor, Arbeitsmaschine und Anlage schließen können. Hierzu werden erstmals auf Basis transientscher Stromsignatur-Analysen Algorithmen entwickelt, die modellbasierend, prädiktiv und lernend sind. Das Projekt wird ebenfalls vom BMBF gefördert.

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Dem Projekt „ORSYGET“ (Entwicklung optimierter Regelungen hydraulischer Systeme in der Gebäudetechnik zur Steigerung der Energieeffizienz von Heizungs- und Klimatisierungssystemen) liegt die Prämisse zugrunde, die Wärme und Kälte in Gebäuden bedarfsgerecht und möglichst effizient bereitzustellen und zu verteilen. Dabei liegt der Fokus nicht in der Weiterentwicklung und Verbesserung einzelner Komponenten, sondern auf der Gebäudesystemtechnik und damit auf dem Gesamtsystem. Denn nur durch Optimierung des Systems lassen sich hohe Energieeinsparpotenziale ausschöpfen. Ansatzpunkte für die Optimierung des Gesamtsystems ergeben sich in diesem Vorhaben in folgende Richtungen: Erweiterung der Regelaufgabe auf Gebäudesystemebene, Integration in eine gebäudebezogene bzw. eine gebäudeübergreifende Cloud, optimale Integration der Pumpenregelung in die Gebäudeleittechnik, Ableitung standardisierter Kommunikationsschnittstellen bis zur Feldebene und Analyse von Sicherheitskonzepten vernetzter Heizungs- und Klimakreisläufe

Fördermittelgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Förderung im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms

Ein weiterer Forschungsgegenstand innerhalb des Forschungsschwerpunkts „Hocheffiziente technische Systeme“ liegt im Themenfeld der effizienten Energieübertragung. In der Arbeitsgruppe „Regenerative Energiesysteme“ von Prof. Dr.-Ing. Karsten Glöser werden entsprechende Projekte bearbeitet:

Im Projekt „SupraWind“ (Entwicklung von hocheffizienten modularen Stromschienensystemen auf Basis von Hochtemperatursupraleitern zur Übertragung großer Leistungen von Windparks auf Mittelspannungsniveau) wird zur Übertragung großer Leistungen aus Onshore Windparks ein energieeffizientes, kompaktes und modular aufgebautes dreiphasiges Übertragungssystem auf Basis von Hochtemperatursupraleitern für die Mittelspannungsebene entwickelt. Im Gegensatz zur konventionellen Übertragungstechnik erlaubt der Einsatz von Hochtemperatursupraleitern die Übertragung großer Ströme auch auf Mittelspannungsniveau. Die Eigenschaft der Supraleiter, bei tiefen Temperaturen keinen messbaren Widerstand auszubilden, ermöglicht einen energie- und ressourceneffizienten Einsatz des Systems bei geringsten Übertragungsverlusten und einem deutlich minimierten Landschaftsverbrauch. Im Mittelpunkt des Projekts steht die Entwicklung eines Demonstrators in Kooperation mit einem mittelständigen Unternehmen mit Sitz in Rheinland-Pfalz. Zum Einsatz kommen hierbei Hochtemperatursupraleiter der 2. Generation in Form von REBCO-Bändern. Diese neuartigen Materialien wurden erst 1986 entdeckt und erreichen den supraleitenden Zustand bereits bei einer Betriebstemperatur von ca. 77 K (-196°C).

Fördermittelgeber: Das Projekt wird aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung sowie aus Landesmitteln gefördert.

Aufgrund von Kapazitätsengpässen und partieller Überalterung der bestehenden Netzinfrastruktur muss ein qualitativer und quantitativer Netzausbau in den nächsten Jahren erfolgen. Gleichzeitig steigt der Bedarf, Zustandsinformationen des Netzes zu erheben und zu übertragen (intelligente Netze). Das Projekt „SuSy“ befasst sich mit der gleichzeitigen Übertragung von elektrischer Energie und Informationen auf Basis supraleitender Technologie. Mit Hilfe der Ergebnisse wird eine Erneuerung und Erweiterung innerhalb bestehender Infrastruktur ermöglicht bei gleichzeitiger Reduktion der Netzübertragungsverluste.

Fördermittelgeber: Das Projekt wird aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung sowie aus Landesmitteln gefördert.

Im Rahmen des **internen Forschungsprojektes „INES“** wird ein skalierbares Modell entwickelt, mit dem beliebige regenerativ gespeiste Inselnetze in Kombination mit Speichern dimensioniert werden können. Gerade in Entwicklungs- und Schwellenländern ist eine dauerhafte Versorgung mit elektrischer Energie oft nicht gegeben und eine Anbindung an übergeordnete Netzstrukturen besteht häufig nicht. Mit Hilfe der Projektergebnisse wird die Basis geschaffen, um nachhaltige Versorgungsstrukturen aufzubauen und somit einen Beitrag zur ressourcen- und klimaschonenden Entwicklung ländlicher Gebiete zu leisten. Der Aufbau des Modells erfolgt dabei modular. Ein solches „Baukastensystem“ erlaubt auf einfache und schnelle Weise eine Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit eines realen regenerativen Versorgungssystems.

HOCHSCHULE TRIER

Standort Umwelt-Campus Birkenfeld

Internationales Nachhaltigkeits-Ranking: Umwelt-Campus Birkenfeld weltweit auf Platz 6, bundesweit Nr. 1

Erneute Auszeichnung des Umwelt-Campus Birkenfeld beim aktuellen „UI GreenMetric World University Ranking 2018“ der Universitas Indonesia, welches zum Jahreswechsel 2018/2019 veröffentlicht wurde: Zum zweiten Mal hat es der Umwelt-Campus Birkenfeld unter die weltweit zehn „grünsten“ Hochschulen geschafft. Von Platz 10 des Vorjahres im weltweiten Ranking umweltschonender Hochschulstandorte hat er sich nun auf den 6. Platz verbessert und belegt bundesweit Platz 1 in Deutschland.

Hintergrund: Seit 2010 werden Universitäten auf der ganzen Welt in Sachen Nachhaltigkeit bewertet und eingestuft. Initiiert und gesteuert wird das Ranking seit jeher von der Universitas Indonesia mit Sitz in Jakarta. Am Wettbewerb 2018 nahmen 719 Universitäten aus 81 Ländern teil. Dies ist eine erhebliche Steigerung gegenüber dem Vorjahr, als sich 619 Einrichtungen aus 76 Ländern bewarben. Damit wird die stetig wachsende Bedeutung des Themas Nachhaltigkeit klar unterstrichen. Für die Bewertung werden sechs Indikatoren mit unterschiedlicher Gewichtung herangezogen: Neben Infrastruktur, Energie und Klimaschutz werden das Abfallmanagement, der Umgang mit Wasser und Abwasser, nachhaltige Mobilität und natürlich die nachhaltige Lehre und Forschung genau analysiert und beurteilt. In der wichtigen Kategorie „Energie und Klima“ gehört der Umwelt-Campus Birkenfeld weltweit zu den führenden Hochschulstandorten. Das Birkenfelder Zero-Emission-Konzept wird damit als globales Vorbild erneut bestätigt. Die Kategorie „Energie und Klima“ hat mit 21 % das höchste Einzelgewicht im

Ranking. In die Bewertung fließen Aspekte wie Energieeffizienz, Stromverbrauch, Energiestandards der Gebäude, Einsatz Erneuerbarer Energie und Reduktion von CO₂-Emissionen ein. In der für das Kerngeschäft von Hochschulen entscheidenden Kategorie „Lehre und Forschung“ ist der Umwelt-Campus ebenfalls hervorragend platziert: Nr. 1 in Deutschland und weltweit auch auf Platz 6.

In der Unterkategorie des globalen Teil-Rankings von Hochschulen im ländlichen Raum (51 der 719 teilnehmenden Hochschulen) führt der Umwelt-Campus Birkenfeld die Liste mit Platz 1 weltweit an. Hochschulen im ländlichen Raum stehen insbesondere im Bereich Mobilität und Forschung vor starken Herausforderungen, die der Umwelt-Campus Birkenfeld u. a. durch seine gute Bahnanbindung und die Forschungsarbeit des Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) in nachhaltiger Regionalentwicklung und Elektromobilität sowie durch Kooperationen mit dem benachbarten Nationalpark Hunsrück-Hochwald vorbildlich erfüllt.

Der Standort Umwelt-Campus Birkenfeld der Hochschule Trier bietet ein einzigartiges Paket zum Leben, Lernen und Arbeiten. Um sich den Herausforderungen des 21. Jahrhunderts national und international zu stellen, wird eine Wissenskultur gefördert, die über die Grenzen der Fachdisziplinen hinweg die Zukunftsprobleme der Gesellschaft bearbeitet und auch unkonventionelle Lösungen bereitstellt.

Forschungsschwerpunkt: „Angewandtes Stoffstrommanagement“

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Den Forschungsschwerpunkt „Angewandtes Stoffstrommanagement“ der Hochschule Trier bildet im Wesentlichen das Institut für Angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS). Im deutschlandweiten Vergleich gehört das IfaS zu den drittmittelstärksten In-Instituten an Fachhochschulen. Es ist am Umwelt-Campus in Birkenfeld angesiedelt, wo sich derzeit über 50 Mitarbeiter des Instituts mit dem intelligenten und ressourceneffizienten Management von Stoff- und Energieströmen beschäftigen.

Im Bereich „Energieeffizienz und Erneuerbare Energien“ beschäftigt sich das IfaS seit 2002 mit Energieforschung und -beratung sowie der Erstellung von Energiegutachten und Energiekonzepten für ministeriale Auftraggeber, kommunale Träger und für gewerbliche und industrielle Unternehmen unterschiedlichster Branchen im In- und Ausland. Alleine im Zeitraum 2014 bis 2018 hat das IfaS rund 185 Projekte mit Akteuren aus Rheinland-Pfalz durchgeführt.

Das Angebotsspektrum umfasst sowohl die Ist-Analyse von Gebäuden und technischer Infrastruktur zur Energiebereitstellung und -verteilung als auch die Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen für Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle (DIN 18599 Berechnungen und

Energieausweise), für Effizienztechnologie (z.B. BHKW, Hocheffizienz-pumpen, Wärmerückgewinnung, Druckluftanlagen, Kühlung, Dampferzeugung) und für den Einsatz Erneuerbarer Energieträger im Gebäude- und im Großanlagenbereich (Windenergie, Biogasanlagen, Geothermie, Wasserkraft, Umweltwärme, Solarstrom- und Wärmeanlagen, Holzhackschnitzelanlagen und Kraftwerke, Nahwärmeverbände, usw.). Im Rahmen der Konzepterstellung/Energieberatung/Machbarkeitsuntersuchung erfolgen jeweils eine technisch fundierte und wirtschaftlich aussagekräftige Bewertung aller identifizierten Maßnahmen sowie ein Vergleich verschiedener Handlungsalternativen.

Weitere Tätigkeitsfelder liegen in der Beratung zu Förderung, Finanzierung und Microfinanzierung sowie zu genossenschaftlichen Teilhabemodellen. Da Energiespeichertechnologien für Strom und Wärme eine immer stärkere Rolle einnehmen, werden auch Potenzialanalysen und Machbarkeitsstudien für die Kopplung von Energieanlagen mit Speichersystemen durch das IfaS erstellt. Sowohl chemisch als auch physikalisch wirkende Strom- und Wärmespeicher sind hier von Relevanz. Im Stromsektor sind dies vor allem Windgas-Methanherzeugung, Batterie-, Pump-, Schwungrad- und Druckluftspeicher etc. Im Wärmesektor liegen die Schwerpunkte in der Integration von Sorptionsspeichern, mobilen Wärmespeichersystemen auf Basis von Latentwärmespeichern sowie großen Wasserspeichern für die Solarenergienutzung und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Fernwärmesystemen. Im Gebäudesektor sind Speichersysteme zur passiven Sonnenenergienutzung (transparente Wärmedämmung) Gegenstand von Untersuchungen.

Nationale Klimaschutzinitiative (KSI)

Darüber hinaus bilden seit dem Jahr 2008 integrierte Klimaschutz- und Null-Emissionskonzepte auf Ebene von Regionen, Landkreisen, Städten und Gemeinden einen weiteren Tätigkeitsschwerpunkt. Im Rahmen der Vertiefung dieser übergreifenden Fragestellungen, bietet das IfaS die Bearbeitung aller derzeit von der Bundesregierung geförderten Schwerpunkte (strategisch und investiv) im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative an.

Insbesondere in den Bereichen Teilkonzepte zur Wärmenutzung, Teilkonzepte für kommunale Liegenschaften und Teilkonzepte Erneuerbare Energien liegen bereits umfangreiche Erfahrungen und Referenzen vor. Beispielhaft sollen hier die Klimaschutzkonzepte der Städte Kaiserslautern, Frankenthal, Bingen, Pirmasens und Bad Neuenahr-Ahrweiler genannt sein. Auf Landkreisebene sind zu nennen die Klimaschutzkonzepte der Landkreise Mainz-Bingen, Alzey-Worms, Bad Kreuznach und des Landkreises Cochem-Zell oder die der Verbandsgemeinden Nieder-Olm und Sprendlingen-Gensingen.

Ein immer stärker nachgefragtes Tätigkeitsfeld des Instituts ist die intensive Akteursarbeit durch Veranstaltungen und Workshops, welche sowohl zielgruppenorientiert, als auch themenorientiert angeboten werden. Im Rahmen der Erstellung von Klimaschutzkonzepten wurden bisher über 500 Workshops und mehr als 900 Einzelgespräche mit

Ausgewähltes Projektbeispiel: LIFE-IP ZENAPA - Zero Emission Nature Protection Areas

Zum 1. November 2016 wurde im Rahmen des EU-Förderprogramms für Umwelt, Naturschutz und Klimapolitik „LIFE“ das Projekt „LIFE-IP ZENAPA - Zero Emission Nature Protection Areas“ bewilligt. Das Projekt zielt auf die CO₂e-Neutralität von Großschutzgebieten (GSG) ab. Beteiligt sind 15 Partner aus Deutschland und Luxemburg, darunter der Bezirksverband Pfalz, der Landkreis Vulkaneifel, das Nationalparkamt Hunsrück-Hochwald und die Natur- und Geopark Vulkaneifel GmbH aus Rheinland-Pfalz. LIFE-IP ZENAPA wird einerseits einen Beitrag zum Klima-, Natur- und Artenschutz – durch die Ergreifung von konkreten, klimaentlastenden Maßnahmen leisten – und andererseits belegen, dass sich Schutzziele nicht widersprechen, sondern vielmehr ergänzen und sich kooperativ erreichen lassen. Wesentliche Vorgabe und Ziel ist die Umsetzung der nationalen und europaweiten Klimaschutzziele (CAP 2020 und CPP 2050) unter Berücksichtigung der nationalen und europäischen Biodiversitäts- und Bioökonomiestrategie.

Die Basis für die Zielerreichung und somit für die konkrete Maßnahmenumsetzung (u.a. Effizienz- und Dämmmaßnahmen, LED-Straßenbeleuchtung, E-Mobilität, KWK-Anlagen zur Versorgung öffentlicher Gebäude, Nahwärmeversorgung auf HHS-Basis) bilden die Analysen und Ergebnisse der erstellten Klimaschutzmasterpläne bzw. der Konzepte zur energetischen Sanierung von Quartieren in den Großschutzgebieten und den umliegenden Regionen. Hierbei fließen stets Biodiversitätsaspekte in die Konzepterstellung ein. Die Aktivitäten und die konkrete Maßnahmenumsetzung vor Ort werden hierbei durch einen regionalen Manager aktiv begleitet und gelenkt. Die Projektumsetzung wird durch den gezielten Aufbau von Kompetenzen vor Ort, u.a. durch Workshops und Veranstaltungen, unterstützt. Damit einhergehend und durch eine intensive Öffentlichkeitsarbeit, soll die Bewusstseinsbildung in allen Akteurs- und Anspruchsgruppen nachhaltig beeinflusst werden.

Zur Durchführung des Vorhabens steht ein Gesamtbudget von rund 17 Millionen € über die Projektlaufzeit von 8 Jahren zur Verfügung, wovon rund 8 Millionen € aus Mitteln des Life-Programms der Europäischen Union gefördert werden. Die übrige Summe wird durch die Projektleitung und beteiligten Partner getragen, sowie von Ko-Finanzierungsgebern (Berliner Senat, KSB AG, OIE AG und Stiftung Natur und Umwelt-Rheinland-Pfalz) aufgebracht.

Ausgewähltes Projektbeispiel: Verbundvorhaben EnStadt:Pfaff - Implementierung des Reallabors Pfaff-Areal Kaiserslautern – Integrierte Konzepte, innovative Technologien und sozialwissenschaftliche Forschung im Leuchtturm für klimaneutrale Quartiere

Das übergeordnete Ziel des Verbundvorhabens ist es, einen Beitrag zur Energiewende und Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung zu leisten, indem Konzepte für eine zielgerichtete Entwicklung des Pfaff-Quartiers bis zum klimaneutralen Endausbau im Jahr 2029 erforscht und entwickelt werden. Hierzu wird das Pfaff-Quartier, das die Stadt Kaiserslautern auf dem ehemaligen Werksgelände der Nähmaschinenfabrik Pfaff zu einem klimaneutralen Wohn-, Gewerbe- und Technologiequartier entwickelt, als Reallabor konzipiert.

Das ehemalige Pfaff-Werksgelände diente ca. 150 Jahre lang als Produktionsstandort für Nähmaschinen. Nun soll das Gelände umfunktioniert werden. Im Verbundvorhaben „EnStadt:Pfaff“ erfolgt während der Projektlaufzeit bis zum Jahr 2022 die Entwicklung, Erforschung und Demonstration innovativer Planungswerkzeuge und Technologien. Die Forschungsfelder umfassen die Bereiche Energie, Gebäude, Mobilität, Informations- und Kommunikations-Technologie (IKT) und Soziales. Das Verbundvorhaben sieht eine zielgerichtete Entwicklung des Quartiers, bis hin zum klimaneutralen Endausbau im Jahr 2029 vor. Das Projekt ist aufgeteilt in 28 Arbeitspakete, 18 davon mit Beteiligung sowie acht unter der Leitung des IfaS.

Das Projekt EnStadt:Pfaff wird im Rahmen der gemeinsamen Förderinitiative „Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gemeinsam gefördert.

Ausgewähltes Projektbeispiel: LoSENS - Lokale nachhaltige Energiesysteme in Senegal

Im Rahmen des Projektes „LoSENS - Lokale nachhaltige Energiesysteme im Senegal“ arbeitet das IfaS (Verbundkoordinator) mit diversen deutschen Praxispartnern sowie Partnern aus dem Senegal an der stärkeren Verbreitung von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienztechnologien im Senegal.

Gefördert wird das Projekt mit rd. 1,44 Millionen € durch das BMBF (Förderbereich: CLI-ENT2 Energieprojekte). LoSENS hat zum Ziel, Kooperationen im Bereich strategischer nachhaltiger Energiesysteme zwischen dem Senegal und Deutschland zu entwickeln und zu verstetigen. Dabei liegt der Fokus auf dem Austausch von angewandtem technischem Wissen und Technologietransfer zur Unterstützung von politischen Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz (EnEff) und Erneuerbare Energien (EE). Die Entwicklung eines Energie- und Klimaschutz-Masterplans für zwei ausgewählte Modellgemeinden, die Stadt Saint-Louis im Norden und die Gemeinde Balingore in der Region Ziguinchor im Süden, dient zur Identifizierung konkreter Handlungsbedarfe und Umsetzung von passgenauen Lösungen basierend auf dem Transfer

nachhaltiger Technologien und Energiesystemlösungen aus Deutschland. Der Masterplan zeigt Handlungsbedarfe in diversen kommunalen Handlungsfeldern auf und sensibilisiert lokale Entscheidungsträger in innovative Lösungsansätze, insbesondere aus Deutschland, zu investieren. Im Rahmen des Masterplans werden der derzeitige Zustand (Ist-Analyse) im Bereich der Energieerzeugung und -nutzung (Energiesenken) erfasst und evaluiert. Hierzu werden bestehende Energieströme, -kosten, Schlüsselakteure und Potenziale für die Umsetzung von EE- und EnEff-Maßnahmen erfasst bzw. entwickelt. In Zusammenarbeit mit den beteiligten deutschen KMU und den lokalen Partnern im Senegal wird ein neues Modell für eine lokale/regionale Energieerzeugung und -versorgung entwickelt. Im Ergebnis wird ein Geschäftsmodell für die Umsetzung eines lokalen (kommunalen) Energiedienstleistungsunternehmens erarbeitet. Darüber hinaus werden durch die Umsetzung von Demonstrationsprojekten reale Informationen im Betrieb gewonnen. Diese bilden einen Schwerpunkt bei der Strategieentwicklung innerhalb des Masterplans. Die Demonstrationsprojekte zeigen deutsche Lösungsansätze rund um die Themenfelder EE und EnEff und bilden einen Ausgangspunkt für praktische Capacity Building Maßnahmen für verschieden Stakeholder. Weitere Verbundpartner sind das ISR an der HfWU Nürtingen-Geislingen, die KOCKS Consult GmbH, die KLE Energie GmbH, die LANZ-MANUFAKTUR-GERMANY sowie die greentec-service GmbH. Assoziierter Partner ist die KSB SE & Co. KGaA. Projektpartner im Senegal sind die Stadt Saint-Louis und die Gemeinde Balingor, das Ministerium für Umwelt und nachhaltige Entwicklung des Senegal, die Nationale Wasserbehörde, die Universität Gaston Berger in Saint-Louis sowie die Universität Cheikh Anta Diop in Dakar.

Forschungsschwerpunkt: „Intelligente Technologien für Nachhaltige Entwicklung“

Institut für Softwaresysteme (ISS)

Im Mittelpunkt der Forschung des Instituts für Softwaresysteme (ISS) steht eine an Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz ausgerichtete Entwicklung und Anwendung der Informationstechnik. Das ISS gehört damit bundesweit zu den wenigen Forschungseinrichtungen, die sich aus Perspektive der Informatik mit Fragestellungen einer nachhaltigen Entwicklung und des Umweltschutzes auseinandersetzen. Die Mitglieder des Instituts verfügen über langjährige und tiefgehende Erfahrungen und Kenntnisse in der Leitung und Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten in der Informatik und stehen als kompetente Kooperationspartner für anwendungsnahe Forschungsvorhaben zur Verfügung.

Die Forschung ist durch einen starken Anwendungs- und Praxisbezug geprägt und liegt im Bereich der Ingenieurs-, Umwelt- und Wirtschaftsinformatik. Es wird erforscht, wie innovative

IT-Lösungen zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen können und welche Auswirkungen die IT auf Mensch, Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft hat.

Die Arbeiten werden durch Fördergelder aus öffentlichen Förderprogrammen des Bundes und des Landes finanziert. In der Projektdurchführung arbeitet das Institut mit öffentlichen Projektträgern und auch anderen Forschungseinrichtungen und Universitäten zusammen. Die Forschungsergebnisse werden auf nationalen und internationalen wissenschaftlichen Konferenzen vorgestellt. Zudem werden regelmäßig Fachtagungen und Workshops veranstaltet, um über aktuelle Trends zu informieren.

Ausgewähltes Projektbeispiel: ReFoPlan - Erarbeitung von Vergabekriterien für ein Umweltzeichen (Blauer Engel) für Ressourceneffiziente Software

In diesem Forschungsprojekt wird eine Vergabegrundlage für einen Blauen Engel im Bereich „Ressourceneffiziente Software“ entwickelt. Dies beinhaltet die Fokussierung auf geeignete Softwaretypen, die Entwicklung von Standardnutzungsszenarien und die Festlegung von Mindestanforderungen, die ressourceneffiziente Softwareprodukte beschreiben.

Fragen der Ressourceneffizienz wurden in der Vergangenheit selten in Bezug auf Software gestellt und falls doch, geschah dies nicht mit einer einheitlichen Systematik. Daher kann zur Entwicklung einer solchen Vergabegrundlage nur sehr begrenzt auf Marktdaten oder Benchmarks aus der Praxis zurückgegriffen werden. Die Entwicklung dieser Vergabegrundlage beinhaltet deshalb noch einen hohen Anteil an Forschungs- und Entwicklungsarbeit: Aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Typen von Softwareprodukten und auch Herstellern bzw. Entwicklern erfordert die Erarbeitung aussagekräftiger und anwendbarer Vergabekriterien eines Blauen Engels für ressourceneffiziente Software tiefgehende Untersuchungen und Praxistests.

Im Rahmen des Projektes wird (i) der Zeichengegenstand „Softwareprodukt“ eingegrenzt, so dass Vorschläge für zeichengeeignete Software-Produktgruppen, für Vergabekriterien und für Vorgehensweisen entwickelt werden können, (ii) Hersteller und Entwickler identifiziert, die sich für eine Zeichenvergabe interessieren und die Vorschläge erproben, (iii) Beschaffer hinsichtlich typischerweise beauftragten bzw. beschafften Softwareprodukten befragt. Als Grundlage für eine Vergabegrundlage wird eine Handreichung entwickelt, die darüber informiert, für welche Softwareprodukte sich ein Zeichen Blauer Engel für „Ressourceneffiziente Software“ mehr und für welche er sich zunächst weniger eignet bzw. welche der vorgeschlagenen Vergabekriterien für welche Einsatzbereiche eher geeignet sind. Im Rahmen von Feldtests evaluieren Praxispartner die vorgeschlagenen Bewertungskriterien für ressourceneffiziente Software. Mit

Unterstützung der Praxispartner werden insbesondere die für die Erfassung der Vergabekriterien notwendigen Standardnutzungsszenarien (weiter-)entwickelt. Die Ergebnisse des Feldtests werden in einem Hackathon gemeinsam mit den Praxispartnern zusammengeführt. Durch den frühzeitigen Einbezug von Beschaffern und Praxispartnern wird darauf abgezielt eine Vergabegrundlage zu entwickeln, die sowohl den aktuellen Stand der Wissenschaft als auch die Anwendbarkeit in der Praxis repräsentiert.

Fördermittelgeber: Umweltbundesamt (UBA) im Programm Ressortforschungsplan (ReFoPlan)

Ausgewähltes Projektbeispiel: GREATER GREEN

GREATER GREEN ist das Meta-Cluster der Umwelttechnik in der Großregion. Es untersucht Informations- und Beratungsdienste für die Umwelttechnikbranche in der Großregion. Explizit steht dabei die Schaffung von neuen Marktzugängen im Mittelpunkt der Bemühungen. Dies geschieht durch eine gezielte gemeinsame Vermarktung der Großregion als Umwelttechnik-Kompetenz-Region. GREATER GREEN agiert als Meta-Cluster in direkter Form mit den Regional-Koordinatoren und den im Netzwerk angeschlossenen Mitglieds-Clustern. Die Angebote dieser Cluster auch über die Grenzen hinweg bekannt zu machen, ist ein positiver Nebeneffekt von GREATER GREEN.

Um die Sichtbarkeit der Umwelttechnik in der Großregion zu steigern, besucht GREATER GREEN Messen (wie zum Beispiel das World Efficiency Forum in Paris oder die IFAT in München) und führt GREATER GREEN Days durch (im Rahmen der Green Win Konferenz „Grüne Chemie und Weiße Biotechnologie“). Außerdem werden eigene Veranstaltungen zu den Kernthemen der Umwelttechnik Wasser- und Abwasserwirtschaft, Nachhaltiges Bauen, Erneuerbare Energien sowie Kreislaufwirtschaft und Recycling durchgeführt. Im Oktober 2018 fand so in Kooperation mit der Quattropole, dem Interreg-Projekt GReNEFF, dem LIFE-Projekt ZENAPA und den Stadtwerken Trier eine Konferenz in Trier statt. Unter dem Motto „Quartiere nachhaltig planen, bauen und bewirtschaften – Ideen, Konzepte und Umsetzungen in der Großregion“ diskutierten rund 160 Fachleute aus der gesamten Großregion über das Cradle to cradle-Prinzip und Kriterien für nachhaltiges Bauen. GREATER GREEN arbeitet zudem an einer Bestandsaufnahme der Umwelttechnik-Branche in der Großregion, welche im Frühjahr 2019 veröffentlicht werden soll. Das Projektkonsortium hat mit der Erweiterung des Netzwerks auf jetzt 27 Partner auch eine Verlängerung beantragt, die im Frühjahr 2019 entschieden wird. Ko-finanziert wird das Projekt von Interreg V A Großregion, dem rheinland-pfälzischen Umweltministerium, der Staatskanzlei des Saarlandes und der Region Wallonien.

Institut für Betriebs- und Technologiemanagement (IBT)

Das Institut für Betriebs- und Technologiemanagement IBT bietet Industrie und Gewerbe Dienstleistungen in den Bereichen Energiesystemtechnik, Produktionsoptimierung, Konstruktionsautomatisierung und Messtechnik an. Eine moderne Infrastruktur und das Know-how aus verschiedenen Fachrichtungen gewährleistet die optimale Lösung technischer Aufgabenstellungen durch angewandte Forschung und Entwicklung. Die interdisziplinären Arbeitsgruppen verfügen sowohl fachlich als auch organisatorisch über tiefgehende Kenntnisse und Erfahrungen, die für eine zielführende und erfolgreiche Durchführung von anwendungsnahen Forschungsprojekten erforderlich sind.

Die Schwerpunkte der Forschung liegen in der (regenerativen) Energietechnologie sowie in der Produktionstechnologie. Verbindendes Glied zwischen den beiden Themenfeldern ist die Energieeffizienz als Schnittstelle zwischen der Fertigung und der Energienutzung. Unternehmen und Kommunen nutzen die Kompetenzen des Instituts in der Beratung zum Einsatz erneuerbarer und hocheffizienter Energieerzeugungsanlagen und der Modellentwicklung. Dabei unterstützt das Institut die Partner auch dabei, Fördermittel für die Umsetzung der Projekte zu identifizieren und einzuwerben. Unternehmen profitieren zudem von den Schulungs- und Weiterbildungskonzepten. Schließlich organisiert das Institut regelmäßig Fachkonferenzen zum Know-how-Austausch in der Energiesystemtechnik und Produktionstechnologie.

Ausgewähltes Projektbeispiel: PV-Ertragsstudie

Durch die Vielzahl an PV-Anlagen, die in Deutschland in den unterschiedlichsten Größenkategorien in den vergangenen Jahren errichtet wurden, ist der Bedarf an verlässlichen Kennzahlen zur Ertragsbewertung gestiegen. Besitzer und Betreiber von Photovoltaikanlagen benötigen Referenzwerte, um die Jahres- und Monatsstromproduktion ihrer Anlagen bewerten zu können, sodass daraus Rückschlüsse auf die Qualität der PV-Anlage gezogen werden können. Nur Anlagen, die während der Planungs- und Bauphase qualitativ hochwertig errichtet und seit Inbetriebnahme kontinuierlich in Bezug auf Service und Wartung betreut werden, können ihr technisches Potenzial voll ausschöpfen. Für Investoren und Betreiber von Photovoltaikanlagen steht in der langjährigen Betriebsphase daher die Frage im Fokus, ob ihre PV-Anlage den maximal möglichen Energieertrag erzielt oder ob es aufgrund von technischen Störungen zu Ertragsverlusten gekommen ist.

Aus diesem Grund wurde am Institut für Betriebs- und Technologiemanagement die PV-Ertragsstudie initiiert, um Investoren und Betreibern von Photovoltaikanlagen eine solide Bewer-

tungsgrundlage zu bieten, die Energieerträge ihrer PV-Anlage zu vergleichen und zu analysieren. Die Ertragsstudien liegen für den Zeitraum 2012 bis 2018 vor und werden jährlich fortgeführt.

Ausgewähltes Projektbeispiel: Energiemosaik Hunsrück-Hochwald (ENMOSA)

Das Projekt ENMOSA – Energiemosaik Hunsrück-Hochwald – wird für die Nationalparkregion Hunsrück-Hochwald ein dynamisches Werkzeug zur Analyse und Prognose der energetischen Nutzung der Sektoren Strom, Wärme und Transport entwickeln und bereitstellen. Ziel ist es, auf Grundlage der Energieverbrauchsdaten und Energieerzeugungssysteme ein Modell aufzubauen, aus dem Maßnahmen abgeleitet werden können, damit die Nationalparkregion langfristig die Dekarbonisierung der Energieversorgung erreicht und damit die Treibhausgasemissionen senkt.

Durch die Aggregation aller energetisch relevanten Daten wird Transparenz beim Energiedatenmanagement in der Region geschaffen. Der modulare Aufbau des Simulationsmodells der Region ermöglicht flexiblen Wechsel der Darstellungs- und Analyseebenen von der gesamten Nationalparkregion bis zum Einzelobjekt. Die Normalisierung des Simulationsmodells sichert die Erweiterbarkeit und schafft Schnittstellen für die Verknüpfung mit weiteren Projekten. Eine laufende Erprobung von Maßnahmen und Prognosen im Simulator ermöglicht die Identifikation von Potenzialen und Risiken. Schließlich führt die Integration aller Beteiligten zu einer nachhaltigen Weiterentwicklung der Region.

Die regionalen Strukturdaten (Katasterinformationen, Infrastruktur, statistische Angaben), Energieverbrauchsdaten der Sektoren Strom, Wärme und Transport, Angaben zu den Energieerzeugungssystemen sowie Potenzialflächen (z. B. Dachflächen für den Ausbau von Photovoltaik bzw. Solarthermie) werden zusammengestellt und in einer relationalen Datenbank abgelegt. Das dynamische Energiemodell greift auf diese Daten zu, um im Simulationskern die Energiedaten sowie die Entwicklungspotenziale zu verknüpfen, sodass die Energiebilanz, die Residuallasten sowie der Energiestrom berechnet werden können. An das Energiemodell schließt die Energiedatenanalyse an, um zum einen die energetischen Daten zu evaluieren und zu optimieren und des Weiteren die ausgewerteten Daten zu visualisieren. Die Ergebnisse der Datenanalyse werden in das Energiemodell zurückgespielt. Die Konzeptentwicklung vereint die Daten aus dem Energiemodell und der Analyse, um unterschiedliche Szenarien zu untersuchen und Entwicklungspfade zu prüfen. Auswirkungen aus der Szenarienanalyse fließen in das Energiemodell zur iterativen Optimierung des Simulators zurück. Damit lassen sich Prognosen zur Sektorenkopplung entwickeln sowie Handlungsmaßnahmen ableiten.

In das Energiemodell fließen zunächst die Angaben zur Energienutzung der Haushalte, des Gewerbes und der Industrie ein. Des Weiteren werden die Erzeugungsprofile der Energieerzeugungseinheiten, insbesondere Wind, Photovoltaik und Biomasse, integriert. Schließlich werden Nutzungsprofile des Transportwesens berücksichtigt. Ergänzt wird das Modell zu Netzkapazitäten in den Sektoren Strom und Wärme. Optional werden unterschiedliche Speicherarten (Strom, Wärme, Power-to-X) in das Modell eingebunden. In dem Simulator lassen sich die Profile, die Erzeugersysteme und die Verbrauchseinheiten parametrisieren, sodass eine umfassende Szenarioanalyse möglich ist.

Ausgewähltes Projektbeispiel: „Ressourceneffizientes Rapid Prototyping“ (RER-AP)

In dem Forschungsvorhaben „Ressourceneffizientes Rapid Prototyping“ (RERAP) des Instituts für Betriebs- und Technologiemanagement liegt der Schwerpunkt in der wissenschaftlichen Untersuchung und dem Kompetenzaufbau zur Energie- und Ressourceneffizienz durch generative Fertigungsverfahren. Hierbei werden innovative Produktionstechniken des gesamten Herstellungsprozesses von der Idee bis zum fertigen Bauteil untersucht.

Ein zentrales Ziel ist der Kompetenzaufbau aus dem Vergleich konventioneller und generativer Fertigungsverfahren hinsichtlich der Energie- und Ressourceneffizienz und dem Einfluss der Effizienzoptimierung auf die Werkstückqualität. Dazu werden in der wissenschaftlichen Diskussion mit den Projektpartnern unterschiedliche Bauteile definiert, digital konstruiert und schließlich sowohl konventionell mit einer Werkzeugmaschine als auch generativ durch das Lasersinterverfahren (SLM) mit einer SLM-Maschine gefertigt. Beide Verfahren werden in Bezug auf die spezifischen Eigenschaften des Bauteils miteinander aus Sicht des Energie- und Ressourceneinsatzes verglichen, um Rückschlüsse auf Grenzen und Potenziale der Fertigungsverfahren zur Effizienzsteigerung zu ziehen.

Das Projekt wird über Mittel aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) im Rahmen des Ziels "Investitionen in Wachstum und Beschäftigung" (IWB) für die Förderperiode 2014-2020 (Projektförderung) gefördert.

Weitere Projektziele sind:

- Stärkung des Forschungsschwerpunktes 2 der Hochschule Trier „Intelligente Technologien für nachhaltige Entwicklung (ITNE)“
- Integration energieeffizienter Schritte in die Prozesskette der generativen Fertigung
- Modell zur energieeffizienteren Herstellung generativ gefertigter Bauteile
- Beschreibung zur fertigungsgerechten Konstruktion und Entwicklung energie- und ressourcensparender Bauteile
- Aufbau eines Netzwerk- und Kompetenzzentrum

Standort Trier

Institut für energieeffiziente Systeme (IES)

Der effiziente Einsatz von Energie bekommt eine immer größere Bedeutung. Nicht zuletzt aufgrund der CO₂-Problematik müssen durch innovative Technologien die Energiegewinnung, die Umwandlungsprozesse und auch die Speicherung von Energie so effizient wie möglich erfolgen, damit die Umwelt so gering wie möglich belastet, und die Ressourcen geschont werden. Seit seiner Gründung im Jahr 2000 erforscht das Institut für Energieeffiziente Systeme (IES) Methoden und Verfahren für unterschiedliche Anwendungsbereiche und setzt sie mit industriellen Partnern in die Praxis um. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Forschergruppen ermöglicht die Betrachtung eines sehr breiten Anwendungsfeldes von der Energiegewinnung und Verteilung, über Anwendungen in der industriellen Antriebstechnik bis hin zur optimalen Steuerung und Regelung von Elektrofahrzeugen mit entsprechenden Fahrerassistenzsystemen.

Die Problemstellungen resultieren sowohl aus öffentlichen Forschungsprogrammen, als auch aus Anfragen aus der Industrie. Die Lösungen fast aller Aufgabenstellungen erfordern den Einsatz von Messelektronik zur Informationsgewinnung, Simulationsprogramme für die Modellbildung der Prozesse und moderne theoretische Methoden der Informationsverarbeitung (Digitale Signalverarbeitung, Steuerungs- und Regelungstechnik) für deren Optimierung. In vielen Fällen muss die Elektronik (Hard- und Software) individuell entwickelt werden. Die sehr gut ausgestatteten Labore des Instituts ermöglichen die Entwicklung, den Aufbau und Test von Prototypensystemen für ein breites Anwendungsfeld. Das Institut begleitet industrielle Partner im Bereich der Elektronikentwicklung bei der Einführung neuer Produkte von der Forschungsphase bis zur Serienfertigung.

Das Lehrangebot vermittelt den Studierenden interdisziplinäres Wissen auf aktuellem Stand. Die Studierenden haben die Möglichkeit, im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten in den Forschungsprojekten mitzuarbeiten. Sie können bereits im Studium ihr erlerntes Wissen in die Praxis umsetzen und frühzeitig Kontakte mit der Industrie knüpfen. Sie erwerben wertvolle Kompetenzen, die sowohl von regionalen, als auch überregionalen Unternehmen permanent stark nachgefragt werden.

Labor für angewandte Produktionstechnik und Kabeltechnologie (LAP)

In Zeiten von Industrie 4.0 und Digitalisierung sowie der Verbesserung der Grundversorgung mit Daten und Energie darf nicht vergessen werden, dass Energie durch Kabel und Leitungen übertragen wird. Der Zuverlässigkeit von Kabeln und Leitungen kommt somit eine immer hö-

here Bedeutung zu. Dies gilt auch für deren Lebensdauervorhersage. Auch für die Grundversorgung der Haushalte mit Energie in Deutschland wird dies immer wichtiger. Die meisten Leitungen sind seit ca. 40-50 Jahren installiert. Die Überprüfung, wann eine Leitung ausgetauscht werden muss, ist derzeit nicht möglich.

Das Labor für angewandte Produktionstechnik und Kabeltechnologie im Fachbereich Technik der Hochschule Trier hat eine multiphysikalische Untersuchungsmethode entwickelt, die dies künftig ermöglicht. Diese Methode stellt eine äußerst intelligente Technologie für nachhaltige Entwicklungen dar, da sie helfen würde, die Überdimensionierung von Leitungen oder den prophylaktischen, nicht erforderlichen Austausch von Leitungen zu vermeiden.

Seit der Gründung des Instituts im Jahr 2012 erforscht das Labor Methoden, Prüfverfahren, Normen etc., um die Lebensdauer von Leitungen und deren Zuverlässigkeit zu erhöhen. Das Labor hat sich auf multiphysikalische Untersuchungen und eine „forensische Betrachtungsweise“ von Leitungen spezialisiert. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Hochschulen, dem Verband der Elektrotechnik, Elektronik Informationstechnik e.V. und zahlreichen Unternehmen ermöglicht nicht nur eine Verbesserung in der Lebensdauervorhersage und Prüfung, sondern auch neuwertige Überwachungseinrichtungen für installierte Leitungen.

Alle Prüf- und Forschungseinrichtungen sind einzigartig in Deutschland und sind speziell für Forschungszwecke entwickelt und gebaut. Die derzeit vorhandenen Prüfanlagen ermöglichen aber auch für Anwender und Hersteller von Kabeln die Inanspruchnahme von Dienstleistungen, um z.B. neu entwickelte Produkte auf ihre Lebensdauer und Zuverlässigkeit zu überprüfen. Für die Kabelindustrie ist das LAP das derzeitige einzige Labor, welches als neutraler Partner Dienstleistungen und Forschungsaufträge übernimmt.

Das Labor ist in das Lehrangebot des Fachbereichs eingebunden und vermittelt den Studierenden multiphysikalisches, interdisziplinäres Wissen auf aktuellem Stand. Die Studierenden können im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten in den Forschungsprojekten mitarbeiten. Sie können bereits im Studium ihr erlerntes Wissen in die Praxis umsetzen und frühzeitig Kontakte zur Industrie knüpfen. Sie erwerben wertvolle Kompetenzen, die sowohl von regionalen, als auch überregionalen Unternehmen permanent stark nachgefragt werden.

Fachrichtung Gebäude-, Versorgungs- und Energietechnik (GVE)

Die Fachrichtung Gebäude-, Versorgungs- und Energietechnik des Fachbereichs Bauen + Leben bietet zahlreiche Projekte zum Thema Energieeffizienz, Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit sowie zum Einsatz neuer Technologien. Die Projekte sind einerseits zur Ausbildung der Studierenden in Form von Laborübungen aufgebaut, aber zum anderen auch als Kooperation mit Firmen angedacht.

Ausgewähltes Projektbeispiel: Kooperationsprojekt DenkWerk Energie

Ziel der Kooperation ist es, durch ein Masterseminar der Fachrichtung GVE in den dafür geschaffenen Seminarräumen des neuen Energie- und Technikparks Trier gemeinsam mit den Fachleuten der Stadtwerke Trier (SWT) und externen Experten über Fragen der zukünftigen Energieversorgung zu lehren und zu lernen, gemeinsam zu forschen und zu experimentieren und die möglichen Optionen intensiv gemeinsam zu diskutieren.

Durch dieses gemeinsame Seminar sollen auf der einen Seite die Studierenden noch weiter an reale Aufgaben der Optimierung von Energiesystemen und deren Ausbauplanung herangeführt werden, auf der anderen Seite sollen die SWT durch das Seminar die Möglichkeit erhalten, neue Themen im Vorfeld breiter diskutieren zu können und deren Vor- und Nachteile ausführlich zu analysieren.

Studierende des Bachelorstudiengangs „Technische Gebäudeausrüstung und Versorgungstechnik“ (Laborpraktikum Klimatechnik) und des Masterstudiengangs „Energiemanagement“ (Laborpraktikum Gebäudeautomation, Projektarbeiten) werden im Rahmen der Ausbildung an der Lehrklimaanlage mit der Klimatechnik in Verbindung mit der Gebäudeautomation vertraut gemacht und können entsprechend den unterschiedlichen Qualifizierungszielen ihre erworbenen theoretischen Kenntnisse in anspruchsvollen und anschaulichen Praxisbeispielen anwenden und vertiefen. Die Klima- und Lüftungsanlage besteht aus einem Filtereinsatz, einem Ventilator mit geregelter Drehzahl, einem Direktverdampfer als Luftkühler, einem elektrischen Lufterwärmer und einem DampfLuftbefeuchter. Mit diesen Anlagenkomponenten sind folgende Luftzustandsänderungen möglich: Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten. Hierzu können die aktiven Komponenten sowohl einzeln manuell, als auch über einen zentralen SPS-Klimaregler im Automatikbetrieb gefahren werden. Mit dem Klimaregler werden Temperatur und Luftfeuchte unabhängig voneinander geregelt. Über Zeitprogramme ist - wie in der Realität - ein tageszeit- und wochentags abhängiger Betrieb möglich. Druckverluste in der Anlage können an jedem Abschnitt des Kanals gemessen werden. Alle Bauteile dieser Lehrklimaanlage, wie Filter, Lufterwärmer, Luftkühler, Auslässe, Rauchmelder, Jalousieklappen, Revisions- und Brandschutzklappen entsprechen der Situation in einer realen Anlage.

Als Ergebnisse dieser Kooperation ergeben sich einmal die Ausarbeitungen der einzelnen Seminare zu den zuvor aufgeführten Themen, in der Form von Vorträgen und Projektarbeiten. Auch sind gemeinsame Forschungsvorhaben und Beratungen/Gutachten in den Themenfeldern angedacht, die entweder durch SWT direkt oder über Förderanträge finanziert werden sollen.

Technische Hochschule Bingen

Projekt: SEMa – Nachhaltige Energie für Marrakesch – Ein nachhaltiges Energiesystem für die Region Marrakesch und Instrumente zur Implementierung

Die wachsende Urbanisierung und der steigende Energiebedarf in Schwellen- und Entwicklungsländern verstärken die Bedeutung nachhaltiger Konzepte für die Planung und Entwicklung städtischer Räume. Den städtischen Räumen kommt dabei in Bezug auf den Klimawandel und den Energieeinsatz eine besondere Bedeutung zu. Hier ergeben sich Potenziale für Beteiligung von KMUs gerade bei den Transformationsprozessen dieser Räume.

Das Ziel des geplanten Verbundprojektes ist die Erstellung eines Energiekonzeptes für die städtische Region von Marrakesch. Das Verbundprojekt wird einen Beitrag zum Themenfeld "Nachhaltige Energiesysteme" liefern. Es geht dabei insbesondere um die Bestandsaufnahme des Energiesystems sowie die Erarbeitung von Optionen für eine nachhaltige Gestaltung des Energiesystems vor Ort. Schnittstellen ergeben sich zu dem Themenfeld "Klimaschutz/ Energieeffizienz" durch die Berücksichtigung von erneuerbaren Energien sowie Energieeffizienz im Rahmen des Energiekonzeptes.

ITB Bingen

Analysen zum Produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS)

Seit Anfang 2007 unterstützt die rheinland-pfälzische Landesregierung, vertreten durch das MUEEF mittelständische Unternehmen bei der Durchführung von Analysen zum Produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS). Unter der Bezeichnung „EffCheck – Ressourceneffizienz in Rheinland-Pfalz“ können sich mittelständische Unternehmen aus dem privaten und kommunalen Bereich ihre Produktion auf Kosten-, Ressourcen-, Emissions-, und Energieeinsparpotenziale untersuchen lassen. Ziel ist es hierbei, den Unternehmen aufzuzeigen, in welchen Bereichen ihrer Produktion bzw. betriebsinternen Abläufe Einsparpotenziale liegen. Darauf aufbauend werden Vorschläge zur Umsetzung dieser Potenziale erarbeitet und auf ihre ökologische Wirkung und Wirtschaftlichkeit hin bewertet.

Die Transferstelle Bingen als langjähriger Partner im Effizienznetz Rheinland-Pfalz ist gelisteter EffCheck-Berater. Sie unterstützt bei der Durchführung eines EffChecks kompetent und herstellerneutral in allen Bereichen des Unternehmens. Die Ingenieure der TSB arbeiten seit mehr als 25 Jahren an Projekten zur effizienten und erneuerbaren Energienutzung erfolgreich mit Unternehmen zusammen. Auch in der Neuausrichtung des EffCheck ab 2019 wird sich die TSB wieder einbringen.

Klimaschutzkonzepte der Transferstelle Bingen

Die Transferstelle Bingen erstellt seit über 25 Jahren kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte. Seit 2008 konnten so etwa 60 Klimaschutz(teil-)konzepte für etwa 40 Gebietskörperschaften ausgearbeitet werden. Die Klimaschutzkonzepte bewegen sich in einem breit aufgestellten Themenspektrum, in dem sowohl integrierte Klimaschutzkonzepte wie auch Klimaschutzteilkonzepte mit konkreten Schwerpunkten im Fokus stehen.

In allen Klimaschutzkonzepten werden Potenziale und Maßnahmen im Bereich erneuerbare Energienutzung untersucht. Die Bearbeitung erfolgt in partizipatorischen Prozessen, die sowohl in der Akteurs- und in der Öffentlichkeitsarbeit wie auch in der Arbeit mit politischen Gremien stattfinden.

In der Umsetzungsphase der Klimaschutzkonzepte berät und begleitet Transferstelle Bingen die Kommunen und deren Klimaschutzmanagerinnen und –manager in konkreten Projekten wie beispielsweise im Aufbau einer Eigenstromversorgung, im Ausbau von Wärmenetzen, oder in einer energiewirtschaftlichen Optimierung kommunaler Einrichtungen (z. B. Trinkwasserwerk).

Darüber hinaus wurden bislang für rund 17 Gebietskörperschaften energetische Quartierskonzepte in Zusammenarbeit mit den Partnern der Transferstelle Bingen (Stadt-Land-plus und Stadt-Land-Bahn) erstellt, in denen kleinräumig umsetzungsfähige Projektideen zur Weiterentwicklung der Energieversorgung, einschließlich Energieeinsparungen und Effizienzsteigerung, individuell für das Quartier erarbeitet wurden.

Energieeffizienzberatung für Bäckereien

Seit 2009 berät die TSB deutschlandweit Bäckereien in Sachen Energieeffizienz mit dem Ziel, Energiekosten der Bäckereien zu reduzieren sowie Einsparpotenziale der Betriebe nutzbar zu machen. In der Regel handelt es sich bei den Betrieben um KMUs, teilweise auch um größere Betriebe. Es findet eine Begehung der Produktionsstätte mit Datenaufnahme statt, auf deren Grundlage ein Energiekonzept erstellt wird. Dieses wird im Rahmen einer Abschlusspräsentation im Betrieb vorgestellt.

Zunächst wird in einer Energiebilanz der Energieverbrauch (Brennstoff und Strom) auf die wesentlichen Verbraucher verteilt (Backöfen, Kälteanlagen, Heizkessel, elektrische Arbeitsgeräte, Lüftungsanlage). Anschließend werden Energiekennzahlen gebildet, die als Maß für die Energieeffizienz erste Hinweise auf das Einsparpotenzial geben. Mögliche Optimierungsmaßnahmen, bspw. in den Bereichen Abwärmenutzung von Kälteanlagen und Öfen, Optimierung der Beleuchtungstechnik, Einsatz von BHKWs, organisatorische Maßnahmen sowie die Nutzung von Erneuerbaren Energien (bspw. PV) werden herausgearbeitet und beschrieben.

Durch die umgesetzten Maßnahmen lassen sich in jedem Betrieb Kosteneinsparungen im fünfstelligen Bereich erzielen.

Kompetenznetzwerk Smart Grids und virtuelle Kraftwerke als Beitrag zur Zukunftsinitiative virtuelle Kraftwerke des Landes

Um eine sichere, umweltverträgliche und kostengünstige Energieversorgung gewährleisten zu können, spielt die Entwicklung von Stromnetzen, die intelligent auf Angebot und Nachfrage reagieren, eine zentrale Rolle. Sogenannte Smart Grids sind ein wichtiger Baustein für die intelligente, nachhaltige Energieversorgung der Zukunft. Die intelligente Vernetzung von Energieerzeuger, -verbraucher und -verteiler erhöht die Effizienz und führt zur Reduktion von Lastspitzen. Um die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Energiewirtschaft zu begegnen, wurde 2010 das Kompetenznetzwerk Smart Grids gegründet und in den folgenden Jahren ausgebaut. Aufbauend auf dem bestehenden Kompetenznetzwerk Smart Grids, den bisherigen Projekten und Aktivitäten der Landesregierung Rheinland-Pfalz, wurde in 2013 die Zukunftsinitiative Smart Grids Rheinland-Pfalz gegründet.

Ziel des Kompetenznetzwerks Smart Grids und Virtuelle Kraftwerke ist es, eine Informations- und Kommunikationsplattform zu allen Fragen mit Bezug zu Smart Metering, Smart Grids sowie Virtuelle Kraftwerke, aber auch Smart Market in Rheinland-Pfalz zu bilden. Hierzu werden in regelmäßigen Abständen Netzwerkpartnertreffen mit Fachvorträgen, Diskussionsrunden und ggf. Workshops der Netzwerkpartner durchgeführt. Getragen wird die Zukunftsinitiative von der Transferstelle Bingen (TSB) und der Energieagentur Rheinland-Pfalz. Die TSB bietet die wissenschaftliche Leitung in anwendungsorientierten Projekten und die verbesserte Beratung von Unternehmen und Kommunen in den Energiewirtschaftsthemen. Weitere Aufgabenschwerpunkte sind neben der wissenschaftlichen Leitung des Kompetenznetzwerks zugleich die fachliche und systematische Vorbereitung von Netzwerkpartnertreffen, Initiierung ausgewählter Netzwerkaktivitäten, Akquise neuer Netzwerkpartner sowie die Beratung der Landesregierung und der Energieagentur RLP, z.B. zu bundesweiten Initiativen und Projekten auf dem Gebiet der intelligenten Netze und Virtuellen Kraftwerke.

Prüfstand der Technischen Hochschule Bingen

Die Technische Hochschule Bingen betreibt seit 2003 einen Heizungsprüfstand, an dem verschiedene Energieerzeuger getestet werden können. Unter anderem wurden bisher verschiedene Mini-BHKWs, ein Stirlingmotor, eine Brennstoffzelle und ein Latentwärmespeicher im Rahmen von Versuchsreihen getestet. Die erzeugte Wärme und der erzeugte Strom werden in das Netz der TH Bingen eingespeist. Im Sommer, wenn kein Wärmebedarf durch die TH

Bingen besteht, kann die überschüssige Wärme über einen Rückkühler abgeführt werden. Verfahrenstechnische Messgrößen wie Temperatur, Druck, Durchfluss, Wärmeleistungen, Wärmemengen und Zählungen elektrischer Wirkleistung sind vielfältig realisiert.

Seit dem Jahr 2016 wird der Heizungsprüfstand um einen 1.000-Liter-Pufferspeicher, bestückt mit 3 Heizstäben à 9 kW elektrischer Leistung, erweitert. Durch diese Maßnahme sollen in naher Zukunft Versuchsreihen und Ausbildung der Studenten im Bereich der Power-to-Heat-Technologie stattfinden. In Zusammenarbeit mit der Transferstelle Bingen werden energiewirtschaftliche Untersuchungen unterstützt und die Anbindung an den Marktparallel-Server der TSB genutzt, um die Wirkungsweise von Power-to-Heat-Anlagen nachzuweisen und in Forschung und Lehre zu vermitteln.

Projektbeispiele

Designetz

Laufzeit 01.01.2017 – 31.12.2020

Fördermittelgeber Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Projektpartner Bergische Universität Wuppertal, DFKI, Fraunhofer IESE, gwi, htw saar, IAEW, iöw, offis, StoREgio, TU Dortmund, Transferstelle Bingen, Universität des Saarlandes, Energieagentur Rheinland-Pfalz, DEW 21, ewr netze, IBB, innogy, Mainzer Stadtwerke, Pfalzwerke, SPIE, Stadtwerke Saarlouis, SWT, steag, TWL, voltaris, predict, AWSi, 450 connect, hager group, John Deere, Schabmüller

Mit dem Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“, setzt die Bundesregierung ein klares Zeichen für die Energiewende in Deutschland. Am Konsortium Designetz sind unter Federführung von innogy 46 Partner aus Stadtwerken, Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung über die Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Saarland hinweg beteiligt. Das Schaufenster DESIGNETZ besteht aus zahlreichen Einzelprojekten, die ihre Antwort auf die Herausforderungen durch die Energiewende im Strommarkt aufzeigen. Im aussteuernden Systemcockpit sollen technische Lösungen aufgezeigt werden, wie dezentral bereitgestellte Energie zu volkswirtschaftlich minimalen Gesamtkosten für die Versorgung von Lastzentren genutzt werden kann. Somit wird die Sinnhaftigkeit eines regionalen Ausgleichs von EE-Dargebot und der Nachfrage mit dem Ziel einer effizienten Infrastrukturnutzung untersucht. Um die Effizienz des Zusammenspiels unterschiedlicher Anlagen-Flexibilitäten der Einzelprojekte auf der System-, Markt- und Netzebene zu steigern, werden im Projekt die Komponenten Netz, Markt, IKT sowie die Integration im Energieversorgungssystem betrachtet. Die Arbeit der Transferstelle Bingen führt dazu, dass

die Einzelprojekte übertragbar und vergleichbar werden, ohne die einzelnen Geschäftsinteressen der Unternehmen zu gefährden. Das regionale und übergreifende Zusammenspiel der Flexibilitäten wird durch die TSB koordiniert, für die optimierte Vernetzung in neuen virtuellen Kraftwerken vorbereitet und die Bedeutung und Wirkung vor allem auf Marktmechanismen und Flexibilitätseinsatz wirksam bewertet.

VEVIDE 2– Branchenanalyse

Laufzeit 01.09.2017 – 31.12.2018

Fördermittelgeber MUEEF

Kooperationspartner -

Im Forschungsprojekt VEVIDE wurde der Aufbau eines virtuellen Energiespeichers in Anlehnung an ein virtuelles Kraftwerk durch die Transferstelle Bingen durchgeführt. Im nachgelagerten Projekt VEVIDE 2 war es das Ziel, die auftretenden Herausforderungen der Energiewende gemeinsam mit den Branchen und Unternehmen in Rheinland-Pfalz zu bewältigen und das Potenzial zur Lastverschiebung und zur Speicherung der Energie vor Ort zu erschließen. Dabei wurden flexible Lasten in Unternehmen identifiziert. Diese sind gut steuerbare Anlagen, bei denen sich der Verbrauch relativ einfach verringern, erhöhen oder in gewissen Grenzen zeitlich variabel verschieben lässt, auch „Lastmanagement“ genannt. Mit Hilfe des Lastmanagements kann der eigene Stromverbrauch an den Strommarktsignalen entsprechend ausgerichtet und Produktionsprozesse flexibel gesteuert werden. Dadurch können auch die Energiekosten des Unternehmens nachhaltig reduziert werden. Das Anknüpfen an das abgeschlossene Projekt VEVIDE zielt darauf ab, über Verbände und Branchen-Cluster eine breite Masse an Unternehmen für das Thema zu mobilisieren und Akzeptanz für das Thema zu schaffen. Die im Projekt durchgeführten Untersuchungen sollen Wertschöpfungspotenziale für die Unternehmen (Branchen) aufzeigen.

Q-SWOP

Laufzeit 01.10.2018-30.09.2023

Fördermittelgeber Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Projektpartner EnergyEffizienz GmbH, RWTH Aachen – Institut für Hochspannungstechnik

Ziel des Forschungsprojekts Q-SWOP ist die Erhöhung der Anwendbarkeit und Praxis-tauglichkeit des im Rahmen des Projekts EnEff:Stadt Modellstadt25+ / Lampertheim effizient (2012-2017) entwickelten computergestützten Verfahrens zur Erstellung von „Quartier-Masterplänen“, die Effizienzmaßnahmen identifizieren und nach unterschiedlichen Kriterien bewer-

ten. Erzielt wird die Erhöhung durch Erkenntnisse aus der praktischen Anwendung und baulichen Umsetzung in mehreren Quartieren. Dazu werden zum einen Umsetzungsanforderungen identifiziert und integriert und zum anderen weitere Technologien und Effizienzkonzepte in das Verfahren eingebunden. Die Umsetzungsanforderungen lassen sich aus den Ergebnissen der Feinplanung und des Messprogramms ableiten und beziehen sich z.B. auf die baulichen Restriktionen sowie das reale Verhalten der betrachteten Anlagen. Darüber hinaus ermöglicht die Integration weiterer Technologien und Effizienzkonzepte die Berücksichtigung von wirtschaftlich oder politisch getriebenen Entwicklungen bei der Erstellung von „Quartiers-Masterplänen“. Aktuell wird Quartiersstromkonzepten und der Elektromobilität eine besondere Bedeutung zugeschrieben. Im Rahmen des Forschungsvorhabens ist zunächst die Anwendung des Planungsverfahrens zur Erstellung von „Quartiers-Masterplänen“ für vier im Voraus ausgewählte Quartiere vorgesehen (in den Städten Lampertheim und Langen sowie den Gemeinden Rabenau und Biblis). Nach der Identifikation der Effizienzmaßnahmen folgen die Feinplanung sowie die bauliche Umsetzung in den Quartieren. Hieran schließt sich ein wissenschaftliches Messprogramm an, das die Kernkomponente für die Ableitung von Erkenntnissen zur Erhöhung der Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit des Verfahrens darstellt. Parallel dazu erfolgt die Verfahrensweiterentwicklung, zunächst in Bezug auf die Integration von Quartiersstromkonzepten und Elektromobilität und anschließend auf die Umsetzungsanforderungen.

Regionalisierung der Energieversorgung auf Verteilnetzebene am Modellstandort Kirchheimbolanden (RegEnKiBo)

Laufzeit 01.06.2015 – 30.05.2018

Fördermittelgeber BMWi

Kooperationspartner ERP, DVGW, KIT, Viessmann, Kirchheimbolanden

Im Rahmen der Energiewende wird die bisher zentrale Energieversorgung durch eine zentrale, stark schwankende Einspeisung von erneuerbaren Energien in die Stromnetze abgelöst und die Energieversorgung dadurch auf die Verteilnetzebene hin verlagert. Das Forschungsprojekt baut in Zusammenarbeit mit der Transferstelle Bingen darauf auf und untersucht, wie eine Regionalisierung der Energieversorgung auf Verteilnetzebene erreicht werden kann, um den Austausch von elektrischer Energie zwischen Übertragungsnetz und Verteilnetz möglichst gering zu halten. Dadurch kann der erforderliche Netzausbau im Rahmen der Energiewende reduziert werden. Das steigert die Akzeptanz der Energiewende und verringert die hohen Netzbaukosten.

Modellstandort für das Forschungsvorhaben ist die Stadt Kirchheimbolanden in Rheinland-Pfalz. Kirchheimbolanden zeichnet sich nicht nur durch eine gute Verteilung des Stromverbrauchs zwischen Haushalts-, Gewerbe- und Industriekunden, sondern auch durch eine ausreichende Kapazität von erneuerbaren Energien an Leistung und Menge zur möglichen lokalen Versorgung der Stadt mit Ökostrom aus.

Grubenwasserwärmenutzung zur Beheizung des Rathauses der Verbandsgemeinde Bad Ems

Laufzeit 01.03.2016 – 31.12.2019

Fördermittelgeber MUEEF

Kooperationspartner VG Bad Ems, Klimaschutz Bad Ems, Bernardi-Ingenieure, geo consult POHL

Die Verbandsgemeinde Bad Ems beschäftigt sich aufgrund des großen Potenzials seit 2006 mit der geothermischen Nutzung der Grubenwässer (25°C und etwa 100 m³/h). Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Umsetzungsprojektes im Rathaus werden die vorliegende Bestands- und Wirtschaftlichkeitsanalyse überarbeitet sowie ein Mess- und Zählerkonzept erstellt. Die Zusammenarbeit mit den verschiedenen Planern und ausführenden Unternehmen wird von der Transferstelle Bingen begleitet. Die Erfolge des Projektes werden im Rahmen der Evaluation messtechnisch erfasst und interpretiert. Da in Rheinland-Pfalz im großen Maß Potenziale durch thermale Gruben- und Mineralwässer vorzufinden sind, wird die Übertragbarkeit auf andere Standorte anhand der Erkenntnisse diskutiert und vor anderen Akteuren dargestellt.

Ziel der Maßnahmenumsetzung ist eine deutlich effizientere und emissionsärmere Heizwärmeversorgung des Rathauses. Die Umsetzung und die Evaluation der ersten Betriebsjahre soll demonstrieren, dass sowohl die Geowärmeerschließung mit günstigen Materialien als auch die Machbarkeit der Beheizung eines historischen Bestandsgebäudes mit Niedertemperatur möglich ist. Ziele der wissenschaftlichen Begleitung ist die Erfüllung der Anforderungen des Energiekonzeptes und der damit verbundenen Klimaschutzziele sowohl bei der Planung als auch bei der Umsetzung.

Dezentrale Stromversorgung und zeitsynchroner Verbrauch im Landkreis Cochem-Zell

Laufzeit 01.03.2017 – 28.02.2018

Fördermittelgeber Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Kooperationspartner evm, innogy

Im Rahmen des innovativen Klimaschutzteilkonzeptes wird eine alle relevanten Sektoren übergreifende Strom- und CO₂e-Bilanz erstellt und dokumentiert. Hierbei werden lastgang-gerecht

Stromeinspeisung und -ausspeisung gegenübergestellt und Maßnahmen entwickelt um die regenerative, regionale Stromversorgung aus Erneuerbaren Energien zu erhöhen. Der bisher rein bilanziell über das Jahr betrachtete Erneuerbare-Energienanteil in Cochem- Zell beträgt >100%. Ziel ist es über kurzfristig umsetzbare Maßnahmen wie beispielsweise die Integration von bestehenden Anlagen (KWK, Netzersatzanlagen) in ein virtuelles Kraftwerk aufzuzeigen wie ein Beitrag im Stromnetz geleistet werden kann und ein Effekt in der Nutzung lokal erzeugten Erneuerbaren- Energiestroms ersichtlich wird. Über die Identifikation weiterer Anlagen und Prozesse („Flexibilitäten“) sollen mittelfristige Potenziale gehoben werden. Dabei wird im Landkreis das Demand-Side-Management verbreitet und Akteure für eine mögliche Umsetzung vorbereitet und begleitet. Abschließend werden die identifizierten kurz- und mittelfristigen Maßnahmen zur Erreichung der Strategie zur lastganggerechten Stromversorgung analysiert und ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung zur Erreichung des Ziels, den Verbrauch zeit-synchron durch die lokale Erzeugung zu bedienen, gegeben.

Wissenschaftliche Begleitung des Fördervorhabens Abwasserwärmetauscher in Verbindung mit einer Wärmepumpe zur Wärme- und Kälteversorgung des Neubaus der Rhein Main Hallen in Wiesbaden

Laufzeit 2016 - 2018

Fördermittelgeber HMEVL

Auftraggeber HA Hessen Agentur GmbH

Der Neubau des Rhein-Main-Congress Centers (früher Rhein-Main-Hallen) bietet die Möglichkeit, in großem Umfang Energie aus Abwasser zu gewinnen, da dieses Gebäude sich in direkter Nachbarschaft zum Hauptsammler der Stadt Wiesbaden befindet. Die Anlage besteht aus einer kompakten Energiezentrale zur Bereitstellung von Wärme- und Kälteenergie, aus einem Abwasserwärmetauscher, der in den bestehenden Abwasserkanal eingelassen wird sowie über einen internen Zwischenkreislauf, der die Wärmegewinnung ermöglicht. Die Zentrale umfasst u.a. eine stufenlose Wärmepumpe zur Wärme- und Kälteerzeugung, inkl. Hydraulik mit integrierten Umwälzpumpen. Die integrierte Umschaltung der Energiezentrale ermöglicht es, Heiz- und Kühlverbraucher gleichzeitig mit Energie zu versorgen. Damit findet zwischen dem Heiz- und dem Kühlnetz eine perfekte interne Wärmerückgewinnung statt. Überschüssige oder fehlende Wärme wird durch die Quelle (Abwasser) ausgeglichen. Das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL) fördert das Vorhaben Abwasserwärmetauscher in Verbindung mit einer Wärmepumpe zur Wärme und Kälteversorgung des Neubaus des RMCC zur Demonstration besonders innovativer und effizienter Ener-

gienutzung mit einem Zuschuss. Neben der monetären Unterstützung des Projekts als Investitionsanreiz hat der Fördermittelgeber signalisiert, dass er durch dieses Projekt auch Erkenntnisse und Informationen aggregieren möchte, um diese auch auf vergleichbare zukünftige Projekte übertragen zu können. Das zuständige Planungsbüro trat mit der Projekt-Idee der wissenschaftlichen Begleitung durch eine Hochschule an den Auftraggeber und die Technische Hochschule Bingen (Fachbereich 1 Life Sciences and Engineering - Herr Prof Winkels) heran. Für alle Projektbeteiligten und den Fördermittelgeber erscheint die Projekt-Idee der wissenschaftlichen Begleitung durch eine Hochschule gut geeignet und zielführend, um den Wissenstransfer aus diesem R&D Vorhaben zu gewährleisten. Ausgehen von dieser Idee wurde nun eine Projektskizze erarbeitet, um die wissenschaftliche Begleitung als separates, aber auf das eigentliche Fördervorhaben aufbauendes Projekt zu realisieren.

Fraunhofer IMM, Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz

Anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Energie- und Chemietechnik stellen einen zentralen Leistungsbereich des Fraunhofer IMM in Mainz dar. Das Institut widmet sich im Segment der Energietechnik vor allem Themen der mobilen und dezentralen Bereitstellung von elektrischer Energie basierend auf Reformiertechnologien, der Erzeugung synthetischer (Bio-)Treibstoffe sowie dem Wärmemanagement. Weitere Forschungsschwerpunkte des Fraunhofer IMM in der Energietechnik betreffen die Flüssigwasserstofftechnik, die Abgasaufreinigung, Power-to-Gas, das Wärme- und Kältemanagement sowie die Energiespeicherung. Das Fraunhofer IMM agiert auf der technologischen Basis der Mikrostruktur- und Mikrosystemtechnik. Die erstellten industrierelevanten Lösungen basieren daher regelmäßig auf Plattenstapel-Konzepten, in denen die Platten mit Kanalstrukturen und mit von Fraunhofer IMM selbst konzipierten Katalysatorformulierungen ausgestattet sind. Die erstellten Systeme arbeiten als chemische Reaktoren und extrahieren z.B. Wasserstoff aus konventionellen und regenerativen Brennstoffen zur Versorgung von nachgeschalteten Brennstoffzellen. Die Leistungen des Fraunhofer IMM decken die gesamte Technologiekette vom Systemdesign der Reaktionssysteme über Prozesssimulation, Katalysatorentwicklung, Langzeit-Standzeittests, Reaktorkonstruktion, Entwicklung kostengünstiger Fertigungstechnologien, Systemsteuerung, Systemintegration bis hin zum Systemtest ab.

Projektbeispiele

Energieautarke Flugzeugküchen entlasten Triebwerke und Umwelt: dies ist der Leitgedanke einer mit dem federführenden Unternehmen Diehl Aerospace GmbH und der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) am Fraunhofer IMM bearbeiteten technischen

Lösung für einen mobilen Energieerzeuger für Passagierflugzeuge, der schrittweise in Richtung Serienreife entwickelt wird. Ein weiter steigender Energieverbrauch in Flugzeugen durch Kommunikationselektronik und Bordküchen kann projektiv nicht vollständig durch die konventionellen Energieerzeuger Hauptturbine und Hilfsaggregat (APU) des Flugzeugs abgedeckt werden. Das am Fraunhofer IMM bearbeitete Konzept geht von einem Energieversorgungstrolley als fahrbare Einheit aus, der in den Bordküchen der Flugzeuge andockt und diese mit Energie versorgt. Eine Kernkomponente des innovativen Trolleys ist das von Fraunhofer IMM entwickelte Energiekonversionssystem bestehend aus einem Reformer, einem katalytischen Startbrenner, Reaktoren für die Wassergas-Shift-Reaktion und die selektive Oxidation von Kohlenmonoxid sowie Wärmeübertragern und Verdampfern. Das von Fraunhofer IMM erstellte System gewinnt aus dem im Luftfahrtbereich akkreditierten Energieträger Propylenglykol über eine Reihe katalytischer Prozesse gereinigten Wasserstoff zur Verstromung in einer nachgeschalteten Brennstoffzelle. Die Nebenprodukte dieser Energieumwandlung sind harmloses Wasser und Wärme.

Synthese von Biodiesel im überkritischen Prozess: Die Gewinnung von Biodiesel aus Pflanzenölen ist ein etablierter Prozess. Neu ist der von Fraunhofer IMM verfolgte Ansatz der Biodieselsynthese unter Einsatz eines heterogenen Katalysators in einer kontinuierlich betriebenen Kompletanlage mit einer überkritischen Prozessführung. Das Wort überkritisch bezeichnet dabei einen thermodynamischen Zustand, den Stoffe ab einer bestimmten Konstellation von Temperatur und Druck annehmen und bei dem die Eigenschaften von Flüssigkeiten und Gasen ohne Phasentrennung ineinander übergehen. Durch die überkritische Prozessführung verkürzt sich die Reaktionszeit und es entfallen mehrere Prozessschritte verglichen zu den bisher etablierten Ansätzen. Die bei der Biodieselherstellung sonst übliche Umesterung des Pflanzenöls erfolgt hier mit überkritischem Methanol. Die von Fraunhofer IMM speziell konzipierten innovativen heterogenen Katalysatoren werden als Beschichtung in mikroskaligen Reaktoren aufgebracht. Neben der Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit der Umesterung verringern sich die Baugröße des Reaktors sowie der Wasserverbrauch, gleichzeitig sinkt die Empfindlichkeit des Prozesses gegen Wasserspuren im Feed. Der geringere Bedarf an Methanol, die höhere Reinheit des Nebenproduktes Glycerin und die große Langzeitstabilität des Katalysators sind weitere Vorzüge. Ersetzt man Methanol durch Ethanol, kann die ohnehin schon verbesserte Umweltverträglichkeit noch weiter gesteigert werden. Obwohl der Prozess bei hohen Drücken und Temperaturen abläuft, liegt der Gesamtenergieverbrauch aufgrund der Prozessoptimierung signifikant unter den Werten des herkömmlichen Verfahrens. Die von Fraunhofer IMM erstellte Lösung ist als dezentralisierte Anlage betreibbar.

Photokatalytische Umwandlung von Kohlenstoffdioxid in Basischemikalien: Kohlendioxid, Methan und Stickoxide gelten als Treibhausgase, die für die globale Erwärmung mitverantwortlich sind. Gelingt die Nutzbarmachung des freien CO₂, insbesondere unter Verwendung alternativer Energieformen wie z. B. Windenergie, Wasserkraft oder Sonnenenergie, kann die Ökobilanz nachhaltig verbessert werden. Der von Fraunhofer IMM im Verbund mit der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und dem Unternehmen Sahlmann Photochemical Solutions verfolgte Ansatz basiert auf einem photokatalytischen Prozess, der einen Diamant-Photokatalysator als photoaktive Komponente enthält und in einem kontinuierlichen betriebenen Mikroreaktionssystem abläuft. Als Energiequelle kommen Hochleistungsleuchtdioden zum Einsatz. Dem Zusammenspiel zwischen Lichtquelle und den anderen Komponenten des Systems gilt große Aufmerksamkeit, da es für den photokatalytischen Prozess von ebenso großer Bedeutung ist wie für die Gesamteffizienz des Reaktors. Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Bereitstellung einer Demonstratoranlage, die unter naturnahen Bedingungen CO₂ in wertvolle chemische C1- Bausteine wie Methanol umwandeln kann.

Reformer für mobile und dezentrale Anwendungen: Das Fraunhofer IMM arbeitet intensiv und bereits langjährig an Bordstromerzeugungsaggregaten (Auxilliary Power Units) auf Basis der Reformierung von einer Vielzahl von Treibstoffen. Die von Fraunhofer IMM entwickelten Reformerkomplettsysteme in verschiedenen Leistungsbereichen (bis zu 50 kW elektrisches Leistungsäquivalent) versorgen nachgeschaltete Brennstoffzellen mit gereinigtem Wasserstoff, der dann in diesen Brennstoffzellen verstromt wird. Dieselreformer sind für mobile Applikationen, wie die Stromversorgung in LKW und Yachten (z.B. als Energiequelle für Kühleinheiten oder als Bordstromquellen) eine besonders vielversprechende Option, da diese eine hohe Effizienz bei geringen Emissionen aufweisen und mit dem gleichen Treibstoff wie der konventionelle Verbrennungsmotor betrieben werden. Im Rahmen der jüngsten Arbeiten des Fraunhofer IMM an den Diesel-Reformerkomplettsystemen wurden Themen wie Katalysatorkosten, Treibstoffverdampfung und –entschwefelung, Verbindung der Komponenten und Robustheit in Richtung industrieller Reife weiterentwickelt. Fraunhofer IMM entwickelt Komplettlösungen für Reformersysteme vom Labor- bis zum Pilotmaßstab und weiter bis zur Serienreife. Dabei widmet sich Fraunhofer IMM neben der Konzeption der Reaktoren und Peripheriekomponenten deren Auslegung, Konstruktion und Fertigung sowie Systemintegration, Steuerung und Test. Neben Diesel sind weitere in den Reformerapplikationen von Fraunhofer IMM eingesetzte Brennstoffe u.a. (Bio-) Ethanol, Methanol, Propylenglykol, Ethylenglykol, Kerosin, Benzin, Erdgas sowie Flüssiggas.

Nutzung alternativer Energiequellen für chemische Synthesen: Das aufstrebende Gebiet der sogenannten Green Chemistry hat zum Ziel, Energie einzusparen und die Nutzung gefährlicher Chemikalien so weit wie möglich zu reduzieren. Aktuelle Projektarbeiten des Fraunhofer IMM zielen darauf ab, ausgewählte innovative und energieeffiziente chemische Reaktionsprozesse unter Nutzung von neuartigen Mikrowellen-, Ultraschall- und Plasmasystemen sowie umweltfreundlicheren Katalysatoren zu entwickeln, und diese im industriellen Umfeld zu demonstrieren. Gemeinsam mit industriellen und akademischen Partnern hat Fraunhofer IMM Strategien für Prozesse, Apparate und Anlagen entwickelt, die sowohl individuell auf die entsprechende Reaktion und alternative Energiequelle zugeschnittene Mikroreaktoren als auch andere Durchfluss-Reaktorsysteme einbeziehen. Die von den Industriepartnern ausgewählten Synthesen beinhalten derzeit vor allem selektive Hydrierungen und Reaktionen zur Stickstoff-Fixierung sowie die Herstellung reaktiver Intermediate. Die wesentliche Aufgabe des Fraunhofer IMM besteht darin, auf der Basis der Kompetenzen sowohl bei der Gas-Flüssig-Kontaktierung in Fallfilm-Mikroreaktoren als auch bei der Katalysator-Wandbeschichtung für die mikrowellenunterstützten Synthesen neuartige und speziell angepasste Reaktoren (z. B. durch mikrowellentransparente Ausführung) für den Labor- und den Pilotmaßstab zu entwickeln und zu realisieren. Für die Stickstoff-Fixierung werden Plasmareaktoren realisiert.

Erdgasbetriebenes Blockheizkraftwerk mit gekoppelter Reformier- und Brennstoffzellentechnik: Das Fraunhofer IMM bearbeitet mit finanzieller Unterstützung durch das Land Rheinland-Pfalz ein Vorhaben zur Entwicklung eines erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerkes auf der Basis von Reformier- und Brennstoffzellentechnik mit einer projektiven thermischen und elektrischen Gesamtleistung von ca. 120 kW. Im klaren Gegensatz zu Systemen, die auf der Basis eines Verbrennungsmotors mit vergleichsweise niedrigem Wirkungsgrad arbeiten, wird das von Fraunhofer IMM konzipierte System den hohen Wirkungsgrad katalytischer Prozesse nutzen und das Erdgas zunächst in einem Reformersystem zu einem wasserstoffhaltigen Gas umsetzen und dieses anschließend in einer Brennstoffzelle zu elektrischer Energie transformieren. Der Einsatz von gekoppelter Reformier- und Brennstoffzellentechnik für die Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie verspricht die höchsten Gesamtwirkungsgrade von 90 - 100%. Diese sind in technischen Systemen nur möglich, wenn eine quasi-quantitative Nutzung der von der Brennstoffzelle erzeugten Abwärme für die Bereitstellung thermischer Energie (Warmwasser, Heizung) erfolgt. Bei der Brennstoffzellentechnik setzt das Fraunhofer IMM in diesem Demonstrationsvorhaben auf die Technik der Niedertemperatur-PEM (NT-PEM) Brennstoffzellen, die gegenüber alternativen Techniken wie Feststoffoxidbrennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) und Hochtemperatur-PEM Brennstoffzellen (HT-PEM) eine

Reihe von Vorteilen aufweist. Das Reformersystem wird auf der Technologie mikrostrukturierter Reaktoren des Fraunhofer IMM sowie den von Fraunhofer IMM speziell konzipierten Katalysatorformulierungen basieren.

Institut für Verbundwerkstoffwerkstoffe

Aus den gesellschaftlichen Herausforderungen wurden für das Institut für Verbundwerkstoffe vier strategische Handlungsbereiche abgeleitet. Dies sind Mobilität, Energie, Produktion und Gesundheit.

Im Bereich Energie bestehen Herausforderungen in der Bereitstellung von effizienten Speichertechnologien (z.B. Druckspeicher, Rotationsspeicher), der Reduktion von Reibung und Verschleiß vor allem in bewegten Maschinenelementen (Reibung und

Verschleiß von Maschinenelementen bzw. reibungsbehafteten Bauteilen verursachen nach Expertenschätzungen derzeit rund 23 % des weltweiten Energiebedarfs) sowie dem vergleichsweise hohen Energieeinsatz, der heute insbesondere für

die Herstellung von Carbonfasern erforderlich ist. Zukünftig gefordert sind deswegen fortschrittliche Energiespeichertechnologien, ein multipler werkstofflicher Einsatz von Kohlenstofffasern zur Verbesserung der Energiebilanz sowie weiterentwickelte Technologien zur Senkung von Reibung und Verschleiß. Antworten auf diese Herausforderungen werden gesehen:

- kurzfristig ebenfalls in der weiteren Ausschöpfung des Leichtbaupotenzials von Faserkunststoffverbunden,
- mittelfristig in der Entwicklung sehr schnell laufender und hochermüdungsresistenter CFK-Schwungrad-Energiespeicher, selbstschmierender und strukturintegrierter Lager, der Substitution schnell bewegter metallischer Maschinenelemente durch Faserkunststoffverbundlösungen,
- mittel- bis langfristig in „Upcycling“-Technologien für Kohlenstofffasern mit Endlosfasereigenschaften (100 % Recycling) und Faserkunststoffverbunden aus 100 % nachwachsenden Rohstoffen.

Energieforschungsprojekte Fraunhofer ITWM

Energieforschungsprojekte

der Abteilung „Transportvorgänge“

des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik

Kurzbeschreibung der wichtigsten Forschungsschwerpunkte, Maßnahmen und Initiativen

Der Übergang zu regenerativ erzeugtem Strom und Gas hat massive Auswirkung auf die Betriebsführung von Strom-, Gas- und Wärmenetzen. Eine stark schwankende Einspeisung in

mittlere und untere Netzebenen erfordert zunehmend kommunikative, modellbasierte Konzepte für eine optimale Regelung.

So setzt beispielsweise die Optimierung der Betriebsabläufe eines Fernheizkraftwerks voraus, dass alle seine Komponenten so genau wie möglich mathematisch abgebildet werden. Für das Fernwärmenetz bedeutet dies, dass man nicht nur statische Zustände, sondern seine gesamte zeitliche Dynamik berücksichtigen muss. Nur so kann das Netz als eine Komponente des FHKWs optimal betrieben werden.

Unabhängig von der Energieart (Strom, Erdgas, Fernwärme) gibt es mathematische Probleme bei der Modellierung, Simulation, Optimierung bzw. Steuerung, die immer wiederkehren.

Unsere Kompetenzen im Bereich Energienetze umfassen das gesamte Spektrum:

- mathematische Modellierung
- Entwicklung effektiver Algorithmen
- Optimierung und Steuerung bzw. Regelung
- Softwareimplementierung

Aufgrund der Größe und Komplexität der mathematischen Modelle müssen Verfahren der Modellreduktion entwickelt und angewendet werden, um die Simulationen zu beschleunigen und so überhaupt eine modellbasierte Regelung zu ermöglichen.

Die nachfolgend beschriebenen Forschungsprojekte (Stiftung Inno, DYNEEF, MathEnergy und EiFer) zeigen, wie zum einen die mathematischen Kompetenzen des ITWM zur Lösung der gesellschaftlich aktuellen Energiefragestellungen eingesetzt werden können, und zum anderen, wie die praktischen Aufgabenstellungen die Weiterentwicklung von mathematischen Methoden motivieren. Im Stiftung Inno-Projekt, das vom Land Rheinland-Pfalz gefördert wurde, ging es im Wesentlichen um die Entwicklung effizienter numerischer Methoden zur dynamischen Simulation von Fernwärmenetzen, die dann im Projekt DYNEEF unter konkreten praktischen Gesichtspunkten weiterentwickelt und in ein Softwaretool implementiert wurden. Im Projekt MathEnergy befasst sich das ITWM mit Stromnetzen. Dabei geht es um mathematische Fragen der Modellreduktion, der Regelung und Steuerung. Im Projekt EiFer wird die Sektorenkopplung zwischen Fernwärme- und Stromnetzen untersucht, wobei man Erkenntnisse aus den Projekten DYNEEF und MathEnergy nutzen kann. Weiterhin werden in EiFer Methoden der Parameteridentifikation untersucht und implementiert auf der Grundlage der in Stiftung Inno und DYNEEF entwickelten schnellen numerischen Verfahren.

Projekte für den Berichtszeitraum 2017 – 2018

(inhaltliche Kurzbeschreibung)

- „Dynamische Simulation rheinland-pfälzischer Fernwärmenetze als Grundlage für eine ökologische und ökonomische optimierte Betriebsführung“
(gefördert durch Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation).

Das Projekt befasste sich mit der Entwicklung eines effektiven Verfahrens zur dynamischen Simulation von Fernwärmenetzen und bildet somit die theoretische Grundlage für einige der nachfolgenden Forschungsprojekte im Bereich der Energie. Eine effiziente Numerik ist die Voraussetzung zur optimalen Betriebsführung von Fernwärmenetzen.

Die Thermohydraulik von Fernwärmenetzen kann durch Erhaltungsgleichungen (partielle Differentialgleichungen) beschrieben werden. Ein entsprechendes mathematisches Modell wurde erstellt und Möglichkeiten seiner Lösbarkeit diskutiert. Da klassische Verfahren zur Lösung dieser Gleichungen zu aufwändig bzw. ungenau sind, wurde im Rahmen des Projekts nach Alternativen geforscht. Es hat sich gezeigt, dass ein speziell auf der Grundlage von Charakteristiken entwickeltes Lösungsverfahren, bei dem die einzelnen Leitungen nicht – wie bisher üblich – weiter unterteilt werden müssen, äußerst effektiv ist und die nötige Voraussetzung für nachfolgende Optimierungsfragestellungen liefert.

Zur Eingabe der Netztopologie wurden Schnittstellen zum kommerziellen Programmpaket STANET geschaffen, das als Standardtool bei vielen Energieversorgern eingesetzt wird. Eine im Rahmen des Projekts entwickelte wissenschaftliche Software wurde genutzt, um die neuen numerischen Verfahren zu testen. Das Verhalten der Verbraucher wurde mit Hilfe von Standardlastprofilen, die den Anforderungen der Software entsprechend modifiziert wurden, modelliert. Diese Standardlastprofile stammen ursprünglich aus dem Gasbereich, spiegeln aber sehr gut das Verhalten der Fernwärmebenutzer wieder. Die im Rahmen des Projekts geschaffenen theoretischen Grundlagen zur Modellierung und Simulation des dynamischen Verhaltens von Fernwärmenetzen und die daraus resultierende Softwareumsetzung sind die Grundlage zum Studium einer optimalen Betriebsführung.

Das Projekt wurde erfolgreich zusammen mit dem Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern und rheinland-pfälzischen Energieversorgern, die das technische Know-how und konkrete Daten lieferten, durchgeführt.

- „Dynamische Netzsimulation zur Effizienzsteigerung und Emissionsreduzierung in der Fernwärmeerzeugung (DYNEEF)“
(gefördert durch das BMWI)

Im BMWI geförderten Projekt DYNEEF arbeitet das Fraunhofer ITWM gemeinsam mit der GEF Ingenieur AG und den Technischen Werken Ludwigshafen (TWL) an der „Dynamischen Netzsimulation zur Effizienzsteigerung in der Fernwärmeerzeugung“. Im Rahmen dessen wurde ein Softwaretool zur Netzwerksimulation entwickelt, getestet und für die Betriebsoptimierung der TWL bereitgestellt.

Fernwärmenetze dienen der Versorgung mit Wärme und Warmwasser. Die Betreiber von Fernheizkraftwerken (FHKW) erwirtschaften einen Teil ihres Erlöses durch den Verkauf von Strom, der durch Kraft-Wärme-Kopplung parallel zur Wärmeerzeugung anfällt. Die Einbeziehung und dynamische Regelung des Fernwärmenetzes als Energiespeicher hilft, Turbinen effizient zu betreiben und vorhandene Speicherkessel optimal einzusetzen. Gegenwärtige Software zur Betriebsunterstützung von FHKWs beschäftigt sich entweder mit dem optimalen Einsatz der lokalen Betriebsmittel – wobei das Fernwärmenetz nur als strukturlose Senke behandelt wird – oder die Software betrachtet fein orts aufgelöste hydro-thermische Modelle des Leitungsnetzes, um die Versorgung aller Kunden zu garantieren. Dies geschieht meist jedoch ohne die Simulation in ein Gesamtbild mit schwankenden Betriebsbedingungen einzubinden.

Die im Projekt entwickelte dynamische Simulation des Fernwärmenetzes hat enorme Vorteile: Der Netzbetreiber kann mithilfe der Software zu jeder Zeit sowohl die Temperatur als auch die Strömungsverhältnisse an jedem Ort im Fernwärmenetz auslesen. Damit regelt er die am Kraftwerk bereitgestellte Vorlauftemperatur und den in das Netz gepumpten Massenfluss und verhindert so beispielsweise, dass zusätzliche Turbinen zur Wärmeproduktion teuer zugeschaltet werden müssen.

Nach der mathematischen Modellierung und Simulation kleinerer Insel- und Teilnetze wurde das Softwaretool auch auf das gesamte Fernwärmenetz der TWL angewendet.

Neben dem Fernwärmenetz in Ludwigshafen wurde vom Fraunhofer ITWM mit dem neuen Softwaretool eine erste Auftragsstudie zu einem Fernwärmenetz in Sachsen erarbeitet. Es wurden Regelkonzepte vorgeschlagen, die gerade in den jährlichen Übergangszeiten (Frühling und Herbst) das Zuschalten sehr teurer Ölturbinen verhindern. Den Stadtwerken beschert diese Regelung einen wirtschaftlichen Gewinn, CO₂ – Emissionen werden verringert und die Umwelt wird geschont.

- „MathEnergy: Regelungskonzepte für Energienetze der Zukunft“
(gefördert durch das BMWI)
(in Kooperation mit der Abteilung SYS)

Im Fokus der Energiewende stehen gegenwärtig unter anderem Stromerzeugung, Transportnetz und Elektromobilität. Im Hinblick auf eine CO₂-neutrale Energieversorgung muss der Blick aber weiter gefasst werden, denn der Energiekreislauf umfasst Erzeugung, Umwandlung, Transport, Speicherung und Verbrauch in Strom-, Gas- und Wärmenetzen.

Unabhängig vom Energiemedium gibt es eine Reihe wiederkehrender mathematischer und informationstechnischer Grundprobleme bei der Modellierung, Simulation und Steuerung bzw. Regelung hierarchischer Energienetze mit stochastischer Erzeugung und Verbrauch. Zur Lösung dieser Probleme sollen im BMWI-Projekt MathEnergy nun gebündelte Methoden entwickelt, in einer Softwarebibliothek zusammengeführt und bei mehreren Demonstratoren aus den Bereichen Gas und Strom sowie deren Kopplung angewendet werden. Unterteilt ist das Projekt in die Segmente Gesamtnetzmodellierung, Modellordnungsreduktion, Szenarienanalyse, Zustandsschätzung und Regelung, Gesamtintegration und Demonstratoren.

Im Rahmen des Projektes ist die Modellreduktion ein Arbeitsschwerpunkt des Fraunhofer ITWM im Bereich der Stromnetze. Dabei geht es z.B. darum, Regler mit hinreichend schnellen wie genauen Netzmodellen auszurüsten oder für dynamische Analysen eines Netzausschnitts dessen Peripherie durch intelligente Randbedingungen darzustellen. Die besonderen Herausforderungen sind Nichtlinearitäten, per Schaltung geänderte Netztopologien und unsichere Parametrierungen.

Weiterhin werden vom Fraunhofer ITWM netzübergreifende, modellbasierte Monitoring- und Regelungskonzepte für die Planung und den Betrieb des elektrischen Transport- und Verteilnetzes erarbeitet. Ausgangspunkt für die modellbasierte optimale Regelung der Einspeisung und Entnahme von Strom oder Gas ist die Ermittlung der aktuellen Systemzustände des zu Grunde liegenden mathematischen Modells basierend auf Messdaten. Die entwickelten echtzeit-tauglichen Tools zur Zustandsschätzung werden dann in Reglerbausteine zur netzebenenübergreifenden Koordination mittels modellprädiktiver Regelung eingesetzt.

- „Energieeffizienz durch intelligente Fernwärmenetze (EiFer)
(gefördert durch das BMBF)

Im Verbundprojekt EiFer wird ein Systemmodell für ein gekoppeltes Fernwärme-Stromnetz erzeugt, zur Nutzung von Fernwärme als Energiespeicher erstellt sowie Simulations-, Regelungs- und Optimierungsmethoden zur Verwendung des gekoppelten Systems entwickelt. Pro-

totypisch soll dieses Konzept und eine entsprechende Demonstrationssoftware in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner, den Technischen Werken Ludwigshafen, aufgebaut und langfristig in den Produktionsbetrieb integriert werden.

Das Ziel der Regelung und Optimierung in EiFer ist die Minimierung des Einsatzes der Zusatzbefeuerung mit Erdgas und die effiziente Nutzung von Wärme und Strom. Dazu soll das Fernwärmenetz als intelligenter Wärmespeicher genutzt werden, der zum einen Schwankungen am Strommarkt (beispielsweise durch die Aufnahme negativer Regelleistungen) ausgleichen kann, ohne dass die Versorgungssicherheit mit Wärme gefährdet wird, und zum anderen auf Schwankungen bei der Wärmenachfrage reagiert, ohne dass zusätzlich Wärme produziert werden muss. Eine Grundvoraussetzung dafür ist die dynamische Simulation des Fernwärmenetzes.

Da Wärmenetze und Stromnetze auf sehr unterschiedlichen physikalischen Skalen ablaufen und zu mathematischen Systemen hoher Dimension führen, stellt solch eine Kopplung als Basis für eine dynamische Prozessführung eine sowohl technisch als auch mathematisch große Herausforderung dar, die nur in einem Team in enger Zusammenarbeit mit dem Industriepartner realisiert werden kann und bei der unterschiedliche Kompetenzen aus Modellierung, Numerik, Optimierung und Regelung zusammengebracht werden müssen. Auf der Seite der Modellierung sollen für die Wärmenetze gekoppelte eindimensionale inkompressible Navier-Stokes- und instationäre Wärmeleitungsgleichungen verwendet werden. Die notwendigen Parameter, wie z.B. Rohrrauigkeiten oder exakte Leitungslängen, sind zum Teil nur näherungsweise bekannt. Mithilfe einer mathematischen Parameteridentifikation sollen diese Parameter auf der Grundlage von Messdaten der TWL individuell für das betrachtete Fernwärmenetz bestimmt werden. Für die Stromnetze werden die kanonischen Netzgleichungen verwendet. Die aktive Verkopplung zwischen Fernwärme- und Stromnetz soll auf der Modellseite über ein neuartiges energiebasiertes Kopplungsmodell in Form eines port-Hamiltonischen Systems basierend auf einer Dirac-Struktur realisiert werden. Die Modellierung über einen port-Hamiltonischen Ansatz für die (nach Ortsdiskretisierung) zugrunde liegenden differential-algebraischen Gleichungen hat gegenüber klassischen Modellierungsansätzen zahlreiche Vorteile: Durch die energiebasierte Formulierung werden die unterschiedlichen Skalen auf eine Ebene gebracht, der port-Hamiltonische Charakter vererbt sich bei der Verkopplung von Einzelsystemen, die Modelle realisieren die zugrunde liegenden physikalischen Grundprinzipien (Stabilität, Passivität, Energie- und Impulserhaltung, etc.) auf ideale Weise in den algebraischen und geomet-

rischen Strukturen des mathematischen Modells, eine Modellreduktion mithilfe von angepassten Galerkin-Projektionen erhält diese Eigenschaften und die Systemmodelle sind durch Hinzufügen weiterer Komponenten einfach erweiterbar. Die beiden letzten Eigenschaften sind für die Optimierung und Regelung von entscheidender Bedeutung, da sie die Formulierung einer Hierarchie von Optimierungsmodellen ermöglichen, die für die Entwicklung effizienter adaptiver Verfahren, deren Lösungen vorgegebene technisch-physikalische Genauigkeiten erfüllen, genutzt werden soll.

- „Energieeffiziente Hochtemperaturprozesse durch Formoptimierung (EHFo)
(gefördert durch das BMBF)

Hochtemperaturprozesse sind immer mit extremen thermischen Verlusten verbunden, so dass sich in diesem Bereich ein mächtiger Hebel zur Energie-, CO₂- und Kosteneinsparung ergibt. Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung sollen dieses riesige Potenzial nutzbar machen und gewährleisten, dass Energie nur dort aufgewendet wird, wo sie notwendig ist, und thermische Verluste minimiert werden. Gerade bei Hochtemperaturprozessen, bei denen Strahlung eine große Rolle spielt, ist eine Formoptimierung der Anlagengeometrie wichtig. Zum einen weil thermische Verluste maßgeblich über die Oberfläche stattfinden und zum anderen weil Strahlung und damit Energieausbreitung durch Reflexion an der Oberfläche gesteuert werden kann. Im Verbundprojekt werden Methoden zur Auslegung von Hochtemperaturprozessen entwickelt. Das Vorgehen wird exemplarisch an einem typischen Hochtemperaturprozess aus der chemischen Industrie durchgeführt und validiert. Dabei wird eine Energieeinsparung von mindestens 20 % angestrebt. Der Multiplikator und damit ein relevanter Beitrag zur Energiewende ergibt sich durch die einfache Übertragbarkeit der entwickelten Methoden auf eine Vielzahl anderer Prozesse aus allen Bereichen der Hochtemperatur-Industrie. Dazu werden die Methoden nach Abschluss des Projektes am Fraunhofer ITWM zu einem modularen Werkzeug für die Formoptimierung von Hochtemperaturprozessen weiterentwickelt und kommen über das Fraunhofer-Netzwerk einem breiten Anwenderkreis zu Gute.

Um die Wirksamkeit der Effizienzsteigerung von Hochtemperatur-Industrieprozessen durch mathematische Methoden zu demonstrieren, wird im Verbundprojekt der Kammerofenprozess des Anwendungspartners ICL betrachtet, der unter hohem Energiebedarf Polyphosphate herstellt, die unter anderem in der Lebensmittelindustrie als Komplexbildner oder Stabilisatoren verwendet werden. Für die Modellierung ist ein komplexes Multiphysik-Modell unter Einbeziehung von Wärmetransport und Strahlung, turbulenter Strömung, chemischen Reaktionen und Phasenübergängen notwendig. Basierend auf diesem Modell wird sowohl die Ofengeometrie

mit Methoden der Formoptimierung neu ausgelegt als auch die Positionierung des Gasbrenners optimiert, um damit eine bessere Prozesseffizienz und so eine deutliche Energieeinsparung zu erreichen.

Da der Wärmetransport bei hohen Temperaturen maßgeblich über Strahlung stattfindet, erhält die Behandlung von Strahlungsproblemen einen besonderen Stellenwert im Verbundprojekt, was spezielle Herausforderungen sowohl an die Simulations- als auch an die Optimierungsmethoden stellt. Um eine Optimierung des komplexen Gesamtmodells zu ermöglichen, werden auf Modellhierarchien basierende Verfahren wie Space Mapping eingesetzt. Die entwickelten Methoden lassen sich später auf eine Vielzahl ähnlicher Hochtemperaturprozess, insbesondere aus dem Bereich der chemischen Industrie und der Glasproduktion, übertragen.

Energieforschungsprojekte

der Abteilung „Systemanalyse, Prognose und Regelung“

des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik

Im Themengebiet Energieerzeugung und –verteilung der Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung befassen wir uns mit Prognose- und Regelungsverfahren im Bereich der Energieerzeugung, dem Energietransport und der -verteilung sowie der Kosten- bzw. Energieeffizienz von Verbrauchern.

Im Bereich der Energieerzeugung entwickeln wir echtzeittaugliche Verfahren zur Schwingungsanalyse und Prädiktiven Instandhaltung. Neben rein signalbasierten Verfahren kommen hier auch auf mathematischen Beobachtern basierende Prognosesysteme zur Generierung virtueller Sensorsignale zum Einsatz. Diese ermöglichen die Vorhersage von Schwingungen auch an unzugänglichen Komponenten eines Systems.

Im Themenbereich Energieverteilnetze stehen Modellierung, Simulation und Regelung von elektrischen Transport- und Verteilnetzwerken im Fokus unserer Arbeiten.

Die Steigerung der Energieeffizienz von Produktionsprozessen hilft einerseits den gesamten Energiebedarf zu reduzieren. Andererseits gilt es aber auch Konzepte zu entwickeln, mit denen die über 24 Stunden häufig stark schwankende Einspeisung von Erneuerbaren Energien durch geeignete Speichermechanismen oder intelligente Endverbraucher kompensiert werden können.

UPWARDS – Simulation der Physik von Windkraftanlagen und Rotordynamiken

Das EU-Projekt (gefördert aus dem EU Förderprogramm: European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under GA) »UPWARDS – Understanding of the Physics of

Wind Turbine and Rotor Dynamics through an Integrated Simulation Framework« startete im April 2018 mit dem Ziel, die Entwicklung größerer und besser ausgelegter Windkraftanlagen zu ermöglichen und damit die Kapazitäten der Windenergie in ganz Europa und dem Rest der Welt zu erhöhen.

Dieses Ziel wird durch die Entwicklung der nächsten Generation von multiphysikalischen Simulationen verfolgt, die auf Windströmung, Turbinenmechanik und deren Zusammenspiel spezialisiert sind. Diese Simulationswerkzeuge ermöglichen eine kostengünstigere und schnellere Entwicklung von Prototypen für Windkraftanlagen.

UPWARDS ist von strategischer Bedeutung für die Zukunft der nachhaltigen Entwicklung in Europa und wird durch ein Konsortium von elf Partnern (Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten) aus acht Ländern und zwei Kontinenten umgesetzt.

Das Fraunhofer ITWM entwickelt eine integrierte Simulationsplattform für die einzelnen Softwaremodule; diese simulieren Windkraftanlagen und Windparks hochpräzise, einschließlich Windströmung, vollständig gekoppelter Fluidstruktur-Interaktion, Systemermüdung sowie Schallausbreitung. Methoden der Modellreduktion und des High Performance Computing erzeugen präzise Simulationsergebnisse des relevanten Systemverhaltens in geringer Rechenzeit. Mit Verfahren des Maschinellen Lernens werden Zusammenhänge wichtiger Phänomene wie Einström- und Turbinenwind, Rotorgeräusche und Versagen der Verbundwerkstoffe identifiziert, um die Performance der zugehörigen Windturbinen zu optimieren.

Energieforschungsprojekte

der Abteilung „Finanzmathematik“

des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik

Im vom BMBF geförderten Verbundprojekt „Enets – Stochastische Modellierung und Steuerung der Energienetze der Zukunft“ geht es um die Kombination von Markt und Netz, genauer der stochastischen Modellierung des Strom- und Gasmarktes unter Berücksichtigung ökonomischer Grundsätze einerseits sowie der Modellierung und Optimierung der Strom- und Gasnetze unter Berücksichtigung physikalischer Grundsätze andererseits. Dabei soll eine Kopplung dieser bisher separat betrachteten Modellebenen erfolgen. Aus mathematischer Sicht müssen hierfür Modelle und Algorithmen zur Integration stochastischer Eingangsgrößen in die physikalischen Netzmodelle für Strom und Gas entwickelt, preissensitive Nachfrage (smart-grids) und volatile Erzeuger (erneuerbare Energien) in Strommarktmodelle für den Day-Ahead- und den Intraday-Markt integriert sowie Methoden zur Kopplung und operativen Optimierung des Strom- und Gasnetzes unter Berücksichtigung unsicherer Eingangsgrößen entwickelt werden.

Energieforschungsprojekte

der Abteilung „Optimierung“

des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik

»Mehrkriterielle Entscheidungsunterstützung bei der Auslegung hybrider Energiesysteme in Gebäuden«

Im Bereich der Gebäudeenergieversorgung besteht eine Kooperation zwischen der Goldbeck Solar GmbH in Hirschberg und dem Bereich »Optimierung« des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern. Die kombinatorische Vielfalt einer möglichen Systemkonfiguration zur hybriden Gebäudeenergieversorgung ist hochkomplex, Anbieter und Kunde müssen bereits in der Konzeptionsphase eine Auswahl geeigneter Kapazitäten und hinsichtlich prinzipieller Verschaltung geeigneter Komponenten zur Energieerzeugung (z.B. Solarthermieanlage, Fotovoltaikanlage, BHKW etc.) und Energiespeicherung (z.B. Akku, Eisspeicher, etc.) treffen. Das ITWM hat für Goldbeck Solar ein Softwaretool zur objektivierten, mehrkriteriellen Entscheidungsunterstützung entwickelt, das dem Planer eine Auswahl wirtschaftlich und technisch optimierter Lösungen zur nachhaltigen Energiebewirtschaftung vorschlägt, und die weiter an die Gebäudeanforderungen und Kundenwünsche angepasst werden können.

»H2Opt: Interaktive Entscheidungsunterstützung für das Betriebs- und Energiemanagement von Wasserversorgungsbetrieben auf der Grundlage von mehrkriteriellen Optimierungsverfahren«

Ein wesentlicher Teil kommunaler Stromausgaben entfällt auf die Versorgung mit Trinkwasser, wobei hier durch eine angepasste Pumpenauswahl und –fahrweise Einsparungen im zweistelligen Prozentbereich möglich erscheinen. Zur Erschließung dieses Einsparpotenzials hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogramms »Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine Energieeffiziente und Ressourcenschonende Wasserwirtschaft (ERWAS)« das Verbundprojekt H2Opt gefördert; beteiligt waren die TU Kaiserslautern mit dem Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungsmaschinen (SAM), das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern, die EWR Netz GmbH, die SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgungs-AG sowie das Planungsbüro Obermeyer Planen + Beraten GmbH.

Ziel des Forschungsprojektes war es, zwei reale Anlagen in Kaiserslautern und Worms mit ihren Kennzahlen in einem Softwareprototyp abzubilden, mit dessen Hilfe die Trinkwasserversorger den Gesamtbetrieb ihrer Anlage simulieren und Pumpenfahrpläne hinsichtlich energetischer, wirtschaftlicher und betriebsspezifischer Aspekte optimieren können. Im März 2017

wurde der Prototyp fertig gestellt und erfolgreich getestet, so wurde beispielsweise während einer Ausnahmesituation ein Pumpenfahrplan in Echtzeit optimiert, nachkonfiguriert und durch die verbesserte Fahrweise der Pumpen eine Energieeinsparung von etwa 10% im Vergleich zum herkömmlich verwendeten Pumpenfahrplan realisiert. Mit der Ausgabe der Release-Versionen an die Projektpartner können die Wasserwerkmeister die Software nun selbstständig nutzen und ihre Pumpenfahrpläne weiter verbessern.

Energieforschungsprojekte

der Abteilung „High Performance Computing“

des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik

Kurzbeschreibung wichtigster Forschungsschwerpunkte, Maßnahmen & Initiativen.

Am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM wurde bereits 2010 der Entwicklungsschwerpunkt Green by IT mit dem Ziel, moderne IT-Methoden in die Energiewirtschaft zu tragen, gegründet. Mit Unterstützung des Landes Rheinland-Pfalz wurde mit dem myPowerGrid-Projekt seiner Zeit begonnen, ein Energiemanagementsystem für den vorhersehbaren Einsatz von elektrischen Energiespeichern im stationären Bereich zu entwickeln.

Die aus der Internetplattform myPowergrid, dem Vorhersageservice PVCAST und dem Amperix-Energiemanagementsystem, das vor Ort in Haushalte und Industriebetriebe integriert wird, bestehende Technologie optimiert einen möglichst erneuerbaren Energieeinsatz. Mittels der myPowergrid-Plattform werden übergreifende Synergien durch Aggregation von Kapazitäten und Fähigkeiten erschlossen.

Die entwickelte Technologie wurde konsequent für die Erbringung von weiteren Energiedienstleistungen wie Eigenverbrauchsoptimierung von lokaler Erzeugung, Peak-Shaving der Netzlast, Spannungs- und Frequenzregelung ausgebaut. Aktuell wurden die Sektoren Wärme und Elektromobilität integriert: die sogenannte Sektorenkopplung beinhaltet die optimierte Ansteuerung von Wärmepumpen und das optimierte Laden von Elektrofahrzeugen.

Mit der Wendeware AG, die das System unter dem Slogan „Software für die Energiewende“ kommerziell vermarktet, wurde nun auch ein Fraunhofer Spin-off gegründet. Es bietet etwa Unternehmen, die neu in das Speichergeschäft einsteigen wollen, ein hochwertiges EMS als OEM-Produkt, Energieversorgungsunternehmen eine leistungsfähige Technologieplattform für moderne Energieversorgungsprodukte und hilft außerdem Privathaushalten und Industriebetrieben die eigene Energieerzeugung aus PV, BHKW und/oder Brennstoffzelle optimal zu nutzen, die eigenen Kosten zu reduzieren und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

Modellprojekt „GreenPowerGrid“ des Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern

Das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM entwickelt im Rahmen des GreenPowerGrid-Projekts ein Businessmodell für Energieversorgungsunternehmen zur wirtschaftlichen Umsetzung eines verteilten, batteriegestützten PV-Speicherkraftwerks sowie moderne Softwaretechnologien zur Realisierung. Das verteilte PV-Speicherkraftwerk ermöglicht in Kombination mit weiteren erneuerbaren Energieerzeugern wie Wind, Biomasse und Wasserkraft eine ganzjährig verlässliche, kostengünstige und regionale Energieversorgung. Die Projektförderung erfolgt aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie des Landes Rheinland-Pfalz.

3.5 Das Land als Vorbild

Anhang 3: Biomasseanlagen in LBB-Liegenschaften

	Liegenschaft	Ort	Baujahr	Leistung kW	Bemerkungen
1	ForstA Wasgau	Dahn	2003	80	Pellets
2	ForstA Hillesheim	Hillesheim (Kr. Daun)	2004	30	Pellets
3	ForstA Gerolstein	Gerolstein	2004	30	Pellets
4	ForstA Haardt LD	Landau	2005	45	Pellets
5	ForstA Adenau	Adenau	2005	45	Pellets
6	ForstA Rhaunen-Neubau	Rhaunen	2005	23	Pellets
7	ForstA Bad Sobernheim	Bad Sobernheim	2006	25	Pellets
8	FBZ Hachenburg (SGD Süd)	Hachenburg	2006	150	Pellets
9	ForstA Westrich	Pirmasens	2007	45	Holzhack- schnittel
10	DLR Rheinpf. NW-Mußbach Weinb.	Neustadt-Mußbach	2007	920	Holzhack- schnittel
11	ForstA Saarburg	Saarburg	2008	35	Holzpellets
12	JVA Diez	Diez	2009	800	Holzhack- schnittel
13	ForstA Hermeskeil	Hermeskeil	2009	100	Holzhack- schnittel
14	ForstA Bad Dürkheim	Bad Dürkheim	2010	40	Holzpellets
15	Diensleistungszentrum Neustadt (DLR)	Neustadt/Mußbach	2011	30	Tresterpellets
16	Blindenschule Neuwied	Neuwied	2011	520	Pellets
17	JSA Schifferstadt	Schifferstadt	2011	300	Pellets
18	Forstamt Kandel	Kandel	2012	50	Pellets
19	Polizeiautobahnstation	Schweich	2012	20	Pellets
20	Forstamt	Dhronecken	2012	20	Pellets
21	Forstamt	Rennerod	2013	35	Pellets
22	JVA Rohrbach, Außenstelle Wonsheim	Wonsheim	2014	100	Pellets
23	Universität Koblenz-Landau, Campus Landau	Landau	2015	300	Pellets
24	Hochschule Trier, Scheidershof	Trier	2015	800	Pellets
25	ForstA Hinterweidenthal	Hinterweidenthal	2016	40	Pellets
26	ForstA Rhaunen-Altbau	Rhaunen	2016	40	Pellets
27	Polizeiautobahnstation Ruchheim	LUD-Ruchheim	2016	40	Pellets

4.663

Anhang 4: Solarthermieanlagen in LBB-Liegenschaften (inkl. Hochschulen)

Nr.	Liegenschaft	Ort	Inbetriebnahme	Kollektorfläche m ²	Kollektortyp
1	Fachhochschule Trier	Birkenfeld	01.12.2000	260,0	Flachkollektoren
2	Polizeiinspektion	Neustadt	2003	12,0	Flachkollektoren
3	Universität Kaiserslautern, Gebäude 4 (Kindertagesstätte)	Kaiserslautern	17.02.2005	11,0	Flachkollektoren
4	Universität Kaiserslautern, Gebäude 28 (Sporthalle)	Kaiserslautern	17.02.2005	11,0	Flachkollektoren
5	Universität Kaiserslautern, Gebäude 30 (Mensa)	Kaiserslautern	17.02.2005	39,6	Flachkollektoren
6	Universität Koblenz, Gebäude D (Mensa)	Koblenz	18.03.2005	17,6	Flachkollektoren
7	Universität Koblenz, Gebäude H (Sporthalle)	Koblenz	18.03.2005	17,6	Flachkollektoren
8	Fachhochschule Trier, Sport- halle	Trier	01.04.2005	30,5	Flachkollektoren
9	Forstliches Bildungszentrum	Hachenburg	01.08.2005	22,1	Flachkollektoren
11	Deutsche Hochschule für Verwaltungswissenschaften	Speyer	01.09.2005	30,0	Flachkollektoren
12	Bereitschaftspolizei	Mainz	26.06.2006	32,6	Flachkollektoren
13	Justizvollzugsanstalt	Koblenz	01.08.2006	27,8	Flachkollektoren
14	Universität Mainz-Germersheim	Germersheim	10.08.2006	21,0	Flachkollektoren
15	Universität Koblenz-Landau	Landau	15.09.2006	52,6	Flachkollektoren
16	Polizeiinspektion	Wörth	18.10.2007	16,0	Flachkollektoren
17	Justizvollzugsanstalt ZW	Zweibrücken	01.11.2007	180,0	Flachkollektoren
18	Forstdienstgebäude Büchelberg	Büchelberg	01.11.2009	7,1	Flachkollektoren
19	Polizeiinspektion Oppau	LU-Oppau	07.10.2010	23,7	Flachkollektoren
20	Universität Koblenz Gebäude M	Koblenz	01.11.2011	50,0	Röhrenkollektoren

Summen **862,2**

Anhang 5: Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften ohne Hochschulen)

Nr.	Liegenschaft	Ort	Inbetriebnahme	Installierte Leistung kW _{peak}	Installierte Modulfläche m ²
1	Minist. MUF_AMDG_MWVLW	Mainz	04.08.2003	56,2	464
2	BehH KH LBB NL ArbG StaAnw	Bad Kreuznach	21.10.2004	25,1	198
3	DLR Rheinpf. NW-Mußbach Weinb.	Neustadt/Weinstraße	24.11.2004	150,8	1.314
4	DLR Rheinpf. NW-Mußbach Weinb. Verschatt.anl.	Neustadt/Weinstraße	24.11.2004	11,6	114
5	PI 1, K'lautern	Kaiserslautern	28.11.2004	11,6	91
6	BehH Diez LBB LSV PI	Diez	08.12.2004	36,0	274
7	FinA Kaiserslautern	Kaiserslautern	15.12.2004	27,7	219
8	DLR RNH Oppenheim Wormser Str.162	Oppenheim	28.12.2004	49,0	395
9	Landesbetrieb Mobilität, Kaiserslautern	Kaiserslautern	30.12.2004	38,1	285
10	ASA LD	Landau	01.06.2005	21,4	171
11	Gehörlosenschule TR	Trier	01.08.2005	39,0	530
12	SozialG Speyer	Speyer	15.08.2005	18,5	138
13	Rechnungsh. RLP SP	Speyer	15.08.2005	20,7	153
14	BePo Mainz 1. Bauabschnitt Dachfläche Nord	Mainz	19.10.2005	116,6	875
	BePo Mainz 2. Bauabschnitt Dachfläche Süd	Mainz	19.10.2005	87,3	657
	BePo Mainz 3. Bauabschnitt Steildach	Mainz	09.12.2005	48,3	364
15	Minist. FM/MWVLW	Mainz	21.12.2005	43,9	327
16	LPS RLP Hahn	Hahn-Lautzenhausen	23.12.2005	126,6	944
17	PP Westpfalz	Kaiserslautern	30.12.2005	14,5	130
18	Heinrich-Heine-Gymn. KL	Kaiserslautern	30.12.2005	49,0	441
19	JVA Rohrbach	Wöllstein	20.12.2006	122,1	911
20	LBM KL/Dahn-BZA Bad Bergzab.	Bad Bergzabern	22.12.2006	14,0	110
21	PI Kirn	Kirn	12.03.2007	10,8	83
22	SGD Süd ForschAnst. f. Waldökol. Trippst.	Trippstadt	15.07.2007	16,2	156
23	Landesfeuerwehersch, KO-A'stein	Koblenz	22.08.2007	53,9	394
24	DLR RNH KH	Bad Kreuznach	30.11.2007	33,7	253
25	Staatl. Aufbaugymn. Neuerburg	Neuerburg	03.12.2007	9,8	203
26	BehH FinA MZ-Süd_Geol.LA_LUAChem.	Mainz	06.12.2007	26,5	200
27	AQS ehem. Eichdirektion	Bad Kreuznach	01.12.2008	14,7	115
28	Institut für schulische Fortbildung (IFB)	Speyer	15.12.2008	102,7	782
29	JVA Wittlich	Wittlich	10.12.2008	100,6	1.457
30	Polizeiinspektion Germersheim	Germersheim	01.11.2009	29,9	287
31	Hauptjustizgebäude Koblenz	Koblenz	23.11.2009	27,7	586
32	Finanzamt Trier	Trier	31.12.2010	22,1	268
33	Pädagogisches Zentrum	Bad Kreuznach	31.12.2010	18,4	131
34	PI/Katasteramt Bad Kreuznach	Bad Kreuznach	31.12.2010	17,3	196
35	Blindenschule Neuwied	Neuwied	31.12.2010	13,0	297
36	Autobahnpolizei Gau-Bickelheim	Gau-Bickelheim	21.07.2011	18,8	129
37	Jugendstrafanstalt Schifferstadt	Schifferstadt	10.08.2011	268,6	2.061
38	Forstliches Ausbildungszentrum	Hinterweidental	27.09.2012	29,7	201
39	Polizeiinspektion Edenkoben	Edenkoben	19.12.2013	16,2	106
40	Struktur- und Genehmigungs-direktion Süd, Neustadt	Neustadt/Weinstraße	02.04.2014	22,5	149
41	Polizeiinspektion Edenkoben	Edenkoben	19.12.2013	16,20	106,4
42	LSJV Landau, Solar-Carport	Landau	07.07.2015	13,77	86,4
43	Justizzentrum Bad Kreuznach	Bad Kreuznach	15.08.2016	52,25	321,6
44	Finanzhochschule Edenkoben	Edenkoben		11,40	64,4
45	SGD-Süd, Deichmeisterei Speyer	Speyer	10.10.2016	20,80	128,0
46	Landesuntersuchungsamt Trier	Trier	24.10.2016	16,50	101,5
Summe				2.112,02	17.967,3

Anhang 6: Stromertrag der Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften ohne Hochschulen)

Stromertrag Fotovoltaik kWh/a								
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
38.694	54.383	548.094	1.049.363	1.220.082	1.327.505	1.511.170	1.571.718	1.867.747
2012	2013	2014	2015	2016	2017			
1.935.131	1.953.094	2.012.990	2.108.005	2.147.910	2.238.634			

Anhang 7: Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften; Hochschulen)

Nr.	Liegenschaft	Ort	Inbetriebnahme	Installierte Leistung kW _{peak}	Installierte Modulfläche m ²
1	FH Trier, Schneidershof	Trier	01.12.2004	34,0	254
2	Universität Landau	Landau	15.12.2004	37,9	947
3	FH Ludwigshafen	Ludwigshafen	07.07.2005	11,5	82
4	FH Worms	Worms	19.10.2005	71,6	479
5	Universität Koblenz-Metternich	Koblenz	15.12.2005	66,5	471
6	DHV Speyer Wohnheim alt	Speyer	10.11.2006	37,8	266
7	DHV Speyer Institutsgeb.	Speyer	31.08.2009	29,7	173
8	FH Trier, Birkenfeld	Birkenfeld	09.09.2009	485,8	4.610
9	Universität Mainz, Sporthalle	Mainz	20.12.2009	113,4	1.089
10	Universität Mainz, Bauleitung	Mainz	10.08.2010	11,6	88,6
11	Universität Mainz, Physik. Chemie - Fassadenanlage	Mainz	29.06.2011	9,57	102,4
12	Fachhochschule Trier, Birkenfeld Kommunikationszentrum	Birkenfeld	07.07.2011	45,50	324,0
13	Universität Mainz, Anthropologie	Mainz	29.12.2011	12,24	259,2
14	Universität Mainz, Sozialwissenschaften	Mainz	15.07.2012	67,44	459,9
15	Fachhochschule Worms, Kindertagesstätte	Worms	07.04.2014	16,9	110
16	Fachhochschule Kaiserslautern Gebäude F	Kaiserslautern	12.05.2016	37,00	252,3
17	Fachhochschule Kaiserslautern Gebäude E	Kaiserslautern	26.01.2017	89,25	608,6
18	Fachhochschule Kaiserslautern Gebäude G	Kaiserslautern	18.05.2017	29,90	203,9
Summen				1.207,6	10.779,9

Anhang 8: Stromertrag der Fotovoltaikanlagen (LBB-Liegenschaften; Hochschulen)

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
75.677	211.607	244.092	236.546	237.594	792.663	906.868	921.370
2013	2014	2015	2016	2017			
942.368	960.150	980.170	1.014.758	1.175.221			

Anhang 9: Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) in LBB-Liegenschaften (inkl. Hochschulen)

	WE-Text	Leistung elektr. (kW)	Wärmeleistung (kW)	Baujahr	Bezeichnung
1	PI Remagen	5	12,3	2005	BHKW
2	PI Bendorf	5	12,3	2005	BHKW
3	FAWF Trippstadt	5,5	12,5	2005	BHKW
4	JVA Trier	50	81	2006	BHKW
5	Bereitschaftspolizei Mainz	50	97	2007	BHKW
6	FinA Mz-Süd / Geol.LA / Chem.UA	50	97	2007	BHKW
7	JVA Trier-Außenst. Saarburg	5,5	12,5	2007	BHKW
8	PI Hachenburg	5	12,3	2007	BHKW
9	PI Altenkirchen	5	12,3	2007	BHKW
10	Uni KO-LD LD Campus Im Fort	50	97	2007	BHKW
11	Peter-Alt. Gymn. Mtbr.	50	97	2009	BHKW
12	Polizeiinspektion ZW	5,5	12,5	2010	BHKW
13	Gehörlosenschule Trier	5,5	12,5	2010	BHKW
14	Blindenschule Neuwied	50	81	2010	BHKW
15	JSA Schifferstadt	50	81	2010	BHKW
16	Fachhochschule Koblenz	50	97	2010	BHKW
17	Landesfeuerwehr- und Katastrophenschutzschule	50	81	2011	BHKW
18	ehem. Gesundheitsamt / Landgericht Zweibrücken	1	6	2011	BHKW Stirling - Motor
19	Landesuntersuchungsamt	50	81	2012	BHKW
20	DLR Oppenheim	50	81	2013	BHKW
21	Polizeiinspektion Montabaur	5,5	12,5	2013	BHKW
22	Landesschule für Gehörlose Neuwied	50	92	2013	BHKW
23	JVA Diez	50	92	2013	BHKW
24	LBB Niederlassung Trier	22	50	2014	BHKW
25	Aufbaugymnasium Alzey	5	13	2014	BHKW
26	PD Pirmasens	50	80	2014	BHKW
27	Bereitschaftspolizei Wittlich	50	92	2014	BHKW
28	PI Betzdorf	6	15	2014	BHKW
29	Universität Koblenz-Landau, Campus Landau	50	97	2015	BHKW
30	Hochschule Trier	50	81	2015	BHKW
31	JVA Trier	50	86	2015	BHKW
32	Forstamt Kusel	1	5,8	2015	BHKW
33	Heinrich-Heine-Gymnasium	50	86	2016	BHKW
34	Universität Koblenz-Landau, Campus Landau	50	86	2016	BHKW
35	JVA Zweibrücken	50	86	2016	BHKW
36	JVA Wittlich	250	264	2016	BHKW
37	JVA Rohrbach	210	322	2016	BHKW
38	Campus Zweibrücken	50	86	2017	BHKW
39	JVA Wittlich	99	173	2017	BHKW
		1.741,5	2.895,5		

Anhang 10: Strom- und Wärmeerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) in LBB-Liegenschaften (inkl. Hochschulen)

BHKWs	2002	2010	2011	2012	2013	2014
Erzeugte Wärme (kWh)	400.902	9.537.600	9.589.000	10.136.500	12.397.200	14.236.100
Erzeugter Strom (kWh)	190.984	5.112.100	5.139.700	5.392.600	6.832.600	7.778.400
	2015	2016	2017			
Erzeugte Wärme (kWh)	14.438.100	15.603.690	18.332,186			
Erzeugter Strom (kWh)	7.882.900	8.662.949	10.251.156			

Anhang 11: Geothermieranlagen in LBB-Liegenschaften inkl. Hochschulen

Nr.	Liegenschaft	Ort	Inbetriebnahmejahr	Erdsondenanzahl und Tiefe	Wärmepumpe
1	FAWF Trippstadt	Trippstadt	2007	1 x 50m 1 x 80m	1 x 8 kW aktiv Heizen, Vorwärmung und Vor Kühlung der Zuluft
2	DLR Mosel Bernkastel-Kues	Bernk.-Kues	2010	16 x 110m	1 x 55,6 kW 1 x 39,6 kW aktiv Heizen, passiv Kühlen
3	Polizeiinsp. LU-Oppau	LU-Oppau	2010	8 x 99m	1 x 32 kW aktiv Heizen, passiv Kühlen
4	Heinrich-Heine-Gymnasium 2. BA Internat	Kaiserslautern	2011	1 x ca. 100m	Vorwärmung und Vor Kühlung der Zuluft
5	Uni Koblenz, Laborgeb. M	Koblenz	2011	15 x ca. 150m	2 x 55 kW aktiv Heizen 2 x 50 kW aktiv Kühlen
6	JVA Wittlich Wirtschaftsgebäude	Wittlich	2013	3 x 130 m 17 x 110m	2 x 21 KW Tiefkühl, 3 x 96 kW Kühlraum, 2 x 108 KW Wärme/WW

4: Entwicklung von Energieerzeugung und –verbrauch in Rheinland-Pfalz

Methodik der Energiebilanzen

Energiebilanzen tragen wesentlich dazu bei, den Energieverbrauch eines Landes umfassend darzustellen. Sie erlauben Rückschlüsse auf die energiewirtschaftlichen Entwicklungen und geben einen Überblick über die Energieverbrauchsstrukturen einer Volkswirtschaft. Der Energiefluss von der Erzeugung über die verschiedenen Umwandlungsstufen vom Primär- zum Endenergieverbrauch kann sowohl für fossile als auch für erneuerbare Energieträger detailliert nachvollzogen werden. Aus den Verbrauchsangaben der Energiebilanz werden in einem weiteren Schritt die energiebedingten Kohlendioxidemissionen des Landes abgeleitet.

Die Energiebilanzen des Landes werden im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten für den Energiebericht erstellt. Die Merkmale der Energiestatistiken sind gesetzlich festgeschrieben¹ und werden in allen Bundesländern von den zuständigen Statistischen Landesämtern erhoben. Über amtliche Statistiken hinaus stützen sich Energiebilanzen auch auf Daten anderer Institutionen der Energiewirtschaft sowie auf eigene Berechnungen und Schätzungen des Länderarbeitskreises (LAK) Energiebilanzen.²

Aufbau der Energiebilanz

Die Erstellung der Bilanzen erfolgt nach der im LAK Energiebilanzen abgestimmten Methodik, die sich an dem für die Bundesebene von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen entwickelten methodischen Rahmen orientiert. Insofern sind die Ergebnisse aus den Energiebilanzen der einzelnen Bundesländer und dem Bund methodisch vergleichbar.

Die Energiebilanzmatrix gliedert sich horizontal, d. h. in den Spalten, in zu Gruppen zusammengefasste Energieträger (z. B. Steinkohlen, Braunkohlen). Energieträger im Sinne der Bilanz sind alle Energiequellen oder Stoffe, in denen Energie mechanisch, thermisch, chemisch oder physikalisch gespeichert ist. Primärenergieträger sind solche, die keiner energetischen Umwandlung unterworfen wurden. Zu den Primärenergieträgern zählen u. a. Rohkohle, Erdöl, Erdgas sowie erneuerbare Energieträger. Sekundärenergieträger haben bereits Umwandlungsprozesse in ihrer chemischen oder physikalischen Struktur im Hinblick auf eine energetische (z. B. leichtes Heizöl, Kraftstoffe) oder nicht energetische (stoffliche) Verwendung (z. B.

¹ Siehe Energiestatistikgesetz (EnStatG) vom 6. März 2017.

² Siehe <http://www.lak-energiebilanzen.de/methodik/>.

Rohbenzin) erfahren. Die rheinland-pfälzischen Energiebilanzen enthalten derzeit 25 – in sechs Gruppen zusammengefasste – Energieträger.

Vertikal (nach Zeilen) ist die Energiebilanz in die drei großen Bereiche Primärenergie-bilanz, Umwandlungsbilanz und Endenergieverbrauch gegliedert.

Die Primärenergiebilanz stellt die erste Stufe der Energiebilanzierung dar. Der Primärenergieverbrauch als wesentliches Resultat der Primärenergiebilanz ergibt sich entstehungsseitig als Summe aus der Energiegewinnung im Inland, den Bestandsveränderungen sowie dem Saldo aus Bezügen und Lieferungen. Der Primärenergieverbrauch umfasst demnach die für die Umwandlungsprozesse und den Endenergieverbrauch im Land benötigte Gesamtsumme an Energie.

Die Umwandlungsbilanz ist die zweite Stufe der Energiebilanzierung. In der Umwandlungsbilanz werden der Einsatz und der Ausstoß der in Rheinland-Pfalz ansässigen Umwandlungsanlagen sowie der Verbrauch bei den Umwandlungsprozessen der Energiegewinnung und die Verluste (Fackel- und Leitungsverluste) ausgewiesen. Unter Umwandlung versteht man die Änderung der chemischen und/oder physikalischen Struktur von Energieträgern. Der Primärenergieverbrauch sowie der Saldo der Umwandlungsbilanz ergeben das Energieangebot nach Umwandlung. Von großer Bedeutung für Rheinland-Pfalz ist die korrekte Verbuchung von Energieträgern, die nicht energetisch genutzt werden, sondern den Rohstoff für eine stoffliche Nutzung darstellen, beispielsweise als Ausgangsstoff für die Produktion von chemischen Grundstoffen.

In der dritten Stufe der Energiebilanzierung wird der Endenergieverbrauch dargestellt. Der Endenergieverbrauch lässt sich nach Verbrauchergruppen bzw. Verbrauchssektoren aufgliedern. Es handelt sich dabei um die Bereiche Industrie, Verkehr sowie Haushalte und Kleinverbraucher.

Der Industriesektor stellt die erste Verbrauchergruppe dar und umfasst die Gewinnung von Steinen und Erden und den sonstigen Bergbau sowie das Verarbeitende Gewerbe, wobei bestimmte Wirtschaftszweige nicht dem Endenergieverbrauch, sondern dem Umwandlungsbereich zugeordnet sind (Erdöl-, Erdgasgewinnung, Raffinerien, Kohlebergbau/ -verarbeitung). Maßgebend für die Abgrenzung ist die Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008 (WZ 2008), die auf der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft

(NACE) beruht. Der Endenergieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes basiert weitgehend auf den Angaben der Betriebe von Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten. Demzufolge wird der gewerbliche Verbrauch von Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten bei den übrigen Verbrauchern nachgewiesen.

Der Verkehrssektor ist der zweite für den Endenergieverbrauch relevante Verbrauchssektor. Er lässt sich nach den Verkehrsträgern Schiene, Straße, Luft sowie Küsten- und Binnenschifffahrt untergliedern. Im Bereich Verkehr, wie auch in der Energiebilanzierung generell, ist das Inlandsprinzip zu beachten. Für den Straßenverkehr bedeutet dies beispielsweise, dass die Menge der in Rheinland-Pfalz getankten Kraftstoffe dem Kraftstoffverbrauch des Landes entspricht. Es spielt dabei keine Rolle, dass Bewohner von Rheinland-Pfalz auch außerhalb des Landes ihr Fahrzeug betanken und Verbraucher, die nicht in Rheinland-Pfalz ihren Wohnsitz haben, Kraftstoff an rheinland-pfälzischen Tankstellen einkaufen.

Bei der dritten Verbrauchergruppe, Haushalte und Kleinverbraucher handelt es sich um eine äußerst heterogene Gruppe. Neben den Privathaushalten und den kleingewerblichen Betrieben gehören hierzu beispielsweise der gesamte öffentliche und private Dienstleistungsbereich, der Groß- und Einzelhandel, die Landwirtschaft und das Militär. Es ist zu beachten, dass im Rahmen der Erstellung der Energiebilanz nicht für alle Energieträger eine Unterscheidung nach Haushalten einerseits und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher“ (auch: „GHD“) andererseits möglich ist, so z. B. beim leichten Heizöl. In den entsprechenden Tabellenfeldern der Energiebilanz wird auf diesen Sachverhalt durch einen Punkt (Angabe nicht möglich, siehe Zeichenerklärungen, Anhang 18) hingewiesen. Die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Energieträgern auf die Bereiche Haushalte und GHD wird durch den Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL) in einem zweiten Rechenschritt vorgenommen³.

Vom Endenergieverbrauch ist die energetisch letzte Stufe der Energieverwendung, die sogenannte „Nutzenergie“ (z. B. Nutzung als Licht oder Wärme), begrifflich zu unterscheiden. Die Energiebilanz enthält keinen Nachweis über die Nutzenergie, da hierfür gegenwärtig weder ausreichende statistische Erhebungen noch hinreichend gesicherte und umfassende andere Quantifizierungsmöglichkeiten vorhanden sind.

³ Siehe <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/energie#alle-ergebnisse>.

Umrechnungsfaktoren für die einheitliche Darstellung der Energieträger

Die Energiebilanzübersichten werden in vier Dimensionen ausgewiesen (in spezifische Mengeneinheiten, z. B. Tonnen sowie in Terajoule, Steinkohleeinheiten und Kilowattstunden). Ausgehend von den spezifischen Mengeneinheiten wird mittels Umrechnungsfaktoren in die jeweiligen Maßeinheiten umgerechnet. Die Umrechnung erfolgt auf der Grundlage der Heizwerte, die in Kilojoule je Mengeneinheit ausgedrückt werden. Die Heizwerte müssen nach Maßgabe der sich ändernden Qualität der Energieträger von Zeit zu Zeit angepasst werden. Die Anpassung erfolgt einheitlich nach Abstimmung im LAK Energiebilanzen.

Für die Bilanzierung des Stromhandels und die Bewertung von Wasser- und Windkraft, Photovoltaik sowie der Kernenergie gibt es keinen einheitlichen Umrechnungsmaßstab wie den Heizwert. In diesen Fällen wird nach dem sogenannten Wirkungsgradprinzip vorgegangen. Zur Bewertung werden – angeglichen an internationale Konventionen – repräsentative physikalische Wirkungsgrade zugrunde gelegt. Vergleiche mit Ergebnissen anderer Bundesländer, wie sie der LAK Energiebilanzen oder der AK UGRdL vorhält, sind damit möglich.

Anhang 12: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in spezifischen Mengeneinheiten

Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in spezifischen Mengeneinheiten		Zeile	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte					
			Kohle (roh)	Koks	Briketts	Andere Braunkohlenprodukte	Erdöl (roh)	Roßbenzin	Ölkraftstoffe	Dieselmkraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff	
			1000 Tonnen									
Primär- energiebilanz	Gewinnung	1	-	-	-	-	187	-	-	-	-	-
	Bezüge	2	74	10	39	149	-	1630	1089	1859	104	
	Bestandsentnahmen	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Energieaufkommen	4	75	10	39	149	187	1630	1089	1859	104	
	Lieferungen	5	-	-	-	-	187	-	-	-	-	
	Bestandsaufstockungen	6	-	0	-	0	-	-	-	-	-	
	Primärenergieverbrauch	7	75	10	39	149	-	1630	1089	1859	104	
Umwandlungsbilanz	Umwandlungseinsatz	Kokereien	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und KWK der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	11	30	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und KWK (nur Strom)	12	29	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	16	-	-	-	27	-	-	-	-	-
		Hochöfen, Konverter	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Raffinerien	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Umwandlungseinsatz insgesamt	20	60	-	-	27	-	-	-	-	-
	Umwandlungsausstoß	Kokereien	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und KWK der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und KWK (nur Strom)	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Hochöfen, Konverter	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Raffinerien	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Umwandlungsausstoß insgesamt	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungs- bereichen	Kokereien	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlenbergbau, Braunkohlenbergbau	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kraftwerke, Heizwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Erdöl- und Erdgasgewinnung WZ (6)	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Mineralölverarbeitung (einschl. Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken) (WZ (8))	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		E-Verbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fackel- und Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	42	6	10	39	122	-	1630	1089	1859	104
		Nichtenergetischer Verbrauch	43	1	-	-	37	-	1630	-	-	-
		Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Endenergieverbrauch nach Sektoren	Endenergieverbrauch	45	14	10	39	85	-	-	1089	1859	104
		Gew. v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau u. Erbringung von Dienstleist.	46	-	1	-	2	-	-	-	0	-
		Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherst., Tabakverarb.	47	-	-	6	-	-	-	-	-	-
Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren und Schuhen		48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (o. Möbel)		49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Papier, Papp- und Waren daraus		50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Druckerzeugn.; Verw. v. bsp. Ton-, Bild- u. Datentr.		51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von chemischen Erzeugnissen		52	10	-	-	9	-	-	-	-	-	
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen		53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren		54	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden		55	2	-	-	74	-	-	-	-	-	
Metallerzeugung und -bearbeitung		56	-	9	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Metallerzeugnissen		57	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elek. u. opt. Erzeugn., u. elek. Ausrüstungen		58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Maschinenbau		59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenanteilen u. sonstiger Fahrzeugbau		60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Übrige Wirtschaftszweige		61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Gew. von Steinen und Erden		62	12	10	6	85	-	-	-	0	-	
Schieneverkehr		63	-	-	-	-	-	-	-	17	-	
Straßenverkehr		64	-	-	-	-	-	-	1068	1690	-	
Luftverkehr		65	-	-	-	-	-	-	1	-	104	
Küsten- und Binnenschifffahrt		66	-	-	-	-	-	-	-	13	-	
Verkehr insgesamt		67	-	-	-	-	-	-	1069	1721	104	
Haushalte		68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher		69	-	-	-	-	-	-	-	139	-	
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher		70	2	-	33	0	-	-	20	139	-	

¹ Einschließlich ungekoppelte Erzeugung in Heizkraftwerken.
* z.T. eigene Berechnungen und Schätzungen des LAK Energiebilanzen

Mineralöle und Mineralölprodukte					Gase	Erneuerbare Energieträger						Strom u. andere Energieträger				Insgesamt	Zeile
Häzöl		Petrolöcke	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas, Erdölgas	Klargas, Deponiegas	Wasserkraft	Windkraft	Solarenergie	Biomasse	Sonsige erneuerbare Energien	Strom	Fernwärme	Abfälle, nicht biogen	Andere		
leicht	schwer															1000 Tonnen	
-	-	-	-	-	18	1 129	3 827	17 270	7 614	47 787	3 431	-	-	-	-	107 979	1
944	6	40	267	96	68 789	-	-	-	-	448	-	8 966	-	13 062	5 822	544 867	2
-	0	-	-	-	46	-	-	-	-	53	-	-	-	24	-	266	3
944	6	40	267	96	68 853	1 129	3 827	17 270	7 614	48 289	3 431	8 966	-	13 086	5 822	653 112	4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 969	5
33	-	1	0	0	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1457	6
911	6	39	267	96	68 853	1 129	3 827	17 270	7 614	48 288	3 431	8 966	-	13 085	5 822	643 685	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
0	-	-	-	-	2 399	-	-	-	-	2 725	909	-	791	2 051	-	15 112	10
0	-	-	-	-	2 185	-	-	-	-	5 984	-	-	1 835	1 506	-	18 091	11
1	-	-	-	-	119 14	59	-	-	-	14 77	-	-	1 083	734	1 965	48 912	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
-	-	-	-	-	-	-	3 827	-	-	-	-	-	-	-	-	3 827	14
5	-	-	-	-	696	761	-	17 270	6 210	7 055	0	-	-	-	-	31 296	15
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 498	-	-	-	1 951	-	7 781	16
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
7	-	-	-	11	442	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	2 339	18
13	-	-	-	11	17 636	820	3 827	17 270	6 210	19 738	909	-	3 709	6 242	1 965	127 359	19
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19 18	-	-	-	6 897	22
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12 11	7 994	-	-	12 352	23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 147	-	-	-	29 330	24
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 63	-	-	-	3 827	27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 204	-	-	-	25 936	28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 441	-	-	7 441	29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	-	-	-	198	32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19 596	15 435	-	-	85 981	33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	348	977	-	-	2 231	36
0	-	-	-	-	86	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	54	37
-	-	-	-	-	91	99	-	-	-	-	-	10	-	-	-	348	38
0	-	-	-	-	185	99	-	-	-	-	-	52	-	-	-	614	39
-	-	-	-	-	2	50	-	-	-	-	-	418	977	-	-	3 247	40
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	427	1 050	-	-	2 644	41
898	6	39	255	96	51 031	161	-	-	1 404	28 550	2 522	27 717	9 699	6 843	3 858	596 416	42
0	-	32	253	-	11 513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125 135	43
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 300	-	-	1 300	44
898	6	6	3	96	39 518	161	-	-	1 404	28 550	2 522	27 717	11 000	6 843	3 858	472 581	45
1	-	-	-	0	62	-	-	-	-	0	-	94	0	-	-	685	46
9	-	-	-	0	1 738	31	-	-	-	368	-	835	96	-	-	10 266	47
0	-	-	-	-	117	-	-	-	-	-	0	128	9	-	-	904	48
2	-	-	-	0	67	-	-	-	-	2 253	0	220	39	-	-	3 409	49
1	-	-	-	0	1 443	95	-	-	-	102	-	1 163	4 486	102	-	14 236	50
0	-	-	-	0	38	-	-	-	-	-	-	56	11	-	-	356	51
3	6	-	1	0	10 801	-	-	-	-	143	0	7 084	289	4 471	3 858	73 986	52
1	-	-	-	-	247	-	-	-	-	551	-	203	238	-	-	2 451	53
5	-	-	-	1	614	-	-	-	-	7	-	1 382	275	-	-	7 700	54
4	-	6	-	1	2 702	-	-	-	-	31	-	1 048	33	2 270	-	17 925	55
1	-	0	-	-	1 122	-	-	-	-	0	-	1 007	976	-	-	8 933	56
4	-	-	0	1	494	-	-	-	-	5	0	548	27	-	-	3 982	57
1	-	-	-	0	76	-	-	-	-	2	1	169	44	-	-	991	58
4	-	-	0	1	346	-	-	-	-	117	1	479	81	-	-	3 348	59
4	-	-	-	0	320	1	-	-	-	6	-	450	284	-	-	3 217	60
2	-	-	-	0	46	-	-	-	-	248	0	91	31	-	-	845	61
41	6	6	2	4	20 233	128	-	-	-	3 828	2	14 956	6 919	6 843	3 858	153 234	62
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	-	454	-	-	-	2 398	63
-	-	-	-	18	34	-	-	-	-	5 742	-	4	-	-	-	123 910	64
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 489	65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	593	66
-	-	-	-	18	34	-	-	-	-	5 809	-	458	-	-	-	13 131	67
-	-	-	-	-	13 770	-	-	-	-	18 567	2 520	6 434	2 653	-	-	-	68
-	-	-	-	-	5 480	-	-	-	-	345	-	5 869	1 428	-	-	-	69
857	-	-	1	75	19 250	33	-	-	1 404	18 913	2 520	12 303	4 081	-	-	187 957	70

Anhang 13: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in Terajoule

Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in Terajoule		Zeile	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte						
			Kohle (roh)	Koks	Briketts	Andere Braunkohlenprodukte	Erdöl (roh)	Rohbenzin	Ottokraftstoffe	Dieselkraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff		
												Terajoule	
Primär- energiebilanz	Gewinnung	1	-	-	-	-	7 969	-	-	-	-	-	-
	Bezüge	2	1943	281	756	3 296	-	71 721	46 037	79 297	4 456	-	-
	Bestandsentnahmen	3	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Energieaufkommen	4	1965	281	756	3 296	7 969	71 721	46 037	79 297	4 456	-	-
	Lieferungen	5	-	-	-	-	7 969	-	-	-	-	-	-
	Bestandsaufstockungen	6	-	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
	Primärenergieverbrauch	7	1965	280	756	3 291	-	71 721	46 037	79 297	4 456	-	-
Umwandlungsbilanz	Umwandlungseinsatz	Kokereien	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und KWK der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	11	895	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und KWK (nur Strom)	12	678	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	16	-	-	-	595	-	-	-	-	-	-
		Hochöfen, Konverter	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Raffinerien	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Umwandlungseinsatz insgesamt	20	1573	-	-	595	-	-	-	-	-	-
	Umwandlungsausstoß	Kokereien	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und KWK der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und KWK (nur Strom)	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Hochöfen, Konverter	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Raffinerien	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Umwandlungsausstoß insgesamt	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungs- einrichtungen	Kokereien	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlenbergbau, Braunkohlenbergbau	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kraftwerke, Heizwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Erdöl- und Erdgasgewinnung WZ (6)	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Mineralölverarbeitung (einschl. Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken) (WZ (19))	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		E-Verbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Fackel- und Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Endenergieverbrauch	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	42	392	280	756	2 696	-	71 721	46 037	79 297	4 456	-
		Nichtenergetischer Verbrauch	43	39	-	-	807	-	71 721	-	-	-	-
		Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	nach Sektoren	Endenergieverbrauch	45	353	280	756	1888	-	-	46 037	79 297	4 456	-
		Gew. v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau u. Erbringung von Dienstleist.	46	-	25	-	50	-	-	-	-	7	-
		Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherst., Tabakverarb.	47	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
		Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren und Schuhen	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (o. Möbel)		49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus		50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Druckerzeugn.; Vervielf. v. bsp. Ton-, Bild- u. Datentr.		51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von chemischen Erzeugnissen		52	229	-	-	203	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen		53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren		54	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden		55	79	-	-	1633	-	-	-	-	-	-	
Metallerzeugung und -bearbeitung		56	-	254	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Metallerzeugnissen		57	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elek. u. opt. Erzeugn., u. elek. Ausrüstungen		58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Maschinenbau		59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenanteilen u. sonstiger Fahrzeugbau		60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Übrige Wirtschaftszweige		61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Gew. von Steinen und Erden		62	308	280	10	1887	-	-	-	-	7	-	
Schienerverkehr		63	-	-	-	-	-	-	-	-	724	-	
Straßenverkehr		64	-	-	-	-	-	-	45 173	72 089	-	-	
Luftverkehr		65	-	-	-	-	-	-	34	-	4 456	-	
Küsten- und Binnenschifffahrt		66	-	-	-	-	-	-	-	-	563	-	
Verkehr insgesamt		67	-	-	-	-	-	-	45 207	73 377	4 456	-	
Haushalte		68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gewerbe, Handel, Dienstleistung und übrige Verbraucher		69	-	-	-	-	-	-	-	-	5 914	-	
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistung und übrige Verbraucher		70	45	-	645	2	-	-	831	5 914	-	-	

¹ Einschließlich ungekoppelte Erzeugung in Heizkraftwerken.

* z.T. eigene Berechnungen und Schätzungen des LAK Energiebilanzen

Mineralöle und Mineralölprodukte				Gase		Erneuerbare Energieträger						Strom u. andere Energieträger				Insgesamt	Zeile
Heizöl		Petrolicks	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas, Erdölgas	Külgas, Deponiegas	Wassertraft	Windkraft	Solarenergie	Biomasse	Sonsige erneuerbare Energien	Strom	Fernwärme	Abfälle, nicht biogen	Andere		
leicht	schwer																
Terajoule																	
-	-	-	-	-	67	1 129	3 827	17 270	7 614	47 787	3 431	-	-	13 062	5 822	107 979	1
40 420	219	1254	10 658	4 166	247 639	-	-	-	-	448	-	32 277	-	-	-	544 867	2
-	1	-	-	-	166	-	-	-	-	53	-	-	-	24	-	266	3
40 420	220	1254	10 658	4 166	247 872	1 129	3 827	17 270	7 614	48 289	3 431	32 277	-	13 086	5 822	653 112	4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 969	5
14 13	-	29	1	6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1457	6
39 007	220	1225	10 657	4 160	247 872	1 129	3 827	17 270	7 614	48 288	3 431	32 277	-	13 085	5 822	643 685	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
2	-	-	-	-	8 635	-	-	-	-	2 725	909	-	791	2 051	-	16 112	10
4	-	-	-	-	7 866	-	-	-	-	5 984	-	-	1 835	1 506	-	18 091	11
27	-	-	-	-	42 890	59	-	-	-	14 777	-	-	1 083	734	1 965	48 912	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
-	-	-	-	-	-	-	3 827	-	-	-	-	-	-	-	-	3 827	14
-	-	-	-	-	-	-	-	17 270	6 210	7 055	0	-	-	-	-	31 296	15
231	-	-	-	-	2 507	761	-	-	-	2 498	-	-	-	1 951	-	7 781	16
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
285	-	-	463	-	1 591	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	2 339	19
549	-	-	463	-	63 489	820	3 827	17 270	6 210	19 738	909	-	3 709	6 242	1 965	127 359	20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 897	-	-	-	6 897	23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 358	7 994	-	-	12 352	24
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29 330	-	-	-	29 330	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 827	-	-	-	3 827	27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25 936	-	-	-	25 936	28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 441	-	-	7 441	29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198	-	-	-	198	32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70 546	15 435	-	-	85 981	33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-	1254	977	-	-	2 231	36
-	-	-	-	-	309	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	54	37
2	-	-	-	-	327	99	-	-	-	-	-	37	-	-	-	348	38
-	-	-	-	-	665	99	-	-	-	-	-	188	-	-	-	614	39
2	-	-	-	-	6	50	-	-	-	-	-	1503	977	-	-	3 247	40
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 538	1 050	-	-	2 644	41
38 455	220	1225	10 194	4 160	183 711	161	-	-	1404	28 550	2 522	99 781	9 699	6 843	3 858	596 416	42
0	-	1022	10 099	-	41448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125 135	43
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1300	-	-	-	44
38 455	220	203	95	4 160	142 263	161	-	-	1404	28 550	2 522	99 781	11 000	6 843	3 858	472 581	45
35	-	-	-	4	225	-	-	-	-	0	-	339	0	-	-	685	46
391	-	-	-	9	6 257	31	-	-	-	366	-	3 006	96	-	-	10 266	47
14	-	-	-	-	422	-	-	-	-	-	0	459	9	-	-	904	48
82	-	-	-	2	240	-	-	-	-	2 253	0	793	39	-	-	3 409	49
53	-	-	-	20	5 194	95	-	-	-	102	-	4 185	4 486	102	-	14 236	50
7	-	-	-	0	138	-	-	-	-	-	-	200	11	-	-	356	51
145	220	-	43	1	38 884	-	-	-	-	143	0	25 501	289	4 471	3 858	73 986	52
40	-	-	-	1	889	-	-	-	-	551	-	733	238	-	-	2 451	53
201	-	-	-	31	2 211	-	-	-	-	7	-	4 976	275	-	-	7 700	54
162	-	190	-	27	9 728	-	-	-	-	31	-	3 772	33	2 270	-	17 925	55
24	-	13	-	-	4 039	-	-	-	-	0	-	3 627	976	-	-	8 933	56
158	-	-	7	34	1 779	-	-	-	-	5	0	1 971	27	-	-	3 982	57
63	-	-	-	1	274	-	-	-	-	2	1	607	44	-	-	991	58
151	-	-	2	26	1 245	-	-	-	-	117	1	1 725	81	-	-	3 348	59
150	-	-	-	6	1 150	1	-	-	-	6	-	1 620	284	-	-	3 217	60
67	-	-	-	7	165	-	-	-	-	246	0	329	31	-	-	845	61
1741	220	203	52	168	72 840	128	-	-	-	3 828	2	53 841	6 919	6 843	3 858	153 234	62
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	-	1 636	-	-	-	2 398	63
-	-	-	-	769	123	-	-	-	-	5 742	-	14	-	-	-	123 910	64
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 489	65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-	593	66
-	-	-	-	769	123	-	-	-	-	5 809	-	1 650	-	-	-	13 1391	67
-	-	-	-	-	49 573	-	-	-	-	18 567	2 520	23 161	2 653	-	-	-	68
-	-	-	-	-	19 727	-	-	-	-	345	-	21 129	1 428	-	-	-	69
36 713	-	-	43	3 223	69 300	33	-	-	1 404	18 913	2 520	44 290	4 081	-	-	187 957	70

Anhang 14: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in Kilowattstunden

Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016 in Millionen Kilowattstunden		Zeile	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte					
			Kohle (roh)	Koks	Briketts	Anderer Braunkohlenprodukte	Erdöl (roh)	Roßbezin	Ölkraftstoffe	Dieselskraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff	
Mill. kWh												
Primär- energiebilanz	Gewinnung	1	-	-	-	-	2 214	-	-	-	-	-
	Bezüge	2	540	78	210	915	-	19 922	12 788	22 027	1238	
	Bestandsentnahmen	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Energieaufkommen	4	546	78	210	915	2 214	19 922	12 788	22 027	1238	
	Lieferungen	5	-	-	-	-	2 214	-	-	-	-	
	Bestandsaufstockungen	6	-	0	-	1	-	-	-	-	-	
	Primärenergieverbrauch	7	546	78	210	914	-	19 922	12 788	22 027	1238	
Umwandlungsbilanz	Umwandlungseinsatz	Kokereien	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und Kälteanlagen (ohne KWK) ¹	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	11	249	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und Kälteanlagen (nur Strom)	12	188	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	16	-	-	-	165	-	-	-	-	-
		Hochöfen, Konverter	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Raffinerien	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Umwandlungseinsatz insgesamt	20	437	-	-	165	-	-	-	-	-
	Umwandlungsausstoß	Kokereien	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und Kälteanlagen (ohne KWK) ¹	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und Kälteanlagen (nur Strom)	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)		28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)		29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hochöfen, Konverter		30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Raffinerien		31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sonstige Energieerzeuger		32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Umwandlungsausstoß insgesamt		33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungs- einrichtungen	Kokereien	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Steinkohlenbergbau, Braunkohlenbergbau	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kraftwerke, Heizwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Erdöl- und Erdgasgewinnung WZ (6)	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mineralölverarbeitung (einschl. Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken) (WZ (19))	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	E-Verbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fackel- und Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Energieangebot	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	42	109	78	210	749	-	19 922	12 788	22 027	1238	
	Nicht-energetischer Verbrauch	43	11	-	-	224	-	19 922	-	-	-	
	Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Endenergieverbrauch nach Sektoren	Endenergieverbrauch	45	98	78	210	525	-	-	12 788	22 027	1238	
	Gew. v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau u. Erbringung von Dienstleist.	46	-	7	-	14	-	-	-	-	2	
	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherst., Tabakverarb.	47	-	-	31	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren und Schuhen	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (o. Möbel)	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Druckerzeugn.; Vervielf. v. bsp. Ton-, Bild- u. Datentr.	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	52	63	-	-	57	-	-	-	-	-	
	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	54	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	55	22	-	-	454	-	-	-	-	-	
	Metallerzeugung und -bearbeitung	56	-	71	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Metallerzeugnissen	57	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elek. u. opt. Erzeugn., u. elek. Ausrüstungen	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Maschinenbau	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenanteilen u. sonstiger Fahrzeugbau	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Übrige Wirtschaftszweige	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Gew. von Steinen und Erden	62	86	78	31	524	-	-	-	-	2	
	Schienerverkehr	63	-	-	-	-	-	-	-	-	201	
	Straßenverkehr	64	-	-	-	-	-	-	12 548	20 025	-	
	Luftverkehr	65	-	-	-	-	-	-	9	-	1238	
	Küsten- und Binnenschifffahrt	66	-	-	-	-	-	-	-	166	-	
	Verkehr insgesamt	67	-	-	-	-	-	-	12 557	20 382	1238	
	Haushalte	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	69	-	-	-	-	-	-	-	-	1643	
	Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	70	13	-	179	0	-	-	231	1643	-	

¹ Einschließlich ungekoppelte Erzeugung in Heizkraftwerken.
* z.T. eigene Berechnungen und Schätzungen des LAK Energiebilanzen

Mineralöle und Mineralölprodukte					Gase		Erneuerbare Energieträger					Strom u. andere Energieträger				Insgesamt	Zeile
Heizöl		Petrolcoke	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas, Erdölgas	Klargas, Deponiegas	Wasserkraft	Windkraft	Solarenergie	Biomasse	Sonsige erneuerbare Energien	Strom	Fernwärme	Abfälle, nicht brennbar	Andere		
leicht	schwer																
Mill. kWh																	
-	-	-	-	-	18	314	1063	4 797	2 115	13 274	953	-	-	3 628	1617	29 994	8
11 228	61	348	2 960	1 157	68 789	-	-	-	-	125	-	8 966	-	-	-	15 132	2
-	0	-	-	-	46	-	-	-	-	15	-	-	-	7	-	74	3
11 228	61	348	2 960	1 157	68 853	314	1063	4 797	2 115	13 414	953	8 966	-	3 635	1617	18 1420	4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 214	5
393	-	8	0	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	405	6
10 835	61	340	2 960	1 156	68 853	314	1063	4 797	2 115	13 413	953	8 966	-	3 635	1617	178 802	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
1	-	-	-	-	2 399	-	-	-	-	757	253	-	220	570	-	4 198	10
1	-	-	-	-	2 185	-	-	-	-	1662	-	-	510	418	-	5 025	11
8	-	-	-	-	11914	16	-	-	-	410	-	-	301	204	546	13 587	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
-	-	-	-	-	-	-	1063	-	-	-	-	-	-	-	-	1063	14
-	-	-	-	-	-	211	-	4 797	1725	1960	0	-	-	-	-	8 693	15
64	-	-	-	-	696	-	-	-	-	694	-	-	-	542	-	2 161	16
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
79	-	-	-	-	442	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	650	18
153	-	-	128	-	17 636	228	1063	4 797	1725	5 483	253	-	1030	1734	546	35 377	20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1916	-	-	-	1916	23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1211	2 221	-	-	3 431	24
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 147	-	-	-	8 147	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1063	-	-	-	1063	27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 204	-	-	-	7 204	28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 067	-	-	2 067	29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55	-	-	-	55	32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19 596	4 287	-	-	23 884	33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	348	271	-	-	620	36
-	-	-	-	-	86	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	15	37
1	-	-	-	-	91	27	-	-	-	-	-	10	-	-	-	97	38
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	-	-	-	171	39
1	-	-	-	-	185	27	-	-	-	-	-	418	271	-	-	902	40
-	-	-	-	-	2	14	-	-	-	-	-	427	292	-	-	735	41
10 682	61	340	2 832	1 156	51031	45	-	-	390	7 931	701	27 717	2 694	1901	1072	165 671	42
0	-	284	2 805	-	11513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34 760	43
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	361	-	-	44
10 682	61	56	26	1 156	39 518	45	-	-	390	7 931	701	27 717	3 055	1901	1072	131 273	45
10	-	-	-	1	62	-	-	-	-	0	-	94	0	-	-	190	46
109	-	-	-	3	1738	9	-	-	-	102	-	835	27	-	-	2 852	47
4	-	-	-	-	117	-	-	-	-	0	128	3	-	-	-	251	48
23	-	-	-	1	67	-	-	-	-	626	0	220	11	-	-	947	49
15	-	-	-	6	1443	26	-	-	-	28	-	1163	1246	28	-	3 954	50
2	-	-	-	0	38	-	-	-	-	-	-	56	3	-	-	99	51
40	61	-	12	0	10 801	-	-	-	-	40	0	7 084	80	1242	1072	20 552	52
11	-	-	-	-	247	-	-	-	-	153	-	203	66	-	-	681	53
56	-	-	-	8	614	-	-	-	-	2	-	1382	76	-	-	2 139	54
45	-	53	-	8	2 702	-	-	-	-	9	-	1048	9	631	-	4 979	55
7	-	4	-	-	122	-	-	-	-	0	-	1007	271	-	-	2 482	56
44	-	-	2	10	494	-	-	-	-	2	0	548	8	-	-	1 106	57
17	-	-	-	0	76	-	-	-	-	1	0	169	12	-	-	275	58
42	-	-	1	7	346	-	-	-	-	32	0	479	22	-	-	930	59
42	-	-	-	2	320	0	-	-	-	2	-	450	79	-	-	894	60
19	-	-	-	2	46	-	-	-	-	68	0	91	9	-	-	235	61
484	61	56	14	47	20 233	35	-	-	-	1063	1	14 956	1922	1901	1072	42 565	62
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	454	-	-	-	666	63
-	-	-	-	214	34	-	-	-	-	1595	-	4	-	-	-	34 420	64
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1247	65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	165	66
-	-	-	-	214	34	-	-	-	-	1614	-	458	-	-	-	36 497	67
-	-	-	-	-	13 770	-	-	-	-	5 158	700	6 434	737	-	-	-	68
-	-	-	-	-	5 480	-	-	-	-	96	-	5 869	397	-	-	-	69
10 198	-	-	12	895	19 250	9	-	-	390	5 254	700	12 303	1 133	-	-	52 210	70

Anhang 15: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in spezifischen Mengeneinheiten

Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in spezifischen Mengeneinheiten		Zeile	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte							
			Kohle (roh)	Koks	Briketts	Andere Braunkohlenprodukte	Erdöl (roh)	Rohbenzin	Ottoerbstoffe	Dieselkraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff			
												1000 Tonnen		
Primär- energiebilanz	Gewinnung	1	-	-	-	-	127	-	-	-	-	-	-	-
	Bezüge	2	69	10	37	153	-	1861	1093	1899	111	-	-	
	Bestandsentnahmen	3	5	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	
	Energieaufkommen	4	74	10	37	153	127	1861	1093	1899	111	-	-	
	Lieferungen	5	-	-	-	-	127	-	-	-	-	-	-	
	Bestandsaufstockungen	6	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	
	Primärenergieverbrauch	7	74	10	37	153	-	1861	1093	1899	111	-	-	
Umwandlungsbilanz	Umwandlungseinsatz	Kokereien	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Wärme kraftwerke der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	11	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Industriewärme kraftwerke (nur Strom)	12	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Wasserkraftwerke	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	16	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-	
		Hochöfen, Konverter	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Raffinerien	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Umwandlungseinsatz insgesamt	20	58	-	-	26	-	-	-	-	-	-		
	Umwandlungsausstoß	Kokereien	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Wärme kraftwerke der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Industriewärme kraftwerke (nur Strom)	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Kernkraftwerke	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Wasserkraftwerke	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)		28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)		29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Hochöfen, Konverter		30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Raffinerien		31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Sonstige Energieerzeuger		32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Umwandlungsausstoß insgesamt	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungs- einrichtungen	Kokereien	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Steinkohlenbergbau, Braunkohlenbergbau	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Kraftwerke, Heizwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Erdöl- und Erdgasgewinnung WZ (6)	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Mineralölverarbeitung (einschl. Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken) (WZ (19))	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	E.-Verbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Fackel- und Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Energieangebot	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	42	16	10	37	128	-	1861	1093	1899	111	-		
	Nichtenergetischer Verbrauch	43	1	-	-	37	-	1861	-	-	-	-		
	Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Endenergieverbrauch nach Sektoren	Endenergieverbrauch	45	15	10	37	90	-	-	1093	1899	111	-		
	Gew. v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau u. Erbringung von Dienstleist.	46	-	-	-	2	-	-	-	-	0	-		
	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherst., Tabakverarb.	47	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren und Schuhen	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (o. Möbel)	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von Druckerzeugn.; Vervielf. v. bsp. Ton-, Bild- u. Datentr.	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	52	9	-	-	8	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	54	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-		
	Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	55	5	-	-	81	-	-	-	-	0	-		
	Metallerzeugung und -bearbeitung	56	0	10	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von Metallerzeugnissen	57	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-		
	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elek. u. opt. Erzeugn., u. elek. Ausrüstungen	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Maschinenbau	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen u. sonstiger Fahrzeugbau	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Übrige Wirtschaftszweige	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Gew. von Steinen und Erden	62	14	10	2	90	-	-	-	-	0	-		
	Schienerverkehr	63	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-		
	Straßenverkehr	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Luftverkehr	65	-	-	-	-	-	-	-	1	-	111		
	Küsten- und Binnenschifffahrt	66	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-		
	Verkehr insgesamt	67	-	-	-	-	-	-	-	1073	1757	111		
	Haushalte	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	69	-	-	-	-	-	-	-	-	141	-		
	Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	70	1	-	35	0	-	-	21	-	141	-		

¹ Einschließlich ungekoppelte Erzeugung in Heizkraftwerken.
* z.T. eigene Berechnungen und Schätzungen des LAK Energiebilanzen

Mineralöle und Mineralölprodukte					Gase	Erneuerbare Energieträger						Strom u. andere Energieträger				Insgesamt	Zelle
Heizöl		Petrolicks	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas, Erdölgas	Klargas, Deponiegas	Wasserkraft	Windkraft	Solarenergie	Biomasse	Sonsige erneuerbare Energien	Strom	Fernwärme	Abfälle, nicht brennbar	Andere	Insgesamt	Zelle
leicht	schwer																
1000 Tonnen					Mill. kWh	Terajoule						Mill. kWh	Terajoule				
-	-	-	-	-	12	1 101	2 995	21324	8 095	48 607	3 704	-	-	-	-	10 867	1
885	5	36	269	76	68 801	-	-	-	-	-	-	8 380	251	13 917	5 699	551433	2
31	0	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1542	3
916	5	36	269	76	68 823	1 101	2 995	21324	8 095	48 607	3 704	8 380	251	13 921	5 699	663 842	4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-	-	6 530	5
-	-	1	0	0	-	-	-	-	-	19	-	-	-	9	-	55	6
916	5	35	269	76	68 823	1 101	2 995	21324	8 095	47 441	3 704	8 380	251	13 912	5 699	657 257	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
5	-	-	-	-	2 420	-	-	-	-	2 446	917	-	677	1748	-	14 713	10
0	-	-	-	-	2 209	-	-	-	-	5 926	-	-	1825	1644	-	18 245	11
1	-	-	-	-	12 584	56	-	-	-	1691	-	-	851	933	2 032	51 557	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
-	-	-	-	-	-	-	2 995	-	-	-	-	-	-	-	-	2 995	14
-	-	-	-	-	-	744	-	21324	6 691	6 927	2	-	-	-	-	35 688	15
5	-	-	-	-	701	-	-	-	-	2 667	18	-	-	2 075	-	8 056	16
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
1	-	-	-	14	697	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 095	19
11	-	-	-	14	18 611	800	2 995	21324	6 691	19 657	938	-	3 353	6 401	2 032	134 349	20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1896	-	-	-	6 824	22
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 187	8 016	-	-	12 287	23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 195	-	-	-	29 501	24
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	832	-	-	-	2 995	27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 452	-	-	-	30 426	28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 160	-	-	7 160	29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	-	-	-	413	32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20 676	15 175	-	-	89 607	33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	499	876	-	-	2 670	36
-	-	-	-	-	91	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	38	37
0	-	-	0	-	96	94	-	-	-	-	-	10	-	-	-	371	38
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	-	-	-	627	39
0	-	-	0	-	192	94	-	-	-	-	-	566	876	-	-	3 706	40
-	-	-	-	-	1	51	-	-	-	-	-	466	959	-	-	2 693	41
905	5	35	255	76	50 019	156	-	-	1404	27 785	2 766	28 023	10 239	7 511	3 667	606 116	42
-	-	34	252	-	10 565	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 1979	43
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	947	-	947	44
905	5	1	2	76	39 454	156	-	-	1404	27 785	2 766	28 023	11 186	7 511	3 667	475 085	45
1	-	-	-	0	69	-	-	-	-	1	-	103	0	-	-	721	46
9	-	-	-	0	1697	23	-	-	-	290	-	808	101	-	-	9 867	47
0	-	-	-	-	125	-	-	-	-	-	0	131	9	-	-	945	48
2	-	-	-	0	70	-	-	-	-	2 115	0	241	49	-	-	3 370	49
1	-	-	-	0	1531	94	-	-	-	99	-	1222	4 641	99	-	14 914	50
0	-	-	-	0	37	-	-	-	-	-	-	54	11	-	-	344	51
3	5	-	1	0	9 678	-	-	-	-	186	-	7 260	663	4 773	3 667	71 062	52
1	-	-	-	0	248	-	-	-	-	535	-	207	312	-	-	2 517	53
4	-	-	-	1	608	-	-	-	-	7	-	1413	272	-	-	7 758	54
3	-	1	-	1	2 747	-	-	-	-	43	-	1061	45	2 639	-	18 540	55
1	-	0	-	0	1 126	-	-	-	-	0	-	1079	985	-	-	9 253	56
4	-	-	-	0	502	-	-	-	-	6	0	561	29	-	-	4 068	57
1	-	-	-	0	74	-	-	-	-	0	0	168	53	-	-	987	58
4	-	-	-	0	343	-	-	-	-	106	0	504	86	-	-	3 443	59
2	-	-	-	0	333	2	-	-	-	5	-	406	268	-	-	3 045	60
2	-	-	-	0	49	-	-	-	-	211	0	90	23	-	-	816	61
40	5	1	1	4	19 237	119	-	-	-	3 607	2	15 308	7 546	7 511	3 667	151 651	62
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	431	-	-	-	2 398	63
-	-	-	-	16	31	-	-	-	-	5815	-	6	-	-	-	125 502	64
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 787	65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	635	66
-	-	-	-	16	31	-	-	-	-	5 889	-	436	-	-	-	133 322	67
-	-	-	-	-	14 285	-	-	-	-	17 933	2 764	6 663	2 659	-	-	-	68
-	-	-	-	-	5 901	-	-	-	-	356	-	5 616	981	-	-	-	69
865	-	-	1	56	20 186	37	-	-	1404	18 289	2 764	12 279	3 640	-	-	190 111	70

Anhang 16: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in Terajoule

Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in Terajoule		Zeile	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte							
			Kohle (roh)	Koks	Briketts	Andere Braunkohlenprodukte	Erdöl (roh)	Rohbenzin	Ottkraftstoffe	Dieselkraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff			
												Terajoule		
Primär- energiebilanz	Gewinnung	1	-	-	-	-	5 383	-	-	-	-	-	-	-
	Bezüge	2	18 16	290	7 19	3 388	-	8 1890	46 221	80 985	4 750	-	-	-
	Bestandsentnahmen	3	165	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	Energieaufkommen	4	1981	290	722	3 391	5 383	8 1890	46 221	80 985	4 750	-	-	-
	Lieferungen	5	-	-	-	-	5 383	-	-	-	-	-	-	-
	Bestandsaufstockungen	6	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-
	Primärenergieverbrauch	7	1981	290	722	3 391	-	8 1890	46 221	80 985	4 750	-	-	-
Umwandlungsbilanz	Umwandlungseinsatz	Kokereien	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und Kälteanlagen (ohne KWK) ¹	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	11	889	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und Kälteanlagen (nur Strom)	12	669	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	16	-	-	-	573	-	-	-	-	-	-	-
		Hochöfen, Konverter	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Raffinerien	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Umwandlungseinsatz insgesamt	20	1588	-	-	573	-	-	-	-	-	-	-	
	Umwandlungsausstoß	Kokereien	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und Kälteanlagen (ohne KWK) ¹	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und Kälteanlagen (nur Strom)	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)		28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)		29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hochöfen, Konverter		30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Raffinerien		31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sonstige Energieerzeuger		32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Umwandlungsausstoß insgesamt		33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungs- einrichtungen	Kokereien	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Steinkohlenbergbau, Braunkohlenbergbau	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kraftwerke, Heizwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Erdöl- und Erdgasgewinnung WZ (6)	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mineralölverarbeitung (einschl. Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken) (WZ (19))	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	E-Verbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fackel- und Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	42	423	290	722	2 818	-	8 1890	46 221	80 985	4 750	-	-	
	Nicht energetischer Verbrauch	43	38	-	-	826	-	8 1890	-	-	-	-	-	
	Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Endenergieverbrauch nach Sektoren	Endenergieverbrauch	45	385	290	722	1992	-	-	46 221	80 985	4 750	-	-	
	Gew. v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau u. Erbringung von Dienstleist.	46	-	-	-	41	-	-	-	-	8	-	-	
	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherst., Tabakverarb.	47	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren und Schuhen	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (o. Möbel)	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Druckereizugn.; Vervielf. v. bsp. Ton-, Bild- u. Datentr.	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	52	218	-	-	172	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	54	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	
	Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	55	133	-	-	179	-	-	-	-	1	-	-	
	Metallerzeugung und -bearbeitung	56	3	290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Metallerzeugnissen	57	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	
	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elek. u. opt. Erzeugn., u. elek. Ausrüstungen	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Maschinenbau	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen u. sonstiger Fahrzeugbau	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Übrige Wirtschaftszweige	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Gew. von Steinen und Erden	62	354	290	33	1991	-	-	-	-	9	-	-	
	Schienerverkehr	63	-	-	-	-	-	-	-	-	804	-	-	
	Straßenverkehr	64	-	-	-	-	-	-	-	45 312	73 537	-	-	
	Luftverkehr	65	-	-	-	-	-	-	-	37	-	4 750	-	
	Küsten- und Binnenschifffahrt	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	603	-	
	Verkehr insgesamt	67	-	-	-	-	-	-	-	45 349	74 944	4 750	-	
	Haushalte	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 031	-	
	Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	70	31	-	688	0	-	-	871	-	6 031	-	-	

¹ Einschließlich ungekoppelte Erzeugung in Heizkraftwerken.

* z.T. eigene Berechnungen und Schätzungen des LAK Energiebilanzen

Mineralöle und Mineralölprodukte				Gase		Erneuerbare Energieträger					Strom u. andere Energieträger				Insgesamt	Zeile
Häzöl		Petrolöcke	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas, Erdölgas	Klärgas, Deponiegas	Wassertrakt	Windkraft	Solarenergie	Biomasse	Sonsrige erneuerbare Energien	Strom	Fernwärme	Abfälle, nicht biogen		
leicht	schwer															
Terajoule																
-	-	-	-	-	43	101	2 995	21324	8 095	48 607	3 704	-	-	13 917	5 699	110 867
37 902	216	1 125	10 758	3 270	247 683	-	-	-	-	-	-	30 168	251	-	-	551 433
1329	1	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1542
39 231	217	1 125	10 758	3 270	247 764	101	2 995	21324	8 095	48 607	3 704	30 168	251	13 921	5 699	663 842
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1147	-	-	-	-	-	6 530
-	-	25	2	1	-	-	-	-	-	18	-	-	-	9	-	55
39 231	217	1 100	10 756	3 270	247 764	101	2 995	21324	8 095	47 441	3 704	30 168	251	13 912	5 699	657 257
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
214	-	-	-	-	8 710	-	-	-	-	2 446	917	-	677	1748	-	14 713
6	-	-	-	-	7 953	-	-	-	-	5 926	-	-	1 825	1 644	-	18 245
25	-	-	-	-	45 302	56	-	-	-	1 691	-	-	851	933	2 032	51 557
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	2 995	-	-	-	-	-	-	-	-	2 995
-	-	-	-	-	-	744	-	21324	6 691	6 927	2	-	-	-	-	35 688
200	-	-	-	-	2 523	-	-	-	-	2 667	18	-	-	2 075	-	8 056
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	555	-	2 510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 095
476	-	-	555	-	66 998	800	2 995	21324	6 691	19 657	938	-	3 353	6 401	2 032	134 349
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 824	-	-	-	6 824
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 271	8 016	-	-	12 287
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29 501	-	-	-	29 501
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 995	-	-	-	2 995
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 426	-	-	-	30 426
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 160	-	-	7 160
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	413	-	-	-	413
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74 432	15 175	-	-	89 607
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	1 795	876	-	-	2 670
-	-	-	-	-	329	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	38
6	-	-	0	-	344	94	-	-	-	-	-	36	-	-	-	371
-	-	-	-	-	692	94	-	-	-	-	-	189	-	-	-	627
6	-	-	0	-	692	94	-	-	-	-	-	2 039	876	-	-	3 706
-	-	-	-	-	5	51	-	-	-	-	-	1 678	959	-	-	2 693
38 750	217	1 100	10 201	3 270	180 069	156	-	-	1404	27 785	2 766	100 884	10 239	7 511	3 667	606 116
-	-	1074	10 115	-	38 035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131 979
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	947	-	947
38 750	217	26	86	3 270	142 034	156	-	-	1404	27 785	2 766	100 884	11 186	7 511	3 667	475 085
50	-	-	-	4	248	-	-	-	-	1	-	369	0	-	-	721
391	-	-	-	11	6 110	23	-	-	-	290	-	2 908	101	-	-	9 867
15	-	-	-	-	450	-	-	-	-	-	0	470	9	-	-	945
80	-	-	-	3	253	-	-	-	-	2 115	0	869	49	-	-	3 370
57	-	-	-	12	5 513	94	-	-	-	99	-	4 399	4 641	99	-	14 914
6	-	-	-	-	134	-	-	-	-	-	-	193	11	-	-	344
147	217	-	40	1	34 840	-	-	-	-	186	-	26 137	663	4 773	3 667	71 062
32	-	-	-	2	892	-	-	-	-	535	-	744	312	-	-	2 517
170	-	-	-	32	2 188	-	-	-	-	7	-	5 088	272	-	-	7 758
142	-	-	-	29	9 890	-	-	-	-	43	-	3 820	45	2 639	-	18 540
30	-	-	7	-	0	4 053	-	-	-	0	-	3 885	985	-	-	9 253
167	-	-	3	34	1 809	-	-	-	-	6	0	2 020	29	-	-	4 068
61	-	-	-	1	266	-	-	-	-	0	0	605	53	-	-	987
176	-	-	2	27	1 233	-	-	-	-	106	0	1813	86	-	-	3 443
106	-	-	-	6	1 197	2	-	-	-	5	-	1 461	268	-	-	3 045
73	-	-	-	7	176	-	-	-	-	211	0	325	23	-	-	816
1704	217	26	45	170	69 252	119	-	-	-	3 607	2	55 108	7 546	7 511	3 667	151 651
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	1 551	-	-	-	2 398
-	-	-	-	707	111	-	-	-	-	5815	-	20	-	-	-	125 502
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 787
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	635
-	-	-	-	707	111	-	-	-	-	5 889	-	1 571	-	-	-	133 322
-	-	-	-	-	51 426	-	-	-	-	17 933	2 764	23 988	2 659	-	-	-
-	-	-	-	-	21 245	-	-	-	-	356	-	20 217	981	-	-	-
37 046	-	-	41	2 393	72 670	37	-	-	1404	18 289	2 764	44 205	3 640	-	-	190 111

Anhang 17: Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in Kilowattstunden

Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017 in Millionen Kilowattstunden		Zeile	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte				
			Kohle (roh)	Koks	Briketts	Anderer Braunkohlenprodukte	Erdöl (roh)	Rotbenzin	Ölkraftstoffe	Dieselmotorkraftstoffe	Flugturbinenkraftstoff
Mill. kWh											
Primär- energiebilanz	Gewinnung	1	-	-	-	-	1495	-	-	-	-
	Bezüge	2	505	81	200	941	-	22 747	12 839	22 496	13 19
	Bestandsentnahmen	3	46	-	1	1	-	-	-	-	-
	Energieaufkommen	4	550	81	200	942	1495	22 747	12 839	22 496	13 19
	Lieferungen	5	-	-	-	-	1495	-	-	-	-
	Bestandsaufstockungen	6	-	-	-	-	-	-	-	0	-
	Primärenergieverbrauch	7	550	81	200	942	-	22 747	12 839	22 496	13 19
Umwandlungsbilanz	Umwandlungseinsatz	Kokereien	8	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	9	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und Kälteanlagenwerke der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	10	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	11	247	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und Kälteanlagenwerke (nur Strom)	12	186	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	13	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	14	-	-	-	-	-	-	-	-
		Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)	15	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)	16	-	-	-	159	-	-	-	-
		Hochöfen, Konverter	17	-	-	-	-	-	-	-	-
		Raffinerien	18	-	-	-	-	-	-	-	-
		Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		Umwandlungseinsatz insgesamt	20	433	-	-	159	-	-	-	-
	Umwandlungsausstoß	Kokereien	21	-	-	-	-	-	-	-	-
		Steinkohlen- und Braunkohlenbrikettfabriken	22	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wärme- und Kälteanlagenwerke der allgemeinen Versorgung (ohne KWK) ¹	23	-	-	-	-	-	-	-	-
		Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	24	-	-	-	-	-	-	-	-
		Industriewärme- und Kälteanlagenwerke (nur Strom)	25	-	-	-	-	-	-	-	-
		Kernkraftwerke	26	-	-	-	-	-	-	-	-
		Wasserkraftwerke	27	-	-	-	-	-	-	-	-
Windkraft-, Photovoltaik- und andere Anlagen (der Erneuerb. Energieerzeugung)		28	-	-	-	-	-	-	-	-	
Heizwerke (einschl. Wärmeabgabe aus IKW u. ungekoppelte Wärme aus HKW)		29	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hochöfen, Konverter		30	-	-	-	-	-	-	-	-	
Raffinerien		31	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sonstige Energieerzeuger		32	-	-	-	-	-	-	-	-	
Umwandlungsausstoß insgesamt		33	-	-	-	-	-	-	-	-	
Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungs- bereichen	Kokereien	34	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Steinkohlenbergbau, Braunkohlenbergbau	35	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Kraftwerke, Heizwerke	36	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Erdöl- und Erdgasgewinnung WZ (6)	37	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mineralölverarbeitung (einschl. Stein- und Braunkohlenbrikettfabriken) (WZ (8))	38	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sonstige Energieerzeuger	39	-	-	-	-	-	-	-	-	
	E-V Verbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fackel- und Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-		
Energieangebot	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	42	118	81	200	783	-	22 747	12 839	22 496	13 19
	Nichtenergetischer Verbrauch	43	11	-	-	229	-	22 747	-	-	-
	Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergieverbrauch nach Sektoren	Endenergieverbrauch	45	107	81	200	553	-	-	12 839	22 496	13 19
	Gew. v. Steinen und Erden, sonstiger Bergbau u. Erbringung von Dienstleist.	46	-	-	-	11	-	-	-	2	-
	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherst., Tabakverarb.	47	-	-	9	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren und Schuhen	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (o. Möbel)	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von Papier, Papp- und Waren daraus	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von Druckereizugn.; Vervielf. v. bsp. Ton-, Bild- u. Datentr.	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	52	61	-	-	48	-	-	-	-	-
	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	54	-	-	-	-	-	-	-	0	-
	Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	55	37	-	-	494	-	-	-	0	-
	Metallerzeugung und -bearbeitung	56	1	81	-	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von Metallerzeugnissen	57	-	-	-	-	-	-	-	0	-
	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elek. u. opt. Erzeugn., u. elek. Ausrüstungen	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Maschinenbau	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenanteilen u. sonstiger Fahrzeugbau	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Übrige Wirtschaftszweige	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau, Gew. von Steinen und Erden	62	98	81	9	553	-	-	-	3	-
	Schieneverkehr	63	-	-	-	-	-	-	-	223	-
	Straßenverkehr	64	-	-	-	-	-	-	12 587	20 427	-
	Luftverkehr	65	-	-	-	-	-	-	10	-	13 19
	Küsten- und Binnenschifffahrt	66	-	-	-	-	-	-	-	168	-
	Verkehr insgesamt	67	-	-	-	-	-	-	12 597	20 818	13 19
	Haushalte	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	69	-	-	-	-	-	-	-	1675	-
	Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	70	8	-	191	0	-	-	242	1675	-

¹ Einschließlich ungekoppelte Erzeugung in Heizkraftwerken.
* z.T. eigene Berechnungen und Schätzungen des LAK Energiebilanzen

Mineralöle und Mineralölprodukte					Gase		Erneuerbare Energieträger					Strom u. andere Energieträger				Insgesamt	Zeile
Heizöl		Petrokoks	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas, Erdölgas	Klargas, Deponiegas	Wasserkraft	Windkraft	Solarenergie	Biomasse	Sonsige erneuerbare Energien	Strom	Fernwärme	Abfälle, nicht biogen	Andere		
leicht	schwer																
Mill. kWh																	
-	-	-	-	-	12	306	832	5923	2 249	13 502	1029	-	-	3 866	1583	30 796	1
10 528	60	312	2 988	908	68 801	-	-	-	-	-	-	8 380	70	-	-	153 176	2
369	0	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	428	3
10 898	60	312	2 988	908	68 823	306	832	5923	2 249	13 502	1029	8 380	70	3 867	1583	184 401	4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	319	-	-	-	-	-	1814	5
-	-	7	1	0	-	-	-	-	-	5	-	-	-	2	-	15	6
10 898	60	306	2 988	908	68 823	306	832	5923	2 249	13 178	1029	8 380	70	3 864	1583	182 571	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
60	-	-	-	-	2 420	-	-	-	-	679	255	-	188	486	-	4 087	10
2	-	-	-	-	2 209	-	-	-	-	1646	-	-	507	457	-	5 068	11
7	-	-	-	-	12 584	16	-	-	-	470	-	-	236	259	564	14 322	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
-	-	-	-	-	-	-	832	-	-	-	-	-	-	-	-	832	14
-	-	-	-	-	-	207	-	5923	1859	1924	1	-	-	-	-	9 913	15
55	-	-	-	-	701	-	-	-	-	741	5	-	-	576	-	2 238	16
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
9	-	-	-	-	697	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	860	18
132	-	-	154	-	18 611	222	832	5923	1859	5 460	261	-	931	1778	564	37 319	20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1896	-	-	-	1896	22
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 187	2 227	-	-	3 413	23
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 195	-	-	-	8 195	24
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	832	-	-	-	832	27
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 452	-	-	-	8 452	28
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1989	-	-	1989	29
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	-	-	-	115	32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20 676	4 215	-	-	24 891	33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	499	243	-	-	742	36
-	-	-	-	-	91	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	11	37
2	-	-	0	-	96	26	-	-	-	-	-	10	-	-	-	103	38
-	-	-	-	-	96	26	-	-	-	-	-	52	-	-	-	174	39
2	-	-	0	-	192	26	-	-	-	-	-	566	243	-	-	1030	40
-	-	-	-	-	1	14	-	-	-	-	-	466	266	-	-	748	41
10 764	60	306	2 834	908	50 019	43	-	-	390	7 718	768	28 023	2 844	2 086	1019	188 366	42
-	-	298	2 810	-	10 565	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36 661	43
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	263	-	263	44
10 764	60	7	24	908	39 454	43	-	-	390	7 718	768	28 023	3 107	2 086	1019	131 968	45
14	-	-	-	-	69	-	-	-	-	0	-	103	0	-	-	200	46
109	-	-	-	3	1697	7	-	-	-	81	-	808	28	-	-	2 741	47
4	-	-	-	-	125	-	-	-	-	-	0	131	3	-	-	263	48
22	-	-	-	-	70	-	-	-	-	588	0	241	14	-	-	936	49
16	-	-	-	3	1531	26	-	-	-	27	-	1222	1289	27	-	4 143	50
2	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	54	3	-	-	96	51
41	60	-	-	11	9 678	-	-	-	-	52	-	7 260	184	1326	1019	19 739	52
9	-	-	-	-	248	-	-	-	-	149	-	207	87	-	-	699	53
47	-	-	-	9	608	-	-	-	-	2	-	1413	76	-	-	2 155	54
39	-	5	-	8	2 747	-	-	-	-	12	-	1061	12	733	-	5 150	55
8	-	2	-	0	1126	-	-	-	-	0	-	1079	274	-	-	2 570	56
46	-	-	1	10	502	-	-	-	-	2	0	561	8	-	-	1 130	57
17	-	-	-	0	74	-	-	-	-	0	0	168	15	-	-	274	58
49	-	-	0	7	343	-	-	-	-	29	0	504	24	-	-	956	59
29	-	-	-	2	333	0	-	-	-	1	-	406	74	-	-	846	60
20	-	-	-	2	49	-	-	-	-	59	0	90	6	-	-	-	61
473	60	7	12	47	19 237	33	-	-	-	1002	0	15 308	2 096	2 086	1019	42 125	62
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	431	-	-	-	666	63
-	-	-	-	196	31	-	-	-	-	1615	-	6	-	-	-	34 862	64
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1330	65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	176	66
-	-	-	-	196	31	-	-	-	-	1636	-	436	-	-	-	37 034	67
-	-	-	-	-	14 285	-	-	-	-	4 981	768	6 663	739	-	-	-	68
-	-	-	-	-	5 901	-	-	-	-	99	-	5 615	273	-	-	-	69
10 291	-	-	11	665	20 866	10	-	-	390	5 080	768	12 279	1011	-	-	52 809	70

Anhang 18: Zeichenerklärung zur Darstellung der Energiebilanz

Zeichenerklärung	
0	Zahl ungleich null, Betrag jedoch kleiner als die Hälfte von 1 in der letzten ausgewiesenen Stelle
-	nichts vorhanden
.	Zahl unbekannt oder geheim
x	Nachweis nicht sinnvoll
...	Zahl fällt später an
/	keine Angabe, da Zahl nicht sicher genug
()	Aussagewert eingeschränkt, da Zahl statistisch unsicher
D	Durchschnitt
p	vorläufig
r	revidiert
s	geschätzt
<p>Für die Abgrenzung von Größenklassen wird im Allgemeinen anstelle einer ausführlichen Beschreibung „von 50 bis unter 100“ die Darstellungsform „50–100“ verwendet.</p> <p>Einzelwerte in Tabellen werden im Allgemeinen ohne Rücksicht auf die Endsumme gerundet.</p>	

Anhang 19: Satellitenbilanz „Erneuerbare Energieträger“ 2016

Satellitenbilanz "Erneuerbare Energieträger" zur Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2016		Wasser- kraft	Windkraft	Biomasse						Solarenergie			Klärgas	Deponie- gas	Sonstige erneuer- bare Energie- träger ¹⁾	Erneuer- bare Energie- insgesam- t	Anteil erneuer- bare an allen Energie- trägern			
				zu- sam- men	Feste biogene Stoffe	Biogener Anteil des Abfalls	Biogene Kraftstoffe	Flüssige biogene Stoffe	Biogas	Klär- schlamm	zu- sam- men	Foto- voltaik						Solar- thermie		
Berechnungsstand August 2018		Terajoules															%			
PRIMAR- ENERGIEBILANZ	Gewinnung	3 827	17 270	47 787	29 946	5 640	5 707	202	5 693	600	7 614	6 210	1 404	1 013	117	3 431	81 059	75,1		
	Bezüge	-	-	448	-	-	448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	448	0,1	
	Bestandsentnahmen	-	-	53	52	-	-	-	1	-	0	-	-	-	-	-	-	-	53	20,0
	Energieaufkommen	3 827	17 270	48 289	29 998	5 640	6 155	203	5 693	600	7 614	6 210	1 404	1 013	117	3 431	81 561	12,5		
	Lieferungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
	Bestandsaufstockungen	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,1	
Primärenergieverbrauch		3 827	17 270	48 288	29 998	5 639	6 155	203	5 693	600	7 614	6 210	1 404	1 013	117	3 431	81 560	12,7		
UMWANDLUNGSBILANZ	Wärmeleistung der allgemeinen Versorgung (ohne KWK)	-	-	2 725	608	2 045	-	15	55	1	-	-	-	-	-	909	3 634	24,0		
	Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	-	-	5 984	3 909	1 462	-	119	487	7	-	-	-	-	-	-	5 984	33,1		
	Industriewärmeleistung	-	-	1 477	974	79	-	-	-	-	-	-	-	59	-	-	1 535	3,1		
	Wasserkraftwerke	3 827	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 827	100,0	
	Windkraft-, Fotovoltaik- und andere Anlagen	-	17 270	7 055	1 976	0	-	45	5 034	-	6 210	6 210	-	644	117	0	31 296	100,0		
	Heizwerke	-	-	2 498	434	1 951	-	-	113	-	-	-	-	-	-	-	2 498	32,1		
	Sonstige Energieerzeuger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	
	Umwandlungseinsatz insgesamt	3 827	17 270	19 738	7 902	5 537	-	179	5 689	431	6 210	6 210	-	703	117	909	48 774	38,3		
	Umwandlungsausstoß insgesamt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	
	Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	-	-	99	0,0		
	Fackel- und Leitungsverluste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	50	1,9		
	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	-	-	28 550	22 097	102	6 155	24	4	169	1 404	-	1 404	161	-	2 522	32 637	5,5		
Nichtenergetischer Verbrauch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0		
Statistische Differenzen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0		
END- ENERGIE- VER- BRAUCH	Endenergieverbrauch	-	-	28 550	22 097	102	6 155	24	4	169	1 404	-	1 404	161	-	2 522	32 637	6,9		
	Gew. Steine u. Erden, sonst. Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe insgesamt	-	-	3 828	3 529	102	0	24	4	169	-	-	-	128	-	2	3 958	2,6		
	Verkehr insgesamt	-	-	5 809	-	-	5 809	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 809	4,4		
	Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen u. übrige Verbraucher	-	-	18 913	18 567	-	345	-	-	-	1 404	-	1 404	33	-	2 520	22 870	12,2		

1) Geothermie, Umweltwärme (Wärmepumpe).

Anhang 20: Satellitenbilanz „Erneuerbare Energieträger“ 2017

Satellitenbilanz "Erneuerbare Energieträger" zur Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2017		Zeile aus der Energiebilanz	Wasserkraft	Windkraft	Biomasse						Solarenergie			Klärgas	Deponiegas	Sonstige erneuerbare Energieträger ¹⁾	Erneuerbare Energieträger		Zeile aus der Energiebilanz		
					zusammen	Feste biogene Stoffe	Biogener Anteil des Abfalls	Biogene Kraftstoffe	Flüssige biogene Stoffe	Biogas	Klärschlamm	zusammen	Fotovoltaik				Solarthermie	zusammen		Anteil an insgesamt (Energiebilanz Spalte 27)	
Berechnungsstand September 2019		Terajoule															%				
PRIMÄR-ENERGIEBILANZ	Gewinnung	1	2 995	21 324	48 607	29 080	5 654	7 392	215	5 462	803	8 095	6 691	1 404	993	107	3 704	85 825	77,4	1	
	Bezüge	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	2
	Bestandsentnahmen	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	3
	Energieaufkommen	4	2 995	21 324	48 607	29 080	5 654	7 392	215	5 462	803	8 095	6 691	1 404	993	107	3 704	85 825	12,9	4	
	Lieferungen	5	-	-	1 147	-	-	1 147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 147	17,6	5
	Bestandsaufstockungen	6	-	-	19	9	9	0	1	-	0	-	-	-	-	-	-	19	33,6	6	
	Primärenergieverbrauch	7	2 995	21 324	47 441	29 071	5 645	6 245	215	5 462	803	8 095	6 691	1 404	993	107	3 704	84 660	12,9	7	
UMWANDLUNGSBILANZ	Wärmeerkraftwerke der allgemeinen Versorgung (ohne KWK)	10	-	-	2 446	654	1 748	-	13	29	1	-	-	-	-	-	917	3 363	22,9	10	
	Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	11	-	-	5 926	3 704	1 644	-	183	388	8	-	-	-	-	-	-	5 926	32,5	11	
	Industrie- und Heizkraftwerke	12	-	-	1 691	1 042	78	-	-	-	571	-	-	-	56	-	-	1 747	3,4	12	
	Wasserkraftwerke	14	2 995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 995	100,0	14
	Windkraft-, Fotovoltaik- und andere Anlagen	15	-	21 324	6 927	1 972	-	-	8	4 947	-	6 691	6 691	-	636	107	2	35 688	100,0	15	
	Heizwerke	16	-	-	2 667	498	2 075	-	-	94	-	-	-	-	-	-	18	2 686	33,3	16	
	Sonstige Energieerzeuger	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	19	
	Umwandlungseinsatz insgesamt	20	2 995	21 324	19 657	7 871	5 546	-	203	5 458	579	6 691	6 691	-	693	107	938	52 404	39,0	20	
	Umwandlungsausstoß insgesamt	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	33
	Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	-	-	94	2,5	40	
	Fackel- und Leitungsverluste	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	-	-	51	1,9	41	
	Energieangebot nach Umwandlungsbilanz	42	-	-	27 785	21 201	99	6 245	11	5	224	1 404	-	1 404	156	-	2 766	32 110	5,3	42	
	Nichtenergetischer Verbrauch	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	43
Statistische Differenzen	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	44	
Endenergieverbrauch	45	-	-	27 785	21 201	99	6 245	11	5	224	1 404	-	1 404	156	-	2 766	32 110	6,8	45		
END-ENERGIE-VERBRAUCH	Gew. Steine u. Erden, sonst. Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe insgesamt	76	-	-	3 607	3 268	99	0	11	5	224	-	-	119	-	2	3 727	2,5	76		
	Verkehr insgesamt	81	-	-	5 889	-	-	5 889	-	-	-	-	-	-	-	-	5 889	4,4	81		
	Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen u. übrige Verbraucher	84	-	-	18 289	17 933	-	356	-	-	-	1 404	-	1 404	37	-	22 494	11,8	84		

1) Geothermie, Umweltwärme (Wärmepumpe).

Anhang 21: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur rheinland-pfälzischen Energiebilanz 2016

Energieträger	Mengen-einheit	Heizwert (kJoule)	SKE-Faktor
Steinkohlen ¹⁾	kg	27 196	0,928
Steinkohlenkoks ¹⁾	kg	28 739	0,981
Steinkohlenbriketts ¹⁾	kg	31 401	1,071
Braunkohlen ¹⁾	kg	8 996	0,307
Braunkohlenbriketts ¹⁾	kg	19 482	0,665
Andere Braunkohlenprodukte ¹⁾	kg	22 301	0,761
Erdöl (roh)	kg	42 505	1,450
Ottokraftstoff	kg	42 281	1,443
Rohbenzin	kg	44 000	1,501
Flugkraftstoff, Petroleum	kg	42 800	1,460
Dieselmkraftstoff	kg	42 648	1,455
Heizöl, leicht	kg	42 816	1,461
Heizöl, schwer	kg	40 343	1,377
Petrolkoks	kg	32 000	1,092
Flüssiggas	kg	43 074	1,470
Andere Mineralölprodukte	kg	39 501	1,348
Erdgas	m ³	35 182	1,200
Brennholz	kg	14 315	0,488
Klärgas, Deponiegas, Biogas (Methangasanteil)	m ³	35 888	1,225
Rapsölmethylester (Biodiesel)	kg	37 100	1,266
Elektrischer Strom	kWh	3 600	0,123
¹⁾ Durchschnittswert. Stand: Mai 2018			

Anhang 22: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur rheinland-pfälzischen Energiebilanz 2017

Energieträger	Mengen-einheit	Heizwert (kJoule)	SKE-Faktor
Steinkohlen ¹⁾	kg	27 310	0,932
Steinkohlenkoks ¹⁾	kg	28 739	0,981
Steinkohlenbriketts ¹⁾	kg	31 404	1,071
Braunkohlen ¹⁾	kg	8 989	0,307
Braunkohlenbriketts ¹⁾	kg	19 695	0,672
Andere Braunkohlenprodukte ¹⁾	kg	21 786	0,743
Erdöl (roh)	kg	42 505	1,450
Ottokraftstoff	kg	42 281	1,443
Rohbenzin	kg	44 000	1,501
Flugkraftstoff, Petroleum	kg	42 800	1,460
Dieselmkraftstoff	kg	42 648	1,455
Heizöl, leicht	kg	42 816	1,461
Heizöl, schwer	kg	40 343	1,377
Petrolkoks	kg	32 000	1,092
Flüssiggas	kg	43 074	1,470
Andere Mineralölprodukte	kg	39 501	1,348
Erdgas	m ³	35 182	1,200
Brennholz	kg	14 315	0,488
Klärgas, Deponiegas, Biogas (Methangasanteil)	m ³	35 888	1,225
Rapsölmethylester (Biodiesel)	kg	37 100	1,266
Elektrischer Strom	kWh	3 600	0,123
¹⁾ Durchschnittswert. Stand: Juni 2019			

4.1: Rahmenbedingungen und Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs

Anhang 24: Bruttowertschöpfung 2000 – 2017 nach Wirtschaftsbereichen

Jahr	Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe (ohne Baugewerbe)	darunter: Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation	darunter: Verkehr und Lagerei	Finanz-, Versicherungs- u. Unterdienstleister, Grundstücks- u. Wohnungswesen	Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit
	Mill. EUR	%							
Rheinland-Pfalz									
2000	84 909	1,4	30,8	27,4	4,9	19,3	3,4	20,7	22,9
2001	85 392	1,5	30,2	26,9	4,6	19,3	3,7	21,5	22,9
2002	87 356	1,4	29,6	26,1	4,5	19,6	3,9	21,8	23,2
2003	87 701	1,4	29,1	25,7	4,2	19,2	3,8	22,5	23,6
2004	90 769	1,4	29,7	26,2	4,0	19,2	3,7	22,5	23,1
2005	91 219	1,3	29,8	26,2	3,8	19,3	3,6	22,8	23,1
2006	94 656	1,3	30,0	26,4	4,0	19,2	3,8	22,6	22,8
2007	98 480	1,3	30,8	27,1	4,1	19,0	3,6	22,5	22,3
2008	100 167	1,4	29,8	26,1	4,2	19,1	3,6	22,5	23,0
2009	97 214	1,2	27,7	23,9	4,5	19,1	3,6	23,1	24,4
2010	102 888	1,2	29,3	25,9	4,6	18,6	3,5	22,6	23,7
2011	107 438	1,3	29,7	26,6	4,8	18,5	3,5	22,3	23,5
2012	110 281	1,3	30,3	26,7	4,8	17,9	3,8	22,2	23,6
2013	112 693	1,5	29,0	25,6	4,7	17,7	4,1	23,1	23,9
2014	117 446	1,5	28,5	25,4	4,8	18,3	4,3	23,1	23,8
2015	123 342	1,4	29,4	26,3	4,8	18,4	4,0	22,5	23,5
2016	126 229	1,3	29,6	26,6	5,0	18,3	3,8	22,0	23,7
2017	129 580	1,4	29,2	26,2	5,3	18,5	3,9	21,8	23,8
Deutschland									
2000	1 909 237	1,1	25,8	23,0	5,1	20,6	4,2	26,1	21,3
2001	1 969 930	1,2	25,4	22,7	4,7	21,2	4,3	26,3	21,2
2002	1 998 344	0,9	24,9	22,1	4,5	21,3	4,3	26,8	21,6
2003	2 005 064	0,9	25,0	22,2	4,3	21,1	4,4	27,0	21,8
2004	2 057 626	1,0	25,4	22,4	4,0	21,0	4,4	27,0	21,6
2005	2 082 086	0,8	25,5	22,4	3,9	21,1	4,5	27,2	21,6
2006	2 164 972	0,8	26,3	23,1	3,8	21,1	4,6	26,9	21,1
2007	2 261 360	0,8	26,7	23,4	3,9	21,1	4,7	27,0	20,5
2008	2 304 665	0,9	26,1	22,5	4,0	21,2	4,7	27,0	20,8
2009	2 207 236	0,7	23,7	19,9	4,1	21,6	4,7	27,4	22,4
2010	2 321 695	0,7	25,9	22,2	4,3	20,4	4,6	26,7	22,0
2011	2 428 078	0,8	26,2	22,9	4,4	20,6	4,5	26,3	21,7
2012	2 478 596	0,8	26,2	22,7	4,5	20,3	4,6	26,3	21,9
2013	2 542 656	1,0	25,7	22,4	4,4	20,3	4,7	26,5	22,1
2014	2 646 444	1,0	25,8	22,7	4,5	20,5	4,6	26,1	22,1
2015	2 745 337	0,7	25,9	23,0	4,6	20,7	4,7	26,1	22,0
2016	2 847 740	0,7	26,3	23,4	4,7	20,7	4,6	25,6	22,0
2017	2 954 696	0,9	26,1	23,4	4,9	20,8	4,6	25,3	21,9

1) In jeweiligen Preisen

Quelle: Arbeitskreis "Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder"
Berechnungsstand: August 2018/Februar 2019.

Anhang 25: Erwerbstätige 2000 – 2018 nach Wirtschaftsbereichen

Jahr	Erwerbstätige insgesamt	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierende s Gewerbe (ohne Baugewerbe)	darunter: Verarbeitende s Gewerbe	Baugewerbe	Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation	darunter: Verkehr und Lagerei	Finanz-, Versi- cherungs- u. Unt.dienst- leister, Grund- stücks- u. Wohnungs- wesen	Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung, Gesundheit

Rheinland-Pfalz

2000	1 806	2,5	22,3	20,9	7,0	25,1	.	11,3	31,8
2001	1 808	2,4	22,2	20,8	6,9	25,1	.	11,4	32,0
2002	1 817	2,4	21,7	20,4	6,6	25,2	.	11,6	32,4
2003	1 802	2,4	21,3	20,0	6,4	25,1	.	11,8	33,0
2004	1 820	2,4	20,9	19,5	6,2	25,3	.	12,1	33,2
2005	1 826	2,3	20,4	19,1	6,0	25,2	.	12,5	33,4
2006	1 841	2,3	20,1	18,8	6,1	25,2	.	12,9	33,5
2007	1 879	2,4	20,0	18,8	6,1	25,1	.	13,2	33,3
2008	1 908	2,4	20,2	19,0	6,1	25,0	4,6	13,3	33,0
2009	1 906	2,3	20,0	18,7	6,1	25,1	4,6	13,0	33,5
2010	1 908	2,3	19,7	18,5	6,2	25,0	4,6	13,3	33,6
2011	1 931	2,3	19,8	18,6	6,2	25,0	4,7	13,5	33,2
2012	1 947	2,3	19,9	18,7	6,2	24,8	4,5	13,5	33,2
2013	1 954	2,2	19,9	18,6	6,2	24,9	4,5	13,6	33,2
2014	1 967	2,2	19,8	18,5	6,2	25,0	4,6	13,4	33,3
2015	1 987	2,2	19,6	18,4	6,1	24,9	.	13,5	33,7
2016	2 002	2,1	19,5	18,2	6,1	24,8	.	13,6	33,9
2017	2 021	2,1	19,3	18,1	6,1	24,8	.	13,7	33,9
2018	2 040	2,1	19,4	18,1	6,1	24,9	.	13,6	33,9

Deutschland

2000	39 917	1,9	21,2	19,6	7,3	26,2	.	13,9	29,6
2001	39 809	1,8	21,2	19,7	6,8	26,3	.	14,1	29,8
2002	39 630	1,8	20,9	19,4	6,4	26,3	.	14,3	30,3
2003	39 200	1,8	20,6	19,1	6,2	26,2	.	14,6	30,7
2004	39 337	1,8	20,2	18,7	6,0	26,3	.	15,0	30,7
2005	39 326	1,7	19,9	18,4	5,8	26,3	.	15,4	30,9
2006	39 635	1,6	19,5	18,1	5,7	26,3	.	15,9	30,9
2007	40 325	1,7	19,4	18,0	5,7	26,2	.	16,3	30,7
2008	40 856	1,6	19,6	18,3	5,6	26,1	4,9	16,4	30,6
2009	40 892	1,6	19,2	17,8	5,7	26,1	4,8	16,3	31,2
2010	41 020	1,6	18,8	17,4	5,7	25,9	4,8	16,7	31,3
2011	41 577	1,6	18,9	17,5	5,7	26,0	4,9	16,9	30,9
2012	42 061	1,6	19,0	17,6	5,7	25,9	4,9	17,0	30,8
2013	42 319	1,5	19,0	17,6	5,7	25,9	4,9	17,0	30,8
2014	42 671	1,5	18,9	17,5	5,7	25,9	4,9	17,1	30,9
2015	43 071	1,5	18,8	17,4	5,6	25,7	.	17,2	31,2
2016	43 642	1,4	18,6	17,3	5,6	25,7	.	17,3	31,4
2017	44 269	1,4	18,5	17,2	5,6	25,7	.	17,4	31,5
2018	44 838	1,4	18,6	17,3	5,6	25,6	.	17,2	31,5

Quelle: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Berechnungsstand: August 2018/Februar 2019.

Anhang 26: Ausgewählte Bestimmungsfaktoren des Energieverbrauchs 1990 – 2017

Merkmal	Einheit	1990	1991	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Einwohner im Jahresdurchschnitt ¹⁾										
Rheinland-Pfalz	1 000	3 734	3 792	3 962	4 028	4 053	3 999	4 032	4 059	4 070
	Messzahl	100	101,6	106,1	107,9	108,5	107,1	108,0	108,7	109,0
Deutschland	1 000	79 365	79 973	81 308	81 457	81 337	80 284	81 687	82 349	82 657
	Messzahl	100	100,8	102,4	102,6	102,5	101,2	102,9	103,8	104,1
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	4,7	4,7	4,9	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9
Haushalte ²⁾										
Rheinland-Pfalz	1 000	x	1 620	1 758	1 834	1 872	1 893	1 919	1 947	1 958
	Messzahl	x	100	108,5	113,2	115,6	116,9	118,5	120,2	120,9
Deutschland	1 000	x	35 256	36 938	38 124	39 178	40 301	40 774	40 960	41 304
	Messzahl	x	100	104,8	108,1	111,1	114,3	115,7	116,2	117,2
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	x	4,6	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,8	4,7
Bruttoinlandsprodukt (BIP) ³⁾										
BIP in jeweiligen Preisen										
Rheinland-Pfalz	Mill. Euro	.	75 795	86 141	94 125	100 804	114 338	136 978	140 059	143 730
	Messzahl	.	100	113,6	124,2	133,0	150,9	180,7	184,8	189,6
Deutschland	Mill. Euro	.	1 579 800	1 898 880	2 116 480	2 300 860	2 580 060	3 048 860	3 159 750	3 277 340
	Messzahl	.	100	120,2	134,0	145,6	163,3	193,0	200,0	207,5
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	.	4,8	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,4	4,4
BIP preisbereinigt										
Rheinland-Pfalz	Messzahl	.	100	100,7	108,0	110,1	117,9	129,6	130,4	131,5
Deutschland	Messzahl	.	100	105,2	115,7	119,0	126,6	137,7	140,8	143,9
Industrie ⁴⁾ (Rheinland-Pfalz)										
Betriebe	Anzahl	2 614	2 667	2 239	2 303	2 106	2 196	2 244	2 234	2 222
	Messzahl	100	102,0	85,7	88,1	80,6	84,0	85,8	85,5	85,0
Beschäftigte	Anzahl	385 894	393 869	325 598	305 086	275 021	275 006	291 082	290 788	293 928
	Messzahl	100	102,1	84,4	79,1	71,3	71,3	75,4	75,4	76,2
Umsatz	Mill. Euro	52 476	55 879	54 934	61 277	69 478	78 879	91 840	91 996	99 426
	Messzahl	100	106,5	104,7	116,8	132,4	150,3	175,0	175,3	189,5
Wohnverhältnisse										
Wohnfläche										
Rheinland-Pfalz	1 000 m ²	148 536	150 547	162 064	175 696	186 024	193 337	214 528	216 044	217 507
	Messzahl	100	101,4	109,1	118,3	125,2	130,2	144,4	145,4	146,4
Deutschland	1 000 m ²	2 774 304	2 804 905	3 005 457	3 245 487	3 394 741	3 680 628	3 794 976	3 822 507	3 850 742
	Messzahl	100	101,1	108,3	117,0	122,4	132,7	136,8	137,8	138,8
Wohnfläche je Wohnung										
Rheinland-Pfalz	m ²	95	95	96	97	98	99	104	104	104
	Messzahl	100	100,1	100,5	101,5	102,9	103,9	109,3	109,4	109,5
Deutschland	m ²	82	82	84	85	86	91	92	92	92
	Messzahl	100	100,2	102,0	103,2	104,7	111,0	111,7	111,9	112,0
Wohnfläche je Einwohner										
Rheinland-Pfalz	m ²	40	40	41	44	46	48	53	53	53
	Messzahl	100	99,8	102,8	109,7	115,4	121,5	133,7	133,8	134,3
Deutschland	m ²	35	35	37	40	42	46	46	46	47
	Messzahl	100	100,3	105,7	114,0	119,4	131,1	132,9	132,8	133,3
Einfamilienhausquote ⁵⁾										
Rheinland-Pfalz	%	70,0	70,0	69,2	68,7	68,8	69,1	72,9	72,9	72,9
Deutschland	%	.	.	61,6	61,9	62,6	66,2	66,6	66,6	66,7
Verkehr ⁶⁾										
Kraftfahrzeuge insgesamt										
Rheinland-Pfalz	Anzahl	2 203 252	2 246 043	2 466 469	2 707 177	2 911 846	2 710 686	2 901 080	2 947 349	2 997 387
	Messzahl	100	101,9	111,9	122,9	132,2	123,0	131,7	133,8	136,0
Deutschland ⁷⁾	Anzahl	35 748 278	.	47 486 278	51 364 673	54 519 653	50 184 419	53 715 641	54 602 441	55 568 268
	Messzahl	100	.	132,8	143,7	152,5	140,4	150,3	152,7	155,4
Pkw										
Rheinland-Pfalz	Anzahl	1 863 792	1 900 229	2 075 440	2 231 627	2 389 094	2 223 969	2 374 497	2 410 786	2 449 404
	Messzahl	100	102,0	111,4	119,7	128,2	119,3	127,4	129,3	131,4
mit Ottokraftstoffen betrieben	%	.	.	.	86,4	80,1	72,7	66,7	65,7	65,0
mit Dieselkraftstoffen betrieben	%	.	.	.	13,6	19,8	26,4	32,0	33,0	33,7
Elektro-/Hybrid- oder sonstig betrieblich	%	.	.	.	0,0	0,0	0,9	1,3	1,3	1,3
Deutschland ⁷⁾	Anzahl	30 684 811	.	40 404 294	42 839 906	45 375 526	41 737 627	44 403 124	45 071 209	45 803 560
	Messzahl	100	.	131,7	139,6	147,9	136,0	144,7	146,9	149,3
Lkw (Rheinland-Pfalz)	Anzahl	81 426	83 412	95 482	116 025	123 885	114 475	129 215	133 226	138 920
	Messzahl	100	102,4	117,3	142,5	152,1	140,6	158,7	163,6	170,6
Kraftfahrzeuge je 1 000 Einwohner										
Rheinland-Pfalz	Anzahl	590	592	622	672	718	678	719	726	736
Deutschland	Anzahl	450	.	584	631	670	625	658	663	672
Pkw je 1 000 Haushalte										
Rheinland-Pfalz	Anzahl	.	1 173	1 181	1 217	1 276	1 175	1 237	1 238	1 251
Deutschland	Anzahl	.	.	1 094	1 124	1 158	1 036	1 089	1 100	1 109

1) Datenbasis: Fortschreibung des Bevölkerungsstandes auf der Basis des Zensus 2011

2) Aufgrund methodischer Änderungen sind die Werte ab 2016, 2011 bzw. 2005 nicht direkt mit den Werten vor 2016, 2011 bzw. 2005 vergleichbar.

3) Berechnungsstand: August 2018/Februar 2019.

4) Betriebe von Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe, im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden. Die zeitliche Vergleichbarkeit unterliegt Einschränkungen durch unterschiedliche Wirtschaftszweigklassifikationen mit Änderungen in den Jahren 1995, 2003 und 2008.

5) Aufgrund einer Aktualisierung der Fortschreibungsbasis sind die Ergebnisse bis 2009 nur eingeschränkt mit den Folgejahren vergleichbar.

6) Aufgrund methodischer Änderungen sind die Ergebnisse bis 2007 nur eingeschränkt mit den Folgejahren vergleichbar.

7) Stichtag bis zum Jahr 2000 der 01. Juli, ab dem Jahr 2001 der 01. Januar.

Anhang 27: Ausgewählte Kennzahlen und Indikatoren zum Energieverbrauch 1990 – 2017

Merkmal	Einheit	1990	1991	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Primärenergieverbrauch (PEV)										
Rheinland-Pfalz	Mrd. kWh	160,7	165,6	182,3	180,1	180,6	186,6	176,2	178,8	182,6
Deutschland	Mrd. kWh	4140,3	4058,3	3963,6	4000,2	4044,0	3949,1	3683,8	3747,4	3756,4
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	3,9	4,1	4,6	4,5	4,5	4,7	4,8	4,8	4,9
Rheinland-Pfalz	Messzahl	100,0	103,1	113,4	112,1	112,4	116,1	109,7	111,3	113,6
Deutschland	Messzahl	100,0	98,0	95,7	96,6	97,7	95,4	89,0	90,5	90,7
Anteil erneuerbarer Energieträger										
Rheinland-Pfalz	%	0,9	0,9	0,9	1,9	3,8	9,5	12,4	12,7	12,9
Deutschland	%	1,3	1,4	1,9	2,9	5,3	9,9	12,4	12,4	13,3
PEV je Einwohner										
Rheinland-Pfalz	1 000 kWh	43,0	43,7	46,0	44,7	44,6	46,7	43,7	44,0	44,9
Deutschland	1 000 kWh	52,2	50,7	48,7	49,1	49,7	49,2	45,1	45,5	45,4
Energieproduktivität¹⁾										
Rheinland-Pfalz	Messzahl	.	100	91,5	99,3	101,0	104,6	121,8	120,8	119,3
Deutschland	Messzahl	.	100	107,7	117,4	119,5	130,1	151,7	152,5	155,4
Endenergieverbrauch (EEV)										
Rheinland-Pfalz	Mrd. kWh	118,2	126,2	135,0	138,0	130,5	136,3	128,0	131,3	132,0
Deutschland	Mrd. kWh	2631,2	2601,6	2589,5	2565,2	2535,4	2586,0	2471,7	2516,7	2557,7
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	4,5	4,8	5,2	5,4	5,1	5,3	5,2	5,2	5,2
Rheinland-Pfalz	Messzahl	100	106,7	114,2	116,8	110,4	115,3	108,3	111,0	111,6
Deutschland	Messzahl	100	98,9	98,4	97,5	96,4	98,3	93,9	95,6	97,2
Industrie										
Rheinland-Pfalz	Mrd. kWh	37,4	39,5	44,9	47,9	35,5	42,8	41,8	42,6	42,1
Deutschland	Mrd. kWh	826,9	748,3	687,2	672,6	698,2	720,1	707,7	721,7	740,5
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	4,5	5,3	6,5	7,1	5,1	5,9	5,9	5,9	5,7
Verkehr										
Rheinland-Pfalz	Mrd. kWh	28,8	29,7	35,8	37,2	37,3	36,9	35,9	36,5	37,0
Deutschland	Mrd. kWh	660,8	674,5	726,1	764,3	718,4	710,9	728,0	747,1	768,1
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	4,4	4,4	4,9	4,9	5,2	5,2	4,9	4,9	4,8
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher										
Rheinland-Pfalz	Mrd. kWh	51,9	57,0	54,3	52,9	57,7	56,7	50,3	52,2	52,8
Deutschland	Mrd. kWh	1143,5	1178,9	1176,2	1128,3	1118,8	1155,0	1035,9	1047,8	1049,0
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	4,5	4,8	4,6	4,7	5,2	4,9	4,9	5,0	5,0
Energieintensität²⁾										
EEV / BIP										
Rheinland-Pfalz	Messzahl	.	100	106,3	101,3	93,9	91,7	78,3	79,8	79,5
Deutschland	Messzahl	.	100	94,6	85,2	81,9	78,5	69,0	68,7	68,3
EEV in der Industrie / BWS der Industrie										
Rheinland-Pfalz	Messzahl	.	100	122,6	125,2	94,3	108,1	95,6	95,3	93,8
Deutschland	Messzahl	.	100	96,0	89,8	92,3	89,1	78,7	76,9	77,1
EEV je Einwohner										
Rheinland-Pfalz	1 000 kWh	31,7	33,3	34,1	34,3	32,2	34,1	31,7	32,3	32,4
Deutschland	1 000 kWh	33,2	32,5	31,8	31,5	31,2	32,2	30,3	30,6	30,9
EEV je Einwohner										
Rheinland-Pfalz	Messzahl	100	105,1	107,6	108,2	101,7	107,7	100,3	102,1	102,4
Deutschland	Messzahl	100	98,1	96,1	95,0	94,0	97,2	91,3	92,2	93,3
Bruttostromverbrauch										
Rheinland-Pfalz	Mrd. kWh	27,2	26,4	28,8	29,7	29,9	28,9	29,1	28,6	29,1
Deutschland	Mrd. kWh	545,7	533,7	536,8	572,2	602,6	601,8	598,6	600,1	595,6
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	5,0	5,0	5,4	5,2	5,0	4,8	4,9	4,8	4,9
Rheinland-Pfalz	Messzahl	100	97,1	105,7	109,1	109,9	106,1	106,8	104,9	106,7
Deutschland	Messzahl	100	97,8	98,4	104,9	110,4	110,3	109,7	110,0	109,1
Anteil erneuerbarer Energieträger										
Rheinland-Pfalz	%	3,2	2,9	3,6	4,8	7,9	15,2	30,7	31,2	34,2
Deutschland	%	.	3,8	4,7	6,6	10,4	17,4	31,2	31,3	36,3

1 Bruttoinlandsprodukt (BIP) preisbereinigt, verkettet je Einheit Primärenergie

2 Endenergieverbrauch je Einheit BIP bzw. BWS (preisbereinigt, verkettet) bzw. je Einwohner

Quellen: Energiebilanzen Rheinland-Pfalz, AG Energiebilanzen e. V., Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder, Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder.

4.2: Entwicklung der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs

Anhang 28: Strombilanz 1990 – 2017

Merkmal	Einheit	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Bruttostromerzeugung	TWh	7,469	8,576	8,538	12,032	16,534	19,687	19,596	20,676
Nicht erneuerbare Energieträger	TWh	6,596	7,534	7,108	9,675	12,155	10,744	10,683	10,730
Anteil	%	88,3	87,9	83,3	80,4	73,5	54,6	54,5	51,9
darunter aus									
Erdgas	TWh	.	.	.	8,824	11,243	9,607	9,488	9,835
Anteil	%	.	.	.	73,3	68,0	48,8	48,4	47,6
Abfall (fossiler Anteil)	TWh	.	.	.	0,023	0,267	0,305	0,281	0,310
Anteil	%	.	.	.	0,2	1,6	1,6	1,4	1,5
Erneuerbare Energieträger	TWh	0,873	1,042	1,430	2,358	4,379	8,942	8,913	9,945
Anteil	%	11,7	12,1	16,7	19,6	26,5	45,4	45,5	48,1
darunter aus									
Wasserkraft	TWh	0,873	1,042	1,237	0,972	1,114	0,922	1,063	0,832
Anteil	%	11,7	12,1	14,5	8,1	6,7	4,7	5,4	4,0
Windkraft ¹	TWh	.	.	0,192	0,999	1,729	5,036	4,797	5,923
Anteil	%	.	.	2,3	8,3	10,5	25,6	24,5	28,6
Biomasse	TWh	.	.	.	0,290	0,836	1,135	1,238	1,240
Anteil	%	.	.	.	2,4	5,1	5,8	6,3	6,0
Photovoltaik	TWh	.	.	.	0,044	0,603	1,760	1,725	1,859
Anteil	%	.	.	.	0,4	3,6	8,9	8,8	9,0
Stromaustauschsaldo	TWh	19,759	20,198	21,181	17,894	12,368	9,399	8,966	8,380
Anteil Saldo am Bruttostromverbrauch	%	72,6	70,2	71,3	59,8	42,8	32,3	31,4	28,8
Bruttostromverbrauch	TWh	27,228	28,774	29,718	29,927	28,902	29,086	28,562	29,056
Anteil erneuerbarer Energieträger (heimische Erzeugung)	%	3,2	3,6	4,8	7,9	15,2	30,7	31,2	34,2
Stromverbrauch im Umwandlungsbereich ²	TWh	1,799	1,833	1,638	0,639	0,737	0,845	0,845	1,032
Endenergieverbrauch	TWh	25,429	26,941	28,080	29,288	28,165	28,241	27,717	28,023
davon									
Industrie	TWh	13,393	14,120	14,190	15,358	15,357	14,901	14,956	15,308
Anteil am Endenergieverbrauch	%	52,7	52,4	50,5	52,4	54,5	52,8	54,0	54,6
Verkehr	TWh	0,529	0,577	0,206	0,481	0,448	0,434	0,458	0,436
Anteil am Endenergieverbrauch	%	2,1	2,1	0,7	1,6	1,6	1,5	1,7	1,6
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher	TWh	11,507	12,244	13,684	13,449	12,360	12,907	12,303	12,279
Anteil am Endenergieverbrauch	%	45,3	45,4	48,7	45,9	43,9	45,7	44,4	43,8

1 2000 einschließlich andere erneuerbare Energieträger, 1990-2016 ohne Berücksichtigung des für den Eigenverbrauch erzeugten Stroms.

2 Einschl. Leitungsverluste, statistische Differenzen.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

4.3: Entwicklung der Wärmeerzeugung und des Wärmeverbrauchs

Anhang 29: Bruttoendenergieverbrauch¹ nach Verbrauchssektoren

Merkmal	Einheit	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Bruttoendenergieverbrauch										
Wärme und Kälte	Mrd. kWh	74,6	82,2	72,9	72,3	75,8	72,2	74,5	77,9	77,8
Verkehr	Mrd. kWh	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,0	35,5
Strom	Mrd. kWh	19,4	18,4	18,7	18,5	19,0	18,7	18,9	18,2	18,5
Anteil Erneuerbarer Energien										
Rheinland-Pfalz										
Insgesamt	%	4,2	10,4	11,1	12,2	12,9	12,9	14,3	14,3	14,8
Wärme und Kälte	%	2,8	9,7	10,5	10,7	10,9	10,2	10,6	10,9	10,7
Verkehr	%	3,2	5,5	5,3	5,5	5,0	4,9	4,7	4,6	4,6
Strom	%	12,1	23,8	25,8	31,9	35,9	39,5	47,3	49,0	52,9
Deutschland										
Insgesamt	%	6,7	10,5	11,4	12,1	12,4	13,8	14,6	14,9	15,5
Wärme und Kälte	%	6,8	9,8	10,5	10,4	10,6	12,2	12,9	13,1	13,4
Verkehr	%	4,0	6,4	6,6	7,5	6,9	7,3	6,8	7,0	7,0
Strom	%	10,5	18,1	20,9	23,6	25,3	28,2	30,7	32,2	34,4

1 Angaben zum Bruttoendenergieverbrauch entsprechend der „Erneuerbare-Energien-Richtlinie“ der EU (2009/28/EG).

Quellen: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, Eurostat

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

4.4: Entwicklung des Energieverbrauchs im Bereich der Mobilität

Anhang 30: Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Petajoule								
Industrie	134,8	161,5	172,3	127,9	154,0	150,6	153,2	151,7
Verkehr	103,8	129,0	134,0	134,2	132,7	129,1	131,4	133,3
Schienenverkehr	3,2	3,4	1,8	2,5	2,3	2,3	2,4	2,4
Straßenverkehr	98,5	121,9	129,2	124,7	121,4	121,7	123,9	125,5
Luftverkehr	0,5	2,1	2,3	6,1	8,3	4,4	4,5	4,8
Binnenschifffahrt	1,6	1,5	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
Haushalte und Kleinverbraucher	187,0	195,4	190,6	207,6	204,1	181,1	188,0	190,1
Insgesamt	425,6	485,9	496,9	469,7	490,8	460,8	472,6	475,1
Mill. t SKE								
Industrie	4,6	5,5	5,9	4,4	5,3	5,1	5,2	5,2
Verkehr	3,5	4,4	4,6	4,6	4,5	4,4	4,5	4,5
Schienenverkehr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Straßenverkehr	3,4	4,2	4,4	4,3	4,1	4,2	4,2	4,3
Luftverkehr	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2
Binnenschifffahrt	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Haushalte und Kleinverbraucher	6,4	6,7	6,5	7,1	7,0	6,2	6,4	6,5
Insgesamt	14,5	16,6	17,0	16,0	16,7	15,7	16,1	16,2
TWh								
Industrie	37,4	44,9	47,9	35,5	42,8	41,8	42,6	42,1
Verkehr	28,8	35,8	37,2	37,3	36,9	35,9	36,5	37,0
Schienenverkehr	0,9	0,9	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7
Straßenverkehr	27,4	33,9	35,9	34,6	33,7	33,8	34,4	34,9
Luftverkehr	0,1	0,6	0,6	1,7	2,3	1,2	1,2	1,3
Binnenschifffahrt	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Haushalte und Kleinverbraucher	51,9	54,3	52,9	57,7	56,7	50,3	52,2	52,8
Insgesamt	118,2	135,0	138,0	130,5	136,3	128,0	131,3	132,0
Anteil am Endenergieverbrauch in %								
Industrie	31,7	33,2	34,7	27,2	31,4	32,7	32,4	31,9
Verkehr	24,4	26,5	27,0	28,6	27,0	28,0	27,8	28,1
Schienenverkehr	0,8	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Straßenverkehr	23,1	25,1	26,0	26,5	24,7	26,4	26,2	26,4
Luftverkehr	0,1	0,4	0,5	1,3	1,7	0,9	0,9	1,0
Binnenschifffahrt	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
Haushalte und Kleinverbraucher	43,9	40,2	38,4	44,2	41,6	39,3	39,8	40,0
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung gegenüber dem Vorjahr in %								
Industrie	.	14,9	-0,8	1,7	5,9	1,0	1,8	-1,0
Verkehr	.	4,7	-1,0	-3,0	0,5	-1,1	1,8	1,5
Schienenverkehr	.	2,0	-42,9	-8,1	3,7	1,0	3,2	0,0
Straßenverkehr	.	3,7	-0,2	-3,6	0,5	-1,0	1,8	1,3
Luftverkehr	.	301,8	9,7	8,7	-0,8	-7,6	2,8	6,6
Binnenschifffahrt	.	-11,7	-7,4	18,5	-8,1	5,7	-17,7	7,1
Haushalte und Kleinverbraucher	.	-2,2	-5,5	0,8	7,0	4,0	3,8	1,1
Insgesamt	.	4,8	-2,7	-0,1	4,8	1,5	2,6	0,5
Messzahl: 1990 = 100								
Industrie	100	119,8	127,8	94,9	114,3	111,7	113,7	112,5
Verkehr	100	124,2	129,1	129,2	127,8	124,3	126,5	128,4
Schienenverkehr	100	105,6	55,3	79,0	70,8	72,0	74,3	74,3
Straßenverkehr	100	123,8	131,2	126,6	123,3	123,5	125,8	127,4
Luftverkehr	100	436,6	488,7	1296,3	1759,9	923,0	949,1	1012,1
Binnenschifffahrt	100	95,3	44,1	51,7	40,5	44,4	36,5	39,1
Haushalte und Kleinverbraucher	100	104,5	102,0	111,1	109,2	96,9	100,5	101,7
Insgesamt	100	114,2	116,8	110,4	115,3	108,3	111,0	111,6

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 31: Endenergieverbrauch 1990-2017 nach Verbrauchergruppen und Energieträgern

Energieträger	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Industrie								
TWh								
Kohle	6,7	6,2	2,8	0,7	1,1	0,7	0,7	0,7
Mineralöle und Mineralölprodukte	4,4	5,0	3,2	1,6	1,3	0,7	0,7	0,6
Erdgas	12,7	19,3	24,7	15,4	19,3	19,5	20,2	19,2
Erneuerbare Energieträger	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	1,1	1,1	1,0
Strom ¹	13,4	14,1	14,2	15,4	15,4	14,9	15,0	15,3
Sonstige ²	0,2	0,2	2,8	2,0	4,8	4,9	4,9	5,2
Insgesamt	37,4	44,9	47,9	35,5	42,8	41,8	42,6	42,1
Anteil am Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe in %								
Kohle	17,9	13,7	5,9	2,1	2,5	1,7	1,7	1,8
Mineralöle und Mineralölprodukte	11,8	11,2	6,7	4,5	3,0	1,7	1,6	1,4
Erdgas	33,9	43,1	51,7	43,4	45,2	46,6	47,5	45,7
Erneuerbare Energieträger	0,1	0,0	0,1	1,1	2,2	2,7	2,6	2,5
Strom ¹	35,8	31,5	29,7	43,2	35,9	35,6	35,1	36,3
Sonstige ²	0,6	0,5	5,9	5,7	11,2	11,7	11,5	12,3
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Verkehr								
TWh								
Ottokraftstoff	17,7	20,2	20,1	18,0	14,9	12,6	12,6	12,6
Dieseltreibstoff	10,4	14,5	16,3	15,9	17,1	19,7	20,4	20,8
Flugturbinenkraftstoff	0,1	0,5	0,6	1,7	2,3	1,2	1,2	1,3
Biokraftstoffe	-	-	-	1,1	1,9	1,6	1,6	1,6
Strom ¹	0,5	0,6	0,2	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
Sonstige ²	0,0	-	-	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
Insgesamt	28,8	35,8	37,2	37,3	36,9	35,9	36,5	37,0
Anteil am Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe in %								
Ottokraftstoff	61,5	56,3	53,9	48,4	40,4	35,1	34,4	34,0
Dieseltreibstoff	36,2	40,5	43,9	42,6	46,3	55,1	55,8	56,2
Flugturbinenkraftstoff	0,5	1,5	1,7	4,5	6,2	3,3	3,4	3,6
Biokraftstoffe	-	-	-	3,0	5,1	4,5	4,4	4,4
Strom ¹	1,8	1,6	0,6	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2
Sonstige ²	0,0	-	-	0,1	0,8	0,8	0,7	0,6
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher								
TWh								
Kohle	1,1	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Mineralöle und Mineralölprodukte	23,8	23,8	19,5	17,3	14,2	12,9	13,0	12,9
Erdgas	14,4	16,8	17,7	21,5	21,1	17,4	19,2	20,2
Erneuerbare Energieträger	0,5	0,3	0,9	1,6	6,3	5,9	6,4	6,2
Strom ¹	11,5	12,2	13,7	13,4	12,4	12,9	12,3	12,3
Sonstige ²	0,8	0,8	0,9	3,5	2,5	1,1	1,1	1,0
Insgesamt	51,9	54,3	52,9	57,7	56,7	50,3	52,2	52,8
Anteil am Endenergieverbrauch der Verbrauchergruppe in %								
Kohle	2,0	0,7	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
Mineralöle und Mineralölprodukte	45,8	43,8	36,8	30,1	25,0	25,6	24,9	24,4
Erdgas	27,6	30,9	33,3	37,4	37,3	34,6	36,9	38,2
Erneuerbare Energieträger	0,9	0,5	1,7	2,7	11,1	11,7	12,2	11,8
Strom ¹	22,2	22,6	25,8	23,3	21,8	25,7	23,6	23,3
Sonstige ²	1,5	1,5	1,8	6,1	4,4	2,2	2,2	1,9
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100

1 Nur Schienenverkehr.

2 Flüssiggas, Erdgas.

4.5: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren

Anhang 32: Endenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Energieträgern

Energieträger	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Petajoule								
Kohle	27,9	23,4	11,3	3,5	4,9	3,2	3,3	3,4
Mineralöle und Mineralölprodukte	203,4	230,7	215,0	196,5	179,9	170,4	172,9	174,3
Erdgas	97,4	130,0	152,6	133,1	145,8	133,0	142,3	142,0
Erneuerbare Energieträger	1,8	1,1	3,3	11,1	32,6	31,0	32,6	32,1
Strom	91,5	97,0	101,1	105,4	101,4	101,7	99,8	100,9
Fernwärme	3,6	3,7	13,6	13,1	15,9	10,8	11,0	11,2
Andere Energieträger	-	-	-	6,9	10,2	10,7	10,7	11,2
Insgesamt	425,6	485,9	496,9	469,7	490,8	460,8	472,6	475,1
TWh								
Kohle	7,7	6,5	3,1	1,0	1,4	0,9	0,9	0,9
Mineralöle und Mineralölprodukte	56,5	64,1	59,7	54,6	50,0	47,3	48,0	48,4
Erdgas	27,0	36,1	42,4	37,0	40,5	36,9	39,5	39,5
Erneuerbare Energieträger	0,5	0,3	0,9	3,1	9,1	8,6	9,1	8,9
Strom	25,4	26,9	28,1	29,3	28,2	28,2	27,7	28,0
Fernwärme	1,0	1,0	3,8	3,6	4,4	3,0	3,1	3,1
Andere Energieträger	-	-	-	1,9	2,8	3,0	3,0	3,1
Insgesamt	118,2	135,0	138,0	130,5	136,3	128,0	131,3	132,0
Anteil am Endenergieverbrauch in %								
Kohle	6,6	4,8	2,3	0,7	1,0	0,7	0,7	0,7
Mineralöle und Mineralölprodukte	47,8	47,5	43,3	41,8	36,7	37,0	36,6	36,7
Erdgas	22,9	26,8	30,7	28,3	29,7	28,9	30,1	29,9
Erneuerbare Energieträger	0,4	0,2	0,7	2,4	6,7	6,7	6,9	6,8
Strom	21,5	20,0	20,3	22,4	20,7	22,1	21,1	21,2
Fernwärme	0,8	0,8	2,7	2,8	3,2	2,3	2,3	2,4
Andere Energieträger	-	-	-	1,5	2,1	2,3	2,3	2,4
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung in %								
Kohle	-	-15,9	-52,0	-68,9	41,5	-34,7	1,4	3,4
Mineralöle und Mineralölprodukte	-	13,4	-6,8	-8,6	-8,5	-5,3	1,5	0,8
Erdgas	-	33,5	17,4	-12,8	9,6	-8,8	7,0	-0,2
Erneuerbare Energieträger	-	-41,2	217,0	233,9	193,5	-5,0	5,3	-1,6
Strom	-	5,9	4,2	4,3	-3,8	0,3	-1,9	1,1
Fernwärme	-	4,1	263,8	-3,5	21,2	-31,8	1,7	1,7
Andere Energieträger	-	-	-	-	47,5	4,6	0,1	4,5
Insgesamt	-	14,2	2,3	-5,5	4,5	-6,1	2,6	0,5
Messzahl: 1990 = 100								
Kohle	100	84,1	40,4	12,5	17,7	11,6	11,7	12,1
Mineralöle und Mineralölprodukte	100	113,4	105,7	96,6	88,4	83,8	85,0	85,7
Erdgas	100	133,5	156,8	136,7	149,8	136,6	146,1	145,9
Erneuerbare Energieträger	100	58,8	186,4	622,2	1826,0	1733,9	1825,3	1795,9
Strom	100	105,9	110,4	115,2	110,8	111,1	109,0	110,2
Fernwärme	100	104,1	378,7	365,5	442,8	301,8	307,0	312,2
Andere Energieträger	-	-	-	-	-	-	-	-
Insgesamt	100	114,2	116,8	110,4	115,3	108,3	111,0	111,6

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 33: Primärenergieverbrauch 1990 – 2017 nach Energieträgern

Energieträger	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Petajoule								
Steinkohle	44,8	46,2	10,7	2,7	3,2	2,3	2,2	2,3
Braunkohle	6,3	5,3	6,8	2,3	3,9	3,2	4,0	4,1
Mineralöle	291,8	321,8	300,8	293,9	272,1	258,2	256,8	268,4
Erdgas	159,4	203,7	237,4	249,9	262,4	239,4	247,9	247,8
Erneuerbare Energieträger	5,1	5,9	12,2	25,0	63,7	78,7	81,6	84,7
Stromaustauschsaldo	71,1	72,7	76,3	64,4	44,5	33,8	32,3	30,2
Andere Energieträger		0,7	4,2	11,9	21,9	18,7	18,9	19,9
Insgesamt	578,5	656,2	648,2	650,1	671,8	634,4	643,7	657,3
Anteil am Primärenergieverbrauch in %								
Steinkohle	7,7	7,0	1,6	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3
Braunkohle	1,1	0,8	1,0	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6
Mineralöle	50,4	49,0	46,4	45,2	40,5	40,7	39,9	40,8
Erdgas	27,6	31,0	36,6	38,4	39,1	37,7	38,5	37,7
Erneuerbare Energieträger	0,9	0,9	1,9	3,8	9,5	12,4	12,7	12,9
Stromaustauschsaldo	12,3	11,1	11,8	9,9	6,6	5,3	5,0	4,6
Andere Energieträger		0,1	0,7	1,8	3,3	2,9	2,9	3,0
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung in %								
Steinkohle		3,1	-76,9	-74,8	20,8	-28,9	-2,7	1,2
Braunkohle		-15,4	26,6	-65,3	65,3	-17,7	26,7	1,6
Mineralöle		10,3	-6,5	-2,3	-7,4	-5,1	-0,6	4,5
Erdgas		27,7	16,6	5,3	5,0	-8,8	3,5	0,0
Erneuerbare Energieträger		16,0	107,3	105,0	155,3	23,5	3,6	3,8
Stromaustauschsaldo		2,2	4,9	-15,5	-30,9	-24,0	-4,6	-6,5
Andere Energieträger			533,0	180,6	84,6	-14,6	1,2	5,0
Insgesamt		13,4	-1,2	0,3	3,3	-5,6	1,5	2,1
1990 = 100								
Steinkohle	100	103,1	23,8	6,0	7,2	5,2	5,0	5,1
Braunkohle	100	84,6	107,2	37,2	61,5	50,7	64,2	65,3
Mineralöle	100	110,3	103,1	100,7	93,3	88,5	88,0	92,0
Erdgas	100	127,7	148,9	156,7	164,6	150,2	155,5	155,4
Erneuerbare Energieträger	100	116,0	240,5	493,2	1.258,8	1.555,0	1.610,9	1.672,1
Stromaustauschsaldo	100	102,2	107,2	90,6	62,6	47,6	45,4	42,4
Andere Energieträger								
Insgesamt	100	113,4	112,1	112,4	116,1	109,7	111,3	113,6

Nächste Aktualisierung: August 2020

Anhang 34: Struktur des Energieverbrauchs 1990 – 2017

Struktur des Energieverbrauchs 1990-2017

Merkmal	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Rheinland-Pfalz								
TWh								
Primärenergieverbrauch	161	182	180	181	187	176	179	183
Verbrauch und Verluste im								
Energiesektor, statistische Differenzen	14	14	12	10	14	13	13	14
Nichtenergetischer Verbrauch	29	33	30	40	36	35	35	37
Endenergieverbrauch	118	135	138	130	136	128	131	132
Industrie	37	45	48	36	43	42	43	42
Verkehr	29	36	37	37	37	36	36	37
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher	52	54	53	58	57	50	52	53
Anteil an Deutschland in %								
Primärenergieverbrauch	3,9	4,6	4,5	4,5	4,7	4,8	4,8	4,9
Verbrauch und Verluste im								
Energiesektor, statistische Differenzen	1,1	1,3	1,0	0,8	1,3	1,4	1,3	1,5
Nichtenergetischer Verbrauch	10,8	12,4	10,2	13,0	12,7	13,0	13,0	13,3
Endenergieverbrauch	4,5	5,2	5,4	5,1	5,3	5,2	5,2	5,2
Industrie	4,5	6,5	7,1	5,1	5,9	5,9	5,9	5,7
Verkehr	4,4	4,9	4,9	5,2	5,2	4,9	4,9	4,8
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher	4,5	4,6	4,7	5,2	4,9	4,9	5,0	5,0
Anteil am Primärenergieverbrauch in %								
Verbrauch und Verluste im								
Energiesektor, statistische Differenzen	8,6	7,8	6,6	5,4	7,5	7,6	7,1	7,6
Nichtenergetischer Verbrauch	17,8	18,2	16,8	22,3	19,5	19,7	19,4	20,1
Endenergieverbrauch	73,6	74,0	76,7	72,3	73,1	72,6	73,4	72,3
Anteil am Endenergieverbrauch in %								
Industrie	31,7	33,2	34,7	27,2	31,4	32,7	32,4	31,9
Verkehr	24,4	26,5	27,0	28,6	27,0	28,0	27,8	28,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher	43,9	40,2	38,4	44,2	41,6	39,3	39,8	40,0
Deutschland								
TWh								
Primärenergieverbrauch	4 140	3 964	4 000	4 044	3 949	3 684	3 747	3 756
Verbrauch und Verluste im								
Energiesektor, statistische Differenzen	1 243	1 106	1 138	1 199	1 076	945	960	924
Nichtenergetischer Verbrauch	266	268	297	310	287	267	268	275
Endenergieverbrauch	2 631	2 589	2 565	2 535	2 586	2 472	2 520	2 558
Industrie	827	687	673	698	720	708	725	741
Verkehr	661	726	764	718	711	728	747	768
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher	1 143	1 176	1 128	1 119	1 155	1 036	1 048	1 049
Anteil am Primärenergieverbrauch in %								
Verbrauch und Verluste im								
Energiesektor, statistische Differenzen	30,0	27,9	28,5	29,7	27,2	25,7	25,6	24,6
Nichtenergetischer Verbrauch	6,4	6,8	7,4	7,7	7,3	7,2	7,1	7,3
Endenergieverbrauch	63,5	65,3	64,1	62,7	65,5	67,1	67,2	68,1
Anteil am Endenergieverbrauch in %								
Industrie	31,4	26,5	26,2	27,5	27,8	28,6	28,8	29,0
Verkehr	25,1	28,0	29,8	28,3	27,5	29,5	29,7	30,0
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige Verbraucher	43,5	45,4	44,0	44,1	44,7	41,9	41,6	41,0

Quelle (Deutschland): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Stand Oktober 2019

4.6: Entwicklung der Energiepreise

Anhang 35: Index¹⁾ der Erzeugerpreise für gewerbliche Produkte, Energie und ausgewählte Energieträger in Deutschland 2000 – 2018

Jahr	Erzeugerpreisindex für gewerbliche Produkte	Erzeugerpreisindex für gewerbliche Produkte ohne Energie	Erzeugerpreisindex für Energie	Elektrischer Strom	Erdgas (Verteilung) ²⁾	Schweres Heizöl	Leichtes Heizöl	Braunkohle	
2015 = 100									
2000	79,5	86,0	63,2	71,9	48,5	.	69,0	75,5	
2001	81,9	87,2	69,0	72,6	62,4	.	63,2	76,3	
2002	81,4	87,4	66,5	73,0	55,4	.	58,1	76,7	
2003	82,8	87,7	71,2	79,2	61,0	.	59,9	77,6	
2004	84,2	89,0	72,9	83,3	58,9	.	68,5	77,3	
2005	87,8	90,4	82,1	90,1	71,2	.	91,7	79,0	
2006	92,6	92,1	94,1	105,1	88,6	.	102,8	81,7	
2007	93,8	94,2	93,3	105,0	86,4	.	101,3	84,5	
2008	99,0	96,4	105,4	118,4	103,0	.	133,3	82,7	
2009	94,8	94,2	96,6	111,4	94,0	.	88,1	87,1	
2010	96,2	96,0	97,3	112,2	86,0	.	112,9	89,8	
2011	101,3	99,4	106,7	118,9	98,4	.	143,8	98,7	
2012	103,0	100,5	109,9	111,9	108,5	.	157,8	101,6	
2013	102,9	100,8	109,0	108,5	109,3	.	147,0	102,5	
2014	101,9	100,7	105,6	105,1	104,7	.	133,9	101,5	
2015	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
2016	98,4	99,7	94,1	97,4	88,3	83,4	83,2	99,5	
2017	101,1	102,5	96,6	102,0	83,0	114,9	97,5	97,0	
2018	103,7	104,3	101,9	108,6	86,2	139,9	119,1	98,1	
			Veränderung 2017 gegenüber 2000 in %						
	27,2	19,2	52,8	41,9	71,1	.	41,3	28,5	
			Durchschnittliche jährliche Veränderung 2000–2017 in %						
	1,4	1,0	2,5	2,1	3,2	.	2,1	1,5	
			Veränderung 2018 gegenüber 2000 in %						
	30,4	21,3	61,2	51,0	77,7	.	72,6	29,9	

1 Nettopreisindex (ohne Mehrwertsteuer) – 2 Ohne Erdgasförderung.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 36: Index der Verbraucherpreise und für ausgewählte Energieträger in Rheinland-Pfalz 1995 – 2018

Jahr	Verbraucherpreis-index	Strom, Gas u.a. Brennstoffe	davon					
			Strom	Gas ¹	Heizöl ¹	Feste Brennstoffe ²	Fernwärme u. A.	
2015 = 100								
1995	76,2	46,7	48,5	50,2	37,8	60,3		
1996	77,5	45,8	44,9	47,7	44,9	61,5		
1997	78,9	47,0	45,1	50,2	45,8	63,2		
1998	79,6	45,9	45,3	50,7	37,9	63,7		
1999	79,9	47,6	47,6	49,9	45,6	65,3		
2000	81,0	53,9	47,4	57,1	70,1	72,7		
2001	82,5	59,2	49,8	69,3	66,3	77,4		
2002	83,7	58,7	52,5	65,3	60,3	76,8		
2003	84,4	61,1	55,7	68,5	63,0	80,6		
2004	85,8	63,1	57,7	68,0	70,2	80,1		
2005	87,2	70,8	61,0	75,6	93,2	77,6	75,4	
2006	88,4	78,3	63,0	91,0	103,1	79,9	87,7	
2007	90,2	81,4	68,3	91,8	102,2	81,8	91,8	
2008	92,4	90,8	72,2	103,3	134,8	86,0	96,4	
2009	92,3	88,0	76,5	100,4	93,0	89,3	93,0	
2010	93,3	88,2	79,2	91,3	114,2	89,4	87,0	
2011	95,2	96,8	85,8	95,5	143,3	92,5	90,0	
2012	97,3	102,6	88,2	101,8	155,8	92,2	97,4	
2013	98,7	106,2	97,3	102,7	146,6	94,5	101,1	
2014	99,6	105,9	101,2	101,7	134,5	98,7	101,5	
2015	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
2016	100,3	96,2	100,7	98,5	80,6	96,5	97,2	
2017	101,7	97,0	100,9	97,1	89,3	98,4	94,1	
2018	103,4	99,5	101,1	95,5	106,2	102,2	95,3	
			Veränderung 2017 gegenüber 1995 in %					
	33,5	107,7	108,0	93,4	136,2	63,2		
			Durchschnittliche jährliche Veränderung 1995–2017 in %					
	1,3	3,4	3,4	3,0	4,0	2,3		
			Veränderung 2018 gegenüber 1995 in %					
	35,7	113,1	108,5	90,2	181,0	69,5		

¹ Die Positionen „Gas“ und „Heizöl“ enthalten neben den Kosten der verbrauchten Brennstoffe und ihrer Lieferung auch Umlagen für den Betrieb einer zentralen Heizungsanlage einschließlich der Abgasanlage (z. B. Kosten für Wartung und Pflege der Anlage oder für die Messungen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz). Unter Heizöl versteht man im Verbraucherpreisindex leichtes Heizöl zum Betreiben einer Ölzentralheizung.

² Kohle und andere feste Brennstoffe.

Anhang 37: Index der Verbraucherpreise für Kraftstoffe in Rheinland-Pfalz 1995 – 2018

Jahr	Kraft- und Schmierstoffe für Fahrzeuge insgesamt	darunter	
		Benzin ¹	Dieselmkraftstoff
2015 = 100			
1995	55,7	56,9	49,3
1996	58,9	59,7	54,3
1997	60,3	61,3	54,7
1998	57,9	59,1	51,0
1999	61,8	62,9	55,3
2000	72,6	73,3	68,9
2001	73,4	73,8	70,5
2002	74,9	75,2	71,4
2003	78,2	78,6	75,5
2004	81,7	82,0	79,9
2005	88,3	88,2	91,1
2006	92,7	92,7	95,2
2007	96,7	96,5	99,4
2008	102,9	100,3	113,1
2009	91,8	91,6	92,2
2010	102,1	101,6	104,2
2011	114,0	111,8	121,0
2012	120,1	117,9	127,0
2013	115,9	114,1	121,6
2014	111,2	109,9	115,3
2015	100,0	100,0	100,0
2016	92,9	93,2	92,1
2017	98,7	98,4	99,6
2018	106,5	105,3	110,9
Veränderung 2017 gegenüber 1995 in %			
77,2		72,9	102,0
Durchschnittliche jährliche Veränderung 1995–2017 in %			
2,6		2,5	3,2
Veränderung 2018 gegenüber 1995 in %			
91,2		85,1	124,9

1 Superbenzin und Superbenzin plus.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

5.0: Entwicklung der Treibhausgasemissionen 1990 – 2017

Anhang 38: CO₂-Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990–2017 nach Emittentensektoren

Emittentensektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
1 000 t CO ₂								
Industrie	16 150	17 541	16 019	12 949	14 232	13 853	13 917	13 591
Verkehr	7 859	9 714	9 925	9 720	9 385	9 190	9 364	9 485
darunter: Straßenverkehr	7 231	8 958	9 497	8 875	8 437	8 532	8 699	8 812
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	17 972	18 408	17 482	17 652	15 436	14 188	14 179	14 013
Insgesamt	41 981	45 663	43 426	40 320	39 052	37 231	37 460	37 090
Anteil an den CO ₂ -Emissionen insgesamt in %								
Industrie	38,5	38,4	36,9	32,1	36,4	37,2	37,2	36,6
Verkehr	18,7	21,3	22,9	24,1	24,0	24,7	25,0	25,6
darunter: Straßenverkehr	17,2	19,6	21,9	22,0	21,6	22,9	23,2	23,8
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	42,8	40,3	40,3	43,8	39,5	38,1	37,8	37,8
Insgesamt	100							
Veränderung in %								
Industrie	.	8,6	-8,7	-19,2	9,9	-2,7	0,5	-2,3
Verkehr	.	23,6	2,2	-2,1	-3,4	-2,1	1,9	1,3
darunter: Straßenverkehr	.	23,9	6,0	-6,5	-4,9	1,1	2,0	1,3
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	.	2,4	-5,0	1,0	-12,6	-8,1	-0,1	-1,2
Insgesamt	.	8,8	-4,9	-7,2	-3,1	-4,7	0,6	-1,0
Messzahl: 1990=100								
Industrie	100	108,6	99,2	80,2	88,1	85,8	86,2	84,2
Verkehr	100	123,6	126,3	123,7	119,4	116,9	119,2	120,7
darunter: Straßenverkehr	100	123,9	131,3	122,7	116,7	118,0	120,3	121,9
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	100	102,4	97,3	98,2	85,9	78,9	78,9	78,0
Insgesamt	100	108,8	103,4	96,0	93,0	88,7	89,2	88,3

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 39: CO₂-Emissionen nach der Verursacherbilanz 1990–2017 nach Energieträgern

Energieträger	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
1 000 t CO ₂								
Kohle	2 650	2 226	1 096	348	487	319	324	334
Steinkohle	2 097	1 780	533	117	148	63	63	67
Braunkohle	553	446	563	231	338	256	260	267
Mineralöle und Mineralölprodukte	15 554	17 528	15 836	14 471	13 233	12 548	12 731	12 834
Erdgas	5 429	7 250	8 525	7 438	8 177	7 457	7 995	7 968
Strom	18 031	18 309	17 571	17 038	15 454	15 257	14 753	14 248
Sonstige ¹	316	350	397	1 025	1 702	1 649	1 657	1 705
Insgesamt	41 981	45 663	43 426	40 320	39 052	37 231	37 460	37 090
Anteil an den CO ₂ -Emissionen insgesamt in %								
Kohle	6,3	4,9	2,5	0,9	1,2	0,9	0,9	0,9
Steinkohle	5,0	3,9	1,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2
Braunkohle	1,3	1,0	1,3	0,6	0,9	0,7	0,7	0,7
Mineralöle und Mineralölprodukte	37,1	38,4	36,5	35,9	33,9	33,7	34,0	34,6
Erdgas	12,9	15,9	19,6	18,4	20,9	20,0	21,3	21,5
Strom	43,0	40,1	40,5	42,3	39,6	41,0	39,4	38,4
Sonstige ¹	0,8	0,8	0,9	2,5	4,4	4,4	4,4	4,6
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung in %								
Kohle	.	-16,0	-50,8	-68,3	39,9	-34,4	1,4	3,3
Steinkohle	.	-15,1	-70,1	-78,1	27,1	-57,4	0,2	6,3
Braunkohle	.	-19,4	26,2	-58,9	46,3	-24,3	1,7	2,6
Mineralöle und Mineralölprodukte	.	12,7	-9,7	-8,6	-8,6	-5,2	1,5	0,8
Erdgas	.	33,5	17,6	-12,7	9,9	-8,8	7,2	-0,3
Strom	.	1,5	-4,0	-3,0	-9,3	-1,3	-3,3	-3,4
Sonstige ¹	.	10,8	13,6	157,8	66,1	-3,1	0,5	2,9
Insgesamt	.	8,8	-4,9	-7,2	-3,1	-4,7	0,6	-1,0
Messzahl: 1990=100								
Kohle	100	84,0	41,3	13,1	18,4	12,0	12,2	12,6
Steinkohle	100	84,9	25,4	5,6	7,1	3,0	3,0	3,2
Braunkohle	100	80,6	101,8	41,8	61,1	46,3	47,1	48,3
Mineralöle und Mineralölprodukte	100	112,7	101,8	93,0	85,1	80,7	81,8	82,5
Erdgas	100	133,5	157,0	137,0	150,6	137,3	147,3	146,8
Strom	100	101,5	97,4	94,5	85,7	84,6	81,8	79,0
Sonstige ¹	100	110,8	125,9	324,6	539,1	522,3	524,9	540,0
Insgesamt	100	108,8	103,4	96,0	93,0	88,7	89,2	88,3

¹Fernwärme, Abfälle (fossile Fraktion) und sonstige hergestellte Gase.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 40: CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanz 1990–2017 nach Emittentensektoren

Emittentensektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
1 000 t CO ₂								
Umwandlungsbereich	4 396	5 112	3 489	4 092	5 292	4 824	4 618	4 819
darunter: Stromerzeugung	3 500	4 225	3 083	3 221	4 253	3 389	3 746	3 891
Endverbrauchsbereich	23 057	26 468	25 457	22 431	22 580	21 239	21 946	22 056
Industrie	6 009	7 334	6 840	3 980	5 333	5 309	5 447	5 250
Verkehr	7 484	9 322	9 796	9 440	9 139	8 956	9 121	9 264
Schienenverkehr	98	99	77	57	47	54	54	60
Straßenverkehr	7 231	8 958	9 497	8 875	8 437	8 532	8 697	8 809
Luftverkehr	35	151	169	449	610	320	329	351
Binnenschifffahrt	120	114	53	59	46	51	42	45
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	9 564	9 811	8 821	9 010	8 107	6 973	7 378	7 542
Insgesamt	27 453	31 579	28 946	26 523	27 872	26 062	26 563	26 875
Anteil an den CO ₂ -Emissionen insgesamt in %								
Umwandlungsbereich	16,0	16,2	12,1	15,4	19,0	18,5	17,4	17,9
darunter: Stromerzeugung	12,8	13,4	10,7	12,1	15,3	13,0	14,1	14,5
Endverbrauchsbereich	84,0	83,8	87,9	84,6	81,0	81,5	82,6	82,1
Industrie	21,9	23,2	23,6	15,0	19,1	20,4	20,5	19,5
Verkehr	27,3	29,5	33,8	35,6	32,8	34,4	34,3	34,5
Schienenverkehr	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Straßenverkehr	26,3	28,4	32,8	33,5	30,3	32,7	32,7	32,8
Luftverkehr	0,1	0,5	0,6	1,7	2,2	1,2	1,2	1,3
Binnenschifffahrt	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	34,8	31,1	30,5	34,0	29,1	26,8	27,8	28,1
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung in %								
Umwandlungsbereich	.	16,3	-31,7	17,3	29,3	-8,9	-4,3	4,3
darunter: Stromerzeugung	.	20,7	-27,0	4,5	32,1	-20,3	10,5	3,9
Endverbrauchsbereich	.	14,8	-3,8	-11,9	0,7	-5,9	3,3	0,5
Industrie	.	22,1	-6,7	-41,8	34,0	-0,4	2,6	-3,6
Verkehr	.	24,6	5,1	-3,6	-3,2	-2,0	1,8	1,6
Schienenverkehr	.	0,6	-21,7	-25,8	-18,4	14,5	0,1	11,0
Straßenverkehr	.	23,9	6,0	-6,5	-4,9	1,1	1,9	1,3
Luftverkehr	.	335,8	12,0	165,6	35,8	-47,6	2,8	6,6
Binnenschifffahrt	.	-4,7	-53,7	11,0	-22,2	10,6	-17,6	7,1
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	.	2,6	-10,1	2,1	-10,0	-14,0	5,8	2,2
Insgesamt	.	15,0	-8,3	-8,4	5,1	-6,5	1,9	1,2
Messzahl: 1990=100								
Umwandlungsbereich	100	116,3	79,4	93,1	120,4	109,7	105,0	109,6
darunter: Stromerzeugung	100	120,7	88,1	92,0	121,5	96,8	107,0	111,2
Endverbrauchsbereich	100	114,8	110,4	97,3	97,9	92,1	95,2	95,7
Industrie	100	122,1	113,8	66,2	88,8	88,4	90,6	87,4
Verkehr	100	124,6	130,9	126,1	122,1	119,7	121,9	123,8
Schienenverkehr	100	100,6	78,7	58,5	47,7	54,7	54,7	60,7
Straßenverkehr	100	123,9	131,3	122,7	116,7	118,0	120,3	121,8
Luftverkehr	100	435,8	487,8	1295,7	1759,5	922,6	948,8	1011,8
Binnenschifffahrt	100	95,3	44,1	49,0	38,1	42,1	34,7	37,2
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, übrige	100	102,6	92,2	94,2	84,8	72,9	77,1	78,9
Insgesamt	100	115,0	105,4	96,6	101,5	94,9	96,8	97,9

Anhang 41: CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanz 1990–2017 nach Energieträgern

Energieträger	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
1 000 t CO ₂								
Kohle	4 813	4 849	1 677	492	681	532	529	536
Steinkohle	4 189	4 321	1 011	261	300	218	211	213
Braunkohle	624	528	666	231	381	314	319	323
Mineralöle und Mineralölprodukte	15 803	17 579	15 875	14 518	13 282	12 624	12 771	12 870
Erdgas	6 837	9 087	11 248	11 233	12 459	11 219	11 547	11 708
Sonstige ¹	.	65	146	280	1 450	1 688	1 716	1 761
Insgesamt	27 453	31 579	28 946	26 523	27 872	26 062	26 563	26 875
Anteil an den CO ₂ -Emissionen insgesamt in %								
Kohle	17,5	15,4	5,8	1,9	2,4	2,0	2,0	2,0
Steinkohle	15,3	13,7	3,5	1,0	1,1	0,8	0,8	0,8
Braunkohle	2,3	1,7	2,3	0,9	1,4	1,2	1,2	1,2
Mineralöle und Mineralölprodukte	57,6	55,7	54,8	54,7	47,7	48,4	48,1	47,9
Erdgas	24,9	28,8	38,9	42,4	44,7	43,0	43,5	43,6
Sonstige ¹	.	0,2	0,5	1,1	5,2	6,5	6,5	6,6
Insgesamt	100							
Veränderung in %								
Kohle	.	0,7	-65,4	-70,7	38,4	-21,9	-0,4	1,3
Steinkohle	.	3,1	-76,6	-74,2	14,9	-27,4	-3,3	1,1
Braunkohle	.	-15,3	26,1	-65,3	64,9	-17,6	1,5	1,4
Mineralöle und Mineralölprodukte	.	11,2	-9,7	-8,6	-8,5	-5,0	1,2	0,8
Erdgas	.	32,9	23,8	-0,1	10,9	-10,0	2,9	1,4
Sonstige ¹	.	.	125,3	92,4	417,5	16,4	1,7	2,6
Insgesamt	.	15,0	-8,3	-8,4	5,1	-6,5	1,9	1,2
Messzahl: 1990=100								
Kohle	100	100,7	34,8	10,2	14,1	11,0	11,0	11,1
Steinkohle	100	103,1	24,1	6,2	7,2	5,2	5,0	5,1
Braunkohle	100	84,7	106,8	37,0	61,1	50,3	51,1	51,8
Mineralöle und Mineralölprodukte	100	111,2	100,5	91,9	84,0	79,9	80,8	81,4
Erdgas	100	132,9	164,5	164,3	182,2	164,1	168,9	171,3
Sonstige ¹
Insgesamt	100	115,0	105,4	96,6	101,5	94,9	96,8	97,9

¹Abfälle (fossile Fraktion), sonstige hergestellte Gase.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 42: Ausgewählte Kennzahlen und Indikatoren zu den CO₂-Emissionen 1990–2017

Merkmale	Einheit	1990	1991	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Einwohner/-innen im Jahresdurchschnitt									
Rheinland-Pfalz	1 000	3 734	3 792	4 028	4 053	3 999	4 032	4 059	4 070
Deutschland	1 000	79 365	79 973	81 457	81 337	80 284	81 687	82 349	82 657
Rheinland-pfälzischer Anteil	%	4,7	4,7	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9
Bruttoinlandsprodukt (BIP), preisbereinigt, verkettet ¹									
Rheinland-Pfalz	1991=100	.	100	108,0	110,1	117,9	129,6	130,4	131,5
Deutschland	1991=100	.	100	115,7	119,0	126,6	137,7	140,8	143,9
CO ₂ -Emissionen									
Rheinland-Pfalz									
nach der Quellenbilanz	Mill. t	27,5	29,5	28,9	26,5	27,9	26,1	26,6	26,9
nach der Verursacherbilanz	Mill. t	42,0	45,2	43,4	40,3	39,1	37,2	37,5	37,1
Deutschland ²	Mill. t	989,6	955,7	839,9	811,8	783,8	749,1	753,2	747,9
Rheinland-pfälzischer Anteil (Verursacherbilanz)	%	4,2	4,7	5,2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Rheinland-Pfalz (Quellenbilanz)	1990=100	100	107,5	105,4	96,6	101,5	94,9	96,8	97,9
Rheinland-Pfalz (Verursacherbilanz)	1990=100	100	107,7	103,4	96,0	93,0	88,7	89,2	88,3
Deutschland	1990=100	100	96,6	84,9	82,0	79,2	75,7	76,1	75,6
Rheinland-Pfalz (Quellenbilanz)	1991=100	.	100	98,1	89,9	94,4	88,3	90,0	91,1
Rheinland-Pfalz (Verursacherbilanz)	1991=100	.	100	96,1	89,2	86,4	82,4	82,9	82,0
Deutschland	1991=100	.	100	87,9	85,0	82,0	78,4	78,8	78,3
je Einwohner/-in									
Rheinland-Pfalz (Quellenbilanz)	t	7,4	7,8	7,2	6,5	7,0	6,5	6,5	6,6
Rheinland-Pfalz (Verursacherbilanz)	t	11,2	11,9	10,8	9,9	9,8	9,2	9,2	9,1
Deutschland	t	12,5	11,9	10,3	10,0	9,8	9,2	9,1	9,0
CO ₂ -Intensität									
Rheinland-Pfalz (Quellenbilanz)	1991=100	.	100	90,8	81,6	80,1	68,1	69,0	69,2
Rheinland-Pfalz (Verursacherbilanz)	1991=100	.	100	88,9	81,0	73,3	63,6	63,6	62,4
Deutschland	1991=100	.	100	76,0	71,4	64,8	56,9	56,0	54,4
Spezifische CO ₂ -Emissionen aus der Stromerzeugung									
Rheinland-Pfalz	g CO ₂ /kWh	469	509	361	268	257	172	191	188
Deutschland	g CO ₂ /kWh	709	747	626	581	548	539	531	507

1 Berechnungsstand August 2018/Februar 2019. – 2 Umweltbundesamt: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, ohne Emissionen aus dem internationalen Luft- und Seeverkehr, Stand Januar 2019.

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 43: Treibhausgasemissionen 1990 – 2017 nach Art der Gase

Treibhausgas	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
1 000 t CO ₂ -Äquivalente								
Energiebedingtes CO ₂	27 453	31 579	28 946	26 523	27 872	26 062	26 563	26 875
Prozessbedingtes CO ₂ ¹	2 538	3 063	2 772	3 126	3 116	2 321	2 228	2 244
Methan (CH ₄) ¹	4 000	3 618	2 812	2 261	2 022	1 875	1 833	1 801
Distickstoffoxid (N ₂ O) ¹	16 666	17 523	3 071	3 177	1 331	1 234	1 221	1 130
Insgesamt	50 657	55 783	37 602	35 088	34 340	31 493	31 845	32 050
Anteil an den Emissionen insgesamt in %								
Energiebedingtes CO ₂	54,2	56,6	77,0	75,6	81,2	82,8	83,4	83,9
Prozessbedingtes CO ₂ ¹	5,0	5,5	7,4	8,9	9,1	7,4	7,0	7,0
Methan (CH ₄) ¹	7,9	6,5	7,5	6,4	5,9	6,0	5,8	5,6
Distickstoffoxid (N ₂ O) ¹	32,9	31,4	8,2	9,1	3,9	3,9	3,8	3,5
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung in %								
Energiebedingtes CO ₂	.	15,0	-8,3	-8,4	5,1	-6,5	1,9	1,2
Prozessbedingtes CO ₂ ¹	.	20,7	-9,5	12,8	-0,3	-25,5	-4,0	0,7
Methan (CH ₄) ¹	.	-9,5	-22,3	-19,6	-10,6	-7,3	-2,2	-1,7
Distickstoffoxid (N ₂ O) ¹	.	5,1	-82,5	3,4	-58,1	-7,2	-1,1	-7,5
Insgesamt	.	10,1	-32,6	-6,7	-2,1	-8,3	1,1	0,6
Messzahl: 1990=100								
Energiebedingtes CO ₂	100	115,0	105,4	96,6	101,5	94,9	96,8	97,9
Prozessbedingtes CO ₂ ¹	100	120,7	109,2	123,2	122,8	91,5	87,8	88,4
Methan (CH ₄) ¹	100	90,5	70,3	56,5	50,6	46,9	45,8	45,0
Distickstoffoxid (N ₂ O) ¹	100	105,1	18,4	19,1	8,0	7,4	7,3	6,8
Insgesamt	100	110,1	74,2	69,3	67,8	62,2	62,9	63,3

¹Werte für 2017 vorläufig.

Quellen: CO₂-Bilanzen Rheinland-Pfalz (Quellenbilanz); Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL)

Berechnungsstand: September 2019

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 44: Methanemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren

Sektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017p
1 000 t CO ₂ -Äquivalente								
Landwirtschaft	1 166	1 097	1 003	911	882	856	837	818
Energiegewinnung, -verteilung	260	266	227	191	228	221	221	221
Feuerungsanlagen	86	68	95	102	126	142	144	142
Verkehr	65	41	26	17	12	10	11	10
Prozesse und Produktanwendungen	4	44	54	57	58	63	61	63
Abfall- und Abwasserwirtschaft	2 419	2 102	1 407	983	716	582	559	547
Insgesamt	4 000	3 618	2 812	2 261	2 022	1 875	1 833	1 801
Anteil an den Methanemissionen insgesamt in %								
Landwirtschaft	29,2	30,3	35,7	40,3	43,6	45,7	45,7	45,4
Energiegewinnung, -verteilung	6,5	7,3	8,1	8,4	11,3	11,8	12,1	12,2
Feuerungsanlagen	2,1	1,9	3,4	4,5	6,2	7,6	7,9	7,9
Verkehr	1,6	1,1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,6	0,6
Prozesse und Produktanwendungen	0,1	1,2	1,9	2,5	2,9	3,4	3,3	3,5
Abfall- und Abwasserwirtschaft	60,5	58,1	50,0	43,5	35,4	31,0	30,5	30,4
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung in %								
Landwirtschaft	.	-5,9	-8,6	-9,1	-3,2	-2,9	-2,2	-2,3
Energiegewinnung, -verteilung	.	2,3	-14,7	-15,8	19,4	-2,8	-0,2	-0,2
Feuerungsanlagen	.	-20,5	39,9	6,8	23,6	12,9	1,5	-1,6
Verkehr	.	-36,6	-35,9	-35,4	-28,5	-16,8	4,0	-3,1
Prozesse und Produktanwendungen	.	1 006,6	22,4	6,6	1,7	8,5	-3,2	3,8
Abfall- und Abwasserwirtschaft	.	-13,1	-33,0	-30,1	-27,2	-18,7	-4,0	-2,1
Insgesamt	.	-9,5	-22,3	-19,6	-10,6	-7,3	-2,2	-1,7
Messzahl: 1990=100								
Landwirtschaft	100	94,1	86,0	78,1	75,6	73,4	71,8	70,1
Energiegewinnung, -verteilung	100	102,3	87,2	73,4	87,7	85,2	85,1	84,9
Feuerungsanlagen	100	79,5	111,2	118,8	146,8	165,7	168,2	165,6
Verkehr	100	63,4	40,6	26,3	18,8	15,6	16,2	15,7
Prozesse und Produktanwendungen	100	1 106,6	1 354,1	1 444,1	1 468,7	1 592,9	1 542,5	1 600,5
Abfall- und Abwasserwirtschaft	100	86,9	58,2	40,6	29,6	24,0	23,1	22,6
Insgesamt	100	90,5	70,3	56,5	50,6	46,9	45,8	45,0

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL)

Berechnungsstand: September 2019

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 45: Distickstoffoxidemissionen 1990 – 2017 nach Sektoren

Sektor	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017p
1 000 t CO ₂ -Äquivalente								
Landwirtschaft	937	804	668	767	749	841	849	757
Feuerungsanlagen	109	114	88	75	98	93	94	96
Verkehr	41	107	88	51	66	77	78	78
Prozesse und Produktanwendungen	15 516	16 439	2 171	2 234	370	166	140	137
Abfall- und Abwasserwirtschaft	64	59	57	50	49	57	60	62
Insgesamt	16 666	17 523	3 071	3 177	1 331	1 234	1 221	1 130
Anteil an den Distickstoffoxidemissionen insgesamt in %								
Landwirtschaft	5,6	4,6	21,7	24,1	56,3	68,1	69,6	67,0
Feuerungsanlagen	0,7	0,6	2,9	2,4	7,3	7,5	7,7	8,5
Verkehr	0,2	0,6	2,9	1,6	5,0	6,3	6,4	6,9
Prozesse und Produktanwendungen	93,1	93,8	70,7	70,3	27,8	13,5	11,4	12,1
Abfall- und Abwasserwirtschaft	0,4	0,3	1,9	1,6	3,6	4,6	4,9	5,5
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100
Veränderung in %								
Landwirtschaft	.	-14,1	-17,0	14,8	-2,3	12,2	1,0	-10,9
Feuerungsanlagen	.	4,7	-22,9	-14,1	29,8	-4,7	1,4	1,5
Verkehr	.	163,2	-17,6	-41,9	28,7	17,3	0,2	0,2
Prozesse und Produktanwendungen	.	5,9	-86,8	2,9	-83,5	-55,0	-16,0	-2,1
Abfall- und Abwasserwirtschaft	.	-8,3	-3,0	-11,8	-3,3	17,4	5,5	4,0
Insgesamt	.	5,1	-82,5	3,4	-58,1	-7,2	-1,1	-7,5
Messzahl: 1990=100								
Landwirtschaft	100	85,9	71,3	81,8	79,9	89,7	90,7	80,8
Feuerungsanlagen	100	104,7	80,7	69,3	89,9	85,7	86,9	88,2
Verkehr	100	263,2	216,9	125,9	162,0	190,0	190,3	190,7
Prozesse und Produktanwendungen	100	105,9	14,0	14,4	2,4	1,1	0,9	0,9
Abfall- und Abwasserwirtschaft	100	91,7	89,0	78,5	75,9	89,0	93,9	97,7
Insgesamt	100	105,1	18,4	19,1	8,0	7,4	7,3	6,8

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL)

Berechnungsstand: September 2019

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Anhang 46: Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeeinheiten zur Energiebilanz 2017

Energieträger	Mengeneinheit	Heizwert	SKE-Faktor
		kJ	kg SKE
Steinkohlen ¹	kg	27 310	0,932
Steinkohlenkoks ¹	kg	28 739	0,981
Steinkohlenbriketts ¹	kg	31 404	1,071
Braunkohlen ¹	kg	8 989	0,307
Braunkohlenbriketts ¹	kg	19 695	0,672
Andere Braunkohlenprodukte ¹	kg	21 786	0,743
Erdöl (roh)	kg	42 505	1,450
Ottokraftstoff	kg	42 281	1,443
Rohbenzin	kg	44 000	1,501
Flugturbinenkraftstoff, Petroleum	kg	42 800	1,460
Dieselmkraftstoff	kg	42 648	1,455
Heizöl, leicht	kg	42 816	1,461
Heizöl, schwer	kg	40 343	1,377
Petrolkoks	kg	32 000	1,092
Flüssiggas	kg	43 074	1,470
Andere Mineralölprodukte	kg	39 501	1,348
Erdgas	m ³	35 182	1,200
Brennholz	kg	14 315	0,488
Klärgas, Deponiegas, Biogas (Methangasanteil)	m ³	35 888	1,225
Rapsölmethylester (Biodiesel)	kg	37 100	1,266
Elektrischer Strom	kWh	3 600	0,123
<u>nachrichtlich:</u>			
Netzverlustquote		2,31 %	
Generalfaktor		140,892 kg CO ₂ /GJ	

¹ Durchschnittswert.

Quelle: LAK Energiebilanzen, Stand: Juni 2019.

Anhang 47: CO₂-Emissionsfaktoren 2017 nach Energieträgern

Energieträger	Emissionsfaktor
	kg CO ₂ /GJ
Steinkohle	93,369
Steinkohlenkoks	108,264
Steinkohlenbriketts	95,913
Braunkohlenbriketts	99,308
Braunkohlenkoks	109,578
Staub- und Trockenkohle	98,086
Rohöl	73,300
Motorenbenzin	73,104
Flugbenzin	70,000
Flugturbinenkraftstoff, Petroleum	73,256
Dieselmotorkraftstoff	74,027
Heizöl, leicht	74,020
Heizöl, schwer	80,834
Petrolkoks	104,279
Flüssiggas	66,333
Andere Mineralölprodukte	82,998
Erdgas	55,827
Industriemüll	71,100
Hausmüll, Siedlungsabfall	91,500
Generalfaktor Strom (Kraftwerksmix Deutschland)	140,892
Fernwärme Rheinland-Pfalz (effektiver CO ₂ -Ausstoß)	66,710

Quelle: LAK Energiebilanzen, Stand: September 2019.

Anhang 48: CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanz in Rheinland-Pfalz 2017

Emittentensektor	Energieträger					1 000 t CO ₂
	Insgesamt	davon				
		Stein- kohle	Braun- kohle	Mineralöle und Mineralöl- produkte	Gase	
Wärme kraftwerke der allgemeinen Versorgung (ohne KWK)	662	-	-	16	486	160
Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	678	83	-	0	444	150
Industrie kraftwerke	2 895	62	-	2	2 763	68
Heizwerke	402	-	56	15	141	190
Sonstige Energieerzeuger	142	-	-	2	140	-
Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	39	-	-	0	39	-
Fackelverluste	0	-	-	-	0	-
Umwandlungsbereich zusammen	4 819	145	56	36	4 013	568
Sonst. Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe	5 250	64	199	162	4 289	536
Verkehr	9 264	-	-	9 258	6	-
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	7 542	3	68	3 414	4 057	-
Endenergieverbrauchsbereich zusammen	22 056	67	267	12 834	8 352	536
Insgesamt	26 875	213	323	12 870	12 365	1 104

¹Einschließlich Emissionen für ausgeführten Strom, ohne Emissionen für eingeführten Strom, Berechnungsstand: September 2019.

Anhang 49: Temperaturbereinigte CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanz in Rheinland-Pfalz 2017

Emittentensektor	Energieträger					1 000 t CO ₂
	Insgesamt	davon				
		Stein- kohle	Braun- kohle	Mineralöle und Mineralöl- produkte	Gase	
Wärme Kraftwerke der allgemeinen Versorgung (ohne KWK)	674	-	-	16	495	163
Heizkraftwerke der allgemeinen Versorgung (nur KWK)	678	83	-	0	444	150
Industrie Kraftwerke	2 895	62	-	2	2 763	68
Heizwerke	416	-	58	15	146	197
Sonstige Energieerzeuger	142	-	-	2	140	-
Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	39	-	-	0	39	-
Fackelverluste	0	-	-	-	0	-
Umwandlungsbereich zusammen	4 845	145	58	36	4 027	578
Sonst. Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe	5 282	65	199	164	4 318	537
Verkehr	9 266	-	-	9 260	6	-
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher	7 937	3	73	3 582	4 279	-
Endenergieverbrauchsbereich zusammen	22 486	68	272	13 007	8 603	537
Insgesamt	27 331	213	330	13 043	12 630	1 115

¹Einschließlich Emissionen für ausgeführten Strom, ohne Emissionen für eingeführten Strom, Berechnungsstand: September 2019.

Emittenten-sektoren	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte										Gase		Elektrischer Strom und andere Energieträger			Energie-träger ins-gesamt
	Kohle (roh)	Koks	Bri-ketts	Andere Braun-kohlen-produkte	Erdöl (roh)	Roh-benzin	Otto-kraft-stoffe	Diesel-kraft-stoffe	Flug-turbinen-kraft-stoffe	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrol-koks	Andere Mineral-ölpro-dukte	Flüssig-gas	Erdgas, Erdöl-gas	Sonstige herge-stellte Gase	Strom	Fern-wärme	Abfälle (fossile Fraktion)	
	1 000 Tonnen CO ₂																			

Gewinnung von Steinen, Erden, Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe	33	31	3	195	-	-	-	1	-	127	18	3	4	11	3 905	423	7 799	503	536	13 591
Schienerverkehr	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	219	-	-	278
Straßenverkehr	-	-	-	-	-	-	3 312	5 444	-	-	-	-	-	47	6	-	3	-	-	8 812
Luftverkehr	-	-	-	-	-	-	3	-	348	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	351
Küsten- und Binnenschifffahrt	-	-	-	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45
Verkehr insgesamt	-	-	-	-	-	-	3 315	5 548	348	-	-	-	-	47	6	-	221	-	-	9 485
Haushalte, GHD, übrige Verbraucher	3	-	68	0	-	-	64	446	-	2 742	-	-	3	159	4 057	-	6 228	243	-	14 013
Emissionen insgesamt	36	31	72	195	-	-	3 379	5 995	348	2 869	18	3	7	217	7 968	423	14 248	746	536	37 090

Berechnungsstand: September 2019

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz

Emittentensektoren	Steinkohlen		Braunkohlen		Mineralöle und Mineralölprodukte										Gase		Elektrischer Strom und andere Energieträger			Energieträger insgesamt
	Kohle (roh)	Koks	Briketts	Andere Braunkohlenprodukte	Erdöl (roh)	Rohbenzin	Ottokraftstoffe	Dieselmotorkraftstoffe	Flugturbinenkraftstoffe	Heizöl leicht	Heizöl schwer	Petrolkoks	Andere Mineralölprodukte	Flüssiggas	Erdgas, Erdölgas	Sonstige hergestellte Gase	Strom	Fernwärme	Abfälle (fossile Fraktion)	
	1 000 Tonnen CO ₂																			

Gewinnung von Steinen, Erden, Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe	33	31	3	196	-	-	-	1	-	129	18	3	4	11	3 934	423	7 800	505	537	13 626
Schienerverkehr	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	219	-	-	279
Straßenverkehr	-	-	-	-	-	-	3 313	5 445	-	-	-	-	-	47	6	-	3	-	-	8 815
Luftverkehr	-	-	-	-	-	-	3	-	348	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	351
Küsten- und Binnenschifffahrt	-	-	-	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45
Verkehr insgesamt	-	-	-	-	-	-	3 316	5 549	348	-	-	-	-	47	6	-	222	-	-	9 489
Haushalte, GHD, übrige Verbraucher	3	-	73	0	-	-	64	446	-	2 901	-	-	3	168	4 279	-	6 250	256	-	14 443
Emissionen insgesamt	36	31	76	196	-	-	3 380	5 997	348	3 030	18	3	7	226	8 219	423	14 272	761	537	37 558

Berechnungsstand: September 2019

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Str. 1
55116 Mainz

poststelle@mueef.rlp.de
www.mueef.rlp.de