

GWS RESEARCH REPORT 2018 / 01

## **Ökonomische Indikatoren des Energiesystems**

Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für  
den Zeitraum 2000 - 2016

**Marlene O'Sullivan, Dietmar Edler, Ulrike Lehr**

# Impressum

## AUTORINNEN UND AUTOREN

### **Marlene O'Sullivan**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, [marlene.osullivan@dlr.de](mailto:marlene.osullivan@dlr.de)

### **Dr. Dietmar Edler**

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)  
Mohrenstr. 58, 10117 Berlin, [dedler@diw.de](mailto:dedler@diw.de)

### **Dr. Ulrike Lehr**

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH  
Heinrichstr. 30, 49080 Osnabrück, [lehr@gws-os.com](mailto:lehr@gws-os.com)

## TITEL

Ökonomische Indikatoren des Energiesystems  
Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 - 2016

## VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, Februar 18

## HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung des Verfassers/der Verfasser und spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung der GWS mbH wider.

## FÖRDERHINWEIS (OPTIONAL)

Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines durch das BMWi geförderten Forschungsprojekts erarbeitet. (ggf. Logo einbinden)

## HERAUSGEBER DER GWS RESEARCH REPORT SERIES

### **Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH**

Heinrichstr. 30  
49080 Osnabrück

ISSN 2196-4262

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>10</b>
<b>1 Hintergrund und Abgrenzung der Untersuchung</b>	<b>11</b>
<b>2 Beschäftigung in der Energiewirtschaft</b>	<b>15</b>
2.1 Methodik zur Ermittlung der Beschäftigung in der energiewirtschaft	15
2.2 Zuschätzung der indirekten Beschäftigung für ausgewählte Bereiche des klassischen Energiesektors	16
2.3 Beschäftigung in Betrieb und Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien	19
2.4 Überschneidungen des Energiesektors mit dem Betrieb von EE-Anlagen	21
2.5 Beschäftigung durch die Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen	24
2.6 Beschäftigung durch Handelsleistungen für Mineralölprodukte (Tankstellen)	25
2.7 Beschäftigung in der Energiewirtschaft	26
<b>3 Investitionen der Energiewirtschaft</b>	<b>28</b>
3.1 Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen	29
3.1.1 Investitionen in den Kohlenbergbau	31
3.1.2 Investitionen in die Gewinnung von Erdöl und Erdgas	32
3.1.3 Investitionen in Kokereien und Mineralölverarbeitung	33
3.1.4 Investitionen in die Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen	34
3.1.5 Zusammenfassung - Investitionen in die Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen	35
3.2 Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme	36
3.2.1 Investitionen in konventionelle Anlagen zur Strombereitstellung	37
3.2.2 Investitionen in konventionelle Energie-erzeugungsanlagen zur Fernwärmebereitstellung	43
3.2.3 Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien	43
3.2.4 Zusammenfassung - Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme	44
3.3 Investitionen in Speicher	46

3.3.1	Investitionen in Stromspeicher	46
3.3.1.1	Investitionen in Pumpspeicherkraftwerke	46
3.3.1.2	Investitionen in Batteriespeicher (elektrochemische Speicher)	47
3.3.1.3	Investitionen in Power to Gas-Anlagen	48
3.3.1.4	Zusammenfassung - Investitionen in Stromspeicher	49
3.3.2	Investitionen in Wärmespeicher	51
3.3.3	Investitionen in Gasspeicher	52
3.3.4	Investitionen in sonstige Energiespeicher	53
3.3.5	Zusammenfassung - Investitionen in Speicher der Energiewirtschaft	53
3.4	Investitionen in Infrastrukturen zur Verteilung von Endenergie	54
3.4.1	Investitionen in das Stromnetz	54
3.4.2	Investitionen in das Wärmenetz	55
3.4.3	Investitionen in das Gasnetz	57
3.4.4	Investitionen in Ölpipelines	57
3.4.5	Investitionen in Tankstellen und Tanklastwagen	58
3.4.6	Zusammenfassung - Investitionen in die Infrastruktur zur Verteilung von Endenergie	58
3.5	Zusammenfassung - Investitionen der Energiewirtschaft	59
3.6	Öffentlich bereitgestellte Mittel für Forschung und Entwicklung	61
<b>4</b>	<b>Aus Investitionen der Energiewirtschaft abgeleitete Bruttoproduktion und Beschäftigung</b>	<b>63</b>
4.1	Methodische Vorgehensweise	63
4.2	Im Inland wirksame Nachfrage und Bruttoproduktion	75
4.2.1	Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen	76
4.2.2	Anlagen zur Bereitstellung von STrom und Wärme	79
4.2.2.1	Konventionelle Stromerzeugung	79
4.2.2.2	Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien	81
4.2.2.3	Zusammenfassung – Bereitstellungsanlagen von Strom und Wärme	84
4.2.3	Speicher	85
4.2.4	Netze	87
4.2.5	Zusammenfassung – Bruttoproduktion	89
4.3	Beschäftigung	91

4.3.1	Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen	92
4.3.2	Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme	93
4.3.2.1	Konventionelle Stromerzeugung	93
4.3.2.2	Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien	94
4.3.2.3	Zusammenfassung – Bereitstellungsanlagen von Strom und Wärme	99
4.3.3	Speicher	100
4.3.4	Netze	101
4.3.5	Zusammenfassung – Beschäftigung	102
<b>5</b>	<b>Ökonomische Indikatoren zur Bedeutung von Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz – explorative Erkundung vorliegender Daten</b>	<b>104</b>
5.1	Angebotsorientierte Ermittlung von Indikatoren zur ökonomischen Bedeutung der Energieeffizienz	105
5.1.1	Umsätze und Beschäftigung nach der NIW/destatis- Liste	106
5.1.2	UMSÄTZE und Beschäftigung nach der OECD Combined List of Environmental Goods (OECD CLEG)	107
5.1.3	Umsätze mit Energieeffizienzgütern nach Erhebungen des Statistischen Bundesamtes	108
5.2	Nachfrageorientierte Ermittlung von Indikatoren zur ökonomischen Bedeutung der Energieeffizienz	110
5.2.1	Investitionen und Beschäftigung durch KfW-geförderte Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung	110
5.3	Weiterführende Untersuchungen zu ökonomischen Indikatoren im Bereich Energieeffizienz	112
5.4	zusammenfassung - Energieeffizienz	116
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>117</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>119</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Abgrenzung des Untersuchungsraums	13
Abbildung 2:	Relation direkte Beschäftigung zu Beschäftigung insgesamt in Branchen der Energiewirtschaft und in der Volkswirtschaft insgesamt in den Jahren 2010, 2013, 2016	17
Abbildung 3:	Beschäftigung im Steinkohlenbergbau insgesamt (direkt und indirekt) im Zeitraum 2000 - 2016	18
Abbildung 4:	Beschäftigung im Braunkohlenbergbau insgesamt (direkt und indirekt) im Zeitraum 2000 - 2016	18
Abbildung 5:	Betrieb- und Wartungskosten von EE-Anlagen, gerundet Mio. Euro (eigene Berechnungen)	19
Abbildung 6:	Beschäftigung in Betrieb und Wartung von EE-Anlagen, gerundet (eigene Berechnungen)	20
Abbildung 7:	Anteile der Energieversorgungsunternehmen am Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Stromsektor in Deutschland, 2000-2016 (eigene Berechnungen)	23
Abbildung 8:	Beschäftigung im Energiesektor abzüglich des Betriebs sowie der Wartung von EE-Anlagen, gerundet (eigene Berechnungen)	23
Abbildung 9:	Beschäftigung durch die Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen, gerundet (eigene Berechnungen)	25
Abbildung 10:	Beschäftigung an Tankstellen durch den Verkauf von Mineralölprodukten	26
Abbildung 11:	Beschäftigung in der Energiewirtschaft, gerundet (eigene Berechnungen)	27
Abbildung 12:	Investitionen im Kohlenbergbau, in der Gewinnung von Erdöl und Erdgas und in Kokereien und der Mineralölverarbeitung in Millionen Euro 2000 – 2016	30
Abbildung 13:	Investitionen im Wirtschaftsbereich Kohlenbergbau in Millionen Euro 2000 - 2016	31
Abbildung 14:	Investitionen im Wirtschaftsbereich Gewinnung von Erdöl und Erdgas in Millionen Euro 2000 - 2016	32
Abbildung 15:	Investitionen im Wirtschaftsbereich Kokereien und Mineralölverarbeitung in Millionen Euro 2000 - 2016	33
Abbildung 16:	Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen, Millionen Euro (Kratz et al 2007, Lehr et al 2011)	34
Abbildung 17:	Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Brenn- und	

Kraftstoffen, in Millionen Euro im Zeitraum 2000 – 2016 (eigene Darstellung)	35
Abbildung 18: Investitionen der deutschen Stromversorger (BDEW 2016a)	37
Abbildung 19: Jährlicher Zubau an konventioneller Kraftwerksleistung ab 10 MW in Deutschland, MW (BNetzA 2016)	38
Abbildung 20: Zubau konventioneller Kraftwerke kleiner als 10 MW Leistung in Deutschland, MW/a (eigene Berechnung auf der Basis von Platts 2015)	39
Abbildung 21: Neubau und Modernisierung der nach dem KWKG geförderten KWK-Anlagen zwischen 50 kW und 2 MW, MW (Wünsch et al 2014)	40
Abbildung 22: Investitionen in konventionelle Kraftwerke ab 10 MW in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)	42
Abbildung 23: Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland (ZSW 2017)	44
Abbildung 24: Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme, Mio. Euro (eigene Berechnung)	45
Abbildung 25: Investitionen in Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)	46
Abbildung 26: Privatwirtschaftliche Investitionen in Batteriespeicher in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)	47
Abbildung 27: Privatwirtschaftliche Investitionen in die Herstellung von Wasserstoff aus Strom in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)	49
Abbildung 28: Privatwirtschaftliche Investitionen in Stromspeicher, Mio. Euro (eigene Berechnung)	50
Abbildung 29: Durch MAP und KWKG ausgelöste Investitionen in Wärmespeicher in Deutschland, Mio. Euro (KfW 2017, BAFA 2018)	51
Abbildung 30: Investitionen in Gasspeicher in Deutschland, Mio. Euro (BDEW 2016b, eigene Berechnung)	52
Abbildung 31: Investitionen in Speicher der Energiewirtschaft in Deutschland, Mio. Euro (eigene Darstellung)	53
Abbildung 32: Investitionen in Stromnetze in Deutschland, Mrd. Euro (BNetzA 2015, BDEW 2016a)	54
Abbildung 33: Entwicklung des Fernwärmenetzes in Deutschland, km (AGFW 2015)	55
Abbildung 34: Durch MAP und KWKG ausgelöste Investitionen in Wärmenetze in Deutschland, Mio. Euro (KfW 2017, BAFA 2018)	56

Abbildung 35: Investitionen der deutschen Gaswirtschaft, Mio. Euro (BDEW 2016b, eigene Berechnungen)	57
Abbildung 36: Investitionen der Energiewirtschaft in die Infrastruktur zur Verteilung von Endenergie, Mio. Euro (eigene Darstellung)	58
Abbildung 37: Investitionen der Energiewirtschaft differenziert nach Sektoren, Mio. Euro (eigene Darstellung)	59
Abbildung 38: Investitionen der Energiewirtschaft, Mio. Euro (eigene Darstellung)	60
Abbildung 39: Ausgaben für Energieforschung aus Bundesmitteln nach Sektoren, Mio. Euro, (BMWi 2017a, BMWi 2017b)	62
Abbildung 40: Exporte von ausgewählten Gütern im Bereich Investitionen in konventionelle Stromerzeugung im Zeitraum 2002 bis 2016, Million Euro.	66
Abbildung 41: Investitionen in konventionelle Stromerzeugung: Güterstruktur der inländischen Lieferungen nach Energieträgern im Jahr 2016, Anteile an insgesamt in Prozent	68
Abbildung 42: Investitionen in Netze: Güterstruktur der inländischen Lieferungen nach Art der Netze im Jahr 2016, Anteile an insgesamt in Prozent	69
Abbildung 43: Investitionen in Speicher: Güterstruktur der inländischen Lieferungen im Jahr 2016, Anteile an insgesamt in Prozent	70
Abbildung 44: Schematische Darstellung der Berechnungsschritte zur Ableitung der im Inland wirksamen Nachfrage und der Bruttoproduktion	75
Abbildung 45: Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen: Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	76
Abbildung 46: Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen: im Inland wirksame Nachfrage nach Teilbereichen aus im Inland getätigten Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	77
Abbildung 47: Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen: durch Investitionen und Exporte ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	77
Abbildung 48: Bereitstellung von biogenen Brenn- und Kraftstoffen: durch Investitionen und Exporte ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	78
Abbildung 49: Konventionelle Stromerzeugung: Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	79
Abbildung 50: Konventionelle Stromerzeugung: im Inland wirksame Nachfrage	

	nach Teilbereichen aus im Inland getätigten Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	80
Abbildung 51:	Konventionelle Stromerzeugung: durch Investitionen und Exporte ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	80
Abbildung 52:	Bruttoproduktion von Anlagen und Komponenten zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)	81
Abbildung 53:	Deutscher Außenhandelssaldo von EE-Anlagen und Komponenten, Mio. Euro (eigene Berechnung)	82
Abbildung 54:	Export von Anlagen und Komponenten zur Nutzung erneuerbarer Energien aus Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)	83
Abbildung 55:	Bereitstellungsanlagen von Strom und Wärme, durch Investitionen ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro (eigene Berechnung)	84
Abbildung 56:	Speicher, Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	85
Abbildung 57:	Speicher, im Inland wirksame Nachfrage nach Teilbereichen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	86
Abbildung 58:	Speicher, durch Investitionen ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	86
Abbildung 59:	Netze, Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	87
Abbildung 60:	Netze, im Inland wirksame Nachfrage nach Teilbereichen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	88
Abbildung 61:	Netze, durch Investitionen ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	89
Abbildung 62:	Durch die Investitionen der Energiewirtschaft ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro	90
Abbildung 63:	Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	92
Abbildung 64:	Konventionelle Stromerzeugung, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	93
Abbildung 65:	Erneuerbare Energien, Beschäftigung durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	94
Abbildung 66:	Entwicklung der Beschäftigung in der Branche der Erneuerbare	

	Energien in Deutschland im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	96
Abbildung 67:	Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch Erneuerbare Energien in Deutschland im Zeitraum 2000 – 2016 - eine technologische Zusammenfassung, in Personen	98
Abbildung 68:	Erzeugungsanlagen, Beschäftigung durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	99
Abbildung 69:	Speicher, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	100
Abbildung 70:	Netze, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	101
Abbildung 71:	Durch Investitionen der Energiewirtschaft ausgelöste Beschäftigung (direkt und indirekt) im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	102
Abbildung 72:	Beschäftigung durch die Aktivitäten der Energiewirtschaft im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen	103
Abbildung 73:	Anteile verschiedener Aktivitäten der Energiewirtschaft an der gesamten erfassten Beschäftigung im Zeitraum 2000 – 2016, in Prozent	103
Abbildung 74:	Umsätze und Beschäftigung mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz in Abgrenzung der NIW/destatis Liste 2009 – 2015, in Millionen Euro und in Personen	107
Abbildung 75:	Umsätze und Beschäftigung mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz in Abgrenzung der OECD CLEG 2009 – 2015, in Millionen Euro und in Personen	108
Abbildung 76:	Umsätze mit Energieeffizienzgütern im Inland und Ausland nach der Erhebung des Statistischen Bundesamtes zum Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen 2011 – 2015, in Millionen Euro	109
Abbildung 77:	Investitionen und Beschäftigung (direkt und indirekt) durch KfW-geförderte Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung im Zeitraum 2005 - 2015, in Millionen Euro und in Personen	111
Abbildung 78:	Entwicklung der relativen Verteilung von brennstoffbasierten Einzelheizsystemen, Neuanlagen, in Prozent (Quelle: BDH 2017, eigene Darstellung)	114
Abbildung 79:	Entwicklung der relativen Verteilung von PKW-Neuzulassungen nach Kraftstoffarten in Deutschland, in Prozent (Quelle: KBA 2017, eigene Darstellung)	115
Abbildung 80:	Entwicklung der PKW-Neuzulassung von Kraftfahrzeugen ausgewählter Kraftstoffarten, in Stück (Quelle: KBA 2017, eigene Darstellung)	115



## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Beschäftigte im Energiesektor, Quelle: Statistisches Bundesamt (BMWi 2017a)	15
Tabelle 2:	Struktur der Eigentümergruppen des EE-Anlagenbestands in Deutschland im Jahr 2010 (TrendResearch 2011)	22
Tabelle 3:	Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten und mittlere Bauzeiten (eigene Angaben)	41
Tabelle 4:	Beschäftigte im Bereich erneuerbarer Energien, in Personen (eigene Berechnung)	97

# 1 HINTERGRUND UND ABGRENZUNG DER UNTERSUCHUNG

Die Energiewende in Deutschland hat das Ziel, langfristig eine umweltverträgliche, ressourcenschonende und kostengünstige Energieversorgung zu gewährleisten. Um den Fortschritt dieser Transformation adäquat und zuverlässig beurteilen zu können, bedarf es geeigneter Indikatoren. Neben physischen Indikatoren zu Energieeinsatz und Emissionen werden auch Indikatoren benötigt, die die ökonomische Dimension der Transformation der Energiewirtschaft beschreiben. Die hier vorliegende Untersuchung ermittelt und dokumentiert relevante ökonomische Indikatoren. Da die Transformation des Energiesystems ein langfristiger Prozess ist, der schon seit der Jahrtausendwende in seinen Anfängen angestoßen wurde, wird angestrebt – soweit dies auf Basis der Datenlage möglich ist – die Indikatoren in einer langen Zeitreihe seit dem Jahr 2000 bis zum aktuellen Rand vorzulegen.

Die Darstellung der Transformation der Energieversorgung in langer Frist ist notwendigerweise mit besonderen methodischen Schwierigkeiten behaftet. In ökonomischer Perspektive bedeutet die Transformation des Energiesystems vor allem Strukturwandel. Technologien und Branchen, die in der Vergangenheit wichtig waren, haben schon und werden weiter an Bedeutung verlieren. Aus heutiger Sicht besteht Unsicherheit darüber, welche Technologien und Branchen am Ende der Transformation möglicherweise nicht mehr Bestandteil des Energiesystems sein werden und welche Technologien und Branchen im Zuge der Transformation neu entstehen werden. Auf Basis der Zielvorstellungen der Energiewende ist jedoch sicher, dass Strom und Wärme langfristig aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt werden, wobei die spezifisch einzusetzende Energiemenge durch Effizienzgewinne sinken wird. Vor dem Hintergrund dieser Schwierigkeiten und Unsicherheiten ist es das Ziel dieser Untersuchung, einerseits eine möglichst differenzierte und andererseits eine möglichst umfassende Darstellung der ökonomischen Indikatoren des Energiesystems zu entwickeln, um den bisherigen und zukünftig erwartbaren Wandel erkennbar zu machen.

Bei genauerer Betrachtung, welche Wirtschaftsbereiche dem Energiesystem zuzurechnen sind, wird deutlich, dass eine Klärung und Abgrenzung erforderlich ist. Im Grunde ist das gesamte Wirtschaftsgeschehen durch die Bereitstellung oder Nutzung von Energie beeinflusst, ohne dass es Sinn macht alle Bereiche der Volkswirtschaft in die Indikatorik zur Beschreibung der Transformation der Energieversorgung aufzunehmen. Der Schwerpunkt dieser Untersuchung wird auf die Bereitstellung von Endenergie gelegt, es werden jedoch auch erste Ansätze zur Erfassung der Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zu effizienten Verbrauchern vorgestellt.

In der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) des Statistischen Bundesamtes wird die Energieversorgung im Abschnitt D in der Abteilung 35 Energieversorgung erfasst (StaBuA 2008). Auf der Ebene der Gruppen wird zwischen den Bereichen 35.1 Elektrizitätsversorgung (Elektrizitätserzeugung, -übertragung, -verteilung, –

handel), 35.2 Gasversorgung (Gaserzeugung, -verteilung, -handel) und 35.3 Wärme- und Kälteversorgung differenziert. Im Rahmen der jährlichen Veröffentlichung der Energiedaten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) werden bei der Darstellung der Beschäftigung im Energiesektor die Bereiche Steinkohlenbergbau und Veredelung, Braunkohlenbergbau und Veredelung, Mineralölverarbeitung sowie die Gewinnung von Erdöl und Erdgas zusätzlich zu den in Abschnitt D Energieversorgung der WZ 2008 aufgeführten Bereiche (Elektrizitätsversorgung, Gasversorgung, Fernwärmeversorgung) aufgeführt (BMWi 2017a). Im Wesentlichen sind mit dieser Darstellung die Bereiche der Endenergiebereitstellung erfasst, welche durch die klassischen Akteure der Energiewirtschaft bedient werden. Mit der Einführung erneuerbarer Energien hat sich in Deutschland jedoch eine Veränderung des Energiesystems ergeben, die über den technischen Wandel hin zu einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien hinausgeht. Neue Akteure sind entstanden, die im Rahmen einer Darstellung der aktuellen Energiewirtschaft in Deutschland miteinbezogen werden müssen.<sup>1</sup> Neben den Betreibern von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sind diese neuen Akteure vor allem im Bereich der Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen angesiedelt. Da im Bereich der Elektrizitäts-, Gas- und Fernwärmeversorgung die Verteilung sowie der Handel berücksichtigt wurden, werden der Energiewirtschaft an dieser Stelle noch die Handelsleistungen für Mineralölprodukte zugewiesen. Auf Grund des Bezugs auf die Endenergiebereitstellung muss an diese Stelle noch spezifisch auf die Brennstoffbetriebene Wärmeerzeugung eingegangen werden. Da diese in den Einzelanlagen Endenergie nutzt und nicht zur Verfügung stellt, ist die Entwicklung dieses Bereiches nach der hier vorgenommenen Definition dem Verbrauch zuzurechnen. Die Bereitstellung von Fernwärme ist hingegen Bestandteil der Energiewirtschaft, da die Wärme als Endenergiebereitstellung zu interpretieren ist.

Bei der Auswahl der möglichen ökonomischen Indikatoren, welche für die Energiewirtschaft ermittelt werden sollen, ist in dieser Untersuchung der Fokus auf die Investitionen, die Bruttonachfrage sowie die daraus resultierende Beschäftigung gelegt. Die Abschätzung der Bruttonachfrage und der Beschäftigung in Deutschland erfordert, dass nur die im Inland wirksame Nachfrage<sup>2</sup> in die Abschätzung einfließt. Die im Ausland stattfindende Produktion muss aus der Abschätzung ausgegrenzt werden, da sie zu keiner wirtschaftlichen Aktivität und Beschäftigung in Deutschland führt. Damit sind auch Schätzungen zu Importen und Exporten der erfassten wirtschaftlichen Aktivitäten notwendig.

Die Investitionen als Indikator sind insofern von hoher Relevanz, da diese den mit der Transformation des Energiesystems verbundenen technologischen Wandel aufzeigen und deutlich machen, welche ökonomischen Ressourcen für diesen Wandel notwendig sind. Gleichzeitig beschreiben die mit den Investitionen zusammenhängenden

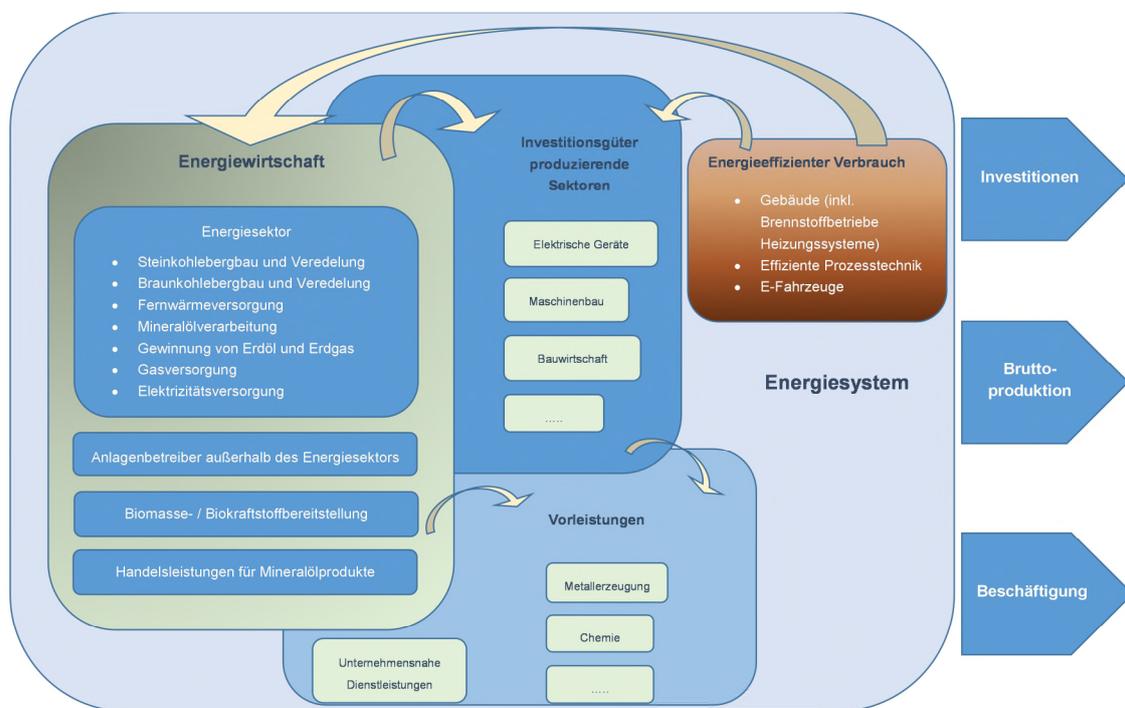
---

<sup>1</sup> Die Relevanz dieser neuen Akteure wird in den Ausführungen der folgenden Kapitel deutlich werden und soll hier erst mal nicht näher beleuchtet werden.

<sup>2</sup> Die im Inland wirksame Nachfrage umfasst neben dem Teil, der auf der inländischen Nachfrage beruht, auch die Nachfrage aus dem Ausland (Exportnachfrage).

wirtschaftlichen Aktivitäten einen wesentlichen Teil der mit der Energiewende verbundenen Auswirkungen auf die Sektoren der Volkswirtschaft jenseits des Energiesektors im engeren Sinne. Die Beschäftigung steht am Ende der Wirkungskette der von der Transformation der Energiewirtschaft angestoßenen wirtschaftlichen Aktivitäten und ist somit ein wichtiger Indikator zur Einschätzung der ökonomischen Effekte des sich vollziehenden Transformationsprozesses. Es wird angestrebt, die Beschäftigungseffekte möglichst umfassend zu ermitteln, neben den direkten Effekten in der Energiewirtschaft (im engeren Sinne) sollen auch die indirekten Effekte in den vorgelagerten Wirtschaftsbereichen (indirekte Beschäftigung) erfasst werden.

Mit dieser Herangehensweise wird nicht nur die Energiewirtschaft im engeren Sinne dargestellt, sondern ein breiterer Ausschnitt der Volkswirtschaft. Dies ermöglicht es, den ökonomischen Wandel, der mit der Energiewende einhergeht, zeitnah und umfassend nachzuvollziehen (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1: Abgrenzung des Untersuchungsraums**

Im Folgenden wird dargestellt werden, welche Daten in den relevanten ökonomischen Indikatorenbereichen vorliegen und welche Daten aus welchem Grund für die hier dokumentierten Indikatoren genutzt wurden. Bei der Auswahl der verwendeten Daten wird angestrebt, immer dann, wenn es methodisch vertretbar erscheint, vorliegende amtliche oder andere öffentlich verfügbare Daten zu nutzen. Wo dies nicht möglich oder sinnvoll erscheint, sind Methoden entwickelt worden, um die erforderlichen Indikatoren abzuleiten. Die dabei angewendeten Vorgehensweisen und die jeweils getroffenen Annahmen werden ausführlich dargestellt, um Transparenz zu gewährleisten. Auf weiterhin bestehende Informationslücken wird an den jeweiligen Stellen hingewiesen.

Die Untersuchung ist daher wie folgt aufgebaut. Zunächst wird im folgenden Kapitel die

Beschäftigung in den verschiedenen Bereichen der Energiewirtschaft ausgeführt. Hierzu gehören die Personen, die konventionelle Kraftwerke betreiben und warten ebenso wie diejenigen, die mit dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (EE-Anlagen) oder dem Betrieb von Speichern und Netzen beschäftigt sind. Auch die Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen sowie der Handel mit diesen sind in dieser Größe enthalten.

Wie in allen Bereichen der Wirtschaftstätigkeit lösen diese Aktivitäten die Nachfrage nach weiteren Gütern aus, und führt auch indirekt zu Beschäftigung in den vorgelagerten Wirtschaftszweigen. Will man den gesamten ökonomischen Effekt der Energiewirtschaft abschätzen, sind die indirekten Effekte daher unabdingbar.

Kapitel 3 geht ausführlich auf die Investitionstätigkeit in der Energiewirtschaft ein und stellt erstmals in der Literatur umfassend Investitionen in allen Bereichen zusammen. In Kapitel 4 wird der Bogen zurück zur Beschäftigung geschlagen. Hier wird die zur Bereitstellung der entsprechenden Güter notwendige Bruttoproduktion abgeleitet, auf deren Basis die Beschäftigungsermittlung fußt. Die hierzu notwendigen Überlegungen zum Außenhandel mit den jeweiligen Gütern werden ebenfalls in Kapitel 4 angestellt.

Zum Thema Energieeffizienz weist das Kapitel 5 auf die verschiedenen konzeptionellen Ansätze in der Literatur hin und gibt Beispiele für eine entsprechende Umsetzung.

## 2 BESCHÄFTIGUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

Die Energiewirtschaft, als zentrales Element der Untersuchung, wird im Rahmen dieser Betrachtung zuerst in den Fokus genommen. Der relevante Indikator zur Beschreibung der unmittelbaren ökonomischen Bedeutung dieses Bereichs ist die Beschäftigung. Diese kann auch verstanden werden als die Beschäftigung, die durch den Betrieb, die Wartung von Anlagen der Energieerzeugung, Speicherung und Verteilung sowie den Handel von Endenergie in Deutschland zu verzeichnen ist.

### 2.1 METHODIK ZUR ERMITTLUNG DER BESCHÄFTIGUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

Auf Grund des Bestrebens die in der amtlichen Statistik verfügbaren Daten soweit wie möglich in die Ermittlung der ökonomischen Indikatoren der Energiewende mit einzubeziehen, wurden die Beschäftigten, die direkt in den fachlichen Betriebsteilen der klassischen Energiewirtschaft tätig sind, aus den vorliegenden „Energiedaten“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie übernommen (vgl. Tabelle 1). Dabei handelt es sich um aktuell verfügbare Daten des Statistischen Bundesamtes. Da sie auf der Ebene der fachlichen Betriebsteile, der am engsten abgegrenzten Erhebungseinheit für ökonomische Daten in der amtlichen Statistik, vorliegen, dürften sie das genaueste Abbild der direkten Beschäftigung in der Energiewirtschaft darstellen, das sich aus der amtlichen Statistik ableiten lässt.

**Tabelle 1: Beschäftigte im Energiesektor, Quelle: Statistisches Bundesamt (BMWi 2017a)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Steinkohlenbergbau und -veredelung	63.153	55.697	51.168	47.839	44.928	38.851	37.616	34.607	31.937	29.435	26.344	23.663	18.538	14.995	12.795	10.675	7.872
Braunkohlenbergbau und -veredelung	19.538	17.844	15.552	15.069	14.363	14.286	14.292	13.904	13.759	13.652	13.731	14.066	13.910	13.872	13.708	13.412	12.902
Fernwärmeversorgung *	16.180	15.834	15.717	15.332	15.358	15.138	15.238	14.968	14.372	15.309	15.284	15.009	14.660	15.428	15.131	15.138	15.513
Mineralölverarbeitung	21.559	21.694	20.573	20.066	18.858	16.474	16.259	16.775	18.966	18.667	16.835	16.314	16.298	16.545	16.860	16.967	16.750
Gewinnung von Erdöl und Erdgas	5.193	5.179	5.066	5.293	5.136	3.017	2.891	2.991	2.879	2.948	3.034	3.076	3.019	3.089	3.055	2.205	2.854
Gasversorgung *	37.747	35.979	34.882	34.272	33.404	33.019	32.371	33.049	33.502	33.877	33.967	34.357	34.547	33.506	33.627	33.358	34.286
Elektrizitätsversorgung *	137.197	130.507	131.801	131.373	126.746	123.000	122.150	122.009	121.195	119.508	121.161	121.294	118.459	118.163	117.823	116.631	119.107

\*) nach fachlichen Betriebsteilen

Für den Bereich der erneuerbaren Energien wird hingegen eine Berechnungs- und Schätzmethode genutzt, die zunächst im Rahmen von Staiß et al (2006) entwickelt wurde und zuletzt in Lehr et al (2015) validiert und weiterentwickelt wurde. Die Höhe der Aufwendungen für Betrieb und Wartung der Anlagen wird anhand eines technologiespezifischen prozentualen Anteils an den jeweiligen jährlichen Investitionen (perpetual inventory Methode; kumulative Berechnung eines Kapitalstocks) ermittelt. Die mit den Aufwendungen für Betrieb und Wartung verbundene Beschäftigung (direkt und indirekt) wird mit Hilfe der Input-Output-Analyse berechnet, wofür eigens entwickelte technologiespezifische Input-Output-Vektoren genutzt werden (vgl. Lehr et al 2015).

Für den Teilbereich Biomasse- und Biokraftstoffbereitstellung wurden die berechneten

Werte aus Staiß et al (2006), Kratzat et al (2007), Lehr et al (2011), Lehr et al (2015), O'Sullivan et al (2015) sowie O'Sullivan et al (2016) verwendet.

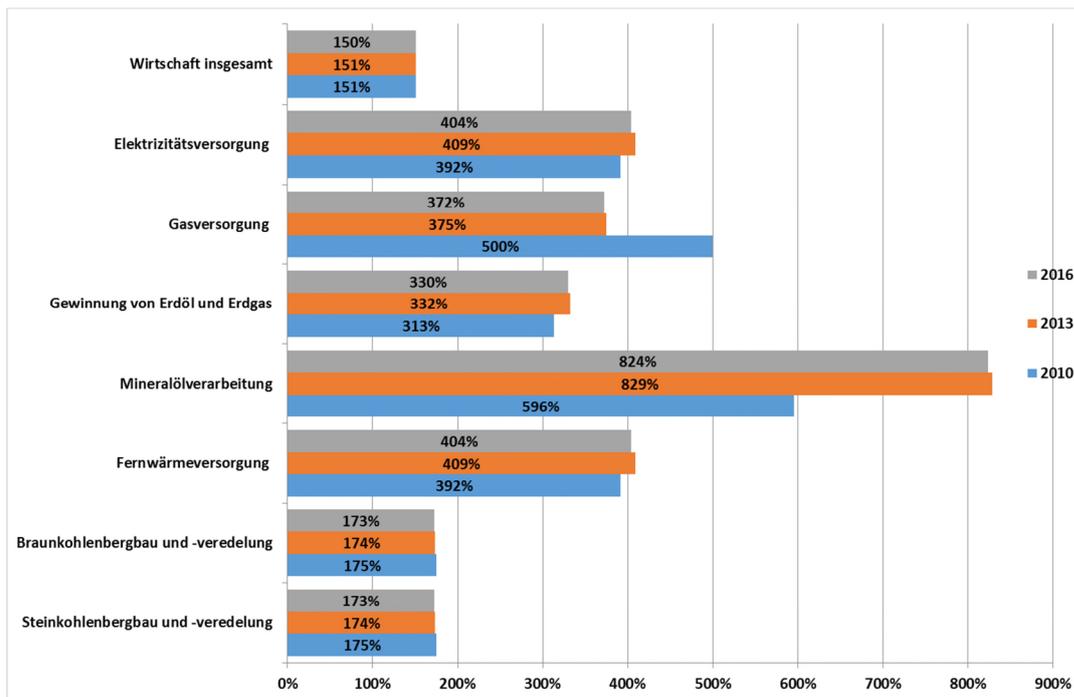
Da für den Bereich der erneuerbaren Energien auf Grund des methodischen Schätzansatzes auch im Bereich Betrieb und Wartung (vgl. Abschnitt 2.3) nicht nur die direkte, sondern auch die indirekte Beschäftigung berücksichtigt wird, ist auch für die Beschäftigung im traditionellen Energiesektor, soweit dies empirisch möglich ist, eine Zuschätzung der indirekten Beschäftigung vorgenommen worden.

Bei der Ermittlung der Beschäftigung im Bereich der Handelsleistungen für Mineralölprodukte wird hingegen eine Methodik herangezogen, die in Prognos (2015) entwickelt wurde.

## **2.2 ZUSCHÄTZUNG DER INDIREKTEN BESCHÄFTIGUNG FÜR AUSGEWÄHLTE BEREICHE DES KLASSISCHEN ENERGIESEKTORS**

Für den Bereich des klassischen Energiesektors liegen aus der amtlichen Statistik Angaben über die Beschäftigung in den einzelnen Teilbereichen vor (vgl. Tabelle 1). Da keine geeigneten Nachfrageschätzungen für diese Bereiche existieren, kann die indirekte Beschäftigung nur hilfswise modellmäßig ermittelt werden. Der Schätzansatz ermittelt mit Hilfe der Input-Output-Analyse für die betrachteten Teilbereiche die Relation zwischen direkter und gesamter Beschäftigung, die sich im jeweiligen Sektor aus einem standardisierten Nachfrageimpuls ergibt. Diese Relation wird verwendet, um zur direkten Beschäftigung, die sich aus der amtlichen Statistik ergibt, die indirekte Beschäftigung hinzu zu schätzen. Eine solche Vorgehensweise vereinheitlicht dann auch für diesen Bereich die konzeptionelle Vorgehensweise, da in den anderen Bereichen der vorliegenden Untersuchung auch immer die direkte und indirekte Beschäftigung nachgewiesen wird.

Die so beschriebene Vorgehensweise wird auf die Bereiche Steinkohlenbergbau und –veredelung, Braunkohlenbergbau und –veredelung, Fernwärmeversorgung, Mineralölverarbeitung, Gewinnung von Erdöl und Erdgas, Gasversorgung sowie Elektrizitätsversorgung angewandt. Da in der Input-Output-Tabelle die Bereiche Steinkohlenbergbau und Braunkohlenbergbau sowie Elektrizitätsversorgung und Fernwärmeversorgung jeweils in einem Produktionsbereich zusammengefasst sind, ergibt sich für diese Bereiche jeweils die gleiche Relation zwischen direkter und gesamter Beschäftigung. Die Berechnung wurde zunächst für die Jahre 2010, 2013 und 2016 durchgeführt, um die Validität und Stabilität der Ergebnisse zu testen.



**Abbildung 2: Relation direkte Beschäftigung zu Beschäftigung insgesamt in Branchen der Energiewirtschaft und in der Volkswirtschaft insgesamt in den Jahren 2010, 2013, 2016**

Es zeigt sich, dass sich nur für die Bereiche Steinkohlenbergbau und Braunkohlenbergbau stabile und valide Ergebnisse ergeben, wenn man die Relationen am gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt misst. Sie betragen in den drei Stichjahren zwischen 173% und 175%, gemessen an den Werten von 150% bis 151% für die Wirtschaft insgesamt ist dies ein plausibler Wertebereich. Für die anderen untersuchten Bereiche fallen die Relationen sehr hoch aus und schwanken im Zeitablauf erheblich, so dass für diese Bereiche auf die Anwendung dieser Vorgehensweise verzichtet wurde.<sup>3</sup>

Für die Bereiche Steinkohlenbergbau und Braunkohlenbergbau wurde wie beabsichtigt die Zuschätzung der indirekten Beschäftigung durchgeführt. Dafür wurde die jeweils benötigte Relation zwischen direkter und gesamter Beschäftigung für jedes Jahr mit Hilfe der Input-Output-Analyse auf Basis der vorliegenden jährlichen Input-Output-Tabellen berechnet. Die Ergebnisse für den Zeitraum 2000 bis 2016 sind in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt. Man erkennt, dass die indirekte Beschäftigung eine erhebliche Bedeutung hat. Sie macht im Zeitablauf schwankend zwischen 50% und 70% der direkten Beschäftigung aus.

<sup>3</sup> Obwohl für Bereiche wie die Mineralölverarbeitung (hohe Bedeutung von Steuern) Besonderheiten offensichtlich sind, konnte nicht geklärt werden, warum die geplante Vorgehensweise zu keinen plausiblen und verlässlichen Ergebnissen geführt hat. Hier besteht zukünftiger Forschungsbedarf.

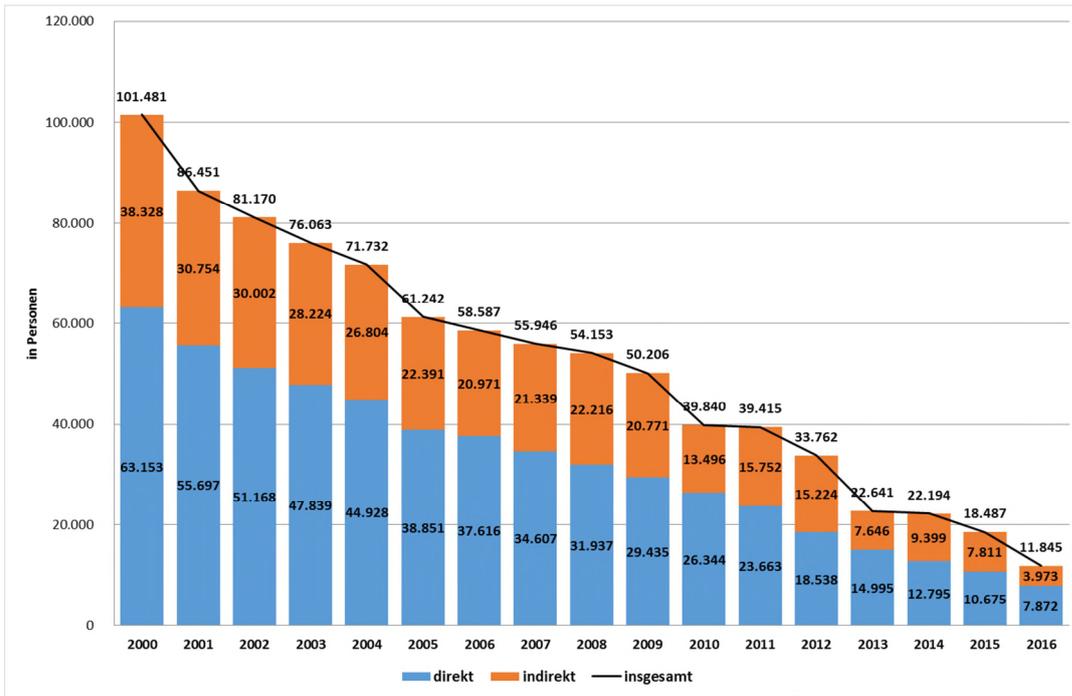


Abbildung 3: Beschäftigung im Steinkohlenbergbau insgesamt (direkt und indirekt) im Zeitraum 2000 - 2016

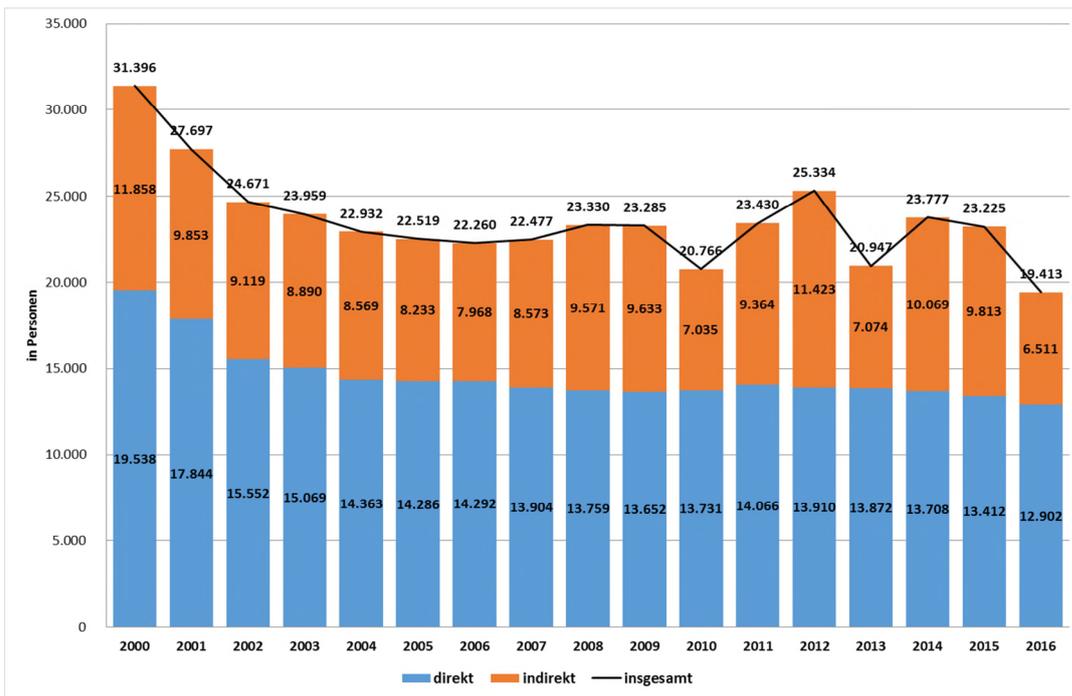
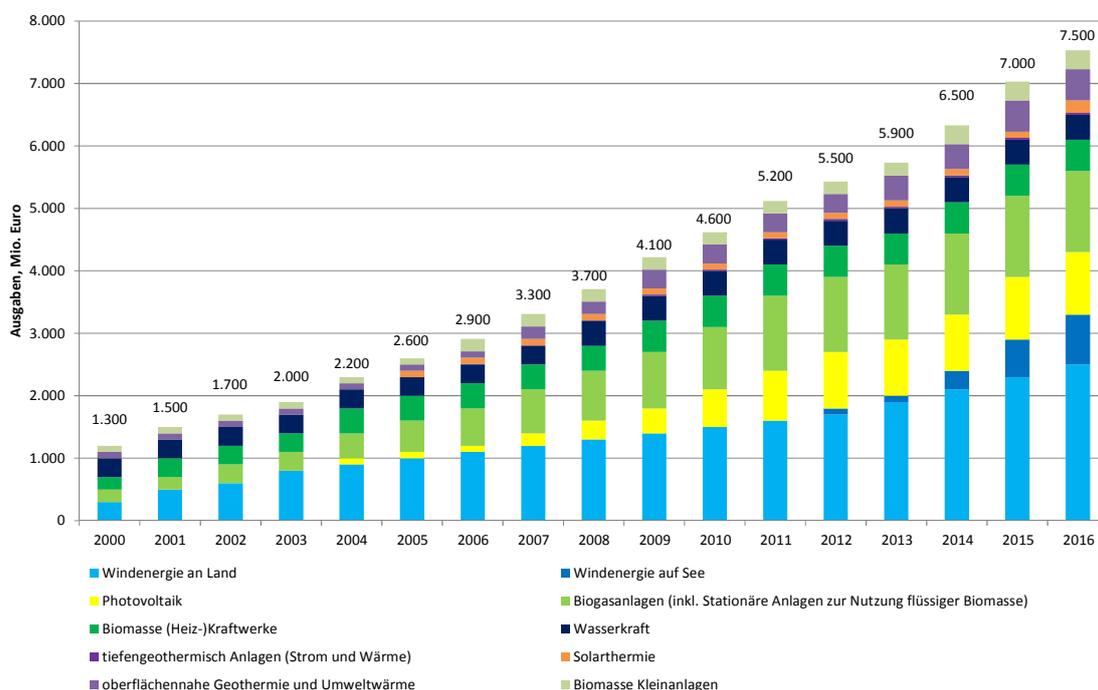


Abbildung 4: Beschäftigung im Braunkohlenbergbau insgesamt (direkt und indirekt) im Zeitraum 2000 - 2016

## 2.3 BESCHÄFTIGUNG IN BETRIEB UND WARTUNG VON ANLAGEN ZUR NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

Im Rahmen von Lehr et al (2015) wurden signifikante Verbesserungen der Methodik zur Ermittlung der Beschäftigungseffekte in Betrieb und Wartung von Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) erzielt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden neue Erkenntnisse zur Anlegung der Kosten für Betrieb und Wartung von EE-Anlagen auf Basis einer Unternehmensbefragung gewonnen, die auch neue Informationen für die technologiespezifischen Input-Output-Vektoren zur Verfügung gestellt hat. Gemäß dieser Ergebnisse werden die Kosten von Betrieb und Wartung, welche die Grundlage zur Ermittlung der Beschäftigung bieten, anhand eines technologiespezifischen, prozentualen Anteils an den Investitionen ermittelt. Da diese Erkenntnisse eine deutliche Verbesserung des Wissensstandes gegenüber vorhergehenden Untersuchungen darstellen und sich auch die Informationslage zu den Investitionen in EE-Anlagen in Deutschland signifikant verändert hat (siehe Abschnitt 3.2.3), werden hier nicht die ermittelten Daten zu Beschäftigung in Betrieb und Wartung von EE-Anlagen übernommen, die in Staiß et al (2006), Kratzat et al (2007), Lehr et al (2011), Lehr et al (2015), O’Sullivan et al (2015) sowie O’Sullivan et al (2016) ausgewiesen wurden. Sondern es wird eine neue Schätzung vorgenommen, die auf dem verbesserten Ansatz basiert, der in Lehr et al (2015) entwickelt wurde.

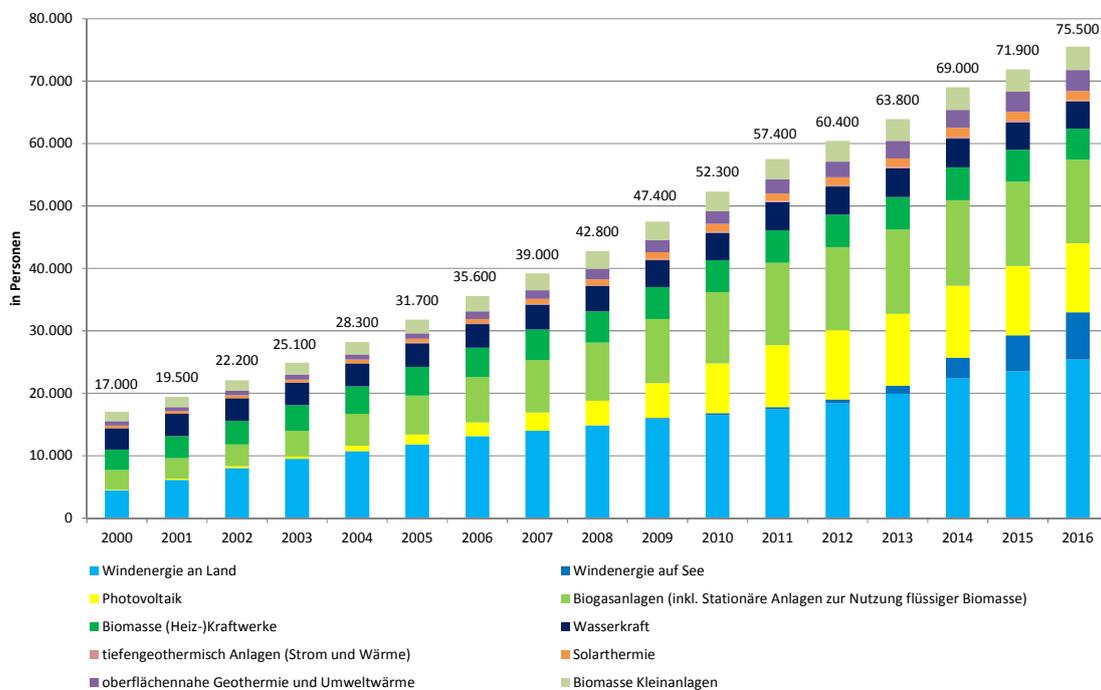


**Abbildung 5: Betrieb- und Wartungskosten von EE-Anlagen, gerundet Mio. Euro (eigene Berechnungen)**

Analog zu den in besagter Studie festgelegten prozentualen Anteilen der Kosten von Betrieb und Wartung wurde unter Einbeziehung der Informationen zu den Investitionen in EE-Anlagen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

(Abschnitt 3.2.3) eine Zeitreihe der Gesamtkosten aus Betrieb und Wartung von EE-Anlagen ermittelt, die in Abbildung 5 dargestellt ist. Die Kosten beliefen sich im Jahr 2000 noch auf knapp 1,2 Mrd. Euro und stiegen auf Grund des ständig zunehmenden Anlagenbestands auf etwa 7,5 Mrd. Euro im Jahr 2016 an.

Die Zeitreihe zur Beschäftigung in Betrieb und Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (vgl. Abbildung 6) spiegelt diese Entwicklung ebenfalls wieder. Ermittelt wurden die Beschäftigten dabei ausgehend von den in Abbildung 5 dargestellten Kosten, sowie unter Berücksichtigung der technologiespezifischen Arbeitsproduktivitäten. Die technologiespezifischen Arbeitsproduktivitäten wurden dabei für die Jahre 2012 bis 2015 aus den Berechnungen von Lehr et al (2015), O’Sullivan et al (2015) sowie O’Sullivan et al (2016) herangezogen. Ausgehend von diesen Werten wurde die durchschnittliche, technologiespezifische Entwicklung der Arbeitsproduktivitäten abgeleitet, die für die Abbildung der Jahre 2000 bis 2011 sowie 2016 angesetzt wurde.



**Abbildung 6: Beschäftigung in Betrieb und Wartung von EE-Anlagen, gerundet (eigene Berechnungen)**

Insgesamt waren demnach im Jahr 2000 etwa 17.000 Personen in Betrieb und Wartung von EE-Anlagen beschäftigt, wobei die Beschäftigten relativ gleichverteilt auf die Bereiche Windenergie an Land (27%), Wasserkraft (21%), Biomasse (Heiz-) Kraftwerke (20%) und Biogasanlagen (18%) waren. 2016 lag die Beschäftigung aus Betrieb und Wartung von EE-Anlagen mit insgesamt 75.500 Personen um das viereinhalb Fache höher und war vor allem durch die Bereiche Windenergie an Land (33%), Biogasanlagen (17%), Photovoltaik (13%) und Windenergie auf See (11%) repräsentiert. Biomasse (Heiz-) Kraftwerke trugen noch mit 7% zur Beschäftigung bei, ebenso wie die oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme. Die Wasserkraft hatte noch einen Anteil von knapp 6% und die beiden Wärmetechnologien Biomasse

Kleinanlagen und Solarthermie kamen auf Anteile von 4% und 2%. Tiefengeothermische Anlagen sind bislang noch immer auf einem derart geringen Ausbauniveau, dass die daraus resultierende Beschäftigung mit weniger als einem Prozent zum Gesamtergebnis beigetragen hat.

Die Technologien, welche von der AGEE-Stat als dem Bereich der erneuerbaren Energien zugehörig ausgewiesen werden, stimmen im Wesentlichen mit den Systemgrenzen dieser Untersuchung überein. Der Bereich der dezentralen Biomasse Kleinanlagen ist jedoch mit der in Abschnitt 1 vorgenommenen Abgrenzung nicht der Energiewirtschaft zuzuordnen, sondern dem Bereich der Endenergienutzung. Auf Grund des Umstandes, dass die Biomasse Kleinanlagen in der Vergangenheit immer im Zusammenhang mit den ökonomischen Indikatoren der erneuerbaren Energien ausgewiesen wurden, wird dies im Rahmen dieser Untersuchung beibehalten. Für die zusammenfassende Betrachtung der ökonomischen Indikatoren der Energiewirtschaft wird dieser Bereich jedoch aus der Summendarstellung der erneuerbaren Energien herausgenommen. Mit dieser Herangehensweise soll erreicht werden, dass zum einen die Konsistenz zu den Systemgrenzen der erneuerbaren Energien gewährleistet wird und gleichzeitig auf die Einhaltung der methodischen Abgrenzung dieser Untersuchung geachtet wird.

## **2.4 ÜBERSCHNEIDUNGEN DES ENERGIESEKTORS MIT DEM BETRIEB VON EE-ANLAGEN**

Da die Beschäftigung im Energiesektor in den Bereichen Elektrizitäts- und Fernwärmeversorgung Überschneidungen mit den Beschäftigten im Bereich Betrieb und Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien aufweist, muss eine Abgrenzung erfolgen, um mögliche Doppelzählungen zu vermeiden. Dazu wird eine technologiespezifische Abschätzung darüber vorgenommen, welcher Anteil der Beschäftigung in Betrieb und Wartung von EE-Anlagen in den jeweiligen Jahren auf Energieversorgungsunternehmen als Betreiber entfiel. Hierfür werden externe Informationen herangezogen, die Erkenntnisse bezüglich der Betreiberstrukturen von EE-Anlagen liefern.

Eine Studie, welche die Eigentümerstrukturen von EE-Anlagen zur Stromgestehung in Deutschland untersucht hat, gibt Hinweise darauf, welcher Anteil des Anlagenbestands im Zeitraum 2004 bis 2010 in Deutschland der klassischen Energiewirtschaft zuzurechnen war (vgl. Tabelle 2). Dabei sei darauf hingewiesen, dass es sich hier nicht um Betreiberstrukturen handelt, sondern um Eigentümerstrukturen, die aber auf Grund der Ermangelung an originären Daten zu Betreiberstrukturen als Approximation genutzt werden. Darüber hinaus liegen Informationen bezüglich der Betreiberstrukturen von Windenergieanlagen in den Jahren 2000 bis 2003 vor, die sehr gut kompatibel mit den Erkenntnissen von TrendResearch zu den Eigentümerstrukturen sind. Demnach wurden zwischen 7% (2000) und 5% (2003) der Windenergieanlagen durch Energieversorgungsunternehmen betrieben (ISET 2001, 2002, 2003, 2004). Im Bereich der Windenergienutzung offshore kann hingegen eine Windparkspezifische Analyse vorgenommen werden, da es sich hier um eine überschaubare Anzahl von Projekten handelt.

**Tabelle 2: Struktur der Eigentümergruppen des EE-Anlagenbestands in Deutschland im Jahr 2010 (TrendResearch 2011)**

	Wind onshore	Photovoltaik	Wasserkraft	Biogas	Biomasse HKW	Geothermie KW
Große 4 <sup>4</sup>	2%	0%	52%	0%	10%	8%
Regionalerzeuger	2%	0%	1%	1%	12%	0%
Sonstige EVU	2%	2%	7%	2%	12%	43%
Internationale EVU	2%	1%	16%	0%	3%	0%
Gewerbe	2%	19%	10%	0%	42%	0%
Contractingunternehmen	0%	0%	0%	0%	4%	0%
Projektierer	21%	8%	0%	13%	7%	0%
Fonds/Banken	16%	8%	1%	6%	3%	0%
Landwirte	2%	21%	0%	72%	0%	0%
Privatpersonen	52%	39%	7%	0%	2%	0%
Sonstige	0%	1%	5%	5%	6%	49%

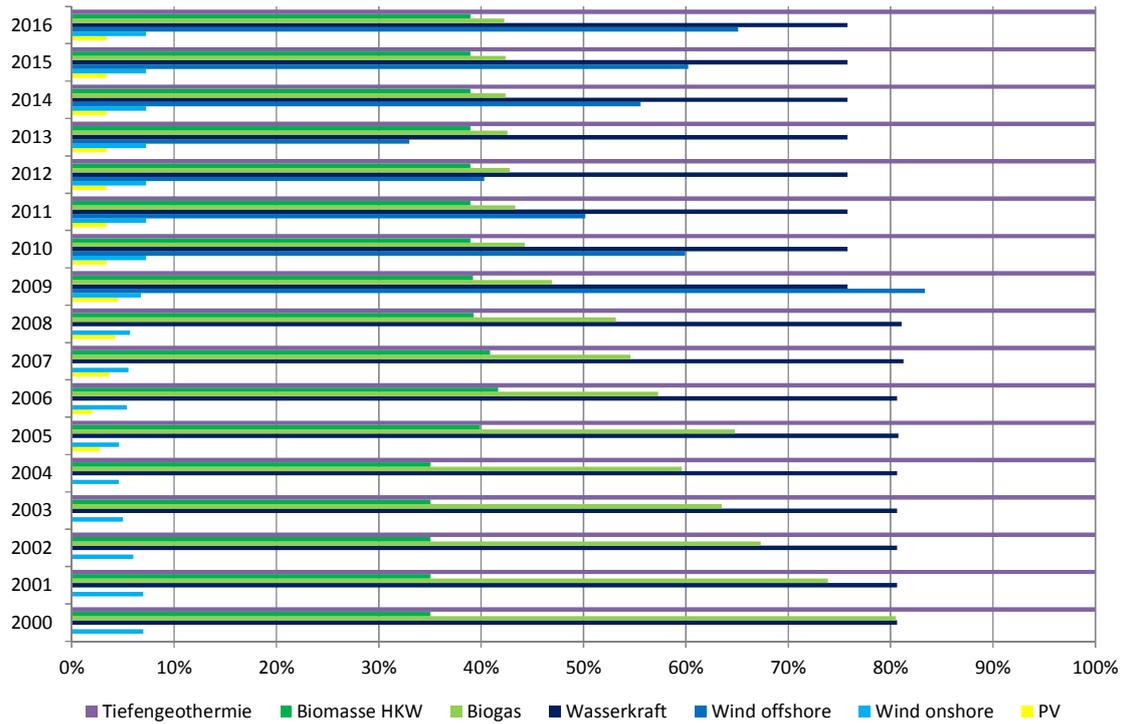
Quelle: TrendResearch.

Da Informationen zur Eigentümerstruktur nicht für den gesamten Zeitraum von 2000 bis 2016 und nicht für alle Technologien vorliegen, müssen Annahmen getroffen werden, um eine Differenzierung zwischen Energieversorgungsunternehmen und anderen Betreiberklassen vornehmen zu können. Für die Technologien, die im Rahmen der TrendResearch Studie erfasst wurden, werden die Anteile des jeweils letzten Untersuchungsjahres für den restlichen Zeitraum stabil gehalten. Das heißt, dass die Anteile des Jahres 2004 für die Jahre 2000 bis 2003 angewandt wurden, wohingegen die Werte des Jahres 2010 für den Zeitraum 2011 bis 2017 genutzt wurden. Andere Ansätze wie die Fortschreibung einer Trendentwicklung sowohl in Bezug auf die Anteile als auch die Zubauentwicklung der Energieversorgungsunternehmen ist zu keinem deutlich anderen Bild gekommen, weshalb die gewählte Herangehensweise auf Grund ihrer Transparenz bevorzugt wurde. Eine mögliche Verschiebung des Engagements von Energieversorgungsunternehmen nach dem Vorfall von Fukushima und der von allen Fraktionen unterstützten Einführung der Energiewende scheint erkennbar, ist aber bislang nicht durch wissenschaftliche Untersuchungen zur Betreiberstruktur bestätigt worden.

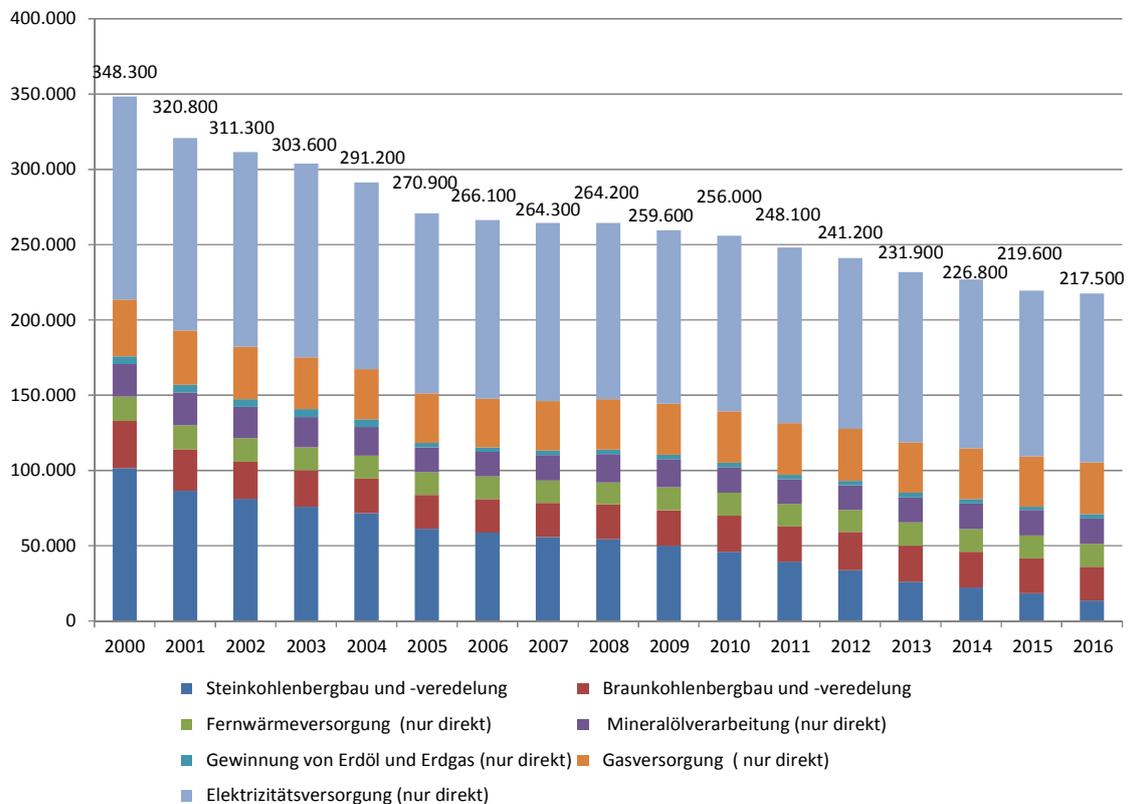
Für die Bereiche der Wärmeversorgung, zu denen keine empirischen Untersuchungen der Eigentümerstrukturen vorliegen, werden Plausibilitätsannahmen getätigt. So wird angenommen, dass der Betrieb von Niedertemperatur-Solarthermieranlagen ebenso wie der Betrieb von Wärmepumpeninstallationen nicht in den Tätigkeitsbereich der Energieversorger fällt.

---

<sup>4</sup> EnBW AG, E.ON AG, RWE AG, Vattenfall Europe AG



**Abbildung 7: Anteile der Energieversorgungsunternehmen am Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Stromsektor in Deutschland, 2000-2016 (eigene Berechnungen)**



**Abbildung 8: Beschäftigung im Energiesektor abzüglich des Betriebs sowie der Wartung von EE-Anlagen, gerundet (eigene Berechnungen)**

Die so identifizierte Zeitreihe der Anteile der Energieversorgungsunternehmen am Betrieb von EE-Anlagen in Deutschland (vgl. Abbildung 7) wird im weiteren Verlauf dazu genutzt, die direkten Betriebsbeschäftigten der EE-Technologien von den Beschäftigtenzahlen des Energiesektors abzuziehen (vgl. Abbildung 8).

Insgesamt ist die Beschäftigung im klassischen Energiesektor ohne Einbeziehung der erneuerbaren Energien seit 2000 von etwa 348.300 Personen auf 217.500 Personen im Jahr 2016 um etwa 38% gesunken. Der stärkste Rückgang konnte dabei in den Bereichen des Steinkohlebergbaus (-87%), der Gewinnung von Erdöl und Erdgas (-44%) sowie des Braunkohlebergbaus (-29%) und der Mineralölverarbeitung (-23%) beobachtet werden. Der Rückgang der Beschäftigung in diesen Bereichen ist dabei wohl vor allem auf die geringen Vorkommen dieser Rohstoffe in Deutschland sowie auf das globale Marktgeschehen in diesem Bereich zurückzuführen. Der Rückgang in der Elektrizitätsversorgung in Höhe von etwa 17%, der sich insbesondere in den frühen Jahren bis 2005 vollzog, ist wohl zu guten Teilen noch auf die Folgen der Liberalisierung des deutschen Strommarktes im Jahr 1998 zurückzuführen. Die Rückgänge der Beschäftigung in der Gasversorgung sowie in der Fernwärmeversorgung in Höhe von 9% und 4% liegen hingegen in einer Größenordnung, die durch Produktivitätssteigerungen erklärt werden kann.

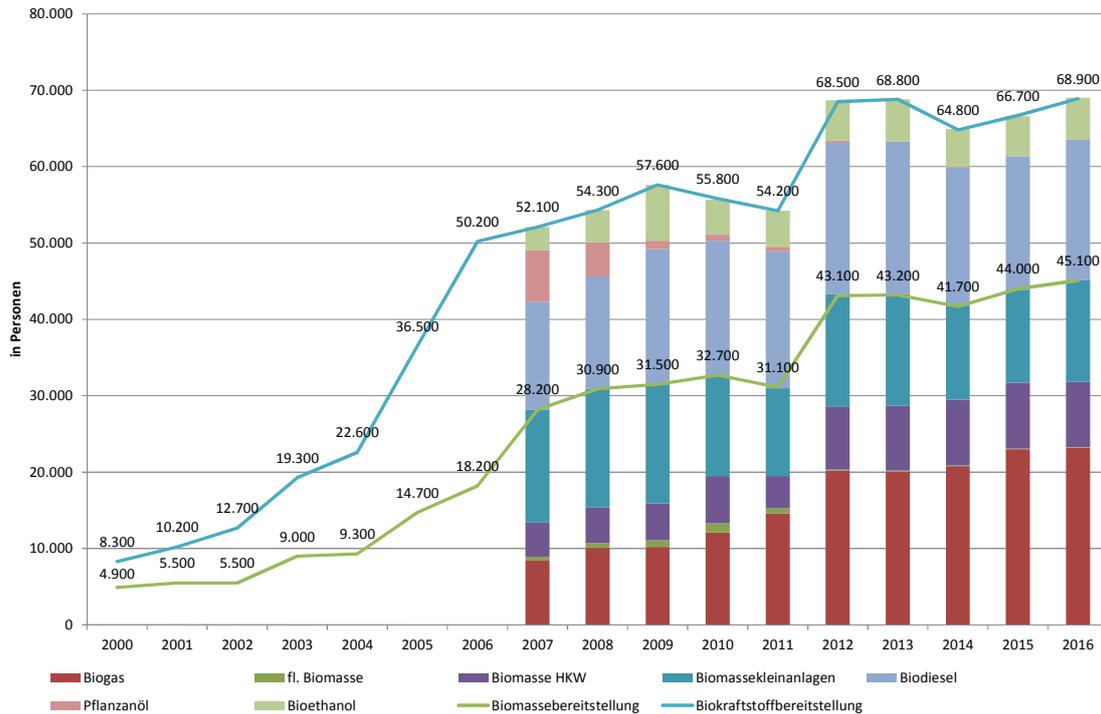
## **2.5 BESCHÄFTIGUNG DURCH DIE BEREITSTELLUNG VON BIOMASSE UND BIOKRAFTSTOFFEN**

Die Zeitreihe zur Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen ist im Wesentlichen aus Vorarbeiten übernommen worden, die im Rahmen von Staiß et al (2006), Kratzat et al (2007), Lehr et al (2011), Lehr et al (2015), O'Sullivan et al (2015) sowie O'Sullivan et al (2016) veröffentlicht wurden. Für die Jahre 2000 bis 2003 sowie 2016 sind die Werte nach einer vereinfachten Schätzmethode zusätzlich abgeleitet worden, die bereits bei O'Sullivan et al (2015) sowie O'Sullivan et al (2016) zur Anwendung gekommen sind. Auf Grund fehlender Informationen bezüglich des Einsatzes biogener Brenn- und Kraftstoffe sowie der damit verbundenen Kosten, wird eine Schätzmethode angewandt, die sich auf die Entwicklung verschiedener Indikatoren stützt. Diese Entwicklung wurde analog auf die Beschäftigungsentwicklung angewandt. Zwei wesentliche Indikatoren sind bei diesem Ansatz zum Einsatz gekommen. Zum einen die zur Verfügung gestellte Primärenergie der verschiedenen Sektoren, welche aus den „Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland“ der AGEE-Stat abgeleitet wurden (AGEE-Stat 2016), sowie die Entwicklung der Arbeitsproduktivität der relevanten Wirtschaftssektoren welche der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung entnommen wurden (StaBuA 2017a). Für das Jahr 2016 konnten darüber hinaus Entwicklungen verschiedener weiterer Indikatoren berücksichtigt werden, wie:

- Anbauflächen für Biogas (+4%), Bioethanol (+3%), Biodiesel/Pflanzenöl (+23%) (FNR 2017)
- Pelletproduktion (-3%) (DEPI 2017)
- Pflanzenölproduktion in Deutschland (-15%) (BLE 2017)
- Biodieselproduktion (-11%), abgeleitet aus dem Absatz (AGEE-Stat 2017) und

dem Außenhandel (AMI 2017)

- Bioethanolproduktion (gleichbleibend) (BDBe 2017)



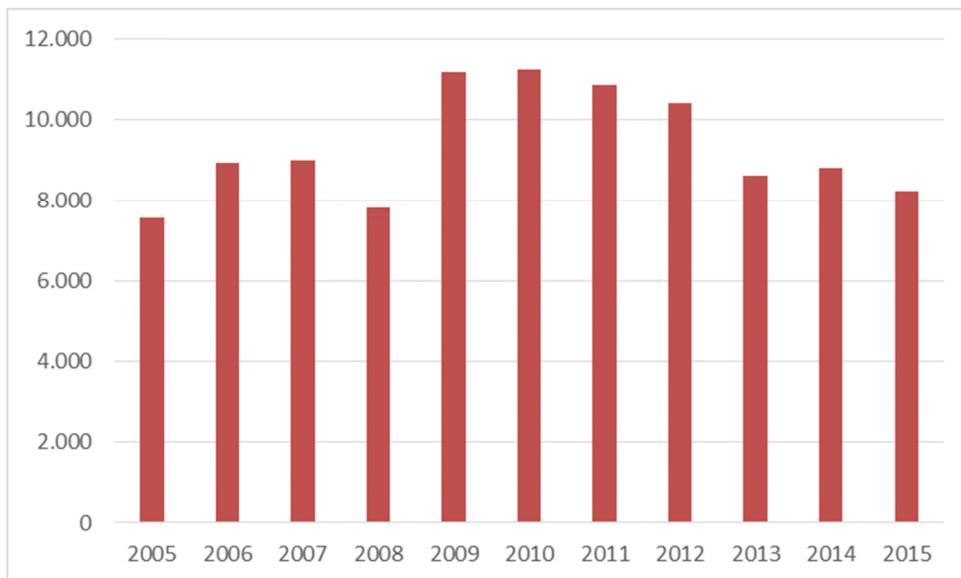
**Abbildung 9: Beschäftigung durch die Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen, gerundet (eigene Berechnungen)**

Die Zeitreihe der Beschäftigten im Bereich der Bereitstellung von biogenen Brenn- und Kraftstoffen in Abbildung 9 zeigt, dass die Beschäftigung von einem Niveau von knapp über 8.000 Personen im Jahr 2000 auf ein Niveau von knapp unter 69.000 angestiegen ist, welches bereits seit etwa fünf Jahren gehalten wird. Etwa zwei Drittel der Beschäftigung entfällt dabei damals wie heute auf den Bereich der Biomassebereitstellung, ein weiteres Drittel wird hingegen für den Bereich der Mobilität bereitgestellt.

## 2.6 BESCHÄFTIGUNG DURCH HANDELSLEISTUNGEN FÜR MINERALÖLPRODUKTE (TANKSTELLEN)

Das Statistische Bundesamt weist die Beschäftigten an Tankstellen in der Jahresstatistik zum Handel aus. Der Energieinformationsdienst bereitet regelmäßig umfragebasierte Auswertungen zur Entwicklung von Tankstellen auf. Hier zeigt sich, dass nur ein geringer Teil des Umsatzes an Tankstellen tatsächlich auf den Vertrieb von Kraftstoffen entfällt. In den Jahren, zu denen Daten vorliegt, beläuft sich dieser Wert auf zwischen 5% und 10%. Auch Prognos (2015) weisen für das Jahr 2011 darauf hin, dass „(b)ei den Tankstellen zu beachten (ist), dass lediglich 5,6 % des in der Umsatzsteuerstatistik ausgewiesenen Umsatzes mit dem Verkauf von Kraftstoffen erzielt wird, da die Tankstellen vom Großhandel lediglich eine Verkaufsprovision erhalten. Mit 86,8 % zeigt sich hingegen das „Shopgeschäft“ für den Großteil des Tankstellenumsatzes verantwortlich. Die restlichen Anteile entfallen auf Autowäsche

oder sonstige Dienstleistungsangebote.“

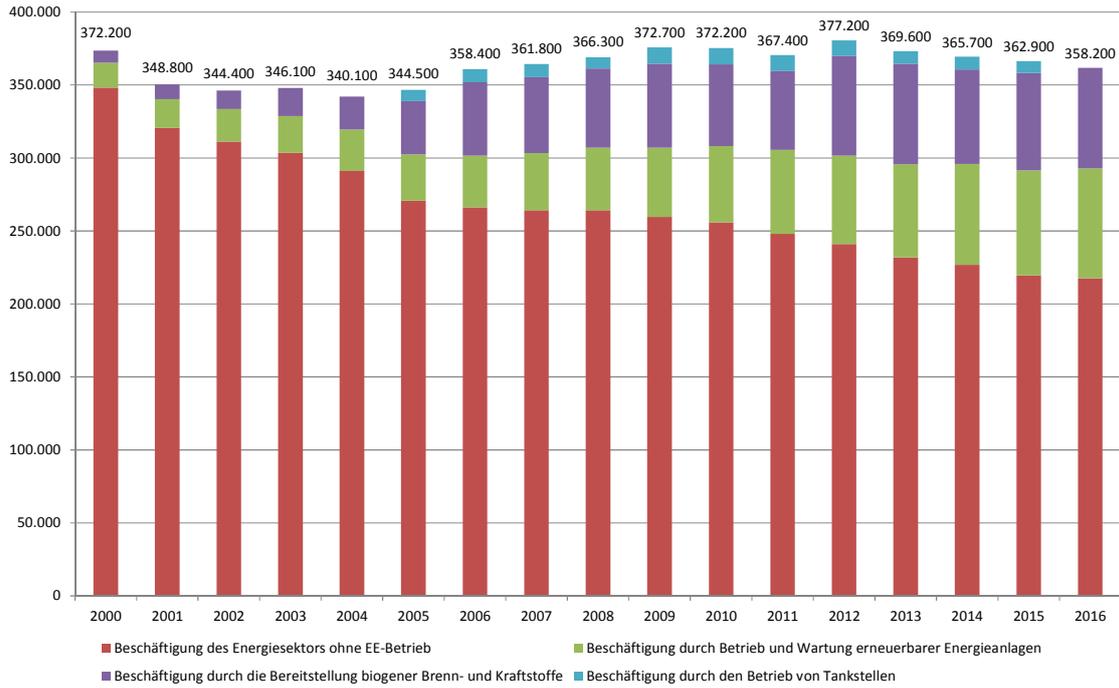


**Abbildung 10: Beschäftigung an Tankstellen durch den Verkauf von Mineralölprodukten**

Zur Abschätzung der Beschäftigung in der vorliegenden Untersuchung wurde angenommen, dass diese Umsatzanteile den Beschäftigungsanteilen entsprechen. Ganz gut lassen sich die Umsatzrückgänge in den Phasen hoher Benzinpreise ausmachen, die vermutlich zu Entlassungen, oder auch Tankstellenschließungen geführt haben.

## 2.7 BESCHÄFTIGUNG IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Beschäftigung der Energiewirtschaft im Zeitraum 2000 bis 2016 in einer relativ stabilen Größenordnung zwischen 340.000 und 370.000 Beschäftigten lag (vgl. Abbildung 11). Diese relativ stabile Entwicklung geschah vor dem Hintergrund spürbarer Verschiebungen zwischen dem klassischen Energiesektor und dem Bereich der erneuerbaren Energien. Die Beschäftigung des klassischen Energiesektors ohne den Betrieb von EE-Anlagen hat tendenziell abgenommen, wohingegen die Beschäftigung in den verschiedenen Bereichen der erneuerbaren Energien um ein vielfaches angestiegen ist. In der Darstellung der Beschäftigung der Energiewirtschaft wird dabei ganz bewusst darauf verzichtet, die Höhe der Beschäftigten der einzelnen Bereiche in Relation zueinander zu setzen. Grund hierfür sind die methodischen Schwierigkeiten, die sich bei der Bestimmung der indirekt Beschäftigten im klassischen Energiesektor ergeben haben. Dadurch dass hier in einigen Bereichen lediglich die direkte Beschäftigung berücksichtigt werden konnte, können die einzelnen Bereiche nicht unmittelbar miteinander verglichen werden. Dies würde zu unzulässigen Schlussfolgerungen führen, die hier vermieden werden sollen.



**Abbildung 11: Beschäftigung in der Energiewirtschaft, gerundet (eigene Berechnungen)**

### 3 INVESTITIONEN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

Die Investitionen der Energiewirtschaft bieten die Möglichkeit, den technologischen Wandel, der mit der Transformation des Energiesystems einhergeht, darzustellen, wobei gleichzeitig die Größenordnung der erforderlichen ökonomischen Ressourcen ersichtlich wird. Daher wird bei der Zusammenstellung der Investitionen insbesondere darauf geachtet, eine möglichst hohe Differenzierung nach verschiedenen Technologiebereichen zu erreichen.

Da eine eigene originäre Erhebung von Daten im Rahmen dieses Projektes nicht vorgesehen ist, werden ausschließlich externe Quellen zur Ermittlung der Investitionen herangezogen. Insgesamt liegen Informationen aus verschiedenen Quellen vor, die dazu beitragen können, die Investitionen in das Energiesystem zu ermitteln. In Teilen liegen diese bereits als direkte Informationen zu den getätigten Investitionen einzelner Wirtschaftsbereiche vor, die insbesondere auf Grund ihres Detaillierungsgrades auf ihre Anwendbarkeit hin überprüft werden müssen. Darüber hinaus gibt es Quellen, die die Entwicklung in physischen Größen (z.B. Kraftwerkszubau in MW, Netzkilometer, etc.) dokumentieren. Diese können mit Kenntnis der jeweiligen spezifischen Investitionen genutzt werden, um Zeitreihen bezüglich der getätigten Investitionen abzuleiten. In den Bereichen, in denen weder Informationen zu den Investitionen noch zu dem erfolgten Ausbau in physischen Größen vorliegen, wird hier lediglich auf die Existenz der Aktivitäten dieses Bereichs hingewiesen. Damit zeigt die Studie an diesen Stellen vorhandene Lücken in der Erfassung von Entwicklungen auf, welche bei Bedarf an anderer Stelle zu schließen sind.

Im Nachfolgenden werden die Investitionen in folgenden Kapiteln ermittelt und dargestellt:

3.1 Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen

3.2 Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme

3.3 Investitionen in Speicher

3.4 Investitionen in Infrastrukturen zur Verteilung von Endenergie

In einem abschließenden Kapitel 3.5 wird ein Überblick über die gesamten abgeleiteten Investitionen der Energiewirtschaft gegeben. Diese von der Privatwirtschaft getätigten Investitionen werden in einem weiteren Kapitel (3.6) um die öffentlich bereitgestellten Mittel zur Forschung und Entwicklung des Bundes ergänzt.

### 3.1 INVESTITIONEN IN ANLAGEN ZUR BEREITSTELLUNG VON BRENN- UND KRAFTSTOFFEN

Eine wichtige Quelle für Investitionen der Energiewirtschaft ist die Investitionserhebung für Unternehmen und Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden (Fachserie 4 Reihe 4.2.1). Die Erhebung liefert in der Abgrenzung der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) jährliche Werte für Investitionen, die mit einer Verzögerung von rund einem Jahr veröffentlicht werden (die Daten werden Ende des Jahres  $t$  für das Berichtsjahr  $t-1$  veröffentlicht). Aus Sicht der Energiewirtschaft sind die Wirtschaftszweige

- WZ 05: Kohlenbergbau
- WZ 06: Gewinnung von Erdöl und Erdgas
- WZ 19: Kokerei und Mineralölverarbeitung

von Bedeutung. Es werden in diesen Branchen somit Investitionen für Bereitstellung von konventionellen (fossilen) Brenn- und Kraftstoffen erfasst. Ausgewiesen wird auch die unter der 2-Steller Ebene liegende Klassifikationsebene (Gruppen), im Kohlenbergbau (WZ 05) zum Beispiel der Steinkohlenbergbau (WZ 05.1) und der Braunkohlenbergbau (WZ 05.2). Wegen der Unternehmensstruktur in den hier relevanten Branchen, die durch eine geringe Anzahl von großen Unternehmenseinheiten geprägt ist, können jedoch auf der Gruppenebene aus Gründen der Geheimhaltungsvorschriften für die amtliche Statistik sehr häufig keine Ergebnisse veröffentlicht werden. Aus diesem Grund werden hier die oben genannten drei Wirtschaftszweige auf Ebene der Abteilungen (2-Steller) betrachtet.

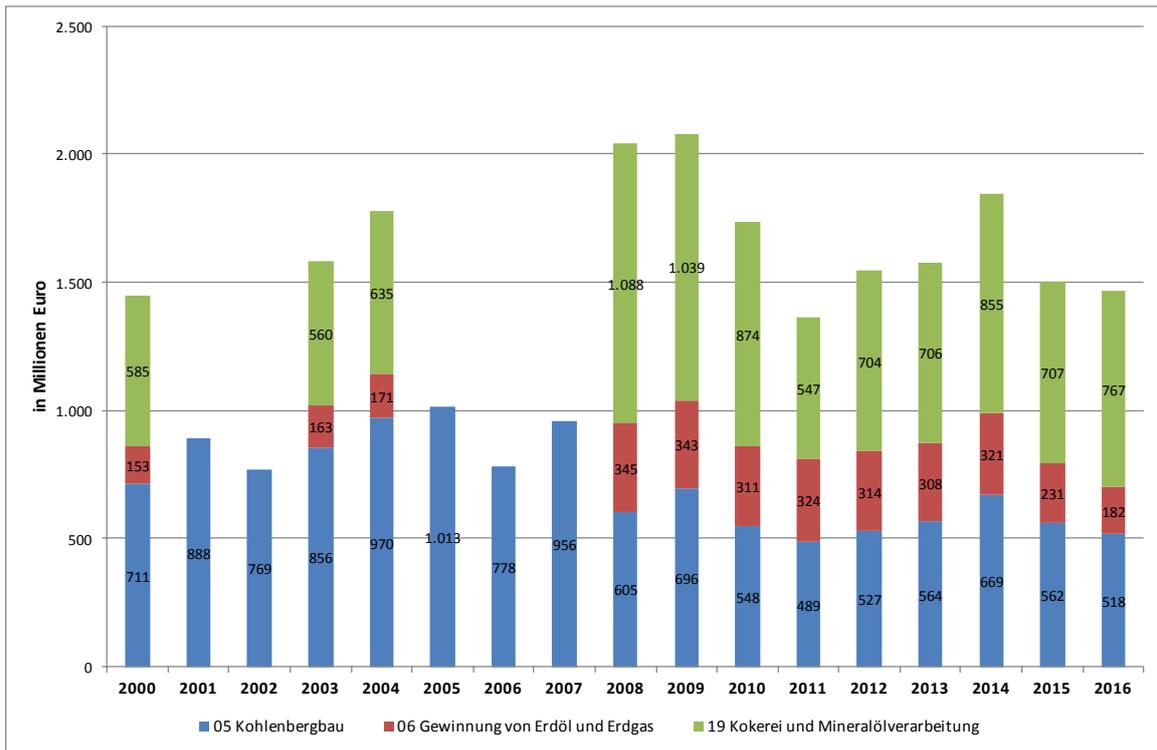
Die Erhebung liegt sowohl für Unternehmen<sup>5</sup> wie auch für Betriebe<sup>6</sup> vor. In beiden Fällen werden nur Einheiten mit mehr als 20 tätigen Personen erfasst, was wegen der Größenstruktur der betrachteten Wirtschaftszweige keine Einschränkung darstellen dürfte. Da für Betriebe wegen der größeren Fallzahl deutlich seltener Ergebnisse aus Geheimhaltungsgründen nicht veröffentlicht werden dürfen, wird hier auf die Betriebsergebnisse abgestellt.

Ausgewiesen wird eine lange Zeitreihe für den Zeitraum 2000 bis 2016. Die Werte vor dem Jahr 2008 wurden nach der Abgrenzung der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003 (WZ 2003) erhoben; hierdurch kommt es zu Abweichungen in der Erhebung, die in Änderungen der Klassifikation begründet sind. Sie dürften im Zeitvergleich jedoch von keiner großen Bedeutung sein.

---

<sup>5</sup> Als Unternehmen gilt die kleinste rechtliche Einheit, die aus handels- und/oder steuerrechtlichen Gründen Bücher führt und einen Jahresabschluss aufstellen muss, einschl. aller Verwaltungs- und Hilfsbetriebe u.Ä. sowie auch aller nichtproduzierenden Teile (z.B. Handelsabteilungen), jedoch ohne Zweigniederlassungen im Ausland und ohne rechtlich selbstständige Tochtergesellschaften.

<sup>6</sup> Als Betriebe gelten örtliche Einheiten die mit dem meldenden Betrieb örtlich verbunden sind oder in dessen Nähe liegen. Örtlich getrennte Hauptverwaltungen von Unternehmen gelten ebenfalls als eigenständige Betriebe. Nichtproduzierende Betriebsteile (z.B. Handelsabteilungen) werden in die Meldung einbezogen.



**Abbildung 12: Investitionen im Kohlenbergbau, in der Gewinnung von Erdöl und Erdgas und in Kokereien und der Mineralölverarbeitung in Millionen Euro 2000 – 2016**

Fehlende Werte in den Sektoren WZ 06 Gewinnung von Erdöl und Erdgas und WZ 19 Kokerei und Mineralölverarbeitung treten in den Jahren 2001, 2002 sowie 2005 bis 2007 auf. Dies führt zu Sprüngen im zeitlichen Verlauf der Investitionen, die nicht inhaltlich zu interpretieren sind.

Sowohl der Berichtskreis der Investitionserhebung wie auch die akzeptable Aktualität in der Bereitstellung der Ergebnisse sprechen dafür, für diesen Teil der Erfassung der Energiewirtschaft die vorgestellten amtlichen Daten zu nutzen.

### 3.1.1 INVESTITIONEN IN DEN KOHLENBERGBAU

Die Investitionen in den Kohlenbergbau (Steinkohlen- und Braunkohlenbergbau) bewegen sich im Zeitraum 2000 bis 2015 in einem Bereich zwischen 500 Mio. Euro und 1 Mrd. Euro. Der höchste Wert ergibt sich im Jahr 2005 (1,013 Mrd. Euro). Mit Ausnahme des Jahres 2015 haben die Investitionen im Kohlenbergbau zuletzt wieder leicht zugenommen; sie betragen 2014 669 Mill. Euro und 2015 562 Mio. Euro.

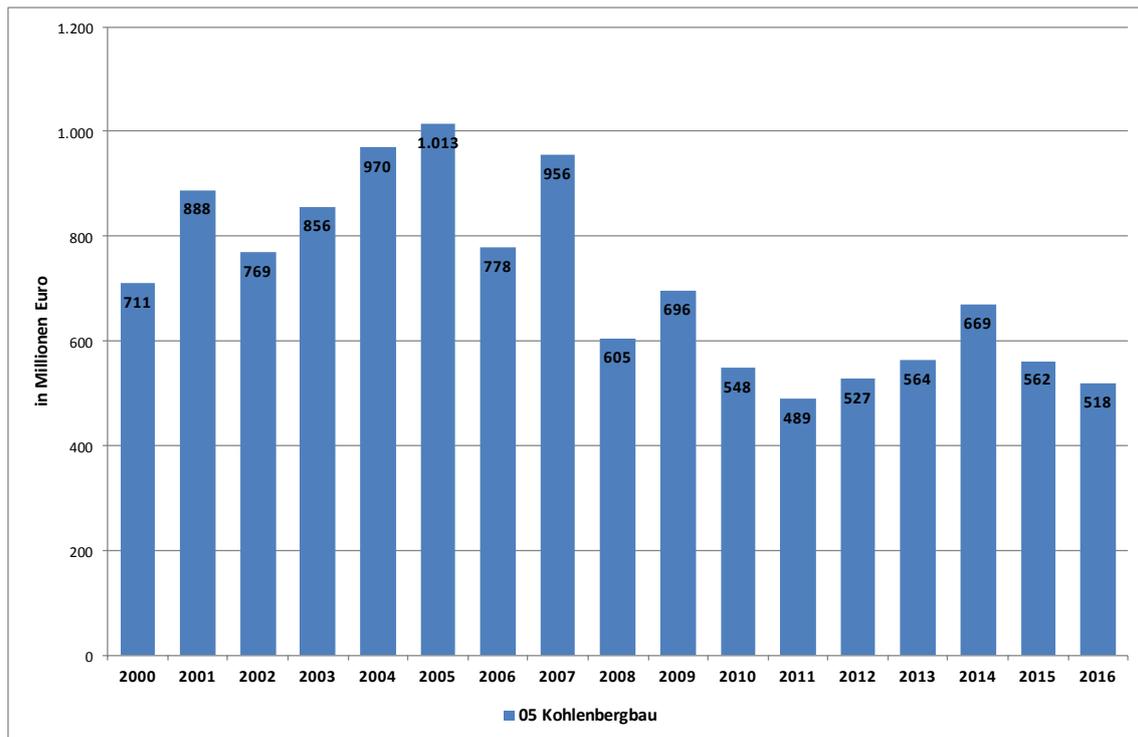


Abbildung 13: Investitionen im Wirtschaftsbereich Kohlenbergbau in Millionen Euro 2000 - 2016

### 3.1.2 INVESTITIONEN IN DIE GEWINNUNG VON ERDÖL UND ERDGAS

Bei den Investitionen in die Gewinnung von Erdöl und Erdgas treten auf Grund von Geheimhaltungsvorschriften fehlende Werte in den Jahren 2001, 2002, 2005, 2006 und 2007 auf. Bis auf das Jahr 2015 (231 Mio. Euro) lagen die Investitionen seit dem Jahr 2008 stabil in deinem Bereich zwischen rund 320 und 350 Mio. Euro.

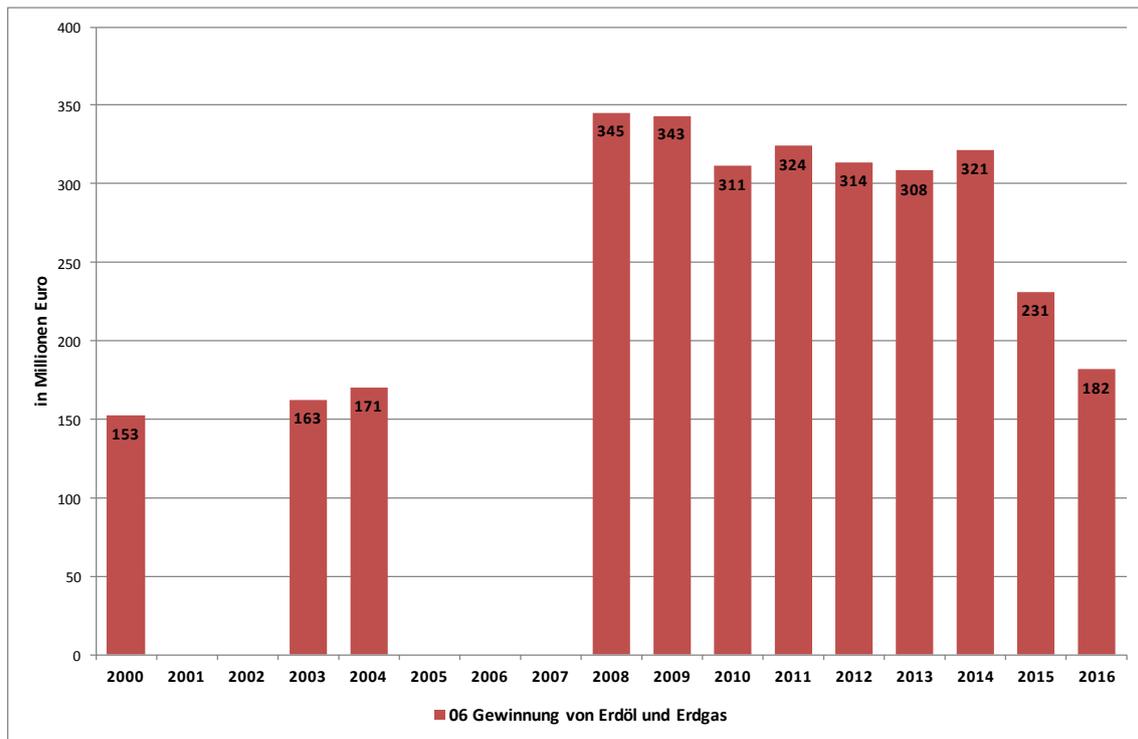


Abbildung 14: Investitionen im Wirtschaftsbereich Gewinnung von Erdöl und Erdgas in Millionen Euro 2000 - 2016

### 3.1.3 INVESTITIONEN IN KOKEREIEN UND MINERALÖLVERARBEITUNG

Auch bei den Investitionen in Kokereien und Mineralölverarbeitung gibt es auf Grund von Geheimhaltungsvorschriften fehlende Werte in den Jahren 2001, 2002, 2005, 2006 und 2007. Es ist davon auszugehen dass die ausgewiesenen Investitionen ganz überwiegend in den Bereich Mineralölverarbeitung geflossen sind. Für den Bereich Kokereien wurden im gesamten Zeitraum nur Investitionen von knapp 50 Mio. Euro ausgewiesen. Die Investitionen erreichten mit gut 1 Mrd. Euro im Jahre 2008 ihren höchsten Wert. Danach schwankten sie erheblich; auffällig ist der niedrige Wert für das Jahr 2015.

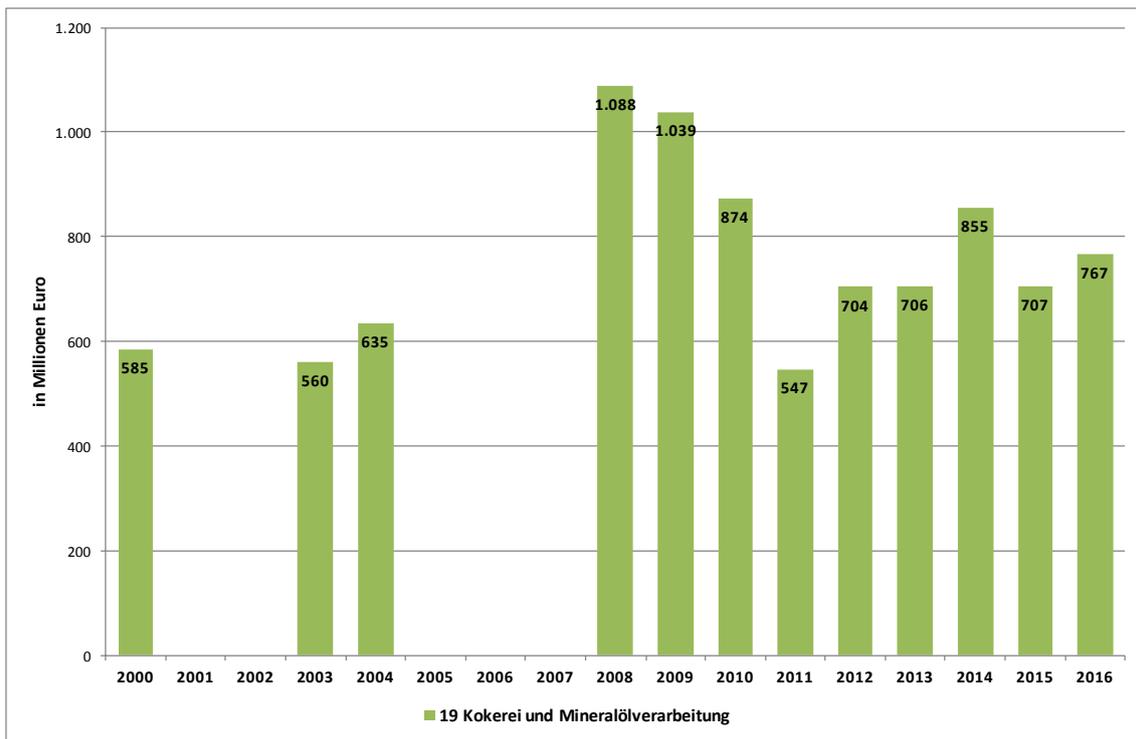


Abbildung 15: Investitionen im Wirtschaftsbereich Kokereien und Mineralölverarbeitung in Millionen Euro 2000 - 2016

### 3.1.4 INVESTITIONEN IN DIE BEREITSTELLUNG VON BIOMASSE UND BIOKRAFTSTOFFEN

Daten, welche die Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen im zeitlichen Verlauf berücksichtigen, gibt es bislang nur sehr eingeschränkt. Einzelne Untersuchungen haben für zeitlich begrenzte Abschnitte versucht die Entwicklung zu erfassen (vgl. Abbildung 16). Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass diese Zahlen nicht vollständig sind. Im Bereich der Biokraftstoffe konnte zwar der Ausbau der Biodiesel- und Bioethanolanlagen ansatzweise erfasst werden, in der Biomassebereitstellung beinhalten die Investitionen jedoch beinahe ausschließlich den Ausbau der Pelletproduktion.

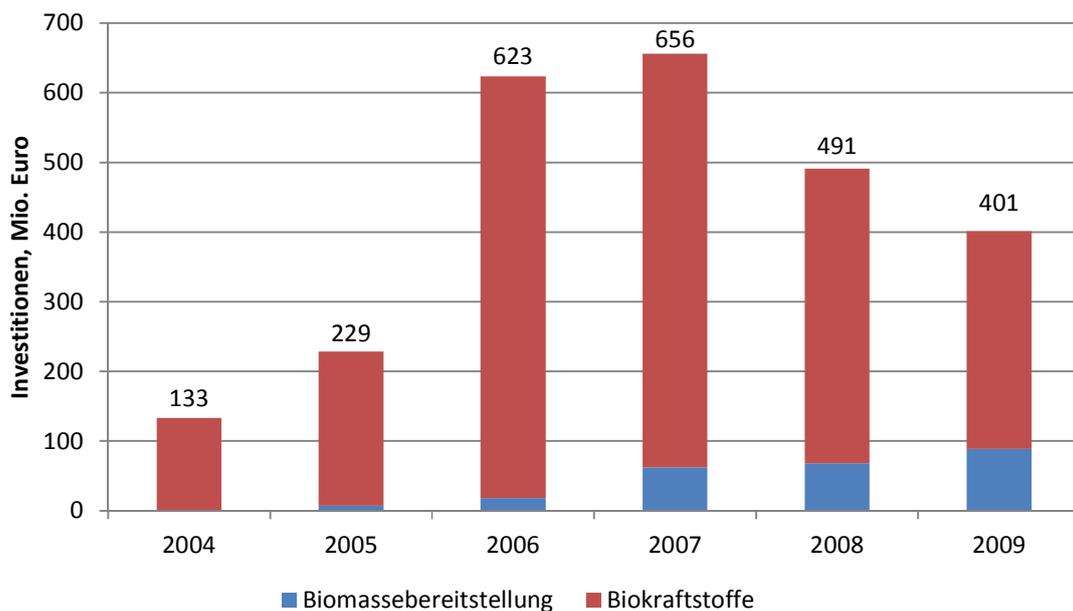


Abbildung 16: Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen, Millionen Euro (Kratzat et al 2007, Lehr et al 2011)

### 3.1.5 ZUSAMMENFASSUNG - INVESTITIONEN IN DIE BEREITSTELLUNG VON BRENN- UND KRAFTSTOFFEN

Fasst man die Investitionen in die Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen aus fossilen und erneuerbaren Quellen zusammen, lässt sich auf Basis der verfügbaren Daten ein Bild für den Zeitraum 2000 bis 2016 zeichnen. Allerdings ist die Aussagekraft dadurch eingeschränkt, dass aus statistischen Geheimhaltungsgründen für eine Reihe von Jahren Daten für die Bereitstellung aus fossilen Quellen fehlen. Gleichzeitig liegen für Investitionen für die Bereitstellung aus erneuerbaren Quellen nur Schätzungen für die Jahre 2004 bis 2009 vor. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung weisen die Jahre 2008 und 2009 mit Investitionen in Höhe von jeweils rund 2,5 Mrd. Euro die höchsten Werte aus. Danach bewegen sich die Investitionen in einer Spannweite zwischen 1,4 und knapp 1,9 Mrd. Euro. Für das Jahr 2016 ergibt sich eine Investition in Höhe von knapp 1,5 Mrd. Euro.

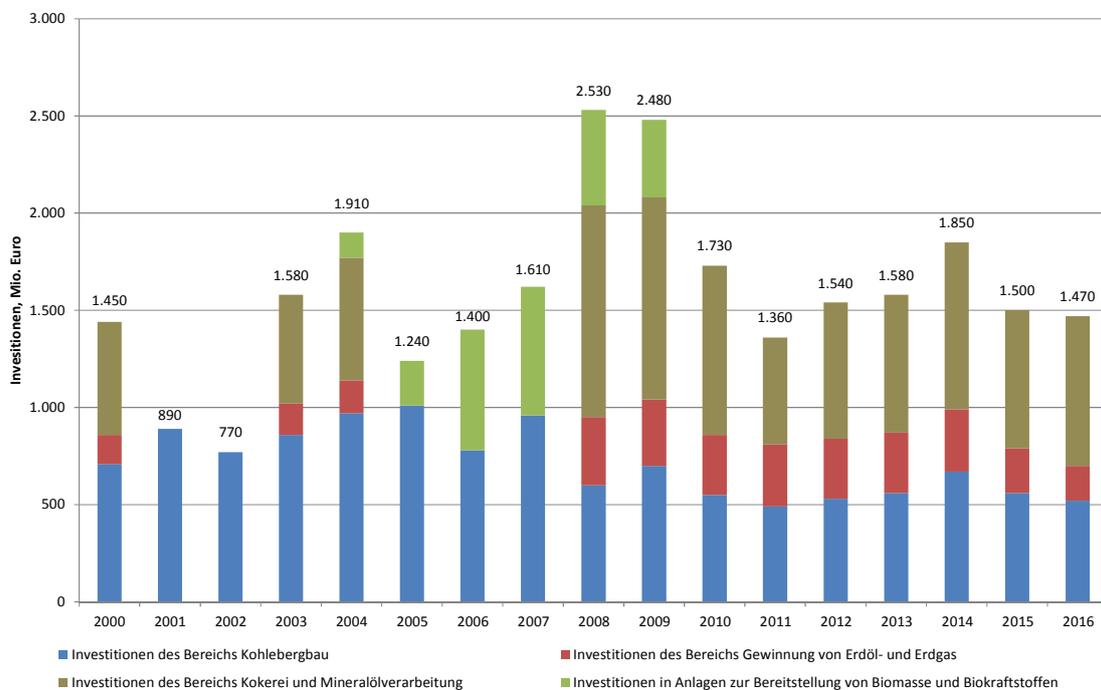


Abbildung 17: Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen, in Millionen Euro im Zeitraum 2000 – 2016 (eigene Darstellung)

### 3.2 INVESTITIONEN IN ANLAGEN ZUR BEREITSTELLUNG VON STROM UND WÄRME

Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme werden in einer Reihe von verfügbaren amtlichen und nicht amtlichen Quellen erfasst und öffentlich zur Verfügung gestellt.

Das Statistische Bundesamt (StaBuA bzw. destatis) veröffentlicht in seiner Fachserie 4 Reihe 6.1 die Investitionen verschiedener Teilbereiche der Energiewirtschaft. Dazu zählen die Elektrizitätsversorgung sowie die Wärme- und Kälteversorgung. Die Daten werden jährlich erhoben und mit einer zeitlichen Verzögerung von 1,5 Jahren veröffentlicht (StaBuA 2015).

Darüber hinaus sind mit einer zeitlichen Verzögerung von etwa einem Jahr die Investitionen der Energie- und Wasserversorgung in der Datenbank Genesis des StaBuA online verfügbar. Diese sind nach Wirtschaftszweigen differenziert dargestellt. Im Einzelnen werden Investitionen in Grundstücke mit Bauten, Investitionen in Grundstücke ohne Bauten, sowie Investitionen in Maschinen unterschieden (StaBuA 2016).

Die Verwendung dieser Investitionsdaten für die Zwecke dieser Untersuchung ist mit folgenden Problemen behaftet:

- Die Investitionen werden zusammengefasst für alle wirtschaftlichen Aktivitäten der Energieversorgungsunternehmen (Wirtschaftsbereich D der WZ 2008) erhoben. Daher ist eine Differenzierung nach Investitionsbereichen (Stromerzeugung, Verteilung, Speicher, etc.) sowie nach Technologien (Kohle-, Gaskraftwerke, Windenergieanlagen, etc.) nicht gegeben.
- Es werden nicht alle relevanten Akteure erfasst. Zum Beispiel werden bei den Investitionen in Erzeugungsanlagen nur jene erfasst, die von den wirtschaftlichen Einheiten getätigt werden, die zum Berichtskreis der Erhebung, i.e. der Energiewirtschaft, zählen. Insbesondere bei Investitionen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien (EE) werden damit wesentliche Akteure wie private Haushalte nicht berücksichtigt, so dass die getätigten Investitionen für EE-Anlagen nur unzureichend abgebildet werden (vgl. Tabelle 2).
- Die Investitionen in das Energiesystem bilden die Grundlage zur Ermittlung weiterer wirtschaftlicher Effekte, wie durch Investitionen ausgelöste Umsätze und Beschäftigung in anderen Wirtschaftszweigen in Deutschland. Die Ermittlung der mit diesen Investitionen verbundenen Umsätze des deutschen Anlagenbaus sowie der daraus resultierenden Beschäftigung ist jedoch auf dieser Basis nur mit großen Unsicherheitsbereichen möglich, denn neben den Investitionen in den Anlagenneubau bzw. die Erweiterung und den Erhalt der Anlagen sind auch Käufe von Bestandsanlagen enthalten. Da diese keine erneuten produktionsorientierten Impulse im Anlagenbau auslösen, müssten sie für die Berechnung der weiteren Indikatoren herausgerechnet werden. Dies ist jedoch auf Grund der vorliegenden Daten nicht möglich.

Aus diesen Gründen werden die Daten des Statistischen Bundesamtes im Rahmen

dieser Untersuchung nicht weiter berücksichtigt.

### 3.2.1 INVESTITIONEN IN KONVENTIONELLE ANLAGEN ZUR STROMBEREITSTELLUNG

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) stellt Daten zu den Investitionen in das Energiesystem speziell durch Stromversorger bereit. Diese Daten werden als Zeitreihe veröffentlicht und basieren auf einer eigenen Abfrage des Verbandes bei den Unternehmen.<sup>7</sup> Diese Daten sind zwischen den Erzeugungsanlagen, den Fortleitungs- und Verteilungsanlagen, sowie sonstigen Investitionen differenziert (vgl. Abbildung 18). Plan-Daten für die gesamten Investitionen liegen bereits zum Jahresende hin vor, eine Aktualisierung anhand von Ist-Daten sowie eine technologische Differenzierung sind jeweils frühestens im Dezember für das vorangegangene Jahr möglich.

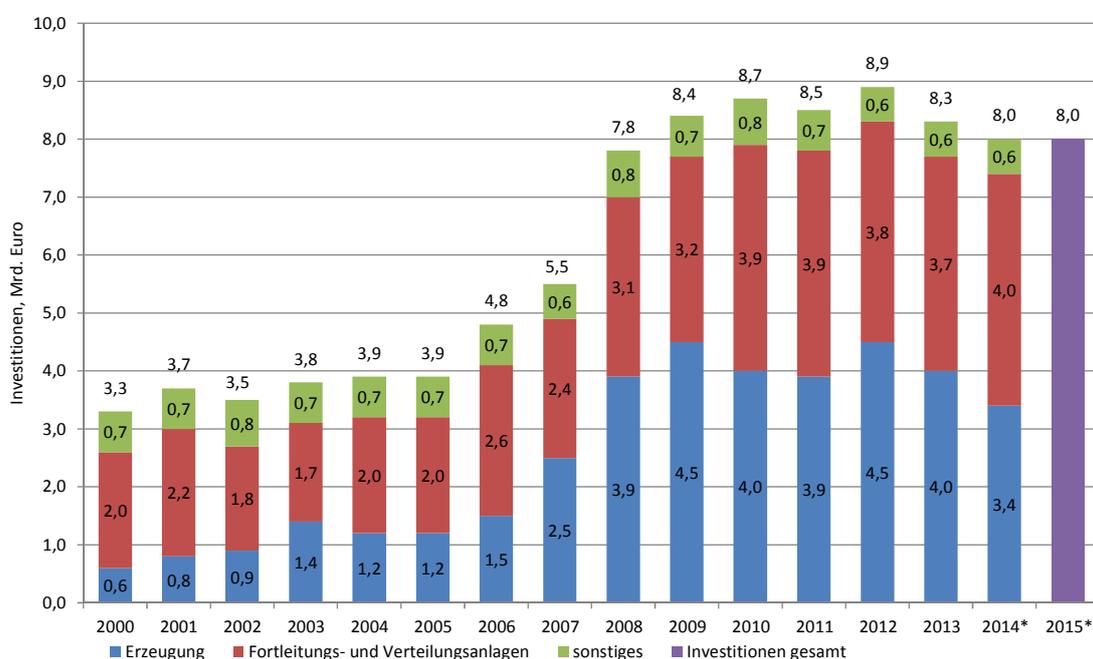


Abbildung 18: Investitionen der deutschen Stromversorger (BDEW 2016a)<sup>8</sup>

Diese Daten bieten grundsätzlich eine deutlich bessere Differenzierung als die Daten des Statistischen Bundesamtes. Für den Bereich der Erzeugungsanlagen bleiben die Einwände, die bereits für die StaBuA-Daten beschrieben wurden, jedoch bestehen. Damit ist auch diese Informationsquelle nicht für die Zwecke dieser Untersuchung geeignet.

Weitere direkte ökonomische Informationen zu den Investitionen in konventionelle

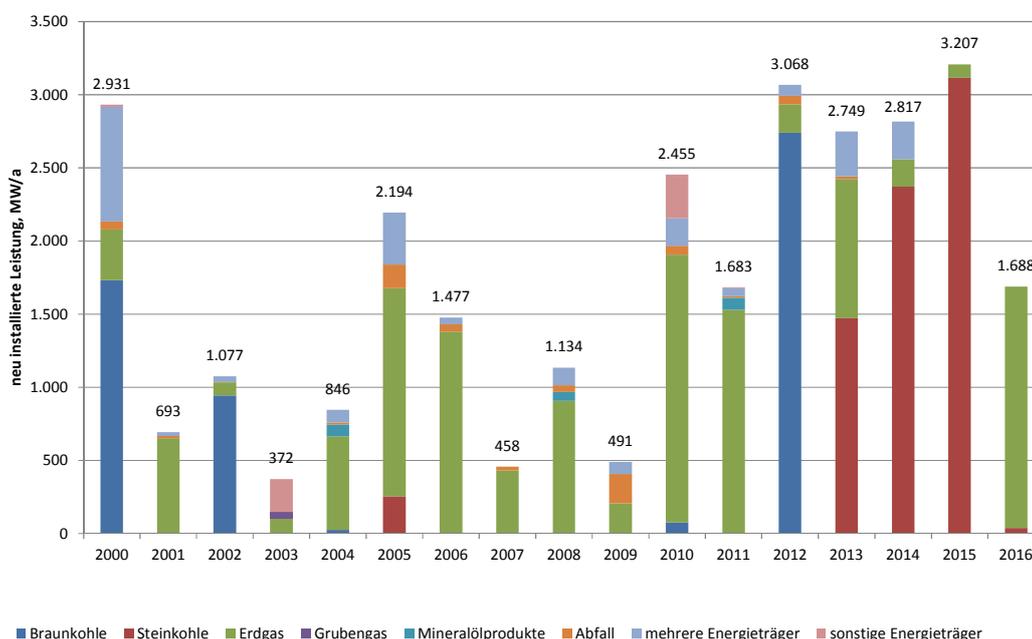
<sup>7</sup> Die Umfrage wird sowohl unter den Mitgliedsunternehmen des BDEW wie auch darüber hinaus durchgeführt. Eine vollständige Abdeckung ist jedoch nicht gegeben.

<sup>8</sup> Die Suche nach einer Datengrundlage zur Ermittlung der ökonomischen Indikatoren ist im Jahr 2016 durchgeführt worden und bezieht sich daher auf den Zeitraum von 2000 bis 2015. Die Daten, welche für die Ermittlung der Indikatoren des Jahres 2016 nicht eingesetzt wurden, wurden nicht aktualisiert.

Energieerzeugungsanlagen liegen nicht vor. Eine Möglichkeit, die Investitionen in konventionelle Energieerzeugungsanlagen dennoch zu ermitteln, führt über die Entwicklung des Anlagenbestands. Ausgehend von dem Anlagenzubau (MW/a) kann unter Zuhilfenahme spezifischer Investitionskosten auf die Investitionen geschlossen werden.

Der Anlagenbestand an Stromerzeugungsanlagen des verarbeitenden Gewerbes sowie im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden wird vom Statistischen Bundesamt in seiner Fachserie 4 Reihe 6.4 ausgewiesen, wobei die Kapazitäten (MW) nach verschiedenen Energieträgern differenziert dargestellt sind (StaBuA 2015). Eine Zubauentwicklung kann aus dieser Zeitreihe jedoch nicht abgeleitet werden, da der Rückbau von Bestandsanlagen nicht bekannt ist. Aus diesem Grund erscheinen diese Daten für den Zweck der Ermittlung der Investitionen in konventionelle Energieerzeugungsanlagen eher ungeeignet.

Eine weitere offizielle Quelle, welche sich mit dem Anlagenbestand auseinandersetzt, ist die Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur (BNetzA 2016). Diese Datenbank wird mehrmals jährlich aktualisiert und weist alle Stromerzeugungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von mindestens 10 MW blockscharf aus. Die Daten sind nach Energieträgern differenzierbar und zeitlich dem Jahr ihrer Inbetriebnahme zuzuordnen. Damit ermöglicht die Kraftwerksliste, die Entwicklung des Zubaus konventioneller Anlagen zur Stromerzeugung technologiescharf abzuleiten (Abbildung 19).

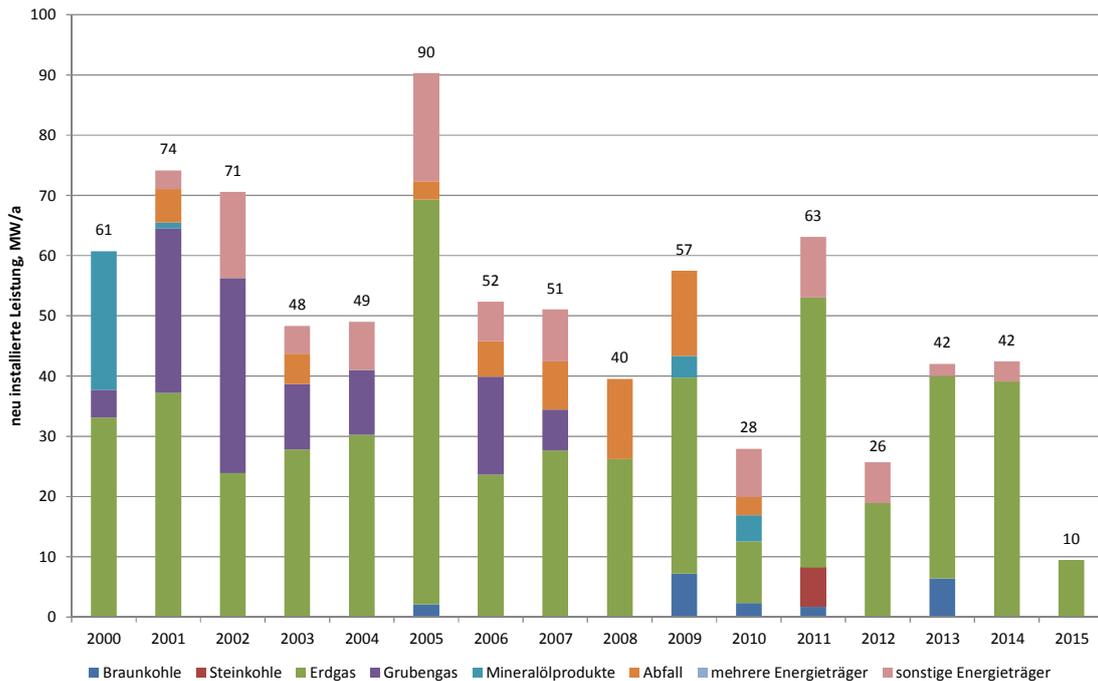


**Abbildung 19: Jährlicher Zubau an konventioneller Kraftwerksleistung ab 10 MW in Deutschland, MW (BNetzA 2016)**

Auf Grund der Tatsache, dass lediglich Anlagen mit einer Gesamtkapazität von mindestens 10 MW blockscharf in der Datenbank der BNetzA enthalten sind, sind die hier ausgewiesenen Investitionen in konventionelle Kraftwerke nicht vollumfänglich.

Informationen bezüglich des Zubaus kleinerer Stromerzeugungseinheiten sind

teilweise auf anderem Wege verfügbar. Ein Beispiel ist hier die weltweite Kraftwerksdatenbank des Informationsdienstleisters Platts. In dieser Datenbank sind ebenfalls Erzeugungseinheiten unter 10 MW anlagenscharf enthalten, wobei nicht klar ist, welche Marktabdeckung in diesem Segment gegeben ist. Nach einer Auswertung der Daten wird deutlich, dass in dem Zeitraum von 2000 bis 2015 804 MW konventioneller Kraftwerksleistung zugebaut wurden, die nicht von der Datenbank der BNetzA erfasst wurden.<sup>9</sup> Etwa 60% dieser Kapazitäten verwenden dabei Gas als Brennstoff (vgl. Abbildung 20). In der Tendenz weisen die Daten über den gesamten Zeitraum einen Rückgang des Neubaus von Anlagen kleiner als 10 MW aus.



**Abbildung 20: Zubau konventioneller Kraftwerke kleiner als 10 MW Leistung in Deutschland, MW/a (eigene Berechnung auf der Basis von Platts 2015)**

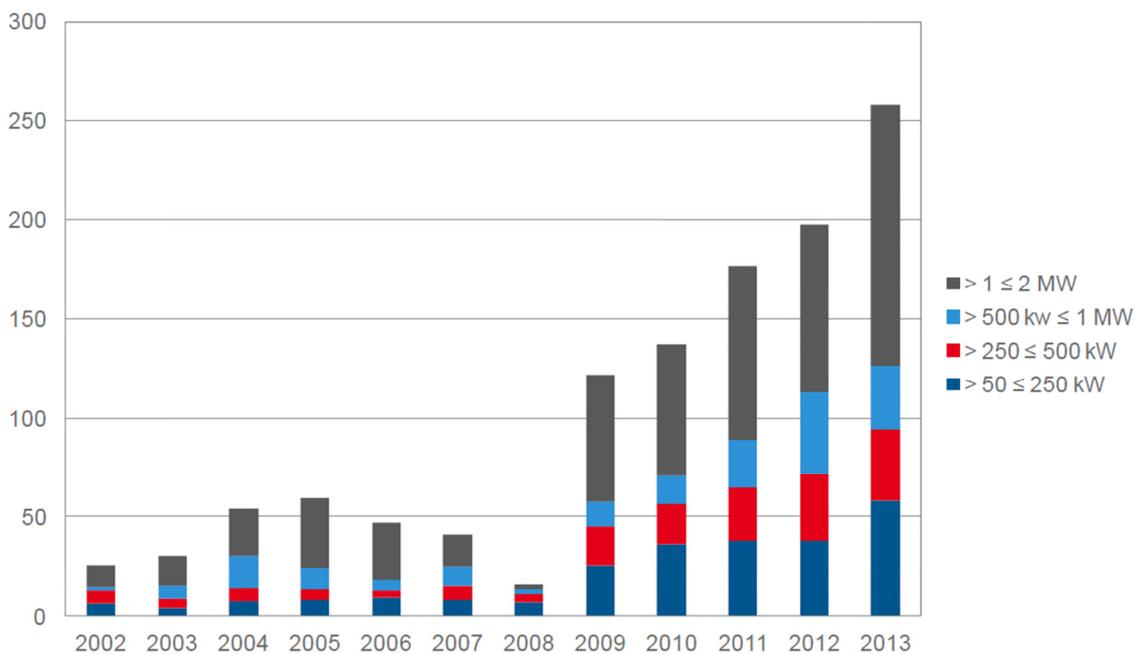
Eine weitere Quelle, die Hinweise zur Identifikation von Kleinanlagen im Stromsektor bietet, ist das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG), welches seit 2002 den Ausbau der Kraftwärmekopplung unterstützt. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), welches die ausführende Behörde für das KWKG ist, erhebt in diesem Rahmen die Leistung der Anlagen, die neugebaut oder modernisiert werden. Die Investitionen, die durch die Förderung in diesem Bereich ausgelöst werden, werden hingegen nicht erfasst.<sup>10</sup>

Eine Abgrenzung zu den Anlagen, die bereits in der Kraftwerksliste der BNetzA

<sup>9</sup> Darüber hinaus sind in den Daten knapp 500 MW ausgewiesen, die keine zeitliche Zuordnung zulassen, deren Zubau also auch vor dem Jahr 2000 gelegen haben könnte. Reduziert man diese Leistung um die Kapazitäten, die stillgelegt sind, so handelt es sich noch um eine Größenordnung um 420 MW.

<sup>10</sup> Im Bereich der Förderung der Wärmenetze sowie der Wärmespeicher werden die ausgelösten Investitionen anlagenspezifisch durch das BAFA erfasst (s.u.).

enthalten sind, ist aller Wahrscheinlichkeit nach möglich, erfordert aber einen Zugang zu der Datenbank des BAFA. Abbildung 21 zeigt den zeitlichen Verlauf des Zubaus sowie der Modernisierung der Anlagen in der Größenklasse 50 kW bis 2 MW, von dem anzunehmen ist, dass er den Trend der Ergebnisse einer detaillierten Analyse der Anlagen, die nicht bereits durch die Kraftwerksdatenbank erfasst sind, widerspiegelt. Laut Wunsch et al (2014) entfielen in den Jahren 2012 und 2013 knapp 92% der in Abbildung 21 ausgewiesenen Leistung auf den Neubau von Anlagen. Damit kann im Vergleich zur Platts-Datenbank ein Anstieg der Neubauaktivitäten in den vergangenen Jahren abgeleitet werden, der sich laut Gores et al. (2015) fortgesetzt hat.



**Abbildung 21: Neubau und Modernisierung der nach dem KWKG geförderten KWK-Anlagen zwischen 50 kW und 2 MW, MW (Wunsch et al 2014)**

Vergleicht man die Daten der Platts-Datenbank sowie des KWKG, so wird deutlich, wie unzureichend die Datenlage im Bereich der Anlagen kleiner als 10 MW ist. Die Tendenzen, die beide Datenquellen ausweisen, sind gegenläufig und auch die Annahme, dass die Unterschiede damit zu erklären sind, dass in der Datenbank des BAFA durch den Fokus auf KWK nur eine Teilmenge der Anlagen erfasst wird, kann nicht bestätigt werden. Die ausgewiesenen Neubauten im KWKG lagen 2012 und 2013 um ein vielfaches über den installierten Leistungen, die sich aus der Platts-Datenbank ergeben. Insgesamt ist an beiden Quellen zu kritisieren, dass die Marktabdeckung sowohl insgesamt als auch in der zeitlichen Entwicklung nicht bekannt ist. Dies kann dazu führen, dass eine Trendentwicklung wahrgenommen wird, die auf den Herausforderungen der Datengenerierung und weniger auf der tatsächlichen Investitionstätigkeit basiert. Darüber hinaus sind die Daten der Platts-Datenbank nicht frei verfügbar, wodurch die Aktualität nicht in jedem Jahr gewährleistet werden kann.

Auf eine Verwendung des aus der Platts-Datenbank oder dem KWKG resultierenden Zubaus von Anlagen mit einer Gesamtkapazität von weniger als 10 MW wird im

Rahmen dieser Untersuchung verzichtet. Insgesamt erscheint es sinnvoller, die Systemgrenzen der Daten der BNetzA zu akzeptieren, als Ungenauigkeiten in die Daten zu integrieren, die eine Interpretation der zeitlichen Entwicklung erschweren.

Damit wird im Folgenden ausschließlich der aus der Kraftwerksdatenbank der BNetzA resultierende Kraftwerksausbau aus Abbildung 19 für die Ermittlung der Investitionen in konventionelle Kraftwerke zur Stromerzeugung herangezogen.

Ausgehend von dem technologischen Zubau, können die Investitionen unter Berücksichtigung der spezifischen Investitionen abgeleitet werden. Die spezifischen Investitionen der jeweiligen Technologien können dabei auf zwei verschiedenen Wegen bestimmt werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, Annahmen über die spezifischen Kosten den Berechnungen der Investitionen zugrunde zu legen, zum anderen können den jeweiligen Kraftwerken tatsächliche Investitionsausgaben zugeordnet werden. Eine Verwendung der tatsächlichen Ausgaben erscheint dabei erstrebenswert, da Unsicherheiten, die mit der Annahme von spezifischen Investitionskosten verbunden sind, vermieden werden. Ein Beispiel ist der Kostenunterschied bei der Erschließung eines neuen Standorts versus der Kapazitätserweiterung eines bestehenden Kraftwerks. Gleichzeitig kann die Verfügbarkeit der realen Investitionskosten problematisch sein.

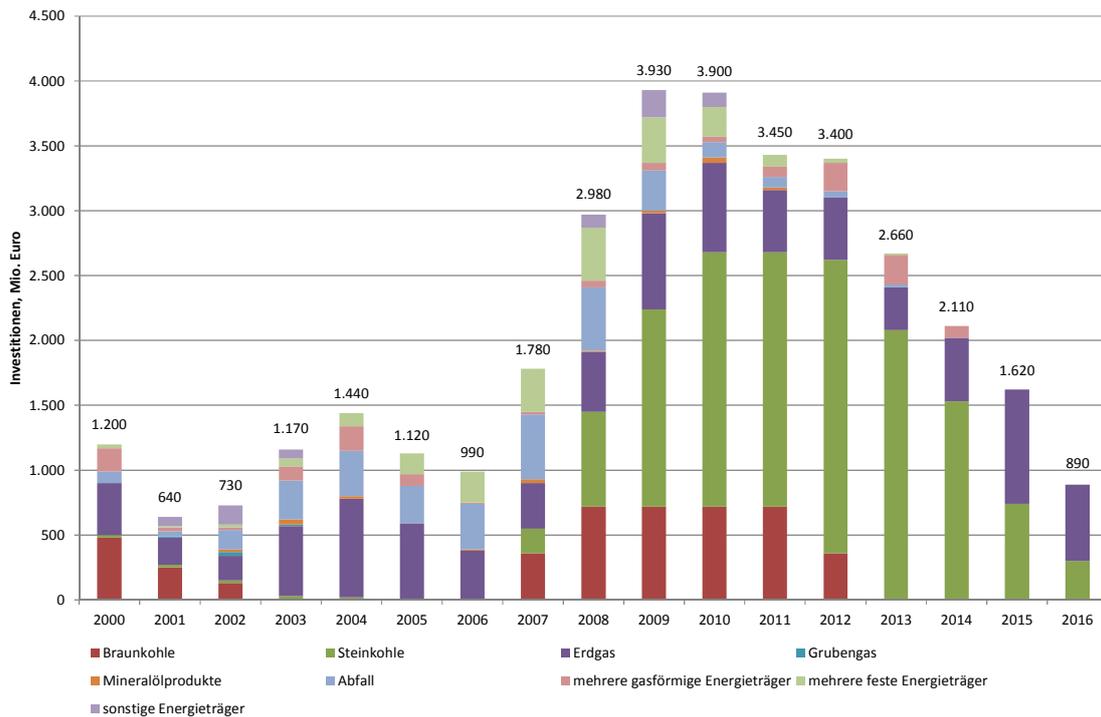
Eine Internetrecherche hat ergeben, dass für einen Großteil der Anlagen, welche der Energiewirtschaft zuzuordnen sind, Informationen zu den tatsächlich vorgenommenen Investitionen verfügbar sind. Diese werden häufig direkt von den Unternehmen in Form von spezifischen Projekt-Webseiten bzw. Pressemitteilungen benannt, oder im Rahmen der projektbegleitenden Berichterstattung der lokalen Medien aufgegriffen. Hintergrund mag hier das große politische und öffentliche Interesse an Großanlagen sein, welches durch den Umstand gestärkt wird, dass die öffentliche Hand an vielen Energieversorgungsunternehmen beteiligt ist. Für Anlagen, die durch das verarbeitende Gewerbe errichtet wurden, sind deutlich weniger Informationen frei verfügbar. Für die Anlagen von Energieversorgungsunternehmen oder Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe, zu denen keine spezifischen Investitionskosten identifiziert werden konnten, wurde ein technologiespezifischer Mittelwert der ermittelten Kosten angesetzt (vgl. Tabelle 3).

**Tabelle 3: Mittelwerte der spezifischen Investitionskosten und mittlere Bauzeiten (eigene Angaben)**

	Mittelwert der spezifischen Investitionskosten, Mio. Euro/MW	Mittlere Bauzeit in Jahren
Braunkohle	1,3	5
Steinkohle	1,7	6
Erdgas	1,0	2
Grubengas	k. A.	2
Mineralölprodukte	1,0	2
Abfall	5,6	3
mehrere Energieträger, gasförmig	1,0	2
mehrere Energieträger, fest	6,0	3
sonstige Energieträger	1,3	2

Da die Investitionen in Großprojekte meist nicht innerhalb eines Jahres durchgeführt werden, wurde bei der anlagenspezifischen Recherche auch die Bauzeit der Kraftwerke erhoben. Auf dieser Grundlage wurden technologiespezifische durchschnittliche Bauzeiten ermittelt, auf deren Basis die Investitionen in die jeweiligen Anlagen zeitlich gleichverteilt wurden. Um den Unterschieden in der unterjährigen Verteilung der Inbetriebnahme gerecht zu werden, wurde dabei davon ausgegangen, dass die Anlagen im Mittel zur Jahresmitte fertiggestellt wurden. Damit wurde für eine Anlage, die Erdgas als Energieträger nutzt und 2015 fertiggestellt wurde, davon ausgegangen, dass die Hälfte der Investitionskosten 2014 angefallen ist und jeweils ein Viertel in den Jahren 2013 und 2015.

Die Investitionen, die aus dieser Herangehensweise resultieren, sind in Abbildung 22 dargestellt. Danach wurden im Zeitraum zwischen 2000 und 2016 insgesamt 34 Mrd. Euro in den Neu- und Ausbau von Anlagen mit einer Gesamtkapazität von etwa 1,7 GW investiert. Nach einem Investitionsniveau von jährlich durchschnittlich 1 Mrd. Euro in dem Zeitraum 2000 bis 2006 war danach ein deutlicher Anstieg der Investitionen zu verzeichnen. Dieser ist insbesondere auf den Bau von zehn Steinkohleblöcken und vier Braunkohleblöcken im Zeitraum 2007 bis 2016 zurückzuführen. Der höchste Stand der Investitionen war demnach 2009/2010 mit rund 3,9 Mrd. Euro jährlich erreicht. Bis 2016 sanken die jährlichen Investitionen von da an wieder auf das Niveau von 900 Mio. Euro.



**Abbildung 22: Investitionen in konventionelle Kraftwerke ab 10 MW in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

### 3.2.2 INVESTITIONEN IN KONVENTIONELLE ENERGIE- ERZEUGUNGSANLAGEN ZUR FERNWÄRMEBEREITSTELLUNG

Die Abgrenzung von Anlagen zur Fernwärmebereitstellung von Anlagen zur Strombereitstellung wird durch die Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), welche beiden Bereitstellungsformen dienen, erschwert. In der hier vorliegenden Untersuchung werden die Investitionen in KWK-Anlagen im Bereich der Strombereitstellung aufgeführt. Ein Versuch der Differenzierung der Investitionen nach Anlagenteilen, welche spezifisch der Strom- oder Wärmebereitstellung dienen, wird als nicht praktikabel angesehen.

Bezüglich des Zubaus reiner Wärmeerzeugungsanlagen liegen weder Informationen zu den Investitionen noch zum Zubau von Anlagen einheitlich vor. Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (AGFW) hat zwar Informationen bezüglich des Anlagenbestands, der Zubau kann jedoch daraus nicht abgeleitet werden.

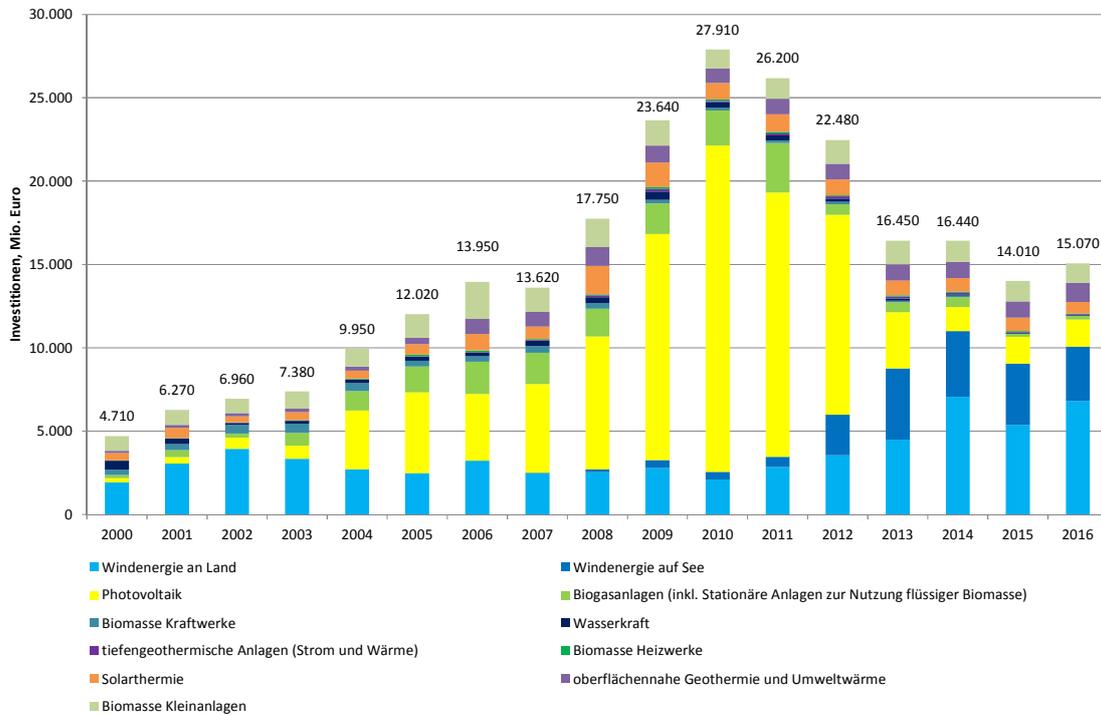
### 3.2.3 INVESTITIONEN IN ANLAGEN ZUR NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (EE) werden im Rahmen der Aktivitäten der Arbeitsgemeinschaft erneuerbare Energien Statistik (AGEE-Stat) für Deutschland ermittelt und veröffentlicht. Basis der Ermittlung der Investitionen ist die jährlich neu installierte Leistung, der spezifische Investitionskosten zugewiesen werden. Die Investitionen werden dabei auf einer recht hoch aufgelösten technologischen Ebene ermittelt und teilweise kumuliert dargestellt. Die Informationen sind in einer ersten Abschätzung meist bereits im März für das jeweilige vorhergehende Jahr verfügbar. Aktualisiert werden die Informationen gegen Mitte und Ende des jeweiligen Jahres. Die Zeitreihen werden in unregelmäßigen Abständen vollständig an den neusten verfügbaren Erkenntnisstand angepasst.

In der in Abbildung 23 vorliegenden Version der Investitionszeitreihe werden die Investitionen nicht mehr wie in der Vergangenheit grundsätzlich in dem Jahr ausgewiesen, in dem die Kapazität statistisch erfasst wird (Zeitpunkt der abgeschlossenen Installation). Stattdessen wurde auch hier die Herangehensweise gewählt, wonach die Investitionen in EE-Anlagen über den Zeitraum der durchschnittlichen Bauzeit gestreckt wurden (vgl. hierzu auch Kapitel 3.2.1).

Insgesamt konnte im Zeitraum von 2000 bis 2010 ein jährliches Wachstum der getätigten Investitionen verzeichnet werden. Einzige Ausnahme in diesem Zeitraum ist das Jahr 2007, in dem erstmals ein leichter Rückgang der Investitionen im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen war. Als wesentliche Treiber des starken Anstiegs der Investitionen zwischen 2007 und 2010 ist die Photovoltaik (PV) hervorzuheben, deren Investitionsvolumen sich beinahe vervierfachte. Zwischen 2011 und 2013 ist ein deutlicher Rückgang der Investitionen zu erkennen, der erneut vor allem mit dem Bereich PV zusammenhing. In den Jahren 2011 und 2012 war diese Entwicklung ausschließlich auf den starken Rückgang der spezifischen Investitionskosten dieser Technologie zurückzuführen, wohingegen im Jahr 2013 nur noch knapp ein Drittel der installierten Leistung des Vorjahres zugebaut wurde. Ein ähnlicher Verlauf der

Investitionsaktivitäten wie bei der Photovoltaik, wenn auch auf einem sehr viel geringeren Niveau, ist beim Bereich der Biogasanlagen in diesem Zeitraum zu beobachten. Auf Grund des deutlichen Anstiegs der Investitionen im Bereich der Windenergie auf See fiel der Rückgang der gesamten Investitionen zwischen 2012 und 2013 jedoch nicht so deutlich aus. Insgesamt liegen die Investitionen seit 2013 vergleichsweise stabil auf einem Niveau zwischen 14 und 16 Mrd. Euro.



**Abbildung 23: Investitionen in die Errichtung von Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland (ZSW 2017)**

Der Bereich der Biomasse Kleinanlagen, der in den anschließenden Übersichten zu den Investitionen der Energiewirtschaft (siehe unten) nicht ausgewiesen wird, trug im Jahr 2000 noch mit knapp 19% zu den Gesamtinvestitionen der erneuerbaren Energien bei. Aktuell liegt der Anteil bei etwa 8%.

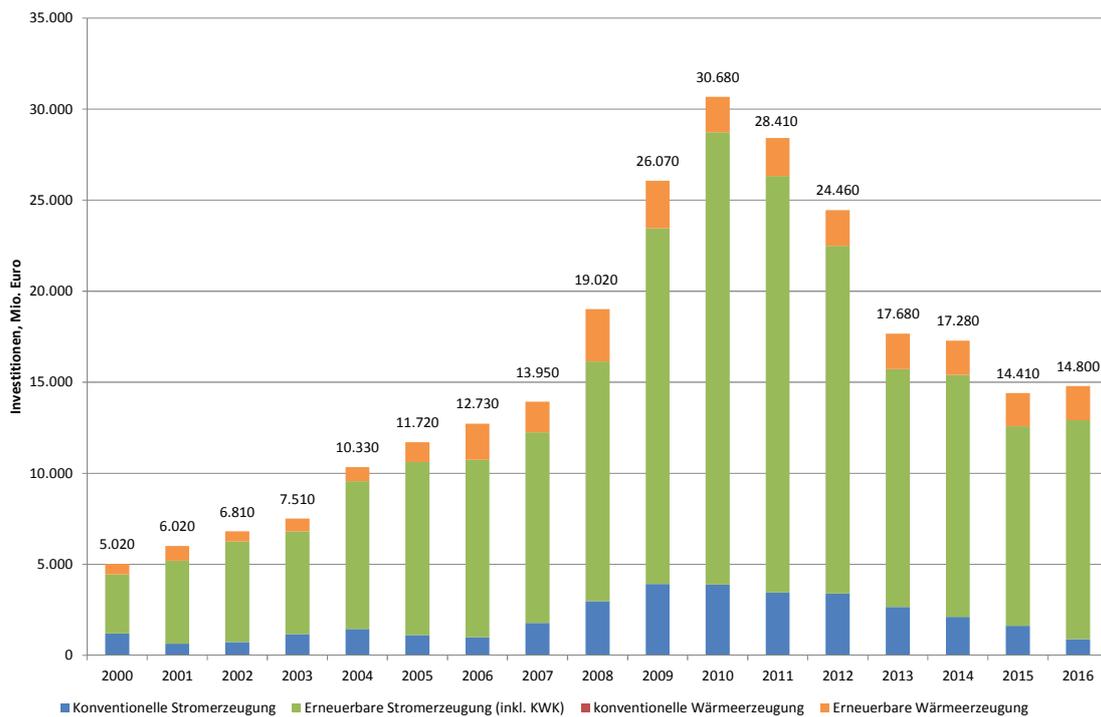
### 3.2.4 ZUSAMMENFASSUNG - INVESTITIONEN IN ANLAGEN ZUR BEREITSTELLUNG VON STROM UND WÄRME

Der Überblick über die Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme macht insbesondere zwei Dinge deutlich. Zum einen wird die Wärmebereitstellung in ihrer Darstellung durch das Fehlen von Informationen zu den Investitionen in Heizwerke sowie die Zurechnung der KWK-Anlagen zum Stromsektor in seiner Relevanz nicht adäquat dargestellt. Zum anderen sticht die Dominanz der Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Stroms bezogen auf die Gesamtinvestitionen in Erzeugungsanlagen hervor (vgl. Abbildung 24).

Insgesamt konnten für den Zeitraum zwischen 2000 und 2016 rund 267 Mrd. Euro an Investitionen in den Bau von Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme ausgewiesen werden. Dabei sei jedoch darauf hingewiesen, dass im Bereich der konventionellen Strom- und Wärmebereitstellung auf Grund der verfügbaren Datenlage

lediglich die Anlagen zur Strombereitstellung mit einer Kapazität von mindestens 10 MW berücksichtigt werden konnten. Für den Bereich der erneuerbaren Energien ist durch die Arbeit der AGEE-Stat hingegen eine vollständige Erfassung möglich.

Die nachgewiesenen Investitionen stiegen zwischen dem Jahr 2000 und 2010 von etwa 5 Mrd. Euro auf etwa 30 Mrd. Euro pro Jahr an, um anschließend wieder deutlich zurückzugehen und auf einem Niveau von knapp 15 Mrd. Euro<sup>11</sup> in der vergangenen Jahren zu verharren. Dabei ist zu beobachten, dass sich die Trends der einzelnen Teilssegmente im Stromsektor gegenseitig verstärken. Das höchste Investitionsniveau war bei den Anlagen zur Nutzung konventioneller Energieträger 2009 und 2010 zu verzeichnen. Gleichzeitig fand der Peak der Investitionen im EE-Bereich 2010 statt.



**Abbildung 24: Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

<sup>11</sup> Bei einem Vergleich der Investitionen in Anlagen zu Bereitstellung von Strom und Wärme in Abbildung 24 mit den Investitionen in erneuerbare Energieanlagen in Abbildung 23 wird deutlich, dass die Gesamtinvestitionen 2016 niedriger liegen als die EE-Investitionen. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die Investitionen in Biomasse Kleinanlagen nicht in den Gesamtinvestitionen berücksichtigt werden. Eine detaillierte Begründung für diese Herangehensweise wird in Kapitel 2.3 gegeben.

### 3.3 INVESTITIONEN IN SPEICHER

#### 3.3.1 INVESTITIONEN IN STROMSPEICHER

##### 3.3.1.1 Investitionen in Pumpspeicherkraftwerke

Investitionen in Pumpspeicherkraftwerke sind aus keiner Quelle direkt verfügbar. Die für Deutschland relevanten Pumpspeicherkraftwerke sind jedoch in der Kraftwerksdatenbank der BNetzA ausgewiesen (BNetzA 2016). Die Investitionen wurden daher auf demselben Wege ermittelt, wie bereits bei den konventionellen Kraftwerkskapazitäten beschrieben. Im Zeitraum seit 2000 ist lediglich das Kraftwerk Goldisthal in Deutschland errichtet worden. Drei weitere Kraftwerke, die dem deutschen Energiesystem zur Verfügung stehen, sind im Ausland installiert worden. Eins davon in Luxemburg, zwei in Österreich, wo sich momentan zwei weitere Pumpspeicherkraftwerke im Bau befinden. In Deutschland selbst gab es in den vergangenen Jahren eine Reihe von Ausbauplänen für Pumpspeicherkraftwerke. Bislang befindet sich jedoch keines dieser Projekte im Bau.

Auf Grund des Umstandes, dass die Investitionen, die hier ausgewiesen werden, die inländische Nachfrage nach Produkten, die dem Energiebereich zugutekommen, darstellen sollen, werden die Investitionen in die im Ausland errichteten Kapazitäten hier nicht ausgewiesen. Die Investitionen in das Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal sind ebenso wie zuvor bei den konventionellen Kraftwerken gleichmäßig über die Bauzeit von 6 Jahren verteilt worden (vgl. Abbildung 25).

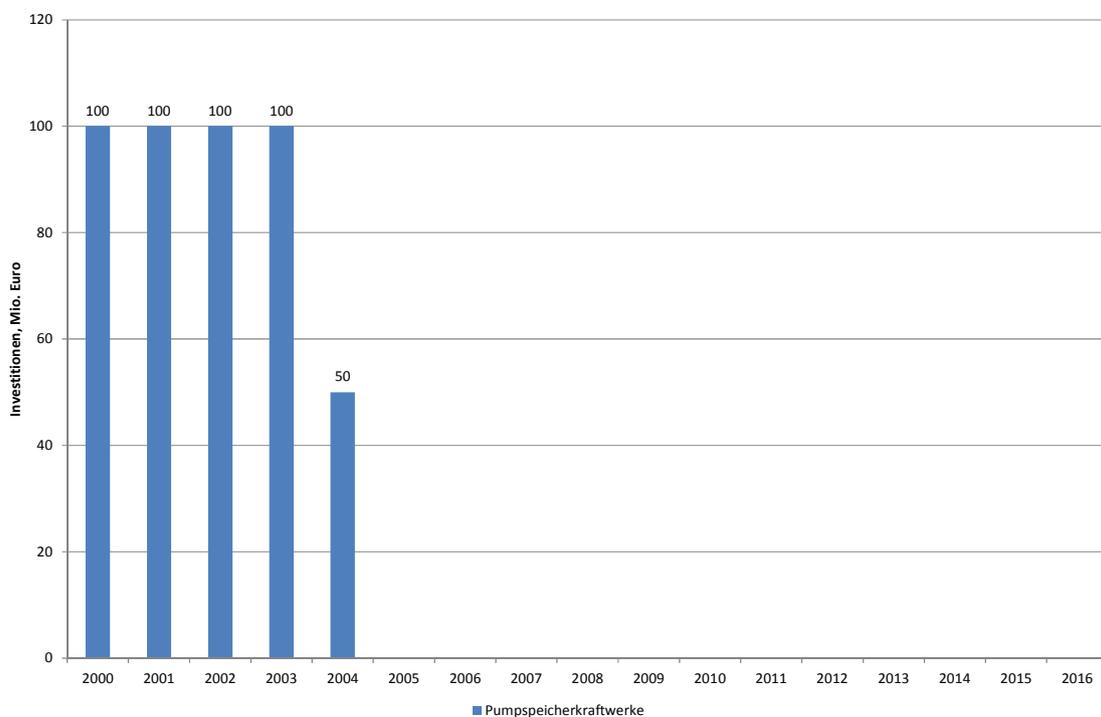
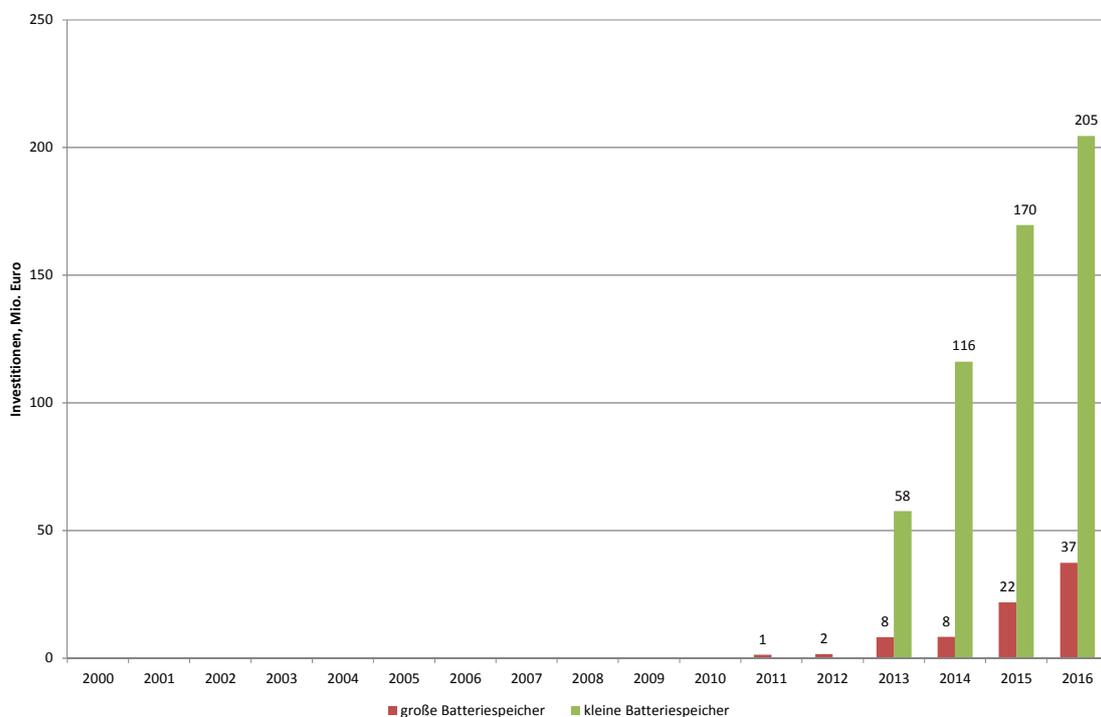


Abbildung 25: Investitionen in Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)

### 3.3.1.2 Investitionen in Batteriespeicher (elektrochemische Speicher)

Eine Zeitreihe zu den Investitionen in Batteriespeichersysteme zur stationären Nutzung in Deutschland liegt nicht vor. Ebenso ist keine einheitliche Übersicht zu den installierten Anlagen und deren Kapazitäten bekannt. Um die Entwicklung der Investitionen dieses Bereichs dennoch abschätzen zu können, wurde auf verschiedene Quellen zurückgegriffen. Der Markt für stationäre Batteriesysteme in Deutschland kann auf die Bereiche kleine und große Batteriespeichersysteme unterteilt werden.

Kleine Batteriespeichersysteme werden vor allem zur Erhöhung des Eigenverbrauch von Strom aus privaten Photovoltaikanlagen installiert. Diese Anlagen werden seit 2013 durch ein Förderprogramm der KfW unterstützt, welches Ende 2015 auslief und seit März 2016 mit neuen Förderkriterien wieder aufgelegt wurde. Die Investitionen, die aus den geförderten Batteriespeichersystemen resultieren, werden von der KfW ermittelt und in einem jährlichen Bericht veröffentlicht (vgl. u.a. Bickel, Kelm 2015, KfW 2016). Parallel dazu werden im Rahmen des wissenschaftlichen Mess- und Evaluierungsprogramms Solarstromspeicher weitere Untersuchungen zur Marktentwicklung dieser Einheiten vorgenommen (Kairies et al 2015, 2016). Aus diesen Untersuchungen lässt sich die Annahme ableiten, dass durchschnittlich etwa 55% der in Deutschland installierten Solarstromspeicher durch das KfW-Programm gefördert wurden. Auf Basis dieser Information wurden die durch die KfW-Förderung ausgelösten Investitionen hochgerechnet, um zu einer Einschätzung des Gesamtinvestitionsvolumens dieses Segments in Deutschland zu gelangen (vgl. Abbildung 26).



**Abbildung 26: Privatwirtschaftliche Investitionen in Batteriespeicher in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

Große stationäre Batteriespeichersysteme werden bislang vor allem noch im Rahmen

von Forschungs- und Demonstrationsprojekten gebaut. Erste rein privatwirtschaftlich finanzierte Anlagen sind bereits installiert oder befinden sich kurz vor ihrer Umsetzung. Ein Überblick über große Speichersysteme bietet die Global Energy Storage Database des U.S. Department of Energy (DOE) (DOE 2016). Auf Basis dieser Übersicht wurde eine Internetrecherche durchgeführt und 21 Batteriegroßspeicherprojekte identifiziert, die in Deutschland zwischen 2011 und 2016 unter Einsatz privatwirtschaftlicher Mittel installiert wurden. Im Rahmen dieser Recherche, welche insbesondere die Informationen der jeweiligen am Projekt beteiligten Unternehmen berücksichtigt, wurden die spezifischen Investitionen jedes dieser Projekte ermittelt, wobei zwischen den Mitteln differenziert wurde, die aus staatlicher Förderung bzw. aus privatwirtschaftlichen Quellen stammten. Die in Abbildung 26 ausgewiesenen Investitionen in große Batteriespeicher spiegeln lediglich den Anteil der privatwirtschaftlichen Investitionen wider. Die Forschungs- und Entwicklungsförderung der öffentlichen Hand wird in Kapitel 3.5 beschrieben. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wird sie hier nicht berücksichtigt.

### **3.3.1.3 Investitionen in Power to Gas-Anlagen**

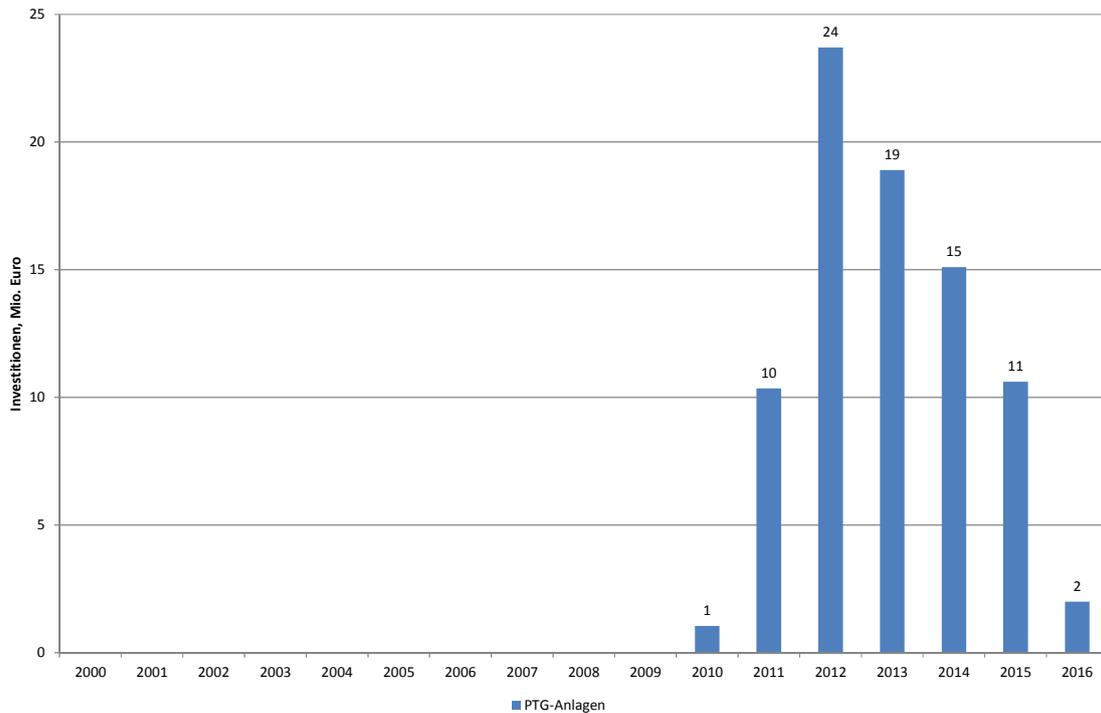
In Deutschland wird die Entwicklung der Power to Gas (PtG) Technologie in Form von Demonstrationsprojekten seit einigen Jahren vorangetrieben. PtG bietet die Möglichkeit, Strom langfristig zu speichern und diesen Spartenübergreifend (Strom, Wärme, Verkehr, stoffliche Nutzung in der industriellen Produktion) einzusetzen. Die Produkte, die durch PtG-Anlagen erzeugt werden können, sind Wasserstoff und Methan. Damit kann argumentiert werden, dass es sich bei diesen Anlagen eher um Endenergieerzeugungsanlagen als um Anlagen zur Speicherung von Strom handelt. Auf Grund des Umstandes, dass der Speicheraspekt dieser Technologie bislang im Vordergrund der Entwicklung steht, wird ihre Entwicklung im Rahmen dieser Untersuchung jedoch in der Darstellung der Speicher verortet. Sollte die Bereitstellung von Endenergie in Zukunft vor die Funktion der Speicherung überschüssiger Energiemengen rücken, sollte diese Zuordnung erneut überdacht werden.

Da die PtG-Technologie zum heutigen Zeitpunkt meist nicht wirtschaftlich ist, sind die Investitionen, die in diesem Bereich getätigt werden, auf geförderte Demonstrationsprojekte beschränkt. Diese Projekte werden im Rahmen der Strategieplattform Power to Gas gesammelt und im Internet veröffentlicht ([www.powertogas.info](http://www.powertogas.info)).

Insgesamt sind auf der Plattform aktuell 32 PtG Projekte in Deutschland ausgewiesen, von denen 26 in Betrieb sind. Von diesen Projekten sind neun Projekte im Bereich der Biomassemethanisierung anzusiedeln.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die meisten dieser Projekte zum Teil durch öffentliche Fördergelder finanziert sind, manche auch vollständig. Da diese öffentlichen Mittel jedoch in Kapitel 3.5 behandelt werden, sind hier lediglich die privatwirtschaftlichen Mittel zur Ermittlung der Investitionen herangezogen worden, um Doppelzählungen zu vermeiden. Diese privatwirtschaftlichen Mittel sind anhand einer Internetrecherche erhoben worden und über die durchschnittliche Bauzeit der Anlagen von 1,5 Jahren verteilt worden (vgl. Abbildung 27). Dabei sind nur die Projekte

berücksichtigt worden, zu denen privatwirtschaftliche Investitionsmittel recherchiert werden konnten. In Summe handelt es sich hier um 17 Projekte, wobei zwei weitere zu 100% dem Bereich der öffentlichen Förderung zuzuordnen sind. Der Ansatz, die durchschnittlichen Investitionskosten der recherchierten Projekte auf die verbleibenden 6 Projekte anzuwenden, wurde nicht verfolgt, da es sich um sehr individuelle Demonstrationsvorhaben handelt, die nicht nur in ihren spezifischen Investitionskosten sondern auch in der jeweiligen Förderquote stark voneinander abweichen.



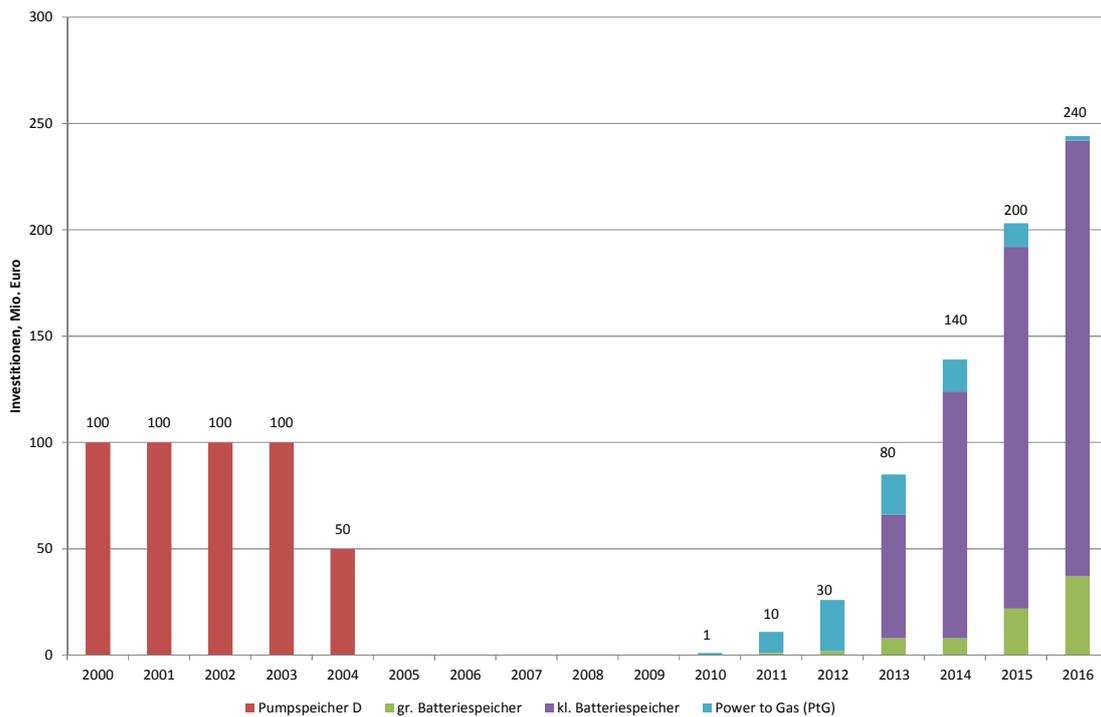
**Abbildung 27: Privatwirtschaftliche Investitionen in die Herstellung von Wasserstoff aus Strom in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

### 3.3.1.4 Zusammenfassung - Investitionen in Stromspeicher

Bei der Zusammenstellung der Investitionen in Stromspeicher ist deutlich geworden, dass keine einheitliche Datenbasis für diesen Bereich existiert. Die Daten, die zusammengetragen werden konnten, sind aller Wahrscheinlichkeit nach nicht vollständig und können daher auch nur erste Hinweise zu der Entwicklung dieses Investitionssegments geben. Insgesamt ist der Bereich der Speicherung von Strom durch eine Vielzahl an möglichen Technologien geprägt, welche sehr unterschiedliche technischen Entwicklungsstadien aufweisen. Eine Gemeinsamkeit, die alle Technologien teilen, ist die Unklarheit über das Geschäftsmodell, mit dem sich Stromspeicher auf den Märkten aktuell refinanzieren können. Aus diesem Grund wurden in diesem Bereich in den vergangenen Jahren kaum rein privatwirtschaftliche Investitionen getätigt.

Die privatwirtschaftliche Investitionsentwicklung im Bereich Stromspeicher in Deutschland ist in Abbildung 28 seit dem Jahr 2000 zusammenfassend dargestellt. Zu Beginn der Periode sind demnach ausschließlich Investitionen in ein

Pumpwasserkraftwerk geflossen. Ab 2010 konnte dann ein Engagement in neue Stromspeichertechnologien beobachtet werden, welches durch das staatliche Engagement bei Demonstrationsanlagen von Großanlagen und durch das Förderregime für kleine Energiespeicher getrieben war. In Summe lagen die identifizierten Investitionen in Stromspeicher der Privatwirtschaft 2016 bei 240 Mio. Euro, wobei ein Großteil dieser Mittel im Segment der kleinen Batteriespeicher für Photovoltaikanlagen eingesetzt wurde. Einige Bewegung ist jedoch auch im Bereich der großen Batteriespeicher zu beobachten. Hier ist insbesondere in den kommenden Jahren einiges an privatwirtschaftlichen Investitionen zu erwarten, sollten die angekündigten Großprojekte tatsächlich umgesetzt werden.



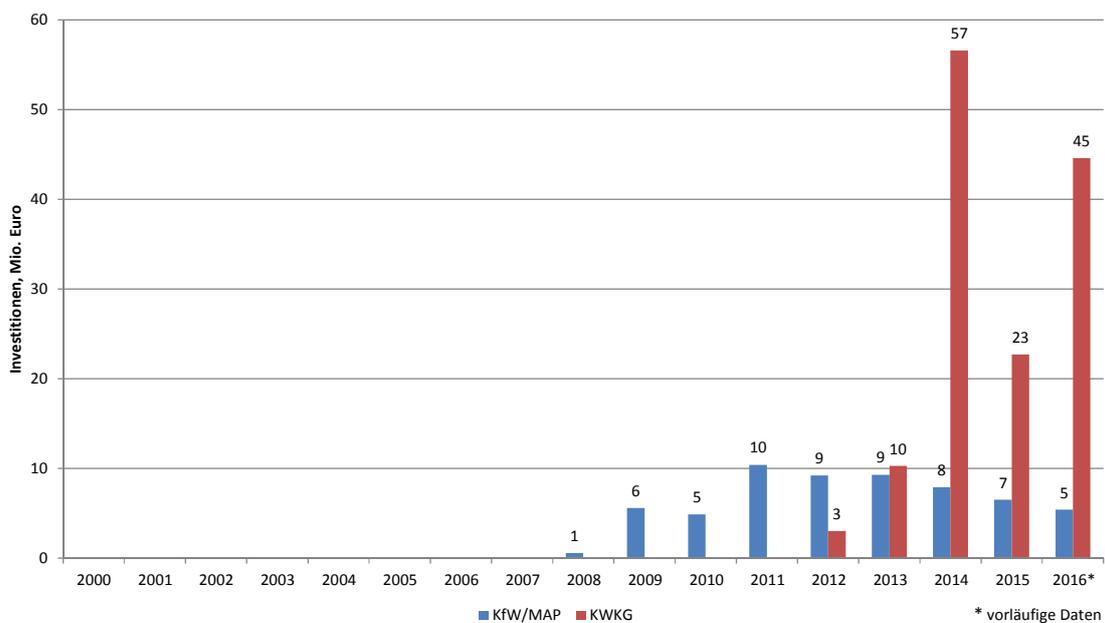
**Abbildung 28: Privatwirtschaftliche Investitionen in Stromspeicher, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

Es gibt eine Reihe weiterer Stromspeichertechnologien, die sich momentan noch im Entwicklungsstadium befinden. Hierzu zählen u.a. Druckluftspeicher, Schwungradspeicher oder auch Gravitationsspeicher. Auch wenn bislang in diesen Bereichen keine privatwirtschaftlichen Mittel im Zusammenhang mit Demonstrationsprojekten in Deutschland identifiziert werden konnten, so sollten mögliche zukünftige Entwicklungen dieser Bereiche weiter beobachtet werden.

### 3.3.2 INVESTITIONEN IN WÄRMESPEICHER

Informationen zu Investitionen in Wärmespeicher sind nur in sehr geringem Umfang verfügbar. Im Wesentlichen beschränken sich die Informationen hier auf die staatlichen Förderprogramme, die Wärmespeicher als Fördertatbestand haben. Dabei handelt es sich zum einen um die Förderung von Wärmespeichern durch die KfW, zum anderen um die Förderung im Rahmen des KWKG. Die KfW Förderung erfolgt seit 2008 im Zusammenhang mit dem Ausbau erneuerbarer Energien im MAP. Im KWKG ist eine Förderung von Wärmespeichern seit 2012 möglich. Eine Doppelförderung ist dabei ausgeschlossen. Die Investitionen, die im Zuge der Förderung durch das MAP sowie das KWKG ausgelöst werden, werden jährlich von der KfW und dem BAFA ermittelt (vgl. Abbildung 29).

Die Investitionen, welche durch das KWKG ausgelöst wurden, sind für 2016 bislang noch nicht vollständig verfügbar (Stand der Daten 03.01.2018). Auch für das Jahr 2015 sind noch leichte Veränderungen der Investitionen möglich. Auf Grund der Fristensetzung der Antragstellung sowie der Bearbeitungszeiträume wird mit einer deutlich besseren Abdeckung der Daten Mitte 2018 gerechnet.



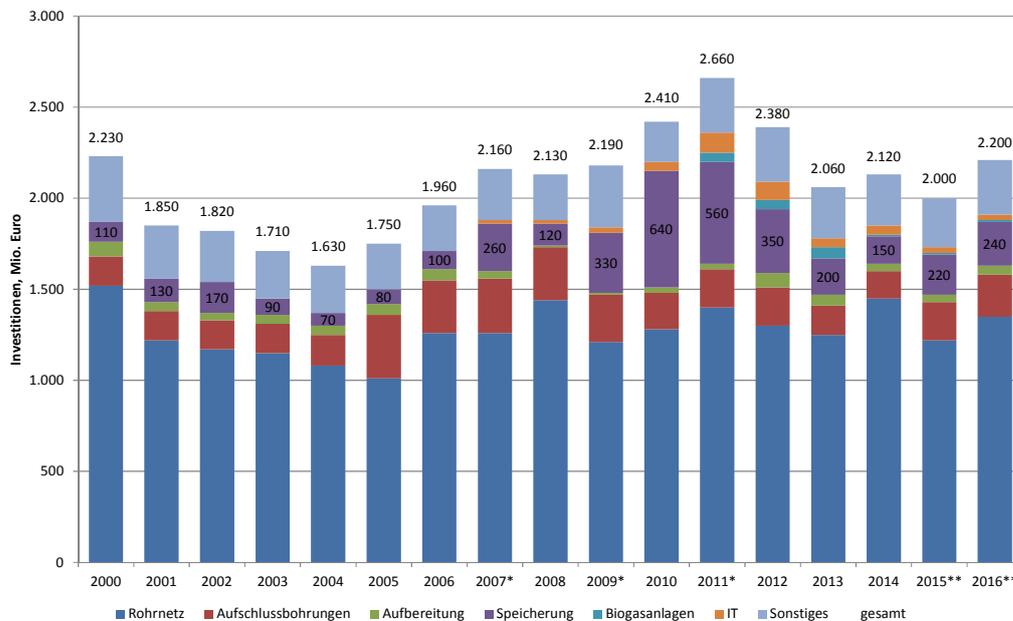
**Abbildung 29: Durch MAP und KWKG ausgelöste Investitionen in Wärmespeicher in Deutschland, Mio. Euro (KfW 2017, BAFA 2018)**

### 3.3.3 INVESTITIONEN IN GASSPEICHER

Ebenso wie im Bereich der Strom- und Wärmebereitstellung gibt es auch für den Bereich der Gasversorgung eine Reihe öffentlicher Quellen, welche Informationen zu den Investitionen dieses Wirtschaftsbereiches bereitstellen.

Das Statistische Bundesamt weist in seiner Fachserie 4 Reihe 6.1 die Investitionen in der Gasversorgung aus. Da diese jedoch keine technologische Differenzierung nach Gasnetzen und Speichern zulässt, wird diese Zeitreihe hier nicht weiter berücksichtigt.

Eine sehr detaillierte Erhebung der Investitionen der Gaswirtschaft wird hingegen durch den BDEW veröffentlicht. Diese ist nach den Bereichen Rohrnetze, Aufschlussbohrungen, Aufbereitung, Speicherung sowie Sonstiges differenziert. Ab dem Jahr 2007 wird zusätzlich die Differenzierung nach IT-Investitionen vorgenommen. Ab 2011 werden Investitionen in Biogasanlagen explizit erfasst (vgl. Abbildung 35). Investitionen in Biogasanlagen, die von den befragten Unternehmen vor 2011 getätigt wurden, sind möglicherweise in den Investitionen zur Gasaufbereitung enthalten. Ob und in welchem Umfang dies zutrifft, kann jedoch nicht benannt werden.



\* Änderung Fragebogen, ab 2007 Ergänzung IT, ab 2011 Ergänzung Biogasanlagen  
 \*\* Vorläufig ausgewiesene Gesamtinvestitionen, deren Aufteilung anhand der mittleren Verteilung seit dem Jahr 2000 vorgenommen wurde

**Abbildung 30: Investitionen in Gasspeicher in Deutschland, Mio. Euro (BDEW 2016b, eigene Berechnung)**

Was die zeitliche Verfügbarkeit der Daten angeht, so sind grundsätzlich Mitte des Jahres Aussagen zu den Investitionen des Vorjahres möglich. Eine genaue Aufteilung der Investitionen auf die verschiedenen Investitionsbereiche ist aktuell für die Jahre 2015 und 2016 jedoch noch nicht möglich. Aus diesem Grund wurde zur Ermittlung der Investitionen in Gasspeicher die mittlere Verteilung der Gesamtinvestitionen seit dem Jahr 2000 herangezogen (vgl. Abbildung 30). Die Investitionen in Gasspeicher zeigen insgesamt keinen stetigen Verlauf. Besonders hervorzuheben sind die im Vergleich hohen Investitionen im Zeitraum von 2009 bis 2012, welche vermutlich eine direkte Reaktion auf den russische-ukrainischen Erdgaskonflikt im Januar 2009 waren.

### 3.3.4 INVESTITIONEN IN SONSTIGE ENERGIESPEICHER

Investitionen in sonstige Energiespeicher konnten nicht ermittelt werden. Zu nennen sind hier insbesondere flüssige Energiespeicher, wie Benzin- und Diesellager, welche auch für die Lagerung biogener Kraftstoffe genutzt werden. Diese Arten von Speichern dürften zukünftig auch speziell für LNG gebaut werden, welches auch durch die Einbindung erneuerbarer Energieträger und auf Basis von Biomasse hergestellt werden kann. Insbesondere im Zusammenhang mit einer möglichen Nutzung von sogenannten „zukünftigen“ Treibstoffen im Verkehr, könnte es sinnvoll sein, in Zukunft eine Erfassung dieser möglichen Entwicklung anzustreben.

### 3.3.5 ZUSAMMENFASSUNG - INVESTITIONEN IN SPEICHER DER ENERGIEWIRTSCHAFT

Zusammenfassend sei hier noch einmal darauf hingewiesen, dass es keine einheitliche Erfassung der Aktivitäten im Zusammenhang mit Energiespeichern in Deutschland gibt. Eine gute Abdeckung gibt es bislang lediglich im Bereich der Gasspeicher, die durch den BDEW gewährleistet wird. Dies mag mit ein Grund sein, weshalb die Investitionen in Gasspeicher die Übersicht über die Investitionen in Speicher der Energiewirtschaft derart dominieren (vgl. Abbildung 31). Gleichzeitig handelt es sich hier um einen etablierten Bereich, der als einziger aktuell keine besondere staatliche Förderung in Anspruch nimmt. Die Speicherung von Strom ist ebenfalls ein wichtiger Bereich, der insbesondere in den vergangenen drei Jahren zunehmend an Gewicht gewonnen hat. Die Relevanz des Bereichs Wärmespeicherung kann auf Basis der hier vorliegenden Daten vermutlich am wenigsten gut abgeschätzt werden, da sich die ausgewiesenen Investitionen ausschließlich auf staatlich geförderte Anlagen beziehen.

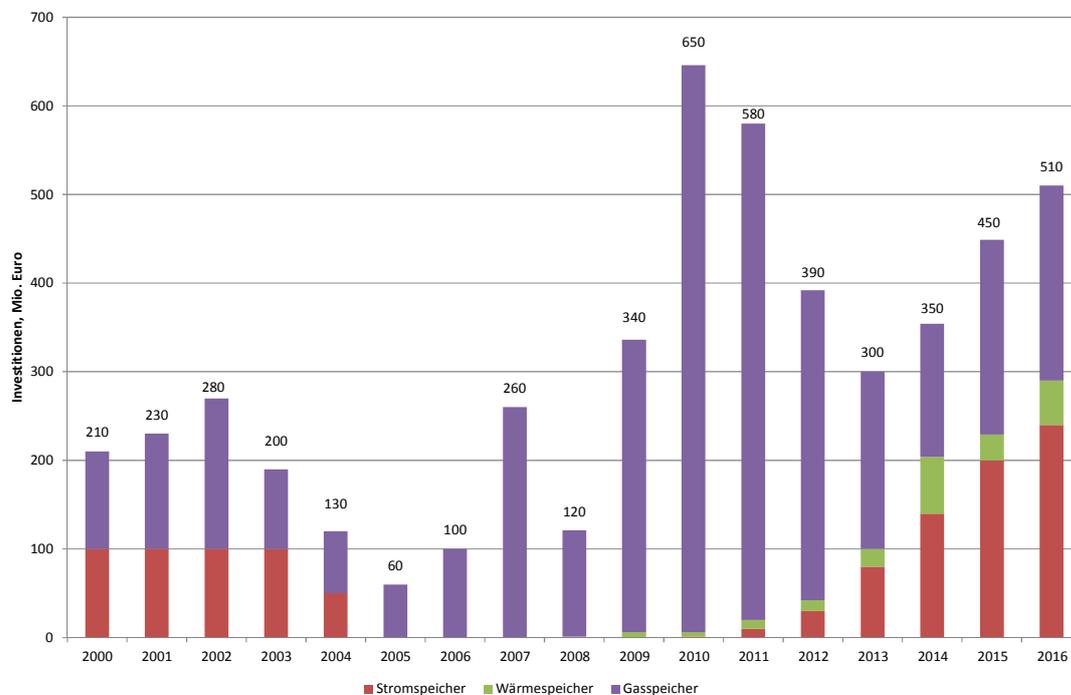


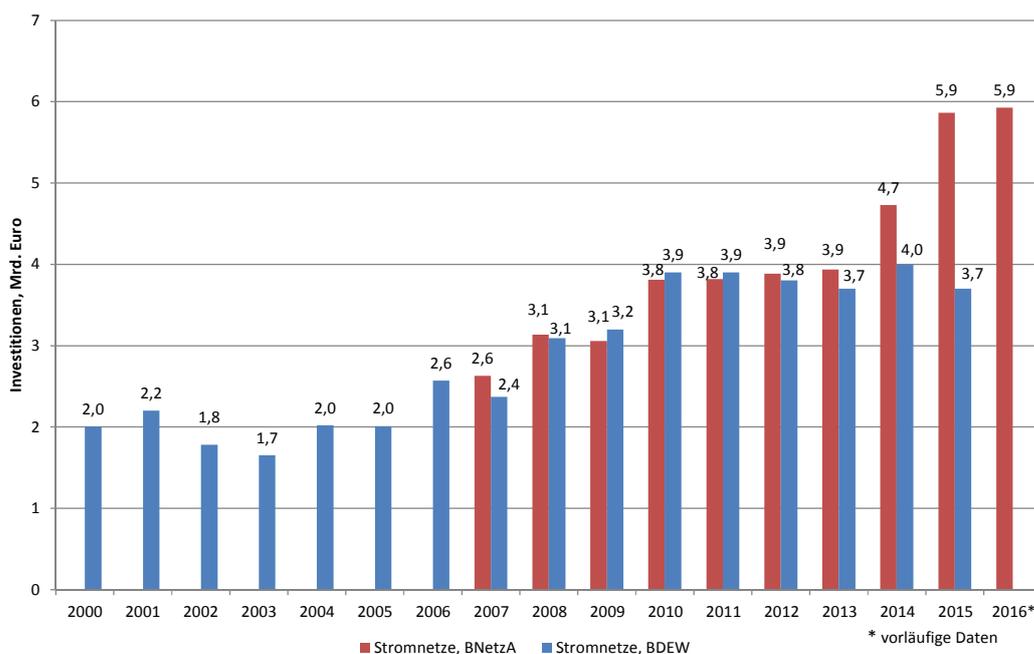
Abbildung 31: Investitionen in Speicher der Energiewirtschaft in Deutschland, Mio. Euro (eigene Darstellung)

## 3.4 INVESTITIONEN IN INFRASTRUKTUREN ZUR VERTEILUNG VON ENDENERGIE

### 3.4.1 INVESTITIONEN IN DAS STROMNETZ

Die Investitionen in Stromnetze werden sowohl von der BNetzA als auch durch den BDEW in jährlichen Erhebungen erfasst. Die Daten der BNetzA sind ab dem Jahr 2007 verfügbar, die Werte für das dem aktuellen Jahr vorangegangene Jahr basieren dabei auf Plan-Daten, die zum Jahresende des jeweils laufenden Jahres aktualisiert werden. Die Erhebungen des BDEW liegen für den gesamten Zeitraum der Betrachtung vor. Dem Wert für 2015 liegt eine vorläufige Schätzung der gesamten Investitionen der Stromversorger zugrunde, die anhand des mittleren Investitionsanteils für Stromnetze seit 2000 abgeleitet wurde.

Die Abweichungen zwischen den Daten der beiden Quellen zwischen 2007 und 2013 bewegen sich in einer Bandbreite von -10% und +5%. 2014 und 2015 lagen die Abweichungen deutlich höher, wofür keine direkte Erklärung von Seiten der Autoren dieser Studie gefunden werden kann (vgl. Abbildung 32). Die systemischen Grenzen beider Erhebungen sind an sich identisch.



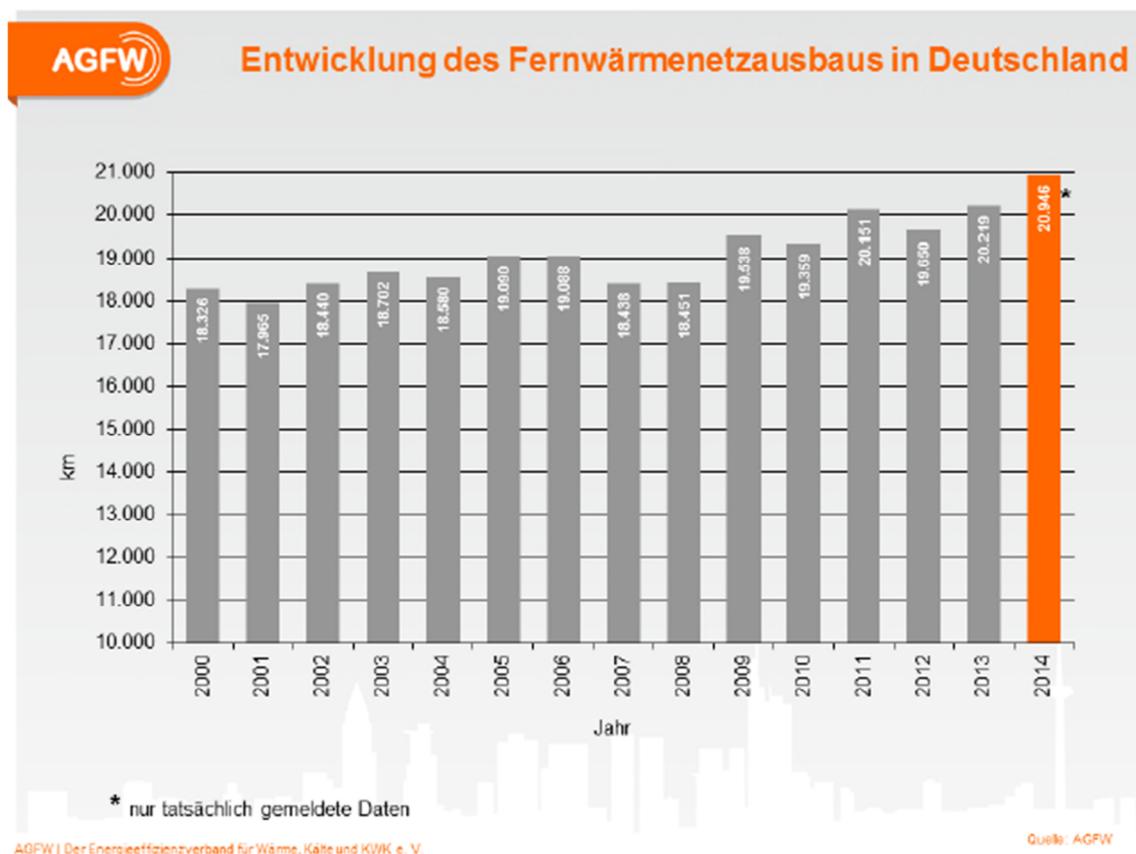
**Abbildung 32: Investitionen in Stromnetze in Deutschland, Mrd. Euro (BNetzA 2015, BDEW 2016a)**

Für die Darstellung im Rahmen des Energiewende-Monitorings wird die Zeitreihe der erhobenen Investitionen der BNetzA verwendet, wobei die fehlenden Jahre vor 2007 um die Informationen des BDEW ergänzt werden.

Ausgehend von einem Investitionsniveau von 2 Mrd. Euro jährlich, ist zwischen 2005 und 2010 sowie zwischen 2013 und 2015 ein stetiger Anstieg der Investitionen in Stromnetze zu verzeichnen gewesen. In den vergangenen zwei Jahren wurden jährlich rund 5,9 Mrd. Euro in Stromnetze in Deutschland investiert, etwa das Dreifache der jährlichen Investitionen der Jahre 2000 bis 2005.

### 3.4.2 INVESTITIONEN IN DAS WÄRMENETZ

Informationen zu Wärmenetzen werden von dem Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (AGFW) im Rahmen einer Mitgliederbefragung erhoben, die zwischen den Jahren leichte Abweichung bei der Beteiligung aufweist. In diesem Rahmen wird die Entwicklung des Gesamtbestands an Wärmenetzen ausgewiesen (vgl. Abbildung 33), wobei der jahresspezifische Zubau, ebenso wie die daraus resultierenden Investitionen bei der AGFW nicht vorliegen. Eine Ableitung des Neubaus oder der Erneuerung bestehender Wärmenetze ist aufgrund dieser Datenbasis nicht möglich, weshalb auf diesem Wege keine Investitionen in Wärmenetze abgeleitet werden können.



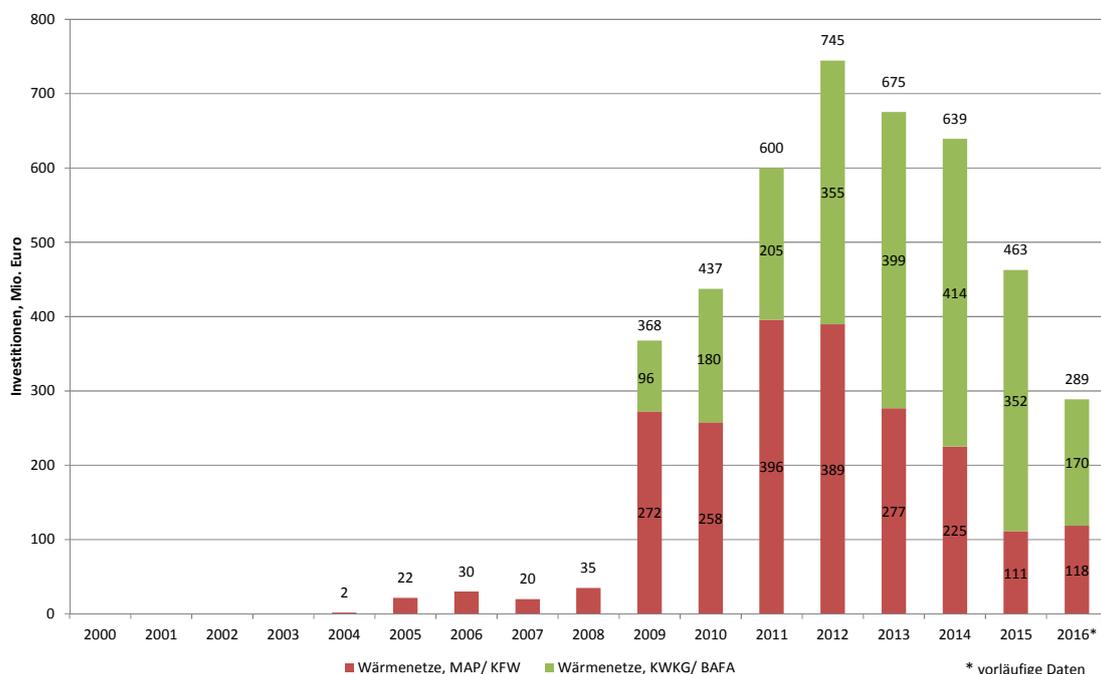
**Abbildung 33: Entwicklung des Fernwärmenetzes in Deutschland, km (AGFW 2015)**

Auch wenn insgesamt keine Zeitreihe für die Investitionen in Wärmenetze ab 2000 ausgewiesen werden kann, so gibt es die Möglichkeit, zumindest einen Teil der Investitionsaktivitäten im besagten Zeitraum abzubilden.

Wärmenetze werden in verschiedenen Fördertatbeständen berücksichtigt, die Informationen zu den daraus resultierenden Investitionen liefern. Seit 2004 fördert die KfW im Rahmen des Marktanreizprogramms (MAP) den Bau von Wärmenetzen im Zusammenhang mit EE-Anlagen. Seit 2009 kam eine Förderung im Rahmen des KWKG hinzu, welche eine Fördermöglichkeit von Anlagen mit konventionellen Brennstoffen vorsieht. Bei einer vollen Berücksichtigung der Investitionen, die durch beide Programme ausgelöst wurden, könnte dies Doppelzahlungen implizieren. Aus diesem Grund wurden die Investitionen, die im KWKG ausgelöst wurden, um den

Anteil der Netze, die im Zusammenhang mit Biomasseanlagen stehen, reduziert. Laut Wunsch et al. (2014) lag der Anteil von Wärmenetzinvestitionen, die auf die Energieträger Biogas und Biomasse zurückzuführen waren, 2009 bis 2013 im Schnitt bei 17% bzw. 9%. Jahresspezifische Werte konnten nicht ermittelt werden. Damit werden die Investitionen in Wärmenetze, die durch das KWKG ausgelöst wurden, an dieser Stelle von 2009 bis 2011 um 26% sowie für 2012 um 13% reduziert. Die resultierenden Investitionen sind in Abbildung 34 dargestellt.

Die Investitionen, die auf die Förderung des KWKG im Jahr 2016 zurückzuführen sind, sind bislang noch unvollständig (Stand 03.01.2018). Auch für und das Jahr 2015 sind noch leichte Veränderungen der Investitionen möglich. Ähnlich wie bei den Wärmespeichern kann mit einer deutlich besseren Abdeckung der Daten nicht vor Mitte 2018 gerechnet werden.



**Abbildung 34: Durch MAP und KWKG ausgelöste Investitionen in Wärmenetze in Deutschland, Mio. Euro (KfW 2017, BAFA 2018)**

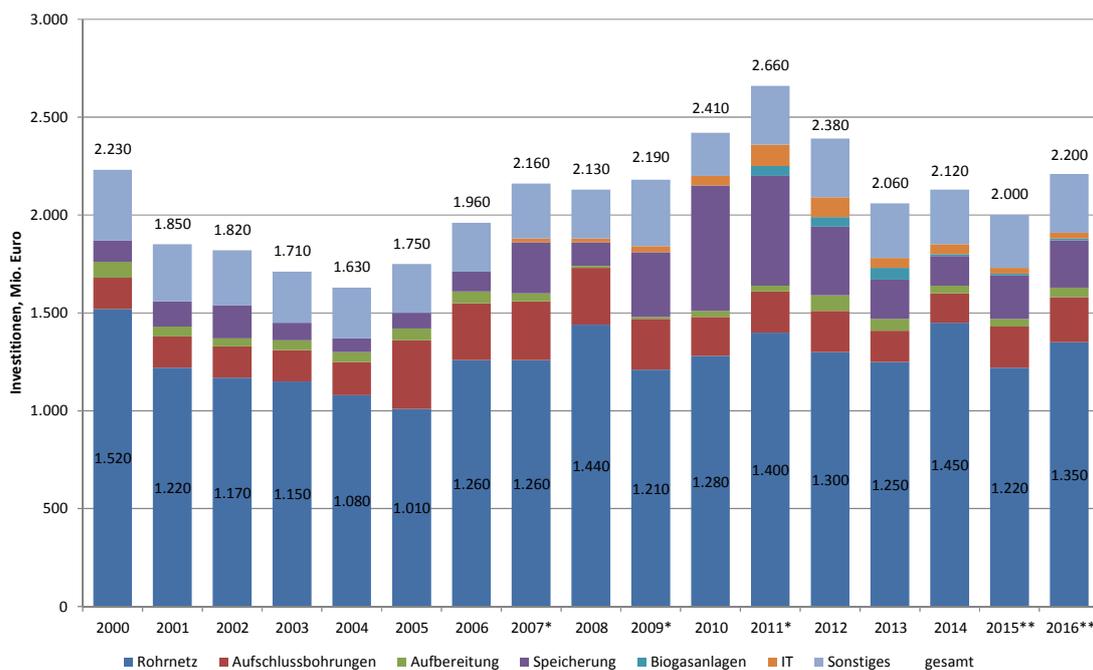
Auch wenn keine weiteren Informationen zu Investitionen in Wärmenetze vorliegen, so wird auf Grund der Breite der beiden Förderregime davon ausgegangen, dass seit 2009 der Großteil der getätigten Investitionen im Bereich des Ausbaus von Wärmenetzen gefördert wurde und damit in den hier ausgewiesenen Zahlen enthalten ist.

### 3.4.3 INVESTITIONEN IN DAS GASNETZ

Bezüglich der Investitionen in das Gasnetz konnten zwei Quellen identifiziert werden, die Gasnetze spezifisch ausweisen. Die BNetzA weist eine Zeitreihe der Investitionen der Verteilnetzbetreiber von Gasnetzen aus. Diese Daten sind ab dem Jahr 2006 verfügbar und umfassen ausschließlich die Investitionen in die Verteilnetze (BNetzA 2015).

Die bereits im Zusammenhang mit den Gasspeichern erwähnte Erhebung der Investitionen der Gaswirtschaft des BDEW bezieht hingegen von ihrem Umfang her sowohl die Ebene der Verteilnetze als auch die der Transportnetze mit ein. Darüber hinaus sind die Angaben über den kompletten Zeitraum von 2000 bis 2016 verfügbar. Aus diesem Grund wird in dieser Untersuchung für den Bereich der Gasnetze diese Quelle vorrangig eingesetzt.

Analog zu den Investitionen in Gasnetze sind auch hier die Investitionen für 2015 und 2016 aus den vorläufigen Schätzungen der gesamten Investitionen der Gaswirtschaft anhand des mittleren Investitionsanteils in Gasspeicher seit dem Jahr 2000 aufgeteilt worden. Insgesamt lagen die Investitionen in Gasnetze demnach jährlich vergleichsweise konstant zwischen 1 und 1,5 Mrd. Euro (vgl. Abbildung 35).



\* Änderung Fragebogen, ab 2007 Ergänzung IT, ab 2011 Ergänzung Biogasanlagen

\*\* Vorläufig ausgewiesene Gesamtinvestitionen, deren Aufteilung anhand der mittleren Verteilung seit dem Jahr 2000 vorgenommen wurde

**Abbildung 35: Investitionen der deutschen Gaswirtschaft, Mio. Euro (BDEW 2016b, eigene Berechnungen)**

### 3.4.4 INVESTITIONEN IN ÖLPIPELINES

Investitionen in Ölpipelines liegen nicht vor. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Relevanz dieser Investitionen im betrachteten Zeitraum in Deutschland nicht sehr hoch ist.

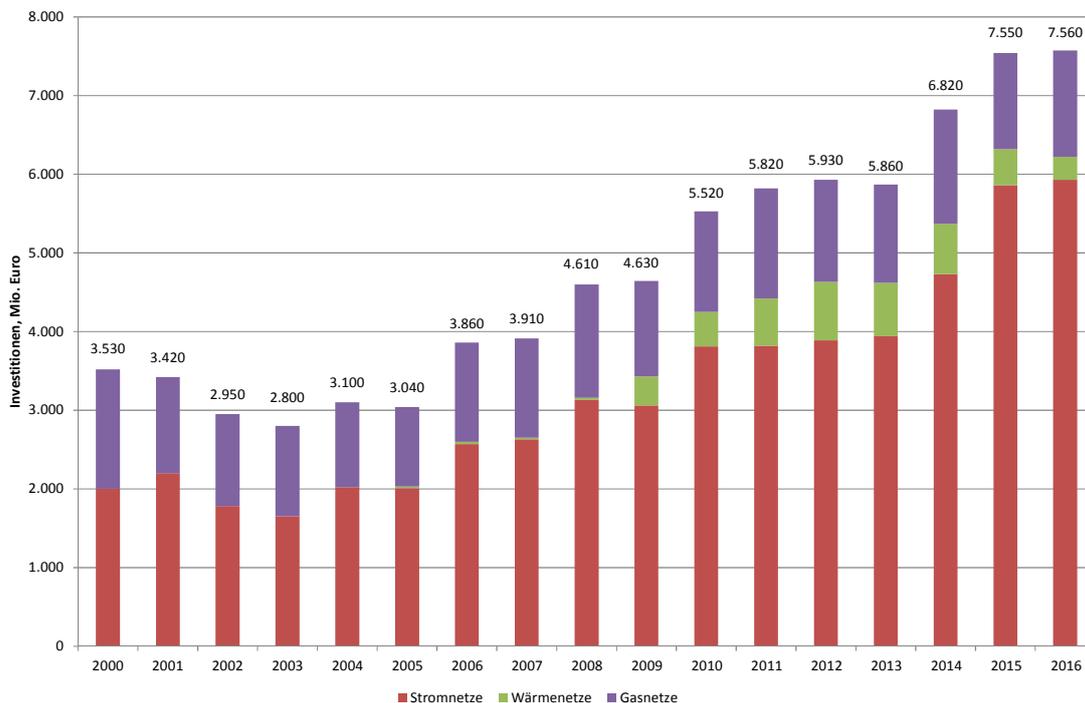
### 3.4.5 INVESTITIONEN IN TANKSTELLEN UND TANKLASTWAGEN

Auch für den Bereich der Infrastruktur zum Vertrieb von Kraftstoffen liegen keine verwertbaren Informationen vor. Da der Tankstellenbestand über die Jahre rückläufig ist und die umfassende Umstellung auf Elektrotankstellen im Beobachtungszeitraum nicht stattfand, werden zu diesem Bereich keine Angaben gemacht. Gerade die Transformation zur Elektromobilität könnte allerdings zu strukturellen Veränderungen bei der Bereitstellung von Antriebsenergie führen und einen eigenen Fokus in einer zukünftigen Untersuchung wert sein.

### 3.4.6 ZUSAMMENFASSUNG - INVESTITIONEN IN DIE INFRASTRUKTUR ZUR VERTEILUNG VON ENDENERGIE

Die Datenlage bezüglich der Investitionen der deutschen Energiewirtschaft in die Infrastrukturen zur Verteilung von Endenergie ist je nach Bereich sehr unterschiedlich einzuschätzen. Für die Bereiche Stromnetze und Gasnetze ist eine sehr gute Datenlage zu verzeichnen, wohingegen im Bereich der Wärmenetze lediglich zu den staatlich geförderten Projekten Informationen verfügbar sind. Für den Bereich der Investitionen zur Bereitstellung von Infrastruktur für die Kraftstoffverteilung konnten dagegen keine brauchbaren Informationen gewonnen werden.

Insgesamt tragen die Investitionen in Stromnetze zum größten Teil zu den identifizierten Infrastrukturmaßnahmen der Energiewirtschaft bei (vgl. Abbildung 36).



**Abbildung 36: Investitionen der Energiewirtschaft in die Infrastruktur zur Verteilung von Endenergie, Mio. Euro (eigene Darstellung)**

Da lediglich für den Bereich der Netze Informationen bezüglich der Investitionen gewonnen werden konnten, werden die Infrastrukturen zur Bereitstellung von Endenergie im weiteren Verlauf der Studie nur noch für den Bereich der Netze behandelt und auch als solche bezeichnet.

### 3.5 ZUSAMMENFASSUNG - INVESTITIONEN DER ENERGIEWIRTSCHAFT

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Datenverfügbarkeit zwischen verschiedenen Technologien und Sektoren stark unterschiedlich ist. Generell ist die Datengrundlage für den Stromsektor und den Gassektor als am besten einzuschätzen. Neben dem Gassektor konnten andere Umwandlungssektoren auf Grund der geringen Anforderungen an die Differenzierung der Investitionen auf Grundlage der offiziellen Statistik des StaBuA ebenfalls gut abgebildet werden. Der einzige Bereich, der hier unzureichend dargestellt werden kann, sind die Investitionen in die Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen, da diese keinen klassischen Umwandlungsbereichen zuzurechnen sind. Im Wärmesektor ist die Datengrundlage als unzureichend zu bezeichnen. Der einzige Bereich, der hier eine vollständige Erfassung erfährt, ist der der Erzeugungsanlagen im EE-Sektor. Darüber hinaus sind lediglich Informationen zu staatlich gefördertem Anlagenbau zu erfassen. Der Verkehrssektor spielt in der Energiewirtschaft im Wesentlichen eine nachgelagerte Rolle. Die einzigen Bereiche, die der Energiewirtschaft zugerechnet werden können, sind die Lagerung und Verteilinfrastruktur der Endenergie. Investitionen zu diesen Bereichen konnten jedoch nicht ausgewiesen werden (vgl. Abbildung 37). Eine Darstellung der Relevanz der einzelnen Sektoren ist daher auf dieser Grundlage unzureichend. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass der Stromsektor selbst bei der Möglichkeit einer vollständigen Erfassung des Wärmesektors, den größten Anteil ausmachen würde. Begründet wird diese Einschätzung mit dem Umstand, dass wesentliche Investitionen des Wärmesektors, wie Einzelfeuerungsanlagen, nicht der Energiewirtschaft zuzurechnen sind. Sie entfallen ebenso wie der Verkehrssektor in Teilen auf den nachgelagerten Bereich des Endenergieverbrauchs.

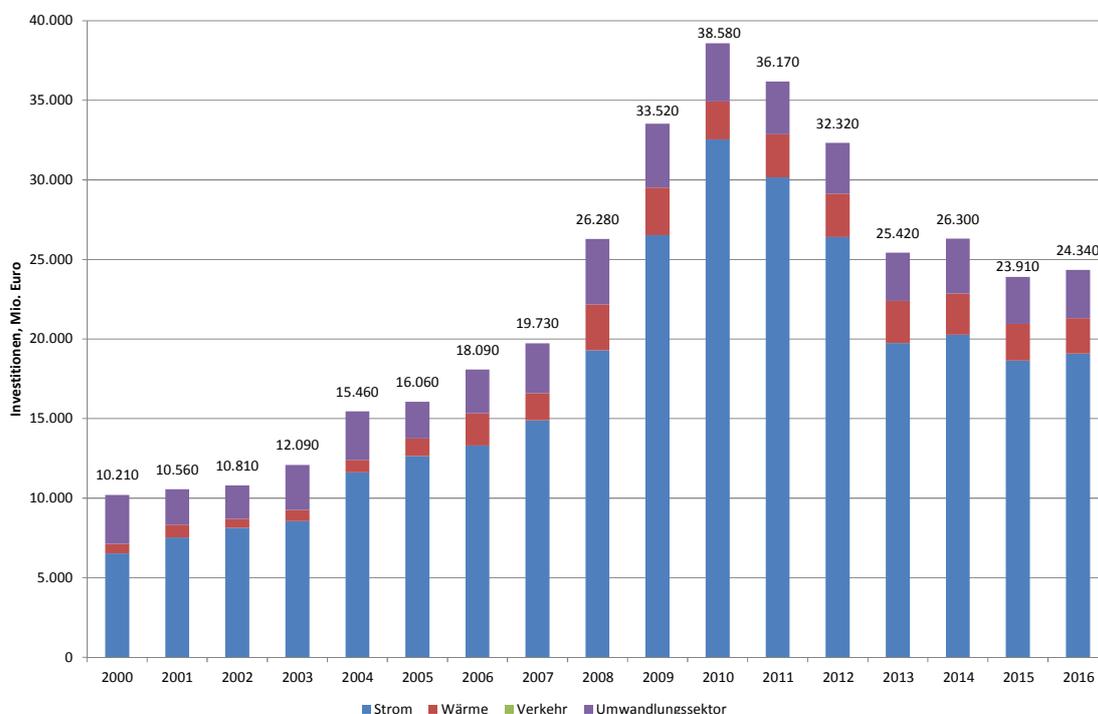


Abbildung 37: Investitionen der Energiewirtschaft differenziert nach Sektoren, Mio. Euro (eigene Darstellung)

Wählt man eine Darstellungsweise der Gesamtinvestitionen, die sich an dem Aufbau des Investitionskapitels orientiert, so ergeben sich einige weitere interessante Aspekte (vgl. Abbildung 38). Dominiert werden die Investitionen durch den Ausbau der (Strom-) Erzeugungsanlagen. Der Höhepunkt der Investitionsentwicklung lag hier 2010, wobei dieser sowohl bei den EE-Anlagen als auch bei den konventionell gefeuerten Kraftwerken zu beobachten war. Nach 2010 war hingegen eine Zunahme der Investitionen im Bereich der Infrastrukturen zu verzeichnen, der besonders durch den Ausbau der Stromnetze gekennzeichnet war. Im Bereich der Energiespeicher ist in den vergangenen Jahren auch ein Anstieg der Investitionen in Stromspeicher festgestellt worden, da dieser Bereich jedoch relativ klein ist und bislang von den Gasspeichern dominiert wird, ist diese Entwicklung hier nur unzureichend nachzuvollziehen.

Die identifizierten Investitionen lagen im Jahr 2000 insgesamt noch auf einem Niveau von knapp über 10 Mrd. Euro, welches bis 2010 auf rund 39 Mrd. Euro anstieg. In den Folgejahren nahmen die jährlichen Investitionen um etwa 40% ab und lagen 2015 und 2016 bei etwa 24 Mrd. Euro.

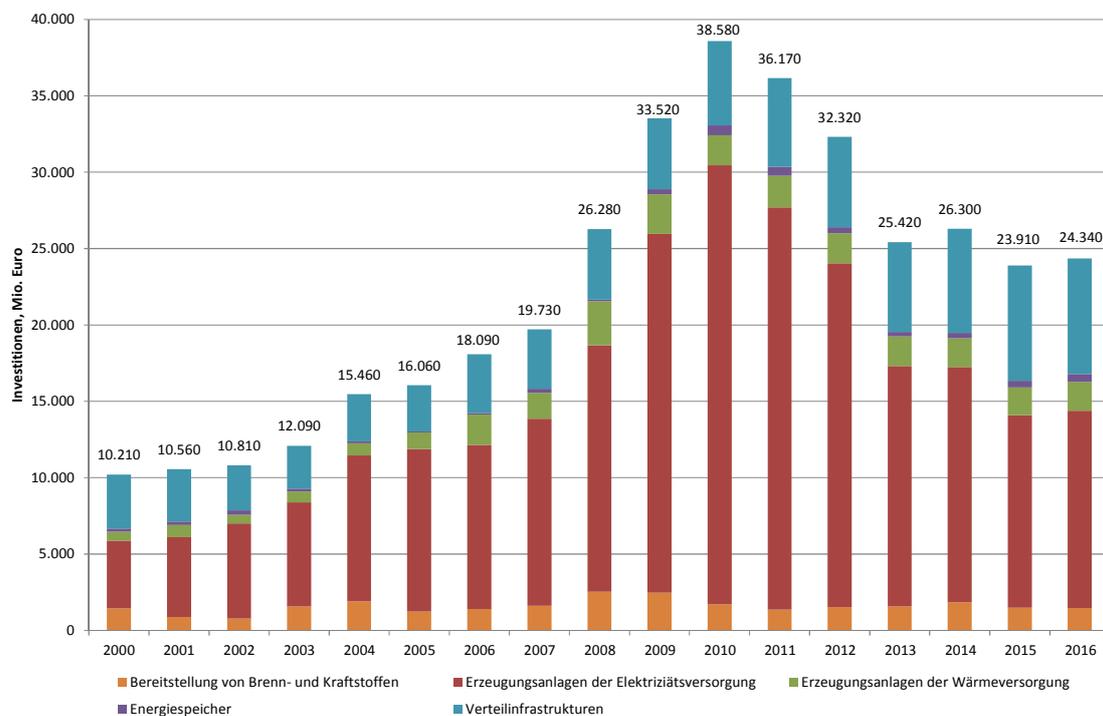


Abbildung 38: Investitionen der Energiewirtschaft, Mio. Euro (eigene Darstellung)

### 3.6 ÖFFENTLICH BEREITGESTELLTE MITTEL FÜR FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

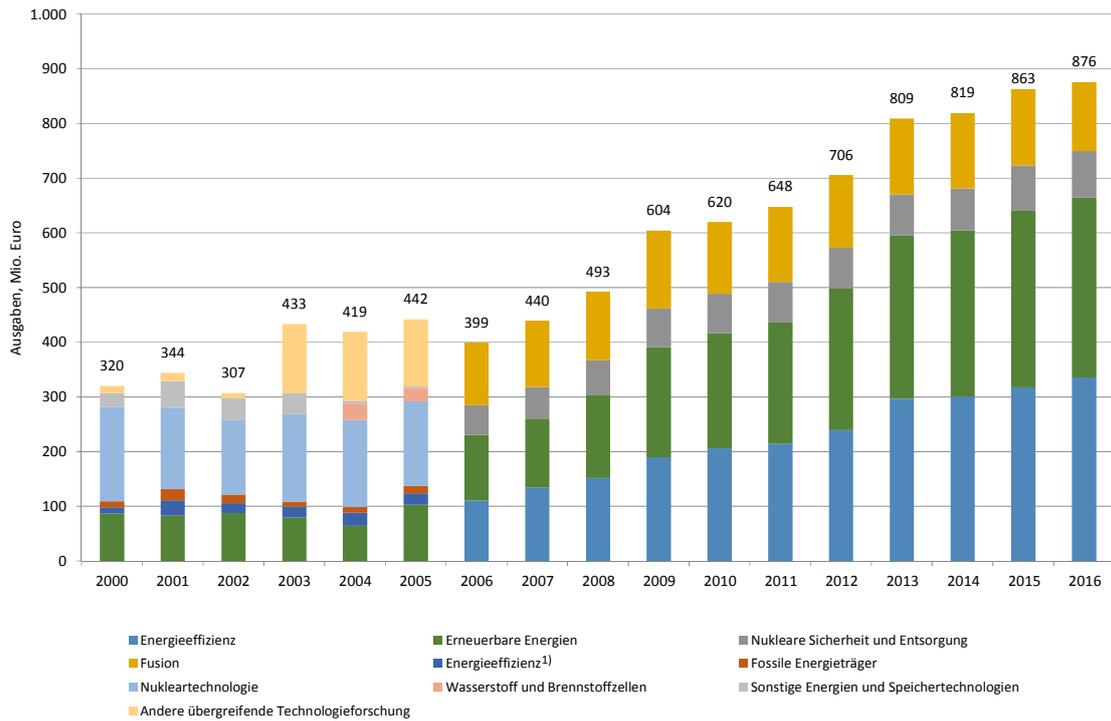
Neben den privatwirtschaftlichen Investitionen werden von öffentlichen Einrichtungen Mittel für die Forschung und Entwicklung von Energietechnologien zur Verfügung gestellt. In Deutschland sind hierfür Mittel sowohl auf Bundes- sowie auf Landesebene verfügbar, Forschungs- und Demonstrationsvorhaben im Energiesektor werden darüber hinaus jedoch auch durch die Forschungsprogramme der EU gefördert. Insgesamt hat die Förderung des Bundes den größten Anteil an der Energieforschung in Deutschland.

Die Fördersummen, welche von den Bundesministerien für die Energieforschung zur Verfügung gestellt werden, werden im Rahmen des Bundesberichts Energieforschung des BMWi in einer Zeitreihe ab 2006 bereitgestellt (BMWi 2017). Eine weitere Veröffentlichung des BMWi, die Energiedatensammlung, weicht mit seinen ausgewiesenen Zahlen von den Werten des Bundesberichts Energieforschung ab. Die Daten liegen in einer Zeitreihe ab 1991 vor (BMWi 2016a). Hintergrund dieser Abweichung ist die Beschränkung des Bundesberichts Energieforschung auf die Bundesmittel, die in den Energieforschungsprogrammen vorgesehen sind.

Die Aufwendungen der Bundesländer für die Energieforschung liegen ab dem Jahr 2008 für die nichtnukleare Forschung vor. Diese wird ebenfalls im Bundesbericht Energieforschung aufgeführt (vgl. BMWi 2016b).

Die Energieforschungsförderung der EU wird in der Energiedatensammlung des BMWi in einer Übersicht dargestellt. Eine Spezifizierung für Deutschland ist bislang jedoch nicht durchgeführt worden.

Auf Grund des Anspruchs, eine möglichst konsistente Zeitreihe der Entwicklung der öffentlich bereitgestellten Mittel für die Energieforschung in Deutschland zur Verfügung zu stellen, wird im Folgenden ausschließlich die Forschungsförderung des Bundes berücksichtigt. Im Zentrum steht hier der Bundesbericht Energieforschung, der zum einen die belastbarsten Daten zur Verfügung stellt und zum anderen auch die schnellste Verfügbarkeit der Daten gewährleistet. Da diese Daten jedoch erst ab dem Jahr 2006 verfügbar sind, wird für den Zeitraum 2000 bis 2005 auf die Daten zurückgegriffen, welche in der Energiedatensammlung des BMWi zur Verfügung gestellt werden (vgl. Abbildung 39).



1) ohne fossile Energieträger, Wasserstoff/Brennstoffzellen und Speicher

**Abbildung 39: Ausgaben für Energieforschung aus Bundesmitteln nach Sektoren, Mio. Euro, (BMWi 2017a, BMWi 2017b)**

## 4 AUS INVESTITIONEN DER ENERGIEWIRTSCHAFT ABGELEITETE BRUTTOPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG

### 4.1 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

Die in den vorigen Abschnitten ausführlich dokumentierten Daten zu getätigten Investitionen in den verschiedenen Teilen des Energiesystems bilden die Grundlage zur modellgestützten Abschätzung der mit diesen Investitionen verbundenen ökonomischen Indikatoren Bruttonproduktion<sup>12</sup> und Beschäftigung. Die Abschätzung erfolgt mit Hilfe des offenen statischen Mengenmodells der Input-Output-Rechnung.<sup>13</sup> Diese Vorgehensweise erlaubt, die durch die getätigten Investitionen ausgelösten wirtschaftlichen Aktivitäten umfassend zu ermitteln, weil zusätzlich zu den direkt mit den Investitionen verbundenen Aktivitäten auch die indirekt ausgelösten Aktivitäten in den vorgelagerten Produktionsstufen im Rahmen des Modells berücksichtigt werden.

Die modellmäßige Abschätzung erfordert allerdings eine Reihe von zusätzlichen Informationen und Berechnungsschritten, die im Folgenden kurz erläutert werden. Um eine empirisch gut abgesicherte Schätzung auf Grundlage des Input-Output-Modells zu gewährleisten, sind zeitnahe amtliche Input-Output-Tabellen eine wichtige Datenquelle. Der Schätzzeitraum der Investitionen umfasst zum jetzigen Zeitpunkt den Zeitraum 2000 bis 2016. Für den Zeitraum 2000 bis 2013 konnte auf jährliche Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen werden.<sup>14</sup> Über den Zeitraum 2000 bis 2013 wurden Veränderungen der Wirtschaftszweigsystematik (von WZ 2003 auf WZ 2008<sup>15</sup>), konzeptionelle Änderungen als auch Revisionen in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung durchgeführt.<sup>16</sup> Diese Veränderungen und Anpassungen können die Vergleichbarkeit der Ergebnisse im Zeitablauf einschränken. Die modellgestützten Berechnungen wurden mit den jeweils aktuell vorliegenden Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes durchgeführt. Da nicht alle Revisionen und konzeptionellen Änderungen vom Statistischen Bundesamt auf Tabellen älterer Berichtsjahre rückgerechnet werden, weisen die Tabellen des Statistischen

---

<sup>12</sup> Nach den Konzepten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und der Input-Output-Rechnung wird der gesamte Absatz eines Produktionsbereichs als Bruttonproduktion bezeichnet. Er umfasst neben der eigenen Wertschöpfung und auch alle als Vorleistungen bezogenen Güter. Vgl. zum Beispiel StaBuA 2010. Die Produktion ist also ein Proxy für die Umsätze aller in einem Produktionsbereich zusammengefassten Produktionseinheiten und ähnelt damit konzeptionell dem Umsatz eines Unternehmens in einzelwirtschaftlicher Betrachtungsweise.

<sup>13</sup> Vgl. zum Beispiel Holub, W., Schnabl, H. (1994), Stäglich, R., Edler, D., Schintke, J. (1994).

<sup>14</sup> Die Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes werden regelmäßig in der Fachserie 18, Reihe 2 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Input-Output-Rechnung, veröffentlicht.

<sup>15</sup> Vgl. zur Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) StaBuA (2008).

<sup>16</sup> Vgl. Räth, N., Braakmann, A. (2014).

Bundesamtes im Zeitraum 2000 bis 2013 teilweise konzeptionelle Unterschiede und unterschiedliche sektorale Gliederungstiefen auf.

Da zum Zeitpunkt der Schätzungen für die Jahre 2014 bis 2016 noch keine jährlichen Tabellen des Statistischen Bundesamtes vorliegen, wurde für diese Jahre mit der Input-Output-Struktur des Jahres 2013 gerechnet. Dies bedeutet, dass für diese Jahre angenommen wurde, dass sich die den sektoralen Produktionsprozessen zu Grunde liegenden Vorleistungsverflechtungen der Produktionsbereiche nicht verändern. Da ein besonderer Fokus der Modellberechnungen auf der Abschätzung der Beschäftigung liegt, wurde für diese Jahre allerdings eine Fortschreibung der Arbeitskoeffizienten<sup>17</sup> mit Daten zur Entwicklung der sektoralen Arbeitsproduktivität aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung vorgenommen. Dazu wurden die (jährlichen) Veränderungsraten der sektoralen Arbeitsproduktivitäten nach Hauptgruppen auf die in der Input-Output-Rechnung dargestellten Arbeitskoeffizienten übertragen.

Die Beschäftigung durch Investitionen in das Energiesystem ergibt sich aus der damit verbundenen Produktion im Inland. Darum ist es notwendig, die mit den Investitionen verbundene im Inland wirksame Nachfrage zu bestimmen. Sie bildet den Ausgangspunkt der durchgeführten modellbasierten Schätzung. Um von den getätigten Investitionen zu der im Inland wirksamen Nachfrage zu gelangen, ist es notwendig, die importierten Investitionsgüter abzuschätzen und von den getätigten Investitionen abzuziehen.<sup>18</sup> Dies ist notwendig, weil die im Ausland produzierten und importierten Investitionsgüter keine Produktion und Beschäftigung in Deutschland auslösen. Über die importierten Investitionsgüter für Investitionen in unterschiedliche Teile des Energiesystems liegen keine eigenständigen Informationen vor. Darum werden modellmäßig die in den jährlichen Input-Output-Tabellen enthaltenen Informationen ausgewertet, die differenziert nach Produktionsbereichen Daten darüber enthalten, in welchem Umfang die für die Endnachfrage bestimmten Gütern aus dem Ausland importiert werden. Diese jährlich berechenbaren Anteile in tiefer gütermäßiger Disaggregation (72 bzw. 71 unterschiedliche Güterarten) werden auf die jeweilige Güterstruktur (zur Ableitung der Güterstruktur der Investitionen nach Investitionsbereichen vergleiche die Ausführungen weiter unten) der getätigten Investitionen angewandt, um basierend auf den Investitionen den Teil zu bestimmen, der im Inland produziert wird. Vergleiche zu den Ergebnissen der Abschätzung der Importe von Investitionsgütern im Investitionsbereich Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen Abbildung 45, im Bereich konventionelle Stromerzeugung Abbildung 49, im

---

<sup>17</sup> Die Arbeitskoeffizienten sind auf der Ebene der Produktionsbereiche definiert. Sie messen den Arbeitseinsatz in Personen pro eine Million Euro Bruttoproduktion. Die Arbeitskoeffizienten sind der reziproke Wert der jeweiligen Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigen.

<sup>18</sup> Die im jeweiligen Produktionsprozess aus dem Ausland importierten Vorleistungsgüter müssen hier nicht näher betrachtet werden. In den verwendeten Input-Output-Tabellen zur inländischen Produktionen sind diese Informationen bereits enthalten. Importierte Vorleistungen werden getrennt von der inländischen Verflechtung ausgewiesen. Die importierten Vorleistungen werden in der Tabelle der inländischen Verflechtung als Zeile ausgewiesen. Darüber hinaus ist für jedes Jahr eine Importmatrix verfügbar, die die Verwendung von Importgütern im Inland detailliert darstellt.

Investitionsbereich Speicher Abbildung 56 sowie im Investitionsbereich Netze Abbildung 59.

Zur im Inland wirksamen Nachfrage wird neben dem Teil, der auf inländischen Investitionen beruht, auch der Teil gezählt, der auf ausländischer Nachfrage beruht. Es ist also wünschenswert, auch den Export von Investitionsgütern, also jenen Gütern, die im Ausland in das jeweilige Energiesystem investiert werden, aber aus deutscher Produktion stammen, abzuschätzen.<sup>19</sup> Hier wurden aus empirischen Überlegungen zwei unterschiedliche methodische Vorgehensweisen gewählt.

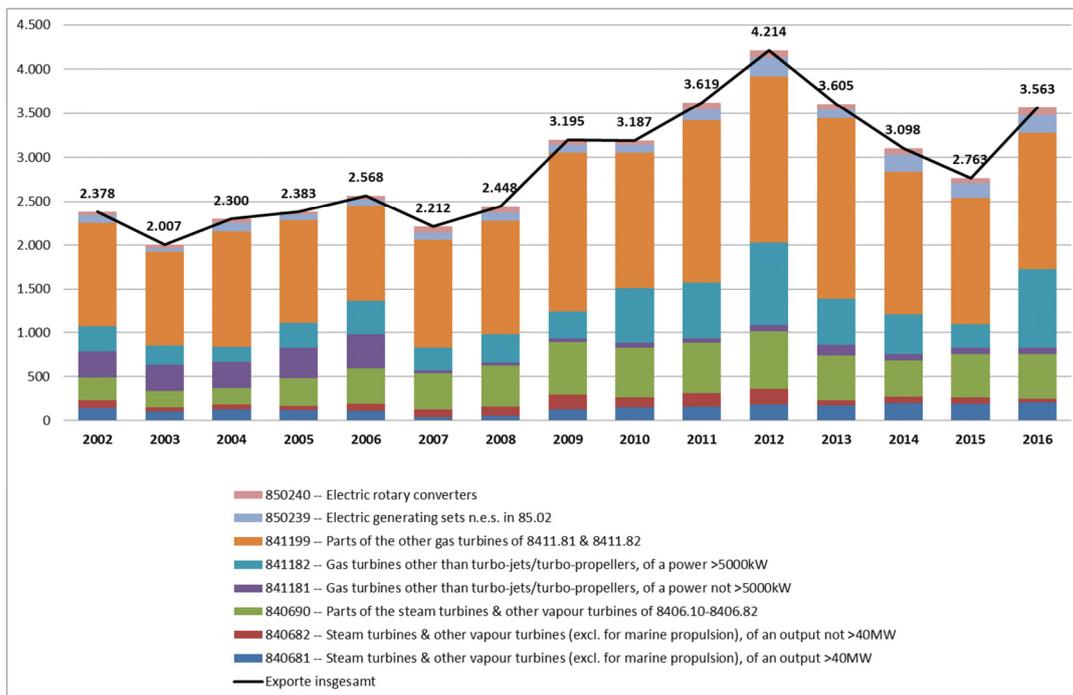
Die deutschen Ausfuhren von Waren werden vom Statistischen Bundesamt in tiefer gütermäßiger Gliederung erfasst. Unter Verantwortung des United Nation Statistics Division (UNSD) werden die deutschen Exportdaten mit Daten aus anderen Ländern in einer Datenbank zusammengeführt. Die UN COMTRADE (United Nations Commodity Trade Statistics Database), kurz COMTRADE, enthält jährliche bilaterale Handelsdaten für über 160 Länder. Für Auswertungen wird üblicherweise die Harmonized System (HS) Güterklassifikation genutzt, die von der World Customs Organisation (WCO) entwickelt und regelmäßig angepasst wird. Für den hier betrachteten Analysezeitraum ist Version 2007 (HS 2007) am besten geeignet. Die HS 2007 enthält in 21 Sektionen (1-Steller) 1.200 Positionen (4-Steller), die in ca. 5.000 Unterpositionen (6-Steller) aufgeschlüsselt sind. Auf der Ebene der 6-Steller (5000 Güterpositionen) lassen sich für den Investitionsbereich konventionelle Stromerzeugung wichtige typische Güterpositionen identifizieren, die diesem Bereich zugeordnet werden können.

Die folgenden 8 Güterpositionen wurden selektiert, um die Exporte im Bereich konventionelle Stromerzeugung abzuschätzen:

<b><u>6-Steller</u></b>	<b><u>Beschreibung</u></b>
840681	Steam turbines & other vapour turbines (excl. for marine propulsion), of an output >40MW
840682	Steam turbines & other vapour turbines (excl. for marine propulsion), of an output not >40MW
840690	Parts of the steam turbines & other vapour turbines of 8406.10-8406.82
841181	Gas turbines other than turbo-jets/turbo-propellers, of a power not >5000kW
841182	Gas turbines other than turbo-jets/turbo-propellers, of a power >5000kW
841199	Parts of the other gas turbines of 8411.81 & 8411.82
850239	Electric generating sets n.e.s. in 85.02
850240	Electric rotary converters

---

<sup>19</sup> Diese Vorgehensweise wurde auch bei Schätzung der mit den Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien verbundenen Bruttoproduktion und Beschäftigung gewählt. Da Ergebnisse der mit Investitionen in konventionelle Stromerzeugung verbundenen Bruttoproduktion und Beschäftigung mit den entsprechenden Ergebnisse für EE-Anlagen zusammengeführt werden sollen, scheint diese Vorgehensweise auch hier sinnvoll.



**Abbildung 40: Exporte von ausgewählten Gütern im Bereich Investitionen in konventionelle Stromerzeugung im Zeitraum 2002 bis 2016, Million Euro.**

Eine Auswertung der COMTRADE für die Güterpositionen ergab Exporte, die in Abbildung 40 dargestellt werden. Die Exporte erreichten im Jahr 2012 mit 4,2 Mrd. Euro ihren höchsten Wert. Zuletzt betrug ihr Exportvolumen knapp 3,6 Mrd. Euro.

Für die beiden anderen Investitionsbereiche Netze und Speicher war es nicht möglich, mit notwendiger Zuverlässigkeit einzelne Güter in der HS 2007 Güterklassifikation zu identifizieren, die eindeutig diesen Bereichen zugeordnet werden können. Die Vielfalt der möglicherweise relevanten Güter ist auf Grund der technologischen Vielfalt der abzubildenden Technologien sehr groß, so dass es sehr schwierig ist, typische Produkte zu identifizieren. Würde man sehr viele Produkte selektieren, deren Verwendungsmöglichkeiten nicht spezifisch für die jeweils betrachtete Technologie sind (dual use Problematik), besteht die Gefahr einer Überschätzung der Exporte. Dies würde dem in dieser Untersuchung verfolgten Prinzip einer eher konservativen Schätzung widersprechen.

Für die Investitionsbereiche Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen, Netze und Speicher wurden deshalb die Exporte modellmäßig aus den vorhandenen Informationen in den jährlichen Input-Output-Tabellen abgeleitet. Diese Vorgehensweise ähnelt der zuvor beschriebenen Methode, die angewandt wurde, um die aus dem Ausland importierten Investitionsgüter modellmäßig zu bestimmen.

Die jährlichen Input-Output-Tabellen enthaltenen Informationen darüber, wieviel des jährlichen Absatzes eines Produktionsbereiches im Inland verwendet wird und wieviel des Absatzes ins Ausland geliefert wird. Diese jährlich berechenbaren Anteile in tiefer gütermäßiger Disaggregation (72 bzw. 71 Güterarten) werden auf die jeweilige

Güterstruktur<sup>20</sup> der getätigten Investitionen angewandt. Sie werden genutzt, um basierend auf den Investitionen für die jeweiligen Güter die Höhe der Exporte zu bestimmen. Vergleiche zu den Ergebnissen der Abschätzung der Exporte von Investitionsgütern im Investitionsbereich Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen Abbildung 45, im Investitionsbereich Speicher Abbildung 56 sowie im Investitionsbereich Netze Abbildung 59.

Um die Abschätzung der mit den Investitionen verbundenen Bruttoproduktion und Beschäftigung mit Hilfe der Input-Output-Analyse vornehmen zu können, ist es notwendig, eine Güterstruktur der Investitionen entsprechend der in den Input-Output-Tabellen verwendeten Güterklassifikationen abzuleiten. Für den Zeitraum 2000 bis 2007 sind die verwendeten Tabellen nach der Statistische Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft - Ausgabe 2002 (CPA 2002) bzw. nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen - Ausgabe 2003 (WZ 2003) gegliedert. Sie umfasst 71 Güterarten bzw. Produktionsbereiche.<sup>21</sup> Für den Zeitraum 2008 bis 2016 sind die verwendeten Tabellen nach der Statistische Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft - Ausgabe 2008 (CPA 2008) bzw. nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen - Ausgabe 2008 (WZ 2008) gegliedert. Die Gliederung umfasst 2008 und 2009 73 Güterarten, 2010 bis 2016 72 Güterarten bzw. Produktionsbereiche.<sup>22</sup>

Auf der Basis von ingenieurtechnischen Informationen bezüglich der Komponenten der verschiedenen Systeme wurden Güterstrukturen entwickelt, welche sich auf Angaben zur Kostenstruktur aus der Literatur sowie aus Experteninterviews stützen. Insgesamt wurde für jede der Technologien in den Investitionsbereichen konventionelle Stromerzeugung, Netze und Speicher eine Güterstruktur entsprechend den Anforderungen der Input-Output-Rechnung abgeleitet. Diese Güterstrukturen werden jedoch nicht für jede Technologie über den gesamten Zeitraum konstant gehalten, sondern anhand der Veränderungen der Komponentenzusammensetzungen, welche sich aus dem Zubau ableiten lassen, angepasst.

Für den Investitionsbereich konventionelle Stromerzeugung werden neun Technologien entsprechend dem genutzten Energieträger unterschieden:

1. Braunkohle
2. Steinkohle

---

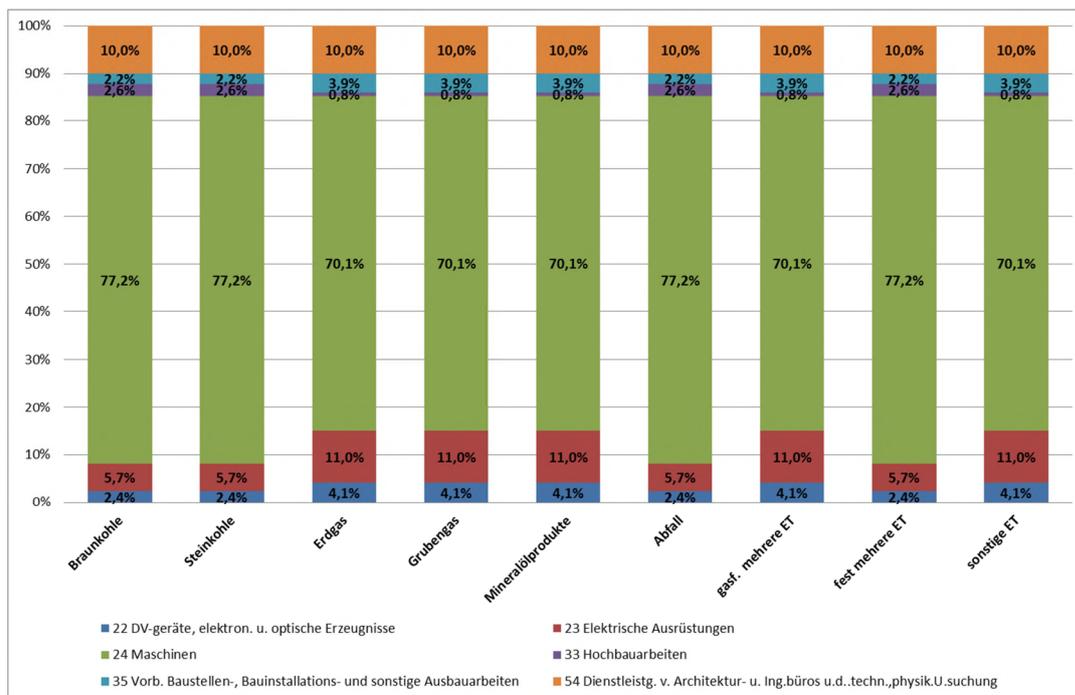
<sup>20</sup> Vgl. die Ausführungen zu Ableitung der Güterstruktur der Investitionen nach Investitionsbereichen unten.

<sup>21</sup> In den Input-Output-Tabellen entspricht die Abgrenzung der Gütergruppen derjenigen für Produktionsbereiche.

<sup>22</sup> In den Jahren 2008 und 2009 werden die Güterarten „Datenverarbeitungsgeräte, elektronische Bauelemente und Erzeugnisse für Telekommunikation und Unterhaltung“ sowie „Mess-, Kontroll- und ähnliche Instrumente und Einrichtungen, elektromedizinische Geräte, Datenträger“ getrennt ausgewiesen. Ab dem Jahr 2010 werden sie zusammengefasst in der Gütergruppe „Datenverarbeitungsgeräte, elektronische und optische Erzeugnisse“ dargestellt.

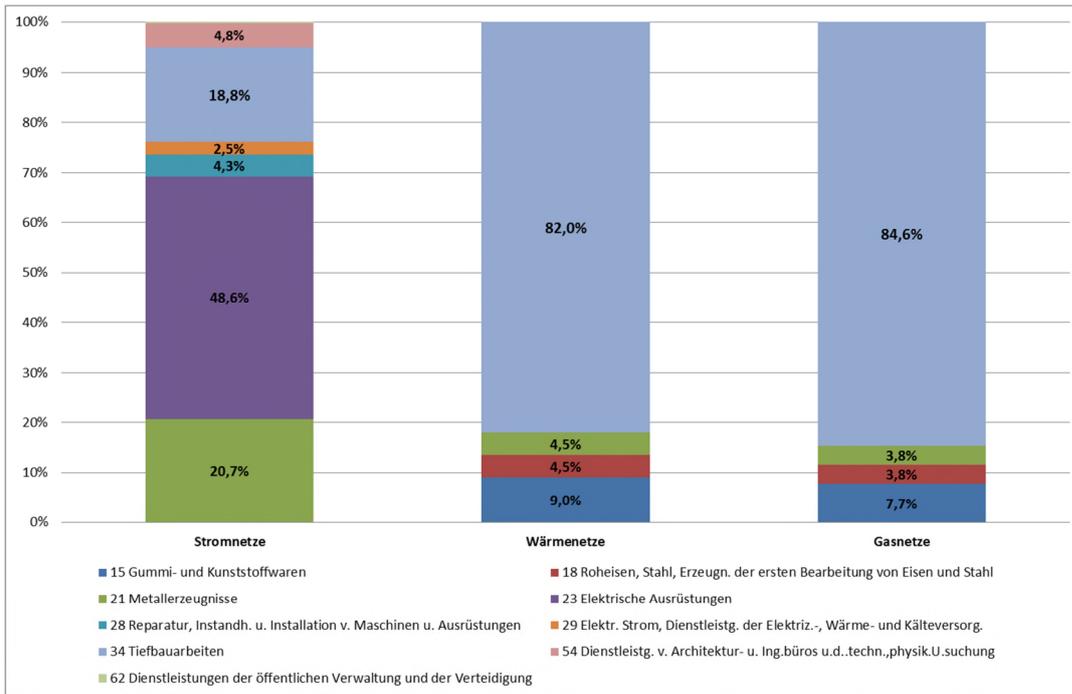
3. Erdgas
4. Grubengas
5. Mineralölprodukte
6. Abfall
7. gasförmig mehrere Energieträger
8. fest mehrere Energieträger
9. sonstige Energieträger

In Abbildung 41 sind die jeweiligen Güterstrukturen im Jahr 2016 dargestellt. Für die Energieträger Braunkohle, Steinkohle, Abfall und mehrere feste Energieträger einerseits und für die Energieträger Erdgas, Grubengas, Mineralölprodukte und mehrere gasförmige Energieträger ergab sich jeweils die gleiche Güterstruktur. Zwischen 70 und 77 Prozent der jeweiligen Investitionen in die konventionelle Stromerzeugung sind Güter aus dem Produktionsbereich Maschinen. Wichtige andere Güterarten sind elektrische Ausrüstungsgüter sowie Dienstleistungen aus dem Bereich Dienstleistungen von Architektur- und Ingenieurbüros und der technischen, physikalischen Untersuchung, für die für alle Energieträger ein Anteil von 10% der Investitionen zu Grunde gelegt wurde.



**Abbildung 41: Investitionen in konventionelle Stromerzeugung: Güterstruktur der inländischen Lieferungen nach Energieträgern im Jahr 2016, Anteile an insgesamt in Prozent**

Im Investitionsbereich Netze werden Stromnetze, Wärmenetze und Gasnetze unterschieden. Die Güterstruktur im Jahr 2016 ist in Abbildung 42 dargestellt. Im Bereich Stromnetze machen elektrische Ausrüstungen den größten Anteil aus. In den Bereichen Wärmenetze und Gasnetze dominieren dagegen Bauleistungen, insbesondere Tiefbauleistungen.

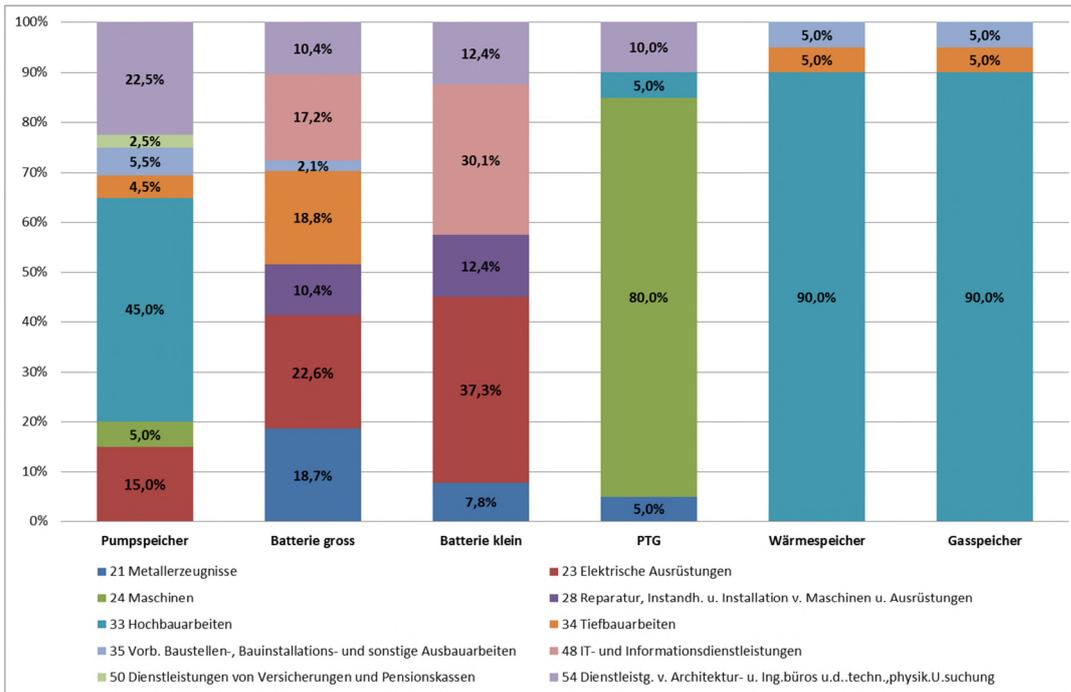


**Abbildung 42: Investitionen in Netze: Güterstruktur der inländischen Lieferungen nach Art der Netze im Jahr 2016, Anteile an insgesamt in Prozent**

Im Investitionsbereich Speicher werden sechs Speichertechnologien unterschieden:

1. Pumpspeicher
2. große Batteriespeicher
3. kleine Batteriespeicher
4. Power to Gas (PtG)
5. Wärmespeicher
6. Gasspeicher

Die Güterstruktur der Investitionen im Jahr 2016 ist in Abbildung 43 dargestellt. Während bei Wärmespeichern und Gasspeichern die Bauleistungen mit 90 Prozent dominieren, sind bei PtG Maschinen die bedeutendste Gütergruppe. Die anderen Speichertechnologien weisen eine differenzierte Güterstruktur aus. Bei Pumpspeichern sind wiederum Bauleistungen von erheblicher Bedeutung, während bei Batterien elektrische Ausrüstungen sowie IT- und Informationsdienstleistungen dominieren.



**Abbildung 43: Investitionen in Speicher: Güterstruktur der inländischen Lieferungen im Jahr 2016, Anteile an insgesamt in Prozent**

Die Methodik zur Ermittlung der Bruttonproduktion und Beschäftigung im Zusammenhang mit dem Ausbau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, basiert auf den Vorarbeiten, die in Staiß et al 2006, Kratzat et al 2007, Lehr et al 2011 und Lehr et al 2015 erarbeitet wurden. Da sich die Informationslage zu vielen Datenbereichen, die in die Ermittlung dieser Indikatoren einfließen, zum Teil deutlich verbessert hat, werden diese im Rahmen dieser Untersuchung neu abgeleitet. Hierdurch ergeben sich Unterschiede zu den in der Vergangenheit kommunizierten Werten.

Die bislang vorliegenden Werte zu Bruttonproduktion (in vergangenen Veröffentlichungen auch als Umsatz bezeichnet) und Beschäftigung durch den Ausbau von EE-Anlagen in Deutschland basieren im Wesentlichen auf jeweils vorläufigen Investitionsannahmen auf Basis der Ausbauraten der AGEE-Stat, welche jeweils zu Beginn des Folgejahres ermittelt wurden. Diese Vorgehensweise wurde auch gewählt, um eine möglichst aktuelle Berichterstattung über den Ausbau der erneuerbaren Energien zu ermöglichen. Auf Grund der Einführung des PV-Melderegister sowie des Anlageregisters, um nur einige Änderungen der Datenbasis zu benennen, haben sich die Informationen bezüglich des Anlagenzubaus deutlich verbessert. Dadurch wurden die Ausbauraten, welche durch die AGEE-Stat kommuniziert werden, im Zeitverlauf kontinuierlich dem neusten Wissensstand angepasst. Darüber hinaus hat sich auch die Informationslage bezüglich der spezifischen Investitionskosten verbessert. So ermöglicht beispielsweise die Veröffentlichung des Solar- sowie des Biomasseatlases die Darstellung einer in sich konsistenten Zeitreihe der spezifischen Investitionen.

All diese Veränderungen haben dazu geführt, dass die Zeitreihe der Investitionen in EE-Anlagen in Deutschland, welche dem heutigen Stand des Wissens entspricht, teilweise deutlich von den ursprünglichen Annahmen zu den Investitionen abweichen,

welche die Grundlage für die bislang veröffentlichten Zahlen zu Umsatz und Beschäftigung darstellen. Aus diesem Grund wurde eine Anpassung der Indikatoren Umsatz und Beschäftigung vorgenommen, die dem aktuellen Wissensstand bezüglich der getätigten Investitionen entspricht. Hinzu kommt, dass die Zahlen zu Bruttoproduktion und Beschäftigung bislang für den Zeitraum 2004 bis 2015 vorliegen. Diese sollen im Rahmen dieses Projektes um die Werte der Jahre 2000 bis 2003 sowie das Jahr 2016 erweitert werden. Dies geschieht durch eine Abschätzung der Entwicklung dieser Werte ausgehend von den Jahren 2004 bzw. 2015. Da die Abweichungen der Investitionszeitreihe insbesondere in den frühen Jahren der Untersuchung recht stark ausfallen (2004 liegt das Investitionsniveau um 41% über den bislang als Grundlage verwendeten Werten), ist eine Ableitung der Indikatoren Bruttoproduktion und Beschäftigung für die Jahre 2000 bis 2003 anhand der vorliegenden Werte für 2004 nicht möglich. Aus diesem Grund ist eine Aktualisierung auch methodisch erforderlich.

Wesentliche Eckwerte für die Ermittlung von Bruttoproduktion und Beschäftigung sind drei Unternehmensbefragungen, welche im Rahmen dreier Forschungsvorhaben für die Jahre 2004, 2007 und 2012 durchgeführt wurden (Staiß et al 2006, Lehr et al 2011, Lehr et al 2015). Diese Unternehmensbefragungen stellen auch die Basis für die Neuberechnung dieser Indikatoren dar. Sie bieten Information bezüglich zweier zentraler Aspekte. Die Informationen zum Außenhandel bieten eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung der Bruttoproduktion aus den Investitionen. Die Erkenntnisse aus den Befragungen zu den Vorleistungsbezügen der Hersteller sowie zur Wertschöpfungstiefe haben die Erstellung technologiescharfer Input-Output-Vektoren ermöglicht. Diese Vektoren sind von der Veränderung der Investitionen nicht beeinflusst, wodurch das Verhältnis der Indikatoren Bruttoproduktion und Beschäftigung für die Befragungsjahre von der Aktualisierung unverändert bleibt. Die absolute Beschäftigung verändert sich dagegen analog zu den Anpassungen bei der Bruttoproduktion.

Die Aktualisierung der Umsätze auf Basis der neuen Investitionszeitreihen ermöglicht auch weitere Anpassungen vorzunehmen, welche sich durch die Betrachtung der gesamten Zeitreihe anbieten. So kann die Entwicklung des Außenhandels für die Jahre, die zwischen den Befragungsjahren lagen, durch Extrapolation der absoluten Werte vollzogen werden, wodurch bislang vorhandene Sprünge in den Zahlen zwischen einem Schätzzahr und einem Erhebungsjahr geglättet werden können. Ziel dieser Herangehensweise ist es eine plausible zeitliche Entwicklung aufzuzeigen.

Für die Entwicklung der Jahre 2000 bis 2003 sowie 2014 bis 2016 werden für den Außenhandel hingegen externe Quellen wie die Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes (StaBuA 2017b), die COMTRADE-Datenbank (UN 2017) der UN sowie die Entwicklungen der Auslandsmärkte herangezogen. Dabei werden nicht die absoluten Werte dieser Statistiken verwendet, da diese nicht die gleiche Bezugsbasis haben, wie die Güter, welche durch die Unternehmensbefragungen erfasst wurden, sondern vielmehr die relative Entwicklung. So sind in den Außenhandelsstatistiken beispielsweise Turbinen für Wasserkraftanlagen in verschiedenen Größenklassen spezifisch aufgeführt, weitere Teile wie Pumpen können jedoch nicht direkt nachvollzogen werden (dual use-Problematik). Daher wird mit

dieser Herangehensweise implizit angenommen, dass die Entwicklung der ausgewiesenen Bauteile ein Indikator für die Außenhandelsentwicklung anderer Bauteile dieser Anlagen ist. Grundsätzlich wird dabei so vorgegangen, dass die Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes als primäre Quelle diente und die COMTRADE-Datenbank nachgelagert verwendet wird. Dies hängt damit zusammen, dass die Daten und Entwicklungen beider Datenbanken nicht unbedingt übereinstimmen, die COMTRADE Datenbank hingegen auch die Jahre 2000 bis 2003 ausweist. Einschränkend kommt zusätzlich hinzu, dass die meisten EE-Produkte nicht für sich stehend in diesen Statistiken aufgeführt werden, sondern häufig eine Teilmenge der dargestellten Güterkategorien bilden (dual use-Problematik). Da nicht klar ist, welche Rolle EE-Produkte in diesen statistischen Kategorien spielen, und damit nicht nachvollzogen werden kann, inwieweit die Entwicklung der Kategorie die Entwicklung der EE-Produkte widerspiegelt, können diese Datenbanken nur eingeschränkt verwendet werden. Aus diesem Grund werden die Außenhandelsstatistiken vor allem für die Bereiche Wasserkraft<sup>23</sup> und Windenergie<sup>24</sup> an Land herangezogen. Die Außenhandelsentwicklung anderer Technologien wird hingegen anhand der Zubauentwicklung des europäischen Marktes, als wichtigstem Außenhandelspartner, abgeschätzt. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Solarthermie (IEA-SHC 2017, ESTIF 2017), oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme (EHPA 2017) sowie teilweise die Photovoltaik (IEA-PVPS 2017). Wobei bei der Photovoltaik für die Jahre 2014 bis 2016 ebenfalls die Ergebnisse der Außenhandelsdatenbank des Statistischen Bundesamtes in die Berechnungen mit einfließt.<sup>25</sup> Für die EE-Sparten Tiefengeothermie, Biomasse (Heiz-/)Kraftwerke und Biomasse Kleinanlagen wurden die Exportquoten, welche sich aus den Unternehmensbefragungen ergeben haben, beibehalten. Für die Jahre 2000 bis 2003 stellt damit das Befragungsergebnis für 2004 die Grundlage dar, für 2014 bis 2016 das Jahr 2013<sup>26</sup>. In Bereichen Biogas wurde von dieser Herangehensweise für die Jahre 2014 bis 2016 abgesehen. Auf Grund der Aussagen von Verbandsvertretern ist die

---

<sup>23</sup> DeStatis: WA84101100 Wasserturbinen und Wasserräder, bis 1000kW; WA84101200 Wasserturbinen und Wasserräder, 1000-10000kW; WA84101300 Wasserturbinen und Wasserräder, über 10000kW; WA84109000 Teile von Wasserturbinen und Wasserrädern, Regler; COMTRADE: 8410 (Hydraulic turbines, water wheels, power < 1000 kW; Hydraulic turbines, water wheels, power 1000-10000 kW; Hydraulic turbines, water wheels, power > 10000 kW; Parts of hydraulic turbines and water wheels).

<sup>24</sup> DeStatis: WA85023100 Stromerzeugungsaggregate, windgetrieben; COMTRADE: 850231 Wind-powered generating

<sup>25</sup> Hintergrund ist hier die Problematik der Abgrenzung relevanter Märkte für deutsche Unternehmen und die große Dominanz sowohl der chinesischen Hersteller als auch des chinesischen Marktes bei der weltweiten Entwicklung. Die Unsicherheiten, die mit der Zuweisung des relevanten Auslandsmarktes einhergehen wurden ähnlich gravierend eingeschätzt, wie die Unsicherheiten bezüglich der Rolle von relevanten Produkten im statistisch erfassten Bereich der „lichtempfindliche Halbleiter“. Daher wurde analog zu der oben benannten Herangehensweise die offizielle Außenhandelsstatistik als Quelle bevorzugt. Destatis: WA85414090 Lichtempfindliche Halbleiterbauelemente; WA85044084 Wechselrichter, Leistung<=7,5kVA; WA85044088 Wechselrichter, Leistung >7,5kVA

<sup>26</sup> Neben den Werten für 2012 wurden auch die Außenhandelsdaten für 2013 erfasst. Falls hierzu keine schlüssigen Ergebnisse vorhanden waren, stellt das Jahr 2012 die Grundlage der weiteren Jahre dar.

Auftragslage aus dem Ausland in diesen Jahren als stabil einzuschätzen gewesen, weshalb der absolute Export des Jahres 2013 auf die Folgejahre fortgeschrieben wird. Auch im Bereich der offshore Windenergie werden die absoluten Exportwerte konstant gehalten. In diesem Sektor gibt es zwar eine europaweite Zubaustatistik (EWEA 2017), die auf dem Inbetriebnahmezeitpunkt der Anlagen basiert. Da in diesem Sektor jedoch wenige Großprojekte existieren, kann es zu deutlichen Schwankungen in den Ausbautzahlen zwischen den Jahren kommen. Aus diesem Grund ist eine Ableitung der Außenhandelsflüsse auf Basis des Inbetriebnahmezeitpunktes nicht möglich.

Neben den bisher benannten Quellen werden weitere Informationsquellen für die Bereiche berücksichtigt, in denen ein besonders detailliertes Wissen vorhanden ist. Dies betrifft zum einen die Windenergie an Land, bei der Informationen zur Marktverteilung der Hersteller für Deutschland in jährlicher Auflösung vorliegen (DEWI 2017, WindGuard 2017). Diese Informationen werden, wie bislang auch, dazu genutzt den Import von Herstellern zu ermitteln, die keine direkte Produktion in Deutschland haben.

Im Bereich der Photovoltaik liegen Informationen bezüglich der Produktionsmengen einzelner Komponenten vor (Photon 2013, Photon 2014). Diese Daten sind bislang auch in die Abschätzungen zur Entwicklung der Branche eingeflossen. Die bislang gewählte Herangehensweise, in der lediglich im Bereich der Importe die Entwicklung der Einzelkomponenten anhand ihres jeweiligen Kostenanteils einer Anlage berücksichtigt wurde, führte jedoch im Laufe der Zeit dazu, dass die Exporte der Wechselrichterhersteller deutlich unterschätzt wurden. Dieser Umstand wurde in den vergangenen Jahren dadurch verstärkt, dass die Relevanz der Wechselrichterhersteller für die deutsche PV-Sparte durch die Probleme der Modul- und Zellhersteller zugenommen hat. Durch eine sehr viel differenziertere Herangehensweise bei der Ermittlung der gesamten Bruttoproduktion auf Komponentenebene kann dies behoben werden.

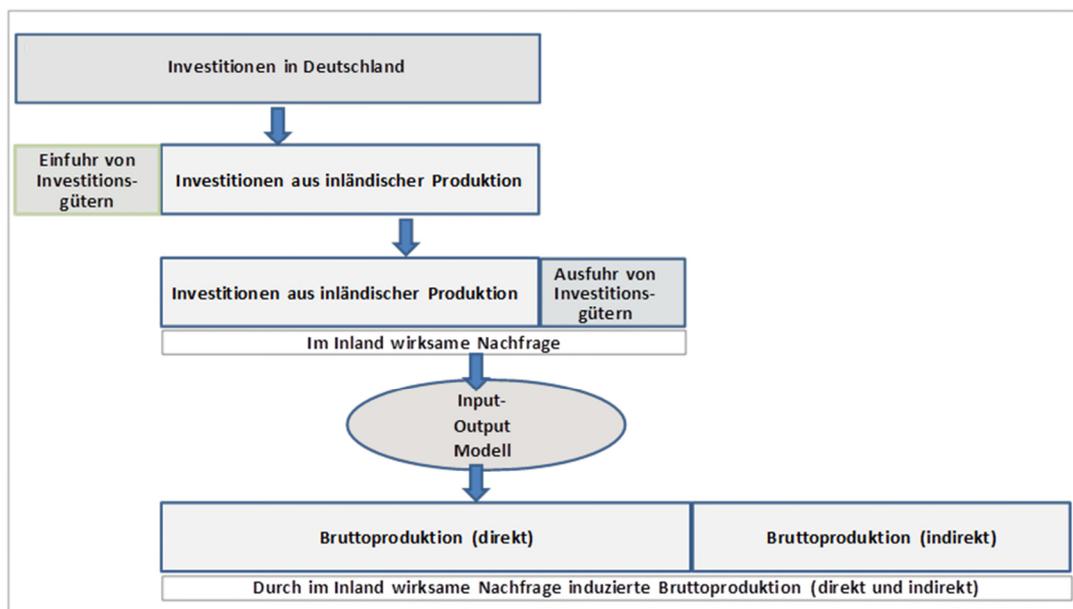
In den Bereichen der offshore Windenergie sowie der Solarthermischen Kraftwerke basieren die Umsatzannahmen im Wesentlichen auf einer Auswertung der weltweit dokumentierten Großprojekte, sowie der Beteiligung deutscher Hersteller an denselben.

Wie bereits erwähnt wird das Verhältnis der Indikatoren Bruttoproduktion und Beschäftigung für die Befragungsjahre 2004, 2007 und 2012 unverändert zu den bisherigen Untersuchungen beibehalten. Die Entwicklung der Arbeitsproduktivität außerhalb der Befragungsjahre wurde in den früheren Untersuchungen auf Basis der durchschnittlichen Entwicklung der Arbeitsproduktivität der relevanten Sektoren in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung abgeleitet. Diese so abgeleiteten Verhältnisse werden hier auch weiterhin angewandt, solange es keine Hinweise darauf gibt, dass deutlich andere Entwicklungen stattgefunden haben. Für die Entwicklung zwischen dem Schätzzahr 2006 und dem Befragungsjahr 2007 konnte in den Sparten Photovoltaik, Wind, Wasser, Biogas, Solarthermie und Biomasse Kleinanlagen festgestellt werden, dass es zu deutlichen Sprüngen in der Entwicklung der Arbeitsproduktivität kam. Diese lag 2007 deutlich höher, als auf Grund der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung der verschiedenen Wirtschaftssektoren zu

erwarten gewesen wäre. Daraus lässt sich schließen, dass im Zeitraum 2005 bis 2007 deutliche Steigerungen der Arbeitsproduktivität in diesen Sektoren erzielt werden konnten, welche mit der Entwicklung der Märkte und damit der Entwicklung der Produktionsverfahren in diesem Zeitraum zu erklären sein kann. Um diese Entwicklung auch für die Jahre 2005 und 2006 adäquat berücksichtigen zu können, wird daher eine Interpolation der Produktivitätsentwicklung dieser Sektoren zwischen den Ergebnissen der Befragungsjahre 2004 und 2007 vorgenommen. Eine solche Interpolation wird für die Periode zwischen den Befragungsjahren 2007 und 2012 nicht vorgenommen. Hierfür sind vor allem zwei Gründe zu nennen. Erstens sind die Unterschiede zwischen der Arbeitsproduktivität des Schätzzjahres 2011 und dem Befragungsjahr 2012 nicht als so gravierend einzuschätzen, dass sie die grundlegende Aussage der abgeleiteten Werte deutlich verändern. Zweitens wurde bei der Auswertung der Befragung des Jahres 2012 eine Umstellung Wirtschaftszweigsystematik der Input-Output-Tabellen auf die Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008 (WZ 2008) vorgenommen, mit der Veränderungen einhergehen, die einen direkten Vergleich mit den Vorjahren nicht möglich machen. Für die Jahre 2000 bis 2003 sowie das Jahr 2016, für die bislang keine Arbeitskoeffizienten vorlagen, wird die durchschnittliche Produktivitätsentwicklung der jeweiligen EE-Sektoren herangezogen, um die erforderlichen Koeffizienten bereitzustellen.

## 4.2 IM INLAND WIRKSAME NACHFRAGE UND BRUTTOPRODUKTION

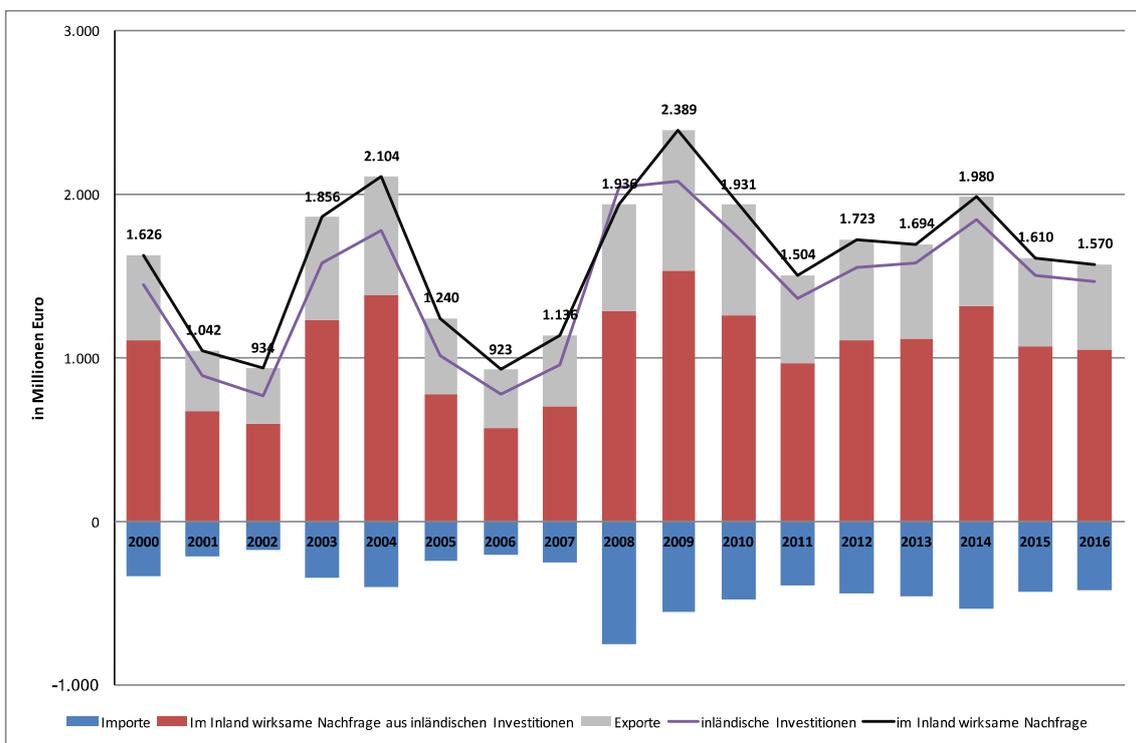
Im vorigen Abschnitt wurde ausführlich erläutert, auf Basis welcher methodischer Überlegungen und mit Hilfe welcher Berechnungsschritte aus den getätigten Investitionen die für die modellmäßigen Abschätzungen notwendige Ausgangsgröße „im Inland wirksame Nachfrage“ abgeleitet werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt nach Investitionsbereichen dargestellt. Darüber hinaus wird – als ein Ergebnis der Modellrechnungen – die mit dieser Nachfrage jeweils verbundene Bruttonproduktion dargestellt. Zur Verdeutlichung der methodischen Vorgehensweise sind die einzelnen Schritte zur Berechnung und die verwendeten Begrifflichkeiten in einer Abbildung dargestellt (Abbildung 44).



**Abbildung 44:** Schematische Darstellung der Berechnungsschritte zur Ableitung der im Inland wirksamen Nachfrage und der Bruttonproduktion

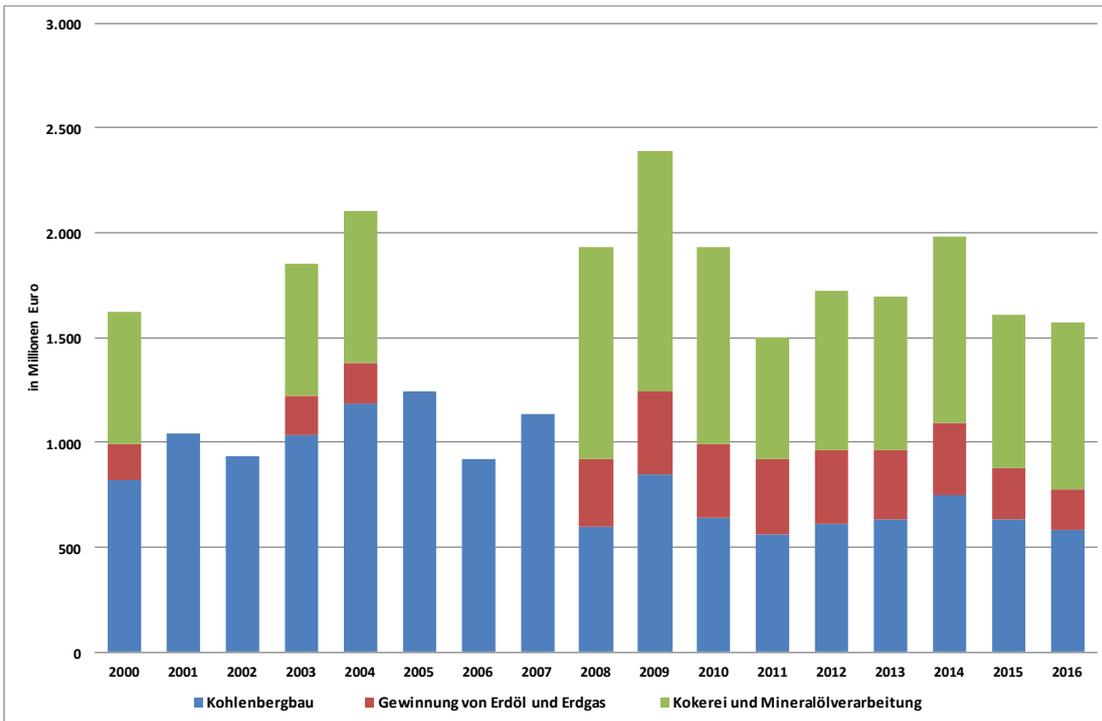
## 4.2.1 BEREITSTELLUNG VON BRENN- UND KRAFTSTOFFEN

Im Investitionsbereich Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen werden die Importe und Exporte von Investitionsgütern modellmäßig mit Hilfe von Informationen aus der jeweiligen Input-Output-Tabelle abgeschätzt (vgl. zur Vorgehensweise Abschnitt 4.1). Bis auf das Jahr 2008 fallen die rechnerischen Exporte immer höher aus als die rechnerischen Importe, sodass auch die im Inland wirksame Nachfrage über der Investitionsnachfrage im Inland liegt (vgl. Abbildung 45). Wie bei der Erläuterung der Investitionsnachfrage beschrieben (Abschnitt 3.1), gibt es für einige Jahre vor 2008 Datenlücken auf Grund statistischer Geheimhaltungsvorschriften. Die Lücken schlagen sich auch in den hier aufbereiteten Ergebnissen zur im Inland wirksamen Nachfrage nieder. Der höchste Wert der im Inland wirksamen Nachfrage tritt mit 2,4 Mrd. Euro im Jahr 2009 auf, 2016 betrug sie knapp 1,6 Mrd. Euro.

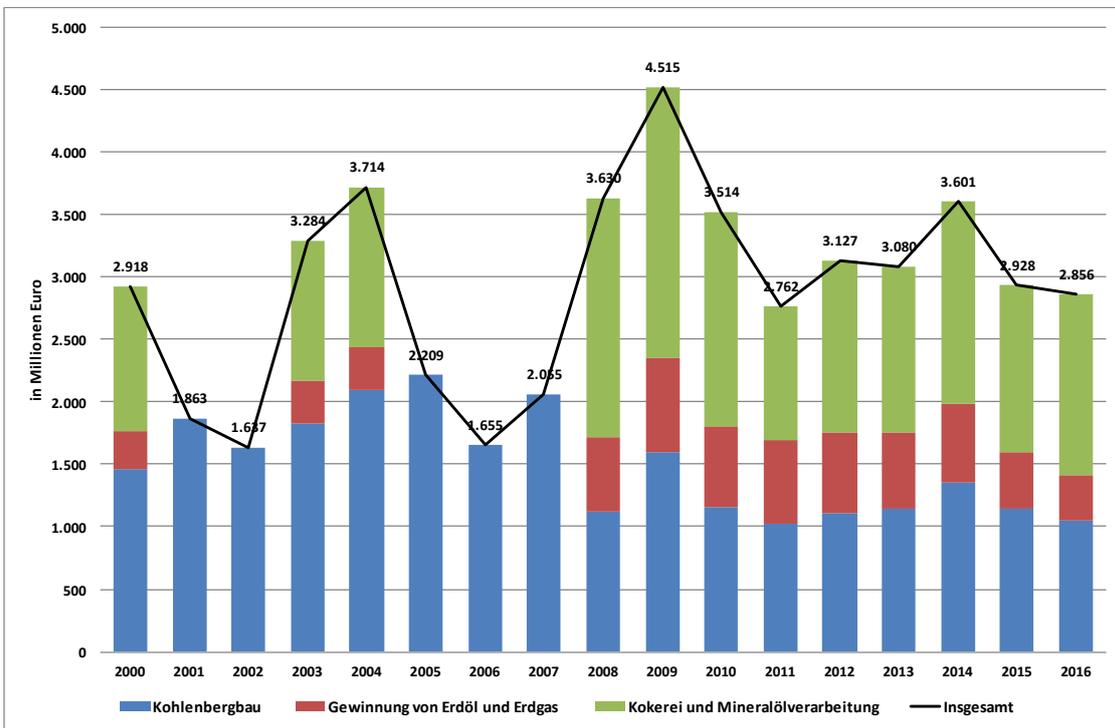


**Abbildung 45: Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen: Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

In Abbildung 46 wird die im Inland wirksame Nachfrage für die drei betrachteten Teilbereiche Kohlenbergbau, Gewinnung von Erdöl und Erdgas sowie Kokereien und Mineralölverarbeitung ausgewiesen. Die Bedeutung des Kohlenbergbaus nimmt im Zeitverlauf deutlich ab, über den gesamten Zeitraum trägt die Gewinnung von Erdöl und Erdgas am wenigsten zur im Inland wirksamen Nachfrage bei.



**Abbildung 46: Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen: im Inland wirksame Nachfrage nach Teilbereichen aus im Inland getätigten Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

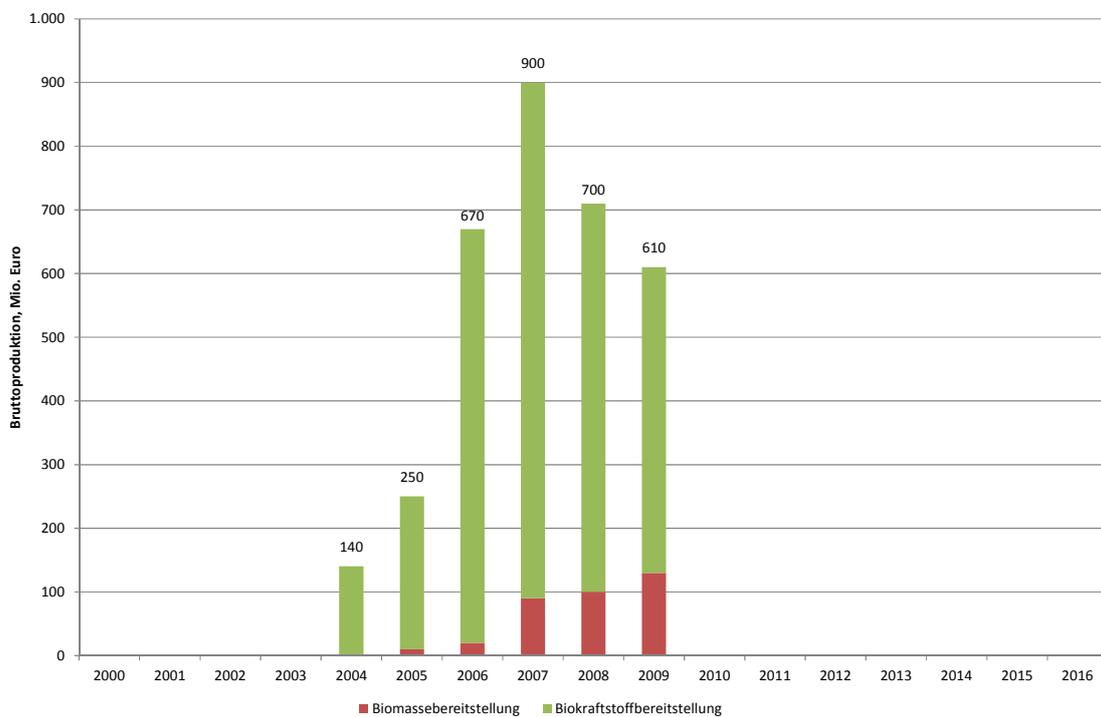


**Abbildung 47: Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen: durch Investitionen und Exporte ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

Mit der oben beschriebenen im Inland wirksamen Nachfrage als Ausgangsgröße lässt sich modellmäßig die induzierte Bruttoproduktion ableiten. Wie in Abschnitt 4.1

ausführlich erläutert, erfolgt die modellmäßige Abschätzung auf Basis jährlicher Input-Output-Tabellen. Die Berechnung wird jährlich für jeden der drei Teilbereiche durchgeführt. In Abbildung 47 sind die Ergebnisse der Berechnungen im Detail dargestellt. Die höchste Bruttoproduktion durch Investitionen zur Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen ergibt sich für das Jahr 2009 (4,5 Mrd. Euro). Für die Jahre, für die keine Datenlücken vorliegen, bewegt sich die Bruttoproduktion im Bereich von 2,8 bis 3,6 Mrd. Euro.

Die Datenlage bezüglich der Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung biogener Brenn- und Kraftstoffe ist lückenhaft und bezieht sich darüber hinaus lediglich auf die Jahre 2004 bis 2009. Die Bruttoproduktion, die aus diesen Investitionen resultiert, ist bereits im Rahmen von Kratzat et al 2007 und Lehr et al 2011<sup>27</sup> ermittelt worden, weshalb hier lediglich auf diese Daten verwiesen wird (vgl. Abbildung 48).



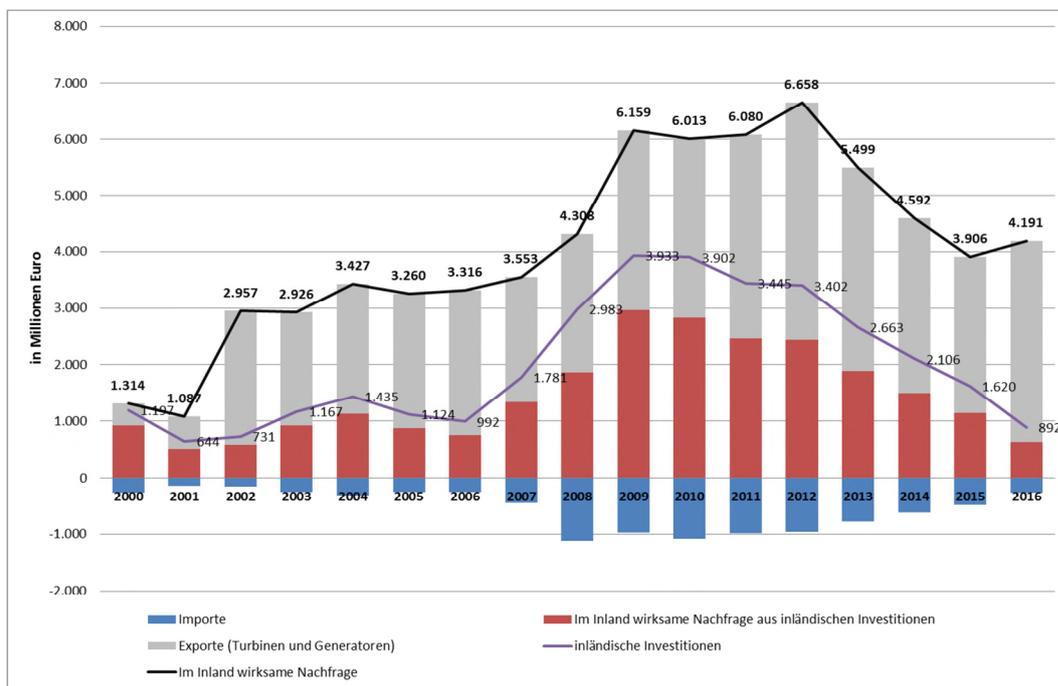
**Abbildung 48: Bereitstellung von biogenen Brenn- und Kraftstoffen: durch Investitionen und Exporte ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

<sup>27</sup> In Lehr et al (2015) sind für das Jahr 2013 Umsatz und Beschäftigung durch Produktionsmittelhersteller im EE-Bereich abgeschätzt worden, die auch den Bereich der Anlagen zur Biokraftstoffbereitstellung einbeziehen. Für 2013 konnte hier ein Umsatz in Höhe von 800 Mio. Euro für die Biokraftstoffbereitstellung hergeleitet werden. Da die methodische Herangehensweise deutlich von der Herangehensweise der dargestellten Zahlen der Jahre 2004 bis 2009 abweicht, sind diese nicht in die Betrachtung mit einbezogen worden.

## 4.2.2 ANLAGEN ZUR BEREITSTELLUNG VON STROM UND WÄRME

### 4.2.2.1 Konventionelle Stromerzeugung

Im Investitionsbereich konventionelle Stromerzeugung werden die Importe von Investitionsgütern modellmäßig mit Hilfe von Informationen aus der jeweiligen Input-Output-Tabelle abgeschätzt, die Exporte werden auf Basis der gewählten Abgrenzung von Gütern aus der COMTRADE-Datenbank abgeleitet (vgl. voriger Abschnitt und insbesondere Abbildung 40). Die Exporte fallen in diesem Investitionsbereich höher aus als die Importe, so dass die im Inland wirksame Nachfrage deutlich über den in Deutschland getätigten Investitionen liegt (vgl. Abbildung 49). In den Jahren 2009 bis 2012 war die im Inland wirksame Nachfrage im Investitionsbereich konventionelle Stromerzeugung am höchsten.



**Abbildung 49: Konventionelle Stromerzeugung: Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

Betrachtet man die im Inland wirksame Nachfrage aus im Inland getätigten Investitionen nach verwendeten Energieträgern, so zeigt sich, dass im Zeitraum 2008 bis 2014 der Energieträger Steinkohle die höchsten Werte aufweist, 2015 bis 2016 und in den Jahren vor 2008 sind Erdgas und teilweise Abfall die Energieträger, die am meisten zur im Inland wirksamen Nachfrage aus inländischen Investitionen beitragen (vgl. Abbildung 50). Die Entwicklung der auf inländischen Investitionen beruhenden im Inland wirksamen Nachfrage ist seit dem Jahr 2009 rückläufig.

Mit der oben beschriebenen im Inland wirksamen Nachfrage als Ausgangsgröße lässt sich modellmäßig die induzierte Bruttoproduktion ableiten. Wie bereits erläutert, erfolgt die modellmäßige Abschätzung auf Basis jährlicher Input-Output-Tabellen. Die Berechnung wird jährlich für jeden der neun Teilbereiche nach Energieträgern durchgeführt. In Abbildung 51 sind die Ergebnisse detailliert dargestellt. Es wird differenziert, ob die Bruttoproduktion auf inländischen Investitionen oder auf Exporten

beruht. Bei den inländischen Investitionen sind auch die Ergebnisse nach den neun Energieträgern dargestellt. Die induzierte Bruttoproduktion erreicht im Jahr 2012 mit gut 12 Mrd. Euro ihren höchsten Wert, betrachtet man nur die Bruttoproduktion, die auf inländischen Investitionen beruht, beträgt der höchste Wert knapp 6 Mrd. Euro im Jahr 2009.

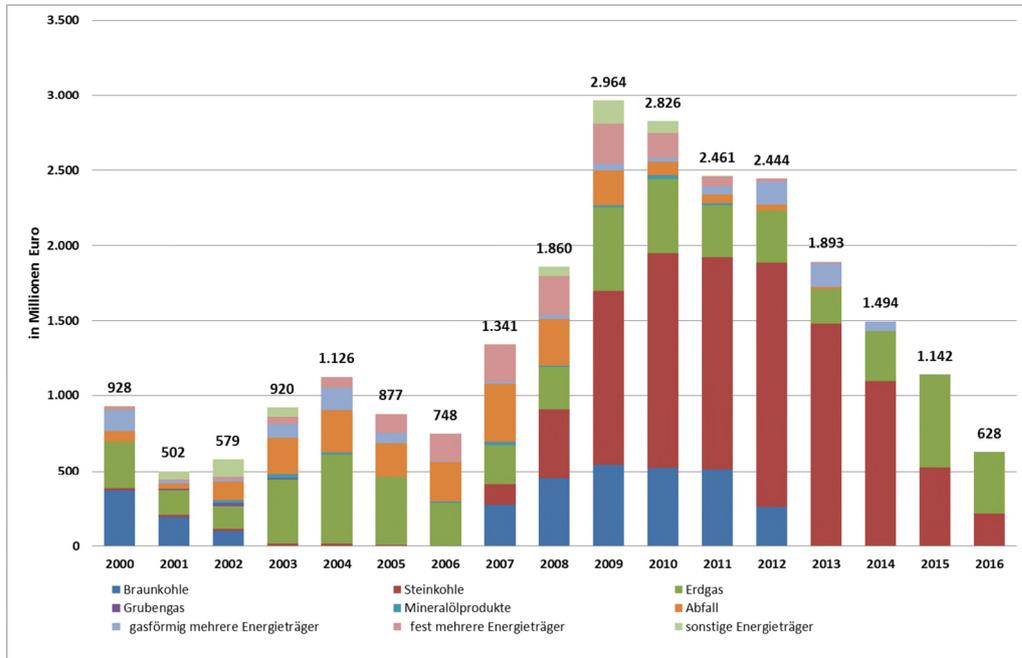


Abbildung 50: Konventionelle Stromerzeugung: im Inland wirksame Nachfrage nach Teilbereichen aus im Inland getätigten Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro

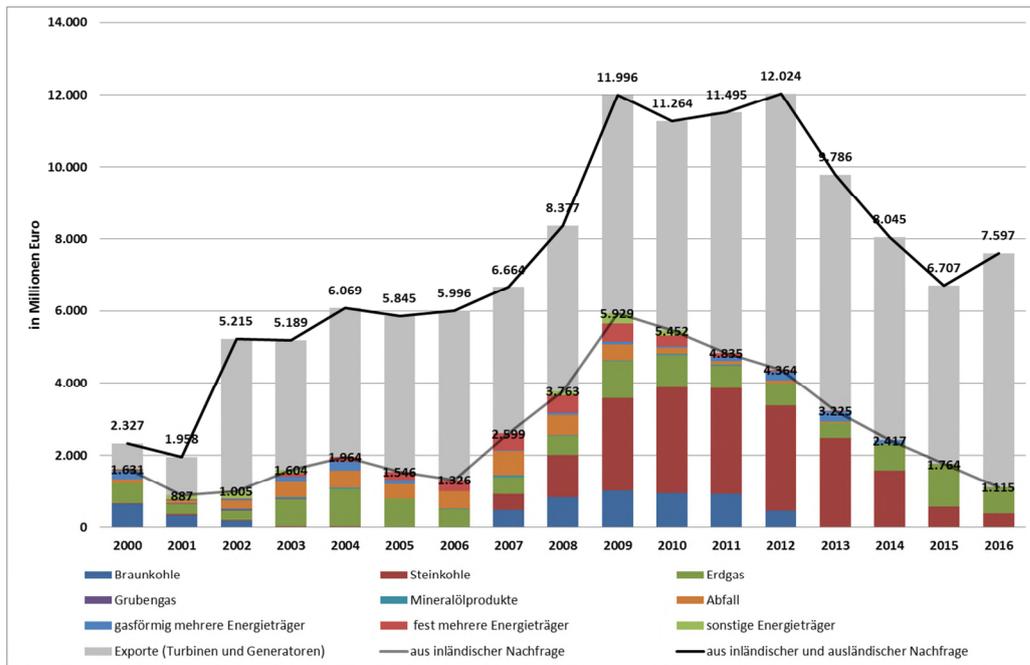
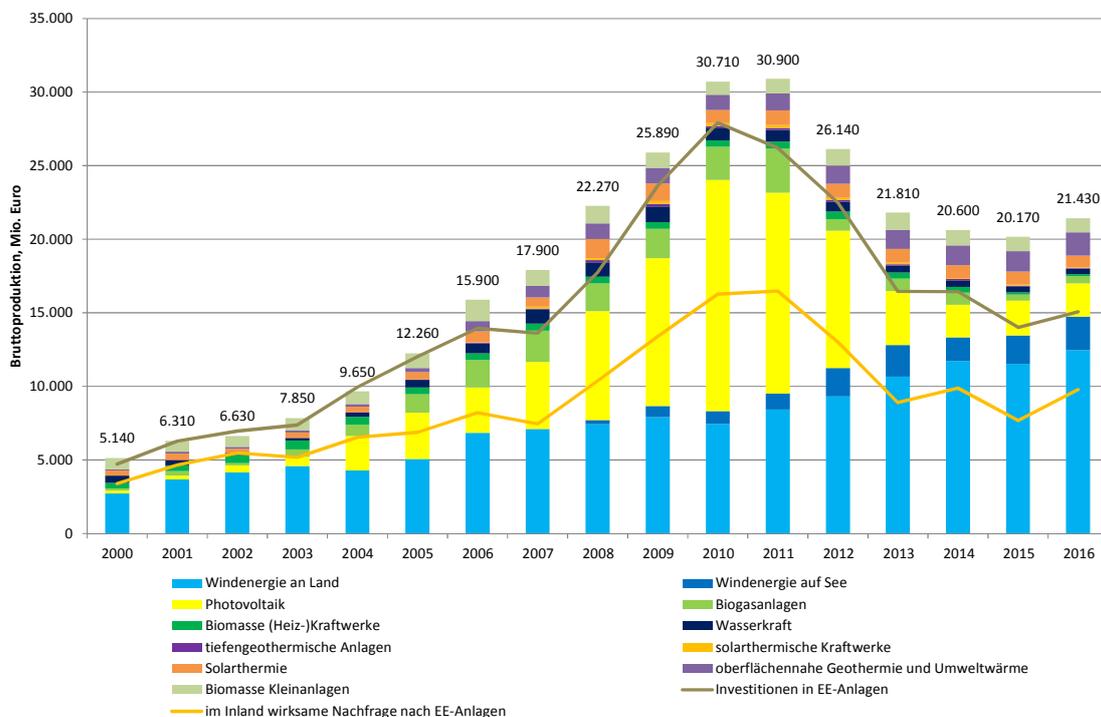


Abbildung 51: Konventionelle Stromerzeugung: durch Investitionen und Exporte ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro

#### 4.2.2.2 Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Im Investitionsbereich der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien basieren die Informationen bezüglich des Außenhandels zu einem wesentlichen Teil auf den Ergebnissen von drei groß angelegten Unternehmensbefragungen der Jahre 2004, 2007 und 2012 (Staiß et al 2006, Lehr et al 2011, Lehr et al 2015). Für die Zeiträume zwischen 2000 und 2003 sowie 2013 bis 2016 konnte auf eine Reihe von weiteren Informationsquellen wie Außenhandelsstatistik, Produktionsstatistik und ausländische Marktentwicklungen zurückgegriffen werden (vgl. Kapitel 4.1).

Die aus den Investitionen und dem Außenhandel abgeleitete Bruttoproduktion von Anlagen und Komponenten zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland ist in Abbildung 52 dargestellt. Ausgehend von etwa 5 Mrd. Euro im Jahr 2000 stieg sie auf knapp 31 Mrd. Euro in den Jahren 2010 und 2011. Nach einem Rückgang zwischen 2011 und 2013, der vor allem durch die Entwicklung in der Photovoltaik Branche geprägt war, lag die Bruttoproduktion in den vergangenen vier Jahren bei etwa 21 Mrd. Euro jährlich.

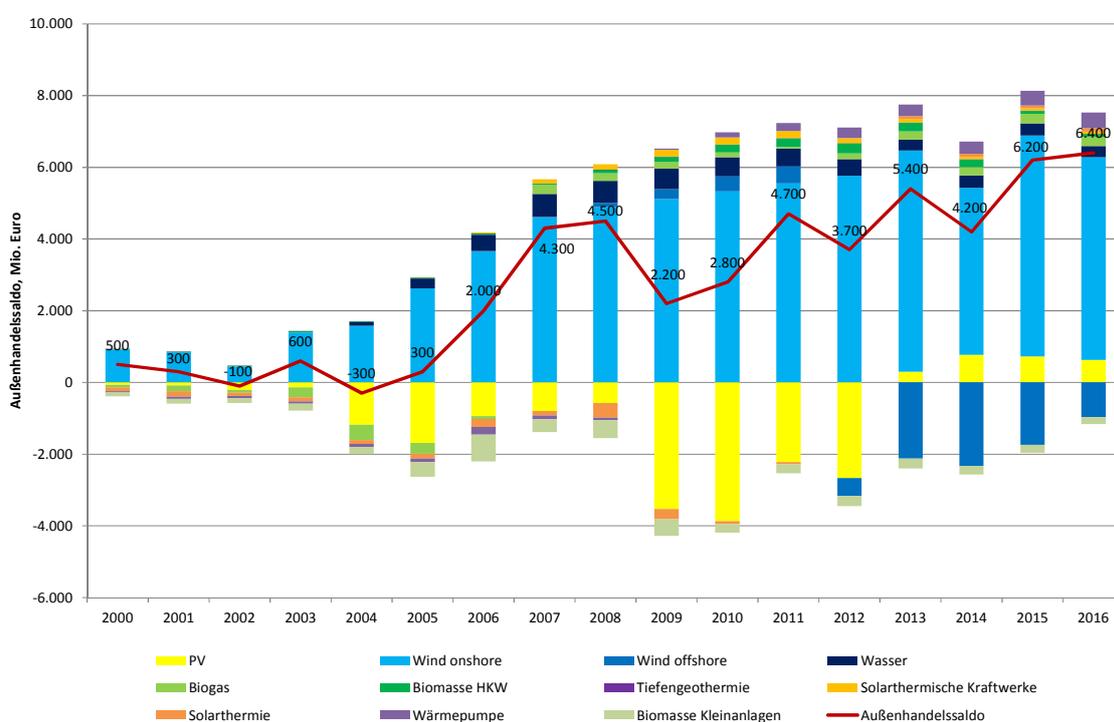


**Abbildung 52: Bruttoproduktion von Anlagen und Komponenten zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

Hält man der Entwicklung der Bruttoproduktion die Entwicklung der Investitionen in EE-Anlagen in Deutschland gegenüber, so kann man sehen, dass insgesamt ein recht ähnliches Entwicklungsmuster zu erkennen ist. Unterschiede ergeben sich insbesondere durch Verschiebungen zwischen der inländischen und ausländischen Nachfrageentwicklung. Während die Investitionen von 2006 auf 2007 erstmals leicht rückläufig waren, ist davon auszugehen, dass die Unternehmen ein weiteres Wachstum der Exporte realisieren konnten, wodurch es auch 2007 zu einem Anstieg der Bruttoproduktion kam. Den erneuten Rückgang der Investitionen im Jahr 2011 konnte der Export noch ausgleichen, wohingegen ab 2012 eine Konsolidierung

einsetzte, die insbesondere die Photovoltaik als auch den Biogasbereich betraf.

Eine genauere Betrachtung des Außenhandels macht deutlich, dass beinahe im gesamten Betrachtungszeitraum der Außenhandelssaldo positiv war (vgl. Abbildung 53). Es waren mehr Exporte zu verzeichnen als direkte Importe von EE-Anlagen für den Markt.<sup>28</sup> Hierbei wird auch deutlich, dass diese Außenhandelsüberschüsse im Laufe der Zeit zugenommen haben, wohingegen sie zu Beginn des Betrachtungszeitraums kaum relevant, wenn nicht sogar negativ waren (2002 und 2004). Diese Entwicklung der Außenhandelsbilanz der EE-Technologien zeigt damit deutlich die ökonomische Entwicklung dieses jungen Industriezweiges, welcher zu Beginn stark auf den heimischen Markt fokussiert war und im Laufe der Zeit durch verschiedene Exportstrategien eine Diversifizierung seiner Absatzmärkte vorgenommen hat.



**Abbildung 53: Deutscher Außenhandelssaldo von EE-Anlagen und Komponenten, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

Gleichzeitig verdeutlicht die technologiespezifische Darstellung, welche Technologien im Zeitverlauf positive und welche negative Außenhandelsalden vorzuweisen hatten. Im Bereich der Photovoltaik war die Handelsbilanz beispielsweise von 2000 bis 2012 durchgehend negativ. Erst 2013, nachdem der große Rückgang der Neuinstallationen im Inland, aber auch die Konsolidierung der heimischen Unternehmen stattgefunden hatte, wurde der Außenhandelsüberschuss (leicht) positiv.

Neben der Photovoltaik gibt es einige andere Bereiche, die Handelsdefizite

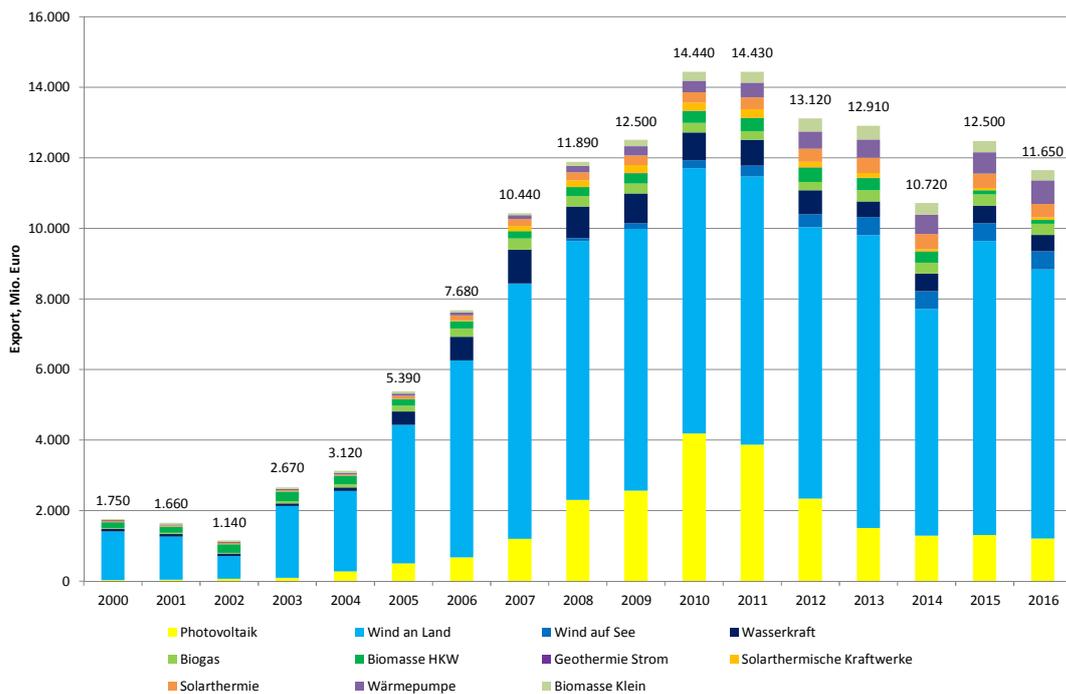
<sup>28</sup> Vorleistungsimporte werden aus dieser Darstellung nicht ersichtlich. Sie ergeben sich modellimmanent aus den importierten Vorleistungen, die in der Vorleistungsverflechtung der verwendeten Input-Output-Tabellen abgebildet sind.

vorzuweisen hatten. Besonders markant ist hier das Defizit der Windenergie auf See, welches insbesondere durch die starke Marktposition von Siemens mit seinen Produktionsstätten im Ausland beeinflusst ist.

Auch im Bereich verschiedener Wärmetechnologien sind Handelsdefizite zu verzeichnen. Diese sind unter anderem durch die historisch starke Rolle anderer Länder wie Österreich in diesem Segment zu erklären.

Im zeitlichen Verlauf konnten jedoch beinahe in allen Bereichen Handelsüberschüsse erreicht werden, so dass seit 2013 bis auf die Bereiche Windenergie auf See und Biomasse Kleinanlagen in allen Technologien mehr exportiert als importiert wird.

Bezüglich des Exports sticht die Windenergie an Land hervor, die bereits im Jahr 2000 nennenswerte Exporte vorzuweisen hatte (vgl. Abbildung 54). Der Rückgang der Exporte im Jahr 2014 muss dabei der außergewöhnlichen Investitionsentwicklung im Inland gegenübergestellt werden. Hier kam es von 2013 auf 2014 zu einem deutlichen Anstieg, wodurch die Exporte aller Wahrscheinlichkeit nach rückläufig waren, um den inländischen Markt zu bedienen. 2016 lagen die Exporte dagegen, trotz ähnlichem Ausbauniveau wie 2014, höher, was auf einen Ausbau der Produktionskapazitäten hindeutet.



**Abbildung 54: Export von Anlagen und Komponenten zur Nutzung erneuerbarer Energien aus Deutschland, Mio. Euro (eigene Berechnung)**

Im Bereich der Photovoltaik wird in der rückläufigen Entwicklung der Exporte seit 2012 vor allem die Konsolidierung in dieser Sparte deutlich, wobei der Rückgang des europäischen PV-Marktes auch einen starken Einfluss auf die Exporte gehabt haben wird.

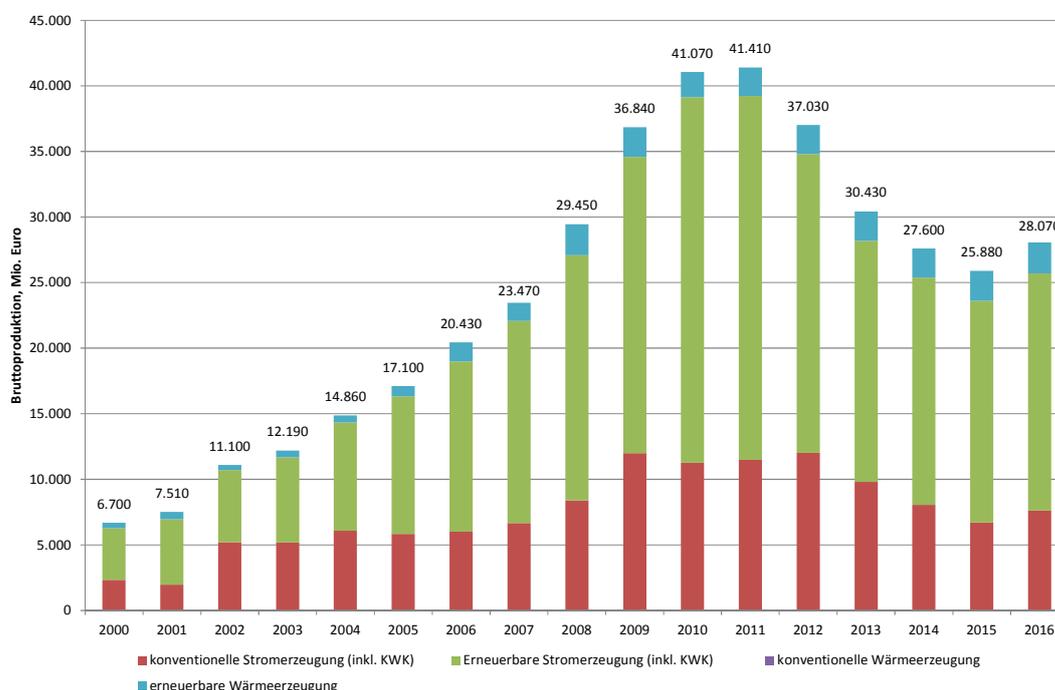
In den meisten anderen Segmenten ist eine stetige Zunahme der Exporte zu beobachten, die die Entwicklung der Industrie wie zuvor beschrieben widerspiegelt.

Limitiert werden die Exporte dabei vor allem durch die Marktentwicklungen im Ausland, insbesondere in Europa.

In Summe ist der Export von EE-Anlagen und Komponenten ausgehend von einem Niveau unter 2 Mrd. Euro im Zeitraum 2000 bis 2003 auf einen Höchststand von rund 14 Mrd. Euro in den Jahren 2010 und 2011 angestiegen. 2016 lag der Gesamtexport bei rund 12 Mrd. Euro knapp unter dem Vorjahresergebnis.

#### 4.2.2.3 Zusammenfassung – Bereitstellungsanlagen von Strom und Wärme

Fasst man die einzelnen Investitionsbereiche der Bereitstellung von Strom und Wärme (konventionelle Stromerzeugung, erneuerbare Stromerzeugung, konventionelle Wärmeerzeugung<sup>29</sup>, erneuerbare Wärmeerzeugung) zusammen, wird deutlich, dass die durch Investitionen in diesem Teil des Energiesystems angestoßene Bruttoproduktion zu einem ganz überwiegenden Teil von Investitionen in erneuerbare Stromerzeugung bestimmt wird. In allen Jahren des Beobachtungszeitraums lösen sie mehr als die Hälfte der Bruttoproduktion aus, in 2011 sogar 70%. Der zweitwichtigste Bereich ist die konventionelle Stromerzeugung. Insgesamt erreicht die Bruttoproduktion im Jahr 2011 mit reichlich 41 Mrd. Euro ihren höchsten Wert. Danach kommt es zu einem stetigen Rückgang bis zum Jahr 2015 (knapp 26 Mrd. Euro). Auf die besondere Bedeutung der PV für diese Entwicklung wurde bereits hingewiesen. Im Jahr 2016 stieg die durch Investitionen in Bereitstellungsanlagen von Strom und Wärme angestoßene Bruttoproduktion auf 28 Mrd. Euro.

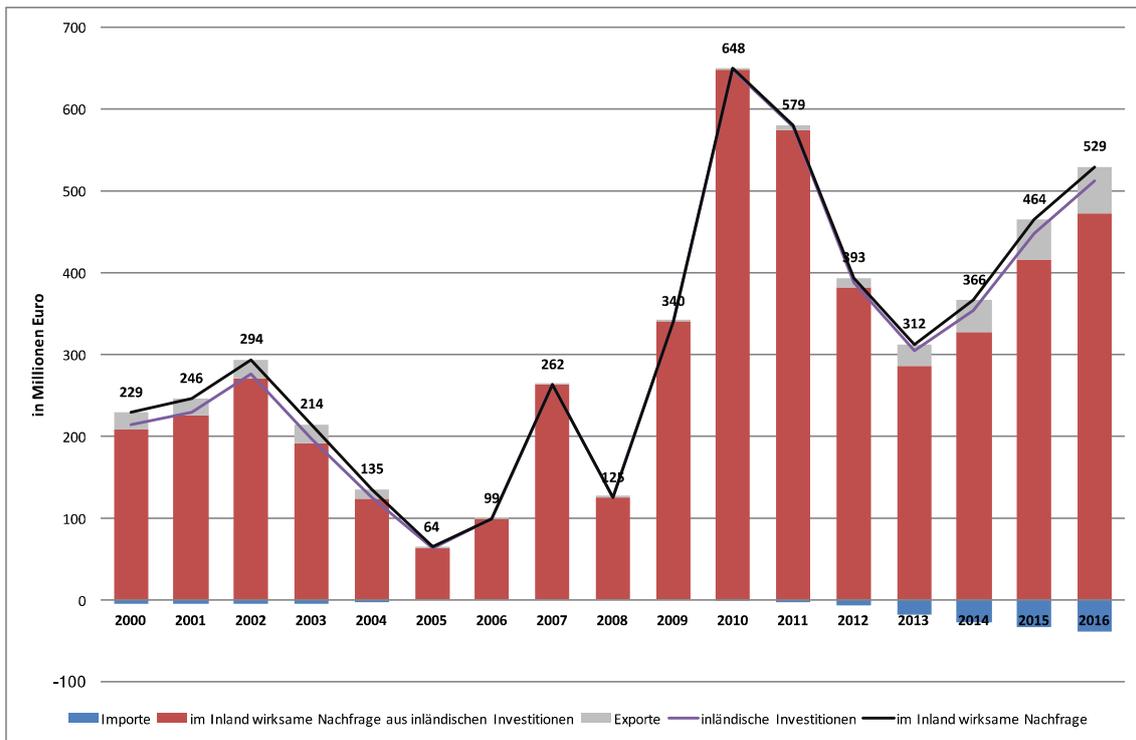


**Abbildung 55: Bereitstellungsanlagen von Strom und Wärme, durch Investitionen ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro (eigene Berechnung)**

<sup>29</sup> Für diesen Bereich wurden keine Investitionen ermittelt.

### 4.2.3 SPEICHER

Im Investitionsbereich Speicher werden die Importe von Investitionsgütern und die Exporte modellmäßig mit Hilfe von Informationen aus der jeweiligen Input-Output-Tabelle abgeschätzt. In diesem Investitionsbereich spielen bisher die Importe und Exporte eine untergeordnete Rolle, nicht zuletzt deshalb, weil in den bisher quantitativ dominierenden Investitionsfeldern Gasspeicher und Pumpspeicher auf Grund der Güterstruktur der Investitionen Bauleistungen ein hohes Gewicht haben. Bauleistungen werden in der Regel ortsnah erbracht und international nur in sehr beschränktem Umfang gehandelt. Eine Sonderentwicklung wurde im Bereich der Batteriespeicher modelliert. Dort wurde auf Basis externer Informationen berücksichtigt, dass die Zellen der Lithium-Ionen Batterien zu einem ganz überwiegenden Teil aus dem Ausland bezogen werden. Dies führt dazu, dass über die rechnerisch ermittelten Importe, die in der Abbildung 56 ausgewiesen werden, bei Batteriespeichern in erheblichem Umfang zusätzliche Importe beim Übergang von Investitionen zur im Inland wirksamen Nachfrage berücksichtigt werden.<sup>30</sup> Die im Inland wirksame Nachfrage im Investitionsbereich Speicher lag im Jahr 2016 bei gut 0,5 Mrd. Euro.



**Abbildung 56: Speicher, Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

Betrachtet man die im Inland wirksame Nachfrage nach Art der Speicher, so zeigt sich wie bei den Investitionen das große Gewicht des Bereichs Gasspeicher, der diesen Investitionsbereich seit vielen Jahren dominiert (vgl. Abbildung 57). Zuletzt hat die

<sup>30</sup> Diese Importe werden bei der Darstellung in Abbildung 56 nicht sichtbar, weil sie als externe Informationen anders modelliert werden als die rechnerisch ermittelten Importe aus den Input-Output-Tabellen.

Bedeutung anderer Speichertechnologien zugenommen, vor allem Batteriespeicher und auch Wärmespeicher spielen am aktuellen Rand eine größere Bedeutung bei der im Inland wirksamen Nachfrage.

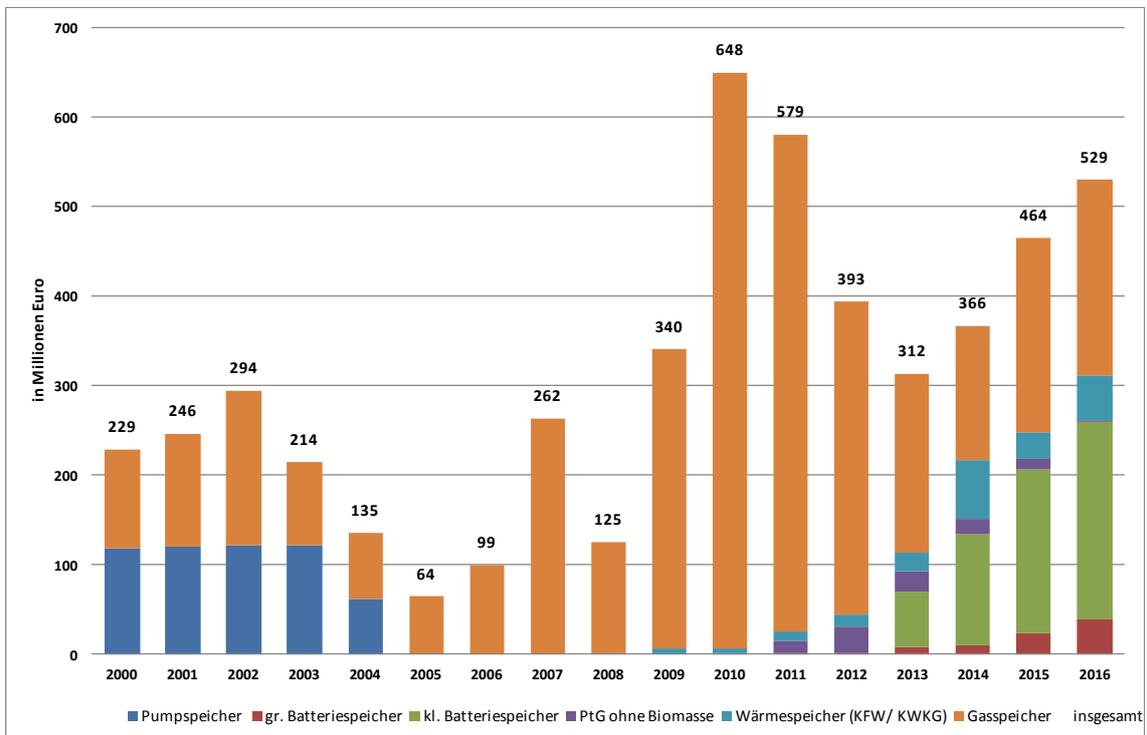


Abbildung 57: Speicher, im Inland wirksame Nachfrage nach Teilbereichen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro

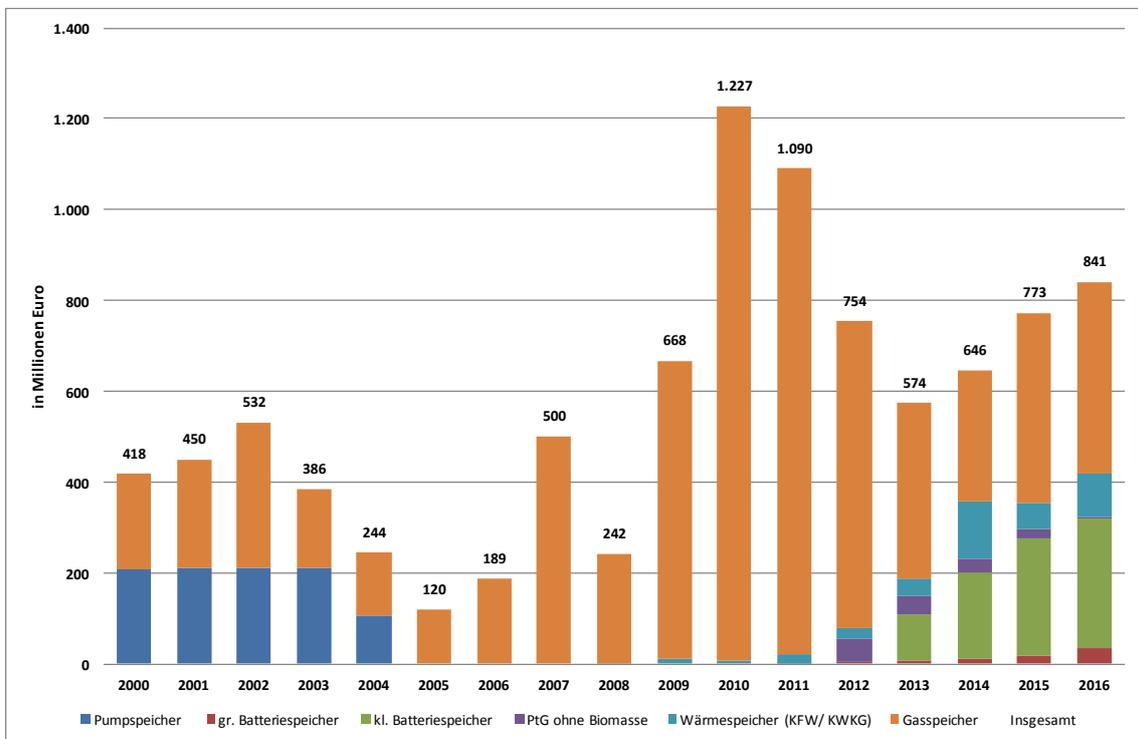
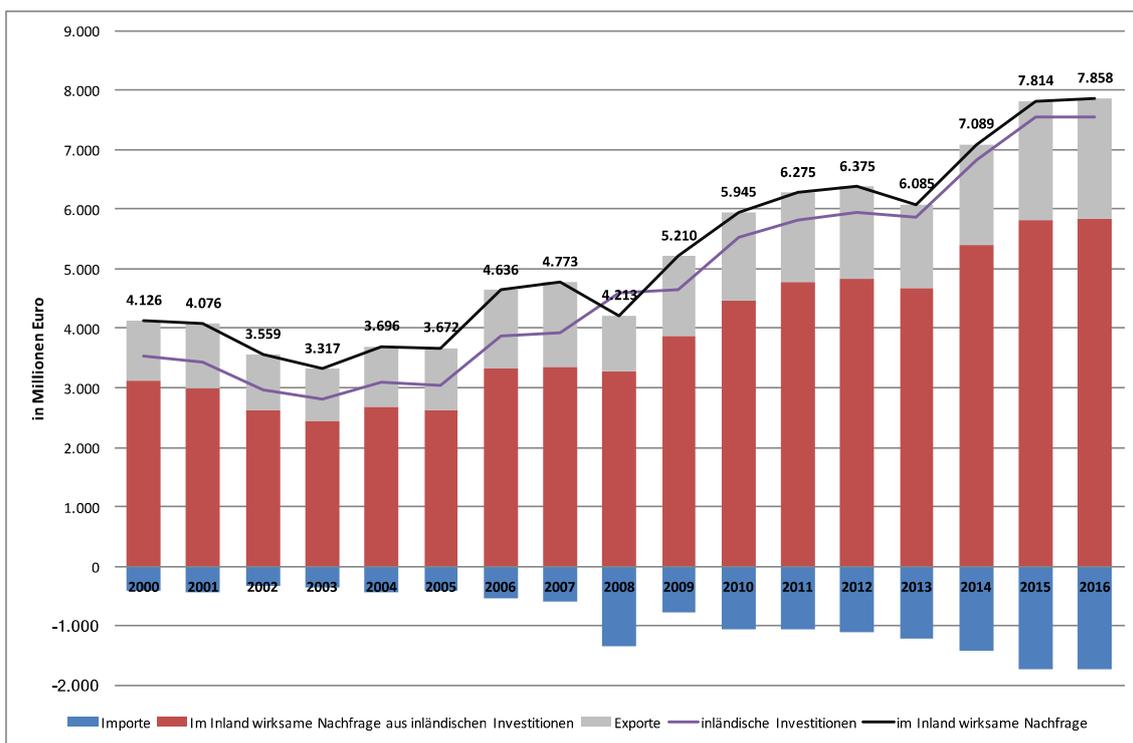


Abbildung 58: Speicher, durch Investitionen ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro

Die Ergebnisse der modellmäßigen Abschätzung der induzierten Bruttoproduktion im Investitionsbereich Speicher ist in Abbildung 58 dargestellt. Die Darstellung zeigt auch die Bedeutung der sechs getrennt untersuchten Technologien. Ihren höchsten Wert erreichte die induzierte Bruttoproduktion im Jahr 2010 mit 1,2 Mrd. Euro, die nahezu ausschließlich auf Gasspeicher entfielen. Der starke Rückgang bei Gasspeichern konnte danach durch den Anstieg bei anderen Speichertechnologien quantitativ nur teilweise ausgeglichen werden. Im Jahr 2016 betrug die Bruttoproduktion rund 0,8 Mrd. Euro.

#### 4.2.4 NETZE

Im Investitionsbereich Netze werden die Importe von Investitionsgütern und die Exporte wie im Bereich Speicher modellmäßig mit Hilfe von Informationen aus der jeweiligen Input-Output-Tabelle abgeschätzt (vgl. die Erläuterungen im vorigen Abschnitt). Die Exporte fallen in diesem Investitionsbereich geringfügig höher aus als die Importe,<sup>31</sup> so dass die im Inland wirksame Nachfrage über den in Deutschland getätigten Investitionen liegt (vgl. Abbildung 59). In den letzten Jahren hat die im Inland wirksame Nachfrage (genauso wie die Investitionen) spürbar zugenommen. Sie erreichte im Jahr 2016 mit 7,9 Mrd. Euro ihren bisher höchsten Wert.

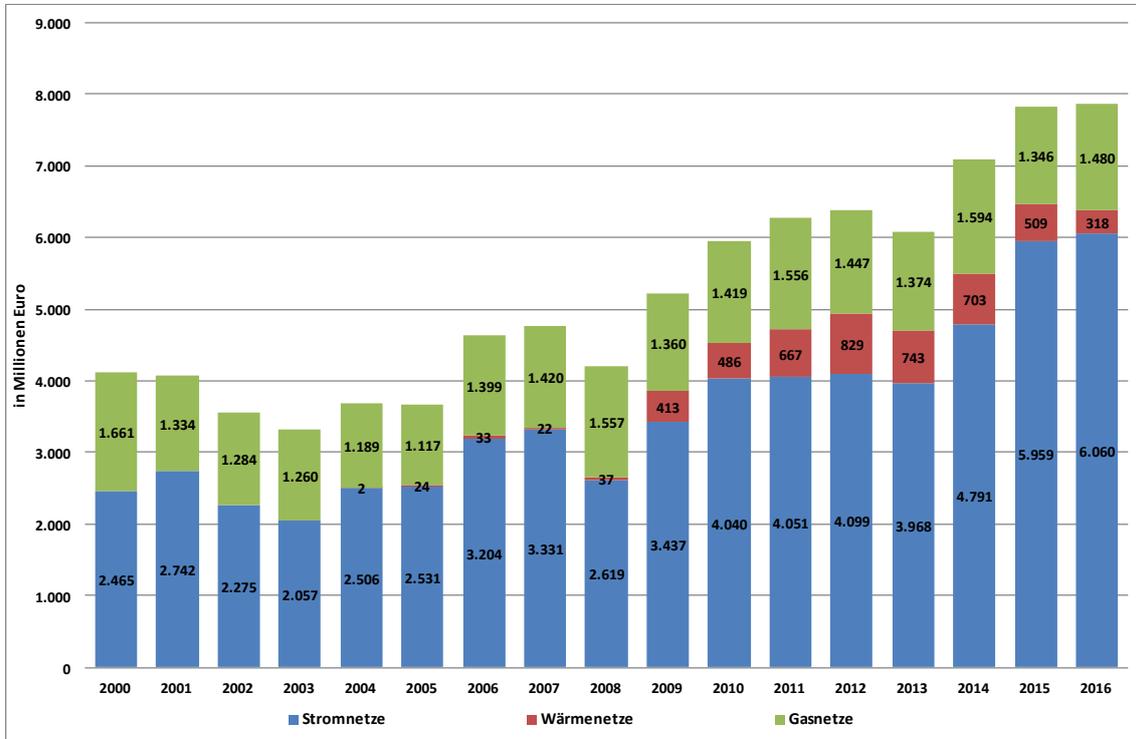


**Abbildung 59: Netze, Investitionen, Importe, Exporte und im Inland wirksame Nachfrage im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

Betrachtet man die im Inland wirksame Nachfrage nach Art der Netze, so zeigt sich wie

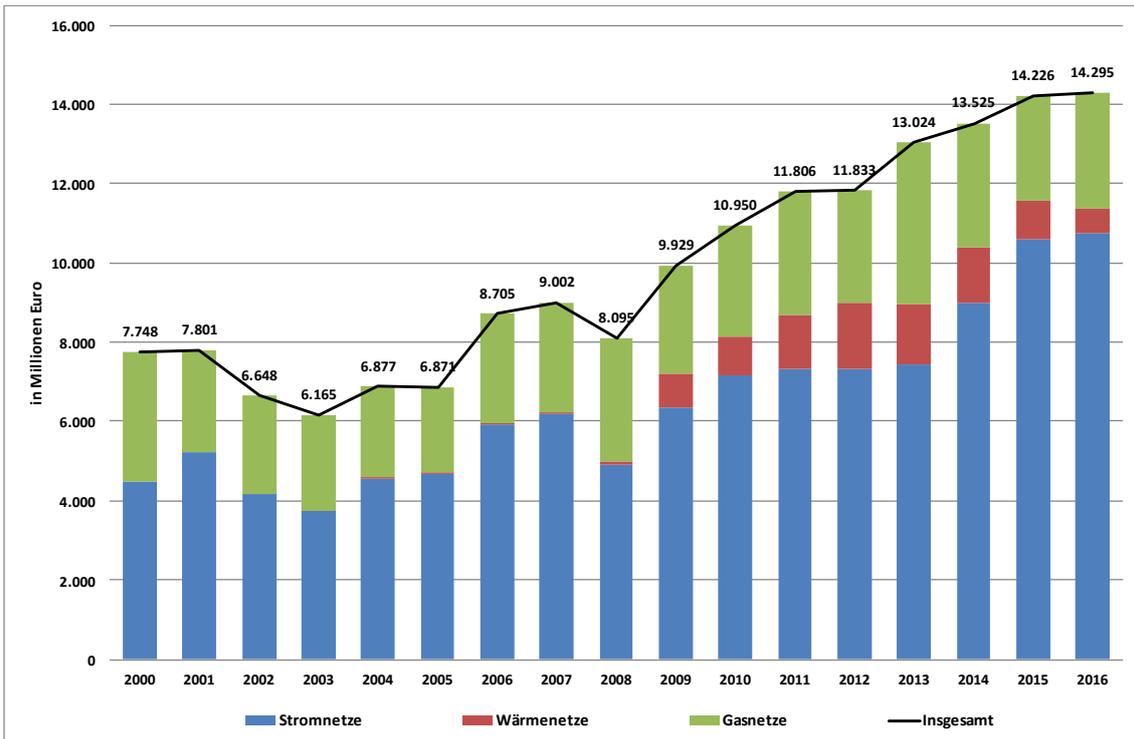
<sup>31</sup> Einzige Ausnahme ist das stark durch die globale Finanz- und Wirtschaftskrise beeinflusste Jahr 2008. Die Finanzkrise hat in allen Industrieländern zu ökonomischen Verwerfungen geführt, die trendhafte Entwicklungen außer Kraft gesetzt haben oder kurzfristig umgekehrt haben.

bei den Investitionen, das große Gewicht des Bereichs Stromnetze, das zuletzt noch zugenommen hat (vgl. Abbildung 60). Nach dem Jahr 2010 hat auch der Bereich Gasnetze zeitweise mehr Nachfrage aufzuweisen, während das Niveau der Nachfrage aus dem Bereich Gasnetze über den gesamten Zeitraum mit durchschnittlich gut 1,5 Mrd. Euro sehr stabil war.



**Abbildung 60: Netze, im Inland wirksame Nachfrage nach Teilbereichen im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

Im Investitionsbereich Netze wird die Abschätzung der induzierten Bruttonproduktion modellmäßig auf Basis jährlicher Input-Output-Tabellen für drei Teilbereiche (Stromnetze, Wärmenetze, Gasnetze) durchgeführt. In Abbildung 61 sind die Ergebnisse detailliert dargestellt. Die induzierte Bruttonproduktion erreicht im Jahr 2016 mit gut 14 Mrd. Euro ihren höchsten Wert. Davon entfallen über 11 Mrd. Euro auf die Investitionen und Exporte im Bereich Stromnetze.



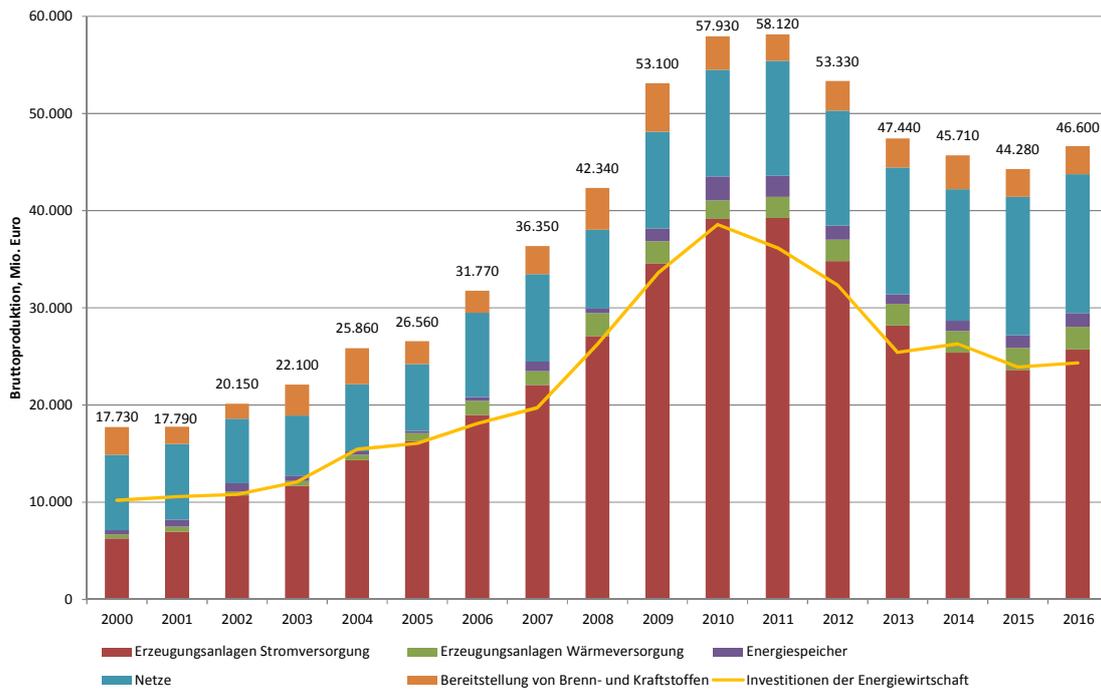
**Abbildung 61: Netze, durch Investitionen ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

#### 4.2.5 ZUSAMMENFASSUNG – BRUTTOPRODUKTION

Führt man die durch Investitionen in den unterschiedlichen Bereichen der Energiewirtschaft ausgelöste Bruttoproduktion zusammen, ergibt sich ein Bild<sup>32</sup> von den durch die Energiewirtschaft insgesamt ausgelösten wirtschaftlichen Aktivitäten. Über den betrachteten Zeitraum 2000 bis 2016 wuchs die ausgelöste Bruttoproduktion zunächst kräftig. Von knapp 18 Mrd. Euro im Jahr 2000 war ein dynamischer Anstieg auf rund 58 Mrd. Euro im Jahr 2011 zu verzeichnen. Getragen wurde diese Entwicklung durch die starken expansiven Effekte die mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien im Bereich Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien einhergingen. Besonders die Spitze in den Jahren 2010 und 2011 wurde durch die Dynamik in der Photovoltaik dominiert. Nach dem Jahr 2011 war die Höhe der ausgelösten Bruttoproduktion rückläufig; zuletzt hat sie sich auf ein Niveau zwischen 43 und 46 Mrd. Euro stabilisiert. Erkennbar wird auch, dass das Gewicht der Erzeugungsanlagen zuletzt rückläufig war, während die Bedeutung der Netze erkennbar zugenommen hat. Die anderen Investitionsbereiche der Energiewirtschaft sind demgegenüber von untergeordneter Bedeutung.

<sup>32</sup> Das Bild ist noch nicht ganz vollständig, da für den Bereich der Wärmebereitstellung aus fossilen Primärenergieträgern keine Angaben über Investitionen und damit auch über die ausgelöste Bruttoproduktion vorliegen.

Über den gesamten Zeitraum betrachtet ist die ausgelöste Bruttoproduktion um 70% höher als die getätigten Investitionen. Hierin spiegelt sich neben dem positiven Außenhandelsaldo für die betrachteten Bereiche auch die große Bedeutung der indirekten Produktionseffekte (der Zulieferung der vorgelagerten Produktionsbereiche zur Erstellung der nachgefragten Investitionsgüter) wieder. In den Jahren 2009 und 2010, die besonders von der Dynamik der Photovoltaik bestimmt waren, war die relative Bedeutung der indirekten Effekte geringer, nicht zuletzt weil in diesen Jahren die Importüberschüsse im Bereich der Photovoltaik besonders kräftig ausfielen.



**Abbildung 62: Durch die Investitionen der Energiewirtschaft ausgelöste Bruttoproduktion im Zeitraum 2000 – 2016, in Millionen Euro**

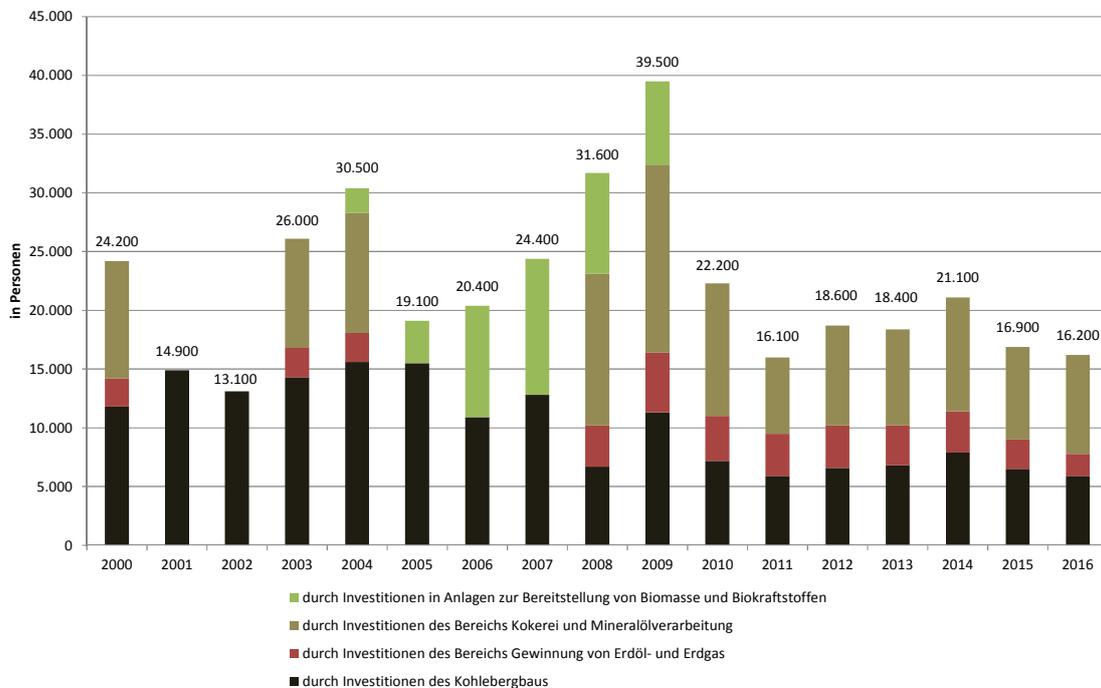
### 4.3 BESCHÄFTIGUNG

Wie im Abschnitt 4.1 ausführlich erläutert, wird die mit den Investitionen in das Energiesystem verbundene Beschäftigung modellmäßig mit dem offenen statischen Mengenmodell der Input-Output-Analyse abgeleitet. Im vorigen Abschnitt wurde für die Investitionsbereiche Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen, konventionelle Stromerzeugung, Speicher und Netze die Entwicklung der im Inland wirksamen Nachfrage und der Bruttoproduktion für den Zeitraum 2000 bis 2016 dargestellt. Die Beschäftigung wird aus der Bruttoproduktion mit Hilfe von jährlichen nach Produktionsbereichen tief disaggregierten Arbeitskoeffizienten rechnerisch abgeleitet. Die Ableitung der Beschäftigungseffekte steht am Ende der untersuchten Wirkungszusammenhänge zwischen Investitionen, Bruttoproduktion und Beschäftigung. Im Ergebnis ergeben sich für unterschiedliche Investitionsbereiche unterschiedliche Beschäftigungswirkungen pro 1 Mio. Euro Investitionsnachfrage. Die Unterschiede bestehen auf der Ebene der untersuchten Technologien. So ergeben sich zum Beispiel im Bereich der erneuerbaren Energien unterschiedliche Beschäftigungswirkungen für Investitionen in Windenergie an Land im Vergleich zu Photovoltaik. Genauso gibt es Unterschiede zwischen den Beschäftigungswirkungen von 1 Mio. Euro Investitionsnachfrage nach Wärmenetzen im Vergleich zu Stromnetzen. Die Höhe der ermittelten Beschäftigungseffekte wird also in jedem Jahr (auch) von der Struktur der getätigten Investitionen beeinflusst.

Im Folgenden werden die Ergebnisse dargestellt und kurz kommentiert. Die Beschäftigung umfasst neben der direkten Beschäftigung in den Unternehmen, die Investitionsgüter für den heimischen und den ausländischen Markt liefern, auch die indirekte Beschäftigung, also die Beschäftigung in jenen Unternehmen, die Vorleistungen für den jeweiligen Produktionsprozess liefern. Der Anteil der direkten bzw. indirekten Beschäftigung ist in den einzelnen Investitionsbereichen unterschiedlich. In grober durchschnittlicher Betrachtung entfallen auf die direkte und die indirekte Beschäftigung jeweils rund 50 Prozent der Gesamtbeschäftigung.

### 4.3.1 BEREITSTELLUNG VON BRENN- UND KRAFTSTOFFEN

Im Investitionsbereich Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen wird eine Beschäftigung ausgelöst, die in ihrer Spitze im Jahr 2009 knapp 40.000 Personen ausmacht (Abbildung 63). Das Gesamtbild für den Zeitraum 2000 bis 2015 (für das Jahr 2016 liegen noch keine Daten vor) ist durch eine Reihe von Sondereffekten verzerrt. Bereits erwähnt wurden die Datenlücken für die Bereiche Mineralölverarbeitung und Gewinnung von Erdöl und Erdgas, die sich aus Geheimhaltungsvorschriften der amtlichen Statistik ergeben. Für den Bereich Anlagen zur Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen liegen nur Werte für die Jahre 2004 bis 2009 vor (vgl. Abschnitt 3.1.4.). Der Wert für das Jahr 2015 im Bereich Mineralölverarbeitung fällt aus dem Rahmen. Unter Berücksichtigung dieser Datenprobleme kann davon ausgegangen werden, dass die Beschäftigung im Bereich Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen sich in den letzten Jahre auf ein Niveau zwischen 16.000 und 22.000 Personen eingependelt hat.



**Abbildung 63: Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffen, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen**

## 4.3.2 ANLAGEN ZUR BEREITSTELLUNG VON STROM UND WÄRME

### 4.3.2.1 Konventionelle Stromerzeugung

Die durch Investitionen induzierte Beschäftigung im Investitionsbereich konventionelle Stromerzeugung erreicht im Jahr 2009 mit knapp 83.000 Personen ihren höchsten Wert im Untersuchungszeitraum (vgl. Abbildung 64). Hiervon entfielen rund 43.000 Personen auf inländische Investitionen und 40.000 Personen auf die Exporte. Seitdem ist die Beschäftigungsentwicklung rückläufig, wobei dieser Rückgang vor allem durch die Abnahme der Investitionen im Inland verursacht wird. Im Jahr 2016 ergab sich noch eine Beschäftigung von knapp 41.000 Personen, hiervon entfallen knapp 7.000 Personen auf inländische Investitionen. Dargestellt wird auch die Aufteilung der Beschäftigung nach den neun unterschiedenen Energieträgern im Zeitverlauf. In den letzten Jahren entfiel die meiste Beschäftigung auf Steinkohle, die allerdings im Jahr 2015 von Erdgas abgelöst wurde.

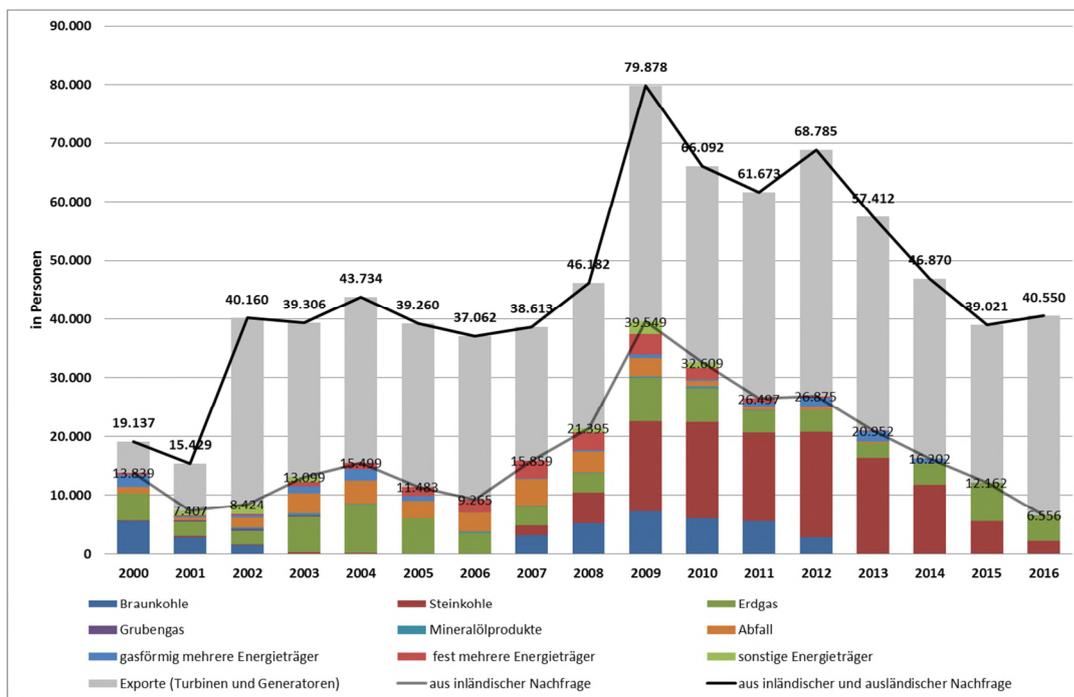
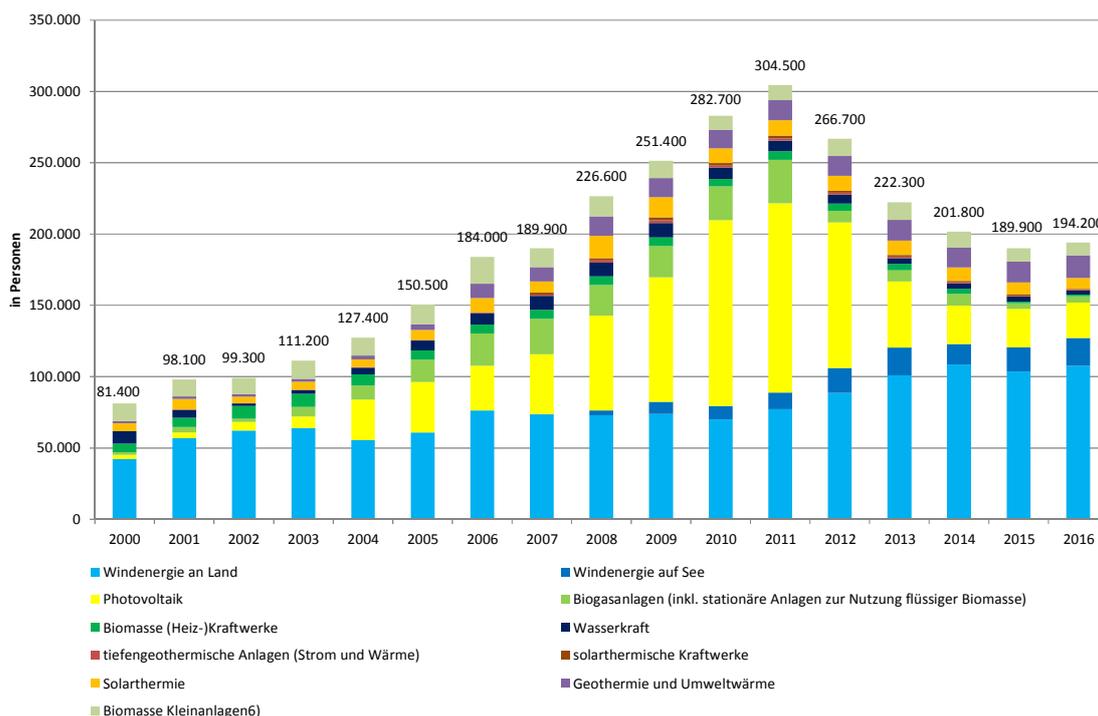


Abbildung 64: Konventionelle Stromerzeugung, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen

### 4.3.2.2 Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Die Beschäftigung, welche aus den Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Inland wie auch im Ausland resultiert, ist in Abbildung 65 dargestellt. Ausgehend von etwa 79.800 Personen im Jahr 2000 konnte ein Anstieg der Beschäftigung in diesem Segment auf bis zu 304.500 Personen im Jahr 2011 ermittelt werden. In den drei darauf folgenden Jahren, sank die Beschäftigung um etwa ein Drittel. 2016 stieg die Beschäftigung, welche aus den Investitionen in EE-Anlagen resultiert, erstmals seit 2011 wieder leicht um 2% im Vergleich zum Vorjahr und lag damit bei etwa 194.200 Personen.



**Abbildung 65: Erneuerbare Energien, Beschäftigung durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen**

Vergleicht man die Entwicklung der Beschäftigung mit der Entwicklung der Bruttoproduktion, so wird insbesondere ein Unterschied im Verlauf deutlich, der einer genaueren Erklärung bedarf. Dem deutlichen Anstieg der Beschäftigung zwischen den Jahren 2010 und 2011 steht auf Seiten der Bruttoproduktion lediglich eine geringe Verbesserung im Vergleich zum Vorjahr gegenüber. Diese Diskrepanz ist auf die Entwicklungen in der Photovoltaik zurückzuführen. Auf dem globalen Photovoltaik Markt kam es 2011 zu deutlichen Überkapazitäten in der Produktion von Zellen und Modulen, wodurch die Preise für diese Komponenten abrupt fielen. In Deutschland hatte dies zur Folge, dass die Systempreise durchschnittlich 24% unter dem Vorjahresniveau lagen und die Bruttoproduktion dieses Bereiches in ihrem Wert um gut 13% geringer ausfiel. Die neu installierte Leistung in Deutschland hingegen stieg um weitere 470 MW im Vergleich zum Vorjahr (+6%), ebenso wie die produzierten Einheiten von Modulen, Zellen und Wechselrichtern (Photon 2013). Hinzu kam, dass bei einer Analyse der Unternehmenskommunikation festgestellt werden konnte, dass es im Jahr 2011 zu keiner nennenswerten Reduzierungen der Beschäftigten kam,

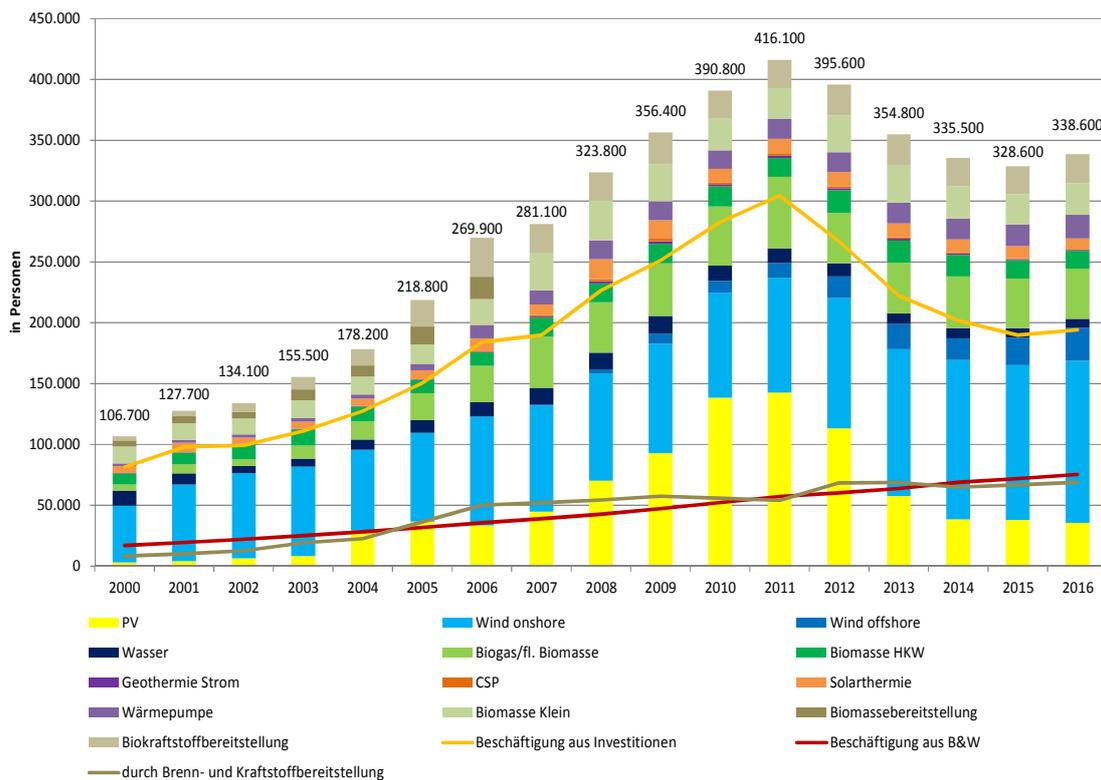
weshalb davon auszugehen ist, dass sich der Rückgang der Bruttoproduktion nicht in vollem Umfang in der Beschäftigung 2011 niedergeschlagen hat, sondern vor allem erhebliche Auswirkungen auf die Unternehmensergebnisse hatte (O'Sullivan et al 2012). 2012 kam es in Folge dieser Entwicklung zur Konsolidierung der deutschen PV-Branche, in der viele der Unternehmen den weiterhin starken Preisrückgängen nicht adäquat begegnen konnten.

Der Anstieg der Beschäftigung im Jahr 2011 ist damit vor allem damit zu erklären, dass die Beschäftigung der Photovoltaik trotz rückläufiger Bruttoproduktion einen leichten Anstieg verzeichnen konnte und viele andere Bereiche, wie die Windenergie an Land und auf See, der Biogasbereich sowie alle Wärmetechnologien ein Wachstum vorzuweisen hatten. Das Jahr 2012 war dann durch massive Beschäftigungsrückgänge im PV-Sektor sowie dem Biogas-Sektor gekennzeichnet. Im PV-Sektor verstärkte sich diese Entwicklung 2013 noch mal durch die starke Reduzierung der neu installierten Leistung um 68% im Vergleich zum Vorjahr.

Erweitert man die Betrachtung der Entwicklung der EE-Branche um die Bereiche Betrieb und Wartung sowie Bereitstellung von biogenen Brenn- und Kraftstoffen, so wird der stabilisierende Einfluss dieser beiden zusätzlichen Bereiche deutlich (vgl. Abbildung 66). Im Vergleich zu der Beschäftigung, die aus den Investitionen in Neuanlagen resultiert, errechnet sich die Beschäftigung in Betrieb und Wartung von Anlagen gemäß der Entwicklung der Bestandsanlagen. Damit ist die Entwicklung der Beschäftigung in diesem Bereich direkt an die Entwicklung des Nettozubaues gekoppelt und unterliegt nicht im gleichen Maße den jährlichen Schwankungen der Investitionstätigkeit.<sup>33</sup> Bezüglich der Bereitstellung von biogenen Brenn- und Kraftstoffen ist der Zusammenhang zwischen Anlagenbestand und Bedarfsentwicklung nicht ganz so eindeutig. Dieser Bereich unterliegt ebenso wie die Investitionen dem internationalen Marktgeschehen. Damit kann es trotz gleichbleibender Nachfrage an Biomasseprodukten zu einer Verschiebung in der Beschäftigung kommen. Gleichzeitig verläuft die Nachfrage nach Biomasseprodukten jedoch eher stetig, sodass die Beschäftigungsentwicklung dieses Bereiches insgesamt gleichmäßiger ausfallen wird, als im Bereich der Investitionen.

---

<sup>33</sup> Bei dieser Argumentation muss berücksichtigt werden, dass die Beschäftigung auch in Betrieb und Wartung einer jährlichen Steigerung der Arbeitsproduktivität unterliegt.



**Abbildung 66: Entwicklung der Beschäftigung in der Branche der Erneuerbare Energien in Deutschland im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen**

Im Zeitraum zwischen 2000 und 2016 hat die Beschäftigung in Betrieb und Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien stetig zugenommen. Von ursprünglich 17.000 direkt und indirekt Beschäftigten im Jahr 2000, stieg die Beschäftigung auf rund 75.500 Personen in 2016 an. Im Bereich der Biomasse- und Biokraftstoffbereitstellung stieg die Beschäftigung von anfänglich 8.300 Personen auf etwa 68.900 Personen im Jahr 2016. Setzt man diese Werte ins Verhältnis mit der Beschäftigung, die aus den Investitionen in EE-Anlagen resultiert, so wird deutlich, dass im Jahr 2000 Betrieb und Wartung sowie Biobrenn- und Kraftstoffbereitstellung mit knapp 24% zur Beschäftigung der EE-Branche beigetragen haben. Dieser Anteil steigt über die Jahre auf knapp 43% im Jahr 2016.

Die Entwicklung der Beschäftigung im Bereich erneuerbare Energien verlief von 2015 auf 2016 erstmals seit 2011 wieder positiv. Insgesamt stieg sie um 3% auf knapp 338.600 Personen im Vergleich zum Vorjahr (vgl. Tabelle 4).

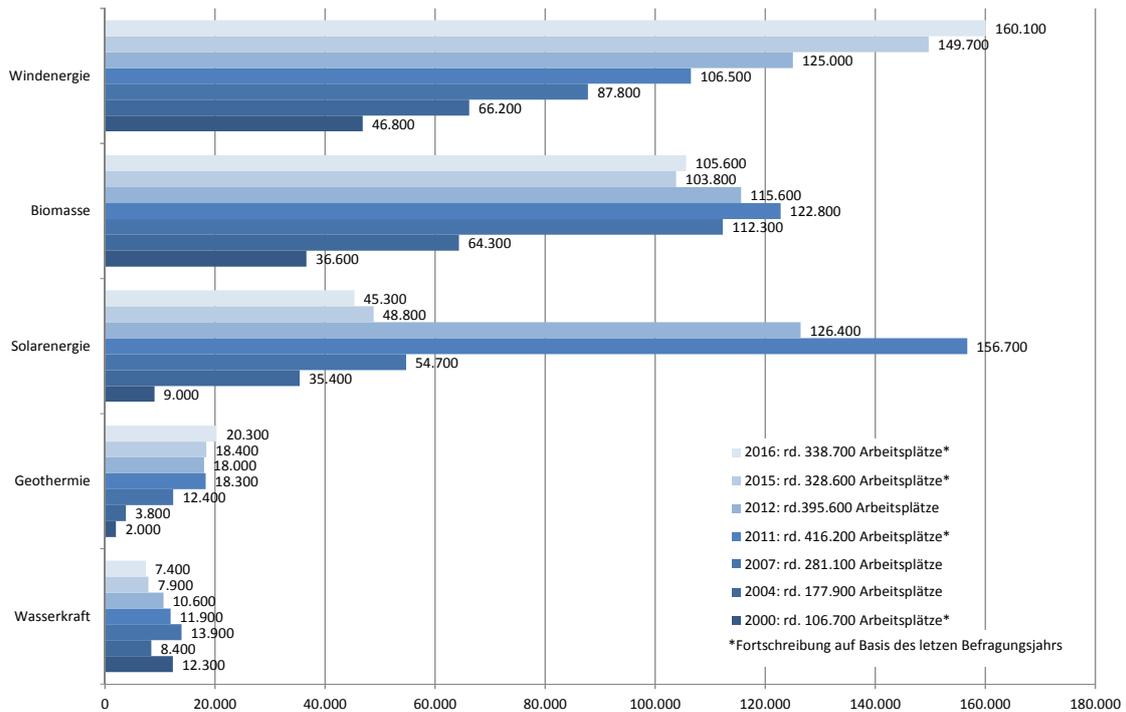
**Tabelle 4: Beschäftigte im Bereich erneuerbarer Energien, in Personen (eigene Berechnung)**

	Beschäftigung durch Investitionen (einschl. Export)	Beschäftigung durch Wartung & Betrieb	Beschäftigung durch Brenn-/ Kraftstoffbereitstellung	<b>Beschäftigung gesamt 2016</b>	<i>Beschäftigung gesamt 2015</i>
Wind an Land	107.600	25.400		<b>133.000</b>	<i>127.100</i>
Wind auf See	19.600	7.600		<b>27.200</b>	<i>22.600</i>
Photovoltaik	24.800	11.000		<b>35.800</b>	<i>38.100</i>
Solarthermie	7.400	1.400		<b>8.800</b>	<i>10.000</i>
Solarthermische Kraftwerke	600			<b>600</b>	<i>700</i>
Wasserkraft	3.000	4.300		<b>7.300</b>	<i>7.900</i>
Tiefengeothermie	500	300		<b>800</b>	<i>800</i>
Oberflächennahe Geothermie	16.000	3.500		<b>19.500</b>	<i>17.600</i>
Biogas	4.400	13.400	23.300	<b>41.100</b>	<i>40.600</i>
Biomasse Kleinanlagen	8.900	3.700	13.300	<b>25.900</b>	<i>25.300</i>
Biomasse Heiz-/ Kraftwerke	1.200	5.000	8.500	<b>14.700</b>	<i>15.100</i>
Biokraftstoffe			23.900	<b>23.900</b>	<i>22.800</i>
<b>Summe</b>	<b>194.000</b>	<b>75.600</b>	<b>69.000</b>	<b>338.600</b>	<b>328.600</b>

Eine positive Entwicklung konnte dabei insbesondere in den Bereichen der Windenergie an Land und auf See verzeichnet werden. Positiv waren aber auch die Tendenzen im Bereich Biogas sowie bei den beiden Wärmetechnologien oberflächennahe Geothermie sowie Biomassekleinanlagen. Eine rückläufige Entwicklung ist hingegen in allen Segmenten der Solartechnologien sowie in den vergleichsweise reifen Branchen der Wasserkraft und der Biomasse (Heiz-)Kraftwerke zu sehen.

Betrachtet man die Entwicklung der Beschäftigung anhand einer nach den verschiedenen Energieformen aggregierten Darstellungsweise, so werden recht unterschiedliche Verläufe zwischen 2000 und 2016 deutlich (vgl. Abbildung 67). Die Windenergienutzung auf Land wie auf See weist bislang eine steigende Tendenz auf. 2016 trug die Beschäftigung dieses Bereiches mit 47% zur Gesamtbeschäftigung bei. Die Biomassenutzung ist durch eine Vielzahl von technologischen Optionen im

Energiesystem in Deutschland repräsentiert, deren Industrien sich innerhalb des Betrachtungszeitraums in recht unterschiedlichen Entwicklungsstadien befanden. Nach einem anfänglichen Anstieg und einem moderaten Rückgang nach 2011 verweilt die Beschäftigung dieses Bereiches auf einem relativ konstanten Niveau und trug 2016 mit etwa 31% zur Gesamtbeschäftigung im EE-Bereich bei. Die Solarenergie hat in dem Betrachtungszeitraum wohl den extremsten Verlauf aufgewiesen. Nach einem sehr starken Anstieg der Beschäftigung bis 2011, zu welchem Zeitpunkt die Solarenergie mit 38% den größten Anteil der EE-Beschäftigung stellte, sank diese auf 45.300 Personen in 2016 ab und hatte damit noch einen Anteil von rund 13%. Die Geothermie trug mit 6% zur EE-Beschäftigung 2016 bei, wobei im Zeitverlauf nach einem anfänglichen Anstieg ein relativ konstantes Beschäftigungsniveau erreicht wurde. Die Beschäftigungsentwicklung des Bereichs Wasserkraft ist hingegen dadurch geprägt, dass diese Technologie und mit ihr die Industrie im Jahr 2000 bereits einen sehr hohen Reifegrad hatte. Wenn eine Tendenz zu beobachten ist, so ist diese eher als negativ zu bezeichnen. 2016 trug die Wasserkraft mit 7.400 Personen 2% zur gesamten EE-Beschäftigung in Höhe von 338.700 Personen bei.



**Abbildung 67: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch Erneuerbare Energien in Deutschland im Zeitraum 2000 – 2016 - eine technologische Zusammenfassung, in Personen**

### 4.3.2.3 Zusammenfassung – Bereitstellungsanlagen von Strom und Wärme

Die Beschäftigungsentwicklung, die auf die Investitionen in Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme zurückzuführen ist, kann nur in Teilen ausgewiesen werden (vgl. Abbildung 68). Auf Grund der fehlenden Informationen bezüglich der Zubauentwicklung von Anlagen zur Bereitstellung von Wärme mit konventionellen Brennstoffen, kann für diesen Bereich weder die Bruttoproduktion dargestellt noch die Beschäftigung abgeleitet werden. Aus diesem Grund ist nur eine eingeschränkte Gegenüberstellung der verschiedenen Investitionsbereiche möglich. Die Beschäftigung, welche aus den Investitionsaktivitäten in Erzeugungsanlagen abgeleitet werden konnte, ist in ihrem Verlauf stark durch die Entwicklung im Bereich der EE-Stromerzeugung beeinflusst. Die Entwicklung der beiden anderen Bereiche verlief in dem Betrachtungszeitraum sehr viel stabiler. Insgesamt konnten für das Jahr 2000 rund 88.000 Personen abgeleitet werden, die durch den Bau von Erzeugungsanlagen beschäftigt waren. Bis 2011 stieg diese Beschäftigung auf 355.600 Personen an und nahm anschließend bis 2015 auf 219.500 Personen ab. 2016 stieg die Beschäftigung erneut um knapp 3% auf 225.800 Personen.

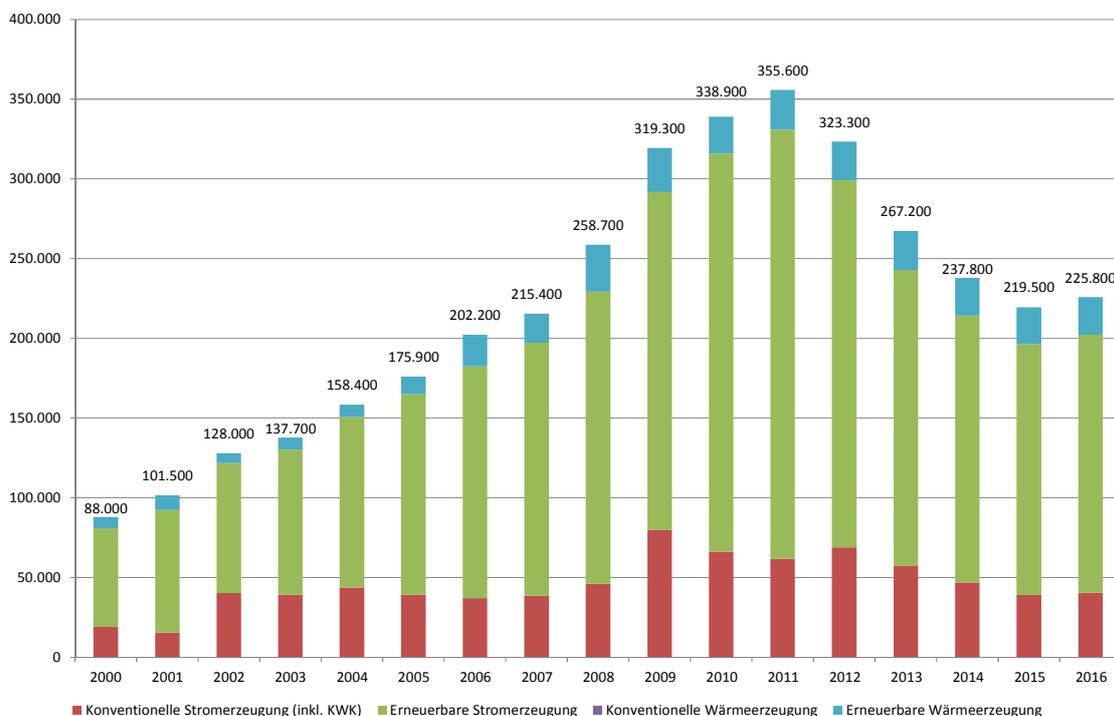


Abbildung 68: Erzeugungsanlagen, Beschäftigung durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen

### 4.3.3 SPEICHER

Der Investitionsbereich Speicher hat verglichen mit den anderen Investitionsbereichen bisher eine deutlich geringere Bedeutung. Im Jahr 2010 war die Beschäftigung mit knapp 10.000 Personen bisher am höchsten (vgl. Abbildung 69). Der größte Anteil der Beschäftigung wird durch Investitionen in Gasspeicher ausgelöst, zuletzt gewinnen andere Speichertechnologien wie Batteriespeicher – trotz der großen Abhängigkeit von Importen in diesem Technologiebereich – und Wärmespeicher<sup>34</sup> an Bedeutung.

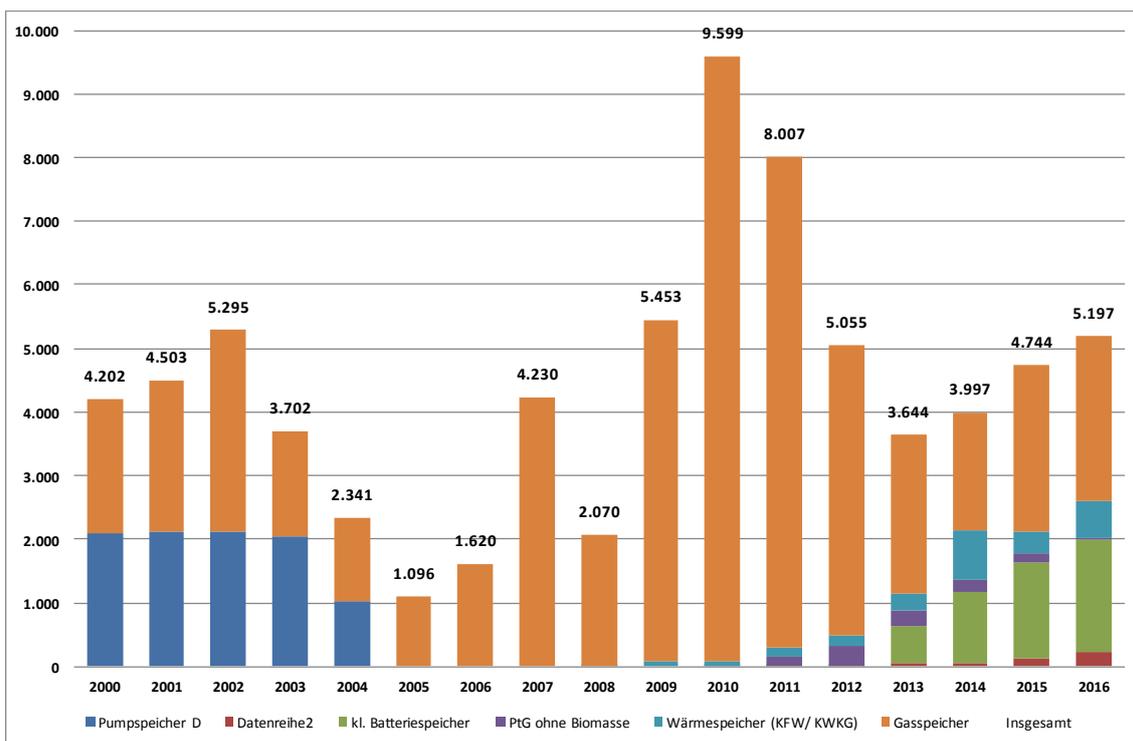


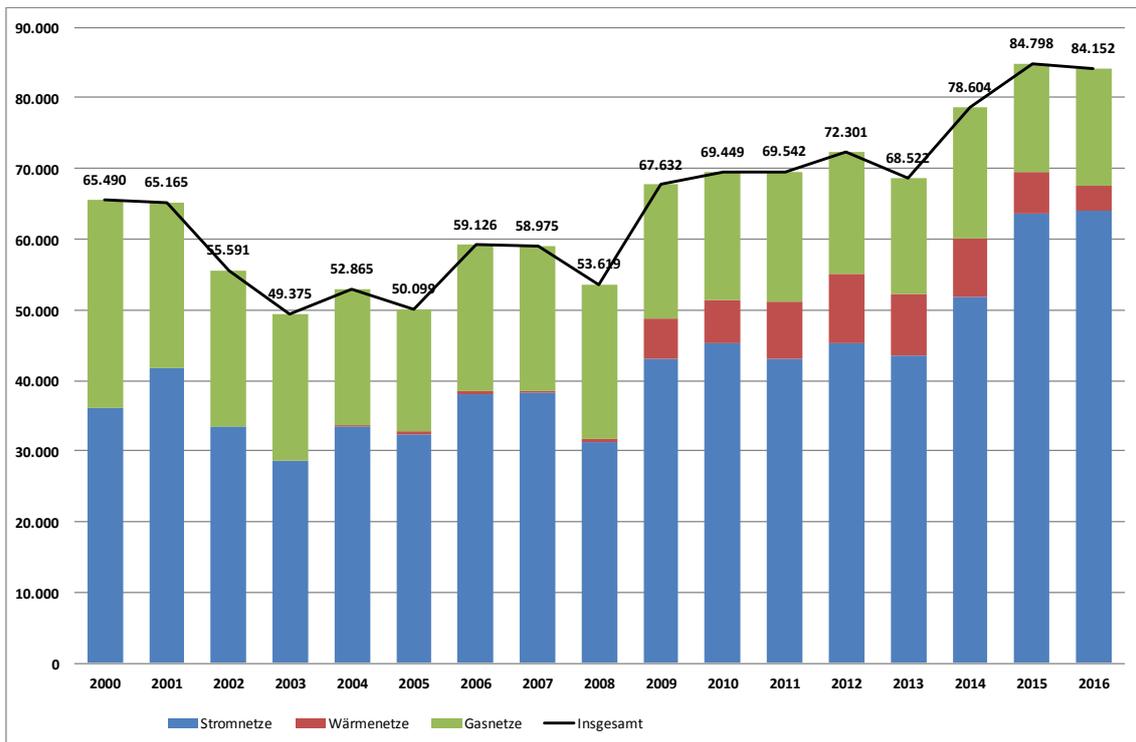
Abbildung 69: Speicher, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen

<sup>34</sup> An dieser Stelle sei noch mal darauf hingewiesen, dass die Datenlage bezüglich der Investitionen in Wärmetechnologien einen Rückschluss auf die reale Entwicklung dieses Bereiches nicht zulässt. Die hier dargestellte Zunahme der Beschäftigung in Wärmespeicher ist auf die Steigerung der Investitionen im Rahmen der durch die KfW bzw. das KWKG geförderten Projekte zurückzuführen.

### 4.3.4 NETZE

Im Investitionsbereich Netze stieg die durch Investitionen induzierte Beschäftigung in den letzten Jahren an. Sie erreichte im Jahr 2015 mit knapp 85.000 Personen ihren höchsten Wert im Untersuchungszeitraum (vgl. Abbildung 70). Der größte Anteil der Beschäftigung wird durch Investitionen in Stromnetze ausgelöst, die zuletzt zugenommen haben.

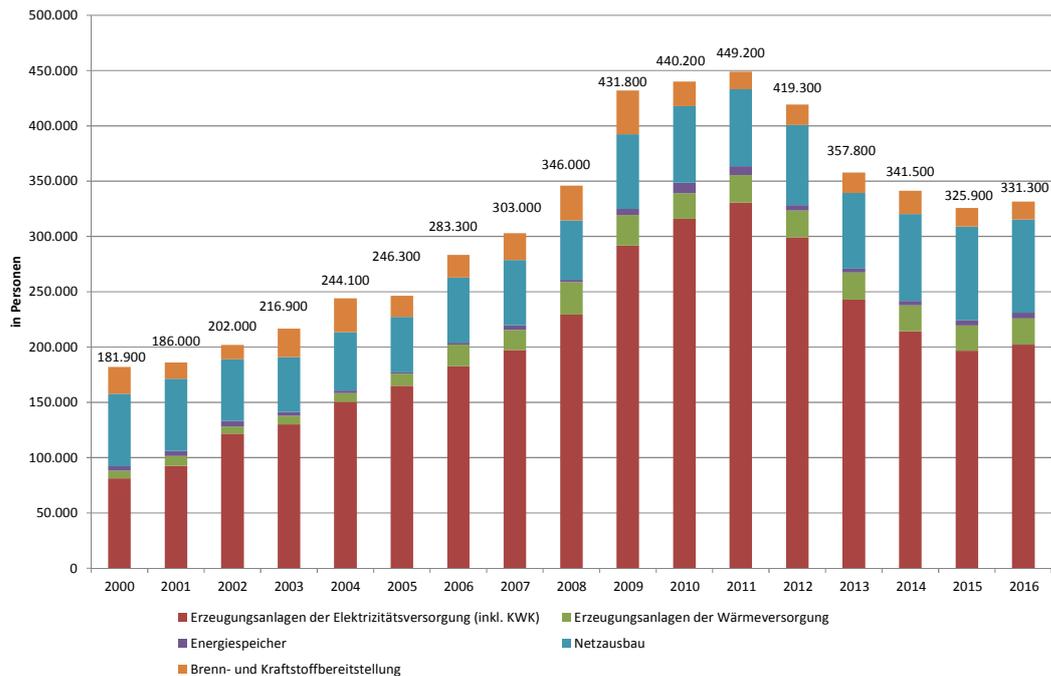
Vergleicht man die Beschäftigung, welche durch die Investitionen in Netze ausgelöst wurde mit den Investitionen anderer Bereiche der konventionellen Energiewirtschaft, so wird deutlich, dass hier mehr Beschäftigung zu verzeichnen war als durch den Bau von Anlagen zur konventionellen Stromerzeugung.



**Abbildung 70: Netze, Beschäftigung (direkt und indirekt) durch Investitionen im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen**

### 4.3.5 ZUSAMMENFASSUNG – BESCHÄFTIGUNG

Die Beschäftigungsentwicklung, welche auf Basis der identifizierbaren Investitionsaktivitäten der Energiewirtschaft basiert, ist von etwa 180.000 Personen im Jahr 2000 auf knapp 450.000 Personen 2011 angestiegen. Der anschließende Rückgang auf etwa 330.000 Personen ist über einen Zeitraum von etwa vier Jahren erfolgt. 2016 stieg die Beschäftigung leicht im Vergleich zum Vorjahr, was insbesondere auf die positive Entwicklung aus dem Bereich der Erzeugungsanlagen zurückzuführen ist.



**Abbildung 71: Durch Investitionen der Energiewirtschaft ausgelöste Beschäftigung (direkt und indirekt) im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen**

Bezieht man die Beschäftigung der Energiewirtschaft selbst in die Betrachtung mit ein, so wird deutlich, dass diese in den meisten Jahren des Betrachtungszeitraums etwas mehr als die Hälfte der Beschäftigung ausmacht, welche aus den (Investitions-) Aktivitäten der Energiewirtschaft resultiert (vgl. Abbildung 72). Die absolute Gültigkeit diese Aussage ist jedoch bislang nicht vollständig belegbar. Zum einen konnten bislang nicht für alle Bereiche der Energiewirtschaft die indirekten Beschäftigten berücksichtigt werden, zum anderen sind auch bei den aus den Investitionen der Energiewirtschaft resultierenden Beschäftigten einige Daten- und Wissenslücken geblieben, wodurch eine abschließende Bewertung nicht möglich ist.

Insgesamt konnte durch die Untersuchung gezeigt werden, dass zwischen 2000 und 2016 mindestens 500.000 bis 800.000 Beschäftigte in Deutschland jährlich auf die Aktivitäten der Energiewirtschaft zurückzuführen waren. Gleichzeitig ist die Beschäftigung, die aus den Aktivitäten der Energiewirtschaft resultiert insgesamt durch die Einführung der erneuerbaren Energien seit 2000 gestiegen. Die Veränderungen, welche sich durch den Wandel hin zu einer verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien ergeben, sind in Abbildung 73 dargestellt. Die Relevanz der einzelnen

Bereiche sollte dabei nur in der Tendenz interpretiert werden, da es sowohl zu einzelnen Investitionsbereichen als auch zu den indirekt Beschäftigten in der konventionellen Energieerzeugung noch Wissenslücken gibt. Unbeschadet davon ist jedoch deutlich eine Verschiebung der Beschäftigung hin zu den erneuerbaren Energien erkennbar, wobei auch die Beschäftigung, die auf Investitionen in Infrastruktur und Speicher zurückgeht, zunehmend an Bedeutung gewinnt.

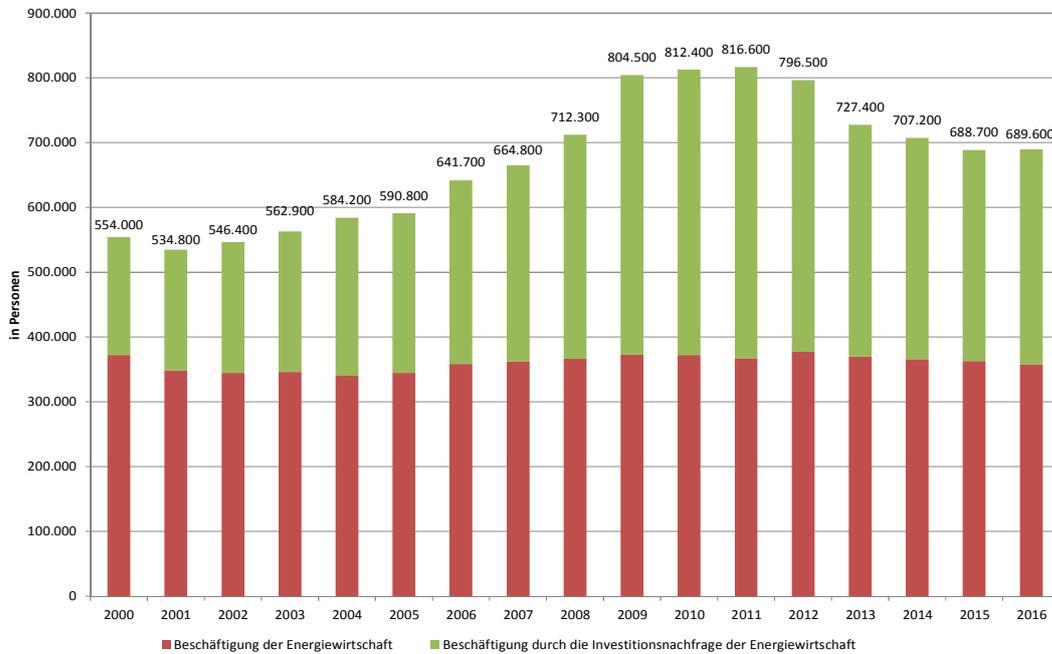


Abbildung 72: Beschäftigung durch die Aktivitäten der Energiewirtschaft im Zeitraum 2000 – 2016, in Personen

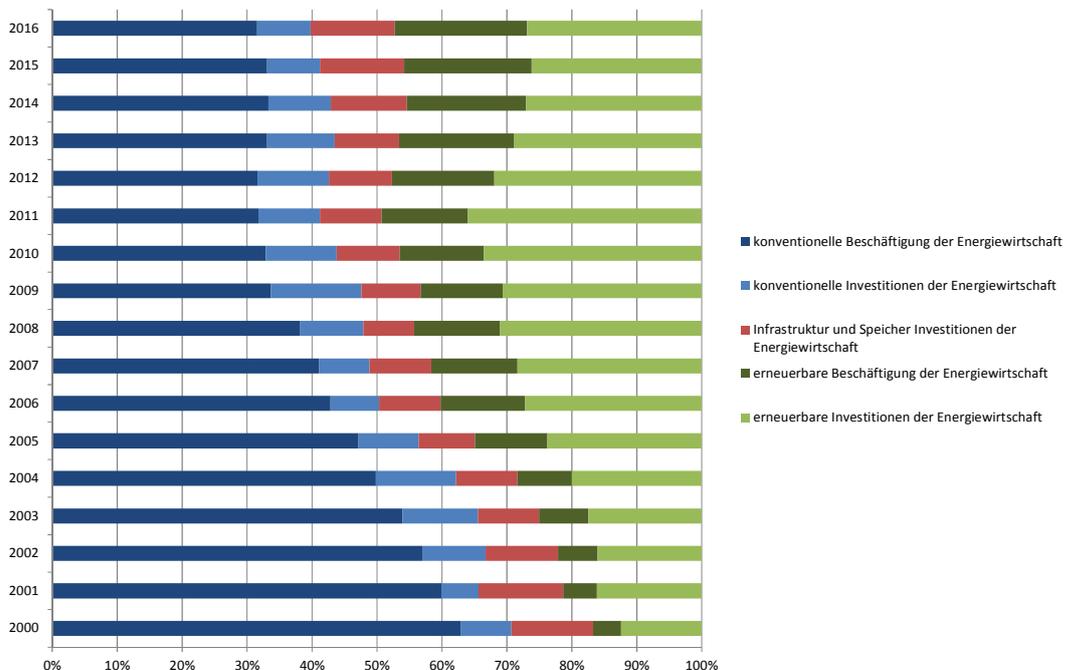


Abbildung 73: Anteile verschiedener Aktivitäten der Energiewirtschaft an der gesamten erfassten Beschäftigung im Zeitraum 2000 – 2016, in Prozent

## 5 ÖKONOMISCHE INDIKATOREN ZUR BEDEUTUNG VON MASSNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ – EXPLORATIVE ERKUNDUNG VORLIEGENDER DATEN

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sind neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine der beiden tragenden Säulen der Energiewende. Der Verringerung des Energieverbrauchs kommt eine besondere Bedeutung zu, weil sie auch unmittelbar auf die Erreichung der formulierten Ausbauziele für die erneuerbaren Energien wirkt. Die ökonomischen Aspekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien werden schon seit geraumer Zeit ausführlich untersucht (vgl. zuletzt Lehr u.a. 2015 und davor Staiß u.a. 2006; Kratzat 2007; Lehr u.a. 2011). Daneben werden durch institutionalisierte statistische Aktivitäten (AGEE-Stat) detaillierte Datengrundlagen bereitgestellt (AGEE-Stat 2016). Vergleichbare breit angelegte, systematische Vorarbeiten zur Erfassung von ökonomischen Indikatoren zur Entwicklung der Energieeffizienz liegen nicht vor. Aus diesem Grund kann in dieser Untersuchung für diesen Bereich keine umfassende Darstellung der ökonomischen Indikatoren vorgelegt werden. Es werden stattdessen vorhandene Informationen und Daten zusammengestellt und exemplarisch aufbereitet.

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zeichnen sich durch ein breites Spektrum an Technologien und Prozessen aus. Beispielhaft seien energieeffiziente Antriebe genannt, die sowohl elektrische Motoren wie auch Verbrennungsmotoren umfassen. Unterschiedliche Produktionsprozesse können durch verbesserte Steuerung energieeffizient gestaltet werden. Es kann Prozessabwärme genutzt werden, um den Produktionsprozess energieeffizienter zu gestalten. Auch technologisch weniger anspruchsvolle Maßnahmen wie die Dämmung der Gebäudehülle können wichtige Beiträge zur Steigerung der Energieeffizienz leisten. Diese wenigen Beispiele illustrieren bereits die inhaltlichen und methodischen Herausforderungen einer umfassenden und systematischen ökonomischen Erfassung von Energieeffizienzmaßnahmen. Sowohl die große Spannweite der relevanten Technologien wie auch das breite Anwendungsfeld, das im wesentlichen alle Bereiche der Volkswirtschaft umfasst, legen es nahe, (zunächst) unterschiedliche Daten und methodische Herangehensweisen in Betracht zu ziehen.

Aus einem übergeordneten Blickwinkel lassen sich Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in den breiteren Kontext von Maßnahmen zum Umwelt- und Klimaschutz einordnen. Für die Abschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung von Umwelt- und Klimaschutzaktivitäten liegen methodische Erfahrungen<sup>35</sup> vor, die genutzt werden können.

Es ist sinnvoll zwischen angebotsorientierten (güterwirtschaftlichen) und

---

<sup>35</sup> Vgl. zu den jeweils aktuellen Studien Gehrke, Schasse 2015; Edler, D., Blazejczak, J., (2016); Blazejczak, J., Edler, D. (2015).

nachfrageorientierten Schätzansätzen zu unterscheiden. Bei der angebotsorientierten Herangehensweise wird versucht, mit einem potentialorientierten Ansatz solche Güter zu identifizieren, die einen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz leisten können. Für die so identifizierten Güter lassen sich dann Umsätze und unter Umständen die mit den Umsätzen verbundene direkte Beschäftigung ermitteln. Es besteht die dual use-Problematik, d. h. dass die überwiegende Anzahl von Gütern in ihrer Nutzung nicht nur einem Zweck, zum Beispiel der Steigerung der Energieeffizienz, dienen können, sondern für unterschiedliche Zwecke Verwendung finden können. Daher sollte immer von „potentiellen Energieeffizienzgütern“ gesprochen werden.

In nachfrageorientierten Schätzansätzen bildet die Nachfrage nach Gütern zu Steigerung der Energieeffizienz den Ausgangspunkt des Schätzansatzes.<sup>36</sup> Aus der Nachfrage nach solchen Gütern lässt sich dann mit Modellrechnungen (in der Regel offenes statisches Mengenmodell der Input-Output-Analyse) die zur Befriedigung der Nachfrage notwendige Bruttoproduktion ableiten. Die Bruttoproduktion<sup>37</sup> gibt an, in welchem Umfang direkt und indirekt Güter produziert werden, um die geschätzte Nachfrage nach Energieeffizienzgütern zu befriedigen. Über die Bruttoproduktion lässt sich mit Hilfe von (sektoralen) Arbeitskoeffizienten auch der Umfang der Beschäftigung ermitteln, der direkt und indirekt notwendig ist, um die benötigten Güter zu produzieren.

In einem ergänzenden Kasten Technologische Indikatoren im Bereich Einzelheizsysteme und PKW-Neuzulassungen wird exemplarisch dargelegt, wie im Bereich Energieeffizienz technisch orientierte Indikatoren Anhaltspunkte liefern, wie sich die Nutzung unterschiedlich energieeffizienter Technologien im Zeitablauf entwickelt. Eine Ableitung ökonomischer Größen auf Basis dieser technologischen Indikatoren ist jedoch an dieser Stelle nicht möglich.

## 5.1 ANGEBOTSORIENTIERTE ERMITTLUNG VON INDIKATOREN ZUR ÖKONOMISCHEN BEDEUTUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

Wie bereits erläutert wird in angebotsorientierten (güterwirtschaftlichen) Schätzansätzen versucht, mit einem potentialorientierten Ansatz solche Güter zu identifizieren, die einen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz leisten können. Im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes sind derzeit zwei Güterlisten von besonderer Relevanz, die NIW/destatis-Liste<sup>38</sup> und die OECD Combined List of Environmental Goods (CLEG)<sup>39</sup>. Beide Listen enthalten neben anderen Umwelt- und

---

<sup>36</sup> Der nachfrageorientierte Schätzansatz kommt auch bei der Schätzung der wirtschaftlichen Bedeutung der Energiewirtschaft, insbesondere auch bei der Untersuchung der ökonomischen Auswirkungen der Investitionen der Energiewirtschaft zum Einsatz.

<sup>37</sup> In einzelwirtschaftlicher Sichtweise ist die Bruttoproduktion mit den Umsätzen der jeweiligen Wirtschaftseinheiten vergleichbar.

<sup>38</sup> Vgl. Gehrke, B., Schasse, U. (2013).

<sup>39</sup> Vgl. Sauvage, J. (2014).

Klimaschutzgütern auch solche Güter, die dem Bereich Steigerung der Energieeffizienz zugeordnet werden können.

Die NIW/destatis Liste ist auf der 9-Steller-Ebene des Güterverzeichnis für die Produktionsstatistik (GP 2009) definiert und umfasst 254 Güterpositionen. Als Gütergruppen, die potentiell der Steigerung der Energieeffizienz dienen, können die Rationelle Energieverwendung (REV), die Rationelle Energieumwandlung (REU) und der Querschnittsbereich Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR) identifiziert werden.

Die OECD CLEG ist auf der 6-Steller Ebene des Harmonized Commodity Description and Coding System (HS 2007) der Außenhandelsdatenbank der Vereinten Nationen (COMTRADE) definiert. Sie umfasst dort 248 Güterpositionen in 11 Umweltschutzbereichen. Als Gütergruppen, die potentiell der Steigerung der Energieeffizienz dienen, können HEM: Heat and energy management (Wärme-/Energiemanagement), CRE: Cleaner or more resource efficient technologies and products (Umweltfreundlichere Technologien) sowie wiederum als Querschnittsbereich MON: Environmental monitoring, analysis and assessment equipment (Mess-, Steuer-, Regeltechnik) identifiziert werden.

Durch Umschlüsselung auf Basis von Konkordanzlisten können die jeweiligen Ausgangslisten in die jeweils benötigte Klassifikation<sup>40</sup> überführt werden, wenn auch mit der jeweiligen Umschlüsselung Verluste in der Trennschärfe der Güter verbunden sind. Aus der deutschen Produktionsstatistik lassen sich auf Basis dieser Listen die Produktion (technisch: die zum Absatz bestimmte Produktion) von potentiellen Energieeffizienzgütern zeitnah ermitteln, unter Hilfsrechnungen kann auch eine Abschätzung der mit dieser Produktion direkt verbundenen Beschäftigung abgeleitet werden.<sup>41</sup> Die Produktionsstatistik wird entsprechend der diskutierten Listen für den Zeitraum 2009 bis 2015 ausgewertet.<sup>42</sup> Die ausgewerteten Güterlisten sind nicht überschneidungsfrei, so dass keine Zusammenführung der Ergebnisse vorgenommen wurde.

### 5.1.1 UMSÄTZE UND BESCHÄFTIGUNG NACH DER NIW/DESTATIS- LISTE

In der Abgrenzung der NIW/destatis Liste wurde die Gütergruppe Rationelle Energieverwendung ausgewertet. Auf die Berücksichtigung der Gütergruppe Rationelle Energieumwandlung wurde verzichtet, weil die dort erfassten Güter (im wesentlichen Dampf- und Gasturbinen) bereits als Investitionsnachfrage im Bereich der Stromerzeugung berücksichtigt sind. Der Querschnittsbereich Mess-, Steuer- und

---

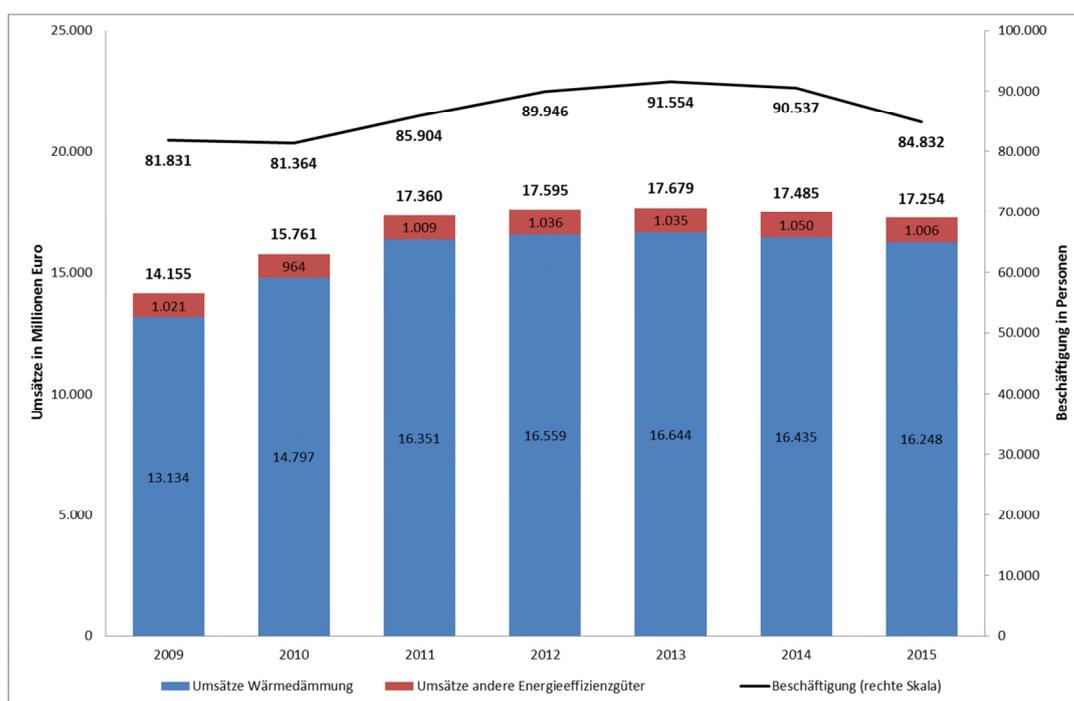
<sup>40</sup> Entsprechend wäre auf Basis dieser Güterlisten auch eine Auswertung der internationalen Handelsstatistik möglich, die hier aber nicht Gegenstand der Untersuchung ist.

<sup>41</sup> Die Zuordnung der Beschäftigung zur Produktion kann nur auf einer aggregierten Klassifikationsebene (4-Steller) vorgenommen werden.

<sup>42</sup> Vor dem Jahr 2009 war eine andere Version des Güterverzeichnisses für die Produktionsstatistik (GP 2003) gültig, so dass Daten nach der aktuellen GP 2009 für den Zeitraum 2009 - 2015 vorliegen. Eine Auswertung für den Zeitraum 2000 bis 2008 ist prinzipiell möglich, dafür ist aber eine weitere Umschlüsselung notwendig, die zu Ungenauigkeiten führt und die Vergleichbarkeit im Zeitverlauf einschränkt.

Regeltechnik wurde ausgeklammert, weil die dort erfassten Güter ein breites Anwendungsfeld haben, so dass ihre Berücksichtigung als Güter zur Steigerung der Energieeffizienz nicht gerechtfertigt scheint.

Die erfassten Güter zur Steigerung der Energieeffizienz nach der NIW/destatis Liste weisen in den letzten Jahren – bei zuletzt leicht fallender Entwicklung – ein Umsatzvolumen (Produktion) von gut 17 Mrd. Euro aus. Der ganz überwiegende Anteil, im Jahr 2015 knapp 95%, entfallen auf Güter, die bei der Wärmedämmung eingesetzt werden. Zur Produktion dieser Güter werden nach unseren Berechnungen im Jahr 2015 knapp 85.000 Personen direkt eingesetzt. Die größte Beschäftigung (gut 91.000 Personen) wurde im Jahr 2013 verzeichnet.



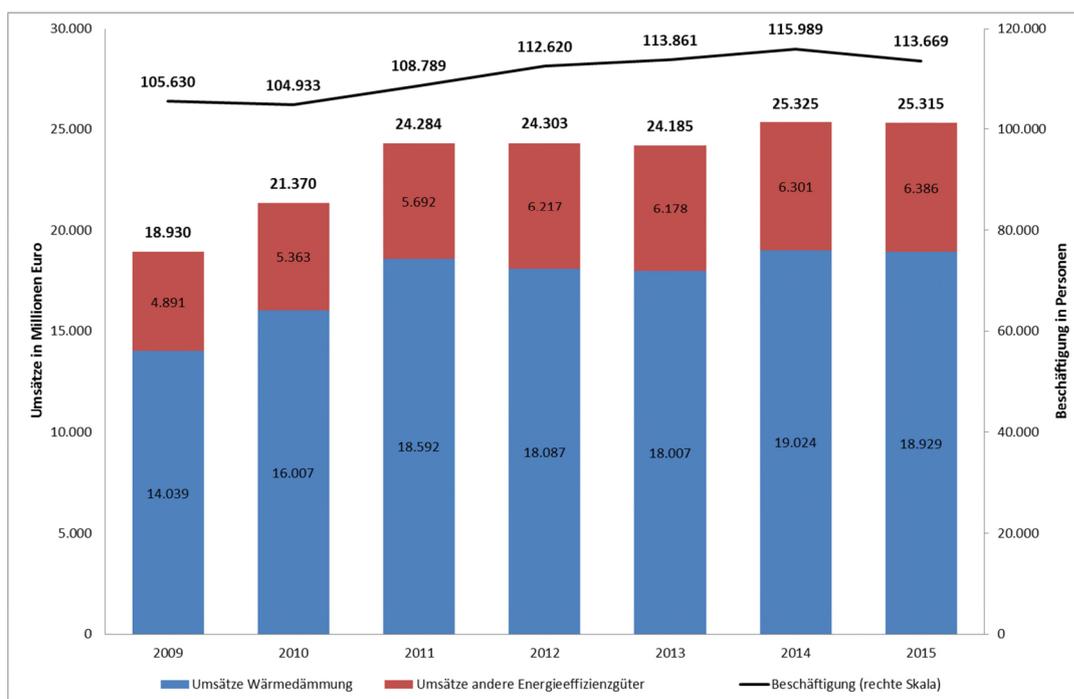
**Abbildung 74: Umsätze und Beschäftigung mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz in Abgrenzung der NIW/destatis Liste 2009 – 2015, in Millionen Euro und in Personen**

### 5.1.2 UMSÄTZE UND BESCHÄFTIGUNG NACH DER OECD COMBINED LIST OF ENVIRONMENTAL GOODS (OECD CLEG)

In der Abgrenzung der OECD CLEG wurde die Gütergruppe Heat and energy management (Wärme-/Energiemanagement) ausgewertet. Nicht berücksichtigt wurde die Gütergruppe Cleaner or more resource efficient technologies and products (Umweltfreundlichere Technologien) sowie der Querschnittsbereich Environmental monitoring, analysis and assessment equipment (Mess-, Steuer-, Regeltechnik). Im Bereich Umweltfreundliche Technologien liegt der Fokus auf Effizienzsteigerungen im weiteren Sinne und nicht ausschließlich Steigerung der Energieeffizienz, auf den Bereich Mess-, Steuer-, Regeltechnik wurde aus den Gründen verzichtet, die zuvor bei der NIW/destatis Liste erläutert wurden.

Nach der so abgegrenzten CLEG ergibt sich im Jahr 2015 ein Umsatzvolumen von gut

25 Mrd. Euro, die Umsätze haben zuletzt leicht zugenommen. Auf Güter zur Wärmedämmung entfallen hiervon rund 75%. Mit gut 6 Mrd. Euro ist der Umsatz mit anderen Energieeffizienzgütern deutlich höher als in der NIW/destatis Liste. Die CLEG ist bei diesen Gütern also deutlich breiter abgegrenzt, während die Unterschiede für den Bereich Wärmedämmung deutlich geringer ausfallen. Zur Produktion der Energieeffizienzgüter nach CLEG werden im Jahr 2015 knapp 115.000 Personen direkt eingesetzt. Die Beschäftigung ist bis zum Jahr 2013 (knapp 116.000 Personen) gestiegen, danach hat sie leicht abgenommen.

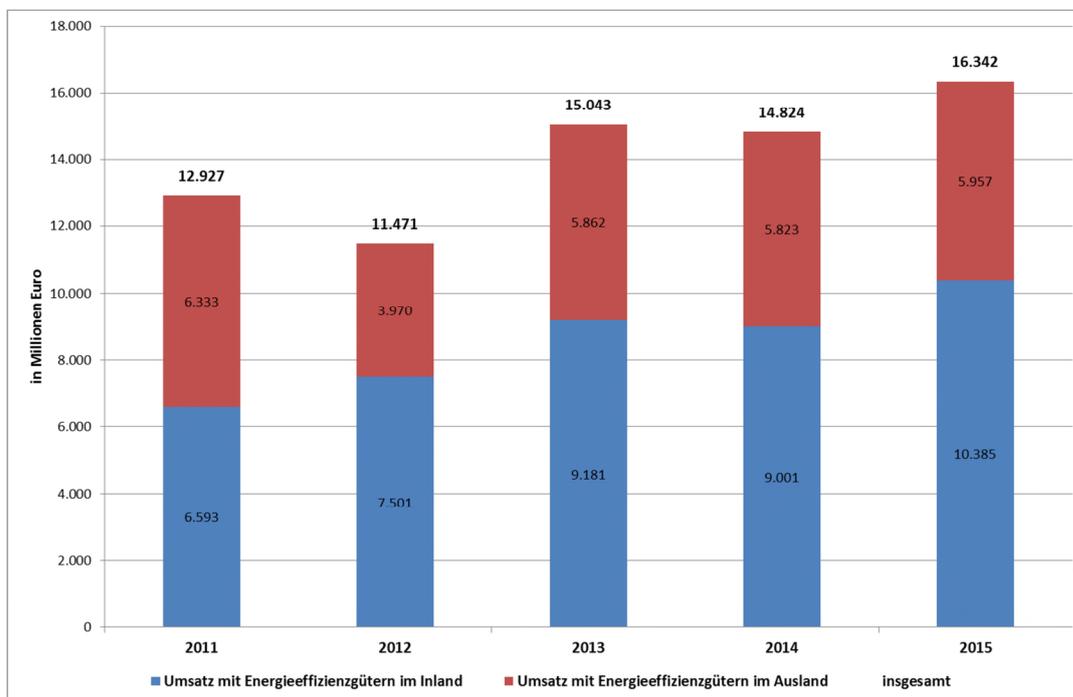


**Abbildung 75: Umsätze und Beschäftigung mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz in Abgrenzung der OECD CLEG 2009 – 2015, in Millionen Euro und in Personen**

### 5.1.3 UMSÄTZE MIT ENERGIEEFFIZIENZGÜTERN NACH ERHEBUNGEN DES STATISTISCHEN BUNDESAMTES

Eine gewisse Sonderstellung nimmt die Erhebung des Statistischen Bundesamtes zu Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen (Fachserie 19, Reihe 3.3) ein. Das Statistische Bundesamt befragt im Rahmen ihrer Erhebungen nach dem Umweltstatistikgesetz jährlich bis zu 15.000 Betriebe und Einrichtungen nach dem Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umwelt- und Klimaschutz. Die umweltstatistische Erhebung folgt einer eigenen Systematik von Waren und Dienstleistungen für den Umwelt- und Klimaschutz, die sich nicht mit anderen Güterklassifikationen wie der GP 2009 oder der HS 2007 verknüpfen lässt. Die in der Erhebung verwendeten Definitionen für die Umweltbereiche orientieren sich an dem Rahmen der funktionalen Klassifikation der Umweltschutzaktivitäten und –ausgaben (CEPA 2000) und an der Klassifikation der Ressourcenmanagementaktivitäten (CRema 2008 für EU Zwecke). Im übergeordneten Abschnitt Klimaschutz wird auch der Bereich *Verbesserung der Energieeffizienz* (Wärmedämmung von Gebäuden,

Wärmeschutzverglasung, Sonstige Umweltschutzleistungen (zur Verbesserung der Energieeffizienz) erhoben.<sup>43</sup> Bei den Umsätzen wird zwischen Inlandsumsätzen und Auslandsumsätzen (Exporte) unterschieden. Die Ergebnisse liegen in dieser Darstellung für den Zeitraum 2011<sup>44</sup> bis 2015 vor.



**Abbildung 76: Umsätze mit Energieeffizienzgütern im Inland und Ausland nach der Erhebung des Statistischen Bundesamtes zum Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen 2011 – 2015, in Millionen Euro**

Nach der Erhebung des Statistischen Bundesamtes zu Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen ergeben sich im Jahr 2015 Umsätze mit Energieeffizienzgütern in Höhe von gut 16 Mrd. Euro. Die Umsätze haben sich in den letzten Jahren unter Schwankungen nach oben entwickelt. Exporte von Energieeffizienzgütern haben eine erhebliche Bedeutung, sie belaufen sich im Jahr 2015 auf 6 Mrd. Euro.

<sup>43</sup> Zusätzlich gibt es noch Angaben für die Bereiche Kraft-Wärme-Kopplung (Blockheizkraftwerke, KWK-Anlagen (ohne Blockheizkraftwerke)), Anlagen zur Wärmerückgewinnung sowie, Messung, Kontroll- und Analysensysteme/Klimaschutz, Sonstige Aktivitäten im Rahmen des Klimaschutzes (nicht in anderen Schlüsseln genannt)) erhoben, die hier in der Auswertung unberücksichtigt bleiben.

<sup>44</sup> Im Berichtsjahr 2011 wurde ein neuer nach Umweltbereichen gegliederter Waren- und Leistungskatalog implementiert. Insbesondere durch die neu eingeführten Positionen „Sonstige“ hat der Berichtspflichtige zusätzlich die Möglichkeit auch ohne konkrete Produktzuordnung Angaben zu machen. Ein Vergleich mit den Erhebungen vor dem Berichtsjahr 2011 ist somit jedoch nur eingeschränkt möglich und wird deshalb hier nicht ausgewiesen.

## 5.2 NACHFRAGEORIENTIERTE ERMITTLUNG VON INDIKATOREN ZUR ÖKONOMISCHEN BEDEUTUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

In nachfrageorientierten Schätzansätzen bildet die Nachfrage<sup>45</sup> nach Gütern zu Steigerung der Energieeffizienz den Ausgangspunkt des Schätzansatzes. In einem weiteren modellgestützten Schritt (offenes statisches Mengenmodell der Input-Output-Analyse) wird dann die Bruttonachfrage<sup>46</sup> abgeleitet, die zur Befriedigung der Nachfrage nach Energieeffizienzgütern notwendig ist. Über die Bruttonachfrage lässt sich mit Hilfe von (sektoralen) Arbeitskoeffizienten auch der Umfang der Beschäftigung ermitteln, der direkt und indirekt notwendig ist, um die benötigten Güter zu produzieren.

### 5.2.1 INVESTITIONEN UND BESCHÄFTIGUNG DURCH KfW-GEFÖRDERTE MAßNAHMEN ZUR ENERGETISCHEN GEBÄUDESANIERUNG

Für den Bereich der Aktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz liegen keine umfassenden empirisch belastbaren Nachfrageschätzungen vor. Es wurden jedoch für den ausgewählten Bereich der KfW-geförderten Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung<sup>47</sup> im Rahmen der Programmevaluierung des Programmbereichs „Energieeffizient Sanieren“ nachfrageorientierte Schätzungen entsprechend der oben skizzierten Vorgehensweise durchgeführt.<sup>48</sup> Die energetische Gebäudesanierung ist ein wichtiger Teilbereich der Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland. Ihre klimapolitische Bedeutung ergibt sich aus dem großen Potential an Energieeinsparungen.

Ergebnisse liegen aktuell für den Zeitraum 2005 bis 2015 vor. Ausgewiesen werden das geförderte Investitionsvolumen, die direkte Beschäftigung, die indirekte Beschäftigung und die Gesamtbeschäftigung.

Die Förderbedingungen und die Nutzung der Förderprogramme unterliegen im ausgewiesenen Zeitraum 2005 bis 2015 erheblichen Schwankungen. Das mit den Fördermaßnahmen verbundene Investitionsvolumen zur energetischen Gebäudesanierung betrug im Jahr 2015 6,4 Mrd. Euro. Das größte Investitionsvolumen im Untersuchungszeitraum 2005 bis 2015 war in den Jahren 2009 und 2010 mit jeweils rund 6,9 Mrd. Euro zu verzeichnen.

---

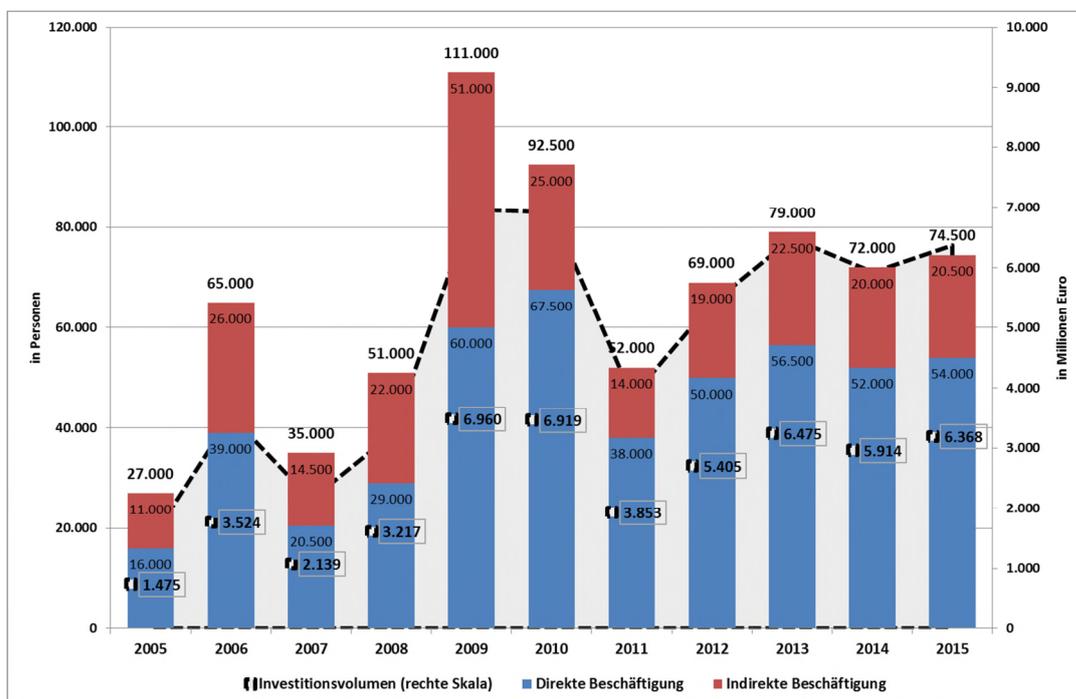
<sup>45</sup> Präzise ist die im Inland wirksame Nachfrage nach Energieeffizienzgütern zu ermitteln. Bildet beispielsweise die Investitionsnachfrage den Ausgangspunkt der Schätzung, so sind die importierten Investitionsgüter abzuziehen und die exportierten Investitionsgüter (Auslandsnachfrage) hinzuzuaddieren.

<sup>46</sup> Die Bruttonachfrage gibt an, in welchem Umfang direkt und indirekt Güter produziert werden, um die geschätzte Nachfrage nach Energieeffizienzgütern zu befriedigen

<sup>47</sup> Vgl. aktuell IWU, IFAM (2016).

<sup>48</sup> Zusätzlich liegen für den Programmbereich Energieeffizient Bauen für den Zeitraum 2006 bis 2014 ebenfalls Evaluierungen vor. Die Ergebnisse sind allerdings hier nicht verwertbar, weil auf die gesamten Neubauinvestitionen abgestellt wird und nicht auf den Anteil der Neubauinvestitionen, die den Maßnahmen für eine höhere Energieeffizienz zuzurechnen sind.

Durch diese geförderten Investitionen werden in Deutschland erhebliche wirtschaftliche Aktivitäten angestoßen. Für das Jahr 2015 ergibt sich nach Schätzungen von IWU/IFAM eine Beschäftigung von 74.500 Personen, davon werden 54.000 Personen (direkt) in der Bauwirtschaft ausgelastet, 20.500 Personen werden (indirekt) in den zuliefernden Wirtschaftsbereichen beschäftigt.<sup>49</sup> Im Untersuchungszeitraum schwankt die Beschäftigung je nach Umfang der geförderten Maßnahmen erheblich. Der größte Beschäftigungseffekt wurde im Jahr 2009 mit rund 110.000 Personen erreicht. Wegen der im Zeitablauf zunehmenden Arbeitsproduktivität nimmt die induzierte Beschäftigung je 1 Mio. Euro Investitionen langfristig ab. Waren im Jahr 2005 noch 18,3 Beschäftigte je 1 Mio. Euro Investitionen notwendig, so betrug dieser Wert im Jahr 2014 noch 11,7 Beschäftigte.



**Abbildung 77: Investitionen und Beschäftigung (direkt und indirekt) durch KfW-geförderte Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung im Zeitraum 2005 - 2015, in Millionen Euro und in Personen**

Eine Hochrechnung der Ergebnisse für geförderte Maßnahmen auf die Gesamtheit der Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung ist nicht möglich, da entsprechende Hochrechnungsfaktoren nicht vorliegen.

<sup>49</sup> Vgl. IWU, IFAM(2016).

### 5.3 WEITERFÜHRENDE UNTERSUCHUNGEN ZU ÖKONOMISCHEN INDIKATOREN IM BEREICH ENERGIEEFFIZIENZ

In einer noch nicht veröffentlichten Untersuchung des UBA prüfen Blazejczak et al (in Vorbereitung), inwieweit die hier skizzierten Indikatoren zu Investitionen, Beschäftigten und Umsätzen aktualisiert und auf verbreiteter Basis untersucht werden können. Die Untersuchung befasst sich in Analogie zur hier dargestellten Vorgehensweise mit angebotsorientierten Schätzungen von Umsätzen mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz und mit nachfrageorientierten Schätzungen von Bruttoproduktion und Beschäftigung für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Darüber hinaus werden Erkenntnisse aus der Studie Wirtschaftsfaktor Umweltschutz genutzt, um Umsätze und Beschäftigte im Bereich Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz abzuschätzen.

Die angebotsorientierten Schätzungen von Umsätzen mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz greifen die hier bereits vorgestellten Güterlisten NIW/destatis und OECD CLEG auf und führen zusätzlich eine Liste NIW/Clean Industries ein, die im Rahmen einer Studie für die EU Kommission erarbeitet wurde.<sup>50</sup> Für die drei untersuchten Listen von Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz werden Schätzungen für den Zeitraum 2009 bis 2016 vorgelegt.

Die nachfrageorientierten Schätzungen für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand bauen auf Ergebnissen der DIW-Bauvolumensrechnung<sup>51</sup> und auf gesonderten Untersuchungen zu Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand<sup>52</sup> auf. Sie gehen bei der Erfassung von Maßnahmen zur energetischen Gebäudebestand deutlich über die Maßnahmen hinaus, die durch die KfW gefördert werden, weil nicht geförderte und niederschwellige Maßnahmen berücksichtigt werden. Insofern ergeben sich auch deutlich höhere Schätzungen für die Bruttoproduktion und Beschäftigung als sie sich auf Basis der KfW-geförderten Maßnahmen ergeben.

Im Rahmen der nachfrageorientierten Schätzungen werden erstmals auch Schätzungen angestellt, die sich auf amtliche Statistiken zu Energieeffizienzinvestitionen im Produzierende Gewerbe (Fachserie 19, Reihe 3.1) stützen. Die Fachserie stützt sich auf eine jährliche Erhebung bei Unternehmen und dazugehörigen Betrieben mit mehr als 20 Beschäftigten, befragt werden höchstens 10 000 Unternehmen und Betriebe des Produzierenden Gewerbes ohne Baugewerbe. Die erhobenen Investitionen werden nach Umweltbereichen ausgewiesen. Im Umweltbereich Klimaschutz wird als Unterkategorie der Bereich Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung und zur Energieeinsparung dargestellt. Aktuell liegen Daten für den Zeitraum 2006 bis 2014 vor.

---

<sup>50</sup> Vgl. Bilsen et al. (2016).

<sup>51</sup> Vgl. Gornig, M. u.a. (2017).

<sup>52</sup> Vgl. Heinze (2016).

Umsätze und Beschäftigte im Bereich Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz sind unzureichend erforscht. Für Energieeffizienzdienstleistungen, die kommerziell über den Markt angeboten werden, liefert die BfEE Marktstudie<sup>53</sup> quantitative Ergebnisse für das Berichtsjahr 2015, für andere Bereiche liefert die Studie zur Umweltschutzbeschäftigung im Jahr 2012<sup>54</sup> und die laufende Untersuchung zum Berichtsjahr 2014 Anhaltspunkte, ohne dass immer quantitative Abschätzungen vorgenommen werden können.

Der ergänzende Kasten „Technologische Indikatoren im Bereich Einzelheizsysteme und PKW-Neuzulassungen“ demonstriert exemplarisch, dass technisch orientierte Indikatoren Anhaltspunkte liefern können, wie sich die Nutzung unterschiedlich energieeffizienter Technologien im Zeitablauf in wichtigen Anwendungsfeldern entwickeln. Allerdings bedarf es weiterer Forschungen, um die Frage zu beantworten, ob und in welchem Umfang es möglich ist, aus solchen technologischen Indikatoren ökonomische Indikatoren wie Investitionen, Umsätze oder Beschäftigung abzuleiten.

**Kasten: Technologische Indikatoren im Bereich Einzelheizsysteme und PKW-Neuzulassungen**

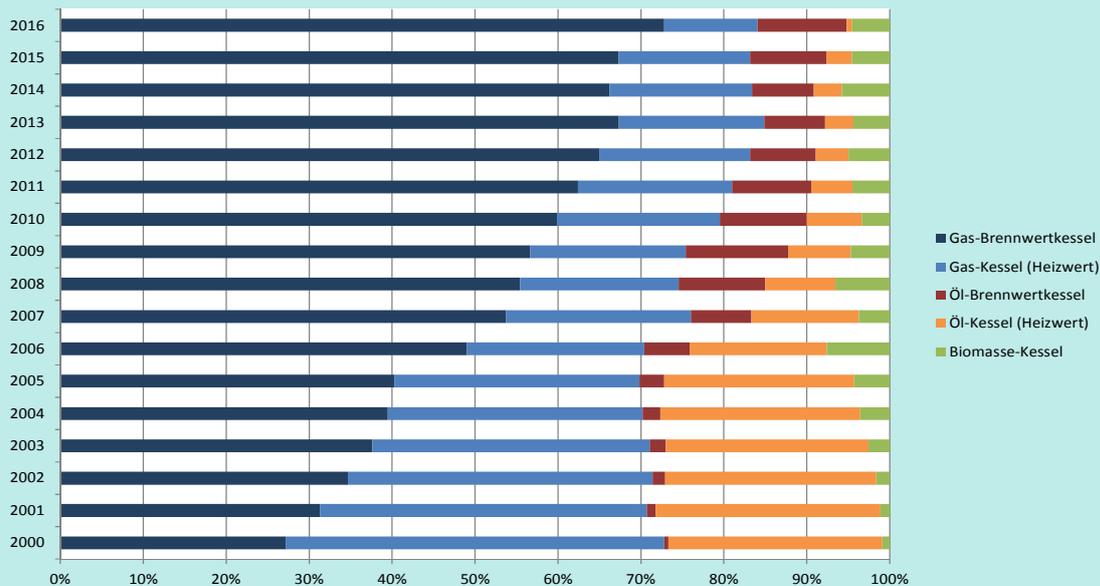
Der Einsatz von brennstoffbasierten Einzelheizsystemen fällt auf Grund der in dieser Studie vorgenommenen Systemabgrenzung dem Bereich des effizienten Verbrauchs zu. Der Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie erfasst die Entwicklung dieser Systeme. Der Anteil der verschiedenen Technologien, die hier zum Einsatz kommen, verdeutlicht dabei nicht nur die Verschiebung von einer Endenergieart zu einer anderen, sondern auch den technologischen Wandel innerhalb einer Endenergieart (vgl. Abbildung 78). So ist zu sehen, dass seit 2000 der Einsatz von Ölheizsystemen deutlich abgenommen hat, wohingegen der Einsatz von Gasbasierten Systemen sowie Biomasse<sup>55</sup>basierten Systemen zugenommen hat. Darüber hinaus hat die Brennwertkesseltechnologie sowohl im Öl- wie auch im Gas-Bereich als deutlich effizientere Technologie die klassischen Heizwertkessel weitestgehend abgelöst.

---

<sup>53</sup> Vgl. BfEE (2017).

<sup>54</sup> Vgl. Edler, D., Blazejczak, J., (2016).

<sup>55</sup> Die Zubauzahlen der Biomasse-Kessel sind auf Grund einer unterschiedlichen Ermittlungsmethode nicht mit den Zahlen der AGEE-Stat vergleichbar.

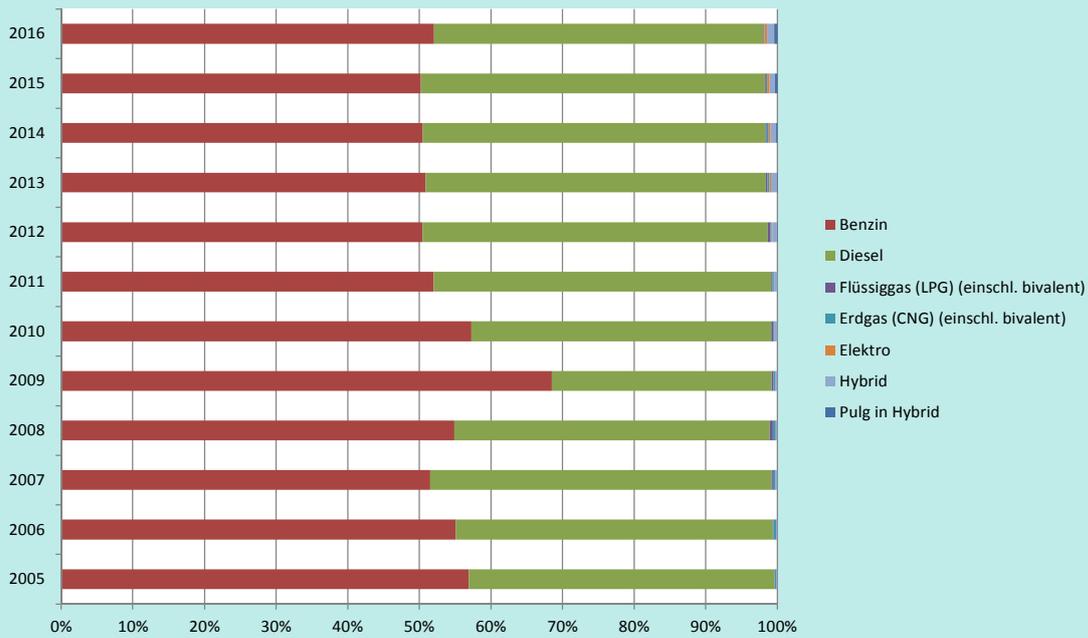


**Abbildung 78: Entwicklung der relativen Verteilung von brennstoffbasierten Einzelheizsystemen, Neuanlagen, in Prozent (Quelle: BDH 2017, eigene Darstellung)**

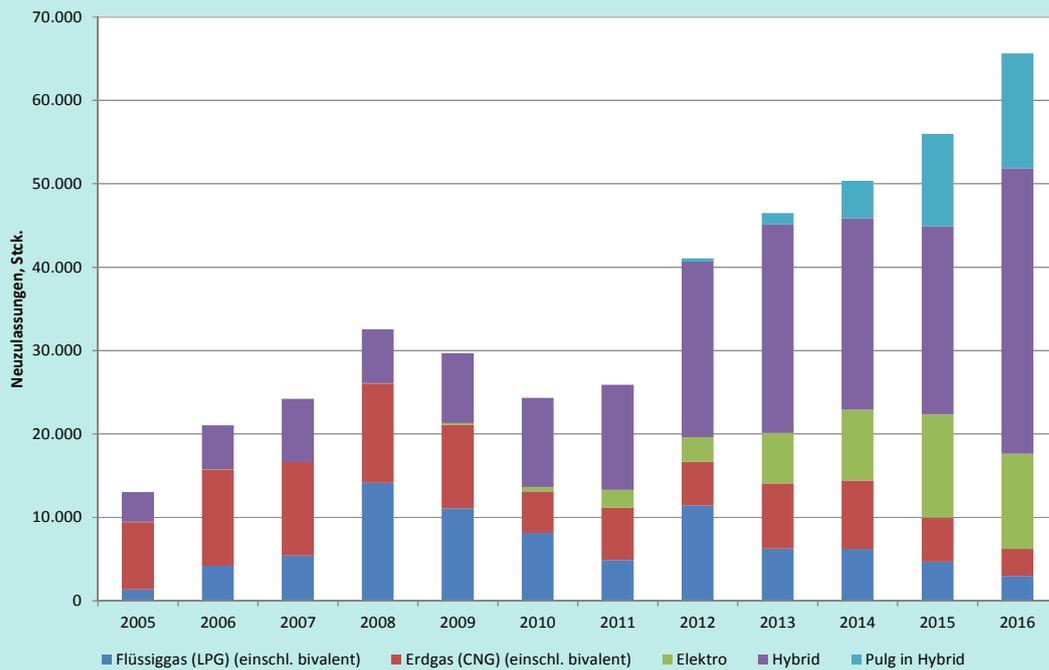
Im Verkehrssektor erfasst das Kraftfahrtbundesamt die Neuzulassungen von PKWs nach Kraftstoffarten. Von 2005 bis 2016 sind diese frei zugänglich. Weiter in die Vergangenheit reichende Daten sind grundsätzlich vorhanden, ihre Aufbereitung muss jedoch beauftragt werden.

Betrachtet man die Entwicklung aller Kraftstoffarten, so wird deutlich, dass auch 2016 weniger als 2% der neu zugelassenen PKWs in Deutschland alternative Kraftstoffarten jenseits von Benzin oder Diesel nutzen (vgl. Abbildung 79).

Bezieht man ausschließlich die PKW mit alternativen Antrieben in die Betrachtung ein, so kann eine positive Entwicklung der Neuzulassungen auf einem niedrigen Niveau beobachtet werden (vgl. Abbildung 80). Bis 2008 sind demnach vor allem Fahrzeuge mit Erdgas und Flüssiggasantrieb sowie Hybrid Fahrzeuge als Alternativen zu Diesel und Benzin Fahrzeugen zugelassen worden. Wie groß der elektrische Anteil in den Hybridfahrzeugen war, ist dabei nicht klar. Reine Elektroautos sind erst ab 2009 mit über 100 Fahrzeugen pro Jahr in der Graphik erkennbar. Plug in Hybride sind statistisch erst ab dem Jahr 2012 erfasst. Ab 2009 ist ein deutlicher Anstieg der elektrischen Fahrzeugtypen (Elektrisch und Hybrid) zu verzeichnen gewesen, wohingegen der Einsatz von Flüssiggas und Erdgasfahrzeugen im selben Zeitraum sukzessive abgenommen hat.



**Abbildung 79: Entwicklung der relativen Verteilung von PKW-Neuzulassungen nach Kraftstoffarten in Deutschland, in Prozent (Quelle: KBA 2017, eigene Darstellung)**



**Abbildung 80: Entwicklung der PKW-Neuzulassung von Kraftfahrzeugen ausgewählter Kraftstoffarten, in Stück (Quelle: KBA 2017, eigene Darstellung)**

## 5.4 ZUSAMMENFASSUNG - ENERGIEEFFIZIENZ

Die Steigerung der Energieeffizienz ist neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien die zweite tragende Säule der Energiewende. Im Hinblick auf die Verfügbarkeit von ökonomischen Indikatoren ist dieser Bereich bisher deutlich weniger konzeptionell und empirisch beleuchtet worden, so dass noch keine umfassende Darstellung der ökonomischen Indikatoren zur Energieeffizienz vorgelegt werden kann. Generell ist es vorteilhaft, sich bei der Entwicklung von Indikatoren an etablierten nationalen und internationalen Abgrenzungen und Klassifikationen zu orientieren. Dies erleichtert die Nutzung vorhandener amtlicher Statistiken, erhöht die Akzeptanz der Ergebnisse und verbessert die internationale Vergleichbarkeit. Es wurde zwischen angebots- und nachfrageorientierten Schätzansätzen unterschieden. Beide Vorgehensweisen haben – auch abhängig von Datenverfügbarkeit und Aktualitätserfordernissen – Vor- und Nachteile.

Im Sinne einer explorativen Untersuchung wurden die Möglichkeiten einer empirischen Darstellung der Indikatoren Investitionen, Umsätze und Beschäftigung auf dem aktuell vorliegenden Stand an Methoden und Daten dargestellt. Die ermittelten Ergebnisse für Investitionen, Umsätze und Beschäftigung beruhen nur auf dem Teil der tatsächlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, für den zum jetzigen Stand des Wissens Daten vorliegen. Sie beschreiben damit nur einen Ausschnitt der gesamten Maßnahmen und sollten in Zukunft auf verbreiteter Basis untersucht werden. Anhaltspunkte für weitergehende Untersuchungen wurden in Abschnitte 5.3 im Kontext einer noch nicht veröffentlichten Studie erläutert.

Da bei der Beschreibung und Analyse der ökonomischen Indikatoren des Energiesystems in den Abschnitten 2 bis 4 vorrangig ein nachfrageorientierter Schätzansatz verfolgt wird, hat es im Hinblick auf die mögliche Verknüpfung dieser ökonomischen Indikatoren mit den Indikatoren zur Energieeffizienz Vorteile, wenn auch diese in Zukunft vorrangig mit einem nachfrageorientierten Ansatz ermittelt werden. Die in Abschnitte 5.3 skizzierte Untersuchung zeigt, dass es zum Beispiel im Bereich energetische Gebäudesanierung möglich ist, den Umfang der erfassten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz gegenüber dem hier präsentierten Stand spürbar auszudehnen. Dazu bedarf es allerdings weiterer konzeptioneller und empirischer Forschungsarbeiten.

## 6 FAZIT

Die vorliegende Untersuchung entwickelt und dokumentiert ökonomische Indikatoren, die den Fortschritt der Transformation des deutschen Energiesystems hin zu einer umweltverträglichen, ressourcenschonenden und kostengünstigen Energieversorgung adäquat und zuverlässig beschreiben. Angestrebt wird eine umfassende und detaillierte Beschreibung, die einerseits eine langfristige Perspektive ab dem Jahr 2000 bietet, gleichzeitig aber die Entwicklung am aktuellen Rand deutlich macht. Bei der Abgrenzung der Energiewirtschaft wird nicht auf die Energiewirtschaft im engeren Sinne, wie sie in der Klassifikation der Wirtschaftszweige abgebildet ist, abgestellt, sondern es wird eine breitere Perspektive gewählt, die den gesamten Prozess der Bereitstellung von Endenergie in den Fokus nimmt. Darüber hinaus wird ein erster, explorativer Blick auf den wichtigen Bereich der Verbesserung der Effizienz im Energieverbrauch geworfen.

Als ökonomische Indikatorenkategorien werden Beschäftigung, Investitionen und durch Investitionen angestoßene Bruttonproduktion dargestellt. Den Investitionen kommt dabei ein besonderer Stellenwert zu, da sie den mit der Transformation verbundenen Technologie- und Strukturwandel beschreiben. Zusätzlich geben sie Hinweis auf den volkswirtschaftlichen Ressourcenverbrauch und stellen die Grundlage zur Ermittlung anderer ökonomischer Indikatoren dar.

Im Bearbeitungsprozess sind bestehende Datenlücken deutlich geworden, die weiteren Forschungsbedarf anzeigen. Generell ist die Datenlage zum Ausbau der erneuerbaren Energien zum jetzigen Zeitpunkt besser als in anderen Bereichen der Energiewende. Dafür sind langjährige Vorarbeiten im statistischen Bereich (AGEE-Stat) sowie zahlreiche Studien zu ökonomischen Aspekten des Ausbaus erneuerbarer Energien ausschlaggebend. Informationsdefizite gibt es in diesem Bereich für Investitionen in Anlagen zur Biomasse- /kraftstoffbereitstellung.

Erhebliche Datenlücken sind vor allem für das Segment Wärme zu konstatieren, in dem generell die Datenlage schlechter als im Segment Strom ist. So ist es anzustreben, die Datenlage im gesamten Bereich der Bereitstellung, Verteilung und Speicherung von Wärme zu verbessern. Methodisch ist auch die Trennung von Strom und Wärme im Bereich Kraft-Wärme-Kopplung noch zu diskutieren. Im Segment Bereitstellung von Strom gibt es Lücken für den Bereich von Anlagen mit einer Kapazität unter 10 MW.

Die technologische Entwicklung im Bereich Speicher ist derzeit besonders dynamisch und vielfältig, so dass im Moment noch keine einheitliche Datenbasis vorliegt. Hier wird es zukünftig sicher wichtig werden eine Vereinheitlichung vorzunehmen, damit die Bereitstellung von Daten auch zukünftig mit einem überschaubaren Aufwand bereitgestellt werden kann.

Lücken ergeben sich auch bei der Erfassung der Infrastruktur zur Endenergieversorgung des Verkehrs, hier fehlen zum Beispiel Daten für Ölpipelines

und Tankstellen.

Trotz der skizzierten Informationslücken kann für die wesentlichen Bereiche der Energiewirtschaft mit den in dieser Untersuchung zusammengestellten ökonomischen Indikatoren ein umfassendes und detailliertes Bild der ökonomischen Aspekte der voranschreitenden Transformation gezeichnet werden. Durch die Schließung von Informationslücken kann dieses Bild in Zukunft noch vollständiger werden.

Bei der Darstellung der ökonomischen Indikatoren zu Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz ist deutlich geworden, dass für diesen Bereich – auch auf aufgrund nicht so umfassender Vorarbeiten – noch spürbare Lücken bestehen, die nur durch zusätzliche methodische und empirische Forschungsarbeiten geschlossen werden können.

## LITERATURVERZEICHNIS

- AGEE-Stat (2017): Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2016. Grafiken und Diagramme unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand Februar 2017.
- AGFW (2015): AGFW-Hauptbericht 2014. Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Frankfurt am Main, Juli 2015.
- AMI (2017): Auswertung der Außenhandelsstatistik von Biodiesel des Statistischen Bundesamtes, persönliche Information, Wienke von Schenk, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH, 20.6.2017.
- BAFA (2018): Investitionen KWKG, Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, persönliche Information, Alfred Smuck, 03.01.2018.
- BDBe (2017): Marktdaten 2016, Presseinformation, Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e. V., 15.2.2017.
- BDEW (2016a): Investitionen der Stromversorger, [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE\\_Energiedaten#cat/Daten%2FGrafiken%5CEnergie%20allgemein%5CEnergiedaten%5C3.%20Stromversorgung/3-10-investitionen-der-stromversorger-de](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Energiedaten#cat/Daten%2FGrafiken%5CEnergie%20allgemein%5CEnergiedaten%5C3.%20Stromversorgung/3-10-investitionen-der-stromversorger-de), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. , letzter Abruf 19.07.2016.
- BDEW (2016b): Investitionen der Gasversorger, [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE\\_Energiedaten#cat/Daten%2FGrafiken%5CEnergie%20allgemein%5CEnergiedaten%5C2.%20Gasversorgung/2-11-investitionen-der-gasversorger-de](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Energiedaten#cat/Daten%2FGrafiken%5CEnergie%20allgemein%5CEnergiedaten%5C2.%20Gasversorgung/2-11-investitionen-der-gasversorger-de), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. , letzter Abruf 19.07.2016.
- BDH (2017): Absatz Wärmeerzeuger, persönliche Datenübergabe, Ralf Kiryk, Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie e.V., 21.7.2017.
- BfEE (2017): Bundesstelle für Energieeffizienz (Hrsg.), Untersuchung des Marktes für Energieaudits, Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen. Projekt 06/15. Eschborn.
- Bickel, P., Kelm, T. (2015): Evaluierung der inländischen KfW-Programme zur Förderung Erneuerbarer Energien in den Jahren 2013 und 2014. Gutachten im Auftrag der KfW Bankengruppe, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart, 21.12.2015.
- Bilsen, V., P. Debergh, S. Greeven, B. Gehrke, K. John, A. Lemmel (2016): Identifying Levers to unlock Clean Industry - Summary Report and Background Report, prepared for the European Commission, DG for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.
- Blazejczak, J., Edler, D., Gornig, M., Gehrke, B., Schasse, U. (Veröffentlichung in Vorbereitung): Ökonomische Indikatoren von Maßnahmen zur Steigerung der

Energieeffizienz – Investitionen, Umsätze und Umsätze in ausgewählten Bereichen. Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.

Blazejczak, J., Edler, D.(2015): Estimating Gross Employment Effects of Environmental Protection - A Combined Demand-Supply Side Approach, Hrsg. Umweltbundesamt, Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 01/2015, Dessau-Roßlau, April 2015.

BLE (2017): Persönliche Information, Enno Mewes, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 10.5.2017.

BMWi (2017a): Energiedaten und –prognosen, <http://bmwi.de/DE/Themen/Energie/energiedaten-und-prognosen.html>, letzter Abruf 27.07.2017.

BMWi (2017b): Bundesbericht Energieforschung 2017 – Forschungsförderung für die Energiewende. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017.

BNetzA (2016): Kraftwerkliste. Bundesnetzagentur, [http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerkliste/kraftwerkliste-node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerkliste/kraftwerkliste-node.html), letzter Abruf Stand 10.05.2016.

BNetzA (2015): Monitoringbericht 2015. Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt, Stand 10. November 2015. DEPI (2017): Pelletproduktion und Inlandsbedarf in Deutschland, Deutscher Energieholz- und Pellet-Institut, [http://www.depv.de/de/home/marktdaten/entwicklung\\_pelletproduktion/](http://www.depv.de/de/home/marktdaten/entwicklung_pelletproduktion/), Download: 5.5.2017.

DEWI (2017): Windenergie in Deutschland, DEWI, [http://www.dewi.de/dewi\\_res/index.php?id=9#DM](http://www.dewi.de/dewi_res/index.php?id=9#DM).

DOE (2016): DOE Global Energy Storage Database. Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, <http://www.energystorageexchange.org/>, Abruf 25.11.2015.

Edler, D., Blazejczak, J. (2016): Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland im Jahr 2012, Hrsg. Umweltbundesamt, Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 01/2016, Dessau-Roßlau, März 2016.

EHPA (2017): Market data, European Heat Pump Association, <http://www.ehpa.org/market-data/>.

ESTIF (2017): Solar thermal markets in EU 28 and Switzerland – preliminary report, persönliche Information, Geoffroy Cazenave, European Solar Thermal Industry Federation, 25.7.2017.

EWEA (2017): Offshore statistics, European Wind Energy Association, <https://windeurope.org/about-wind/statistics/offshore/>.

FNR (2017): Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, <https://mediathek.fnr.de/anbauflaechen-fur-nachwachsende-rohstoffe.html>, Download: 5.5.2017.

Gehrke, B., Schasse, U. unter Mitarbeit von M. Leidmann (2013): Umweltschutzgüter -

wie abgrenzen? Methodik und Liste der Umweltschutzgüter 2013, Methodenbericht zum Forschungsprojekt "Wirtschaftsfaktor Umweltschutz" im Auftrag des Umweltbundesamtes, Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 1/2013, Dessau-Roßlau, 2013.

- Gehrke, B., Schasse, U. (2015): Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland Produktion, Umsatz und Außenhandel, Hrsg. Umweltbundesamt, Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 04/2015, Dessau-Roßlau, September 2015
- Gores, S., Jörß, W. & Zell-Ziegler, C. (2015): Aktueller Stand der KWK-Erzeugung (Dezember 2015). Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin 2015.
- Gornig, M., B. Görzig, C. Michelsen und H. Steinke (2017): Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe, Berechnungen für das Jahr 2016, BBSR-Online-Publikation Nr. 15/2017.
- Heinze (2016): Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), Struktur der Bestandsinvestitionen 2014. Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen. Bearbeitung: Heinze GmbH in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), BBSR-Online-Publikation Nr. 03/2016.
- Holub, W., Schnabl, H. (1994): Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse, München, 1994.
- IEA-PVPS (2017): Statistic Reports, Photovoltaic Power Systems Programme, International Energy Agency, [http://www.iea-pvps.org/index.php?id=92&no\\_cache=1&tx\\_damfrontend\\_pi1%5BshowUid%5D=156&tx\\_damfrontend\\_pi1%5BbackPid%5D=92](http://www.iea-pvps.org/index.php?id=92&no_cache=1&tx_damfrontend_pi1%5BshowUid%5D=156&tx_damfrontend_pi1%5BbackPid%5D=92).
- IEA-SHC (2017): Solar Heat Worldwide, Solar Heating and Cooling Programme, International Energy Agency, <http://www.iea-shc.org/publications-category?CategoryID=101>.
- IWU, IFAM (2016): Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2015. Studie im Auftrag der KfW Bankengruppe, Darmstadt, Bremen 2016.
- ISET (2001): Windenergie Report Deutschland 2001, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Kassel, 2001.
- ISET (2002): Windenergie Report Deutschland 2002, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Kassel, 2002.
- ISET (2003): Windenergie Report Deutschland 2003, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Kassel, 2003.
- ISET (2004): Windenergie Report Deutschland 2004, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Kassel, 2004.
- Kairies, K.-P., Haberschusz, D., Magnor, D., Leuthold, M., Badeda, J., Sauer, D. (2015): Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm

Solarstromspeicher – Jahresbericht 2015. Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe der RWTH Aachen, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Aachen, 2015.

Kairies, K.-P., Haberschusz, D., Ouwerkerk, van J., Strebel, J., Wessels, O., Magnor, D., Badeda, J, Sauer, D. (2016): Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher – Jahresbericht 2016. Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe der RWTH Aachen, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Aachen, 2016.

KBA (2017): Neuzulassungen von PKW nach ausgewählten Kraftstoffarten, Kraftfahrbundesamt, Statistiken,  
[https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/n\\_umwelt\\_z.html;jsessionid=B8FDC7AF3DC2787F4E812946D0E176E3.live11292?nn=652326](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/n_umwelt_z.html;jsessionid=B8FDC7AF3DC2787F4E812946D0E176E3.live11292?nn=652326).

KFW (2017): Investitionen KFW-Förderprogramme, KFW Bankengruppe, persönliche Information, Anke Brüggemann, 21.06.2017

Kratzlat, M. (ZSW); Lehr, U.; Nitsch, J. (DLR); Edler, D. (DIW); Lutz, C. (GWS) (2007): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006 – Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), September 2007.

Lehr, U.; Lutz, C. (GWS); Edler, D. (DIW); O’Sullivan, M.; Nienhaus, K.; Nitsch, J.; Simon, S. (DLR); Breitschopf, B. (FhG-ISI); Bickel, P.; Ottmüller, M. (ZSW) (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Februar 2011.

Lehr, U.; Ulrich, P.; Lutz, C.; Thobe, I. (GWS); Edler, D. (DIW); O’Sullivan, M.; Naegler, T.; Simon, S.; Pfenning, U. (DLR); Peter, F.; Sakowski, F. (Prognos); Bickel, P. (ZSW) (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland - Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), März 2015. O’Sullivan, M. (DLR), Lehr, U. (GWS), Edler, D. (DIW) (2015): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz -Zulieferung für den Monitoringbericht 2015, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), September 2015.

Photon (2013): Aus der Traum, Photon, Januar 2013, S. 16-23.

Photon (2014): Die Hoffnung liegt im Kleinen, Photon, Januar 2014, S. 20-24.

Platts (2015): World Electric Power Plants Database, Platts, Stand Juni 2015

Prognos (2015): Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der Energiewirtschaft, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, München, Basel, Berlin, 10. März 2015.

- Räth, N., Braakmann, A. (2014): Generalrevision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen 2014 für den Zeitraum 1991 bis 2014, in: Wirtschaft und Statistik, September 2014.
- Sauvage, J. (2014): The Stringency of Environmental Regulations and Trade in Environmental Goods, OECD Trade and Environment Working Papers, 2014/03, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5jxrjn7xsnmq-en>
- StaBuA (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige – mit Erläuterungen, Ausgabe 2008 (WZ 2008), Wiesbaden 2008.
- StaBuA (2010): Input-Output-Rechnung im Überblick, Wiesbaden 2010.
- StaBuA (2015): Produzierendes Gewerbe – Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden – 2014. Fachserie 4 Reihe 6.4, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 1.10.2015.
- StaBuA (2016a): Produzierendes Gewerbe – Beschäftigung, Umsatz, Investitionen und Kostenstruktur der Unternehmen in der Energieversorgung, Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzungen – 2014. Fachserie 4 Reihe 6.1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 14. Juli 2016.
- StaBuA (2016): Investitionen der Unternehmen in der Energie- und Wasserversorgung: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige. Destatis, Genesis, Code: 43211-0001, letzter Abruf 27.07.2016.
- StaBuA (2017a): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung – Inlandsproduktberechnung – Detaillierte Jahresergebnisse, Statistisches Bundesamt (DeStatis), 2017.
- StaBuA (2017b): Außenhandelsstatistik, Statistisches Bundesamt, genesis-online, Statistik 51000, [https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=C34ABCDBABCBB1912F4DD93446A4F6F.tomcat\\_GO\\_1\\_2?operation=statistikAbruftabellen&levelindex=0&levelid=1507279566487&index=2](https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=C34ABCDBABCBB1912F4DD93446A4F6F.tomcat_GO_1_2?operation=statistikAbruftabellen&levelindex=0&levelid=1507279566487&index=2).
- Stäglich, R., Edler, D., Schintke, J. (1992): Der Einfluss der gesamtwirtschaftlichen Nachfrageaggregate auf die Produktions- und Beschäftigungsstruktur - eine quantitative Input-Output-Analyse. Schwerpunktuntersuchung im Rahmen der Strukturberichterstattung, in: Beiträge zur Strukturforchung, Heft 127/I (Textband) und 127/II (Materialband), Berlin 1992.
- Staiß, F.; Kratzat, M. (ZSW); Nitsch, J.; Lehr, U. (DLR); Edler, D. (DIW); Lutz, C. (GWS) (2006): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte – Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Juni 2006.
- TrendResearch (2011): Marktakteure Erneuerbare-Energien-Anlagen in der Stromerzeugung. Studie im Rahmen des Forschungsvorhabens Genossenschaftliche Unterstützungsstrukturen für eine sozialräumliche Energiewirtschaft. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2011.

- UN (2017): UN Comtrade Database, United Nations, <https://comtrade.un.org/>.
- WindGuard (2017): Windenergiestatistik: Windenergieausbau in Deutschland, WindGuard, <http://www.windguard.de/service/knowledge-center.html>.
- Wünsch, M., Eikmeier, B., Jochem, E. & Gailfuß, M. (2014): Potenzial- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung (Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie) sowie Evaluierung des KWKG im Jahr 2014. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin 2014.
- ZSW (2017): Investitionen im Bereich erneuerbarer Energien, persönliche Datenlieferung, Peter Bickel, 11.07.2017.