

# Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012

vom 12. März 2013

## **Impressum**

### **Herausgeber:**

Sächsisches Staatsministerium  
für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr  
Pressestelle  
Wilhelm-Buck-Str. 2 · 01097 Dresden  
Tel.: +49 351-564-8064  
Fax: +49 351-564-8068  
E-Mail: [presse@smwa.sachsen.de](mailto:presse@smwa.sachsen.de)  
[www.smwa.sachsen.de](http://www.smwa.sachsen.de)

Sächsisches Staatsministerium  
für Umwelt und Landwirtschaft  
Wilhelm-Buck-Str. 2 · 01097 Dresden  
Tel.: +49 351-564-6814  
Fax: +49 351-564-2059  
E-Mail: [info@smul.sachsen.de](mailto:info@smul.sachsen.de)  
[www.smul.sachsen.de](http://www.smul.sachsen.de)

### **Redaktion:**

SMWA, Referat 44 – Energiepolitik  
SMUL, Referat 52 – Gebietsbezogener Immissionsschutz/Klimaschutz  
Redaktionsschluss 08.03.2013

### **Druck:**

Dieser Artikel ist zunächst nur elektronisch als PDF verfügbar. Druckexemplare sowie die Überarbeitung an das neue Erscheinungsbild der Sächsischen Staatsverwaltung sind in Vorbereitung.

[www.smwa.sachsen.de/Wirtschaft/Energie/Aktuelles](http://www.smwa.sachsen.de/Wirtschaft/Energie/Aktuelles)  
[www.klima.sachsen.de](http://www.klima.sachsen.de)

### **Verteilerhinweis:**

Diese Informationsschrift wurde vom Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr und vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft im Rahmen der verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Den Parteien ist es jedoch erlaubt, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Präambel.....	VIII
<b>Eckpunkte der sächsischen Energie- und Klimapolitik</b>	<b>1</b>
<b>Energieprogramm</b>	<b>5</b>
1. Ausgangslage .....	5
1.1. Energiewirtschaft.....	5
1.1.1. Energiebilanz .....	5
1.1.2. Struktur der Energiewirtschaft .....	8
1.1.3. Energiepreise .....	10
1.2. Energieanlagenbau und Dienstleistungen .....	11
1.3. Forschung und Entwicklung .....	12
1.4. Volkswirtschaftliche Bedeutung .....	13
2. Rahmenbedingungen .....	16
2.1. Globale Perspektive .....	16
2.1.1. Energiebedarf.....	16
2.1.2. Energierohstoffe .....	18
2.2. Regionale Perspektive .....	21
2.2.1. Energiebedarf.....	21
2.2.2. Energieangebot.....	23
2.3. Ordnungsrahmen .....	24
3. Energiepolitik.....	27
3.1. Energiepolitische Grundsätze.....	27
3.2. Energiepolitische Strategien.....	29
3.2.1. Energieeffizienz steigern .....	29
3.2.2. Energiesystem zukunftsfähig gestalten .....	35
3.2.3. Energietechnologien bereitstellen.....	41
<b>Klimaprogramm</b>	<b>44</b>
4. Ausgangslage .....	44
4.1. Klimaentwicklung in Sachsen .....	44
4.1.1. Bisherige Klimaentwicklung in Sachsen .....	44
4.1.2. Zukünftige Klimaentwicklung in Sachsen.....	47
4.1.3. Klimaentwicklung in Sachsen – Wesentliche Trends .....	50
4.2. Klimafolgen und Anpassung an den Klimawandel .....	51
4.3. Treibhausgasbilanz .....	59
4.3.1. Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen von 1990 bis 2010 .....	59
4.3.2. Bisherige Klimaschutzziele und deren Erfüllung .....	60
5. Rahmenbedingungen .....	62

5.1.	Internationale Klimapolitik.....	62
5.2.	Nationale Klimapolitik .....	62
6.	Klimapolitik .....	63
6.1.	Klimapolitische Grundsätze .....	63
6.2.	Strategien sächsischer Klimapolitik .....	63
6.2.1.	Klimaentwicklung beobachten und Klimawissen bereitstellen.....	63
6.2.2.	Betroffenheiten ermitteln, Klimafolgen abschätzen und Anpassungsstrategien entwickeln .....	65
6.2.3.	Treibhausgasemissionen mindern.....	71
6.2.4.	Forschung fördern, Bildung erweitern und Kooperation ausbauen .....	74
<b>Anhang</b>		<b>VIII</b>
	Abbildungsverzeichnis .....	VIII
	Tabellenverzeichnis .....	IX
	Quellenverzeichnis .....	X

Soweit nicht anders vermerkt wurde, handelt es sich bei Daten um solche sächsischer staatlicher Dienststellen insbesondere des SMUL, SMWA und des Statistischen Landesamtes Sachsen.

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AG	Aktiengesellschaft
BDF	Bodendauerbeobachtungsfläche
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BWS	Bruttowertschöpfung
C	Kohlenstoff
CCS	Carbon Dioxide Capture and Storage – Technologie zur CO <sub>2</sub> -Abscheidung und –Speicherung
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
C <sub>org</sub>	Kohlenstoff organisch
CZ	Tschechische Republik
D	Bundesrepublik Deutschland
DHL	Tochtergesellschaft der Deutschen Post AG
DWD	Deutscher Wetterdienst
eea	European Energy Award®
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EEX	European Energy Exchange
EESA	Industrielles Netzwerk für Erneuerbare Energien Sachsen
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EnEV	Energieeinsparverordnung
EJ	Exajoule, 1 EJ=10 <sup>18</sup> J
etc.	et cetera (lateinisch: und so weiter)
ETZ	Europäische territoriale Zusammenarbeit
EU	Europäische Union
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GJ	Gigajoule, 1 GJ = 10 <sup>9</sup> J
Gt	Gigatonnen, 1Gt =10 <sup>9</sup> t
GUS	Gemeinschaft Unabhängiger Staaten
GWh	Gigawattstunden
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr

ha	Hektar
HH	Haushalte
HEL	Leichtes Heizöl
Hz	Hertz
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
K	Kelvin: SI-Basiseinheit der Temperatur
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Koppelungsgesetz
kV	Kilovolt, $1\text{kV} = 10^3\text{ V}$
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
MB/d	Million Barrel pro Tag
Mio.	Million
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MW	Megawatt, $1\text{ MW} = 10^6\text{ W}$
Mrd.	Milliarde
Mtoe	Megatonnen Öleinheiten
N	Stickstoff
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OPEC	Organisation erdölexportierender Länder
ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
PEV	Primärenergieverbrauch
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell, Membran-Brennstoffzellen
PJ	Petajoule, $1\text{ Petajoule} = 10^{15}\text{ J}$
PL	Republik Polen
PSW	Pumpspeicherkraftwerk
SAENA	Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH
SMWA	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
SOFC	Solid Oxid Fuel Cell, Hochtemperatur-Brennstoffzellen
T	Tausend
TEHG	Treibhausgasemissionshandelsgesetz
THG	Treibhausgase

TU	Technische Universität
u. a.	unter anderem
UN	United Nations
UV	Ultraviolett
v. a.	vor allem
VNG	Verbundnetz Gas AG
z. B.	zum Beispiel

## Präambel

Die Energieprogramme aus den Jahren 1993 und 2004, das Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2001 und der Aktionsplan Klima und Energie aus dem Jahr 2008 waren zuverlässige politische Konzepte der Sächsischen Staatsregierung beim Aufbau der Wirtschaft und bei der Gestaltung der Lebensbedingungen in Sachsen.

Das vorliegende Energie- und Klimaprogramm fasst die konzeptionellen Grundlagen der sächsischen Energie- und Klimapolitik zusammen und entwickelt diese weiter. Die Maßnahmen zur Umsetzung dieses Energie- und Klimaprogramms sind in einem separaten Maßnahmenplan<sup>1</sup> enthalten.

Die Gültigkeit und Aktualität der Strategien, der Ziele und der Maßnahmen des Energie- und Klimaprogramms werden in einem fortlaufenden Prozess unter den Gesichtspunkten der Kosten und der wirtschaftlichen Effizienz, der Versorgungssicherheit, des technischen Fortschritts und der Umweltverträglichkeit überprüft und bei Erforderlichkeit angepasst. Die Ergebnisse dieser Überprüfung werden veröffentlicht. Der erste Bericht wird für den Zeitraum 2012 bis 2015 vorgelegt werden.

Die Umsetzung des Energie- und Klimaprogramms steht unter dem Vorbehalt einer gesicherten Finanzierung. Es hat keine präjudizierende Wirkung für die Bereitstellung von Haushaltsmitteln des Landes oder Entscheidungen des Haushaltsgesetzgebers. Ein Anspruch gegen den Freistaat Sachsen auf Realisierung, Finanzierung oder finanzielle Förderung kann nicht abgeleitet werden.

---

<sup>1</sup> Maßnahmenplan zum Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012, veröffentlicht unter [www.smwa.sachsen.de](http://www.smwa.sachsen.de)



## **Eckpunkte der sächsischen Energie- und Klimapolitik**

### **1 Energie- und Klimapolitik für ein starkes Sachsen**

Eine zuverlässige Energieversorgung und eine gesunde Umwelt sind wesentliche Voraussetzungen für das Funktionieren der Wirtschaft und für die Lebensqualität in Sachsen. Beides kann nur mit einer sachorientierten und langfristig angelegten Energie- und Klimapolitik erreicht werden. Die Sächsische Staatsregierung nimmt diese Verantwortung wahr. Sie baut auf dem erreichten hohen Entwicklungsstand der Wirtschaft und insbesondere der Energiewirtschaft auf und gibt eine Orientierung dafür, wie den aktuellen Herausforderungen begegnet werden kann. Es ist Ziel, dass die Energiewirtschaft auch weiterhin einen maßgeblichen Beitrag zu Wertschöpfung und Beschäftigung im Land leistet.

Der Umbau der Energiewirtschaft und die Anpassung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturen an den prognostizierten Klimawandel sind Aufgaben, die weit in die Zukunft reichen. Die weltweit wachsende Nachfrage nach Energie muss befriedigt werden. Darüber hinaus sind Strategien erforderlich, um die Endlichkeit fossiler Energieträger zu kompensieren und die Folgen des sich ändernden Klimas zu bewältigen. Die Sächsische Staatsregierung setzt sich für eine verantwortungsbewusste, kontinuierliche, wirtschafts- und umweltorientierte Weiterentwicklung des Energiesystems ein.

### **2 Zusammenarbeit in Deutschland und Europa**

Die hohe Bedeutung der Energieversorgung für die Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft und Gesellschaft und die übergreifenden Folgen des Klimawandels erfordern verlässliche Rahmenbedingungen und ein abgestimmtes politisches Handeln auf nationaler und europäischer Ebene. Die Sächsische Staatsregierung nimmt aktiv Einfluss auf die Energie- und Klimapolitik auf EU- und Bundesebene, um die Interessen des Freistaates zu wahren. Als Region in Europa arbeitet Sachsen mit anderen Regionen in der Energie- und Klimapolitik zusammen. Mit der Republik Polen, der Tschechischen Republik und den benachbarten Bundesländern ist Sachsen durch grenzüberschreitende Energieleitungen sowie durch gemeinsame Bestrebungen bei der Nutzung der heimischen Energieträger und der Anpassung an den Klimawandel verbunden.

### **3 Nachhaltigkeit**

Die sächsische Energiepolitik ist dem Gedanken der Nachhaltigkeit verpflichtet. Die weitere Verbesserung der ökonomischen und sozialen Lebensbedingungen der heute und künftig lebenden Menschen wird nur möglich sein, wenn gleichzeitig die natürlichen Lebensgrundlagen langfristig erhalten bleiben. Eine nachhaltige Energiewirtschaft gewährleistet die Leistungs- und Innovationsfähigkeit der sächsischen Wirtschaft, schützt die Umwelt und führt zu Prosperität und Wohlstand in der gesamten Gesellschaft. Bei der Bereitstellung von Energie sind alle Ressourcen (Arbeit, Kapital, Rohstoffe, Umwelt) effizient zu nutzen.

### **4 Bezahlbare Energie**

Wettbewerbsfähige Energiepreise sind maßgeblich für eine positive Entwicklung der Wirtschaft. Für alle Haushalte muss Energie bezahlbar sein. Das ist wesentliche Voraussetzung für soziale Stabilität. Der beschlossene Umbau der Energieversorgung in Deutschland darf deshalb nicht zu einem unverhältnismäßig starken Anstieg der Preise für Energie führen.

Die vom Staat zu verantwortende Energiepreisbestandteile sind auf ein notwendiges Maß zu beschränken. Im Interesse der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft sollen Entlastungen der Energiepreise für energieintensive Unternehmen bestehen bleiben. Die Entgelte für die Einspeisung erneuerbarer Energien nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sind ein

wachsender Preisbestandteil. Es müssen daher Möglichkeiten für eine rasche Marktintegration erneuerbarer Energien gefunden werden.

Die Sächsische Staatsregierung setzt sich für einen starken und funktionierenden Energiemarkt ein. Dazu gehört ein leistungsfähiger und transparenter Handelsplatz wie die Energiebörse EEX. Bei der Umsetzung von energie- und umwelt- bzw. klimapolitischen Zielen haben ökonomische Instrumente, die dynamische Marktprozesse anstoßen, den Vorrang vor starren ordnungsrechtlichen Vorgaben.

### **5 Effizienz auf allen Ebenen**

Die Verbesserung der Energieeffizienz trägt in einem hohen Maße zu einer nachhaltigen Entwicklung bei. Rationelle Energieanwendung schafft Sicherheit, verringert Umweltbelastungen, schont Ressourcen und reduziert Kosten. Der Nutzen kommt allen Verbrauchern zugute.

Die Sächsische Staatsregierung hat das Ziel, wirtschaftliche Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz möglichst rasch zu erschließen. Dazu sollen die erforderlichen Rahmenbedingungen geschaffen werden. Effizienzmaßnahmen im Verkehr, im Gebäudebestand und in der Industrie haben eine besonders hohe Priorität, da ein breiter Anwendungsbereich gegeben ist. Die Sächsische Staatsregierung unterstützt den Prozess durch anbieterunabhängige Beratungsangebote, spezielle Instrumente zur Motivation, Maßnahmen zur Qualitätssicherung und Förderangebote.

### **6 Stabilität durch heimische Energieträger**

Die Sächsische Staatsregierung sieht in einem ausgewogenen Mix unterschiedlicher Energieträger die Voraussetzung, um auch in Zukunft den Erfordernissen einer gleichzeitig verlässlichen, bezahlbaren und umweltverträglichen Energieversorgung gerecht zu werden. Die Gewinnung und Verstromung der heimischen Braunkohle trägt dabei wesentlich zur Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung in Deutschland bei. Das ist insbesondere angesichts der Abschaltung der Kernkraftwerke mittel- bis langfristig von großer Bedeutung. Ebenso sichert die Nutzung der heimischen erneuerbaren Energien Importunabhängigkeit und hohe Wertschöpfung im Lande. Erneuerbare Energien reduzieren darüber hinaus die Emission von Treibhausgasen. Ihr Anteil am Energiemix soll kontinuierlich erhöht werden. Voraussetzung dafür ist eine Anpassung des Energiesystems, insbesondere der umfangreiche Einsatz von Speicherkapazitäten für Strom und Wärme. Erdgas und Mineralöl werden auch zukünftig im Wärmemarkt und Verkehrsbereich zum Einsatz kommen und den Energiemix komplettieren.

### **7 Wissen und Erkenntnis zum Klimawandel**

Die Beobachtung des Klimawandels durch die kontinuierliche Auswertung meteorologischer Beobachtungsdaten im Hinblick auf mögliche Trendaussagen sowie die regionale Klimamodellierung sind die Voraussetzungen dafür, dass die notwendigen Anpassungsstrategien und -maßnahmen zielgerichtet entwickelt und umgesetzt werden können. Die Sächsische Staatsregierung stärkt mit diesem Engagement auch den Wirtschaftsstandort Sachsen, nutzt Chancen und vermindert Risiken.

### **8 Weitreichende Klimavorsorge**

Zukunftsorientierte Klimapolitik baut auf zwei Säulen auf: Klimaschutz durch Vermeidung von Treibhausgasemissionen und Anpassung an die Folgen des Klimawandels, die schon heute nicht mehr vermieden werden können. Die Klimapolitik der Sächsischen Staatsregierung orientiert sich an dem langfristigen Entwicklungspfad hin zu einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % bis 2050. Nach den vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen steht Sachsen vor bedeutenden Veränderungen des Klimas. Darauf soll reagiert werden, um die Auswirkungen beherrschbar zu halten. Je eher gehandelt wird, umso wirksamer ist es für das Klima und umso verträglicher wird es für

Wirtschaft und Gesellschaft sein. Nur durch die gleichzeitige Umsetzung wirksamer Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung wird dem Klimawandel und seinen Folgen erfolgreich begegnet.

Die Sächsische Staatsregierung unterstützt die verschiedenen gesellschaftlichen Entscheidungsträger und Akteure bei der Ermittlung der Vulnerabilitäten (Verwundbarkeiten) gegenüber dem Klimawandel und der Entwicklung geeigneter Anpassungsstrategien. Die Umsetzung der sächsischen Energie- und Klimapolitik wird mit Hilfe der räumlichen Steuerung über die Landes- und Regionalplanung begleitet.

## **9 Beitrag zum globalen Klimaschutz**

Die Sächsische Staatsregierung setzt ihre mit dem Klimaschutzprogramm 2001 begonnene erfolgreiche Politik zum Schutz des Klimas fort und leistet mit einer weiteren ambitionierten Minderung der Treibhausgasemissionen in den nächsten zehn Jahren ihren Beitrag zum internationalen und nationalen Klimaschutz. Dabei konzentrieren sich die erforderlichen Maßnahmen auf Bereiche wie Gebäude, Verkehr, private Haushalte oder öffentliche Verwaltung, in denen die Staatsregierung selbst spürbare Minderungseffekte erzielen oder im Rahmen der Kooperation mit Dritten Anreize für die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen setzen kann.

## **10 Technologieoffene Forschung und Entwicklung**

Forschung und Entwicklung gewährleisten die Erweiterung der technischen und technologischen Basis. Das eröffnet Möglichkeiten für die Erschließung innovativer energetischer Ressourcen und ist gleichzeitig die Voraussetzung, um die Nutzung von Energie mit den Umwelterfordernissen in Einklang zu bringen. Eine nachhaltige Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft erfordert technologieoffene Forschung und Entwicklung. Die Sächsische Staatsregierung unterstützt Forschung und Entwicklung im Energie- und Klimabereich. Sie sichert auf diesem Weg eine zukunftsfähige Energieversorgung und die notwendige Anpassung an Klimaveränderungen. Sie stärkt damit auch den Energie- und Technologiestandort Sachsen.

## **11 Information und Motivation für eigenverantwortlich handelnde Bürger**

Durch Information, Kommunikation und Motivation sollen die Bürger des Freistaates Sachsen für die aktuellen Fragen der Energie- und Klimapolitik sensibilisiert und zu entsprechendem eigenverantwortlichen Handeln motiviert werden. Voraussetzung für eine effektive Umsetzung der energie- und klimapolitischen Zielstellungen ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft.

Für die Bewältigung der Herausforderungen und die damit verbundenen notwendigen Veränderungen des Energiesystems soll die Akzeptanz der Bevölkerung gewonnen werden. Das gilt für den notwendigen Ausbau der Netze und die zu erwartende Flächenbereitstellung für die Nutzung erneuerbarer Energien ebenso wie für Maßnahmen zur Anpassung an die Veränderungen des Klimas. Die Sächsische Staatsregierung nimmt die diesbezüglichen Bedenken der Bürger ernst. Sie trägt diesen Bedenken durch kostenlose Informations- und Beratungsangebote Rechnung.

## **12 Herausforderungen sind Chancen**

Ressourcen- und Materialeffizienz, Nutzung erneuerbarer Energien, nachhaltige Mobilität, Abfallvermeidung und -verwertung, intelligente Infrastrukturen und Anpassungstechnologien an Klimaveränderungen sind weltweit Zukunftstechnologien. In kaum einem anderen Markt sind in den kommenden Jahrzehnten mehr Investitionen zu erwarten als in zukunftsweisenden Energie-, Mobilitäts- und Umweltmärkten.

Sachsen ist ein traditionsreiches Energie- und Technologieland. Sächsische Wissenschaftler haben den weltweiten Fortschritt im Bergbau- und Energiebereich mitbestimmt. Sachsen ist auch ein starker Industriestandort. Der Maschinen- und Anlagenbau, die Fahrzeug- und

Geräteindustrie aus Sachsen sind mit energieeffizienten Lösungen weltweit bekannt geworden. Die sächsische Wissenschaft und Wirtschaft besitzen große Potenziale, um von der Umgestaltung des Energiesektors, vom Klimaschutz und von einer effizienten, vorausschauenden Anpassung an die Folgen des Klimawandels profitieren zu können. Diese Potenziale sollen genutzt werden. Die Sächsische Staatsregierung gibt dafür die notwendige politische, administrative und finanzielle Unterstützung.

## Energieprogramm

### 1. Ausgangslage

#### 1.1. Energiewirtschaft

##### 1.1.1. Energiebilanz

In Sachsen wurden im Jahr 2010<sup>2</sup> 635,7 PJ Primärenergie mit folgenden Anteilen verbraucht: 42,8 % Braunkohle, 35,1 % Mineralöl, 21,4 % Erdgas, 7,5 % erneuerbare Energieträger, 1,0 % Steinkohle und Sonstige. Der Stromexport entspricht 7,8 % des Primärenergieverbrauchs (Abbildung 1).

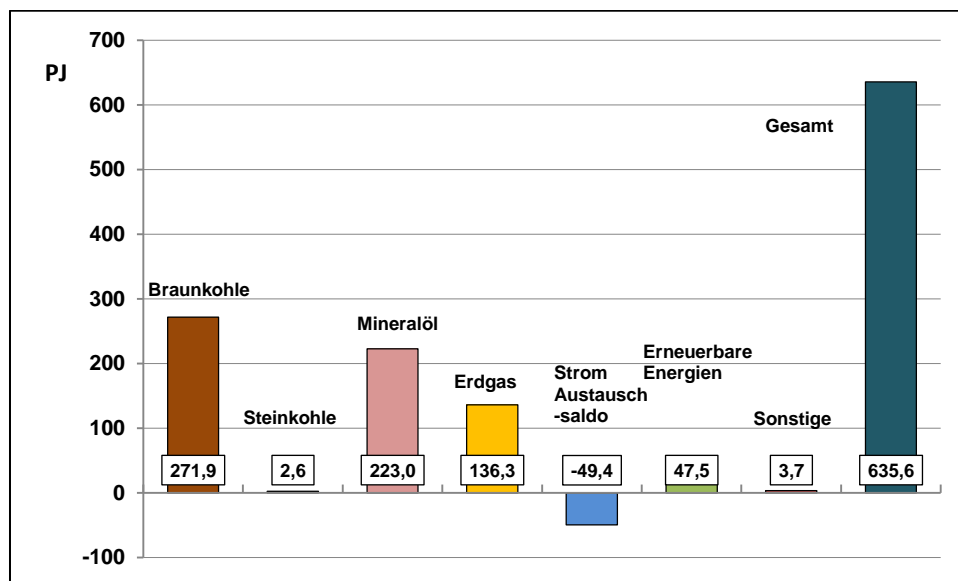
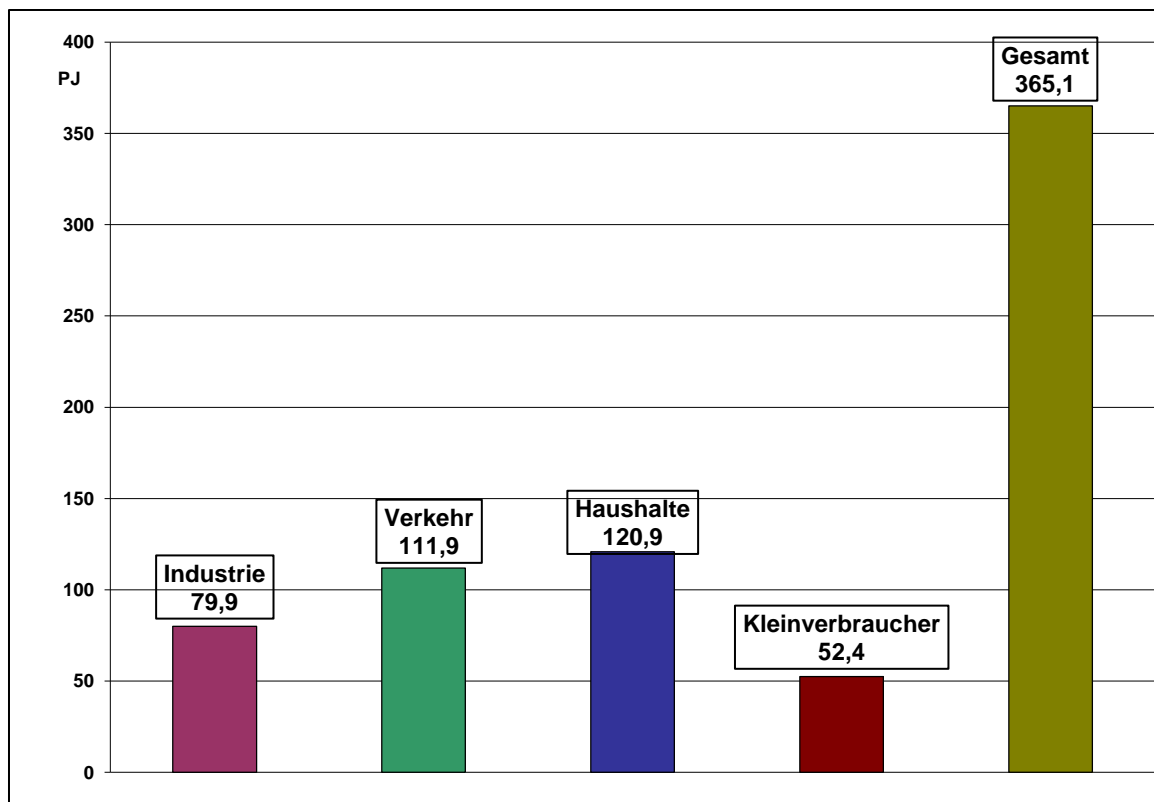


Abbildung 1: Primärenergieverbrauch im Jahr 2010

Der Gesamtverbrauch an Primärenergie ist seit 1992 nahezu konstant. Deutlich verändert haben sich dagegen die Anteile einzelner Energieträger. So ist der Anteil der Braunkohle seit 1992 von 76,6 % auf 42,8 % gesunken. Der Anteil von Mineralöl und Erdgas zusammen ist von 28,4 % auf 56,5 % und derjenige der erneuerbaren Energien von 0,3 % auf 7,5 % angestiegen. Fasst man die zur Stromerzeugung eingesetzten Energieträger Braunkohle, Steinkohle und Kernenergie zusammen, dann entspricht die Struktur des Primärenergieverbrauchs in Sachsen derjenigen von Deutschland insgesamt.

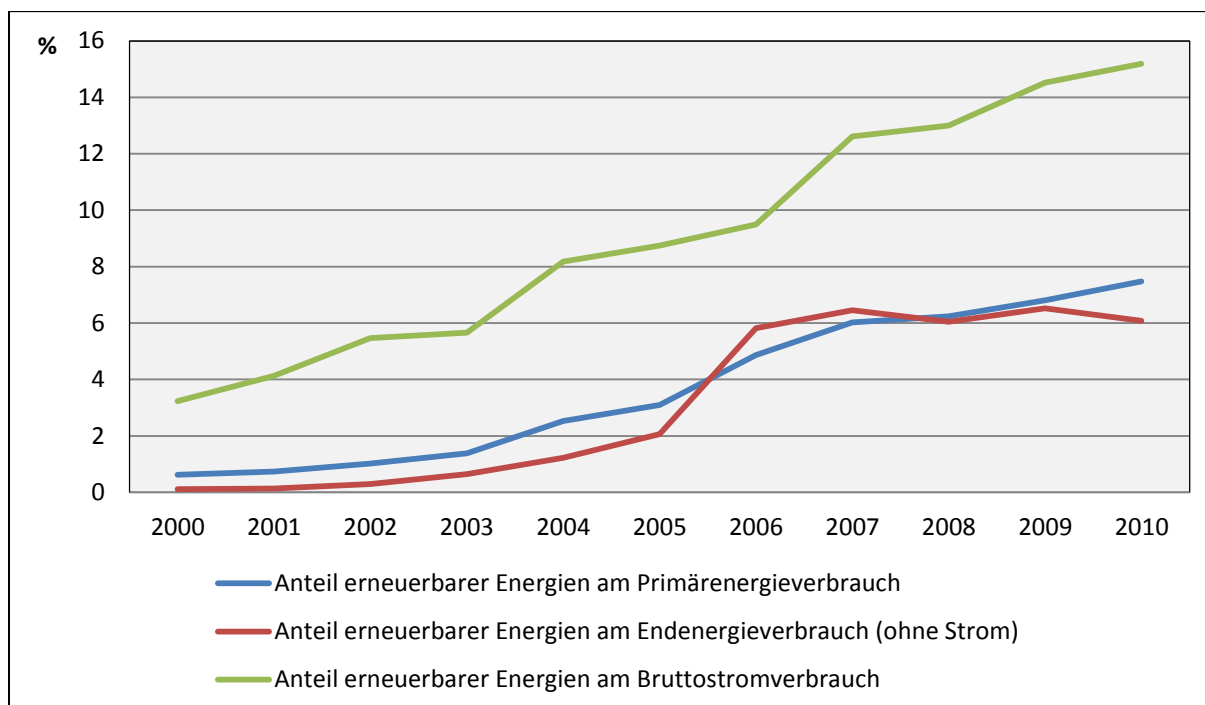
Zwei Drittel des Primärenergieverbrauches stehen nach dem Umwandlungsprozess als unmittelbar nutzbares Energieangebot zur Verfügung. Im Jahr 2010 wurden 60,0 PJ im nichtenergetischen Bereich, insbesondere in Form von Mineralölprodukten wie Rohbenzin oder Bitumen, verwendet. Der verbleibende Anteil in Höhe von 365,1 PJ wurde als Endenergie in den Sektoren Industrie, Verkehr, Haushalte und Kleinverbraucher (Handel, Gewerbe, Dienstleistungen, Militär) verbraucht (Abbildung 2). Ähnlich wie bei der Primärenergiebilanz hat sich die Höhe des gesamten Endenergieverbrauches seit 1992 nur geringfügig verändert, während die Anteile der einzelnen Sektoren unterschiedliche Entwicklungen aufweisen. Der Verbrauch der Kleinverbraucher ist seit 1992 deutlich zurückgegangen und derjenige im Verkehrsbereich in gleichem Maße angestiegen.

<sup>2</sup> letztverfügbare endgültige statistische Daten



**Abbildung 2:** Endenergieverbrauch im Jahr 2010

Erneuerbare Energien hatten 2010 einen Anteil von 7,5 % am Endenergieverbrauch (ohne Strom) und von 15,2 % am Bruttostromverbrauch<sup>3</sup>. In Abbildung 3 ist die Entwicklung dieser Anteile seit 2000 dargestellt.

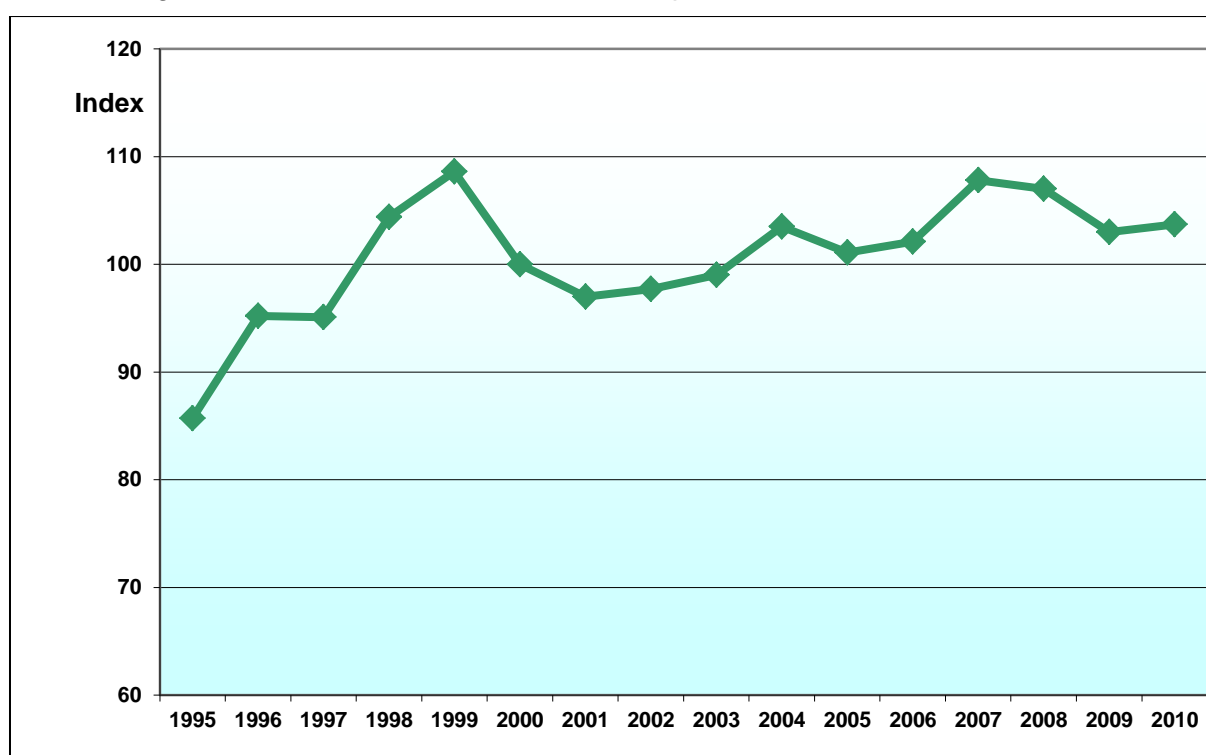


**Abbildung 3:** Anteile Erneuerbarer Energien am Energieverbrauch

<sup>3</sup> Der Bruttostromverbrauch in Sachsen ergibt sich aus dem Stromverbrauch in den Sektoren Industrie, Verkehr, Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen zuzüglich der diesem Verbrauch anteilig zuzurechnenden Werte des Kraftwerkseigenverbrauchs, der Netzverluste und der Verluste, die durch die Speicherung von Strom in Pumpspeicherkraftwerken entstehen. Im Jahr 2010 betrug der Bruttostromverbrauch in Sachsen 21.278 GWh.

Der Endenergieverbrauch aus erneuerbaren Energien (ohne Strom) ergibt sich im Jahr 2010 zu 94,2 % aus der Nutzung von Bioenergie (davon 70,0 % feste, 23,6 % flüssige und 0,6 % gasförmige biogene Stoffe), zu 3,8 % aus der Nutzung von Umweltwärme und zu 2,0 % aus der Nutzung der Solarenergie (Solarthermie). Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien erfolgte im Jahr 2010 zu 41,3 % aus Windenergie, zu 38,2 % aus Bioenergie, zu 10,0 % aus Wasserkraft und zu 10,5 % aus Solarenergie (Photovoltaik).

Die energetische Effizienz der sächsischen Volkswirtschaft, ausgedrückt durch das Verhältnis von erzeugtem BIP zu verbrauchter Primärenergie, lag 2010 mit 144 Euro je GJ unterhalb des gesamtdeutschen Wertes (174 Euro/GJ)<sup>4,5</sup>. Seit 1991 hat sich dieser Indikator jedoch mehr als verdreifacht (Bezugswert: BIP in jeweiligen Preisen). Beschränkt man die Analyse auf die Zeit nach 1995, kann der Einfluss des wirtschaftlichen Strukturumbruchs weitgehend eliminiert werden. Danach beträgt die Steigerung der Energieproduktivität durchschnittlich 1,5 % pro Jahr (Bezugswert: BIP preisbereinigt, verkettet, Abbildung 4). Die Werte für die Jahre 1998, 1999 und 2000 sind dabei auf Grund umfangreicher Abschaltungen von Braunkohlekraftwerken nicht repräsentativ.



**Abbildung 4:** Entwicklung der Energieproduktivität der sächsischen Volkswirtschaft (Index bezogen auf das Jahr 2000, entspricht 100 %<sup>6, 7</sup>)

Die Energiebilanz 2010 ist ausführlich auf der Internet-Seite des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr veröffentlicht<sup>8</sup>.

<sup>4</sup> AG ENERGIEBILANZEN, Bilanzen 1990-2010, <http://www.ag-energiebilanzen.de/>, Zugriff 16.01.2013

<sup>5</sup> ARBEITSKREIS VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER, Reihe 1, Länderergebnisse Band 1, <http://www.vgrdl.de/>, Zugriff 16.01.2013

<sup>6</sup> AG ENERGIEBILANZEN, Bilanzen 1990-2010, <http://www.ag-energiebilanzen.de/>, eigene Darstellung, Dresden, 2012, Zugriff 10.04.2012

<sup>7</sup> ARBEITSKREIS VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER, Reihe 1, Länderergebnisse Band 1, <http://www.vgrdl.de/>, eigene Darstellung, Dresden 2012, Zugriff 10.04.2012

<sup>8</sup> SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR, Energiebilanzen des Freistaates Sachsen seit 1994, Energiebilanz 2010, [http://www.smwa.sachsen.de/de/Wirtschaft/Energie/Energiebilanzen\\_des\\_Freistaates\\_Sachsen\\_seit\\_1994/138275.html](http://www.smwa.sachsen.de/de/Wirtschaft/Energie/Energiebilanzen_des_Freistaates_Sachsen_seit_1994/138275.html); Zugriff 03.12.2012

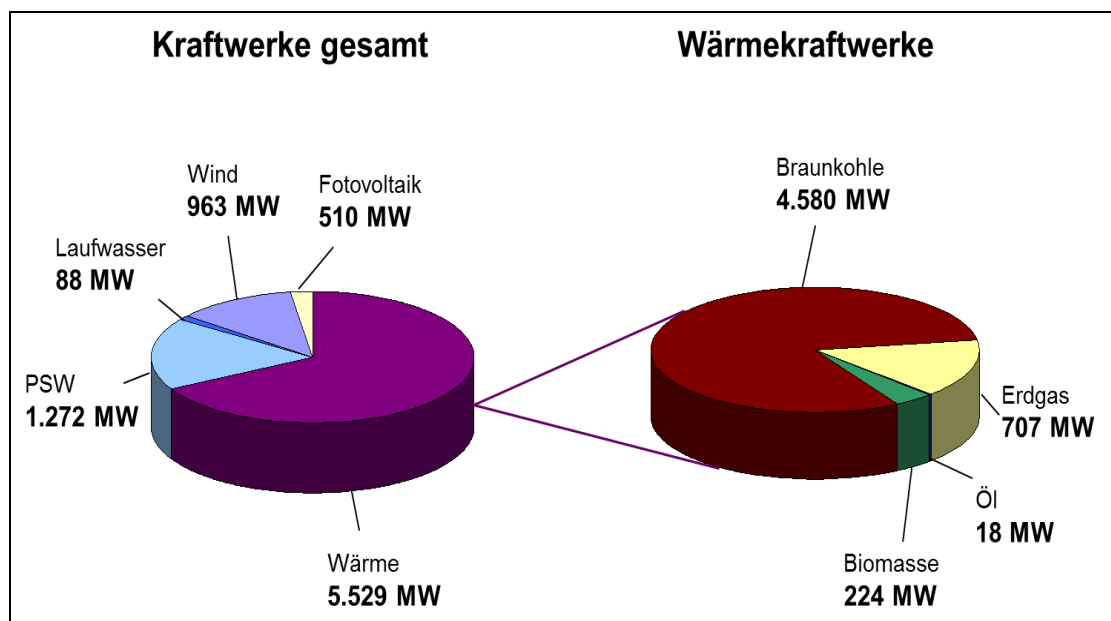
### 1.1.2. Struktur der Energiewirtschaft

Die unternehmerische Struktur der leitungsgebundenen Energieversorgung (Strom und Gas) gliedert sich in Sachsen in drei Ebenen: Verbundunternehmen, Regionalversorger, Stadtwerke. Infolge der Liberalisierung des Energiemarktes im Jahr 1998 wurden Energielieferung bzw. Energiehandel und Netzbetrieb entflochten. Im Auftrag der Energielieferanten transportieren die Netzbetreiber Strom und Gas zu den an das Netz angeschlossenen Industrie-, Gewerbe- und Haushaltskunden.

#### Stromversorgung

Die Vattenfall Europe AG betreibt in Sachsen die Kraftwerke Boxberg und Lippendorf sowie die Tagebaue Nochten und Reichwalde. Der Betrieb des Strom-Übertragungsnetzes erfolgt durch die 50Hertz Transmission GmbH, die ein Regionalzentrum Süd in Chemnitz, Stadtteil Röhrsdorf, hat. Netzbetreiber auf regionaler Ebene sind für den Westen und Nordosten Sachsens die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH (Tochtergesellschaft der envia Mitteldeutsche Energie AG), für den südlichen Teil des Landes die Netzgesellschaft mbH Chemnitz (Tochtergesellschaft der eins energie in Sachsen GmbH & Co. KG) und für den südöstlichen Teil die ENSO-NETZ GmbH (Tochtergesellschaft der ENSO Energie Sachsen Ost AG). Im kommunalen Bereich sind 33 Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber tätig.

Die Stromerzeugungskapazitäten in Sachsen betragen rund 8.370 MW einschließlich 1.272 MW in Pumpspeicherkraftwerken (Abbildung 5). Im Herbst 2012 ist am Standort Boxberg der jüngste Braunkohleblock mit einer Leistung von 670 MW in Dauerbetrieb gegangen.



**Abbildung 5:** Stromezeugungskapazitäten in Sachsen im Jahr 2011  
(Daten erneuerbare Energien: Stand 2010, Daten Braunkohle: Stand 2012)<sup>9</sup>.

Die Länge des Strom-Übertragungsnetzes (380/220-kV-Netz) auf sächsischem Gebiet beträgt rund 940 km. Da nahezu ausschließlich Doppelleitungen vorhanden sind, entspricht das einer Trassenlänge von rund 470 km<sup>10</sup>. Hinzu kommt das Stromnetz der Verteilnetzbetreiber mit einer Gesamtlänge von 81.800 km<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN, Energiedaten, <http://www.statistik.sachsen.de/>, Zugriff 10.04.2012

<sup>10</sup> 50HERTZ TRANSMISSION GmbH, schriftliche Mitteilung, 2011

<sup>11</sup> BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT e.V., schriftliche Mitteilung, 2011



### Erdgasversorgung

Das Kerngeschäft der VNG-Gruppe mit dem in Leipzig ansässigen Mutterunternehmen VNG-Verbundnetz Gas AG umfasst den Erdgasimport, den Großhandel mit Erdgas, den Gastransport und die Gasspeicherung. Der Betrieb des überregionalen Ferngasnetzes in Sachsen erfolgt durch die ONTRAS–VNG Gastransport GmbH (Tochtergesellschaft der VNG-Verbundnetz Gas AG). Überregionale Ferngasleitungen werden in Sachsen außerdem von der GASCADE Gastransport GmbH sowie der OPAL Gastransport GmbH betrieben. Netzbetreiber auf regionaler Ebene sind für den Westen und Nordosten Sachsens die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Gas mbH (Tochterunternehmen der envia Mitteldeutsche Energie AG), für den südlichen Teil des Landes die Südsachsen Netz GmbH (Tochtergesellschaft der eins energie in Sachsen GmbH & Co. KG) und für den südöstlichen Teil die ENSO NETZ GmbH (Tochtergesellschaft der ENSO Energie Sachsen Ost AG). Im kommunalen Bereich sind 33 Netzbetreiber tätig.

Das Ferngasleitungssystem in Sachsen umfasst eine Länge von rund 2.950 km. Davon werden rund 2.700 km von ONTRAS-VNG Gastransport GmbH und ca. 250 km von der GASCADE Gastransport GmbH bzw. der OPAL Gastransport GmbH betrieben<sup>12</sup>.

Sowohl das Stromübertragungs- als auch das Ferngasleitungsnetz sind mit den entsprechenden Netzen der benachbarten Länder, der Republik Polen und der Tschechischen Republik, verbunden. Im Strombereich sind dies die Übertragungsleitungen Röhrsdorf-Hradec (D-CZ) und Hagenwerder-Mikulowa (D-PL) und im Gasbereich die Fernleitungen Sayda/Deutschneudorf-Hora Svaté Kateriny bzw. Olbernhau-Hora Svaté Kateriny (D-CZ) und Lasow (D-PL)<sup>13</sup>.

### Mineralölversorgung

In Sachsen sind keine Rohölverarbeitungskapazitäten vorhanden. Alle Mineralölprodukte werden über Pipeline, Schiene oder Tanklastwagen importiert. Die Mineralölversorgung in Sachsen ist in den nationalen und internationalen Mineralölmarkt eingebunden. Große Ölgesellschaften versorgen mit einer jeweils eigenen Versorgungsbasis den Tankstellenmarkt. Die Versorgung des Wärmemarktes mit Heizölen und Brennstoffen erfolgt mehrheitlich durch unabhängige mittelständische Mineralöl- und Brennstoffhändler. Die mittelständische Mineralölwirtschaft in Sachsen (einschließlich der Brennstoffhändler) umfasst ca. 110 Unternehmen mit ca. 950 Beschäftigten<sup>14</sup>.

Auf dem Gebiet des Freistaates Sachsen wurden im Jahr 2011 6 Tanklager mit einem Gesamtvolumen von ca. 535.500 Kubikmetern betrieben<sup>15</sup>. Neben den jeweiligen Betreibern hält in diesen Lagern auch der Erdölbevorratungsverband Vorratsmengen und erfüllt damit die Pflicht einer regionalisierten Erdölbevorratung, die sich aus dem Erdölbevorratungsgesetz ergibt.

### Sonstige Versorgung

Die Versorgung mit Wärme und Kälte wurde nach einer Erhebung des Statistischen Landesamtes Sachsen im Jahr 2010 von 94 Unternehmen wahrgenommen. Im Jahr 2010 wurden in den Energie-Verbrauchssektoren Industrie, Verkehr, Haushalte und Kleinverbraucher insgesamt 28,4 PJ Fernwärme verbraucht. Der Anteil der Fernwärme am gesamten Endenergieverbrauch betrug damit ca. 7,8 %<sup>16</sup>.

<sup>12</sup> ONTRAS-VNG GASTRANSPORT GmbH, schriftliche Mitteilung, 2011

<sup>13</sup> 50HERTZ TRANSMISSION GmbH, <http://www.50hertz-transmission.net>; ONTRAS-VNG GASTRANSPORT GmbH, <http://www.ontras.com>

<sup>14</sup> SÄCHSISCHER BRENNSTOFF- UND MINERALÖLHANDELSVERBAND, mündliche Mitteilung, 2011

<sup>15</sup> Tanklagererhebung 2011, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

<sup>16</sup> STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN, Energiedaten, <http://www.statistik.sachsen.de/>, Zugriff 03.12.2012

### 1.1.3. Energiepreise

Auf die Energiepreise wirkt eine Vielzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren. Im Wesentlichen gehören dazu die Preisentwicklung auf den internationalen Rohstoffmärkten, die Kostenentwicklung bei inländischen Produktionsfaktoren sowie die Energie- und Steuerpolitik des Staates. Eine weltweit steigende Nachfrage nach Energie, z. B. durch stark wachsende Volkswirtschaften in China und Indien, hat steigende Energie- und Rohstoffpreise zur Folge. Auch die Entwicklung in geopolitisch instabilen Regionen kann einen maßgeblichen Einfluss auf die Energiepreise haben. Neben den Kosten für die Beschaffung der Energie (Bezugskosten) fließen die Kosten für die Energieverteilung (Netzentgelte), den Vertrieb (Vertriebskosten) sowie staatliche Belastungen (Steuern, Abgaben und Umlagen) in die Energiepreise ein.

#### Strompreis

Die Strompreise für Industriekunden in Deutschland liegen im europäischen Vergleich im oberen Drittel, die Strompreise für Haushaltskunden und kleinere Gewerbekunden im europäischen Mittelfeld.

Zu den staatlichen Belastungen im Jahr 2013 gehören beim Strompreis die Stromsteuer, die Konzessionsabgabe, die Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), die Umlage nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG), die Umlage für netzentgeltbefreite Unternehmen (§ 19 Umlage gem. Netzentgeltverordnung) sowie eine sogenannte offshore-Umlage. Eine Umlage „Kapazitätsmarkt“ ist noch in Planung. Der Anteil der Steuern, Abgaben und Umlagen am Strompreis ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Zurzeit beträgt er für einen Haushaltskunden mit einem Stromverbrauch von 3.500 kWh/Jahr ca. 50 % einschließlich Mehrwertsteuer. Allein die Umlage nach dem EEG hat sich im Zeitraum von 2005 (0,58 Cent/kWh) bis 2013 (5,277 Cent/kWh) verneunfacht und damit maßgeblich zur Erhöhung des Strompreises beigetragen.

Netzentgelte tragen bei Haushaltskunden mit ca. 32 % zum Strompreis bei. Sie bilden die Kapitalkosten für die Investitionen in das Leitungsnetz sowie die Instandhaltungs- und Betriebskosten des Netzbetreibers ab. In den kommenden Jahren soll der Anteil von Strom aus erneuerbaren Energien erheblich ansteigen. Für die Betreiber der Netze ergibt sich daraus ein hoher, regional jedoch unterschiedlicher Investitionsbedarf, der zu einem weiteren Anstieg der Netzkosten und damit der Netzentgelte führen wird. Die Kalkulation der Netzentgelte für Strom und Gas wird durch staatliche Regulierungsbehörden überwacht. Damit soll gewährleistet werden, dass keine ungerechtfertigten Kosten auf die Verbraucher abgewälzt werden.

Die Bezugskosten haben einen Anteil von ca. 20 % am Haushalts-Strompreis. Der Preis für die Strombeschaffung wird durch Angebot und Nachfrage an der Energiebörse EEX u. a. bestimmt. Ein weiterer Bestandteil des Preises in Höhe von ca. 4 % ergibt sich aus den Vertriebskosten.

Industriekunden haben deutlich geringere Kosten für die Strombeschaffung als Haushaltskunden. Der Grund dafür liegt in den unterschiedlichen Lastprofilen der Kundengruppen. Das Lastprofil von Haushaltskunden zeigt im Tages- und Jahresverlauf starke Schwankungen. Das hat hohe Anteile an teurem Peak-Strom zur Folge. Für Industriekunden ist dagegen der Preis für Base-Strom maßgeblich. Darüber hinaus profitieren Industriekunden auf Grund ihrer großen Abnahmemengen von günstigen Konditionen der Energieversorger.

#### Erdgaspreis

Die Gaspreise für Industriekunden in Deutschland liegen im europäischen Vergleich im oberen Drittel, die Gaspreise für Haushaltskunden und kleinere Gewerbekunden im europäischen Mittelfeld.

Zu den staatlichen Belastungen gehören beim Erdgaspreis die Erdgassteuer sowie die Konzessionsabgabe. Der Anteil der Steuern und Abgaben beträgt für einen Haushalts- und

Gewerbekunden (z. B. „Heizgaskunde“ mit einem Jahresverbrauch von ca. 20.000 kWh) ca. 24 % einschließlich Mehrwertsteuer.

Der größte Anteil des Gaspreises für Haushalts- und Gewerbekunden entfällt mit ca. 45 % auf die Bezugskosten. Der Gasbezugspreis ist in vielen Fällen (zeitlich verzögert) an die Höhe des Preises für leichtes Heizöl (HEL) gekoppelt. Diese Anbindung ist eine privatwirtschaftliche, auf allen Stufen der Lieferkette verhandelbare Vereinbarung. Der Anteil der Vertriebs- und Verwaltungskosten beträgt ca. 2 %. Netzentgelte tragen bei Haushalts- und Gewerbekunden mit ca. 20 bis 30 % zum Gaspreis bei. Bei Industriekunden ist der Anteil der Netzentgelte mit ca. 5 % deutlich geringer.

### Mineralölpreis

Die Preise für Mineralölprodukte werden im Wesentlichen von drei Faktoren bestimmt: den Beschaffungskosten (Kosten für das Rohöl am internationalen Markt), dem Wettbewerb auf dem nationalen Mineralölmarkt und den Steuern.

Rohöl und Mineralölprodukte werden von den nationalen Mineralölunternehmen am internationalen Ölmarkt über die so genannten Spotmärkte gehandelt (Ölterminhandel). Der für Europa relevante Ölmarkt ist der Rotterdamer Spotmarkt, in dem ca. 40 % des weltweiten Rohöls umgeschlagen werden. Neben dem globalen Verhältnis von Angebot und Nachfrage wird der Preis des Rohöls für den deutschen Markt auch vom Wechselkurs zwischen Dollar und Euro bestimmt. In gleichem Maße unterliegen die Preise für Mineralölprodukte, wie Diesel, Benzin, Kerosin oder Heizöl, den Mechanismen eines international agierenden Marktes einschließlich möglicher Wechselkursschwankungen.

Einen hohen Anteil an den Preisen für Mineralölprodukte in Deutschland nehmen die Steuern ein. Bei der Benzinsorte Eurosuper beträgt dieser Anteil 65,5 Cent je Liter und bei Dieselmotorkraftstoff 47,0 Cent je Liter. Die Steuerbelastung geht damit weit über den in der europäischen Energiesteuerrichtlinie geforderten Mindestsatz hinaus. Die Verbraucherpreise für Eurosuper und Dieselmotorkraftstoff in Deutschland liegen mit Steuern im europäischen Vergleich im oberen Drittel, nach Abzug von Steuern und Abgaben im unteren Drittel.

### Energiebörse

Für den Handel mit Energie bietet Sachsen mit der in Leipzig ansässigen „European Energy Exchange“ (EEX) einen international agierenden Marktplatz. Die EEX wird von der European Energy Exchange AG betrieben und ist die führende kontinental-europäische Energiebörse. Gehandelt wird mit Strom, Erdgas, CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen und Kohlefuturales. Im Oktober 2010 wurde der neue europäische Strompreisindex „European Electricity Index“ (ELIX) eingeführt, der die Marktgebiete von Deutschland, Frankreich, Österreich und der Schweiz umfasst. Der Preisindex ELIX deckt bereits 36 % des europäischen Stromverbrauches ab und wird als Referenzpreis in ganz Europa verwendet. Ende Januar 2011 erfolgte die Einführung des europäischen Gaspreisindex „European Gas Index“ (EGIX) in den Markt. Dieser basiert auf allen börslichen Handelsgeschäften, die am Terminmarkt der Marktgebiete NCG und GASPOOL abgeschlossen werden. Die Zahl der Handelsteilnehmer steigt stetig. Gegenwärtig agieren mehr als zweihundert Akteure aus über 20 Ländern an der EEX. Seit ihrer Gründung im Jahr 2002 hat sich die EEX AG unter der Beteiligung des Freistaates Sachsen zu einem arbeitsmarkt- und wirtschaftspolitisch bedeutsamen Unternehmen in Sachsen entwickelt. Sie leistet einen wichtigen Beitrag zur internationalen Profilierung des Energiestandortes Leipzig.

## **1.2. Energieanlagenbau und Dienstleistungen**

Der Markt wird seit einigen Jahren in allen Bereichen zunehmend durch die Nachfrage nach energieeffizienten Technologien und nach Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bestimmt. Davon profitieren der Maschinen- und Anlagenbau, der Elektroanlagenbau, das Installationshandwerk und sonstige Dienstleister. In besonderem Maße haben sich neue

Geschäftsfelder für Unternehmen entwickelt, die Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien entwickeln, herstellen, planen und errichten.

In den vergangenen ca. 15 Jahren ist in Sachsen eine bedeutende Solarindustrie entstanden. Die sächsische Photovoltaik-Industrie hat eine internationale Bedeutung. Das betrifft sowohl die Herstellung von Photovoltaik-Anlagen als auch die Ausrüstung von Photovoltaik-Fabriken und spezielle Dienstleistungen. Die Industrie im Bereich Solarthermie verfügt – abgesehen von einzelnen Komponentenlieferanten – noch nicht über eine vergleichbare Leistungsfähigkeit.

Geothermie gehört für ca. 70 sächsische Unternehmen zu den Hauptgeschäftsfeldern. Die Firmen sind entlang der gesamten Wertschöpfungskette aufgestellt, von der Planung über die Bohrung bis hin zur Herstellung von Komponenten. Wirtschaftlich von Bedeutung für die sächsischen Unternehmen ist zurzeit nur die oberflächennahe Geothermienutzung. Einzelne Hersteller sind auch international aktiv und exportieren in über 30 Länder.

Die sächsische Bioenergiebranche besteht aus ca. 100 Unternehmen, die prinzipiell alle Bereiche der energetischen Nutzung von Biomasse abdecken (feste Biomasse, Pflanzenöl, Biogas, Biotreibstoffe). Dabei handelt es sich vornehmlich um kleine und mittlere Unternehmen aus den Bereichen Anlagenplanung und –errichtung sowie um Biomasseerzeuger (z. B. Pellethersteller). Neben der weit verbreiteten Biomassenutzung zur Wärme- und Stromerzeugung gewinnen zunehmend Technologien zur Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz an Bedeutung. Dies stellt auch einen interessanten Markt für den sächsischen Maschinen- und Anlagenbau dar.

Für Großwindenergieanlagen werden in Sachsen in größerem Umfang Komponenten wie Generatoren, Getriebe und Stahltürme gefertigt. Darüber hinaus ist eine Reihe kleinerer Unternehmen mit der Entwicklung und der Produktion von Kleinwindenergieanlagen befasst.

Die Netzintegration zunehmender Strom- und Gasmengen aus erneuerbaren Energiequellen und die Stromspeicherung sind weitere Zukunftsfelder mit hohen wirtschaftlichen Potenzialen, in denen sächsische Forschungseinrichtungen und Unternehmen aktiv sind. Darüber hinaus wird im sächsischen Maschinen- und Anlagenbau eine breite Palette von energieeffizienten Komponenten und Dienstleistungen angeboten, die im gesamten Energiebereich zum Einsatz kommen. Dazu zählen insbesondere Generatoren, Pumpen, Dampfturbinen, Schaltanlagen, Transformatoren, Komplettlösungen für Fabrikausrüstungen in der Photovoltaikindustrie, Wärmeübertrager und Wärmepumpen.

### **1.3. Forschung und Entwicklung**

Der Freistaat Sachsen verfügt über eine traditionsreiche, gut ausgeprägte und leistungsstarke Energieforschungsinfrastruktur. Dazu gehören zahlreiche Forschungseinrichtungen an Hochschulen sowie im außeruniversitären Bereich. Darüber hinaus gibt es in einem bedeutenden Umfang Forschung und Entwicklung zu Energietechnologien innerhalb der sächsischen Industrie.

Energieforschung als ausgewiesener Schwerpunkt wird an den Technischen Universitäten in Chemnitz, Dresden und Freiberg sowie an den Fachhochschulen in Mittweida, Zittau/Görlitz und Zwickau betrieben. Von den 16 in Sachsen ansässigen Einrichtungen der Fraunhofer Gesellschaft haben 9 Einrichtungen eine energietechnologische Ausrichtung, die Mehrzahl davon mit Sitz in Dresden. Darüber hinaus sind drei Institute der Leibniz-Gemeinschaft, das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, sowie das Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik e. V. Meinsberg auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung zu Energietechnologien tätig. Die industrielle Energieforschung in Sachsen hat einen Schwerpunkt im Bereich der Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien.

Die Schwerpunkte der Energieforschung in Sachsen ergeben sich aus den langjährigen Erfahrungen in speziellen Fachgebieten. Das betrifft vor allem die Veredlung und Nutzung von fossilen Brennstoffen sowie die konventionelle Kraftwerkstechnik. Die TU Bergakademie Freiberg nimmt eine über die Grenzen Deutschlands hinaus führende Rolle bei der

Erforschung und Entwicklung von Vergasungstechnologien zur energetischen und stofflichen Nutzung von festen Kohlenstoffträgern (Kohle, Biomasse und Abfälle) ein. 2005 wurde unter Leitung Freiburger Wissenschaftler das „Deutsche Zentrum für Vergasungstechnik“ gegründet, das Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen auf diesem Gebiet zusammenführt. Mit ähnlichem Anliegen und ebenfalls unter Leitung der TU Bergakademie Freiberg ist 2009 das „Deutsche Energierohstoff-Zentrum Freiberg“ gegründet worden. Dieses Forschungsspektrum wird zukünftig ergänzt durch Leistungen des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie, das seit September 2011 gemeinsam vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf und der TU Bergakademie Freiberg aufgebaut wird. Ein besonderes Know-how gibt es ebenfalls auf dem Gebiet der Kernenergie-technik. Das „Kompetenzzentrum Ost für Kerntechnik“, das von der TU Dresden, der Hochschule Zittau/Görlitz und dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf gebildet wird, ist eines von drei Zentren in Deutschland, die unter dem Dach des nationalen Kompetenzverbundes für Kerntechnik tätig sind.

Neben diesen traditionellen Fachgebieten sind in den vergangenen Jahren weitere innovative Energietechnologien zu einem Schwerpunkt der sächsischen Forschung und Entwicklung geworden. Ausgangspunkt und Grundlage dafür ist die in Sachsen vorhandene breite technologische Basis. Eine überdurchschnittliche Bedeutung hat dabei die Photovoltaik. In öffentlichen Forschungseinrichtungen des Freistaates arbeiten zurzeit rund 200 Wissenschaftler sowohl zu Fragen der Material- und Halbleitertechnik als auch der Prozesstechnik. Das Netzwerk „Solar Valley Mitteldeutschland“, an dem sächsische Forscher und Entwickler aus Hochschulen, außeruniversitären Einrichtungen und Industrie wesentlich beteiligt sind, wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung als Spitzencluster gefördert. Überregional bedeutsame Ergebnisse gibt es auch bei der Entwicklung von Brennstoffzellen-Anwendungen. Unter Leitung der Riesaer Brennstoffzellen GmbH haben mittelständische Partner aus Industrie und Wissenschaft ein funktionsfähiges Gerät für die Hausenergieversorgung entwickelt, dessen Grundlage Membran-Brennstoffzellen (PEMFC) sind. Das Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme (Dresden) arbeitet an der Entwicklung von unterschiedlichen Anwendungen für Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC).

Die angewandte Forschung und Entwicklung zur energetischen Nutzung von Biomasse aus Reststoffen, Abfällen und nachwachsenden Rohstoffen ist Aufgabengebiet des Deutschen Biomasse-Forschungszentrums in Leipzig. Hier besteht eine enge Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, das dieses Forschungsthema ebenfalls bearbeitet. Die Entscheidung für den Standort Leipzig ist nach umfangreicher Prüfung durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2007 gefallen. Ausschlaggebend dafür waren die ausgewiesenen Kompetenzen des Institutes für Energetik und Umwelt im Bereich der Bioenergie und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung, die beide ihren Sitz in Leipzig haben.

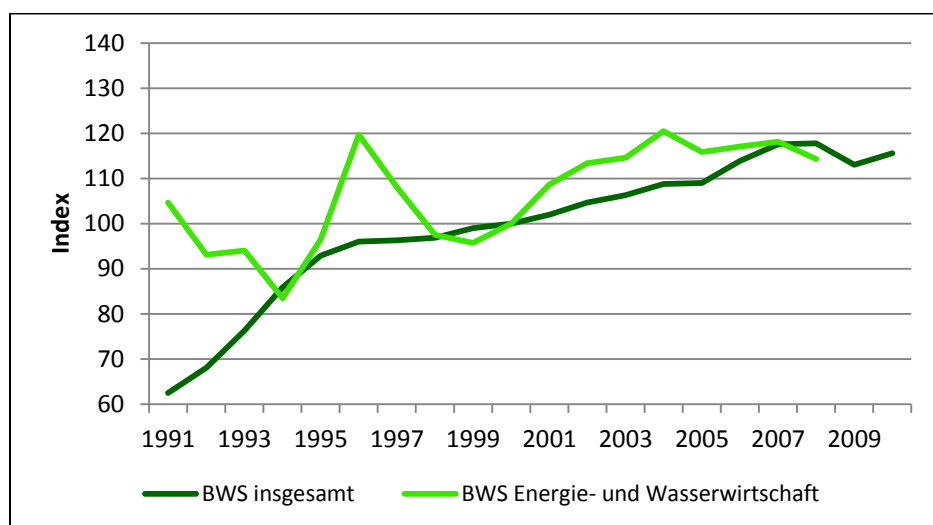
#### **1.4. Volkswirtschaftliche Bedeutung**

Der Energiesektor hat in Sachsen traditionell eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung. Seit dem Beginn der industriellen Braunkohlenutzung vor rund einhundert Jahren ist die großtechnische Erzeugung und Verteilung von Energie ein prägendes Kennzeichen der sächsischen Wirtschaftsstruktur.

Der Anteil der Bruttowertschöpfung des Wirtschaftsbereiches „Energie- und Wasserversorgung“ an der Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche betrug im Jahr 2008 3,7 %<sup>17</sup>. Das liegt über dem bundesdeutschen Durchschnittswert von 2,7 %. Im Vergleich aller Bundesländer steht Sachsen damit nach Brandenburg (5,1 %) und Nordrhein-Westfalen (4,0 %) an dritter Stelle. Die Entwicklung der Bruttowertschöpfung des Wirtschaftsbereiches

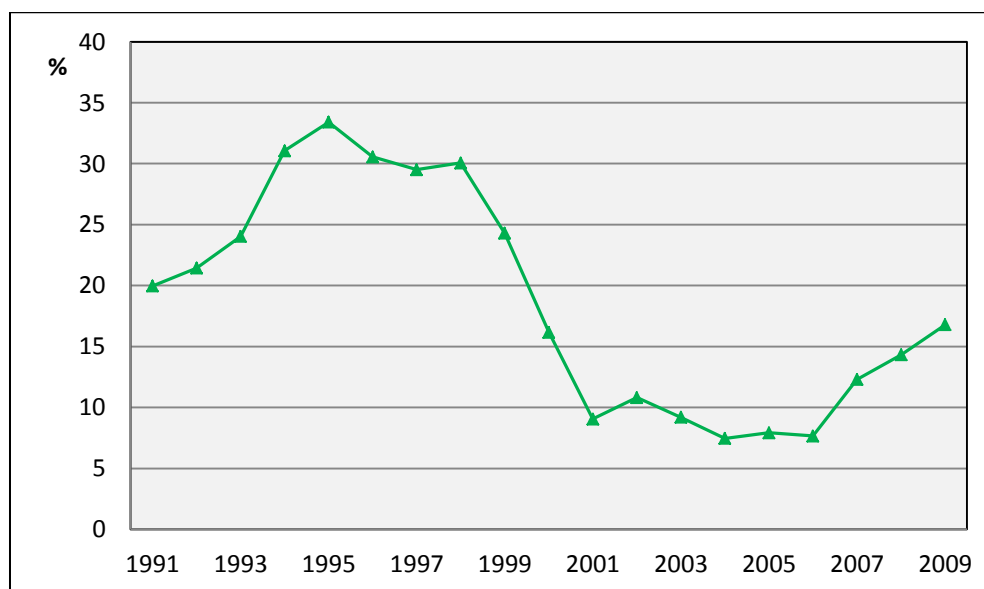
<sup>17</sup> Die Bruttowertschöpfung der Energie- und Wasserversorgung liegt nur bis 2008 als Gesamtwert vor. In 2008 erfolgte eine Umstellung der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008).

„Energie- und Wasserversorgung“ und der Bruttowertschöpfung der gesamten Wirtschaft in Sachsen seit 1991 (preisbereinigt, verkettet) ist in Abbildung 6 dargestellt.



**Abbildung 6:** Bruttowertschöpfung (BWS) 1991 bis 2010; Index bezogen auf das Jahr 2000, (2000 = 100 %), preisbereinigt, verkettet<sup>18</sup>

Von der grundlegenden Umstrukturierung der sächsischen Wirtschaft nach 1990 war in einem besonderen Maße die Energiewirtschaft betroffen. Insgesamt wurden im Zeitraum von 1991 bis 2010 ca. 16 Mrd. Euro - zum überwiegenden Teil subventionsfrei - in der leitungsgebundenen Energiewirtschaft (Elektrizitätsversorgung, Gasversorgung, Fernwärmeversorgung) investiert. Das ist rund ein Fünftel der in diesem Zeitraum im produzierenden Gewerbe insgesamt getätigten Investitionen. In Abbildung 7 ist die zeitliche Entwicklung dieses Anteilswertes von 1991 bis 2009 dargestellt.



**Abbildung 7:** Anteil der Investitionen in der leitungsgebundenen Energiewirtschaft an den Investitionen im gesamten produzierenden Gewerbe 1991 – 2009<sup>19</sup>

Ein Ergebnis der Neustrukturierung der Energiewirtschaft war der deutliche Rückgang der Beschäftigten in diesem Bereich. Im Jahr 1991 waren insgesamt ca. 51.500 Arbeitnehmer in

<sup>18</sup> ARBEITSKREIS VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER, Reihe 1, Länderergebnisse Band 1, <http://www.vgrdl.de/>, eigene Darstellung, Dresden 2012, Zugriff 10.04.2012

<sup>19</sup> STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN, eigene Berechnungen, <http://www.statistik.sachsen.de/>, Zugriff 10.04.2012

den Versorgungsbereichen (Elektrizität, Gas, Mineralöl, feste Brennstoffe, Fernwärme) und im Braunkohlebergbau beschäftigt. Im Jahr 2009 lag diese Zahl bei ca. 15.000 Arbeitnehmern. Den größten Anteil an dieser Reduzierung hat der Braunkohlebergbau zu verzeichnen, dessen Anzahl an Beschäftigten zwischen 1991 und 2010 um ca. 92 % zurückgegangen ist. Mit 15.000 Arbeitnehmern hat die Energiewirtschaft einschließlich Braunkohlebergbau einen Anteil von ca. fünf Prozent an den im gesamten produzierenden Gewerbe Beschäftigten.

## 2. Rahmenbedingungen

### 2.1. Globale Perspektive

#### 2.1.1. Energiebedarf

Detaillierte Einschätzungen zur Situation der weltweiten Energiewirtschaft einschließlich Prognosen über die Entwicklung des globalen Energiebedarfes werden in regelmäßigen Abständen von der Internationalen Energieagentur in der Reihe „World Energy Outlook“ veröffentlicht. Die Prognosen des „World Energy Outlook 2012“ umfassen einen Zeitraum von rund 25 Jahren bis zum Jahr 2035. Es werden drei unterschiedliche Szenarien für die Entwicklung der weltweiten Energienachfrage dargestellt und hinsichtlich ihrer Ergebnisse miteinander verglichen. Das Referenzszenario geht von unveränderten energiepolitischen Rahmenbedingungen aus. Das Hauptszenario berücksichtigt die von unterschiedlichen Ländern getätigten politischen Zusagen und angekündigten Pläne und unterstellt, dass diese auch umgesetzt werden. Das dritte Szenario (450-Szenario) beinhaltet die Zielstellung, den globalen Temperaturanstieg auf 2 °C zu begrenzen. Zusätzlich wird ein spezielles Welt-Effizienz-Szenario gezeigt, das die Umsetzung aller wirtschaftlichen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz enthält. Die in den einzelnen Szenarien prognostizierten Entwicklungstendenzen weisen sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede auf.

Der globale Primärenergiebedarf wird von 2010 bis 2035 im Referenzszenario um ca. 1,5 % pro Jahr (insgesamt um 47 %), im Hauptszenario um ca. 1,2 % pro Jahr (insgesamt um 35 %) und im 450-Szenario um ca. 0,6 % pro Jahr (insgesamt um 16 %) ansteigen. Im Jahr 2035 ist der Energiebedarf im 450-Szenario 21 % niedriger als im Referenzszenario und rund 14 % niedriger als im Hauptszenario. Den größten Anteil an diesen Zuwachsraten haben China und Indien. Die fossilen Brennstoffe Erdöl, Kohle und Erdgas bleiben in allen drei Szenarien bis 2035 die dominanten Energieträger. Jedoch ändern sich ihre Anteile. Der Anteil der fossilen Brennstoffe sinkt im Referenzszenario von 81 % des weltweiten Primärenergieverbrauchs im Jahr 2010 auf 80 % im Jahr 2035, auf 75 % im Hauptszenario und auf 63 % im 450-Szenario<sup>20</sup>.

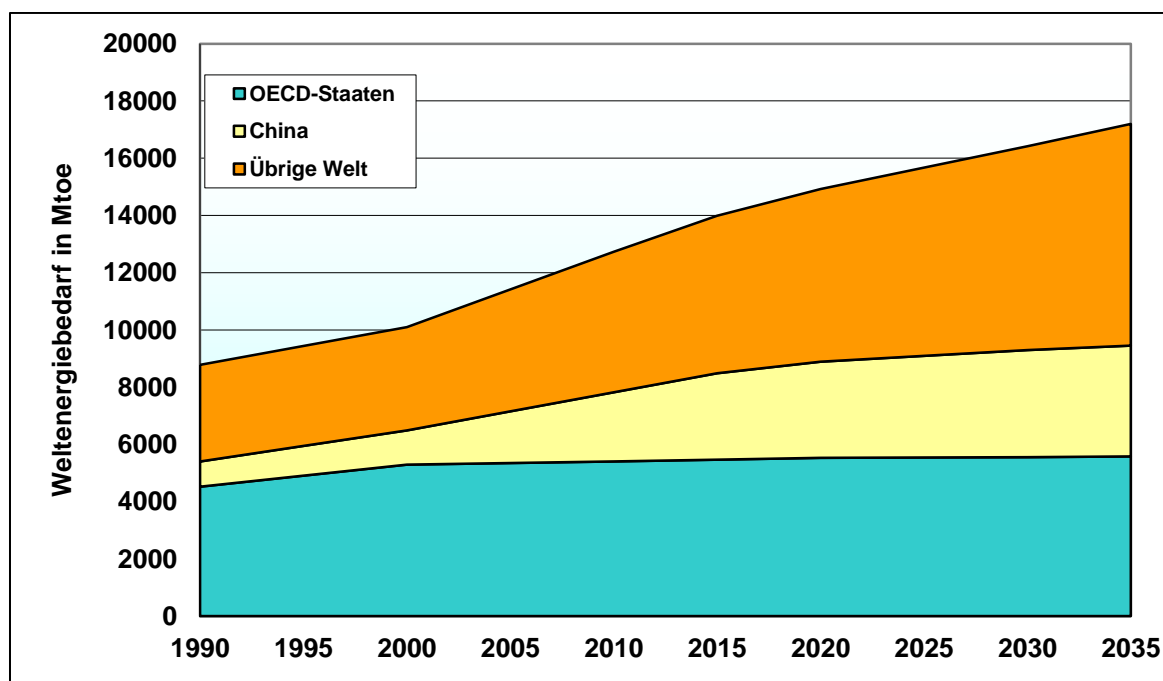


Abbildung 8: Prognose Primärenergiebedarf nach Regionen (Hauptszenario)<sup>21</sup>

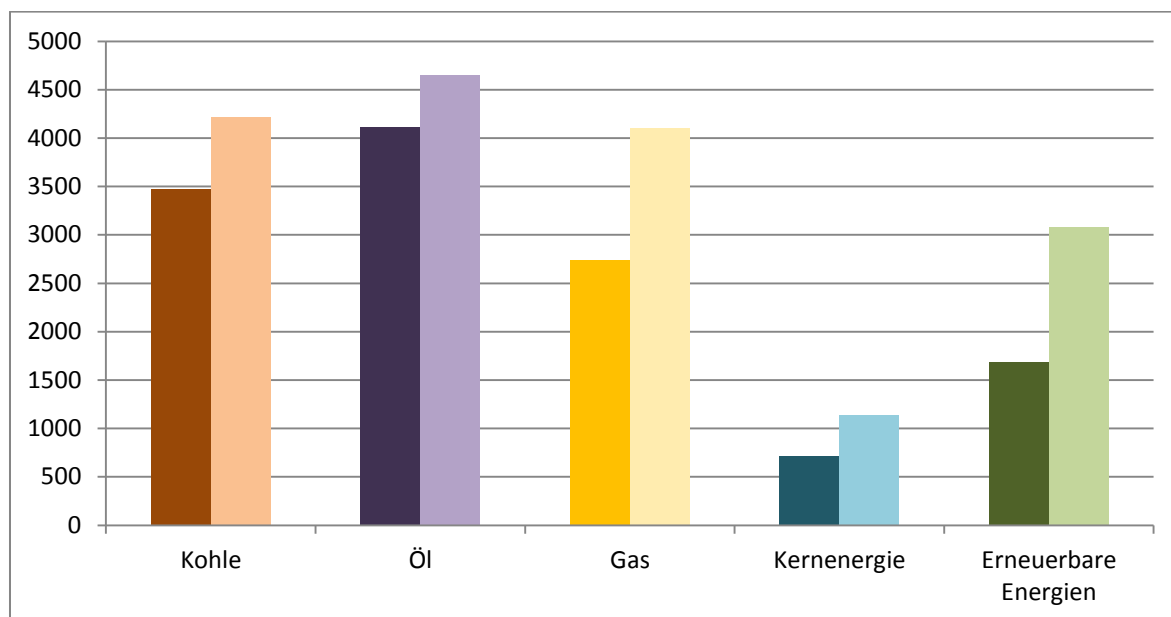
<sup>20</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 2 Energy trends to 2035, S. 50 ff

<sup>21</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 2 Energy trends to 2035, S. 58 ff, eigene Darstellung, Dresden, 2013



Für das Hauptszenario sind die Prognosen für die Entwicklung des Primärenergiebedarfs in Abbildung 8 dargestellt.

Der Anstieg des Primärenergiebedarfs im Hauptszenario resultiert zu 96 % aus den Nicht-OECD-Staaten. Das durchschnittliche jährliche Wachstum des Energiebedarfs beträgt in diesen Staaten zwischen 2010 und 2035 ca. 1,9 %. Insgesamt steigt die Nachfrage nach allen Energieträgern an; es gibt jedoch regionale und artspezifische Unterschiede. In den OECD-Staaten wird 2035 weniger Öl und Kohle verbraucht als 2009. Der Rückgang wird durch den Zuwachs in den Nicht-OECD-Staaten deutlich übertroffen. Erdgas ist der einzige fossile Energieträger, dessen Bedarf sowohl in den OECD- als auch in den Nicht-OECD-Staaten ansteigt. Der größte absolute Zuwachs wird bis 2035 bei der Nutzung erneuerbarer Energien erwartet. Die Nutzung der Kernenergie wird in diesem Zeitraum um rund 60 % ansteigen, insgesamt aber den mit Abstand geringsten Anteil am Primärenergieverbrauch beibehalten (Abbildung 9)<sup>22</sup>.



**Abbildung 9:** Verbrauch einzelner Energieträger 2010 (linker Balken) und 2035 (rechter Balken) (Hauptszenario)<sup>23</sup>

Der globale Erdölbedarf nimmt im Hauptszenario von 2010 bis 2035 um 14 % zu<sup>24</sup>, derjenige von Erdgas um 50 %<sup>25</sup>. Ein Maximum der weltweiten Erdölförderung (peak oil) wird im Hauptszenario während des Prognosezeitraums nicht erreicht. Im 450-Szenario dagegen geht die Förderung von Erdöl nach 2020 auf Grund schwächerer Nachfrage deutlich zurück. Das Erreichen der Förderspitze ist danach lediglich von der Höhe des Bedarfs und nicht durch die Begrenztheit der Ressourcen bestimmt<sup>26</sup>. Die globale Nachfrage nach Strom steigt zwischen 2010 und 2035 um ca. 2,2 % pro Jahr und damit deutlich schneller als die Nachfrage nach den übrigen Formen von Endenergie<sup>27</sup>.

<sup>22</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Annex A, S. 552 ff

<sup>23</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Annex A, S. 552, eigene Darstellung, Dresden, 2013

<sup>24</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 3 - Oil market outlook, S. 81 ff

<sup>25</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 4 - Natural gas market outlook, S. 125 ff

<sup>26</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 3 - Oil market outlook, S. 81 ff

<sup>27</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 6 - Power sector outlook, S. 179 ff

Trotz der Berücksichtigung von internationalen politischen Zusagen und angekündigten Plänen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen wird im Hauptszenario das Ziel, den globalen Temperaturanstieg auf 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen, nicht erreicht. Die weltweiten Emissionen nehmen von 31,2 Gt im Jahr 2011 auf über 37 Gt im Jahr 2035 zu. Die Randbedingungen für die Erreichung dieser Zielstellung werden im 450-Szenario beschrieben. Dort steigen die Treibhausgasemissionen bis kurz vor 2020 an und gehen dann bis zum Ende des Prognosezeitraums auf 22,1 Gt zurück<sup>28</sup>.

Der Vergleich der Prognosen, die von der Internationalen Energieagentur seit 1993 zur Entwicklung des weltweiten Primärenergiebedarfs vorgelegt wurden, zeigt eine Trendumkehr. Bis zur Mitte des vergangenen Jahrzehntes sind diese Prognosen mit den jährlichen Veröffentlichungen des „World Energy Outlook“ nahezu durchgängig nach oben korrigiert worden. Das heißt, der reale Verbrauch an Primärenergie lag beständig oberhalb des prognostizierten Wertes. Seit 2007 sinken die prognostizierten Werte. Der Rückgang der Prognosewerte kann zum einen auf eine geringere Zunahme der Weltbevölkerung als bisher angenommen zurückgeführt werden. Zum anderen lässt sich daraus aber auch auf das global zunehmende Wirksamwerden von Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauches schließen, die über die Referenzannahmen hinausgehen.

### 2.1.2. Energierohstoffe

Die Situation in Bezug auf die weltweiten Vorräte an den fossilen Energierohstoffen Erdöl, Erdgas und Kohle sowie an Kernbrennstoffen wird von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) kontinuierlich analysiert und ausgewertet. Grundlage der dafür notwendigen Datenbasis sind Informationen aus Fachzeitschriften, wissenschaftlichen Erhebungen, Berichten aus der Wirtschaft, von Fachorganisationen, politischen Stellen und Internetquellen sowie eigene Erhebungen der Bundesanstalt.

Aus geologischer Sicht ist kurzfristig nicht mit einer Verknappung fossiler Energieträger zu rechnen. Die produktionsbedingten Rückgänge der globalen konventionellen Reserven konnte durch die Überführung von Ressourcen in Reserven ausgeglichen werden. Auch die nutzbaren Anteile nicht-konventioneller Potenziale sind angestiegen. Entscheidend ist allerdings die Frage, inwieweit die vorhandenen Rohstoffe bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden können. Nicht absehbare Naturkatastrophen, mangelnde Investitionen oder politisch-wirtschaftliche Krisen können auch künftig Ursache von zeitweisen Lieferengpässen und damit verbundenen Preissprüngen sein.

Mit Stand Ende 2011 gibt die BGR für nicht erneuerbare Energierohstoffe weltweit Reserven in Höhe von rund 39.460 EJ und Ressourcen in Höhe von rund 532.000 EJ an. Mit Reserven werden diejenigen Vorräte bezeichnet, die zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbar sind. Ressourcen beinhalten demgegenüber sowohl nachgewiesene, aber derzeit technisch und/oder wirtschaftlich nicht gewinnbare als auch nicht nachgewiesene aber geologisch mögliche Vorräte. Bezogen auf den weltweiten Primärenergieverbrauch im Jahr 2011 entsprechen die Reserven einer statischen Reichweite von rund 73 Jahren und die Ressourcen einer statischen Reichweite von rund 980 Jahren. Die Aufteilung der angegebenen Werte auf die einzelnen Energieträger ist in Tabelle 1 enthalten<sup>29</sup>.

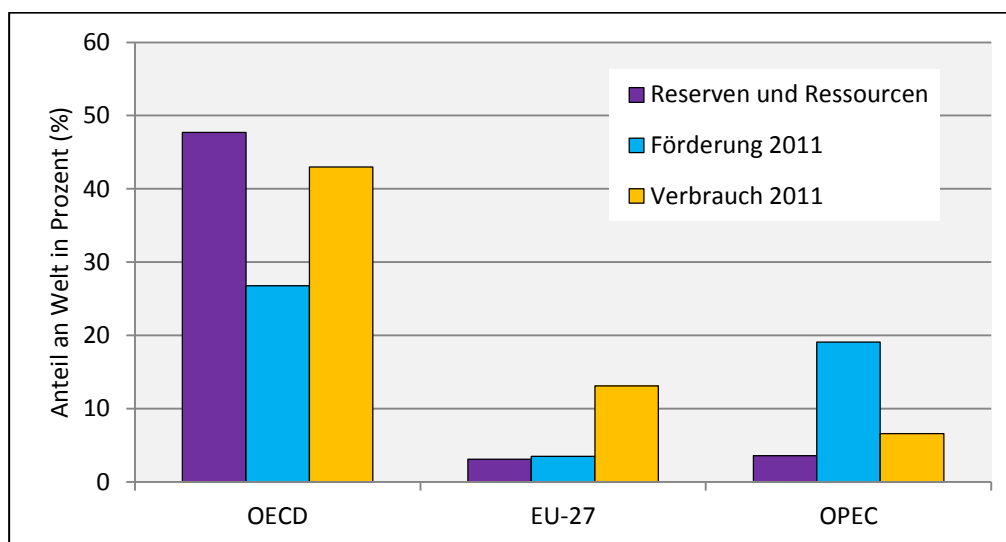
<sup>28</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 8 - Climate change mitigation and the 450 Scenario, S. 241

<sup>29</sup> BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen, 2012, <http://www.bgr.bund.de/>, Zugriff 16.01.2013

Energieträger	Reserven	Ressourcen
Erdöl	konventionell: <b>7.014</b>	konventionell: <b>6.637</b>
	nicht konventionell: <b>2.018</b>	nicht konventionell: <b>12.858</b>
Erdgas	konventionell: <b>7.240</b>	konventionell: <b>11.671</b>
	nicht konventionell: <b>175</b>	nicht konventionell: <b>18.171</b>
Kohle	Steinkohle: <b>18.692</b>	Steinkohle: <b>424.553</b>
	Braunkohle: <b>3.260</b>	Braunkohle: <b>49.340</b>
Kernbrennstoffe	Uran: <b>1.061</b>	Uran: <b>6.254</b>
	Thorium: <b>-</b>	Thorium: <b>2.606</b>

*Tabelle 1: Reserven und Ressourcen nicht erneuerbarer Energierohstoffe in EJ<sup>30</sup>*

Das Vorkommen der Vorräte ist regional ungleichmäßig verteilt. Ebenso unterliegt das Verhältnis von Vorräten, Förderung und Verbrauch zueinander starken regionalen Schwankungen (Abbildung 10).



OECD: Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 33 Länder

EU-27: Europäische Union mit Stand vom 1.1 2007, 27 Länder

OPEC-u: Organisation erdölexportierender Länder mit Stand Ende 2009, 12 Länder

*Abbildung 10: Vorräte, Förderung und Verbrauch von Energierohstoffen (weltweit = 100 %)<sup>31</sup>*

Ein Vergleich der Vorräte an Energierohstoffen mit dem im World Energy Outlook 2012 im Hauptszenario prognostizierten Primärenergieverbrauch bis 2035 (kumulierter Verbrauch 2012 bis 2035) zeigt, dass sowohl für fossile Energieträger als auch für Uran die nachgewiesenen Reserven, das heißt die aus heutiger Sicht wirtschaftlich gewinnbaren Vorräte, ausreichen, um diesen Verbrauch zu decken. Unterschiede gibt es jedoch hinsichtlich des Anteils, der verbraucht wird. Während für Erdöl und Erdgas dieser Anteil in der Größenordnung von rund 50 % liegt, beträgt er bei Kohle lediglich rund 20 %. Kohle ist damit derjenige fossile Energierohstoff, dessen weltweite Reserven die mit Abstand größte Reichweite aufweisen.

Zusammengefasst lassen sich für die einzelnen nicht erneuerbaren Energierohstoffe aus der aktuellen Veröffentlichung der BGR (2012) folgende Erkenntnisse ableiten<sup>32</sup>:

<sup>30</sup> BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen, 2012, eigene Darstellung, <http://www.bgr.bund.de/>, Zugriff 16.01.2013

<sup>31</sup> wie vor

- Die Versorgung mit Erdöl ist für die kommenden Jahre gesichert. Trotz Krisen und Förderausfällen blieb die Welt-Erdölförderung stabil. Grund dafür sind insbesondere die Kapazitätsreserven der OPEC. Kurzfristig gesehen sind keine Lieferrisiken zu erwarten. Die steile Zunahme der Schieferölförderung der letzten Jahre in Nordamerika wird einen großen Einfluss auf das Importverhalten der Vereinigten Staaten von Amerika haben und sich auch auf den Weltölmarkt niederschlagen.
- Mit den geologisch vorhandenen Mengen an Erdgas kann auch ein zunehmender Bedarf noch über Jahrzehnte hinaus gedeckt werden. Die Erfolge bei der Erschließung nicht-konventioneller Erdgasvorkommen, vor allem in den Vereinigten Staaten von Amerika, haben die weltweite Angebotssituation verbessert. Der Flüssiggasmarkt wird weiter wachsen. Der europäische Erdgasmarkt wird von dem steigenden LNG-Angebot profitieren. Durch den zunehmenden seewärtigen Transport von Flüssiggas ist eine Entwicklung hin zu einem globalen Markt mit steigender Bedeutung des Gas-Spotmarktes zu erwarten.
- Kohle wird mittelfristig weiterhin eine bedeutende Rolle bei der weltweiten Energieversorgung einnehmen. Die Nachfrage aus Asien bestimmt maßgeblich die Zuwächse des globalen Kohlebedarfs. Der Koks-kohleweltmarkt wird künftig durch neue Anbieter wie der Mongolei und Mosambik verstärkt beliefert werden.
- Aus geologischer Sicht ist absehbar kein Engpass bei der Versorgung mit Kernbrennstoffen zu erwarten. Die Förderung von Uran erfolgt überwiegend in politisch stabilen Ländern. Auch nach der Havarie des Kernkraftwerkes in Fukushima (Japan) ist global ein wachsendes Interesse am Ausbau der Kernenergie zu verzeichnen. Zum derzeitigen Zeitpunkt ungewiss ist allerdings die weitere Entwicklung der weltweiten Explorations- und Abbauvorhaben. Steigende Produktionskosten und sinkende Uran-Spotmarktpreise setzen neue Rahmenbedingungen für die Bewertung entsprechender Projekte.

Die Entwicklung der zukünftigen Preise für den weltweiten Handel mit Energierohstoffen unterliegt vielfältigen Einflussfaktoren. Die Situation der Weltwirtschaft, das Verhalten der OPEC, die ausreichende Bereitstellung von Förder- und Raffineriekapazitäten, die mögliche Etablierung eines Spotmarktes für Erdgas und die Auswirkungen eines steigenden asiatischen Kohlebedarfs sind im Detail nicht vorhersehbar. Eine belastbare Prognose für die Entwicklung der globalen Energiepreise ist deshalb nicht möglich. Unabhängig davon gibt der World Energy Outlook in seinen Szenarien einen Ausblick auf den Ölpreis bis 2035 (Abbildung 11). Bei der Interpretation dieser Darstellung sind die genannten Einschränkungen zu berücksichtigen.

---

<sup>32</sup> BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen, 2012, <http://www.bgr.bund.de/>, Zugriff 19.04.2012

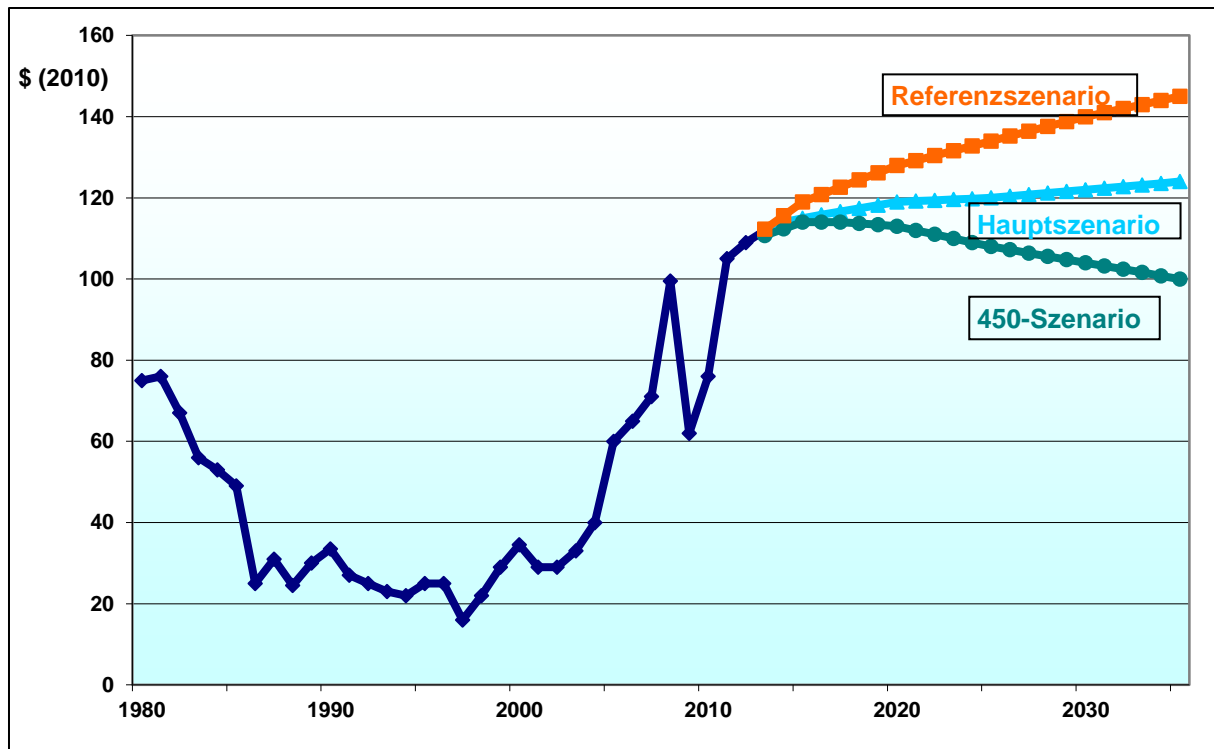


Abbildung 11: Prognosen zur Ölpreisentwicklung<sup>33</sup> gemäß World Energy Outlook 2012<sup>34</sup>

## 2.2. Regionale Perspektive

### 2.2.1. Energiebedarf

Voraussetzung für eine Prognose über den zukünftigen Energiebedarf im Freistaat Sachsen ist die Analyse möglicher Entwicklungsperspektiven und die daraus abgeleitete Definition eines als wahrscheinlich angenommenen Szenarios für die Zeit bis 2020. Grundsätzlich sind Zukunftsentwicklungen nicht vorhersehbar. Sie sind zum großen Teil das Ergebnis gestaltender bzw. unterlassender Eingriffe durch die jeweils Handelnden.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse für den Energiebedarf im Freistaat Sachsen bis 2020 beruhen auf einer Berechnung des Institutes für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart aus dem Jahr 2004<sup>35</sup>, die mit den aktuell zur Verfügung stehenden Angaben abgeglichen wurde. Das verwendete Berechnungsmodell beschreibt das komplexe Zusammenspiel des Systems der Energieversorgung qualitativ und quantitativ. Dabei wird die gesamte Kette der Energieversorgung von der Gewinnung der Primärenergie über den Umwandlungssektor bis zur Bereitstellung der Endenergie für die einzelnen Verbrauchssektoren berücksichtigt.

Grundlage der Szenariorechnung sind Annahmen für die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Es wird von einer stetigen Fortsetzung des notwendigen Umbaus der Energiewirtschaft ausgegangen. Die gesetzlich verankerte Beendigung der Kernenergienutzung wird umgesetzt, die Nutzung erneuerbarer Energien und die Energieeffizienz steigen. Der Energiemarkt bleibt zum überwiegenden Teil wettbewerblich organisiert und der europäische Handel mit Emissionsberechtigungen für Treibhausgase wird weiter ausgebaut. Für die wirtschaftliche und demografische Entwicklung in Sachsen liegen die 5. Regionalisierte Bevölkerungsprognose (Statistisches Landesamt) sowie eine

<sup>33</sup> Preisangabe in Dollar je Barrel (2011)

<sup>34</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Global Energy Trends, Kapitel 3 – Oil Market Outlook, S. 82, eigene Darstellung 2013

<sup>35</sup> INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND RATIONELLE ENERGIEANWENDUNG, UNI STUTTGART, Wissenschaftliche Begleitung des Energieprogramms Sachsen, Schlussbericht, Stuttgart 2004

Langfristprognose des ifo-Instituts aus dem Jahr 2003<sup>36</sup>, die mit aktuellen Schätzungen des ifo-Instituts abgeglichen wurde<sup>37,38</sup>, vor. Danach werden im Zeitraum bis 2030 sowohl positive Impulse als auch hemmende Momente für das Wirtschaftswachstum gesehen. Maßgeblich sind der anhaltende Trend zu einem Bevölkerungsrückgang und die Verschiebung der Bevölkerungsstruktur hin zu einem höheren Anteil älterer Menschen. Ausgehend von 2010 wird die Bevölkerungszahl bis zum Jahr 2020 um ca. 280.000 Einwohner und bis 2025 um weitere rund 150.000 Einwohner zurückgehen. Insgesamt wird jedoch trotz der zurückgehenden Einwohnerzahl von einem absoluten wirtschaftlichen Wachstum ausgegangen. Das BIP des Freistaates Sachsen wird 2020 bei ca. 110 Mrd. Euro erwartet. Das entspricht – bezogen auf das Jahr 2010 – einem Wachstum von rund 16 %.

Aufbauend auf diesen Annahmen können Aussagen zu den Rahmenbedingungen für den Energiebedarf in den Verbrauchssektoren Haushalte, Industrie, Gewerbe und Verkehr getroffen werden. Die bewohnte Fläche in Wohngebäuden in Sachsen wird danach von rund 130 Mio. m<sup>2</sup> im Jahr 2000 auf rund 140 Mio. m<sup>2</sup> im Jahr 2020 ansteigen. Rund 60 % dieses Anstieges ist in der Dekade von 2011 bis 2020 zu erwarten. Der Energiebedarf für Raumheizung und Warmwasser wird bis zum Jahr 2020 trotz zunehmender Wohnfläche um rund 10 % sinken<sup>39</sup>. Im Verkehrsbereich prognostiziert das ifo Institut eine Zunahme der Verkehrsleistung von 2010 bis 2020 sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr. Dominant ist dabei mit rund 25 % der Anstieg der Güterverkehrsleistung. In beiden Bereichen wird die Entwicklung geprägt durch den Straßenverkehr (Anstieg von 28 % im Güterverkehr und von 11 % im Personenverkehr)<sup>40</sup>. Die zunehmende Notwendigkeit, Energie effizienter und sparsamer einzusetzen, führt auch im Verkehr zu einer Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs.

Für Aussagen über den zu erwartenden Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 sind Annahmen zu den technischen und technologischen Entwicklungen im Bereich der Energietechnik sowie über die Verfügbarkeit von Energieträgern notwendig. Der Anteil der erneuerbaren Energien wird im Zusammenhang mit dem Umbau der Energiewirtschaft deutlich ansteigen. Die Zielstellungen der Bundesregierung gehen von 35 % bei der Stromerzeugung, 14 % bei der Wärmeenergieerzeugung und 10 % bei der Kraftstoffenergieerzeugung aus. Im Bereich der zentralen und dezentralen fossilen Energietechnik werden wesentliche technologische Innovationen (z. B. CCS-Technologie, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien) bis 2020 nicht in großtechnischem Maßstab zum Einsatz kommen. Maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklung der Primärenergiebilanz hat dagegen die Inbetriebnahme des neuen Braunkohle-Kraftwerksblockes mit einer Leistung von 670 MW am Standort Boxberg im Oktober 2012.

Auf der Grundlage dieser Rahmenbedingungen und Annahmen wird für den Endenergiebedarf im Freistaat Sachsen im Jahr 2020 mit rund 350 PJ ein Wert in etwa der gleichen Größenordnung wie heute prognostiziert. Der zu erwartende Anstieg in der Industrie wird durch entsprechenden Rückgang bei den Haushalten und den Kleinverbrauchern aufgewogen werden. Mit dem Einsatz effizienterer Erzeugungs- und Umwandlungstechnologien führt ein gleichbleibender Endenergieverbrauch zu einer Reduzierung des Primärenergieverbrauches. Deutlich zunehmen wird dagegen ab dem Jahr 2013 der Stromexportsaldo. Die Stromerzeugung aus dem neuen Block R am Kraftwerksstandort Boxberg wird zu dieser Exportsteigerung beitragen. Insgesamt wird danach bis zum Jahr

<sup>36</sup> IFO INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Wirtschafts- und Arbeitsmarktentwicklung Sachsens bis zum Jahr 2030, Expertise im Auftrag des SMWA, Dresden, 2003

<sup>37</sup> IFO INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Wirtschaftliche Entwicklung Sachsens im Ländervergleich: Bestandsaufnahme und Perspektiven, Dresden, 2010

<sup>38</sup> IFO INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Wirtschaftliche Entwicklung in Sachsen und seinen Regionen bis zum Jahr 2020; ifo Dresden berichtet 2/2009, Seite 24 ff

<sup>39</sup> INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND RATIONELLE ENERGIEANWENDUNG, UNI STUTTGART, Wissenschaftliche Begleitung des Energieprogramms Sachsen, Schlußbericht, Stuttgart, 2004

<sup>40</sup> wie vor

2020 für den Primärenergiebedarf in Sachsen von nur geringfügigen Veränderungen ausgegangen.

## 2.2.2. Energieangebot

### Braunkohle

Auf dem Gebiet des Freistaates Sachsen wird im Lausitzer Revier und im Mitteldeutschen Revier Braunkohle abgebaut. Beide Reviere reichen in ihrer gesamten Ausdehnung über die Landesgrenzen hinaus: das Lausitzer Revier in Richtung Brandenburg und das Mitteldeutsche Revier in Richtung Sachsen-Anhalt.

In jedem der beiden Reviere sind zurzeit zwei sächsische Tagebaue bzw. Tagebaue mit sächsischem Anteil aktiv. In der Lausitz sind das die Tagebaue „Nochten“ und „Reichwalde“. Aus dem Tagebau „Nochten“ wird seit 1990 ununterbrochen Braunkohle gefördert, der Tagebau „Reichwalde“ ist nach einer 10-jährigen Stundung im Jahr 2010 wieder in Betrieb gegangen. Beide Tagebaue dienen der Versorgung der Kraftwerke Boxberg und Schwarze Pumpe. In Mitteldeutschland liegen der Tagebau „Vereinigtes Schleenhain“ vollständig und der Tagebau „Profen“ teilweise auf sächsischem Gebiet. Der Tagebau „Vereinigtes Schleenhain“ wurde zwischen 1996 und 1999 umfassend modernisiert und liefert seitdem den Brennstoff für das Kraftwerk Lippendorf. Insgesamt wurden im Freistaat Sachsen im Jahr 2011 33,9 Millionen Tonnen Braunkohle gefördert<sup>41</sup>.

In Tabelle 2 sind die zum Abbau genehmigten verbleibenden Vorräte der laufenden Tagebaue, einschließlich der in den Braunkohleplänen enthaltenen Vorranggebiete, dargestellt (Stand: 01.01.2013).

	Nochten	Reichwalde	Welzow-Süd	Schleenhain	Profen <sup>*)</sup>
Vorräte (Mio. t)	623	350	7,0	282,6	0,4

<sup>\*)</sup> sächsischer Anteil

**Tabelle 2: Vorräte in laufenden Tagebauen<sup>42</sup>**

Zusätzlich zu den bereits zum Abbau genehmigten Vorräten gibt es weitere Braunkohlenvorräte in Sachsen. Mit Stand 2008 sind das entsprechend dem Lagerstättenkataster Braunkohle im Fachinformationssystem Rohstoffe für das Lausitzer Revier 5,26 Milliarden Tonnen und für das Mitteldeutsche Revier 13,15 Milliarden Tonnen (jeweils sächsischer Anteil der Reviere).

Über die Erweiterung des Tagebaus Nochten, die Erweiterung des Tagebaus Welzow-Süd (sächsischer Teil) und die Nutzung von Randfeldern des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain hinaus sind derzeit keine Absichten der Unternehmen zur Braunkohleförderung in Sachsen bekannt. Die vollständige Nutzung dieser Kohlefelder hat Vorrang vor der Erschließung neuer Lagerstätten.

### Erneuerbare Energien

Die theoretischen Potenziale des Energieangebots aus erneuerbaren Energien sind hoch. Allein die Sonneneinstrahlung stellt Energie in Höhe von ca. 72.000 PJ pro Jahr auf dem Gebiet des Freistaates Sachsen bereit. Das ist mehr als das 100-fache des gesamten sächsischen Primärenergieverbrauchs im Jahr 2010. Aufgrund der Umwandlungswirkungsgrade und der Tatsache, dass die Energie nicht flächendeckend genutzt werden kann, sind die technisch umsetzbaren Potenziale wesentlich geringer. Die

<sup>41</sup> MITTELDEUTSCHE BRAUNKOHLERGESELLSCHAFT MBH; VATTENFALL EUROPE MINING, schriftliche Angaben, Dresden, 2012

<sup>42</sup> MITTELDEUTSCHE BRAUNKOHLERGESELLSCHAFT MBH; VATTENFALL EUROPE MINING, Mitteilung Januar 2013

Einstrahlungsverhältnisse unterscheiden sich örtlich nur geringfügig, eine Nutzung der Solarenergie ist daher an allen geeigneten Standorten möglich.

Ein Stromerzeugungspotenzial von höherer Bedeutung besitzt die Nutzung der Windenergie. Frühere Untersuchungen hatten gezeigt<sup>43</sup>, dass in den meisten sächsischen Regionen Wind mit einer für die kommerzielle Nutzung ausreichenden Intensität zur Verfügung steht. Mit den heute verfügbaren leistungsstarken Windenergieanlagen sowie dem Erschließen stärkerer und stetiger Windströmungen durch größere Turmhöhen hat sich das Potenzial nochmals erhöht. Grenzen der Nutzung der Windenergie ergeben sich allerdings zunehmend aus wachsenden Akzeptanzproblemen in der Bevölkerung und den zu erwartenden Beeinträchtigungen für Natur und Umwelt.

Für die Nutzung der Bioenergie stehen feste, flüssige und gasförmige Stoffe zur Verfügung. Die Diskussionen der vergangenen Jahre haben die Grenzen dieser Nutzung aufgezeigt. Stellvertretend sei hier die Nutzungskonkurrenz zwischen Nahrungsmittel- und Energieerzeugung genannt. Deshalb sollen künftig neben Holz aus der Forstwirtschaft verstärkt landwirtschaftliche Reststoffe und Nebenprodukte sowie Landschaftspflegematerial und nachwachsende Rohstoffe genutzt werden. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit sind hier aber besondere Anforderungen an einen effizienten Einsatz und die Anwendung in Gebieten zu stellen, die durch andere erneuerbare Energieträger nicht oder nur unzureichend abgedeckt werden können (z. B. zum Ausgleich fluktuierender Energiebereitstellung).

Andere erneuerbare Energien sind in Sachsen von geringerer Bedeutung. So ist das nutzbare Potenzial der Wasserkraft aus gewässerökologischen Gründen weitgehend ausgeschöpft. Die Erschließung des geothermischen Potenzials zur Stromerzeugung ist aufgrund weitgehend fehlender oberflächennaher Wärmeanomalien nur mit größeren Tiefenbohrungen möglich. Für die Bereitstellung von thermischer Energie ist jedoch grundsätzlich flächendeckend die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme möglich.

### **2.3. Ordnungsrahmen**

Sowohl auf internationaler als auch auf europäischer und auf Bundes-Ebene gibt es verbindliche Zielstellungen, Verpflichtungen und Gesetzgebungen, die einen ordnungsrechtlichen Rahmen für die sächsische Energiepolitik darstellen. Der Handlungsspielraum innerhalb dieses Rahmens ist begrenzt. Die Sächsische Staatsregierung ist bestrebt, die gegebenen Möglichkeiten optimal zu nutzen, um die Zielstellung ihrer Energiepolitik zu erreichen.

Das Kyoto-Protokoll von 1997 gibt verbindliche Grenzen für die Emission von Treibhausgasen für eine Reihe von Industriestaaten vor, die bis zum Jahr 2012 erreicht werden sollten. Trotz internationaler Bemühungen ist es bisher nicht gelungen, diese Vereinbarungen auf eine neue und erweiterte Basis zu stellen. Auf der jüngsten UN-Klimakonferenz in Doha (Katar) im Dezember 2012 haben sich die 194 Teilnehmerstaaten nach langen Verhandlungen lediglich darauf verständigt, das bestehende Abkommen bis 2020 zu verlängern. Wichtige Staaten wie Russland, Kanada und Japan erklärten allerdings ihren Austritt aus dem Vertrag. Neben den Anforderungen des Klimaschutzes ist die Globalisierung wesentlicher sozialer und wirtschaftlicher Bereiche eine weitere Rahmenbedingung. Die Energiewirtschaft und die Energiepolitik sind davon zum einen durch die internationalen Märkte für Energieträger (insbesondere Kohle und Öl) und zum anderen durch die zunehmende internationale Vernetzung im Anlagenbereich, bei der Industriegüterproduktion sowie bei produktbezogenen Energiedienstleistungen betroffen. Die Liberalisierung der Energiemärkte für Strom und Gas in Europa kann als ein Teil des Gesamtprozesses der Globalisierung angesehen werden.

---

<sup>43</sup> W. HIRSCH, U. RINDELHARDT, D. BRÜNIG: „Windpotenziale in Sachsen“, Dezember 1997, Materialien zum Klimaschutz I/1997 – Abschlussbericht im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft



Auf europäischer Ebene ist mit dem Vertrag von Lissabon 2009 erstmals die Zuständigkeit der Europäischen Union für Energiepolitik in einer expliziten Energiekompetenznorm geregelt worden. Bis zu diesem Zeitpunkt nahm die EU energiepolitische Verantwortung über ihre Kompetenzen in den Bereichen Wettbewerb, Umwelt und Außenhandel wahr. Europäische Zielstellungen in Bezug auf die Energie- und Klimapolitik wurden im Dezember 2008 in einem Klima- und Energiepaket verankert. Danach sollen bis 2020 der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch auf 20 % gesteigert, die Treibhausgasemission um 20 % gesenkt und der Energieverbrauch um 20 % reduziert werden. Die Europäische Kommission untersetzt die energiepolitischen Ansätze der EU mit detaillierten Konzeptionen sowie mit konkreten Richtlinien und Verordnungen. Letztere betreffen insbesondere die Themenbereiche Energiemarktliberalisierung, Emissionsrechtehandel, Energieeffizienz sowie Kohlendioxidspeicherung. Aktuell wird die Diskussion zur EU-Energiepolitik geprägt von der „EU-Energiestrategie 2011-2020“, dem „Energieinfrastrukturpaket 2020/2030“, dem „Energieeffizienzplan 2011“, der Energie-Roadmap 2050 und dem Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates zur Einrichtung eines Mechanismus für den Informationsaustausch über zwischenstaatliche Abkommen zwischen Mitgliedstaaten und Drittstaaten im Energiebereich (angenommen im September 2012). Damit trägt die Europäische Union der wachsenden Herausforderung Rechnung, die sich aus den veränderten internen und externen Rahmenbedingungen für die europäische Energieversorgung ergibt. Die hohe Bedeutung einer nachhaltigen Energiewirtschaft für die Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft und Gesellschaft erfordert dabei zunehmend ein abgestimmtes Handeln.

Auf nationaler Ebene sind im Energiekonzept der Bundesregierung vom 29. September 2010 und im Beschluss der Bundesregierung vom 6. Juni 2011 die aktuellen Ziele der Energiepolitik definiert. Im Einzelnen wird dazu folgendes angestrebt:

	2008 (1990) *)	2020	2050
Primärenergieverbrauch	100 %	80 %	50 %
Stromverbrauch	100 %	90 %	75 %
Treibhausgasemission *)	100 %	60 %	20 bis 5 %
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch (brutto)	9,5 %	18 %	60 %
Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch (brutto)	14,5 %	35 %	80 %

\*) Das Bezugsjahr 1990 gilt für die Treibhausgasemission

*Tabelle 3: Quantitative Ziele und Orientierungen der Bundesregierung: Energiekonzept von 2010 und Beschluss 2011<sup>44</sup>*

Die Gesetzgebung des Bundes mit Bezug auf die Energiewirtschaft ist zum einen geprägt durch die notwendige Umsetzung europäischer Rechtsakte und setzt zum anderen einen darüber hinaus gehenden eigenen nationalen Rahmen, wo dies als notwendig erachtet wird. Zu letzterem gehören die ökologische Steuerreform, die Begrenzung der Laufzeiten für

<sup>44</sup> BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE und BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar, umweltfreundlich vom 28. September 2010, <http://www.bmwi.de>, Zugriff 16.09.2011

Kernkraftwerke, das Erneuerbare-Energien-Gesetz, das Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz, das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz sowie die Energieeinsparverordnung, soweit deren Bestimmungen über die europäischen Regelungen hinausgehen. Die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien und die Verbesserung der Energieeffizienz, die in den vergangenen Jahren im Freistaat Sachsen erreicht wurden, sind im Wesentlichen von diesen bundesgesetzlichen Regelungen angetrieben worden.

Einen mittelbaren Bezug auf die Energiewirtschaft besitzt darüber hinaus das Raumordnungsgesetz. Zu den Grundsätzen der Raumordnung gehört es, den räumlichen Erfordernissen für eine kostengünstige, sichere und umweltverträgliche Energieversorgung einschließlich des Ausbaus von Energienetzen Rechnung zu tragen und insbesondere auch die Voraussetzungen für den Ausbau von erneuerbaren Energien, für eine sparsame Energienutzung sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe zu schaffen. Mit dem Landesentwicklungsplan Sachsen werden diese Grundsätze aufgegriffen und unter Berücksichtigung landesspezifischer Gegebenheiten konkretisiert und umgesetzt. Der geltende Landesentwicklungsplan aus dem Jahr 2003 wird derzeit aktualisiert und fortgeschrieben.

### **3. Energiepolitik**

#### **3.1. Energiepolitische Grundsätze**

##### Verlässlichkeit und Konsistenz

Die zuverlässige und bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Energie ist eine unverzichtbare Grundlage für jede Volkswirtschaft. In den rund eineinhalb Jahrhunderten seit dem Beginn der Industrialisierung in Deutschland ist das System der Energieversorgung - parallel zu den steigenden Anforderungen - kontinuierlich entwickelt und optimiert worden. Der erreichte hohe Standard der Energieversorgung ist das Ergebnis umfangreicher Investitionen und einer technisch ausgereiften Infrastruktur. Beide Aspekte, die Bedeutung einer funktionsfähigen Energiewirtschaft einerseits und ihr wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Wert andererseits, erfordern langfristig verlässliche und konsistente energiepolitische Rahmenbedingungen. Dem hat verantwortungsbewusste Energiepolitik Rechnung zu tragen. Das gilt insbesondere auch mit Blick auf wechselnde politische Mehrheitsverhältnisse, die das Wesen einer Demokratie ausmachen. Notwendige Veränderungen der politischen Rahmenseetzungen müssen so gestaltet werden, dass weder die Funktionsfähigkeit der Energiewirtschaft beeinträchtigt noch erforderliche Investitionen verhindert werden. Die Energiepolitik der Sächsischen Staatsregierung ist diesem Grundsatz verpflichtet.

##### Wettbewerb und Markt

Wettbewerbliche und marktorientierte Strukturen und Mechanismen sind eine wesentliche Grundlage für effizientes Wirtschaften. Das gilt grundsätzlich auch für die Energiewirtschaft. Die Rolle des Staates beschränkt sich dabei auf das Definieren des grundlegenden Zieles der Entwicklung und auf das Gestalten stabiler Rahmenbedingungen, die für das Wirken eines effizienten Marktes im Sinne dieser Zielstellung erforderlich sind. Die europaweite Liberalisierung des Energiemarktes und die Bemühungen um einen funktionierenden, diskriminierungsfreien europäischen Binnenmarkt für Energie sind deshalb ein richtiger Ansatzpunkt. Gegenwärtig zeichnen sich in der EU- und Bundespolitik Tendenzen ab, die eine weitgehende staatliche Einflussnahme auf dem Energiemarkt darstellen. Die Sächsische Staatsregierung wird diese Entwicklungen beobachten, um rechtzeitig und angemessen reagieren zu können.

Voraussetzung für einen im gesamtgesellschaftlichen Interesse wirkenden Markt ist das Vorhandensein entsprechender Kosten- und Preissignale. Die Inanspruchnahme von knappen und endlichen Ressourcen muss einen Wert erhalten, der verursachergerecht zugeordnet werden kann. Zukunftsfähige Energiewirtschaft erfordert deshalb die zunehmende Internalisierung externer Kosten. Die Umsetzung derartiger Ansätze muss jedoch unter Beachtung der global wirkenden Rahmenbedingungen erfolgen. Wettbewerbsverzerrungen sind zu vermeiden. Nationale und regionale Maßnahmen müssen sich an dem EU-weit und international wirkenden Kontext orientieren.

##### Allseitige Entwicklung

Die Energiepolitik der Sächsischen Staatsregierung orientiert sich an einer allseitigen und nachhaltigen Entwicklung von Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Nachfolgenden Generationen dürfen nicht die Lasten unserer derzeitigen wirtschaftlichen Tätigkeit aufgebürdet werden. Die gesellschaftliche Verantwortung besteht darin, den notwendigen wissenschaftlichen und technologischen Vorlauf zu schaffen sowie ökonomische, ökologische und soziale Aspekte der Entwicklung gleichrangig und gleichwertig zu beachten. Allseitige und nachhaltige Entwicklung erfordert eine gleichermaßen sichere, wirtschaftliche, umwelt- und sozialverträgliche Energieversorgung. Darin inbegriffen ist die Notwendigkeit, so weit wie möglich einen Ausgleich zwischen gegenläufigen Tendenzen herzustellen und Ungleichgewichte zu vermeiden. Weder darf die Umweltverträglichkeit zugunsten der Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit vernachlässigt werden, noch umgekehrt. Diese

Ausgewogenheit im Detail zu definieren und umzusetzen gehört zu den anspruchsvollsten Aufgaben der Energiepolitik.

#### Wirtschaftliche Energieversorgung

Die Höhe des Preises für die Bereitstellung von Energie wird bestimmt durch die Weltmarktpreise für Energieträger, die Gewährleistung des Wettbewerbs im nationalen und europäischen Maßstab sowie die staatlich administrierten Kosten (Stromsteuer, EEG-Umlage etc.). Für den Industriestandort Sachsen ist die Sicherung der intermodalen und internationalen Wettbewerbsfähigkeit und - als Voraussetzung dafür – die Sicherung wettbewerbsfähiger Energiepreise ein wesentliches Element der Energiepolitik. Wettbewerbsfähige Energiepreise sichern und schaffen neue Arbeitsplätze in Sachsen. Insbesondere für Unternehmen energieintensiver Branchen ist der Energiepreis ein wesentlicher Standortfaktor. Gleichzeitig gewinnen die Energiekosten für private Haushalte immer größere Bedeutung. Die Gewährleistung der Bezahlbarkeit von Energie für die gesamte Bevölkerung ist ein wesentlicher sozialer Aspekt der Energiepolitik der Sächsischen Staatsregierung.

#### Umweltverträgliche Energieversorgung

Eine wesentliche Anforderung an nachhaltige Energiewirtschaft ist der schonende Umgang mit der natürlichen Umwelt und die Berücksichtigung der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Dazu gehören die effiziente Nutzung der energetischen Ressourcen, die Vermeidung von irreversiblen Schädigungen von Natur und Mensch und der vorsorgende Klimaschutz. Angesichts des hohen Anteils der Energiewirtschaft an den Treibhausgasemissionen ist der vorsorgende Klimaschutz eine besondere Herausforderung für die Energiepolitik der Sächsischen Staatsregierung.

Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und des Klimas müssen volkswirtschaftlich effizient sein. Unter der Voraussetzung einer sachgerechten Ausgestaltung sind marktwirtschaftlich wirkende Instrumente ordnungsrechtlichen Vorgaben vorzuziehen. Für den Energiebereich stehen dafür geeignete Instrumente zur Verfügung. Der Handel mit begrenzten Emissionsrechten ist ein solches Instrument. Die Sächsische Staatsregierung setzt sich dafür ein, das System des Emissionsrechtehandels weiterzuentwickeln und unter Beachtung des international wirkenden Wettbewerbes auf weitere Bereiche auszudehnen. Wesentlicher Maßstab dabei ist, dass betriebswirtschaftlich optimiertes Handeln in der Summe volkswirtschaftlich und ökologisch von Vorteil ist.

#### Sichere Energieversorgung

Die sichere Versorgung mit Energie ist in Deutschland eine Selbstverständlichkeit. Im Vergleich mit anderen Industriestaaten ist die Zuverlässigkeit der Stromversorgung sehr hoch. Industrie, Mittelstand und private Haushalte sollen sich auch in Zukunft darauf verlassen können, dass Energie stabil und qualitativ hochwertig zur Verfügung steht. Für den Industriestandort Sachsen ist die Versorgungssicherheit von entscheidender Bedeutung. Je vielfältiger der Energieträgermix ist und je mehr Bezugsquellen genutzt werden, desto sicherer ist die Versorgung. Als rohstoffarmes Land ist Deutschland in besonderem Maße auch im Energiebereich auf Importe angewiesen. Umso wichtiger ist es, die zur Verfügung stehenden heimischen Energieressourcen effizient zu nutzen.

## 3.2. Energiepolitische Strategien

### 3.2.1. Energieeffizienz steigern

Der sparsame und rationelle Umgang mit Energie ist eine der entscheidenden Anforderungen an eine zukunftsfähige Energiepolitik. Unter den Maßgaben von Ressourcenschonung und Klimaschutz kann Energieversorgung nur dann sowohl sicher und preisgünstig als auch umweltverträglich sein, wenn jeder nicht notwendige Verbrauch an Energie soweit wie möglich vermieden wird. Die Verringerung des Energieeinsatzes entspricht in einem besonderen Maße auch den Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung. Nachhaltigkeit setzt die effiziente Nutzung aller knappen Ressourcen voraus. Neben Arbeit, Kapital und Umwelt gehört dazu auch die Ressource „Energie“. Effiziente Energienutzung ist ökonomisch vorteilhaft, weil die Kosten der Energiebereitstellung sinken, ökologisch vorteilhaft, weil Belastungen der Umwelt geringer werden und sozial vorteilhaft, weil der ökonomische und ökologische Nutzen allen Verbrauchern zugutekommt. Die Forderung nach einem sparsamen und rationellen Einsatz von Energie geht dabei von einem mindestens gleichbleibenden Komfort aus. Das Ziel besteht nicht darin, das Angebot an Energiedienstleistungen (Licht, Wärme, Kraft oder Mobilität) zu reduzieren, sondern den energetischen Aufwand, mit dem diese Dienstleistungen bereitgestellt werden. Potenziale für die Steigerung der Energieeffizienz gibt es entlang der gesamten Umwandlungskette, von der Erzeugung über die Verteilung bis zur Anwendung von Nutzenergie. Entscheidend für die Umsetzung von entsprechenden Maßnahmen ist die Frage der Wirtschaftlichkeit. Betriebswirtschaftlich effizient ist eine Maßnahme dann, wenn aufzuwendende Investitionen während der Lebensdauer einer Anlage von den eingesparten Energiekosten übertroffen werden. Volkswirtschaftlich kann es sinnvoll sein, über einen begrenzten Zeitraum bestimmte (betriebswirtschaftlich nicht effiziente) Maßnahmen finanziell zu unterstützen, bis diese soweit entwickelt sind, dass sich ein selbsttragender Effekt einstellt.

#### Erzeugung

Die in Sachsen vorhandenen Großkraftwerke zur Stromerzeugung nutzen einheimische Braunkohle als Primärenergieträger und sind nach 1990 umfassend saniert oder neu errichtet worden. Der durchschnittliche Wirkungsgrad des gesamten Kraftwerksparks beträgt 40 %. Das ist weltweit ein Spitzenwert. Im Herbst 2012 ist ein neuer Braunkohle-Kraftwerksblock mit einem Wirkungsgrad von mehr als 43 % am Standort Boxberg in Dauerbetrieb gegangen. Der langfristige Erhalt dieser Kraftwerksstandorte wird sowohl aus Gründen einer sicheren und wirtschaftlichen Stromversorgung als auch aus Gründen der regionalen Wertschöpfung angestrebt.

Sachsen verfügt über eine im bundesweiten Vergleich große Kapazität an gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung (KWK). Der Anteil des KWK-Stromes am Bruttostromverbrauch betrug 2010 rund 24 %. Zum Vergleich: im gesamtdeutschen Durchschnitt lag dieser Wert bei 14 %. Die installierte elektrische Leistung der KWK-Anlagen hat eine Größenordnung von 1.000 MW. Das sind 14 % der Bruttoleistung aller Stromerzeugungsanlagen in Sachsen. Anlagen der öffentlichen Versorgung stellen rund vier Fünftel dieser Leistung bereit; industrielle und sonstige private dezentrale KWK-Anlagen den verbleibenden Teil. Alle KWK-Anlagen in Sachsen sind nach 1990 neu errichtet oder saniert worden.

Voraussetzung für den weiteren effizienten Ausbau der KWK ist das Vorhandensein von entsprechenden Wärmesenken. Der Versorgungsgrad mit Fernwärme ist in Sachsen bereits hoch. Zusätzliche Ausbaumöglichkeiten sind auch auf Grund des insgesamt zurückgehenden Wärmebedarfs für Gebäude und Haushalte nur geringfügig vorhanden. Das wesentliche Potenzial für neue KWK-Anlagen liegt von daher bei industriellen und gewerblichen Anwendungen sowie im öffentlichen Dienstleistungsbereich. Die Nutzung von Biomasse kann dabei eine zunehmende Rolle spielen.

### Verteilung

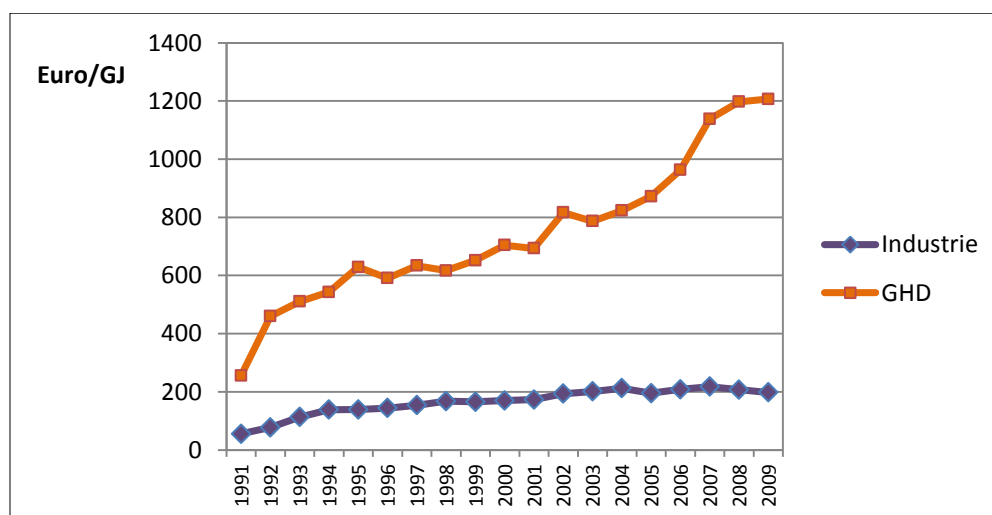
Der Transport und die Verteilung leitungsgebundener Energie (Strom, Gas, Fernwärme) sind mit Verlusten verbunden. Auf der regionalen Verteilebene liegt die Größenordnung dieser Verluste bei sechs bis neun Prozent im Strombereich, bei eins bis drei Prozent im Gasbereich und bei rund zehn Prozent im Fernwärmebereich. Sowohl die Strom- als auch die Gasverteilnetze sind in Sachsen nach 1990 saniert worden und haben einen technisch hochwertigen Stand. Bei der notwendigen Anpassung der Übertragungs- und Verteilnetze an die neuen Erfordernisse wird in einem besonderen Maße auf effiziente Lösungen zu achten sein.

### Anwendung

Wirtschaftliche Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz sind in besonderem Maße im Bereich der Energieanwendung vorhanden. Um diese Potenziale zu erschließen, ist die Information und Beratung der privaten und gewerblichen Verbraucher eine wesentliche Voraussetzung. Entsprechende Angebote stellt die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH bereit. Daneben werden Energieberatungsleistungen in hoher Qualität auch von anderen Organisationen des privaten und öffentlichen Rechts angeboten, so zum Beispiel von den Industrie- und Handelskammern, den Handwerkskammern und den Einrichtungen der Verbraucherzentrale Sachsen e. V.

### Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Die Sektoren „Industrie“ und „Kleinverbraucher“ (geprägt durch den Bereich „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ (GHD)) haben im Jahr 2010 zusammen einen Anteil von 36,2 % am Endenergieverbrauch in Sachsen (davon: Industrie: 21,9 % und GHD: 14,3 %). Für Deutschland insgesamt liegt dieser Anteilswert bei 43,8 %. Ein Indikator für die Effizienz der Energieanwendung in der Industrie und im Bereich GHD ist die erzeugte Bruttowertschöpfung bezogen auf den Endenergieverbrauch (Energieproduktivität). In Abbildung 12 ist die Entwicklung dieses Indikators für Sachsen seit 1991 dargestellt.



**Abbildung 12:** Energieproduktivität in Industrie und im Bereich GHD 1991 bis 2009<sup>45,46,47</sup>

Die Energieproduktivität der sächsischen Industrie ist von 1991 bis 2009 von 55,6 Euro/GJ auf 198,06 Euro/GJ (gerechnet in jeweiligen Preisen) angestiegen und hat sich damit nahezu vervierfacht. Für den Bereich GHD kann eine noch höhere Steigerungsrate nachgewiesen

<sup>45</sup> Detaillierte statistische Angaben zu den Werten für die Bruttowertschöpfung liegen nur bis 2009 vor.

<sup>46</sup> STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN, Energiedaten, <http://www.statistik.sachsen.de/>, Zugriff 10.04.2012

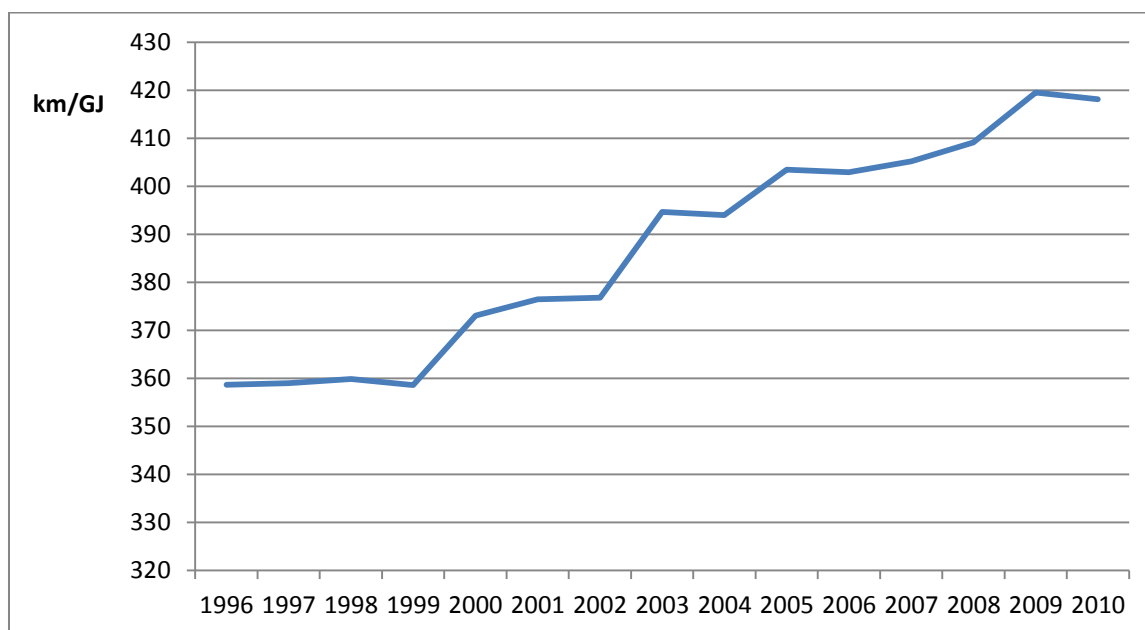
<sup>47</sup> ARBEITSKREIS VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER, Reihe 1, Länderergebnisse Band 1, <http://www.vgrdl.de/>, eigene Darstellung, Dresden 2012, Zugriff 10.04.2012

werden (von 255,2 Euro/GJ auf 1206,7 Euro/GJ). Ein Vergleich mit anderen Bundesländern ist auf Grund der unterschiedlichen Wirtschaftsstrukturen nur eingeschränkt möglich. Bezogen auf Deutschland insgesamt liegt die Energieproduktivität der sächsischen Industrie leicht über dem Durchschnitt. Unabhängig davon gibt es in Sachsen wirtschaftliche Potenziale, um die Energieeffizienz sowohl in der Industrie als auch im Bereich GHD weiter zu verbessern. Entsprechende Studien und Untersuchungen beziffern die möglichen Einsparungen im Endenergieverbrauch bis 2020 deutschlandweit auf durchschnittlich 10 bis 20 %. Ein großer Teil dieses Potenzials entfällt auf so genannte Querschnittstechnologien wie die Bereitstellung von Wärme, Motoranwendungen oder Beleuchtung<sup>48</sup>.

### Verkehr

Der Endenergieverbrauch im Verkehr liegt seit 1993 nahezu konstant im Bereich zwischen 92 und 112 PJ pro Jahr. Das entspricht rund einem Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs in Sachsen. Nach einem leichten Rückgang beginnend mit dem Jahr 2000 steigt der Verbrauch seit 2006 wieder deutlich an. Eine wesentliche Ursache dafür ist die Inbetriebnahme des DHL-Luftfrachtzentrums am Flughafen Leipzig/Halle.

Den mit Abstand dominierenden Anteil am Endenergieverbrauch im Verkehr nimmt mit aktuell rund 90 % der Straßenverkehr ein. Bezogen auf die statistisch ermittelte Fahrleistung aller Straßenfahrzeuge<sup>49</sup> ist die Effizienz der Energienutzung in diesem Bereich seit 1996 um 14 % angestiegen (1996: 358 km Fahrleistung je GJ, 2010: 418 km Fahrleistung je GJ, Abbildung 13)<sup>50</sup>. Die Energieproduktivität im Straßenverkehr in Sachsen entspricht damit im Durchschnitt derjenigen für Deutschland insgesamt<sup>51</sup>.



**Abbildung 13:** Energieproduktivität im Straßenverkehr Sachsens 1995 bis 2010

Eine weitere Steigerung der Energieeffizienz bzw. eine Verringerung des Energieverbrauchs im Verkehr ist sowohl durch die technische Weiterentwicklung der Fahrzeugkonzepte als auch durch Maßnahmen zur strukturellen Verbesserung der Verkehrsprozesse möglich.

<sup>48</sup> BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland, Berlin, 2009, [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/studie\\_energieeffizienz.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/studie_energieeffizienz.pdf)

<sup>49</sup> KRAFTFAHRTBUNDESAMT, <http://kba.de/>; DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG E. V., <http://diw.de>, Zugriff 21.01.2013

<sup>50</sup> STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN, Energiedaten, <http://www.statistik.sachsen.de/>, Zugriff 21.01.2013

<sup>51</sup> AG ENERGIEBILANZEN E. V., „Ausgewählte Effizienzindikatoren zur Energiebilanz Deutschland“, <http://www.ag-energiebilanzen.de/>, Zugriff 21.01.2013

Zu ersterem gehören neben der Optimierung des konventionellen Verbrennungsmotors und der innovativen Gestaltung der Fahrzeugkarosserie insbesondere auch die Entwicklung und der breite Einsatz der Elektromobilität. Bezogen auf die Fahrleistung ist bei einem elektrischen Antrieb gegenüber einem Antrieb mit Verbrennungsmotoren der Verbrauch an Endenergie um rund zwei Drittel und der Verbrauch an fossiler Primärenergie – je nach getroffenen Annahmen – um bis zu einem Viertel geringer. Die strukturelle Verbesserung der Verkehrsprozesse erfordert langfristig angelegte und nachhaltig wirksame Strategien. Ansatzpunkte dabei sind die Reduzierung der notwendigen Verkehrsleistung (integrierte Raum- und Verkehrsplanung), die Verbesserung der Attraktivität energieeffizienter Verkehrsmittel und eines entsprechenden Nutzerverhaltens sowie die Optimierung des Verkehrsablaufes (intelligente Verkehrssteuerung, Nutzung moderner Verfahren und Techniken der Verkehrstelematik). Nur so können die Potenziale zur Energieeinsparung und zur Steigerung der Energieeffizienz ausgeschöpft werden.

### Gebäude/Staatliche Liegenschaften

Auf den Gebäudebereich (Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude) entfallen deutschlandweit 40 % des gesamten Endenergieverbrauchs. In den privaten Haushalten werden rund 70 % der Endenergie für Heizzwecke eingesetzt. Trotz rückläufiger Tendenz in den vergangenen Jahren ist die Bereitstellung der Energiedienstleistung „Raumwärme“ damit immer noch die quantitativ wichtigste Ursache für den Energieverbrauch überhaupt.

Die Einsparpotenziale auf diesem Gebiet sind nach wie vor groß. Typische Altbauten (z. B. Gründerzeithäuser) haben einen jährlichen Wärmeverbrauch von 100 bis 250 kWh/m<sup>2</sup>. In Neubauten, die der Energieeinsparverordnung entsprechen, liegt dieser Wert bei 40 bis 70 kWh/m<sup>2</sup>, in Passivhäusern bei lediglich 15 kWh/m<sup>2</sup>.

Grundsätzlich sind sowohl für den Neubau als auch für die Sanierung von Gebäuden unterschiedliche Kombinationen von bauphysikalischen und anlagentechnischen Maßnahmen denkbar, um die energie- und klimapolitisch notwendige Reduzierung des Energieverbrauchs zu erreichen. Über die konkrete Ausgestaltung ist in jedem Einzelfall anhand der technischen, wirtschaftlichen und nutzungsbedingten Gegebenheiten zu entscheiden. Dabei sind die jeweils geltenden rechtlichen Anforderungen, z. B. Energieeinsparverordnung, zu beachten. Effizienz im umfassenden Sinne heißt jedoch, die Nachfrage nach Energie von vornherein auf das unabdingbar Notwendige zu beschränken. Von daher hat die Gestaltung der Gebäudehülle einen maßgeblichen Einfluss. Gebäudekonstruktionen, die eine möglichst geringe aktive Energiezufuhr erfordern, um ein behagliches Umfeld aufrechtzuerhalten, sind in einem besonderen Maße zukunftsorientiert.

Auf europäischer Ebene wird mit der Richtlinie 2010/31/EU zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vorgeschrieben, dass ab dem 1. Januar 2021 Neubauten nur noch nach einem Niedrigstenergiestandard errichtet werden dürfen. Die Sächsische Staatsregierung hat bereits frühzeitig eine Politik eingeleitet, die auf einen Gebäudestandard mit geringem Heizwärmebedarf orientiert. Seit 1998 wird der Passivhausstandard im Neubau durch den Freistaat gefördert.

Im Freistaat Sachsen gibt es etwa 2.325.000 Wohnungen in rund 790.000 Wohngebäuden<sup>52</sup>. Die Bausubstanz der sächsischen Gebäude ist eine der ältesten im bundesweiten Vergleich. Von daher ist die energetische Gebäudesanierung gerade auch in Sachsen von großer Bedeutung. Die Sächsische Staatsregierung unterstützt deshalb alle Anstrengungen, die energetische Gebäudesanierungsrate wirksam zu erhöhen. Verpflichtende Vorgaben in diesem Bereich werden jedoch abgelehnt. Die Staatsregierung setzt dagegen auf Information, Motivation und entsprechende Anreizsysteme für die Verbraucher. So wurde die Passivhausförderung 2005 auf den Einsatz hocheffizienter Passivhauselemente bei der Sanierung von Gebäuden ausgeweitet. In Modellprojekten konnte damit der

<sup>52</sup> STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN, <http://www.statistik.sachsen.de/>, Zugriff 10.04.2012



Heizwärmebedarf um bis zu 90 % gesenkt werden. Darüber hinaus fördert der Freistaat Sachsen die energetische Sanierung von Wohngebäuden.

Die Bemühungen des Freistaates Sachsen um einen effizienten und sparsamen Umgang mit Energie betreffen in einem besonderen Maße auch den eigenen Verantwortungsbereich. Damit nimmt der Freistaat eine notwendige Vorbildfunktion wahr. Im Jahr 2009 betrug der auf die Bruttogeschossfläche bezogene Heizenergieverbrauch aller Immobilien, die durch den Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement bewirtschaftet werden, 92,5 kWh/m<sup>2</sup>. Seit 2003 hat sich die absolute Größe des Heizenergieverbrauchs damit um rund 23 % verringert. Im Rahmen einer Nachhaltigkeitsstrategie sowie eines umfassenden Investitionsprogramms zur Verbesserung der Energieeffizienz setzt der Staatsbetrieb eine Vielzahl von Maßnahmen um, die dazu beitragen, die Energieeffizienz der staatlichen Gebäude weiter zu verbessern. Grundlage dafür ist – neben den bundesgesetzlichen Regelungen – die ambitionierte Verwaltungsvorschrift Energieeffizienz, die durch einen CO<sub>2</sub>-Bonus, einen Technologiebonus sowie die Verlängerung der Amortisationsdauer eines Gebäudes auf 40 Jahre Investitionen in innovative Anlagen- und hocheffiziente Gebäudetechnik wirtschaftlich ermöglicht. Bei künftigen Neubauten wird der Niedrigstenergiestandard angestrebt, darüber hinaus wird die Energieeffizienz von Bestandsgebäuden schrittweise weiter verbessert. Bereits mehrere Gebäude wurden bisher im Passivhausstandard errichtet bzw. mit hocheffizienten Passivhauskomponenten saniert.

### Kommunen

In Sachsen leben rund 70 % der Bevölkerung in Kommunen mit weniger als 100.000 Einwohnern und rund 37 % in Kommunen mit weniger als 10.000 Einwohnern. Aufgrund ihrer vielfältigen Einflussbereiche können durch kommunales Handeln wesentliche Potenziale für die Verbesserung der Energieeffizienz erschlossen werden: bei der Bewirtschaftung von Gebäuden und Flächen, bei der Beschaffung von Material, bei der Ver- und Entsorgung, mit der Gestaltung von Satzungsrecht und nicht zuletzt durch die Information und Beratung der Bürger. Mit der Reduzierung ihres Energieverbrauches können die Kommunen nicht nur einen Beitrag für ein zukunftsfähiges Energiesystem leisten, sondern sichern – durch die Entlastung der Haushalte – auch das Funktionieren der Gesellschaft insgesamt.

Ein europaweit anerkanntes Instrument, das den Kommunen hilft, ihren Energieverbrauch transparent zu gestalten und Maßnahmen zur Energieeinsparung zu erkennen und umzusetzen, ist der European Energy Award® (eea). Dieses Qualitätssicherungs- und Zertifizierungsinstrument ermöglicht es den Kommunen, Stärken und Schwächen ihres Energieverbrauchs zu analysieren, künftige Planungen zu optimieren und Erfolge zu messen sowie Kosteneinsparpotenziale zu identifizieren und zu erschließen. Inzwischen beteiligen sich 38 Städte und Gemeinden und zwei Landkreise in Sachsen am Wettbewerb um den European Energy Award®. 14 Kommunen und ein Landkreis haben bisher die Auszeichnung als energieeffiziente Kommune erhalten. Damit leben bereits 46 % der sächsischen Bevölkerung in einer Kommune, die am eea-Programm teilnimmt.

### Private Haushalte

Der Endenergieverbrauch der sächsischen Haushalte ist im Zeitraum von 1992 bis 2003 kontinuierlich angestiegen. Seit 2003 ist dieser Wert weitgehend konstant und nimmt einen Anteil von rund 30 % am Endenergieverbrauch insgesamt ein. Der spezifische Verbrauch – bezogen auf die Anzahl der Haushalte – beträgt 54,6 GJ/a. Er liegt damit deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnittswert (68,0 GJ/a). Der Trend zur Effizienzsteigerung und Verbrauchsminderung, der in Deutschland in den vergangenen Jahren in den privaten Haushalten zu beobachten ist, wird derzeit in Sachsen zum großen Teil noch durch die Zunahme an Komfort und Ausstattung kompensiert. Dieser Prozess kann jedoch für die Zukunft als weitgehend abgeschlossen angesehen werden.

Die Sächsische Staatsregierung hat das Ziel, die Effizienz der Energieerzeugung, der Energieverteilung und der Energieanwendung kontinuierlich zu steigern. Dazu sollen in den nächsten zehn Jahren:

- ✓ der Anteil des Stromes aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen am Bruttostromverbrauch auf 30 % erhöht werden,
- ✓ die Energieproduktivität der sächsischen Industrie um durchschnittlich 1,2 % pro Jahr und diejenige des Bereiches „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Kleinverbraucher“ um durchschnittlich 1,5 % pro Jahr verbessert werden,
- ✓ der Endenergieverbrauch in den Haushalten um 15 % und speziell der Verbrauch an fossilen Brennstoffen in den Haushalten um 25 % gesenkt werden<sup>\*)</sup>,
- ✓ der auf die Fläche bezogene spezifische Heizenergieverbrauch der staatlichen Liegenschaften um 18 % gesenkt werden<sup>\*)</sup>,
- ✓ die Potenziale zur Energieeinsparung in Kommunen und privaten Haushalten kontinuierlich weiter erschlossen werden.

<sup>\*)</sup> Bezugsjahr 2010

### 3.2.2. Energiesystem zukunftsfähig gestalten

Für die Zukunftsfähigkeit des Energiesystems ist es erforderlich, seine wesentlichen Elemente, wie den Mix der Energieträger, die Infrastruktur und deren diskriminierungsfreie Nutzung sowie die Marktinstrumente, insbesondere die Energiebörse, so zu gestalten, dass sie den jeweiligen Anforderungen entsprechen.

#### Energieträger

Die Bereitstellung von nutzbarer Energie in Form von Strom, Wärme und Kraftstoffen erfolgt in Deutschland auf der Basis eines breiten Mixes an unterschiedlichen Energieträgern. Ein breites technologisches und stofflich-energetisches Fundament ist für die Sächsische Staatsregierung auch in Zukunft unverzichtbar, um eine ökologisch, ökonomisch und sozial ausgewogene Energieversorgung zu gewährleisten. Dabei sollen die verschiedenen Energieträger so eingesetzt werden, dass ihre jeweiligen Vorteile für das Gesamtsystem den höchstmöglichen Nutzen bringen.

#### Braunkohle

Der Anteil der Braunkohle am Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug 2009 10,6 % und ist damit seit mehreren Jahren nahezu konstant. In weitaus überwiegendem Maße wird die Braunkohle zur Stromerzeugung in Großkraftwerken eingesetzt. Mit einem Anteil von derzeit rund 23 % steht der Energieträger vor Kernenergie und Steinkohle in der Bilanz der Bruttostromerzeugung an erster Stelle. Braunkohle leistet damit als heimischer, subventionsfreier Energieträger einen entscheidenden Beitrag zur Sicherheit, Verlässlichkeit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung in Deutschland. Darüber hinaus bietet die energetische Nutzung der Braunkohle mit ihrer geschlossenen inländischen Wertschöpfungskette allein in Sachsen ca. 3.000 qualifizierte Industriearbeitsplätze direkt im Bergbau und in den Kraftwerken<sup>53</sup>.

Braunkohle hat das Potenzial, auch zukünftig als eine tragende Säule zu einer leistungsstarken Energiewirtschaft in Deutschland und Sachsen beizutragen. Die bekannten gewinnbaren Vorräte in Sachsen reichen bei einer dem heutigen Niveau entsprechenden jährlichen Förderung noch für mehrere Generationen. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Förderung und Nutzung der Braunkohle sind langfristig sicher und kalkulierbar. Die technischen Rahmenbedingungen sind ausgereift, bewährt und repräsentieren weltweit höchsten Standard. Stromerzeugung aus Braunkohle ist wettbewerbsfähig. In der Kombination dessen, was die Braunkohle für die Energiewirtschaft bieten kann – Langfristigkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Kalkulierbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Unabhängigkeit und gesellschaftliche Akzeptanz – ist sie derzeit durch keinen anderen Energieträger zu ersetzen.

Die mit dem vorsorgenden Klimaschutz einhergehenden aktuellen Ziele erfordern eine deutliche Reduzierung von Kohlendioxid-Emissionen bei der Nutzung von Braunkohle. Dazu sind unterschiedliche technologische Ansätze verfügbar. Zum einen kann die Effizienz des konventionellen Braunkohle-Kraftwerksprozesses weiter verbessert werden. Mittelfristig ist eine Erhöhung des Prozess-Wirkungsgrades auf rund 50 % möglich (derzeit rund 43 %). Zum zweiten bieten innovative Kraftwerkstechnologien (CCS-Technologie) die Option, die Emission von Kohlendioxid nahezu vollständig zu vermeiden. Die grundsätzliche Funktionsfähigkeit dieser Technologie für die Stromerzeugung aus Braunkohle ist in einer Pilotanlage (Leistung: 30 MW) nachgewiesen. Voraussetzung für eine mögliche großtechnische Anwendung sind weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie die Klärung der Frage, wie das abgeschiedene Kohlendioxid entsorgt, gelagert bzw. als Produkt genutzt werden kann. Die gesetzlichen Voraussetzungen dafür sind durch die Umsetzung der Richtlinie 2009/31/EG in nationales Recht in einem ersten Schritt geschaffen worden. Inwieweit auf dieser Grundlage weitere Schritte folgen, wird wesentlich von der zukünftigen

<sup>53</sup> DEUTSCHER BRAUNKOHLLEN-INDUSTRIE-VEREIN e.V. (DEBRIV) <http://www.braunkohle.de/>, „Braunkohle in Deutschland 2009“, Berlin/Köln 2009

gesellschaftlichen Akzeptanz der CCS-Technologie abhängig sein. Eine dritte technologische Option besteht in der gekoppelten stofflichen und energetischen Nutzung der Braunkohle (Polygeneration). Damit eröffnet sich auch die Möglichkeit, die Abhängigkeit von Rohstoffimporten für die Erzeugung chemischer Basisprodukte zu verringern.

### Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien stehen - wie die Braunkohle - als heimische Energieträger zur Verfügung. Ihre zunehmende Nutzung im Einklang mit der Anpassung der Netzstruktur und der Speicherkapazitäten ist ein wichtiger Baustein für ein zukunftsfähiges Energiesystem und gleichzeitig eine Quelle der Wertschöpfung. Bei der Gestaltung dieses Prozesses müssen nach Auffassung der Sächsischen Staatsregierung volkswirtschaftlich sinnvolle, wirtschaftlich effiziente, gesellschaftlich akzeptierte und zugleich umweltverträgliche Lösungen Priorität haben. Entscheidend ist dabei die Integration der erneuerbaren Energien in das bestehende Energiesystem. Vor allem mit Blick auf die Stromerzeugung werden derzeit die technischen, aber auch zunehmend die systemischen und ökonomischen Beschränkungen bei einem ungeordneten Ausbau erkennbar. Wenn es nicht gelingt, die erneuerbaren Energien in den Markt zu integrieren, besteht die Gefahr, dass die Energiepreise zum Nachteil der Verbraucher unangemessen ansteigen. Zukünftig müssen Betreiber von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in die Verantwortung für das Funktionieren des Gesamtsystems einbezogen werden, sowohl in technischer als auch in finanzieller Hinsicht.

Die Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien sind in besonderem Maße von geologischen, topografischen, landschaftskulturellen und landesplanerischen bzw. raumordnerischen Gesichtspunkten bestimmt. Ausbaumöglichkeiten in Sachsen ergeben sich danach im Bereich der Stromerzeugung vor allem für die Nutzung der Solarenergie, der Bioenergie und der Windenergie. Die gegenwärtig installierte Leistung zur Stromerzeugung aus Wasserkraft beträgt rund 88 MW. Das entspricht einer Energiemenge von durchschnittlich 320 GWh/a<sup>54</sup>. Aus Sicht der Sächsischen Staatsregierung ist damit das Potenzial der Wasserkraftnutzung aus gewässerökologischen Gründen nahezu ausgeschöpft, auch wenn der Verband der Wasserkraftwerksbetreiber Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V. mittelfristig eine Steigerung der installierten Leistung um 20 MW als möglich ansieht<sup>55</sup>. Wann und inwieweit in einem nennenswerten Umfang Strom aus Tiefengeothermie erzeugt werden kann, ist derzeit nicht absehbar.

Aus solarer Strahlungsenergie können aus Sicht der Sächsischen Staatsregierung in den nächsten zehn Jahren rund 1.800 GWh/a Strom wirtschaftlich sinnvoll bereitgestellt werden (derzeit: 900 GWh/a<sup>56</sup>). Vor allem kleine Photovoltaikanlagen an Gebäuden können bei Eigennutzung des erzeugten Stromes und in Kombination mit lokalen Speichern einen Beitrag für ein stabiles zukunftsfähiges Energiesystem leisten. Die absehbare weitere Kostendegression der Photovoltaik-Technologie (Erreichung der Netzparität) ist dabei die Voraussetzung für eine breit angelegte dezentrale Stromerzeugung auf solarer Basis. Die technologischen Potenziale zum Erreichen dieser Zielstellung sind im Freistaat Sachsen vorhanden. Grundlage dafür sind sowohl die Produktionskapazitäten der Anlagenbauer als auch die Forschungs- und Entwicklungskapazitäten in den universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie in den Unternehmen.

Aus Biomasse werden gegenwärtig ca. 1.385 GWh/a<sup>57</sup> Strom erzeugt. Angesichts der bereits bestehenden Nutzungskonkurrenzen für heimische Biomasse und der Begrenztheit der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Flächen zur Biomasseerzeugung sind die

<sup>54</sup> Der angegebene Wert ist eine Kalkulationsgröße. Der reale jährliche Energieertrag ist insbesondere abhängig vom Wasserdargebot. Im Jahr 2012 wurden 275 GWh Strom aus Wasserkraft erzeugt, siehe Abbildung 14.

<sup>55</sup> VERBAND DER WASSERKRAFTWERKS BETREIBER SACHSEN UND SACHSEN-ANHALT E. V., mündliche Mitteilung, 05. April 2012

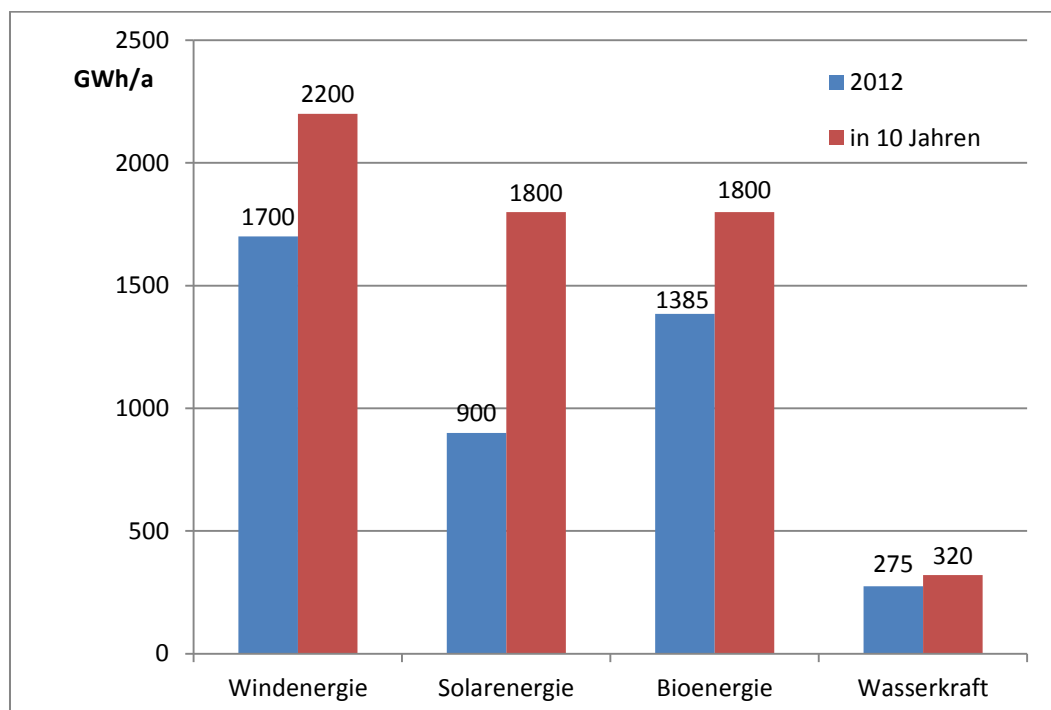
<sup>56</sup> vorläufiger Wert für das Jahr 2012

<sup>57</sup> wie vor

Möglichkeiten für die Stromerzeugung aus nachwachsenden heimischen Rohstoffen beschränkt. In den nächsten zehn Jahren wird ein Anstieg auf rund 1.800 GWh/a als realistisch angesehen.

Der Ausbau der Windenergienutzung kann durch sensibles Repowering bestehender Anlagen und die zurückhaltende Erschließung neuer Standorte erfolgen. Dabei ist es unerlässlich, dass die Bürger sowohl bei Neu-Standorten, als auch bei Repowering frühzeitig und umfassend in die Planungen einbezogen werden. Denn auch Repowering-Anlagen können durch ihre Größe und die damit verbundenen Auswirkungen auf das Landschaftsbild, die Umwelt und den Menschen zu vielen Problemen führen. Bei der Errichtung von Windenergieanlagen müssen die lokale Akzeptanz, der Schutz der betroffenen Anwohner, die Beachtung der Belange des Umwelt- und Naturschutzes sowie die Einhaltung hinreichend großer Abstandsflächen zur umgebenden Wohnbebauung Priorität haben. Darüber hinaus müssen Aspekte des Wertverlustes betroffener Nachbargrundstücke in die Abwägung zur Ausweisung neuer Standorte einbezogen werden. Die Sächsische Staatsregierung sieht es auf dieser Grundlage als möglich an, in den nächsten zehn Jahren die Stromerzeugung aus Windenergie im Wesentlichen auf den bereits durch die Regionalplanung festgelegten Flächen und einer moderaten Erweiterung dieser Flächen von 1.700 GWh/a<sup>58</sup> auf 2.200 GWh/a zu steigern. In den Raumordnungsplänen sollen durch eine abschließende flächendeckende Planung die erforderlichen Flächen dafür gesichert werden. Dabei sollen für notwendige Ausweisungen neuer Flächen wegen der allgemein hohen Siedlungsdichte im Freistaat Sachsen u. a. technogene Vorbelastungen berücksichtigt werden, z. B. Kraftwerke, Industrieanlagen im Außenbereich, Bergbaufolgelandschaften des Braunkohlebergbaus und Konversionsflächen. Dies dient sowohl der Bereitstellung von Investitionsstandorten als auch dem Schutz der Bevölkerung und der Kulturlandschaften vor einem ungeordneten Zubau.

In Abbildung 14 sind für die einzelnen erneuerbaren Energieträger der gegenwärtige Stand der Stromerzeugung und die Potenziale, die für die nächsten zehn Jahre als realistisch angesehen werden, zusammengestellt.



**Abbildung 14:** Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, vorläufige Werte für das Jahr 2012 und Potenziale

<sup>58</sup> vorläufiger Wert für das Jahr 2012

Im Bereich der Wärmeenergieerzeugung ist der Anteil erneuerbarer Energien derzeit noch deutlich geringer als bei der Stromerzeugung. Die weitere Erschließung des vorhandenen Potenzials hat eine hohe Priorität, insbesondere auch, weil systemeigene Anforderungen und Restriktionen wie im Bereich der Stromerzeugung nicht vorhanden sind. Die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung – über das Maß der gesetzlichen Vorgaben hinaus – wird sowohl für die Beheizung/Klimatisierung von Gebäuden als auch für technologische Prozesse wesentlich von der Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit der verfügbaren Technologien abhängig sein. Darüber hinaus ist es notwendig, private Verbraucher und Unternehmen durch Information und Motivation in ausreichendem Maße in die Lage zu versetzen, diese Technologien zu nutzen.

### Erdöl, Erdgas

Mineralöl ist der mit Abstand bedeutendste Energieträger in Deutschland. Das hauptsächliche Einsatzgebiet ist der Verkehrsbereich. In Sachsen werden rund 93 % des Energieverbrauches im Verkehr durch Mineralölprodukte gedeckt.

Angesichts der hohen Importabhängigkeit und der daraus resultierenden hohen und nicht kalkulierbaren Preisvolatilität ist es sinnvoll, den Einsatz von Mineralöl zu verringern. Das kann zum einen durch effizientere Anwendungen und damit einhergehende Reduzierung der Nachfrage und zum anderen durch den technologieoffenen schrittweisen Ersatz durch andere Energieträger erfolgen. Der Substitutionsprozess muss dabei kontinuierlich, jedoch mit Augenmaß und unter Berücksichtigung aller Nachhaltigkeitsaspekte gestaltet werden. So hat beispielsweise der Einsatz von Biokraftstoffen in Reinform oder als Beimischung zu Diesel- und Ottokraftstoffen den Kriterien der Wirtschaftlichkeit und einer umfassenden Umweltverträglichkeit zu genügen. Dazu gehört die Berücksichtigung von Auswirkungen u. a. in Bezug auf die Inanspruchnahme von Flächen, die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion, die Biodiversität (schädliche Auswirkungen von Monokulturen auf den Naturhaushalt) und die Veränderung von Naturräumen und Kulturlandschaften.

Mittelfristig wird Mineralöl allerdings ein notwendiger und wesentlicher Energieträger in Deutschland und Sachsen bleiben.

Erdgas hat eine zentrale Bedeutung für die Wärmeenergieerzeugung in Industrie und Haushalten. Deutschlandweit wird der Energieträger zu rund 85 % aus Importen und zu 15 % aus einer Förderung im Inland bereitgestellt<sup>59</sup>. Der Anteil der Inlandsförderung hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich abgenommen. Die VNG, die als das wichtigste sächsische Unternehmen die Versorgung auf der Verbundebene in Sachsen maßgeblich absichert, bezieht Erdgas aus Russland, Norwegen und Deutschland sowie über den kurzfristigen Einkauf am europäischen Spot- und Terminmarkt.

Der Abschluss langfristiger Lieferverträge, die Diversifizierung des Bezuges auf unterschiedliche Lieferanten und eine angemessene Vorratshaltung garantieren eine sichere und zuverlässige Versorgung mit Erdgas auch für die Zukunft. Weniger kalkulierbar ist die Preisgestaltung. In den vergangenen zehn Jahren sind die Grenzübergangspreise für den Bezug von Erdgas (ohne Steuern) gegenüber einem relativ konstanten Niveau seit 1990 um das Zweieinhalb- bis Dreifache angestiegen. Tendenziell ist zukünftig von einer weiteren Zunahme der Höhe und der Volatilität des internationalen Gaspreises auszugehen. Die Einbeziehung der Preisentwicklung auf dem freien Gasmarkt in die Lieferverträge (z. B. anhand eines repräsentativen Marktpreisindex) kann dazu beitragen, die Gaspreise sowohl für die Produzenten als auch für die Endkunden marktnah und transparent zu gestalten. Insgesamt hat die schon in den vergangenen Jahren zu beobachtende Entkopplung der Gaspreisentwicklung von der Ölpreisentwicklung weiter und nachhaltig Bestand.

<sup>59</sup> BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE, Aufkommen und Export von Erdgas, Eschborn, 2011, <http://www.bafa.de/>, Zugriff 26.09.2011

Die Sächsische Staatsregierung ist der Auffassung, dass Erdgas auch zukünftig eine wesentliche Rolle für die Gewährleistung einer nachhaltigen Energieversorgung spielen wird. Dafür sprechen insbesondere die absehbar gesicherte Verfügbarkeit, die Umweltfreundlichkeit und die breite technologische Einsatzfähigkeit des Energieträgers. Die Sächsische Staatsregierung unterstützt daher den geplanten Ausbau der Transportkapazitäten durch den Bau von Erdgasinterkonnektoren an der deutsch-polnischen und deutsch-tschechischen Grenze. Aktuell wird davon ausgegangen, dass Erdgas in den Bereichen der Wärmebereitstellung, der Mobilität und der dezentralen Stromerzeugung in KWK-Anlagen am effektivsten einen Beitrag für ein zukunftsfähiges Energiesystem leisten kann. Eine umfangreiche Stromerzeugung in zentralen Grundlastkraftwerken auf Erdgasbasis ist unter den derzeitigen Rahmenbedingungen aus Sicht der Sächsischen Staatsregierung nicht zielführend.

### Infrastruktur und Speicher

Hohe Anforderungen an die Effizienz, die Liberalisierung der Energiemärkte und der zunehmende Anteil erneuerbarer Energien sind neue Herausforderungen für die Netzinfrastuktur. Davon sind insbesondere die Stromnetze betroffen. Die Aufnahme und Verteilung der zunehmend variabel und dezentral bereit gestellten elektrischen Energie erfordert eine neue Qualität für die Struktur und den Betrieb der Netze. „Intelligente Netze“ (smart grids) bieten dafür den geeigneten Ansatzpunkt. Sie sind die Grundlage dafür, um dezentrale Erzeugungsanlagen in ein funktionierendes System einzubinden, das Management von Angebot und Nachfrage zu optimieren und dabei vielfältige und unterschiedliche Energiespeicher einschließlich mobiler Verbraucher bedarfsgerecht zu steuern.

Der Bedarf für eine Anpassung der Verteil- und Übertragungsnetze ist hoch. Die Elektrizitätsnetzbetreiber in Sachsen gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2020 ca. 270 km Hochspannungsleitungen, ca. 2.060 km Mittelspannungsleitungen und ca. 940 km Niederspannungsleitungen<sup>60</sup> um- bzw. ausgebaut werden müssen. Darin inbegriffen sind technisch notwendige Modernisierungen. Mit der Weiterentwicklung der bestehenden Netze zu intelligenten Netzen besteht die Möglichkeit, Nachfrage und Angebot von Energie zu harmonisieren und den erforderlichen Netzausbau damit zu verringern.

Neben der technischen Weiterentwicklung der Netze sieht die Sächsische Staatsregierung einen diskriminierungsfreien, angemessenen und bezahlbaren Zugang zu diesen Netzen für alle Anbieter als Grundvoraussetzung für die Zukunftsfähigkeit des Energiesystems. Die Regulierung der Netzentgelte durch die Landesregulierungsbehörde und die Bundesnetzagentur hat in der Vergangenheit zu einer Senkung der Netzkosten geführt. Strom- und Gaspreiserhöhungen konnten damit zumindest in ihren Auswirkungen gemildert werden. Instrumente wie die Anreizregulierung der Netzentgelte, der erleichterte Netzanschluss für neue Kraftwerke und eine verstärkte Aufsicht gegen Missbrauch sind im Interesse eines effizienten Energiemarktes weiter zu entwickeln und zu etablieren.

Insbesondere die in hohem Maße volatile Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie erfordert zusätzlich zum Netzausbau die Entwicklung von großtechnischen, wirtschaftlichen Speichern und die Bereitstellung von Regelenergie. Technisch reif und erprobt sind vor allem Pumpspeicherwerke. Dafür gibt es auch in Sachsen geografische Voraussetzungen. Eine weitere Option besteht in der Vernetzung von Strom- und Gasnetzen zur Speicherung von Stromüberkapazitäten. Das vorhandene Erdgasnetz mit den angeschlossenen Gasspeichern verfügt im Gegensatz zum Stromnetz über eine hohe Speicherkapazität. Technologien wie die Erzeugung und Einspeisung von Wasserstoff und synthetischem Methan (Power to Gas) bzw. Methan aus Biogas in das Erdgasnetz und die Rückverstromung mit hohem elektrischen Wirkungsgrad (Gas to Power) bieten eine Möglichkeit, diese Kapazitäten zu

<sup>60</sup> BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT e.V., Ausbaubedarf der Verteilnetze für Elektroenergie infolge des Erneuerbare-Energien-Gesetzes in Sachsen 2020, <http://www.bdew.de/>, Zugriff 10.04.2012

nutzen. Durch zielgerichtete Forschung und Entwicklung sind die Potenziale und die Grenzen derartiger Technologien zu eruieren.

Wärmespeicher sind ein weiterer wesentlicher Bestandteil einer zukunftsfähigen Energieversorgung. Das Überangebot an solarer Wärme im Sommer, aber auch an industrieller Abwärme, stellt ein erhebliches Potential für die Wärmeversorgung im Winter dar. Technologien zur verlustarmen und wirtschaftlichen Langzeitwärmespeicherung müssen entwickelt, erprobt und zur breiten Anwendung gebracht werden. Im Freistaat Sachsen werden derzeit dazu technologisch umsetzbare und wirtschaftlich effiziente Projekte in solar beheizten Gebäuden realisiert. Die Ausweitung von Speichermöglichkeiten auf Nahwärmeinseln oder die Nutzung von Abwärme sind weitere Schritte, um die zeitliche Diskrepanz zwischen Bereitstellung und Bedarf an Wärmeenergie zu überbrücken und das Energiesystem damit effizient zu gestalten.

Die Sächsische Staatsregierung ist der Ansicht, dass eine breite gesellschaftliche Akzeptanz notwendige Voraussetzung für den erforderlichen Ausbau der Energie-Infrastruktur ist. Diese Akzeptanz muss in einem kontinuierlichen und systematischen Prozess hergestellt werden.

### Energiebörse

Die Sächsische Staatsregierung verfolgt das Ziel, der Energiebörse EEX auch in den europäischen Entwicklungen den maßgebenden Stellenwert zu sichern. Mit der Einführung des European Electricity Index (ELIX) und des European Gas Index (EGIX) wurde ein Marktpreis bzw. Referenzpreis für elektrische Energie bzw. Erdgas in einem integrierten europäischen Binnenmarkt geschaffen. Der EGIX kann zukünftig dazu beitragen die Gaslieferverträge marktpreisnah zu gestalten. Als Versteigerungsplattform von CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen in Deutschland sowie die Vermarktung von EEG-Strom über die Schwesterbörse EPEX Spot in Paris, soll die EEX einen wichtiger Beitrag zur marktnahen Umsetzung europäischer und nationaler Energie- und Klimaziele leisten.

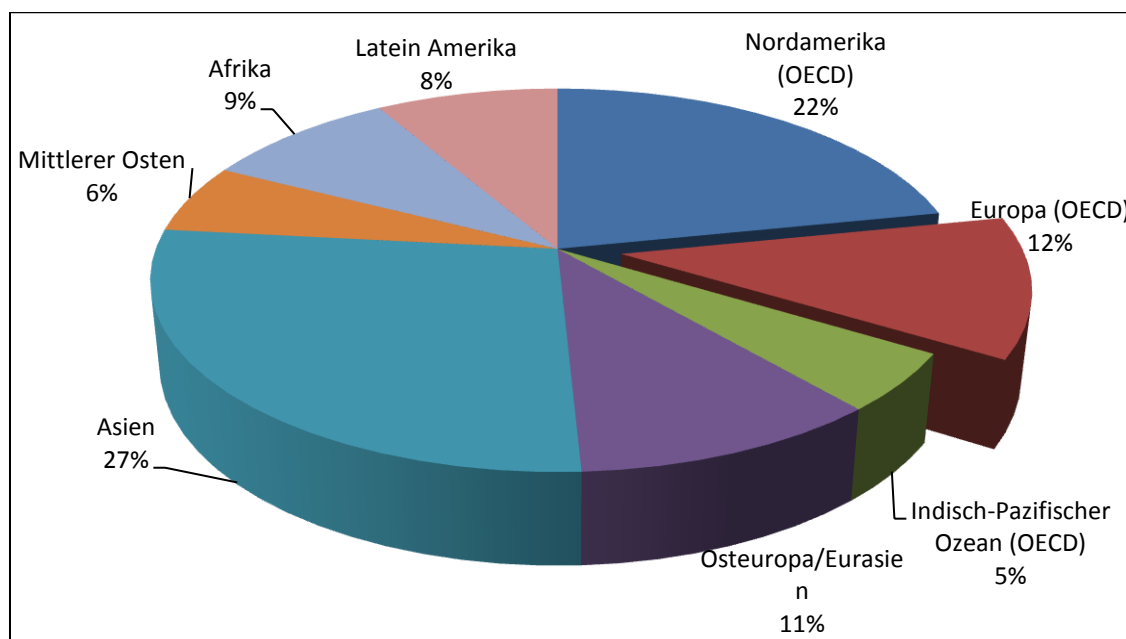
Die Sächsische Staatsregierung hat das Ziel, das System der Energieversorgung so zu gestalten und weiterzuentwickeln, dass die gleichermaßen sichere, wirtschaftliche, umwelt- und sozialverträgliche Bereitstellung von Energie zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden kann. Die wesentlichen Elemente dieses Systems wie der Mix der Energieträger, die Infrastruktur und die zur Verfügung stehenden Marktinstrumente müssen dieser Anforderung entsprechen. Dazu sollen in den nächsten zehn Jahren:

- ✓ die Option einer zukunftsfähigen energetischen (und stofflichen) Nutzung der heimischen Braunkohle gesichert werden,
- ✓ der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch auf 28 % steigen,
- ✓ die in Abbildung 14 dargestellten Potenziale für erneuerbare Energien erschlossen werden,
- ✓ der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch (ohne Strom) zunehmen,
- ✓ der Um- bzw. Ausbau der Netze zur Übertragung und Verteilung von Strom und Gas zeitnah und effizient erfolgen,
- ✓ Potenziale zur Speicherung von Strom und Wärme systematisch erschlossen werden,
- ✓ die Energiebörse EEX einen wichtigen Beitrag zur Transparenz des Energiemarktes leisten.



### 3.2.3. Energietechnologien bereitstellen

Eine zukunftsfähige Energiewirtschaft erfordert langfristig neue Strukturen für die Erzeugung und Verteilung von Energie. Dazu muss die entsprechende technologische Basis entwickelt werden. Innovative Energietechnologien sind die Voraussetzung dafür, dass der für eine Energiedienstleistung notwendige Energieverbrauch weiter gesenkt werden kann, dass die Nutzung fossiler Energieträger mit den Anforderungen des Umweltschutzes vereinbar wird und dass nicht fossile Energieträger die tragende Säule einer sicheren, leistungs- und wettbewerbsfähigen Energieversorgung sein können. Darüber hinaus haben Energietechnologien weltweit ein Marktpotenzial mit überdurchschnittlichen Wachstumschancen. Die Zunahme des Energiebedarfs in den Schwellen- und Entwicklungsländern und die Notwendigkeit, diesen Bedarf mittel- und langfristig aus nicht-konventionellen Quellen bereit zu stellen, ist mit einer steigenden Nachfrage nach neuen, effizienten Energietechnologien verbunden. Der World Energy Outlook 2012 der Internationalen Energieagentur gibt für den Zeitraum von 2012 bis 2035 für das Hauptszenario weltweit einen kumulierten Investitionsbedarf für die Energieversorgungs-Infrastruktur in Höhe von 37 Billionen US-Dollar<sub>2011</sub> an (Abbildung 15). Das ist ein deutlicher Anstieg gegenüber der Prognose, die von der Internationalen Energieagentur drei Jahre zuvor erstellt wurde<sup>61</sup>. Der Freistaat Sachsen als traditionsreiches Energie- und Technologieland hat die Voraussetzung, um an dieser Entwicklung teilzuhaben. Bereits heute profitieren sächsische Unternehmen, die in den Bereichen erneuerbare Energien sowie innovative energieeffiziente Prozesse und Produkte technologisch führend tätig sind, zunehmend von der deutschlandweit und international steigenden Nachfrage.



*Abbildung 15: Kumulierter Investitionsbedarf (Hauptszenario) für die Energieversorgungs-Infrastruktur 2012 – 2035<sup>62</sup>*

Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Energietechnologien ist von daher ein zentrales strategisches Element nachhaltiger Energie- und Wirtschaftspolitik. Die politischen Rahmenbedingungen, die für den technologischen Innovationsprozess gesetzt werden, entscheiden mit darüber, ob und unter welchen Bedingungen die Energiewirtschaft zukunftsfähig gestaltet werden kann und welchen Anteil daran sächsische Unternehmen

<sup>61</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, S.73 ff, Paris, 2012

<sup>62</sup> INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, S.73 ff, Paris, 2012

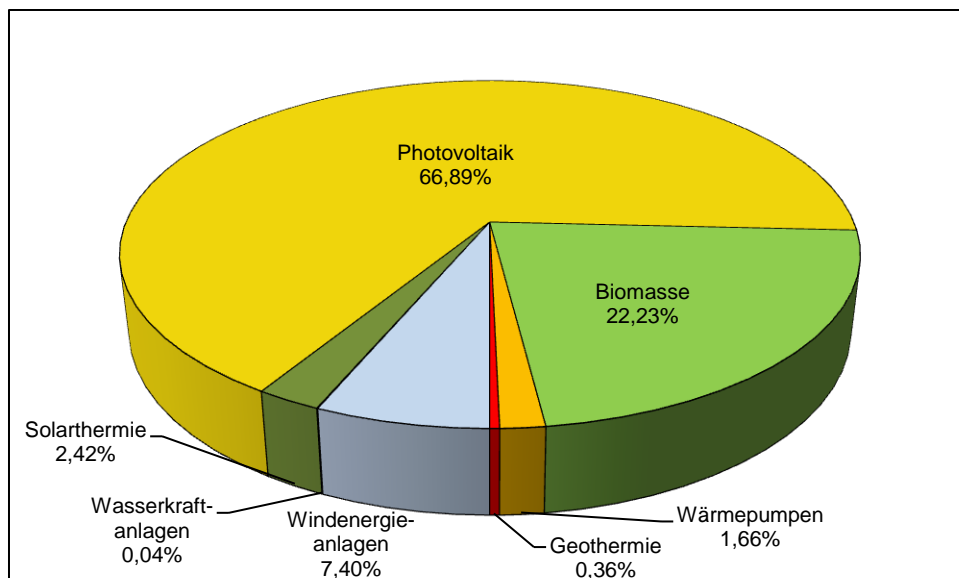
haben werden. Das gilt insbesondere auch angesichts der hohen Importabhängigkeit von Deutschland und Europa in Bezug auf die Versorgung mit Energierohstoffen.

Energieforschung, die den Erfordernissen einer nachhaltigen Energie- und Wirtschaftspolitik genügen soll, muss langfristig angelegt, leistungsstark, flexibel und anwendungsorientiert sein. Das beinhaltet auch den Grundsatz der Technologieneutralität. Die Gewährleistung einer bedarfsgerechten und umweltverträglichen Energieversorgung gehört sowohl technisch als auch wirtschaftlich zu den großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Es ist notwendig, dafür alle zur Verfügung stehenden technologischen Optionen offen zu halten. Das Wissen darüber, ob und in welchem Maße eine Technologie das Potenzial hat, zu einer zukunftsfähigen Energiewirtschaft beitragen zu können, unterliegt zeitlichen Veränderungen. Technologieoffene Energieforschung ist eine notwendige Voraussetzung, um die Herausforderungen bewältigen zu können.

Sowohl die Anforderungen an eine zukunftsfähige Energiewirtschaft als auch die Auswirkungen energiepolitischer und energiewirtschaftlicher Entscheidungen sind nicht nur aus regionaler bzw. nationaler Perspektive zu analysieren. Sie stehen in einem globalen Zusammenhang. Das betrifft in einem besonderen Maße auch die Energieforschung. Eine zunehmende überregionale, europäische und internationale Kooperation bei der Entwicklung und Markteinführung von Energietechnologien ist zwingende Voraussetzung, wenn die anspruchsvollen Ziele der Energiepolitik erreicht werden sollen. Darüber hinaus stärkt eine zielgerichtete Forschungs- und Entwicklungszusammenarbeit die Position der Energietechnologie-Unternehmen im globalen Wettbewerb. Das ist insbesondere für die mittelständisch geprägten sächsischen Unternehmen von hoher Bedeutung.

Energieversorgung ist eine zentrale Aufgabe der staatlichen Daseinsvorsorge. Sie wird in Deutschland von der privaten und der kommunalen Wirtschaft wahrgenommen. Die Erforschung und Entwicklung von Energietechnologien liegt vorrangig in der Verantwortung der Wirtschaftsakteure. Sie müssen sich im Wettbewerb behaupten und tragen in diesem Zusammenhang unmittelbar sowohl die Risiken als auch den Nutzen aus dem Innovationsprozess. Aufgabe des Staates ist es, Rahmenbedingungen zu schaffen, die einen effizienten Innovationsprozess ermöglichen. In diesem Zusammenhang ergibt sich für den Staat – anders als in anderen Wirtschaftsbereichen – aus der Pflicht zur Daseinsvorsorge eine besondere eigene Verantwortung für die Energieforschung. Diese Verantwortung resultiert zum einen aus der grundlegenden Bedeutung der Energieversorgung für das Funktionieren einer hoch entwickelten Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft und zum anderen aus systemeigenen Besonderheiten der Energiewirtschaft, wie eine kapitalintensive materiell-technische Basis, ein stark vernetztes, technologisch und organisatorisch anspruchsvolles System und lange Zeithorizonte technologischer Innovationszyklen.

Die Sächsische Staatsregierung unterstützt und fördert die Forschung und Entwicklung im Bereich der Energietechnologien sowohl durch die zielgerichtete Profilierung der Hochschulen als auch durch themenspezifische Zuwendungen für außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und durch anteilige Finanzierung von Projekten der Grundlagen- und der angewandten Forschung sowie zur Errichtung von Demonstrationsanlagen. Der Umfang der dafür bewilligten Mittel ist seit dem Beginn der Förderung kontinuierlich angestiegen. Allein für die Projektförderung im Bereich der erneuerbaren Energien betrug die Fördersumme bis 2012 rund 106 Millionen Euro (Abbildung 16). Weitere rund 70 Millionen Euro wurden für die Entwicklung von innovativen Produkten und Verfahren auf dem Gebiet der Energieeffizienz bereitgestellt. Im Vergleich der Bundesländer nimmt Sachsen damit einen vorderen Platz ein.



**Abbildung 16:** Aufteilung der Fördermittel (Projektförderung) 1992 bis 2012 für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien.

Die Sächsische Staatsregierung hat das Ziel, die Marktchancen innovativer Energietechnologien in einem bedeutenden Maße für die sächsische Wirtschaft zu nutzen. Dazu sollen in den nächsten zehn Jahren:

- ✓ die Leistungsfähigkeit der Energieforschung auf hohem Niveau erhalten und ausgebaut und
- ✓ die Wettbewerbsfähigkeit und Exportkraft der Industriebranche „Energie“ gefestigt und gestärkt werden.

## Klimaprogramm

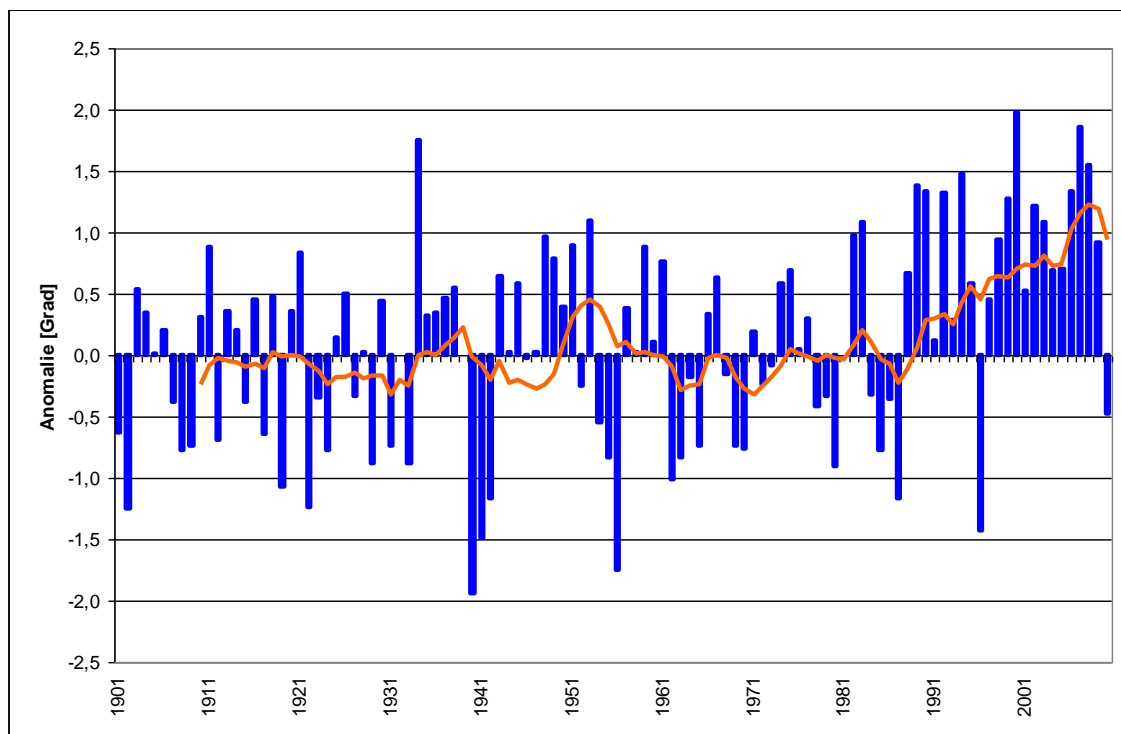
### 4. Ausgangslage

#### 4.1. Klimaentwicklung in Sachsen

Der globale Klimawandel ist auch in Sachsen spürbar. Die Auswertung der Zeitreihen meteorologischer Daten dokumentiert die schrittweise Veränderung von Temperatur, Niederschlag oder Sonnenscheindauer.

##### 4.1.1. Bisherige Klimaentwicklung in Sachsen

Die meteorologischen Beobachtungsdaten für den Freistaat Sachsen weisen ab Ende der 1980er Jahre einen deutlichen Anstieg der langjährigen Jahresmitteltemperatur auf, wobei sich zum Ende des 20. Jahrhunderts die warmen Jahre zu häufen beginnen (Abbildung 17). Die Dekade 2000-2009 ist regional die wärmste, nach der Dekade 2001-2010 global die zweitwärmste Dekade seit Beginn instrumenteller Messungen. Das ist nicht selbstverständlich, denn im regionalen Maßstab kann sich der Temperaturtrend beim Verlauf sowie bei der Betrachtung von Einzeljahren deutlich vom globalen Trend unterscheiden. Einerseits ist aufgrund der Lage Sachsens im Übergang von maritimem zu kontinentalem Klima eine hohe zwischenjährliche Variabilität typisch, andererseits ergeben sich die regionalen Konsequenzen der globalen Erwärmung für das Klima in Sachsen aus den Veränderungen der Westwinddrift und der in ihrer Höhenströmung eingebetteten Strahlströme (Jet-Streams).



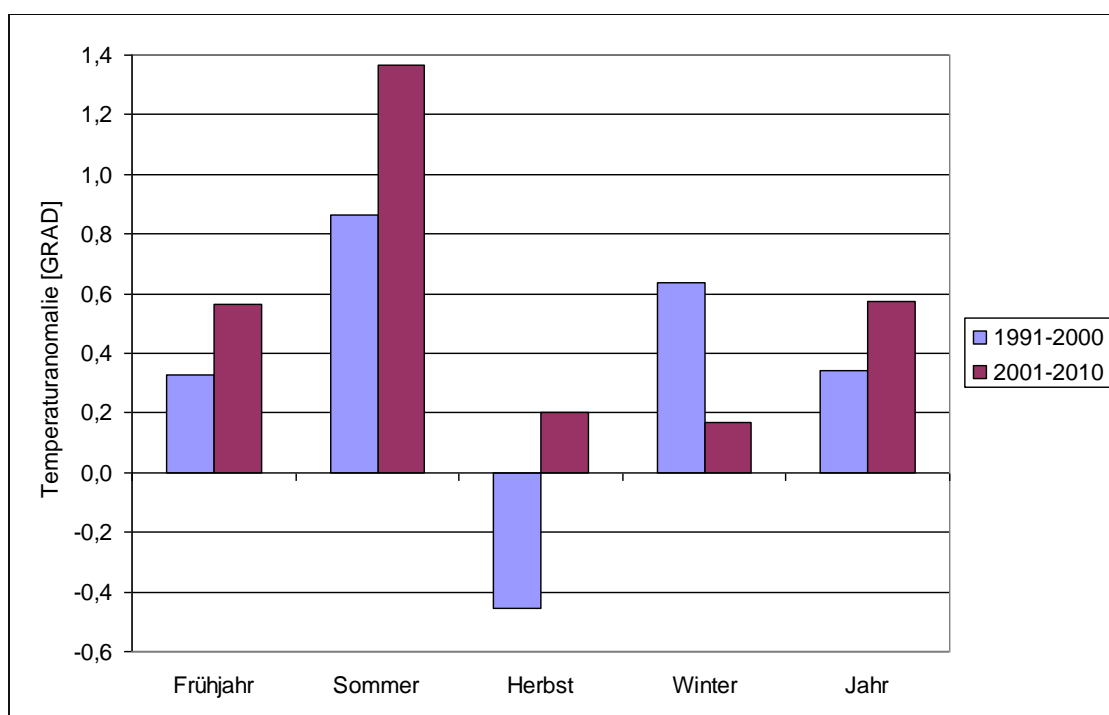
*Abbildung 17: Anomalie und dekadische Variabilität der Jahresmitteltemperatur 1901 – 2010 im Raum Dresden (Referenzperiode 1961 - 1990 mit der Jahresmitteltemperatur 8,6 °C für Dresden-Klotzsche)<sup>63</sup>*

Die Erwärmung in Sachsen schritt in den Dekaden 1991 - 2000 und 2001 - 2010 weiter voran, wobei die Jahreszeiten unterschiedlich zum Anstieg der Jahresmitteltemperatur beigetragen haben. An der Station Görlitz beispielsweise (Abbildung 18) war der Herbst im Mittel 1991 - 2000 im Vergleich zu 1981 - 1990 um über 0,4 Grad kühler, von 1991 - 2000 zu

<sup>63</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, eigene Auswertung auf Grundlage der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), 2011

2001 - 2010 folgte dagegen ein Temperaturanstieg von über 0,6 Grad. Wie in Görlitz zeigen sich im Zeitraum 1981 bis 2010 in ganz Sachsen über alle Jahreszeiten Trends der Temperaturzunahme. Schwankungen und Änderungen in der atmosphärischen Zirkulation werden den regionalen und zeitlichen Verlauf des generellen Erwärmungstrends in Sachsen weiterhin wesentlich prägen. Die in den letzten Jahrzehnten beobachtete dekadische Erwärmung von ca. 0,35 Grad/ Dekade liegt bereits am oberen Rand der Spannweite aller für Sachsen vorliegenden, regionalen Klimaprojektionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts.

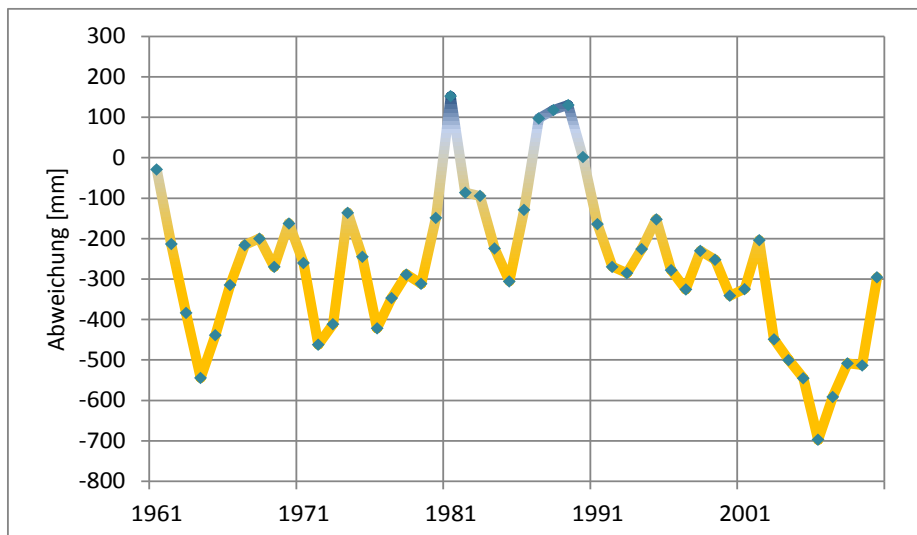
Aus dem Temperaturanstieg resultierende Veränderungen in der Atmosphäre lassen die Zunahme extremer Witterung und Wetterereignisse wie Starkniederschläge, Trockenperioden, Stürme, Hitzetage, Hagel, Tornados, aber auch äußerst milde Winter und verkürzte Frühjahre wahrscheinlicher werden. Indizien dafür sind in den letzten zehn Jahren u. a. die Hochwässer 2002, 2006 und 2010, die Dürresommer 2003 und 2006, der Sturm Kyrill 2007, die Temperaturextreme des 12-Monatsmittels von 07/2006 bis 06/2007, die Hitzewelle 2010, der Tornado in Nordsachsen Pfingsten 2010, der Niederschlagsrekord für den Zeitraum Juli bis September 2010 und die Rekordschneehöhen im Dezember 2010.



**Abbildung 18:** Anomalie der Mitteltemperatur in den Dekaden 1991 - 2000 und 2000 - 2010 gegenüber der Referenzperiode 1981 - 1990 im Raum Görlitz<sup>64</sup>

Die Veränderungen des Niederschlags in Sachsen sind wesentlich schwieriger zu charakterisieren als die Temperaturänderungen. Im Zeitraum 1951 bis 2000 wurde bei insgesamt abnehmenden mittleren Jahresniederschlägen eine regional unterschiedlich ausgeprägte Tendenz der innerjährlichen Umverteilung des Niederschlages von den Sommer- in die Wintermonate erkennbar (Abbildung 19). Auffällig ist das Ausbleiben sehr hoher Jahresniederschläge von 1988 bis 2009, während 2003 fast gleichauf mit 1982 das absolute Minimum des Jahresniederschlages der letzten 50 Jahre registriert wurde.

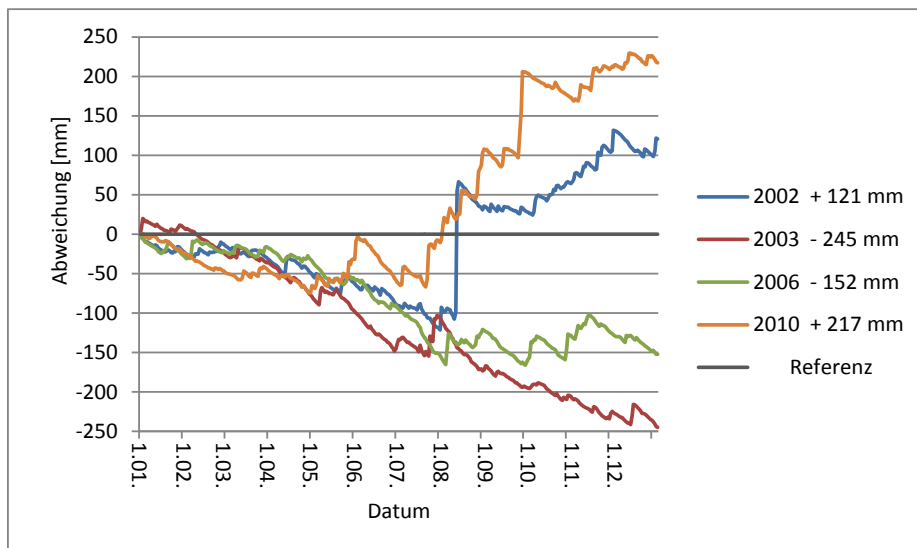
<sup>64</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, eigene Auswertung auf Grundlage der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), 2011



**Abbildung 19:** Abweichung des kumulierten Jahresniederschlages im Raum Dresden von 1961 bis 2010 im Vergleich zum mittleren kumulierten Jahresniederschlag 1961 - 1990<sup>65</sup>

Mit dem Jahr 2003 beginnt die Entwicklung hin zu einem Rekord-Niederschlagsdefizit der letzten 50 Jahre. In Sachsen ist vor dem Hintergrund der globalen Erwärmung eine weitere Zunahme sowohl der Dürreperioden als auch der Extremniederschläge nicht auszuschließen (vgl. Abbildung 19 und 20).

Im Sommer überlagert sich der Trend zu mehr Trockenheit mit dem episodischer Starkniederschläge. Die Dekade 2001 - 2010 wies Tendenzen der Verschärfung von Trockenheit und Dürre in der ersten Jahreshälfte und von überdurchschnittlichen Niederschlägen in der zweiten Jahreshälfte auf (Abbildung 20).



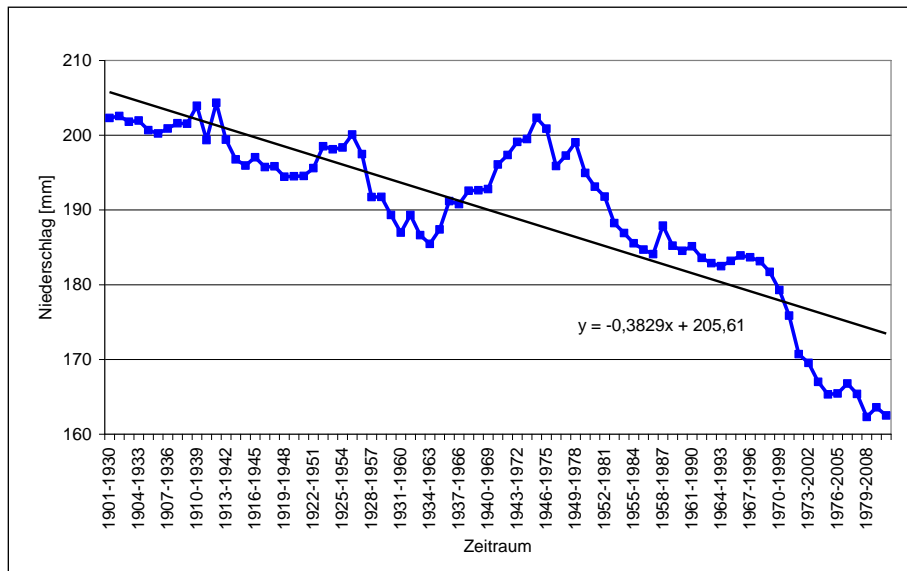
**Abbildung 20:** Abweichung des kumulierten Tagesniederschlages der feuchtesten und trockensten Jahre in der Dekade 2001 - 2010 im Vergleich zu 1961 - 1990 an der Station Dresden-Klotzsche<sup>66</sup>

In allen vier dargestellten Jahren lag das Niederschlagsdefizit Mitte Mai mehr als 50 mm unter dem Durchschnitt der Jahre 1961 - 1990, in den Jahren 2002, 2003 und 2006 Ende Juli sogar 100 mm darunter.

<sup>65</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, eigene Auswertung auf Grundlage der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), 2011

<sup>66</sup> wie vor

Die Niederschlagsmaxima der letzten 50 Jahre traten für Tages- bzw. 24h- Werte am 12./13. August 2002 und für die Niederschlagssumme der Vegetationsperiode 2 (Juli bis September) im Jahre 2010 auf. Die Sommerhalbjahre 2003 und 2006, das Frühjahr 2007, der Mai 2008 und die erste Jahreshälfte 2010, welche in Sachsen Trockenheit mit teilweiser Dürre brachten, scheinen die Tendenzen aus dem Zeitraum 1951 - 2000 zu bestätigen. Als kritisch zu bewerten ist die in ganz Sachsen zu beobachtende Niederschlagsabnahme in der Vegetationsperiode April bis Juni, zum Beispiel um rund 20 % an der Station Görlitz in den letzten 35 Jahren (Abbildung 21).

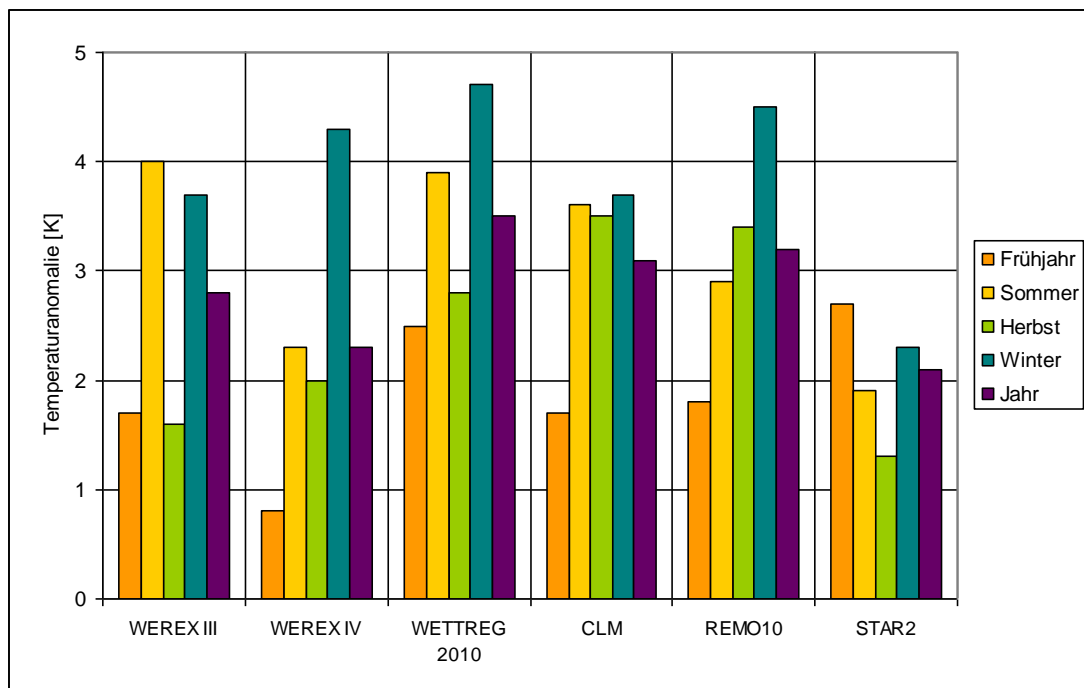


**Abbildung 21:** 30jährig gleitendes Mittel des Niederschlags in der Vegetationsperiode 1 (April bis Juni) an der Station Görlitz von 1901 – 2010<sup>67</sup>

#### 4.1.2. Zukünftige Klimaentwicklung in Sachsen

Die in allen Jahreszeiten zu beobachtenden Erwärmungstendenzen zeigen, dass die gegenwärtigen Veränderungen des Klimas in Sachsen schneller und stärker stattfinden als auf Basis der vorliegenden regionalen Klimaprojektionen bislang zu erwarten war. Markante Verschiebungen in den Wetterlagenhäufigkeiten sind Indizien für Umstellungsprozesse in der atmosphärischen Zirkulation. Sogenannte Troglagen, in Sachsen für Extremereignisse wie Überschwemmungen, Hitze aber auch Dürre und Kälteepisoden verantwortlich, traten in der Dekade 2001 - 2010 in einer noch nie zu beobachtenden Häufigkeit auf. Setzt sich diese Entwicklung fort, wird die nähere Klimazukunft von einem sich bereits abzeichnenden, erhöhten Potenzial für Unwetter und Extremereignisse betroffen sein. Dagegen wurden u. a. die für den Niederschlag in Sachsen bedeutsamen Nordwestlagen im Sommer seltener.

<sup>67</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, eigene Auswertung auf Grundlage der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), 2011

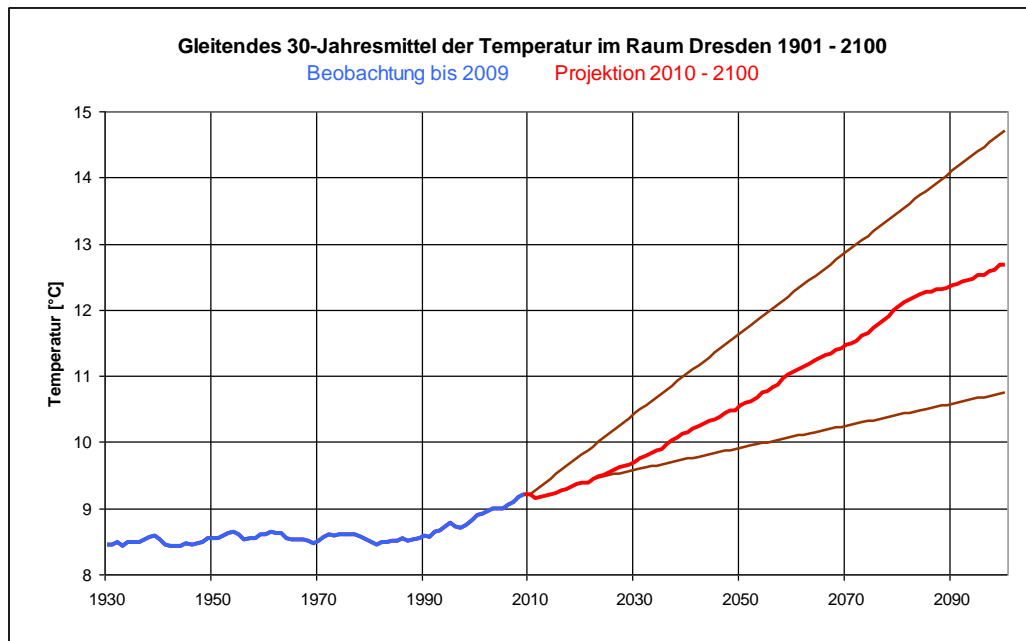


**Abbildung 22:** Projektion der Temperaturänderung in Sachsen 2071 - 2100 gegenüber 1961 - 1990 (STAR2: 2031 - 2060 gegenüber 1981 - 2000) von sechs regionalen Klimamodellen für das Emissionsszenario A1B (IPCC 2007)<sup>68</sup>

In Deutschland werden derzeit vier regionale Klimamodelle zur Erstellung regionaler Klimaszenarien eingesetzt: Die beiden dynamischen Modelle REMO und CLM sowie das statistische Modell STAR und das statistisch-dynamische Modell WETTREG bzw. die Sachsenvariante WEREX. Je nach Klimamodell und Emissionsszenario wird die regionale Erwärmung im 21. Jahrhundert für Sachsen unterschiedlich stark prognostiziert (Abbildung 22, 23). Die simulierten Trends der Lufttemperatur zeigen für alle regionalen Klimamodelle, dass etwa bis Mitte des Jahrhunderts keine markanten Unterschiede in der Temperaturerhöhung zwischen den Emissionsszenarien auftreten. Danach, d.h. zwischen 2050 und 2100 entwickelt sich die Temperaturerhöhung je nach Emissionsszenario sehr unterschiedlich. Derzeit steigen die jährlichen Treibhausgasemissionen global schneller als erwartet und liegen bereits oberhalb des vom IPCC angenommenen worst case-Szenarios (globale Erwärmung um bis zu 6,4 Grad bis 2100).

<sup>68</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Synopse beobachteter und projizierter Klimate für Sachsen auf der Basis deutscher statistischer und dynamischer Regionalmodelle (REGKLIM), Dresden, 2010



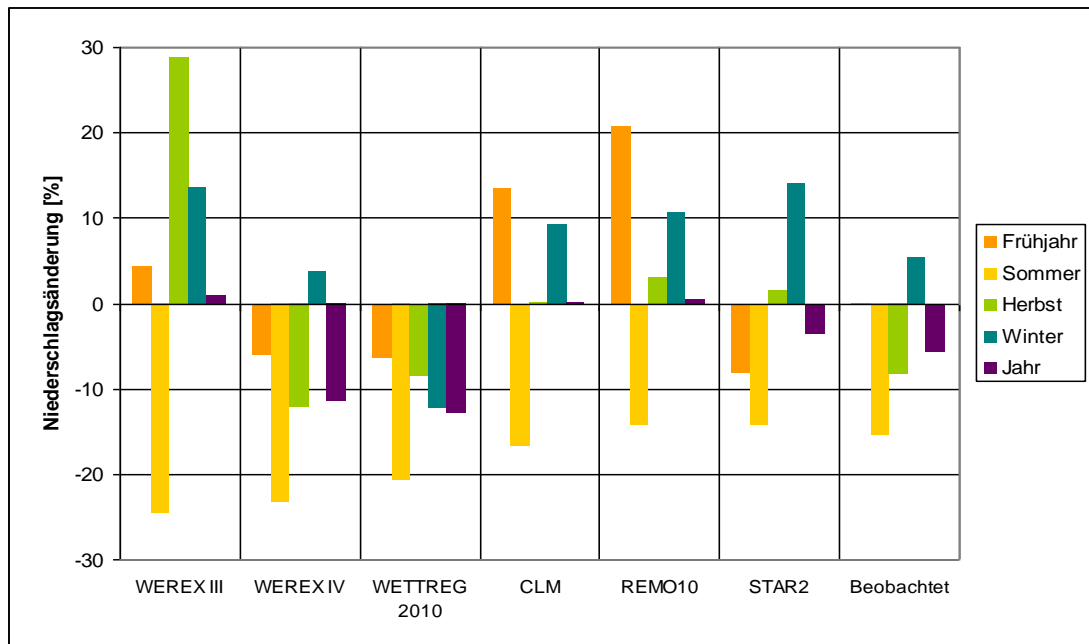


**Abbildung 23:** 30jährig gleitendes Mittel der bodennahen Lufttemperatur im Raum Dresden im Zeitraum 2010 bis 2100 mit einer Projektion für das Emissionsszenario A1B und einer Bandbreite der Temperaturänderung<sup>69</sup>

Ein Vergleich der verschiedenen für Sachsen vorliegenden regionalen Klimaprojektionen im Hinblick auf die saisonale Niederschlagsänderung (Abbildung 24) zeigt sowohl für den Winter als auch vor allem für den Sommer, dass im letzten Drittel des Jahrhunderts sehr markante Veränderungen gegenüber dem Kontrollzeitraum 1961 - 1990 zu erwarten sind. Besonders im Sommer wird mit einem starken Rückgang der Niederschläge um etwa 20 % sowie einer anschließenden Stabilisierung auf niedrigem Niveau gerechnet. Für den Winter sind die Projektionen der Niederschlagsänderung nicht einheitlich. Interessant ist darauf hinzuweisen, dass Phasen überdurchschnittlicher Niederschläge, die mehrere Jahrzehnte andauern können, immer wieder von Perioden mit normalen und unterdurchschnittlichen Niederschlagssummen unterbrochen werden können. Zur besseren Absicherung der Bandbreite möglicher Entwicklungen des Niederschlages in den Jahreszeiten besteht aber noch Forschungsbedarf. Aussagen zur weiteren Entwicklung der in jüngster Vergangenheit beobachteten extremen Wetterereignisse (Trockenperioden, Starkniederschläge) können aus den bisherigen Klimaprojektionen nur bedingt abgeleitet werden und weisen eine hohe Unsicherheit auf. Ungeachtet dessen ist bis Mitte des 21. Jahrhunderts eine signifikante Zunahme extremer Witterungssituationen zu erwarten, die sich bereits heute abzeichnet<sup>70</sup>.

<sup>69</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Daten: Deutscher Wetterdienst (DWD)1901-2009, Projektion 2010-2100 Umweltbundesamt/LfULG-WETTREG, Dresden, 2010

<sup>70</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Synopse beobachteter und projizierter Klimate für Sachsen auf der Basis deutscher statistischer und dynamischer Regionalmodelle (REGKLIM), Dresden, 2010



**Abbildung 24:** Projizierte prozentuale Niederschlagsänderungen verschiedener regionaler Klimamodelle 2071 - 2100 im Vergleich zu 1961 - 1990 sowie im Zeitraum 1901 - 2006 beobachteter Trend in Sachsen<sup>71</sup> (Projektion vom Globalmodell ECHAM5 Lauf 1, Emissionsszenario A1B bzw. bei WEREX III ECHAM4, Emissionsszenario A2, Referenzperiode 1981 - 2000, bzw. bei STAR Vergleichszeitraum 2031 - 2060 vs. 1981 - 2000)

#### 4.1.3. Klimaentwicklung in Sachsen – Wesentliche Trends

Sachsen weist seit fünf Jahrzehnten einen starken, im Jahrgang unterschiedlich ausgeprägten, Temperaturanstieg auf.

Die in Sachsen beobachteten Extremereignisse sind, im Einklang mit den derzeitigen Veränderungen in den atmosphärischen Zirkulationsmustern, bereits Indizien eines erhöhten Potentials für Extreme. Die Betroffenheiten sind regional unterschiedlich.

Der starke Rückgang des Niederschlages in Sachsen seit 1975 im Zeitraum April bis Juni (Vegetationsperiode 1) fällt im langfristigen Vergleich deutlich aus der natürlichen Variabilität heraus.

Regionale Klimaprojektionen unterschätzen die gegenwärtige Klimaänderung in Sachsen. Vor diesem Hintergrund ist die Interpretation der Projektionen anhand der Kriterien Plausibilität, Modellbandbreite und beobachteter Klimaentwicklung von zentraler Bedeutung.

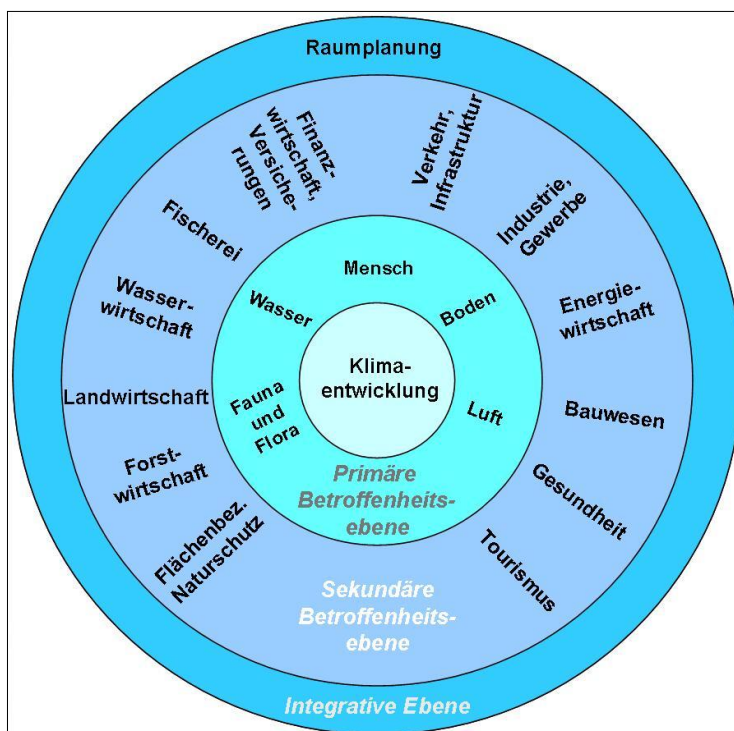
Mit den projizierten Rückgängen des Sommerniederschlages im 21. Jahrhundert wird Sachsen voraussichtlich von Dürre und Trockenheit im besonderen Maße betroffen werden. Der stärkste Rückgang ist in Regionen zu erwarten, die ohnehin wenig Niederschlag aufweisen.

<sup>71</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Daten: Deutscher Wetterdienst (DWD), REGKLIM (2008), Umweltbundesamt, eigene Darstellung, Dresden, 2011

## 4.2. Klimafolgen und Anpassung an den Klimawandel

Eine Anpassung an den bereits stattfindenden Klimawandel ist unumgänglich, zumal offen ist, ob die internationalen Anstrengungen zum Klimaschutz tatsächlich Erfolg haben werden. Die Folgen des Klimawandels sind in Sachsen bereits in vielfacher Weise erkennbar. Die Unsicherheiten in den Klimamodellen sowie die Trägheit des Klimasystems erfordern aufgrund der nicht mehr vermeidbaren Klimaänderungen Anpassungsstrategien, die auf sogenannten „no regret“-Maßnahmen gründen, d.h. auf Maßnahmen, die auch dann sinnvoll sind, wenn der Klimawandel sich vor Ort stärker oder schwächer auswirkt als projiziert. Natur und Gesellschaft besitzen in den einzelnen Bereichen gegenüber dem Klimawandel nicht nur sehr unterschiedliche Verwundbarkeiten (Vulnerabilitäten), sondern auch eine jeweils unterschiedliche Anpassungsfähigkeit an veränderte Rahmenbedingungen.

Direkte Folgen der aktuellen Klimaveränderung zeigen sich zunächst bei den Schutzgütern Boden, Wasser sowie Natur und Landschaft durch eine Beeinflussung ihrer Funktionen als Teil des Ökosystems. Darüber hinaus ist auch der Mensch unmittelbar von Klimafolgen betroffen. Aus diesen Folgen leiten sich über vielfältige Zusammenhänge weitere Folgen für gesellschaftliche Bereiche ab (Abbildung 25). Diese sind von besonderer Bedeutung, wenn die Bereiche über hohe Flächenanteile verfügen oder eine hohe Verwundbarkeit aufweisen wie die Land- und Forstwirtschaft, die Wasserwirtschaft oder der Siedlungsraum mit seiner technischen und sozialen Infrastruktur, Gebäuden und wirtschaftlichen Strukturen (Gewerbe, Industrie, Tourismus).



**Abbildung 25:** Übersicht der von den Auswirkungen des Klimawandels betroffenen Bereiche<sup>72</sup>

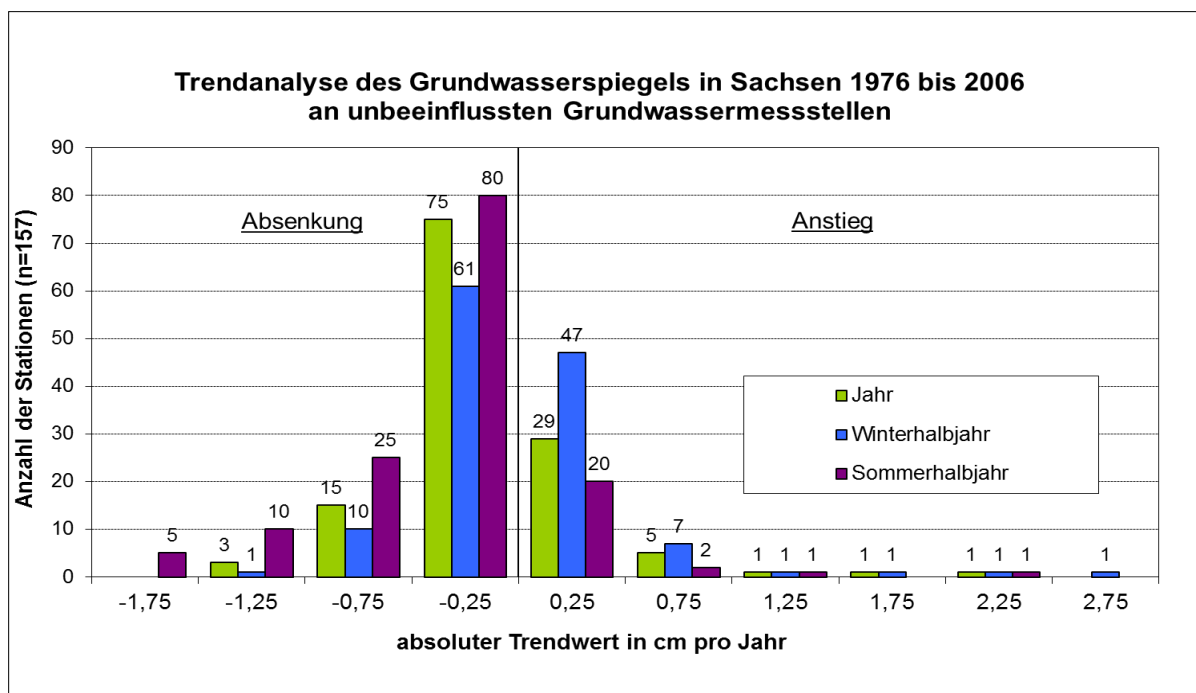
Die wichtigsten Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedene Bereiche und die entsprechenden Reaktionen werden nachfolgend aufgezeigt.

<sup>72</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, nach Bernhofer, C. et al., Analyse zum Handlungsbedarf im Bereich Klimaanpassung. Studie im Auftrag des LfULG, S. 13, Dresden, 2008

### Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Die Ressource Wasser ist in mehrfacher Hinsicht durch den Klimawandel betroffen. Einerseits sind Gewässer wichtige Lebensräume für Fauna und Flora und sichern natürliche Funktionen der Ökosysteme. Andererseits ist Wasser eine notwendige und unverzichtbare Ressource für die öffentliche Trinkwasserversorgung sowie für die Industrie, die Landwirtschaft oder die Energiewirtschaft. Wasser kann aber auch eine Gefahr darstellen, wenn durch Extremereignisse wie Starkniederschläge, Sturzfluten und Hochwasser die natürlichen und gesellschaftlichen Systeme beeinträchtigt werden. Von besonderer Relevanz sind die durch den Klimawandel zu erwartende signifikante Abnahme der Niederschläge im Sommerhalbjahr, eine erhöhte Verdunstungsrate durch steigende Temperaturen sowie vermehrt auftretende Extremereignisse wie Hochwasser und anhaltende Trockenperioden. Im Fokus laufender Forschungsprojekte stehen insbesondere die Wechselbeziehungen zwischen Landnutzung, Wasser, Boden, Natur und Klima, um die künftigen Auswirkungen des Klimawandels auf Grundwasserkörper und Oberflächengewässer besser abschätzen und Empfehlungen für eine angepasste Bewirtschaftung in Wasser-, Forst- und Landwirtschaft ableiten zu können.

Durch die Veränderung des Klimas und die daraus resultierende veränderte klimatische Wasserbilanz werden Qualität und Quantität von Grund- und Oberflächenwasser in Sachsen stark beeinflusst. Diese Auswirkungen werden sich insbesondere in Nord- und Ostsachsen, bemerkbar machen, wo für den Gebrauch von Wasser überwiegend Grundwasserressourcen genutzt werden. In Sachsen zeigen sich heute bereits an vielen weitgehend von menschlichen Aktivitäten unbeeinflussten Messstellen sinkende Grundwasserstände (Abbildung 26), die durch eine Verringerung der Grundwasserneubildung infolge abnehmender Niederschläge hervorgerufen werden. Diese Verringerung der Grundwasserneubildung verändert neben der Menge auch die Grundwasserqualität durch Aufkonzentration geogener und anthropogener Stoffe oder die Erhöhung der Grundwassertemperatur. In den Zuflüssen zu den sächsischen Talsperren, bei denen es sich meist um relativ unbeeinflusste Fließgewässer handelt, sind Veränderungen im Abflussverhalten erkennbar. Sie betreffen die seit etwa 20 Jahren beobachteten größeren Differenzen zwischen den Sommer- und Winterzuflüssen, ohne dass sich die Zuflüsse im Jahresmittel bisher signifikant verändert haben. Durch die allgemeine Temperaturerhöhung hervorgerufene nachweisliche Veränderungen im jährlichen Abfluss beeinflussen das thermische Schichtungsverhalten von Talsperren. Die künftig noch zu erwartenden klimawandelbedingten Abflussveränderungen werden die Speicher- und insoweit die Wasserabgabeleistungen der Talsperren nachhaltig beeinflussen, wobei Leistungseinbußen nicht ausgeschlossen werden können.



**Abbildung 26:** Beobachtete Veränderungen an unbeeinflussten Grundwassermessstellen in Sachsen

Im Rahmen des Projekts „Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den Einzugsgebieten der sächsischen Gewässer (KLIWES)“ werden grundlegende Auswirkungen des Klimawandels auf die sächsischen Gewässereinzugsgebiete (Oberflächen-, Boden- und Grundwasser) untersucht und Empfehlungen für an den Klimawandel angepasste regionalspezifische Bewirtschaftungsmaßnahmen in Wasser-, Forst- und Landwirtschaft erstellt. Die Ergebnisse bilden einen wichtigen Baustein zur Verbesserung der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und dienen gleichzeitig als Grundlage für Strategien und Maßnahmen zur Förderung des Wasserrückhalts in der Landschaft.

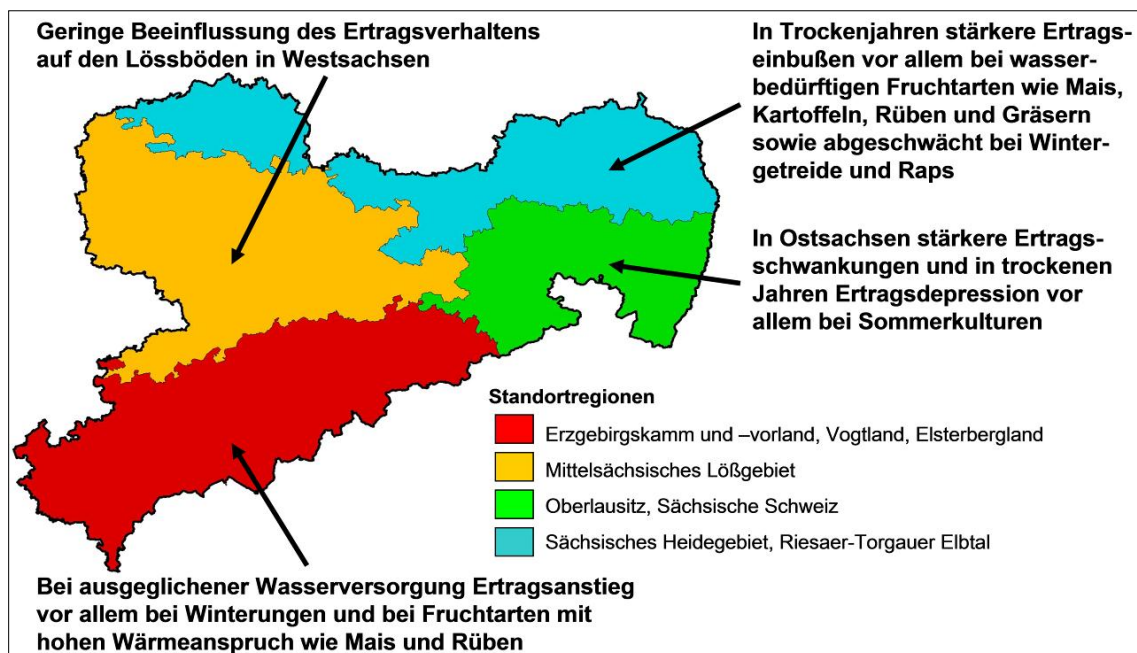
### Landwirtschaft

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die einzelnen Bereiche der Landwirtschaft sowie auf die Agrarökosysteme in Sachsen sind je nach Produktionszweig (Ackerbau, Gartenbau, Grünland und Futterbau, Tierproduktion, Fischerei) sehr unterschiedlich. Die Temperatur im Jahresverlauf und -durchschnitt, die Niederschlagshöhe und -verteilung, die Sonnenscheindauer sowie die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre sind die wesentlichen klimatischen Faktoren, die sich auf das Wachstum und den Anbau der Kulturpflanzen und die Agrarökosysteme auswirken. Hierbei bestehen vielfältige Wechselwirkungen.

Seit Mitte der 1950er-Jahre steigen die Erträge von Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Raps, Sommergerste, Silomais und Grünland deutlich an, wobei der Ertragszuwachs mittlerweile abnimmt. Der in den letzten Jahrzehnten beobachtete Klimawandel hat aber offenbar noch zu keinen ertragsmindernden Wirkungen geführt. Allerdings sinkt nahezu durchgängig die Ertragsstabilität. Dies stellt eines der Hauptprobleme dar. Grundsätzlich erhöht sich in ganz Sachsen die Verwundbarkeit der landwirtschaftlichen Produktion durch zunehmende Extremereignisse wie Überschwemmungen, Hitze und Dürreperioden, Hagel oder Früh- und Spätfröste, die v. a. seit Beginn dieses Jahrhunderts in ihrer Intensität zugenommen haben. Diese sind sehr stark standortabhängig, regional teilweise sehr stark differenziert und führen im Extremfall zu hohen oder kompletten Ertragsausfällen z. B. im Gemüse-, Obst- und Weinbau.

Hinsichtlich der zukünftigen Ertragsentwicklung in Sachsen gehen Studien im Falle einer moderaten Klimaänderung von relativ geringen Ertragsänderungen im langjährigen Mittel bis

2050 aus. Die stärksten negativen Auswirkungen sind künftig in Nord- und Ostachsen aufgrund der sandigen Böden und einer Abnahme der klimatischen Wasserbilanz zu erwarten. Dort werden Trockenjahre zu stärkeren Ertragseinbußen insbesondere bei wasserbedürftigen Kulturen wie Mais, Kartoffeln, Rüben und Gräsern führen. Stärkere Ertragschwankungen bis hin zu Ertragsausfällen sind in Trockenjahren vor allem bei Sommerkulturen zu erwarten. Im mittelsächsischen Lößgebiet mit sehr guten Böden sind dagegen nur geringe Veränderungen der Erträge zu erwarten. In den Mittelgebirgen und im Mittelgebirgsvorland werden bei ausgeglichener Wasserversorgung Ertragsanstiege vor allem bei Winterungen und bei Fruchtarten mit höheren Wärmeansprüchen (z. B. Mais und Rüben) möglich. Mit der erwarteten Zunahme von Extremereignissen könnten künftig aber zusätzliche Ertrags- und Ausfallrisiken in der Landwirtschaft auftreten (Abbildung 27).



*Abbildung 27: Potentielle Veränderungen durch den Klimawandel in den landwirtschaftlichen Standortregionen<sup>73</sup>*

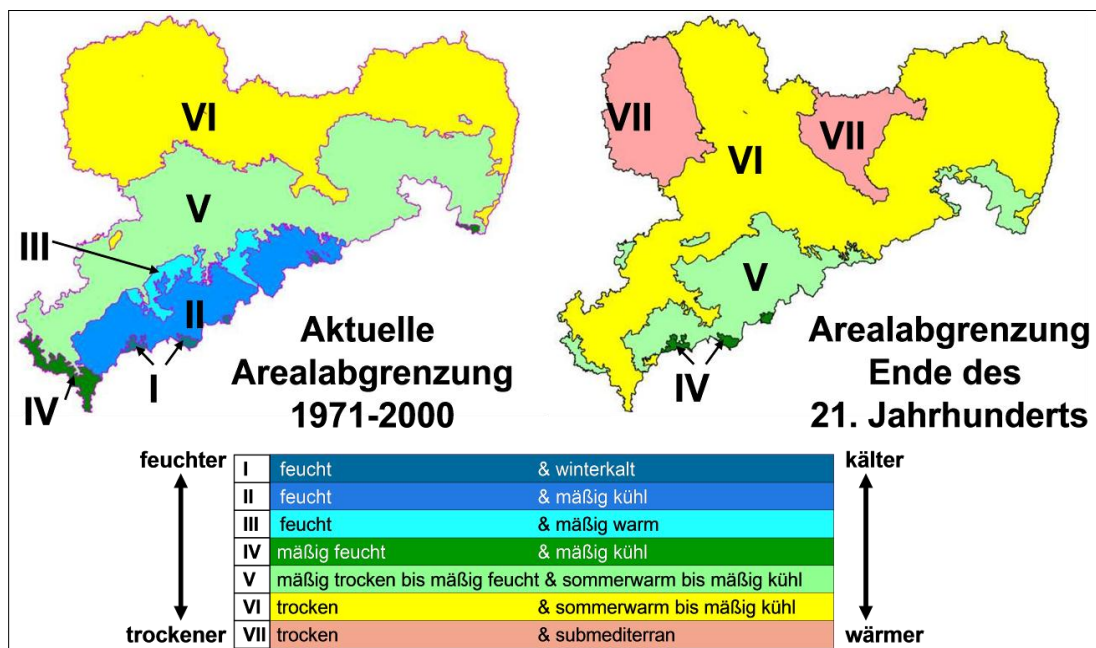
Eine ständige Weiterentwicklung von Sortenstrategie, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Nährstoffmanagement, Pflanzenschutz und betriebswirtschaftlichem Management trägt deshalb zu einer besseren Anpassung an den Klimawandel bei. Auch der Anbau hochproduktiver Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen in Energieholz(Kurzumtriebs)plantagen oder anderen Agroforstsystemen kann einen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel z.B. durch Erosionsminderung darstellen. Die „Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel“ aus dem Jahr 2009 bewertet die Folgen des Klimawandels in den einzelnen landwirtschaftlichen Produktionszweigen bis 2050, zeigt Reaktionsmöglichkeiten und Maßnahmen für einen langfristigen und erfolgreichen Anpassungsprozess auf und bietet dafür konkrete Unterstützung an.

Neben den unmittelbaren Folgen der Klimaentwicklung sind auch die indirekten Klimafolgen wie z. B. Veränderungen im Nährstoffhaushalt des Bodens für die landwirtschaftliche Produktion ausschlaggebend. Hieraus können sich einerseits direkte Auswirkungen auf die Erträge andererseits auch indirekte Auswirkungen durch Änderungen im Spektrum tierischer und pflanzlicher Schaderreger ergeben.

<sup>73</sup> ANNE CHRISTIN WUDTKE: Analyse des Einflusses des Klimawandels auf die Entwicklung der sächsischen Grundwasserstände – Diagnose und Projektion. Diplomarbeit, 2008

### Wald und Forstwirtschaft

Der Klimawandel verändert auch die Rahmenbedingungen der Forstwirtschaft in Sachsen entscheidend. Sein Ausmaß überschreitet mit hoher Wahrscheinlichkeit die Anpassungsfähigkeit heutiger Waldökosysteme. Die Kenntnis über direkte und indirekte Klimafolgen und Rückkopplungen zu Boden- und Wasserhaushalt ist besonders wichtig, da forstliche Anpassungsprozesse sehr viel Zeit benötigen und forstwirtschaftliche Entscheidungen aufgrund ihrer langfristigen Wirkung Risiken bergen. Die Veränderung der Temperatur und der Niederschläge führt zu einer Verschiebung der forstlichen Klimastufen (Abbildung 28), die entscheidend sind für die Baumartenverteilung und die Baumartenwahl. Die aktuellen Waldstrukturen zeigen bereits heute Reaktionen auf den beobachteten Klimawandel wie Vitalitätsverluste der Bäume (v. a. Fichte) und Trockenstress. Die Stabilität der heutigen Waldökosysteme wird durch den Klimawandel negativ beeinflusst.



**Abbildung 28:** Veränderungen der Arealbegrenzungen der forstlichen Klimastufen durch den Klimawandel (verändert nach Staatsbetrieb Sachsenforst)<sup>74</sup>

Bei der Stabilität der Waldökosysteme, der Baumartenverteilung und der Waldstruktur sind neben der durch den Klimawandel bedingten Verschiebung der artenbestimmenden Klimaareale in Sachsen vor allem Vitalitätsverluste der Fichte durch wiederholte Trockenperioden, verminderte Widerstandsfähigkeit der Baumarten gegenüber auftretenden Schadinsekten durch wiederholte Trockenperioden und stärkere Stürme, erhöhte Reproduktionsraten vorhandener sowie Einwanderung neuer Schadinsekten, Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung und Waldstruktur durch häufigere Massenvermehrungen der Schadinsekten sowie ein erhöhtes Waldbrand- und Sturmbruchrisiko zu beobachten.

Die Notwendigkeit langfristig vorausschauender Planung hat die Forstwirtschaft früh bewegen, eine Strategie der Anpassung und Risikominderung durch Risikostreuung zu verfolgen. Wichtigste forstwirtschaftliche Maßnahme ist der Waldumbau, schwerpunktmäßig im Landeswald auf einer Fläche von rund 1.300 ha im Jahr. Er sorgt für eine langfristige Anpassung und Stabilisierung der Waldökosysteme durch wärmeangepasste und trockenolerante Baumarten. Unterstützt werden diese waldbaulichen Planungen durch Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings zum Wald- und Bodenzustand. Parallel dazu

<sup>74</sup> SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT: Fortschrittsbericht der AG Klimafolgen für den Berichtszeitraum 2006/2007, S.29, 2007; ergänzt durch LfULG, Abt. Pflanzliche Erzeugung, 2010

wird die forstliche Ressortforschung auf die Klimafolgen sowie die Ableitung weiterer konkreter forstwirtschaftlicher Maßnahmen fokussiert.

Für eine erfolgreiche Anpassung der sächsischen Forstwirtschaft an den Klimawandel sind auch die privaten Waldbesitzer durch geeignete Instrumente wie praxisnahe Beratung, Förderung und Kooperationsmöglichkeiten anzusprechen und zur Mitwirkung zu bewegen.

### Natur und Landschaft

Erste Folgen des Klimawandels auf Natur und Landschaft sind auch in Sachsen bereits zu beobachten. Sie äußern sich u. a. in der Einwanderung wärmeliebender, südlich verbreiteter Arten, wie beispielsweise der Feuerlibelle. Als durch den Klimawandel gefährdet gelten solche Arten und Biotope, die auf nassen und/oder kühl-feuchten Standorten heimisch sind (z. B. montane Fichtenwälder, Birken-Moorwälder, Hochmoore). Langfristig bedroht sind auch die an hohe Berglagen angepassten Arten und Biotope, die bei temperaturbedingter Verschiebung der Höhenstufengrenzen nicht mehr weiter nach oben ausweichen können. Weitere zu erwartende Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft in Sachsen sind die Ausbreitung von Neobiota, Verluste an genetischer Vielfalt durch Verkleinerung der Populationen vor allem stenöker („sensibler“) Arten, Veränderungen in der Phänologie (Blühbeginn, Dauer der Vegetationsperiode, Spätfröste, Vogelzug, Brutzeiten), die Entmischung bisher bestehender Lebensgemeinschaften sowie die Entkopplung von Nahrungsnetzen. Allerdings sind die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Sachsen nur mit Unsicherheit vorherzusehen. Einerseits gibt es bisher noch keine systematischen, im Rahmen eines Monitorings erhobenen diesbezüglichen Daten. Andererseits ist die Reaktion sehr komplexer biologischer Systeme wie von Lebensgemeinschaften oder ganzer Ökosysteme auf den Klimawandel auch im Rahmen von Modellierungen nur mit Einschränkungen prognostizierbar.

Um die Erkenntnisse zu erweitern, werden die Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope in Sachsen seit 2005 untersucht, ein Monitoring Klimawandel und Biodiversität befindet sich in der konzeptionellen Entwicklung.

Anthropogene Beeinträchtigungen wie Landnutzungswandel und -intensivierungen, Stoffeinträge (insbesondere Eutrophierung), Eingriffe in den Wasserhaushalt oder Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr (Landschaftszerschneidung) überdecken gegenwärtig noch die Folgen des Klimawandels. Arten, Biotope und Ökosysteme sind bereits jetzt vielfältigen negativen Einflüssen ausgesetzt und deshalb in ihrer Stabilität und Anpassungsfähigkeit schon beeinträchtigt. Der Klimawandel als zusätzlicher Wirkfaktor kann demgegenüber von geringerer Relevanz sein oder aber auch die entscheidende letzte Beeinträchtigung, die zum Aussterben führt.

### Boden

Böden sind wichtige Schnittstellen und Reaktionsräume im Energie- und Klimahaushalt der Erde. Ihre vielfältigen natürlichen Funktionen sind dabei vom Klimawandel unterschiedlich stark betroffen. Ein verändertes vermindertes Niederschlagsangebot, die steigende Variabilität des Klimas verbunden mit mehr Witterungsextremen sowie die temperaturbedingte Erhöhung der Verdunstung führen in Sachsen zu regional unterschiedlichen Klimafolgen für den Bodenwasserhaushalt, die Bodenerosion und den Stoffhaushalt (insb. Humus- und Nährstoffhaushalt, C<sub>org</sub>-Gehalt).

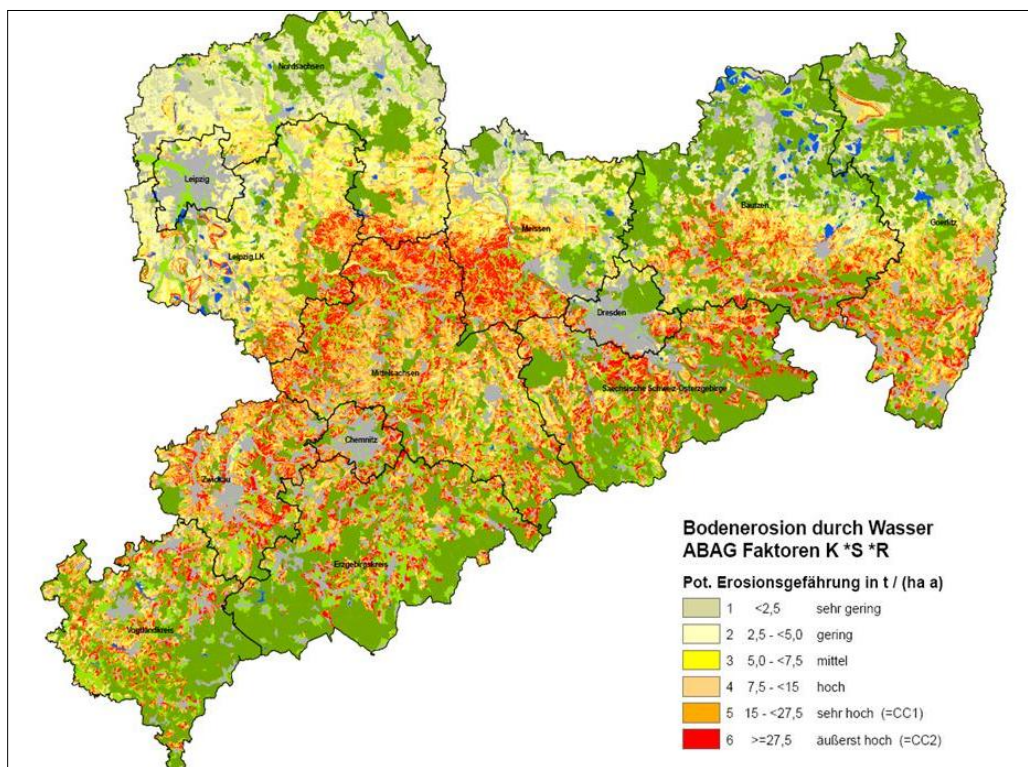
Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden zählen u. a. das verstärkte Austrocknen der Böden im Sommer durch erhöhte Verdunstung und verminderte Niederschläge. Dies wiederum führt zur Trockenrissbildung, zur Abnahme des pflanzenverfügbaren Wassers während der Vegetationsperiode und damit zu einem häufigeren Erreichen des permanenten Welkepunktes. Weitere Auswirkungen auf die physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse (u. a. Nährstoffverfügbarkeit) stellen u. a. die Zunahme der Bodenerosion durch erhöhten Starkregenanteil und Oberflächenabfluss (Abbildung 29), durch höhere Windgeschwindigkeiten, durch eine eventuell abnehmende Bodenbedeckung und einen



temperaturbedingten Humusabbau dar. Außerdem können sich die potenzielle Abnahme der biologischen Aktivität im Oberboden in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodenbewirtschaftung, Veränderungen des organischen Kohlenstoffgehaltes durch Beeinflussung der Bodenbedeckung, der Bodenbearbeitung und des Bodengefüges (Bodenbiologie, Bodeneigenschaften und -prozesse) sowie die Beeinflussung des Bodenstoffhaushaltes auf den Boden auswirken.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Boden beeinflussen u. a. die Pflanzenproduktion, die Grundwasserneubildung, die Bodenbiologie oder Biotope mit speziellen Ansprüchen.

Die Beobachtung des Bodenzustandes erfolgt in Sachsen im Rahmen des Bodenmonitorings. Auf über 50 Bodendauerbeobachtungsflächen werden Klimafolgen regional und auf unterschiedlichen repräsentativen Böden erfasst. Zusätzlich führt der Staatsbetrieb Sachsenforst im Rahmen der Bodenzustandserhebung ein spezielles Forstbodenmonitoring durch. Erkenntnisse aus dem Monitoring dienen u. a. den Maßnahmen zum Erosionsschutz und zur Verbesserung der Bodenfunktionen (Bodenwasserhaushalt, Stoffhaushalt, Bodenbildung, Bodenbiologie).



**Abbildung 29:** Erosionsgefährdungen durch Wasser in Sachsen.

### Siedlungswesen und Gesundheit

In Städten und Gemeinden konzentrieren sich Bevölkerung, menschliche Aktivitäten und damit verbunden die technische und soziale Infrastruktur sowie alle notwendigen Gebäude und Anlagen. Gewerbe und Industrie, Freizeit und Tourismus, Wohnen und Arbeiten, Energie und Verkehr sowie Ver- und Entsorgung weisen jeweils spezifische Betroffenheiten durch den Klimawandel auf.

Obwohl der Mensch eine hohe Anpassungsfähigkeit besitzt, wird vor allem zur Mitte und in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts durch die erwarteten Klimaänderungen mit erheblichen gesundheitlichen Auswirkungen gerechnet. Untersuchungen und Veröffentlichungen des Robert-Koch-Instituts, der Weltgesundheitsorganisation WHO und des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit des Bundes sowie die Abstimmungen zwischen Bund und Ländern in der Ad hoc-Arbeitsgruppe „Gesundheitliche Anpassung an

die Folgen des Klimawandels“ im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie zeigen, dass gesundheitliche Risiken u. a. durch Hitzewellen und andere Witterungsextreme, durch erhöhte UV-, Allergen- und Schadstoffexposition sowie durch die Ausbreitung von Krankheitsüberträgern (Vektoren) steigen können. Diese treffen vor allem solche Bevölkerungsgruppen, deren Anpassungsfähigkeit eingeschränkt ist (Alte, Kranke, Kleinkinder).

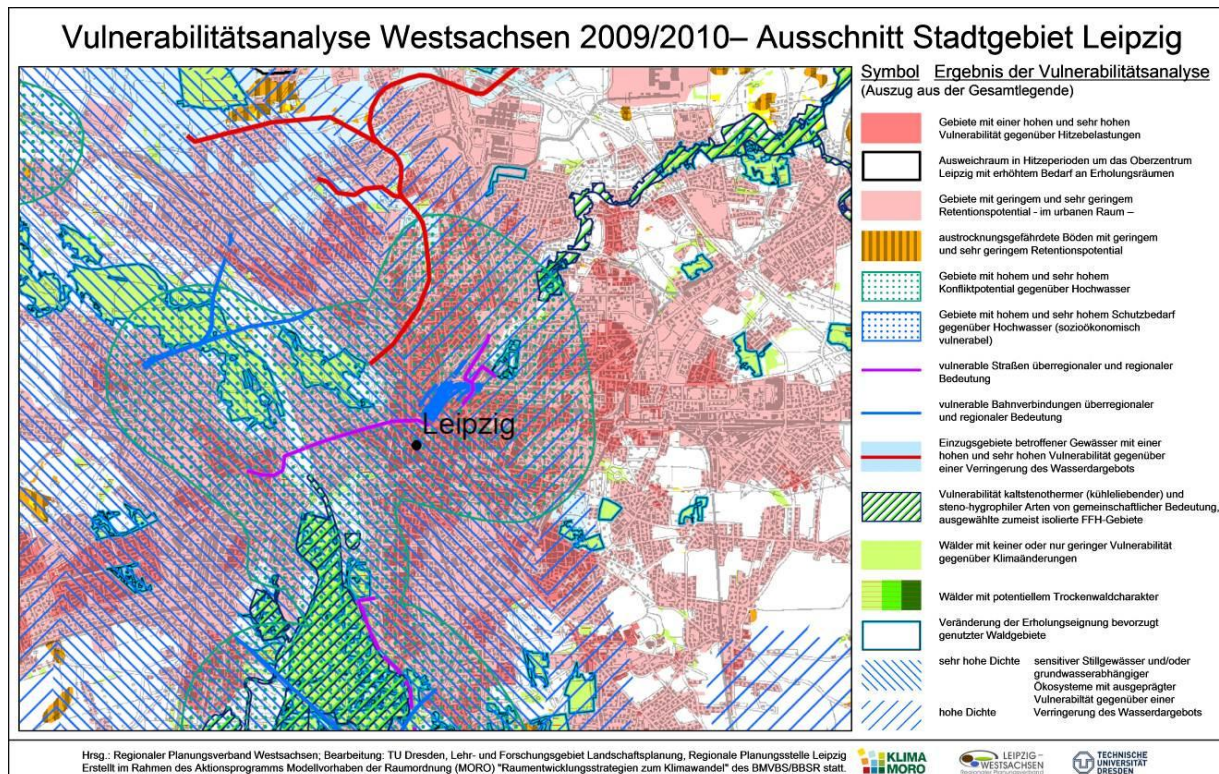
Im Fremdenverkehr und bei der Naherholung wird der Klimawandel zu Veränderungen in der saisonalen Attraktivität touristischer Regionen führen (z. B. Verlängerung der Sommersaison, Hitzebelastungen in Städten, Bedeutungsgewinn der Naherholung, Verkürzung oder Wegfall der Wintersaison). Regionen und Orte mit einer höheren Diversifizierung touristischer Angebote sind ökonomisch weniger anfällig gegenüber klimawandelbedingten Risiken.

Gewerbe und Industrie sowie Wohngebäude werden sich auf eine veränderte physikalische Beanspruchung von Gebäuden und Anlagen (thermische und mechanische Belastung von Bauteilen und Bauwerken) einstellen müssen. Zur Sicherstellung von Produktionsabläufen und der Aufenthaltsqualität in Gebäuden wird ein veränderter Ressourcenbedarf erwartet (im Sommer steigender Kühlungsbedarf, im Winter abnehmender Heizbedarf). Die Risiken durch Extremereignisse für Gebäude und Anlagen sowie für Produktionsabläufe (z. B. Zerstörung von Infrastruktur, fehlendes Material, Ausfall der Arbeitskräfte) werden voraussichtlich zunehmen.

In Städten und Ballungsgebieten wird die Bedeutung zusammenhängender, nicht bebauter Gebiete (Grünzüge) und Frischluftschneisen künftig zunehmen, um einer Überhitzung im Sommer vorzubeugen. Die Instrumente der räumlichen Planung von Siedlungsstrukturen und Gebäuden sind deshalb im Sinne einer Anpassung an den Klimawandel stärker als bisher an Lösungen zur Vermeidung einer übermäßigen Erwärmung von Gebäuden und Erholungsflächen im Sommer auszurichten.

Eine Zunahme lang anhaltender Hitzeperioden sowie langfristige Abnahmen des Grundwasserspiegels können zu Auswirkungen auf den Betrieb von Kraftwerken führen (Wasserknappheit, Überwärmung von Gewässern). Im Verkehrsbereich bedeuten mildere Winter eine Erhöhung der Verkehrssicherheit durch geringeren Schneefall und Eisbildung; gleichzeitig stellen zunehmende Extremereignisse eine Gefahrezunahme für die Infrastruktur dar. Für die Elbe ist durch veränderte Abflüsse insbesondere in den Sommermonaten eine zunehmende Behinderung der Schifffahrt zu erwarten. Die Unterhaltskosten für die Verkehrsinfrastruktur können durch eine langfristige Verminderung winterlicher Fröste und Schneefälle sinken, können aber andererseits durch temperaturbedingte Belastungen im Sommer oder extreme Witterungserscheinungen im Winter auch ansteigen.

Im Rahmen des BMBF-Forschungsverbundes „Regionales Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden“ (REGKLAM) werden Klimafolgen und Betroffenheiten in der Region Dresden intensiv untersucht. Ziel des Vorhabens ist die Erstellung eines integrierten regionalen Klimaanpassungsprogramms für die Region, das auch die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen unterstützen wird. Ein enger Bezug ergibt sich zur Weiterentwicklung planerischer Instrumente auf lokaler, regionaler und Landesebene. Zur Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung erfordert der Gesichtspunkt Klimawandel eine geeignete Sicherung von Gebieten und Landnutzungen zur Minderung und Vermeidung von Klimafolgen (Retentionsflächen, Flächen zur Biotopvernetzung u. ä.). Hilfestellung geben hier u. a. zwei Modellvorhaben der Raumordnung in Westsachsen und in der Region Oberes Elbtal/Osterzgebirge sowie die Vulnerabilitätsanalysen für die Planungsregionen Westsachsen (Abbildung 30) und Oberlausitz-Niederschlesien, die diese Erfordernisse insbesondere aus regionaler Sicht darlegen.



**Abbildung 30:** Übersicht zu Klimafolgen und Betroffenheiten im verdichteten Raum (TU Dresden)<sup>75</sup>

Die Raumordnung als fachübergreifende Planung erfüllt durch die Einbeziehung aller raumrelevanten Planungen eine steuernde und koordinierende/vermittelnde Funktion bei der vorausschauenden Bewältigung der Folgen des Klimawandels. Gerade beim Aufbau regionaler Netzwerke und der Intensivierung der Beratungs-, Moderations- und Koordinierungsfunktion der Regionalplanung – insbesondere als Bindeglied zur kommunalen Planung – sind sektorübergreifende Abstimmungen sektoralen Fachpolitiken vorzuziehen.

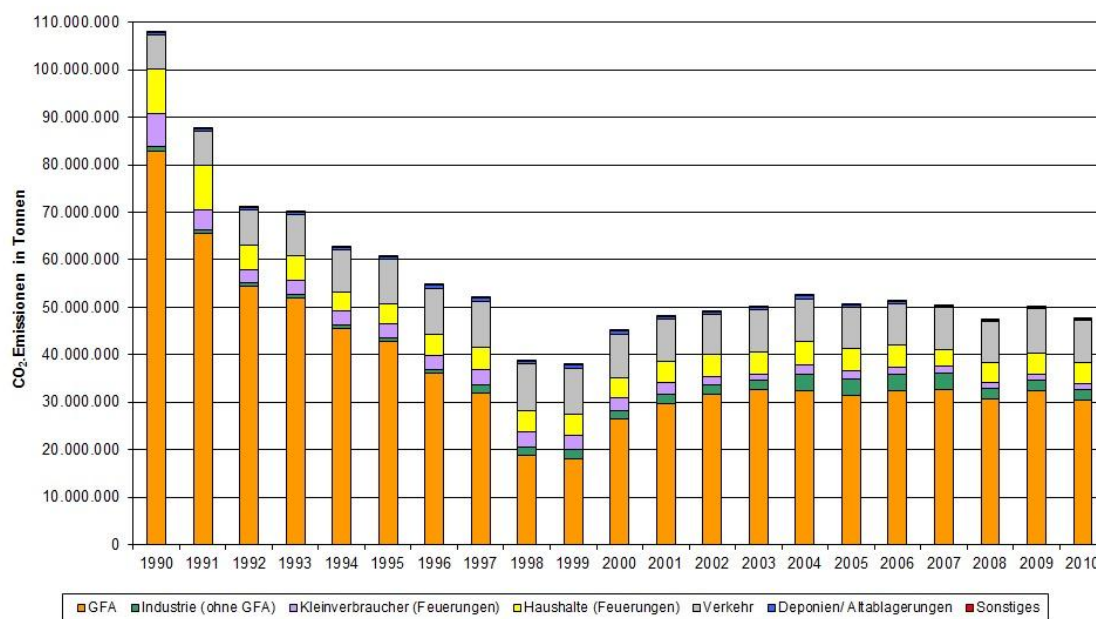
### 4.3. Treibhausgasbilanz

#### 4.3.1. Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 bis 2010

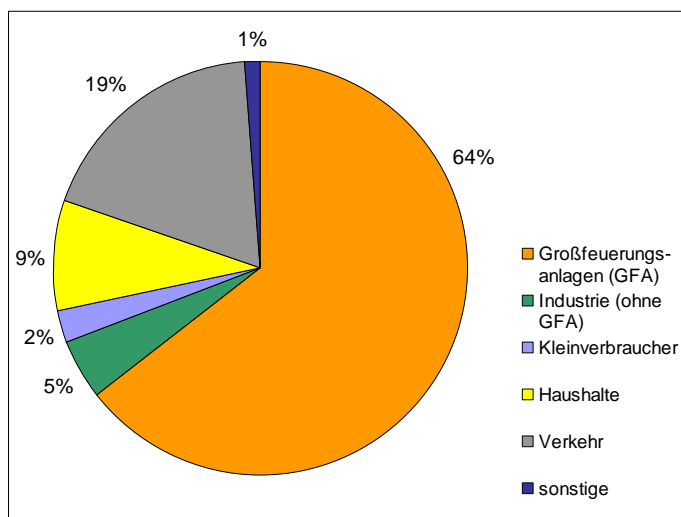
Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in Sachsen von 1990 bis 1999 insbesondere auf Grund der Stilllegung alter Kraftwerke und Industrieanlagen um rund 65 % zurückgegangen. Von 2000 bis 2004 stieg der Ausstoß in Folge der Inbetriebnahme der neuen energieeffizienten Braunkohle-Kraftwerke Boxberg IV und Lippendorf zwar wieder an, seit 2006 stagniert er weitgehend. Aufgrund der Wirtschaftskrise waren die sächsischen CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 sogar auf 47,9 Mio. Tonnen gesunken, erhöhten sich mit der konjunkturellen Belebung aber wieder auf 50,2 Mio. Tonnen im Jahr 2009 und sanken 2010 erneut auf 47,7 Mio. Tonnen (Abbildung 31). Sachsen leistete im Zeitraum von 1990 bis 2010 einen Anteil von etwa 30 % an der Reduzierung der bundesdeutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen haben einen Anteil von rd. 88 % an den gesamten sächsischen Treibhausgasemissionen.

<sup>75</sup> SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe: Karte zur potenziellen Erosionsgefährdung. ergänzt nach: Bodenatlas des Freistaates Sachsen – Auswertungskarten zum Bodenschutz, 2007

Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sachsen 1990 bis 2010**Abbildung 31:** Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sachsen 1990 bis 2010

Größter Verursacher der CO<sub>2</sub>-Emissionen waren in den Jahren 1990 bis 2010 stets die Großfeuerungsanlagen, d.h. vor allem die großen Braunkohlekraftwerke zur Stromerzeugung (Abbildung 32). Mit größerem Abstand folgen der Verkehr und die Wärmeerzeugung in den privaten Haushalten (Hausbrand). Unbedeutend sind dagegen die Anteile von Kleinverbrauchern (Handel, Gewerbe und Dienstleistungen) und sonstigen Quellen.

**Abbildung 32:** Verursacher der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2010 nach Sektoren

#### 4.3.2. Bisherige Klimaschutzziele und deren Erfüllung

2001 hat die Sächsische Staatsregierung das erste Klimaschutzprogramm des Freistaates Sachsen verabschiedet, in dem für den Zeitraum 2005 bis 2010 folgendes CO<sub>2</sub>-Minderungsziel formuliert wurde:

Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Bereichen Industrie, Verkehr, private Haushalte und Kleinverbraucher gegenüber 1998 um insgesamt 2,5 Mio. t.

Nicht berücksichtigt sind in dieser CO<sub>2</sub>-Bilanzierung die Großfeuerungsanlagen zur Stromerzeugung aus Braunkohle, die einen erheblichen Teil der erzeugten Strommenge über die Landesgrenze exportieren.

Sektor	Zielstellung für 2005 bis 2010 Minderung in Mio. t CO <sub>2</sub> /a	Stand 2008 in Mio. t CO <sub>2</sub> /a
Private Haushalte	- 1,0	- 0,13
Industrie	- 0,5	- 1,84
Kleinverbraucher	- 0,5	- 0,37
Verkehr	- 0,5	+ 0,23
Gesamt	- 2,5	- 2,57

*Tabelle 4: Zielstellung und aktueller Stand zur Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Bereichen Industrie, Verkehr, private Haushalte und Kleinverbraucher*

Das Ziel wurde bereits 2008 insgesamt entsprechend obiger Tabelle 4 erreicht.

Am 3. März 2009 hat die Sächsische Staatsregierung auf der Basis des Aktionsplans Klima und Energie ein neues CO<sub>2</sub>-Minderungsziel für die künftige sächsische Energie- und Klimaschutzpolitik beschlossen:

Reduktion der jährlichen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Nicht-Emissionshandelssektors bis zum Jahr 2020 gegenüber 2006 um mindestens 6,5 Mio. Tonnen.

Bis zum Jahr 2010 wurde im Nicht-Emissionshandelssektor eine Emissionsminderung um 1,8 Mio. Tonnen gegenüber 2006 erzielt (Tabelle 5).

CO <sub>2</sub> -Emission in Mio t/a	2006	2010	Ziel für 2020 ( vom 03.03.2009)
Gesamt-CO <sub>2</sub> -Emission <sup>76</sup>	51,4	47,7	
Nicht-Emissionshandelssektor	18,7	17,2	12,2
davon Verkehr, Haushalte, Kleinverbraucher, Sonstige	15,6	14,9	
Nicht-Emissionshandelssektor, Änderung gegenüber 2006		- 1,8	- 6,5

*Tabelle 5: Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2006 – 2020*

<sup>76</sup> Zahlen aus LfULG-Emissionskataster

## **5. Rahmenbedingungen**

### **5.1. Internationale Klimapolitik**

Die Klimaschutzverhandlungen auf internationaler Ebene sind in den letzten Jahren ins Stocken geraten. Insbesondere konnte sich die Staatengemeinschaft bislang nicht auf ein Post-Kyoto-Abkommen und damit auf konkrete Treibhausgas-Minderungsziele verständigen. Zwar haben die Staaten, die 2009 den Kopenhagen-Accord unterzeichnet haben, Selbstverpflichtungen für Minderungsziele angeboten, die in der Summe aber nur zu einer Begrenzung der globalen Temperaturerhöhung um etwa 3,5 Grad führen würden und damit bei weitem nicht ausreichend sind, um die Erhöhung auf zwei Grad zu begrenzen und den Klimawandel wirksam einzudämmen.

Erstmals hat sich die internationale Staatengemeinschaft auf der Klimakonferenz 2010 in Cancun auf eine Begrenzung des Klimawandels verständigt und das 2 Grad-Ziel offiziell anerkannt. Dieses Ziel bildet künftig den Orientierungsrahmen für die weiteren Abstimmungen zur Entwicklung der Grundlagen für eine künftige internationale Vereinbarung, die das Kyoto-Protokoll ab 2015 ablösen soll.

Ziel der Europäischen Union ist die Begrenzung des Anstiegs der globalen Mitteltemperatur auf maximal 2 Grad über dem vorindustriellen Niveau. Im März 2007 haben deshalb die Staats- und Regierungschefs der EU-Mitgliedstaaten beschlossen, den gemeinschaftsweiten Ausstoß von Treibhausgasen unabhängig vom Verlauf der internationalen Klimaverhandlungen bis 2020 um 20 % und bei einer entsprechenden Verpflichtung anderer Industrieländer und einer angemessenen Beteiligung der Schwellenländer um 30 % gegenüber 1990 zu senken. Mit dem im Dezember 2008 beschlossenen Klima- und Energiepaket soll dieses Ziel erreicht werden.

Innerhalb der Europäischen Union wurde zwar über eine einseitige Erhöhung des EU-Minderungsziels diskutiert, bislang konnten sich die Mitgliedstaaten jedoch nicht auf eine einseitige Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Minderungsziels von 20 % auf 30 % bis 2020 einigen, wie sie auch von der deutschen Umweltministerkonferenz gefordert worden war.

### **5.2. Nationale Klimapolitik**

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 40 % gegenüber 1990 zu reduzieren wenn die EU-Mitgliedstaaten einer Reduzierung der europäischen Emissionen um 30 % im gleichen Zeitraum zustimmen. Deutschland übernimmt damit einen Hauptteil der europäischen Anstrengungen zum Klimaschutz. Mit den Maßnahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms vom 5. Dezember 2007, einem Paket von 14 Gesetzen und Verordnungen sowie weiteren Maßnahmen, soll dieses Ziel erreicht werden.

Am 28. September 2010 hat die Bundesregierung ein Energiekonzept beschlossen, das die Leitlinien für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung formuliert und den Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien beschreibt. Nach dem Reaktorunfall in Fukushima und dem in der Folge von der Bundesregierung eingeleiteten Atomausstieg wurde das Energiekonzept im Sommer 2011 im Hinblick auf eine beschleunigte Energiewende überarbeitet und auf die wesentlichen künftig notwendigen Maßnahmen fokussiert. Im Mittelpunkt stehen dabei u. a. die Verbesserung der Energieeffizienz in den verschiedenen Sektoren, insbesondere im Gebäudebereich, die verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien und der zügige Ausbau der Stromnetze und Speicher.

## **6. Klimapolitik**

### **6.1. Klimapolitische Grundsätze**

Das Klima auf der Erde ändert sich. Klimamodelle, die ausschließlich natürliche Antriebskräfte berücksichtigen, können Geschwindigkeit und Ausmaß des beobachteten weltweiten Temperaturanstiegs nicht erklären. Konsens besteht darüber, dass einem gefährlichen Klimawandel mit einer Doppelstrategie begegnet werden muss. Deshalb strebt die Klimapolitik der Sächsischen Staatsregierung an, den Ausstoß von Treibhausgasen weiter zu verringern oder besser ganz zu vermeiden. Da die globale Erwärmung aber bereits im Gange ist und sich allenfalls eindämmen, aber nicht mehr verhindern lässt, muss zugleich die Anpassung an die Folgen des Klimawandels forciert werden, um Chancen zu nutzen und Schäden so gering wie möglich zu halten.

Die Sächsische Staatsregierung verfolgt mit ihrer Klimapolitik folgende Schwerpunkte: Klimaentwicklung beobachten, Klimafolgen ermitteln und Anpassungsstrategien entwickeln sowie Maßnahmen zur Treibhausgasemissionen umsetzen.

Um unkalkulierbare Störungen des Klimasystems und damit irreversible Schäden für Mensch und Ökosysteme zu vermeiden, hat sich die internationale Staatengemeinschaft auf der Klimakonferenz in Cancun darauf verständigt, die globale Temperaturerhöhung auf 2 Grad zu begrenzen - das bedeutet, die Treibhausgasemissionen bis 2050 weltweit gegenüber 1990 zu halbieren, in den Industrieländern sogar um 80 bis 95 % zu senken. Für die Erreichung dieses Ziels ist es notwendig, die Maßnahmen zur Energieeinsparung, zur Verbesserung der Energieeffizienz und zum Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien auszuweiten und zu intensivieren. Klimaschutz kann bei verlässlichen Rahmenbedingungen Wirtschaftswachstum und Beschäftigung schaffen. Insbesondere die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden, in Unternehmen und im Verkehr schafft Arbeitsplätze, fördert Innovationen und stärkt sächsische Unternehmen im internationalen Wettbewerb auf den Exportmärkten.

Im Rahmen ihrer bereits seit Jahren erfolgreichen Klimaschutzpolitik gibt die Sächsische Staatsregierung Investitionsanreize in Form von Förderprogrammen und sorgt für Information, Beratung und Qualitätssicherung.

Neben der Reduktion der Treibhausgasemissionen müssen aber aufgrund des fortschreitenden Klimawandels auch die Betroffenheiten vom Klimawandel ermittelt, die möglichen Auswirkungen des Klimawandels abgeschätzt und rechtzeitig entsprechende Anpassungsstrategien entwickelt werden.

Während bei der CO<sub>2</sub>-Vermeidung jede vermiedene Tonne CO<sub>2</sub> global wirksam wird und neben dem Vermeider, der auch die Kosten trägt, alle Akteure profitieren, die ansonsten unter dem Klimawandel leiden würden, kommen im Gegensatz dazu die positiven Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen im Wesentlichen dem Akteur direkt zu Gute. Vergleichbare positive Auswirkungen auf Akteure global bleiben meist aus.

Die Sächsische Staatsregierung beabsichtigt, den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel mit gleicher Priorität umzusetzen und wo möglich Synergieeffekte zu nutzen. In jedem Fall soll vermieden werden, dass die Umsetzung von Maßnahmen in einem Sektor zulasten eines anderen Sektors geht.

Je eher gehandelt wird, umso wirksamer ist es für das Klima und umso verträglicher wird es für Wirtschaft und Gesellschaft sein. Nur durch die Umsetzung wirksamer Maßnahmen im Klimaschutz und bei der Klimaanpassung kann dem Klimawandel und seinen Folgen erfolgreich entgegenwirken werden.

### **6.2. Strategien sächsischer Klimapolitik**

#### **6.2.1. Klimaentwicklung beobachten und Klimawissen bereitstellen**

Der Klimawandel erfordert neben den Anstrengungen im Klimaschutz ein gesellschaftliches Handeln zur Anpassung an den Klimawandel. Die Klimaänderungen sind durch eine hohe

Komplexität, regionale Differenzierungen und derzeit in Sachsen unerwartet starke Signale gekennzeichnet.

Bedingt durch Modellunsicherheiten, Unwägbarkeiten im Hinblick auf die weitere globale Emissionsentwicklung und die Trägheit in der Reaktion des Klimasystems selbst können belastbare wissenschaftliche Aussagen über die zu erwartenden regionalen Klimaänderungen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts auf der Grundlage komplexer Klimamodelle nur in einer Bandbreite getroffen werden.

Unsicherheiten bestehen darüber hinaus auch in der Abschätzung, welche tatsächlichen Folgen jeweils mit einem bestimmten Temperaturanstieg und veränderten Niederschlagsverhältnissen verbunden sind. Für langfristige Planungen und Entscheidungen müssen diese Unsicherheiten in geeigneter Weise kommuniziert werden.

Den künftigen Schwerpunkt der Klimabeobachtung in Sachsen werden Arbeiten zur Entwicklung von Extremereignissen in der Zukunft bilden. Einerseits sollen in diesem Rahmen Extremereignisse der Vergangenheit analysiert, andererseits auch das Potenzial von Extremereignissen in der Zukunft aufgrund veränderter Wetterlagen abgeschätzt werden. Insbesondere für die Planung und Entwicklung von Anpassungsstrategien und -maßnahmen steht die Betrachtung von Witterungsextremen im Vordergrund, weniger die Veränderung mittlerer Zustände von Temperatur und Niederschlag.

Analysen von Klimadaten und Aussagen zum erwarteten künftigen regionalen Klimawandel müssen deshalb sektoral, problemspezifisch und verständlich bereitgestellt werden. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können zielgerichtet nur auf den in Sachsen vorhandenen regionalspezifischen Kompetenzen entwickelt werden. Sachsen kann hier an seine bundesweite Vorreiterrolle bei der regionalen Klimaprojektion anknüpfen. Die komplexen Zusammenhänge und Veränderungen müssen adressatengerecht an die verschiedenen Entscheidungsträger und Akteure in Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft kommuniziert werden.

Aus diesen Rahmenbedingungen leiten sich folgende strategische Schwerpunkte ab:

#### Bisherige Klimaentwicklung

Die Analyse, Interpretation und Darstellung rezenter Klimaänderungen anhand gemessener, projizierter und interpolierter Klimadaten zeigt die Dynamik des Klimawandels und seiner Auswirkungen für Sachsen auf. Interessant sind in diesem Zusammenhang insbesondere die statistische und meteorologische Bewertung regionaler Klimabesonderheiten in Sachsen, Trendanalysen sowie die Darstellung regionaler Konsequenzen aus Veränderungen der atmosphärischen Zirkulation. Im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Klimafolgenabschätzung und die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen werden darüber hinaus bisherige Extremereignisse analysiert, außerdem die kurz- bis mittelfristige Klimaentwicklung extrapoliert sowie die bisherigen Erkenntnisse bewertet und in nationale und internationale Entwicklungen eingeordnet.

#### Zukünftige Klimaentwicklung

Neben dem Blick zurück ist vor allem die künftige Entwicklung für die Bewertung und Einordnung des regionalen Klimawandels und seiner Auswirkungen zwingend notwendig. Dazu gehören die Analyse und Interpretation der Projektionen globaler Klimamodelle für Mitteleuropa mit Fokus auf Sachsen, die Weiterentwicklung des sächsischen Klimamodells WEREX bzw. WETTREG sowie die Evaluierung regionaler Klimaprojektionen anhand von Trendauswertungen und Analysen. Von herausragender Bedeutung ist insbesondere die Analyse des Potenzials von Extremereignissen in der Zukunft aufgrund veränderter Wetterlagen (Hitze, Hoch- und Niedrigwasser, Hagel, Sturm, Trockenheit, Starkniederschlag, Spät- und Frühfröste). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können dann in Leitfäden, Schulungsveranstaltungen und Beratungsangebote einfließen.



### Regionale Klimainformationen

Die Herausforderung für die Öffentlichkeitsarbeit besteht darin, das vorhandene Klimawissen in Sachsen (Klimadaten, wissenschaftliche Studien, Demonstrationsprojekte etc.) zielgerichtet den entsprechenden Nutzern zu vermitteln und es damit für die Praxis verwendbar zu machen.

Den Schwerpunkt wird deshalb die Weiterentwicklung des bisherigen Klimadatenbestandes (gemessene, projizierte und interpolierte Klimadaten) zu einem nutzer- und bedarfsorientierten internetbasierten Klima-Informationssystem darstellen, in dem alle regionalen Klimadaten einschl. spezifischer Auswertungen und kartographischer Darstellungen zusammengeführt werden. Dazu wird sowohl im Vorfeld der Einrichtung als auch später im laufenden Betrieb eine kontinuierliche Abstimmung mit den Nutzern dieses Informationssystems zwecks Einsatz der Klimadaten zur Ermittlung von Betroffenheiten sowie zur Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen in klimarelevanten Sektoren (Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Naturschutz, Bodenschutz, Raumplanung, Gesundheitsvorsorge, Forstwirtschaft, Städtebau) erfolgen. Dieses Klima-Informationssystem wird als „REKIS – Regionales Klimainformationssystem Sachsen/ Sachsen-Anhalt/ Thüringen“ länderübergreifend ausgebaut und ab 2012 durch die TU Dresden betrieben.

Dazu ist es dringend erforderlich, dass der Deutsche Wetterdienst (DWD) als nationaler meteorologischer Dienst auch weiterhin ein adäquates, flächendeckendes Messnetz zur Erfassung der meteorologischen Daten betreibt und das entsprechende regionale Wissen bereit hält.

Die Sächsische Staatsregierung verfolgt das Ziel, die bisherige ebenso wie die künftige Klimaentwicklung in Sachsen zu beobachten, zu analysieren und das vorhandene regionale Klimawissen allen potenziellen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Dazu sollen

- ✓ die bisherige Klimaentwicklung bewertet und entsprechende Trendanalysen abgeleitet werden,
- ✓ regionale Klimaprojektionen für die künftige Klimaentwicklung insbesondere mit dem Schwerpunkt auf der Entwicklung von Extremereignissen weiterentwickelt werden,
- ✓ verstärkt Ensembleansätze zum Aufzeigen der Spannbreite klimatischer Veränderungen verwendet werden,
- ✓ nutzerorientiert regionale Klimainformationen bereitgestellt werden.

### **6.2.2. Betroffenheiten ermitteln, Klimafolgen abschätzen und Anpassungsstrategien entwickeln**

Die Auswirkungen des Klimawandels sind bereits heute in Sachsen spürbar. Auch wenn die Treibhausgasemissionen künftig durch wirksame Klimaschutzmaßnahmen zurückgehen sollten, werden sich diese Emissionen noch Jahrzehnte auswirken. Deshalb müssen die Risiken rechtzeitig vermindert und die Chancen genutzt werden. Frühzeitig entwickelte Anpassungsmaßnahmen dienen ebenso wie Aktivitäten zum Klimaschutz dazu, irreversible Schäden und ausufernde Kosten zu vermeiden.

Ausmaß und Komplexität der Betroffenheiten vom Klimawandel sowie Wechsel- und Folgewirkungen erschweren eine zielgerichtete Anpassung an den Klimawandel ebenso wie fehlende praktische Erfahrungen sowie Unsicherheiten hinsichtlich der künftigen Klimaentwicklung, der resultierenden Klimafolgen oder der Wirkung von Anpassungsmaßnahmen. Aufgabe der Anpassung an den Klimawandel ist deshalb die Verringerung der Verwundbarkeit. Eine detaillierte und räumlich differenzierte Betrachtung von Klimafolgen muss sowohl regionalklimatische Besonderheiten als auch spezifische sektorale Betroffenheiten einbeziehen.

Schwerpunkt der Anpassung an den Klimawandel ist es, nicht nur das Wissen zur Klimaentwicklung und zu den Klimafolgen zu verbessern sowie Entscheidungsträger und Akteure zu sensibilisieren und zu informieren, sondern zugleich fachlich fundierte Strategien für die in Sachsen vom Klimawandel betroffenen Bereiche zu entwickeln. In diesen Prozess sollen die Landnutzer rechtzeitig einbezogen werden um die Akzeptanz der Maßnahmen zu gewährleisten.

Der bisherige Aktionsplan Klima und Energie sowie das Fachpolitische Programm des SMUL sehen deshalb für Sachsen im Zeitraum bis 2014 die Entwicklung entsprechender Anpassungsstrategien vor.

Sachsen hat sich dabei zum Ziel gesetzt, sektorale Anpassungsstrategien in verschiedenen Bereichen zu entwickeln. Spezifische Strategien ermöglichen es, frühzeitiger, intensiver und abgestimmt mit anderen Entwicklungszielen auf regionale und fachliche Spezifika einzugehen. Fachübergreifende Abstimmungen sollen Synergien herausarbeiten, negative Nebenwirkungen vermeiden und eine ganzheitliche Betrachtung ermöglichen. Ein Beispiel für dieses sektorale Vorgehen ist die bereits im Jahr 2009 veröffentlichte „Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel“. Sie zeigt die Betroffenheiten auf, weist entsprechende Anpassungsmaßnahmen aus und bietet Unterstützung durch den Freistaat an. In regionalen Arbeitskreisen wird nun die Umsetzung der Maßnahmen vorbereitet.

#### Vulnerabilitäten verschiedener Bereiche im Hinblick auf den Klimawandel

Bevor zielgerichtete Anpassungsmaßnahmen geplant und konkret vorbereitet werden können, sind ausreichende Kenntnisse über die bereits vorhandenen bzw. in der Zukunft zu erwartenden konkreten Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf den jeweiligen Betrachtungsbereich unerlässlich. Über die Wirkungen und Folgen des Klimawandels auf regionaler Ebene ist jedoch häufig noch zu wenig bekannt. Deshalb bedarf es regionaler Klima- und Wirkungsszenarien, regionaler Vulnerabilitätsstudien und eines entsprechenden Monitorings. Deshalb müssen entsprechende regionale oder sektorale Untersuchungen durchgeführt werden, um diese Auswirkungen zu erfassen und in ihrem Ausmaß und ihrer Bedeutung bewerten zu können. Dabei sind enge Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen (Universitäten, Forschungsinstitute etc.) zu suchen bzw. weiterzuentwickeln und zu intensivieren.

Für einige Regionen in Sachsen liegen bereits im Auftrag der jeweiligen Regionalen Planungsverbände erarbeitete Vulnerabilitätsstudien vor. Bislang fehlt aber eine landesweite Gesamtsicht und -bewertung der Verwundbarkeit durch den Klimawandel. Deshalb wird die Durchführung einer landesweiten Vulnerabilitätsbetrachtung unter Berücksichtigung der Intentionen und Aktivitäten des Bundes im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie angestrebt. Im Vorfeld werden dazu die bundesweit für Vulnerabilitätsbetrachtungen verwendeten methodischen Ansätze sowie die Aussagekraft der bislang vorliegenden regionalen Vulnerabilitätsstudien analysiert.

#### Klimafolgenmonitoring

Für die zielgerichtete Planung, Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsstrategien und konkreten Anpassungsmaßnahmen sowie die Erfolgskontrolle umgesetzter Anpassungsmaßnahmen ist es unerlässlich, ein darauf abgestimmtes Klimafolgenmonitoring (KLIMAMONITOR Sachsen) aufzubauen. Nur mit einem solchen den Anpassungsprozess begleitenden Monitoring lassen sich sowohl die Auswirkungen des Klimawandels als auch Erfolge von Anpassungsaktivitäten operationalisieren und Trends aufzeigen.

Bei der Auswahl der geeigneten Indikatoren für das Klimafolgenmonitoring in Sachsen werden insbesondere Kriterien wie Aussagekraft und fachliche Relevanz, Datenverfügbarkeit und Erhebungsaufwand berücksichtigt. Die Entwicklung des KLIMAMONITORS Sachsen erfolgt in enger fachlicher Abstimmung mit den verschiedenen Akteuren in Sachsen und den

entsprechenden Aktivitäten im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie bzw. anderer Länder.

Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien wird zunächst eine Reihe geeigneter IMPACT-Indikatoren zur Beschreibung der Klimafolgen für Natur, Wasser, Boden, Land- und Forstwirtschaft identifiziert. In einer zweiten Phase werden diese IMPACT-Indikatoren um weitere Themenbereiche (Gesundheit, Tourismus o. ä.) in der Zuständigkeit anderer Ressorts der Sächsischen Staatsregierung erweitert. Schließlich werden geeignete RESPONSE-Indikatoren entwickelt, die zur Erfolgskontrolle umgesetzter Anpassungsmaßnahmen geeignet sind.

#### Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel

Bereits im Jahr 2009 hat das SMUL auf Grundlage der vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie erarbeiteten fachlichen Empfehlungen die „Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel“ vorgelegt.

Auf der Grundlage dieses Strategiepapiers unterstützt der Freistaat Sachsen den Anpassungsprozess der sächsischen Landwirtschaft mit verschiedenen Instrumenten:

- begleitende Projekte der angewandten Forschung, um praxistaugliche Lösungen für sächsische Standortbedingungen zu erarbeiten, insbesondere durch die auf mindestens 30 Jahre angelegten Dauerversuche zur Klimaanpassung in Baruth und Forchheim,
- erweitertes Förderangebot zur Unterstützung des Anpassungsprozesses, z. B. flächenbezogene Maßnahmen zum Boden- und Gewässerschutz und zu einer effizienteren Wassernutzung, investive Maßnahmen für innovative Spezialtechnik, Beregnungsanlagen/-infrastruktur und Hagelschutznetze, klimaangepasste Stallanlagen und Diversifizierungsmaßnahmen,
- Förderung des Wissens- und Erfahrungsaustauschs durch landesweit angebotene Fachveranstaltungen, Feldtage und Schulungen zum Klimawandel und möglichen Anpassungsmaßnahmen. Durch die Gründung regionaler Arbeitskreise bzw. Akteursnetzwerke wird den Landwirten die Möglichkeit gegeben, auf der Grundlage von Ergebnissen der angewandten Forschung und eines intensiven Erfahrungsaustauschs wirksame Anpassungsmaßnahmen abzustimmen und in ihren Betrieben zu erproben und umzusetzen.

So befasst sich der regionale Arbeitskreis in der Oberlausitz, wo ein besonders hoher Anpassungsbedarf an zunehmende Trockenperioden besteht, seit Ende 2010 mit 19 Agrarbetrieben insbesondere mit der Anpassung der Düngungsstrategien an sich ändernde Klimaverhältnisse. Dafür wird eine Reihe von Demonstrationsversuchen angelegt, u. a. zur teilschlagspezifischen Düngung, zur wassernutzungseffizienten Bodenbearbeitung (Streifenbearbeitung, Direktsaat) sowie zur Bewässerung (u. a. Tröpfchenbewässerung). Einige Betriebe beabsichtigen außerdem das Entscheidungshilfssystem LandCaRe 2020 (webbasierte interaktive Wissensplattform) zur betrieblichen Anpassung an den Klimawandel anzuwenden.

Ein ähnliches regionales Akteursnetzwerk besteht im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens REGKLAM, in dem für die Modellregion Dresden ein regionales Klimaanpassungsprogramm erarbeitet und umgesetzt wird. Hier sind neben dem LfULG zehn Ackerbau- sowie fünf Obstbau- und zwei Weinbaubetriebe eingebunden. Die Schwerpunkte der Arbeit sind auf Maßnahmen gegen Trockenstress, Bodenerosion und Extremereignisse (vor allem durch Hagel und Starkregen im Obstbau) ausgerichtet. Hinsichtlich Trockenstress stehen vor allem Fragen der Düngungsstrategie (v. a. Injektionsdüngung, stabilisierte Dünger), des Pflanzenschutzes, der Sortenwahl und Bestandesführung sowie Anbaualternativen wie z. B. Hirsearten im Vordergrund. In einigen Betrieben wird ebenfalls das Entscheidungshilfssystem LandCaRe 2020 als Hilfsmittel angewendet.

Darüber hinaus arbeiten neun Arbeitskreise an der Umsetzung der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie und entsprechenden Maßnahmen mit Synergien zur Anpassung an den Klimawandel sowie zum Boden- und Klimaschutz (Erhöhung der Stickstoffeffizienz unter Berücksichtigung zunehmender Trockenphasen, Verminderung der Bodenerosion).

Die Ergebnisse und Erfahrungen aus den Arbeitskreisen sollen künftig landesweit den Landwirten vermittelt werden.

#### Anpassung der sächsischen Waldbaustrategie an die Auswirkungen des Klimawandels

Die Stabilität von Waldökosystemen ist das Ergebnis komplexer Wechselbeziehungen zwischen den Waldlebensgemeinschaften und ihrer abiotischen Umwelt am jeweiligen Standort (Boden, Klima, Exposition, Relief etc.). Der Klimawandel verändert dieses Wirkungsgeflecht und damit die natürlichen Produktionsbedingungen für die Forstwirtschaft. Neue, langfristig wirkende Risiken wie Hitze- und Trockenstress, Brandgefahr, Sturmereignisse und Schaderreger erfordern Anpassungsstrategien im Rahmen einer nachhaltigen Forstwirtschaft, die gleichermaßen die klimabedingten Erfordernisse wie die Entwicklung gesellschaftlicher Anforderungen an die Waldfunktionen beachten.

Ziel der Anpassungsmaßnahmen sind die Reduzierung ökologischer und ökonomischer Risiken durch den Klimawandel, die langfristige Sicherung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung sowie der Funktionalität des Waldes in einer intensiv und vielfältig genutzten Kulturlandschaft, die Verbesserung eines integrativen und dynamischen Natur- und Landschaftsschutzes sowie die Unterstützung klimaapolitischer Zielstellungen.

Hauptmaßnahme zur Klimaanpassung bleibt der kontinuierliche, standörtlich und funktional differenzierte Walddumbau (im Landeswald mindestens 1.300 ha/a), denn das Anpassungspotenzial der Waldökosysteme an klimabeeinflusste Veränderungen wird auch entscheidend von der Baumartenzusammensetzung und der Strukturvielfalt (Entwicklungsstadien, Vitalität) beeinflusst. Dies gilt v. a. für die weiterhin bedeutenden Fichten- und Kiefernforste in Sachsen, aber unter spezifischen Gesichtspunkten auch für funktional bedeutsame Waldgesellschaften und Habitate wie z. B. Bach begleitende Auenwälder, Waldränder oder Waldflächen mit vorrangiger Naturschutzfunktion.

Flankiert wird der Walddumbau durch fortdauernde Maßnahmen zur Verbesserung des Waldzustandes wie z. B. Kompensationskalkungen, Bodenschutz durch angepassten Technikeinsatz, Bestandeserziehung und Durchforstung, Forstliches Umweltmonitoring, Standorterkundungen oder waldbauliche Analysen und Planungen.

#### Anpassung der Naturschutzstrategien an die Auswirkungen des Klimawandels

Aus Sicht des Naturschutzes gilt der Klimawandel neben Landnutzungsänderungen, Intensivierungen, invasiven Arten, Eutrophierung usw. als eine zusätzliche, zukünftig noch an Bedeutung gewinnende Gefahr für die biologische Vielfalt (Biodiversität), die eine wesentliche Existenzgrundlage der Menschheit darstellt. Durch die zu erwartende Entmischung, Auflösung und Neubildung von Lebensgemeinschaften, die Verschiebung der Verbreitungsgebiete (Areale) der Arten oder die Einwanderung neuer Arten wird auch mit einer Beeinträchtigung bestimmter Schutzgüter und -ziele des Naturschutzes zu rechnen sein. Die Anpassung bestehender Naturschutzstrategien zur Sicherung von Ökosystemen, Lebensräumen und Arten an den Klimawandel hat insbesondere dort Vorrang, wo aktuell schon hohe Beeinträchtigungen beobachtet werden. Neben den direkten klimatischen Auswirkungen werden Ökosysteme und Arten künftig auch mit Effekten durch eine veränderte Landnutzung für den Klimaschutz (Energiegewinnung aus Biomasse, Wind- und Wasserkraft, Kohlenstoffsenken in der Fläche) bzw. zur Anpassung an den Klimawandel (z. B. technischer Hochwasserschutz, Beregnung in der Landwirtschaft) konfrontiert.

Deshalb sind vor allem solche naturschutzfachlichen Anpassungsmaßnahmen wichtig, die auch aus anderen Gründen notwendig und sinnvoll sind („no regret“-Maßnahmen, z. B. Biotopverbund) sowie gleichzeitig die Anpassungsfähigkeit der Natur an den Klimawandel erhöhen. So werden Maßnahmen zur Stabilisierung von Ökosystemen im Rahmen des

Programms NATURA 2000 realisiert. Die Schaffung von Wanderungskorridoren für Flora und Fauna (Biotopverbund) unterstützt den Stabilisierungsprozess und ermöglicht wanderungsfähigen Arten das Ausweichen in geeignete Lebensräume. Letztendlich bietet eine hohe Biodiversität selbst den besten Puffer für die Anpassung an den Klimawandel.

Die Strategien des Naturschutzes zielen darauf ab, neue Flächenkonkurrenzen und Gefährdungen für die Biodiversität zu vermeiden oder zu vermindern. Ebenso bedeutend sind Strategien, die mögliche Synergien zwischen Klimaanpassung, Klimaschutz und anderen Schutzerfordernissen wie dem Natur-, Boden- und Gewässerschutz konsequent befördern und nutzen. Ein herausragendes Beispiel dafür ist die Renaturierung von Mooren. Gleichmaßen bilden die Arbeiten im Rahmen von NATURA 2000 (Weiterentwicklung von Schutzstrategien, Stabilisierung wasserabhängiger Ökosysteme, Projekte zum Schutz ausgewählter Arten) sowie die Umsetzung ökologischer Verbundsysteme (Biotopverbund, Wanderungskorridore) eine bedeutende Basis zum Erhalt der Biodiversität. Wesentlich sind auch die frühzeitige Einbeziehung von Potenzialflächen (z. B. Ausweichhabitaten) sowie die Bereitstellung ausreichend großer (Puffer-)Flächen und Zeithorizonte, auf geeigneten Flächen zusätzlich das Instrument des Prozessschutzes, verbunden mit dem Zulassen von (klimabedingten) Naturentwicklungen ohne lenkende Eingriffe. Ergänzende Vorhaben verbessern den Kenntnisstand und ermöglichen die Anpassung naturschutzfachlicher Instrumente an die Erfordernisse des Klimawandels. Die unvermeidbare Verschiebung im natürlichen Artenspektrum und Biotopinventar bedarf der Überwachung durch ein Monitoring Biodiversität und Klimawandel.

#### Anpassung der Wasserwirtschaft an die Auswirkungen des Klimawandels

Aufgabe der Wasserwirtschaft angesichts der Herausforderungen des Klimawandels ist es, landesweit das Wasserdargebot mit der Nachfrage nach Trink- und Brauchwasser im Einklang zu halten und nachhaltige Störungen des Wasserhaushalts zu vermeiden. Dies schließt eine Optimierung des Hoch- und Niedrigwassermanagements ein.

In diesem Zusammenhang steht die weitere Ausgestaltung und Intensivierung der Verbundbewirtschaftung der sächsischen Stauanlagen mit dem Ziel, nachteilige Auswirkungen auch der klimawandelbedingten Abflussveränderungen durch Möglichkeiten des Ressourcenausgleichs zu kompensieren. In Anbetracht der vorhandenen Wasserbereitstellungsreserven in den Talsperren und der prognostizierten demographischen Entwicklung ist aus heutiger Sicht mit Wasserknappheit in den mit Talsperrenwasser versorgten Gebieten Sachsens nicht zu rechnen. Insoweit erweist sich das multifunktionale sächsische Talsperrensystem nach bisherigen Erkenntnissen als flexibel genug für die Sicherstellung der Trink- und Brauchwasserversorgung bei gleichzeitiger Gewährleistung der Anforderungen des Hochwasserschutzes. Die letztgenannte Nutzung ist allerdings inzwischen ausgereizt. Die Neuerrichtung von Stauanlagen – insbesondere von Hochwasserrückhaltebecken und Poldern - und/oder die Erweiterung bestehender Stauanlagen wird für eine weitere Verbesserung des Hochwasserschutzes und ggf. für den notwendigen großräumigen Ressourcenausgleich zwischen Süd- und Nordsachsen erforderlich.

Daneben stehen entlang der Flüsse umfangreiche Uferfiltratressourcen zur Verfügung, die die überregionalen Verbundsysteme ergänzen und für die Zukunft gesichert werden müssen.

Die Wasserwirtschaft koppelt ihre Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und zum Risikomanagement vor allem an die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie insbesondere im Hinblick auf die Verbesserung der Wasserbeschaffenheit und des ökologischen Zustandes der Fließ- und Standgewässer. Die Sicherung von Wassermenge und -qualität, die Gewässerökologie sowie die Verbesserung des Wasserrückhalts in der Landschaft erfordern eine intensive Zusammenarbeit der Akteure in der Land- und Forstwirtschaft (landwirtschaftliche Produktion, Waldumbau), im Naturschutz (Revitalisierung von Mooren, Niedrigwassermanagement) und in der Wasserwirtschaft (Trink- und Brauchwassernutzung, Nutzung von Grundwasser).

Es bedarf weiterer vertiefter Untersuchungen, ob aufgrund aktualisierter Aussagen zur künftigen regionalen Klimaentwicklung größere Risiken für die Wasserversorgung entstehen können, z. B. durch Reduzierung des jährlichen Wasserdargebots (Oberflächengewässer, Grundwasser) oder durch Erhöhung der Nachfrage (landwirtschaftliche Bewässerung, Kühlung in Kondensationskraftwerken u. a.).

#### Anpassung weiterer Bereiche

Für weitere Sektoren in Wirtschaft und Gesellschaft kann die Entwicklung von Anpassungsstrategien und Maßnahmen zur Unterstützung von Anpassungsprozessen notwendig werden. In Betracht kommen hier der Tourismus (z. B. alternative Tourismusangebote für Wintersportgebiete), Gewerbe und Industrie (z. B. energieeffiziente Kühlprozesse in Produktionsabläufen), die Energiewirtschaft (z. B. Sicherung von Kühlprozessen bei Wärmekraftwerken in Trockenperioden) oder auch die Gesundheitsvorsorge (Abschätzung möglicher gesundheitlicher Folgen und Entwicklung vorbeugender Maßnahmen).

Auf der Grundlage entsprechender Untersuchungen zur Betroffenheit des jeweiligen Sektors von den Folgen des Klimawandels werden im Bedarfsfall mit den entsprechenden Entscheidungsträgern und Akteuren Anpassungsstrategien entwickelt.

Darüber hinaus gewinnen auch zahlreiche Maßnahmen des Bodenschutzes im Zusammenhang mit dem Klimawandel zusätzliche Relevanz. Die Verbesserung u. a. von Erosionsschutzmaßnahmen, des Bodenwasser- und Kohlenstoffhaushaltes im Boden, des Bodenlebens und der Bodenbildung oder der Bodenbedeckung (zeitlich, räumlich) erfolgt dabei in enger Abstimmung mit den Landnutzern.

#### Umsetzung von Anpassungsstrategien in der Landes- und Regionalplanung

Die Notwendigkeit, Strategien und Maßnahmen der Anpassung natürlicher und gesellschaftlicher Systeme an den Klimawandel sowie des Klimaschutzes in der Fläche integrativ zu bewerten und zu koordinieren bedingt eine neue Funktion der Landes- und Regionalplanung. Sowohl rechtlich verbindliche Instrumente wie der Landesentwicklungsplan und die Regionalpläne als auch informelle Instrumente wie Regionale Entwicklungskonzepte oder Modellvorhaben wie das Integrierte Regionale Klimaanpassungsprogramm für die Modellregion Dresden im Rahmen des Forschungsverbundes REGKLAM greifen den Klimawandel als neuen zusätzlichen Planungsaspekt auf. Klimafolgen sowie daraus resultierende Anforderungen der Anpassung und Wechselwirkungen zu Klimaschutzstrategien begründen eine neue vorsorgende gesellschaftliche Verantwortung der Landes- und Regionalplanung. Dafür bedarf es neuer methodischer Ansätze wie des erstmalig durchgeführten Klimachecks im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung zur Fortschreibung des Landesentwicklungsplans 2003.

In der sächsischen Landes- und Regionalplanung werden Belange der Anpassung an den Klimawandel ausdrücklich bei der Fortschreibung des Landesentwicklungsplans 2003 aufgenommen.

Die Sächsische Staatsregierung verfolgt das Ziel, die Vulnerabilität der verschiedenen Sektoren gegenüber dem Klimawandel zu analysieren, die entsprechenden Klimafolgen zu ermitteln und Anpassungsstrategien zu entwickeln. Dazu sollen

- ✓ die Vulnerabilitäten der verschiedenen Sektoren landesweit insbesondere mit dem Ziel der Identifizierung von Hot Spots sowie einer Priorisierung im Hinblick auf die Umsetzung notwendiger Anpassungsmaßnahmen analysiert werden,
- ✓ ein Klimafolgenmonitoring auf der Grundlage von Impact- und Response-Indikatoren aufgebaut werden, das den Einfluss des Klimawandels bzw. Erfolge von Anpassungsmaßnahmen dokumentiert,
- ✓ sektorale Anpassungsstrategien unter Berücksichtigung sektorübergreifender Aspekte entwickelt und die Umsetzung unterstützt werden.

### 6.2.3. Treibhausgasemissionen mindern

Durch die Freisetzung klimarelevanter Gase (Treibhausgase - THG) in die Atmosphäre verstärkt der Mensch global den Treibhauseffekt.

Sachsen trägt als Teil der entwickelten Welt eine Verantwortung dafür, Wege zur Minderung der Treibhausgasemissionen aufzuzeigen und zu beschreiten. Diese Verantwortung nimmt der Freistaat mit einer seit dem ersten Sächsischen Klimaschutzprogramm im Jahr 2001 konsequent durchgeführten Klimaschutzpolitik wahr. Sie strebt die Minderung der Treibhausgasemissionen und die Schonung der natürlichen Ressourcen durch die mittel- bis langfristige Ablösung der fossilen und den sukzessiven Ausbau der erneuerbaren Energien an. Im Zuge dieses Umstellungsprozesses gilt es, die wirtschaftlichen Chancen in den Bereichen erneuerbare Energien, Energieeffizienz-Technologien und Kohlenstoff-Management zu nutzen.

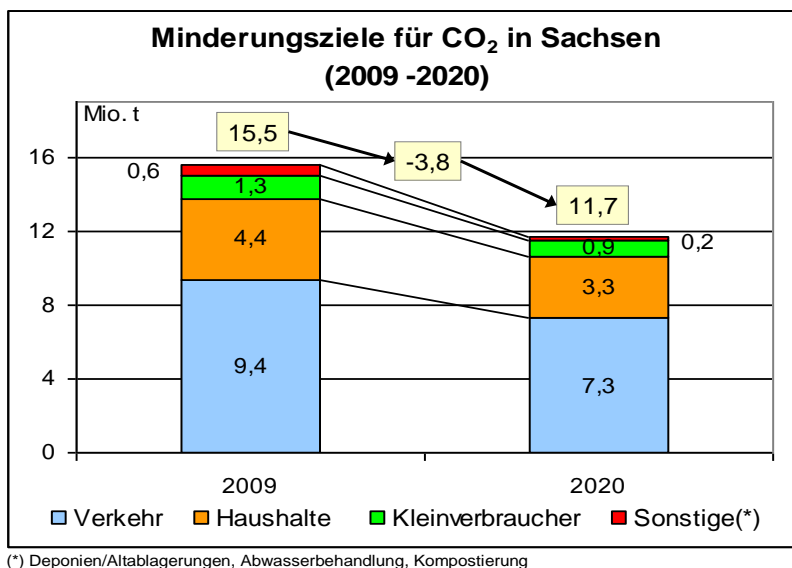
Die Sächsische Staatsregierung setzt ihre mit dem Klimaschutzprogramm 2001 begonnene erfolgreiche Politik zum Schutz des Klimas fort und leistet mit einer weiteren Minderung der Treibhausgasemissionen bis 2020 ihren Beitrag zum globalen Klimaschutz.

Das Ziel der Sächsischen Staatsregierung die Treibhausgase zu mindern betrifft nicht den Emissionshandelssektor, der die energieintensiven Industrien und die Energiewirtschaft umfasst. In diesem Bereich greift allein der EU-weite Emissionshandel als marktwirtschaftliches Instrument der EU-Klimapolitik mit dem Ziel, die Treibhausgasemissionen unter minimalen volkswirtschaftlichen Kosten zu senken. In der Europäischen Union wird es ab 2013 nur noch eine einzige, EU-weite Emissionsobergrenze für emissionshandelspflichtige Anlagen der Industrie und der Energiewirtschaft geben. Diese Grenze wird im Jahr 2013 rund zwei Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente betragen. Die Menge wird nicht über die gesamte Handelsperiode bis 2020 konstant bleiben, sondern jährlich linear um 1,74 % sinken. Für 2020 ergibt sich daraus in der Summe eine Minderung im gesamten Emissionshandelsbereich von 21 % gegenüber 2005.

#### Ziel zur Treibhausgasminderung

Die Sächsische Staatsregierung schreibt ihre bisherigen Klimaschutzziele mit einer neuen ambitionierten Zielsetzung fort (Abbildung 33).

Das neue Ziel bezieht sich ausschließlich auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen, weil für diese eine hinsichtlich der Verursacher weitgehend belastbare Datengrundlage vorliegt. Dagegen bestehen bei der Erfassung der Treibhausgasemissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) vorrangig aus Flächenquellen noch zahlreiche offene Fragen, die die Belastbarkeit bisher vorliegender Daten teilweise in Frage stellt.



**Abbildung 33:** CO<sub>2</sub>-Emissionen im Nicht-Emissionshandelssektor in Sachsen 2009 und 2020

### Landwirtschaft

Der Anteil der Landwirtschaft an den gesamten Treibhausgasemissionen in Sachsen betrug im Jahr 2009 etwa 5 %. Je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF) liegen die mittleren Treibhausgasemissionen der sächsischen Landwirtschaft mit 3,0 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro ha LF deutlich niedriger als die mittleren THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft mit 4,1 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro ha LF (abgeleitet aus NIR-Bericht 2010).

Im Hinblick auf die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft kommt dem Stickstoffmanagement und den daraus resultierenden N<sub>2</sub>O-Emissionen (60 %-Anteil) sowie den Methanemissionen aus der Tierhaltung (35 %-Anteil) die größte Bedeutung in Sachsen zu. Bei den Methanemissionen ist zu berücksichtigen, dass 29 % (entspricht 83 % der tierhaltungsbedingten Methanemissionen) aus dem internen Stoffwechsel der Tiere resultiert.

Für den landwirtschaftlichen Klimaschutz in Sachsen ergeben sich insbesondere folgende Schwerpunkte mit Synergieeffekten zum Boden-, Natur-, Gewässer- und zum vorbeugenden Hochwasserschutz:

- Steigerung der Stickstoffeffizienz v. a. durch Verminderung von Überschüssen und Austrägen.
- Erhalt der Kohlenstoffspeicher Dauergrünland und Moorflächen sowie Sicherstellung der Humusproduktion auf Ackerflächen.
- Einsparung fossiler Energieträger durch Erzeugung von Bioenergie aus Wirtschaftsdüngern, biogenen Reststoffen, Landschaftspflegematerial und nachhaltig angebauten nachwachsenden Rohstoffen, einschließlich mehrjähriger Energiepflanzen.
- Minderung von Emissionen aus der Tierhaltung einschließlich Wirtschaftsdüngermanagement v. a. durch Erhöhung der Nutzungsdauer von Milchkühen bei weiter steigender Milchleistung und Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen.

Die Umsetzung soll vorrangig mit den folgenden Instrumenten erfolgen:

- Förderung flächenbezogener Agrarumweltmaßnahmen wie z. B. des Ökolandbaus, verschiedener Begrünungs- und Grünlandmaßnahmen und der dauerhaft konservierenden Bodenbearbeitung oder Direktsaat.
- Förderung investiver Maßnahmen z. B. im Bereich der Tierhaltung einschließlich des Wirtschaftsdüngermanagements (Lagerung und Ausbringung), der Anlage



mehrfähriger Energiepflanzenbestände, der Nutzung erneuerbarer Energien sowie innovativer Spezialtechnik etc.

- Maßnahmen zur Schulung sowie zum Wissens- und Erfahrungsaustausch z. B. durch die Einrichtung von Arbeitskreisen insbesondere zur Abstimmung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz sowie die Anlage von Demonstrationsvorhaben, die Durchführung von Feldtagen, Fachveranstaltungen und Schulungen.
- Durchführung von Projekten der angewandten Forschung z. B. zur Steigerung der Stickstoffeffizienz, zur Erhöhung der Energieeffizienz und -ausbeute (Biogas), zum nachhaltigen Energiepflanzenanbau, zur Direktsaat, zur Ableitung modellgestützter Empfehlungen zur Humusreproduktion etc.

Neben diesen Instrumenten tragen weitere Instrumente wie die Düngeverordnung zum landwirtschaftlichen Klimaschutz bei. Im Rahmen eines Projektes ist vorgesehen, die Treibhausgasemissionen der sächsischen Landwirtschaft unter Einbeziehung der Emissionen aus der Landnutzung/ Landnutzungsänderung zu ermitteln sowie die künftig erschließbaren Klimaschutzpotenziale bei Umsetzung weiterer Maßnahmen abzuschätzen. Damit sollen die Grundlagen für eine umfassendere quantitative Bewertung der Treibhausgasemissionen sowie der Klimaschutzleistungen der sächsischen Landwirtschaft geschaffen werden.

#### Treibhausgas-Speicher und -Senken

In den sächsischen Ökosystemen sind erhebliche Mengen an Kohlenstoff sowohl im Boden als auch in der oberirdischen Biomasse gespeichert. Ob und in welcher Höhe Ökosysteme als Treibhausgassenkenen oder -quellen z. B. für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O wirken, wird von den Bodeneigenschaften, insbesondere vom Bodenwasserhaushalt, und von der Art und Weise der Landnutzung bestimmt. Als Kohlenstoffsinken können grundsätzlich insbesondere Wälder, Auen, Moore und Grünland fungieren.

Die Kohlenstoffbilanz von Wäldern hängt entscheidend von deren Nutzung, der Baumarten- und Altersklassenstruktur ab. Nur ein vitaler, bewirtschafteter Wald wirkt als Senke. In bestimmten Stress-Situationen - ausgelöst durch Hitze, Wassermangel, Schädlingsbefall, Lichtmangel etc. - und durch Waldbrände wird der Wald zur Kohlenstoffquelle. Der Klimawandel kann den Stress und die Waldbrandgefahr erhöhen.

Hochwertige Hölzer sind Langzeit-Kohlenstoffspeicher, wenn geeignete Nutzungskaskaden realisiert werden: Als äußerst vielseitiger Baustoff oder als hochwertige Konsumgüter können für Holz Nutzungszeiten von mehreren Jahrzehnten bis Jahrhunderten erreicht werden.

Die Senkenleistung von Grünland ist trotz höherem photosynthetischem Kohlenstoff-Umsatz flächenspezifisch geringer und hängt von der Art der Bewirtschaftung ab (standortangepasste Weidedichte bzw. Mahd und Abfuhr, angepasste Düngung, Gräserarten, Grad der Bodenverdichtung). Mit einer negativen Kohlenstoffbilanz ist der Umbruch von Grünland in Acker verbunden, besonders auf Moor- und anderen Nass-Standorten.

Moorböden sind unter allen Böden die bedeutendsten Kohlenstoffspeicher. Sie weisen im Vergleich zu Mineralböden die Besonderheit der Kohlenstoff-Speicherung im Unterboden in teils mehrere Meter mächtigen Torfschichten auf. Entwässerung und wirtschaftliche Nutzung führen zur Torfzersetzung und damit zur CO<sub>2</sub>-Freisetzung.

Sachsen weist eine Gesamtfläche von organischen Nass-Standorten/ Moorkomplexen von ca. 46.800 ha auf, davon ca. 7.200 ha Moorfläche (Torf > 30 cm). Knapp 50 % der Moorkomplexe sind bewaldet, wobei die Nadel- und Nadelmischwälder den größten Flächenanteil einnehmen. Sowohl bewaldete als auch landwirtschaftlich genutzte Moore sind von Entwässerung betroffen und somit als Quelle für Treibhausgase wirksam. Naturnahe wachsende Moore sind die Ausnahme.

Aus diesen Rahmenbedingungen leiten sich insbesondere folgende Schwerpunkte mit Synergieeffekten zum Boden-, Natur-, Gewässer- und zum vorbeugenden Hochwasserschutz ab:

- Schutz bestehender Kohlenstoffspeicher wie Moore, Nass-Standorte und Grünland hat Vorrang gegenüber Anstrengungen zur Erhöhung der Senkenleistung
- Aufbau eines sächsischen Monitorings für Treibhausgasspeicher und -senken sowie Bewertung des Senkenpotenzials von Wald, Mooren, Auen und Grünland
- Entwicklung von Landnutzungsszenarien, welche die Senkenfunktion insgesamt verbessern
- landesplanerische Berücksichtigung von Maßnahmen zur Verbesserung der Senkenleistung und Unterstützung der Akteure
- Sicherung und Ausbau des sächsischen Waldes als Kohlenstoffspeicher (Erhöhung des Waldanteils in Sachsen auf 30%)
- Entwicklung einer Kaskaden-Nutzung von Holz und Biomasse
- Senkengerechte Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Böden.

Die Sächsische Staatsregierung verfolgt das Ziel, die Treibhausgasemissionen an den Quellen zu mindern und dabei auch die Treibhausgasspeicher und -senken einzubeziehen. Dazu sollen

- ✓ die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Nicht-Emissionshandelssektors bis zum Jahr 2020 um 25 % gegenüber 2009 reduziert werden,
- ✓ die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft mit Synergien zum Boden-, Natur- und Gewässerschutz gemindert werden,
- ✓ Treibhausgasspeicher und -senken in ihren Funktionen geschützt und entwickelt werden.

#### **6.2.4. Forschung fördern, Bildung erweitern und Kooperation ausbauen**

##### Forschung fördern

An den sächsischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen besteht ein breites Spektrum unterschiedlicher Fachkompetenzen in den Bereichen regionale Klima- und Klimafolgenforschung. Von diesen Kompetenzen profitiert Sachsen in den verschiedenen Bereichen, u. a. in der Umwelt- und Landwirtschaftsverwaltung, in der Landes- und Regionalplanung, aber auch bei vielen Planungen und Entscheidungen auf kommunaler Ebene, in Unternehmen oder Bildungseinrichtungen. Auch in das Klima-Netzwerk Sachsen sind die Hochschulen deshalb eingebunden.

Es liegt im besonderen Interesse des Freistaates, die bestehenden Kompetenzen und Kapazitäten der Klimaforschung an den sächsischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen zu erhalten, zu nutzen und weiterzuentwickeln.

Darüber hinaus sollen die Voraussetzungen für die Mitwirkung sächsischer Hochschulen und Forschungsinstitute an europäischen und nationalen Forschungsverbänden (Bsp.: BMBF-Verbundprojekt REGKLAM) und -projekten verbessert werden, um den Wissens- und Erfahrungstransfer auszubauen.

##### Bildung erweitern und Beteiligung anregen

Die Sächsische Staatsregierung verankert die Bildung für nachhaltige Entwicklung im vorschulischen, schulischen und außerschulischen Bereich sowie in der Berufs- und Hochschulbildung als Handlungsdimension, die Energie- und Klimafragen der Gegenwart

und Zukunft ebenso berücksichtigt wie Themen der sozialen Gerechtigkeit, der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit, der ökologischen Nachhaltigkeit und der politischen Stabilität. Das ermöglicht den Kindern und Jugendlichen, aktiv an der Analyse und Bewertung von Entwicklungsprozessen teilzuhaben, sich an Kriterien der Nachhaltigkeit im eigenen Leben zu orientieren und nachhaltige Prozesse gemeinsam mit anderen lokal und global in Gang zu setzen. Dabei erwerben sie grundlegende Kompetenzen für eine entsprechende Gestaltung ihres Lebens, für die Mitwirkung in der Gesellschaft und die Mitverantwortung im globalen Rahmen.

Fragen des Klimaschutzes und der Energieversorgung sind Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung. Deshalb soll das Thema Klima noch stärker als bisher in die Bildungsangebote an den Schulen integriert werden. Geeignete Maßnahmen (Materialien, Fortbildung, Lehrplanentwicklung etc.) sollen die Umsetzung wirksam unterstützen.

Ausreichende Informationen über die Klimaentwicklung und deren mögliche regionale Auswirkungen sind aber auch für zielgerichtetes Handeln in Politik, Wirtschaft und Verwaltung unabdingbar. Dieses dynamische Wissen an die unterschiedlichen Zielgruppen heranzutragen, adressatengerecht aufzubereiten und dabei auch die bestehenden Unsicherheiten angemessen zu vermitteln, ohne zu verunsichern, ist Aufgabe einer wirksamen Informationspolitik.

### Kooperation ausbauen

Grundlage für eine erfolgreiche Klimapolitik ist die Kooperation mit Entscheidungsträgern und Akteuren in Wirtschaft, Verwaltung und Gesellschaft.

Nur die Akteure in den verschiedenen Sektoren selbst können die notwendigen Maßnahmen zum Klimaschutz bzw. zur Anpassung an den Klimawandel umsetzen, der Staat kann diesen Prozess initiieren, begleiten und durch vielfältige Instrumente unterstützen.

Deshalb sollen einerseits regionale Kooperationen in Sachsen initiiert, fortgesetzt und ausgebaut, andererseits auch die Beteiligung am nationalen und internationalen Informations- und Erfahrungsaustausch sowie an entsprechenden Initiativen ermöglicht und verstärkt werden.

Das Klima-Netzwerk Sachsen ist ein Beispiel für die funktionierende Zusammenarbeit bei aktuellen und zukunftsweisenden Fragen zum regionalen Klimawandel. Es wurde im August 2009 gegründet und fungiert als Denkfabrik, in der Vertreter aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft mitwirken. Sie tragen dazu bei, die für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel in Sachsen erforderlichen Konsequenzen aus fachlicher Sicht aufzuzeigen, die Politik bei der Umsetzung der notwendigen Maßnahmen zu beraten und die Öffentlichkeit über die vielfältigen Aspekte des Klimawandels auf dem jeweils aktuellen Kenntnisstand zu informieren.

Für Sachsen sind aufgrund seiner Grenzlage zur Republik Polen und zur Tschechischen Republik internationale Kooperationen von besonderer Bedeutung. Gerade die globale Herausforderung des Klimawandels erfordert in besonderem Maße eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit, um Lösungen für die anstehenden Probleme gemeinsam zu entwickeln. Die Europäische territoriale Zusammenarbeit (ETZ) bietet dafür eine geeignete Grundlage. Die Programme der ETZ werden bereits von Sachsen intensiv genutzt und sollten auch künftig in Anspruch genommen werden.

Die Sächsische Staatsregierung verfolgt das Ziel, die in Sachsen vorhandenen Forschungskapazitäten im Bereich regionale Klima- und Klimafolgenforschung zu fördern, eine umfassende Bildung für nachhaltige Entwicklung aufzubauen und Kooperationen der Akteure in den verschiedenen Bereichen zu unterstützen. Dazu sollen

- ✓ die Zusammenarbeit mit den Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Sachsen im Bereich der Klima- und Klimafolgenforschung fortgesetzt und weiterentwickelt werden,
- ✓ Energie- und Klimafragen in das Konzept einer Bildung für nachhaltige Entwicklung im vorschulischen, schulischen und außerschulischen Bereich eingebunden werden,
- ✓ bestehende Kooperationen und Netzwerke ausgebaut bzw. neue initiiert werden.

## Anhang

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Primärenergieverbrauch im Jahr 2010 .....	5
Abbildung 2: Endenergieverbrauch im Jahr 2010 .....	6
Abbildung 3: Anteile Erneuerbarer Energien am Energieverbrauch.....	6
Abbildung 4: Entwicklung der Energieproduktivität der sächsischen Volkswirtschaft (Index bezogen auf das Jahr 2000, entspricht 100 %) .....	7
Abbildung 5: Stromerzeugungskapazitäten in Sachsen im Jahr 2011 (Daten erneuerbare Energien: Stand 2010, Daten Braunkohle: Stand 2012). .....	8
Abbildung 6: Bruttowertschöpfung (BWS) 1991 bis 2010; Index bezogen auf das Jahr 2000, (2000 = 100 %), preisbereinigt, verkettet.....	14
Abbildung 7: Anteil der Investitionen in der leitungsgebundenen Energiewirtschaft an den Investitionen im gesamten produzierenden Gewerbe 1991 – 2009.....	14
Abbildung 8: Prognose Primärenergiebedarf nach Regionen (Hauptszenario) .....	16
Abbildung 9: Verbrauch einzelner Energieträger 2010 (linker Balken) und 2035 (rechter Balken) (Hauptszenario).....	17
Abbildung 10: Vorräte, Förderung und Verbrauch von Energierohstoffen (weltweit = 100 %) .....	19
Abbildung 11: Prognosen zur Ölpreisentwicklung gemäß World Energy Outlook 2012.....	21
Abbildung 12: Energieproduktivität in Industrie und im Bereich GHD 1991 bis 2009' .....	30
Abbildung 13: Energieproduktivität im Straßenverkehr Sachsens 1995 bis 2010.....	31
Abbildung 14: Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung, vorläufige Werte für das Jahr 2012 und Potenziale .....	37
Abbildung 15: Kumulierter Investitionsbedarf (Hauptszenario) für die Energieversorgungs-Infrastruktur 2012 – 2035 .....	41
Abbildung 16: Aufteilung der Fördermittel (Projektförderung) 1992 bis 2012 für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien.....	43
Abbildung 17: Anomalie und dekadische Variabilität der Jahresmitteltemperatur 1901 – 2010 im Raum Dresden (Referenzperiode 1961 - 1990 mit der Jahresmitteltemperatur 8,6 °C für Dresden-Klotzsche).....	44
Abbildung 18: Anomalie der Mitteltemperatur in den Dekaden 1991 - 2000 und 2000 - 2010 gegenüber der Referenzperiode 1981 - 1990 im Raum Görlitz.....	45
Abbildung 19: Abweichung des kumulierten Jahresniederschlags im Raum Dresden von 1961 bis 2010 im Vergleich zum mittleren kumulierten Jahresniederschlag 1961 - 1990.....	46
Abbildung 20: Abweichung des kumulierten Tagesniederschlags der feuchtesten und trockensten Jahre in der Dekade 2001 - 2010 im Vergleich zu 1961 - 1990 an der Station Dresden-Klotzsche .....	46
Abbildung 21: 30jährig gleitendes Mittel des Niederschlags in der Vegetationsperiode 1 (April bis Juni) an der Station Görlitz von 1901 – 2010 .....	47
Abbildung 22: Projektion der Temperaturänderung in Sachsen 2071 - 2100 gegenüber 1961 - 1990 (STAR2: 2031 - 2060 gegenüber 1981 - 2000) von sechs regionalen Klimamodellen für das Emissionsszenario A1B (IPCC 2007) .....	48

<i>Abbildung 23: 30jährig gleitendes Mittel der bodennahen Lufttemperatur im Raum Dresden im Zeitraum 2010 bis 2100 mit einer Projektion für das Emissionsszenario A1B und einer Bandbreite der Temperaturänderung.....</i>	<i>49</i>
<i>Abbildung 24: Projizierte prozentuale Niederschlagsänderungen verschiedener regionaler Klimamodelle 2071 - 2100 im Vergleich zu 1961 - 1990 sowie im Zeitraum 1901 - 2006 beobachteter Trend in Sachsen (Projektion vom Globalmodell ECHAM5 Lauf 1, Emissionsszenario A1B bzw. bei WEREX III ECHAM4, Emissionsszenario A2, Referenzperiode 1981 - 2000, bzw. bei STAR Vergleichszeitraum 2031 - 2060 vs. 1981 - 2000).....</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 25: Übersicht der von den Auswirkungen des Klimawandels betroffenen Bereiche .....</i>	<i>51</i>
<i>Abbildung 27: Potentielle Veränderungen durch den Klimawandel in den landwirtschaftlichen Standortregionen.....</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 28: Veränderungen der Arealbegrenzungen der forstlichen Klimastufen durch den Klimawandel (verändert nach Staatsbetrieb Sachsenforst).....</i>	<i>55</i>
<i>Abbildung 29: Erosionsgefährdungen durch Wasser in Sachsen.....</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 30: Übersicht zu Klimafolgen und Betroffenheiten im verdichteten Raum (TU Dresden) .....</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 31: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sachsen 1990 bis 2010.....</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 32: Verursacher der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2010 nach Sektoren.....</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 33: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Nicht-Emissionshandelssektor in Sachsen 2009 und 2020 .....</i>	<i>72</i>

## **Tabellenverzeichnis**

<i>Tabelle 1: Reserven und Ressourcen nicht erneuerbarer Energierohstoffe in EJ.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabelle 2: Vorräte in laufenden Tagebauen.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 4: Zielstellung und aktueller Stand zur Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Bereichen Industrie, Verkehr, private Haushalte und Kleinverbraucher .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabelle 5: Veränderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2006 – 2020.....</i>	<i>61</i>

## Quellenverzeichnis

50HERTZ TRANSMISSION GmbH, <a href="http://www.50hertz-transmission.net">http://www.50hertz-transmission.net</a>
AG ENERGIEBILANZEN, „Ausgewählte Effizienzindikatoren zur Energiebilanz Deutschland“, <a href="http://www.ag-energiebilanzen.de">http://www.ag-energiebilanzen.de</a>
AG ENERGIEBILANZEN, Bilanzen 1990-2010, <a href="http://www.ag-energiebilanzen.de">http://www.ag-energiebilanzen.de</a>
ANNE CHRISTIN WUDTKE: Analyse des Einflusses des Klimawandels auf die Entwicklung der sächsischen Grundwasserstände – Diagnose und Projektion. Diplomarbeit, 2008
ARBEITSKREIS VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER, Reihe 1, Länderergebnisse Band 1, <a href="http://www.vgrdl.de">http://www.vgrdl.de</a>
BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE, Aufkommen und Export von Erdgas, Eschborn, 2011, <a href="http://www.bafa.de">http://www.bafa.de</a>
BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE, Tanklagererhebung 2011
BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen, 2012, <a href="http://www.bgr.bund.de">http://www.bgr.bund.de</a>
BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar, umweltfreundlich vom 28. September 2010, <a href="http://www.bmu.de">http://www.bmu.de</a>
BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland, Berlin, 2009, <a href="http://www.bmu.de">http://www.bmu.de</a>
BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE, Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar, umweltfreundlich vom 28. September 2010, <a href="http://www.bmwi.de">http://www.bmwi.de</a>
BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT e.V., Ausbaubedarf der Verteilnetze für Elektroenergie infolge des Erneuerbare-Energien-Gesetzes in Sachsen 2020, <a href="http://www.bdew.de">http://www.bdew.de</a>
DEUTSCHER BRAUNKOHLLEN-INDUSTRIE-VEREIN e.V. (DEBRIV), „Braunkohle in Deutschland 2009“, Berlin/Köln 2009, <a href="http://www.braunkohle.de">http://www.braunkohle.de</a>
IFO INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Wirtschaftliche Entwicklung in Sachsen und seinen Regionen bis zum Jahr 2020; ifo Dresden berichtet 2/2009
IFO INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Wirtschaftliche Entwicklung Sachsens im Ländervergleich: Bestandsaufnahme und Perspektiven, Dresden, 2010
IFO INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Wirtschafts- und Arbeitsmarktentwicklung Sachsens bis zum Jahr 2030, Expertise im Auftrag des SMWA, Dresden, 2003
INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND RATIONELLE ENERGIEANWENDUNG, UNI STUTTGART, Wissenschaftliche Begleitung des Energieprogramms Sachsen, Schlußbericht, Stuttgart, 2004
INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), World Energy Outlook 2012, Paris, 2012
KRAFTFAHRTBUNDESAMT, <a href="http://www.kba.de">http://www.kba.de</a>
MITTELDEUTSCHE BRAUNKOHLLENGESELLSCHAFT MBH, <a href="http://www.mibrag.de">http://www.mibrag.de</a>
ONTRAS-VNG GASTRANSPORT GmbH, <a href="http://www.ontras.com">http://www.ontras.com</a>
SÄCHSISCHER BRENNSTOFF UND MINERALÖL HANDELSVERBAND, <a href="http://www.sbm.de">http://www.sbm.de</a>
SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe: Karte zur potenziellen Erosionsgefährdung. ergänzt nach: Bodenatlas des Freistaates Sachsen – Auswertungskarten zum Bodenschutz, 2007

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), 2011
SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Daten: Deutscher Wetterdienst (DWD) 1901-2009, Projektion 2010-2100 Umweltbundesamt/LfULG-WETTREG, Dresden, 2010
SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Daten: Deutscher Wetterdienst (DWD), REGKLIM (2008), Umweltbundesamt
SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Emissionskataster
SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, <a href="http://www.smul.sachsen.de/lfulg/">http://www.smul.sachsen.de/lfulg/</a>
SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, nach Bernhofer, C. et al., Analyse zum Handlungsbedarf im Bereich Klimaanpassung. Studie im Auftrag des LfULG, Dresden, 2008
SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, Synopse beobachteter und projizierter Klimate für Sachsen auf der Basis deutscher statistischer und dynamischer Regionalmodelle (REGKLIM), Dresden, 2010
SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, Fortschrittsbericht der AG Klimafolgen für den Berichtszeitraum 2006/2007, 2007
SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR, Endgültige Energiedaten 2009, <a href="http://www.smwa.sachsen.de/de/Wirtschaft/Energie/Zahlen%20und%20Fakten">http://www.smwa.sachsen.de/de/Wirtschaft/Energie/Zahlen und Fakten</a>
STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN, Energiedaten, <a href="http://www.statistik.sachsen.de">http://www.statistik.sachsen.de</a>
VATTENFALL EUROPE MINING, <a href="http://www.vattenfall.de">http://www.vattenfall.de</a>
VERBAND DER WASSERKRAFTWERKSBETREIBER SACHSEN UND SACHSEN-ANHALT E. V., <a href="http://www.wasserkraftverband.de">http://www.wasserkraftverband.de</a>
VEREINIGUNG ZUR FÖRDERUNG DER NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN/ VEE SACHSEN e.V., Grüne Ausbaustudie 2020 – Perspektiven für erneuerbare Energien in Sachsen“, Dresden, 2008, <a href="http://www.vee-sachsen.de">http://www.vee-sachsen.de</a>
W. HIRSCH, U. RINDELHARDT, D. BRÜNIG: „Windpotenziale in Sachsen“, Dezember 1997, Materialien zum Klimaschutz I/1997 – Abschlussbericht im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft