



Energiestudie mit Prognosen der Energiekennzahlen für die Jahre 2020 und 2030 zur Vorbereitung der Fortschreibung des Energiekonzeptes der Landesregierung von Sachsen-Anhalt

Informationsbroschüre | 22.08.2012

Erstellt im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft und Wirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt

EuPD Research

DCTI
Deutsches CleanTech Institut



EuPD Research

Adenauerallee 134
53113 Bonn

☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 0

📠 +49 (0) 228 – 971 43 - 11

Autoren & Ansprechpartner:

Martin Ammon
m.ammon@eupd-research.com

☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 22

Matthias Becker

m.becker@eupd-research.com

☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 54

DCTI Deutsches CleanTech Institut

Adenauerallee 134
53113 Bonn

☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 0

📠 +49 (0) 228 – 926 54 - 11

Autoren & Ansprechpartner:

Philipp Wolff
p.wolff@dcti.de

☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 70

Linda Kleinschmidt

l.kleinschmidt@dcti.de

☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 73

Allgemeine Situationsbeschreibung

Versorgungssicherheit, Umweltschutz und die Reduktion von CO₂-Emissionen sind Herausforderungen, denen die internationale Gemeinschaft im Hinblick auf die Energieversorgung der Zukunft begegnen muss. Folglich bestimmen die Preisschwankungen der Leitenergieträger Erdöl und Erdgas, ein global steigender Energieverbrauch und wachsende Anforderungen an die gesetzten Klimaschutzziele die internationale Energiepolitik.

Deutschland nimmt in der internationalen Energie- und Klimadebatte eine Vorreiterrolle ein und wird nach aktuellem Stand die gesetzten Klimaschutzziele wohl übertreffen. Hierbei stellt sich die Frage, inwiefern und in welchem Maße das Land Sachsen-Anhalt einen Beitrag bereits liefert und zukünftig liefern kann und wie dieser mittels energie- und wirtschaftspolitischer Maßnahmen ausgestaltet wird. Die Entwicklung Sachsen-Anhalts und dessen Energieversorgung wird in den Zeitpunkten 2011, 2020 sowie 2030 erfasst und unter folgenden Fragestellungen betrachtet:

- Wie wird sich die Energienachfrage, d.h. der Primärenergieverbrauch, in Sachsen-Anhalt ändern?
- Bleibt Sachsen-Anhalt auch zukünftig Nettoimporteur von Energie?
- Wie wird sich der Energiemix entwickeln und welcher Bedeutung nimmt hierbei die Braunkohle als Brückentechnologie langfristig ein?
- Welche Erneuerbaren Energien werden das Gros an Energie liefern? Wird die Windenergie in ihrer dominierenden Rolle bleiben oder werden andere Energieträger aufholen?
- Wird der Ausbau der Photovoltaik, insbesondere im Hinblick auf das Privatkundensegment, im nationalen Vergleich aufholen?
- Welchen Einfluss wird es haben, dass sich das technische Potential von Biomasse aufgrund unterschiedlicher Faktoren wie bspw. Flächenkonkurrenz mit Braunkohle verringern wird?
- Wie wird zukünftig mit der Versorgungssicherheit umgegangen, d.h. wie wird die Grundversorgung garantiert? Welche Speicherlösungen können dabei zukünftig in Sachsen-Anhalt eine gewichtige Rolle einnehmen?

Diese und weitere Fragen werden für die Jahre 2011, 2020 und 2030 in der vorliegenden Energiestudie analysiert. Hierbei benutzte historische Daten, aktuelle politische wie auch demographische Rahmenbedingungen werden im Hinblick auf ihren Einfluss auf die zukünftige Energieversorgung in Sachsen-Anhalt gespiegelt, um so letztlich Handlungsimplicationen zur Erreichung von Klimaschutzziele ableiten zu können. Als Umsetzungsrahmen steht die Prämisse, dass diese Handlungsimplicationen in die nationalen sowie europäischen und globalen Strategien integrierbar sein müssen. Um dies zu gewährleisten, werden bei der Modellierung energiebezogener Kennzahlen für das Land Sachsen-Anhalt auch die Rahmenbedingungen dieser Ebenen hinzugezogen. Ferner versteht sich dieses Energiekonzept als Fortschreibung des in 2007 veröffentlichten Energiekonzeptes. So wurden zentrale Aspekte des Energiekonzeptes 2007, wie die ökologische, wirtschaftliche und soziale Nachhaltigkeit sowie die ethische Vertretbarkeit bei der Energieversorgung aufgegriffen und berücksichtigt. Für die Tabellen und Grafiken wurde für die historischen Daten die Internetseite des Statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt herangezogen. Sind keine Werte für die Jahre 2010 und 2011 vorhanden, wurden diese von den Autoren auf Basis der Rahmenbedingungen und unter Verwendung statistischer Verfahren geschätzt. Die Prognosen für die Jahre 2020 und 2030 wurden ebenfalls durch die Autoren prognostiziert.



1 Allgemeine Darstellung der Ergebnisse

Die Energiestatistik des Jahres 2011 und die Prognosen für die Jahre 2020 und 2030 basieren generell auf Hochrechnungen bisheriger Entwicklungen bzw. der Ableitung von Trends auf bundesdeutscher Ebene. Für die Tabellen und Grafiken wurde für die historischen Daten die Internetseite des Statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt herangezogen. Sind keine Werte für die Jahre 2010 und 2011 vorhanden, wurden diese von den Autoren auf Basis der Rahmenbedingungen und unter Verwendung statistischer Verfahren geschätzt. Die Prognosen für die Jahre 2020 und 2030 wurden ebenfalls durch die Autoren prognostiziert. Bei der Erstellung des Energiekonzeptes wurde das Energiekonzept der Landesregierung von Sachsen-Anhalt für den Zeitraum zwischen 2007 und 2020 aufgegriffen und die zentralen Aspekte wie die ökologische, wirtschaftliche und soziale Nachhaltigkeit sowie die ethische Vertretbarkeit bei der Energieversorgung berücksichtigt.

Rahmenbedingungen

Der Bevölkerungsrückgang Sachsen-Anhalts setzt sich auch im Jahr 2011 fort, so dass zum 31. Dezember 2011 2,303 Millionen Menschen im Bundesland lebten. Dies entspricht einer Bevölkerungsdichte von 113 Einwohnern je km². Bis 2030 wird dieser Trend anhalten, sodass die Bevölkerungszahl bis 2020 auf 2,081 Millionen sinkt, 2030 beträgt sie 1,844 Millionen. Die Anzahl der Erwerbspersonen lag 2011 mit 1,01 Millionen knapp unter dem Vorjahreswert. Bis 2020 wird sie auf 1,05 Millionen geringfügig steigen, wobei sie langfristig bis 2030 auf knapp unter 1 Million sinken wird.

Insgesamt wurde 2011 ein BIP von 54,4 Mrd. Euro erwirtschaftet. Pro Erwerbstätigen belief sich das BIP entsprechend auf 53.824 Euro. 2020 wird das nominale BIP voraussichtlich 69,9 Mrd. Euro betragen, bis 2030 steigt es weiter auf 89,1 Mrd. Euro.

Das Verfügbare Einkommen der Bevölkerung in Sachsen-Anhalt steigt langfristig an. Liegt es 2011 noch bei 38.016 Euro, steigt es bis 2020 auf 38.157 Euro und bis 2030 auf 39.798 Euro. Diese Entwicklung liegt jedoch unter dem bundesweiten Durchschnitt. Gemäß Prognosen des DIW steigen in Deutschland insgesamt die Einkommen bis 2030 um 49,5 Prozent im Vergleich zu 2003. Da Sachsen-Anhalt jedoch unter dem bundesweiten Durchschnitt liegt und der Aufholprozess aktuell stagniert, kann davon ausgegangen werden, dass sich Sachsen-Anhalt im deutschlandweiten Vergleich im Hinblick auf die Verfügbaren Einkommen langsamer steigern wird. Demnach wird angenommen, dass in Sachsen-Anhalt das Verfügbare Einkommen bis 2030 um 10,9 Prozent im Vergleich zu 2003 steigt.¹

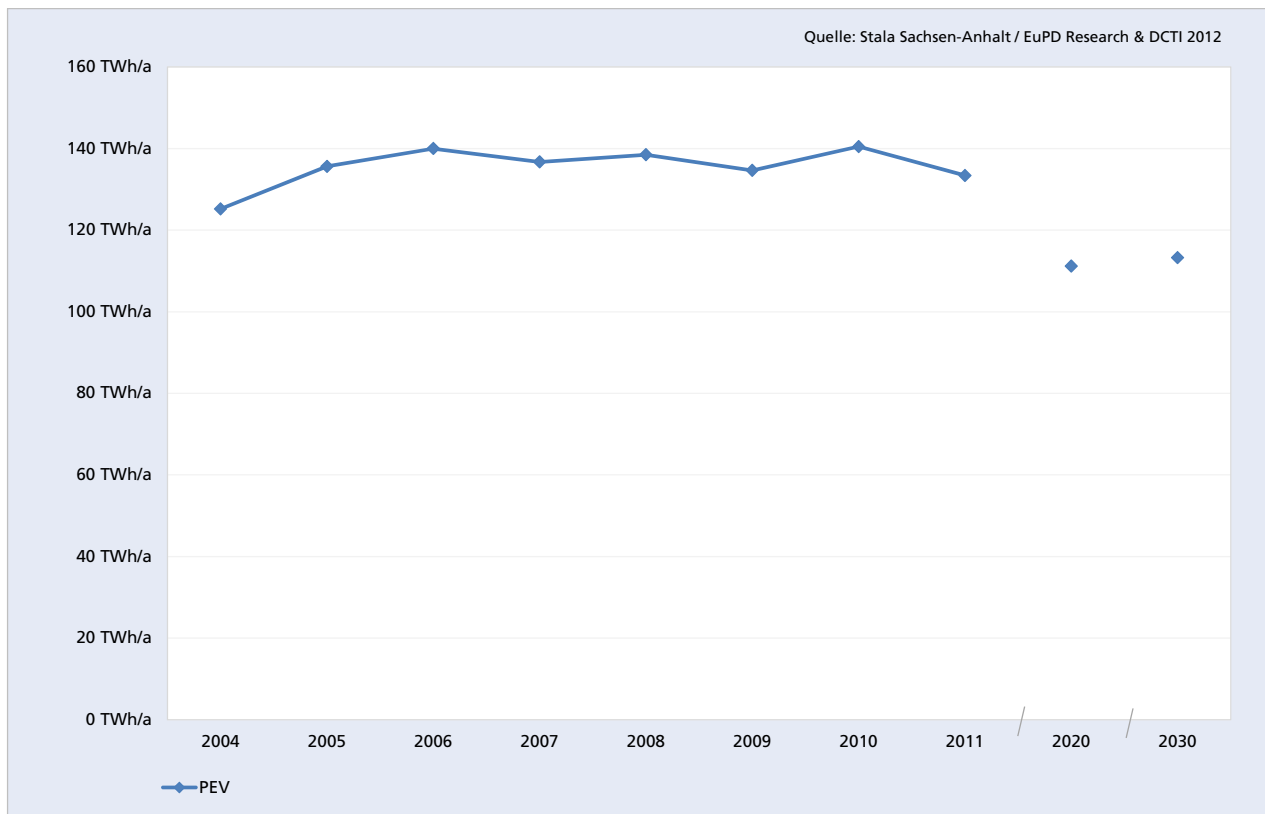
Energieerzeugung und -verbrauch insgesamt

Der Primärenergieverbrauch betrug 2011 133 TWh/a und markierte damit den niedrigsten Wert seit 2004. Während der Primärenergieverbrauch fossiler Energieträger insgesamt sank, wobei insbesondere der Rückgang im Bereich Erdgas hier deutlich ist, erreichten die Erneuerbaren Energieträger mit 23,6 TWh/a einen neuen Höchststand. Der Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch erreichte damit 17,8 Prozent. Verteilt auf die verschiedenen Technologien umfasste die Biomasse mit 71 Prozent den mit Abstand größten Anteil unter den Erneuerbaren Energien, gefolgt von der Windkraft mit 25 Prozent und der Solarenergie mit 2 Prozent. In der Veränderungsrate des Primärenergieverbrauches gegenüber dem Vorjahr nimmt die Solarenergie mit einem Zuwachs von 64 Prozent gegenüber dem Vorjahr den höchsten Wert ein. Auch die Windkraft nimmt gegenüber dem Jahr 2010 um 23 Prozent zu.

¹ Vgl. DIW (2007)

Bis 2020 wird der Primärenergieverbrauch auf 111,2 TWh/a sinken, wobei er bis 2030 wieder etwas zunehmen wird (113,2 TWh/a). Der Anteil der Erneuerbaren Energien daran wird auf 31,9 TWh/a im Jahr 2030 steigen. Dies entspricht 28 Prozent. Innerhalb der Erneuerbaren Energieträger wird eine Verschiebung dahingehend stattfinden, dass Biomasse stark an Relevanz verlieren wird (2030: 49 Prozent). Windenergie hingegen kann ihren Anteil auf 45 Prozent im Jahr 2030 ausbauen. Auch Solarenergie wird anteilig zunehmen (2030: 5 Prozent). Diese Verschiebung resultiert in erster Linie aus dem prognostizierten starken Zubau im Wind und PV Bereich. Daneben ist die Flächenkonkurrenz für die energetische Biomassenutzung zur stofflichen Verwertung und zur Nahrungsmittelproduktion ausschlaggebend, da bereits heute ein großer Teil des Biomassepotentials ausgeschöpft wird und sich zukünftig die Flächenkonkurrenz weiter verschärft.

Abbildung 1: Entwicklung des PEV in Sachsen-Anhalt bis 2030



Der Index der Energieproduktivität ist im Jahr 2011 seit 2004 wieder auf einen neuen Höchststand von 177 Prozent gemessen am Ausgangsjahr 1991 gestiegen. Hier gegenüber ging die Energieintensität Sachsen-Anhalts von 61 Prozent in 2010 auf 57 Prozent im Jahr 2011 zurück. Der reale Wert der Energieproduktivität erreichte in 2011 146 Mio. Euro/ PJ Primärenergie. Bis 2020 steigt die Energieproduktivität weiter an. So liegt sie zukünftig bei 243 Prozent, bis 2030 steigt sie weiter auf 251 Prozent. 2020 liegt der Primärenergieverbrauch bei je Einwohner bei 6.100 Watt/Einwohner, 2030 hingegen bei 7.011 Watt/Einwohner. Dabei ist allerdings zu beachten, dass diese Kennzahl durch mehrere Faktoren determiniert wird: einerseits sinkt die Bevölkerungszahl enorm, andererseits wird auch der Verbrauch aus der Industrie auf die Einwohner verteilt. Hinzu kommt, dass das BIP, damit verbunden die Produktivität, und so letztlich auch der Stromverbrauch der Unternehmen steigen.

Aufgrund der steigenden Energiepreise wird für die Energieversorgung 2030 weitaus mehr im Vergleich zu 2011 (5,8 Mrd. Euro) aufgewendet (6,2 Mrd. Euro). Für Mineralöle bleiben die Aufwendungen relativ konstant (2020: 2,4 Mrd. Euro, 2030: 2,3 Mrd. Euro), was darauf zurückzuführen ist, dass zwar weniger verbraucht

wird, die Preise allerdings steigen. Insgesamt steigen die Ausgaben pro Kopf bis 2020 auf 2.526 Euro, 2030 liegen sie sogar bei 3.352 Euro.

Stromerzeugung und -verbrauch

Bis 2020 wird der Stromverbrauch der Letztverbraucher auf 14,15 TWh/a steigen, wobei der Anteil der Erneuerbaren Energien daran 85 Prozent ausmachen wird. Im Jahr 2030 wird der Stromverbrauch jedoch geringfügig sinken, sodass dieser 13,38 TWh/a beträgt. Besonders positiv herauszuheben ist dabei die Tatsache, dass der Anteil der Erneuerbaren Energien daran gemäß den Prognoseergebnissen 96 Prozent sein wird. Demnach kann nahezu die gesamte Stromnachfrage Sachsen-Anhalts aus Erneuerbaren Energieträgern gedeckt werden.

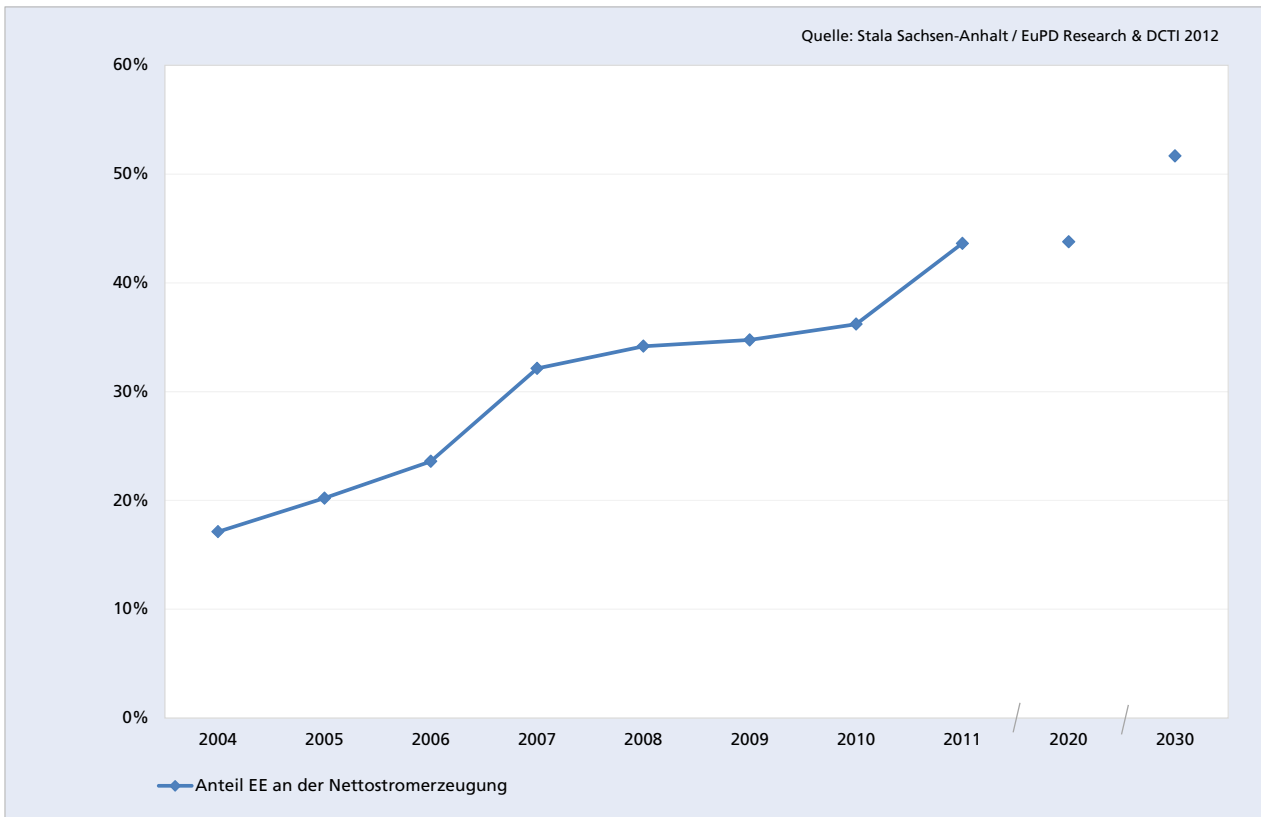
Bei der Verbrauchergruppe des Verarbeitenden Gewerbes sinkt die Stromnachfrage von 2011 bis 2030 um 17 Prozent. Betrag der Verbrauch 2011 noch sechs TWh/a, liegt der prognosegemäß 2030 nur noch bei fünf TWh/a. Die Entwicklung der Nachfrage der privaten Haushalte verhält sich ähnlich: lag diese 2011 noch bei drei TWh/a, beträgt sie 2030 lediglich zwei TWh/a (- 33 Prozent). Damit ergibt sich langfristig eine Verschiebung zwischen den Verbrauchergruppen dahingehen, dass der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes auf 42 Prozent abnimmt und der Anteil der privaten Haushalte auf 17 Prozent sinkt. Damit steigt der Anteil der sonstigen Verwendung.

Die Bruttostromerzeugung im Land Sachsen-Anhalt umfasste im Jahr 2011 21,42 TWh/a. Die Erneuerbaren Energien erzeugten hiervon 8,81 TWh/a, was einem Anteil von 41 Prozent Erneuerbarer Energien an der Bruttostromproduktion in Sachsen-Anhalt entspricht. Im Vergleich der Stromproduktion zum Stromverbrauch der Letztverbraucher des Jahres 2011 ergibt sich ein rechnerischer Überschuss der Stromproduktion von 8,24 TWh/a, sodass Sachsen-Anhalt klar als Stromexporteur innerhalb von Deutschland gilt.

Die Nettostromerzeugung aus Erneuerbaren Energien belief sich in 2011 auf 8,8 TWh/a. Mit einem Anteil von 73 Prozent wurde die höchste Nettostromerzeugung im Bereich der Windenergie umgesetzt. Das Segment der Biomasse, mit den Untergruppen Biogas, feste und flüssige Biomasse, umfasste 24 Prozent, die Photovoltaik erreichte 4,4 Prozent an der Nettostromerzeugung aus Erneuerbaren Energien.

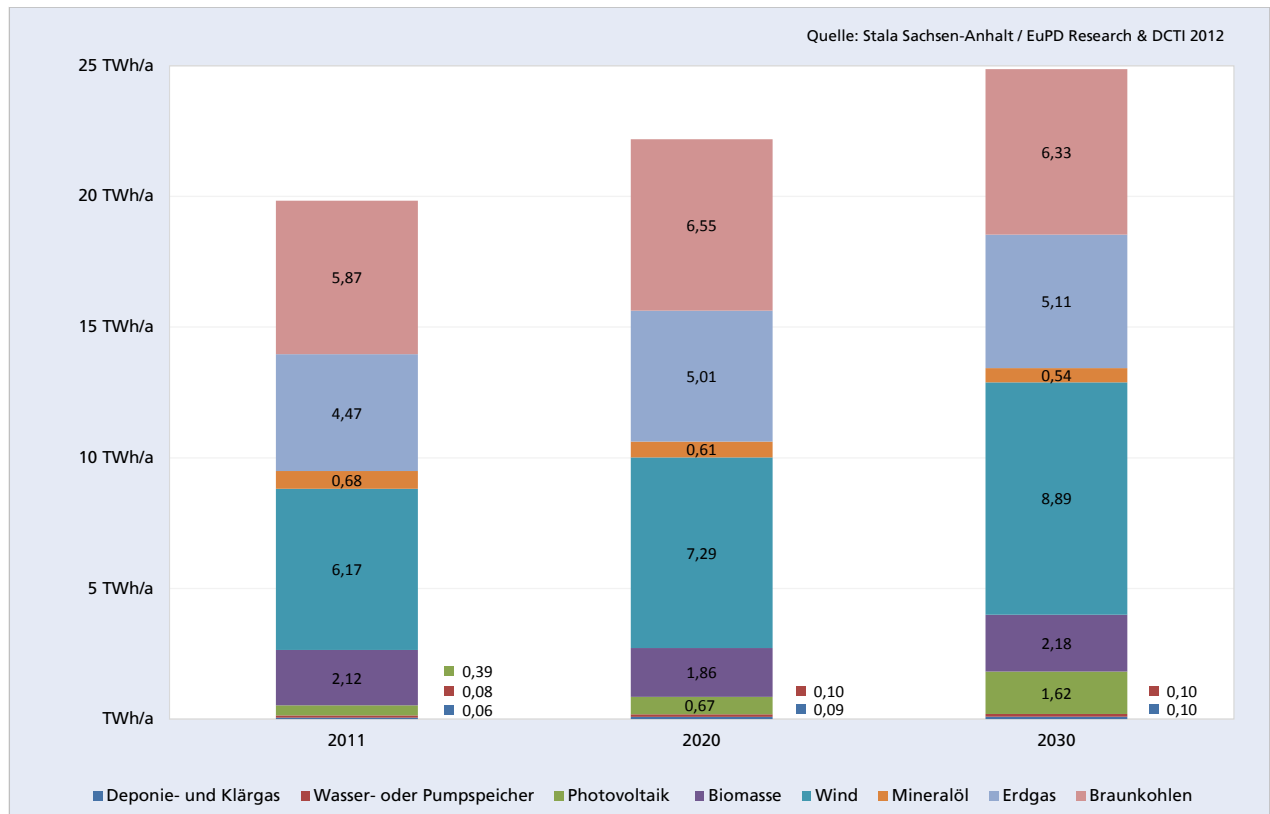
Bis 2030 kann die Nettostromerzeugung aus Erneuerbaren Energien auf 12,9 TWh/a um 46 Prozent gesteigert werden, wobei das Gros aus Windenergie produziert wird (2020: 73 Prozent, 2030: 70 Prozent). 2020 liegt Biomasse noch auf dem zweiten Platz mit 18 Prozent, bis 2030 reicht die Photovoltaik mit einem Anteil von 13 Prozent nahezu an die Biomasse heran.

Abbildung 2: Anteil der Erneuerbaren Energien an der Nettostromerzeugung



Der Anteil der fossilen Energieträger an der Nettostromerzeugung nimmt kontinuierlich ab. Im Rahmen dessen ist allerdings die Entwicklung der jeweiligen Energieträger relativ unterschiedlich. Aufgrund dessen, dass Braunkohle auch langfristig als Brückentechnologie zur Grundlastversorgung eingesetzt werden soll, bleibt die Nettostromerzeugung daraus relativ konstant bei 6 TWh/a. Dies entspricht 2020 einem Anteil von 29 Prozent an der Nettostromerzeugung und 2030 25 Prozent. Steinkohle spielt bereits aktuell eine geringe Rolle im Hinblick auf die Nettostromerzeugung, was annahmegemäß auch zukünftig so bleiben wird. Mineralöle hingegen werden an Relevanz verlieren, sodass ihr Anteil an der Nettostromerzeugung bis 2030 um 20 Prozent auf 5 TWh/a sinken wird. Erdgas wird im Gegensatz zunehmend als Substitut für Erdöl eingesetzt und so langfristig um 14 Prozent im Vergleich zu 2011 auf 5 TWh/a im Jahr 2030 steigen.

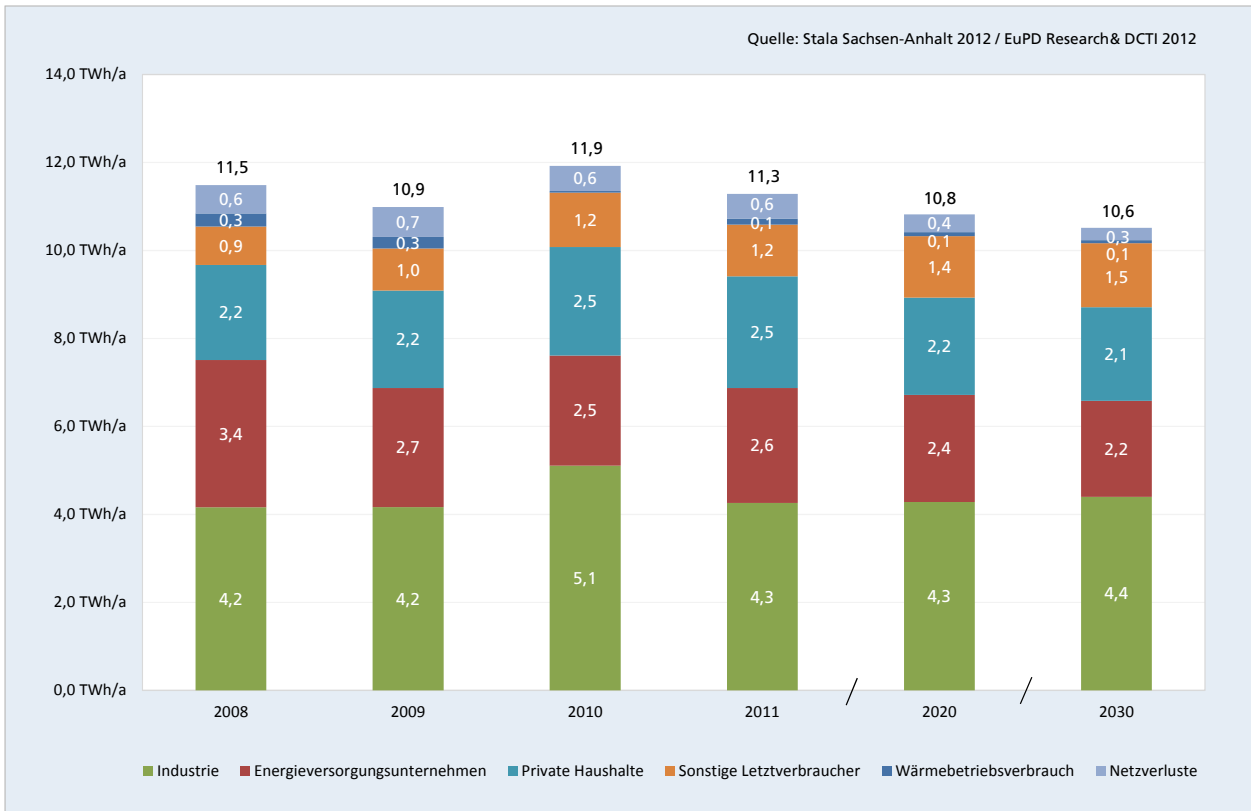
Abbildung 3: Nettostromerzeugung aller Energieträger in Sachsen-Anhalt in den Jahren 2011, 2020 und 2030



Wärmeerzeugung und -verbrauch

Aufgrund der demographischen Entwicklung ist generell davon auszugehen, dass die Nachfrage nach Wärme in Sachsen-Anhalt abnehmen wird. Hinzu kommen verstärkende Effekte wie Effizienzsteigerungen bei Gebäuden und abnehmende Netzverluste. Daraus ergibt ein langfristig rückläufiger Nettowärmeverbrauch. 2010 wurde der Höchststand mit 11,9 TWh/a erreicht, bis 2030 sinkt er kontinuierlich auf 10,6 TWh/a (-11 Prozent). Bei einem Vergleich zwischen den Verbrauchssektoren fällt auf, dass insbesondere der Verbrauch privater Haushalte sinkt, was originär aus dem demographischen Wandel Sachsen-Anhalts resultiert. In den Jahren 2010 und 2011 im Hinblick auf deren Verbrauch in dem Betrachtungszeitraum mit 2,5 TWh/a der Höchststand erreicht. Bis 2030 sinkt der allerdings wieder um 16 Prozent im Vergleich zu 2011. Der Verbrauch der Industrie ist langfristig gesehen relativ konstant (im Durchschnitt 4,4 TWh/a). Dies kann im Wesentlichen darauf zurückgeführt werden, dass zwar einerseits aufgrund der positiven Wirtschaftsentwicklung mehr Wärme gebraucht werden würde, allerdings andererseits effizienzsteigernde Maßnahmen diesen Effekt eindämmen.

Abbildung 4: Nettowärmeverbrauch in Sachsen-Anhalt



Die Nettowärmeerzeugung wird in Sachsen-Anhalt langfristig rückläufig sein. Dies kann auf die sinkende Nachfrage zurückgeführt werden. Betrachtet man die Erzeugung, die tatsächlich in Sachsen-Anhalt erbracht wird, steigt dabei konstant der Anteil Erneuerbarer Energien. Lag dieser 2011 noch bei 18 Prozent, wird er bereits 2020 20 Prozent erreichen und 2030 bei etwa 23 Prozent liegen. Dementsprechend werden 2020 1,7 TWh/a an Wärme aus Erneuerbaren Energien erzeugt und 2030 2 TWh/a. Gleichzeitig sinkt die Verwendung fossiler Energieträger von 7,3 TWh/a im Jahr 2011 auf 6,6 TWh/a 2030. Aufgrund der abnehmenden Nachfrage sinken auch gleichzeitig die Bezüge aus dem Inland. Betragen diese 2011 noch 2,4 TWh/a, sind es 2030 noch 1,9 TWh/a.

Kraftstofferzeugung und -verbrauch

Der Anteil von Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch des Verkehrs liegt in Sachsen-Anhalt bei 5,9 Prozent und ist damit höher als im bundesdeutschen Durchschnitt mit 5,6 Prozent. 2020 werden in Sachsen-Anhalt rund 10,7 Prozent des Kraftstoffverbrauches aus Erneuerbaren Energieträgern stammen. So lag der Kraftstoffverbrauch insgesamt 2011 noch bei 15,5 TWh/a. Bis 2030 sinkt er um zwei Prozent auf 14,1 TWh/a. Der Anteil Erneuerbarer Energieträger steigt dabei konstant an. Ottokraftstoff nimmt hingegen bis 2030 stark ab (2011: 4,9 TWh/a, 2030: 2,5 TWh/a), während der Verbrauch von Dieselmotorkraftstoff (2011: 8,8 TWh/a, 2030: 9,0 TWh/a) steigt. Diese unterschiedliche Entwicklung der konventionellen Kraftstoffe resultiert aus den Eigenschaften der Substitute Bioethanol und Biodiesel.

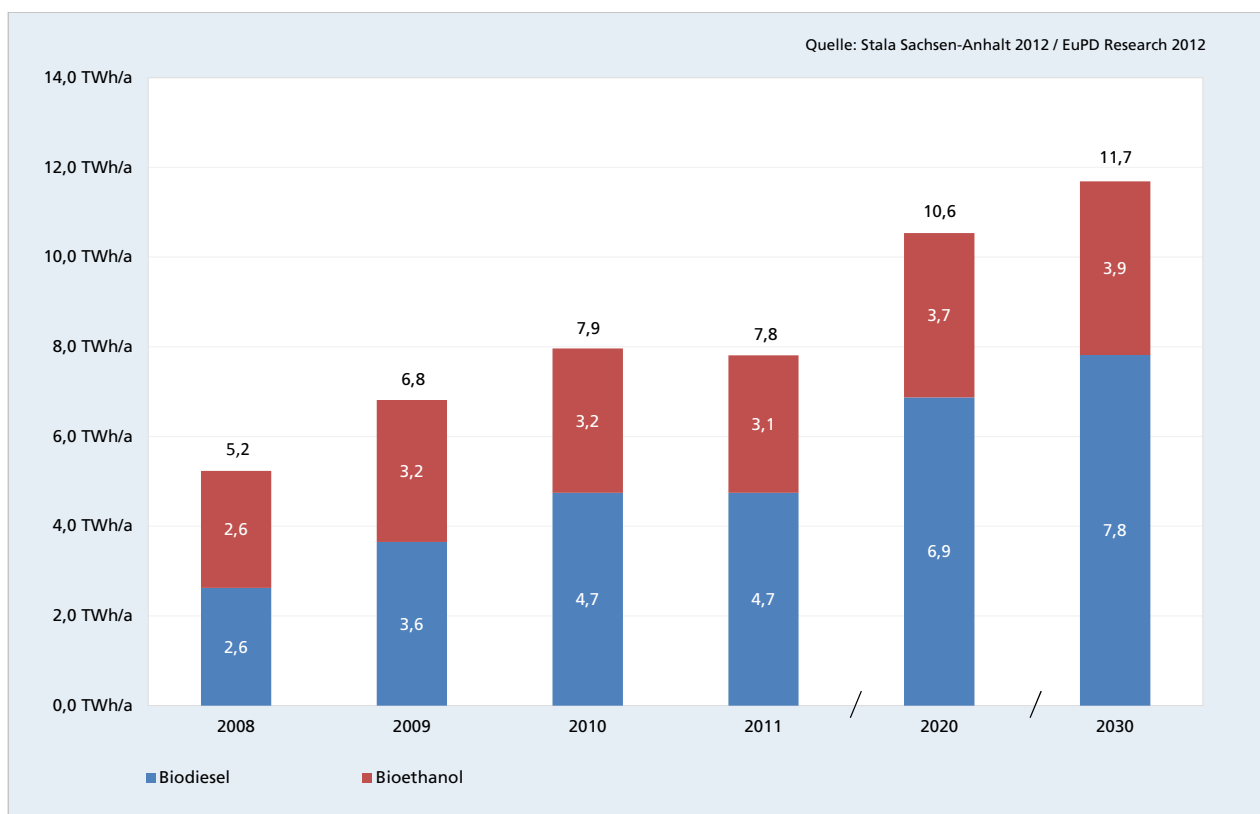
In Sachsen-Anhalt stehen Kapazitäten von insgesamt ca. 1,2 Mio. t zur Produktion von Biokraftstoffen zur Verfügung (Biodiesel: 733.000 t, Bioethanol: 486.610 t). Die Bereitstellung von Kraftstoffen aus Erneuerbaren Energien lag in Sachsen-Anhalt 2011 bei 872.615 t. Damit wurden lediglich 72 Prozent der zur Verfügung stehenden Kapazitäten ausgeschöpft. Die Verteilung zwischen Biodiesel (53 Prozent) und Bioethanol (47

Prozent) war dabei relativ gleichmäßig. Daran wird deutlich, dass insbesondere bei der Biodiesel-Produktion Kapazitäten nicht genutzt werden (ungenutzte Kapazitäten: 37 Prozent).

Bis 2030 sinkt auch in Sachsen-Anhalt der Anteil von Bioethanol, sodass dieser 2030 41 Prozent beträgt. Insgesamt steigt die Bereitstellung von Kraftstoffen aus Erneuerbaren Energieträgern auf etwa 1,3 Mio. t. Im Vergleich zu den vorhandenen Produktionskapazitäten zeigt sich, dass bereits 2020 nahezu alle genutzt werden (95 Prozent). Bis 2030 müssten gemäß dieser Prognose die Kapazitäten sogar um knapp 60.000 t erweitert werden.

Bei der Betrachtung der Bereitstellung von Bio-Kraftstoffen in TWh/a wird deutlich, dass die Verteilung zwischen Biodiesel und Bioethanol anders ausfällt. Dies ist auf die unterschiedlichen Umrechnungsfaktoren im Hinblick auf die Energiedichte zurückzuführen. Insgesamt werden 2030 11,7 TWh/a an Biokraftstoffen in Sachsen-Anhalt erzeugt. Dabei entfallen 7,8 TWh/a (67 Prozent) auf Biodiesel.

Abbildung 5: Erzeugung von Biokraftstoffen in Sachsen-Anhalt

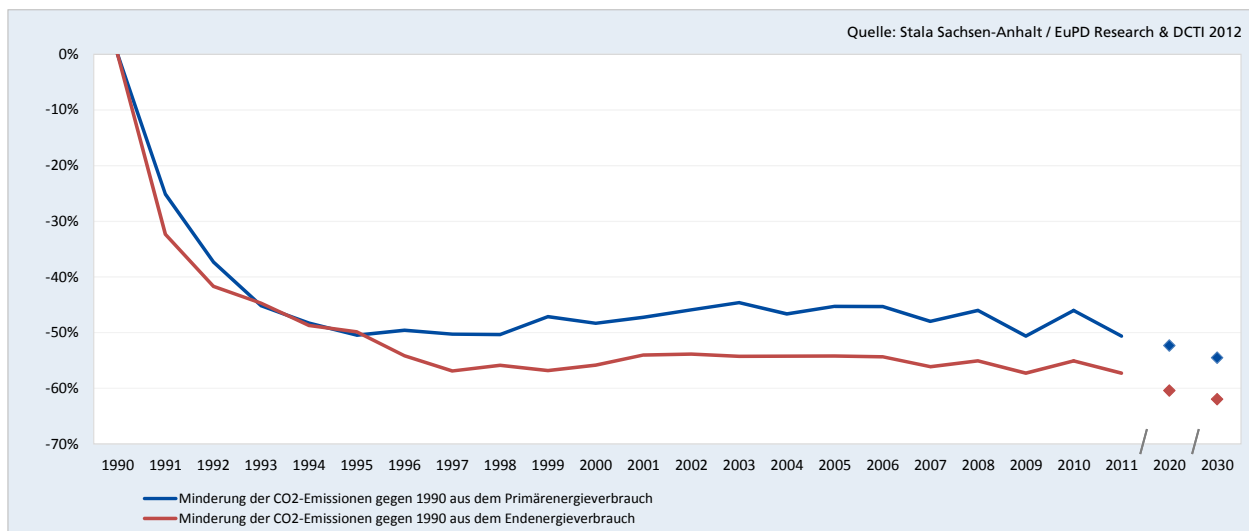


CO₂-Emissionen

Die Summe der CO₂-Emissionen ist 2011 auf 25,1 Mio. t gesunken und lag damit auf dem Niveau des Jahres 1998. Auch bis 2030 nimmt die Summe der CO₂-Emissionen in Sachsen-Anhalt aus dem Primärenergieverbrauch und Endenergieverbrauch weiter ab und sinkt auf 23,1 Mio. t beim Primärenergieverbrauch bzw. 21,9 Mio. t beim Endenergieverbrauch. Die CO₂-Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch lagen in 2011 bei 10,85 t CO₂ pro Einwohner. Gegenüber dem Jahr 1990 beläuft sich die Minderung der CO₂-Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch in 2011 auf 51 Prozent. Bis 2030 werden, trotz der sinkenden Gesamtsumme der CO₂-Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch, die CO₂-Emissionen pro Einwohner auf 11,66 t CO₂ in 2020 und 12,55 t CO₂ in 2030 ansteigen.

Verteilt auf die verschiedenen Energieträger sind die CO₂-Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch der Braunkohle im Jahr 2011 mit 10,4 Mio. t CO₂ am höchsten. Die CO₂-Emissionen des Erdgases erreichen 7,3 Mio. t CO₂ und Mineralölprodukte umfassen 6,2 Mio. t CO₂. Schon im Jahr 2020 werden die CO₂-Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch von Erdgas die der Braunkohle mit 8,0 Mio. t CO₂ gegenüber 7,6 Mio. t CO₂ übertreffen. Die CO₂-Emissionen der Mineralölprodukte halbieren sich bis zum Jahr 2030 auf 2,5 Mio. t CO₂.

Abbildung 6: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Sachsen-Anhalt ist im Verhältnis zu 1990



Nach Emittentensektoren unterteilt, fallen 54 Prozent der CO₂-Emissionen im Umwandlungsbereich und 46 Prozent beim Endenergieverbraucher an. Dieses Verhältnis verändert sich zukünftig stärker in Richtung des Umwandlungsbereichs. Während für den Bereich Endenergieverbraucher zukünftig geringere CO₂-Emissionen prognostiziert werden, steigen die CO₂-Emissionen im Umwandlungsbereich stetig an. Im Umwandlungsbereich entfallen 77 Prozent auf den Strombereich, 10 Prozent auf die Fernwärmeerzeugung und 13 Prozent sind sonstige Verluste. Unter den Endenergieverbrauchern verursacht das Verarbeitende Gewerbe 40 Prozent der CO₂-Emissionen, 29 Prozent der Emissionen entstehen im Verkehr und 31 Prozent bei Haushalten und sonstigen Verbrauchern.

2 SWOT-Analyse des Landes Sachsen-Anhalt

Nachfolgend wird für das Land Sachsen-Anhalt entsprechend der vorliegenden aktuellen Struktur im Energiesektor, den wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, rechtlichen und räumlichen Rahmenbedingungen sowie den prognostizierten Zukunftswerten eine Einordnung in Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken vorgenommen.

Stärken

- Das Land Sachsen-Anhalt hat in der Vergangenheit den Zubau an Erneuerbaren Energien gezielt unterstützt und insbesondere im Wind-Bereich einen überdurchschnittlich hohen Ausbaustand erreicht. Mit 44 Prozent Erneuerbare Energien an der Nettostromerzeugung erreicht das Land Sachsen-Anhalt 2011 einen neuen Höchststand. Bereits im Jahr 2010 wurde mit einem Anteil von 36 Prozent Erneuerbaren Energien an der Nettostromerzeugung die Zielmarke des Bundes für das Jahr 2020 übertroffen.
- Neben der Anlagen-Installation ist in Magdeburg mit Enercon einer der globalen Marktführer mit einer Produktionsstätte ansässig, so dass der Standort gleichzeitig auch Produktionsseitig an der Wertschöpfung partizipiert.
- Der südöstliche Teil von Sachsen-Anhalt weist gute Einstrahlungswerte auf, die die Installation von Photovoltaik-Anlagen rein auf räumlicher Ebene attraktiv gestalten.
- Der Anteil an Photovoltaik-Großprojekten in Sachsen-Anhalt war im Jahr 2011 überdurchschnittlich hoch. Mit 312,5 MW wurden im Jahr 2011 in Deutschland 39 Prozent aller Photovoltaik-Großflächenanlagen mit über 1 MW Leistung in Sachsen-Anhalt installiert.
- Im Land Sachsen-Anhalt ist Braunkohle nicht nur ein traditioneller Energieträger der Vergangenheit, sondern notwendiger Bestandteil der energetischen Zukunft. Die Produktion vor Ort sichert einerseits den Zugang über die Tagebaue in Amsdorf und Profen. Der Betrieb der Braunkohlekraftwerke sichert die Grundlast, was insbesondere im Kontext des hohen Anteils der fluktuierenden Energiequelle Windenergie notwendig ist.
- Das Land Sachsen-Anhalt ist Stromexporteur, d.h. die Stromerzeugung lag 2011 bei 20,2 TWh und übertraf damit den Stromverbrauch des Bundeslandes um 45 Prozent. Dieser Stromexport wird auch zukünftig bestehen und bis 2030 prognosegemäß weiter ansteigen. Somit leistet Sachsen-Anhalt einen wertvollen Beitrag zur Stromversorgung in Deutschland aus sicherer heimischer Braunkohle und Erneuerbaren Energien. Dabei ist festzustellen, dass die Braunkohle bei der Verstromung auch erheblich zur Wärmeenergieerzeugung für industrielle Prozesse und für die Einspeisung in Fernwärmenetze herangezogen wird., woraus eine Reduzierung der spezifischen Kohlendioxidemissionen von 867 g CO₂/kWh Nettostrom auf 538 g CO₂/kWh Nettoenergie resultiert.

Schwächen

- Der fortschreitende Bevölkerungsrückgang stellt eine Schwäche des Landes Sachsen-Anhalt dar. Die demografische Entwicklung stellt Ansprüche an Infrastruktur und Erzeugung, so dass zur Gewährleistung der Versorgung des einzelnen Bürgers höhere Kosten anfallen, als in wachsenden Regionen.
- Analog der Windbranche sind auch verschiedene Produzenten der Photovoltaik-Branche in Sachsen-Anhalt ansässig. Infolge des starken Wettbewerbes mit ausländischen Anbietern insbesondere des asiatischen Raumes lässt sich hier keine direkter Zusammenhang zwischen Anlageninstallationen und Produktionsseitiger Wertschöpfung ableiten.

- Der vorherrschende hohe Bestand an Windenergieanlagen kann sowohl als Vorteil sowie als Nachteil gelten. Aufgrund des hohen Bestandes mit bestehenden Anlagen wird der weitere Zubau an neuen Anlagen beschränkt.
- Aufgrund geografischer Gegebenheiten ist die Nutzung der Wasserkraft als grundlastfähige Erneuerbare Energieform sehr beschränkt und nur gering ausbaufähig.
- Mit 2,4 TWh war Sachsen-Anhalt auch im Jahr 2011 Nettoimporteur von Wärme. Diese Abhängigkeit umfasste etwa 21 Prozent des gesamten Wärmeverbrauches des Bundeslandes, der aus grenzüberschreitenden Fernwärmenetzen aus dem Inland bezogen wird.
- Faktoren wie Flächenkonkurrenz, erhöhte Umweltauflagen und Konkurrenz der stofflichen Nutzung beschränken das Wachstum der Biomasse trotz deren hohen Potentials in Sachsen-Anhalt.

Chancen

- Der vorliegende hohe Bestand an Windenergieanlagen eröffnet die Option zukünftig an diesen bereits genutzten Standorten durch Repowering die installierte Leistung weiter zu steigern ohne einen weiteren Flächenverbrauch zu haben.
- Im Ausbau der Erneuerbaren Energien bieten sich für das Land Sachsen-Anhalt weitere Wachstumspotentiale. Insbesondere in der Nutzung der Solarenergie, sowohl als Photovoltaik als auch in Solarthermie besteht gegenüber anderen Bundesländern noch deutlicher Nachholbedarf in der Anwendung von Anlagen im Privatkundensegment. Hier bietet der weitere Ausbau von energieeffizienten Anwendungen und Prozessen die Chance dies zu befördern. Betrachtet man die Bundesländer vergleichend im Hinblick auf die Investitionen in solarthermische Anlagen pro € verfügbares Einkommen, liegt Sachsen-Anhalt auf Platz neun, beim verfügbaren Einkommen auf Platz 14. Daraus lässt sich ableiten, dass der Zubau von Solarthermie in hohem Maße von dem verfügbaren Einkommen abhängt. Dieses soll prognosegemäß langfristig steigen, sodass die Voraussetzungen für den Ausbau dieser Technologie in Sachsen-Anhalt gegeben sind.
- Die Beherrschung der Energiespeicherung ist in der mittleren bis langen Frist als Schlüssel zum Auf- und Ausbau einer effizienten und zukunftsfähigen Energieinfrastruktur im Land zu sehen. Bereits heute vorliegende Technologien aus dem Bereich der Wasserstoffspeicherung oder der Batteriespeicher zeigen die zukünftigen Chancen auf. Zugleich verdeutlichen die hohen Kosten und technologischen Hemmnisse den notwendigen weiteren Forschungsbedarf in diesem Segment, um vor allem die Kosten für Speicher zu senken. Insbesondere Batteriespeicher bieten die Möglichkeit, Wind- und PV-Strom grundlastfähig zu machen, was wiederum den Netzausbau und die daraus resultierenden Kosten minimiert.
- Neben der Anwendung neuer Speichertechnologien bieten sich auch in bestehenden technologisch reifen Technologien wie Pump- und Druckluftspeicher Möglichkeiten für den Einsatz in Sachsen-Anhalt. Wesentliches Hemmnis stellen hierbei die verfügbaren Standorte für den Einsatz dar. Die Planung der VW AG auf niedersächsischer Seite des Harzes zur Errichtung eines unterirdischen Pumpspeicherkraftwerkes ist hier als Beispiel für die innovative Nutzung bestehender Speichertechnologien zu sehen.
- Änderungen des gesetzlichen Rahmens, wie aktuell im Aufsatz einer Förderung für Stromspeicher als KfW-Programm, bieten sich Chancen die Anwendung Erneuerbarer Energien auch im privaten Bereich weiter zu stärken.
- Mit dem vorgesehenen Ausbau der Übertragungsnetze eröffnet sich für Sachsen-Anhalt als Bundesland mit überdurchschnittlich hohem Anteil an Windenergie die Option zukünftig mehr Windenergie in Spitzenzeit nach Süden abzutransportieren und somit den weiteren Ausbau voranzutreiben.

Risiko

- Einerseits wird mit dem hohen Anteil an Windenergie die Maßgabe des Ausbaus der Erneuerbaren Energien, gekoppelt mit der Einsparung knapper Ressourcen und dem Abbau von CO₂-Emissionen erfüllt. Andererseits stellt der hohe und wachsende Anteil dieser volatilen Energieform das Risiko dar, dass es in windarmen Zeiten zu einer Unterversorgung und in windreichen Zeiten zu vermehrten Abschaltungen von Windenergieanlagen kommt. Die Beherrschung dieses Risikos ist mit der Notwendigkeit der Installation und dem damit einhergehenden Finanzierungsrisiko von Speicherkapazitäten und Backup-Kraftwerken verbunden.
- Wenngleich die Nutzung von Braunkohle als konventionelle Energieform für energetische Zukunft Sachsen-Anhalts eine unverzichtbare Basis bildet, werden damit die CO₂-Emissionen im Kraftwerksbereich nur sinken können, wenn in moderne neue Kraftwerke in Kombination mit Kraft-Wärme-Kopplung investiert wird. Noch größer ist der volkswirtschaftliche Nutzen der Braunkohle, wenn eine stoffliche Nutzung wertvoller Bestandteile der Braunkohle (z.B. Bitumen) stattfindet, Wasserstoff aus ihr erzeugt und vermarktet wird und dieses ggf. zusammen mit der Verarbeitung von Biomasse erfolgt.
- Der Bevölkerungsrückgang, der sich auch auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Landes Sachsen-Anhalt auswirkt, bildet ein Hemmnis für die notwendigen Investitionen in energetische Zukunft des Landes.

3 Handlungsempfehlungen

Auf Basis der vorangegangenen Darstellung Sachsen-Anhalts werden abschließend Handlungsempfehlungen formuliert, die dem Land ermöglichen sollen, die zuvor festgestellten Schwächen in Stärken umzuwandeln, Chancen zu nutzen und Risiken zu erkennen und zu bearbeiten.

a. Braunkohle auch zukünftig als energetische Basis

Der Wandel von konventionellen Brennstoffbetriebenen Kraftwerken hin zu Erneuerbaren Energien ist mit einer längeren Übergangsphase verbunden, in der die Voraussetzungen einer regenerativen zukünftigen Energieversorgung geschaffen werden müssen. Der Aus- und Umbau der Stromnetze, die Einrichtung flächendeckender Energiespeicherung, die Nutzung der Energieeffizienzpotentiale sowie die intelligente Vernetzung von Energieproduktion einerseits und mit dem Energieverbrauch andererseits sind hierbei anzuführen. Mit dem Einsatz sichert die Braunkohle die Grundlast Stromversorgung in Sachsen-Anhalt über die nächsten Jahrzehnte und lässt dem Aus- und Umbau des Energiesystems Raum und Zeit.

Maßgeblich für den effizienten zukünftigen Betrieb der Braunkohlekraftwerke ist deren stetige Modernisierung, unter Erhalt bzw. Ausbau des heute bereits vorhandenen hohen Standards der Kraft-Wärme-Kopplung bei der Braunkohleverstromung, die auch dazu beiträgt, trotz des Weiterbetriebes hier zukünftig CO₂-Emissionen einsparen zu können. Darüber hinaus stellt neben dem Kraftwerksbetrieb der Braunkohletagebau einen wichtigen Wertschöpfungsfaktor dar.

b. Erdgaskraftwerke als Backup

Die Bedeutung von Erdgas wird prognosegemäß in Sachsen-Anhalt weiter zunehmen. Die hohe Bedeutung von Erdgas für die energetische Zukunft ist einerseits als CO₂-Einsparmaßnahme relevant, da Erdgas geringe

Emissionswerte liefert. Andererseits werden Erdgaskraftwerke aufgrund ihrer kurzen Rüstzeiten als sogenannte Backup-Kraftwerke eingesetzt. Dieses wird zukünftig immer bedeutender, um die hohen Anteile volatiler Energien wie Wind und Photovoltaik zu puffern und ein bedarfsorientiertes Angebot zur Verfügung zu stellen. Das Land Sachsen-Anhalt sollte weiterhin entsprechend die Investition in Erdgaskraftwerke, die speziell zum Einsatz als Backup-Kraftwerke vorgesehen sind, unterstützend begleiten.

c. Speichertechnologien entwickeln und in Demonstrationsprojekten erproben

Die Analyse der zukünftigen Ausgestaltung der Energieversorgung mit einem stetig wachsenden Anteil Erneuerbarer Energien legt die Notwendigkeit des Ausbaus der vorhandenen Erdgasspeicher und die Einrichtung neuer Speichertechnologien als integralen Bestandteil der Energieversorgung auf allen Netzebenen bis hin zu den Erzeugungsanlagen (Wind und PV) offen. Aktuell verfügbare und wirtschaftlich einsetzbare Speichertechnologien für großformatige Anwendungen beschränken sich gegenwärtig auf Pump- und Druckluftspeicher sowie Erdgasspeicher für Biogas. Eine Vielzahl weiterer Technologien, insbesondere im Batteriebereich, befindet sich aktuell in der Entwicklungsphase, ist jedoch von der kommerziellen Anwendung noch weit entfernt, bieten aber die Chance, mit den Erzeugungsanlagen gekoppelt zu werden, um anfangs eine Verschiebung in die Abendstunden zu ermöglichen und in weiterer Zukunft Wochenspeicher an Windparks anzubinden.

Um diesen Herausforderungen der energetischen Zukunft in Sachsen-Anhalt zu begegnen, sollte Sachsen-Anhalt den Einsatz von Energiespeichern zunächst in Demonstrationsanlagen unterstützen. Hierbei sollte jedoch nicht einzig eine Speichertechnologie fokussiert werden, sondern die Gesamtheit der Speichertechnologien in Betracht gezogen werden. Mit wissenschaftlicher Begleitung sind sowohl eigene Demonstrationsvorhaben, wie der Druckluftspeicher ADELE, zu analysieren und durch Erkenntnisse von Vorhaben außerhalb der Grenzen Sachsen-Anhalts zu ergänzen, um angepasst an die zukünftigen Herausforderungen verschiedene Speichertechnologien auszuwählen und einzusetzen.

d. Repowering als Schlüssel zu geringeren Flächenverbrauch

Trotz des hohen Ausbaustandes der Windenergie in Sachsen-Anhalt stehen die zukünftigen Bedingungen gut, um hier den weiteren Ausbau voranzutreiben. Die technologischen Entwicklungen der Windbranche zeigen ein deutliches Wachstum der individuellen Anlagenleistung. Exemplarisch steht hier der auch in Magdeburg produzierende Windenergie-Anlagenbauer Enercon, dessen neueste Anlagenklasse eine installierte Leistung je Anlage von 7,58 MW ermöglicht.

Nach Maßgabe des EEG wird die Installation neuer leistungsstärkerer Windenergie-Anlagen als Ersatz für bestehende Anlagen (Repowering) mit einem Bonus zusätzlich gefördert. Für Sachsen-Anhalt bietet sich hierbei die Chance, diesen Prozess gezielt zu steuern und mittels des Repowering die Windenergie weiterhin auszubauen, gleichzeitig den Flächenverbrauch, der mitunter von zunehmenden Bürgerprotesten begleitet wird, entsprechend zu minimieren.

e. Private Haushalte für die Energiewende mit Informationen aktivieren

Wenngleich Sachsen-Anhalt in den Erneuerbaren Energien bereits sehr hohe Anteile besitzt, zeigt die detaillierte Sicht im Bereich der Solarenergien noch Aufholbedarf. Trotz des starken Ausbaus von 448 MW an Photovoltaik-Leistung in 2011 lag der Anteil privaten Anlagen (unter 10 kW Anlagengröße) bei gerade 2,6 Prozent. Im Bundesdurchschnitt wurden 10 Prozent der gesamt installierten Leistung in dieser Größenklasse verbaut. Ein ähnliches Bild zeigt sich im Bereich der Solarthermie, deren Einsatzschwerpunkt in privaten Aufdachanlagen besteht. Hier erreicht Sachsen-Anhalt gerade zwei Prozent der insgesamt in Deutschland installierten Anlagen.

Trotz der hohen Sensibilität für Erneuerbare Energien wirken sich in Sachsen-Anhalt die geringere Eigenheimquote und das geringere verfügbare Einkommen negativ auf die Investitionen im privaten Bereich aus. Zur Stimulation von Investitionen in Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen wird der Zugang zu Kapital als wesentliche Barriere gesehen. Die gezielte Information von Hausbesitzern über die bestehenden Möglichkeiten für geförderte Kreditvergabe (KfW) oder die Gewährung von Investitionszuschüssen (Bafa) schafft mehr Transparenz und Investitionssicherheit. Darüber hinaus sind Informationen investitionsfördernd, die die Wirtschaftlichkeit der Investition belegen und bspw. aufzeigen, inwiefern sich die Anschaffung einer Solarthermie-Anlage auf den Immobilienwert auswirkt.

f. Stromexport und Know How als Wirtschaftsgut Sachsen-Anhalts

Als Nettoexporteur bilden die Erzeugung und der Verkauf von Strom bereits heute eine Wertschöpfungsquelle des Bundeslandes. Infolge sinkender Bevölkerungszahlen und damit einhergehender schrumpfender Stromnachfrage sowie gleichzeitig steigender Erzeugungskapazitäten wird zukünftig die Exportleistung Sachsen-Anhalt weiter zunehmen. Für das Jahr 2030 zeigt sich hier ein rechnerischer Export von ca. 13 TWh/a.

Neben Stromproduktion und -verkauf besitzen Sachsen-Anhalts Unternehmen der Energiewirtschaft spezifische Kenntnisse zur Integration Erneuerbarer Energien und den damit verbundenen Systemdienstleistungen. Sachsen-Anhalt ist Vorreiter in der Integration Erneuerbarer Energien und kann mit diesem Know How Vorsprung im Kontext des weiteren Ausbaus der Erneuerbaren Energien sowohl in Deutschland als auch weltweit neue Produkte und Dienstleistungen anbieten.

Über EuPD Research

EuPD Research ist ein international tätiges Markt- und Wirtschaftsforschungsinstitut mit Sitz in Bonn. Nach der Gründung im Jahr 2000 richtete sich unser Fokus zunächst auf Markt- und Managementanalysen innerhalb des deutschen Marktes. Unsere Zielsetzung war und ist es dabei stets, methodisch und inhaltlich neue Bereiche zu erschließen. Ausgehend von der Energiewirtschaft und dem Fokus auf das Feld der Erneuerbaren Energien, verfolgt EuPD Research das Ziel, die Integration von ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit in seinen Arbeitsfeldern abzudecken. In der Ausrichtung seiner Spezialgebiete Erneuerbare Energien, Automotive, Emissionshandel, Ideenmanagement, Gesundheitsmanagement und CleanTech spiegelt sich bei EuPD Research dieser Gedanke wider.

Mit einem qualifizierten und multilingualem Interviewercenter und fundierten Marktkenntnissen kombiniert mit methodischer Professionalität bieten wir unseren Kunden in Deutschland, Europa, Asien und Amerika das gesamte Spektrum an qualitativer und quantitativer Markt- und Wirtschaftsforschung. Einige ausgewählte analytische Verfahren, in denen wir durch langjährige Erfahrung Know-how aufgebaut haben, sind bspw.:

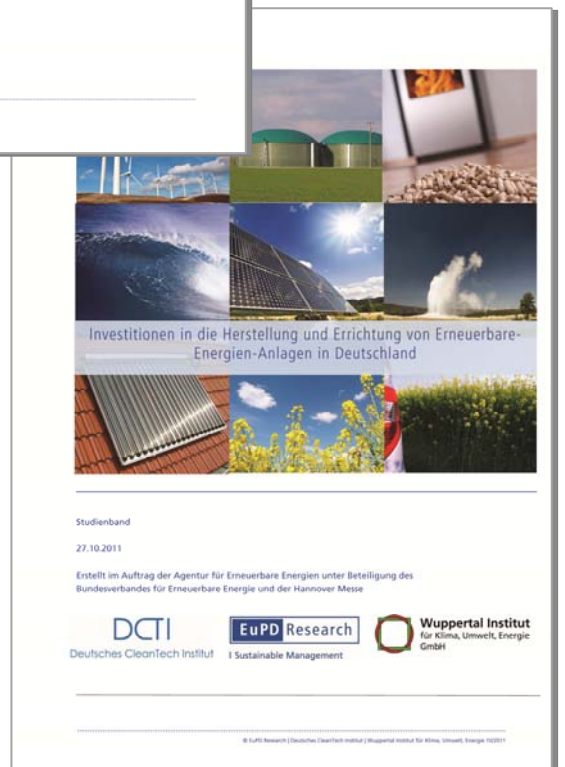
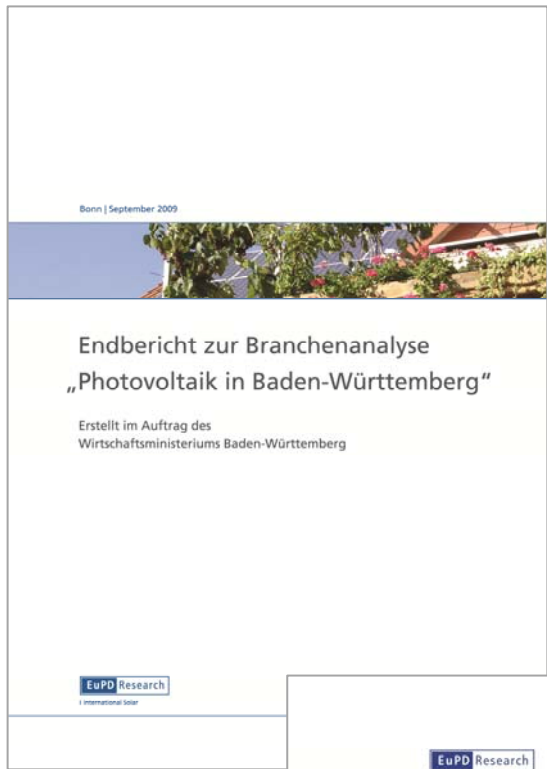
- Marktanalysen
- Situationsanalysen
- Wettbewerbsanalysen
- Imageanalysen
- Managementanalysen
- Potenzialanalysen
- Netzwerkanalysen
- Preisanalysen
- Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheitsanalysen

Mit seinen Untersuchungen hat EuPD Research u.a. einen entscheidenden Beitrag dazu geleistet, Absatzmärkte für erneuerbare Energietechnologien transparenter zu gestalten. Zudem haben wir in enger Zusammenarbeit mit Medien Nachhaltigkeitsthemen wie CleanTech in die öffentliche Diskussion und Wahrnehmung getragen und uns damit zu einem maßgeblichen Treiber der Industrie entwickelt. Hierbei waren und sind wir grundlegend an der Beschleunigung der Diffusionsprozesse in die Märkte aktiv beteiligt.

Im Zeitverlauf konnten wir Kundenkreis und Portfolio fortlaufend ausbauen und unser Wissen systematisch auf das europäische Umland, aber auch auf den amerikanischen und asiatischen Kontinent - damit in Richtung internationale Zusammenarbeit und Vernetzung erweitern. Seit 2008 gehört eine US-Gesellschaft mit Sitz in San Francisco zum Unternehmen.

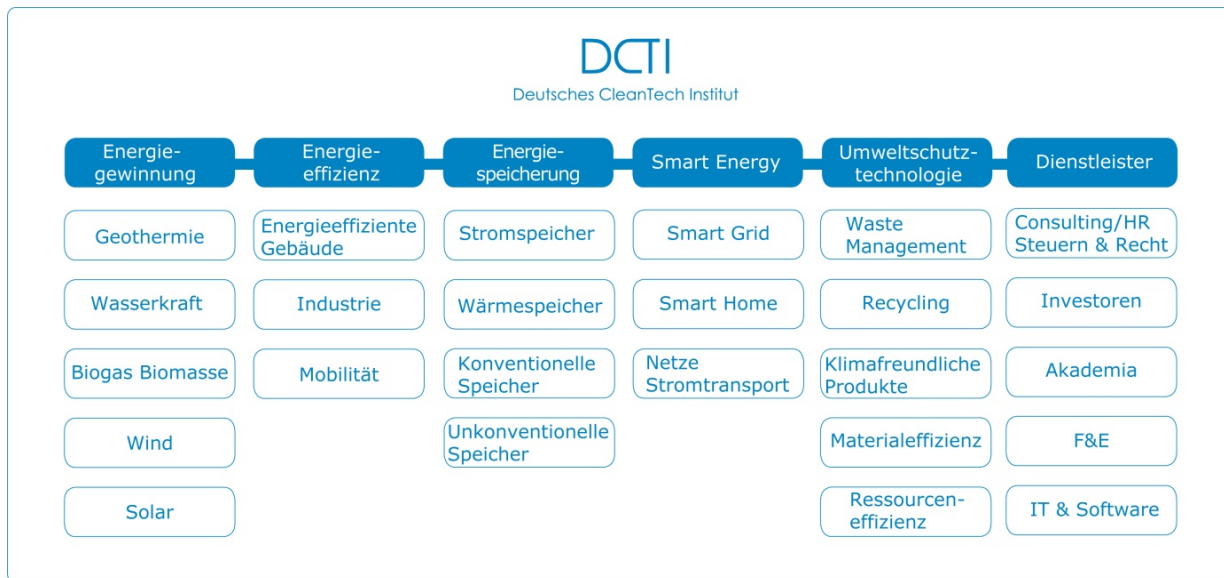
In der Politikberatung für nationale und internationale Institutionen findet sich eine Kernkompetenz von EuPD Research. Bis Ende 2011 hat EuPD Research allein im Bereich Energiemärkte und Regenerative Energien über 800 Forschungsprojekte durchgeführt. Dabei konnten wir vor allem im internationalen Bereich unser Wissen und Know-how erweitern. Durch aktive Teilnahme und Partnerschaften auf internationalen Konferenzen und Foren hat sich EuPD Research namentlich weltweit etabliert und in Politik und Wirtschaft enge Kontakte aufbauen können.

Ausgewählte Publikationen



Über das Deutsche CleanTech Institut (DCTI)

Das Deutsche CleanTech Institut (DCTI) ist ein unabhängiges, privatwirtschaftliches Wirtschaftsforschungsinstitut, dessen Fokus auf nationaler und internationaler angewandter Forschung im Themenfeld der „sauberen Technologien“ liegt. Gemäß dem Verständnis des DCTI zählen folgende Segmente zu den Arbeitsfeldern der „sauberen Technologien“:

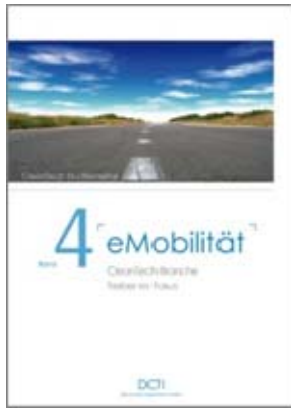
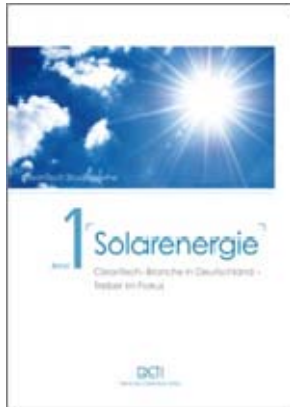


Zentrale Aufgabenfelder sind Beobachtung, Analyse und Beurteilung gesamtwirtschaftlicher sowie branchenspezifischer Entwicklungen und Zusammenhänge. Das DCTI integriert wissenschaftliche Erkenntnisse in praktikable Konzepte und generiert daraus gezielte Beratungs- und Informationsleistungen. Darüber hinaus versteht sich das DCTI als eine internationale Institution, die das Ziel verfolgt, gemeinsam mit der Wissenschaft, Politik und Praxis, den CleanTech-Diffusionsprozess zu beschleunigen und CleanTech als Zukunftsfeld der deutschen Wirtschaft zu etablieren.

Hierbei erarbeitet das DCTI in regelmäßigen Abständen Working Papers und Analysen zu den Segmenten, Potentialen und Strategien des CleanTech-Marktes, die zum einen wissenschaftliche Grundlagenforschung bereitstellen und zum anderen strategische Entwicklungspotentiale für Unternehmen aufzeigen.

In seinem Verständnis als Informations- und Serviceprovider der Akteure des CleanTech-Sektors erarbeitet das DCTI grundlegende Definitionen und Begriffsinhalte, erstellt Marktanalysen zur Identifikation von Best Practice Beispielen sowie der zukünftigen Potentiale. Das DCTI verbindet als Intermediär unterschiedlichste Interessengruppen, vermittelt zwischen Politik, Gesellschaft und Wirtschaft und entwickelt gemeinsame Positionen und Lösungen.

Ausgewählte Publikationen



Impressum



Deutsches CleanTech Institut

EuPD Research

Adenauerallee 134
53113 Bonn

☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 0

☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 11

Autoren:

Martin Ammon

m.ammon@eupd-research.com

☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 22

Matthias Becker

m.becker@eupd-research.com

☎ +49 (0) 228 – 971 43 - 54

DCTI Deutsches CleanTech Institut

Adenauerallee 134
53113 Bonn

☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 0

☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 11

Autoren:

Philipp Wolff

p.wolff@dcti.de

☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 70

Linda Kleinschmidt

l.kleinschmidt@dcti.de

☎ +49 (0) 228 – 926 54 - 73

Bildnachweise

www.fotolia.de: Wind turbines farm © Rafa Irusta

www.fotolia.de: Schaufelradbagger im Braunkohle Tagebau© osiris59

www.fotolia.de: Technology and Nature-3 © JWS

www.fotolia.de: raps © Marvin Simchen

www.af.net: © a+f GmbH

Cover

Cover

Cover

Cover

Cover