Kompetenznetzwerk
dezentrale Energietechnologien

Energie mit System
deENet

Endbericht

Masterplan Energie

18.11.2014

Durchgeführt von:

Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien e.V. (deENet)

Ständeplatz 15

34117 Kassel

www.deENet.org

IdE Institut dezentrale Energietechnologien gemeinnützige GmbH

Ständeplatz 15

34117 Kassel

www.ide-kassel.de

Durchgeführt im Auftrag von:

ZuBRA, Zukunft für Bebra, Rotenburg a. d. Fulda und Alheim

Magistrat der Stadt Bebra

Rathausmarkt 1

36179 Bebra

Bearbeiter: Dr. Sabine Säck-da Silva und Julia Brasche (deENet), Sebastian Rautschka (IdE)

Mit Beiträgen von: Dr. John Sievers, Mohammed Shalaby und Andreas Bauer (IdE)

Inhalt

Abbildungsverzeichnis: ii
Tabellenverzeichnis: iii
Abkürzungsverzeichnis iv
Ziele und Hintergründe des „Masterplan Energie“ für ZuBRA 6
Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse 7
Aufbau des Masterplans Energie 11
Beschreibung der ZuBRA-Region 11
Klimaschutz und erneuerbare Energien – Ziele und Aktivitäten 14
1. Ermittlung des Ist-Zustands / CO_2-Bilanzierung 16
1.1. Zur Methodik 16
1.1.1. Emissionsfaktoren 17
1.1.2. Datengrundlagen 18
1.1.3. Einteilung in Sektoren 18
1.1.4. Einteilung der leitungsgebundenen Energieträger 19
1.1.5. Einteilung der nicht-leitungsgebundenen Energieträger 19
1.2. Energieverbrauch / CO_2-Bilanz 21
1.3. Bestand an erneuerbaren Energien (Stromversorgung) 24
2. Ermittlung der Versorgungspotenziale 25
2.1. Zur Methodik 25
2.2. Potenziale erneuerbarer Energien in Deutschland 29
2.3. Potenziale erneuerbarer Energien in der ZuBRA-Region 30
2.4. Berechnungsgrundlagen 31
2.5. Windkraft 32
2.6. Solarenergie 35
2.7. Biomasse 36
2.8. Klärgas 38
2.9. Wasserkraft 38
2.10. Wärmepumpen und Geothermie 39
2.11. Effizienz 39
2.11.1. Sanierung 40

2.11.2. Suffizienz / Lebensstile 44
3. Szenarien: Methodik und Annahmen 47
3.1. Ergebnisse der Szenarien 49
3.2. Auswertung der erneuerbaren Energien-Stromerzeugung und Restlast 54
3.3. Auswertung mit Blick auf die Berechnung regionaler Wertschöpfungseffekte 60
4. Maßnahmenkatalog/ Handlungsmöglichkeiten zur CO_2-Reduktion 68
5. Referenzen 78

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Gesamtendenergieverbrauch von Strom- und Wärme in der ZuBRA-Region 8
Abbildung 2: EE-Potenziale in der ZuBRA-Region für Strom und Wärme 9
Abbildung 3: Der Landkreis Hersfeld-Rotenburg in Hessen und die ZuBRA-Kommunen Bebra, Rotenburg und Alheim 12
Abbildung 4: Bevölkerungsübersicht ZuBRA 13
Abbildung 5: Mögliche Bevölkerungsentwicklungen: Prognosen aus dem IHkon 14
Abbildung 6: Übersicht zur Bilanz-Datengüte 18
Abbildung 7: Energieverbrauch in der ZuBRA-Region (Wärmeverbrauch unterteilt in Energieträger) 21
Abbildung 8: Stromverbrauch in der ZuBRA-Region nach Sektoren 22
Abbildung 9: Wärmeverbrauch in der ZuBRA-Region nach Sektoren 23
Abbildung 10: Deckung des Strombedarfs aus EE 2012 in ZuBRA 24
Abbildung 11: Deckung des Strombedarfs durch EE 2012, differenziert nach den Kommunen 24
Abbildung 12: Anteil von EE an der Wärmeerzeugung 2011 (vorläufig – ohne Biogas) 25
Abbildung 13: Potenziale erneuerbarer Energien - Natürliches Angebot 26
Abbildung 14: Definition des Potenzialbegriffes - DiFu 27
Abbildung 15: Potenzialbegriff DLR 28
Abbildung 16: EE-Potenziale in Deutschland 29
Abbildung 17: Elektrisches und thermisches Potenzial EE in ZuBRA im Vergleich zum Verbrauch 30
Abbildung 18: Wind-Potenzial-Karte 35
Abbildung 19: Wärmeverbrauch in ZuBRA nach Gebäudetypen 40
Abbildung 20: Wärmeverbrauch nach Energieträgern 40
Abbildung 21: Anteil an Gebäudeklassen in ZuBRA 42
Abbildung 22: Energiesparmöglichkeiten in typischen hessischen Wohngebäuden 42
Abbildung 23: Reduzierung des Heizwärmebedarfs am Beispiel eines EFH von 1970 43
Abbildung 24: Der Einfluss von Lebensstilen auf die persönliche CO_2-Bilanz: 44
Abbildung 25: Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsart 45
Abbildung 26: Szenariotechnik: Aufzeigen von Entwicklungsmöglichkeiten 47
Abbildung 27: Energie und THG im Szenario 1 „100%+++“ 50
Abbildung 28: Energie und THG im Szenario 2“ ZuBRA“ **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Abbildung 29: Energie und THG im Szenario 3 „Worst Case“ 53
Abbildung 30: Elektrisches Lastprofil für eine Woche für die drei Kommunen Alheim, Rotenburg und Bebra, 2030 54
Abbildung 31: Prognose für die Stromrerzeugung fluktuierender erneuerbarer Energien, Bioenergie und Wasserkraft und Last, 2030 55
Abbildung 32: Prognose für Lastprofil und Restlastprofil für die ZUBRA-Region, 2030 56
Abbildung 33: Restlastprofil und Stromerzeugung durch flexible Bioenergie, 2030 56
Abbildung 34: Verbrauchs- und Restlastprofil für die ZUBRA-Region, 2030 57
Abbildung 35: Stromverbrauch, Erzeugung, Eigenverbrauch, Import und Export für die ZUBRA-Region 2030 58
Abbildung 36: Deckung des Wärmeverbrauchs durch EE-Technologien für die ZUBRA-Region 2030 58
Abbildung 37: Wärmeverbrauch und -erzeugung für jeden Monat für die ZUBRA-Region 2030 59
Abbildung 38; Entscheidungslogik regionaler Wertschöpfungsberechnung 62
Abbildung 39: Zusammensetzung der Investitionen regionaler Wertschöpfung 63
Abbildung 40: Investitionen regionaler Wertschöpfung nach Technologien 64
Abbildung 41: Investitionskosten nach Art der Technologie 64
Abbildung 42: Investitionskosten und laufende Kosten 65
Abbildung 43: Laufende Kosten nach Arten 65
Abbildung 44: Regionale Wertschöpfung nach Arten 66
Abbildung 45: Arbeitsplatzeffekte 67

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht der Datenquellen 19
Tabelle 2: Anteil der verschiedenen Sektoren am Stromverbrauch 22
Tabelle 3: Zusammenfassung Wärmeverbrauch in ZuBRA 23
Tabelle 4: Kriterien Windkraftnutzung 33
Tabelle 5: Übersicht Biomasse-Potenziale 38
Tabelle 6: Energieversorgung in Szenario 1 49
Tabelle 7: Energieversorgung in Szenario 2 50
Tabelle 8: Energieversorgung in Szenario 3 52

Abkürzungsverzeichnis

AEE	Agentur für Erneuerbare Energien
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEE	Bundesverband Erneuerbare Energien e.V.
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CO_2	Kohlenstoffdioxid
dena	Deutsche Energie-Agentur
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EEG	Erneuerbaren-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich
el	elektrisch
EnEV	Energieeinsparverordnung
EU	Europäische Union
EWärmeG BW	Erneuerbare-Wärme-Gesetz für Altbauten Baden-Württemberg
FVEE	ForschungsVerbund Erneuerbare Energien
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GHD	Gewerbe-Handel-Dienstleistungen
GuD	Gas- und Dampfturbine (Kombi-Kraftwerk)
HeizAnlV	Heizungsanlagenverordnung
HH	Haushalte
HWWI	Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut
IEA	International Energy Agency
IdE	Institut dezentrale Energietechnologien
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWES	Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
KW	Kraftwerk
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
NAP	Nationaler Allokationsplan

Öl-EL	leichtes Heizöl
Öl-S	schweres Heizöl
th	thermisch
THG	Treibhausgase
TWE	Trinkwassererwärmung
UBA	Umweltbundesamt
üNN	Höhe über Normalnull
WSchV	Wärmeschutzverordnung

Einheiten

a	Jahr	kWp	Kilowatt-Peak (Spitzenleistung)
°C	Grad Celsius	l	Liter
CO2	Kohlenstoffdioxid	Mio.	Million
EW	Einwohner	MJ	Megajoule
FM	Festmester	Mm	Millimeter
GJ	Gigajoule	m/m²/³	Meter, Quadratmeter, Kubikmeter
GW/GWh	Gigawatt/Gigawattstunde	MW/MWh	Megawatt/ Megawattstunde
ha	Hektar	t	Tonne
kg	Kilogramm	TM	Trockenmasse
km/km²	Kilometer/Quadratkilometer	Vfm	Vorratsfestmeter
kW/kWh	Kilowatt/Kilowattstunde	W	Watt
el/therm	elektrisch/thermisch		

Ziele und Hintergründe des „Masterplan Energie“ für ZuBRA

Die großen Chancen, die der Umbau unseres Energiesystems in wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Hinsicht für unsere Gesellschaft und für zukünftige Generationen bietet, wurden von den Verantwortlichen in Bebra, Rotenburg an der Fulda und Alheim erkannt. Die drei hessischen Kommunen im mittleren Fuldatal haben sich zur „Zukunftsregion Bebra, Rothenburg, Alheim“ (ZuBRA)-Region zusammengeschlossen, um gemeinsame Entwicklungsziele umzusetzen und die Region zu stärken. Der vorliegende Masterplan Energie zeigt nicht nur rechnerisch, sondern auch anhand ganz konkreter Maßnahmen, wie das Ziel einer 100%igen Versorgung aus erneuerbaren Energien (EE) erreicht werden kann.

Die Umsetzung der sog. Energiewende stellt politische Entscheidungsgremien sowie jeden einzelnen Bürger vor neue Herausforderungen. Da die Ziele, die auf Bundes,- Landes und Kreisebene formuliert werden, vor Ort erfüllt werden müssen, spielen Städte und Gemeinden bei der Realisierung eine bedeutende Rolle und die interkommunale Zusammenarbeit ist in diesem Zusammenhang wichtiger denn je. Aus diesem Grund hat ZuBRA deENet e.V. beauftragt, einen Masterplan Energie zu erarbeiten, der Potenziale für Effizienzmaßnahmen und zur Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen aufzeigt.

Die Folgen der Treibhausgasemissionen aus der Strom- und Wärmeerzeugung sowie des Verkehrs stehen mittlerweile außer Zweifel. Es gilt, die Ursachen zu beheben – denn die Kosten des Handelns sind geringer als die Kosten des Nicht-Handelns, worüber spätestens seit dem „Stern-Report“ [1]von 2006 in der Wissenschaft Einigkeit besteht.

Sowohl die Ziele der Bundesregierung als auch die Ziele des Landes Hessen erfordern entschlossenes Vorgehen. Um bis zum Jahr 2020 die Treibhausgasemissionen um 40% gegenüber 1990 zu reduzieren, bzw. bis 2050 den Endenergieverbrauch vollständig mit erneuerbaren Energieträgern zu decken, müssen Konzepte auf lokaler und regionaler Ebene eng miteinander verzahnt werden. Vielfältige Projekte in der ZuBRA-Region zeigen das Engagement der Akteure vor Ort, das bereits durch verschiedene Auszeichnungen im Bereich der erneuerbaren Energien und der nachhaltigen Bildung Anerkennung gefunden hat.

Die ZuBRA-Region wird durch den Stadtumbau West gefördert. Das Stadtumbau Projekt Hessen umfasst mehrere thematische „Bausteine“, die als Masterpläne bezeichnet werden und einzelne Modell- oder Impulsprojekte beinhalten. Die Masterplanebene dient dazu, die Konzepte und Projekte vorzubereiten und in einen abgestimmten Rahmen zu bringen. Neben dem Masterplan Energie ist für ZuBRA beispielsweise bereits ein „Masterplan Fuldaaue“ verfasst worden. Ziel der Masterpläne sind interkommunal abgestimmte Strategien zu dem jeweiligen Fachthema.

[1] Quelle: Nicolas Stern: The Stern Review: The Economics of Climate Change,Cambridge University Press, 2006

Der vorliegende Masterplan Energie stellt im Rahmen des Integrierten Handlungskonzepts (IHKon), welches im Zuge des Stadtumbauprozesses 2007/2008 erstellt wurde, ein vertiefendes Konzept dar, um mögliche Pfade zum „100% Ziel“ aufzuzeigen (d.h. zur Erzeugung der gesamten Energieversorgung -Strom und Wärme- aus 100% erneuerbaren Energien bis 2050). Die beiden wesentlichen Handlungsfelder, die im Masterplan betrachtet werden, sind die Energieeffizienz/Energieeinsparung und die Erzeugung von erneuerbarer Energie (EE). Dafür untersucht der Masterplan die in der Region vorhandenen Potenziale für Energieeinsparung und Ausbau der EE, betrachtet die aktuellen Energieverbräuche und stellt in Szenarien mögliche Entwicklungen dar. Aus dem sogenannten ZuBRA-Szenario, einem abgestimmten und realitätsnahen Szenario, werden die zielführenden technischen Maßnahmen abgeleitet. Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Handlungsfelder und Maßnahmen, die zur Umsetzung von Klimaschutz- und Energiezielen zu empfehlen sind. Die Energiewende ist nicht nur der Umbau des Energiesystems von fossilen zu erneuerbaren Energien, sondern ebenso ein gesellschaftlicher Veränderungsprozess. Der Umgang mit Energie hat auch viel mit Wissen, Einstellung und Haltung zu tun, die wiederum das Handeln beeinflussen. Daher enthält der Masterplan auch Maßnahmenvorschläge zu den Handlungsfeldern Bildung und Öffentlichkeitsarbeit. In der ZuBRA-Region sollen die Maßnahmen interkommunal und gemeinschaftlich entwickelt und umgesetzt werden. Das braucht gute Kooperation in der Region. Eine vertrauensvolle und effektive Zusammenarbeit stützt sich auf ein klares Kommunikationskonzept und guten Informationsfluss. Gemeinsame Ziele und Maßnahmen definieren die Richtung und den Weg. Darüber hinaus bieten Bereiche wie Mobilität, Land- und Forstwirtschaft oder Lebensstile Handlungspotenzial.

Der Masterplan dient diesem Prozess als Informationsgrundlage, Leitfaden und Ideensammlung. Die frühzeitige Einbindung relevanter Akteure bei der Entwicklung realistischer Maßnahmen erhöht Qualität und Umsetzungswahrscheinlichkeit des Gesamtkonzepts. Der Masterplan soll in eine Kommunikationsstrategie und Öffentlichkeitsarbeit eingebettet sein, der das Verständnis für und die Identifikation der Entscheidungsträger und Bürger mit den Zielen der regionalen Energiewende unterstützt. Davon hängt letztendlich die Akzeptanz einzelner Projekte und des Themas Energiewende/Klimaschutz als gesamtgesellschaftliche Aufgabe ab. Für die Umsetzung der Maßnahmen ist es wichtig, bereits bestehende regionale Aktivitäten zu stärken, weiteres Potenzial zu identifizieren und zu nutzen. Es sind die Akteure vor Ort aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Bürgerschaft, die mit ihrem Handeln, das Erreichen der gesetzten Ziele ermöglichen.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

In der Zusammenfassung werden die Ausgangssituation, d.h. der heutige Energieverbrauch, ein Überblick über die Potenziale und das ZuBRA-Szenario dargestellt. Damit gibt sie die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Studie im Überblick wider und ermöglicht damit ein Verständnis für die Vorgehensweise, die Aussagekraft der Ergebnisse und die Bewertung der Region bezüglich der heutigen und zukünftigen Energieversorgung.

Istzustand (Kapitel 1):

Der heutige Gesamtenergiebedarf in der ZuBRA-Region (Abbildung 1) setzt sich zu knapp zwei Dritteln aus Energie für Wärme und einem Drittel für Strom zusammen. Der **Stromverbrauch** der drei Kommunen betrug im Jahr 2012 zusammen rund 129 GWh und der **Wärmeverbrauch** 355 GWh. Betrachtet man die Verteilung der Verbräuche auf verschiedenen Sektoren Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD), so unterscheiden sie sich z.T. deutlich von bundesdeutschen Durchschnittswerten. Ein erheblicher Anteil des gesamten Verbrauchs entfällt sowohl für Strom (42 %) als auch für Wärme (47 %) auf die Privathaushalte, die damit die wichtigste Zielgruppe für Energieeinsparungen darstellen. In der öffentlichen Diskussion stehen oftmals Aspekte des Stromverbrauchs mit den entsprechend möglichen Einsparpotenzialen. Dabei sollte das Handlungsfeld Wärme stärker in den Fokus gerückt werden, um die massiven Einsparpotenziale auf der Seite der Verbraucher zu nutzen und auf Erzeugungsseite die kommunalen Aktivitäten zum Ausbau der erneuerbaren Energiequellen noch zu steigern (z.B. über eine Erhöhung des Biomasseanteils im Rahmen regionaler Fernwärmeversorgung oder über die energetische Nutzung von Rest- und Abfallstoffen). Allerdings geht das Umweltbundesamt in der Endenergiebilanz für Deutschland davon aus, dass sich der Brennstoffverbrauch für die Wärmebereitstellung von 1990 bis 2011 deutlich um 20 Prozent (%) verringert hat, der Stromverbrauch in Deutschland aber durch zunehmenden Einsatz elektronischer Geräte und „Reboundeffekte“ um 15 % erhöht hat[2]. Stromeinsparung und Effizienz bei Elektrogeräten sind nach wie vor wichtige Themen, doch wie diese Abbildung verdeutlicht, liegen die weit größeren Einsparpotenziale im Wärmebereich:

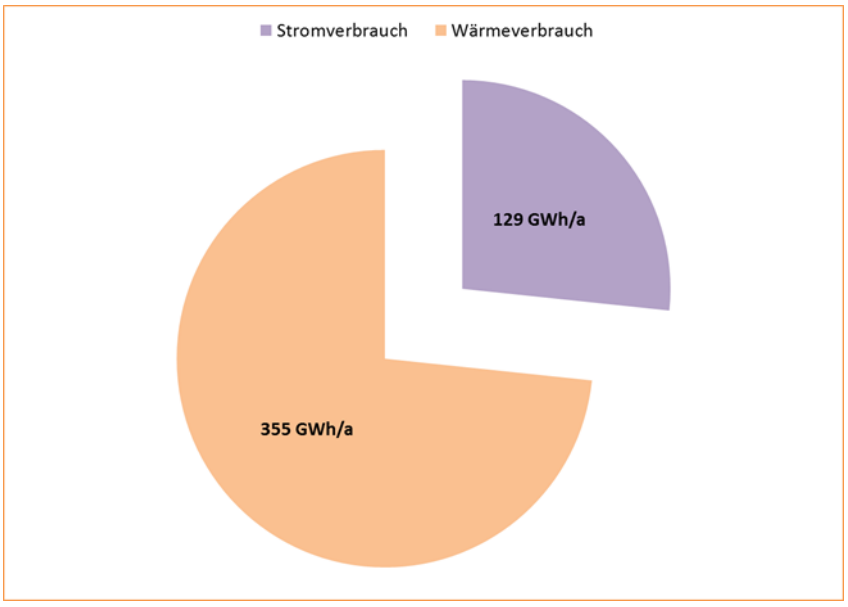


Abbildung 1: Gesamtendenergieverbrauch von Strom- und Wärme in der ZuBRA-Region

Der Anteil der erneuerbaren Energien am lokalen Strommix betrugen 2012 rund 20%. Eine differenzierte Betrachtung der drei Kommunen macht große Unterschiede deutlich: Alheim als kleinste

[2]http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/anteile-der-energieformen-strom-waerme-kraftstoffe

Gemeinde kann durch einen hohen Photovoltaikbestand bereits ¾ seiner Stromversorgung aus erneuerbaren Energien decken, wogegen Rotenburg nur auf 10% und Bebra auf 20% EE-Anteil kommen. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung in der ZuBRA-Region beträgt bisher 4%.

Potenzial (Kapitel 2):

Die Potenzialermittlung für den Ausbau der erneuerbaren Energien hat zum Ergebnis, dass ca. 126% vom heutigen Wärmebedarf und über 300% vom heutigen Strombedarf nach technischen Maßstäben in der ZuBRA-Region regenerativ erzeugt werden können. Daher ist prinzipiell eine Deckung des Energiebedarfs zu 100% aus erneuerbaren Energien im Strombereich und im Wärmesektor möglich ist.

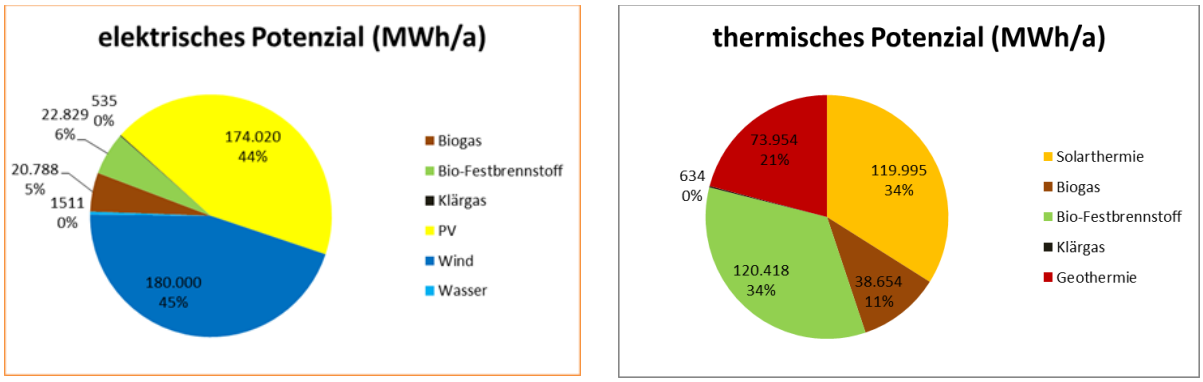


Abbildung 2: EE-Potenziale in der ZuBRA-Region für Strom und Wärme

Beispielsweise reicht sowohl das Potenzial für Windkraft (180 GWh/a bei 113 GWh/a Strombedarf) als auch für Photovoltaik (174 GWh/a) für eine Stromversorgung aus erneuerbaren Energien aus und würde darüber hinaus Stromexport in umliegende Regionen möglich machen. Zur Wärmegewinnung bieten die Energieträger Biomasse und Solarthermie sowohl auf Dächern als auch in der Fläche ausreichend Potenzial für eine regionale Wärmeversorgung zu 100% aus erneuerbaren Energien. Einen weiteren wichtigen Beitrag liefert der stärkere Einsatz von Wärmepumpen.

Wohngebäude verbrauchen in der ZuBRA-Region mehr als 160 GWh/a an Wärmeenergie (45% des Gesamtwärmebedarfs). Abhängig von Umfang und Intensität an Sanierungsmaßnahmen und Beeinflussung des Nutzerverhaltens lässt sich in diesem Bereich sehr viel Energie einsparen.

Szenarien (Kapitel 3):

Aus der Potenzialanalyse wurden drei Szenarien entwickelt, die die Bandbreite der Entwicklungsmöglichkeiten aufzeigen. Sie dienen als Diskussionsgrundlage, um den für die ZuBRA-Region passenden und politisch getragenen Entwicklungsfahrplan daraus konkretisieren zu können. Ausgehend von den Potenzialen der einzelnen Erzeugungstechnologien wird für die ZuBRA-Region ein 100%-EE-Szenario mit maximaler Potenzialausschöpfung abgebildet, in dem Stromüberschüsse erzielt werden, die umliegenden Regionen zur Verfügung gestellt werden können (Szenario 1). Das zweite Szenario geht von der Deckung des Energieverbrauchs zu 100 % aus erneuerbaren Energien aus (ZuBRA-Szenario). Der Energieverbrauch ist durch Effizienzsteigerungen leicht reduziert und die

vorhandenen Potenziale werden nicht in vollem Umfang ausgeschöpft. Szenario 3 schreibt den vorhandenen Entwicklungstrend fort und rechnet mit konservativen Annahmen bezüglich des Ausbaus der erneuerbaren Energien in ZuBRA. Folgende Übersicht beschreibt die wesentlichen Charakteristika der drei Szenarien:

Szenario 1: 100 +++	Szenario 2: ZuBRA	Szenario 3: Worst Case/Trend
➢ Effizienz Reduktion Strombereich um 10% Reduktion Wärmebereich um 30% ➢ EE: Alle ausgewiesenen Windflächen werden bebaut (48 Anlagen), 20% der landwirtschaftlichen Fläche wird für Bioenergie genutzt, verfügbare Dachflächen werden für PV genutzt, Wärmepumpen in sanierten Gebäuden installiert, Freiflächen PV und Solarthermie wird massiv ausgebaut ➢ Wärmeerzeugung wird bei 100% Bedarfsdeckung gedeckelt	➢ Effizienz Reduktion Strombereich um 10% Reduktion Wärmebereich um 30% ➢ Ausbau EE bis 100%-Ziel für Strom- und Wärmeversorgung bilanziell erreicht ist ➢ Das bedeutet z.B. ca. 10 Windkraftanlagen, PV auf ca. 2/3 der Dachflächen, keine FFA, Bioenergiepotenzial max. ausgereizt (wg. KWK), Wärmepumpen in sanierten Gebäuden erzielen 30% der Effizienzsteigerung	➢ Effizienz: Reduktion Strombereich um 5% Reduktion Wärmebereich um 10% ➢ Ausbau PV nur noch 1% ➢ Ausbau Biogas und Festbrennstoffe nur noch 1% ➢ Ausbau Solarthermie 2% ➢ Ausbau Wärmepumpen 1% ➢ Rückbau vorhandener Windkraftanagen, kein Neubau

Szenario 1 zeigt auf, dass bei der Ausschöpfung der vorhanden Potenziale für Einsparung und Ausbaus der EE ein erheblicher Energieüberschuss in der Region erzeugt werden kann, der dem Export, der Elektromobilität oder Speicherung zur Verfügung steht. Das ZuBRA-Szenario verdeutlicht, dass das 100%-Ziel mit deutlicher Energieeinsparung, etwa 10 Windkraftanlagen und Nutzung von zwei Dritteln der Dachflächen das 100%-Ziel erreichbar ist, das allerdings nicht der Fall ist, wenn sich die heutige Entwicklung fortsetzt. Ohne den Ausbau der Solar- und Windenergie wird das Ziel einer vollständigen Versorgung aus erneuerbaren Energien deutlich verfehlt (Szenario 3).

Für das ZuBRA-Szenario wird zusätzlich eine Wertschöpfungsanalyse durchgeführt. Die Analyse kommt zu dem Ergebnis, dass durch eine Entwicklung entsprechend des ZuBRA-Szenarios eine jährliche Wertschöpfung von ca. 80 Mio. € erreicht werden kann, d.h. heißt, das zusätzliches Kapital in der Größenordnung von 80 Mio. € in der Region entlang der Wertschöpfungskette verbleibt, wenn die Maßnahmen konsequent umgesetzt werden. In der Studie wird an monetären Effekten und Arbeitsplatzentwicklungen differenzierter nachvollzogen, welche Akteure von der angenommenen Umstellung des Energiesystems profitieren. Darüber hinaus wird das zukünftige Energieerzeugungssystem des ZuBRA-Szenarios dargestellt. Mit der dargestellten Bilanzierung in viertelstündlicher Auflösung über ein Jahr wird der zukünftige tatsächliche Abstimmungsbedarf zwischen Erzeugung und Verbrauch für Wärme und Strom deutlich. In einer monatlichen Betrachtung entstehen durch niedrigen Verbrauch und hohe Erzeugung Wärme- und Stromüberschüsse im Sommer, während der Winter insbesondere durch mangelnde Deckung gekennzeichnet ist. Die vorhandenen konventionellen Speicherlösungen (Wärmespeicher, Biogasspeicher) reichen nicht aus, um die

notwendigen Verschiebungen umzusetzen. Ein Netzausbau ist oft langwierig, elektrische Speicherlösungen sind überwiegend noch zu teuer, wobei ein gewisser Anteil von PV-Batteriesystemen in Haushalten, GHD und kleinen Industriebetrieben mit einer Auslegung auf Eigenverbrauch ein nennenswerter Beitrag zur Lösung sein kann. Es sind also zukünftig weitere Beiträge durch Lastmanagement in der Industrie, BHKW mit importieren flüssigen erneuerbaren Brennstoffen, eine „smarte“ Beladung von Elektrofahrzeugen, Nutzung von Power-to-Heat-Systemen (Wärmepumpen, Heizstäbe), Wärmespeicher, Gasspeicher und heute noch nicht wirtschaftliche Technologien wie Power-to-Gas (Wasserstoff, Methan) als Lösungsansätze für eine vollständige erneuerbare Versorgung zu berücksichtigen.

Maßnahmenkatalog (Kapitel 4)

Der Maßnahmenkatalog umfasst mehr als 40 Maßnahmen, die über die reine Ableitung aus den Analysen hinausgehen. Technische Maßnahmen, wie beispielsweise der Ausbau der erneuerbaren Energien oder Sanierungsmaßnahmen, sind häufig nur umsetzbar, wenn sie von Information, Bewusstseinsbildung oder Anreizaktionen begleitet werden. Gerade Maßnahmen wie die Entwicklung von Windparkflächen oder Entwicklung eines intelligenten Energiesystems können nicht von einzelnen Kommunen, sondern müssen regional bearbeitet und umgesetzt werden. Dafür braucht die Region ein auf Vertrauen und Zuverlässigkeit gestütztes Akteursnetzwerk mit gemeinsamen Zielen und einer funktionierenden Koordination. Eine gute regionale Kooperation ist die Basis für fast jede Maßnahme, egal ob technischer oder kommunikativer Natur. Daher spielt das Handlungsfeld regionale Kooperation/Information/Koordination eine große Rolle. Daneben bietet der Maßnahmenkatalog als Ordnungsstruktur noch folgende Handlungsfelder an: Ausbau der erneuerbaren Energien, Effizienz, Energiesystem, Bildung/Beratung/Öffentlichkeitsarbeit, Lebensstile, Land- und Forstwirtschaft und Mobilität. Die meisten Maßnahmen beinhalten Aspekte verschiedener Handlungsfelder. Je nachdem welcher Aspekt betont wird, ist eine unterschiedliche Zuordnung möglich. Dieses ist in der Praxis flexibel handhabbar. Der Maßnahmenkatalog befindet sich im Kapitel 4 ab Seite 68.

Aufbau des Masterplans Energie

Im Wesentlichen ist der vorliegende Masterplan Energie in vier Kapitel aufgeteilt. Einer CO_2-Bilanz der gegenwärtigen Energieverbräuche folgt im zweiten Kapitel die Ermittlung möglicher Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien und Energieeffizienz in den drei Kommunen. Entwicklungsziele und Handlungsmöglichkeiten werden in Form von Szenarien im dritten Kapitel dargestellt. Für das umsetzungsorientierte Szenario (ZuBRA-Szenario) werden zusätzlich das regionale Energiesystem simuliert und das Wertschöpfungspotenzial für die Region ermittelt. Im vierten Kapitel werden zu verschiedenen Handlungsfeldern konkrete Maßnahmen formuliert.

Beschreibung der ZuBRA-Region

Die Gemeinde Alheim und die beiden Städte Bebra und Rotenburg an der Fulda, die sich zur ZuBRA zusammengeschlossen haben, gehören dem Landkreis Hersfeld-Rotenburg an, welcher teilweise Nord-

und teilweise Osthessen zugerechnet wird. Im Norden grenzt der Landkreis an den Werra-Meißner-Kreis, im Osten an den thüringischen Wartburgkreis, im Süden an den Landkreis Fulda, im Südwesten an den Vogelsbergkreis und im Westen an den Schwalm-Eder-Kreis. Die Nachbargemeinden von ZuBRA sind im Norden Morschen und Cornberg, im Osten Nentershausen und Ronshausen, im Süden Ludwigsau, im Westen Knüllwald. Aufgrund der guten klimatischen Verhältnisse und eines milden Klimas ist die Region für sehr gute Luftqualität bekannt, Rotenburg an der Fulda auch als Luftkurort ausgezeichnet.

Landschaftlich ist die ZuBRA-Region von der Fulda geprägt, eine breite Auenlandschaft durchzieht die Mittelgebirgsregion und bietet sowohl Pflanzen als auch zahlreichen Tierarten vielfältige und hochwertige Lebensräume. Das städtebauliche und touristische Entwicklungspotenzials dieser Region und seiner Landschaft wurde im „Masterplan Fuldaaue“ untersucht (Ingenieurbüro IWUD, http://zubra.de/projekte/konzepte/masterplan-fuldaaue/) und entsprechende Maßnahmen formuliert.

Abbildung 3: Der Landkreis Hersfeld-Rotenburg in Hessen und die ZuBRA-Kommunen Bebra, Rotenburg und Alheim[3]

Die nächsten großen Städte sind Kassel im Norden in ca. 50 km Entfernung und Fulda ca. 60 km weiter südlich. In der ZuBRA-Region selbst leben knapp 32.000 Einwohner (Stand 31.7.2013: 32.163) die sich größtenteils auf Bebra (13.651 EW) und Rotenburg a.d.F. (13.439 EW) verteilen, in Alheim wohnen derzeit 5.073 Menschen. Damit gehört Alheim zu den hessischen Kleinzentren. Bebra und Rotenburg sind eigenständige Mittelzentren.

[3] verändert auf der Grundlage von: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Hesse_HEF.svg

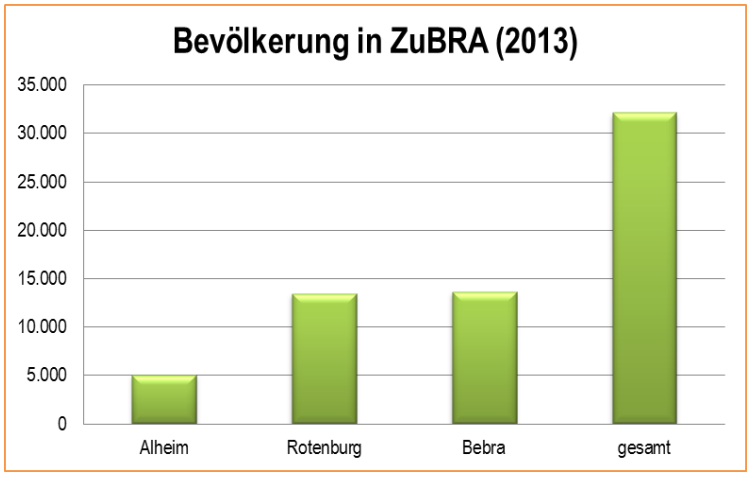


Abbildung 4: Bevölkerungsübersicht ZuBRA

In dem stark landwirtschaftlich geprägten Raum charakterisieren unterschiedliche Schwerpunkte die gewerbliche Struktur der drei Kommunen. So werden in Bebra, das bis zur Wende einer der wichtigsten europäischen Eisenbahnknotenpunkte war, Arbeitsplätze vor allem im verarbeitenden und produzierenden Gewerbe gesichert. Außerdem werden in Bebra administrative Aufgaben der Landkreise Hersfeld-Rotenburg und Werra-Meißner, verschiedener kommunaler Zweckverbände sowie des Landes Hessen erfüllt. In Rotenburg an der Fulda mit mittelalterlichen Stadtstrukturen und vielen denkmalgeschützten Gebäuden stehen Dienstleistungsangebote im Bereich der Gesundheitswirtschaft (Herz-und-Kreislauf-Zentrum), Hotelanlagen sowie eine Veranstaltungshalle von überregionaler Bedeutung im Vordergrund. Unternehmen aus der Solarindustrie sind bereits seit Ende der 1990er Jahre in Alheim ansässig (z.B. für Dachanlagen, Solarparks mit nachgeführten Solarsystemen u.a. „Sonnenei“, Kompetenzzentrum für erneuerbare Energien), welche dort neue Arbeitsplätze geschaffen und die Region weltweit als Vorreiter bezüglich erneuerbarer Energietechnologie bekannt gemacht haben.

Wie ein großer Teil hessischer Kleinstädte im ländlichen Raum kämpfen auch die ZuBRA Gemeinden mit den Herausforderungen des demographischen Wandels und struktureller Veränderungen.

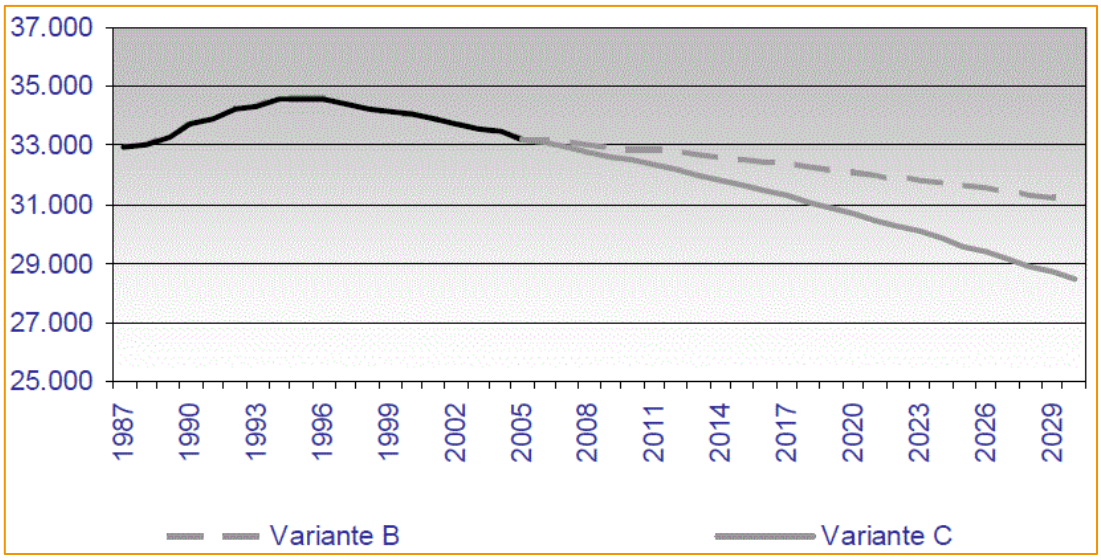


Abbildung 5: Mögliche Bevölkerungsentwicklungen: Prognosen aus dem IHkon

Die Kommunen haben sich 2006 zu einer kommunalen Arbeitsgemeinschaft mit der Bezeichnung „Pro Region Mittleres Fuldatal“ zusammengeschlossen. In der Kurzbezeichnung nennt sich die Gemeinschaft ZuBRA: **Z**ukunft/ **Z**usammenarbeit **B**ebra, **R**otenburg an der Fulda, **A**lheim. Bebra hat die Funktion der geschäftsführenden Kommune übernommen (weitere Informationen unter www.zubra.de).

Die Verantwortlichen der ZuBRA-Region haben erkannt, dass durch die interkommunale Zusammenarbeit wichtige Entscheidungen für die Region miteinander getroffen werden können und dass es besonders im Energiebereich große Chancen für die regionale Wertschöpfung zu erschließen gilt. Mit einer gemeinsamen Strategie, basierend auf den Standbeinen Energie, Tourismus, Gesundheit, nachhaltige Landwirtschaft, kann es gelingen, die Region als attraktiven Arbeits- und Wohnstandort zu erhalten und weiterzuentwickeln.

Klimaschutz und erneuerbare Energien – Ziele und Aktivitäten

Mit dem Integrierten Handlungskonzept wurden für die ZuBRA-Region bereits ab 2008 die Weichen in Richtung einer regenerativen Energieversorgung gestellt. Damit haben sich die drei Kommunen das Ziel gesetzt, „die vorhandenen Potenziale im Bereich der regenerativen Energien zu bündeln und dahingehend auszubauen, dass daraus ein wichtiges Merkmal für die Region entsteht“.“[4] Die ZuBRA-Region hat sich zum Ziel gesetzt, 80% des Strombedarfs in den Haushalten bis zum Jahre 2015 mit erneuerbaren Energien zu decken.

Sowohl wirtschaftliche Effekte als auch eine hohe Identifikation der Einwohner mit der Energie aus „eigenen“ Quellen sollen die Region stärken. Dazu werden unterschiedliche Ansätze parallel verfolgt. Zum einen soll das große Potenzial hinsichtlich der vorhandenen Ressourcen, besonders im Bereich

[4] Quelle: IHKon, Seite 21)

Windkraft gezielt ausgebaut und die Vision einer regionalen Strommarke verwirklicht werden. Neben der regionalen Erzeugung könnte auch die Vermarktung „zubranischen Stroms“ zukünftig ein Markenzeichen der drei Kommunen sein. Zum anderen soll der effiziente Umgang mit Wärme voran gebracht und die Sanierungsrate in allen Sektoren deutlich gesteigert werden. Veranstaltungen und Informationen zu erneuerbaren Energien und Effizienzsteigerungen werden seit Jahren regelmäßig angeboten. Sei es die Energieberatung für Bürger, Fachtagungen zur Biogasnutzung, eine Messe für Sanierungsvorhaben, der Tag der Energie, Angebote zur KMU Kooperationen oder Aktionstage im Rahmen nachhaltiger Bildung wie die Energiekampagne für Jugendliche oder die Kinderuni. Auch behandeln Schulprojekte das Thema Effizienz mit dem Ziel, Kinder frühzeitig für das Thema Energie zu sensibilisieren und Impulse für einen bewussten Umgang damit zu setzen. Zahlreiche Initiativen zum Ausbau der erneuerbaren Energien sind bereits in der ZuBRA-Region umgesetzt worden – beispielweise entstanden mehrere PV-Freiflächenanlagen, Biogasanlagen oder der bereits genannte Solarpark „Sonnenei“. Touristisch attraktiv und anschaulich erklärt werden etliche Projekte entlang des 2010 eröffneten Energielehrpfads, der an der Fulda gelegen ist und die drei Orte mit einander verbindet.[5]

Verschiedene Initiativen und Unternehmen aus der ZuBRA-Region kooperieren bei der „Naturkraft-Region“, bei der die beiden Landkreise Hersfeld-Rotenburg und Schwalm-Eder als Modellregion des Bundeslandwirtschaftsministeriums zusammenarbeiten. Erklärtes Ziel ist es, die Nutzung des Biomasse-Potenzials deutlich zu erhöhen und lokale Betriebe stärker untereinander bekannt zu machen und miteinander zu vernetzen, um die regionale Wertschöpfung zu erhöhen:

„*In der naturkraft-region gibt es zahlreiche Angebote zum Thema erneuerbare Energien und Energieeffizienz – von der kleinen Holzpelletheizung über eine der größten Biogasanlagen Hessens bis hin zu hochwertigen Bildungsangeboten – die nun im Rahmen eines „Dezentralen Informationsnetzwerkes für erneuerbare Energien und für Energieeffizienz“ zusammengeführt wurden*.“[6]

Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Die Gemeinde Alheim engagiert sich im Bereich der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) in der UN-Dekade 2005-2014 mit großem Erfolg: Alheim wurde dafür in den Jahren 2008/2009, 2010/2011, 2012/2013 sowie 2014 ausgezeichnet. Bereits seit 1997 startete die Netzwerkarbeit für eine „Neue Zukunft“. Besonderen Wert legt Alheim auf die Implementierung von BNE in Kindertageseinrichtungen und in die Fortbildung von Erziehern. Auch das GenerationenNetzwerk sowie die Grundlagenarbeit des „Alheimer FamilienZentrums“ orientieren sich am Konzept der BNE. Seit 2010 kann die Koordination für BNE mit einer Stelle in der Alheimer Verwaltung unterstützt und gewährleistet werden.

[5] Quelle: http://zubra.de/projekte/%C3%B6ffentlichkeitsarbeit/energielehrpfad/
[6] Quelle: http://www.naturkraft-region.de/de/projekte/naturkraft-netz.html

1. Ermittlung des Ist-Zustands / CO_2-Bilanzierung

Grundlage für die Erstellung der CO_2-Bilanz ist die Erfassung der aktuellen Verbräuche der drei Kommunen gesondert nach Sektoren und aufgeschlüsselt nach den einzelnen Energieträgern. Anhand der Energiebilanz werden die CO_2-Emmissionen berechnet. Die Aussagekraft ist abhängig von der Datengrundlage bzw. der Güte regionaler Daten. Dabei ist zu beachten, dass die Verfügbarkeit der Daten nicht-leitungsgebundener Energieträger, wie Holz und Kohle, deutlich komplizierter ist als die leitungsgebundener Energieträger wie Strom oder Gas und kann am gründlichsten nur über eine aufwendige Feuerstättenerhebung (Schornsteinfegerdaten) erfolgen. Im vorliegenden „Masterplan Energie“ wurde im Abstimmung mit den Auftraggebern keine detaillierte Erfassung der nicht-leitungsgebundenen Energieträger vorgenommen, sondern Abschätzungen getroffen (vgl. Kap. 1.1.5).

Die CO_2-Bilanz ist aus zwei Gründen wesentlicher Bestandteil des „Masterplans Energie“: Zum einen werden anhand der Datenauswertung die relevanten Handlungsbereiche und Schwerpunkte identifiziert. So können Maßnahmen mit hohem CO_2-Einsparpotenzial für diese Bereiche empfohlen werden. Zum anderen kommt der CO_2-Bilanz die Rolle eines wichtigen Kontrollinstrumentes zu, um anhand fortschreibbarer Bilanzen die Entwicklung auch zukünftig überprüfen und steuern zu können.

1.1. Zur Methodik

Je nach Größe und Einwohnerzahl des entsprechenden Gebietes bieten sich unterschiedliche Methoden der Bilanzierung an, die sich zudem nach der Zielstellung der Bilanzierung richten sollte. Die Bilanzen können prinzipiell nach Vorkommen, Umwandlung und Verwendung der Energieträger erstellt werden. Diese Ansätze richten den Blick auf eine Primärenergiebilanz, eine Umwandlungsbilanz oder eine Endenergiebilanz. Die Primärenergiebilanz beinhaltet die Gewinnung, die Verteilung und die Bestandsentnahme von Energie, umfasst also auch die Vorketten. In der Praxis werden im Rahmen von Klimaschutzkonzepten meist nur die fossilen Energieträger allokiert und die erneuerbaren Energien neutral behandelt. Eine Umwandlungsbilanz behandelt die Effizienz der Energieumwandlung, indem der Einsatz, der Verlust und der Ausstoß von Energie in den Umwandlungsanlagen errechnet werden. Dagegen beinhaltet die Endenergiebilanz nur die Verbrauchsdaten der Energie in einzelnen Bereichen.

Neben den verschiedenen Ausgangsbezügen muss die Frage der Bilanzgrenze bzw. der Bilanzierungsebene geklärt werden. Hier wird vor allem zwischen Territorialbilanz (Quellenbilanz: primärenergie- oder endenergiebasiert), Verursacherbilanz und akteurszentrierter Bilanz unterschieden. Die beiden letzteren Methoden sind für Bilanzen mit einem eher kleinräumlichen Bezug weniger geeignet. Territoriale Bilanzen umfassen alle Emissionen der tatsächlich genutzten Strom- und Wärmeenergie innerhalb eines definierten Gebietes. Darin enthalten sind auch die Emissionen, die bei der Erzeugung der importierten Strom- und Wärmeenergie entstehen. Die ermittelten Emissionen werden mit entsprechenden CO_2-Äquivalenten belegt.

Daher wurde für die vorliegende Studie die endenergiebasierte Territorialbilanzmethode angewendet.

1.1.1. Emissionsfaktoren

GWP („Global Warming Potential“) Treibhausgaspotenzial:

Das Treibhausgaspotenzial oder CO_2-Äquivalent ist als Maßzahl für den relativen Beitrag zum Treibhausgaseffekt zu verstehen (wie stark trägt eine festgelegte Menge eines Treibhausgases zur globalen Erwärmung bei?) Als Referenz dient in der Regel Kohlenstoffdioxid (CO_2eq, eq=equivalent). Weitere klimarelevante Gase sind: Wasserdampf, Methan, Ozon, Distickstoffoxid (Lachgas) und Halogenkohlenwasserstoffe. Anhand des CO_2eq werden die klimarelevanten Schadstoffe aggregiert. Dieser Wert beschreibt die mittlere Erwärmungswirkung über einen bestimmten Zeitraum, meist 100 Jahre[7].

Wesentlich für die Bilanzierung ist die Frage, welcher Energiemix herangezogen wird. Regional kann dieser ganz anders zusammengesetzt sein, als der bundesdeutsche. Regional stehen unter Umständen die Daten nicht zur Verfügung oder müssten mit hohem Aufwand recherchiert werden, so dass in vielen Konzepten auf den Bundesstrommix zurückgegriffen wird. Diese Vorgehensweise erleichtert andererseits den Vergleich von verschiedenen Konzepten und Regionen. Als Emissionsfaktoren für den importierten Strom wurde der Strommix auf Niederspannungsebene 2010 bzw. 2030 verwendet.

Für die Szenarien der ZuBRA-Region wurden für die Endenergieträger bzw. Technologien zur Erzeugung von Strom und Wärme Emissionsfaktoren für die Jahre 2010 und 2030 nach GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) ermittelt. Dabei wurde bei der Zusammensetzung der Technologien (z. B. PV-Anlagen) von bundesdeutschen Durchschnittswerten ausgegangen. Die spezifischen Emissionsfaktoren von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wurden ausgehend vom eingesetzten Endenergieträger nach der exergetischen[8] Allokation ermittelt. Für die elektrischen Wärmepumpen wurde eine durchschnittliche Leistungszahl von 3,5 (2010) bzw. 4,0 (2030) angenommen. Diese Leistungszahl spiegelt einen gut gedämmten Häuserbestand ohne Einsatz einer Flächenheizung für das Jahr 2010 bzw. einen sehr gut gedämmten Häuserbestand mit Einsatz einer Flächenheizung für das Jahr 2030 wider.

Für den restlichen Wärmebedarf wurde ausgehend von dem Verhältnis der Endenergieträger Heizöl und Erdgas und unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade der Technologien ein Emissionsfaktor für das Jahr 2030 ermittelt.

[7] Beispielsweise beträgt das für Methan bei einem Zeithorizont von 100 Jahren 25: Das bedeutet, dass ein Kilogramm Methan innerhalb der ersten 100 Jahre nach der Freisetzung 25-mal so stark zum Treibhauseffekt beiträgt wie ein Kilogramm CO_2.

[8] **Exergie** bezeichnet den Teil der Gesamtenergie eines Systems, der Arbeit verrichten kann, wenn dieses in das thermodynamische (thermische, mechanische und chemische) Gleichgewicht mit seiner Umgebung gebracht wird. Exergie ist ein Potential zwischen mindestens zwei Zuständen, wobei einer davon meist der Umgebungszustand ist. (www.wikipedia.org)

1.1.2. Datengrundlagen

Die leitungsgebundenen Verbrauchsdaten wurden direkt von den Netzbetreibern angefragt und aufbereitet. Dies sind E.ON Mitte Netz für Alheim und Rotenburg an der Fulda. Für Bebra wurden die Daten von den Stadtwerken Bebra zur Verfügung gestellt. Die abgesetzten Gasmengen beruhen ebenfalls auf Daten der Gasnetzbetreiber E.ON Mitte Netz sowie den Stadtwerken Bebra.

Die Daten der nicht-leitungsgebundenen Energieträger wurden anhand der Gebäudetypologie (Angaben gemäß der Hessischen Kreisstatistik) für den Wärmeverbrauch der ZuBRA-Region hochgerechnet. Die Angaben zur Energieerzeugung mit Solarthermieanlagen, Holzpellet- und Scheitholzöfen sowie Erdwärmepumpen wurden den Förderdatenbanken des Bundesministeriums für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) entnommen.

Die Ermittlung der Daten für den Masterplan Energie war von Beginn an auf Datengüte A ausgelegt – (vgl. Abbildung 6) die Daten mussten in den Berechnungswegen jedoch z.T. interpoliert werden (Bsp. Einteilung nach Klassen und Sektoren, vgl. Kap.1.1.5) und liegen im Ergebnis zwischen A und B. Hinsichtlich der Szenarien sind auch bundesdeutsche Durchschnittsdaten herangezogen worden (C und D).

Abbildung 6: Übersicht zur Bilanz-Datengüte[9]

Dazu sind Differenzierungen nach Sektoren und nach Energieträgern nötig. Für die Auswertung werden die Bereiche Private Haushalte, GHD, Industrie und Öffentliche Liegenschaften mit den aktuellen GEMIS Faktoren bilanziert. Der Mobilitätsbereich wurde nicht betrachtet.

1.1.3. Einteilung in Sektoren

Die CO_2-Bilanz wird getrennt nach den Sektoren PH (Private Haushalte) / Industrie / GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistung) und öffentliche Liegenschaften vorgenommen. Die erhobenen Daten werden z.T. interpoliert, da die Sektorenaufteilung nicht bei allen Primärdaten direkt abzulesen ist. In folgender Tabelle ist die Übersicht der Datenquellen und entsprechenden Annahmen zusammengefasst:

[9] Quelle: Klimaschutz in Kommunen, ein Praxisleitfaden. Difu,(Hrsg.) 2009, S.214

Tabelle 1: Übersicht der Datenquellen

Sektor	Datenquelle	Annahmen für Sektorenaufteilung **Strom**	Annahmen für Sektorenaufteilung **Wärme**
Haushalte	Versorgerdaten und Hessische Kreisstatistik	Summe aller Netzbetreiber gemäß dem Verhältnis im Versorgungsgebiet E.ON	Gebäudetypologie abzüglich Fernwärme, Gas und EE
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	Versorgerdaten und Hessische Kreisstatistik	Summe aller Versorger (abzgl. HH, Industrie und öff. LS) gemäß dem Verhältnis im Versorgungsgebiet e.on	Summe aller Versorger (abzgl. HH, Industrie und öff. LS) gemäß dem Verhältnis im Versorgungsgebiet E.ON
Industrie	Statistisches Landesamt	Statistisches Landesamt	Statistisches Landesamt
Öffentliche Liegenschaften	Hochrechnung (Anteil vom Gesamtverbrauch)	Hochrechnung (Anteil vom Gesamtverbrauch)	Hochrechnung (Anteil vom Gesamtverbrauch)

1.1.4. Einteilung der leitungsgebundenen Energieträger

Strom: Der Gesamtstromverbrauch in der ZuBRA-Region liegt anhand der Netzbetreiberdaten vor (Gesamtsumme der Betreiber E.ON und Stadtwerke Bebra). Um die sektorenspezifische Einteilung der Stromdaten vorzunehmen, wurde die Einteilung der E.ON AG vollständig übernommen. Aus dem Versorgungsgebiet der E.ON lagen alle Primärdaten gemäß der Verteilung in den unterschiedlichen Sektoren vor. Die Angaben der Stadtwerke Bebra weisen eine andere Systematik auf, hier wurden anhand der Tarifklassen für die Kunden die Sektoren Haushalte, GHD, Industrie und öffentliche Liegenschaften unterschieden.

Gas: Die Angaben zum Gasverbrauch für Rotenburg und Alheim wurden direkt vom Gasversorger zur Verfügung gestellt (nach Anpassung Brennwert/Heizwert). Diese beinhalten zusätzlich zum Gesamtverbrauch, die Aufteilung auf Haushalte, GHD und Industrie. Die Daten zum Gasverbrauch für Bebra lassen lediglich eine Unterscheidung zwischen SLP-Kunden und RLM-Kunden zu. Der Verbrauch der SLP-Kunden wurde vollständig den Haushalten zugeschrieben und der der RLM-Kunden der Industrie.

Fernwärme ist im gesamten Versorgungsgebiet nicht zu berücksichtigen.

1.1.5. Einteilung der nicht-leitungsgebundenen Energieträger

Die Daten der nicht-leitungsgebundenen Energieträger gehen auf zwei verschiedene Quellen zurück: Da auf eine Erhebung der Schornsteinfegerdaten verzichtet worden ist, sind die Angaben des statistisches Landesamtes zur Gebäudetypologie für die Erfassung/Hochrechnung des Wärmeverbrauches herangezogen worden sowie für die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien die Daten aus dem Förderkompass des Bundesministeriums für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

(BAFA). Die einzelnen Energieträger werden anhand der Angaben zum Brennstoffeinsatz getrennt bilanziert.

Die Daten der Hessischen Gemeindestatistik geben Auskunft über die Wohnflächen in Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden sowie über die gesamte Gebäudeanzahl. Die Daten der Zensus Datenbank des Statistischen Bundesamtes geben Auskunft über die Anzahl der Wohnungen in freistehenden Häusern, Reihenhäusern, Doppelhaushälften und sonstigen Häusern. Für die Ermittlung des gesamten Wärmeverbrauchs wurden alle Wohnungen in Nicht-Wohnungen und in Wohngebäuden in die Berechnungen einbezogen. Die Zensusdaten dienten als Grundlage für die Einteilung in Einfamilien-Mehrfamilien-, große Mehrfamilien- und Hochhäuser, für die vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) unterschieden nach Baualtersklassen eine Typologie des spezifischen Heizwärmebedarfs vorliegt. Eine Kartierung der Baualtersklassen wurde für die ZuBRA-Region nicht vorgenommen.

Zur Bestimmung des Wärmeverbrauchs von GHD und Industrie wurde angenommen, dass die Endenergie zur Wärmeerzeugung zu 45% in den Haushalten, 30% bei GHD und 25% in der Industrie verbraucht wird. Diese Annahmen leiten sich von der ländlichen Prägung der ZuBRA-Region ab mit relativ wenigen Industrieunternehmen, vorwiegend in Bebra (qualified guess).Hinsichtlich der Einsparpotenziale bzw. der geplanten Maßnahmen im Effizienzbereich sind die Haushalte entscheidend. Hochrechnungen und ungenaue Angaben für GHD und Industrie sind deshalb auch nicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Zusätzlich zu Öl und Kohle ist bei den nicht-leitungsgebundenen Energieträgern der Einsatz erneuerbarer Energien in der ZuBRA-Region zur Wärmeerzeugung zu berücksichtigen. Neben Holz, (sowohl als Pellets als auch als Holzscheite), ist die Nutzung von Solar- und Geothermie einzurechnen. Es wird angenommen, dass die Installation der Anlagen in der Region mit Programmen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bzw. KfW-Programmen gefördert worden sind. Als Quelle für Angaben über die Solarthermieanlagen und Erdwärmepumpen diente daher der Datenbestand aus dem bundesweiten Marktanreizprogramm (MAP). Da es sich hierbei allerdings um Zubauraten handelt und nicht um Bestandsangaben, sind die Angaben tendenziell etwas zu gering. Da die Gesamtsumme dieser Brennstoffe jedoch nicht ins Gewicht fällt, ist von einer Interpolation der Daten im vorliegenden Konzept abgesehen worden. Für Öl und feste Brennstoffe liegen keine belastbaren Verbrauchszahlen vor. Um diese zu ermitteln werden vom errechneten Endenergieverbrauch die nach Angabe des Versorgers verbrauchte Gasmenge und die produzierte Wärmemenge aus erneuerbaren Quellen (Daten der Förderbanken) abgezogen. Der restliche Verbrauch wird auf Öl und feste Brennstoffe (Kohle, Holz) verteilt. Für die Angaben in Heizkesseln und Raumheizer wird nach Rücksprache mit Schornsteinfegern für alle ländlichen Kommunen ausschließlich Holz als fester Brennstoff angenommen. Aus Kreisdaten des Sektors Industrie (veröffentlicht vom statistischen Landesamt) geht hervor, dass im gesamten Landkreis Hersfeld-Rotenburg keine Kohle eingesetzt wird. Somit kann davon ausgegangen werden, dass in ZuBRA keine Kohle zur Wärmeerzeugung verwendet wird.

1.2. Energieverbrauch / CO_2-Bilanz

Insgesamt stellt sich der Energieverbrauch in der ZuBRA-Region wie folgt dar:

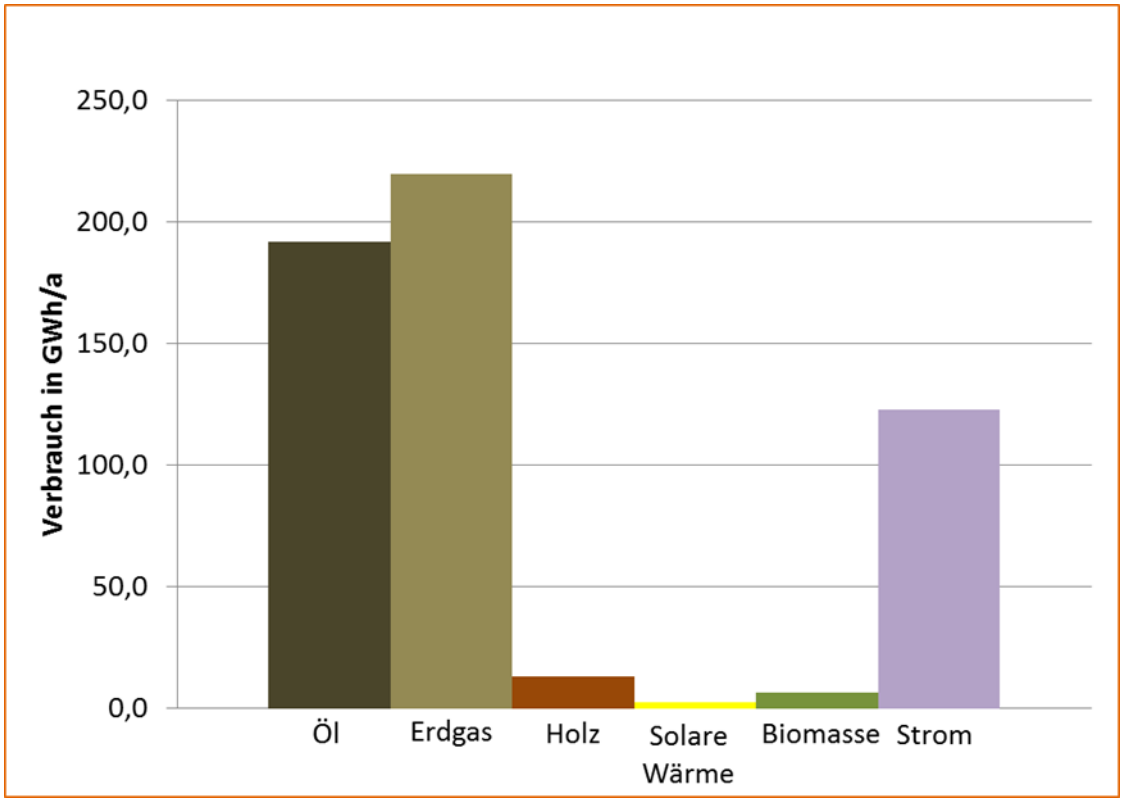


Abbildung 7: Energieverbrauch in der ZuBRA-Region (Wärmeverbrauch unterteilt in Energieträger)

Die Wärmeenergie ist zudem nach den Energieträgern differenziert dargestellt. Bei Strom handelt es sich um den im Netz verfügbaren Strommix. Wie weit der Bedarf bereits durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann, wird im nächsten Kapitel beschrieben.

Der **Stromverbrauch** der drei Kommunen betrug im Jahr 2012 129,1 GWh. Mehr als 40 Prozent des gesamten Verbrauchs entfällt für Strom auf die Privathaushalte. Öffentliche Liegenschaften fallen nicht ins Gewicht, allerdings ist anzumerken, dass es sich bei den Werten der öffentlichen Liegenschaften in der vorliegenden Bilanz um den hochgerechneten Anteil handelt. Die Verbräuche in der Wirtschaft werden drei verschiedenen Sektoren zugeordnet, dem primären Sektor (u.a. Landwirtschaft), dem sekundären Sektor mit Industrie, Handel und Gewerbe und dem tertiären Sektor sind Dienstleistungen und Service zusammengefasst.

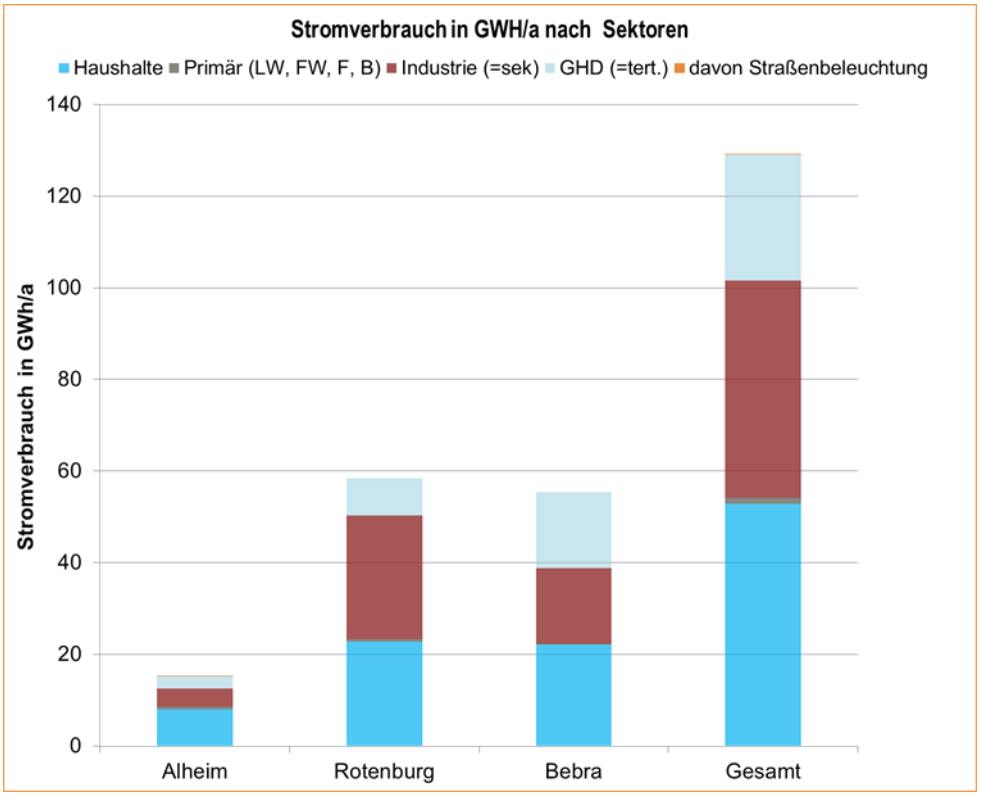


Abbildung 8: Stromverbrauch in der ZuBRA-Region nach Sektoren

Vergleicht man die sektoralen Stromverbräuche der ZuBRA-Region mit den bundesdeutschen Durchschnittswerten, wird der vergleichsweise hohe Stromverbrauch in Privathaushalten deutlich:

Tabelle 2: Anteil der verschiedenen Sektoren am Stromverbrauch

Sektoren	ZuBRA	Bundesdurchschnitt[10]
Haushalte	rund 42%	27%
Industrie	rund 36%	42%
GHD	rund 22%	28%

Damit sind private Haushalte in der ZuBRA-Region eine der wichtigsten Zielgruppen zur Senkung des Stromverbrauchs.

Die ermittelten Daten des **Wärmeverbrauchs** für die ZuBRA-Region stellen sich wie folgt dar:

[10] Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.

Tabelle 3: Zusammenfassung Wärmeverbrauch in ZuBRA

Wärmeverbrauch						
Sektor	Öl	Gas	Holz	WP	Solarthermie	**Gesamt**
	MWh/a					**GWh/a**
Haushalte	46067	106276	10680	690	2451	**166,16**
GHD (ges.)	106165	4606	1063	0	33	**111,87**
Industrie (ges.)	1326	75850	0	0	0	**77,18**
Gesamt	**153558**	**186732**	**11744**	**690**	**2484**	**355,21**

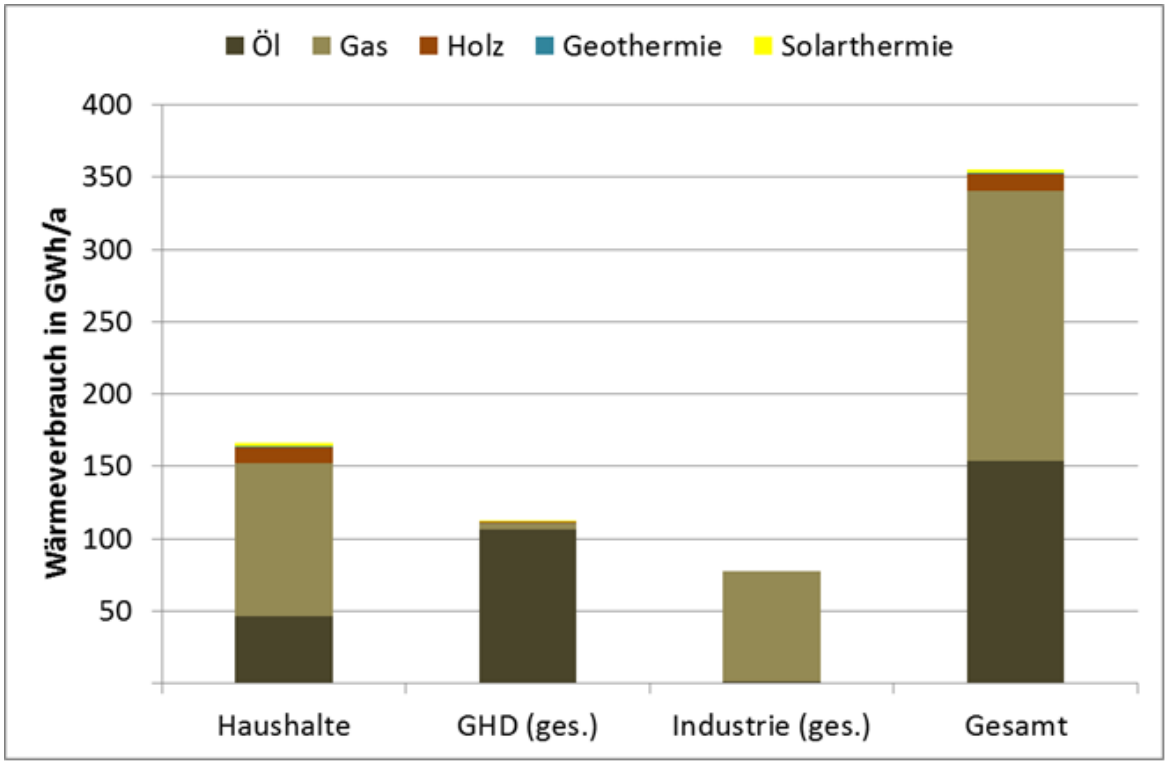


Abbildung 9: Wärmeverbrauch in der ZuBRA-Region nach Sektoren

Der Wärmebedarf in Haushalten ist deutlich höher als im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und in öffentlichen Liegenschaften. Von den insgesamt 355 GWh entfallen 47 % auf den Sektor Haushalte (entspricht dem deutschen Durchschnitt[11]), der Anteil der Industrie liegt bei 22 % (Bundesdurchschnitt 37%) und 31 % fallen auf GHD (Bundesdurchschnitt 16%) und öffentliche Liegenschaften (Kreis). Entsprechend fallen die Emissionen für den Sektor Haushalte deutlich höher als in den anderen Sektoren aus.

[11] Werte vom BMWi (2012)

1.3. Bestand an erneuerbaren Energien (Stromversorgung)

Die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien wurde in der ZuBRA-Region in den letzten zehn Jahren massiv ausgebaut. Laut den EEG-Einspeisedaten der Netzbetreiber beträgt rechnerisch der Anteil am Stromverbrauch aus erneuerbaren Energiequellen im lokalen Strommix bisher (2012) knapp 20%.

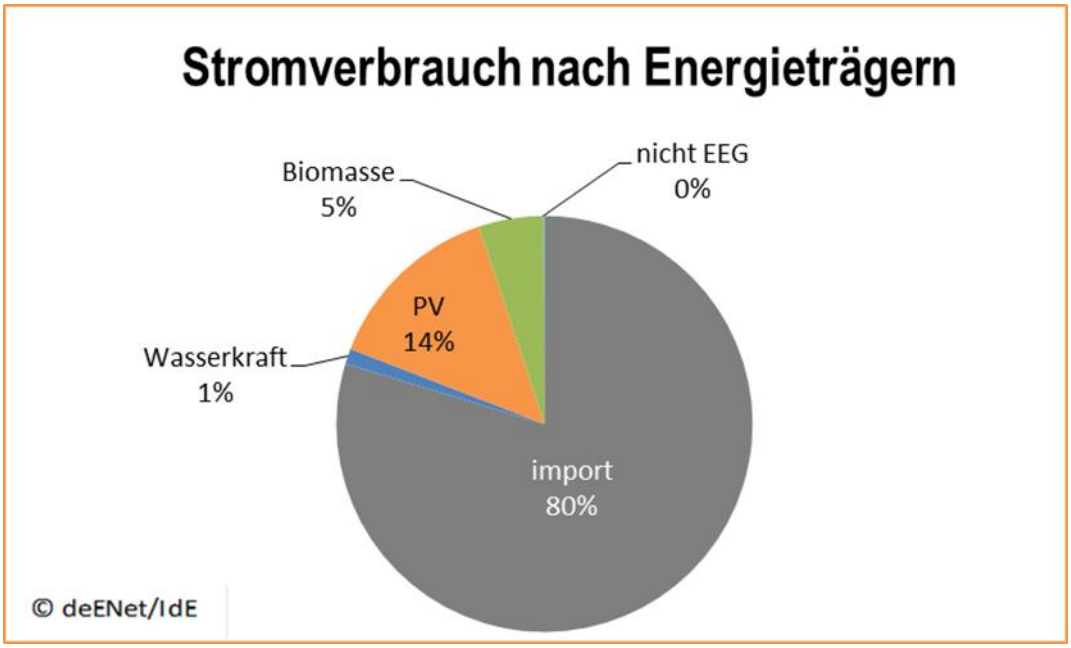


Abbildung 10: Deckung des Strombedarfs aus EE 2012 in ZuBRA

Differenziert nach den drei Kommunen, wird der hohe prozentuale Anteil der Photovoltaik an der örtlichen Stromversorgung in Alheim deutlich. Zusammen mit der Biomasse kann sich Alheim bereits zu knapp Dreivierteln mit erneuerbarem Strom versorgen (Daten von 2012). Rotenburg und Bebra decken dagegen erst einen kleinen Teil des Verbrauchs mit EE ab (unter dem bundesdeutschen Durchschnitt).

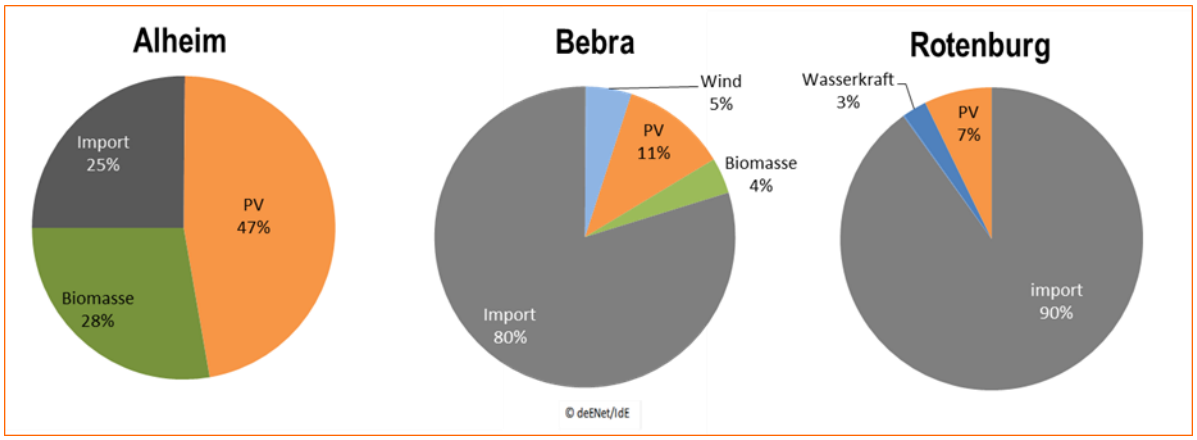


Abbildung 11: Deckung des Strombedarfs durch EE 2012, differenziert nach den Kommunen

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung liegt für die ZuBRA-Region bei 4,1%.

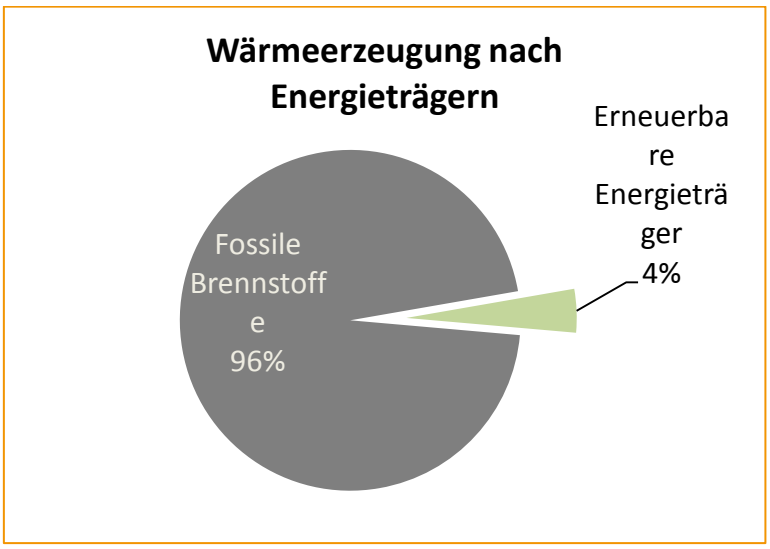


Abbildung 12: Anteil von EE an der Wärmeerzeugung 2011 (vorläufig – ohne Biogas)

Im folgenden Kapitel werden die theoretisch maximal möglichen Potenziale beschrieben, die die jeweiligen Technologien zum Ausbau der erneuerbaren Energien bieten. Diese Versorgungspotenziale liefern später die Grundlage für die Szenarienentwicklung.

2. Ermittlung der Versorgungspotenziale

Nachdem im ersten Kapitel der Istzustand bezüglich des Energieverbrauchs und der Versorgung durch erneuerbare Energien dargestellt wurde, werden im nächsten Schritt die regionalen Potenziale für den Umbau der Energieversorgung ermittelt: Wie viel Energie kann eingespart und wie viel Energie kann regenerativ in der Region erzeugt werden?

2.1. Zur Methodik

In der Regel wird zwischen theoretischem, technischem und wirtschaftlichem Potenzial unterschieden. Potenziale werden durch Annahmen und Restriktionen bestimmt, die sich im zeitlichen Verlauf durch technische Entwicklungen und eine geänderte gesellschaftliche Bewertung sowie durch politische Beschlüsse ändern. Eine Bewertung der zukünftigen Potenziale erfolgt daher verstärkt nach „subjektiver“ Einschätzung. Die letztlich verwendeten Potenzialbegriffe (technisch, optimistisch etc.) sollten zeigen, dass es nicht um eine wissenschaftlich fundierte, objektive, letztgültige Berechnung von Potenzialen, sondern um einen wissenschaftlich bestmöglich gesicherten „qualified guess“ geht, der eine Grundlage für strategische Überlegungen und Entscheidungen liefert. Die zugrunde gelegten Annahmen unterliegen verschiedenen Unsicherheiten bezüglich der politischen Rahmenbedingungen, der technischen Entwicklungen und gesellschaftlichen Trends und Bewertungen. Dieses sollte im Umgang mit den Ergebnissen berücksichtigt werden.

Global verfügen wir über ein außerordentliches Angebot an erneuerbarer Energie. Abbildung 13 zeigt das „theoretische Potenzial“ der einzelnen Energiequellen im Vergleich zum derzeitigen weltweiten Energieverbrauch (Stand: 2012):[12]

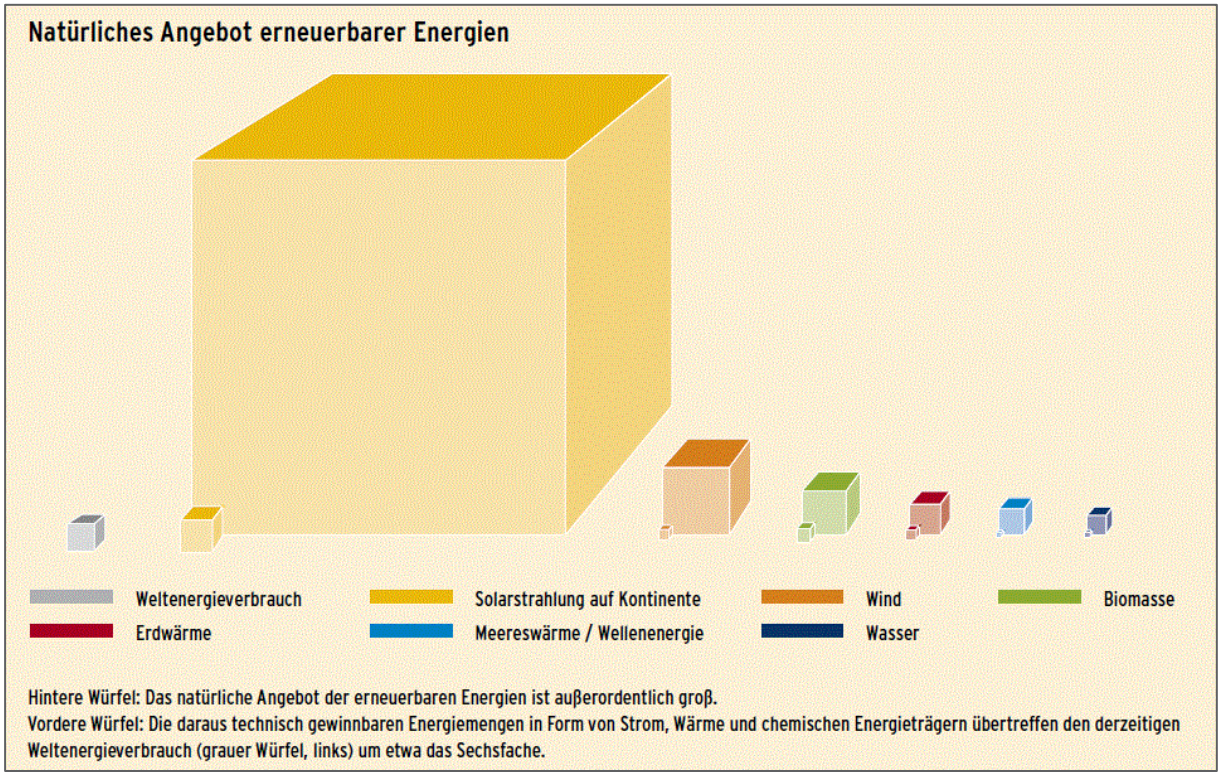


Abbildung 13: Potenziale erneuerbarer Energien - Natürliches Angebot

Diese Abbildung deckt sich mit den Ergebnissen einer Studie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA).[13] Darin sind Analysen des globalen Angebots erneuerbarer Energien verglichen worden. Das weltweit größte „technische Potenzial“ zur Stromerzeugung wird solaren Technologien (Concentrating Solar Thermal Power Plants, CSP) und Photovoltaik (PV) zugeschrieben, gefolgt von On-Shore-Windenergie und Meeresenergie.

Das „technische Potenzial“ für die thermische Verwendung von solarer und geothermischer Energie übertrifft den derzeitigen weltweiten Niedertemperatur-Wärmebedarf um ein Vielfaches. Die Studie beschreibt, dass der heutige weltweite Endenergiebedarf weniger als 5% des projizierten technischen Potenzials zur Nutzung erneuerbarer Energien beträgt. Die Relation von „theoretischem“ oder „natürlichem“ Potenzial (vgl. Abbildung 13) lässt sich auf verschiedenen Skalen darstellen. Auch für die gesamte Bundesrepublik übersteigt das so definierte „Angebot“ jeder einzelnen erneuerbaren Energiequelle, auch in Summe, den Verbrauch um ein Vielfaches.

Für die ZuBRA-Region erfolgt eine Analyse der derzeit tatsächlich nutzbaren Energie aus erneuerbaren Quellen insbesondere über Flächen und technische Daten. Potenziale werden durch Restriktionen

[12] Quelle: Erneuerbare Energien, Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, BMU, 2012, S.41
[13] Quelle: „Role and Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply“ Berlin, 2009

begrenzt, die technische, wirtschaftliche und politische Aspekte, sowie Konkurrenzen beim Flächenverbrauch zwischen allen Nutzungsformen einschließen.

Es wird daher dem "theoretischen Potenzial" das „technisch machbare" Potenzial[14] gegenübergestellt.

Eine Herangehensweise ist diejenige nach der „Potenzialpyramide" (Abbildung 14), nach der das „erschließbare Potenzial" die Differenz zwischen dem „theoretischen Gesamtpotenzial" und wirtschaftlich sowie technisch begrenzten Potentialabschätzungen bildet.

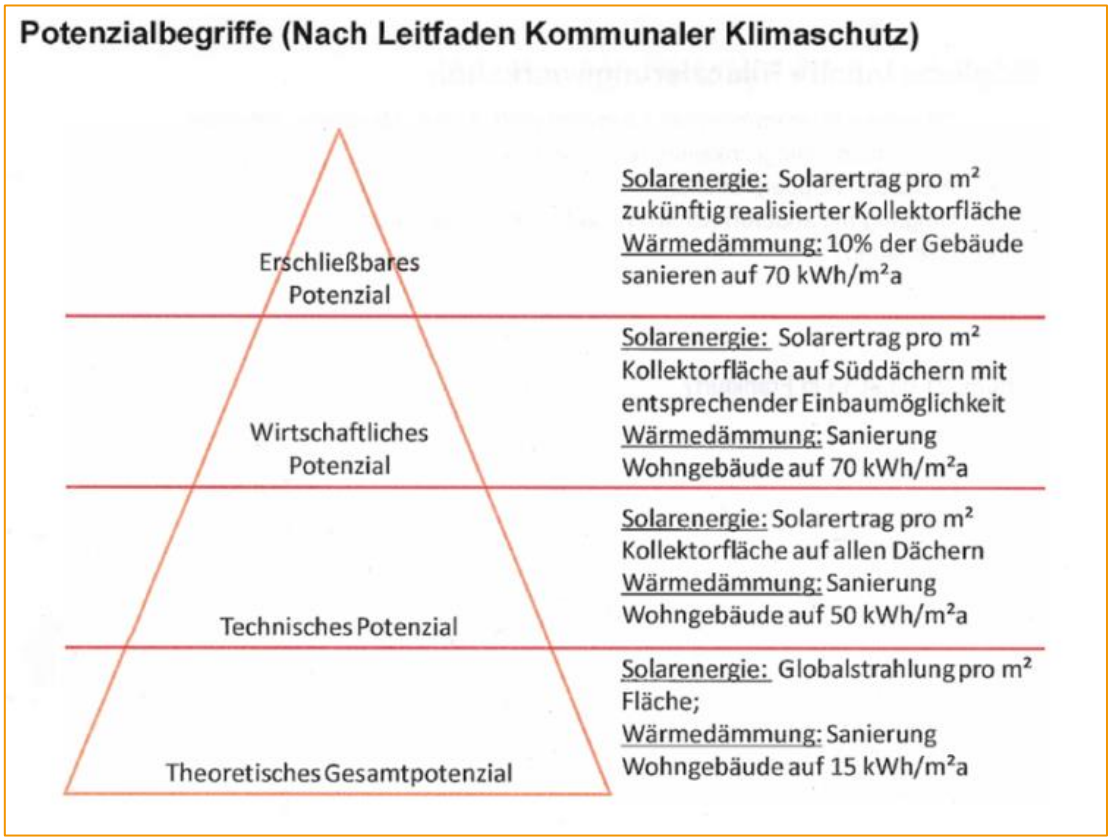


Abbildung 14: Definition des Potenzialbegriffes - DiFu [15]

In ähnlicher Weise differenziert auch die genannte Studie des DLR den Potenzialbegriff und ordnet den Ebenen die jeweils entscheidenden limitierenden Faktoren zu:

[14] Vgl. Zum Beispiel:: Kaltschmitt et al.: Erneuerbare Energien, Heidelberg, 2003, S. 190 oder Pehnt et al, Heidelberg, 2011, S.36, sowie Praxisleitfaden für Kommunen, DIFU 2009, S.274

[15] Quelle: Klimaschutz für Kommunen. Praxisleitfaden, Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.), 2009, S. 274.

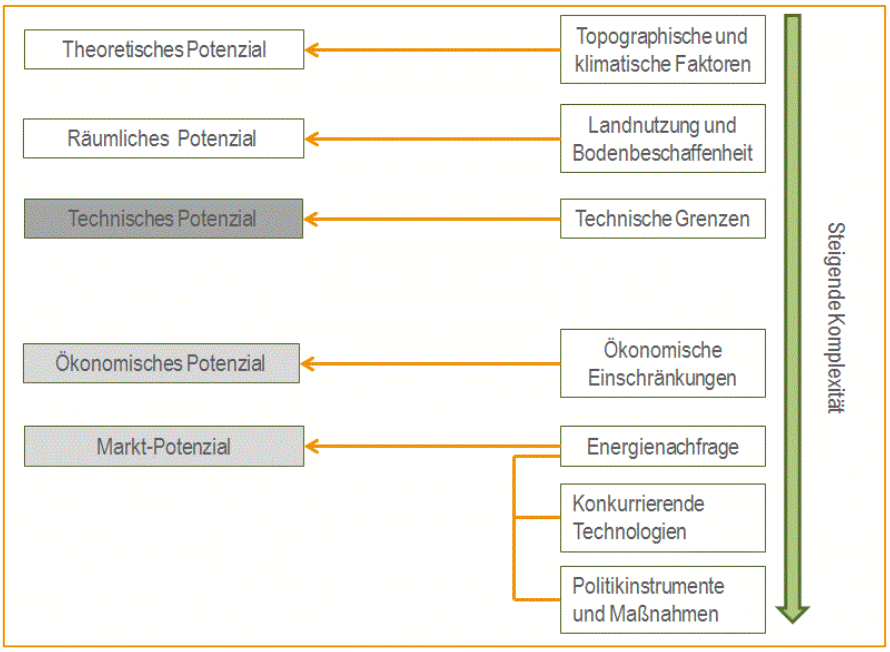


Abbildung 15: Potenzialbegriff DLR[16]

Der Begriff des „theoretischen Potenzials“ wird abhängig von den limitierenden Faktoren in vier weitere Potenziale differenziert: „Räumliches Potenzial“, „technisches Potenzial“, „ökonomisches Potenzial“ und „Marktpotenzial“. Durch die Betrachtung weiterer Potenzialtypen, die zudem in Wechselwirkung zueinander stehen können, steigt einerseits die Komplexität der Analyse, andererseits die Zahl der limitierenden Faktoren, so dass sich das Potenzial verringert.

Für erneuerbare Energiequellen spielt die Flächennutzung die entscheidende Rolle, weshalb das „räumliche Potenzial“ das theoretische Potenzial hinsichtlich der Lage, Oberflächenbeschaffenheit, und Flächennutzung einschränkt. Wie in der Definition der Potenzialpyramide, beschreibt das „technische Potenzial“ die Verfügbarkeit unter Berücksichtigung der verwendbaren Praxis, wie z.B. Energiewandlungstechnologien. Werden wirtschaftliche Faktoren wie Wettbewerbsfähigkeit und Kosten hinzugenommen, schränkt sich das „technische Potenzial“ entsprechend dieser Annahmen weiter ein: Resultat ist das ökonomische Potenzial. Im Begriff des „Marktpotenzials“ wird versucht, die potentielle Nachfrage zusätzlich anhand gesellschaftlicher Aspekte zu definieren, welche den absoluten Energieverbrauch, Steuerungsgrößen wie Substitutionen sowie die politische Entscheidungskraft beinhalten. Theoretisch kann das „Marktpotenzial“ auch höher als das ökonomische sein, wird aber anhand dieser „weichen“ Faktoren in der Realität häufig sehr weit eingeschränkt und fällt geringer als das „ökonomische Potenzial“ aus.

[16] Quelle: Role and Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply“ Berlin, 2009, Umweltbundesamt (Hrsg.)

2.2. Potenziale erneuerbarer Energien in Deutschland

Für die Bundesrepublik Deutschland ist in einer vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) veröffentlichten Potenzialstudie das „vorsichtig abgeschätzte langfristig realisierbare Ausbaupotenzial der erneuerbaren Energien im Vergleich zur heutigen Nutzung“[17] dargestellt. Die Abbildung 16 verdeutlicht durch die dargestellten „Unschärfen“ (hellere Balkenabschnitte), dass Potenziale aufgrund fluktuierender Rahmenbedingungen nicht exakt, sondern als Entwicklungskorridore für den Ausbau der erneuerbaren Energien definiert werden:

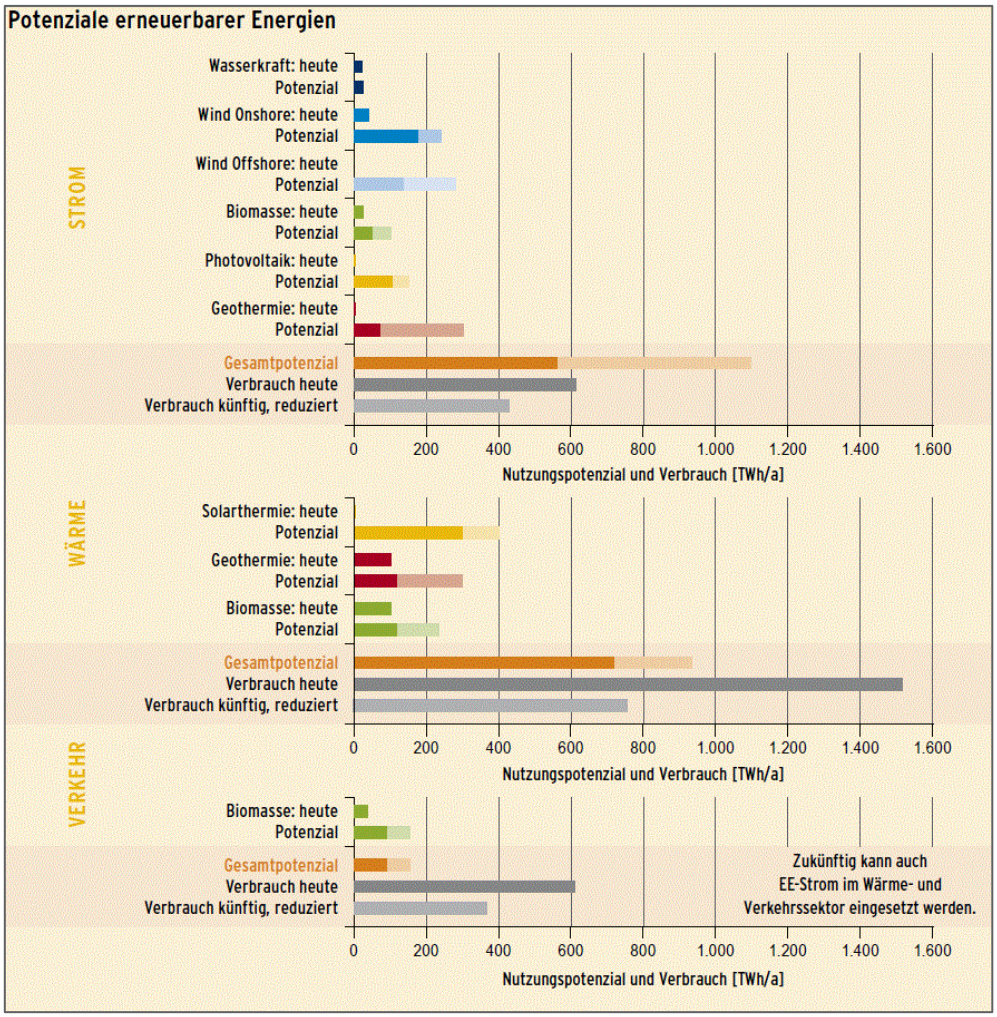


Abbildung 16: EE-Potenziale in Deutschland [18]

Die Potenzialanalyse für ZuBRA stützt sich für die einzelnen erneuerbare Energietechnologien auf lokale Flächenanalysen sowie auf statistische Kenngrößen für Effizienzsteigerungen im Strom- und Wärmebereich, was in den folgenden Kapiteln erläutert wird.

[17] Quelle: Erneuerbare Energien, Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, BMU, 2011, S.46
[18] Quelle: Erneuerbare Energien, Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, BMU, 2011, S. 46

2.3. Potenziale erneuerbarer Energien in der ZuBRA-Region

In gestalterischer Anlehnung an Abbildung 16 sind die theoretischen Potenziale der erneuerbaren Energieträger für die ZuBRA-Region in Abbildung 17 aufgezeigt. Die farblichen Balken verdeutlichen getrennt nach Wärme- und Stromgewinnung die maximal möglichen (unter entsprechenden Restriktionen definierten) Potenziale der jeweiligen Technologien. Inwieweit der heutige Verbrauch (Bezugsjahr 2012) damit gedeckt werden könnte, veranschaulichen die jeweiligen Verbrauchsbalken (Grau/Grün).

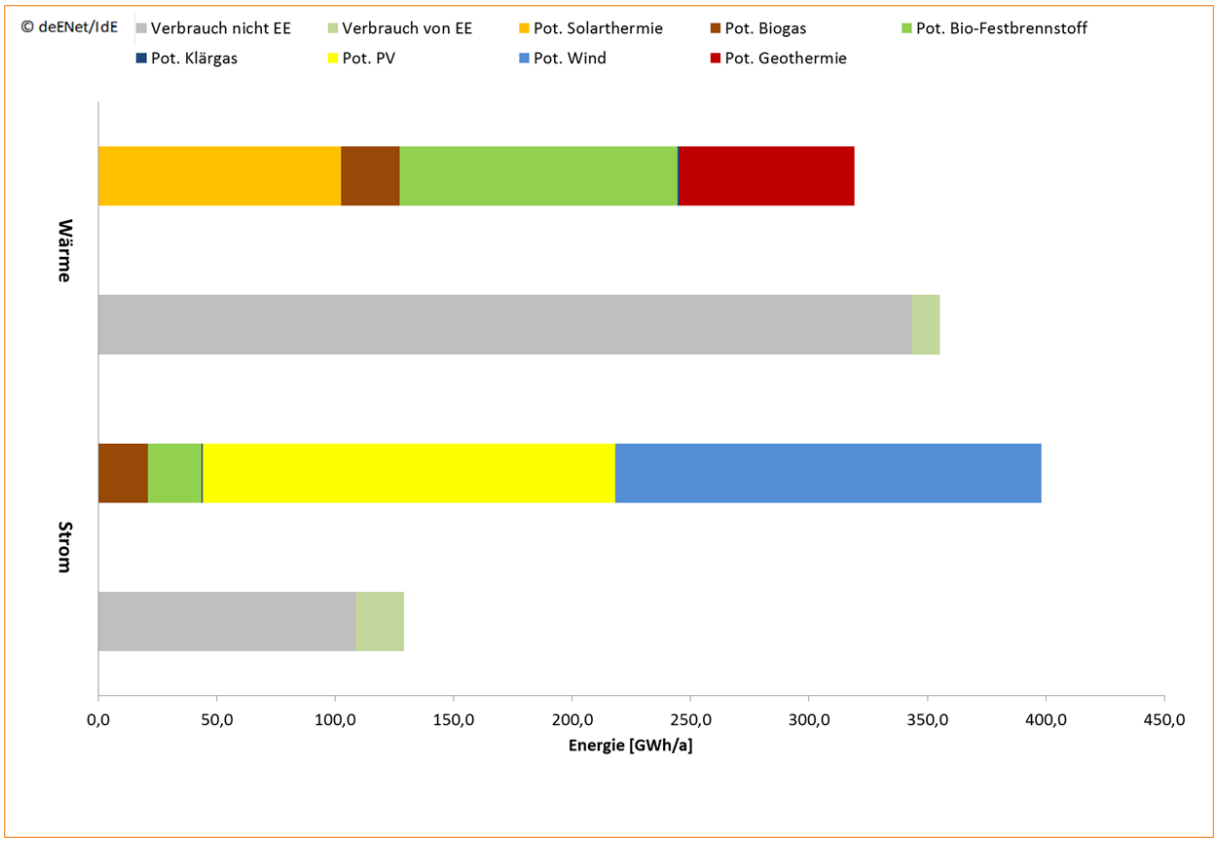


Abbildung 17: Elektrisches und thermisches Potenzial EE in ZuBRA im Vergleich zum Verbrauch

Das *maximal* mögliche Potenzial resultiert aus eigenen Berechnungen, die die Flächenangaben des Teilregionalplans Energie Nordhessen einbeziehen. Für die Stromerzeugung aus Windkraft wurden alle ausgewiesenen Flächen berücksichtigt. Der Photovoltaik wird eine herausragende Rolle beigemessen (unterteilt in Dachflächen-, Freiflächen- und Fassaden-Potenziale). Ein nennenswertes Potenzial zum Ausbau der Wasserkraft ist nicht gegeben, d.h. es bleibt bei der derzeit erzeugten Energiemenge von 1,5 GWh/a. Die Potenziale sind in den folgenden Kapiteln nach der jeweiligen Technologie detaillierter beschrieben.

In Bezug auf Solarenergie und Biomasse sind Annahmen getroffen worden, die eine Aufteilung des Einsatzes für Strom- und Wärmeerzeugung definieren. Der Ansatz zur Verteilung zwischen Photovoltaik und Solarthermieanlagen sieht keine Gewichtung zugunsten der Solarthermie vor, berücksichtigt aber die zur Verfügung stehenden Flächen einschließlich der Abhängigkeiten beim Flächenverbrauch. Das

bedeutet, dass zunächst der Wärmebedarf über Solarthermie rechnerisch betrachtet wird, bevor die restlichen Dachflächen für PV-Nutzung kalkuliert werden.

Das Potenzial der Biomasse wird über die vorhandene Waldfläche und einen Teil der landwirtschaftlichen Fläche bestimmt. Diese Erträge werden zum einen für hocheffiziente Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (z.B. Hackschnitzel-Dampfkraftwerke) verwendet, welche 15% des Potenzials in Strom und 60% in Wärme umwandeln. Des Weiteren wird Biomasse in Biogasanlagen weiterverarbeitet, aus dem Gasertrag wird mit Hilfe von Verbrennungsmotoren 44% Wärme und 37% Strom erzeugt.

Zudem wird ein massiv zunehmender Einsatz von Wärmepumpen angenommen, wobei ausschließlich Erdwärmepumpen (sowie Wasser als Wärmequelle) betrachtet werden.

Aus Abbildung 17 geht hervor, dass das maximale Gesamtpotenzial der regenerativen Stromerzeugung den heutigen Strombedarf deutlich übersteigt, wenn das vorhandene Flächenpotenzial ausgeschöpft wird. Das maximale Potenzial schreibt in erster Linie der Solarenergie und Windkraft eine bedeutende Rolle zu. Diese wird erreicht, wenn alle derzeit im Teilregionalplan ausgewiesenen Flächen mit Windkraftanlagen bebaut würden, was ca. 2% der Landesfläche entspricht und wenn neben Dach- und Fassadenflächen 2% der Landesfläche für PV-Freiflächen-Anlagen genutzt werden.

Die Ausschöpfung der maximalen Potenziale zur Wärmeerzeugung würde für eine Deckung des heutigen Wärmebedarfs nicht ausreichen. Somit ist die Reduzierung des Energieverbrauchs durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen die wesentliche Stellschraube, wenn eine 100 % - Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien erreicht werden soll.

Wie bereits ausgeführt, enthalten Potenzialanalysen stets subjektive Annahmen, die Begrenzungen zum Ausbau erneuerbarer Energien sind nicht eindeutig (objektiv) festzulegen. Zudem greifen Annahmen ineinander, wie beispielsweise im Bereich Effizienz: Sowohl die Erzeugungsanlagen (Wirkungsgrade, KWK, etc.) als auch Maßnahmen auf Verbraucherseite (Suffizienz, Sanierung, etc.) stellen Potenziale zur Reduktion von Treibhausgasemissionen dar, und Maßnahmen beim Verbraucher wirken auf die Erzeugung zurück. Die enge Verzahnung zwischen Potenzialanalysen und Szenarienentwicklung wird bei der Diskussion der entsprechenden Szenarien berücksichtigt.

2.4. Berechnungsgrundlagen

Bezogen auf eine flächenbasierte Potenzialanalyse stehen die einzelnen Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien in Konkurrenz zueinander. Aufwand, Kosten, Ertrag und Flächenverbrauch spielen bei der Auswahl der Technologien eine Rolle. Im Teilregionalplan Nordhessen wird zwischen „flächenrelevanter“ und „flächenneutraler“ Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen unterschieden. Wesentlich ist die Unterscheidung zwischen flächenrelevanter und flächenneutraler Biomasse. Unter flächenneutraler Biomasse werden entsprechende forstwirtschaftliche Erzeugnisse, Abfallholz, Gülle und Festmist, Bioabfall, Klär- und Deponiegas u. ä. gefasst. Als flächenrelevant werden alle Formen der Nutzung landwirtschaftlicher Fläche für die Erzeugung von Biomasse zur energetischen Nutzung betrachtet, also Energiepflanzen wie Mais oder Getreideganzpflanzensilage, sowie

Kurzumtriebsplantagen. Zu den flächenrelevanten Erzeugungstechnologien zählen außerdem die Windkraftnutzung sowie Freiflächenanlagen, zu den flächenneutralen wird PV- und Solarthermie auf Dachflächen, Wasserkraft sowie die Wärmeerzeugung mit Erdwärmepumpen gezählt.

Mit diesen Angaben lassen sich Potenziale zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfs anhand der ausgemachten Flächendaten hochrechnen.[19] Wirtschaftliche sowie politische Entscheidungsfaktoren bleiben dabei unberücksichtigt. Für die einzelnen Technologien lassen sich mit entsprechenden Annahmen bezüglich der Anlagen, Laufzeiten, Nutzungsstunden etc. Erträge errechnen, die im Folgenden dargestellt werden.

2.5. Windkraft

Die drei Kommunalverwaltungen der ZuBRA-Region verfolgen das Ziel einer gemeinsamen geordneten Entwicklung von Windkraftflächen, um „Wildwuchs“ zu vermeiden und stattdessen geeignete Standorte mit möglichst hoher Akzeptanz und guten ökonomischen Bedingungen für die Kommunen und Bürger zu realisieren.

In einer interfraktionellen/ interkommunalen Arbeitssitzung am 05.07.2011 wurden Ziele und Belange der Windkraftentwicklung in der ZuBRA-Region erörtert. In allen Parlamenten wurde noch im selben Monat der Beschluss zu einer gemeinsamen Windkraftentwicklung gefasst. Öffentliche Informationsveranstaltungen zur Windkraftnutzung in der ZuBRA-Region fanden am 09.08.2011 und 30.11.2011 statt.

Die Errichtung und der Betrieb von raumbedeutsamen Windenergieanlagen ist nach dem Teilregionalplan Energie Nordhessen 2013 ausschließlich in den ausgewiesenen „Vorranggebieten zur Windenergienutzung“ zulässig. Folgende grundsätzlichen Empfehlungen des hessischen Energiegipfels zur Windenergie liegen dem Teilregionalplan Energie Nordhessen 2013 zugrunde:

- Die Vorranggebiete für die Windenergienutzung (VRG WE) sollen ~2 % der Gesamtfläche umfassen (das sind ~16.700 ha in Nord- und Osthessen).
- Die Vorranggebiete haben Ausschlusswirkung für die übrige Planungsregion.
- Eine entscheidende Rolle für die Nutzung der Windkraft kommt Waldgebieten zu.
- Die Zusammenarbeit der Kommunen mit Hessen - Forst und die interkommunale Zusammenarbeit sind von hoher Bedeutung.
- Einen hohen Stellenwert hat die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger an Windkraftanlagen – zur Akzeptanzsteigerung und zur Finanzierung.

Die Potenzialanalyse in diesem Bericht erfolgt in enger Anlehnung an die im „Teilregionalplan Energie Nordhessen“ definierten Flächen. Die Flächen werden anhand „harter“ und „weicher“ Ausschlusskriterien und ggf. weiterer Restriktionskriterien im Falle einer Einzelfallprüfung bestimmt:

[19] Flächenangaben differieren z.T. deutlich zu den Angaben der Landwirtschaftsstatistik Hessen, weshalb bei der Potenzialermittlung von Biomasse auf die Daten der Agrarstrukturerhebung zurückgegriffen wurde

Tabelle 4: Kriterien Windkraftnutzung [20]

Schutzgut	Kriterienrahmen für die neue Windenergiekonzeption im Teil RPN-Energie	
	Ausschlusskriterien (hart), Planerische Setzungen (weich)	Kriterien für die Einzelfallprüfung (Restriktionskriterien)
Mensch Siedlungsstruktur	▪ **Siedlungsflächen RPN (B+P) + 600 m Puffer** ▪ Siedlungsflächen RPN (B+P) + 1000 m Puffer (Unterschreitung für Bestandsflächen bis 750 m) ▪ **Weiler, Einzelhöfe + 600 m Puffer** ▪ **Industrie- und Gewerbeflächen (B+P)**	▪ Abstand zu überregionalen/regionalen Denkmälern, Freizeit- und Kureinrichtungen ▪ 200 m – Abstand je nach Nutzungsart/Erweiterungsbedarf
Wasser	▪ **Stehende und fließende Gewässer I. und II. Ordnung** ▪ **Überschwemmungsgebiete** ▪ **WSG und HQS Zone I**	▪ WSG und HQS Zone II (Ergebnis: keine Ausweisung möglich)
Infrastruktur	▪ **Vorrang Abbau oberflächennaher Lagerstätten (B+P)** ▪ **Sonderfläche Bund einschließlich Ausschluss Bw.-Flughf. Fritzlar** ▪ **Luftverkehr – Bauschutzbereiche Radaranlagen u. ä. mit Puffer** ▪ Abstände zu 100 m Landesstr. 150 m BAB, BS u. Bahn 100 m Stromleitungen ab 110 kV	▪ VB oberflächennaher Lagerstätten ▪ Bereiche ohne sinnvolle Erschließungsmöglichkeiten insb. Im Wald
Wald	▪ **Schutz-, Bann- und Erholungswald (gem. §22, 23 Hess. Forstgesetz)** ▪ Wald mit Bodenschutzfunktion, Altholzinseln, Naturwaldreservate inkl. Vergleichsflächen, Samen- und Generhaltungsplantagen, forstliche Versuchsflächen, landschaftsprägender Wald, Bestattungswald / Friedhof	▪ Wald mit historischen Waldnutzungsformen ▪ Seltene Waldgesellschaften ▪ Wald mit Erholungsfunktion Stufe 1, Saatgutbestände ▪ Sensible Waldränder und Waldstandorte ▪ Ungünstige Reliefeigenschaften ▪ Erforderliche Schutzabstände
Windgeschwindigkeit	▪ Unter 5,75 m/s in 140 m Höhe nach Windkarte TÜV Süd (für Bestand: keine Untergrenze	
Mindestgröße	▪ 15 ha ▪ Bestand: 10 ha	

[20] Quelle: Textentwurf zum Teilregionalplan Energie Nordhessen, 2013
http://www.rp-kassel.hessen.de/irj/RPKS_Internet?uid=35040128-0454-6d31-79cd-aa2b417c0cf4

Schutzgut	Kriterienrahmen für die neue Windenergiekonzeption im Teil RPN-Energie	
Natur / Landschaft	▪ **NSG Bestand und Planung ges. gesch. ND / GLB** ▪ FFH-Gebiet entsprechend den Erhaltungszielen ▪ VS-Gebiete für Offenlandarten / Wasservögel ▪ **Nationalpark Kellerwald** ▪ Naturschutzgroßprojekt Kellerwald ▪ **Biosphärenreservat – Kernzone** ▪ Pflegezone A ▪ LSG mit Biotopschutz / Verbundfunktion (Auen-LSG)	▪ FFH-Gebiete ohne pauschal erkennbare Beeinträchtigung (Werra-Wehretal) ▪ großflächige VSG (Hess. Rothaargebirge, Burgwald, Riedforst, Kellerwald, Knüll, Hess. Rhön) ▪ Biotope ▪ Pflegezone B und Entwicklungszone ▪ Sonstige LSG (Naturparke) ▪ Avifauna-Gutachten und ONB: sehr hohes und hohes Konfliktpotenzial ▪ Fledermäuse: Insbesondere 1000 m – Puffer um Wochenstuben und Winterquartiere windkraftrelevanter Arten ▪ Bodendenkmäler erforderliche Schutzabstände

Das „technische Potenzial“ der Windkraftnutzung bezieht anders als das „theoretische Potenzial“ die Windhäufigkeit, den antizipierten Stand der Technik, Flächenbeschaffenheit sowie die in obenstehender Tabelle genannten raumwirksamen Faktoren ein. Im Teilregionalplan Energie Nordhessen wurde die ZuBRA-Region hinsichtlich geeigneter Flächen für die Erzeugung aus erneuerbaren Quellen analysiert. Alle Gebiete, die die Kriterien erfüllen, wurden in einem weiteren Schritt bezüglich der gegenwärtigen Planung (lokale Initiativen u. ä.) untersucht und in entsprechenden Steckbriefen bewertet und dokumentiert.[21] Daraus ergeben sich 6 nutzbare Flächen für Windkraftanlagen. Bei einem angenommenen Flächenbedarf von 6 ha je Anlage mit 2,5 MW Leistung können auf diesen Flächen insgesamt 48 Windkraftanlagen aufgestellt werden. Mit angenommenen 1500 Vollaststunden pro Jahr ließen sich so 180 GWh Strom jährlich erzeugen, womit nicht nur der Strombedarf (113 GWh in 2012) gedeckt, sondern auch Überschüsse erzielt würden. Dies beschreibt das rein technische Potenzial, dem keine genaue standortbezogene Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, EEG-Integration, Netzanschlussfähigkeit und/oder die Prüfung sozialer Akzeptanz vorausgegangen sind, sondern die maximale Ausbeute bei vollständigem Zubau dieser Flächen mit Windkraftanlagen darstellt.

In Abbildung 18 sind die alle Vorranggebiete der Windkraft blau umrandet und die Anzahl möglicher Windkraftanlagen mit gelben Punkten dargestellt. Die Anzahl und Verteilung der Windkraftanlagen

[21] Die Steckbriefe der Flächen sind im Teilregionalplan Energie Nordhessen einzusehen und online verfügbar unter http://www.rp-kassel.hessen.de/irj/servlet/prt/portal/prtroot/slimp.CMReader/HMdI_15/RPKS_Internet/med/46c/46c10472-eb71-8d31-79cd-aa2b417c0cf4,22222222-2222-2222-2222-222222222222, ab S. 56

erfolgte gemäß der Angaben des Bau- und Umweltamtes der Stadt Rotenburg, dient an dieser Stelle nur der Veranschaulichung der vorhandenen Potenziale und hat keinen Anspruch auf Umsetzungsrelevanz. Die Abbildung beinhaltet eine siebte Fläche (HEF 005), die aber als nicht nutzbar eingestuft wurde und daher nicht in den Potenzialen aufgeführt wird.

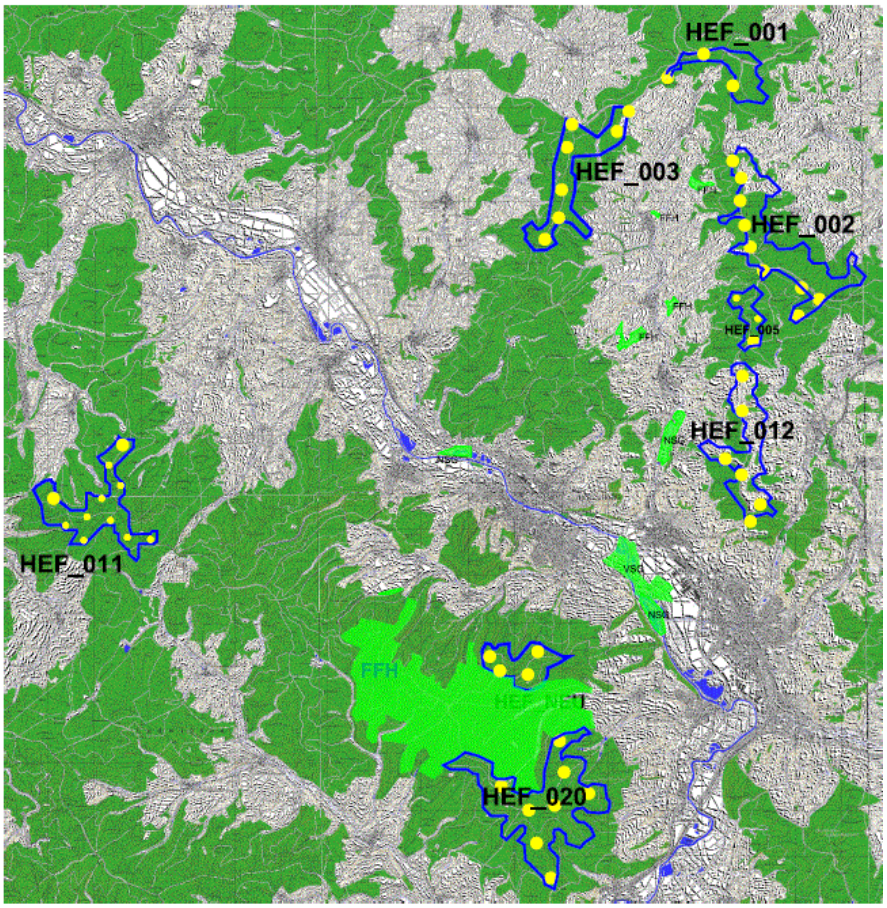


Abbildung 18: Wind-Potenzial-Karte

Für eine Standortprüfung im Planungsprozess, sind weit detailliertere Vor-Ort-Aufnahmen notwendig, um die entsprechenden Flächen bezüglich aller in Tabelle 4 genannten Kriterien zu untersuchen. Den hier dargestellten Flächenauswertungen liegen Annahmen zugrunde (Nabenhöhe von 140 m, Rotordurchmesser von 116 m, Hauptwindrichtung Süd-West ausgerichtet, Abstandsellipse in Hauptwindrichtung: Durchmesser 8 Rotordurchmessern, 3 in Nebenwindrichtung).

2.6. Solarenergie

Hinsichtlich der Sonnenenergie lassen sich für die Potenzialbetrachtung drei Nutzungsformen unterscheiden. Neben der Umwandlung in elektrische Energie über Photovoltaikanlagen und der thermischen Nutzung durch Solarthermie-Anlagen wird auch die passive Nutzung genannt. Unter passiver Nutzung wird die ungehinderte Einstrahlung verstanden, die z.B. bei der Gebäudeausrichtung berücksichtigt ist. Das Potenzial der passiven Nutzung ist jedoch schwer zu quantifizieren, denn es handelt sich um die Ausnutzung von Wärme, die „ohnehin“ verfügbar ist. Die Effekte der Potenziale passiver Sonnenenergienutzung lassen sich durch Wärmedämmung erheblich erhöhen. In der

Potenzialanalyse werden PV- und Solarthermie-Anlagen, welche auf Dach- und Freiflächen installierbar sind.

Dachflächen, die für die Nutzung von PV geeignet sind, können grundsätzlich auch für thermische Solaranlagen genutzt werden. Es ist zu berücksichtigen, dass die solarthermischen Kollektoren für die Erwärmung von Trinkwasser und/oder die Heizungsunterstützung genutzt werden können, weshalb sich die Annahmen zur benötigten Fläche unterscheiden. Für die Potenzialanalyse der nutzbaren Dachflächen auf Wohngebäuden wird die Wohnbaufläche in den drei Kommunen zu Grunde gelegt und daraus die Grundrissfläche aller Wohngebäude bestimmt. Es wird angenommen, dass 10,9%[22] der Grundrissfläche zur Nutzung von Solarenergie geeignet sind, dies entspricht 30,7 ha. Die nutzbaren Dachflächen auf Nichtwohngebäuden entsprechen 13%[23] der Grundrissflächen, welche ähnlich wie bei den Wohngebäuden aus der Gewerbebaufläche abgeleitet wird. Dies ergibt eine zusätzliche nutzbare solare Dachfläche von 4,4 ha. Insgesamt ergibt sich in der Region somit ein Potenzial von 35,1 ha solar nutzbarer Dachflächen.

Zur Bestimmung der erzeugten Energie durch Solarthermie- und PV-Anlagen wird von einer Globaleinstrahlung von 1055 kWh/m²[24] im Jahr, einem Wirkungsgrad von 45% der Solarthermie und 15% der PV-Anlagen ausgegangen. Die Aufteilung der Flächen zu Solarthermie und PV-Anlagen wird in den Szenarien vorgenommen.

Das Potenzial der PV-Freiflächenanlagen errechnet sich aus der Annahme 3,3 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche für FFA-PV zu nutzen. Aufgrund von Abständen und Wegen wird angenommen, dass 40% dieser Flächen mit Modulen verbaut werden (außerdem ein Wirkungsgrad von 15% und gemittelte Erträge entsprechend der Ausrichtung). Das Ergebnis für das Potenzial der PV-Freiflächenanlagen in ZuBRA beträgt somit 138 $GWh_{elektrisch}$/a.

Für den Bau von Solarthermie-Freiflächen-Anlagen können 0,15%[25] der landwirtschaftlich genutzten Fläche verwendet werden. Unter Berücksichtigung der Globaleinstrahlung und einem Wirkungsgrad für Freiflächenanlagen von 30 %, ist ein Potenzial für Wärme aus Solarthermie-Freiflächen-Anlagen von 42,7 GWh_{therm}/a vorhanden.

2.7. Biomasse

Biomassepotenziale werden in drei Bereiche differenziert: Potenziale der landwirtschaftlichen Produktion (z.B. Energiepflanzen), Potenziale landwirtschaftlicher Reststoffe und Forstholzpotenziale.

Nutzbare Potenziale aus landwirtschaftlicher Produktion in ZuBRA gibt es durch den Anbau von Energiepflanzen und die Nutzung von Kurzumtriebsplantagen. Für den Anbau von Energiepflanzen stehen rund 20% (1080 ha) der Ackerfläche zur Verfügung. Wird auf dieser Fläche Silagemais zur

[22] Quelle: Kaltschmitt, Erneuerbare Energien, 2013
[23] Quelle: Kaltschmitt, Erneuerbare Energien, 2013
[24] Quelle: DWD, Mittlere Jahressumme der Globalstrahlung
[25] In Anlehnung an das Ziel des Ausbaus für Solarthermiefreiflächenanlagen in Dänemark

Erzeugung von Biogas angebaut, können damit 8,17 Mio. Nm³ Biogas, mit einem Energiegehalt von 49,3 GWh für die weitere Verwendung zur Verfügung gestellt werden. Die Nutzung von Kurzumtriebsplantagen auf weiteren 2% der Ackerfläche ermöglicht bei einem Ertrag von 12 t/ha[26] im Jahr eine nutzbare Energie von 5,55 GWh/a aus holzartiger Biomasse.

Die Verwendung landwirtschaftlicher Reststoffe beinhaltet die Biogaserzeugung aus Gülle und Festmist, sowie die Nutzung von Stroh, Schad- und Mindergetreide. Durch die Zuführung von 21,8 Tsd. m³ Gülle aus der Schweinezucht und 38 Tsd. t Festmist aus der Rinderzucht und 1,8 Tsd. m³ Trockenkot aus der Legehennenhaltung, können in Biogasanlagen jährlich 1,15 Mio. Nm³ Biogas, mit einem Energiegehalt von 6,88 GWh erzeugt werden. Das Potenzial aus Schad- und Mindergetreide errechnet sich aus dem durchschnittlichen Anteil von Schad- und Mindergetreide an der Gesamtgetreidemenge von 1,5 Prozent. Es wird ein jährlicher Gesamtertrag für Getreide von 227.714 t angenommen. Bei dieser Menge stehen 340 t Schad- und Mindergetreide, mit einem Energiegehalt von rund 1,32 GWh zur Verfügung. Für die Ermittlung des Potenzials der Energiegewinnung aus Getreidestroh wird ebenfalls von dem Gesamtertrag des Getreides von 227.714 t ausgegangen und die Ackerfläche für Getreide von 3245 ha zugrunde gelegt. Mit einem durchschnittlichen Ertrag für Getreidestroh 6 t/ha[27], errechnet sich für die ZuBRA-Region ein Strohertrag von 19.470 t. Wird eine energetische Nutzung des Getreidestrohs von 35%[28] vorausgesetzt, ergibt sich eine Menge von 6815 t/a Getreidestroh zur energetischen Nutzung, mit einem Energiegehalt von insgesamt 27,2 GWh.

In ZuBRA ist nach der hessischen Kreisstatistik eine Waldfläche von 11.336 ha vorhanden. Im Bundesdurchschnitt können je Hektar Waldfläche 13,2 MWh Energie gewonnen werden, ohne die natürliche Regeneration zu stören. Die Forstholzpotenziale beziffern sich somit auf 149,6 GWh jährlich Nutzbare Energie aus holzartiger Biomasse.

Aufteilung der Potenziale „Biomasse“ für KWK-Biogas und KWK aus Holz

Die Biomasse-Potenziale teilen sich auf in Potenziale, die in Biogasanlagen verwertet werden können, und holzige Biomasse, die in Dampfkraftwerken (Holz-KWK) und diversen Holzheizungstypen eingesetzt werden kann.

In einer durchschnittlichen Biogasanlage (Referenzanlage) wird aus dem Brennstoff 44% in Wärme und 37% in Strom gewandelt. Bei Holz-KWK wird 60% Wärme und 15% Strom gewonnen, ohne KWK thermischer Wirkungsgrad 80%. Für holzartige Biomasse aus Forstholz wird angenommen, dass die 85% in ein Dampfkraftwerk (KWK) geführt und, die übrige Menge in Heizkesseln zu Wärme umgewandelt werden. Die übrige Biomasse und Biogas werden ausschließlich in KWK-Anlagen angewandt.

Zusammenfassend ist das Potenzial für die energetische Nutzung von Biomasse in ZuBRA in Tabelle 5 dargestellt:

[26] Quelle: FNR, Basisdaten Bioenergie Deutschland, S 16
[27] Quelle: FNR Leitfaden feste Biobrennstoffe S. 18
[28] In Anlehnung DBFZ, Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ BAND 2, S.16

Tabelle 5: Übersicht Biomasse-Potenziale

Biomasse	Ertrag	Einheit
Schad- und Mindergetreide	1.320	MWh/a
Getreidestroh	27.200	MWh/a
Wirtschaftsdünger	6.884	MWh/a
Forstholz	149.635	MWh/a
Silomais	49.300	MWh/a
Gesamtpotenzial Biogas	**56,2**	GWh/a
davon Wärme	24,7	GWh/a
davon Strom	20,8	GWh/a
Gesamtpotenzial KWK Holz	**178**	GWh/a
davon Wärme	99,5	GWh/a
davon Strom	22,8	GWh/a
Gesamtpotenzial Holzkessel Wärme	**18**	GWh/a

2.8. Klärgas

Die Energieerzeugung mit Klärgas ist im Vergleich zu den weiteren Potenzialen eher gering. Die für die Erzeugung zur Verfügung stehende Menge an Klärgas, berechnet aus der Einwohnerzahl der ZuBRA-Region und der jährlich erzeugten Menge je Einwohner, ist 643,26 Nm³ mit einem Energiegehalt von 3,86 GWh. Durch die Verbrennung in einer KWK-Anlage mit einem thermischen Wirkungsgrad von 45% und einem elektrischen Wirkungsgrad von 38% können 0,63 GWh/a Wärme und 0,54 GWh/a Strom erzeugt werden.

2.9. Wasserkraft

Die Potenziale für die Nutzung der Wasserkraft sind anhand des Niederschlagspotenzials und des Abflussflächenpotenzials ermittelbar. In der Literatur wird zum Teil weiter zwischen technischem und „ausbauwürdigem“ Potenzial unterschieden[29]. Das so definierte theoretische Potenzial kann als Flächen- oder Linienpotenzial dargestellt werden. Die Niederschlags- oder Abschlusspotenziale sind dabei als obere Grenze des theoretischen Potenzials zu betrachten (mittlerer Niederschlagsmenge pro Flächeneinheit minus Verdunstung und Versickerung im Verhältnis zur Höhe der Flächeneinheit). Das Nachfragepotenzial reduziert das Erzeugungspotenzial aufgrund von Verlusten, was die Überbrückung und Entfernung zwischen Kraftwerk und Verbraucher betrifft. Für die ZuBRA-Region bleibt festzuhalten, dass die Fließmenge und das Gefälle für große Wasserkraftwerke zu gering sind und ein Neubau von Kleinwasserkraftanlagen unter den gegebenen Rahmenbedingungen und den hohen Umweltauflagen (u.a. durch die Wasserrahmenrichtlinie) aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht kaum umsetzbar

[29] Quelle: Kaltschmitt et al, Heidelberg 2003 S.373

sind. Tendenziell wird daher eher zur technischen Modernisierung vorhandener Anlagen geraten, somit besteht ein nutzbares Potenzial für Wasserkraft von jährlich 1508,99 MWh/a.

2.10. Wärmepumpen und Geothermie

Oberflächennahe und Tiefengeothermie sind voneinander zu unterscheiden. Die oberflächennahe Geothermie umfasst die Nutzung der Erdwärme bis ca. 400 m Tiefe und die Umgebungswärme. Tiefengeothermische Nutzung kommt aufgrund der geologischen Struktur, bzw. der topographischen Lage der ZuBRA-Region nicht in Betracht. In Deutschland gelten das „Norddeutsche Becken“, der „Oberrheingraben“ und das „Molassebecken“ im Münchner Raum als geeignete, tiefengeothermisch nutzbare Regionen[30]

Die Unterscheidung der Potenziale für die oberflächennahe Geothermie betrifft die Umgebungsluft und Potenziale der oberflächennahen Erdwärme. Rein theoretisch ist das Potenzial von Wärmepumpen und Erdwärmenutzung nahezu unendlich. Restriktionen stellen wirtschaftliche und politische Aspekte dar. Im vorliegenden Konzept wird davon ausgegangen, dass das Potenzial der Wärmepumpen auf einen maximalen Anteil an der Wärmeversorgung von 60% begrenzt ist. Der Fokus liegt auf der energetischen Nutzung der Biomasse, auch Freiflächensolarthermie wird stärker betont als das Potenzial der Wärmepumpen. Es wird hierbei angenommen, dass Erdwärmepumpen (Geothermie, und Wärmepumpen mit Wasser als Wärmequelle) eingesetzt werden. Eine Realisierbarkeit von Wärmepumpen, die Wasser oder Erde als Wärmequellen nutzen, muss standortbezogen geklärt werden.

2.11. Effizienz

Die Potenziale im Bereich Effizienz und Energieeinsparung sollten aus strategischer Sicht vorrangig vor dem Ausbau der erneuerbaren Energien genutzt werden, da bei größerer Einsparung weniger Ausbau notwendig wird und der Umbau der Energieversorgung auf 100 % erneuerbare Energie potenziell beschleunigt werden kann, weil von „zwei Seiten“ das Ziel angegangen wird.

Energieeffizienz und Energieeinsparung finden in dreifacher Hinsicht Berücksichtigung bei der Potenzialanalyse des Klimaschutzkonzeptes: Zum einen sind auf Erzeugungsseite die vorhandenen Anlagentechnologien zu beachten, zweitens werden anhand der Wärmeverbrauchsdaten die Potenziale energetischer Gebäudesanierung ermittelt, aufgrund der Verbrauchstruktur mit Schwerpunkt auf privaten Haushalten, und drittens werden, wiederum auf Verbrauchsseite, die Aspekte Suffizienz und Lebensstile sowie Effizienzsteigerungen durch den Austausch elektrischer Haushaltsgeräte angesprochen.

[30] BMU-Broschüre 2010 „Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland“

2.11.1. Sanierung

In der ZuBRA-Region werden mehr als 160 GWh/a an Wärmeenergie für Wohngebäude benötigt, also 45% des gesamten Wärmeenergiebedarfs von 355 GWh/a (vgl. Abbildung 1 in der Zusammenfassung) Folgende Grafiken bilden den Wärmeverbrauch, differenziert nach Gebäudetypen und Energieträgern, in den drei Kommunen ab.

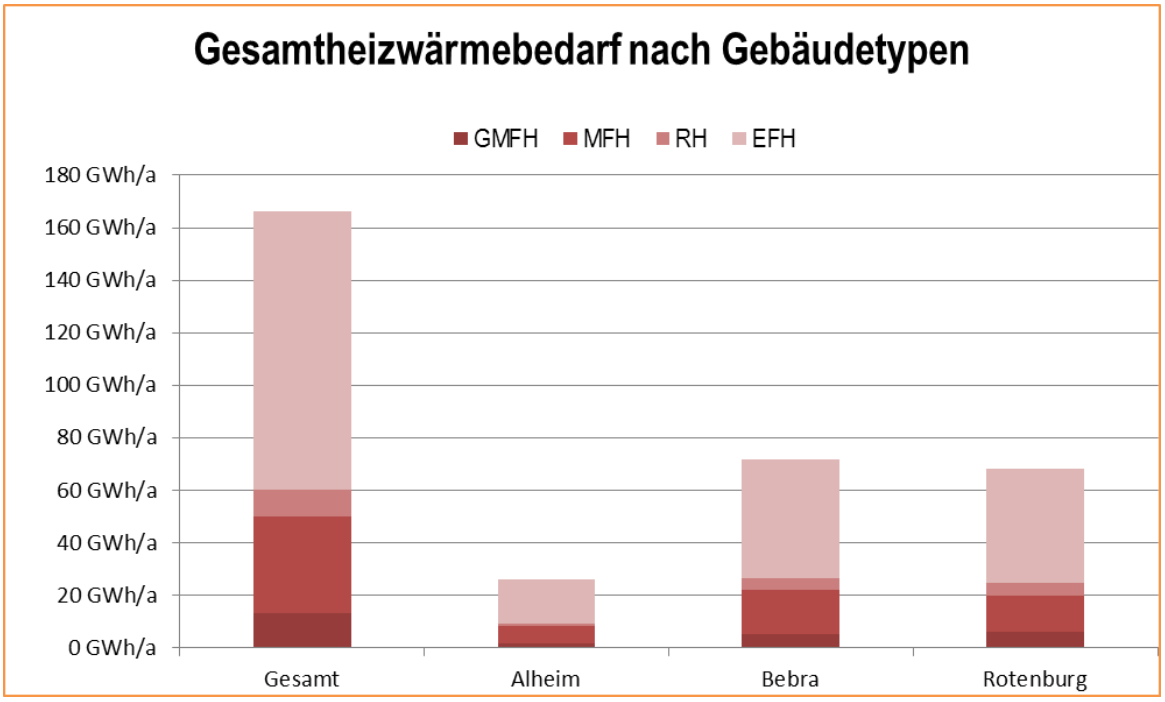


Abbildung 19: Wärmeverbrauch in ZuBRA nach Gebäudetypen

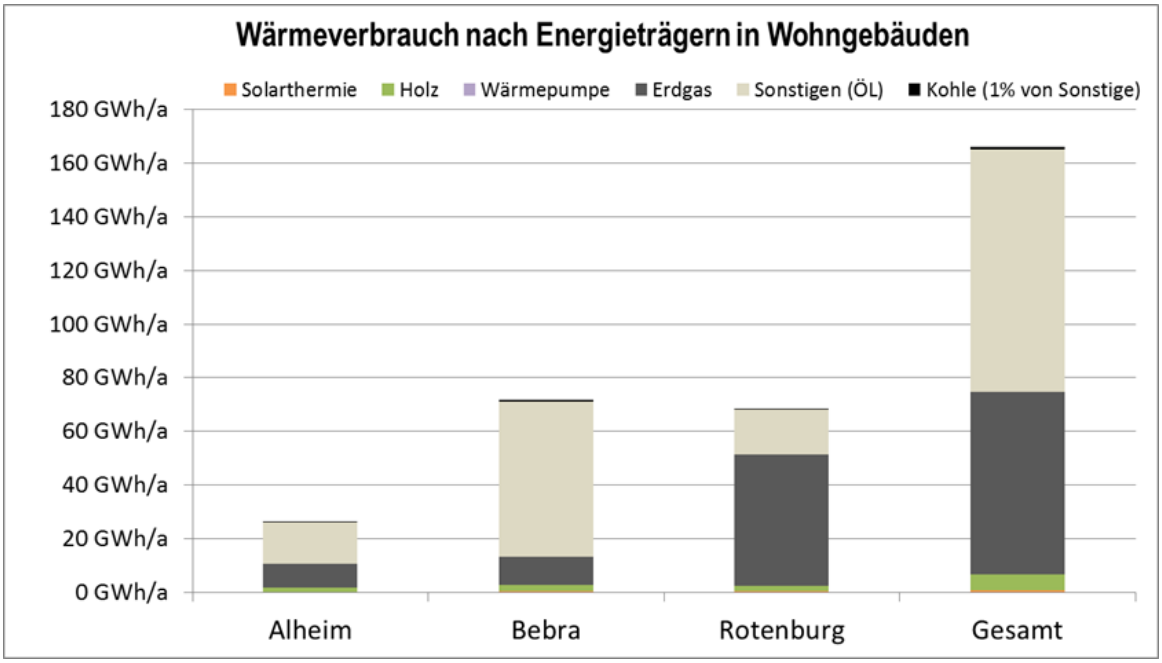


Abbildung 20: Wärmeverbrauch nach Energieträgern

Energieeffizienz und Energieeinsparung in Wohngebäuden finden in dreifacher Hinsicht Berücksichtigung bei der Potenzialanalyse: Zum einen sind auf Erzeugungsseite die vorhandenen Anlagentechnologien zu beachten, zweitens werden anhand der Wärmeverbrauchsdaten die Potenziale energetischer Gebäudesanierung (Wohngebäude) ermittelt und Energieeinsparungen durch Veränderungen im Nutzerverhalten abgeschätzt.

Die Modernisierungsrate in Hessen, die nach Schätzungen des Instituts für Wohnen und Umwelt in Darmstadt (IWU) derzeit etwa 0,75 % jährlich beträgt, will die Landesregierung auf mindestens 2,5 bis 3 % pro Jahr steigern. Rund zwei Drittel des gesamten Wärmebedarfs von Haushalten entfallen im bundesdurchschnitt auf Raumwärme und Trinkwarmwasser. [31]

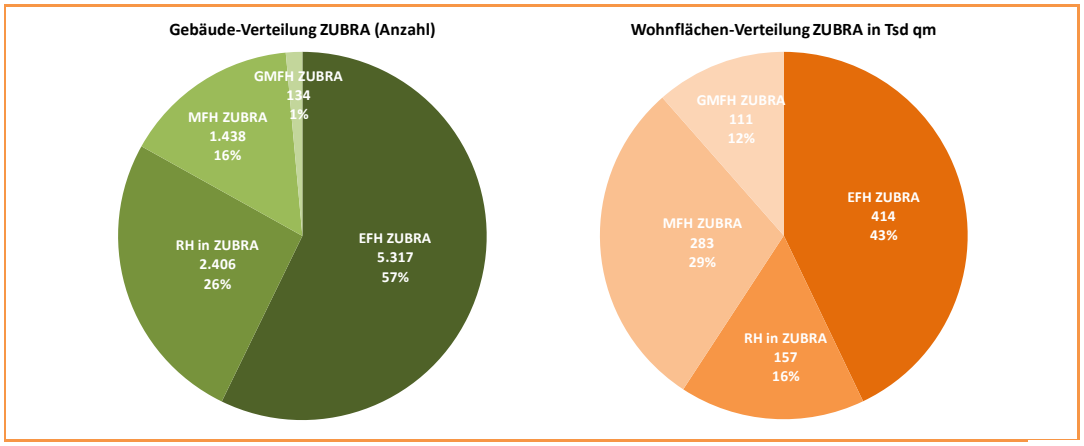
Eine Energieeinsparung ist vor allem durch guten Wärmeschutz an der Gebäudehülle, durch optimierte Lüftung und günstiges Nutzerverhalten zu erreichen: 76 % der Wärmeverluste entstehen an der Hülle und durch falsches Lüften. 24 % entfallen auf die Umwandlungsverluste der Heizanlagen[32], deren Effizienz von der technischen Qualität, Fläche der Außenbauteile, den Lüftungswärmeverlusten und dem Nutzerverhalten bestimmt wird.

In der Studie: „Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlagen für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU, Darmstadt, 2003) sind die Potenziale für die einzelnen Gebäudetypen/Baualtersklassen hochgerechnet worden. Um für die ZuBRA-Region Aussagen zum Einsparpotenzial aufgrund von Sanierungsmaßnahmen treffen zu können, wird in einem ersten Schritt der Gebäudebestand ermittelt.

Es liegen beim Statistischen Landesamt Daten zum Bestand der Wohngebäude vor. Für die Einteilung nach Baualtersklassen wird mit Hilfe einer Übertragung der bundesdeutschen Verhältnisse auf die Region vorgenommen, da die hessische Gebäudetypologie nicht die Häufigkeit der einzelnen Baualtersklassen dokumentiert. Diesem Ansatz zufolge verteilen sich die insgesamt 9.295 Wohngebäude, auf 1438 Mehrfamilienhäuser, 2.406 Reihenhäuser, 134 große Mehrfamilienhäuser und 5.317 Einfamilienhäuser.

Über die Häufigkeit der Gebäudetypen in Verbindung mit den Angaben des hessischen statistischen Landesamts ergibt sich eine Verteilung für die ZuBRA-Region, wie sie in Abbildung 21 dargestellt ist. Hinsichtlich der zu ermittelnden Einsparpotenziale wird deutlich, dass die Mehrfamilienhäuser einen Wohngebäudeanteil von ca. 17% in der Region haben (Summe MFH und GMFH). Diese 17% beinhalten rd. 41% der Wohnfläche. Die Potenziale im Bereich Effizienz und Energieeinsparung sollten aus strategischer Sicht vorrangig vor dem Ausbau der erneuerbaren Energien genutzt werden, da bei größerer Einsparung weniger Ausbau notwendig wird und der Umbau der Energieversorgung auf 100 % erneuerbare Energie beschleunigt werden kann, weil von „zwei Seiten“ das Ziel angegangen wird.

[31] Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
[32] Quelle: Die Energiesparverordnung, der Altbau und was man in HH wirklich tun sollte“, Henning, 2012



© deENet/IdE

Abbildung 21: Anteil an Gebäudeklassen in ZuBRA [33]

Das größte Potenzial energetischer Sanierung bietet die Umrüstung der Gebäude, die zwischen 1949 und 1994 errichtet worden sind, weil sich danach die Auswirkungen der Wärmeschutzverordnungen widerspiegeln und bei älteren Gebäuden der Denkmalschutz einer Veränderung der Fassade entgegensteht (z.B. bei Fachwerkhäusern und –ensemblen). Hinsichtlich der zu empfehlenden Maßnahmen kann daher auf diesen Bereich ein Schwerpunkt gesetzt werden. Es lässt sich festhalten, dass das Potenzial im Bereich der Einfamilienhäuser für einzelne Sanierungsmaßnahmen am größten ist. Betrachtet man die Verteilung der Wohnflächen wird deutlich, dass in den Bereichen Mehrfamilienhäuser und Einfamilienhäuser ähnlich hohe Potenziale zu erschließen sind. Über die spezifischen Endenergiewerte, die das IWU ermittelt hat, lässt sich eine Gesamtbilanz für Wohngebäude in der Region herstellen. Sukzessive kann durch Sanierungsmaßnahmen der Endenergieverbrauch reduziert werden. Die Einsparungen werden durch Erneuerung der Fenster, plus Wanddämmung, Dachdämmung und Kellerdeckendämmung erreicht.

Abbildung 22: Energiesparmöglichkeiten in typischen hessischen Wohngebäuden[34]

[33] Quelle: eigene Darstellung nach den Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU – Neufassung August 2011

Die Einsparungen, die in der genannten Studie des IWU aufgeführt sind, beziehen sich auf den Endenergiebedarf. Die Einsparungen der Maßnahmen müssen daher in Prozent betrachtet und in Relation auf den erhobenen Wärmeverbrauch In der Region angerechnet werden: Das Potenzial von Sanierungsmaßnahmen geht weit über 50% des Ausgangswertes hinaus. Technisch sind Reduktionen um bis zu 80% möglich – das Potenzial wird hauptsächlich durch wirtschaftliche Restriktionen begrenzt (hohe Investitionskosten, lange Amortisationszeiten).

Die Werte der IWU-Studie sind als konservativ anzusehen. Die Förderprogramme der KfW legen weit ambitioniertere Werte für die Einsparungen des Endenergieverbrauchs fest (das Fazit ist das gleiche: Es sind im Bereich Gebäudesanierung massive Reduktionen möglich). Abbildung 23 zeigt, wie der Heizwärmebedarf eines durchschnittlichen Einfamilienhauses (Ausgangswert 180kWh/m² a) durch Sanierungsmaßnahmen um ca. 2/3 auf 60kWh/m² a gesenkt werden kann. Die Anlagentechnik ist dabei noch unberücksichtigt, allein Fensteraustausch und Dämmung (Wände, obere Geschossdecke und Kellerdecke) sind angerechnet worden.

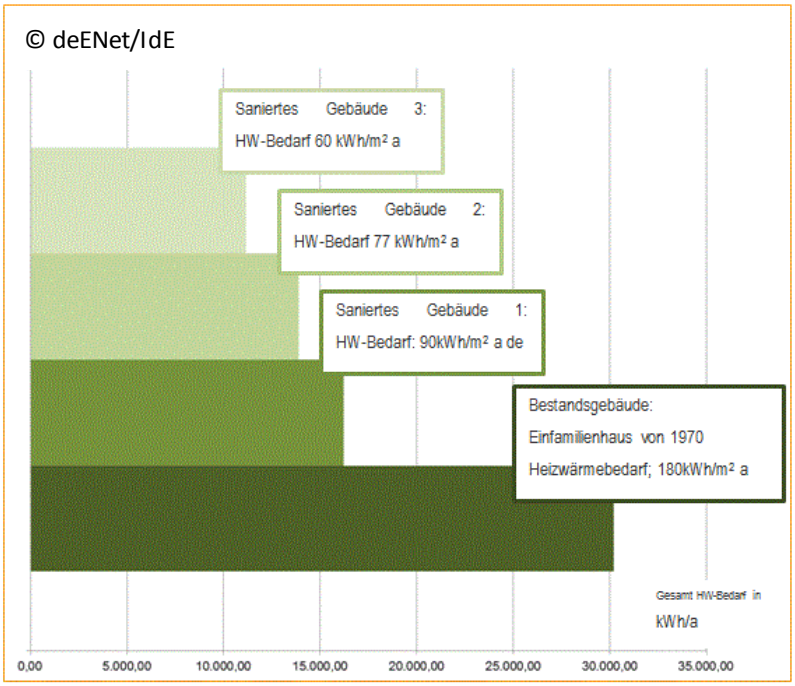


Abbildung 23: Reduzierung des Heizwärmebedarfs am Beispiel eines EFH von 1970[35]

Analog reduzieren sich die Treibhausgasemissionen, die sich aus dem Brennstoffeinsatz zur Gebäudebeheizung ergeben. Für die Potenzialerschließung im Bereich Sanierung ist neben den Maßnahmen an der Gebäudehülle die Anlagentechnik entscheidend. Mit modernen Brennwertkesseln kann der Energieverbrauch gegenüber Standardkesseln um bis zu 30% gesenkt werden.

[34] Hessische Energiesparaktion; Foliensatz IWU, 6_schritte_kurz
[35] Quelle: IdE

2.11.2. Suffizienz / Lebensstile

Das Handlungsfeld „Lebensstile“ umfasst die Bereiche Mobilität, Ernährung und Konsum sowie den Energieverbrauch für Heizung und Strom und ist von individuellem Handeln und Wertesystemen abhängig. „Lebensstile“ fanden bisher in Konzepten wenig Berücksichtigung, die Potenziale zur CO_2-Reduktion aufgrund von individuellen Verhaltensänderungen sind aber durchaus hoch.

Einsparungen im Bereich Verhaltensänderungen und Lebensstile sind besonders schwer prognostizier- und quantifizierbar. Es können pauschal über die Pro-Kopf-Verbräuche Annahmen getroffen werden, wie sich beispielsweise ein verringerter Fleischkonsum oder ein verändertes Verkehrsverhalten (Reduzierung von Flugreisen, Rad- statt Autoverkehr, etc.) auswirken würden. Die bezifferten Potenziale bleiben jedoch unscharf (Abbildung 24 dient als eine Annäherung). Ein kleiner Teil der Potenziale wird durch politische Vorgaben genutzt werden können (effiziente Haushaltsgeräte, Energiesparleuchten u. ä.). Das größere Potenzial liegt in den individuellen Handlungsgewohnheiten hinsichtlich Mobilität, Konsum, Ernährung usw.

Da die Analyse komplex ist und Referenzbezüge schwer herzustellen sind, wird im Masterplan Energie dieser Bereich in erster Linie auf der Grundlage von Studien betrachtet. Empfehlungen für Maßnahmen, die auf die Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit zu diesen Themen abzielen, fließen in den Maßnahmenkatalog ein. Abbildung 24 stellt die Varianz von unterschiedlichen Lebensstiltypen exemplarisch dar:

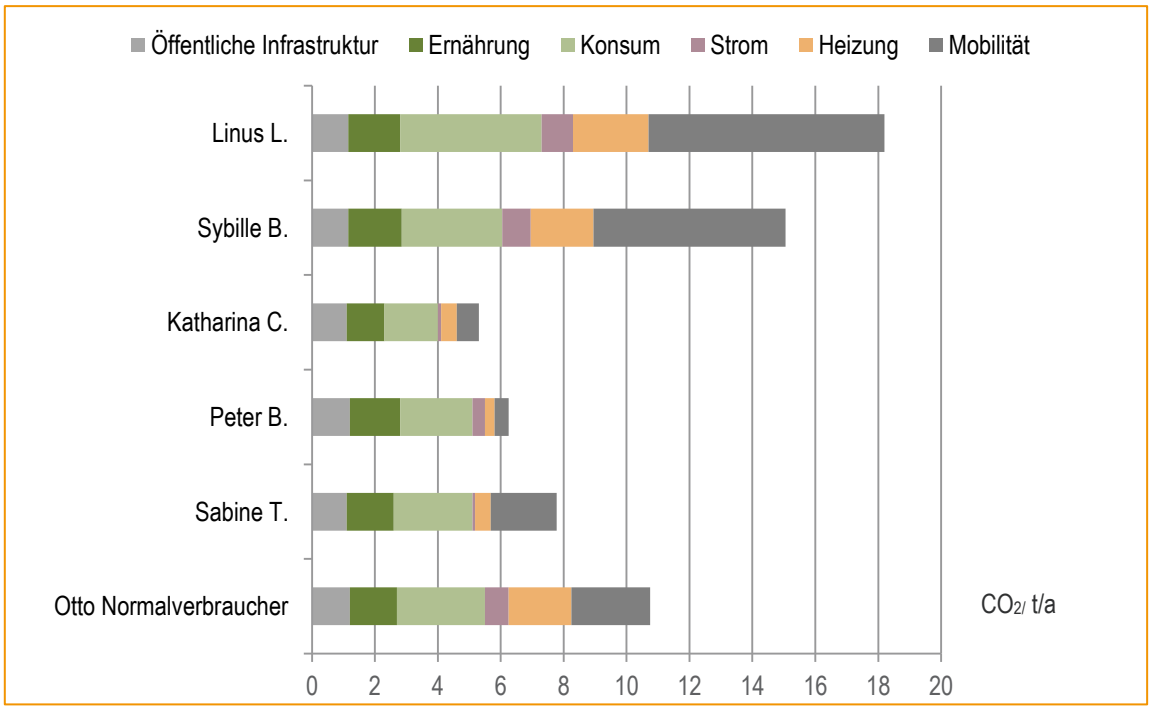


Abbildung 24: Der Einfluss von Lebensstilen auf die persönliche CO_2-Bilanz: [36]

[36] Quelle: eigene Darstellung nach: Klimaneutral Leben: Verbraucher starten durch beim Klimaschutz, UBA, 2010, S. 24

Je nach Verhaltensweise fallen die Emissionen aus den beschriebenen Bereichen unterschiedlich stark ins Gewicht. Emissionen der öffentlichen Infrastruktur sind schwerer zu beeinflussen, da sich individuelle Verhaltensänderungen weniger auswirken. Für die Emissionen der Mobilität sind in erster Linie Flugreisen entscheidend, diese fallen im Vergleich zu allen anderen Bereichen massiv ins Gewicht. So belastet eine Fernreise beispielsweise zwischen Frankfurt am Main und New York das persönliche CO_2-Konto schon mit ca. 4 t CO_2.

Auch die Emissionen für Strom und Heizung können durch unterschiedliche Verhaltensweisen wesentlich beinflusst werden. Durch Verbesserung der Energieeffizienz und durch Suffizienz (mit Genügsamkeit übersetzbar) lässt sich Energie und damit Emissionen einsparen. Prinzipiell gilt der Leitsatz: „die beste Kilowattstunde ist die, die gar nicht erst erzeugt wird".

Folgende Abbildung zeigt, wie sich der Endenergieverbrauch in deutschen Haushalten durchschnittlich prozentual verteilt. Vor allem die Geräte der sog. „weißen Ware" (Geräte zum Kühlen, Waschen, Kochen, Trockenen etc.), aber auch die Unterhaltungselektronik bestimmen die Höhe des Stromverbrauchs:

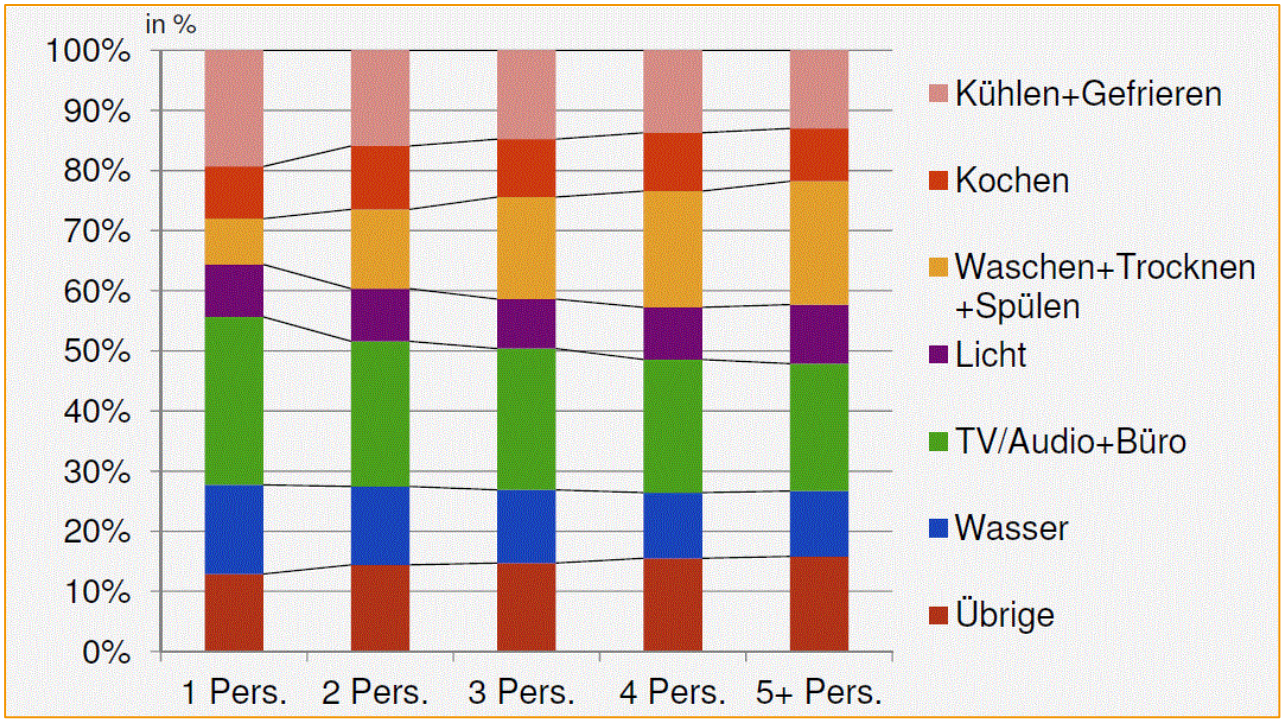


Abbildung 25: Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsart[37]

[37] Quelle: Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. 2012 nach: EEFA, Auswertung NRW Stromcheck für HEA, BDEW und Energieagentur NRW, 2012

Um Emissionen im Strombereich zu senken, sind Effizienzsteigerungen bei Geräten entscheidend. Die Gesetzgebung hat sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene in den vergangenen Jahren gezielt auf eine Steigerung der Energieeffizienz bei Elektrogeräten hingewirkt (vgl. Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung – (EnVKV) u.a.). So ist es gelungen, den Stromverbrauch beispielsweise von Kühlschränken um 55% und von Gefrierschränken sogar um 70% innerhalb von 10 Jahren zu senken. [38] Um das Einsparziel von 30% zu erreichen, sind sowohl die effiziente Herstellung der Geräte, ihr geringer Energiebedarf, eine entsprechende Kaufentscheidung und ein energiesparender Umgang von Bedeutung. Studien belegen, dass allein für Waschmaschinen der Stromverbrauch ausgehend von heute um bis zu 37% gesenkt werden kann, wenn durch den Einsatz von neuen Waschmitteln die Temperatur der Waschgänge auf 20°C gesenkt wird.[39]

Bei der Diskussion um mögliche Effizienzpotenziale im Strombereich muss angesprochen werden, dass trotz der in den letzten Jahren erzielten Fortschritte in der Geräteeffizienz der Verbrauch im Strombereich insgesamt nicht gesunken, sondern im Gegenteil zwischen 1990 und 2007 gestiegen und seitdem annähernd gleich geblieben ist[40]. Die Erklärung ist zumindest teilweise der sog. „Rebound-Effekt“, da die Effizienzsteigerungen der einzelnen Geräte durch den Einsatz von mehr elektrischen Geräten neutralisiert werden[41]. Die durchschnittliche Anzahl stromintensiver Geräte hat vor allem im Kommunikations- und Unterhaltungsbereich massiv zugenommen.

[38] Quelle: Pehnt et al, S. 184
[39] Quelle: Öko Institut, 2004
[40] Quelle: AGEB http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=139
[41] Quelle: Thomas, 2012, S. 8ff.

3. Szenarien: Methodik und Annahmen

Die Szenariotechnik ist eine Methode der strategischen Planung, die auf der Grundlage bestimmter Annahmen Entwicklungen und Zustände in der Zukunft umreißt. Durch die Beschreibung einer unteren und oberen Grenze des Erreichbaren, die technischen und praktischen Kriterien unterliegt, wird ein Rahmen der Entwicklungsmöglichkeiten gespannt.

Die untere Grenze bildet die Entwicklung ab, wenn der bisherige Trend beim Energiesparen und Ausbau der Erneuerbaren Energien fortgesetzt wird (Szenario 3). Dagegen beschreibt die obere Grenze die maximale Umsetzung an Maßnahmen, um zu zeigen, über welches Potenzial die Region verfügt (Szenario 1). In diesen Rahmen wurde das ZuBRA-Szenario gelegt, das verdeutlicht mit welchem Engagement das Ziel einer Versorgung mit Strom und Wärme aus 100 % erneuerbarer Energie erreicht werden kann (Szenario 2). Dieses Szenario dient der strategischen Ausrichtung der ZuBRA-Region.

Szenarien stellen Wenn-Dann-Beziehungen dar und sind keine Prognosen. Sie zeigen Entwicklungen, die unter bestimmten Bedingungen so eintreten können; also eher Trends. Die Beschreibung von Entwicklungsmöglichkeiten und den damit zusammenhängenden Handlungsoptionen dienen der Orientierung und Diskussion in Entscheidungsfindungsprozessen.

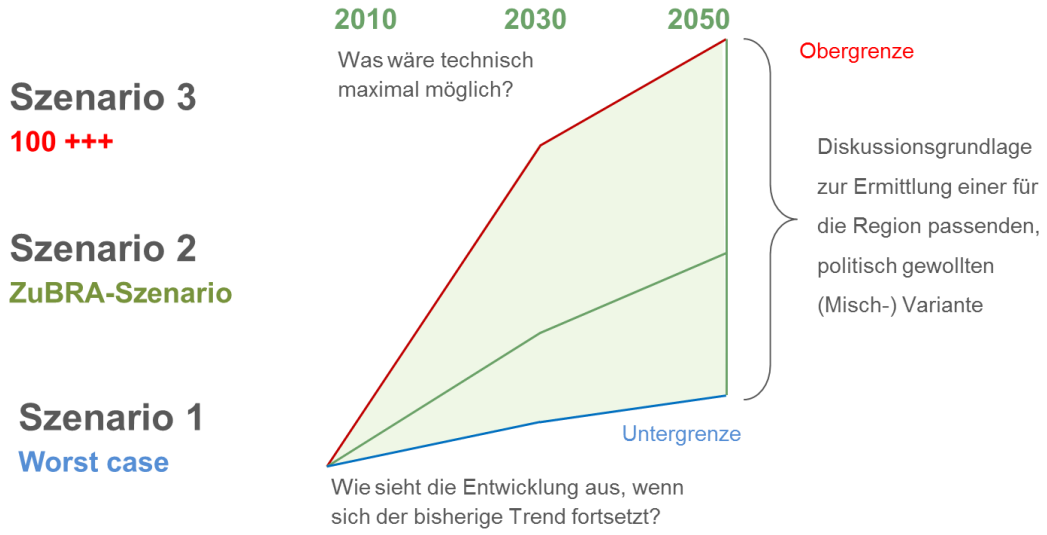


Abbildung 26: Szenariotechnik: Aufzeigen von Entwicklungsmöglichkeiten

Die verschiedenen Szenarien sind folgendermaßen konstruiert: relevant ist der Anteil der erneuerbaren Energien zur Erzeugung von Strom und Wärme, außerdem wird grundsätzlich eine erhöhte Effizienz in allen Szenarien vorausgesetzt. Angelehnt an die Ziele der Bundesregierung liegt der Wärmebedarf in 2030 30 Prozent unter dem heutigen und der Stromverbrauch fällt insgesamt 10 Prozent geringer aus. Die im Kap. 0 ermittelten Potenziale dienen als „Obergrenze“ für die in den Szenarien berücksichtigten Technologien. Im Wärmebereich wird stets eine Deckung von 100 Prozent berücksichtigt, bei der Stromerzeugung sind Überschüsse durch die Ausreizung des maximalen Potenzials möglich. Der “zusätzliche“ Strombedarf zur Wärmerzeugung ist in die Szenarien integriert, d.h. der angenommene (im Vergleich zu heute um 10% verminderte) Strombedarf wird entsprechend der eingesetzten Technologien im Wärmebereich ausgeglichen.

Annahmen für die drei Szenarien:

Folgende Annahmen für 2030 werden getroffen:

Szenario 1: 100 +++ (Maximale Nutzung des technischen Potenzials)

- Reduktion Strombedarf um 10%
- Reduktion Wärmebedarf um 30%
- Deckelung der Wärmeerzeugung bei 100% Bedarfsdeckung
- Nutzung 20% der landwirtschaftlichen Fläche für Bioenergie
- Erhöhung Anteil an Wärmepumpen (in sanierten Gebäuden)
- Solarthermie auf 8 ha der Dachflächen von Wohngebäuden und auf 4,4 ha der Gewerbegebäude installiert
- Durch Solarthermie auf Freiflächen werden 42,4 GWh/a erzeugt
- Weitere Wärmebedarf wird mit Bioenergie gedeckt
- Nutzung von 22,7 ha Dachflächen für PV-Anlagen
- Nutzung von geeigneten Freiflächen für PV
- Entwicklung der 6 Wind-Vorranggebiete (insgesamt 48 Anlagen)

Szenario 2: **ZuBRA-Szenario** (entspricht 100% Versorgung)

- Reduktion Strombedarf um 10%
- Reduktion Wärmebedarf um 30 %
- Deckung des Strombedarf aus 100% EE (Ziel), bilanziell
- Deckung des Wärmebedarfs aus 100% EE (Ziel), bilanziell
- Nutzung des gesamten Bioenergiepotenzials (wg. KWK)
- Deckung des Wärmebedarfs der Wohngebäude durch Solarthermie-Dachanlagen und Wärmepumpen
- Entwicklung von 10 Windkraftanlagen auf ein bis zwei Standorten
- Nutzung von 19,6 ha Dachflächen für PV-Anlagen
- keine PV-Freiflächenanlagen

Szenario 3: Worst case (geringe Anstrengung, Trendfortschreibung)

- Reduktion Strombedarf um 5%
- Reduktion Wärmebedarf um 10%
- Nutzung von 11 ha Dachflächen für PV-Anlagen (jährlicher Zubau 1%)
- Zubau Biogas-KWK-Anlagen um jährlich 1%
- Installierte Wärmeleistung wird um elektrische Leistung erweitert
- Ausbau Solarthermie um jährlich 2%
- Ausbau Wärmepumpen um jährlich 1%
- Rückbau der vorhandenen Windkraftanlagen, kein Neubau

3.1. Ergebnisse der Szenarien

Die Ergebnisse der drei Szenarien hinsichtlich Erzeugung und Verbrauch von Wärme und Strom werden jeweils in einer Wertetabelle und in einer Abbildung dargestellt. In den Abbildungen sind zusätzlich die entsprechenden THG-Emissionen abgebildet.

Szenario 1: 100 +++ (Maximale Nutzung des technischen Potenzials)

Die Nutzung des technischen Potenzials der Region ermöglicht eine deutliche Überproduktion von Strom, der zum Export (Verkauf), ggf. für Speicherung und Mobilität zur Verfügung stehen könnte. Die Strommenge ist dabei abhängig von der erzielten Bedarfsreduktion. Dies wird in der Abbildung auf der folgenden Seite besonders deutlich.

Tabelle 6: Energieversorgung in Szenario 1

Bereich	Technologie	Erzeugung GWh/a	% von Bedarf
WÄRMEERZEUGUNG	Solarthermie	79,8	32,1%
	Biogas	19,3	7,7%
	Bio-Festbrennstoff	91,5	36,8%
	Klärgas	0,5	0,2%
	Wärmepumpe	57,6	23,2%
	gesamt	**249**	**100%**
Verbrauch heute		355	
Verbrauch um 30% reduziert		249	
STROMERZEUGUNG	PV	174	131,2%
	Wind	180	135,67%
	Biogas KWK	16,2	12,2%
	Bio-Festbrennstoff	17,8	13,4%
	Klärgas	0,4	0,31%
	Wasser	1,5	1,14%
	gesamt	**391**	**294%**
Verbrauch heute		129	
Verbrauch reduziert		116	
Zusätzlicher Strombedarf durch Wärme		17	
Gesamtverbrauch 2030		133	

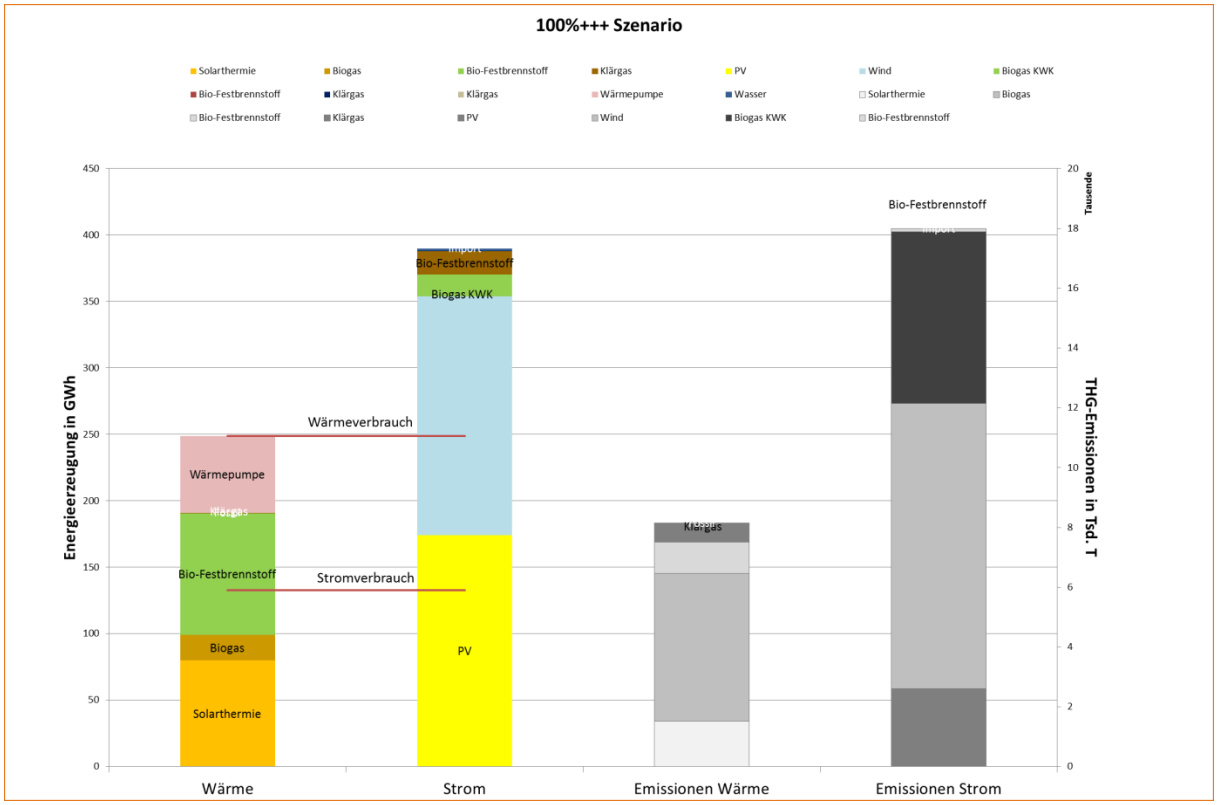


Abbildung 27: Energie und THG im Szenario 1 „100%+++“

Szenario 2: **ZuBRA-Szenario** (entspricht 100% Versorgung)

In diesem Szenario wird dargestellt, welche Reduktionswerte und Erzeugungsmengen erreicht werden müssen, um das 100%-Ziel zu erreichen. Die dafür notwendigen Ausbaumaßnahmen werden in Kapitel 4 beschrieben.

Tabelle 7: Energieversorgung in Szenario 2

Bereich	Technologie	Erzeugung GWh/a	% von Bedarf
WÄRMEERZEUGUNG	Solarthermie	79,8	32,1%
	Biogas	24,3	9,8%
	Bio-Festbrennstoff	115,4	46,4%
	Klärgas	0,6	0,3%
	Wärmepumpe	28,5	11,4%
	gesamt	**249**	**100%**
Verbrauch heute		355	
Verbrauch 2030 wird um 30% reduziert		249	

Bereich	Technologie	Erzeugung GWh/a	% von Bedarf
STROMERZEUGUNG	PV	41,9	33,7%
	Wind	37,5	30,2%
	Biogas KWK	20,4	16,4%
	Bio-Festbrennstoff	22,4	18,1%
	Klärgas	0,5	0,42%
	Wasser	1,5	1,22%
	gesamt	**124**	**100,0%**
Verbrauch heute		129	
Verbrauch reduziert		116	
Zusätzlicher Strombedarf durch Wärme		8	
Gesamtverbrauch 2030		124	

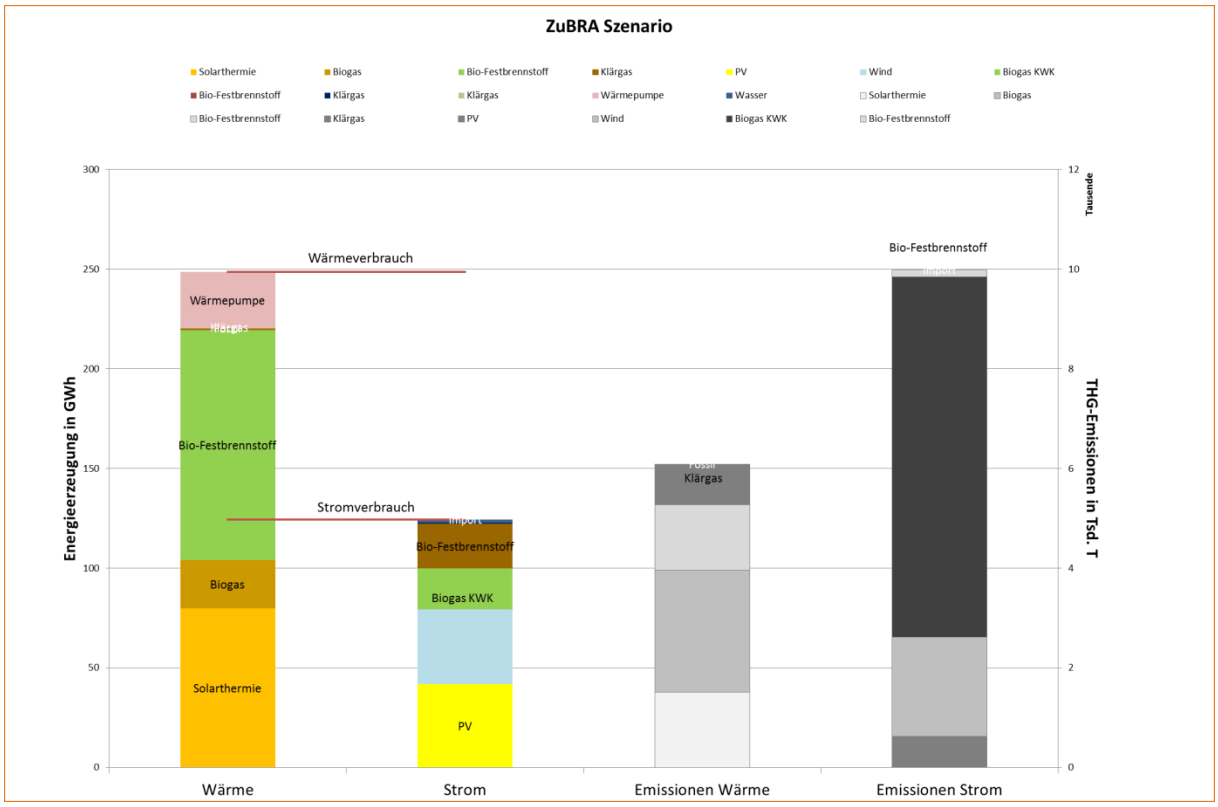


Abbildung 28: Energie und THG im Szenario 2“ ZuBRA“

Szenario 3: Worst case (geringe Anstrengung, Trendfortschreibung)

In diesem Szenario werden geringe Ausbauraten und Effizienzsteigerungen angenommen. Damit wird das 100% Ziel deutlich verfehlt.

Tabelle 8: Energieversorgung in Szenario 3

Bereich	Technologie	Erzeugung GWh/a	% von Bedarf
WÄRMEERZEUGUNG	Solarthermie	3,5	1,2%
	Biogas	6,1	2,1%
	Bio-Festbrennstoff	11,7	4,1%
	Klärgas	0	0%
	Wärmepumpe	3,8	1,3%
	gesamt	**25**	**9%**
Verbrauch heute		355	
Verbrauch10% reduziert		284	
STROMERZEUGUNG	PV	21,2	17,1%
	Wind	0	0%
	Biogas KWK	7,6	6,15%
	Bio-Festbrennstoff	2,3	1,84%
	Klärgas	0	0%
	Wasser	1,5	1,22%
	gesamt	**33**	**24,2%**
Verbrauch heute		129	
Verbrauch reduziert		123	
Zusätzlicher Strombedarf durch Wärme		1	
Gesamtverbrauch 2030		124	

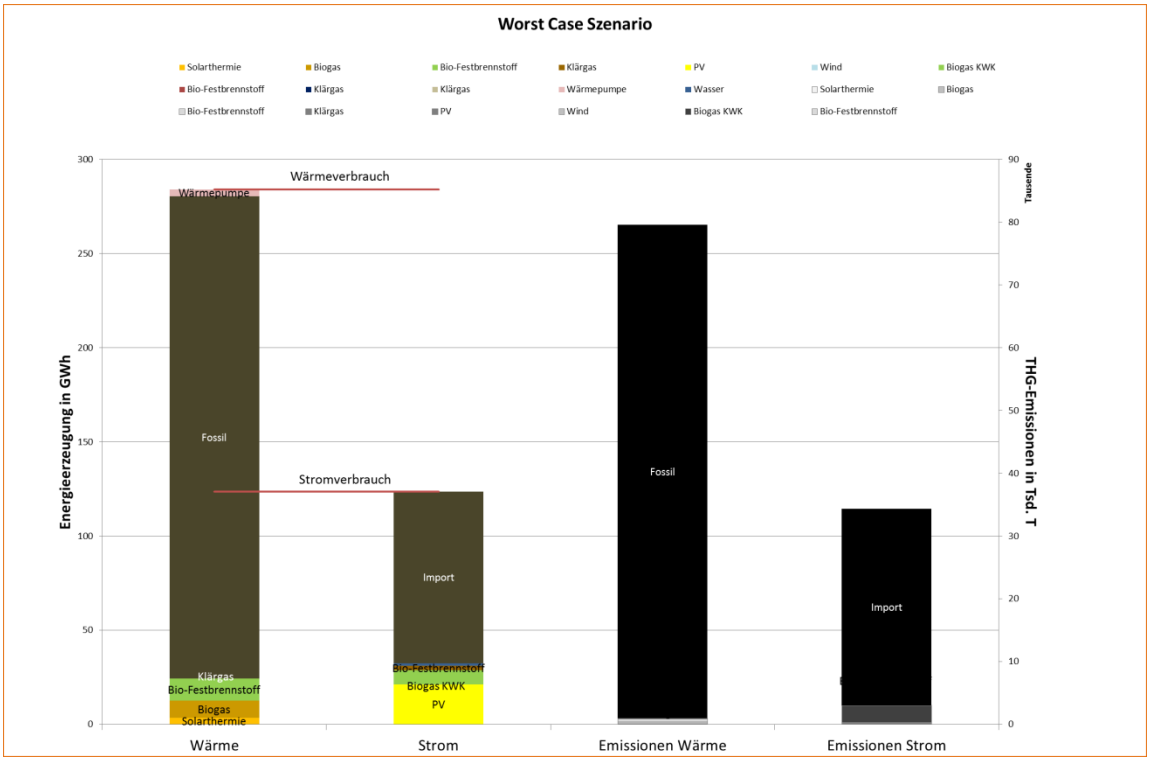


Abbildung 29: Energie und THG im Szenario 3 „Worst Case“

Wie der Vergleich der Szenarien zeigt, führt eine Fortsetzung des derzeitigen Entwicklungstrends nicht zu dem regional gesetzten Ziel einer 100%-Versorgung aus erneuerbaren Energien (EE). Dies ist vor allem auf zu geringe Ausbauraten bei Solarthermie und PV, aber besonders auf den Verzicht auf Windkraft, zurückzuführen. Das Erreichen der Vollversorgung aus 100% EE bedarf deutlicher Anstrengung hinsichtlich der Einsparung, vor allem an Wärmeenergie durch Sanierung, und des Ausbaus an erneuerbaren Energien, wie im ZuBRA-Szenario dargestellt wird. Zudem ist ausreichend Potenzial für erneuerbare Energien vorhanden, um mehr Energie zu erzeugen als die Region selber braucht und somit umliegende Kommunen mitzuversorgen.

3.2. Auswertung der erneuerbaren Energien-Stromerzeugung und Restlast

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit einer tiefer gehenden Analyse der zukünftigen Stromversorgung der Region, wenn sie im Strom- und Wärmebereich weitgehend auf erneuerbare Energien umgestellt wird. Üblich für derartige Konzepte ist eine sogenannte bilanzielle Lösung, die die jährlich produzierte und benötigte Energie miteinander vergleicht. Im Folgenden wird über ein Versorgungsmodell, das in den, für elektrische Untersuchungen üblichen, Viertelstundenwerten rechnet, Verbrauch und Erzeugung für die Region für das Jahr 2030 simuliert. Hierauf aufbauend kann eine bessere Planung für die Bereiche Wärme, Strom und Verkehr erfolgen, die zukünftig stärker zusammen wachsen werden. Hieraus lassen sich auch erste Schlussfolgerungen für die Netzbelastung und den notwendigen Netzausbau ableiten. Dieses Modell wurde schon in diversen anderen Projekten des IdE/deENet erfolgreich eingesetzt (Klimaschutzkonzepte, Masterpläne, u.a.m.). Ausgangspunkt ist der auf das Jahr 2030 hoch gerechnete Jahresgesamtverbrauch der elektrischen Last in der Region Alheim, Rotenburg und Bebra (ZuBRA), in Kombination mit normierten elektrischen EAM-Lastprofilen für Hessen. Das elektrische Lastprofil wird im ZuBRA-Szenario (Strom- und Wärmeversorgung aus 100% EE) insbesondere durch die zusätzliche elektrische Leistung von Wärmepumpen in der Region ergänzt. Abbildung 30 zeigt das elektrische Lastprofil für die 3 Kommunen Alheim, Rotenburg und Bebra über die Dauer einer Woche im Jahr 2030. Die tatsächliche Berechnung erstreckt sich zwar über ein Jahr, aber die folgende Darstellung über eine Woche ist für eine Übersicht besser geeignet (s. Abbildung 30).

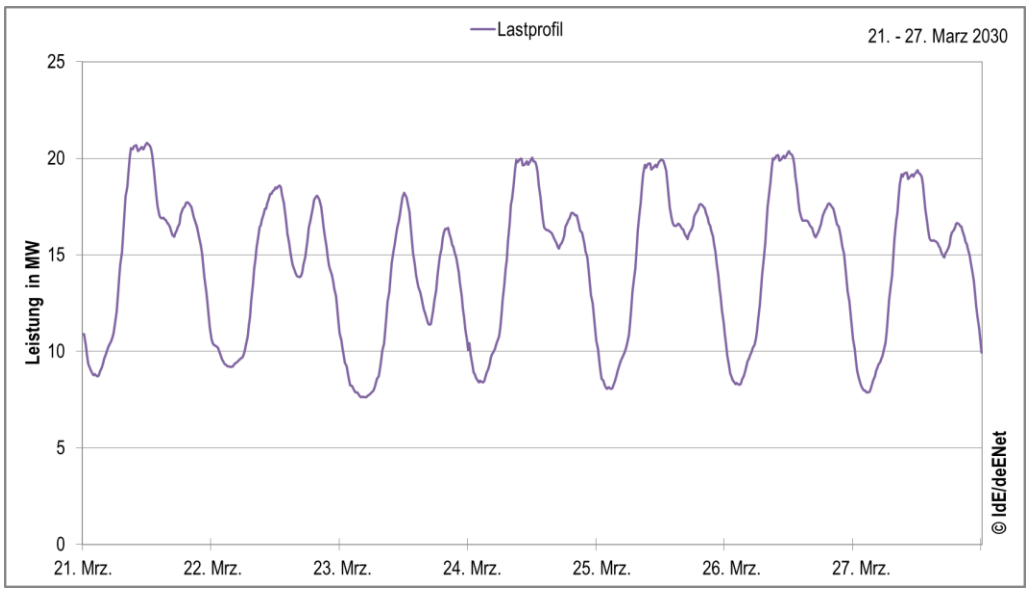


Abbildung 30: Elektrisches Lastprofil für eine Woche für die drei Kommunen Alheim, Rotenburg und Bebra, 2030

Das elektrische Lastprofil (Verbrauch) hat zwei Lastspitzen während der Mitte des Tages und am Abend wie sie typisch für Deutschland sind. Am 22. und 23. März sind Wochenenden, an denen die Lastspitzen und die gesamte elektrische Energie geringer sind als an Werktagen.

Für die Erzeugung erneuerbarer Energien im Jahr 2030 wurde angenommen, dass die von PV bei einer installierten Kapazität von 42 MW_p im Jahr erzeugte elektrische Leistung 40 GWh beträgt (Ertrag 960 kWh/kW_p). Bei einer installierten Leistung 27 MW wird durch Windkraft im Jahr 42 GWh elektrische Energie erzeugt. Hierbei wird von durchschnittlich rund 1500 Betriebsstunden ausgegangen. Für

Wasserkraft wurden eine installierte Leistung von 170 kW und eine Energieerzeugung von 1,5 GWh im Jahr zugrunde gelegt. Klärgas und Bio-Festbrennstoffe kommen auf eine installierte Leistung von 2,1 MW. Es wurde angenommen, dass die von unflexibel betriebenen Bioenergieanlagen erzeugte elektrische Energie 18,5 GWh im Jahr beträgt.

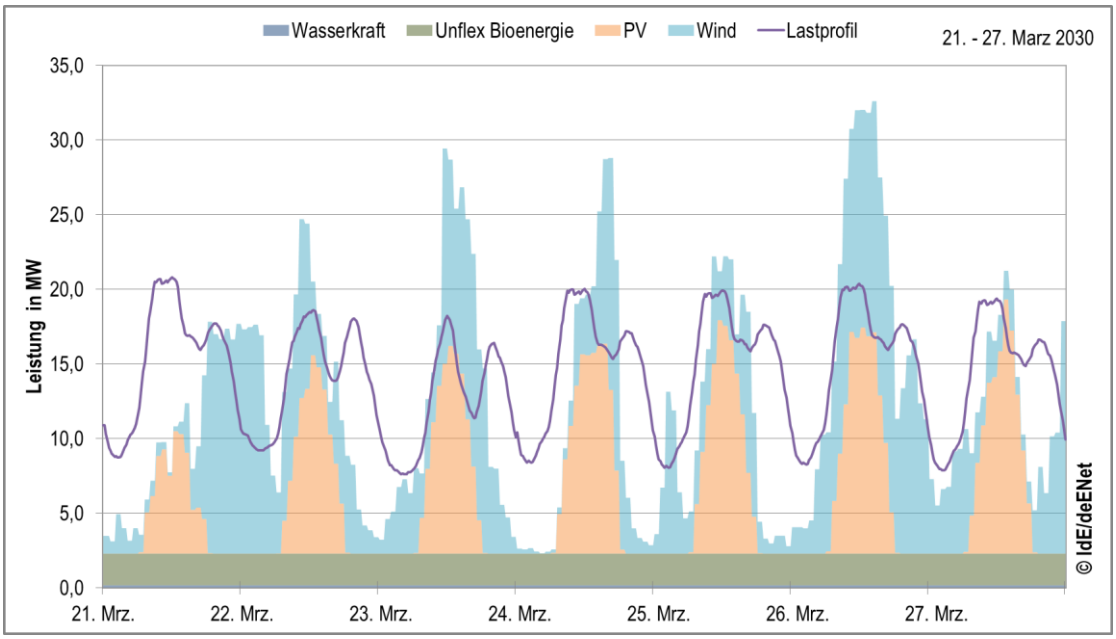


Abbildung 31: Prognose für die Stromrerzeugung fluktuierender erneuerbarer Energien, Bioenergie und Wasserkraft und Last, 2030

Abbildung 31 zeigt die Prognose für die Erzeugung fluktuierender erneuerbarer Energie (PV, Wind) unflexibler Bioenergie und Wasserkraft, sowie den Verbrauch für drei Standorte. Es ist auffällig, dass die Stromerzeugung durch erneuerbare Energien manchmal viel höher ist als der Stromverbrauch. In dieser Zeit müsste die überschüssige Energie aus der Region in andere Regionen „exportiert“ werden, zumindest solange keine günstigen Speicherlösungen oder Lastverschiebung in der breiten Anwendung möglich sind.

Abbildung 32 zeigt die Prognose für das Lastprofil und das Restlastprofil. Das Restlastprofil verdeutlicht, wie weit das Lastprofil durch fluktuierende erneuerbare Energien (PV, Wind), unflexible Bioenergie und Wasserkraft gedeckt wird. Ist das Restlastprofil größer als Null, ist die Last noch nicht gedeckt und die Region muss Energie von außerhalb importieren. Wenn das elektrische Restlastprofil kleiner als Null ist, dann hat die Region die Last nicht nur gedeckt, sondern es ist überschüssige Energie vorhanden, die aus der Region „exportiert“ werden kann.

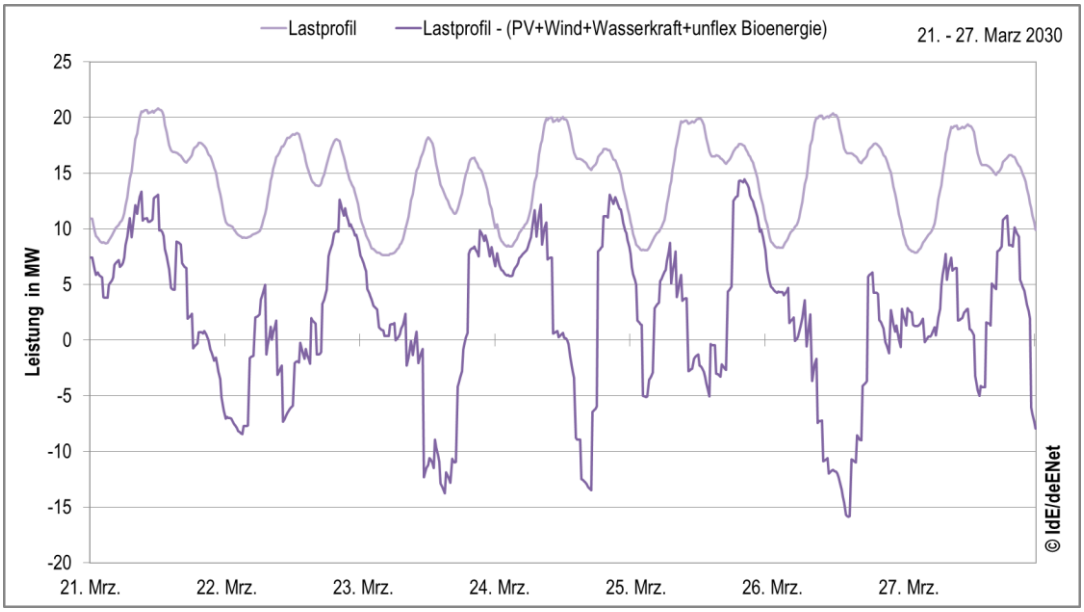


Abbildung 32: Prognose für Lastprofil und Restlastprofil für die ZUBRA-Region, 2030

In Abbildung 33 wird der Betrieb von flexibler Bioenergie hinzu genommen. Wenn durch die fluktuierenden und unflexiblen Erneuerbare-Energie-Anlagen Stromüberschüsse erzeugt werden, können die flexiblen Bioenergie-Anlagen abgeschaltet werden. Sie werden betrieben, wenn durch die anderen erneuerbaren Energien nicht genügend Strom erzeugt werden kann.

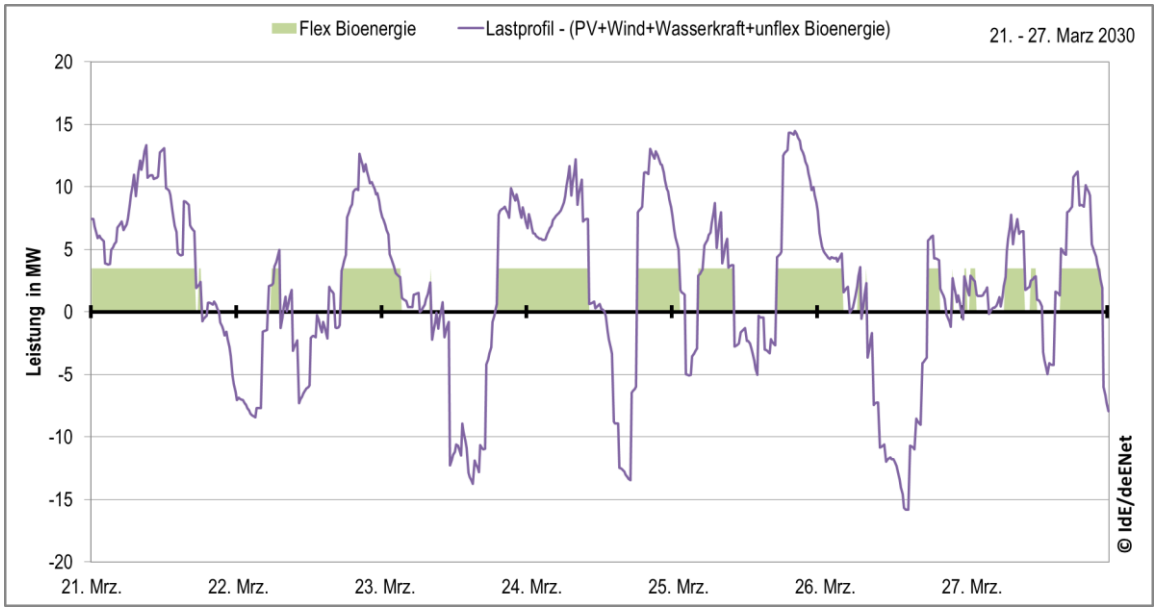


Abbildung 33: Restlastprofil und Stromerzeugung durch flexible Bioenergie, 2030

Aus der Simulation ergibt sich, dass die flexiblen Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von knapp 3,5 MW_{el} ca. 16,5 GWh elektrische Energie erzeugen. Die Betriebsstunden der flexiblen Biogasanlagen betragen nur ca. 4.700 h/a.

Abbildung 34 bildet das ursprüngliche Lastprofil (Verbrauch 2030) und das elektrische Restlastprofil für die Region nach der Erzeugung aller im Szenario definierten Erneuerbare-Energie-Anlagen ab.

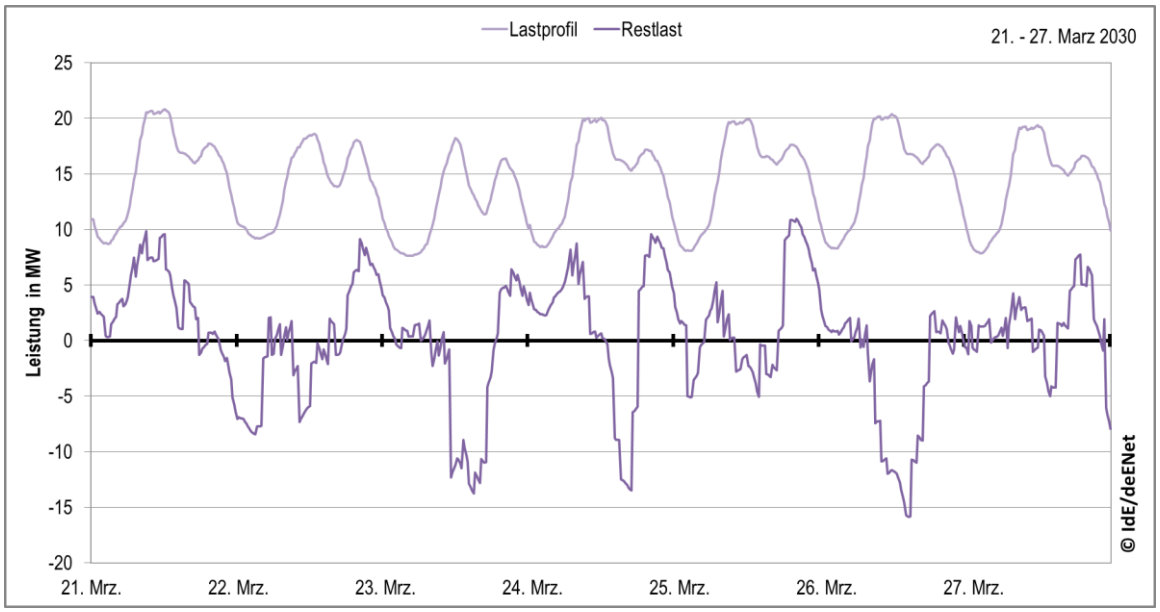


Abbildung 34: Verbrauchs- und Restlastprofil für die ZUBRA-Region, 2030

Wenn das elektrische Restlastprofil über Null ist, muss die Region Energie von außerhalb importieren, wenn das elektrische Restlastprofil kleiner als Null ist, wird überschüssige Energie nach außerhalb exportiert.

Abbildung 35 veranschaulicht den Verbrauch der Region, den Eigenverbrauch des erneuerbaren Stroms und die Exporte aufgeschlüsselt für jede Technologie und Monat im Jahr. Der Verbrauch ist im Winter höher als im Sommer. Im Winter wird mehr Energie von Windkraftanlagen erzeugt als im Sommer. Umgekehrt wird im Sommer mehr Energie durch PV produziert als im Winter. Der Export steigt zum Sommer hin an, wo der Verbrauch geringer ist und viel Energie durch Photovoltaik erzeugt wird. Im Gegensatz hierzu sind im Winter, wo der Verbrauch hoch ist, die Importe höher als der Export. Die Gesamtstromimporte betragen rund 22,7 GWh, während die Gesamtstromexporte rund 23,4 GWh betragen. Damit ist die Region bilanziell zu 100% über erneuerbare Energien im Strombereich versorgt (einschließlich Netzverlustdeckung). Trotzdem ist die Region einerseits auf Abnahme von Überschüssen und andererseits auf die Lieferung von Strom („Import“) zu bestimmten Zeitpunkten in recht hohem Maße angewiesen (jeweils ca. 23 % des Stromverbrauchs).

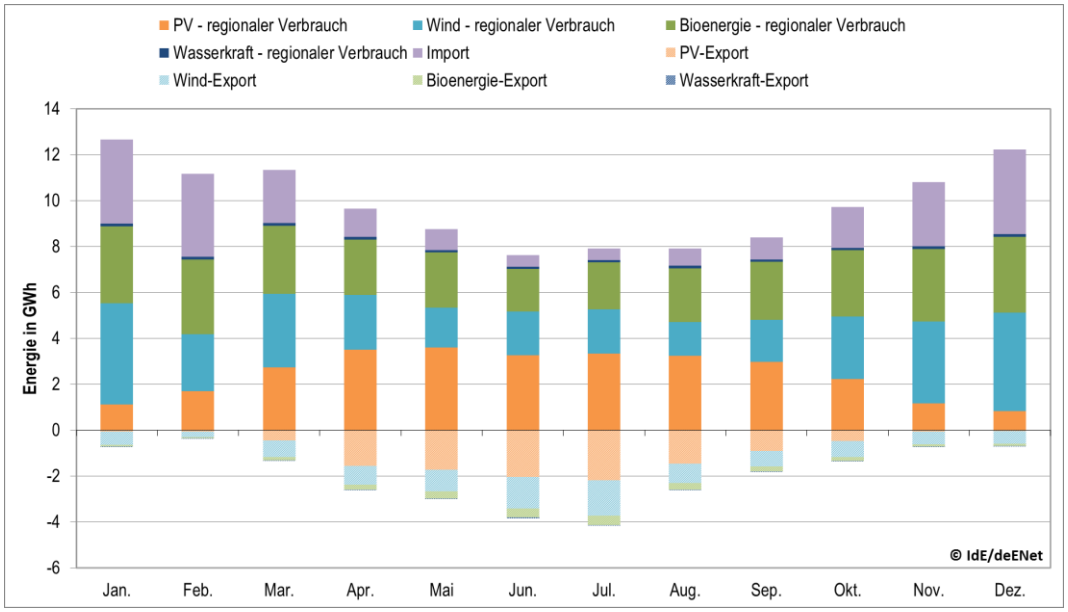


Abbildung 35: Stromverbrauch, Erzeugung, Eigenverbrauch, Import und Export für die ZUBRA-Region 2030

Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien und die Deckung des Wärmebedarfs

Abbildung 36 zeigt den Wärmeverbrauch der Region und seine Deckung mit erneuerbarer Wärme, aufgeschlüsselt für jede Technologie und jeden Monat im Jahr. Im Sommer kann der Wärmebedarf der Region gedeckt werden, im Winter muss die Region noch nach Lösungen suchen.

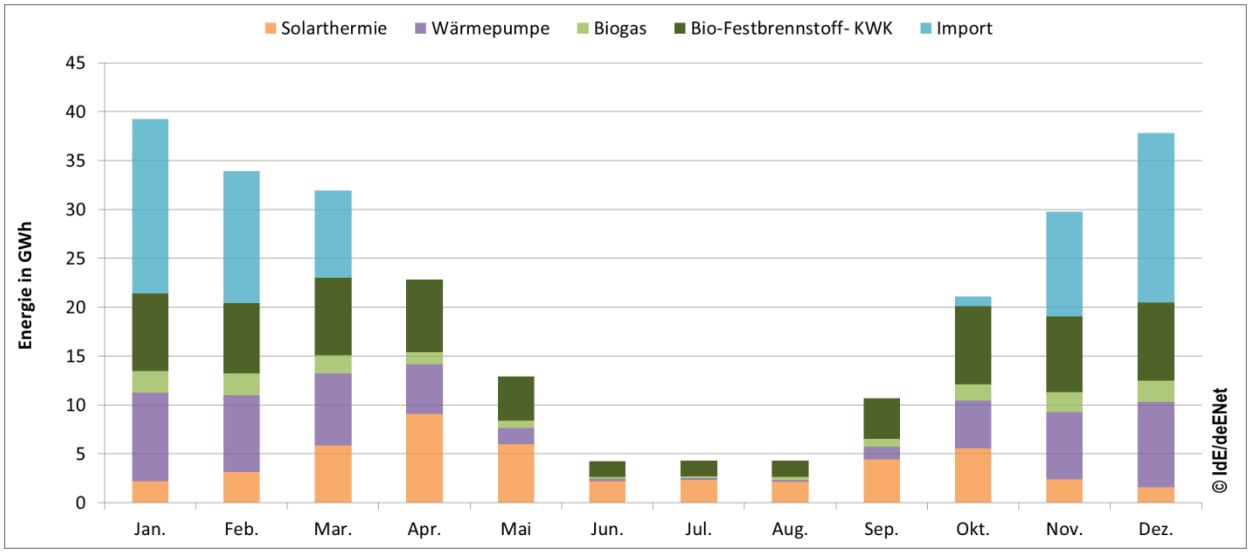


Abbildung 36: Deckung des Wärmeverbrauchs durch EE-Technologien für die ZUBRA-Region 2030

Ausblick und Optimierungsbedarf

Die Kapazitäten für Windkraftanlagen könnten erhöht werden, um den Bedarf im Winter besser erfüllen zu können. Allerdings ist bei den fluktuierenden erneuerbaren Energien (Windkraft und PV) das elektrische Netz vertieft zu untersuchen.

Abbildung 37 stellt dem schon gezeigten Wärmeverbrauch die vollständige Wärmeerzeugung für jeden Monat durch die EE-Technologien gegenüber.

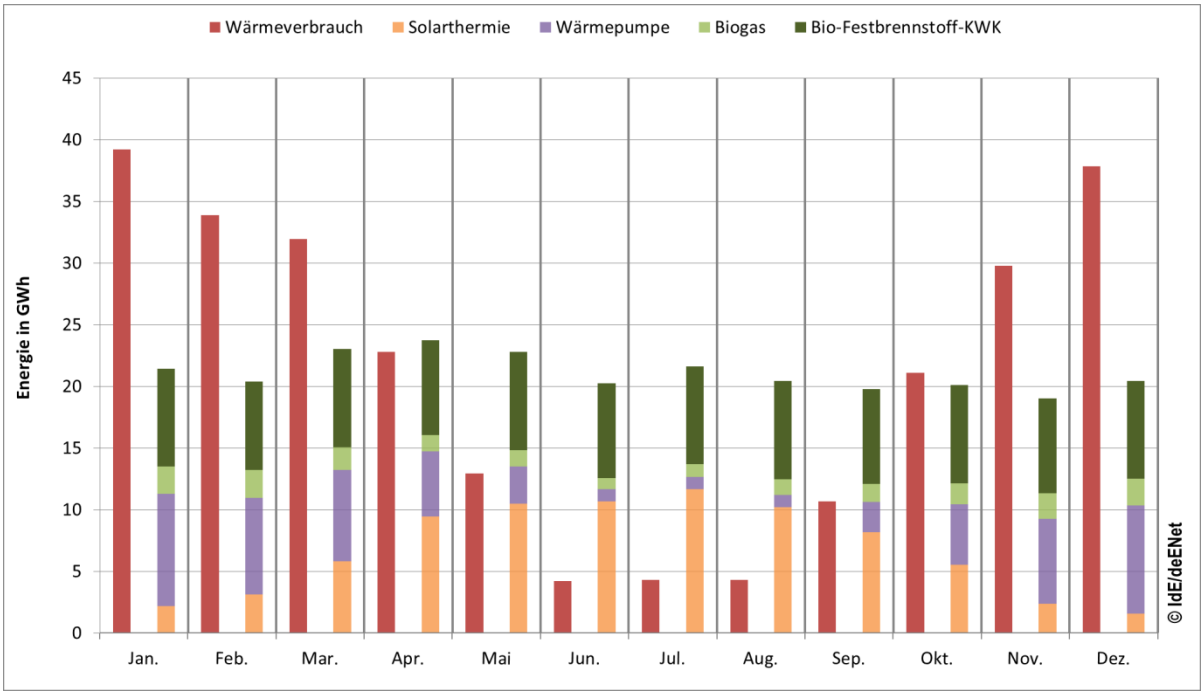


Abbildung 37: Wärmeverbrauch und -erzeugung für jeden Monat für die ZUBRA-Region 2030

Im Ergebnis sind im Sommer tatsächlich hohe Überschüsse zu verzeichnen, insbesondere aus Solarthermie und KWK. Auf der einen Seiten erzeugen die KWK-Anlagen technologiebedingt bei ihrer Stromerzeugung (Priorität für stromgeführte Fahrweise) gleichzeitig immer auch Wärme, auf der anderen Seite ist aufgrund der höheren Sonnenstunden im Sommer besonders viel Solarthermie-Wärme verfügbar. Daher kann im Sommer nicht alle erzeugte Wärme genutzt werden. Insgesamt geht ohne genauere Analysen 27% aufgrund zeitlicher Verschiebung von Bedarf und Erzeugung verloren.

Ausblick und Optimierungsbedarf

Dieses Problem der zeitlichen Übereinstimmung von Erzeugung und Bedarf könnte durch viele Maßnahmen verbessert werden. Hierzu zählt z.B. die Verwendung von Bio-Festbrennstoffen in Heizkesseln, um die Kessel verstärkt im Winter zu betreiben. Für Solarthermie wären saisonale Wärmespeicher wie in Dänemark sinnvoll (Sorensen und Jensen 2013). Des Weiteren sollte aus technischer Sicht einerseits die Flexibilität von Biogasanlagen durch Gasspeicher, große BHKW-Kapazitäten sowie flexibles Management (siehe www.BioPower2Gas.de) maximiert werden. Außerdem wären flüssige Energieträger und Biomethan hilfreich, um die Verschiebung des Betriebs von KWK-Anlagen so zu optimieren, dass der Betrieb im Sommer weitgehend ruht und auf den Winter verlagert

wird, vgl. (Sievers 2010). Die Verschiebung der Stromerzeugung ist beim Einsatz von flüssigen Bioenergien und bei Speicherung von Biomethan im Erdgasnetz durch den Brennstoffspeicher (Tank) besonders einfach möglich, da hierbei zur Flexibilisierung nur noch die Anlagen angesteuert werden müssen, wenn sie benötigt werden.

Zusammenfassung:

In der vorliegenden Studie wurde neben den üblichen Bilanzierungen ein vertiefender Blick auf das zukünftige Energieversorgungssystem geworfen. Im Vergleich zu einer konventionellen bilanziellen Lösung, bei der die produzierte Energie die benötigte Energie deckt, wird mit der dargestellten Bilanzierung in viertelstündlicher Auflösung über ein Jahr der zukünftige tatsächliche Abstimmungsbedarf zwischen Erzeugung und Verbrauch für Wärme und Strom deutlich. In einer monatlichen Betrachtung entstehen durch niedrigen Verbrauch und hohe Erzeugung Wärme- und Stromüberschüsse im Sommer, während der Winter insbesondere durch mangelnde Deckung gekennzeichnet ist. Die vorhandenen konventionellen Speicherlösungen (Wärmespeicher, Biogasspeicher) reichen nicht aus, um die notwendigen Verschiebungen umzusetzen. Ein Netzausbau ist oft langwierig, elektrische Speicherlösungen sind überwiegend noch zu teuer, wobei ein gewisser Anteil von PV-Batteriesystemen in Haushalten, GHD und kleinen Industriebetrieben mit einer Auslegung auf Eigenverbrauch ein nennenswerter Beitrag zur Lösung sein kann. Es sind also zukünftig weitere Beiträge durch Lastmanagement in der Industrie, BHKW mit importieren flüssigen erneuerbaren Brennstoffen, eine „smarte“ Beladung von Elektrofahrzeugen, Nutzung von Power-to-Heat-Systemen (Wärmepumpen, Heizstäbe), Wärmespeicher, Gasspeicher und heute noch nicht wirtschaftliche Technologien wie Power-to-Gas (Wasserstoff, Methan) als Lösungsansätze für eine vollständige erneuerbare Versorgung zu berücksichtigen. Eine System-Optimierung steht derzeit noch aus. In einem weiteren Bearbeitungsschritt sollte dies sektorenscharf, mit regionalen Daten hoher Datengüte und im Diskurs mit den Akteuren vor Ort erfolgen.

3.3. Auswertung mit Blick auf die Berechnung regionaler Wertschöpfungseffekte

Bei der Umsetzung eines ökologisch motivierten Umbaus der Energiewirtschaft auf der kommunalen Ebene spielt das **Regionalentwicklungspotenzial** in Form möglicher monetärer Regionaleffekte eine zentrale Rolle. Als wichtige Argumentationshilfe beim dezentralen Ausbau der erneuerbaren Energien kann es dazu beitragen, die ökologische Notwendigkeit durch die Darlegung der ökonomischen und soziopolitischen Vorteile für die Region zu untermauern. Durch die Aktivierung breiter gesellschaftlicher Gruppen kann es gelingen, die Umsetzung der Ausbauszenarien auch zu realisieren, da die hierfür notwendigen Einzelinvestitionsentscheidungen in hohem Maße von privaten Haushalten und Betrieben getragen werden müssen. Diese stellen die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit bei ihren Investitionsentscheidungen in den Mittelpunkt. Mit der Ermittlung regionaler Wertschöpfungseffekte können hierbei über die Ausweisung von monetären Effekten hinaus Hinweise und Ansatzpunkte für einen fortlaufenden Regionalentwicklungsprozess geliefert werden.

Bei der Betrachtung und Darstellung der (wirtschaftlichen) Chancen durch den Strukturwandel steht die zentrale Frage im Mittelpunkt, welche ökonomischen Potenziale der Strukturwandel im Energieversorgungsystem birgt und wie diese im Sinne einer regionalen Wertschöpfung möglichst umfassend genutzt werden können. Als übergeordnete Ziele lassen sich hierbei die optimale Ausgestaltung regionaler Märkte, Geschäftsmodelle, Wertschöpfungsketten und Stoffströme benennen, die in der Region im positiven Sinne als „Hilfe zur Selbsthilfe" verstanden werden können. Unter dem Leitbild der „energiereichen Region" vereinen sich, neben der Stärkung der Wirtschaftskraft, die Prämissen einer klimaschonenden Energieversorgung, einer Regionalisierung und damit Sicherung (Herkunft) und Stabilisierung (Preis) der Versorgung, sowie einer Steigerung der Akzeptanz von dezentralen EE–Anlagen durch Motivation und Beteiligung der Bevölkerung.

Der **Begriff der Wertschöpfung** leitet sich originär aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung als „[…] [der] in einer Unternehmung oder einem Gebiet während eines bestimmten Zeitabschnitts geschaffene Wertzuwachs an Produktionsmitteln, Waren und Dienstleistungen […]" ab (BMVBS 2013). Übertragen auf das Gebiet der dezentralen Energieversorgung kann er interpretiert werden als „Teilmenge […] der gesamten globalen Wertschöpfung, die durch in […] [der Region] errichtete und produzierte EE-Anlagen und die dazu gehörigen Produktionsanlagen induziert wird" (Hirschl et al, 2010). Abgebildet werden soll also der Anteil des Wertzuwachses, der entlang der Wertschöpfungsketten des Anlagenlebenszyklus und der Energiebereitstellung aus regionalen Potenzialen (Arbeit, Wissen, Technik, Kapital, Fläche) heraus erbracht werden kann. Damit bildet der regionale Unternehmensbestand entlang der einzelnen Wertschöpfungsketten den „Nährboden" für den regionalen Anteil. Wertschöpfung addiert sich demnach aus der Summe der Renditen und Umsätze aller Projekte zur Energieerzeugung und Energieeinsparung.

Dabei orientiert sich die regionale Wertschöpfungsberechnung einerseits am heutigen Anlagenbestand und andererseits an den ausgewiesenen Potenzialen bzw. am unterstellten, zukünftigen Pfad der Potenzialausnutzung und dem sich daraus abgeleiteten Anlagenzubau. Ziel ist die Abbildung möglicher monetärer Effekte in Euro sowie neuer und gesicherter Beschäftigung in Vollzeitarbeitsplätzen, so dass aus der Analyse hervorgeht, welche Akteure unter welchen Bedingungen und in welchem Umfang von der Umstellung des Energiesystems profitieren.

Das inhaltliche Ziel ist es, die Motivation aus ökonomischen Vorteilen durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz gegenüber dem Status-Quo darzustellen. Diesem Vorgehen liegt eine bestimmte Entscheidungslogik zugrunde (vgl. Abbildung 38): Ausgehend von einer Problemanalyse des heutigen Zustands der regionalen Energieversorgung werden die Kosten einer Umstellung des Energiesystems abgebildet. Dies entspricht den zu veranschlagenden Kosten, die der Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung laut Szenarienpfad bedeuten würde. Diese Kosten werden im Rahmen einer Erfolgsrechnung (Wirtschaftlichkeit) auf betriebswirtschaftlicher Ebene im Sinne einer Rentabilität der zugebauten Anlagen und zu erwartender Strom- und Wärmegestehungskosten bewertet. In den nächsten Schritten werden jeweils die jährlichen Kosten der Einzeltechnologien und die Betriebsergebnisse der Anlagenparks aggregiert. Folgend wird je einzelnem Arbeitsschritt bzw. je einzelner Kostenkomponente über einen definierten regionalen Anteil diejenige Summe berechnet, die

als erforderliche Leistung aus der Region heraus erbracht werden kann. Es wird außerdem zugewiesen, wem die Vergütung dieser Leistung zugutekommt und damit zur regionalen Wertschöpfung beiträgt.

Die Montage einer Windkraftanlage z.B. ist aufgrund der Größe und der Komplexität der Anlage mit hohen Kosten verbunden. In der Regel wird die Montage heute von der Herstellerfirma der Anlage übernommen. In der betrachteten Region ist aber im Regelfall keine Unternehmung beheimatet, die solche Anlagen herstellt bzw. keine Spezialfirma zur Analgenmontage, weshalb der Regionalanteil hier im Regelfall bei 0% liegt. Bei der Installation einer Aufdach-Photovoltaikanlage wird dagegen von einem Regionalanteil von nahezu 100% ausgegangen, da sich in jeder Region Handwerksunternehmen finden, die diese Leistung anbieten.

Im letzten Schritt erfolgt das „Übersetzen" der aggregierten und regionalisierten Anteile. Die errechnete regionale Wertschöpfung wird ausgewiesen und grafisch abgebildet nach Einkommensarten (Betriebsergebnis der Betreiber, Pachterträge, Lohnsumme, Unternehmerlohn, Kapitalkosten, Steuern) sowie nach Branchen (Heizungsbau, Solarteure, Bauwirtschaft, Planung/Beratung, Banken/Versicherungen, Land- und Forstwirtschaft usw.). Zudem werden mögliche Arbeitsplatzeffekte in Form von Vollarbeitsplätzen abgebildet, die noch weiter unterteilt in neue und gesicherte Arbeitsplätze grafisch abgetragen werden.

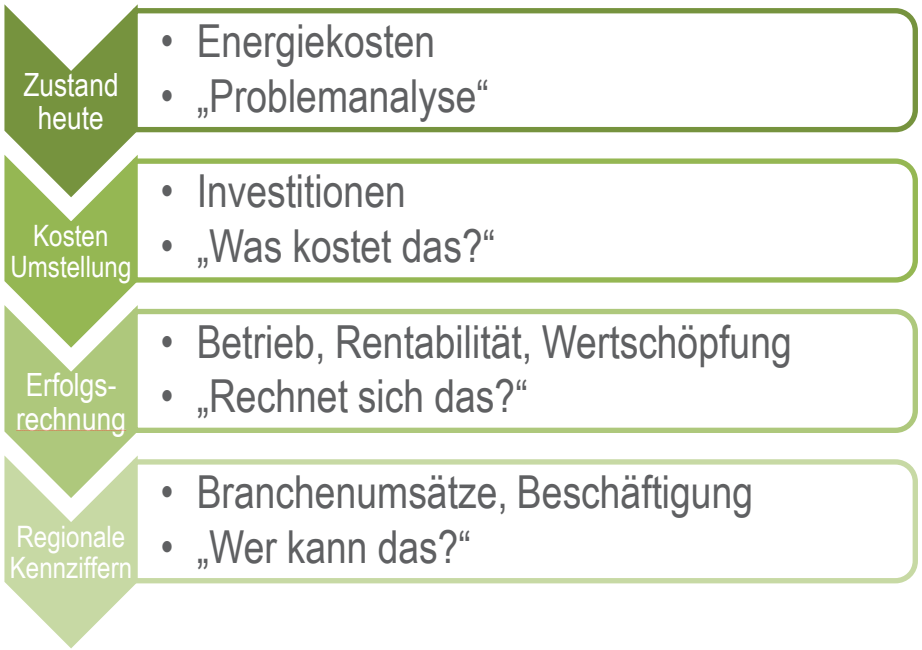


Abbildung 38; Entscheidungslogik regionaler Wertschöpfungsberechnung42

So liefert die Ergebnisdarstellung einen grundlegenden Einblick in ökonomische Prozesse, die sich aus dem Ausbau der EE speisen. Es handelt sich um eine Modellrechnung, die auf Annahmen beruht und dementsprechend Unsicherheiten bezüglich der Rahmenbedingungen, Kostenentwicklungen, menschlichen Verhaltens und Entscheidungen beinhaltet. Dabei hat die **Modellrechnung** nicht den Anspruch, die Realität im Sinne einer Prognose abzubilden. Vielmehr soll durch die „Übersetzung" auf

[42] Quelle: IdE, 2013

die monetäre Ebene verdeutlicht werden, welche Investitions- und laufenden Kosten der Umbau des Energieversorgungssystems auslösen und welche regionalökonomischen Effekte sowie Arbeitsplatzeffekte erzielt werden können, wenn die Annahmen des Zielszenarios umgesetzt werden. So veranschaulicht das modellierte Zielszenario (ZuBRA-Szenario) die Größenordnung des Wertschöpfungspotenzials, das damit in die Lebenswirklichkeit von Politik und Bürgern übersetzt wird zukünftige Handlungsnotwendigkeiten zur Zielerreichung unterstreicht.

Die folgenden Abbildungen tragen die zu erwartenden Gesamtinvestitionen bis zum Zieljahr 2030 ab. Konkret stellt die Abbildung 39 die Investitionskosten pro Jahr, unterteilt nach Technologien dar. In Abbildung 40 werden die benötigten, kumulierten Kosten bis zum Jahr 2030 für die einzelnen EE-Technologien aufgezeigt. Die waagerechte Linie markiert den bisher erreichten Investitionsstand.

Besonders auffällig ist der hohe Anteil von großen PV-Anlagen sowie Windkraftanlagen an der Gesamtinvestitionssumme. Dieser überproportionale Anteil resultiert aus den im Szenario gesteckten Zielen zur 100% Energieversorgung aus erneuerbaren Energien. Um die Grundlastversorgung zu ermöglichen, bedarf es gerade im Umstellungsprozess hohen Kapitaleinsatz. Dies muss jedoch nicht per se negativ sein. Gerade im Bereich der Photovoltaik sind regionale Wertschöpfungsketten vorhanden, so dass das eingesetzte Kapital vor Ort bleibt.

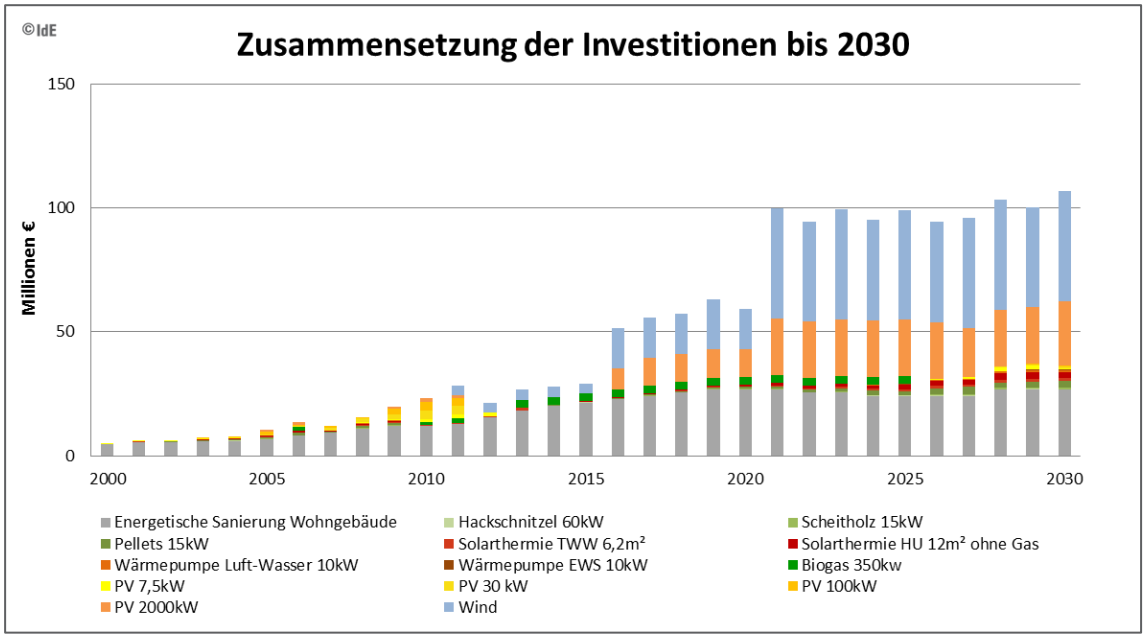


Abbildung 39: Zusammensetzung der Investitionen regionaler Wertschöpfung

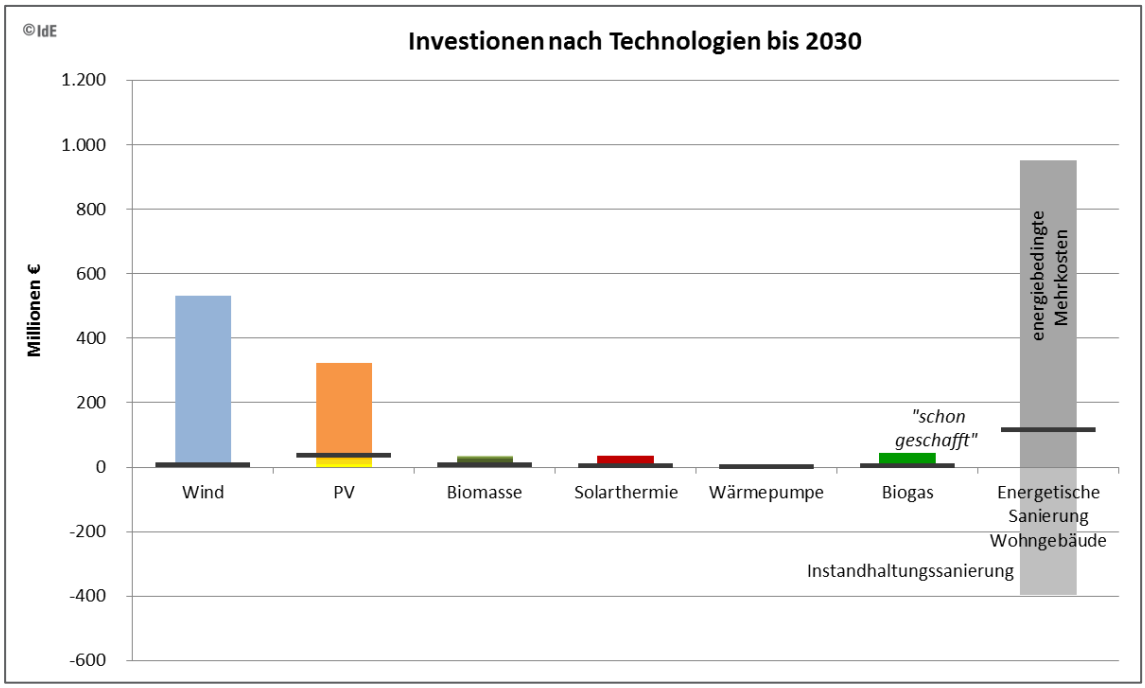


Abbildung 40: Investitionen regionaler Wertschöpfung nach Technologien

Für einen weiteren Betrachtungsansatz werden in Abbildung 41 die Investitionskosten nicht nur den Technologien zugeordnet, sondern auch dem Wertschöpfungsabschnitt. Es wird ersichtlich, dass der dominante Anteil des Kapitaleinsatzes im Bereich der Herstellung liegt. Das Verhältnis der Kosten in Bezug auf die Technologien bleibt weiterhin bestehen.

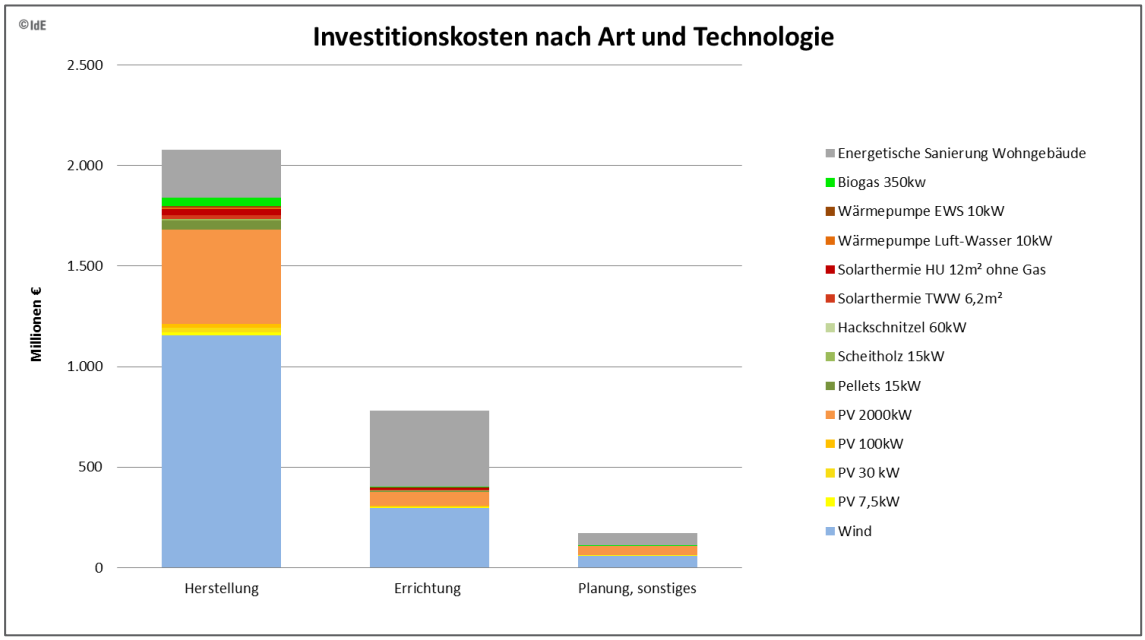


Abbildung 41: Investitionskosten nach Art der Technologie

In Abbildung 42 werden die Kosten in einmalige (Herstellung, Errichtung und Planung) und laufende Kosten (Betriebskosten, Bedarfskosten und Kapitalkosten) unterteilt. Besonders auffällig ist, dass sich gerade die regelmäßig anfallenden, laufenden Kosten positiv auf den regionalen Umsatz auswirken (dunkle Farbtöne).

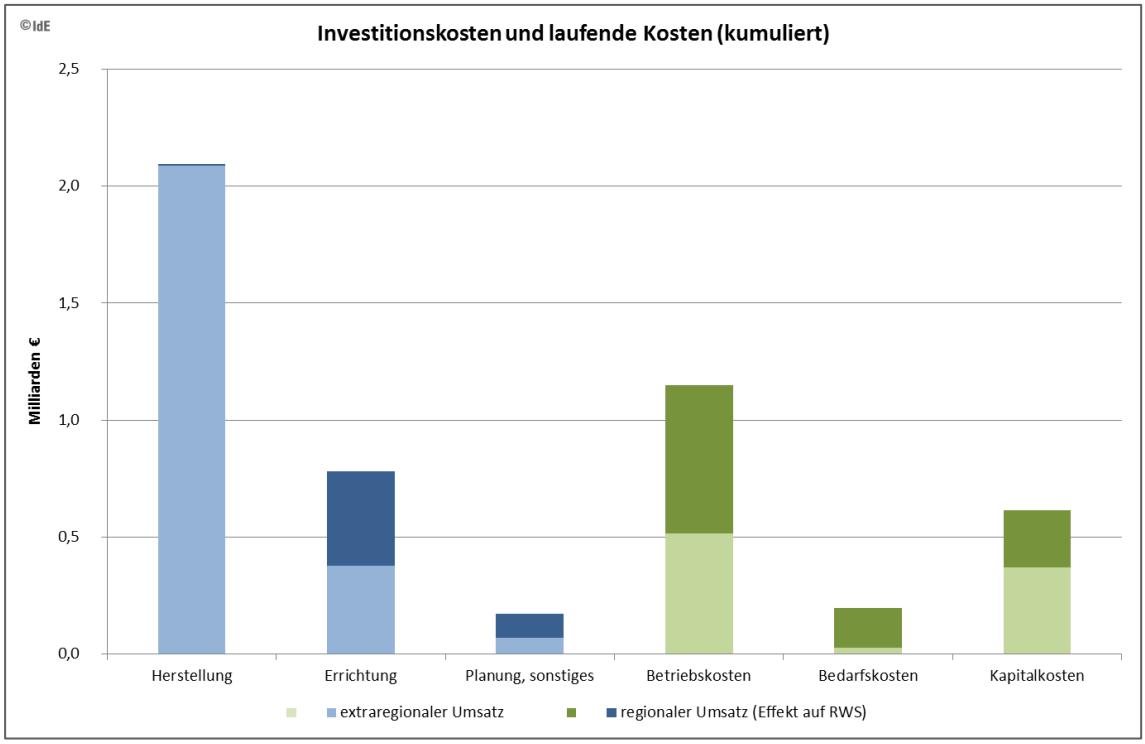


Abbildung 42: Investitionskosten und laufende Kosten

In Abbildung 43 werden die laufenden Kosten dem Jahr ihrer Fälligkeit zugeordnet.

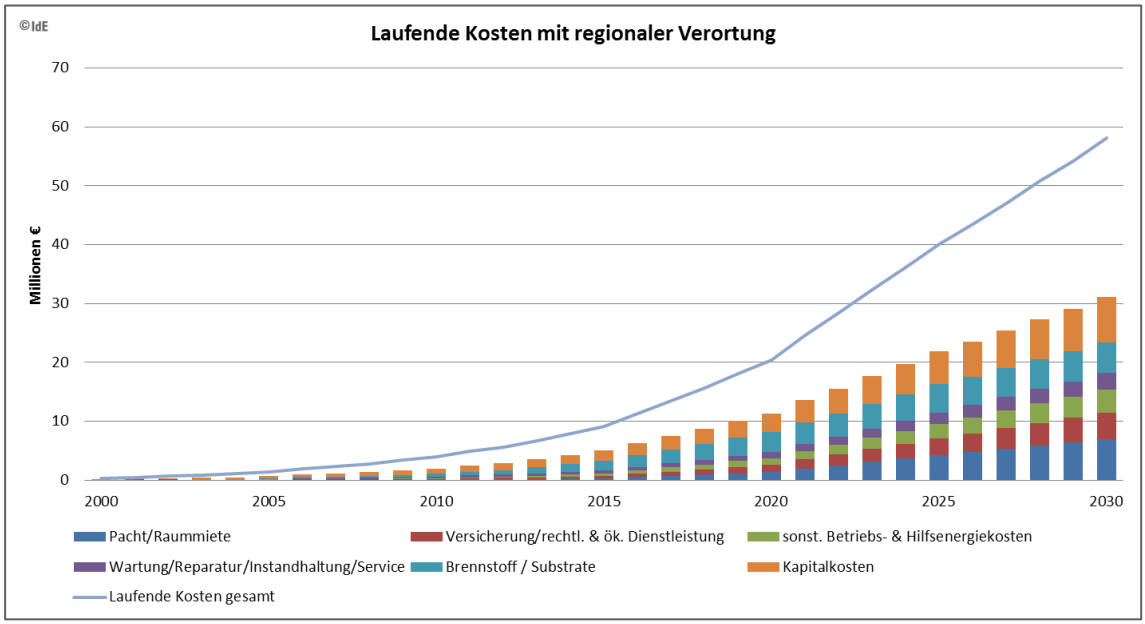


Abbildung 43: Laufende Kosten nach Arten

Bei den hier aufgeführten anfallenden Investitionen und laufenden Kosten ist es wichtig, stets zu beachten, dass ein deutlicher Teil des Geldflusses innerhalb der Region stattfindet (vgl. Abbildung 42). Dieser regionale Geldfluss – also die regionale Wertschöpfung – wird in Abbildung 44 dargestellt. Mit zunehmendem Erfüllungsgrad des ZuBRA-Szenarios mit dem Ziel, die Region mit 100% erneuerbaren Energien zu versorgen, kann die regional verbleibende Wertschöpfung auf bis zu 95 Mio. Euro pro Jahr in 2030 ansteigen.

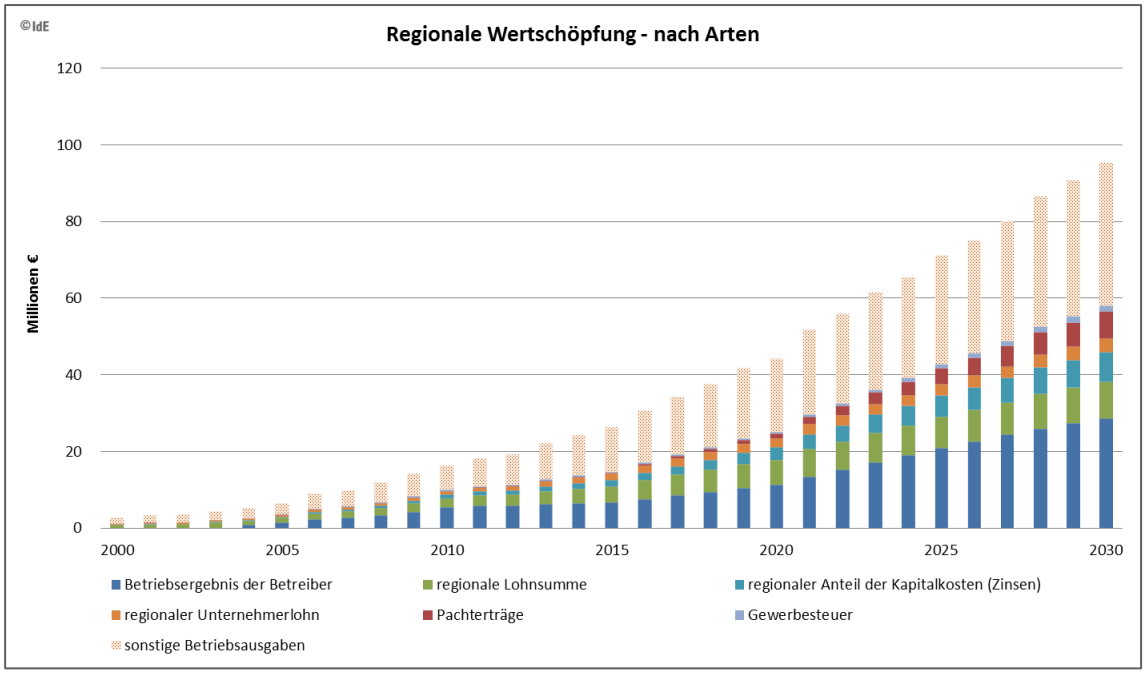


Abbildung 44: Regionale Wertschöpfung nach Arten

Diese, gerade in den vor Ort ansässigen Unternehmen, verbleibenden Geldströme können eine gute Basis für die Zukunftschancen der Region bilden. Nicht zuletzt, da sich die Wachstumsimpulse innerhalb der Region positiv auf das Arbeitsklima auswirken. Abbildung 45 visualisiert diese Arbeitsplatzeffekte. Es wird hierbei zwischen gesicherten[43] und neuen[44] Arbeitsplätzen unterschieden.

[43] Arbeitsplätze innerhalb einer Branche, in welcher eine veraltete Technik durch das Szenario auf eine neue umgestellt wird. Beispielsweise werden Öl-Heizkessel durch Wärmepumpen ersetzt. Die betreuende Firma bleibt jedoch dieselbe.
[44] Arbeitsplätze in einer Branche, welche in dieser Form noch nicht auf dem Markt vorhanden war und durch den Einsatz neuer Technologien nötig wird.

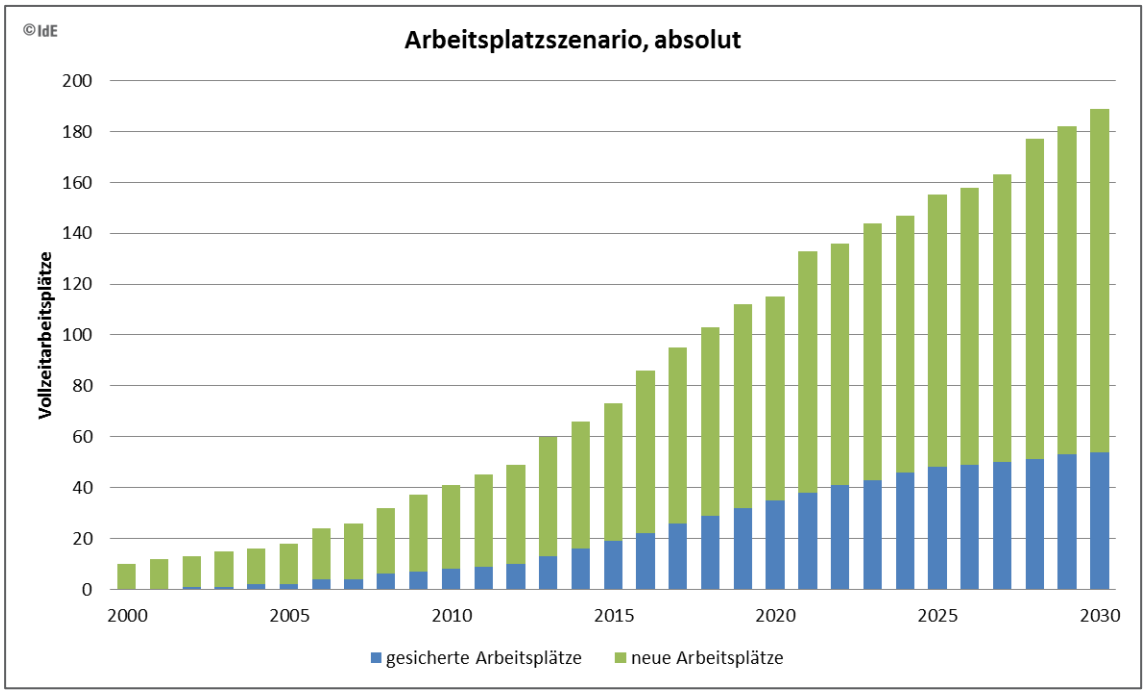


Abbildung 45: Arbeitsplatzeffekte

Die Betrachtung der regionalen Wertschöpfungseffekte zeigt, dass der Umbau des Energieversorgungssystems vielfältige Effekte in der Region auslösen wird. Diese so zu lenken, dass nicht nur die veranschlagten Kosten, sondern auch die generierte Wertschöpfung regional verortet werden, muss Ziel einer langfristigen Strategie, über die Phase der Konzepterstellung hinaus, sein. Dabei sollten vier Strategien im Mittelpunkt der politischen wie wirtschaftlichen Betrachtung stehen:

- Die Förderung von erneuerbaren Energieanlagen, deren Effekte aus Errichtung und Betrieb zu einer systematischen Aufwertung der regionalen Ebene beitragen können
- Die Optimierung bestehender Wertschöpfungsketten durch innovative Methoden und Modelle etwa bei der Auftragsvergabe, bei der Finanzierung oder bei der Wahl der Rechtsform sowie
- die Verlängerung und Differenzierung von Wertschöpfungsketten durch die Regionalisierung bislang ausgegliederter Wertschöpfungsstufen, etwa in den Bereichen der Vermarktung oder Veredelung, der Forschung & Entwicklung, der touristischen Inwertsetzung oder der Aus- und Weiterbildung
- Der intensive Einbezug weicher Faktoren wie Steigerung der Energieunabhängigkeit, Lebensstilfrage, Kulturlandschaftsveränderung, Imagebildung, Rolle und Bedeutung des ländlichen Raums

Der Umbau des Energieversorgungssystems ist eine Generationenaufgabe, die von Vorreitern angestoßen wurde, die jedoch ihr Entwicklungsziel erst erreicht über hohe Nachahmungseffekte und die Schaffung einer Gruppendynamik, die den Systemwechsel als Aufwertung der regionalen Ebene und jedes einzelnen Akteurs erfasst, indem es die Möglichkeiten zur regionalen Teilhabe im Energiesystem

betont. Die regionale Energiepolitik braucht eine strategische Ausrichtung in diesem Sinne, wenn das Wertschöpfungspotenzial möglichst wirksam für die Region genutzt werden soll.

4. Maßnahmenkatalog/ Handlungsmöglichkeiten zur CO_2-Reduktion

Aus den beschriebenen Szenarien können Handlungs- und Maßnahmenempfehlungen abgeleitet werden. Neben den technischen Handlungsempfehlungen, die mit verschiedenen Maßnahmen differenziert werden, enthält der Maßnahmenkatalog eine Reihe weiterer Handlungsfelder mit Maßnahmenvorschlägen. Dafür wurde auf Maßnahmen aus Masterplänen und Klimaschutzkonzepten anderer Regionen zurückgegriffen und auf die ZuBRA übertragen. Dieser Maßnahmenkatalog wurde am 03. Juni 2014 in Bebra den Stadtverordneten bzw. Gemeinderatsmitgliedern aus den drei ZuBRA-Kommunen vorgestellt und diskutiert. Anregungen wurden an diesem Abend und anschließend per Mail entgegengenommen, geprüft und ggf. eingearbeitet.

Weitere Handlungsfelder über den Ausbau erneuerbare Energien und Energieeffizienz hinaus sind:

Handlungsfeld	Inhaltliche Beschreibung
Energiesystem	Für die dezentrale Energiewende sind nicht nur die Bereich Ausbau der EE und Energiesparen zu betrachten, sondern das gesamte System mit Netz, Speichern, Lastmanagement, Import, Export usw.
Regionale Kooperation, Information, Kommunikation, Koordination	Die Maßnahmen werden überwiegend nur dann umsetzbar sein, wenn die Akteure in der Region vertrauensvoll und erfolgreich zusammenarbeiten, Projekte koordinieren und nach außen kommunizieren. Daher stellt dieses Handlungsfeld die Basis dar, die mit jeder Maßnahme des Katalogs in Beziehung steht. Akteure sind hier vor allem die Kommunalpolitik und Verwaltungen.
Lebensstile	Eine Veränderung von Lebensstilen und Konsumverhalten ist ein Bereich mit hohem Potenzial, da jeder Mensch Beiträge leisten kann, die in Summe hohe Wirkung erreichen. Verhaltensänderungen brauchen Bewusstseinsbildung und Information. Dieser Bereich hat damit große Überschneidungen mit anderen Handlungsfeldern, in denen die Menschen im Fokus stehen, z.B. Information, Öffentlichkeitsarbeit und Bildung.
Mobilität	Dieses Handlungsfeld ist sehr wichtig, hat im Bewusstsein große Bedeutung, ist aber wegen der Unsicherheiten bezüglich der technischen Entwicklungen und deren Marktfähigkeit noch eine „große Unbekannte“. Zudem wurde Mobilität im vorliegenden Konzept nicht betrachtet und keine Verkehrsdaten erhoben. Daher werden keine strategischen Handlungsempfehlungen gegeben. Trotzdem wurde eine Maßnahme in den Katalog aufgenommen, deren Bedeutung für den Ausbau der E-Mobilität unstrittig ist.
Land- und Forstwirtschaft	Die CO_2-Emissionen in der Landwirtschaft sind nicht zu vernachlässigen (sind aber nicht Untersuchungsgegenstand dieser Studie). Wald ist eine bedeutende CO_2-Senke. Durch die Umstellung von Land- und Forstwirtschaft auf eine klimaschutzorientierte Bewirtschaftung kann gerade in ländlichen Räumen in relevantem Maße CO_2 eingespart bzw. gebunden werden.
Bildung, Beratung, Öffentlichkeitsarbeit	Dieses Handlungsfeld hat große Überschneidungen mit Information und Kommunikation und z.T. auch mit Tourismus. Hier sind die angesprochenen Akteure vor allem Bildungsträger, Bildungsein-richtungen, Presse- und Marketingabteilungen.

Diese Kategorisierung sowie die Zuordnung der Maßnahmen zum jeweiligen Handlungsfeld können auf vielfältige Weise geschehen, da die Grenzen fließend sind und große Überschneidungsbereiche bestehen, nicht zuletzt weil der größte Teil der Maßnahmen mit interkommunaler Zusammenarbeit und mit Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung zu tun hat. Teilweise wurden auch zwei Handlungsfelder angegeben, um die verschiedenen Möglichkeiten der Zuordnung aufzuzeigen. Daher sind die Handlungsfelder und die ihnen zugeordneten Maßnahmen als unterstützende Ordnungsstruktur zu verstehen, die in der Praxis flexibel handhabbar und veränderbar ist. Entscheidend ist letztendlich, welche Akteure sich einer Maßnahme annehmen und sich um die Umsetzung kümmern.

Der Maßnahmenkatalog erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, dient als Leitfaden für Koordinatoren und Umsetzer und als offene Liste für weitere Ideen und Initiativen.

Maßnahmenkatalog Masterplan Energie für die ZuBRA-Region, Stand 15.11.2014				
Nr.	**Maßnahmentitel**	**Handlungsfeld**	**Kurze Beschreibung der Maßnahme**	**Akteure (offene Liste)**
1	Windenergie: Entwicklung von Windparks	**Ausbau EE**	Prüfung der Vorranggebiete, erforderliche Gutachten erstellen, Genehmigungsverfahren einleiten, Beteiligungsmöglichkeiten nutzen usw.,	Kommunen, Windentwickler, Landeigentümer
2	Photovoltaik: Nutzung aller geeigneter Dachflächen	**Ausbau EE**	geeignete Dächer für PV / Solar nutzen, Kampagne bzw. Gespräche mit Dachbesitzern, evtl. Kooperation mit Energiegenossenschaft	Hauseigentümer, Energiegenossenschaft, Denkmalschutz
3	Biomasse	**Ausbau EE**	Nutzung des vorhandenen Potenzials für die Biomasseerzeugung (Anbau von Energiepflanzen, Nutzung von Schnittgut, Altholz etc.)	Landwirte, Garten- und Landschaftsbetriebe und –ämter, Biogasanlagenbetreiber
4	Entwicklung des Kasernengeländes in Rotenburg zum Energiepark	**Ausbau EE**	Gespräche mit Akteuren, Konzeption, Investoren, Beteiligungen, Entwickler, Unternehmen aus der Region usw. (Beispiel Saerbeck im Münsterland), Machbarkeitsstudie in Erarbeitung	Stadt Rotenburg, ZuBRA, Eigentümer, Unternehmen
5	Sanierungskampagne	**Effizienz, Öffentlichkeits-arbeit**	Sanierungsrate-Ziel benennen, Öffentlichkeit durch Kampagne auf das Thema Energiesparen und Haussanierung aufmerksam machen (z.B. auf humorvolle Plakate), Informationsabende, Ausstellungen oder –messen (Hessische Energiesparaktion biet dazu Material und Unterstützung an) , Anreize schaffen z. B. durch kommunales Förderprogramm (Beispiel Niestetal)	Kommunen, Hesa, Unternehmen
6	Thermografiespaziergang anbieten (z.B. straßenweise)	**Effizienz, Öffentlichkeits-arbeit**	Bewusstsein zu thermischen Schwachstellen am Haus erhöhen, Analyse der Problematik des eigenen Hauses inkl. fachkundiger Beratung, Erhöhung der Motivation für Sanierung bzw. Energieeinsparung, Einstieg in weitere Information rund um Gebäudesanierung und Möglichkeiten für das eigene Haus	Thermografie-Anbieter, Energieberater
7	Effizienzoffensive Holzöfen / Heizen mit Holz	**Effizienz, Öffentlichkeits-arbeit**	Kampagne zum klimaneutralen Brennstoff Holz, Information und Beratung zu den Möglichkeiten vor Ort und für das eigene Haus/die eigene Wohnung, Kooperation mit naturkraftregion	Unternehmen, naturkraftregion, Hero e.V.
8	Zielgruppengerechte Informationen und Angebote für Sanierungswillige	**Effizienz, Öffentlichkeits-arbeit**	auf regionaler Ebene: Bereitstellen von neutraler Information zum Thema Sanierung, Bereitstellen einer zentralen Anlaufstelle für Beratung und Vermittlung, Kooperation von Handwerkern initiieren - gebündelte Sanierungsleistungen machen es dem Kunden leicht (siehe Beispiel Teamworker), (Förderprogramme, Handwerkerlisten, Handwerkerkooperation, zentrale Anlaufstelle, usw.)	Kommunen, Energieagentur, Verbraucherzentrale, Handwerkskammer, -verbände, -stammtische,

Nr.	Maßnahmentitel	Handlungsfeld	Kurze Beschreibung der Maßnahme	Akteure
9	Regionale Netze: Diskussion zum Thema Netze mit regionalen Akteuren	**Energiesystem**	Einholen von Expertise zum Thema Netze: Rückkauf und Betrieb (technisch, ökonomisch, organisatorisch, rechtlich), z.B. Workshop mit entsprechenden Fachreferenten, Austausch mit anderen Regionen/Kommunen, die die Netze zurück gekauft haben (Wolfhagen, Niestetal, usw.), Prüfung der neuen Situation mit der rekommunalisierten EAM, Kooperation mit Stadtwerken	Kommunen, Stadtwerke, EAM, Rechtsberater, Gutachter für das regionale Netz
10	Speicher: Fachworkshop zu Speichermöglichkeiten	**Energiesystem**	In dem Bereich der Speicherung von EE-Strom und Wärme besteht eine hohe Dynamik, Informationen einholen, welche Speichertechnologien zukunftsfähig sind, bereits erfolgreich auf dem Markt sind, welche vielversprechend in naher Zukunft eingesetzt werden können, welchen Beitrag können intelligente Technik und Verhaltensanreize zum Lastmanagement beitragen? Einbeziehung regionaler Akteure wie Kirchner Solar, SMA u.a. mit eigenen Entwicklungen	Unternehmen, Forschungsinstitute, Eichhof
11	Zusammenführen der Informationen und Akteure zur Entwicklung des Energiesystems der Zukunft für die ZuBRA-Region (auf der Grundlage des Masterplans Energie)	**Energiesystem**	Im Masterplan Energie werden die grundlegenden technischen Daten zusammengestellt und in Szenarien Entwicklungsmöglichkeiten für die Region aufgezeigt. Auf dieser Basis kann mit den relevanten regionalen Akteuren das Energiesystem der Zukunft konkretisiert werden. Diese Maßnahme führt eine Reihe anderer, in diesem Katalog genannter Maßnahmen zusammen (Netze, Speicher, Lastmanagement, Regionale Energiemarke, PV-Geschäftsmodelle, Modellregion, regionale Kooperation etc.)	Stadtwerke, EAM, Unternehmen, Energiegenossenschaft
12	Stärkung der interkommunalen Zusammenarbeit für den Energiebereich, gemeinsame Datenverwaltung und –bearbeitung, gemeinsamer Datenpool	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Energiethemen werden mit den relevanten Akteuren aus Verwaltung, Wirtschaft und Bürgerschaft für ZuBRA weiterentwickelt, z.B. in einem gemeinsamen Gremium (ZuBRA Energiestammtisch), Leitfaden für die gemeinsame Arbeit kann die Maßnahmenliste sein. Energiedaten des Masterplans und darüber hinaus werden zentral für die ZuBRA-Kommunen gesammelt, verwaltet und ausgewertet Alle Daten zu EE-Anlagen im LK werden in einer gemeinsamen Datenbank einheitlich gesammelt, sodass sie für andere Prozesse zur Umsetzung des Masterplans zur Verfügung stehen. Die Datenbank wird so aufgebaut, dass eine einfache jährliche Fortschreibung möglich ist.	Kommunen, Unternehmen, Stadtwerke, interessierte Bürger, Energiegenossenschaft

Nr.	Maßnahmentitel	Handlungsfeld	Kurze Beschreibung der Maßnahme	Akteure
13	Analyse vorhandener Akteure und Initiativen/Projekte in der ZuBRA-Region	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Akteursanalyse für die ZuBRA-Region: Welche Akteure gibt es für bestimmte Handlungsfelder in der Region, welche Projekte und Initiativen gibt es bereits, wie können sie sinnvoll unterstützt und ergänzt werden?	Akteure aus Verwaltung, Unternehmen, Vereinen, Genossenschaft, Bürgerschaft
14	Modellregion für ein bestimmtes Thema (Smart-Grid, Mobilität, innovative Geschäftsmodelle, interkommunale Projekte, Stadt-Umland-Kooperation)	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Eines der Energiethemen wird in der ZuBRA-Region unter Einbeziehung der relevanten Akteure modellhaft entwickelt und umgesetzt. Prüfen, inwieweit Fördermittel beantragt werden können.	Abhängig vom Thema
15	Regionale, unabhängige Energieberatung für Bürger stärken und ausbauen	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Übersicht über Angebote und Akteure, Erhöhung des Bekanntheitsgrades der Angebote, Nutzen von Synergien, Einbindung in Kampagnen	Energieberater, Energieagenturen, Verbraucherzentrale, Handwerk
16	Maßnahmen-Workshops mit wesentlichen Akteuren anbieten	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	konkrete Maßnahmen werden mit wesentlichen regionalen Akteuren in Workshops weiterentwickelt (bis zur konkreten Umsetzungsreife), weitere Ideen sammeln, Umsetzung aktivieren (Beispiele: Regionale Energiemarke, Erzeugung und Vermarktung regionaler Produkte, E-Mobilität in der Region)	Abhängig vom Thema
17	Informationen für Entscheider, politische Gremien und Ausschüsse	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Veranstaltungsformat und Informationsaufbereitung speziell für die Zielgruppe kommunale Entscheider, Bewusstseinsbildung zu Potenzialen in der Region, Entscheidungs- und Handlungsmöglichkeiten und strategisches Vorgehen,	Kommunalpolitiker, Kommunalverwaltung, Energieagenturen

Nr.	Maßnahmentitel	Handlungsfeld	Kurze Beschreibung der Maßnahme	Akteure
18	Energiegenossenschaften stützen	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	in Rotenburg existiert seit mehreren Jahren eine Bürgerenergiegenossenschaft, bisher Solarprojekte, welche weiteren Projekte sind möglich, Kooperation mit Stadtwerken ?	Energiegenossenschaft, Stadtwerke, EAM, Genossenschaftsverband, LaNEG Hessen
19	Kommunikationsstrategie für die Region zu Energiethemen erarbeiten	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Kommunikationsstrategie zur Information und aktiven Einbindung der Bevölkerung entwickeln, darin Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit zusammenstellen, z.T. Arbeitsprogramm für Klimaschutzmanager. informative Webseite für Bürger, Veranstaltungsreihe zu Themen der ZuBRA-Energiewende, Multiplikatoren einbinden, "abwartende/ruhige Mehrheit wecken", positive Stimmung zur Energiewende schaffen	Kommunalverwaltung, Unternehmen, Energieagenturen
20	Bürgerdiskussion initiieren	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Informationsveranstaltungen in unterschiedlichen Formaten konzipieren und durchführen, um verschiedene Zielgruppen zu erreichen. In Workshops = Klimawerkstätten können mit Bürgern und Initiativen konkrete Projekte entwickelt und unterstützt werden. Was heißt die Energiewende für uns (= Kommunen Bebra, Rotenburg und Alheim)? Wie können wir sie unterstützen? Wie können wir von ihr profitieren? Bürgeraktivierung: In Klimawerkstätten konkrete Bürgerprojekte entwickeln.	Kommunalverwaltung, abhängig vom Thema
21	Beantragung von Fördergeldern für professionelle Prozessbegleitung zur Windparkentwicklung, gefördert durch Energieland Hessen	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Das Energieland Hessen unterstützt Dialogprozesse zur Umsetzung von Windparkprojekten durch die Durchführung von Veranstaltungen und Energiecoachings vor Ort bis zu Mediationsverfahren durch professionelle Prozessbegleiter.	Kommunalverwaltung, Hessen Agentur
22	Bündelung und Stärkung der Aktivitäten/ Zuständigkeiten, z.B. zentrale Anlauf- und Vernetzungsstelle für Akteure in der ZuBRA-Region anbieten,	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	über das Thema Sanierung hinaus eine Anlaufstelle für Klimaschutzthemen benennen/anbieten, Koordination für Ideen und Projekte in der ZuBRA-Region, evtl. alternativ ein "Regionalforum Klimaschutz und Energie", das Projekte in der Region initiiert und koordiniert, Stelle zur Aufnahme von Anregungen zu Energie und Klimaschutz, Vernetzungsauftrag, Weitervermittlung an zuständige Stellen	ZuBRA, Kommunalverwaltungen, Energieagenturen

Nr.	Maßnahmentitel	Handlungsfeld	Kurze Beschreibung der Maßnahme	Akteure
23	Zertifizierung des Prozesses, z. B. als 100% Energieregion	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Einbindung des ZuBRA-Prozesses in größeren Zusammenhang, wie z.B. 100 % Region, Zertifizierung, Nutzung für größere Veranstaltung oder Kampagne (Klimaschutztag, Energiemesse o.ä.) in Kooperation mit regionalen Betrieben, Akteuren usw.	Kommunalverwaltungen, deENet
24	Stärkung der Bildungsangebote für Multiplikatoren in Unternehmen	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Mitarbeiter in Unternehmen sind wichtige Stütze für die dauerhafte Umsetzung von Klimaschutz im Betrieb. Daher sollen Sie je nach Funktion (Büro, Maschine, Fuhrpark,...) über Maßnahme informiert und zum Mitmachen motiviert werden. Bisher viele gute Einzelmaßnahmen, dazu aber wenig bekannt. Daher für Betriebe hoher Aufwand an Recherche (Transaktionskosten) Um Betrieben dies zu erleichtern, finden anwendungsorientierte Schulungen statt. Bestehende Angebote, wie z.B. vom Jugendhof, werden gestärkt und unterstützt (Werbung, Empfehlung), Angebot wird ergänzt, Zielgruppe: Leitung, Betriebsrat, Ausbilder u.a.	Schulungseinrichtungen, Jugendhof, Unternehmen
25	Stadtradeln fortführen, „Eine Region bewegt sich“	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Bereits in der Region erfolgreich umgesetzte Kampagne soll fortgeführt werden, mit der Kampagne steht den Kommunen eine bewährte, leicht umzusetzende Maßnahme zur Verfügung, Förderung durch 100 Kommunen Projekt möglich	Kommunalverwaltungen
26	Regionale Produkte „Gutes aus Waldhessen“	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Bestehende Strukturen zur Produktion und Vermarktung regionaler Produkte stärken und ausbauen, Regionale Marke stärken, Kombination mit Bildungsbereich gesunde Ernährung/regionale Produkte in Schulen und Kindergärten	Initiativen für regionale Produkte (z.B. Gutes aus Waldhessen, Äpfelinitiative, Streuobstwiesen), Schulen und Kindergärten, Schulamt, BNE-Initiative Alheim
27	Obstgehölze in ZuBRA-Region erhalten	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Erhaltung von Obstgehölz-Strukturen in der Region, auch als wichtiges Landschaftselement, Beitrag zu regionalen Produkten: Streuobstwiesen, Einzelstandorte und Obstbaumalleen. Baumpatenschaften, Erntefeste und Obstmessen, Saftherstellung, Unterstützung des Leader-Prozesses	Umweltämter, Landwirte, Initiativen, Bürger

Nr.	Maßnahmentitel	Handlungsfeld	Kurze Beschreibung der Maßnahme	Akteure
28	Energieeffizienz und EE als Standortfaktor, Entwicklung ländlicher Kommunen	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Kampagne, Entwicklung von Fachwerkkernen (siehe Wolfhagen, Effizienzoffensive), ggf. Fördermittel/Projektmittel akquirieren	Kommunalverwaltungen, Regionalentwicklung, BIG –Städtebau, Tourismus, Denkmalschutz
29	Nachhaltigen Tourismus stärken und ausbauen, klimafreundlicher Urlaub in der Region	**Lebensstile**	Zielgruppengerechtes, attraktives touristisches Angebote mit kurzen Anreisezeiten in Kooperation mit dem regionalen Tourismusverein und anderen Akteuren, wie z.B. dem ökologischen Landschulheim, stärken und weiterentwickeln (z.B. für Kurzurlaube, Gruppenfreizeiten, Mitmachangebote, Natur-, Wellness, Wander- und Radfahrurlaube, Klimaschutzroute, Energieroute) inkl. Vermarktungsstrategie.	Tourismusverein, Hotels und Gaststätten, Verkehrsplanung, Stadt- und Regionalmarketing, ADFC
30	Wettbewerb der Ideen	**Lebensstile**	Ideenwettbewerb zum Thema Klimaschutz und Energiesparen, Preis z.B. 2000 kWh geschenkt	Stadtwerke, Unternehmen (als Sponsoren)
31	Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge	**Mobilität**	Stärkung der Verknüpfung verschiedener Verkehrsarten, Stärkung und Entwicklung des Angebotes in Kooperation mit Tourismusbranche, Erhöhung der Anzahl an Ladestationen für E-Auto und E-Bike, Kooperation mit Energieversorgern und Fahrradläden, Übersicht zum Finden der Stationen (Karte, App usw.)	Tourismusverein, EAM
32	Erhalt des hohen Waldanteils in der Region	**Land- und Forstwirtschaft**	ZuBRA-Region hat einen Waldanteil von 60 %. Dieser Anteil soll erhalten bleiben.	Kommunal- und Kreisverwaltungen, Hessenforst, Waldbesitzer
33	Klimaschutzorientierte Waldbewirtschaftung	**Land- und Forstwirtschaft**	der bestehende Wald sollte möglichst klimaschutzorientiert bewirtschaftet werden (CO_2-Senke)	Hessenforst, Waldbesitzer
34	EE-Schulungszentrum (im Energiepark, ehem. Kaserne)	**Bildung, Beratung, Öffentlichkeits-arbeit**	Auf dem Gelände der ehemaligen Kaserne wird in dem Energiepark ein Schulungszentrum für verschiedene Zielgruppen integriert (Handwerker, Weiterbildung zu EE, Auszubildende, usw.)	Bildungsträger, Handwerkerschaft, Unternehmen

Nr.	Maßnahmentitel	Handlungsfeld	Kurze Beschreibung der Maßnahme	Akteure
35	Modellhafte Sanierung: Musterhaus / -siedlung	**Bildung, Beratung, Öffentlichkeits-arbeit**	Bereitstellung von Modellgebäuden für Schulungen, wie z.B. am Jugendhof, Kooperation mit Handwerkerinnungen und Handwerkskammer, Gebäude werden der Öffentlichkeit zu bestimmten Terminen für anschauliche Beratungen / Information zur Verfügung gestellt.	Unternehmen, Handwerkerinnung/-kammer, Energieberater, Energieagenturen
36	geführte Touren Energielandschaft intensivieren	**Bildung, Beratung, Öffentlichkeits-arbeit**	Energielehrpfad besteht bereits in Bereichen der ZuBRA-Region, es werden geführte Touren durch die Energielandschaft angeboten, dieses Angebot kann ausgebaut und in Tourismuskonzepte eingebunden werden, evtl. in Kombination mit E-Bikes / Nahverkehr	Tourismusverein, Regionalentwicklung, Energieagenturen
37	Stärkung und Ausbau der Initiative Bildung für Nachhaltige Entwickelung (BNE)	**Bildung, Beratung, Öffentlichkeits-arbeit**	Ausbau der Integration der Bildung für nachhaltige Entwicklung in die verschiedenen Schulstandorte und Kindergärten, Aktionen wie z.B. das Klimafrühstück oder Solarbaukästen anbieten	Schulen und Kindergärten, Bildungsträger, Kommunalverwaltung
38	Tag der Energieeffizienz	**Bildung, Beratung, Öffentlichkeits-arbeit**	Bestehende Messen und Gewerbeschauen weiterentwickeln oder ergänzen, Vorträge und Beratungsangebote gebündelt an einem Tag für die ZuBRA-Region an zentralem Ort in Kooperation mit regionalen Betrieben, Akteuren usw.(Pro Region, Energietage, u. .a.)	Initiativen, Unternehmen, Handwerker
39	Videoportraits: Klimaschutz im Video - Kommunen oder Projekte stellen sich vor	**Bildung, Beratung, Öffentlichkeits-arbeit**	Die Region stellt sich mit ihren Maßnahmen im Video vor. Das Video können die Kommunen auf ihre Homepage stellen, über Youtube frei zur Verfügung stellen, bei Veranstaltungen zeigen und gezielt an Interessierte schicken. Beispiele unter https://vimeo.com/album/2590979	Abteilungen für Öffentlichkeitsarbeit, Initiativen
40	Artikel in (Fach-) Zeitschrift über Energieregion ZuBRA	**Bildung, Beratung, Öffentlichkeits-arbeit**	„Tue Gutes und rede darüber!“: Gelungene Projekte werden einer breiteren (Fach-) Öffentlichkeit durch Artikel bekannt gemacht, z.B. in kommunalen Zeitungen oder Fachzeitschriften (Chang/ce, Fokus auf kommunale Klimaschutzprojekte), regionale/lokale Tageszeitung, Artikel kann auch auf Webseiten	Abteilungen für Öffentlichkeitsarbeit, Energieagenturen

Nr.	Maßnahmentitel	Handlungsfeld	Kurze Beschreibung der Maßnahme	Akteure
41	Förderung eines Klimaschutzmanagers beantragen	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen gestaltet sich bei ohnehin knappen Personalressourcen häufig schwierig. Um das Risiko zu verringern, dass Konzepte und Pläne wirkungslos in Schubladen verschwinden, hat das Bundesumweltministerium im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) das Förderprogramm zur Finanzierung eines Klimaschutzmanagers aufgelegt. Diese Stelle kann ganzjährig auf der Grundlage eines Konzeptes mit Maßnahmenkatalog für 3 Jahre beantragt werden (Förderquote gestaffelt, bis zu 95% Kommunen unter dem Rettungsschirm) Der Masterplan bedarf dafür die Anerkennung durch das BMU. Erfahrungen in anderen Kommunen haben gezeigt, dass der Umsetzungserfolg durch Klimaschutzmanager deutlich erhöht wird.	ZuBRA, Kommunalverwaltungen, deENet, PTJ
42	Perspektivisch: Treibhausgas (THG) - Bilanz nach Klimaschutzplaner	**regionale Kooperation: Information, Kommunikation, Koordination**	Die THG-Bilanz für die Kommunen wird in Zukunft mit einem Tool des BMU erstellt. Das geplante Tool dient der Harmonisierung bei Erstellen der THG-Bilanzen. Die Einführung kann bereits in der Testphase vorgenommen werden, da das Tool u.a. vom Institut für dezentrale Energietechnologie gGmbH erstellt wird. Voraussichtlich 2015/16	IdE Institut für dezentrale Energietechnologie anfragen (deENet)

5. Referenzen

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.: Auswertungstabellen 1990-2011. Online abzurufen unter: http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=139 zuletzt geprüft am 15.06.2013

BMVBS (Hrsg.) (2013): Regionalwirtschaftliche Effekte der erneuerbaren Energien II, BMVBS-Online-Publikation Nr. 22/2013

Bremer Energie Institut (2012): Gutachten zu den Regionalen Energiekonzepten Hessen unter besonderer Berücksichtigung Erneuerbarer Energien, Abschlussbericht

Bundesagentur für Arbeit: Informationsangebot der Statistik der Bundesagentur für Arbeit (BA): Arbeitsmarkt in Zahlen. Beschäftigungsstatistik Sozialversicherungspflichtig und geringfügig entlohnte Beschäftigte, Nürnberg, Stand 31.12.2011

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (ohne Jahresangabe): Ausgewählte Strukturindikatoren aus der laufenden Raumbeobachtung des BBSR, online abzurufen unter: www.raumbeobachtung.de,

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland. Berlin

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012): Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Berlin.

DBFZ Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH (Hrsg.) 2011: Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ BAND 2, Leipzig

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) Hrsg.)(2010): Einfach Strom sparen. Initiative Energieeffizienz private Haushalte. Energiespartipps für Haushaltsgeräte. Berlin

Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.) 2009: Klimaschutz in Kommunen, ein Praxisleitfaden. Berlin.

DWD Deutscher Wetterdienst, 2012: Strahlungskarte der Mittelwerte (1981-2010) für Deutschland: Flächendeckende mittlere Jahressummen, online verfügbar auf www.dwd.de

Eicke-Hennig, Werner (keine Jahresangabe): Die Energieeinsparverordnung, der Altbau und was man in Hamburg wirklich tun sollte, Darmstadt

Ernst, Andreas (2007): Zwischen Risikowahrnehmung und Komplexität: Über Schwierigkeiten und Möglichkeiten kompetenten Handelns im Umweltbereich. In: I. Bormann & G. de Haan. (Hrsg.), Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Wiesbaden: VS Verlag.

EUPOPP Partners (2011): Maßnahmen zur Förderung nachhaltiger Konsummuster in Europa. Kurzinformation. Online verfügbar unter: http://www.oeko.de/oekodoc/1349/2011-456-de.pdf

Fritsche, Uwe R. / Eberle, U. (2007): Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Arbeitspapier. Darmstadt: Öko-Institut. Online verfügbar unter: http://www.oeko.de/oekodoc/328/2007-011-de.pdf

FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(Hrsg.) 2013: Basisdaten Bioenergie Deutschland, August 2013, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt, abzurufen unter www.nachwachsende-rohstoffe.de

FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(Hrsg.) 2014: Leitfaden Feste Biobrennstoffe, 4. Auflage, Mai 2014, Gülzow

Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendungen e.V. 2012: Stromverbrauch und Stromverwendung der privaten Haushalte in Deutschland Ergebnisse einer Studie im Auftrag von HEA, BDEW und EnergieAgentur.NRW, 2012, abzurufen unter www.hea.de,

Heinrich Böll Stiftung (2012): Nutzen statt Besitzen. Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur. Online verfügbar unter: http://www.boell.de/downloads/Endf_NutzenStattBesitzen_web.pdf

Hessische Energiespar-Aktion des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: „Gut gedämmt ist halb geschimmelt“ Vortragsfolien von Eicke-Hennig, Werner (2012): Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt. Online verfügbar unter: http://www.energiesparaktion.de

Hessisches Statistisches Landesamt (2012): Hessische Kreiszahlen. Ausgewählte neue Daten für Landkreise und kreisfreie Städte Band 2, 2012 • 57. Jahrgang, Wiesbaden.

Hirschl, Bernd, Astrid Aretz, Andreas Prahl, Timo Böther, Katharina Heinbach, Daniel Pick, Simon Funcke (2010): Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien, Schriftenreihe des IÖW 196/10, Berlin

Ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH) 2013: Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien, Heidelberg.

Infas / DLR (2008): Mobilität in Deutschland. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Online verfügbar unter: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2008_Abschlussbericht_I.pdf

Institut für Wohnen und Umwelt (2009): Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU – Neufassung August 2011, Darmstadt.

Institut für Energie und Umweltforschung (IFEU) (Hrsg): TREMOD Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960 – 2030 (Transport Emission Model) Version 5.3, Endbericht, Heidelberg.

Institut für Wohnen und Umwelt (2003): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie, Studie im Auftrag des Impulsprogramms Hessen, Darmstadt.

Institut für Wohnen und Umwelt GmbH (2003): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie Studie im Auftrag des Impulsprogramms Hessen, Endbericht, Darmstadt.

Integriertes Handlungskonzept für die interkommunale Zusammenarbeit von Bebra, Rotenburg a. d. F. und Alheim (IHKon) (2008)

Kaltschmitt, M./ Wiese, A./Streicher W. (Hrsg.) 2003: Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, Berlin/Heidelberg.

Kaltschmitt, M./ Wiese, A./Streicher W. (Hrsg.) 2013: Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 5. Auflage, Berlin/Heidelberg.

Klimabündnis (2011): CO_2-Bilanzierung im Klimabündnis, Frankfurt am Main.

Kristof, Kora (2010): Wege zum Wandel. Wie wir gesellschaftliche Veränderungen erfolgreich gestalten können. München: oekom.

Land Hessen, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Solardach Hessen. Leitfaden zur Nutzung des Solardachkatasters. Online abzurufen unter: http://solardach.hessen.de/Main.html?role=solarkataster.

Öko-Institut (2010): CO_2-Einsparpotenziale für Verbraucher. Online verfügbar unter: http://www.oeko.de/oekodoc/1029/2010-081-de.pdf

Öko-Institut (2012): Hintergrundpapier Elektromobilität des Öko-Instituts. Zukunft Elektromobilität? Potenziale und Auswirkungen. Online verfügbar unter: http://www.oeko.de/oekodoc/1348/2012-001-de.pdf. Zuletzt geprüft am 25.04.2013.

Öko-Institut (Hrsg) (2012): Renewbility II – Szenario für einen anspruchsvollen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs, Freiburg.

Paech, Niko (2012): Befreiung vom Überfluss. Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie. München: Oekom-Verlag.

Pehnt (Hrsg.) (2011): Energieeffizienz. Ein Lehr- und Handbuch, Heidelberg.

Projektverbund ENEF-Haus (2010): Zum Sanieren motivieren. Eigenheimbesitzer zielgerichtet für eine energetische Sanierung gewinnen. Online verfügbar unter: http://www.enef-haus.de/fileadmin/ENEFH/redaktion/PDF/Zum_Sanieren_Motivieren.pdf

Regierungspräsidium Kassel (Hrsg.) 2013: Teilregionalplan Energie Nordhessen: Entwurf zur Anhörung und Offenlegung, Kassel.

Regierungspräsidium Kassel (Hrsg.) 2013: Umweltbericht zum Teilregionalplan Energie Nordhessen, Entwurf zur Anhörung und Offenlegung, Kassel.

Schlesinger, M. (Prognos AG), Lindenberger, D. (EWI), Lutz, c. (GWS) (2011): Energieszenarien 2011, Basel, Köln, Osnabrück.

Sievers, J. (2010): Dieselmotor-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Kontext der Integration erneuerbarer Energien in die Energieversorgung, Dissertation, Universität Kassel, Kassel

Sievers, J. (2010b): Thermische Speicher zur Integration von Windenergie und Photovoltaik, Solarzeitalter 4/2010, 22 Jahrgang

Sievers, J., Schmid, J.; Brähler, M.; Hu, L.; Blank, W.; Gounaras, C. (2010c): Die Optimale Nutzung des Biogaspotentials in der Zukünftigen Energieversorgung, 11. SYMPOSIUM ENERGIEINNOVATION, Graz, 2010

Solarpark Hungen - Stadtwerke Hungen (ohne Jahresangabe): Solarpark in Zahlen. Online abzurufen unter: http://www.solarpark-hungen.de/texte/seite.php?id=67276

Springer Gabler Verlag (Hrsg.) (2013): Gabler Wirtschaftslexikon. Stichwort: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR). Online abrufbar unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/volkswirtschaftliche-gesamtrechnung-vgr.html

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2002): Umweltgutachten 2002 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Für eine neue Vorreiterrolle. Online verfügbar unter: http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2002_Umweltgutachten_Bundestagsdrucksache.pdf?__blob=publicationFile.

Statista: Anzahl der Sonnenstunden im Jahr 2012 nach Bundesländern. Online abzurufen unter: http://de.statista.com/statistik/daten/studie/249925/umfrage/sonnenstunden-im-jahr-nach-bundeslaendern/

Statistisches Bundesamt (2010): Bauen und Wohnen Mikrozensus - Zusatzerhebung 2010, Bestand und Struktur der Wohneinheiten, Wohnsituation der Haushalte. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2010): Bauen und Wohnen, Mikrozensus - Zusatzerhebung 2010, Bestand und Struktur der Wohneinheiten, Wohnsituation der Haushalte, Fachserie 5, Heft 1, Wiesbaden.

Stern, Nicolas: (2006); The Stern Review: The Economics of Climate Change,Cambridge University Press, Cambridge.

Thomas, Stefan (2012): Energieeffizienz spart wirklich Energie – Erkenntnisse zum Thema „Rebound-Effekte“. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 62. Jahrgang, Heft 8, S. 8-11.

UBA (Umweltbundesamt) (2012): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2010 und erste Schätzungen 2011. Online verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/co2-strommix.pdf.

UBA (Umweltbundesamt) (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2012. Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung „Climate Change 12/2009“. Stand Februar 2013. Online verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/emissionsbilanz-2012.pdf.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2009): Role and Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply, Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2010): Klimaneutral Leben: Verbraucher starten durch beim Klimaschutz. Online verfügbar unter http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4014.html

WGBU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2011): Hauptgutachten. Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.

WWF (World Wide Fund for Nature): Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Kernaussagen. Online verfügbar unter: http://www.wwf.de/themen-projekte/klima-energie/modell-deutschland/klimaschutz-2050/

Ziesing, Hans-Joachim (2010): Masterplan 100 % Klimaschutz. Auf dem Weg zur Null-Emissionskommune. Strategiepapier. IFEU. Online verfügbar unter: http://www.ifeu.de/energie/pdf/Masterplan_100Prozent_Klimaschutz_ifeu.pdf.