



badenova
Energie. Tag für Tag

Energiepotenzialstudie

Stadt Bad Krozingen

Bericht September 2015



Auftraggeberin: Stadt Bad Krozingen

Erstellt durch: badenova AG & Co. KG
Tullastraße 61
79108 Freiburg



AutorInnen: Simone Stöhr-Stojakovic
(Projektleiterin)
Dr. Marc Krecher
Philipp Huber

Freiburg, 30. September 2015

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VI
ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	VII
1. AUSGANGSLAGE.....	1
1.1 GLOBAL DENKEN	1
1.2 LOKAL HANDELN.....	1
1.3 KLIMASCHUTZKONZEPT UND ENERGIEPOTENZIALSTUDIE.....	3
1.3.1 <i>Aufbau des Klimaschutzkonzepts</i>	3
1.3.2 <i>Gliederung der Energiepotenzialstudie</i>	4
1.3.3 <i>Anmerkungen zur angewandten Methodik</i>	4
2. WICHTIGE STRUKTURDATEN DER GEMEINDE	6
2.1 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET.....	6
2.2 KLIMASCHUTZ IN BAD KROZINGEN	8
2.3 WOHNGEBÄUDE- UND SIEDLUNGSSTRUKTUR.....	8
2.4 LOKALE WÄRMEINFRASTRUKTUR.....	12
2.5 NACHHALTIGES FLÄCHENMANAGEMENT.....	14
3. ENERGIENUTZUNG UND CO₂-BILANZ	17
3.1 STROMVERBRAUCH UND STROMBEDARFSDECKUNG.....	17
3.1.1 <i>Stromverbrauch nach Sektoren</i>	17
3.1.2 <i>Strombedarfsdeckung</i>	19
3.1.3 <i>CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs</i>	21
3.2 WÄRMEVERBRAUCH UND WÄRMEBEDARFSDECKUNG	22
3.2.1 <i>Wärmeverbrauch nach Sektoren</i>	22
3.2.2 <i>Wärmebedarfsdeckung nach Energieträger</i>	23
3.2.3 <i>Wärmekataster</i>	26
3.2.4 <i>CO₂-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs</i>	26
3.3 VERKEHR.....	28
3.4 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE (ENERGIENUTZUNG)	29
3.4.1 <i>Gesamtenergiebilanz</i>	29
3.4.2 <i>Gesamt-CO₂-Bilanz</i>	33
4. POTENZIALE ERNEUERBARER ENERGIEN	38
4.1 SOLARENERGIE	38
4.1.1 <i>Hintergrund</i>	38
4.1.2 <i>Solarenergiepotenziale</i>	38
4.2 ENERGIE AUS BIOMASSE.....	41
4.2.1 <i>Hintergrund</i>	41

4.2.2	<i>Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus Ackerpflanzen</i>	42
4.2.3	<i>Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Tierhaltung</i>	43
4.2.4	<i>Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus organischen Abfällen</i>	44
4.2.5	<i>Gesamterzeugungspotenzial Biogas</i>	44
4.2.6	<i>Biomassepotenziale aus der Forstwirtschaft</i>	45
4.3	WINDKRAFT	46
4.3.1	<i>Standortpotenziale</i>	46
4.4	WASSERKRAFT	47
4.5	GEOTHERMIE	48
4.5.1	<i>Technischer und geologischer Hintergrund</i>	48
4.5.2	<i>Geothermiepotenzial</i>	50
4.6	ZUSAMMENFASSUNG: ERNEUERBARE ENERGIEN IN BAD KROZINGEN	53
5.	KLIMASCHUTZPOTENZIALE UND HANDLUNGSFELDER	54
5.1	ERNEUERBARE ENERGIEN	54
5.1.1	<i>Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung</i>	54
5.1.2	<i>Ausbau der erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmebedarfs</i>	55
5.2	ERHÖHUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ	56
5.2.1	<i>Modernisierung der Straßenbeleuchtung</i>	56
5.2.2	<i>Austausch ineffizienter Heizanlagen und Heizungspumpentausch</i>	57
5.2.3	<i>Aus- und Aufbau von Wärmeverbänden und KWK-Anlagen</i>	58
5.3	ENERGIEEINSPARUNG	61
5.3.1	<i>Verringerung des Heizwärmeverbrauchs der Wohngebäude</i>	61
5.3.2	<i>Sanierungs- und Quartierskonzepte</i>	62
5.3.3	<i>Umweltfreundliche Mobilität</i>	63
6.	AUSBLICK	64
7.	LITERATURVERZEICHNIS	66
8.	GLOSSAR	68
9.	METHODIK	71
9.1	GEBÄUDETYPOLOGISIERUNG	71
9.2	ERMITTLUNG DES WÄRMEBEDARFS FÜR DAS WÄRMEKATASTER	72
9.3	ENERGIE- UND CO ₂ -BILANZ	72
9.3.1	<i>CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs</i>	72
9.3.2	<i>Stromeinspeisung</i>	73
9.3.3	<i>Energie und CO₂-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs</i>	74
9.3.4	<i>Energie- und CO₂-Bilanzierung des Verkehrs</i>	74
9.3.5	<i>Datengüte</i>	75
9.4	GEOTHERMIEPOTENZIAL	75
10.	KARTENMATERIAL	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Schritte zu einer Energiepotenzialstudie und einem Klimaschutzkonzept	3
Abbildung 2 – Übersicht der Stadt (Quelle: OpenStreetMap (and) contributors, 2013)	7
Abbildung 3 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Bad Krozingen.....	9
Abbildung 4 – Siedlungsstruktur des Ortsteils Hausen a.d.M. nach Baualter der Gebäude	10
Abbildung 5 – Siedlungsstruktur des Ortsteils Schlatt nach Baualter der Gebäude	11
Abbildung 6 – Verteilung der Gebäudearten in Bad Krozingen	12
Abbildung 7 – Hauptstraßen und Gasleitungen (rot) im Ortsteil Biengen	13
Abbildung 8 – Lage des Nahwärmenetzes Aquarado (rot) im Kernort Bad Krozingen	13
Abbildung 9 – Indikatoren zum Flächenverbrauch der Stadt Bad Krozingen 2012 (Quelle: STALA BW, 2015).....	15
Abbildung 10 – Gesamtstromverbrauch in Bad Krozingen nach Sektoren.....	17
Abbildung 11 – Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften (2013).....	18
Abbildung 12 – Vergleich des Stromverbrauchs der Straßenbeleuchtung pro Einwohner und Jahr	19
Abbildung 13 – Zubau PV-Anlagen und aggregierte Leistung	20
Abbildung 14 – Anteil der Stromerzeugung aus EE und KWK im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch im Jahr 2013	21
Abbildung 15 – Darstellung des Endenergieeinsatzes bei getrennter und gekoppelter Erzeugung von Wärme und Strom (Quelle: Bundesverband Kraft-Wärme- Kopplung e.V., 2011).....	21
Abbildung 16 – Vermeidung von CO ₂ -Emissionen durch die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien im Vergleich zum deutschen Strommix	22
Abbildung 17 – Gesamtwärmeverbrauch nach Sektoren	23
Abbildung 18 – Gesamtwärmeverbrauch nach Energieträgern	24
Abbildung 19 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern.....	24
Abbildung 20 – Wärmeverbrauch der öffentlichen Liegenschaften (2013)	25
Abbildung 21 – Auszug des Wärmekatasters: Absoluter Wärmebedarf auf Gebäudeebene	26
Abbildung 22 – CO ₂ -Emissionen der kommunalen Liegenschaften durch Wärmeerzeugung (2013).....	27
Abbildung 23 – Energieverbrauch des Sektors Verkehr nach Fahrzeugtypen in Bad Krozingen (2012)	29
Abbildung 24 – Gesamtenergieverbrauch in Bad Krozingen nach Sektoren.....	30
Abbildung 25 – Gesamtenergieverbrauch nach Energieträger.....	31
Abbildung 26 – Gesamtenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern.....	31
Abbildung 27 – Gesamtenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften in Bad Krozingen im Jahr 2013	32
Abbildung 28 – CO ₂ -Emissionen in Bad Krozingen nach Sektoren	33
Abbildung 29 – CO ₂ -Emissionen nach Energieträgern	34
Abbildung 30 – CO ₂ -Emissionen nach Sektoren und Energieträgern.....	34

Abbildung 31 – CO ₂ -Emissionen der kommunalen Liegenschaften von Bad Krozingen im Jahr 2013.....	36
Abbildung 32 – Auszug des Solarkatasters von Bad Krozingen	39
Abbildung 33 – Solarpotenziale der Stadt Bad Krozingen	40
Abbildung 34 – Quellen für Biomasse zur energetischen Nutzung	41
Abbildung 35 – Energiepotenziale aus Ackerbaupflanzen nach Quellen	43
Abbildung 36 – Unausgeschöpftes Biomassepotenzial nach Quellen	44
Abbildung 37 – Holzeinschlagsmengen auf der Waldfläche in kommunalem Besitz	46
Abbildung 38 – Mittlere Windgeschwindigkeiten innerhalb der Gemarkung Bad Krozingen (Quelle: Windatlas BW, 2011)	47
Abbildung 40 – Karte des Gewässernetzes in Bad Krozingen.....	48
Abbildung 41 – Techniken der oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit	49
Abbildung 42 – Schematische geologische Profile des Untergrundes von Bad Krozingen (Quelle: ISONG-Baden-Württemberg)	50
Abbildung 43 – Ausschnitt des Geothermiekatasters für Bad Krozingen (theoretisches Potenzial)	51
Abbildung 44 – Ausschnitt des Geothermiekatasters (technisch-ökonomisches Potenzial)	52
Abbildung 45 – Aktueller Stromverbrauch in Bad Krozingen im Vergleich zu Potenzialen für Strom aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg	55
Abbildung 46 – Aktueller Wärmeverbrauch in Bad Krozingen im Vergleich zu Potenzialen für Wärme aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg.....	56
Abbildung 47 – Vergleich des Stromverbrauchs der Straßenbeleuchtung pro Einwohner mit Referenzgemeinden (2013).....	57
Abbildung 48 – Gesamtleistung der Heizanlagen nach Energieträgern und Baualter.....	58
Abbildung 49 – KWK-Erzeugung und KWK-Ziele im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch.....	59
Abbildung 50 – Ausschnitt des Wärmekatasters Kernort Bad Krozingen: Mögliches Potenzial für den Aufbau eines Wärmenetzes	60
Abbildung 51 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial	61
Abbildung 52 – Potenzielles Untersuchungsgebiet im Kernort Bad Krozingen.....	63
Abbildung 53 – Ausblick auf die nächsten Schritte zur Erstellung eines Klimaschutzkonzepts.....	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Strukturdaten der Stadt Bad Krozingen (Quelle: STALA BW, 2015)	7
Tabelle 2 – Detailbilanz Verkehr 2012 von Bad Krozingen (Datengrundlage: STALA BW, 2015a)	28
Tabelle 3 – Wesentliche Kennzahlen der Energie- und CO ₂ -Bilanz (2013)	37
Tabelle 4 – Bewertung der Datengüte der Energie- und CO ₂ -Bilanz	37
Tabelle 5 – Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik in Bad Krozingen	39
Tabelle 6 – Geothermische Potenziale zur Deckung des Gebäudewärmebedarfs in Bad Krozingen	52
Tabelle 7 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH, 2005	71
Tabelle 8 – Energiequellen des deutschen Strommixes und ihre Anteile (2013) (Quelle: Fritsche & Greß, 2014)	73
Tabelle 9 – CO ₂ -Ausstoß und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, 2014a)	73
Tabelle 10 – Vorgegebene Untergrundparameter	75
Tabelle 11 – Vorgegebene Sondenparameter	76
Tabelle 12 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte	76
Tabelle 13 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung	77
Tabelle 14 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsdichte	77

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vorliegende Energiepotenzialstudie analysiert den „Status quo“ der Energieinfrastruktur und die Erneuerbare-Energien-Potenziale der Stadt Bad Krozingen. Ziel der Studie ist es, Strategien und Maßnahmenfelder für eine nachhaltige, klimafreundliche und effiziente Energieversorgung der Stadt zu erarbeiten, die auf einer soliden Datenbasis des energetischen Ist-Bestands und der kommunalen Potenziale aufbauen. In Kapitel 1 bis 6 werden die Analysen und Ergebnisse detailliert dargestellt und anhand von Grafiken und Tabellen erläutert.

Status quo der Energieinfrastruktur

- **Stromverbrauch:** Der Stromverbrauch im Jahr 2013 betrug ca. 74.880 MWh. Der Sektor Wirtschaft stellt mit 66 % den größten Anteil. Der Sektor private Haushalte hat einen Anteil von 26 %. Rund 5 % des Verbrauchs sind dem Heizungsstrom zuzuordnen. Die kommunalen Liegenschaften und die Straßenbeleuchtung haben mit jeweils 2 % bzw. 1 % am Stromverbrauch der gesamten Stadt lediglich einen kleinen Anteil.
- **Strom aus erneuerbaren Energien:** Ca. 6.770 MWh Strom wurden im Jahr 2013 in Bad Krozingen gemeinsam durch zahlreiche Photovoltaikanlagen und zwei Biomasseanlagen produziert. Dies entspricht 8 % des Gesamtstromverbrauchs der Stadt. Eine gute Vergütung durch das EEG führte auch in Bad Krozingen zum Ausbau der PV-Kapazitäten. Zwischen 2007 und 2012 ist die jährliche Stromproduktion aus Photovoltaik von rund 1.074 MWh auf 5.921 MWh gestiegen.
- **Wärmeverbrauch:** Ca. 205.740 MWh Wärme wurden im Jahr 2013 verbraucht. Den höchsten Anteil haben die privaten Haushalte mit 62 %, gefolgt vom Sektor Wirtschaft mit 36 %. Der Wärmebedarf wird hauptsächlich durch Erdgas gedeckt, welches 60 % des Verbrauchs ausmacht.
- **Wärme aus erneuerbaren Energien:** Ca. 25.300 MWh Wärme wurden im Jahr 2013 durch Energieholz bereitgestellt, 800 MWh wurden durch solarthermische und 230 MWh wurden durch geothermische Anlagen produziert. Somit wurden 13 % des Gesamtwärmeverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt.

Energie- und CO₂-Bilanz

- **Energie-Bilanz:** Im Jahr 2013 summierte sich der Energieverbrauch der Stadt Bad Krozingen auf rund 409.470 MWh.
- **CO₂-Bilanz:** Im Jahr 2013 wurden in Bad Krozingen durch Energieerzeugung, -umwandlung und Verkehr 132.840 t CO₂ ausgestoßen. Umgerechnet auf die Anzahl der Einwohner emittiert damit jeder Bad Krozinger Bürger Emissionen von 7,6 t CO₂ pro Jahr. Berücksichtigt man die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, reduzieren sich die Pro-Kopf-Emissionen auf 7,4 t CO₂ im Jahr 2013. Zum Vergleich: In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2013 pro Kopf durchschnittlich 6,6 t CO₂ emittiert.

Erfassung Gebäudestruktur

- 46 % der Wohngebäude sind freistehende Einfamilienhäuser, welche im Durchschnitt den höchsten Energieverbrauch pro m² aufweisen. Einfamilienhäuser werden meist von den Eigentümern selbst bewohnt. Die Bereitschaft für Investitionen in Maßnahmen zur Energieeinsparung ist bei Eigentumswohnungen im Vergleich zu Mietwohnungen im Allgemeinen höher.
- Rund 61 % der vorhandenen Wohngebäude (Bestandsgebäude) in Bad Krozingen sind vor Inkrafttreten der 2. Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1984 erbaut worden, als Wärmedämmung noch eine untergeordnete Rolle spielte.
- **Einsparpotenzial:** Bei vollständiger Umsetzung potenzieller Sanierungsmaßnahmen aller Wohngebäude würde sich eine theoretische Einsparung von 36 % des aktuellen Gesamtwärmebedarfs ergeben.

Erneuerbare-Energien-Potenziale

- **Solarenergie:** Die Ausbaupotenziale für Solarthermie und Photovoltaik sind signifikant. Im Rahmen der Energiepotenzialstudie wurden zwei Szenarien für das Solarpotenzial auf den Dachflächen berechnet:
 - Würden alle geeigneten Dachflächen mit PV-Anlagen belegt, könnten insgesamt 49.370 MWh/Jahr Solarstrom erzeugt werden. Dies entspräche ca. 66 % des derzeitigen Stromverbrauchs.
 - Würde man neben PV-Anlagen auch Solarthermie für die Warmwassererzeugung einsetzen, könnten bei Verzicht von 5 % des Solarstrompotenzials ca. 10.500 MWh im Jahr zur Deckung des Warmwasserbedarfs gewonnen werden. Die Stromerzeugung aus PV reduziert sich in diesem Fall auf 45.730 MWh/Jahr bzw. 61 % des derzeitigen Stromverbrauchs.
- **Windenergie:** Innerhalb der Gemarkung Bad Krozingen ergeben sich keine wirtschaftlich nutzbaren Windpotenziale. Aufgrund der Lage innerhalb des Oberrheingraben muss mit einer zu geringen Häufigkeit ausreichend hoher Windgeschwindigkeiten gerechnet werden, was sich in der niedrigen mittleren Windgeschwindigkeit widerspiegelt.
- **Wasserkraft:** Weder der Neumagen noch die Möhlin bieten innerhalb der Gemarkung Bad Krozingen wirtschaftlich relevante Ausbaupotenziale für die Wasserkraft.
- **Biogas:** Die vorhandenen Reststoffe und tierischen Abfälle sowie die Potenziale aus der Bepflanzung von Brachflächen mit Energiemais ergeben ein technisches Potenzial von ca. 6.020 MWh/Jahr Strom. Da sich dieses bisher nicht ausgeschöpfte technische Potenzial auf unterschiedliche Verwertungspfade und auch räumlich verteilt, ist eine Nutzung dieses Potenzials unter wirtschaftlichen Aspekten begrenzt. Die nachhaltige Ausschöpfung des Potenzials muss daher im konkreten Fall geprüft werden.
- **Energieholz:** Die gesamte Waldfläche befindet sich im Besitz der Stadt. Der jährliche Holzeinschlag schöpft das Potenzial an Energieholz fast vollständ-

dig aus, so dass sich keine weiteren relevanten Potenziale der Nutzung ergeben.

- **Erdwärme:** Aufgrund der weiträumig ausgewiesenen Wasserschutzgebiete innerhalb der Gemarkungsfläche bietet die oberflächennahe Geothermie nur ein begrenztes klimaeffizientes Potenzial für die Wärmeversorgung. Unter Berücksichtigung notwendiger Gebäudesanierungen zur Anwendung der Wärmepumpentechnik könnten maximal 7,1 % des jährlichen Wärmeverbrauchs durch erdgekoppelte Wärmepumpen bereitgestellt werden.

Handlungsfelder

- **Mehr Strom aus erneuerbaren Energien:** Allein durch die Nutzung der vorhandenen Photovoltaikpotenziale könnten knapp 61 % des Strombedarfs gedeckt werden. Zusammen mit dem technischen Biomassepotenzial ergibt sich insgesamt ein Potenzial von ca. 69 % des heutigen Stromverbrauchs. Die Energie- und Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg für Strom (38 % Erneuerbare-Energien-Anteil bis 2020) könnten damit deutlich übertroffen werden, nicht jedoch das für 2050 angesetzte Ziel von mindestens 80 %. Ein wichtiges Handlungsfeld ist somit der Ausbau der Photovoltaik.
- **Mehr Wärme aus erneuerbaren Energien:** Durch die Nutzung der Erdwärme- und Solarthermiefpotenziale könnten rund 22 % des Wärmebedarfs der Stadt gedeckt werden. Damit könnte das Landesziel von 16 % Erneuerbare-Energien-Anteil am Wärmeverbrauch bis 2020 erreicht werden. Ein wichtiges Handlungsfeld ist die Nutzung der Solarthermie.
- **Modernisierung der Straßenbeleuchtung:** Eine vollständige Umstellung auf LED-Leuchten ist bereits in der Umsetzung.
- **Austausch von alten Heizanlagen und Heizungspumpen:** Viele Gebäude werden noch mit alten, ineffizienten Heizanlagen beheizt. Deren Austausch oder Erneuerung kann zu deutlichen Einsparungen führen und ist für Anlagen, die älter als 30 Jahre sind, teilweise gesetzlich vorgeschrieben. Der Austausch bzw. die Justierung ineffizienter Heizungspumpen ist zudem eine sehr kostengünstige und einfache Energieeffizienzmaßnahme.
- **Aus- und Aufbau von Wärmeverbänden:** Es gibt gute Potenziale für den Ausbau von Wärmeverbänden, insbesondere in Gebieten mit hoher Wärmedichte. Dazu zählen Wohnbereiche mit Mehrfamilienhäusern im Kernort, das Gewerbegebiet in Biengen oder auch Kliniken.
- **Einsparpotenziale durch Sanierung:** Aus dem großen Anteil an Wohngebäuden, die vor 1984 gebaut wurden (61 %), ergibt sich ein hohes Sanierungspotenzial, jedoch ist der Einfluss der Stadt in diesem Bereich beschränkt. Eine vollumfängliche Umsetzung der Sanierungspotenziale könnte bis zu 36 % des Wärmebedarfs einsparen.
- **Umsetzung von Sanierungs- und Quartierskonzepten mit Fokus auf Wohngebiete im Kernort Bad Krozingen oder auf andere Verdichtungsräume der Stadt.**

1. Ausgangslage

1.1 Global denken

Entscheidende Entwicklungen der letzten Jahrhunderte, wie die Industrialisierung, der rasante Anstieg des Konsums oder die Zunahme der Mobilität, wurden durch die Erschließung fossiler Ressourcen ermöglicht. Unser Wirtschaftswachstum hängt heute stark von der Verfügbarkeit dieser Energieträger ab. Die Endlichkeit der fossilen Ressourcen, der Abbau in und der Bezug aus politisch instabilen Förderregionen, unkalkulierbare Preisschwankungen und nicht zuletzt die durch die Nutzung hervorgerufenen Umweltverschmutzungen drängen jedoch dazu, nach Alternativen zu suchen.

Ausgangspunkt für die internationale Debatte um die Themen Energie und Klimawandel war die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahre 1992. Mit dem 2014 veröffentlichten 5. Sachstandsbericht des „Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung“ (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) wurde erneut der wissenschaftliche Konsens darüber bestätigt, dass sich das Weltklima durch den Einfluss des Menschen erwärmt. Wesentlicher Treiber des Klimawandels ist der steigende Verbrauch fossiler Energieträger.

Das Klima steht durch den natürlichen Treibhauseffekt in einem relativ stabilen thermischen Gleichgewicht. Durch die Verbrennung der fossilen Ressourcen wurde jedoch in kurzer Zeit eine große Menge zusätzliches Kohlendioxid (CO₂) in die Atmosphäre abgegeben, welches neben den beiden anderen wichtigen Treibhausgasen aus Industrie und Landwirtschaft, Methan (CH₄) und Lachgas (NO₂), den Treibhauseffekt verstärkt und nun droht, das Klima aus dem Gleichgewicht zu bringen. Der Klimawandel zieht auch in unseren Regionen weitreichende klimatische, naturräumliche und wirtschaftliche Folgen nach sich. Unsere Wirtschafts- und Kulturräume müssen dringend Anpassungsstrategien entwickeln.

Internationale Abkommen, wie das Kyoto-Protokoll, versuchen, dem Klimawandel entgegenzusteuern, indem sie Richtwerte für den Ausstoß dieser Gase festschreiben. Die Europäische Union (EU) hat sich mit dem Programm 20/20/20 darauf verständigt, bis 2020 den Ausstoß von Treibhausgasen um 20 % im Vergleich zum Jahr 1990 zu reduzieren, den Einsatz von erneuerbaren Energien um 20 % zu steigern und die Energieeffizienz um 20 % zu erhöhen. Ziel ist es, die Erderwärmung auf 2°C gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen (Europäische Kommission, 2011).

1.2 Lokal handeln

Außerhalb Deutschlands gibt es Regionen, die bei fortschreitender Erwärmung des Klimas mit sehr viel stärkeren Belastungen rechnen müssen, als wir in Süddeutschland. Dies liegt zum einen daran, dass sie stärker vom Klimawandel betroffen sind. Zum anderen handelt es sich häufig um ärmere Länder, die nicht über die nötigen Mittel verfügen, die Auswirkungen des Klimawandels abzufedern.

Im „Klimaschutzkonzept 2020 Plus“ hat die Landesregierung Baden-Württembergs jedoch festgestellt, dass Baden-Württemberg innerhalb Deutschlands zu den am stärksten vom Klimawandel betroffenen Gebieten gehören wird (UM-VBW, 2011). Da Baden-Württemberg zudem immerhin 0,3 % der weltweiten klimarelevanten Emissionen verursacht, hat sich die Landesregierung zum Ziel gesetzt, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis 2020 auf 38 % zu erhöhen. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung soll bis 2020 auf 16 % steigen, so dass der Anteil am Primärenergieverbrauch insgesamt mindestens 13 % beträgt. Bis zum Jahr 2050 sollen des Weiteren die sogenannten „50-80-90-Ziele“ umgesetzt werden. Sie beinhalten, dass 50 % weniger Energie verbraucht wird und Strom und Wärme zu 80 % aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden. Die Treibhausgas-Emissionen sollen damit um 90 % reduziert werden (UMBW, 2015a).

Die Steigerung der Energieeffizienz ist ebenfalls ein definiertes Ziel der Landesregierung. So soll die Energieproduktivität im Land bis zum Jahr 2020 im Mittel um jährlich mindestens 2 % gesteigert werden, so dass immer weniger Kilowattstunden (kWh) pro Euro Wirtschaftsleistung benötigt werden. Der Primärenergieverbrauch soll bis 2020 um mindestens 20 % gesenkt werden im Vergleich zu 2008. Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromerzeugung soll bis 2020 auf 20 % steigen (BMW und BMU, 2010).

Die Erreichung dieser Ziele ist nur unter Einbeziehung der kommunalen und lokalen Akteure möglich. Städte und Gemeinden tragen über die Bürger und die ortsansässigen Unternehmen mit ca. 75 % des Energieverbrauchs in Deutschland erheblich zum Ressourcenverbrauch bei (Nitschke, 2007). Gleichzeitig sind sie aber häufig auch die Antreiber beim Klimaschutz. Dem Leitsatz „Global denken – lokal handeln“ kommt daher zu Recht große Bedeutung zu.

Für die Umsetzung von Maßnahmen im Bereich Energiesparen, Energieeffizienz und dem Ausbau von erneuerbaren Energien benötigen die kommunale Verwaltung, die Unternehmen vor Ort und jeder einzelne Bürger umfassende Kenntnisse der „energetischen Situation“ der Gemeinde. Neben ökologischen Aspekten muss dabei auch der ökonomische Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt und im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten einer Gemeinde diskutiert werden. Gleichzeitig ist die Einbindung der Bevölkerung in die Entwicklung und Umsetzung eines Klimaschutzkonzepts entscheidend, um eine hohe Akzeptanz der Maßnahmen zu erreichen.

Im Jahr 2014 hat die Stadt Bad Krozingen ein umfangreiches kommunales Klimaschutzkonzept bei ihrem kommunalen Energie- und Umweltdienstleister badenova in Auftrag gegeben. Ziel der Studie ist es, eine solide Datenbasis des energetischen Ist-Bestands und der Potenziale zur Energieeinsparung, zur Erhöhung der Energieeffizienz und zum Einsatz erneuerbarer Energien auf dem Stadtgebiet darzulegen und – darauf aufbauend – Strategien und Handlungsfelder für eine nachhaltige, klimafreundliche und energieeffiziente Energieversorgung der Stadt zu erarbeiten.

Die hier vorliegende Energiepotenzialstudie wurde im Sommer 2015 abgeschlossen und wurde in enger Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung und mit Beteiligung zahlreicher weiterer Akteure vor Ort erstellt. In ihr sind die Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz und die Identifizierung möglicher Handlungsfelder für Klimaschutzmaßnahmen analysiert und zusammengefasst.

1.3 Klimaschutzkonzept und Energiepotenzialstudie

1.3.1 Aufbau des Klimaschutzkonzepts

Kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte basieren überwiegend auf folgenden drei Säulen: Energieeinsparungen auf der Verbraucherseite, Effizienzsteigerungen in der Energieerzeugung und Substitution fossiler Energieträger durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Um innerhalb dieses Rahmens ein ausgewogenes Verhältnis zu erreichen und die Einzelmaßnahmen zu identifizieren, die das beste Verhältnis zwischen CO₂-Einsparung und Kosten erwarten lassen, müssen zunächst die Energieverbräuche und -potenziale in einer Gemeinde analysiert werden.

badenova gliedert vor diesem Hintergrund den Weg zu einem Klimaschutzkonzept in folgende Schritte (vgl. Abbildung 1):

- Modul 1: Erfassung der Energienutzungsstruktur und Erstellung einer Energie- und CO₂-Bilanz
- Modul 2: Abschätzung der Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien und Aufzeigen von Handlungsfeldern im Bereich Energieeinsparung und -effizienz

Ergebnis von Modul 1 und 2 ist die hier vorliegende Energiepotenzialstudie.

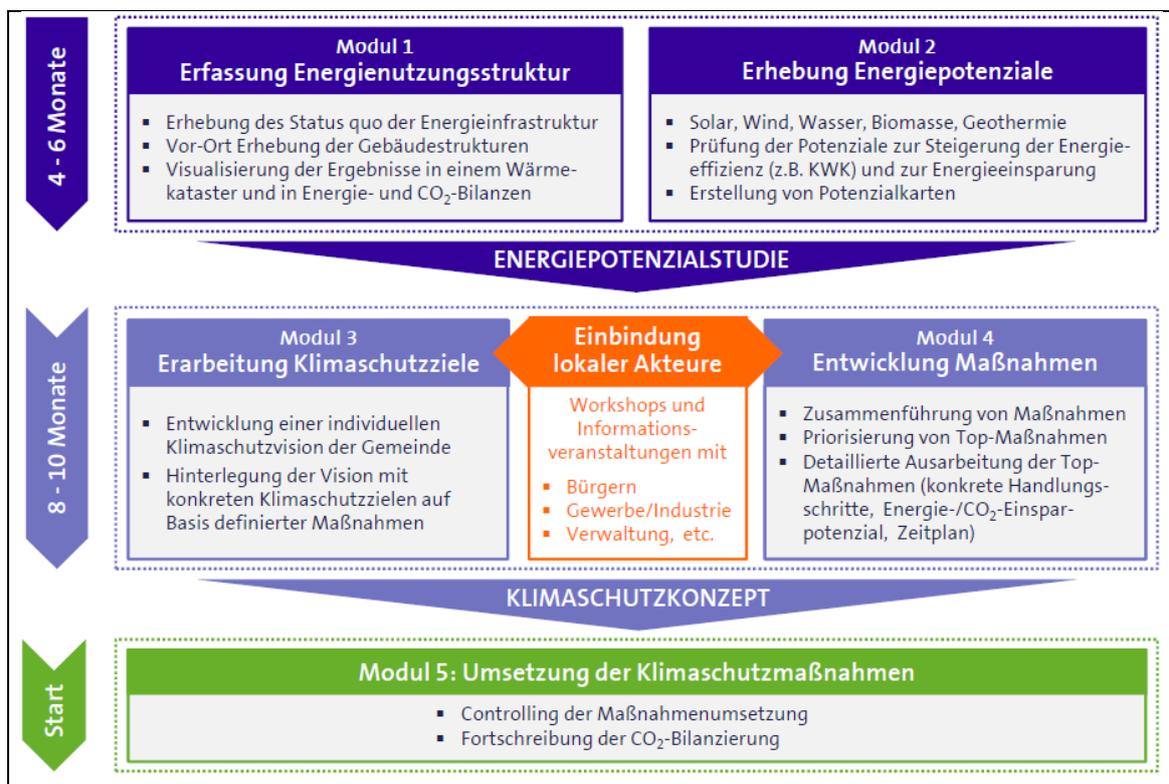


Abbildung 1 – Schritte zu einer Energiepotenzialstudie und einem Klimaschutzkonzept

Aufbauend auf der hier vorliegenden Energiepotenzialstudie lassen sich kommunale Klimaschutzziele und -maßnahmen konkretisieren. Dies wird im Anschluss

in Zusammenarbeit mit den Bürgern der Stadt Bad Krozingen in folgenden Schritten geschehen:

- Modul 3: Erarbeitung von Klimaschutzzielen
- Modul 4: Entwicklung von konkreten Klimaschutzmaßnahmen

Am Ende von Modul 3 und 4 ist die Erstellung eines integrierten Klimaschutzkonzepts abgeschlossen. Mit Modul 5 bietet badenova im Anschluss die Möglichkeit, den Prozess der Umsetzung der Maßnahmen zu begleiten.

1.3.2 Gliederung der Energiepotenzialstudie

Diese Energiepotenzialstudie ist in zehn Kapitel unterteilt. Im *ersten Kapitel* werden die Klimaschutzpolitik, der Leitsatz „Global denken – lokal handeln“ sowie das Vorgehen der Energiepotenzialstudie erklärt. *Kapitel 2* stellt zunächst wichtige Strukturdaten der Stadt vor. Außerdem werden in diesem Kapitel die Strukturen der bestehenden Wohngebäude und Wohnsiedlungen sowie die Wärmeinfrastruktur in der Stadt beschrieben. In *Kapitel 3* werden die erfassten Daten zur Energienutzungsstruktur ausgewertet und in einer sogenannten Energie- und CO₂-Bilanz detailliert dargestellt. Die Energie- und CO₂-Bilanz wird unterteilt nach verschiedenen Sektoren (z.B. private Haushalte) sowie nach unterschiedlichen Energieträgern (z.B. Heizöl). *Kapitel 4* untersucht alle Erneuerbare-Energien-Potenziale auf der Gemarkungsfläche der Stadt.

Aufbauend auf den vorangegangenen Ergebnissen werden in *Kapitel 5* wichtige Handlungsfelder für die Stadt erörtert. Dabei stehen die Themen Energieeinsparung, Erhöhung der Energieeffizienz sowie die Nutzung des Erneuerbare-Energien-Potenzials im Fokus. Einen Ausblick für das weitere Vorgehen und die nächsten Schritte in der Stadt wird in *Kapitel 6* gegeben. In den *Kapiteln 7 bis 9* können detaillierte Ausführungen zur methodischen Vorgehensweise, Literaturquellen sowie Begriffserklärungen nachgelesen werden. Abschließend sind in *Kapitel 10* die erstellten Potenzialkarten im Berichtsexemplar für den Bürgermeister zu finden. Diese Studie und die Potenzialkarten werden außerdem in digitaler Version zur Verfügung gestellt.

1.3.3 Anmerkungen zur angewandten Methodik

- Die Analysen und Ergebnisse der Energiepotenzialstudie sind strikt energiebezogen. Das heißt, dass lediglich die tatsächliche in einer Gemeinde eingesetzte Energie berücksichtigt wird. Nicht betrachtet wird somit der Konsum von nicht energetischen Produkten, wie z.B. von Nahrungsmitteln oder Verpackungsmaterial, die ebenfalls Emissionen von Klimagasen verursachen.
- Die Energie- und CO₂-Bilanz wurde mit dem Tool BICO2 BW erstellt (Version 1.5.3). Dieses Tool wurde vom Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH (IFEU) im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft als Standardverfahren für Baden-Württemberg erstellt. Somit kann die Bilanz regelmäßig fortgeschrieben werden, um die Wirksamkeit der Klimaschutzmaßnahmen in den kommenden Jahren zu überprüfen.
- Die nachfolgende CO₂-Bilanz beinhaltet alle klimawirksamen Emissionen der in der Stadt eingesetzten Energien. Emissionen anderer Treibhausgase wurden gemäß Ihrer Wirksamkeit (Global Warming Potential, GWP) in so-

genannte CO₂-Äquivalente umgerechnet. Im Text stehen die CO₂-Werte synonym für die gesamten Treibhausgas-Emissionen.

- In der CO₂-Bilanz wurden sowohl die direkten als auch die indirekten Emissionen berücksichtigt. Direkte Emissionen entstehen vor Ort bei der Nutzung der Energie (z.B. beim Verbrennen von Öl in der Heizung), während die indirekten Emissionen bereits vor der Nutzung entstehen (z.B. durch Abbau und Transport von Ressourcen und den Bau und die Wartung von Anlagen).
- Für den Stromverbrauch basieren alle Aussagen auf der Endenergie, also der Energie, die vor Ort im Wohnhaus eingesetzt wird bzw. über den Hausanschluss geliefert wird.
- Für den Wärmeverbrauch werden Endenergie und Nutzenergie unterschieden. Endenergie ist die Menge Öl, Gas, Holz, etc., mit der die Heizung „betankt“ wird. Nutzenergie stellt dagegen die Energie dar, die unabhängig vom Energieträger vom Wärmeverbraucher genutzt werden kann. Die Nutzenergie ist also gleich der Endenergie abzüglich der Übertragungs- und Umwandlungsverluste. Hierbei spielt beispielsweise der Wirkungsgrad der Heizanlage eine Rolle. Die Berechnungen zum Wärmekataster und zum Sanierungspotenzial basieren auf der Nutzenergie.
- Das größte Potenzial auf Seiten der Energie- und Kosteneinsparungen liegt beim Verbrauchssektor Privathaushalte, dem mit einem Anteil von knapp 30 % am Endenergieverbrauch in Deutschland eine Schlüsselrolle zukommt (Umweltbundesamt, 2012). 75 % des Energiebedarfs dieses Verbrauchssektors entfallen alleine auf die Beheizung der Wohnräume (BMW, 2010). Ein besonderes Augenmerk der Energiepotenzialstudie der badenova liegt daher auf der Erfassung der Altersstruktur der Bestandsgebäude sowie auf einer groben Abschätzung der aktuellen lokalen Sanierungsrate. Auf diese Weise lassen sich Verbrauchsabschätzungen und Einsparpotenziale im Gebäudebestand ableiten.
- Bei der Energiebilanz für die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr wurde das Territorialprinzip angewendet. Es werden also nur die Energiepotenziale auf kommunalem Gebiet und die Energieverbräuche und CO₂-Emissionen berücksichtigt, die durch den Verbrauch innerhalb der Gemeindegrenzen ihre Ursache haben. Verursachen z.B. die Bürger der Gemeinde durch Fahrten in die nächste Stadt Emissionen, sind diese in der Bilanz nicht enthalten, wenn sie über die Gemeindegrenzen hinausgehen.

2. Wichtige Strukturdaten der Gemeinde

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Der Kurort Bad Krozingen befindet sich im Markgräflerland in der Oberrheinebene etwa 15 km südlich von Freiburg. Die Stadt grenzt an die Gemeinden Schallstadt, Ehrenkirchen, Staufen im Breisgau, Hartheim, Heitersheim, Eschbach, Munzingen (Stadtteil von Freiburg) und die Stadt Breisach am Rhein.

Die Gemarkungsfläche umfasst ca. 36 km². Davon entfallen 42 ha auf Wald, 3.137 ha auf Ackerland und 163 ha auf Rebland. Die Höhe des Ortes wird mit 233 m ü. NN angegeben. In Bad Krozingen lebten 2013 17.448 Menschen, wobei die Bevölkerungsentwicklung einen stetigen Zuwachs aufzeigt. Heute besteht Bad Krozingen aus der Kernstadt und den vier angrenzenden Ortsteilen Schlatt, Biengen, Tunsel (mit Schmidhofen) und Hausen an der Möhlin.

Bad Krozingen gewinnt als Wirtschaftsstandort immer mehr an Attraktivität. Mit rund 1.200 Betrieben in unterschiedlichen Branchen ist Bad Krozingen ein attraktiver Erwerbsstandort in der Region. Auch der Gesundheitssektor mit Kurkliniken und dem international bekannten Herzzentrum tragen in hohem Maße zur guten wirtschaftlichen Situation der Stadt bei. Das seit einigen Jahren aufblühende Gewerbegebiet in der Tulpenbaumallee in der Kernstadt bietet Raum für die Entwicklung neuer Unternehmen oder den Ausbau bereits vorhandener Firmen. Die Vita Classica Therme lockt seit Jahrzehnten unzählige Besucher sowohl aus dem Inland als auch aus dem angrenzenden Ausland und sorgt für Übernachtungsgäste im Wellness- und Tourismussektor.

Bad Krozingen bietet eine optimale Verkehrsanbindung. Mit der mehrmals in der Stunde verkehrenden Regionalbahn ist eine gute Anbindung in Richtung Freiburg gegeben. Auch die Münstertalbahn fährt mehrmals täglich über Staufen in Richtung Schwarzwald. Die Autobahn A5 Karlsruhe-Basel ist in maximal fünf bis zehn Minuten zu erreichen. Der nächste Flughafen Basel-Mulhouse liegt in ca. 45 km Entfernung und ist über die Autobahn gut angebunden.

Zum 1. Januar 2004 gründete die Stadt Bad Krozingen mit den Betriebszweigen Wasserversorgung und Stromerzeugung sowie den Verkehrsbetrieben einen Eigenbetrieb, genannt Stadtwerke. Große Teile des Wassers werden von der bnNETZE GmbH im Ortsteil Hausen a. M. gefördert und vom Zweckverband „Gruppenwasserversorgung Krozinger Berg“ bezogen. Ein weiterer Partner im Bereich Wasser ist der Wasserversorgungsverband „Möhlingruppe“. Ende 2010 wurden die Stadtwerke um den Betriebszweig Gas erweitert. 2013 wurde die bnNETZE GmbH neuer Stromnetzbetreiber der Kurstadt und löste die Energiedienst AG aus Rheinfelden ab.

Der „Abwasserzweckverband Staufener Bucht“ mit Sitz in Bad Krozingen ist für die Entsorgung des Abwassers der Stadt verantwortlich. Dieses wird zur verbandseigenen Kläranlage in Breisach-Grezhausen geleitet und dort nach rechtlichen Vorgaben gereinigt. Über den Vorflutkanal Neuenburg-Breisach gelangt das gereinigte Grauwasser nördlich von Breisach in den Rhein.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über die Strukturdaten der Gemeinde, welche sowohl für die Bewertung der Energie- und CO₂-Bilanz als

auch für die Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen relevant sind. Diese grundlegenden Daten wurden beim Statistischen Landesamt Baden-Württemberg (STALA BW) abgerufen. Das jeweilige Bezugs- bzw. Erhebungsjahr ist angegeben.

Bad Krozingen	Wert	Einheit	Bezugsjahr
Bevölkerung	17.448	Anzahl	2013
Fläche insgesamt	3.566	ha	2013
Waldfläche	42	ha	2013
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	2.741	ha	2013
Wohngebäude	3.419	Anzahl	2013
Wohnungen	8.100	Anzahl	2013
Kraftfahrzeugbestand	10.910	Anzahl	2013

Tabelle 1 – Strukturdaten der Stadt Bad Krozingen (Quelle: STALA BW, 2015)

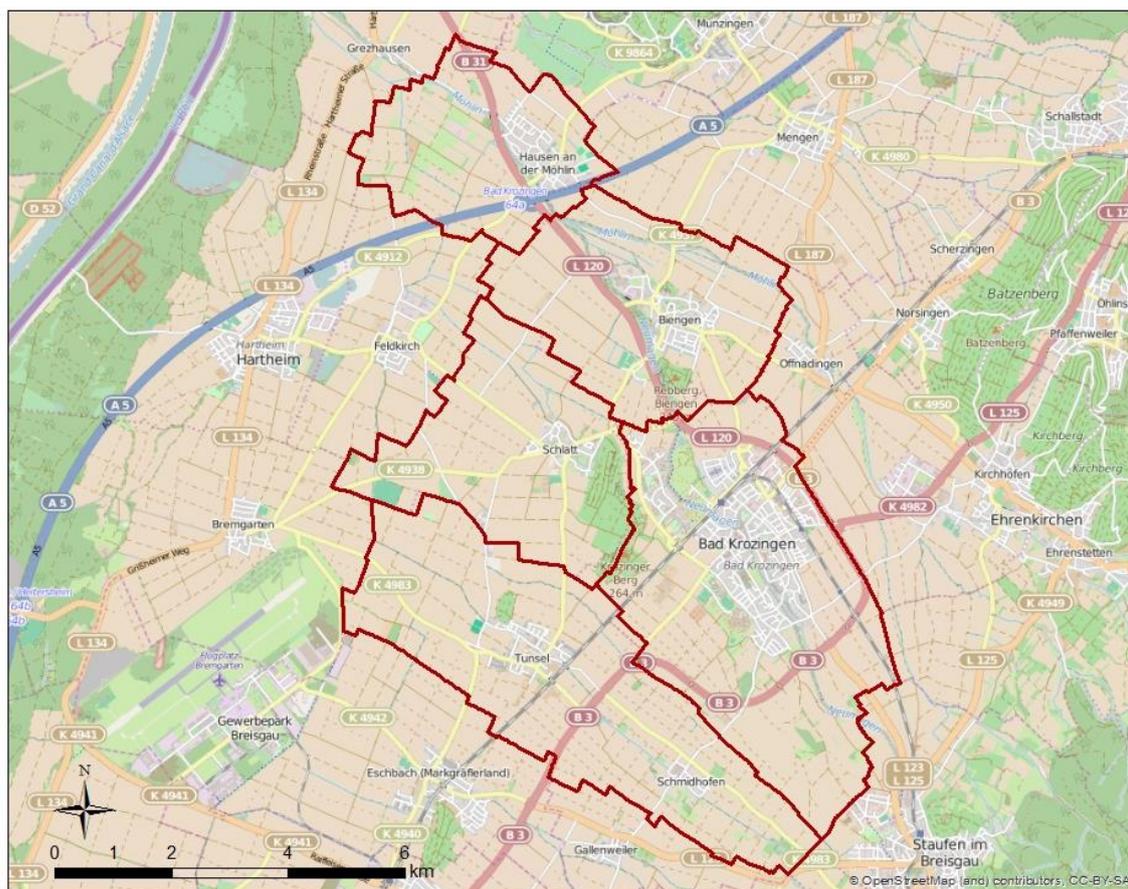


Abbildung 2 – Übersicht der Stadt (Quelle: OpenStreetMap (and) contributors, 2013)

2.2 Klimaschutz in Bad Krozingen

Die Stadt Bad Krozingen ist in mehreren Bereichen im Klimaschutz aktiv. In den städtischen Liegenschaften konnten bereits mehrere Maßnahmen zur Energieeinsparung umgesetzt werden. Von 2009 bis 2011 ließ die Stadt ihr Rathaus energetisch sanieren und dabei Fenster und Heizkessel erneuern. Das Hauptgebäude bekam in diesem Zug außerdem ein neues Dach. Im Zeitraum zwischen 2009 und 2012 wurde eine umfassende Sanierung an der Johann-Heinrich-von-Landeck-Schule durchgeführt. In diesem Rahmen wurden Wärmedämmungen an Dach und Außenwand angebracht, Aluminiumfenster eingebaut; die Heizung wurde auf einen Holzpelletkessel umgestellt. Auch die Schule in Tunsel wurde energetisch saniert und den Brandschutzbestimmungen angepasst.

Neben der Gebäudesanierung hat die Stadt Bad Krozingen in den letzten drei Jahren begonnen, Teile der Straßenbeleuchtung, beispielsweise an der neuen Bundesstraße B3, auf effiziente LED-Beleuchtung umzustellen. Im Ortsteil Biengen wird seit 2014 die Straßenbeleuchtung im LED-Contracting betrieben. Dabei übernimmt die bnNETZE GmbH den Umbau, den Betrieb und die Wartung der Leuchten für eine vereinbarte Vertragslaufzeit. Nach Ablauf der Laufzeit geht die LED-Technik in das Eigentum der Stadt über. Im März 2015 hat der Gemeinderat nun die Umstellung auf LED-Contracting in allen weiteren Ortsteilen und der Kernstadt beschlossen. Ende 2015 sollen die Umbauarbeiten abgeschlossen sein.

Im umweltpädagogischen Bereich ist die Stadt ebenfalls bereits aktiv. Im Mai 2014 wurde in der Schlatter Grundschule durch den Verein fesa e.V. in Kooperation mit der badenova AG & Co. KG eine Doppelstunde zum Thema Klimaschutz gehalten. Damit soll bereits die junge Generation auf die Problematik aufmerksam gemacht und für den Schutz des Klimas begeistert werden.

Bisher wurde noch wenig Zeit in ein fundiertes, gesamtheitliches Klimaschutzkonzept investiert. Mit der Beauftragung der badenova AG & Co. KG im Juli 2014 soll dies nun erarbeitet werden, um nicht nur Einsparpotenziale zu finden, sondern sich langfristig energetisch neu aufzustellen. Gemeinsam mit Bürgern und Akteuren vor Ort soll so der Klimaschutz weiterentwickelt werden.

2.3 Wohngebäude- und Siedlungsstruktur

Zur Beschreibung der Gebäudestruktur in Bad Krozingen wurde die „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) verwendet. Die Einordnung der Gebäude in diese Typologie ermöglicht die Analyse der Energieeinsparpotenziale für einen größeren Gebäudebestand. Bei der Typologie geht man davon aus, dass Gebäude aus einer bestimmten Bauzeit in der Regel ähnliche Baustandards und damit ähnliche thermische Eigenschaften ausweisen (Busch et al., 2010). Dazu wird der Gebäudebestand nach Baualter sowie nach Gebäudegröße in Klassen eingeteilt (vgl. Methodik, Kapitel 9). Die Grenzzahre der Baualtersklassen orientieren sich an historischen Einschnitten, an statistischen Erhebungen und an Veröffentlichungen neuer Wärmeschutzverordnungen. In diesen Zeiträumen wird der Gebäudebestand als verhältnismäßig homogen angenommen, sodass für die einzelnen Baualtersklassen durchschnittliche Energieverbrauchskennwerte bestimmt werden können. Die Gebäudegröße dagegen

beeinflusst die Fläche der thermischen Hülle. Mit den mittleren Energieverbrauchsdaten der jeweiligen Gebäudetypen kann so der energetische Zustand eines gesamten Gebäudebestands ermittelt werden (Busch et al., 2010).

Die Gebäudetypen und die Lage der Gebäude in der Siedlungsstruktur wurden durch eine Begehung vor Ort erhoben, um neben der Kategorisierung der Gebäude nach Art und Alter auch sichtbare Sanierungsmaßnahmen (z.B. neue Fenster oder Außenwanddämmung) mitberücksichtigen zu können.

Auf Basis dieser Erhebung sind in der folgenden Abbildung 3 die Wohngebäude von Bad Krozingen nach Baualter dargestellt. Rund 61 % der vorhandenen Wohngebäude (Bestandsgebäude) sind vor Inkrafttreten der zweiten Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1984 erbaut worden. Dies ist von besonderem Interesse, da Wärmedämmung damals eine untergeordnete Rolle spielte und das Einsparpotenzial durch Sanierungsmaßnahmen dementsprechend hoch ist.

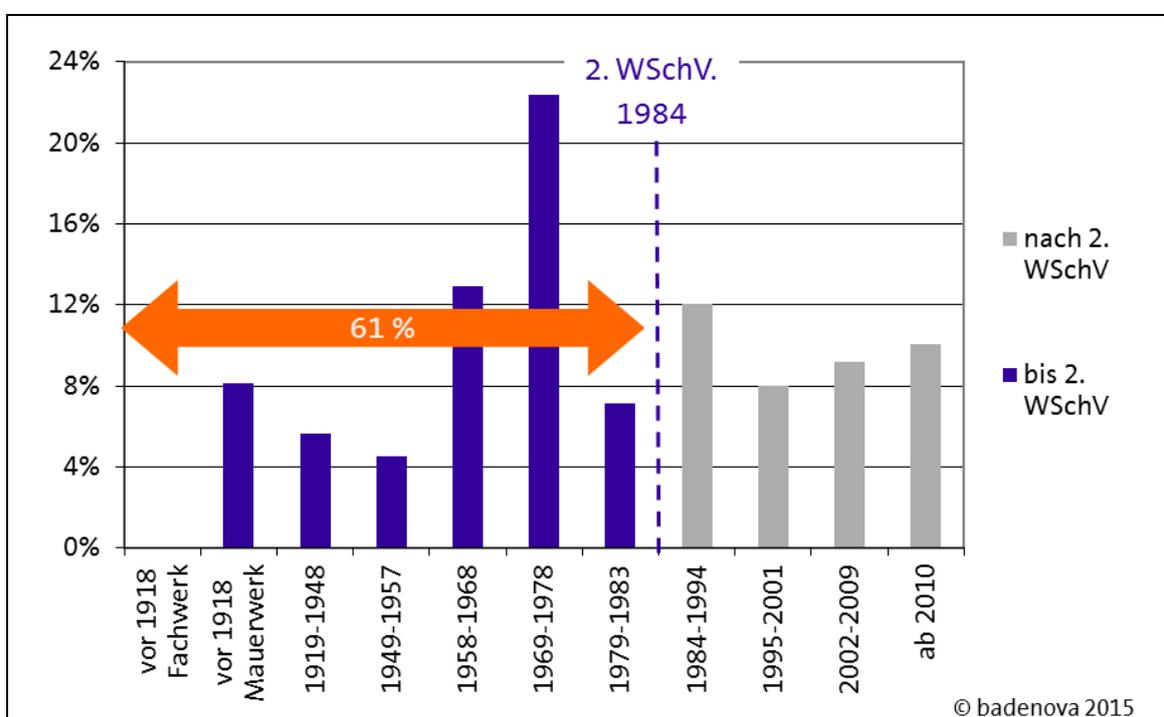


Abbildung 3 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Bad Krozingen

Aus der Einordnung der Gebäude in die Gebäudetypologie lassen sich Aussagen über die Siedlungsstruktur von Bad Krozingen treffen. Hierzu wurden alle Gebäude in Altersklassen eingeteilt und zu Baublöcken zusammengefasst. Dies erleichtert die schnelle Identifizierung von Gebieten ähnlicher Struktur für mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparung. In Bad Krozingen befinden sich in den einzelnen Ortsteilen zahlreiche Gebäude, die noch vor oder zwischen den beiden Weltkriegen erbaut wurden. Deutlich wird, dass besonders in den 1960er und 1970er Jahren neue Wohngebiete erschlossen wurden. Immer wieder sind in der Stadt neue Gebäude hinzugekommen, sowohl in neu ausgewiesenen Wohngebieten als auch als Nachverdichtung innerhalb der Ortsteile, sodass heute eine gemischte Gebäudestruktur aufzufinden ist. Aufgrund der stetig steigenden Bevölkerungszahlen der Stadt wurden in den letzten beiden Jahrzehnten und wer-

den auch aktuell neue Baugebiete ausgewiesen. In Abbildung 4 ist exemplarisch der Ortsteil Hausen a.d.M. und in Abbildung 5 der Ortsteil Schlatt dargestellt. Beide Karten zeigen deutlich jeweils den alten Ortskern und die Baugebiete gleichen Baualters.

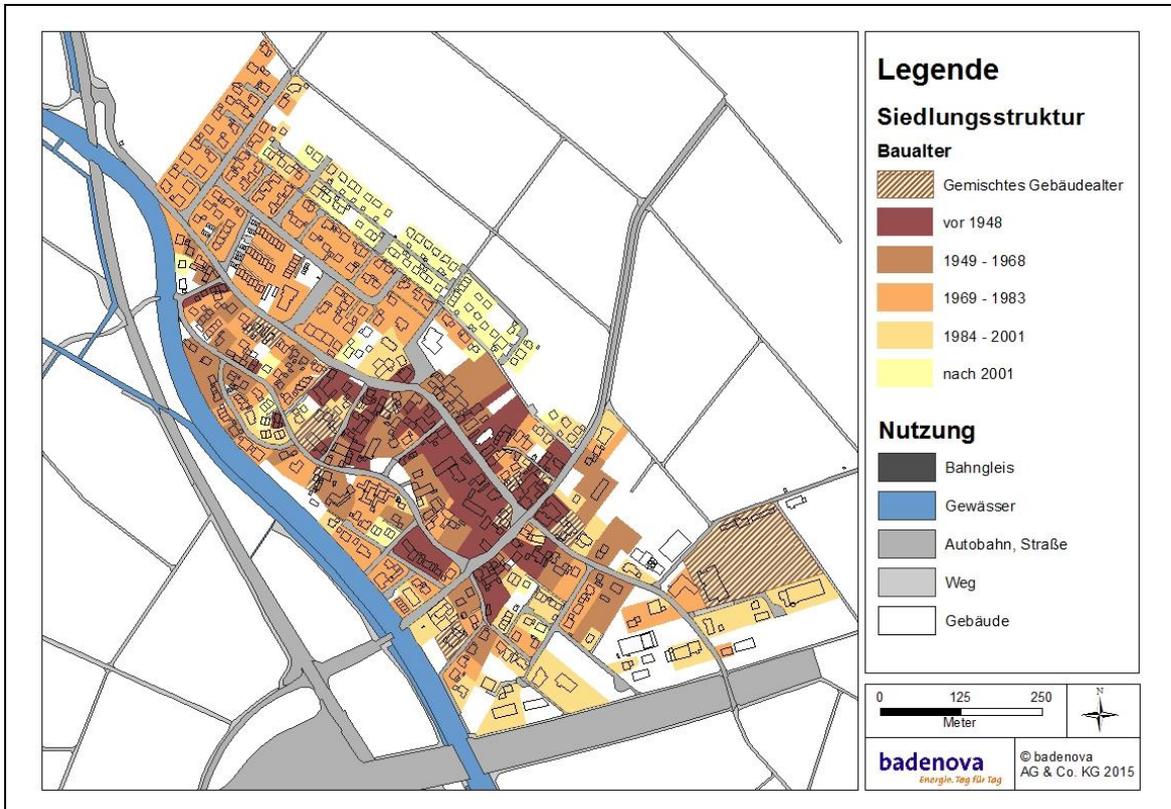


Abbildung 4 – Siedlungsstruktur des Ortsteils Hausen a.d.M. nach Baualter der Gebäude

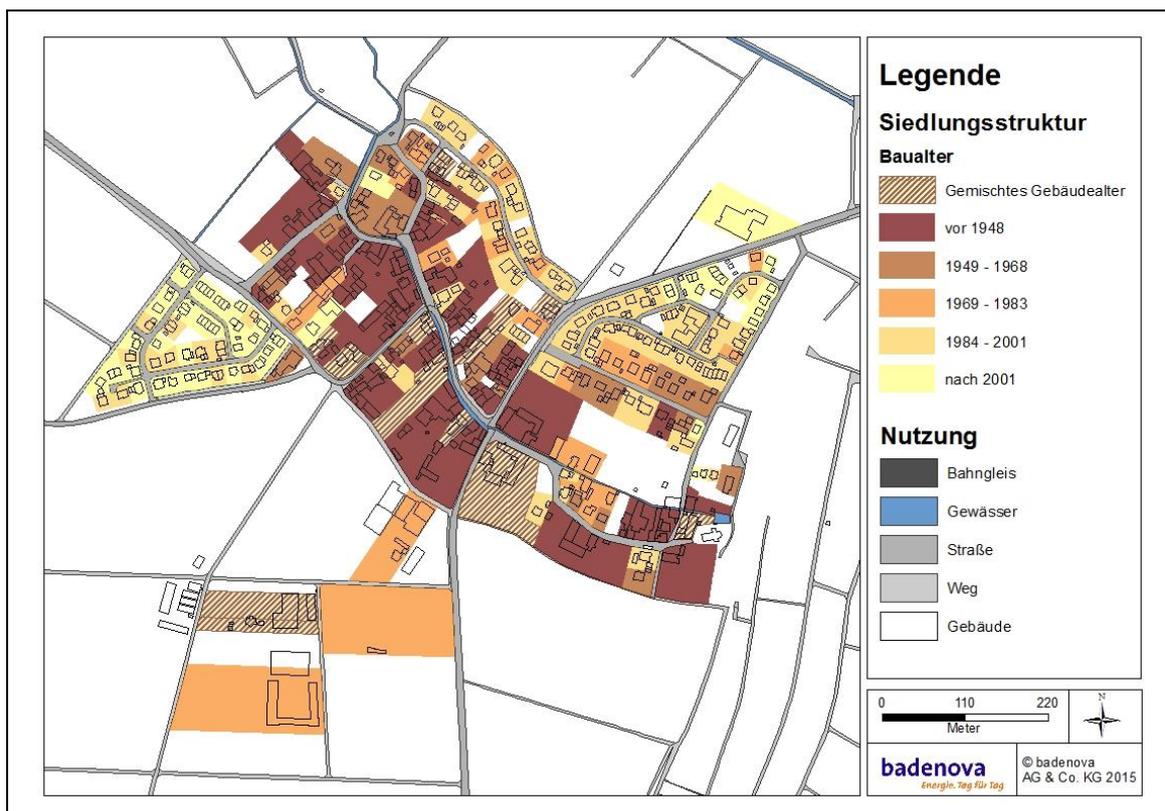


Abbildung 5 – Siedlungsstruktur des Ortsteils Schlatt nach Baualter der Gebäude

Neben dem Gebäudealter sind auch die Energieverbrauchswerte für die Ermittlung der Energieeinsparpotenziale des Wohnbestandes relevant, die wiederum von der jeweiligen Gebäudeart abhängig sind. In Bad Krozingen wurde daher zur Bestimmung des Raumwärmebedarfs pro m² zwischen den vier Gebäudearten Einfamilienhaus, Reihenhaus/Doppelhaushälften, Mehrfamilienhaus und Hochhaus unterschieden, die aufgrund ihrer Gebäudegröße jeweils ähnliche thermische Eigenschaften aufweisen.

Charakteristisch für ländliche Gemeinden sind freistehende Einfamilienhäuser, die in Bad Krozingen immerhin 46 % des Wohnbestandes ausmachen (vgl. Abbildung 6). Diese Einfamilienhäuser spielen bei der Erschließung der Einsparpotenziale eine große Rolle. Zum einen verzeichnen sie im Durchschnitt den höchsten Energieverbrauch pro Einwohner, zum anderen werden Einfamilienhäuser meist vom Eigentümer selbst bewohnt. Der Nutzen von Sanierungsmaßnahmen wirkt sich hier direkt aus und erhöht die Bereitschaft des Eigentümers, Investitionen zur Energieeinsparung vorzunehmen.

Eine Gebäudeart, die z.B. gut für die Versorgung durch eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage geeignet wäre, sind Hochhäuser oder große Mehrfamilienhäuser. In Bad Krozingen gibt es ca. 250 solcher Gebäude. Gemeinsam mit kleineren Mehrfamilienhäusern machen sie 20 % der Gebäude aus. Diese Zahlen sind im Vergleich zu ländlichen Gemeinden relativ hoch und machen die städtische Siedlungsstruktur von Bad Krozingen deutlich.

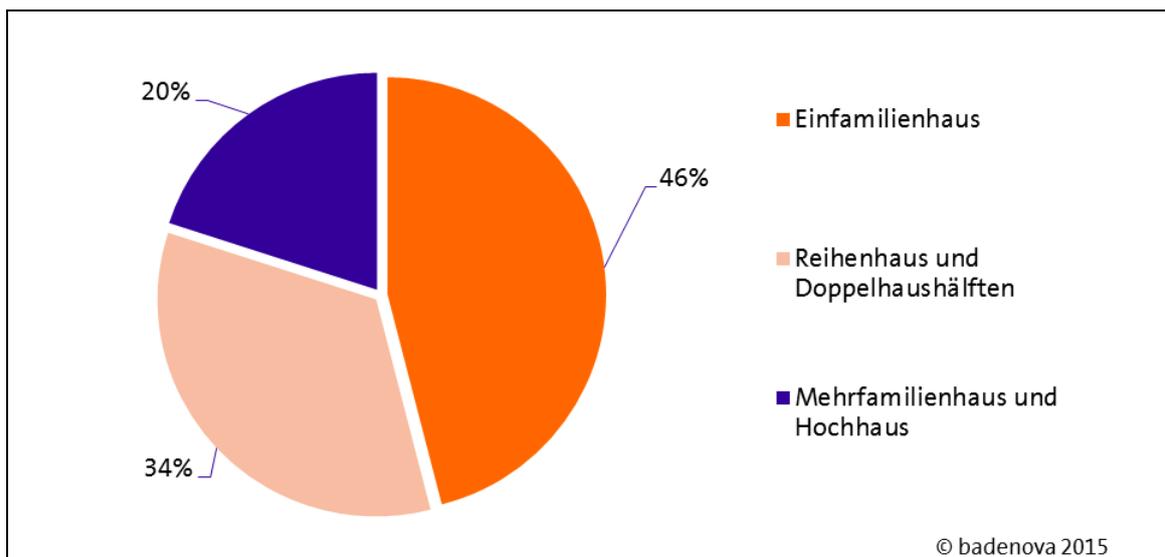


Abbildung 6 – Verteilung der Gebäudearten in Bad Krozingen

2.4 Lokale Wärmeinfrastruktur

In allen Ortsteilen der Stadt Bad Krozingen ist ein Erdgasnetz vorhanden. Die Kernstadt, Gewerbegebiete und die meisten Wohngebiete in den Ortsteilen weisen eine hohe Leitungsdichte aus. Beispielsweise sind 80 % des Kernortes Bad Krozingen mit Erdgasleitungen erschlossen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass Erdgas den höchsten Anteil der Energieträger zur Wärmeerzeugung in der Stadt hat (vgl. Kapitel 3.2). Abbildung 7 gibt einen Überblick über den aktuellen Ausbauzustand der Gasnetzinfrastuktur am Beispiel des Ortsteils Biengen.

In der Stadt sind sowohl in privaten Haushalten als auch in Gewerbebetrieben mehrere Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen installiert, die mit Erdgas oder Bioerdgas betrieben werden. Außerdem sind zwei kleine Nahwärmenetze vorhanden. Eines befindet sich im Bereich der Kliniken, ein anderes betreibt die badenova WÄRMEPLUS GmbH in der südwestlichen Kernstadt im Bereich des Freizeitbades Aquarado. Die dortige Heizzentrale, ein mit Bioerdgas betriebenes Blockheizkraftwerk, versorgt das Schwimmbad, die Max-Planck-Realschule samt Turnhalle, eine Sporthalle sowie das Kreisgymnasium mit Wärme (vgl. Abbildung 8).



Abbildung 7 – Hauptstraßen und Gasleitungen (rot) im Ortsteil Biengen

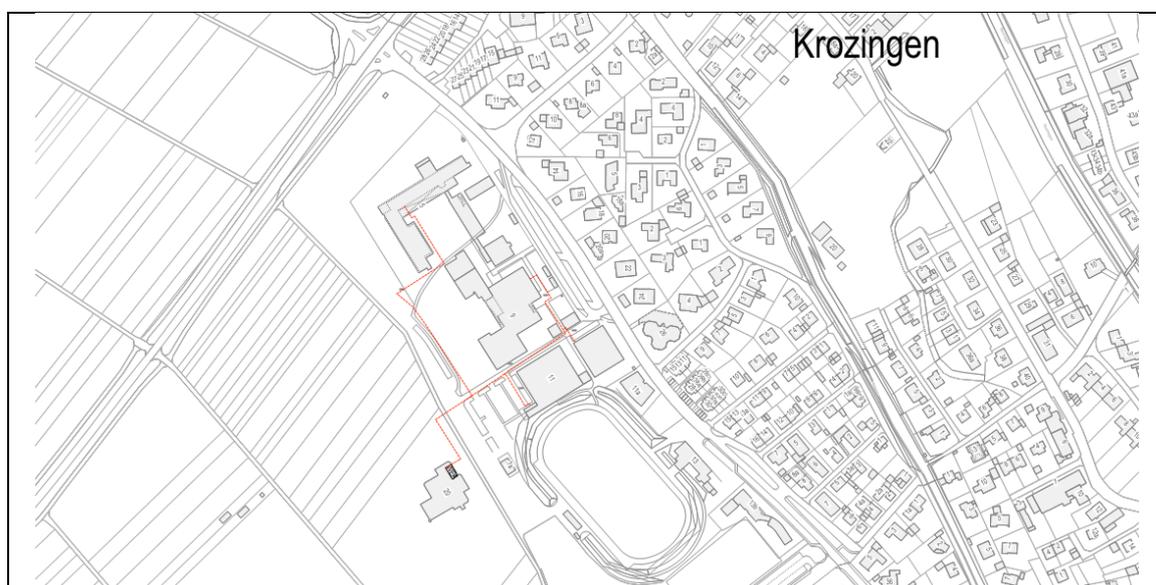


Abbildung 8 – Lage des Nahwärmenetzes Aquarado (rot) im Kernort Bad Krozingen

2.5 Nachhaltiges Flächenmanagement

Ein nachhaltiges Flächenmanagement dient einer zukunftsorientierten, wirtschaftlichen und sozial verträglichen Raum- und Siedlungsentwicklung. Die Stadt Bad Krozingen kann Kraft ihrer Planungshoheit die jetzige und zukünftige bauliche Entwicklung im Rahmen der Bauleitplanung aktiv gestalten. Ziel des nachhaltigen Flächenmanagements ist einerseits die planvolle und effiziente Nutzung der vorhanden kommunalen Ressourcen und andererseits dessen quantitativer und qualitativer Schutz. Dabei gilt es insbesondere, das langfristige Entwicklungspotenzial und die Bodennutzung zu optimieren, indem der Flächenverbrauch reduziert, Bauland bedarfsadäquat bereitgestellt und der Erhalt und die Wiederherstellung der Funktionen von Boden und Freiflächen gewährleistet wird.

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) definiert vier Themenfelder, in denen Indikatoren der Flächennutzung erfasst werden können:

- Flächeneinsatz
- Effizienz
- Qualität
- Flächenmanagement

Das Statistische Landesamt Baden-Württemberg ermittelt regelmäßig die Indikatoren zum Flächenverbrauch aller Gemeinden in Baden-Württemberg und betrachtet bei allen vier Indikatoren jeweils den derzeitigen Zustand sowie die Entwicklung der letzten acht Jahre. Jede Gemeinde wird im Vergleich zu strukturell ähnlichen Gemeinden dargestellt. Demnach wird die Stadt Bad Krozingen als „Randzone um Verdichtungsraum über 10.000 Einwohner“ definiert.

Abbildung 9 zeigt das Ergebnis dieses Vergleichs in einem Kreisdiagramm. Der Durchschnittswert der Referenzgemeinden ist als graue Fläche dargestellt. Die Werte der Stadt Bad Krozingen sind als blaue Linie eingezeichnet.

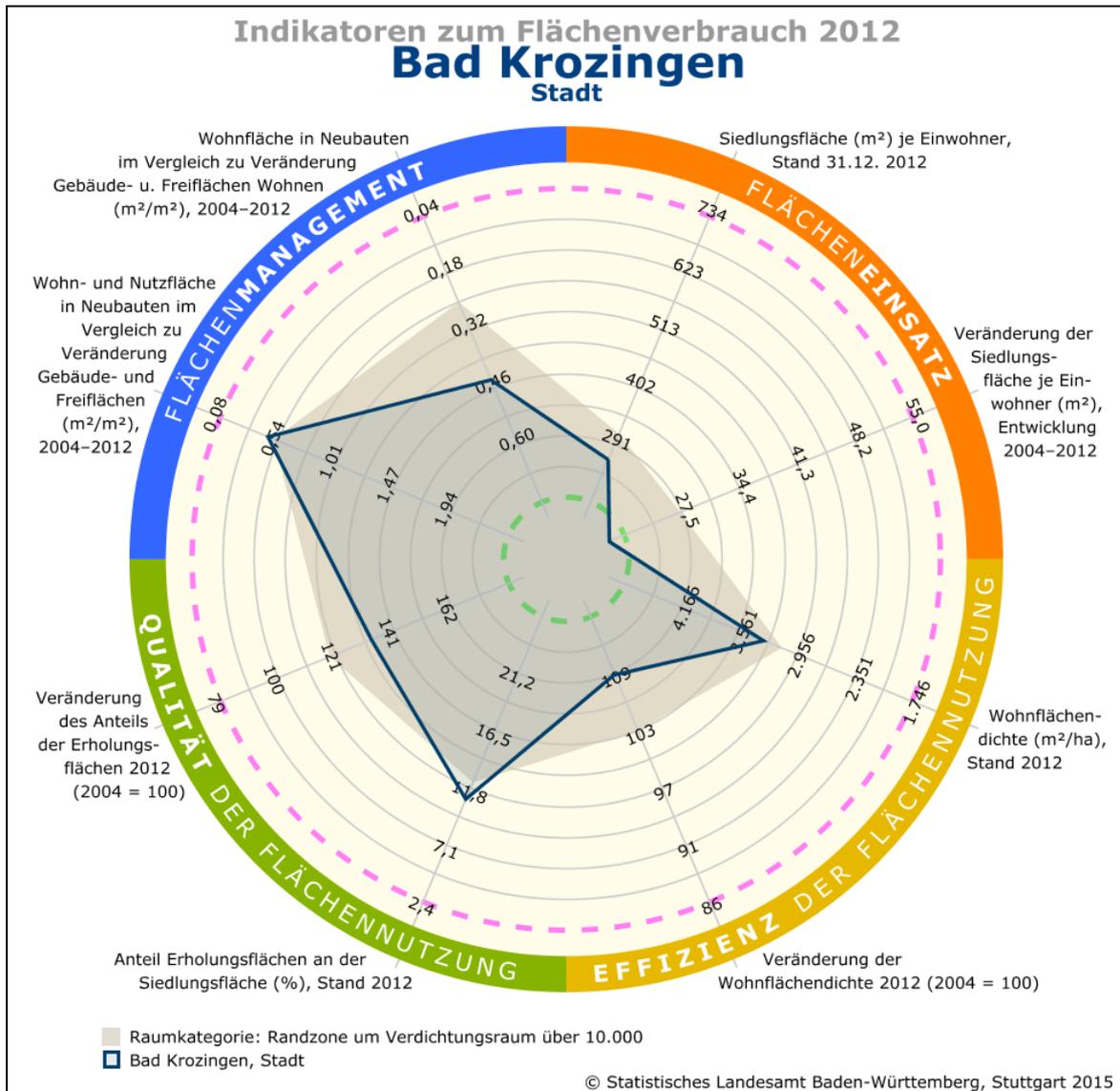


Abbildung 9 – Indikatoren zum Flächenverbrauch der Stadt Bad Krozingen 2012 (Quelle: STALA BW, 2015)

Der Indikator Flächeneinsatz (orange) zeigt die Flächeninanspruchnahme der Stadt in Siedlungsfläche pro Einwohner. Hier hat Bad Krozingen niedrigere Werte vorzuweisen als vergleichbare Gemeinden.

Bei der Effizienz der Flächennutzung (gelb) werden die Nutzung und die bauliche Dichte von Wohngebieten eingeschätzt. Die Stadt Bad Krozingen weist eine höhere absolute und somit effizientere Wohnflächendichte auf als der Durchschnitt.

Die Qualität der Flächennutzung (grün) betrachtet den Anteil von Erholungsflächen in der Stadt. Diese sind wichtig, um sowohl ein gesundes und attraktives Umfeld für Einwohner und Unternehmen zu schaffen als auch um ökologische Belastungen der Siedlungsentwicklung zu mindern. Hier weist die Stadt einen etwas niedrigeren Anteil auf als eine durchschnittliche Gemeinde. Betrachtet man die Veränderungen seit 2004, wird jedoch deutlich, dass der Anteil der Erholungsflächen in Bad Krozingen stärker gestiegen ist als im Durchschnitt.

Der Indikator Flächenmanagement (blau) setzt das Baugeschehen mit dem Zuwachs an Baugebietsfläche in Relation. Bad Krozingen erreicht etwas niedrigere Werte als der Durchschnitt. Grund dafür kann die Ausweisung neuer Baugebiete sein, in denen einige Bauplätze noch unbebaut sind, wie dies zum Beispiel im Neubaugebiet Kurgarten der Fall ist.

Um der zunehmenden Baulandknappheit und der Neuinanspruchnahme von Freiflächen vorzubeugen, sind die Aktivierung von Baulücken sowie die Identifizierung von leerstehenden Gebäuden und Bauplätzen aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten bedeutsam. Hierdurch können ohne großen planerischen und finanziellen Aufwand Baulandpotenziale erschlossen und ein nachhaltiges Flächenmanagement gewährleistet werden.

Mithilfe der Vor-Ort-Begehung der Stadt konnten 31 momentan leerstehende und unbewohnte Gebäude identifiziert werden. In der gesamten Stadt wurden 16 unbewohnte Wohngebäude identifiziert und neun leerstehende Gewerbeflächen (z.B. leerstehendes Gasthaus, freie Ladenflächen) erhoben. Zudem bergen ungenutzte Scheunen in der Stadt Flächen und Potenziale für neue Wohnbauprojekte. Eine Umnutzung kann zu einer Wertsteigerung dieser Flächen führen.

3. Energienutzung und CO₂-Bilanz

3.1 Stromverbrauch und Strombedarfsdeckung

3.1.1 Stromverbrauch nach Sektoren

Die aktuellen Stromverbrauchsdaten des Bilanzjahres 2013, aggregiert auf die gesamte Stadt, sowie Verbrauchsdaten der Straßenbeleuchtung wurden durch eine Abfrage beim örtlichen Stromnetzbetreiber, der bnNETZE GmbH, erhoben. Die Stadtverwaltung stellte zusätzlich detaillierte Stromverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften zur Verfügung.

Nach diesen Daten lag der Stromverbrauch in Bad Krozingen bei rund 74.880 MWh im Jahr 2013. Der Sektor Wirtschaft hat mit 66 % den mit Abstand größten Anteil des jährlichen Stromverbrauchs (ca. 49.260 MWh/Jahr). Mit 26 %, also rund 19.600 MWh/Jahr, steht der Sektor private Haushalte an zweiter Stelle. Der Heizungsstrom ist für 5 % des Gesamtstromverbrauchs verantwortlich. Der restliche Verbrauch ist dem Sektor kommunale Liegenschaften (2 %) und der Straßenbeleuchtung der Stadt (1 %) zuzuordnen (vgl. Abbildung 10).

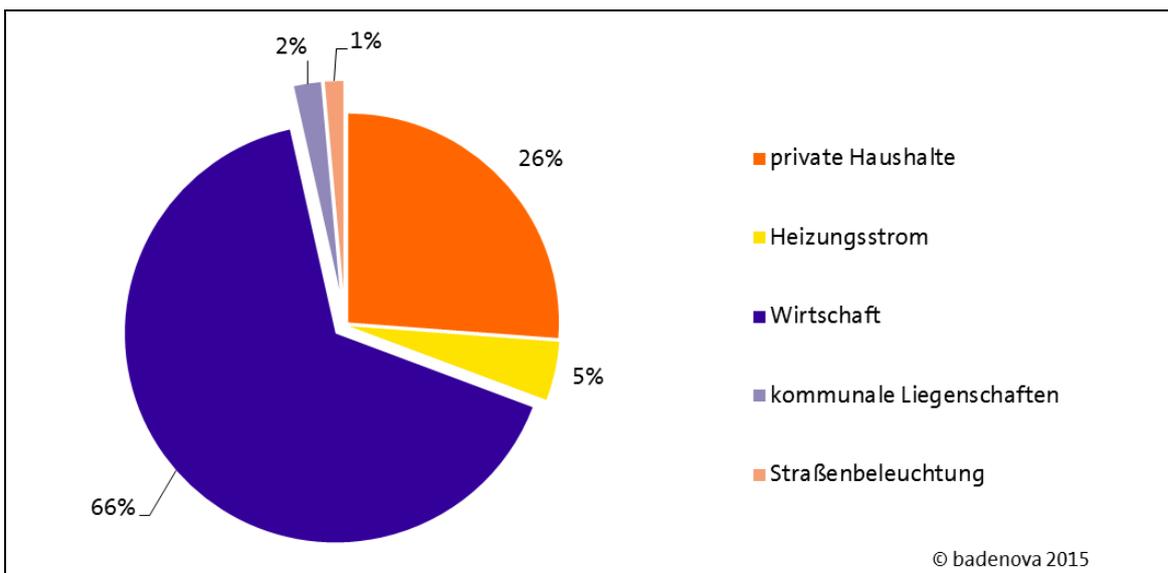


Abbildung 10 – Gesamtstromverbrauch in Bad Krozingen nach Sektoren

Der Stromverbrauch der gesamten kommunalen Liegenschaften betrug in 2013 ca. 1.540 MWh. Den höchsten Einzelverbrauch hat das Freizeitbad Aquarado mit ca. 425 MWh/Jahr. Die Max-Planck-Realschule und das Rathaus in der Kernstadt machen mit rund 210 MWh/Jahr bzw. 195 MWh/Jahr Strom Jahr 2013 ebenfalls einen großen Anteil des kommunalen Stromverbrauchs aus. An vierter Stelle steht der Stromverbrauch für sonstige Beleuchtung und Anlagen in der Stadt, welcher die Ampelanlagen, diverse Marktanschlüsse und die Beleuchtung von Plätzen beinhaltet (vgl. Abbildung 11).

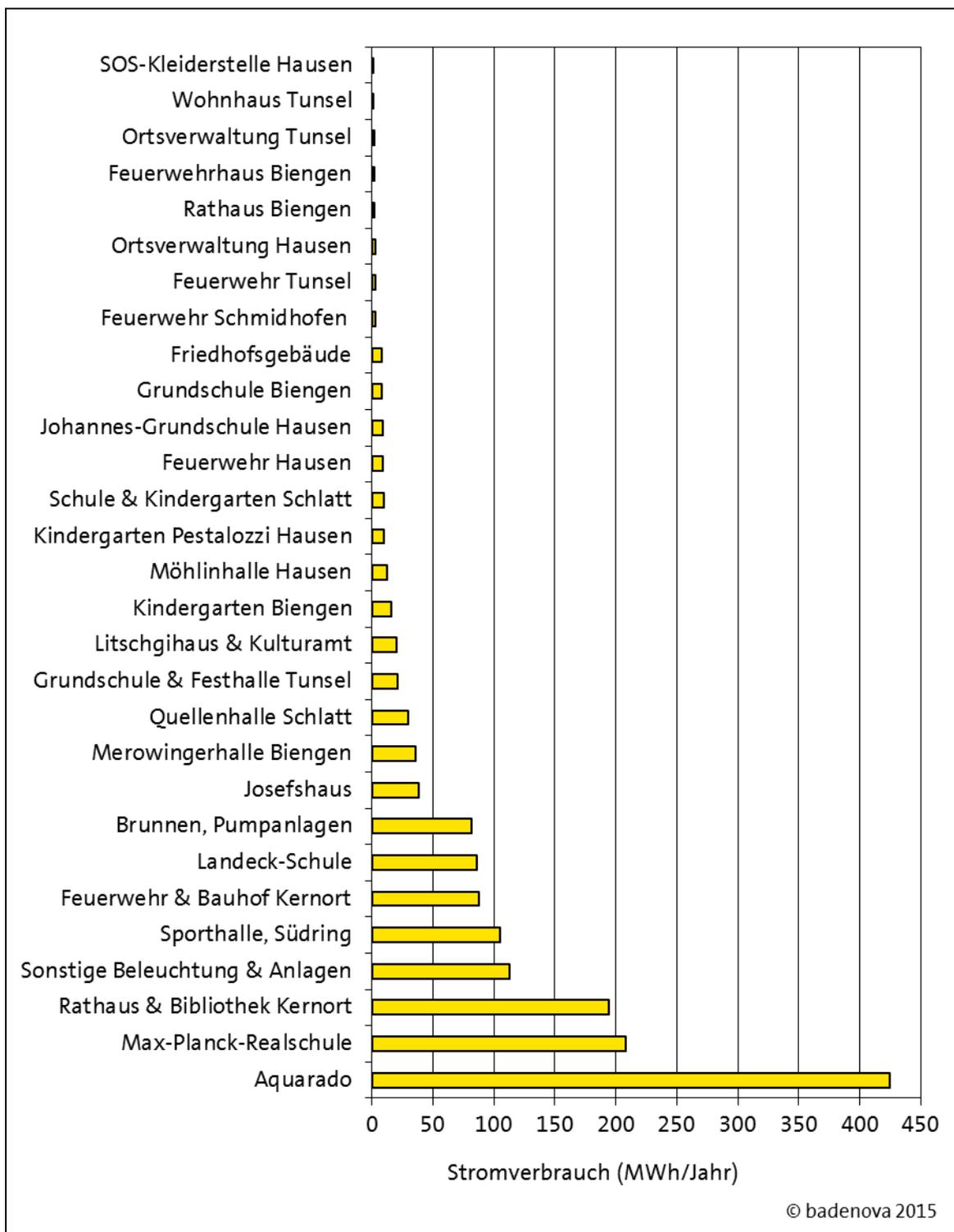


Abbildung 11 – Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften (2013)

Zusätzlich zu diesen Verbräuchen der kommunalen Liegenschaften wurden im Jahr 2013 1.065 MWh Strom für die Straßenbeleuchtung der Stadt verbraucht. Insgesamt gibt es in der Stadt knapp 2.700 Leuchten, wovon die meisten Quecksilberdampflampen sind. Ein kleinerer Teil sind Hochdrucknatriumdampflampen. In Teilen des Kernorts und im Ortsteil Biengen wurden bereits moderne LED-Leuchten installiert. Der Austausch hin zu diesen hocheffizienten Leuchten soll

nun schrittweise fortgeführt werden. Im Mai 2015 wurde im Gemeinderat beschlossen, die Straßenbeleuchtung in allen Teilen der Stadt auf das sogenannte LED-Licht-Contracting (vgl. Kapitel 2.2) umzustellen.

Für den Vergleich der Straßenbeleuchtung mit anderen Gemeinden wurde der Strombedarf auf die Einwohnerzahl bezogen. In Bad Krozingen wurden im Jahr 2013 ca. 61 kWh Strom pro Einwohner für die Straßenbeleuchtung aufgewendet. Damit liegt die Stadt über dem Mittelwert von 53,8 kWh/Jahr der mehr als dreißig Referenzgemeinden (vgl. Abbildung 12).

Durch die fortlaufende Modernisierung der Straßenbeleuchtung in der Stadt wird Bad Krozingen das hohe Potenzial zur Verbesserung der Effizienz und dadurch zur Energieeinsparung nutzen. Durch den Austausch der bisherigen Leuchten durch LED-Technik wird mit einer Stromeinsparung von 70 % gerechnet. Somit wird die Stadt im Vergleich zu den Referenzgemeinden deutlich besser abschneiden und mit einem Stromverbrauch von ca. 18,3 kWh pro Einwohner für die Straßenbeleuchtung sogar an erste Stelle rücken (vgl. Abbildung 12). Die Umstellung soll bis Ende des Jahres 2015 fertiggestellt sein. Somit werden die Einsparpotenziale kurzfristig wirksam und bereits in der nächsten Fortschreibung der Energiebilanz deutlich sichtbar werden.

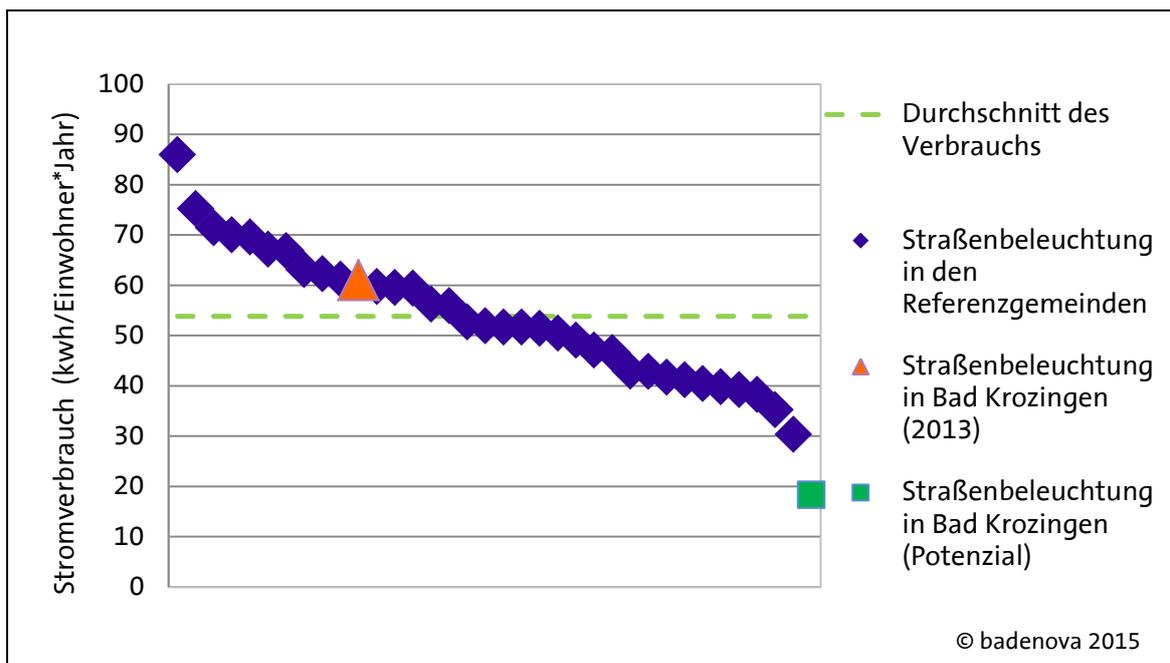


Abbildung 12 – Vergleich des Stromverbrauchs der Straßenbeleuchtung pro Einwohner und Jahr

3.1.2 Strombedarfsdeckung

Daten zu Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien (Anlagentyp, Leistung und eingespeiste Strommengen) wurden beim Übertragungsnetzbetreiber TransnetBW abgefragt. Danach wurde der Strom aus erneuerbaren Energien in Bad Krozingen im Jahr 2013 durch 351 PV-Anlagen (insgesamt 7.302 kW Leistung) und zwei Biomasse-Anlagen (insgesamt 154 kW Leistung) erzeugt. Weitere Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien, zum Beispiel aus Wind- oder Wasserkraft, sind auf der Gemarkung der Stadt nicht vorhanden.

In Abbildung 13 ist die Zahl der jeweils zugebauten PV-Anlagen über zwölf Jahre inklusive der kumulierten Leistung ausgewiesen. Der Trend zeigt eine kontinuierliche Steigerung der gesamten installierten Leistung zwischen den Jahren 2001 und 2013 von 116 kW auf 7.302 kW. Der durch PV-Anlagen eingespeiste Strom steigerte sich von 1.074 MWh im Jahr 2007 auf 5.921 MWh im Jahr 2013.

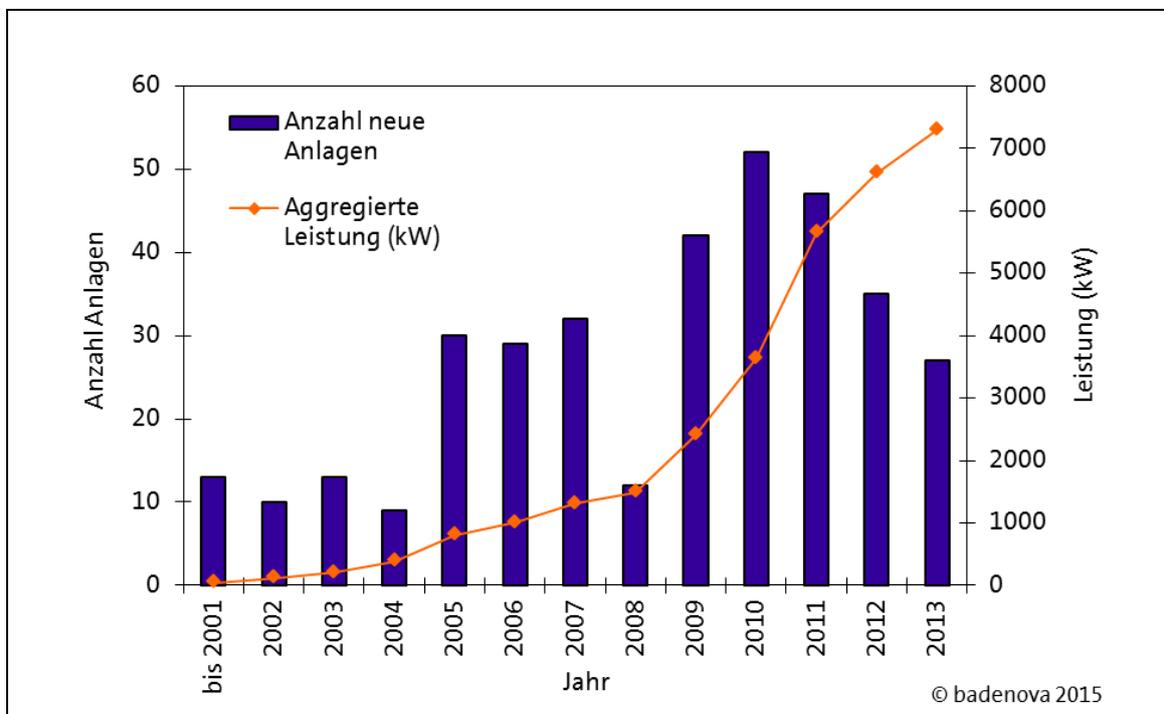


Abbildung 13 – Zubau PV-Anlagen und aggregierte Leistung

Im Jahr 2013 erzeugten die installierten PV-Anlagen zusammen etwa 5.921 MWh Strom und deckten somit ca. 8 % des gesamten Stromverbrauchs der Stadt (vgl. Abbildung 14). Dieser Anteil liegt im Vergleich mit anderen Gemeinden im unteren Bereich.

Neben den genannten Stromeinspeiseanlagen auf Basis erneuerbarer Energien können auch konventionelle Erzeugungsanlagen, z.B. kleinere Blockheizkraftwerke (BHKW), einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz leisten. In Bad Krozingen sind mehrere Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) in Gewerbebetrieben, Privathaushalten und kommunalen Liegenschaften vorhanden. Insgesamt werden 2.301 MWh/Jahr und damit 3 % des Gesamtstromverbrauchs von Bad Krozingen mit dieser effizienten Technologie erzeugt (vgl. Abbildung 14).

KWK-Anlagen können und sollen einen wesentlichen Beitrag zu einer dezentralen, nachhaltigen Energieversorgung leisten. KWK-Systeme bieten den Vorteil, dass sie gleichzeitig Wärme und Strom in einer Anlage erzeugen. Der Gesamtwirkungsgrad des Systems ist hierbei höher als bei der ausschließlichen Stromerzeugung (vgl. Abbildung 15).

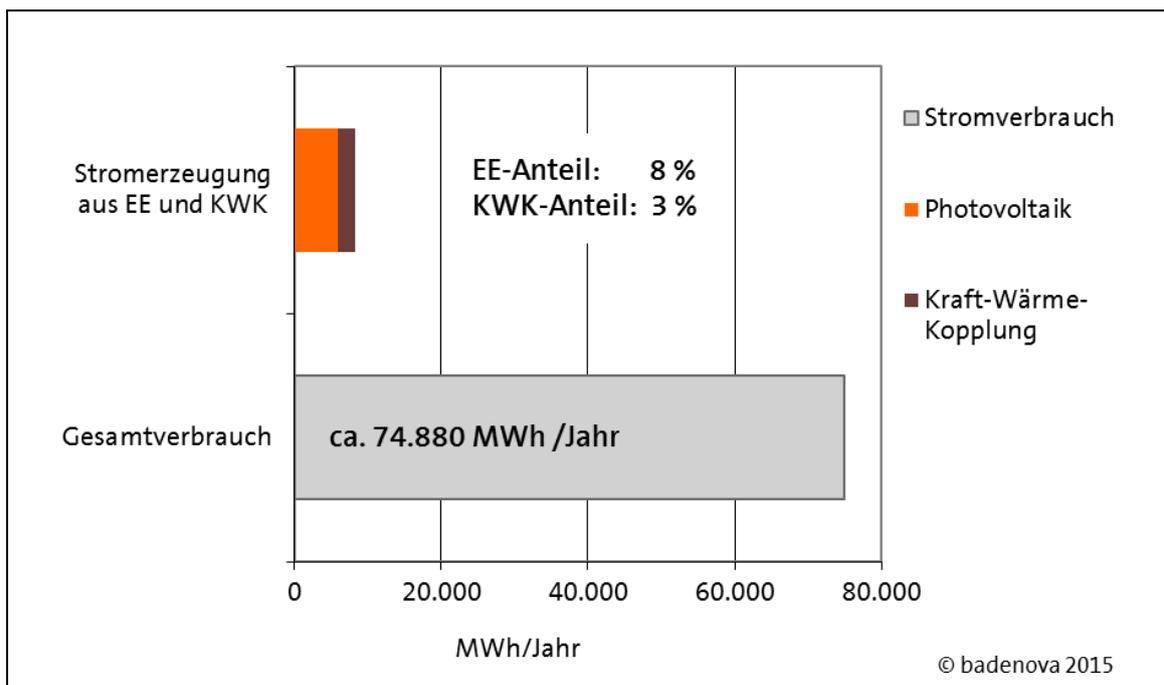


Abbildung 14 – Anteil der Stromerzeugung aus EE und KWK im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch im Jahr 2013

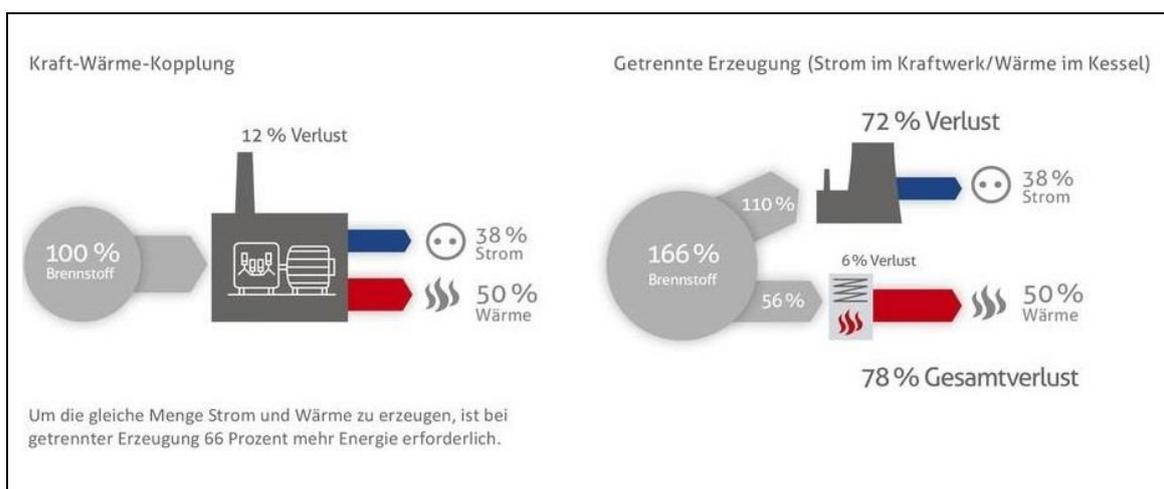


Abbildung 15 – Darstellung des Endenergieeinsatzes bei getrennter und gekoppelter Erzeugung von Wärme und Strom (Quelle: Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V., 2011)

3.1.3 CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs

Für die CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs der Stadt Bad Krozingen wurde der Emissionsfaktor von 0,617 t CO₂/MWh für den deutschen Strommix angenommen (IFEU, 2014a), vgl. Kapitel 9.3. Auf Basis dieser Kenndaten betrug der CO₂-Ausstoß für die Deckung des Stromverbrauchs der Stadt ca. 46.200 t im Jahr 2013.

Durch die Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien trägt Bad Krozingen dazu bei, dass sich die CO₂-Belastung des Strommixes verbessert. Da die CO₂-Emissionen dieser Anlagen deutlich niedriger sind als der Emissionsfaktor des

deutschen Strommixes, wurde zusätzlich ein kommunaler Strommix für Bad Krozingen berechnet, in dem diese Anlagen berücksichtigt werden. Für die Berechnung des kommunalen Strommixes wurden Emissionsfaktoren von 0,061 t CO₂/MWh für Strom aus Photovoltaik-Anlagen und 0,214 t CO₂/MWh für Strom aus Biomasse-Anlagen angenommen (IFEU, 2014a; IFEU, 2015). Durch den Strom aus erneuerbaren Energien wurden in Bad Krozingen im Jahr 2013, im Vergleich zu Strom aus dem deutschen Strommix, 3.634 t CO₂ vermieden. Abbildung 16 zeigt den Beitrag der erneuerbaren Energien zur Minderung des CO₂-Ausstoßes über die letzten Jahre.

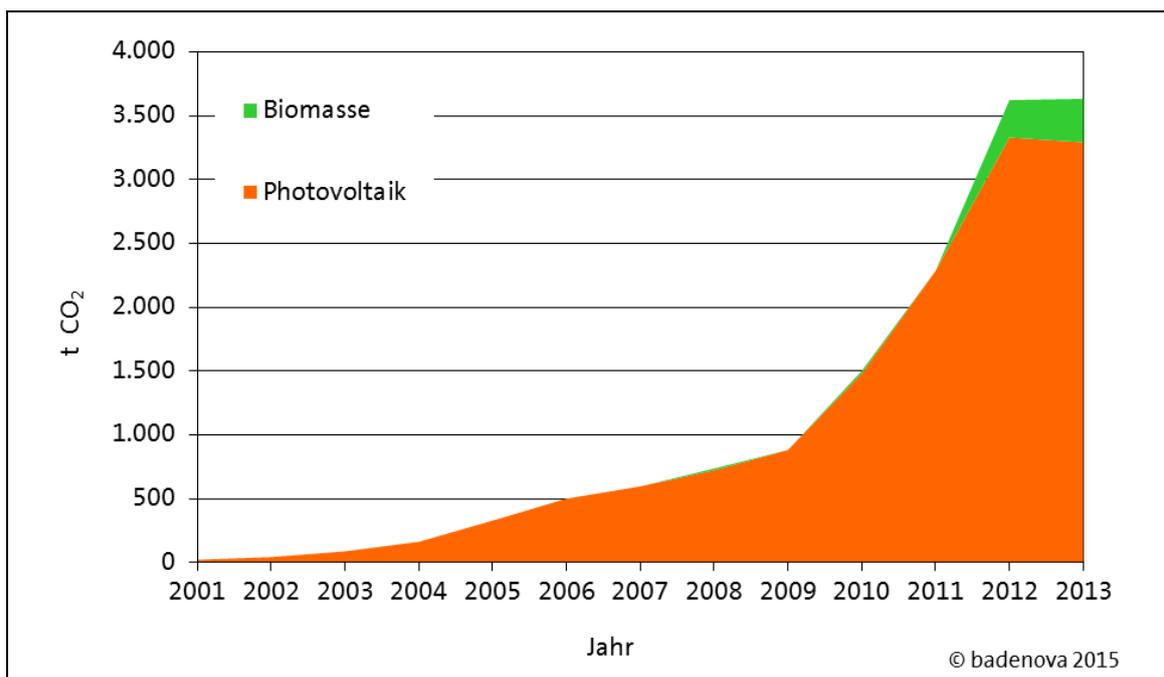


Abbildung 16 – Vermeidung von CO₂-Emissionen durch die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien im Vergleich zum deutschen Strommix

3.2 Wärmeverbrauch und Wärmebedarfsdeckung

3.2.1 Wärmeverbrauch nach Sektoren

Der örtliche Erdgasnetzbetreiber bnNETZE GmbH stellte die aktuellen Gasverbrauchsdaten zur Verfügung. Diese Daten waren zu ergänzen durch Informationen über die anderen Heizenergieträger Heizöl, Flüssiggas, Energieholz (z.B. Scheitholz, Holzpellets usw.), Solarthermie und Strom für Wärmepumpen, die wie folgt erhoben wurden:

- Für den nicht-netzgebundenen Verbrauch wurden aggregierte Daten des LUBWs (LUBW, 2015) zu dem Energieverbrauch kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen herangezogen. Zusätzlich wurde von den Schornsteinfegermeistern eine genauere Auflistung der installierten Leistungen zur Verfügung gestellt, die allerdings keine Rückschlüsse auf einzelne Feuerungsanlagen zulässt.

- Gewerbliche und industrielle Betriebe wurden direkt nach ihrem Energieverbrauch befragt. Auf den durch die Stadt zugestellten Fragebogen haben insgesamt lediglich elf von 30 angeschriebenen Unternehmen geantwortet.
- Der Bestand an Solarthermieanlagen wurde aus der Datenbank „Solaratlas.de“ ermittelt. Diese Datenbank erfasst jedoch nur solarthermische Anlagen, die durch das bundesweite Marktanreizprogramm gefördert wurden.
- Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Stadtverwaltung zur Verfügung gestellt.

Aus diesen verschiedenen Datenquellen lässt sich, zusammen mit der Gebäude- und Siedlungsstruktur (vgl. Kapitel 2.3), der Gesamtwärmeverbrauch in Bad Krozingen abschätzen (vgl. Kapitel 9). Dieser beträgt rund 205.740 MWh im Jahr 2013. Betrachtet man den Gesamtwärmeverbrauch nach Sektoren, wird deutlich, dass die privaten Haushalte mit 62 % am Gesamtverbrauch den höchsten Wärmeverbrauch darstellen. Die örtlichen Industrie- und Gewerbebetriebe sowie Kliniken nehmen einen Anteil von 36 % ein (vgl. Abbildung 17).

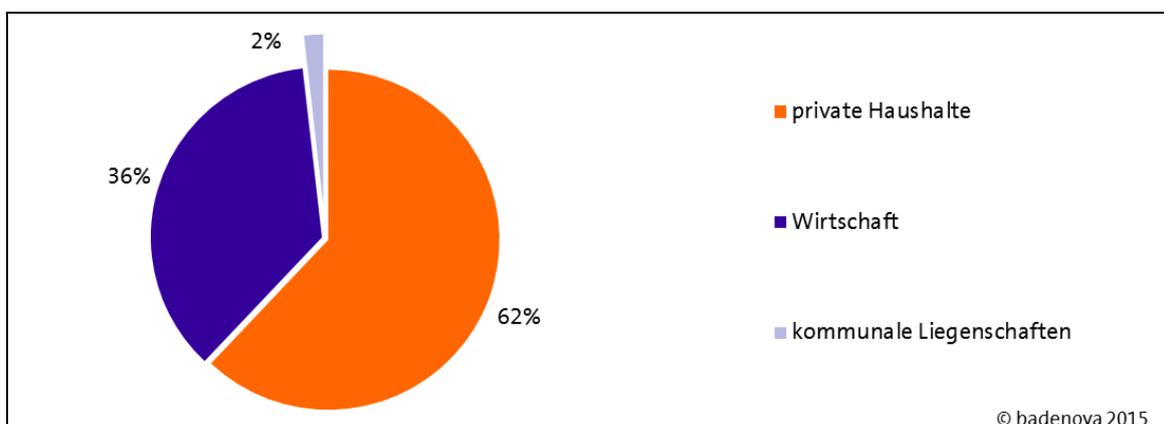


Abbildung 17 – Gesamtwärmeverbrauch nach Sektoren

3.2.2 Wärmebedarfsdeckung nach Energieträger

Nach den vorliegenden Informationen wird zur Deckung des jährlichen Wärmebedarfs in Bad Krozingen zum größten Teil Erdgas (60 %, ca. 123.860 MWh) eingesetzt. Heizöl (23 %, ca. 47.630 MWh) und Energieholz (12 %, ca. 25.300 MWh) stehen an zweiter und dritter Stelle. Insgesamt werden 13 % des Wärmeverbrauchs der Stadt durch erneuerbare Energiequellen (EEQ) erzeugt: Neben Energieholz werden auch Solarthermie (0,4 %, ca. 800 MWh) und Umweltwärme, d.h. Erd- und Luftwärmepumpen, (0,04 %, 90 MWh) eingesetzt. Zusätzlich werden 2 % (ca. 3.400 MWh) des Wärmeverbrauchs durch Heizungsstrom gedeckt. Den gleichen Anteil hat Wärme aus KWK-Anlagen bzw. Fernwärme (2 %, 3.420 MWh). Ein geringer Anteil von 0,6 % am Gesamtwärmebedarf (1.220 MWh) wird über sonstige fossile Energieträger (Kohle und Flüssiggas) gedeckt (vgl. Abbildung 18).

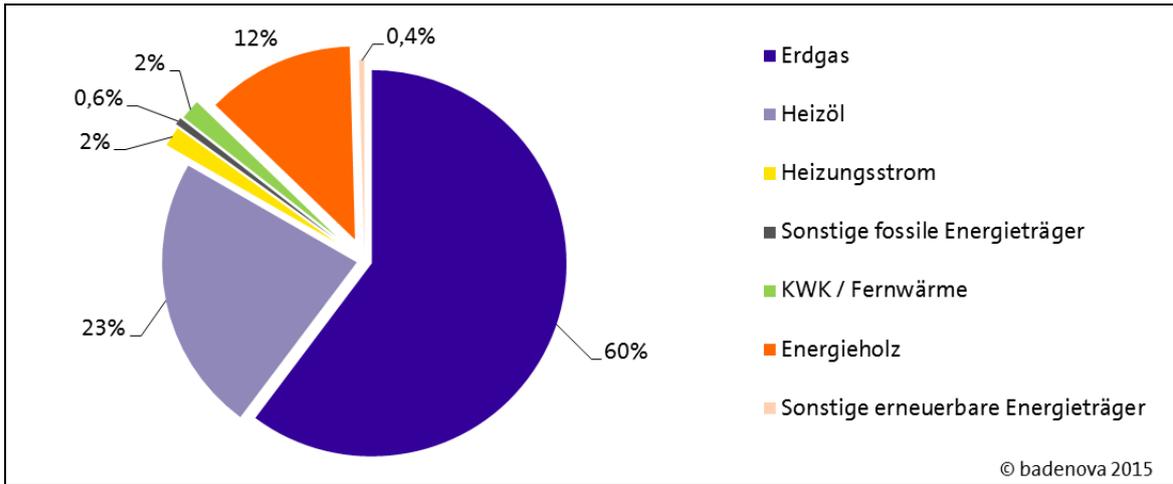


Abbildung 18 – Gesamtwärmeverbrauch nach Energieträgern

Abbildung 19 zeigt nochmals detailliert die Aufteilung der Energieträger auf den Wärmeverbrauch der Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und kommunale Liegenschaften.

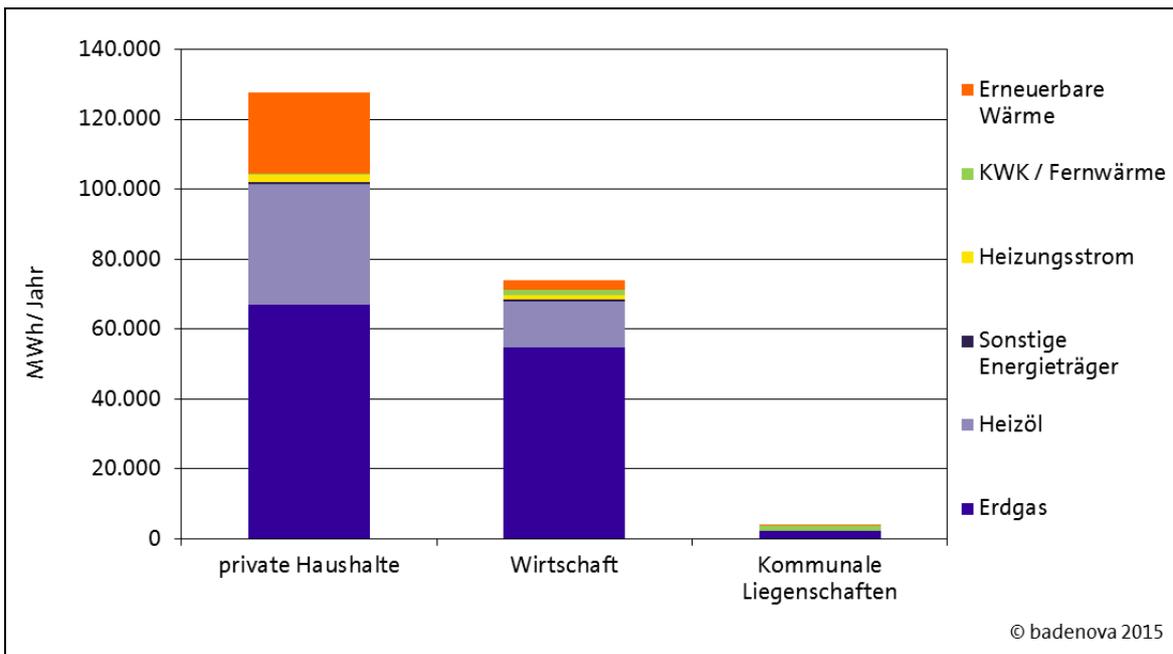


Abbildung 19 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern

Für die kommunalen Liegenschaften wurden im Jahr 2013 ca. 4.000 MWh für die Wärmeversorgung benötigt. Davon wurden 57 % aus Erdgas und 33 % aus Fernwärme bereitgestellt. Die restlichen Anteile wurden durch Energieholz, Strom und Heizöl gedeckt.

Den höchsten Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften weist mit ca. 760 MWh Fernwärmeverbrauch im Jahr 2013 das Aquarado-Bad auf. Weitere große Verbraucher sind der Bauhof mit Feuerwehr im Kernort, das Litschgihaus und die Max-Planck-Realschule. Die Quellenhalle in Schlatt und die Landeck-

Schule im Kernort werden mit Pellets versorgt. Die einzige mit Heizöl versorgte Liegenschaft im Jahr 2013 war das Friedhofsgebäude.

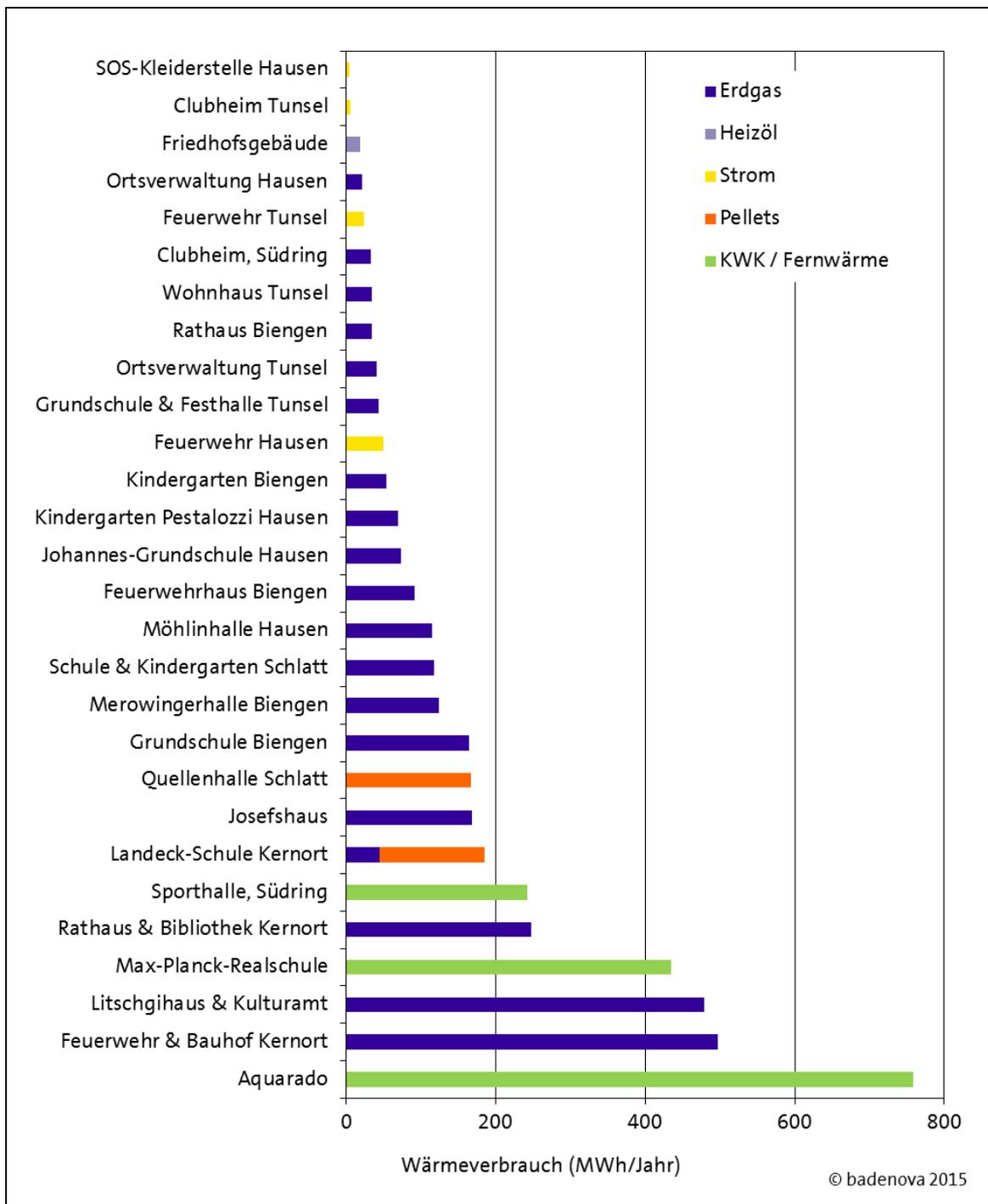


Abbildung 20 – Wärmeverbrauch der öffentlichen Liegenschaften (2013)

3.2.3 Wärmekataster

In einem Geographischen Informationssystem (GIS) können die Wärmebedarfsdaten (vgl. Abschnitt 9.2) mit Lageinformationen der Gebäude der Stadt zusammengeführt werden. Das sich hieraus ergebende Wärmekataster verdeutlicht die geographische Verteilung des Wärmebedarfs.

Als Auszug aus diesem Kataster zeigt Abbildung 21 den absoluten Wärmebedarf auf Gebäudeebene. Aus den Karten erkennt man deutlich die Wärmeinseln mit hohem Wärmebedarf. Aufgrund ihrer Größe weisen beispielsweise das Herz-Zentrum Bad Krozingen (linker Bildrand) oder die Hochhäuser in der Straße „In den Mühlmatten“ (Bildmitte) einen hohen Wärmebedarf aus.

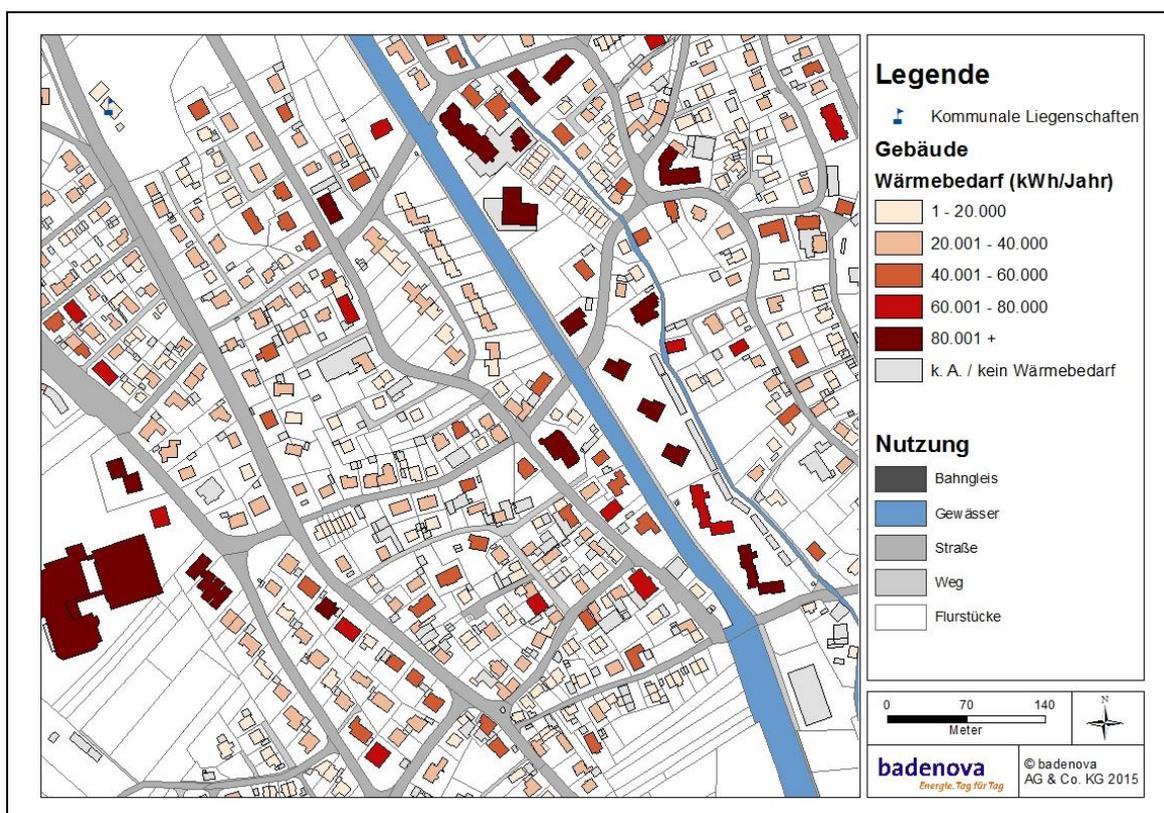


Abbildung 21 – Auszug des Wärmekatasters: Absoluter Wärmebedarf auf Gebäudeebene

Zur weiteren Auswertung des Wärmebedarfs und zur Erörterung möglicher Versorgungsvarianten ist im Anhang das gesamte Wärmekataster sowohl des Kernorts als auch der Ortsteile in Form von Karten beigefügt. Wir verweisen auch auf unsere zusätzlichen Ausführungen in Kapitel 5 (Handlungsfelder), da die Höhe des Energieverbrauchs nicht zwangsläufig Begründung für die Neuinstallation einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage oder eines Nahwärmenetzes sein sollte.

3.2.4 CO₂-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs

Aus den Daten in Abschnitt 3.2.1 und 3.2.2 ergibt sich, dass die Deckung des Wärmeverbrauchs in Bad Krozingen für das Jahr 2013 zu CO₂-Emissionen in Höhe von etwa 49.120 t führte.

Die kommunalen Liegenschaften sind mit ihrer Wärmeerzeugung für ca. 810 t CO₂ pro Jahr verantwortlich. Hier schneiden die mit Heizöl oder Strom beheizten Liegenschaften im Verhältnis zu ihrem Wärmeverbrauch schlechter ab als die übrigen Liegenschaften. Dies liegt an den höheren CO₂-Emissionen des Stroms und Heizöls im Vergleich zu Erdgas, Fernwärme oder Pellets. Die Quellenhalle Schlatt und die Landeck-Schule im Kernort ebenso wie die mit Fernwärme aus Bioerdgas versorgten Liegenschaften weisen deshalb vergleichsweise niedrige CO₂-Emissionen auf. Die höchsten CO₂-Emissionen haben das Feuerwehr- und Bauhofgebäude sowie das Litschgihaus mit jeweils ca. 120 t (vgl. Abbildung 22).

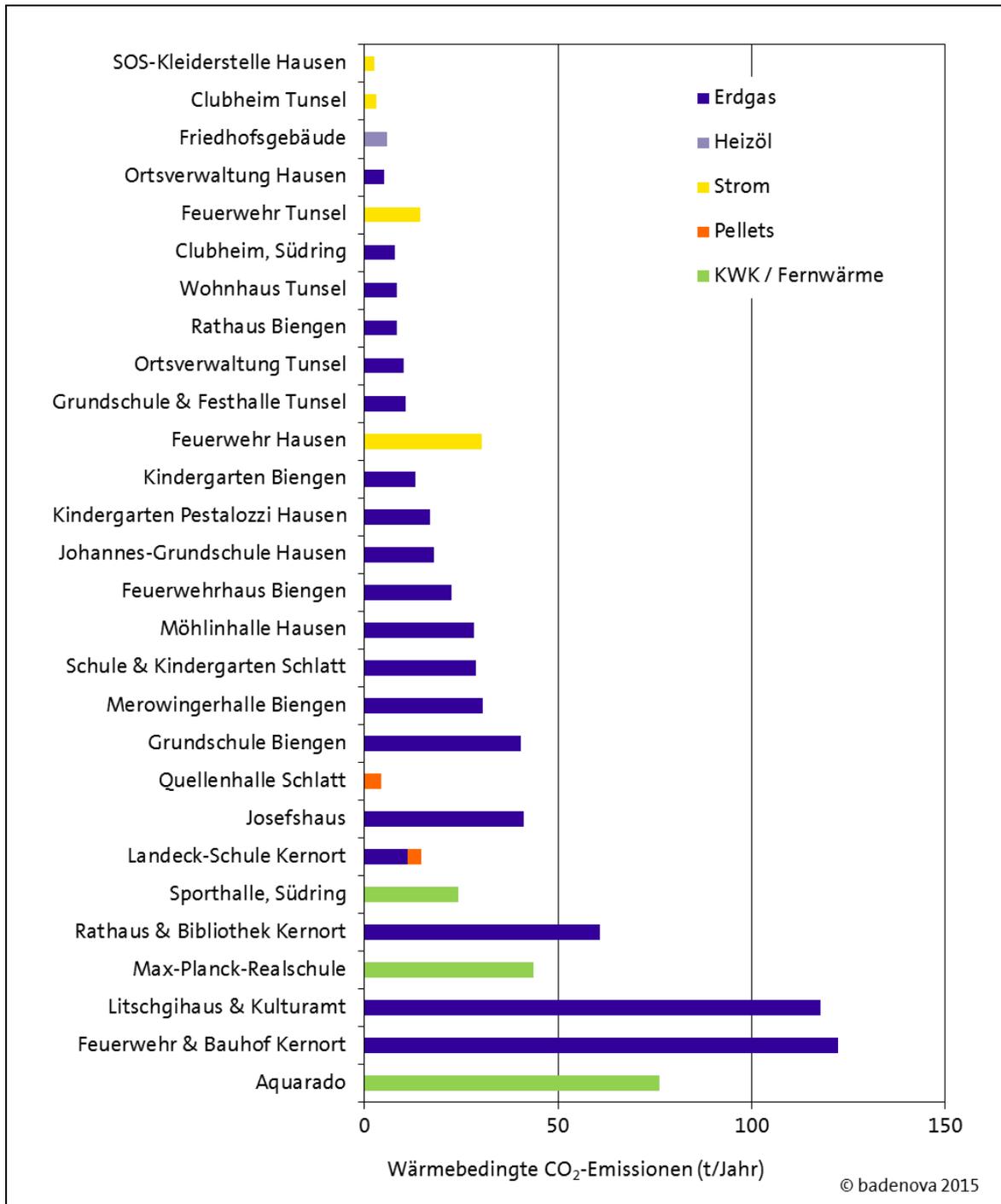


Abbildung 22 – CO₂-Emissionen der kommunalen Liegenschaften durch Wärmeerzeugung (2013)

3.3 Verkehr

Neben den durch den Strom- und Wärmeverbrauch hervorgerufenen Emissionen fließt der Sektor Verkehr in erheblichem Maße in die Energie- und CO₂-Bilanz einer Stadt ein. Mit Daten zur Fahrleistung nach Fahrzeugtyp und Kraftstoffart des Statistischen Landesamtes aus den Jahren 2007 bis 2012 konnten die CO₂-Emissionen der Stadt Bad Krozingen ermittelt werden. Daten für das Bilanzjahr 2013 lagen nicht vor, weshalb auf die Angaben aus dem Jahr 2012 zurückgegriffen wurde. Es ist davon auszugehen, dass sich die Daten aus den beiden Jahren nicht wesentlich unterscheiden. Daten zu Bahn und Schienenverkehr konnten laut dem Betreiber Deutsche Bahn AG nicht zur Verfügung gestellt werden.

Die Daten des Statistischen Landesamtes wurden mit unterschiedlichen Methoden erhoben. Während für Bundesautobahnen oder Bundesstraßen die Personenkilometer, die auf eine Gemeinde entfallen, aus den gesamten im Bundesland gefahrenen Kilometern auf die Gemeinde umgelegt werden (mit Hilfe der Länge der Straßen in km und der Einwohnerzahl der Gemeinde), wird die Fahrleistung für nachgeordnete Straßen (Land-, Kreis- und Gemeindestraßen) aus Fahrzeugzählungen ermittelt.

Eine exakte, auf die Gemarkung der Stadt Bad Krozingen bezogene Aussage ist damit nicht möglich. Doch zeigt die in Tabelle 2 vorgenommene Abschätzung, welcher großen Anteil der Straßenverkehr sowohl am Energieverbrauch (Kraftstoff) als auch an den CO₂-Emissionen der Stadt hat.

Jahr 2012	Kraftrad	Pkw	Leichte Nutzfahrzeuge	Schwere Nutzfahrzeuge	Gesamt
Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr (1.000 km)					
Außerortsstraßen ¹	1.821	78.932	2.235	5.611	88.599
Innerortsstraßen ²	312	12.257	590	470	13.629
Autobahnen	232	45.623	2.550	8.078	56.483
Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (t)					
Benzin	64	3.619	17	-	3.700
Diesel	-	2.557	365	3.529	6.451
Energieverbrauch nach Fahrzeugen (Benzin und Diesel) (MWh)					132.257
CO₂-Emissionen nach Fahrzeugen (t)					39.616

Tabelle 2 – Detailbilanz Verkehr 2012 von Bad Krozingen (Datengrundlage: STALA BW, 2015a)

¹ Umfasst Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen

² Umfasst Ortsdurchfahrten und sonstige Gemeindestraßen

Insgesamt wurden demnach im Jahr 2012 132.257 MWh Energie durch den Einsatz von Benzin und Diesel im Verkehr in Bad Krozingen verbraucht. Einen großen Anteil haben dabei Fahrten auf der Autobahn A5 auf der Gemarkung Bad Krozingen sowie auf Außerortsstraßen.

Die genaue Aufteilung nach Fahrzeugtyp ist in Abbildung 23 dargestellt. PKW sind für den größten Anteil (61 %) des verkehrsbedingten Energieverbrauchs verantwortlich, gefolgt von schweren Nutzfahrzeugen und Bussen mit einem Anteil von 35 % am Energieverbrauch. Leichte Nutzfahrzeuge (4 %) und Krafträder (1 %) machen nur einen geringen Anteil des Energieverbrauchs aus. Insgesamt wurden im Jahr 2012 durch den Verkehr 39.616 t CO₂-Emissionen ausgestoßen.

Der große Einfluss des Verkehrs auf die Gesamtemissionen der Stadt ist ein Grund dafür, warum bei der Definition von Klimaschutzmaßnahmen das Handlungsfeld Mobilität auf keinen Fall vernachlässigt werden sollte.

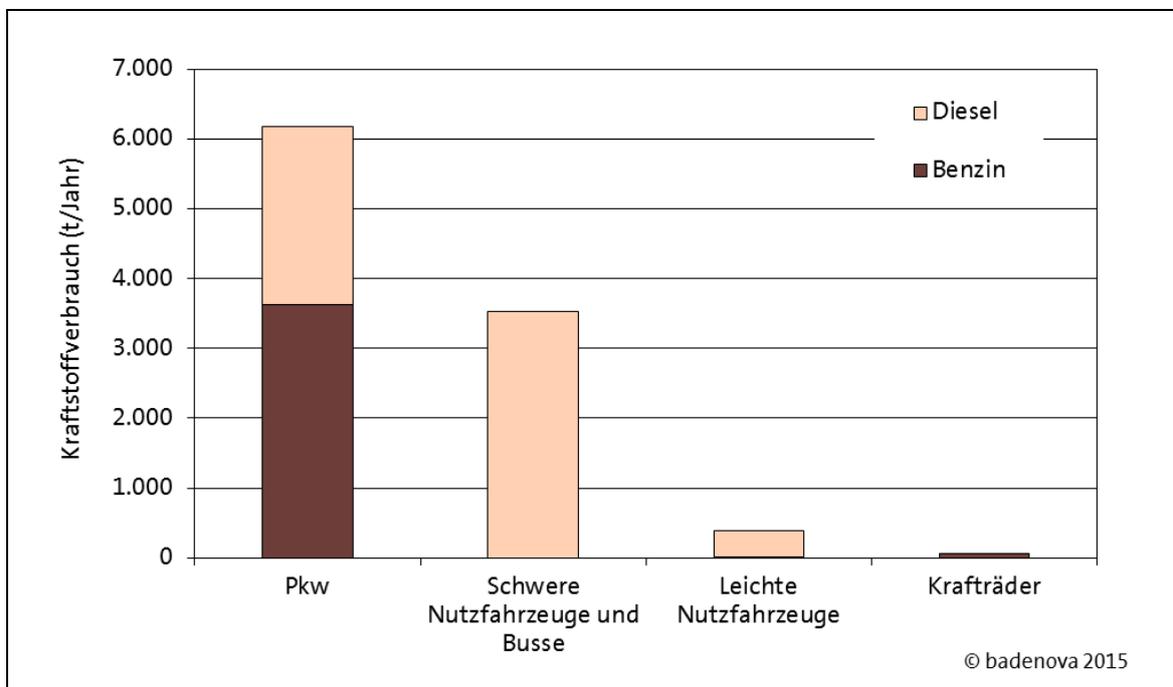


Abbildung 23 – Energieverbrauch des Sektors Verkehr nach Fahrzeugtypen in Bad Krozingen (2012)

3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse (Energienutzung)

3.4.1 Gesamtenergiebilanz

Fasst man den Strom- und Wärmeverbrauch sowie den Energieverbrauch des Verkehrs in Bad Krozingen zusammen, ergibt dies einen Gesamtenergieverbrauch von rund 409.470 MWh im Jahr 2013. Der Sektor private Haushalte trägt mit rund 36 % den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Der Sektor Verkehr hat einen Anteil von 32 % und der Wirtschaftssektor hat einen Anteil von 30 % am Verbrauch. Mit einem Anteil von knapp 2 % am Gesamtenergiever-

brauch liegen die kommunalen Liegenschaften im Vergleich zu anderen Gemeinden genau im Durchschnitt (vgl. Abbildung 24).

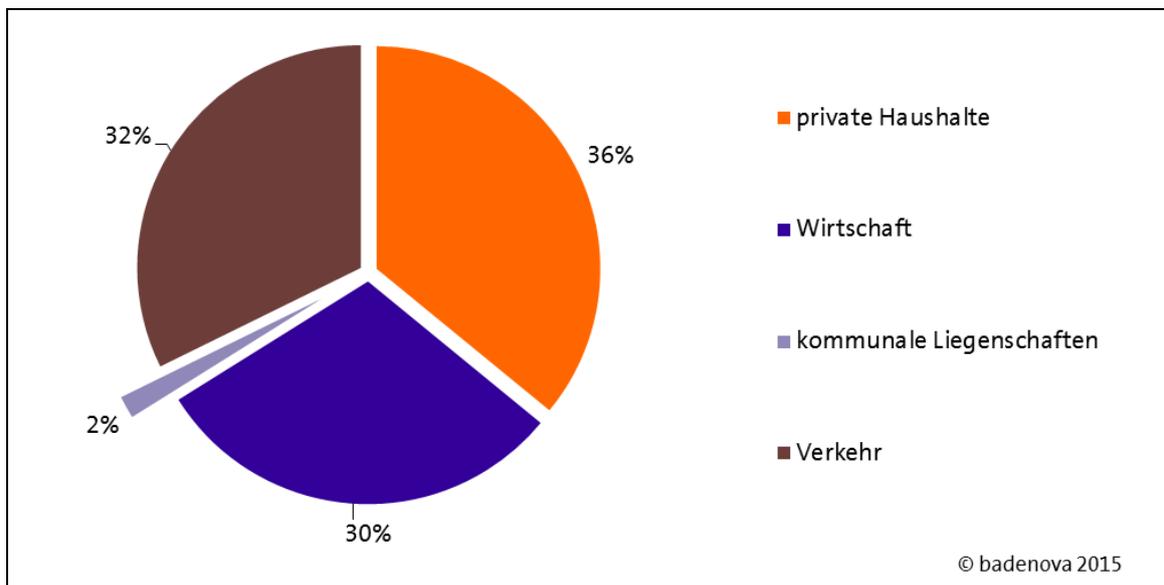


Abbildung 24 – Gesamtenergieverbrauch in Bad Krozingen nach Sektoren

Bei der Aufteilung nach Energieträgern ist deutlich zu erkennen, dass die fossilen Energieträger Kraftstoff (Benzin und Diesel, 32 %) und Erdgas (30 %) den größten Anteil am Energieverbrauch der Stadt Bad Krozingen haben. An dritter Stelle bei der Energiebereitstellung steht Strom (18 %), gefolgt von Heizöl (12 %). Der Gesamtenergiebedarf wird insgesamt zu knapp 7 % durch erneuerbare Energien wie Energieholz, Solarthermie und Umweltwärme gedeckt. Die durch KWK erzeugte Wärme trägt mit ca. 0,8 % bei. Einen geringen Anteil von 0,3 % haben sonstige fossile Energieträger wie Kohle und Flüssiggas (vgl. Abbildung 25). In Abbildung 26 wird der Gesamtenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern dargestellt.

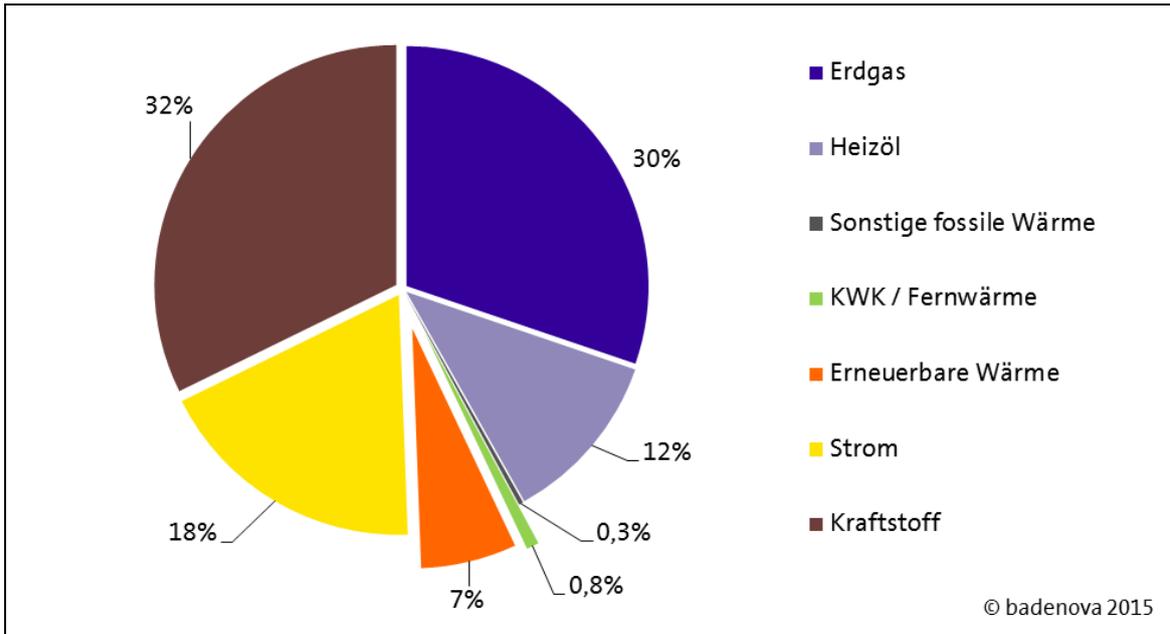


Abbildung 25 – Gesamtenergieverbrauch nach Energieträger

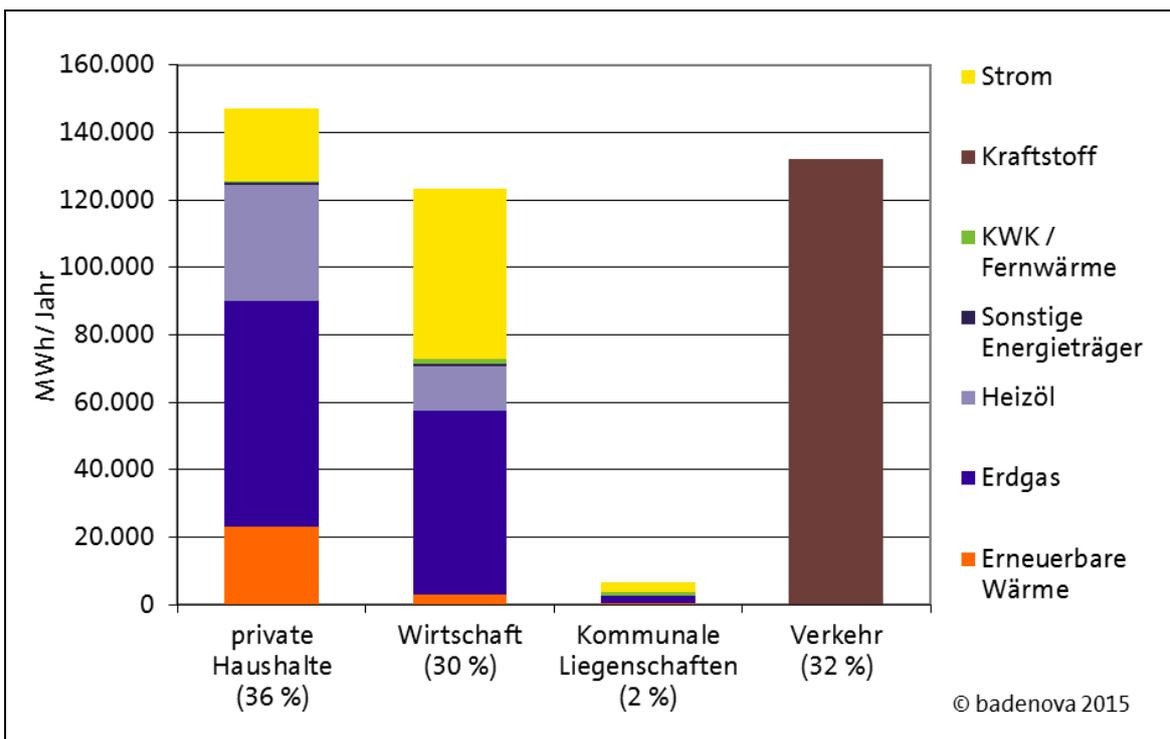


Abbildung 26 – Gesamtenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der Gesamtenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften lag im Jahr 2013 in Bad Krozingen bei ca. 5.830 MWh. Das Aquarado weist mit insgesamt rund 1.180 MWh im Jahr 2013 den mit Abstand am höchsten Energieverbrauch aller kommunalen Liegenschaften in Bad Krozingen auf. Das Freizeitbad nimmt ein Fünftel des gesamten Energieverbrauchs der städtischen Liegenschaften ein. Weitere große Verbraucher sind die Max-Planck-Realschule und das Feuerwehr-

und Bauhofgebäude im Kernort ebenso wie die Verwaltungsgebäude Litschgihaus und Rathaus im Zentrum (vgl. Abbildung 27).

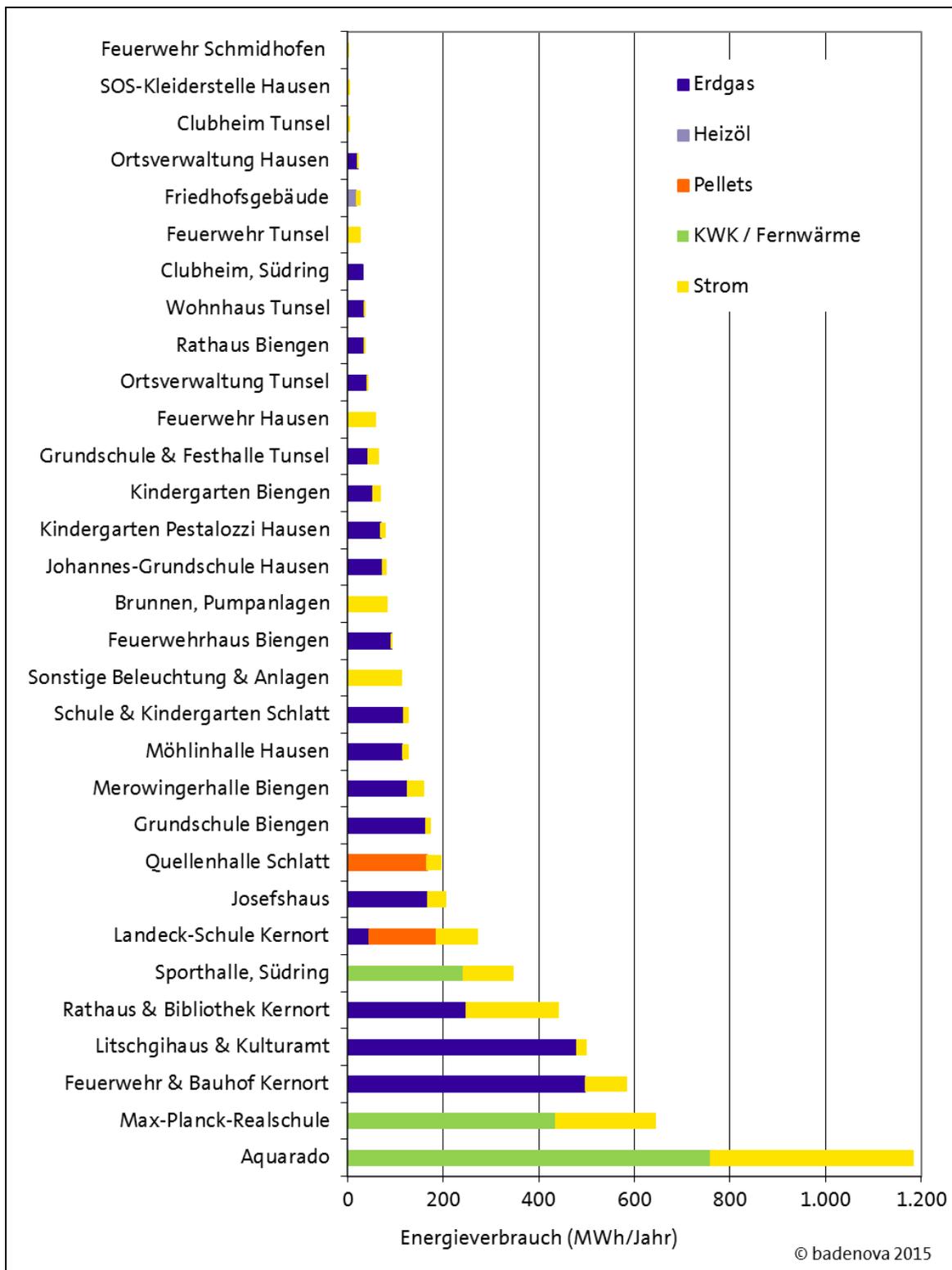


Abbildung 27 – Gesamtenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften in Bad Krozingen im Jahr 2013

3.4.2 Gesamt-CO₂-Bilanz

Insgesamt wurden in Bad Krozingen im Jahr 2013 132.840 t CO₂ ausgestoßen. Der Sektor Wirtschaft ist mit 37 % für den größten Teil dieser CO₂-Emissionen verantwortlich. Die Sektoren private Haushalte und Verkehr tragen mit 31 % und 30 % zu den CO₂-Emissionen der Stadt bei. Die kommunalen Liegenschaften sind für knapp 2 % der CO₂-Emissionen verantwortlich (vgl. Abbildung 28).

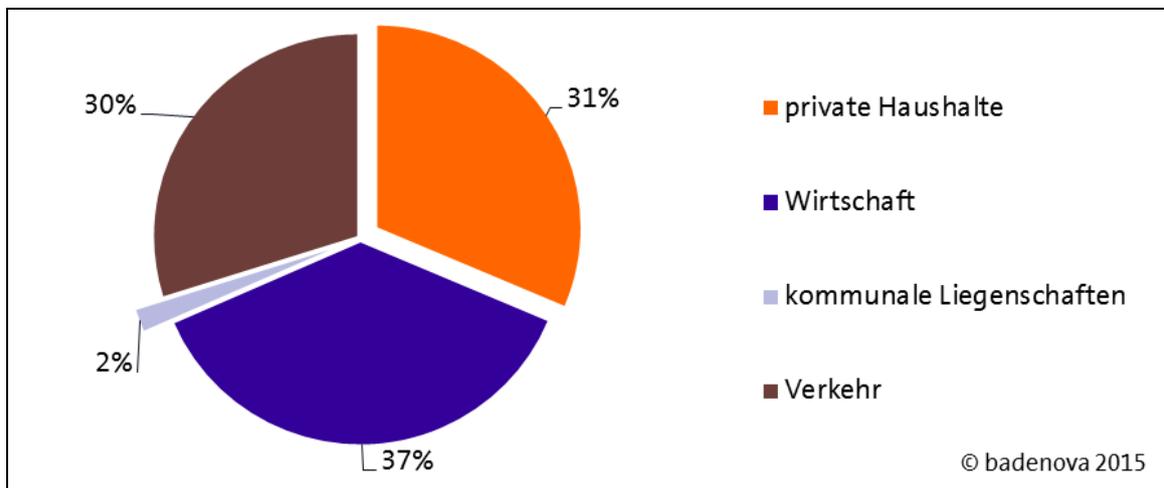


Abbildung 28 – CO₂-Emissionen in Bad Krozingen nach Sektoren

Bezogen auf die Energieträger verursacht der Strom mit 35 % den größten Teil der CO₂-Emissionen, obwohl der Stromverbrauch nur 18 % des Gesamtenergieverbrauchs der Stadt ausmacht. Dies liegt an der verhältnismäßig hohen CO₂-Belastung des deutschen Strommixes. Als zweitgrößte Emissionsquelle mit 30 % ist der Kraftstoffverbrauch in der Stadt verantwortlich. An dritter und vierter Stelle stehen Erdgas (23 %) und Heizöl (11 %). Der Fernwärmeverbrauch verursacht ca. 0,2 % der gesamten CO₂-Emissionen. Sehr gut schneiden die erneuerbaren Energien ab, da bei der Wärmeerzeugung selbst keine CO₂-Emissionen anfallen. Energieholz, bei dem vor allem die Transportwege zum Tragen kommen, verursacht lediglich knapp 0,5 % der Gesamtemissionen. Solarthermie und Umweltwärme verursachen jeweils ca. 0,01 % der Gesamtemissionen (vgl. Abbildung 29).

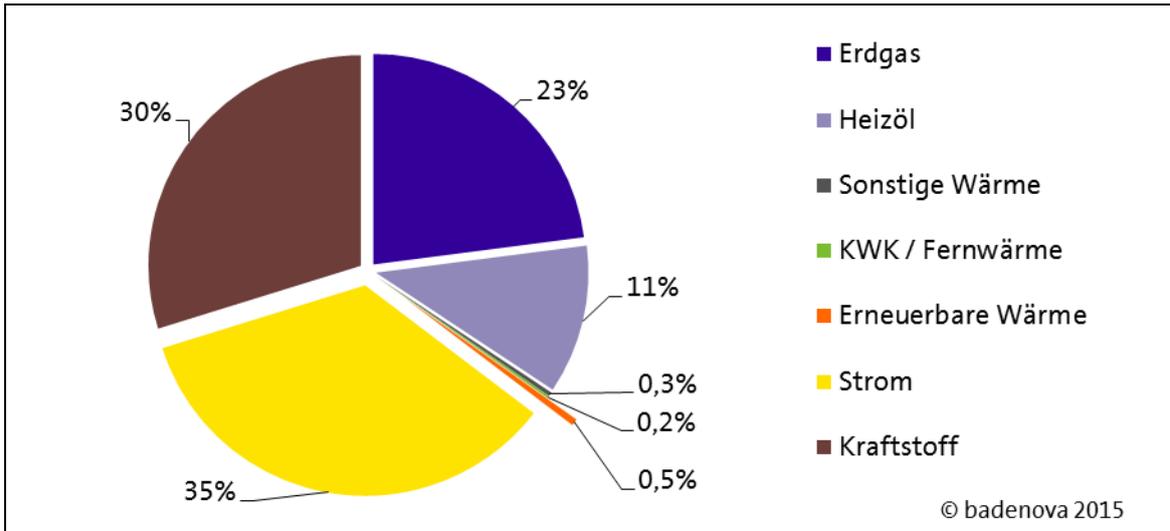


Abbildung 29 – CO₂-Emissionen nach Energieträgern

Abbildung 30 zeigt die Aufteilung der CO₂-Emissionen nach Sektoren und Energieträger. Hier wird nochmals deutlich, dass der Strombedarf der Wohngebäude und Gewerbebetriebe die meisten CO₂-Emissionen verursacht. Die Grafik zeigt außerdem, wie stark der Einfluss des hohen Strombedarfs im Wirtschaftssektor auf die Emissionen der Stadt ist. Ebenso wird der große Anteil der Kraftstoffe an den Gesamtemissionen von Bad Krozingen deutlich.

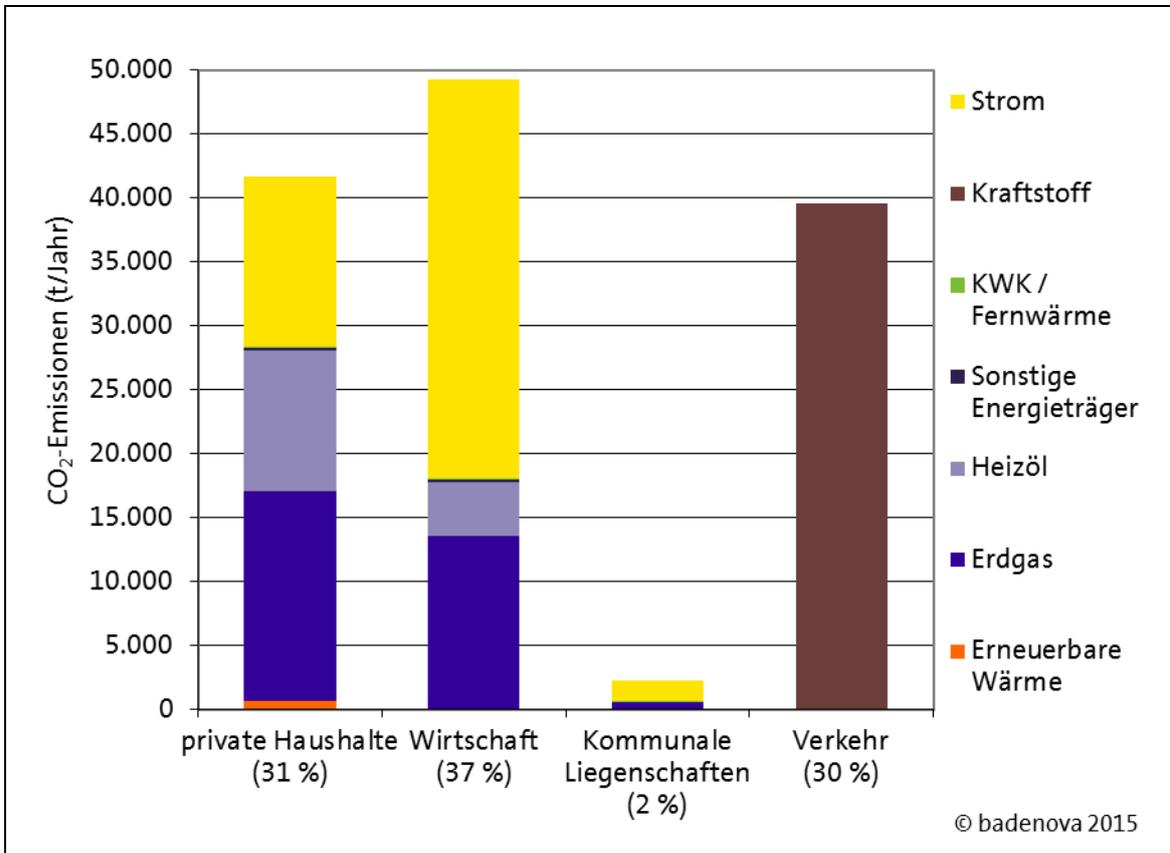


Abbildung 30 – CO₂-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern

Die kommunalen Liegenschaften zusammen mit der Straßenbeleuchtung haben in Bad Krozingen im Jahr 2013 rund 2.420 t CO₂-Emissionen durch den Wärme- und Stromverbrauch verursacht. Die größten Anteile daran verursachen die Straßenbeleuchtung mit ca. 660 t CO₂. Vergleicht man den Gesamtenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen der kommunalen Liegenschaften, wird die verhältnismäßig hohe CO₂-Belastung von Strom deutlich (vgl. Abbildung 31). Das Aquarado hat bei den kommunalen Gebäuden mit 340 t CO₂ den größten Anteil sowohl an den Emissionen wie auch am Energieverbrauch. An zweiter Stelle folgt beim Anteil der Emissionen jedoch das Rathaus im Kernort mit insgesamt 180 t CO₂/Jahr. Das Feuerwehr- und Bauhofgebäude im Kernort (176 t CO₂/Jahr) und die Max-Planck-Realschule (172 t CO₂/Jahr) stehen an dritter und vierter Stelle (vgl. Abbildung 31).

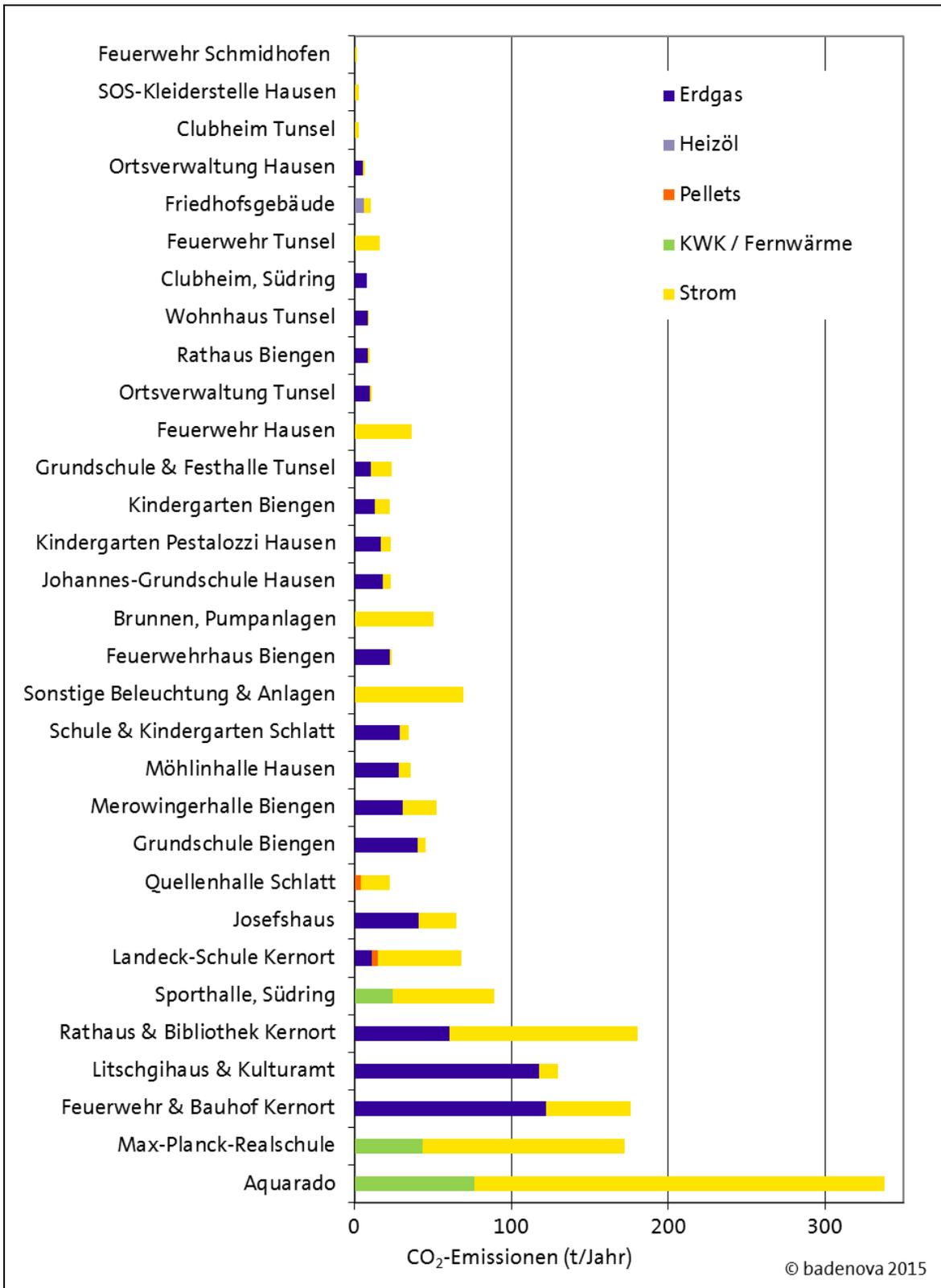


Abbildung 31 – CO₂-Emissionen der kommunalen Liegenschaften von Bad Krozingen im Jahr 2013

Setzt man die Gesamtemissionen in Relation zur Einwohnerzahl, verursacht jeder Bad Krozinger Bürger Pro-Kopf-Emissionen von ca. 7,6 t CO₂/Jahr. Berücksichtigt man zusätzlich den individuellen Strommix der Stadt, der den lokal auf der Ge-

markung produzierten Strom aus erneuerbaren Energien einbezieht, reduzieren sich die Pro-Kopf-Emissionen auf 7,4 t CO₂/Jahr.

In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2013 pro Kopf durchschnittlich 6,6 t CO₂-Emissionen verursacht. Zu beachten ist, dass hierbei Emissionen des produzierenden Gewerbes auf die Einwohner umgelegt werden, wodurch gewerbe- oder industrieintensive Standorte höhere Pro-Kopf-Emissionen aufweisen. Außerdem können CO₂-Emissionen je nach konjunktureller Situation stark schwanken, wie dies z.B. im Jahr 2008 der Fall war.

In Tabelle 3 sind die wesentlichen Kennzahlen und Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz festgehalten und mit Durchschnittszahlen des Landes Baden-Württemberg verglichen. Tabelle 4 stellt eine Übersicht der Datengüte und Belastbarkeit gemäß dem BICO₂ BW-Tool dar. Die Datengüte der Bilanz ist 70 %, womit die Ergebnisse belastbar sind (vgl. Kapitel 9.3.5).

	Bad Krozingen	Baden-Württemberg	Einheit
Kommune gesamt			
Endenergie ohne Verkehr	15,9	19,9	MWh/Einwohner
CO ₂ Bundesmix	7,6	6,6	t/Einwohner
CO ₂ kommunaler Mix	7,4	k. A.	t/Einwohner
Anteil EEQ gesamt		12,5	%
Anteil EEQ am Stromverbrauch	9,0	21,1	%
Anteil EEQ am Wärmeverbrauch	12,7	11,3	%
Private Haushalte			
Stromverbrauch	1,124	1,611	MWh/Einwohner
Endenergiebedarf Wärme	7,314	6,694	MWh/Einwohner

Tabelle 3 – Wesentliche Kennzahlen der Energie- und CO₂-Bilanz (2013)

Sektor	Datengüte	Belastbarkeit
Private Haushalte	68 %	Belastbar
Wirtschaft	54 %	Relativ belastbar
Kommunale Liegenschaften	100 %	Gut belastbar
Verkehr	51 %	Relativ belastbar
Gesamtbilanz	70 %	Belastbar

Tabelle 4 – Bewertung der Datengüte der Energie- und CO₂-Bilanz

4. Potenziale erneuerbarer Energien

4.1 Solarenergie

4.1.1 Hintergrund

Die Stadt Bad Krozingen liegt in einem Gebiet mit günstiger Solareinstrahlung. Laut Globalstrahlungsatlas der LUBW liegt hier der jährliche Energieertrag, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei 1.144 kWh/m² (RIPS der LUBW, 2012) und damit leicht über dem bundesdeutschen Durchschnittswert von 1.096 kWh/m² (DWD, 2012).

Mit 8 % Anteil an der Stromerzeugung leistet die Photovoltaik im Jahr 2013 bereits einen sichtbaren Beitrag zum Klimaschutz in der Stadt (vgl. Kapitel 3.1.2). Die vorhandenen Solarthermieranlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von 2.294 m² decken derzeit 0,4 % der Wärmeversorgung. Dennoch besteht in Bad Krozingen bei der Nutzung der Solarenergie noch Ausbaupotenzial. Um dieses genauer abzuschätzen, wurde das theoretische Solarflächenpotenzial aller Bestandsgebäude anhand von Luftbildern ermittelt und ausgewertet (ohne bereits installierte Anlagen). Hierzu wurde wie folgt vorgegangen:

- Die Dachflächen wurden in vier Kategorien eingeteilt: Süddächer, Südost-/Südwestdächer, West-/Ostdächer und Flachdächer.
- Für die Schrägdächer war auf Basis der Luftbilder keine fundierte Aussage über die jeweilige Dachneigung möglich, so dass eine durchschnittliche Neigung angesetzt wurde. Die Flachdächer wurden gesondert betrachtet, da in einem solchen Fall eine Aufständigung der Module notwendig ist und durch Abschattungseffekte lediglich etwa 40 % der Dachfläche wirtschaftlich nutzbar bleibt.
- Mögliche Verschattungsverluste etwa durch große Bäume in direkter Gebäudeumgebung wurden nicht zusätzlich berücksichtigt – im Einzelfall muss ohnehin eine Prüfung der Verschattungssituation vor Ort vorgenommen werden. In der Berechnung der Nettoflächen ist allerdings grundsätzlich ein Flächenabschlag von 15 % gegenüber der tatsächlich gemessenen Fläche enthalten. Dadurch sind mögliche planungstechnische Unwägbarkeiten bereits einbezogen. Ebenso sind sämtliche Dachaufbauten wie Fenster, Gauben, Schornsteine etc. berücksichtigt worden und fließen nicht in die Nettofläche mit ein.

Für die weitere Abschätzung des Strom- und Wärmeerzeugungspotenzials aus Solarenergie wurde angenommen, dass alle un bebauten und von der Ausrichtung her geeigneten Dachflächenanteile mit Photovoltaik- oder Solarthermie-Anlagen belegt werden. Dieser theoretische Wert wird sich in der Praxis sicher nicht vollständig umzusetzen lassen, er gibt jedoch einen guten Hinweis auf die Größenordnung des Solarenergieausbaupotenzials.

4.1.2 Solarenergiepotenziale

Die Auswertung der Luftbilder der Stadt ergab, dass 64 % der freien Dachflächen eine Ausrichtung nach Süden bzw. nach Südwest-/Südost haben (vgl. Tabelle 5). Diese Dächer sind aufgrund ihrer Ausrichtung und Neigung sehr gut für eine

Belegung mit solarthermischen Anlagen oder Photovoltaikanlagen geeignet. Eine belastbare Aussage über Statik und Beschaffenheit der individuellen Dachpotenziale ist aber nur über eine Prüfung vor Ort möglich.

Dachausrichtung	Gesamtfläche (m ²)	Anteil an Gesamtfläche
Süd	23.368	6 %
Südwest/Südost	250.316	58 %
Ost/West	16.808	4 %
Flachdach	138.255	32 %

Tabelle 5 – Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik in Bad Krozingen

Zum besseren Verständnis des Vorgehens, wie das Dachflächenpotenzial aus den Luftbildern ermittelt wurde, ist in Abbildung 32 ein Ausschnitt aus dem für Bad Krozingen erstellten Solarkataster dargestellt. Die Ausrichtung der Dachflächen lässt sich an den unterschiedlichen Farben erkennen. Eine Karte des Solarkatasters der Stadt und aller Ortsteile ist im Anhang dieser Studie beigefügt.



Abbildung 32 – Auszug des Solarkatasters von Bad Krozingen

Die Solarstrahlung kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden. Die Berechnung des solarenerge-

tischen Potenzials umfasst daher zwei Szenarien: Szenario 1 geht davon aus, dass das zur Verfügung stehende Dachflächenpotenzial vollständig zur Erzeugung von Strom durch PV-Module genutzt wird. In Szenario 2 wird davon ausgegangen, dass das Dachflächenpotenzial nicht vollständig mit PV-Modulen belegt wird, sondern zusätzlich Wärme durch Solarthermie erzeugt wird. Etwa 60 % des Warmwasserbedarfs eines Wohngebäudes kann in der Regel durch Solarthermieanlagen erzeugt werden³. Beide Szenarien sind in Abbildung 33 dargestellt.

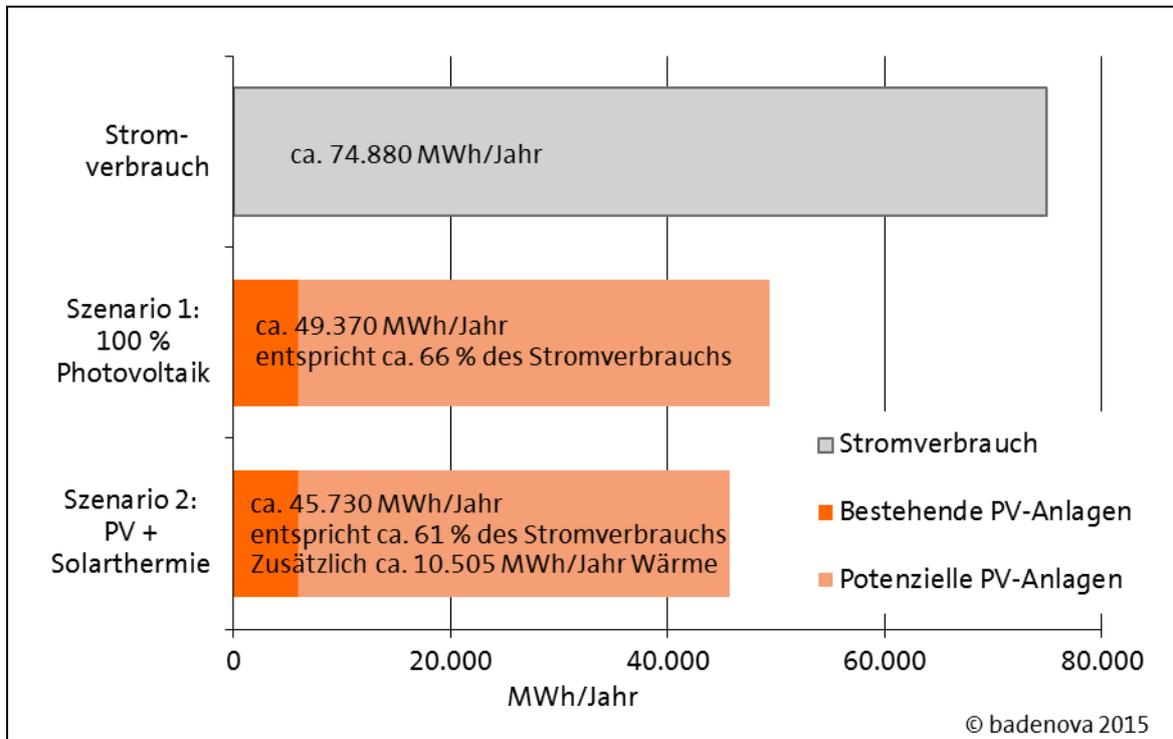


Abbildung 33 – Solarpotenziale der Stadt Bad Krozingen

Zusammenfassend lassen sich aus den beiden untersuchten Szenarien folgende theoretische Schlussfolgerungen ziehen:

- Unter Annahme eines „100 % Photovoltaik Szenarios“ (Szenario 1) ließe sich der Anteil von PV am Stromverbrauch der Stadt auf ca. 66 % bzw. 49.370 MWh/Jahr erhöhen.
- Bei Berücksichtigung der Solarthermie zur anteiligen Deckung des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitstellung (Szenario 2) könnten bei Verzicht von 5 % des Solarstrompotenzials rund 60 % des Warmwasserbedarfs gedeckt werden. Die Stromerzeugung aus PV reduziert sich in diesem Fall auf 45.730 MWh/Jahr und entspricht 61 % des derzeitigen Stromverbrauchs.

³ Solarthermieanlagen für die Warmwasserbereitstellung werden auf ca. 60 % des jährlichen Warmwasserbedarfs des Haushaltes ausgerichtet, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu maximieren. Größere Anlagen sind zwar möglich, produzieren allerdings im Sommer einen Überschuss an Wärme, der nicht genutzt werden kann (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 2007).

Die Analyse zeigt, dass ein maßgebliches Energiepotenzial in der verstärkten Nutzung vorhandener Dachflächen zur Strom- und Wärmeerzeugung liegt. Durch einen weiteren Zubau von PV-Modulen und die Erzeugung von Solarstrom könnten, im Vergleich zum deutschen Strommix, insgesamt 24.160 t CO₂/Jahr vermieden werden. Die Ausschöpfung des Potenzials wird allerdings maßgeblich von der sich fortlaufend ändernden Gesetzeslage (u.a. die Höhe der Stromeinspeisevergütung gemäß dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG)) und von der Investitionsbereitschaft der Gebäudeeigentümer abhängen. Ausschlaggebend wird hier nicht nur die Höhe und Ausgestaltung der Einspeisevergütung, sondern die Wiederherstellung eines sicheren und langfristigen Investitionsklimas für PV-Anlagen sein.

4.2 Energie aus Biomasse

4.2.1 Hintergrund

Biomasse als Energieträger in fester, flüssiger und gasförmiger Form nimmt in Deutschland insbesondere bei der Bereitstellung von regenerativer Wärme eine zentrale Rolle ein. Nach aktuellen Zahlen des Bundesumweltministeriums hatte die Biomasse in 2013 in Deutschland einen Anteil von 88 % an der Wärmebereitstellung sowie etwa 32 % an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (BMW, 2014). Die Quellen für Biomasse zur energetischen oder stofflichen Nutzung sind vielfältig (vgl. Abbildung 34). Bei der energetischen Nutzung der Biomasse kann zwischen Energieholz und Biogas unterschieden werden. Energieholz in der Form von Stückholz, Holzpellets oder Holzhackschnitzel wird aus der Forstwirtschaft sowie der Holzverarbeitenden Industrie gewonnen und wird hauptsächlich für die Wärmeerzeugung genutzt, während Biogas aus verschiedenen Substraten, vor allem aus der Landwirtschaft, erzeugt werden kann und sowohl für die Erzeugung von Strom als auch von Wärme genutzt wird.

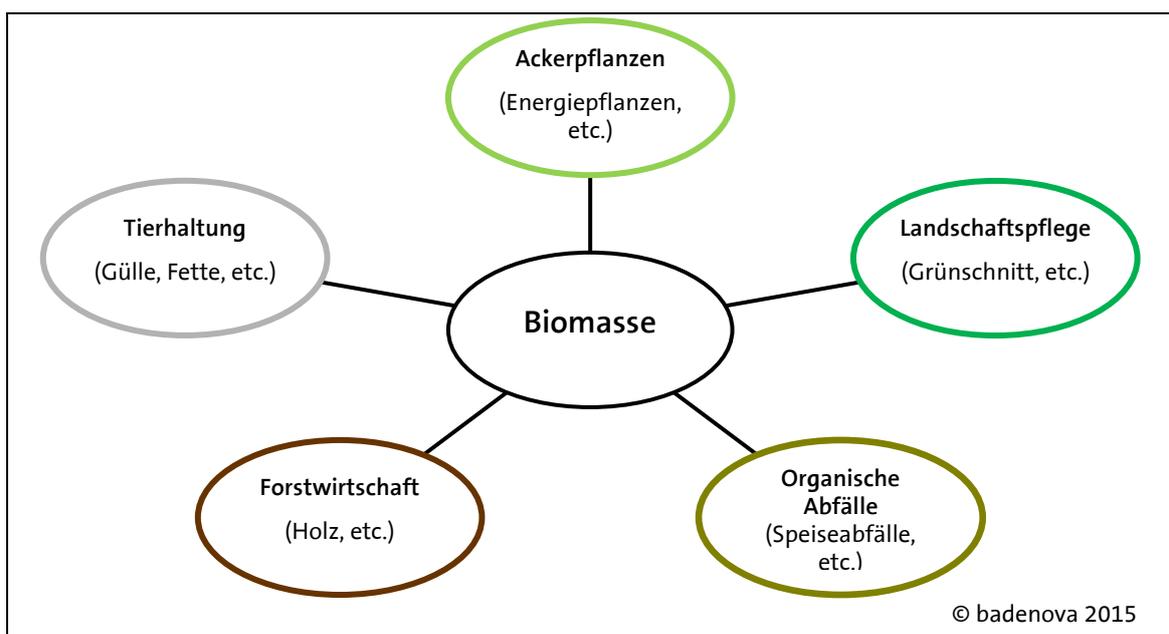


Abbildung 34 – Quellen für Biomasse zur energetischen Nutzung

Im Rahmen dieser Studie wurde das Potenzial an Biomasse (Biogas und Energieholz) für die energetische Nutzung im Gemarkungsgebiet Bad Krozingen durch eine empirische Erhebung ermittelt. Dabei fließen unter anderem das Massenaufkommen sowie die derzeitigen Verwertungskonzepte und die jahreszeitliche Verteilung mit in die Datenerhebung ein. Technische Potenziale werden vor diesem Hintergrund zunächst ohne Berücksichtigung aktueller Verwertungspfade oder von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beziffert.

Eine effektive Nutzung von Biomasse wird durch eine Kaskadennutzung erreicht. An der Spitze dieser Pyramide steht die Nutzung von Biomasse als Nahrungsmittel. In einer zweiten Nutzungsstufe wird eine stoffliche Nutzung der Biomasse, wie beispielsweise die Herstellung von Baustoffen, Schmierstoffen oder Verpackungsmaterialien, überprüft. Erst im Anschluss ist eine energetische Nutzung sinnvoll. In dieser Studie wird daher der Schwerpunkt auf das Energiepotenzial von Reststoffen gelegt, die bisher keinem Verwertungspfad unterliegen oder durch einen kosteneffizienten und ökologischen Verwertungspfad ersetzt werden können.

4.2.2 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus Ackerpflanzen

Eine leicht zugängliche Quelle für Biomasse sind die Reststoffe, wie sie bei der Bewirtschaftung von Ackerflächen anfallen. Die meisten dieser organischen Reststoffe können als Substrat für eine Biogasanlage verwendet werden. In der Stadt Bad Krozingen werden auf einer Fläche von 3.137 ha Ackerpflanzen kultiviert (Stand 2010). Auf 1.762 ha (56 %) dieser Fläche werden verschiedene Getreidearten angebaut. Davon sind 169 ha (10 %) Winterweizen. Auf Körnermais entfallen 1.556 ha (88 %).

Reststoffe der Körnermaispflanzung stellen mit umgerechnet 8.947 MWh/Jahr das größte verfügbare Energiepotenzial der ackerbaulichen Reststoffe dar. Reststoffe der Körnermaispflanzung sind die Stängel und Blätter, die in der Regel entweder zum Humusaufbau auf dem Feld verbleiben oder in Form von Silage der Tierernährung dienen. Winterweizenstroh kommt auf ein Energiepotenzial von 424 MWh/Jahr.⁴

Zusätzlich zu den Reststoffen aus dem bestehenden Ackeranbau können auch brachliegende Flächen, die sich für den konventionellen Anbau nicht eignen, für den Anbau von Energiemais genutzt werden. Mais ist ein erprobtes Biogassubstrat mit einer hohen spezifischen Biogasausbeute. Eine Bepflanzung der brachliegenden Flächen, z.B. mit Energiemais, könnte daher sinnvoll sein. Lediglich 86 ha der Ackerfläche in Bad Krozingen liegen nach Angaben des STALA BW brach. Zur Kalkulation des Energiepotenzials dieser brachliegenden Fläche wird ein Anbau von Energiemais mit einem um 50 % verminderten Ertrag angesetzt.

⁴ Das Energiepotenzial der Ackerpflanzen verteilt sich in Bad Krozingen auf 34 Haupterwerbslandwirte und 41 Nebenerwerbslandwirte. Eine ökologische Bewertung der Nutzung dieser Biomasse ist abhängig von der Tatsache, ob diese Reststoffe als organischer Dünger oder zur Tierernährung genutzt werden. Im ersten genannten Fall stellt die Nutzung dieser Reststoffe in einer Biogasanlage eine Wertschöpfung dar, da am Ende des Biogasprozesses erneut ein hochwertiger Dünger entsteht. Bei Letzterem ist eine Falluntersuchung notwendig, ob die als Tierfutter genutzte Biomasse kostengünstig und unter ökologischen Gesichtspunkten äquivalent substituiert werden kann.

Durch den Anbau von Energiemais auf den brachliegenden Flächen könnten zusätzlich 2.712 MWh/Jahr an Energie generiert werden.

Neben den Ackerflächen werden in Bad Krozingen weitere 75 ha als Dauergrünlandflächen genutzt. Die auf diesen Flächen produzierte Grassilage gilt auch als Reststoff und kann in einer Biogasanlage verwertet werden. Grassilage von Dauergrünlandflächen weist in Bad Krozingen ein Energiepotenzial von 347 MWh/Jahr auf. Rund 163 ha werden als Rebland genutzt. Nach dem Keltern bleibt ein Pressrückstand zurück, der sogenannte Traubentrester. Er umfasst Kerne, Schalen und teilweise Rispen. Traubentrester wird meistens als Dünger in den Weinberg ausgebracht, eignet sich aber gut als Biogassubstrat. Am Ende des Biogasprozesses entsteht ein hochwertigerer Dünger sowie Strom und Wärme. Das Energiepotenzial würde hier 212 MWh pro Jahr betragen.

Insgesamt ergibt sich ein Gesamtpotenzial von ca. 13.100 MWh/Jahr aus der energetischen Nutzung von Ackerbaupflanzen. Die prozentualen Anteile der entsprechenden Energiepotenziale aus Reststoffen aus dem Ackeranbau sind in Abbildung 35 dargestellt.

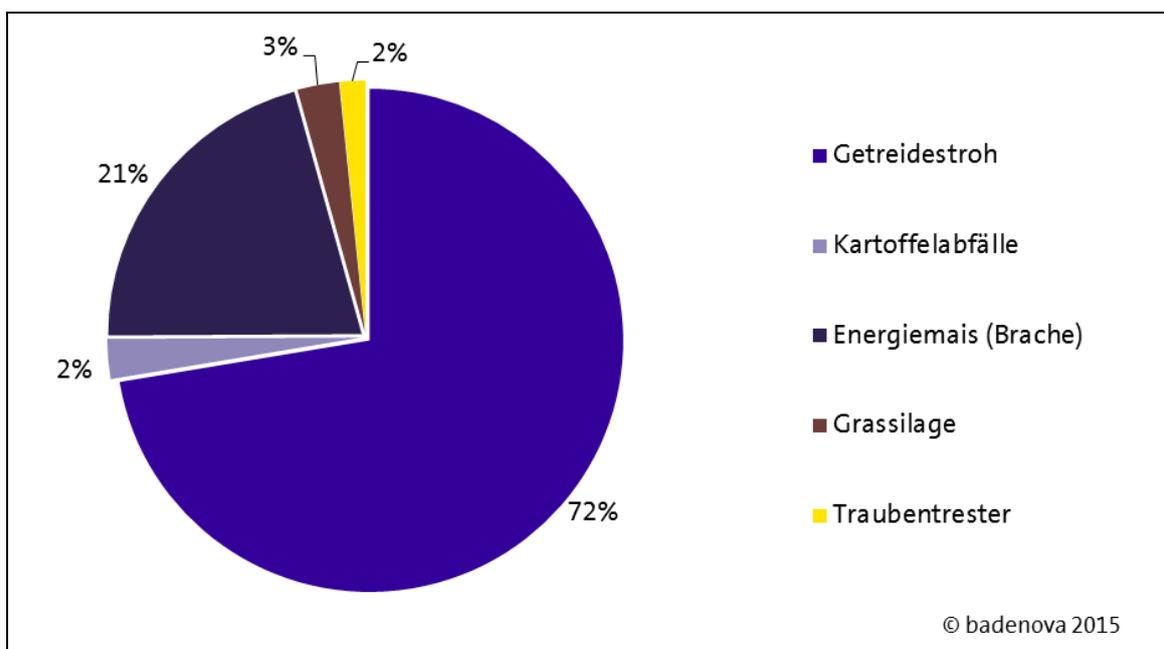


Abbildung 35 – Energiepotenziale aus Ackerbaupflanzen nach Quellen

4.2.3 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Tierhaltung

Die Nutzung von tierischen Exkrementen als Biogassubstrat ist ökologisch sinnvoll, denn die vergorene Gülle bzw. der ausgefaulte Festmist kann anschließend in Form von Biogasgülle als hochwertiger organischer Dünger auf das Feld ausgebracht werden. Somit kann eine Biogasanlage in den biologischen Kreislauf von Pflanzenanbau, Futtermittelgewinnung, Tierhaltung und Düngung integriert werden und es wird eine zusätzliche Wertschöpfungsstufe durch die Erzeugung von Strom und Wärme geschaffen. Bei einer effizienten Nutzung von Gülle oder Festmist als Biogassubstrat sind kurze Transportwege zu beachten. In der Regel

lohnt sich der Transport von Gülle aufgrund ihres hohen Wasseranteils nicht, weshalb die Erschließung dieses Potenzials nur teilweise wirtschaftlich möglich ist.

Im Raum Bad Krozingen entfällt der größte Anteil der Viehwirtschaft auf die Haltung von Hühnern mit 2.468 Tieren, gefolgt von Schweinen mit 148 Tieren und der Rinderhaltung mit 146 Tieren. Aus der Nutzung der tierischen Exkremente würde sich ein Energiepotenzial von rund 166 MWh/Jahr ergeben.

4.2.4 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus organischen Abfällen

Eine energetische Nutzung von Rest- und Abfallstoffen ist aus ökologischer Sicht sehr attraktiv, da keine Konkurrenz zu Nahrungsmitteln besteht und es sich teilweise um Abfallstoffe handelt, die bisher entsorgt werden müssen.

Das Angebot an Reststoffen in Bad Krozingen ist begrenzt. Die Nutzung kommunaler Reststoffe, wie die Biotonne, Gartenabfälle und Landschaftspflegematerial, bergen ein energetisches Potenzial von 1.360 MWh/Jahr. Zusätzlich fallen in zwei Kliniken in Bad Krozingen Speisereste an. Die Menge an Speisereste verfügt über einen Energieinhalt von 604 MWh und kann in einer Biogasanlage verwertet werden. Aktuell werden die Speisereste über ein Entsorgungsunternehmen entsorgt. Ein Teil wird in einer Biogasanlage in der Nähe von Reutlingen verwertet.

4.2.5 Gesamterzeugungspotenzial Biogas

In Abbildung 36 werden das Gesamtpotenzial und dessen Verteilung auf die nutzbaren Substrate dargestellt.

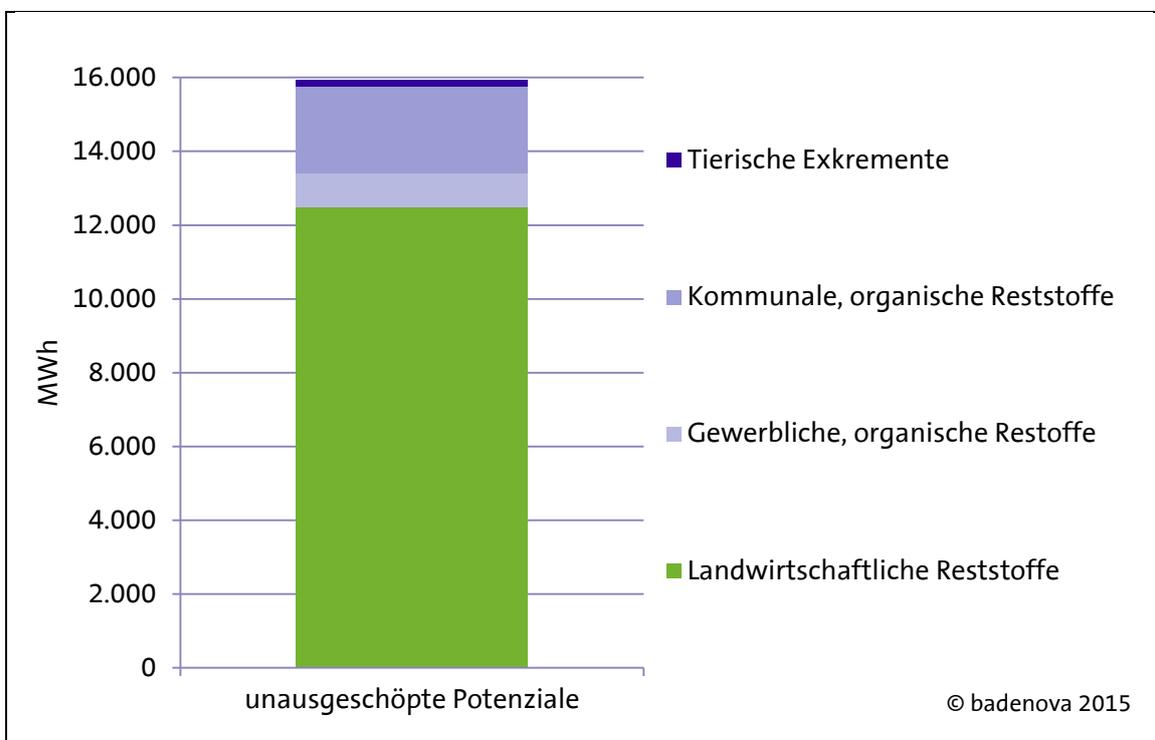


Abbildung 36 – Unausgeschöpftes Biomassepotenzial nach Quellen

Das Biogaspotenzial summiert sich in Bad Krozingen auf einen Gesamtwert von 15.900 MWh/Jahr, was im Rahmen der Stromerzeugung einem elektrischen Biogaspotenzial von 6.020 MWh/Jahr entsprechen würde. Das größte Potenzial besteht dabei bei einer energetischen Nutzung der Reststoffe des Körnermaisbaus. Außerdem ist die Verwertung von landwirtschaftlichen Reststoffen wie Weizenstroh, Grassilage sowie einen Anbau von Energiemais auf Brachflächen vielversprechend. Ein gutes Potenzial besteht bei der Nutzung der kommunalen Reststoffe, auf die ein energetisches Nutzungspotenzial von insgesamt 2.355 MWh/Jahr entfällt.

In dieser Studie unberücksichtigt bleiben allerdings konkurrierende, insbesondere bestehende Verwertungspfade und die Transportkosten der Biomasse, die nur durch individuelle Befragungen und Prüfungen ermittelt werden können. Bisher vernachlässigt ist außerdem ein möglicher Standort für eine Biogasanlage, der – je nach Lage und bestehender Infrastruktur - Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hätte. In einem weiteren Schritt wäre eine projekt- und standortbezogene Wirtschaftlichkeitsanalyse notwendig, welche die vorher genannten Punkte berücksichtigt.

Auf Grundlage der erhobenen Daten lässt sich ein technisches nutzbares Biogaspotenzial ableiten, welches auf seine Wirtschaftlichkeit untersucht werden sollte.

4.2.6 Biomassepotenziale aus der Forstwirtschaft

Die Quantifizierung der kommunalen Energieholzpotenziale konnte einerseits durch konkrete Holzeinschlagsdaten, andererseits auf Basis von Erfahrungsberichten der zuständigen Forstverwaltung durchgeführt werden.

In Bad Krozingen sind ungefähr 317 ha Waldfläche in kommunalem Besitz, wobei sich davon 292 ha auf Gemarkungen anderer Gemeinden befinden. Die gesamte Waldfläche entfällt zu 91 ha auf Staufen, 201 ha auf Bollschweil und 25 ha auf Bad Krozingen selbst. Bei den Waldflächen auf der Bad Krozinger Gemarkung handelt es sich größtenteils um kleine, parzellierte, nicht zusammenhängende Flächen, deren Bestand überwiegend junge Bäume aufweist. Nach Auskunft des Forstamtes in Staufen besteht hier kein zusätzliches Potenzial für Energieholz. Für eine umfassende Potenzialermittlung werden deshalb im Folgenden nicht nur die Waldflächen auf der Gemarkung Bad Krozingen, sondern allgemein die Flächen in kommunalem Besitz bilanziert.

Der Holzvorrat auf diesen Flächen bemisst sich auf 113.000 Festmeter (fm) oder ca. 370 fm je ha. Der jährliche Gesamtholzeinschlag im kommunalen Wald beträgt 2.600 fm. Davon werden 700 fm für Brennholz geschlagen, 300 fm für Hackschnitzel und der Rest für Industrie- und Stammholz verwendet (1.600 fm). Der Zuwachs beträgt 2.700 fm pro Jahr, wodurch der Bestand derzeit eher aufgebaut wird, da lediglich 2.600 fm eingeschlagen werden. Neben den 100 fm besteht noch ein Potenzial in der Nutzung von Waldrestholz in Höhe von 200 fm (vgl. Abbildung 37). Dies entspricht einer nutzbaren Energiemenge von ca. 380 MWh, wodurch ca. 19 Haushalte mit Wärme versorgt werden könnten.

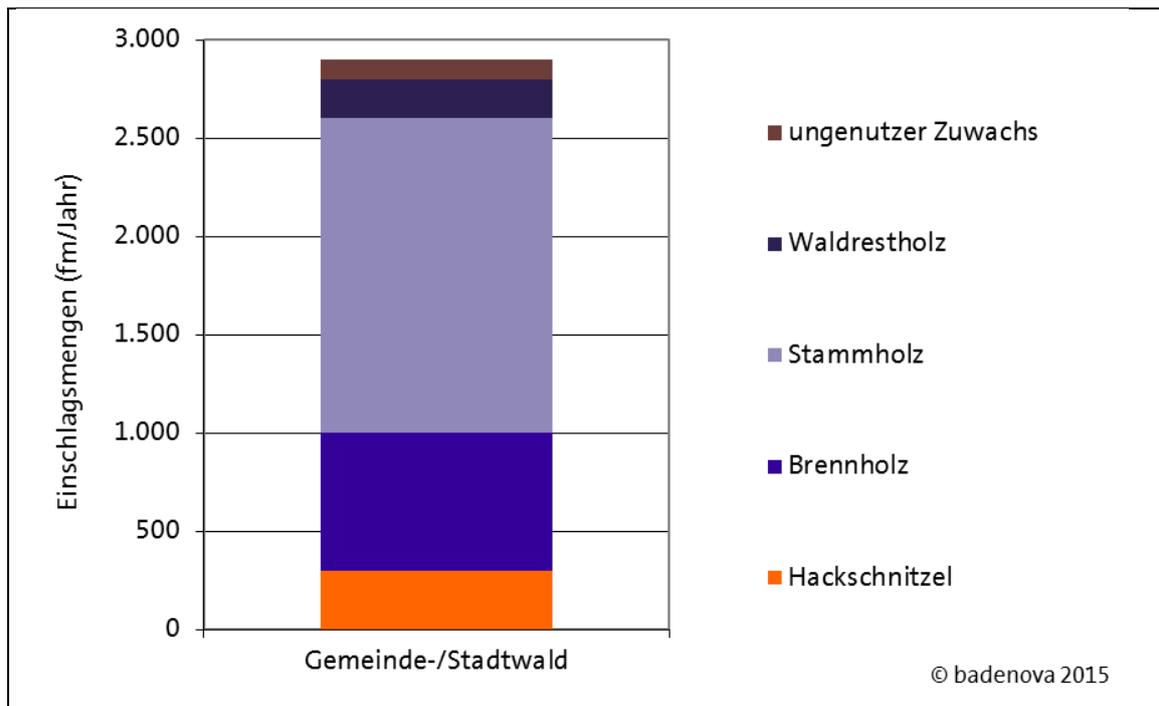


Abbildung 37 – Holzeinschlagsmengen auf der Waldfläche in kommunalem Besitz

4.3 Windkraft

4.3.1 Standortpotenziale

Bei der Erfassung von Windkraftpotenzialen wird zunächst auf den LUBW-Windatlas Baden-Württemberg zurückgegriffen, der als erste Planungsgrundlage für die Suche nach wirtschaftlichen Standorten dient. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Windkartierung des Landes auf flächendeckenden Berechnungen aufbaut. Daher besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass es Abweichungen zu der tatsächlichen Windhöffigkeit an den spezifischen Standorten gibt.

Als wirtschaftlich interessant für die Entwicklung von Windkraftanlagen gelten in der Regel Standorte mit Windgeschwindigkeiten von mehr als 6,00 m/s in 140 m Höhe über Grund. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass letztlich die Windhäufigkeitsverteilung und nicht die Höhe der mittleren Windgeschwindigkeit für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage ausschlaggebend ist. Zur Berechnung des energetischen Windertrages sind daher Langzeitmessungen der Windgeschwindigkeit nötig. Neben dem Windpotenzial als erste Planungsgrundlage werden bei der Standortwahl weitere Faktoren berücksichtigt. Dazu gehören insbesondere immissionsschutzrechtliche Themen wie Schall und Schattenwurf, Naturschutz- und Raumordnungsbelange.

Gemäß dem LUBW-Windatlas verfügt Bad Krozingen auf seiner Gemarkung nach heutigem Stand der Technik über keine windhöffigen Standorte (vgl. Abbildung 38).

Zu erwähnen ist hier, dass sich auf Gemarkung der Stadt Staufen Flächen im Eigentum der Stadt Bad Krozingen befinden, die eine hohe Windhöffigkeit aufweisen. Es sind dies die Flächen am Standort Etzenbacher Höhe. In einer Stel-

lungnahme an den Regionalverband Südlicher Oberrhein hat die Stadt Bad Krozingen im März 2015 ihre Mitwirkungsbereitschaft für den Ausbau der Windkraft erklärt. Da die Stadt als Eigentümerin der Flächen jedoch nicht zur Bauleitplanung berechtigt ist, wird dieses Potenzial hier nicht weiter betrachtet.

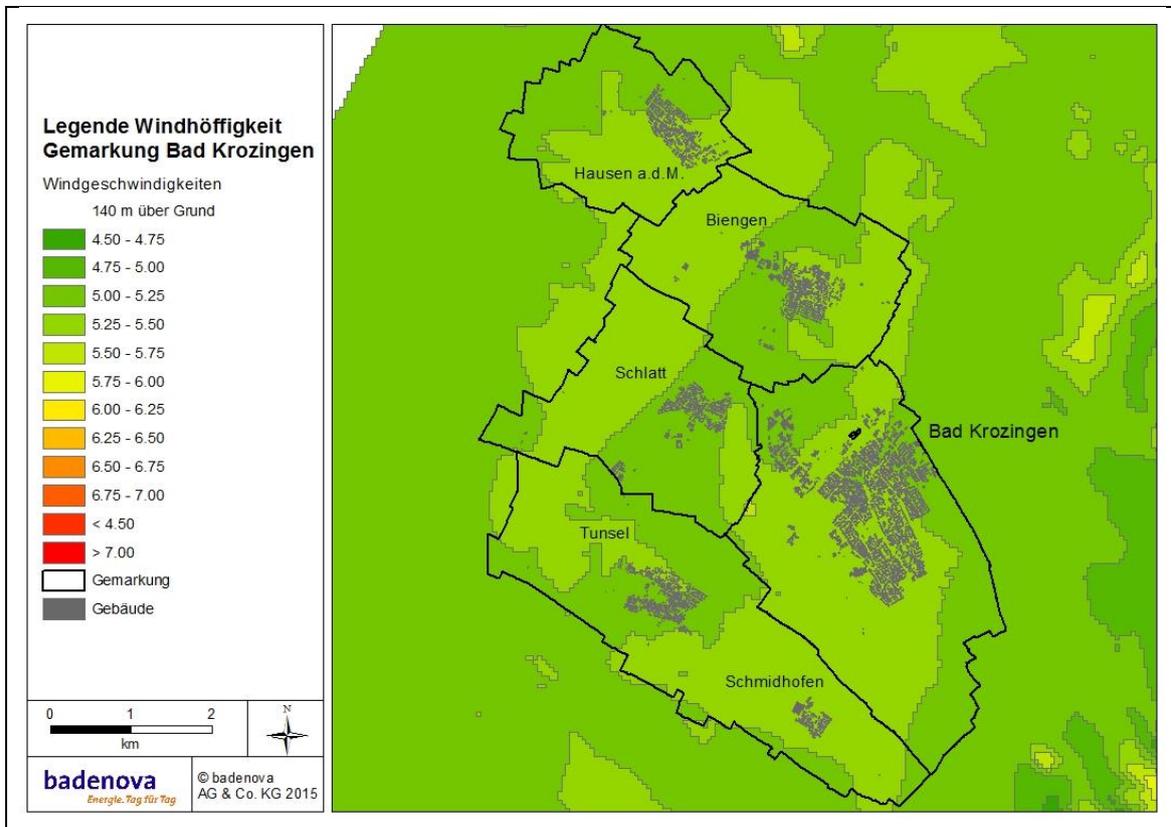


Abbildung 38 – Mittlere Windgeschwindigkeiten innerhalb der Gemarkung Bad Krozingen (Quelle: Windatlas BW, 2011)

4.4 Wasserkraft

Die Ermittlung von bestehenden, über das EEG geförderten Wasserkraftanlagen ist grundsätzlich über die EEG-Anlagedatenbank des Übertragungsnetzbetreibers TransnetBW möglich. Die Ermittlung von Ausbaupotenzialen beruht auf Interviews mit Experten, die über gute Ortskenntnisse verfügen, und der Auswertung von geographischen Daten. Eine detaillierte Aussage zu Wasserkraftausbaupotenzialen kann letztlich jedoch nur über die Vor-Ort-Prüfung eines Standorts getroffen werden.

Der Potenzialatlas Erneuerbare Energien der LUBW verzeichnet innerhalb der Gemarkung von Bad Krozingen kein Wasserkraftpotenzial entlang der vorhandenen Fließgewässer Neumagen und Möhlin (vgl. Abbildung 39). Bisher sind auch in der EEG-Anlagedatenbank keine Wasserkraftanlagen aufgelistet. Zwar wird der mittlere Jahresabfluss des Neumagens am Pegel „Untermünstertal“ mit relativ hohen $1,7 \text{ m}^3/\text{Sekunde}$ angegeben, insbesondere in den Sommermonaten kommt es jedoch im Schwemmfächerbereich des Neumagens zu erheblichen Versicke-

rungen des Flusswassers, so dass das Flussbett zeitweise austrocknen kann (Wikipedia, 2015a). Entlang der Möhlin werden mittlere Jahresabflusswerte von $0,5 \text{ m}^3/\text{Sekunde}$ genannt (Wikipedia, 2015b). Auch hier verliert sich die Wasserführung zeitweise. Zu berücksichtigen ist ferner, dass das Gefälle innerhalb der Gemarkung von Bad Krozingen bzw. im Bereich des Schwemmfächers nur noch gering ist. Aus den verfügbaren Informationen ergeben sich daher keine technisch oder wirtschaftlich nutzbaren Wasserkraftpotenziale.

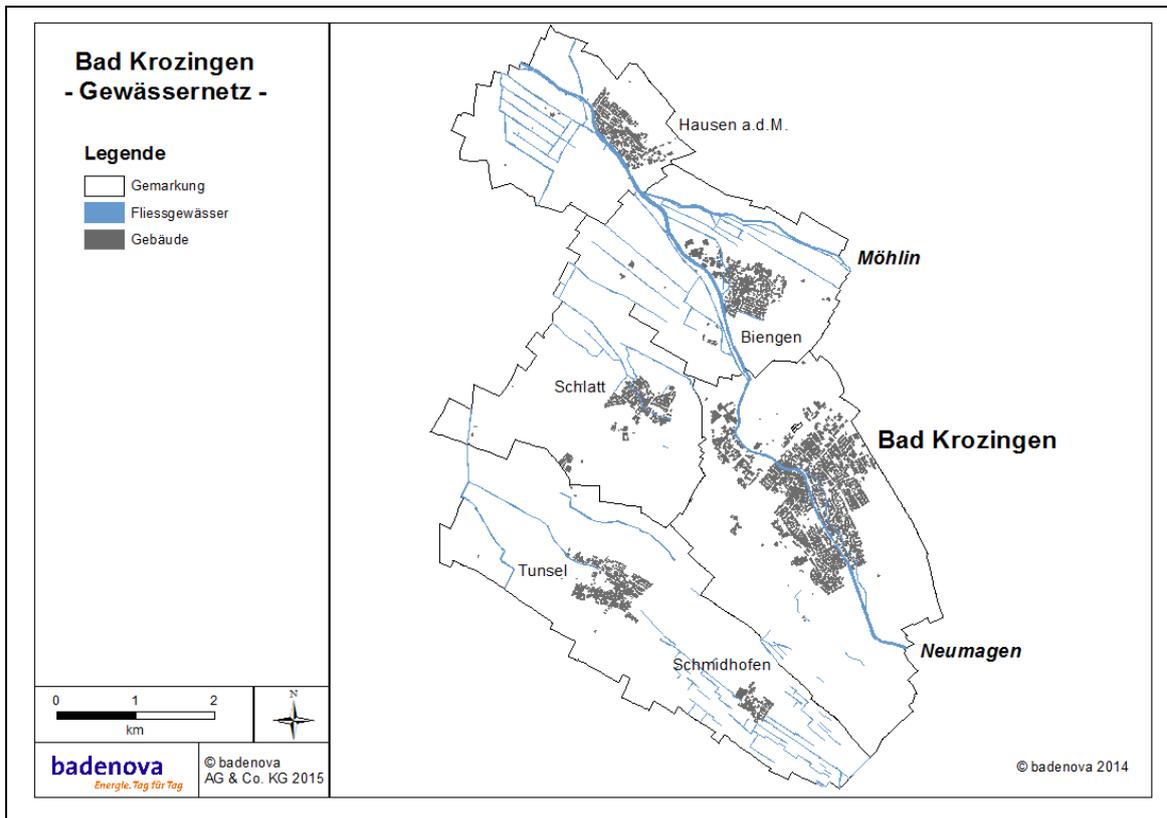


Abbildung 39 – Karte des Gewässernetzes in Bad Krozingen

4.5 Geothermie

4.5.1 Technischer und geologischer Hintergrund

Geothermische Energie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde (Synonym: Erdwärme). Sie findet ihre Anwendung in der Beheizung von Wohn- oder Arbeitsräumen, aber auch bei technischen Prozessen. Umgekehrt unterstützt die Technik auch Kühlungsprozesse. Vor allem in Kombination von Heizung im Sommer und Kühlung im Winter ergeben sich hier sehr wirtschaftliche und klimaschonende Anwendungen.

Auf dem Gebiet der Geothermie lassen sich drei wesentliche Techniken und ihre speziellen Anwendungen abhängig von der Eingriffstiefe unterscheiden:

1. Oberflächennahe Geothermie (in der Regel bis in 150 m Tiefe bei $< 25 \text{ }^\circ\text{C}$)
2. Tiefe Geothermie (in bis zu über 6.000 m Tiefe bei $> 25 \text{ }^\circ\text{C}$)
3. Hochenthalpielagerstätten (in vulkanisch aktiven Gebieten mit $> 100 \text{ }^\circ\text{C}$)

In Bad Krozingen wurde durch Explorationsbohrungen bereits sehr früh Thermalwasser im tieferen Untergrund nachgewiesen. Mit der Theresienquelle konnte salinares Wasser aus ca. 600 m Tiefe bei ca. 40 °C gewonnen werden. Durch einen für den Rheingrabenrand typischen Grundwasserkreislauf kommt es im Markgräflerland vor allem entlang von Verwerfungen zum Aufstieg warmen Grundwassers, welches ursprünglich überwiegend durch Regenwasser im angrenzenden Hochschwarzwald gespeist wird. So lassen sich zum Beispiel auch in Freiburg, Bad Bellingen und in Badenweiler thermale Wässer für Badegäste und den Tourismus nutzen. Neue Quellen müssten jedoch erneut aufwendig exploriert werden. Die Thermalwassertemperaturen sind abhängig von der Quellentiefe und von Wärmeanomalien, die schlecht vorherzusagen sind. Zur Erzeugung von Strom oder zur Speisung eines Nahwärmenetzes reichen die Temperaturen nur in seltenen Ausnahmefällen.

Oberflächennahe Geothermie wird ausschließlich zur Wärmeversorgung und nicht zur Stromerzeugung genutzt. Dabei wird die in oberflächennahen Erdschichten vorhandene niedrigtemperierte Wärme mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gehoben, welches bspw. das Heizen eines Ein- oder Mehrfamilienhauses erlaubt. In Abbildung 40 sind die verschiedenen Techniken zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden mit Erdwärme dargestellt. Welches System Anwendung findet, hängt wesentlich vom Bedarf, von den Untergrundverhältnissen und von der zur Verfügung stehenden Fläche ab. Für gewerbliche Zwecke bieten sich Erdwärmesonden und Grundwasserbrunnen an. Sehr gut gedämmte Gebäude modernen Standards können eine Wärmepumpe effizient auch mit der Außenluft betreiben. Luftgekoppelte Wärmepumpen weisen insbesondere bei Neubauten zunehmend höhere Marktanteile auf.

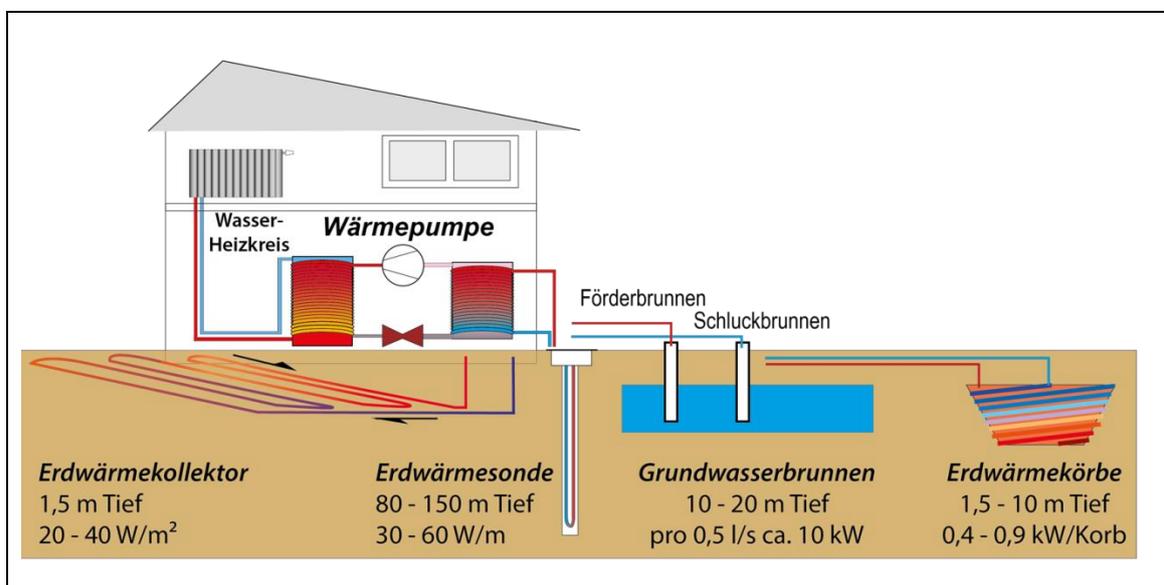


Abbildung 40 – Techniken der oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit

Die oberflächennahe Geothermie kann in Bad Krozingen nur bedingt genutzt werden, da die gesamte Gemarkung innerhalb eines ausgewiesenen Wasserschutzgebietes mindestens in der Zone III liegt. In dieser Zone dürfen Erdwärmesonden in der Regel nur mit Wasser als Sole betrieben werden, was die Effizienz

der Wärmepumpentechnik stark mindert. Die Ortsteile Hausen a. d. M., Schlatt und der südliche Teil von Bad Krozingen sind der Zone II zugeordnet, in der die Verwendung von Erdwärmesonden wasserwirtschaftlich nicht erlaubt ist. Dennoch ist im Einzelfall die Anwendung der erdgekoppelten Wärmepumpe über Sonden oder mittels Flächenkollektor möglich. Derzeit sind in der Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg i. Br. (LGRB) mindestens 11 Anlagen mit insgesamt 30 Sonden für Bad Krozingen registriert. Die Bohrlänge erreicht im Einzelfall bis zu 150 m.

Bad Krozingen liegt im nördlichen Markgräflerland, zwischen Schwarzwaldrand und Rheinebene. Der geologische Untergrund besteht überwiegend aus den Schichten des Tertiärs, dem ca. 30 bis 80 m mächtige quartäre Kiese und Sande auflagern (vgl. Abbildung 41). Im Ortsteil Bad Krozingen liegt eine Horststruktur vor, die in der relevanten Tiefe von den Schichten des mittleren Jura aufgebaut wird. Auch die Neubaugebiete liegen dieser Horstscholle auf. Bohrrisiken ergeben sich durch mögliche Karsthohlräume in den Jurakalken und durch Salz führende Schichten des Tertiärs.

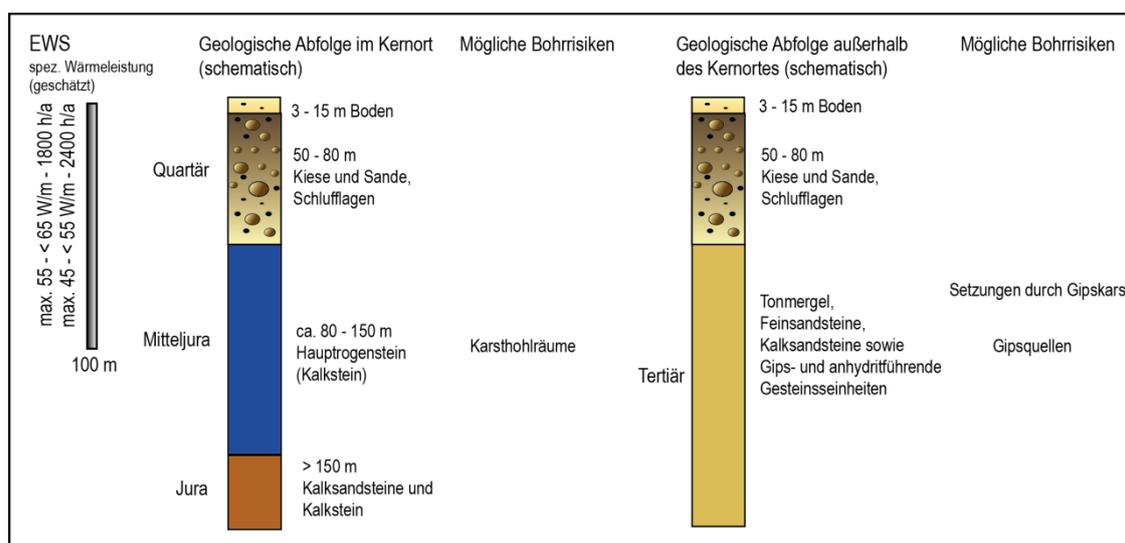


Abbildung 41 – Schematische geologische Profile des Untergrundes von Bad Krozingen (Quelle: ISONG-Baden-Württemberg)

Unabhängig von den oben gemachten Aussagen müssen die Angaben des Regierungspräsidiums Freiburg i. Br. - Abt. 9 - LGRB - grundsätzlich beachtet werden. Alle geothermischen Bohrungen unterliegen der Erlaubnispflicht durch die zuständige Behörde.

4.5.2 Geothermiepotenzial

Auf der Grundlage des Wärmekatasters und der obigen Ausführungen konnte für Bad Krozingen ein bedarfsorientiertes Geothermiepotenzial auf Basis von Erdwärmesonden berechnet werden. Die Vorgehensweise, die dazu verwendeten Parameter und die angewendeten Sicherheitsvorgaben werden im Kapitel 9.4 erläutert.

In Abbildung 42 ist beispielhaft ein Ausschnitt des Geothermiekatasters wiedergegeben. Farblich hervorgehoben sind solche Gebäude, die ihren heutigen Wär-

mebedarf theoretisch mit ein, zwei oder mit bis zu vier Erdwärmesonden unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Nutzfläche decken können. Dabei wurde mit bis zu 99 m langen Erdwärmesonden gerechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass theoretisch 6,6 % des Wohngebäudewärmebedarfs mit jeweils maximal 99 m langen Sonden abgedeckt werden könnte. Viele Wohngebäude benötigen mindestens 2 oder sogar bis zu 4 Sonden, um ihren Wärmebedarf mit Erdwärme decken zu können. Dadurch steigen die Investitionskosten sehr stark an.

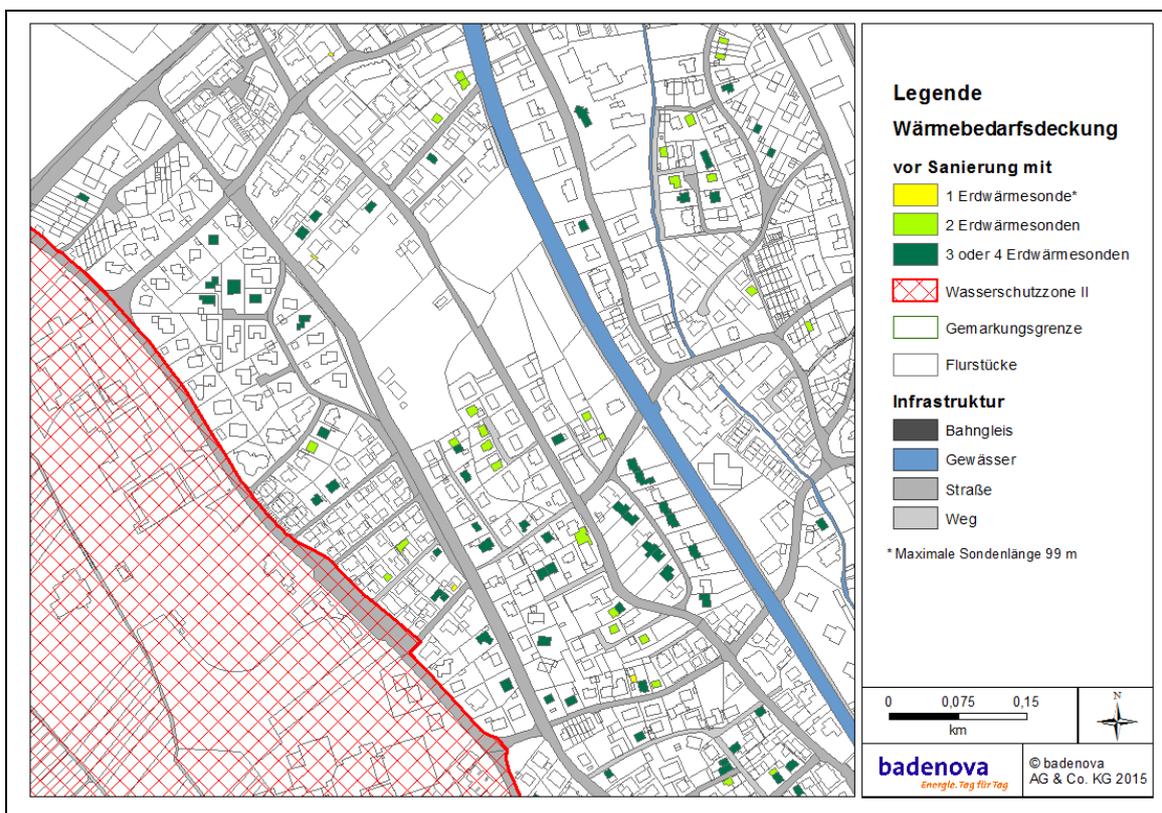


Abbildung 42 – Ausschnitt des Geothermiekatasters für Bad Krozingen (theoretisches Potenzial)

Um das Erdwärmepotenzial nutzen zu können, ist es nötig, die Heizungsvorlauftemperaturen auf maximal 55°C zu reduzieren. Je niedriger diese Temperatur ist, desto günstiger wird das Verhältnis von regenerativer Wärmenutzung zum Stromverbrauch der Wärmepumpe. Vor allem bei älteren Gebäuden, die vor 1995 gebaut wurden, setzt dies im Allgemeinen entsprechende Sanierungsmaßnahmen voraus. Ein quantitatives Potenzial wurde für alle Gebäude berechnet, die mindestens die Baualtersklasse F (1969-1978) aufweisen. Im Zuge dieser Altersklasse wurden die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen erstmals deutlich reduziert. Zur Potenzialberechnung wird weiterhin vorausgesetzt, dass die Gebäude der Klassen F bis H (Baualter 1969-1994) eine Sanierung auf das Niveau der 3. Wärmeschutzverordnung von 1995 erfahren. Dieses sogenannte „technisch-ökonomische Potenzial nach Sanierung“ ist ausschnittsweise in Abbildung 43 für Erdwärmesonden mit bis zu 99 m Länge dargestellt.

Unter diesen Voraussetzungen können 7,1 % des heutigen Gebäudewärmebedarfs der Stadt Bad Krozingen mit erdgekoppelten Wärmepumpen bereitgestellt werden. Zu berücksichtigen ist, dass dieses Potenzial eine Gebäudesanierung vo-

raussetzt, die insgesamt ca. 2 % des heutigen Gebäudewärmebedarfs einspart. Die quantitativen Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

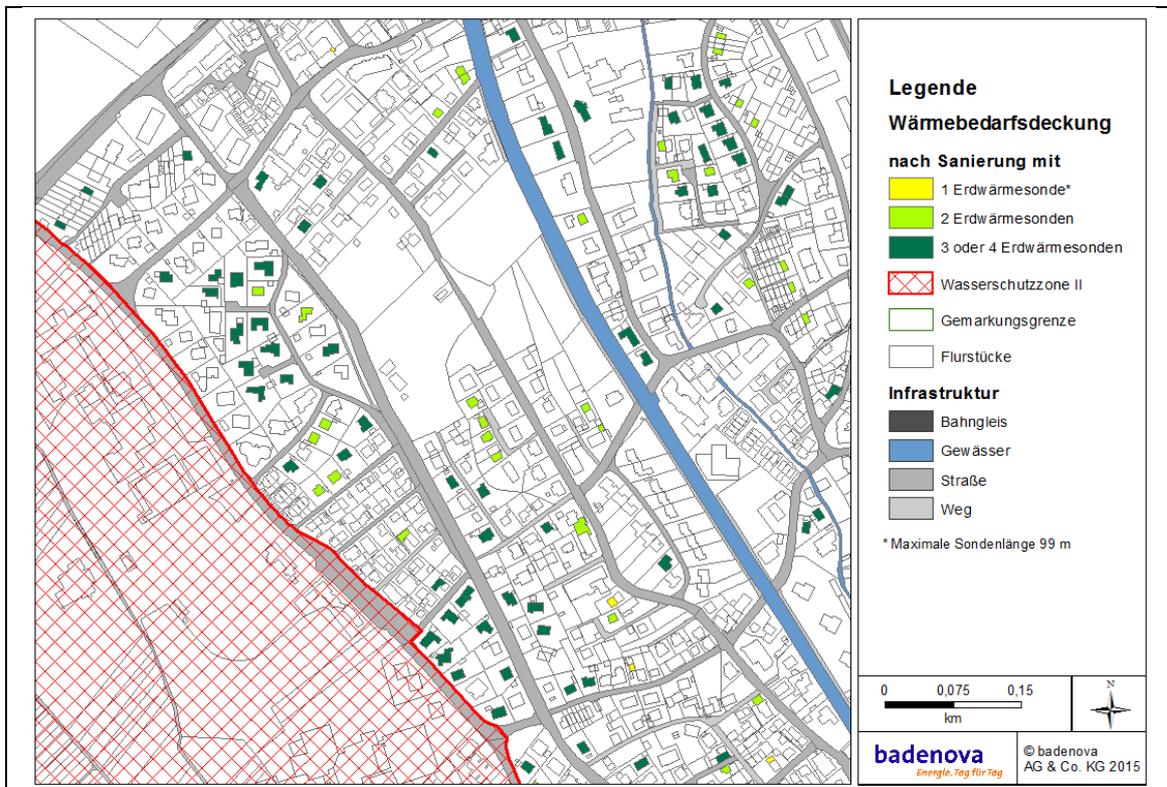


Abbildung 43 – Ausschnitt des Geothermiekatasters (technisch-ökonomisches Potenzial)

Geothermische Potenziale	Maximale Sondenlänge
	99 m
Theoretisches Potenzial	
Deckungsanteil des heutigen Wärmebedarfs der Wohngebäude durch Wärmepumpen	6,6 %
Technisch-ökonomisches Potenzial	
Deckungsanteil des heutigen Wärmebedarfs der Wohngebäude durch Wärmepumpen	7,1 %
Wärmeeinsparung durch die dazu notwendige Sanierung	1,9 %

Tabelle 6 – Geothermische Potenziale zur Deckung des Gebäudewärmebedarfs in Bad Krozingen

In Abbildung 43 ist zu erkennen, dass sich in Bad Krozingen das geothermische Potenzial manchmal auf einzelne Siedlungsareale konzentriert. In diesen Fällen ist zu prüfen, ob die Siedlung die Möglichkeit für einen Gasanschluss aufweist oder die Anwohner ihren Wärmebedarf tendenziell eher mit einer Öl- oder Stromheizung decken. Lassen sich solche oder allgemein veraltete Heizungssys-

teme durch geothermische Systeme austauschen, dann resultiert in der Regel eine sehr hohe Klima- und Ressourceneffizienz der Erdwärmenutzung.

Die vielfältigen Möglichkeiten der finanziellen Förderung von Wärmepumpensystemen können unter der Homepage des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausführungskontrolle (BAFA) abgerufen werden.

4.6 Zusammenfassung: Erneuerbare Energien in Bad Krozingen

Die Auswertung der vorhandenen Informationen hat ergeben:

- Signifikante Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien gibt es in Bad Krozingen bei der Solarenergie, die einen wesentlichen Beitrag zur umweltfreundlichen Stromversorgung leisten könnte.
- Die vorhandenen Reststoffe (z.B. aus Grünschnitt) und tierischen Abfälle sowie die Bepflanzung von Brachflächen mit Energiemais ergeben ein technisches Potenzial von ca. 6.020 MWh_{el.}/Jahr. Auf Grundlage der erhobenen Daten lässt sich damit zwar ein technisches, aber nach heutigem Kenntnisstand kein wirtschaftlich nutzbares Biogaspotenzial ableiten.
- Die Waldbestände innerhalb der Gemarkung befinden sich im Besitz der Stadt Bad Krozingen. Ein bisher unausgeschöpftes Energieholzpotenzial lässt sich auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Daten mit ca. 200 fm³/Jahr angeben, was einer nutzbaren Energiemenge von ca. 380 MWh und einer Wärmeversorgung von 19 Haushalten entspricht.
- Der Potenzialatlas Windenergie verzeichnet nur niedrige Windgeschwindigkeiten innerhalb der Gemarkung von Bad Krozingen. Ein wirtschaftliches Windkraftpotenzial ist daher für Bad Krozingen nicht gegeben. Die Stadt setzt sich jedoch für den Ausbau der Windkraft auf der Gemarkung Staufen ein, wo Grundstücksanteile der Stadt Bad Krozingen bestehen.
- Es sind keine wirtschaftlich nutzbaren Ausbaupotenziale für die Wasserkraft in der Gemeinde vorhanden.
- Vorhandene Wärmequellen aus oberflächennaher Geothermie und weiteren Wärmeströmen in Verbindung mit Wärmepumpen werden in Einzelfällen bereits zur Wärmeengewinnung genutzt und könnten weiter ausgebaut werden. Für die Nutzung von erdgekoppelten Wärmepumpen ist das Gesamtpotenzial wegen der bestehenden Wasserschutzgebiete jedoch gering.

Auf die sich hieraus ergebenden Handlungsfelder wird im folgenden Kapitel 5 eingegangen.

5. Klimaschutzpotenziale und Handlungsfelder

Aufbauend auf den für diese Energiepotenzialstudie zusammengetragenen und analysierten Daten und der weiteren Auswertung dieser Daten in einem geographischen Informationssystem können bereits erste Handlungsfelder identifiziert werden. Diese würden in der Stadt Bad Krozingen direkt zur Einsparung von CO₂-Emissionen führen und die Bemühungen der Stadt beim kommunalen Klimaschutz konsequent fortführen.

Thematisch unterscheidet die Studie drei grundsätzliche Handlungsfelder:

- Energieeinsparung
- Energieeffizienz und
- Ausbau der erneuerbaren Energien.

Als Vergleichswert und für ein besseres Verständnis, welchen klimapolitischen Einfluss zusätzliche Maßnahmen in Bad Krozingen hätten, wurden die energiepolitischen Ziele des Bundes und des Landes Baden-Württembergs für diese Zusammenfassung herangezogen.

5.1 Erneuerbare Energien

5.1.1 Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung

Potenziale für die zusätzliche Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Stromverbrauchs sind in Bad Krozingen besonders im Bereich der Photovoltaik vorhanden. Der jährliche Stromverbrauch liegt bei etwa 74.900 MWh. Im Jahr 2012 wurden davon bereits 8 % durch die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien gedeckt.

Allein mit der Ausschöpfung der PV-Potenziale auf den Dachflächen der Stadt könnte der Stromverbrauch zu 61 % gedeckt werden. Hinzu kommt das technische Potenzial für Biogas, so dass insgesamt der heutige Stromverbrauch zu gut 69 % mit erneuerbarer Energie gedeckt werden könnte. Mit den vorhandenen Potenzialen könnte Bad Krozingen somit das angestrebte Erneuerbare-Energien-Ziel des Landes Baden-Württemberg von 38 % bis 2020 nicht nur erreichen, sondern bei gleichbleibendem Stromverbrauch deutlich übertreffen (vgl. Abbildung 44).

Gegenüber dem deutschen Strommix wäre dies eine CO₂-Einsparung von 24.500 t im Jahr, die sich die Stadt in ihrer CO₂-Bilanz gutschreiben könnte. Dadurch würde sich der CO₂-Ausstoß pro Einwohner und Jahr um 19 % von 7,61 t auf 6,2 t verringern.

Insbesondere der Ausbau der lokalen Stromproduktion aus Solarenergie ist daher ein wichtiges und vor allem realisierbares Handlungsfeld, welches in der strategischen Ausrichtung der Stadt weiterhin verankert sein sollte.

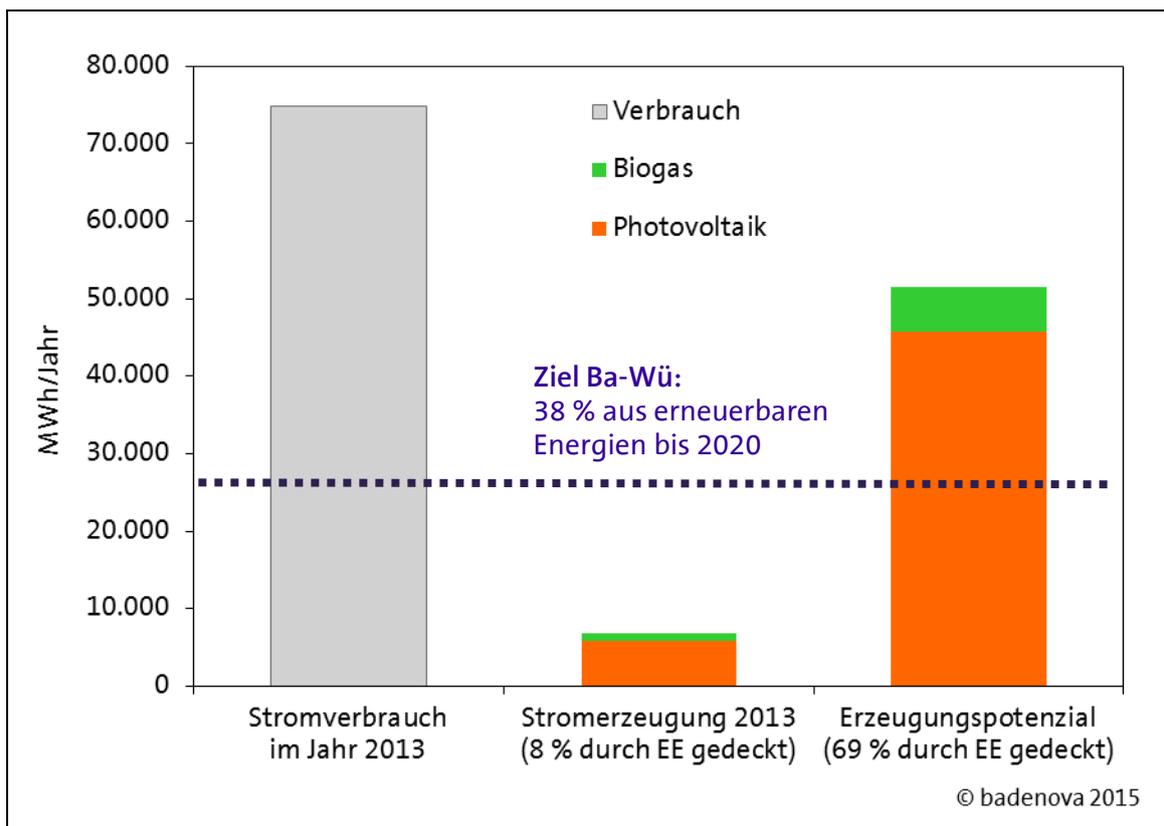


Abbildung 44 – Aktueller Stromverbrauch in Bad Krozingen im Vergleich zu Potenzialen für Strom aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg

5.1.2 Ausbau der erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmebedarfs

Potenziale für die zusätzliche Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmebedarfs sind ebenfalls vorhanden. Hier spielen vor allem die Solarthermie und die Geothermie eine wichtige Rolle, während die zusätzliche Nutzung von Energieholz nur sehr beschränkt möglich ist (vgl. Abbildung 45).

Der Wärmeverbrauch in Bad Krozingen beträgt knapp 206.000 MWh/Jahr und entfällt zum größten Teil auf die privaten Haushalte. Aktuell werden jährlich bereits ca. 13 % des Wärmeverbrauchs der Stadt aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt: Energieholz (12 %), Solarthermie (0,4 %) und (Erd-)Wärmepumpen (0,4 %).

Mit der Nutzung der solarthermischen Potenziale auf den Dachflächen der Gemeinde könnten ca. 10.500 MWh/Jahr oder 60 % des heutigen Wärmeverbrauchs für Warmwasser erzeugt werden. Zusammen mit den vorhandenen Geothermipotenzialen könnten die technischen Potenziale für Wärme aus erneuerbaren Energien bis zu 22 % des Wärmeverbrauchs decken. Ziel der Landesregierung ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung in Baden-Württemberg bis 2020 auf 16 % zu erhöhen. Durch eine verstärkte Nutzung der vorhandenen Potenziale könnte Bad Krozingen dieses Ziel erreichen.

Das jeweilige Potenzial ist allerdings individuell im Hinblick auf die Gesamteffizienz des jeweiligen Systems zu prüfen. Ebenso ist die Nutzung des Erdwärmepotenzials einerseits von den lokalen Untergrundverhältnissen in der

Gebäudeumgebung und andererseits von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (z.B. Entwicklung des Ölpreises) abhängig.

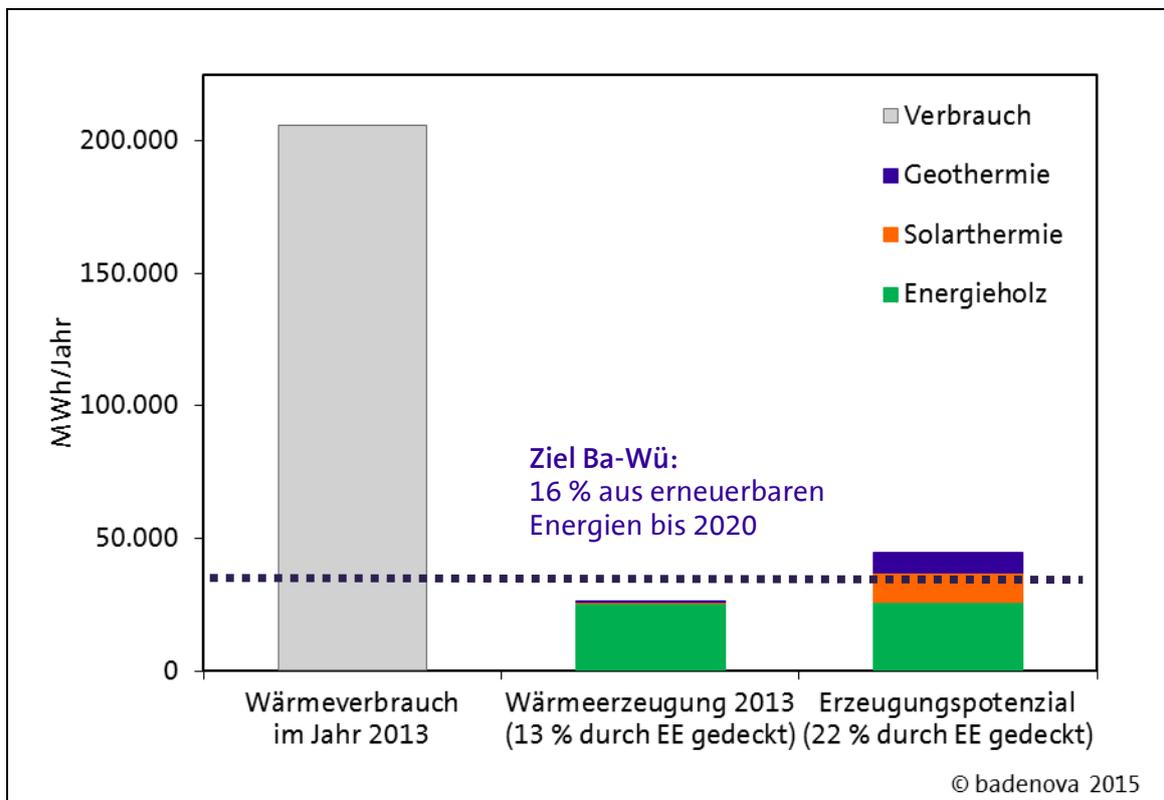


Abbildung 45 – Aktueller Wärmeverbrauch in Bad Krozingen im Vergleich zu Potenzialen für Wärme aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg

Abbildung 45 macht deutlich, dass Maßnahmen bei der Energieerzeugung nur ein Teil der Lösung sind. Ergänzend dazu muss der Wärmeverbrauch stark gesenkt und die Energieeffizienz deutlich erhöht werden, um signifikante CO₂-Einsparungen und gesetzte Klimaziele zu erreichen.

5.2 Erhöhung der Energieeffizienz

5.2.1 Modernisierung der Straßenbeleuchtung

Die Straßenbeleuchtung stellt grundsätzlich ein wichtiges kommunales Handlungsfeld dar, da in den meisten Fällen große Stromeinsparungen möglich sind. Der Vergleich des Stromverbrauchs der Straßenbeleuchtung mit Referenzgemeinden aus der Region zeigt, dass Bad Krozingen mit einem Stromverbrauch von 61 kWh pro Einwohner bisher über dem Durchschnitt liegt (vgl. Abbildung 46). Laut des Gemeinderatsbeschlusses vom März 2015 soll die Straßenbeleuchtung in der Stadt nun auf hocheffizientes LED-Licht-Contracting umgestellt werden. Durch den Austausch der bisherigen Beleuchtung werden Stromeinsparungen von 70 % wirksam werden, womit die Stadt künftig dieses tragende kommunale Potenzial für Effizienzsteigerungen heben kann. Der Stromverbrauch der

Straßenbeleuchtung pro Einwohner wird dann nur noch bei 18,3 kWh liegen und Bad Krozingen wird im Vergleich mit anderen Städten und Gemeinden am sparsamsten abschneiden. Hierdurch kommt es zu jährlichen CO₂-Einsparungen von ca. 460 t.

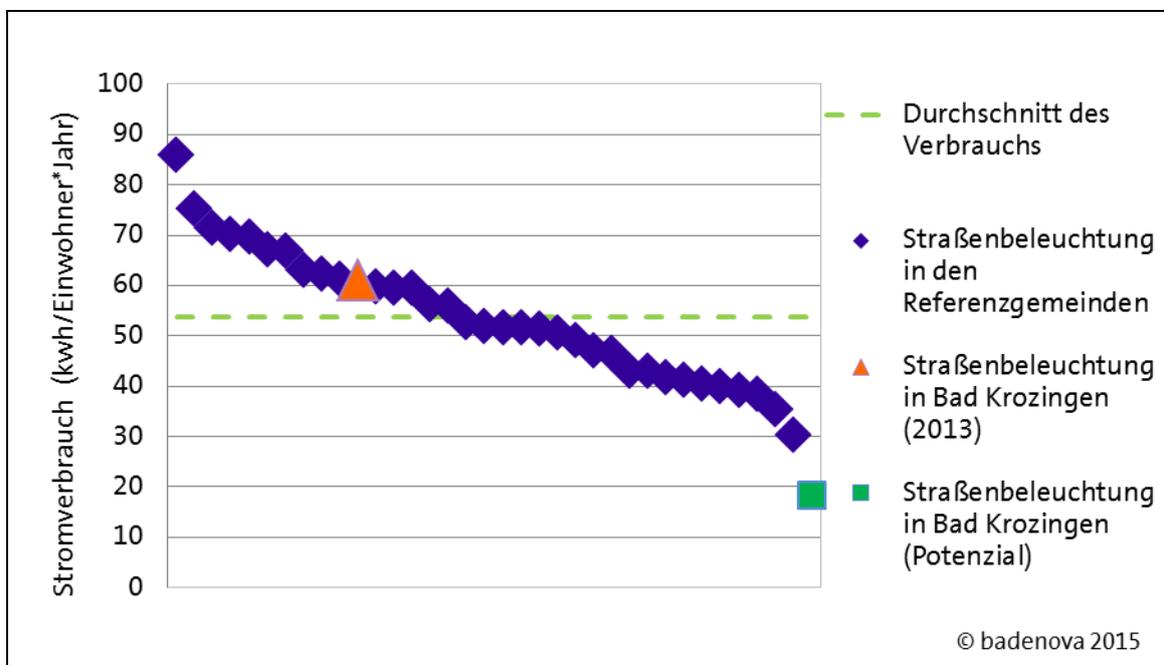


Abbildung 46 – Vergleich des Stromverbrauchs der Straßenbeleuchtung pro Einwohner mit Referenzgemeinden (2013)

5.2.2 Austausch ineffizienter Heizanlagen und Heizungspumpentausch

Der Austausch alter Heizanlagen stellt ein grundlegendes Handlungsfeld für Privathaushalte dar. Die Auswertung der Heizanlagenstatistik der Stadt verdeutlicht, dass knapp 20 % der Heizöl- und Erdgasanlagen älter als 25 Jahre sind. Der größte Teil der Heizanlagen ist jedoch nicht älter als 15 Jahre, vgl. Abbildung 47.

Allerdings hat sich die Effizienz von Heizanlagen in den letzten Jahren deutlich verbessert, wodurch auch jüngere Anlagen ein Potenzial für Effizienzsteigerungen besitzen, welche wiederum zu Energie- und Kosteneinsparungen führen können. Heizölkessel mit einem Baualter vor 1980 haben einen Jahresnutzungsgrad von lediglich 76 %, während Kessel mit einem Baualter nach 1990 Jahresnutzungsgrade von bis zu 98 % aufweisen. Konkret bedeutet dies, dass der Austausch alter Kessel in diesem Fall den Energiebedarf um 22 % senken könnte.

In Bad Krozingen könnten durch effizientere Heizanlagen jährlich 2.500 MWh Heizöl und 4.800 MWh Erdgas eingespart werden. Das entspricht einem CO₂-Einsparpotenzial von ca. 2.000 t im Jahr.

Darüber hinaus gibt es Synergieeffekte durch die Umstellung von Anlagen auf andere Energieträger (z.B. Heizöl auf Erdgas). Im Jahr 2013 wurden in Bad Krozingen ca. 23 % des Wärmeverbrauchs durch erdölbasierte Heizungssysteme verursacht. Ca. 2 % des Verbrauchs wurde mit Heizstrom gedeckt. Eine Umstellung dieser konventionellen Heizungssysteme auf Erdgas mit einem nach dem Erneuer-

erbaren-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg (EWärmeG 2015) entsprechenden Solarthermieanteil würde 3 % der gesamten CO₂-Emissionen in Bad Krozingen einsparen. Die Stadt weist einen hohen Ausbaugrad des Erdgasnetzes auf, mit dem die Umstellung von Erdöl auf Erdgas in vielen Wohnbereichen möglich ist.

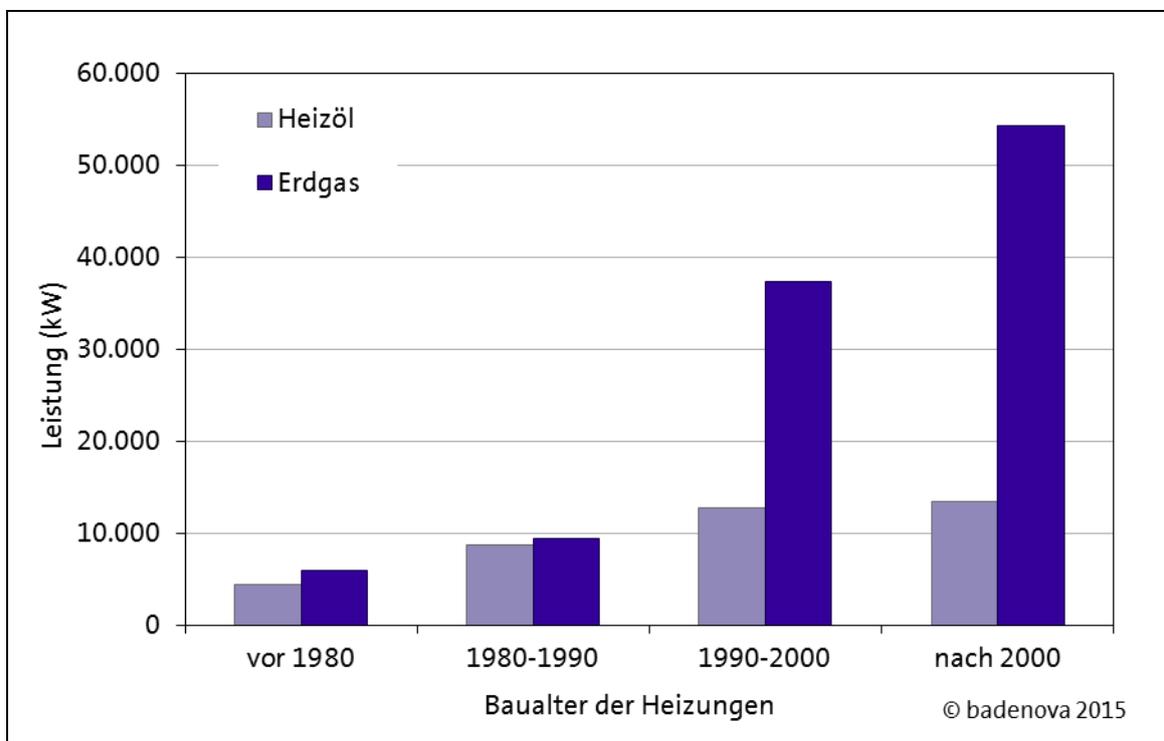


Abbildung 47 – Gesamtleistung der Heizanlagen nach Energieträgern und Baualter

Unabhängig vom Baualter bietet der Heizungspumpentausch deutliche Einsparpotenziale. Viele Heizungsanlagen – sowohl ältere als auch jüngere – werden mit falsch eingestellten, zu großen oder energetisch ineffizienten Heizungspumpen betrieben. Es wird geschätzt, dass ca. 84 % aller Heizungspumpen in Deutschland veraltet sind. Der Austausch oder die Justierung dieser Pumpen ist eine sehr kostengünstige und einfache Energieeffizienzmaßnahme. Die Kosten für eine neue, frequenzgesteuerte Hocheffizienzpumpe amortisieren sich daher bereits nach zwei bis fünf Jahren. Vielen Bürgern ist diese Tatsache nicht bewusst und auch im gewerblichen Bereich können dahingehend oftmals erhebliche Effizienzsteigerungen bei kurzen Amortisationszeiten erreicht werden.

5.2.3 Aus- und Aufbau von Wärmeverbänden und KWK-Anlagen

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) sollen nach der Bundes- und Landesregierung einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Energiebereitstellung liefern (UMBW, 2015b). In Bad Krozingen sind bereits einige Anlagen in privaten Haushalten oder Gewerbebetrieben installiert, jedoch decken diese erst 2 % des Wärmebedarfs und 3 % des Stromverbrauchs der Stadt. Damit ist noch ein weiterer Ausbau nötig, um das Landesziel, 20 % des Stromverbrauchs mit KWK-Anlagen zu decken, in Bad Krozingen zu erreichen (vgl. Abbildung 48).

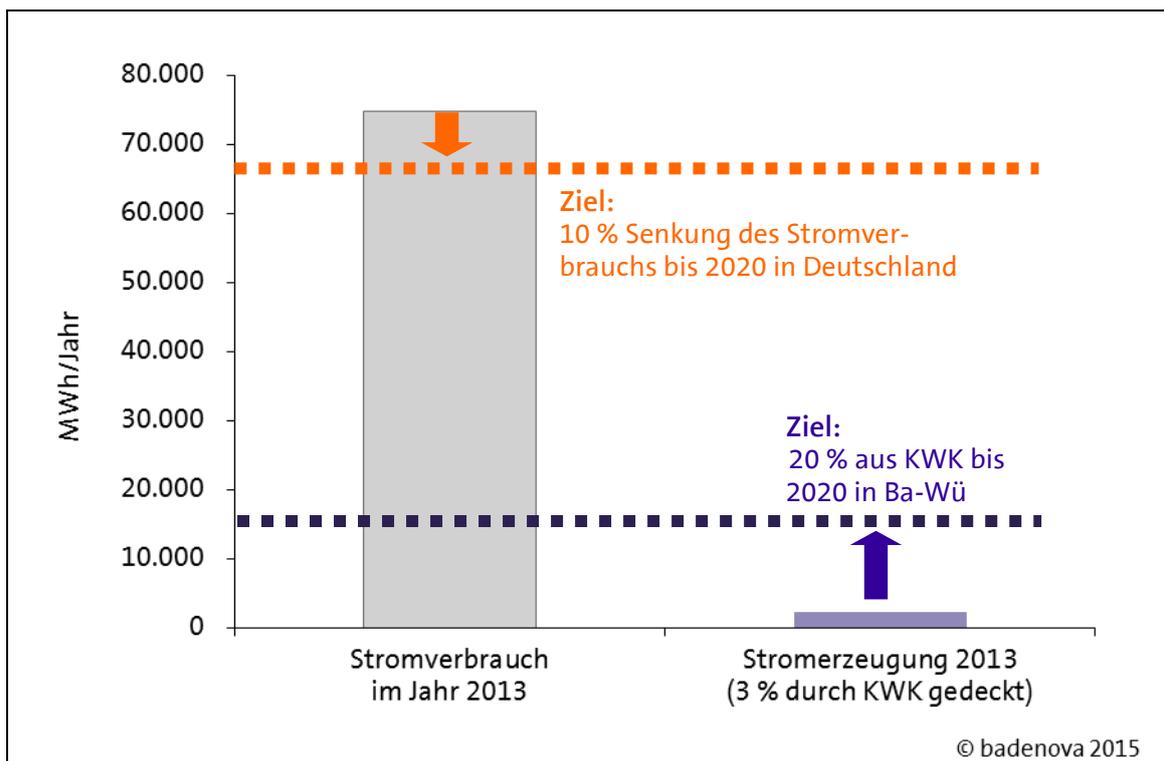


Abbildung 48 – KWK-Erzeugung und KWK-Ziele im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch

Für den Aufbau von Nahwärmeverbänden bzw. KWK-Anlagen bestehen in Bad Krozingen noch sehr gute Potenziale. Insbesondere in Kombination mit Sanierungs- und Quartierskonzepten im Kernort können Potenziale genauer identifiziert und untersucht werden (vgl. Kapitel 5.3.2).

Abbildung 49 zeigt einen Ausschnitt des Wärmekatasters im Bereich der St. Ulrich-Straße im Kernort Bad Krozingen. Im blau markierten Bereich gilt es zu prüfen, ob sich in den dortigen großen Mehrfamilienhäusern zwischen St. Ulrich-Straße und Staufener Straße der Einsatz von Blockheizkraftwerken zur Wärmeversorgung eignen könnte. Aus den Daten geht hervor, dass die Gebäude, die aus den 1970er Jahren stammen, zum größten Teil unsaniert sind und eine hohe Wärmedichte aufweisen. Hier sollte geprüft werden, wie der Zustand der derzeitigen Heizanlagen ist und inwiefern die Eigentümer für den Einbau eines Blockheizkraftwerks oder den Anschluss an eine Nahwärmeversorgung bereit wären.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass der Wärmebedarf der Gebäude durch Sanierungsmaßnahmen deutlich sinken könnte, so dass ein Wärmenetz möglicherweise nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden kann. Sanierungsmaßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs sollten daher vor der Planung eines Wärmenetzes angegangen werden.

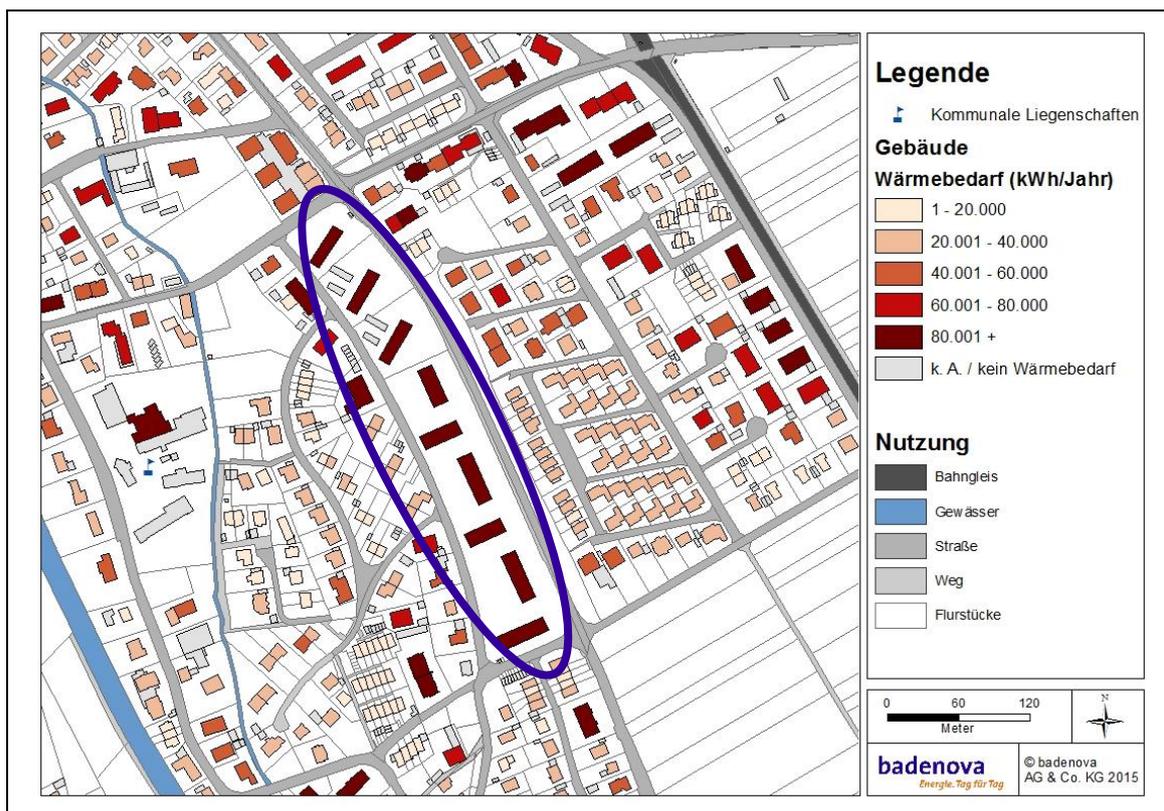


Abbildung 49 – Ausschnitt des Wärmekatasters Kernort Bad Krozingen: Mögliches Potenzial für den Aufbau eines Wärmenetzes

Eine ähnliche Situation ergibt sich in der Straße „In den Mühlmatten“ im Kernort. Die Hochhäuser In den Mühlmatten 6-10 weisen eine hohe Wärmedichte auf (vgl. Abbildung 21), und auch hier sollte das Potenzial für den Einbau eines Blockheizkraftwerks oder der Aufbau eines Wärmeverbundes geprüft werden.

Neben den privaten Haushalten sollte ebenfalls in Gewerbebetrieben der Einbau von KWK-Anlagen weiter vorangetrieben werden. Einige Kliniken und Kurbetriebe in Bad Krozingen nutzen bereits effiziente KWK-Anlagen oder befinden sich in der Planung, eine solche Anlage einzubauen. Weitere Potenziale könnten im Gewerbegebiet Biengen bestehen. In Form eines Netzwerkes aus den dortigen Unternehmen könnten mögliche Energieversorgungssynergien überprüft und genutzt werden.

Weitere Potenziale der KWK-Nutzung ergeben sich durch den Neubau der dualen Hochschule im Kurgarten, bei der die Möglichkeit einer Mitversorgung von angrenzenden Wohnsiedlungen besteht, sowie durch zentrale Wärmelösungen in den neu entstehenden Gewerbegebieten. Im Falle des in Planung befindlichen Gewerbegebietes „Am Krozinger Weg“ könnte die Mitversorgung des naheliegenden Bauhofs und der Feuerwehrgebäude geprüft werden.

5.3 Energieeinsparung

5.3.1 Verringerung des Heizwärmeverbrauchs der Wohngebäude

Die Bundesregierung verfolgt bis 2020 das Klimaschutzziel, den Wärmebedarf um 20 % zu senken. In der folgenden Abbildung 50 sind sowohl der momentane Wärmeverbrauch der Wohngebäude in Bad Krozingen, das mögliche Einsparpotenzial sowie das Ziel der Bundesregierung dargestellt. Bad Krozingen verfügt über ein signifikantes Einsparungspotenzial beim privaten Wärmeverbrauch.

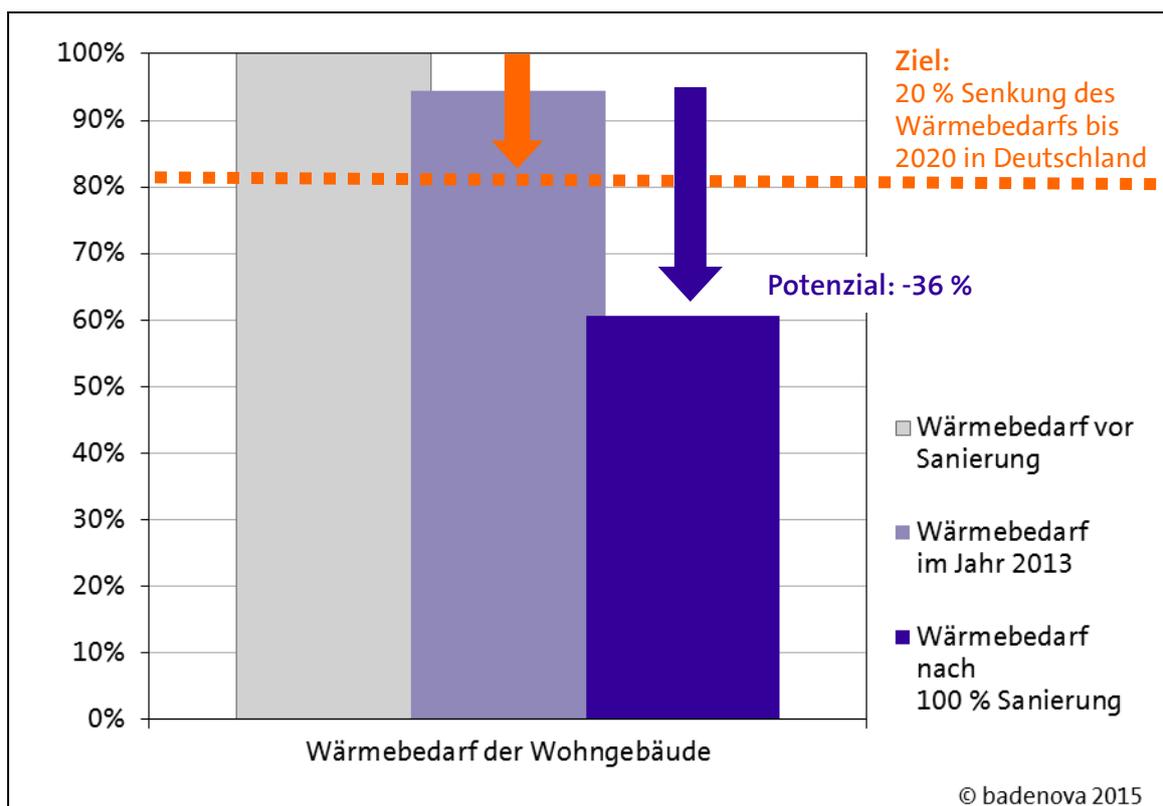


Abbildung 50 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial

Die Gebäudedaten zur Bestimmung des Sanierungspotenzials wurden, angelehnt an die Gebäudetypologie für Deutschland des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU), durch Begehungen vor Ort erhoben. Das Wärmekataster beruht also auf statistischen Angaben zum jeweiligen Gebäudetyp, nicht auf individuellen Verbrauchsdaten. Ob also ein Gebäude als sanierungswürdig oder nicht eingestuft wird, hängt nach dieser Auswertung nicht vom individuellen Verbrauch seiner Bewohner oder Nutzer ab, sondern vom ermittelten Gebäudetyp. Damit bleibt der Datenschutz gewahrt.

In Bad Krozingen wurden 61 % des Wohngebäudebestands vor der zweiten Wärmeschutz-Verordnung 1983 erbaut, d.h. zu einer Zeit, als Energieeffizienz noch keine wesentliche Rolle spielte (vgl. Abbildung 3 in Kapitel 2.3). Daher würde die energetische Sanierung von diesen Gebäuden große Mengen an Energie und CO₂-Emissionen einsparen.

Konkret bedeutet das: Würden in Bad Krozingen alle Wohngebäude auf dem aktuellen Stand der Wärmeschutz-Verordnung modernisiert werden, könnte man 36 % des aktuellen Gesamtwärmebedarfs einsparen (vgl. Abbildung 50). Zusätzlich würden sich hieraus Chancen für die lokale Wirtschaft sowie das Handwerk ergeben, d.h. die lokale Wertschöpfung könnte gesteigert werden.

Zu berücksichtigen ist jedoch bei allen Maßnahmen zur Verringerung des Wärmeverbrauchs, dass der Einfluss der Stadtverwaltung auf Dämm- und Sanierungsmaßnahmen privater Wohnungsbesitzer gering ist. Allerdings ist es wichtig, dieses Potenzial ebenfalls aufzugreifen, da alleine durch die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien die Klimaschutzziele nicht erreicht werden können.

5.3.2 Sanierungs- und Quartierskonzepte

Wichtig hinsichtlich der Steigerung von Sanierungsraten und Verringerung und Optimierung der Wärmeverbräuche sind Maßnahmen, in denen die Stadt als Initiatorin und Impulsgeberin agiert, so wie dies bei Sanierungs- und Quartierskonzepten der Fall ist. Letztlich werden Informations- und städtische Förderprogramme sowie Partizipationsprozesse Voraussetzung für die „Aktivierung“ von energetischen Sanierungen bei Privathaushalten sein.

Integrierte Quartierskonzepte analysieren den energetischen Ist-Zustand eines ausgewählten Quartiers und zeigen auf, welche Energieeinsparpotenziale im Quartier bestehen. Darauf aufbauend werden unter Einbindung der lokalen Akteure individuelle und umsetzungsorientierte Maßnahmen formuliert, um kurz-, mittel- und langfristig CO₂-Emissionen zu reduzieren. Der Fokus der Konzepte liegt dabei auf den zwei zentralen Handlungssträngen energetische Sanierung und Energie- und Wärmelösungen. Die Durchführung von Quartierskonzepten wird von der KfW-Bankengruppe zu 65 % gefördert.

Ein Areal, welches im Rahmen der Studie als mögliches Sanierungsgebiet oder für den potenziellen Aufbau eines Wärmeverbundes identifiziert wurde, ist das Gebiet zwischen St. Ulrichstraße und Schloßbergstraße (vgl. Abbildung 51). In diesem Quartier sind ähnliche Baualter der Gebäude aus den 1960er bis 1970er Jahren und immer wieder homogene Gebäudestrukturen vorzufinden. Aus den Daten geht hervor, dass nur wenige Wohngebäude in diesem Gebiet umfänglich energetisch saniert sind, sich jedoch aufgrund des Baualters sehr gut dafür eignen.

Im Rahmen eines Quartierskonzepts könnten detaillierte Gebäude- und Heizungsdaten erhoben sowie eine Befragung der Anwohner durchgeführt werden, um die Potenziale für einen Nahwärmeverbund zu ermitteln. Das Ziel ist, Synergieeffekte bei der Sanierung und der Wärmeversorgung zu nutzen, somit die Effizienz zu steigern und letztlich den Klimaschutz voranzutreiben. Mit Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden könnte zudem die lokale Wirtschaft sowie das Handwerk beauftragt werden, womit die lokale Wertschöpfung gesteigert werden könnte.

Ein weiteres mögliches Untersuchungsgebiet für ein Sanierungs- oder Quartierskonzept sind die Hochhäuser in den Mühlmatten 6-10 im Kernort (vgl. Abbildung 21). Hier könnte ebenfalls das Sanierungspotenzial sowie der Einbau eines Blockheizkraftwerks zur effizienten Energieversorgung der umliegenden Gebäude geprüft werden.

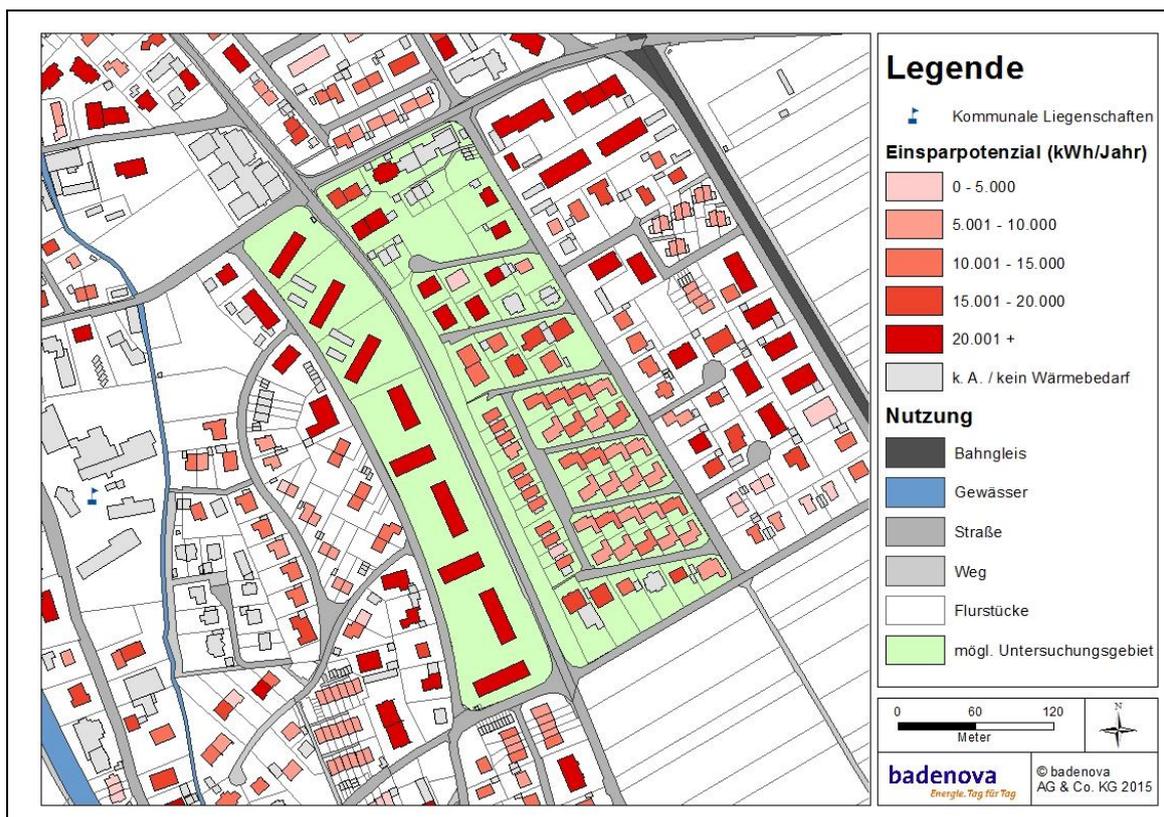


Abbildung 51 – Potenzielles Untersuchungsgebiet im Kernort Bad Krozingen

5.3.3 Umweltfreundliche Mobilität

Der verkehrsbedingte CO₂-Austoß ist mit einem Anteil von etwa einem Drittel an den Gesamtemissionen der Stadt ein wichtiger Faktor der Klimabelastung der Stadt. Die Stadt hat nur begrenzte Möglichkeiten, den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen im Bereich der Mobilität zu reduzieren. Dennoch sollte das Handlungsfeld Mobilität auf keinen Fall außer Acht gelassen werden.

Durch verschiedene Maßnahmen und gute Öffentlichkeitsarbeit seitens der Stadt zu bewussterem Umgang und stärkerer Nutzung von alternativen Verkehrsmitteln könnte ein neues Mobilitätsverhalten der Bad Krozinger Bürger etabliert und gefördert werden. Alternative Verkehrsmittel sind u.a. Mitfahrgelegenheiten, Carsharing, Elektroautos oder Elektrofahrräder.

6. Ausblick

Mit der vorliegenden Energiepotenzialstudie hat Bad Krozingen ein wichtiges Etappenziel bei der Entwicklung hin zu einer nachhaltigen, klimafreundlichen und effizienten Energieversorgung erreicht und eine umfassende Datenbasis für die nächsten Schritte gelegt. Die Ergebnisse der Studie zeigen deutlich, dass die Stadt bereits einige Potenziale identifiziert und Maßnahmen für die Umsetzung angestoßen hat. Als Beispiele sind hier u.a. die Umstellung der Straßenbeleuchtung, die Sanierung von kommunalen Liegenschaften und Wohngebäuden, der Einsatz von KWK-Anlagen sowie der Ausbau der Photovoltaik zu nennen.

Trotz dieser positiven Zwischenbilanz zum Thema Klimaschutz gibt es in Bad Krozingen weitere Handlungsfelder, die im Folgenden nochmals kurz zusammengefasst werden:

- Verstärkte Nutzung des signifikanten Photovoltaikpotenzials
- Ausbau der Wärmeerzeugung durch Solarthermieanlagen
- Erhöhung der Energieeffizienz durch den Austausch von alten Heizanlagen und Heizungspumpen
- Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED (bereits in der Umsetzung)
- Aus- und Aufbau von Wärmeverbänden im Wohngebäude-, Gewerbe- und Klinikbereich, wenn möglich auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung
- Steigerung der Sanierungsraten, insbesondere bei Wohngebäuden
- Umsetzung von Sanierungs- und Quartierskonzepten
- Förderung und Stärkung umweltfreundlicher Mobilität

Die Datenbasis dieser Studie bietet zum einen eine Ausgangsbilanz der energetischen Situation vor Ort, die in Zukunft fortgeschrieben werden kann. So können Erfolge und Maßnahmen im Klimaschutz dokumentiert und sichtbar gemacht werden. Zum anderen bietet die Studie eine solide Grundlage für weitere Entscheidungen und ermöglicht zudem, individuelle Fragestellungen und Potenziale der Stadt in die nachfolgenden Projektphasen zu integrieren. Hierzu zählt z.B. die konkrete Ausarbeitung einer Klimaschutzstrategie sowie individueller Maßnahmen unter Einbindung lokaler Akteure, also eines umfassenden integrierten Klimaschutzkonzepts, welches im nächsten Schritt erarbeitet werden soll.

Die Sammlung, Entwicklung und Konkretisierung von Klimaschutzmaßnahmen unter Beteiligung von Bürgern und Akteuren vor Ort ist Gegenstand der Module 3 und 4 (vgl. Abbildung 52), deren Start für Oktober 2015 geplant ist.

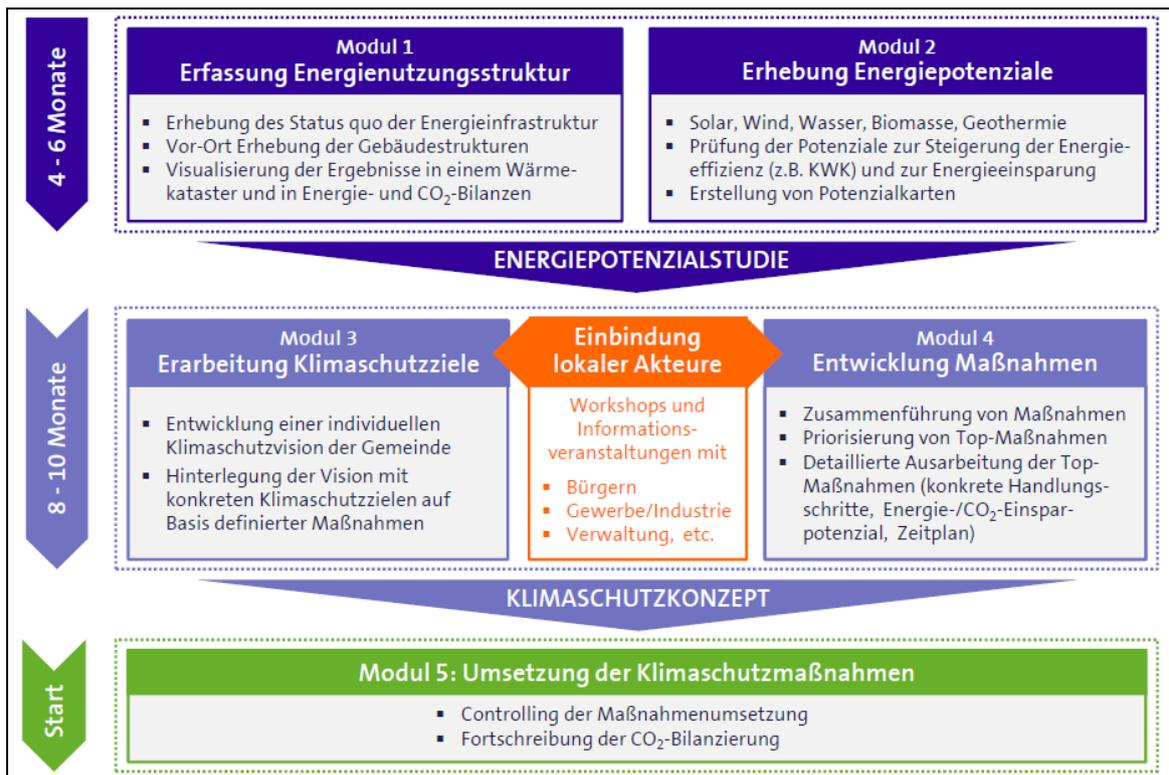


Abbildung 52 – Ausblick auf die nächsten Schritte zur Erstellung eines Klimaschutzkonzepts

7. Literaturverzeichnis

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWi) (2014). Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2013. Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (BMWi) UND BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2010). Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin.

BUNDESVERBAND KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG E.V., (2011). Vergleich: KWK und getrennte Erzeugung (Strom im Kraftwerk/Wärme im Kessel). Zuletzt abgerufen am 24.09.2015. <http://www.bkww.de/typo3temp/pics/3d013c68b1.jpg>

BUSCH, M., BOTZENHART, F., HAMACHER, T., UND ZÖLITZ, R. (2010). GIS-gestützte Abbildung der Wärmenachfrage auf kommunaler Ebene am Beispiel der Stadt Greifswald mit besonderem Blick auf die Fernwärme. *GIS Science* (3), S. 117-125.

DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2012). Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland. Zuletzt abgerufen am 25.08.2015.

http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU1/KU12/Klimagutachten/Solarenergie/Globalkarten__entgeltfrei/Jahressummen/2012,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2012.pdf

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011): Klimawandel.

FRITSCH, U.R. UND GREß, H.-W. (2014). Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2013. *Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien GmbH*, Darmstadt.

HAUSLADEN, G. UND HAMACHER, T. (2011). Leitfaden Energienutzungsplan. *Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie und Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern*, München.

INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU) (2012). Pilotphase zum kommunalen Energie- und CO₂-Bilanzierungstool BICO2 BW: Endbericht. Heidelberg.

INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU) (2014a). Energie- und CO₂-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO2 BW: Aktualisierte Angaben zum Strommix Deutschland.

INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU) (2014b). Energie- und CO₂-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO2 BW: Gebrauchsanweisung.

INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU) (2015). Energie- und CO₂-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO2 BW: Zusätzliche Angaben zum CO₂-Faktor Bioerdgas.

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT (IWU) (2005). Deutsche Gebäudetypologie - Systematik und Datensätze. Darmstadt.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2014). Climate Change 2014 – 5th Assessment Synthesis Report, Approved Summary for Policymakers.

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (LGRB) IM REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, (2014). Datenbankabruf:

- Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG).

- Bohrdatenbank: Thematische Suche von Aufschlussesdaten, 8012 Freiburg i. Br. SW (Bad Krozingen)

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2015). Energieverbrauch kleine und mittlere Feuerungsanlagen, 2010.

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (UMBW) (2011). Windatlas Baden-Württemberg.

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (UMBW) (2012). Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS).

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (UMBW) (2015a). Energiewende – 50-80-90. Zuletzt abgerufen am 29.09.2015. <https://energiewende.baden-wuerttemberg.de/de/startseite>

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (UMBW) (2015b). Landeskonzert Kraft-Wärme-Kopplung Baden-Württemberg.

MINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (UMVBW) (2011). Klimaschutzkonzept 2020 PLUS Baden-Württemberg.

NITSCHKE, U. (2007). Auf neuen Wegen in die Zukunft. In W. Witzel, & D. Seifried, Das Solarbuch: Fakten, Argumente und Strategien für den Klimaschutz. Freiburg: Energieagentur Regio Freiburg.

RÄUMLICHEN INFORMATIONS- UND PLANUNGSSYSTEM (RIPS) DER LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2012). Globaleinstrahlung: Mittlere jährliche Solareinstrahlung.

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (STALA BW) (2015a). Abfrage der Jahresfahrleistung und des Kraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr.

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (STALA BW) (2015b). Indikatoren zum „Flächenverbrauch“ für Gemeinden: Bad Krozingen. Zuletzt abgerufen am 25.08.2015. <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/BevoelkGebiet/Flaechenverbrauch/home.asp?doc=GE®=315006#chrt>

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (STALA BW) (2015c). Struktur- und Regionaldatenbank: Abfrage für Bad Krozingen. Zuletzt abgerufen am 25.08.2015. <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/SRDB/home.asp?H=1&R=GE315006>

UMWELTBUNDESAMT (2012). Energieeffizienzdaten für den Klimaschutz. Dessau-Roßlau.

WIKIPEDIA (2015a). Neumagen. Daten auf Basis des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) 2001. Zuletzt abgerufen am 11.09.2015. <https://de.wikipedia.org/wiki/Neumagen>.

WIKIPEDIA (2015b). Möhlin (Rhein). Daten auf Basis des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) 2001. Zuletzt abgerufen am 11.09.2015. [https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%B6hlin_\(Rhein\)](https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%B6hlin_(Rhein)).

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2007). Solarfibel: Städtebauliche Maßnahmen, energetische Wirkzusammenhänge und Anforderungen. Stuttgart.

8. Glossar

BAFA	Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ist eine Bundesoberbehörde mit breit gefächertem Aufgabenspektrum im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie
CO₂	Chemische Formel für Kohlendioxid, eine chemischen Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff; die Klimarelevanz von CO ₂ gilt als Maßstab für andere Gase und chemische Verbindungen, deren Auswirkungen hierfür in CO ₂ -Äquivalente umgerechnet werden
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Das deutsche Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) soll den Ausbau von Energieversorgungsanlagen vorantreiben, die aus sich erneuernden (regenerativen) Quellen gespeist werden. Grundgedanke ist, dass den Betreibern der zu fördernden Anlagen über einen bestimmten Zeitraum ein im EEG festgelegter Vergütungssatz für den eingespeisten Strom gewährt wird. Dieser orientiert sich an den Erzeugungskosten der jeweiligen Erzeugungsart, um so einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen zu ermöglichen.
EEQ	Energie aus erneuerbaren Quellen
EEWärmeG	Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) ist am 01.01.2009 in Kraft getreten. Es legt fest, dass spätestens im Jahr 2020 14 % der Wärme in Deutschland aus Erneuerbaren Energien stammen sollen. Es schreibt vor, dass Eigentümer künftiger Gebäude einen Teil ihres Wärmebedarfs aus Erneuerbaren Energien decken müssen. Das gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude, deren Bauantrag bzw. -anzeige nach dem 1. Januar 2009 eingereicht wurde. Jeder Eigentümer kann selbst entscheiden, welche Energiequelle er nutzen möchte. Alternativ zum Einsatz Erneuerbarer Energien kann auch ein erhöhter Dämmstandard umgesetzt werden.
Endenergie	Endenergie ist die Energie, die vor Ort z.B. im Wohnhaus eingesetzt wird. Im Fall von Strom ist dies die Menge Strom, die über den Hausanschluss an einen Haushalt geliefert wird. Im Fall von Wärme ist es die Menge an Öl, Gas, Holz, etc., mit der die Heizung „betankt“ wird. Die Endenergie unterscheidet sich von der Nutzenergie (s.u.).
fm	Abkürzung für Festmeter. Ein Festmeter ist ein Raummaß für Festholz und entspricht 1 m ³ fester Holzmasse.
Gebäude-typologie	Bei dieser Typologie teilt man den Wohngebäudebestand nach Baualter und Gebäudeart in Klassen ein, so dass Analysen über Energieeinsparpotenziale eines größeren Gebäudebestands möglich sind.

GEMIS	Das „Globale Emissions-Modell Integrierter Systeme“ ist ein Werkzeug des Ökoinstituts Darmstadt zur Durchführung von Umwelt- und Kostenanalysen sowie eine Datenbank mit Treibhausgasemissionen bzw. Emissionsfaktoren.
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin
KEA	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, Karlsruhe
kW	Ein Kilowatt (kW) entspricht 1.000 Watt. Dies ist die Einheit der Leistung, mit der unter anderem die Leistungsfähigkeit von Photovoltaikanlagen gemessen wird.
kWh	Der Verbrauch elektrischer Energie wird in Kilowattstunden angegeben (Leistung über eine Zeitspanne hinweg). Eine Kilowattstunde entspricht der Nutzung von 1.000 Watt über einen Zeitraum von einer Stunde. Für eine Stunde bügeln benötigt man etwa 1 kWh Strom.
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung: Gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme. Sie ist eine sehr effiziente Form der Strom- und Wärmeerzeugung.
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden Württemberg
MW	Megawatt. Ein MW entspricht 1.000 kW (s.o.)
MWh	Megawattstunde. Eine MWh entspricht 1.000 kWh (s.o.)
Nutzenergie	Nutzenergie stellt die Energie dar, die unabhängig vom Energieträger vom Wärmeverbraucher genutzt werden kann. Die Nutzenergie ist also gleich der Endenergie (s.o.) abzüglich der Übertragungs- und Umwandlungsverluste. Hierbei spielt bspw. der Wirkungsgrad der Heizanlage eine Rolle. Die Berechnungen zum Wärmekataster und zum Sanierungspotenzial basieren auf der Nutzenergie
Primärenergieverbrauch	Der Primärenergieverbrauch, abgekürzt PEV, gibt an, wie viel Energie in einer Volkswirtschaft eingesetzt wurde, um alle Energiedienstleistungen wie zum Beispiel Produzieren, Heizen, Bewegen, Elektronische Datenverarbeitung, Telekommunikation oder Beleuchten zu nutzen. Es ist also die gesamte einer Volkswirtschaft zugeführte Energie. Eingesetzte Energieträger sind bisher vor allem Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle, Kernenergie, Wasserkraft und Windenergie.
Solarkataster	Solarkataster sind Landkarten, die aufzeigen, wie gut vorhandene Dachflächen für die Installation von Photovoltaikanlagen oder Solarthermieranlagen geeignet sind.
Strommix	Unter Strommix versteht man die Kombination verschiedener Energiequellen, die für die Erzeugung von Strom eingesetzt werden. Derzeit werden deutschlandweit überwiegend fossil befeuerte Kraftwerke (Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Erdöl) sowie Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke, Windkraft-,

	Biogas- und Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung eingesetzt.
ü. NN.	bedeutet „über Normal Null“. Dabei handelt es sich in der Geodäsie um die Bezeichnung für eine bestimmte Niveaufläche, die in einem Land als einheitliche Bezugsfläche bei der Ermittlung der Erdoberfläche vom mittleren Meeresniveau dient. Das Normalnull in Deutschland repräsentiert das Mittelwasser der Nordsee, „0 m ü. NN.“ ist also gleichbedeutend mit „mittlerer Meereshöhe“.
Wärmekataster	Ein Wärmekataster gibt Auskunft über den Wärmebedarf von Gebäuden und die Lage der Wärmequellen und -verbraucher in einer Kommune. Es kann als Grundlage für die Auslegung eines Nahwärmenetzes verwendet werden.
WSchV	Wärmeschutzverordnung: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden seit 1983. Durch die folgenden Novellierungen und verschärften gesetzlichen Anforderungen wird das Gebäude immer mehr als ein „Gesamtsystem“ begriffen mit ganzheitlichen Planungen.

9. Methodik

9.1 Gebäudetypologisierung

Anhand der Katasterdaten sowie den Daten der Vor-Ort-Erhebung wurden für jedes Gebäude der Stadt die Baualtersklasse und die Gebäudeart bestimmt. Nach der „Deutschen Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU, 2005) können die Gebäude anhand dieser zwei Kriterien schließlich einem Gebäudetyp zugeordnet werden.

Die Einteilung nach Baualter erfolgt in dieser Typologie in 10 Klassen, die jeweils eine ähnliche Bausubstanz aufweisen (vgl. Tabelle 7).

Baualtersklasse	Charakteristika und Gründe für die zeitliche Einteilung
bis 1918	Fachwerkbau
bis 1918	Mauerwerkbau
1919 – 1948	Zwischen Ende 1. und Ende 2. Weltkrieg
1949 – 1957	Wiederaufbau, Gründung der Bundesrepublik
1958 – 1968	Ende des Wiederaufbaus, neue Siedlungsstruktur
1969 - 1978	Neue industrielle Bauweise, Ölkrise
1979 – 1983	Inkrafttreten der 1. Wärmeschutzverordnung (WSchV)
1984 – 1994	Inkrafttreten der 2. WSchV
1995 – 2001	Inkrafttreten der 3. WSchV
Nach 2002	Einführung der Energieeinsparungsverordnung (EnEV)

Tabelle 7 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH, 2005

Bei der Einteilung der Gebäude nach Gebäudearten spielt die Anzahl an Wohneinheiten die entscheidende Rolle. So werden folgende Gebäudearten unterschieden: Einfamilien- und Doppelhäuser, Reihenhäuser, kleine Mehrfamilienhäuser, große Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser/Blockbebauung. Die Kriterien der Typen sind die Anzahl der Wohneinheiten. Bei der Unterscheidung zwischen den Einfamilien-/Doppelhäusern und Reihenhäusern muss zusätzlich das Kriterium der Baustruktur herangezogen werden:

- Einfamilienhäuser sind definiert als „freistehendes Wohngebäude mit bis zu 2 Wohneinheiten“
- Doppelhaushälften sind definiert als „zwei aneinander grenzende Wohngebäude mit jeweils bis zu 2 Wohneinheiten“
- Reihenhäuser sind definiert als „drei oder mehr aneinander grenzende Häuser mit jeweils bis zu 2 Wohneinheiten“
- kleine Mehrfamilienhäuser haben zwischen 3 und 6 Wohneinheiten

- große Mehrfamilienhäuser haben zwischen 7 und 12 Wohneinheiten
- Hochhäuser/Blockbebauungen haben mehr als 13 Wohneinheiten

Die Methode der Gebäudetypologisierung ermöglicht die Analyse des Energiebedarfs und der Energieeinsparpotenziale für einen größeren Gebäudebestand. Sie hat außerdem den Vorteil, dass der Energiebedarf eines Gebäudes unabhängig vom Bewohner- und Nutzerverhalten bestimmt werden kann.

9.2 Ermittlung des Wärmebedarfs für das Wärmekataster

Die Ermittlung des Wärmebedarfs und die Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand basieren auf den Angaben zum Gebäudetyp und den durchgeführten Sanierungsmaßnahmen, die für jedes Gebäude vor Ort erhoben wurden. Durch die Typologie werden Gebäude mit ähnlichen thermischen Eigenschaften zusammengefasst. Für jeden Gebäudetyp wurden vom IWU entsprechende Kennwerte des Wärmebedarfs statistisch ermittelt. Zudem liegen Kennwerte für die durchschnittliche Energieeinsparung durch energetische Sanierungsmaßnahmen (Wärmeschutzfenster, Außenwanddämmung, Dachdämmung, Kellerdeckendämmung) vor (Hausladen und Hamacher, 2011). Somit können sowohl der Wärmebedarf jedes Gebäudes als auch die möglichen Einsparpotenziale durch Sanierungsmaßnahmen bestimmt werden. Die Vorgehensweise orientiert sich am Leitfaden Energienutzungsplan (Hausladen und Hamacher, 2011).

Der Wärmebedarf der Gebäude stellt den Nutzenergiebedarf des Gebäudes dar. Der tatsächliche Endenergieverbrauch wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst und weicht in der Regel vom Wärmebedarf ab. Hierzu zählen das Nutzerverhalten, die Anzahl der Bewohner, die passive Wärmenutzung (Erwärmung durch Sonneneinstrahlung), interne Wärmegevinne (Erwärmung durch Elektrogeräte), Witterung, Wirkungsgrad der Heizung und Wärmeverluste im Heizsystem.

9.3 Energie- und CO₂-Bilanz

Für die Bilanzierung wurde das für das Land Baden-Württemberg konzipierte Tool BICO₂ BW (Version 1.5.3) genutzt (IFEU, 2014b). Die Version 1.5.3 ist für das Bilanzjahr 2010 ausgelegt. Da überwiegend ausführliche Daten aus dem Jahr 2013 vorhanden waren und eingetragen werden konnten, wurde dennoch eine Bilanz für das Jahr 2013 erstellt.

9.3.1 CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs

Die Stromdaten, die für diese Studie vom Verteilnetzbetreiber zur Verfügung gestellt wurden, beinhalten lediglich die Stromverbrauchsmengen in kWh. Diese Daten wurden vom Netzbetreiber unterteilt in Standardlastprofil-Kunden, Lastgangzählung-Kunden und Heizungs-/Wärmepumpen. Für die öffentlichen Liegenschaften und Straßenbeleuchtung wurden die Verbräuche mit den Angaben der Gemeinde abgeglichen. Der Stromverbrauch der Großverbraucher (Lastgangzählung) wird in der Regel der Industrie zugeordnet.

Die vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellten Stromdaten geben keinen Hinweis auf die Zusammensetzung des Stroms, also der Energiequellen, aus denen der Strom erzeugt wird. Bei der Bilanzierung wurde deshalb der CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes verwendet, der im Jahr 2013 0,617 t/MWh beträgt (IFEU, 2014a).

Energilieferant	Anteil am deutschen Strommix (2013)
Kohle	46 %
Atomenergie	15 %
Erdgas	11 %
Wind	9 %
Biomasse	7 %
Solar	5 %
Wasser	3 %
Sonstiges	5 %

Tabelle 8 – Energiequellen des deutschen Strommixes und ihre Anteile (2013) (Quelle: Fritsche & Greß, 2014)

9.3.2 Stromeinspeisung

Einspeisemengen wurden für Anlagen, die nach dem EEG vergütet werden, aus der öffentlichen Datenbank des Übertragungsnetzbetreibers TransnetBW für die Jahre 2007-2013 abgerufen. Einspeisemengen der Vorjahre (ab dem Jahr 2001) wurden anhand der Leistungsdaten der Anlagen abgeleitet, die ebenfalls in der Datenbank des Übertragungsnetzbetreibers enthalten sind.

Erzeugungsart	CO ₂ -Ausstoß (t/MWh)	CO ₂ -Einsparung (t/MWh) gegenüber dem deutschen Strommix
Photovoltaik	0,061	0,556
Wasserkraft	0,003	0,614
Biomasse	0,216	0,403
Windkraft	0,009	0,608

Tabelle 9 – CO₂-Ausstoß und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, 2014a)

Da die Nutzung erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung gegenüber der Erzeugung aus fossilen Brennstoffen erhebliche CO₂-Einsparungen mit sich bringt, wurde für die CO₂-Bilanz ein kommunaler Strommix berechnet, bei dem der eingespeiste Strom berücksichtigt wurde. Konkret bedeutet das, dass die CO₂-Einsparungen der Stadt durch die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien von der CO₂-Bilanz abgezogen wurden. So wird der Beitrag dieser Anlagen

zum Klimaschutz in der CO₂-Bilanz der Stadt berücksichtigt. Die CO₂-Emissionsfaktoren der einzelnen erneuerbaren Energiequellen, die in den hier vorliegenden Berechnungen angesetzt wurden, sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

9.3.3 Energie und CO₂-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs

Zur Berechnung der CO₂-Bilanz des Wärmeverbrauchs wurden Daten des Erdgasnetzbetreibers bnNETZE GmbH (für Erdgas) sowie die örtliche Heizanlagenstatistik der Schornsteinfeger verwendet. Die Heizanlagenstatistik unterscheidet zwischen den Heizenergieträgern Heizöl, Flüssiggas, Erdgas und Feststoffen (Energieholz).

Die Schornsteinfegerdaten wurden im 4. Quartal 2014 erhoben und können somit leichte Abweichungen zum Zustand im Jahr 2013 enthalten. Genaue Angaben zu Kessel- bzw. Brennertyp (z.B. mit oder ohne Gebläse) waren nicht vorhanden, dies hat allerdings keine Auswirkung auf die Berechnung der Energieverbräuche dieser Anlagen.

Für den Flüssiggasverbrauch wurden die kumulierten Leistungen der Heizanlagen aus der Heizanlagenstatistik mit einer durchschnittlichen Vollbenutzungszahl von 900 Stunden berechnet, um auf einen Gesamtverbrauch zu kommen. Dabei wurde zusätzlich zwischen dem Verbrauch privater Haushalte (Anlagen <100 kW) und dem des Wirtschaftssektors (Anlagen >100 kW) unterschieden. Die errechneten Verbräuche wurden im Blatt „Eingabe_manuell“ im BICO2 BW Tool eingetragen.

Der Bestand an Solarthermieanlagen wurde aus der Datenbank Solaratlas.de abgefragt. Der Bestand an oberflächennaher Geothermieanlagen wurde aus der Datenbank Wärmepumpenatlas.de abgefragt. Diese Datenbanken erfassen alle solarthermischen Anlagen bzw. Wärmepumpen, die durch die bundesweiten Marktanreizprogramme gefördert worden sind. Die Angaben zu den installierten Solarthermieanlagen und Wärmepumpen bilden den Zustand im Jahr 2014 ab.

Für die Verifizierung der Daten wurden gewerbliche und industrielle Betriebe direkt nach ihrem Energieverbrauch befragt. Zusätzlich wurden Daten des LUBWs zum Energieverbrauch kleiner und mittlerer Heizanlagen aus dem Jahr 2010 sowie zu Anlagen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) (Datenerhebung 2008 mit Fortschreibung für das Jahr 2012) für die Auswertung des Wärmeverbrauchs herangezogen. Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Stadtverwaltung zur Verfügung gestellt.

Die CO₂-Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Wärmeenergieträger stellt das CO₂-Bilanzierungstool BICO2 BW (IFEU).

9.3.4 Energie- und CO₂-Bilanzierung des Verkehrs

Die Verkehrsdaten der Stadt wurden aus einer Datenbank des Statistischen Landesamt Baden-Württembergs abgerufen. Die Daten beinhalten die Jahresfahrleistung nach Fahrzeugtyp jeweils auf Innerorts- und Außerortsstraßen sowie auf Autobahnen (2012). Diese werden im Bilanzierungstool BICO2 BW (IFEU) mit statistischen Werten zum Energieverbrauch und CO₂-Emissionen je km Fahrt ausgewertet, um die Energie- und CO₂-Bilanz für den Sektor Verkehr zu erstellen.

9.3.5 Datengüte

Eine CO₂-Bilanz kann nach unterschiedlichen Methoden und mit unterschiedlicher Datentiefe erstellt werden, abhängig vom Zweck der Bilanzierung und der Datenverfügbarkeit. Um die Aussagekraft einer Energie- und CO₂-Bilanz zu bewerten, wird deshalb im Bilanzierungstool BICO2 BW eine Datengüte ermittelt (IFEU, 2014b).

Die Datengüte zeigt die Datenqualität, auf welcher die erstellte Bilanz basiert. Ziel ist es, eine hohe Datengüte zu erreichen, um fundierte Aussagen und daraus wirksame Handlungsempfehlungen treffen zu können. Für jede Eingabe in das BICO2 BW-Tool werden die Datenquelle und die daraus resultierende Datengüte bewertet. Die Datengüten der einzelnen Angaben zu Verbräuchen pro Energieträger werden anhand des jeweiligen prozentualen Anteils am Gesamtverbrauch gewichtet, wodurch schließlich eine Gesamtdatengüte für die Gesamtbilanz ermittelt wird.

Die beste zu erreichende Datengüte beträgt 100 % und liegt dann vor, wenn alle angegebenen Daten „aus erster Hand“ sind, also lokale Primärdaten darstellen, z.B. Energieversorgungsdaten für leitungsgebundene Energieträger. Die Datengüte verringert sich, wenn gewisse Werte auf Basis von Hochrechnungen ermittelt werden oder rein statistische Angaben verwendet werden. Je mehr regionale (statt lokale) Kennwerte verwendet werden, desto niedriger ist die Datengüte (IFEU, 2012).

9.4 Geothermiespotenzial

Zur Darstellung des Geothermiespotenzials wurde der Wärmeentzug des Untergrundes durch Erdwärmesonden auf Basis der Berechnungssoftware „GEOHAND-light V. 2.2“ ermittelt (Hochschule Biberach a.d.R.).

Folgende vorgegebene Wärmeparameter wurden dabei zugrunde gelegt:

Wärmeparameter	Vorgegebener Wert
Ø Oberflächentemperatur	10,2 °C (Klimazone 12 nach DIN 4710)
Wärmeleitfähigkeit λ	2,25 W/mK
Volumenbezogene Wärmekapazität $c_{p(V)}$	2,18 MJ/m ³ K

Tabelle 10 – Vorgegebene Untergrundparameter

Das Geothermiespotenzial wurde mit standardmäßigen Erdwärmesonden bei einem gängigen Bohrlochwiderstand R_b berechnet. Zur Potenzialberechnung wird eine Sondenlänge von 99 m zu Grunde gelegt. Alle Sondenabstände sind so gewählt, dass eine behördliche Genehmigung nach Bergrecht möglichst vermieden wird, wenn der Abstand zur Grundstücksgrenze jeweils die Hälfte dieser Werte beträgt. In der GIS-Anwendung wird dieser Abstand mit berücksichtigt. Alle vorgegebenen Sondenparameter sind in folgender Tabelle 11 gelistet.

Sondenparameter	Vorgegebener Wert
Bohrlochradius r_b	0,0675 m
Sondenlänge H	99 m
Sondentyp	DN 40, Doppel-U
Bohrlochwiderstand R_b	0,1 mK/W
Sondenabstand bei 2 Sonden / 3 – 4 Sonden	6 m / 7,5 m
Korrigierte g-Werte für r_b/H bei 1 Sonde / 2 Sonden / 4 Sonden	6,29 / 8,19 / 11,19
Temperaturspreizung der Sole in den Sonden	3 K

Tabelle 11 – Vorgegebene Sondenparameter

Tabelle 12 gibt die Ergebnisse der Kalkulation wieder. Technisch nach VDI 4640 und behördlich nach LQS EWS (UMBW 2012) geforderte Temperaturwerte wurden eingehalten. Dabei liegt den Werten der eingeschwungene Zustand zwischen Sondenaktivität und Untergrundreaktion zugrunde, was zu einer konservativen Betrachtung führt.

Berechneter Untergrundparameter	Wert
Wärmeentzugsleistung in W/m bei 1 Sonde / 2 Sonden / 4 Sonden à 150 m	28,4 / 26,2 / 23,3
Wassereintrittstemperatur in die Sonde	$\geq 1,0$ °C im eingeschwungenen Zustand
Temperaturdifferenz bei Spitzenlast	$\leq 10,7$ K im eingeschwungenen Zustand
Temperaturdifferenz im Monatsmittel	$\leq 7,4$ K im eingeschwungenen Zustand

Tabelle 12 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte

Zur Berechnung der potenziellen Wärmebedarfsabdeckung wurden die in Tabelle 13 genannten Werte genutzt. Der Leistungskoeffizient der Wärmepumpe muss mindestens einen Wert von 4,3 aufweisen, um eine Förderberechtigung nach BAFA zu erhalten.

Parameter zur Wärmebedarfsdeckung	Vorgegebener Wert
Leistungskoeffizient der Wärmepumpe	4,3
Vollbenutzungsstunden h	1800
Maximale Monatslast	16 % der Jahreslast

Tabelle 13 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung

Um die Flächenverfügbarkeit zum Einrichten der Erdwärmesonde(n) zu berechnen, müssen pauschale Seitenverhältnisse der Flurfläche und der Gebäudegrundfläche angenommen werden. Dadurch können sowohl eine nicht nutzbare Gebäudeperipherie (Garage, Garageneinfahrt, Leitungen, Schuppen, Bäume etc.) als auch der nötige Abstand zwischen Sonden und Flurgrenze berücksichtigt werden (Tabelle 14).

Parameter für Sondenbelegungsichte	Vorgegebener Wert
Seitenverhältnis der Flurfläche / Gebäudegrundfläche	1 : 2,5 / 1 : 1,5
Berechnung der nicht nutzbaren Fläche bei 3 m Abstand zum Gebäude	$A_{\text{Gebäude}} + 12,3 \cdot \sqrt{A_{\text{Gebäude}}} + 36$
Belegungsfläche für 1 Sonde / 2 Sonden / 3 – 4 Sonden	18 m ² / 36 m ² / 169 m ²

Tabelle 14 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsichte

Die Potenzialkarten zeigen auf dieser Grundlage an, welches Gebäude seinen Wärmebedarf mit ein, zwei oder bis zu vier Sonden bei der zur Verfügung stehenden Flurfläche decken kann, ohne auf die sonstige Nutzfläche verzichten zu müssen.

10. Kartenmaterial

- Wärmekataster der Stadt Bad Krozingen
- Einsparpotenzial bei energetischer Sanierung
- Solarkataster der Stadt Bad Krozingen
- Geothermiekataster der Stadt Bad Krozingen

Vergrößerte Ausdrücke der wichtigsten Karten befinden sich im Berichtsexemplar für den Bürgermeister bzw. für die Stadtverwaltung.

Dort enthalten ist auch eine CD mit einer digitalen Version dieser Studie und der oben genannten Karten.

Diese Studie wurde erstellt durch den Umwelt- und Energiedienstleister

badenova AG & Co. KG
Tullastraße 61
79108 Freiburg

badenova
Energie. Tag für Tag

Ihr Kontakt

Simone Stöhr-Stojakovic
(Projektleiterin)

simone.stoehr-stojakovic@badenova.de

Telefon: 0761 279-1107

Dr. Marc Krecher

marc.krecher@badenova.de

Telefon: 0761 279-1121