



# POTENZIALANALYSE ERNEUERBARE ENERGIEEN IM UND FÜR DEN RHEIN-NECKAR-KREIS

Abschlussbericht

Birkenfeld, Juli 2022



### **Gender Erklärung:**

Im vorliegenden Konzept wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Nomen das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist. Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.

## Impressum

### **Herausgeber:**



Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis  
Büro des Landrats  
Geschäftsstelle Klimaschutz  
Kurfürsten-Anlage 38 - 40  
69115 Heidelberg

### Projektleitung:

Julia Eustachi, Sandra Frorath-Koster  
Büro des Landrats  
Referat Geschäftsstelle Klimaschutz

### **Konzepterstellung:**



Hochschule Trier  
Umwelt-Campus Birkenfeld  
Postfach 1380  
55761 Birkenfeld

### Institutsleiter:

Prof. Dr. Peter Heck  
Geschäftsführender Direktor IfaS

### Projektleitung:

Michael Müller, Sara Schierz, Steffen Schwan

### Projektbearbeitung:

Wiebke Fetzer, Jens Frank, Kevin Hahn,  
Jasmin Jost, Caterina Orlando, Daniel Oswald,  
Karsten Wilhelm



<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Ziele und Projektrahmen .....	2
1.2	Ausgangssituation .....	3
1.3	Kurzbeschreibung der Region .....	4
1.4	Projektlauf und Vorgehensweise .....	5
<b>2</b>	<b>Ist-Analyse</b> .....	<b>12</b>
2.1	Analyse des Gesamtenergieverbrauches und der Energieversorgung .....	12
2.2	Treibhausgas-Bilanz 2017 .....	16
2.3	Indikatorenvergleich .....	18
2.4	Ausbaustand der Erneuerbaren Energien 2020 im Rhein-Neckar-Kreis .....	20
<b>3</b>	<b>Wirtschaftliche Auswirkungen der Energieversorgung</b> .....	<b>23</b>
3.1	Preisliche Auswirkungen der CO <sub>2</sub> -Bepreisung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) seit 2021 .....	24
3.2	Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen mittels des Indikators der Regionalen Wertschöpfung .....	26
3.3	Regionale Wertschöpfungspotenziale im Rhein-Neckar-Kreis: Status Quo (2017) .....	27
<b>4</b>	<b>Potenziale zur Erschließung der verfügbaren erneuerbaren Energien</b> .....	<b>30</b>
4.1	Wasserkraftpotenziale .....	31
4.2	Geothermiefpotenziale .....	38
4.3	Solarpotenziale .....	46
4.4	Windkraftpotenziale .....	57
4.5	Biomassepotenziale .....	64
4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Potenzialanalyse Erneuerbare Energien .....	76
<b>5</b>	<b>Potenziale zur Energieeinsparung und -effizienz</b> .....	<b>78</b>
5.1	Energieeffizienzpotenziale der privaten Haushalte .....	79
5.2	Energieeffizienzpotenziale Gewerbe und Industrie .....	81
5.3	Energieeffizienzpotenziale kommunaler und kreiseigener Liegenschaften .....	82
5.4	Energieeffizienzpotenziale im Verkehrs- und Transportsektor .....	82
<b>6</b>	<b>Szenario zur Klimaneutralität bis 2040</b> .....	<b>84</b>
6.1	Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs und der Erneuerbaren Energieerzeugung bis zum Jahr 2040 .....	85
6.2	Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2040 .....	89
<b>7</b>	<b>Szenario zur Regionalen Wertschöpfung bis 2040</b> .....	<b>91</b>
7.1	Regionale Wertschöpfung 2030 .....	91
7.2	Regionale Wertschöpfung 2040 .....	93
7.3	Profiteure der Regionalen Wertschöpfung .....	94
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>96</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>100</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>101</b>

<b>11</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>102</b>
<b>12</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>104</b>
<b>13</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>109</b>

# 1 Einleitung

Klimaschutz ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine gesellschaftliche Aufgabe, die sich nur durch Einbindung und Kooperation aller Akteure aus Politik, Verwaltung, Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft bewältigen lässt. Die Begrenzung der anthropogen bedingten Treibhausgasemissionen ist dabei die zentrale Aufgabe. Der dringende Handlungsbedarf in Bezug auf den Klimaschutz wird u. a. durch verschärfte gesetzliche und politische Rahmenbedingungen deutlich. So wurden im Zuge des Klimaschutzgesetzes 2021 der Bundesregierung die national vereinbarten Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Basisjahr 1990 deutlich angehoben und das Ziel der Klimaneutralität für Deutschland bis zum Jahr 2045 festgeschrieben.<sup>1</sup> Das Land Baden-Württemberg geht mit seinem Klimaschutzgesetz noch ambitionierter voran. Der Treibhausgasausstoß des Landes soll im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2030 um mindestens 65 Prozent reduziert werden und bis 2040 ist geplant über eine schrittweise Minderung eine Netto-Treibhausgasneutralität („Klimaneutralität“) zu erreichen.<sup>2</sup>

Vor diesem Hintergrund sehen sich Landkreise und Kommunen vor einer Reihe von Herausforderungen, denn klimatische Veränderungen und die Belastung der Umwelt verlangen nach einer nachhaltigen Transformation in allen Bereichen des kommunalen und gesellschaftlichen Handelns. Bereits seit 2010 steht der Klimaschutz im Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis ganz oben auf der politischen Agenda. Fest verankert als strategisches Ziel zählt Klimaschutz zur Daueraufgabe im Landkreis. Mit der Erstellung des Klimaschutzkonzeptes im Jahr 2013 wurden die Grundlagen für eine langfristige Klimaschutzarbeit im Rhein-Neckar-Kreis gelegt. Das Klimaschutzkonzept gab dabei einen konkreten Handlungsrahmen für den Kreis und seine Eigengesellschaften vor. Das erste Klimaschutzkonzept wurde in den Jahren 2013 bis 2019 erfolgreich umgesetzt, in dem die Ziele sogar übererfüllt werden konnten.

Aufbauend auf diesen Erfolgen initiierte der Kreis einen Prozess zur Fortschreibung seiner Klimaschutzkonzeption. Am 14.12.2021 wurde schließlich das fortgeschriebene Klimaschutzkonzept des Kreises einstimmig im Kreistag beschlossen. Zentrales Anliegen und damit die grundlegende Zielstellung dieses Konzepts ist es, einen regionalen Beitrag zum Pariser Klimaschutzabkommen zu leisten. Aus diesem Bekenntnis des Kreises zum Pariser Klimaschutzabkommen folgern sich daher die Klimaschutzziele des Kreises, den Ausbau der erneuerbaren Energien im Landkreis voranzutreiben, damit einhergehend die fossile Energieversorgung

---

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021): Bundes-Klimaschutzgesetz 2021, S. 5

<sup>2</sup> Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2022): Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

schrittweise zurückzufahren und den Gebäudebestand im Kreisgebiet bis zum Jahr 2040 weitestgehend klimaneutral zu stellen. Für den Konzern Rhein-Neckar-Kreis<sup>3</sup> wird dabei bereits für das Jahr 2035 das Ziel einer weitgehend klimaneutralen Verwaltung beabsichtigt.<sup>4</sup>

Mit der jetzt vorliegenden und beschlossenen Klimaschutzkonzeption agiert der Kreis daher nicht nur im Bereich seiner eigenen direkten Zuständigkeit, sondern auch außerhalb des direkten Einflussbereiches möchte der Kreis nun verstärkt Verantwortung übernehmen. Das fortgeschriebene Klimaschutzkonzept gibt dabei einen umfassenden Maßnahmenkatalog für den Kreis und seine Eigengesellschaften vor. Die nunmehr 68 Maßnahmen werden unter der Federführung der Geschäftsstelle Klimaschutz des Rhein-Neckar-Kreises kontinuierlich umgesetzt. Gemäß der definierten Rolle des Kreises als Koordinator, Motivator, Förderer und Kooperationspartner setzt die Geschäftsstelle Klimaschutz auch auf einen Austausch mit allen Akteuren im Kreisgebiet (die Akteursebenen sind in der Konzeption explizit benannt), wobei insbesondere die Einbindung der kreiseigenen Klimaschutz- und Energie-Beratungsagentur Heidelberg – Rhein-Neckar-Kreis gGmbH (KLiBA) einen wichtigen Aspekt darstellt.

Wie das Klimaschutzkonzept wurde auch die Kooperationsvereinbarung zum Klimaschutz fortgeschrieben und mit den Kreiskommunen abgestimmt. Oberstes Ziel ist die Verpflichtung der Kommunen zur Erreichung einer weitgehend klimaneutralen Kommunalverwaltung bis 2040 sowie die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen aus den zuvor erstellten Klimaschutzkonzepten der Kommunen. Der Rhein-Neckar-Kreis unterstützt weiterhin die Kommunen durch die Finanzierung der Bürgerberatung, die Erstellung der Bilanzen sowie die Netzwerktreffen. Neu hinzu kommen Serviceleistungen, wie die Durchführung der Klimaschutzoffensive sowie die Begleitung der Kommunen auf dem Weg zur weitgehend Klimaneutralen Kommunalverwaltung. Die Unterzeichnung mit allen 54 Kommunen fand im Juli 2022 in der Klima Arena in Sinsheim statt und umfasst auch die Unterzeichnung der Aktualisierung des Klimaschutzpaktes des Landes Baden-Württemberg.

## **1.1 Ziele und Projektrahmen**

Als einen ersten Baustein zur Erreichung des Ziels „Ausbau der Erneuerbaren Energien im Kreisgebiet“ erachtete es der Kreis als wesentlich, eine wissenschaftlich Studie zu den Ausbaupotenzialen der Erneuerbaren Energien im Kreisgebiet zu erstellen. Mit der Erstellung einer Potenzialanalyse Erneuerbare Energien (EE) im und für den Landkreis Rhein-Neckar wurde im Jahr 2021 das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), mit Sitz am Umwelt-Campus Birkenfeld<sup>5</sup> beauftragt. Da die generelle Ausbauplanung Erneuerbarer Ener-

---

<sup>3</sup> Unter „Konzern Rhein-Neckar-Kreis“ wird das Landratsamt mit dem Eigenbetrieb sowie den Kreisgesellschaften verstanden.

<sup>4</sup> Vgl. Rhein-Neckar-Kreis (2021a): Fortschreibung Klimaschutzkonzept Rhein-Neckar-Kreis (Zugriff: 10.03.2022)

<sup>5</sup> Der Umwelt-Campus Birkenfeld ist ein Standort der Hochschule Trier.



gie-Anlagen in der Fläche nicht in die Zuständigkeit des Kreises fällt, beruht diese Potentialanalyse auf der Rolle des Kreises, Förderer und Koordinator zu sein, und dient daher nachfolgenden drei Zielstellungen:

- **Gesamtbetrachtung:** Die Potenzialanalyse ermöglicht es, auf einer einheitlich methodisch-wissenschaftlichen Grundlage eine Gesamtbetrachtung der Ausbaupotenziale EE für das Gesamtgebiet des Kreises vorzunehmen und macht deutlich, welche Schlussfolgerungen für den Ausbau EE einerseits und andererseits für die Verringerung fossiler Energie für das Kreisgebiet daraus zu ziehen sind.
- **Regionalplanung:** Sofern aufgrund rechtlicher Änderungen von Seiten des Landes Baden-Württemberg beim Ausbau EE neue Aufgaben an den Verband Region Rhein-Neckar als Träger der Regionalplanung auch für das Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises herangetragen werden, können diesem mit dieser Analyse wissenschaftlich ermittelte Daten zur Verfügung gestellt werden.
- **Kommunale Bauleitplanung:** Auch den Kreiskommunen werden mit der Potenzialanalyse einheitlich methodisch-wissenschaftlich ermittelte Daten („Kommunen-Steckbriefe“) für deren weitere Planung zur Verfügung gestellt. Um die lokale Umsetzung zu stärken, werden die erhobenen Potenziale für jede der 54 Kreiskommunen in Form eines Steckbriefes ausgewiesen und somit jeder Kommune eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Erreichung der energiepolitischen Strategie an die Hand gegeben.

## 1.2 Ausgangssituation

Eine fundierte Analyse der Ist-Situation für das zu bilanzierende Jahr (2017) bildet die Grundlage, um die unterschiedlichen Verbrauchergruppen (private Haushalte, Verarbeitendes Gewerbe, Gewerbe und Sonstiges, kommunaler Sektor, Verkehr- und Transport) hinsichtlich ihres Energieverbrauches und der damit einhergehenden Treibhausgas-Emissionen möglichst regionalspezifisch abzubilden. Das Bilanzjahr 2017 wurde als Basis festgelegt, da es zum Zeitpunkt der Erstellung der Potenzialstudie die aktuellste Klimabilanzierung darstellt<sup>6</sup>. Im Bereich des Ausbaus der Erneuerbaren Energien wurden gesonderte Daten bis 2020 erhoben, um einen besseren Aktualitätsstand zu erreichen (siehe auch Kapitel 2.4).

Bei der Einordnung der Ergebnisse wurde die Geschäftsstelle Klimaschutz mit einbezogen, um die lokalen Besonderheiten zu verifizieren. Darauf aufbauend wurde ein Zukunftsszenario diskutiert und entwickelt, um die Möglichkeit der Erreichung einer Treibhausgasneutralität auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises bis zum Jahr 2040 abzuleiten.

---

<sup>6</sup> Anmerkung: Auf Seiten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg kam es zu Verzögerungen, weshalb die Bilanzen nach 2017 noch nicht erstellt werden konnten.

### 1.3 Kurzbeschreibung der Region

Der Rhein-Neckar-Kreis liegt im Nordwesten von Baden-Württemberg und ist mit über 546.745 Einwohnerinnen und Einwohner (Stand 4/2017<sup>7</sup>) der bevölkerungsstärkste Landkreis Baden-Württembergs. Auf einer Fläche von rund 1.060 km<sup>2</sup> umfasst er 54 Städte und Gemeinden. Im länderübergreifenden Verbund mit Mannheim, Heidelberg und angrenzenden pfälzischen und hessischen Städten und Kreisen gehört der Rhein-Neckar-Kreis zur wirtschaftsstarken Metropolregion Rhein-Neckar. Der Sitz der Kreisverwaltung befindet sich in der Stadt Heidelberg.



Abbildung 1-1: Karte Rhein-Neckar-Kreis<sup>8</sup>

Der Landkreis ist im direkten Vergleich zum Land Baden-Württemberg hoch verdichtet. Durchschnittlich leben im Rhein-Neckar-Kreis rund 516 EW/km<sup>2</sup>, während im Landesdurchschnitt etwas mehr als halb so viele Menschen auf einem Quadratkilometer (311 EW/km<sup>2</sup>) zusammenkommen. Entsprechender Druck liegt im direkten Vergleich auf den freien Potenzialflächen, die sich entlang von Ballungsgebieten erstrecken. Jedoch ist auch zu berücksichtigen, dass der Landkreis aufgrund der 54 Kommunen eine äußerst heterogene Struktur aufweist. So besitzt der Rhein-Neckar-Kreis in Teilen eine starke industrielle Prägung, während andernorts private Haushalte sowie kleine und mittlere Unternehmen (KMU) vorherrschende Verbraucherguppen darstellen.

<sup>7</sup> Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2022a): Bevölkerung im Überblick (Zugriff: 10.03.2022)

<sup>8</sup> Rhein-Neckar-Kreis (2021b): Städte und Gemeinden (Zugriff: 10.03.2022)

Geprägt wird der Landkreis zudem von zentralen Verkehrsachsen, wie den Bundesautobahnen A 5, A 6 und A 61 sowie mehreren Bundesstraßen.

Die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort im Rhein-Neckar-Kreis betrug 2017 insgesamt 169.201. Im Rhein-Neckar-Kreis befinden sich im Basisjahr (2017) 133.448 Wohngebäude.<sup>9</sup> Die Gebäudestruktur teilt sich dabei in 63 % Einfamilienhäuser, 21 % Zweifamilienhäuser und 16 % Mehrfamilienhäuser.

## **1.4 Projektablauf und Vorgehensweise**

Die Erstellung der Potenzialstudie untergliedert sich in drei aufeinander aufbauende Schritte.

### **1.4.1 Schritt 1: Erfassung der Ausgangssituation (Bestandsanalyse)**

Im ersten Schritt wurde zunächst eine Bestandsanalyse (Datenauswertung) zur derzeitigen Energiesituation des Rhein-Neckar-Kreises durchgeführt. Dies beinhaltete eine umfangreiche Auswertung und Aufbereitung der bestehenden Energie- und THG-Bilanzen, die regelmäßig von der KLiBA erstellt und fortgeschrieben werden. Die letzte, aktuell verfügbare Energie- und THG-Bilanz für den Rhein-Neckar-Kreis wurde für das Betrachtungsjahr 2017 erstellt und bildet die Grundlage der Ausgangssituation in der vorliegenden Studie.

Der Ausbaustand der Erneuerbaren Energien wurde bis zum Jahr 2020 fortgeschrieben und aktualisiert. Im Ergebnis der Bestandsanalyse werden insbesondere die Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbräuche sowie die Versorgungsstrukturen (mit besonderem Augenmerk auf die bisherige Energieerzeugung aus regenerativen Energiequellen) und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen innerhalb des Betrachtungsgebietes abgebildet.

Methodisch folgt die Bestandsanalyse dem BSKO-Standard.<sup>10</sup> Aus diesem Grund wird in vorliegender Betrachtung das endenergiebasierte Territorialprinzip angewandt. Eine schematische Darstellung zeigt die folgende Abbildung:

---

<sup>9</sup> Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2022, Wohnungen nach Gebäudetyp im Rhein-Neckar-Kreis (Zugriff: 17.03.2022)

<sup>10</sup> BSKO steht für Bilanzierungs-Systematik Kommunal. Es handelt sich um Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland.

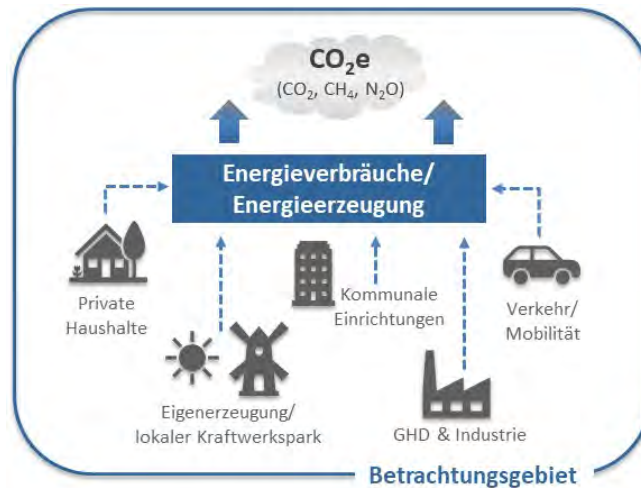


Abbildung 1-2: Territorialprinzip, Quelle: eigene Darstellung IfaS

Wie obenstehende Abbildung zeigt, werden im Rahmen des endenergiebasierten Territorialprinzips alle Energieverbräuche der relevanten Verbrauchergruppen erfasst, die auf dem Territorium des Betrachtungsgebietes (hier: des Rhein-Neckar-Kreises) anfallen. Weitere Aspekte der BSKO-Konformität sind beispielhaft

- die Anwendung der Emissionsfaktoren als CO<sub>2</sub>-Äquivalente inklusive Vorketten,
- die Ermittlung einer Datengüte sowie
- die Allokation von Koppelprodukten (KWK) unter Anwendung der Carnot-Methode.<sup>11</sup>

Alle Aspekte der BSKO-Konformität wurden im Rahmen der Bestandsanalyse mitberücksichtigt.

### 1.4.2 Schritt 2: Potenzialanalyse

Im zweiten Schritt wurden basierend auf den Daten der Ausgangssituation (Ermittlung der bereits erschlossenen energetischen Potenziale), die darüber hinaus bestehenden regionalen EE-Potenziale erfasst (Ausbaupotenzial). Die Erfassung der Potenziale bedeutet in diesem Zusammenhang also auch die Festlegung der im Betrachtungsraum möglichen Anlagentechnologien. Der maximale Zubau der erneuerbaren Energien wird durch die Ermittlung von rechtlichen, technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Restriktionen begrenzt.

Hierzu wurden alle im Landkreis verfügbaren Flächen in die Betrachtung einbezogen, um zunächst das gesamte Potenzial der Gebietskulisse darzustellen. Eine grundsätzliche Erörterung der Vorgehensweise erfolgt in Kapitel 4.

Für die Erhebung der Potenziale wurde eine umfassende Datenauswertung durch die Verwendung von Geoinformationssystemen und statistischen Annahmen herangezogen. Außerdem

<sup>11</sup> Die Carnot-Methode ist ein Zuweisungsverfahren zur Verteilung der Brennstoffeinträge (Primärenergie, Endenergie) in der gemeinsamen Produktion, die zwei oder mehr Energieprodukte in einem einzigen Prozess erzeugen (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung).

wurden Daten aus Expertengesprächen berücksichtigt. Im Detail wurden die nachstehenden Potenzialbereiche betrachtet:

- **Wasserkraftpotenziale (Kapitel 4.1):** Fließgewässer sowie Klarwasserabläufe von Kläranlagen werden im Hinblick auf die Nutzung der Wasserkraft betrachtet.
- **Geothermiefpotenziale (Kapitel 4.2):** Verfügbare Erdwärme aus Tiefengeothermie bzw. oberflächennaher Geothermie zur Wärmenutzung und Stromerzeugung werden untersucht.
- **Solarpotenziale (Kapitel 4.3):** Photovoltaische und solarthermische Potenziale auf Dachflächen bzw. Freiflächen werden betrachtet.
- **Windkraftpotenziale (Kapitel 4.4):** Windkraftpotenziale auf Basis des erweiterten Daten- und Kartenangebots der im Energieatlas aufgeführten Potenzialflächen werden ermittelt.
- **Biomassepotenziale (Kapitel 4.5):** Potenziale aus der Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Landschaftspflege sowie aus Siedlungsabfällen werden hinsichtlich Art, Herkunftsbereich, Menge und Endenergiegehalt identifiziert.
- **Energieeinsparung und -effizienz (Kapitel 5):** Die potenzielle Energieeinsparung und -effizienz für die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr werden auf Grundlage von statistischen Daten und Studien ermittelt.

### 1.4.3 Schritt 3: Erstellung eines Szenarios zum Ausbau der Erneuerbaren Energien

Der Rhein-Neckar-Kreis strebt als übergeordnete Zielstellung und in Anlehnung an die Ziele des Landes Baden-Württemberg eine Klimaneutralität im Kreisgebiet bis zum Jahr 2040 an. Mit Klimaneutralität ist im vorliegenden Kontext, in Anlehnung an die Definition der Bundesregierung im Bundesklimaschutzgesetz 2021, die „Netto-Null“ der bilanzierten, relevanten Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) gemeint.<sup>12</sup> Dies bedeutet, dass sämtliche THG-Emissionen bestmöglich zu reduzieren sind, während nicht vermeidbare THG-Emissionen durch natürliche und technische Treibhausgas-Senken ausgeglichen werden.

Um die Zielerreichung quantifizieren und überprüfen zu können, wurde im dritten Schritt ein Szenario zum Ausbau der erneuerbaren Energien im Rhein-Neckar-Kreis erstellt. Das Szenario gibt eine Antwort darauf, wie sich der Anteil der Versorgung mit Erneuerbaren Energien in den einzelnen Sektoren (Strom, Wärme, Verkehr) entwickeln kann, in welchem Umfang sich die Treibhausgasemissionen im Zuge der Etablierung einer nachhaltigen Energieversorgung vermindern und ob das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 durch die Nutzung der im Kreisgebiet

<sup>12</sup> Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist, § 3 Abs. 2

vorhandenen Potenziale erreicht werden kann. Grundlage für die Erstellung des Szenarios sind die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalysen aus den beiden vorausgegangenen Schritten. Das Szenario bis 2040 wurde unter Berücksichtigung der folgenden, wesentlichen Rahmenparameter erstellt:

***Ausbaugrad der lokalen EE-Potenziale:***

Bis 2040 werden 100 % aller ermittelten EE-Potenziale zugebaut. Dieser Schritt dient dazu, dass nicht frühzeitig, beispielsweise aufgrund von Interessenslagen, Potenziale ausgeschlossen werden, sondern der volle Handlungsraum aufgezeigt wird.

***Einsparpotenziale:***

Der Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung ist immer gekoppelt mit der Senkung des Endenergieverbrauchs. Für das Betrachtungsgebiet wurden Einsparpotenziale in allen betrachteten Sektoren mitberücksichtigt. Aufgrund fehlender landkreisspezifischer Statistiken im Projekt wurde die Entwicklung der zukünftigen Energieverbräuche auf Basis einer Literaturrecherche und für Baden-Württemberg erhobener Kennwerte festgelegt.<sup>13</sup>

***Sektorenkopplung:***

Neue Anwendungsfelder, Technologien und Trendentwicklungen werden langfristig zu einer gesteigerten Stromnachfrage im Betrachtungsgebiet führen. Es wird von einem deutlich wachsenden Strombedarf ausgegangen, da entsprechende Strommengen im Wärme- und Verkehrssektor zur Verdrängung fossiler Energieträger benötigt werden. In dem Zusammenhang werden im Verkehrssektor zunehmend Elektromobilität und alternative Antriebe, wie z. B. Brennstoffzelle (Wasserstoff), mitberücksichtigt. Im Wärmesektor wird davon ausgegangen, dass es einen wachsenden Strombedarf zu Wärmezwecken geben wird, u. a. aufgrund des Ausbaus an Wärmepumpen und effizienten Stromheizsystemen.

***Grüner Wasserstoff:***

Die Erzeugung und Verwendung von grünem Wasserstoff wird mittelfristig (ab 2030) für das Betrachtungsgebiet berücksichtigt. Dies bringt ebenfalls einen zusätzlichen Strombedarf mit sich. Es wird davon ausgegangen, dass ein Teil des bilanziellen „Überschussstroms aus EE“ für die Bereitstellung von Wasserstoff aufgewendet wird, unabhängig vom Produktionsstandort. Der erzeugte Wasserstoff wird in vorliegendem Szenario für Industrieanwendungen (bspw. Prozesswärme) sowie im Verkehrssektor (insb. im Schwerlastverkehr) berücksichtigt.

---

<sup>13</sup> Vgl. Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg (2021): Baden-Württemberg Klimaneutral 2040: Erforderlicher Ausbau der Erneuerbaren Energien (Zugriff: 18.03.2022)

**Treibhausgasemissionen:**

Die Verminderung der Treibhausgasemissionen der Energieversorgung stellt in vorliegender Studie das zentrale Ziel dar. Die Berücksichtigung erfolgt durch die CO<sub>2</sub>-Äquivalente der verschiedenen EE-Technologien. Jeder EE-Technologie kann über ihren gesamten Lebensweg (Rohstoffabbau, Transport, Herstellung, Betrieb und Rückbau) ein spezifischer Treibhausgas-Ausstoß zugewiesen werden. Dem bei Bedarf erforderlichen Importstrom des Betrachtungsgebietes wird das CO<sub>2</sub>-Äquivalent des deutschen Bundesstrommix zugeordnet.

**Bilanzielle Betrachtung**

Unter Berücksichtigung aller zuvor genannter Rahmenparameter ergibt sich am Ende ein auf den regionalen Potenzialen des Betrachtungsgebietes aufbauendes Szenario der zukünftigen Energieversorgung. Das Entwicklungsszenario erlaubt es, die Auswirkungen der unterschiedlichen Zubau- bzw. Erschließungsraten auf die Energie- und Treibhausgasbilanz und die mögliche Regionale Wertschöpfung abzubilden. Hervorzuheben ist, dass es sich innerhalb des Szenarios immer um eine bilanzielle Betrachtung handelt. Dies bedeutet, es wird im Ergebnis die rechnerische Bedarfsdeckung über das Jahr hinweg aufgezeigt, die besagt, wie viel Prozent des Energiebedarfs im Betrachtungsgebiet durch eine Umsetzung der lokalen, erneuerbaren Energiepotenziale gedeckt werden kann - unabhängig davon, wo und wann im Zeitverlauf die erzeugte Energie verbraucht wird. Hierbei wird davon ausgegangen, dass jede potenziell erzeugte Energiemenge auch verwendet wird. Erzeugungs- und Einspeisungsspitzen, Speichermöglichkeiten, Lastenmanagement etc. können innerhalb dieser Studie nicht berücksichtigt werden. Das Szenario zeigt daher ausschließlich Möglichkeiten auf und entspricht somit nicht einem Umsetzungsplan. Hierfür sind Detailstudien notwendig.

**1.4.4 Einbeziehung relevanter Akteure**

Im Rahmen der Arbeiten an der vorliegenden Potenzialstudie wurden verschiedene Akteure einbezogen, um diese über das Vorhaben zu informieren bzw. relevante Informationen aus deren Expertensicht abzufragen. Der durchgeführte Kommunikationsprozess bestand aus den folgenden Beteiligungsformaten:

## Steuerungsgruppe

Zum fachlichen Austausch wurde für das Projekt eine verantwortliche Steuerungsgruppe benannt. Die Steuerungsgruppe bestand aus den folgenden Personen:

Tabelle 1-1: Mitglieder der Steuerungsgruppe

Name	Funktion
Eustachi, Julia	Projektleitung, Geschäftsstelle Klimaschutz Rhein-Neckar-Kreis
Frörath-Koster, Sandra	Geschäftsstelle Klimaschutz Rhein-Neckar-Kreis
Dr. Keßler, Klaus	Geschäftsführer KLiBA, Klimaschutz- und Energie-Beratungsagentur Heidelberg – Rhein-Neckar-Kreis gGmbH
Lares, Achim	KLiBA, Klimaschutz- und Energie-Beratungsagentur Heidelberg – Rhein-Neckar-Kreis gGmbH
Obländer, Jürgen	Leiter Eigenbetrieb Bau, Vermögen und Informationstechnik
Sommer, Martin	Referatsleiter Geschäftsstelle Klimaschutz
Müller, Michael	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Schierz, Sara	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)
Schwan, Steffen	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Während der Projektlaufzeit erfolgten insgesamt vier Abstimmungsgespräche. Die Inhalte wurden über Ergebnisprotokolle dokumentiert.

### Regelmäßige Jour-Fixe auf Arbeitsebene

Während des Erstellungsprozesses wurden zur Projektbegleitung und Sicherstellung eines reibungslosen und termingerechten Projektverlaufs regelmäßige Jour-Fixe durchgeführt. Diese fanden monatlich statt und dienten der Abstimmung der weiteren Vorgehensweise, Vorstellung des Projektfortschritts oder Klärung von Problemstellungen. Aufgrund der Corona-Pandemie wurden alle Jour-Fixe als Online-Meeting durchgeführt.



### **Interviews mit fachlichen Akteuren**

Während des Erstellungsprozesses wurden Interviews mit fachkundigen Akteuren auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien durchgeführt. Hierbei sollten möglichst praxisnahe Expertenmeinungen gehört werden. Befragt wurden Experten aus der Kreisverwaltung, AVR Energie GmbH, KLiBA gGmbH, GeoHardt GmbH und dem VRRN. Ziel der Interviews war es,

- einen allgemeinen Überblick über die Situation der erneuerbaren Energien im Betrachtungsgebiet zu erhalten sowie
- die Ergebnisse der jeweiligen Potenzialanalysen bzw. der im Rahmen der Berechnungen angesetzte Parameter zu erläutern und zur Diskussion zu stellen und damit die Erhebungen zu plausibilisieren.

Somit wurden einerseits ein stetiger Informationsaustausch über den Bearbeitungsstand gewährleistet, andererseits Raum für wertvolle Anregungen zur Spezifizierung und Konkretisierung der Berechnungen auf die lokalen Gegeben- und Besonderheiten geschaffen. Zudem konnten die Experten über aktuelle und zukünftige Projekte berichten. Aufgrund der Corona-Pandemie wurden alle Experteninterviews im Online-Format durchgeführt.

## 2 Ist-Analyse

Um das Ziel der Klimaneutralität für den Rhein-Neckar-Kreis quantifizieren zu können, ist es unerlässlich, zunächst die Energieversorgung, den Energieverbrauch sowie die unterschiedlichen Energieträger zu bestimmen. Die Analyse bedarf der Berücksichtigung einer fundierten Datengrundlage, die durch eine regelmäßige Fortschreibung der kommunalen Energie- und Treibhausgas-Bilanzen durch die KLiBA gegeben ist. Die umfangreichen Datenerhebungen der KLiBA werden der vorliegenden Betrachtung zugrunde gelegt.

Die letzte, aktuell verfügbare Energie- und THG-Bilanz für den Rhein-Neckar-Kreis wurde für das Betrachtungsjahr 2017 erstellt und erfolgte mit dem Bilanzierungstool „BICO2BW“. BICO2BW folgt dem bundesweit häufig verwendeten BSKO-Standard und folglich wird als Bilanzierungsmethode das Territorialprinzip angewandt. Beim Territorialprinzip werden alle Energieverbräuche und die damit einhergehenden THG-Emissionen ermittelt, die bei den relevanten Verbrauchergruppen auf dem Territorium des Betrachtungsgebietes entstehen. Die Betrachtung der Energiemengen bezieht sich auf die Form der Endenergie wie beispielsweise Heizöl, Holzpellets, Kraftstoff und Strom. Die verwendeten Emissionsfaktoren berücksichtigen die relevanten Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> sowie N<sub>2</sub>O und werden als CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) ausgewiesen. Die in BICO2BW hinterlegten Emissionsfaktoren stammen größtenteils aus dem Globalen Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) in der Version 4.94. Dort wo GEMIS keine entsprechenden Faktoren vorhält, liegen den Emissionsfaktoren Berechnungen des Instituts für Energie und Umweltforschung gGmbH (ifeu) zugrunde. Alle Faktoren beziehen sich auf den Endenergieverbrauch und berücksichtigen dabei auch die Vorketten, wie z.B. vorgelegte Prozesse aus der Anlagenproduktion, die Förderung der Rohstoffe, Transport oder Brennstoffbereitstellung. Diese Art der Analyse, die die Lebenszyklen betrachtet, nennt man „life cycle assessment (LCA)“. Gemäß dem BSKO-Standard erfolgt keine Witterungskorrektur.

Im Folgenden werden sowohl der Gesamtenergieverbrauch als auch die derzeitigen Energieversorgungsstrukturen des Rhein-Neckar-Kreises im IST-Zustand analysiert. In Kapitel 6 wird dann die prognostizierte Entwicklung bis zum Zieljahr 2040 beschrieben.

### 2.1 Analyse des Gesamtenergieverbrauches und der Energieversorgung

Mit dem Ziel, den Energieverbrauch und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen des Betrachtungsgebietes im IST-Zustand (2017) abzubilden, werden an dieser Stelle die Sektoren Strom, Wärme, Verkehr hinsichtlich ihrer Verbrauchs- und Versorgungsstrukturen analysiert und bewertet. Dabei wird nach unterschiedlichen Verbrauchergruppen differenziert. Entsprechend der Aufteilung in BICO2BW werden die Verbrauchergruppen private Haushalte,

Gewerbe und Sonstiges, Verarbeitendes Gewerbe, Kommunale Liegenschaften, Kreiseigene Liegenschaften und Verkehr und Transport unterschieden.

In Bezug auf die Bilanzierung des Verkehrs- und Transportsektors ist anzumerken, dass analog zu den stationären Sektoren und entsprechend des BSKO-Standards, ebenfalls das endenergiebasierte Territorialprinzip angewendet wurde. Eine endenergiebasierte Territorialbilanz des Verkehrssektors umfasst die Energieverbräuche und Emissionen aufgrund der erbrachten Verkehrsleistung innerhalb des Betrachtungsgebietes.

Die Energie- und Treibhausgasbilanz für den Verkehrs- und Transportsektor auf dem Territorium des Betrachtungsgebietes umfasst sowohl gut kommunal beeinflussbare Verkehre als auch solche, die kaum durch kommunale Maßnahmen beeinflusst werden können. Als gut kommunal beeinflussbar werden Binnen- und Quell-/Zielverkehr im Straßenverkehr (Motorisierter Individualverkehr, Lastkraftwagen, Leichte Nutzfahrzeuge) sowie öffentlicher Personennahverkehr eingestuft. Energieverbräuche und Emissionen aus dem Straßen-Durchgangsverkehr (z. B. Pendler), öffentlicher Personenfernverkehr (Bahn, Reisebus, Flug) sowie aus dem Schienen- und Binnenschiffsgüterverkehr können dagegen kaum beeinflusst werden.<sup>14</sup>

Der Landkreis ist von zentralen Verkehrsachsen, wie den Bundesautobahnen A 5, A 6 und A 61 sowie mehreren Bundesstraßen geprägt. Aufgrund der angewandten BSKO-konformen Bilanzierung im Verkehrssektor sind die Ergebnisse überwiegend durch den Durchgangs- / Pendlerverkehr geprägt, auf den der Rhein-Neckar-Kreis wenig Einfluss hat.

### **2.1.1 Energiebilanz 2017 – nach Verbrauchergruppen und Energieträgern**

Zur Ermittlung des Energieverbrauches des Betrachtungsgebietes wurden die zur Verfügung gestellten Daten der KLiBA herangezogen. Die vorliegenden Verbrauchsdaten gehen auf das Jahr 2017 zurück und weisen einen Gesamtenergieverbrauch von rund 13,5 Mio. MWh/a aus. Dies entspricht zu dem Zeitpunkt einem Pro-Kopf-Verbrauch von ca. 24,8 MWh. Der Gesamtenergieverbrauch setzt sich zusammen aus der Summe der Energieverbräuche in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Der Gesamtstromverbrauch beträgt rund 2,5 Mio. MWh (Anteil: 19 %), der Gesamtwärmeverbrauch umfasst ca. 6,2 Mio. MWh (Anteil: 46 %) und im Verkehrs- und Transportsektor werden rund 4,8 Mio. MWh (Anteil: 35 %) Energie verbraucht. Die nachfolgende Grafik zeigt einen Gesamtüberblick über die derzeitigen Energieverbräuche, unterteilt nach den einzelnen Verbrauchergruppen und Energieträgern:

<sup>14</sup> Vgl. ifeu (2019): BSKO – Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland, S. 19 ff. (Zugriff: 09.03.2022)

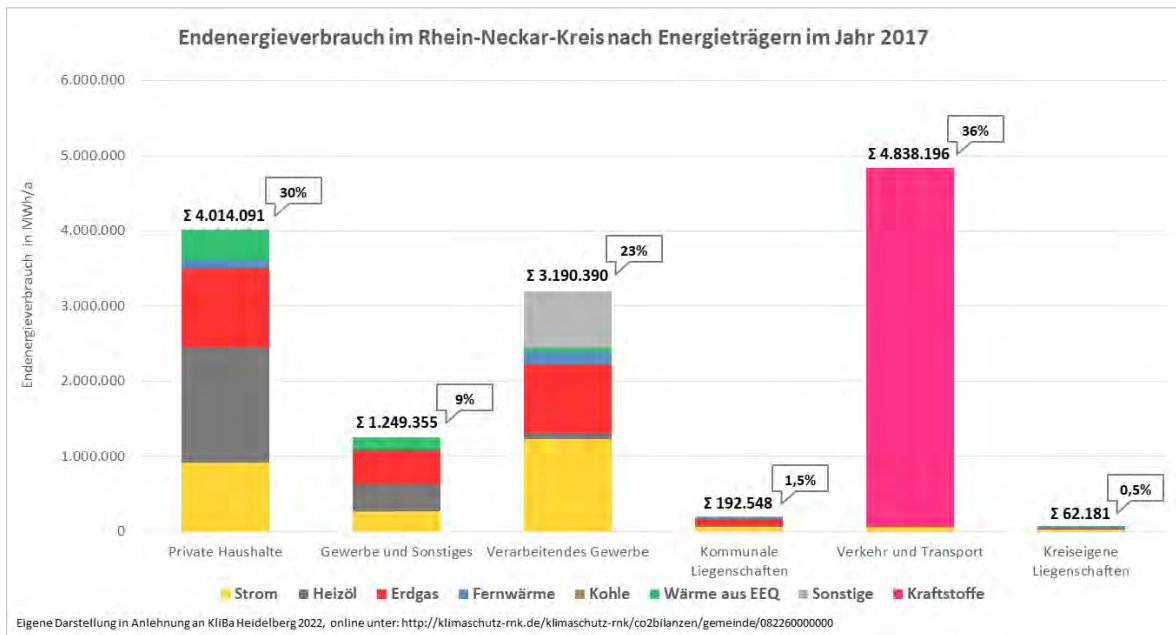


Abbildung 2-1: Energiebilanz des Rhein-Neckar-Kreises 2017

Den größten Energieverbrauch mit ca. 4,8 Mio. MWh verursacht der Verkehrssektor (vgl. Absatz 2.1.) Zweitgrößte Verbrauchergruppe sind die privaten Haushalte mit einem ermittelten Verbrauch von ca. 4,0 Mio. MWh. Hier besteht der größte Handlungsbedarf im stationären Bereich, welcher sich vor allem im Einsparpotenzial der fossilen Wärmeversorgung widerspiegelt. Im Hinblick auf die Verbrauchsgruppen Verarbeitendes Gewerbe und Gewerbe & Sonstiges zeigt sich ein Energieverbrauch von 3,2 Mio. MWh bzw. 1,2 Mio. MWh. Mit einem Energieverbrauch von rund 192.500 MWh bzw. 62.200 MWh stellen die kommunalen und die kreiseigenen Liegenschaften die kleinsten Verbrauchergruppen dar.

Die zusammengefügte Darstellung der Energieverbräuche nach Verbrauchergruppen lässt erste Rückschlüsse über die dringlichsten Handlungsfelder im Betrachtungsgebiet zu. Im derzeitigen Versorgungssystem stellt der Wärmeverbrauch aller stationären Verbrauchergruppen den deutlich größten Anteil an der Energiebilanz dar. Vorherrschend ist dieser durch den Einsatz fossiler Energieträger geprägt. Für die regenerativen Energieträger ergibt sich demnach ein großer Ausbaubedarf. Des Weiteren lässt sich ableiten, dass die kreiseigenen Liegenschaften und Einrichtungen des Betrachtungsgebietes aus energetischer Sicht nur in geringem Maße zur Bilanzoptimierung beitragen können. Dennoch wird die Optimierung dieses Bereiches – insbesondere in Hinblick auf die Vorbildfunktion gegenüber den weiteren Verbrauchergruppen – als besonders notwendig erachtet.

## 2.1.2 Anteil Erneuerbarer Energien 2017

Im Folgenden wird die regenerative Strom- und Wärmeerzeugung im Kreisgebiet im Verhältnis zum Gesamtstrom- und Gesamtwärmeverbrauch des Betrachtungsgebietes dargestellt.

Streng genommen dürften nach dem Bilanzierungsprinzip („Endenergiebasierte Territorialbilanz“) die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht auf den Stromverbrauch des Betrachtungsgebietes angerechnet werden, da sich jede regenerative Erzeugungsanlage vom Prinzip im Bundesstrommix widerspiegelt.<sup>15</sup> Die Größenordnung dieser Doppelbilanzierung ist jedoch, gemessen am gesamtdeutschen regenerativen Kraftwerkspark, als verschwindend gering zu betrachten. Eine vollständige Zurechnung der lokal erzeugten Strommengen auf den Gesamtstromverbrauch des Betrachtungsgebietes soll aufzeigen, inwieweit eine eigene Versorgung aus lokalen Energien möglich ist. An dieser Stelle handelt es sich um eine rein bilanzielle Betrachtung.

Im Basisjahr 2017 wird bilanziell gesehen ca. 17,8 % des Gesamtstromverbrauches des Betrachtungsgebietes aus erneuerbarer Stromproduktion im Kreisgebiet gedeckt. Damit liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion unter dem Bundesdurchschnitt in Höhe von 33,1 %<sup>16</sup> im Jahr 2017. Die lokale Stromproduktion beruht vorwiegend auf der Nutzung von Photovoltaikanlagen (auf Dach- und Freiflächen), Wasserkraft, Biogas / Biomasse und KWK-Strom. Die folgende Abbildung zeigt den derzeitigen Beitrag der lokalen Stromproduktion im Verhältnis zum Gesamtstromverbrauch auf:

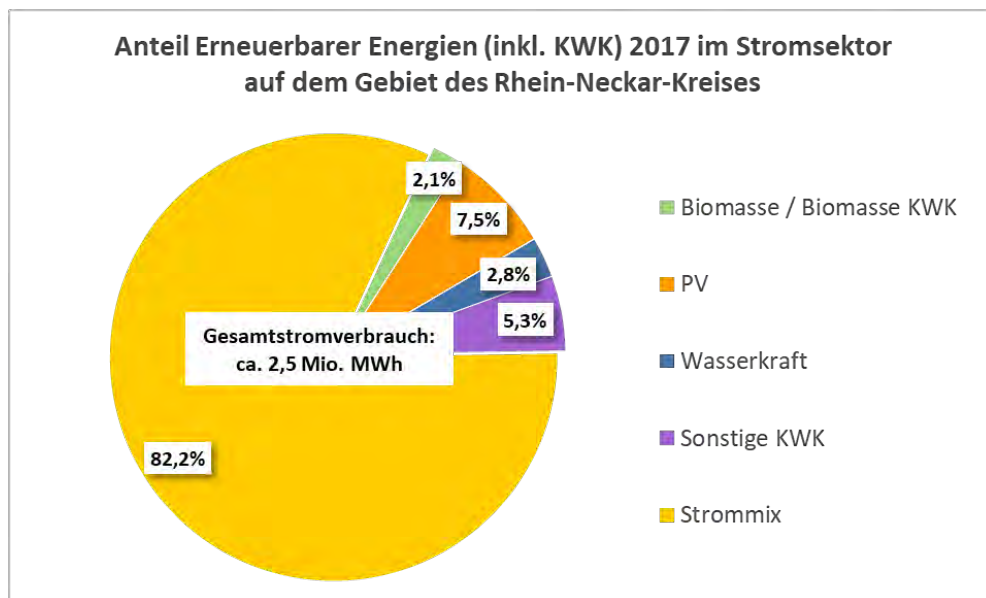


Abbildung 2-2: Anteil erneuerbarer Energien 2017 im Stromsektor auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises<sup>17</sup>

<sup>15</sup> Vgl. Difu (2011): Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden, S. 218 (Zugriff 01.02.2022)

<sup>16</sup> Vgl. BMWi 2021, Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), S. 5

<sup>17</sup> Die Bezeichnung „Strommix“ beinhaltet den bilanziellen Strombezug aus dem Stromnetz, welcher auf dem bundesweiten Energiemix basiert.

Im Wärmesektor können im Basisjahr 2017 etwa 15,3 % über erneuerbare Energieträger abgedeckt werden. Damit liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmebereitstellung leicht über dem Bundesdurchschnitt, der 2017 bei 13,8 %<sup>18</sup> lag. Im Betrachtungsgebiet beinhaltet die Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern vor allem die Verwendung von Biomasse-Festbrennstoffen, Solarthermie, Umweltwärme sowie regenerativer Nah- und Fernwärme.

Die folgende Abbildung zeigt den derzeitigen Beitrag der lokalen Wärmeerzeugung im Verhältnis zum Gesamtwärmeverbrauch auf. Sie verdeutlicht, dass die Wärmeversorgung 2017 jedoch überwiegend auf fossilen Energieträgern beruht.

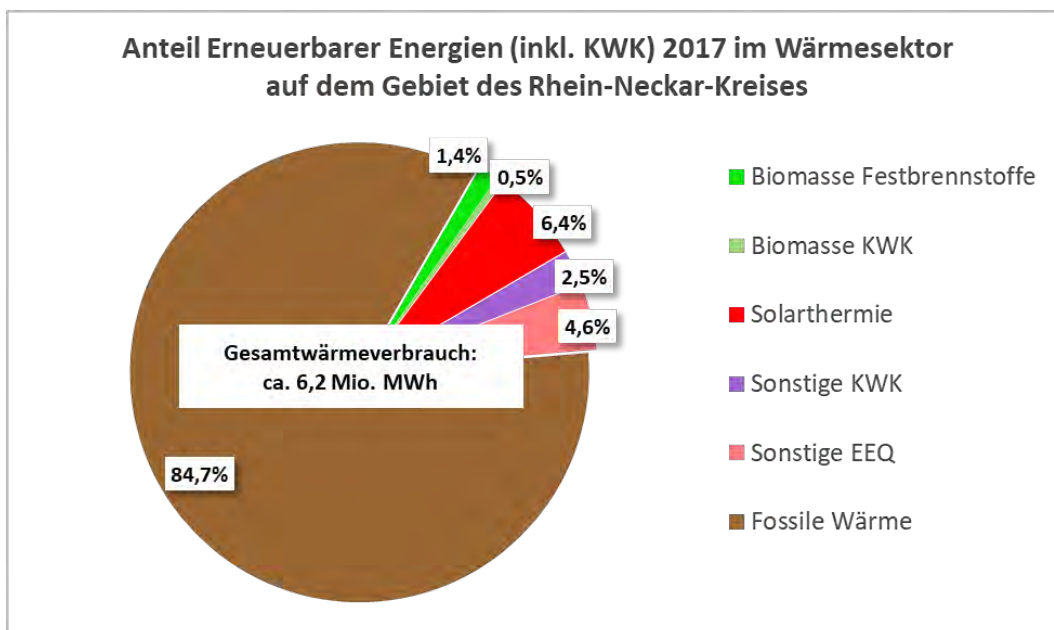


Abbildung 2-3: Anteil erneuerbarer Energien 2017 im Wärmesektor auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises

## 2.2 Treibhausgas-Bilanz 2017

Mit den in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich erläuterten Endenergieverbräuchen aller betrachteten Verbrauchergruppen sind unterschiedliche Klimawirkungen verbunden, die im Folgenden über den Indikator der THG-Emissionen dargestellt werden. Die Summe der verursachten THG-Emissionen in den betrachteten Verbrauchergruppen ist immer abhängig von den eingesetzten Energieträgern, da jeder Energieträger eine unterschiedliche Emissionsintensität aufweist. So beträgt zum Beispiel der CO<sub>2</sub>e-Faktor für Strom aus dem Strommix Deutschland 554 g/kWh, während der CO<sub>2</sub>e-Faktor für Heizöl bei 318 g/kWh und für Erdgas bei 247 g/kWh liegt.<sup>19</sup> Trotz seines geringeren Anteils am Gesamtenergieverbrauch hat der

<sup>18</sup> Vgl. BMWi 2021, Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), S. 5

<sup>19</sup> Emissionsfaktoren aus BICO2BW unter Verweis auf den BSKO-Standard

Stromsektor hinsichtlich seiner Klimawirkung aus diesem Grund ein großes Potenzial, um zum Klimaschutz beizutragen.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Energiebilanz werden die damit einhergehenden THG-Emissionen ermittelt, in dem jeweils der spezifische Emissionsfaktor je eingesetztem Energieträger zugrunde gelegt wird. In der vorliegenden Bilanz wurden, auf Grundlage der zuvor erläuterten Verbräuche, die THG-Emissionen in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr für die einzelnen Verbrauchssektoren quantifiziert. Für das Basisjahr 2017 wurden demnach THG-Emissionen in Höhe von rund 4,5 Mio.t CO<sub>2</sub>e für den Rhein-Neckar-Kreis errechnet. Eine Verteilung der THG-Emissionen nach Verbrauchergruppen ist in folgender Grafik dargestellt.

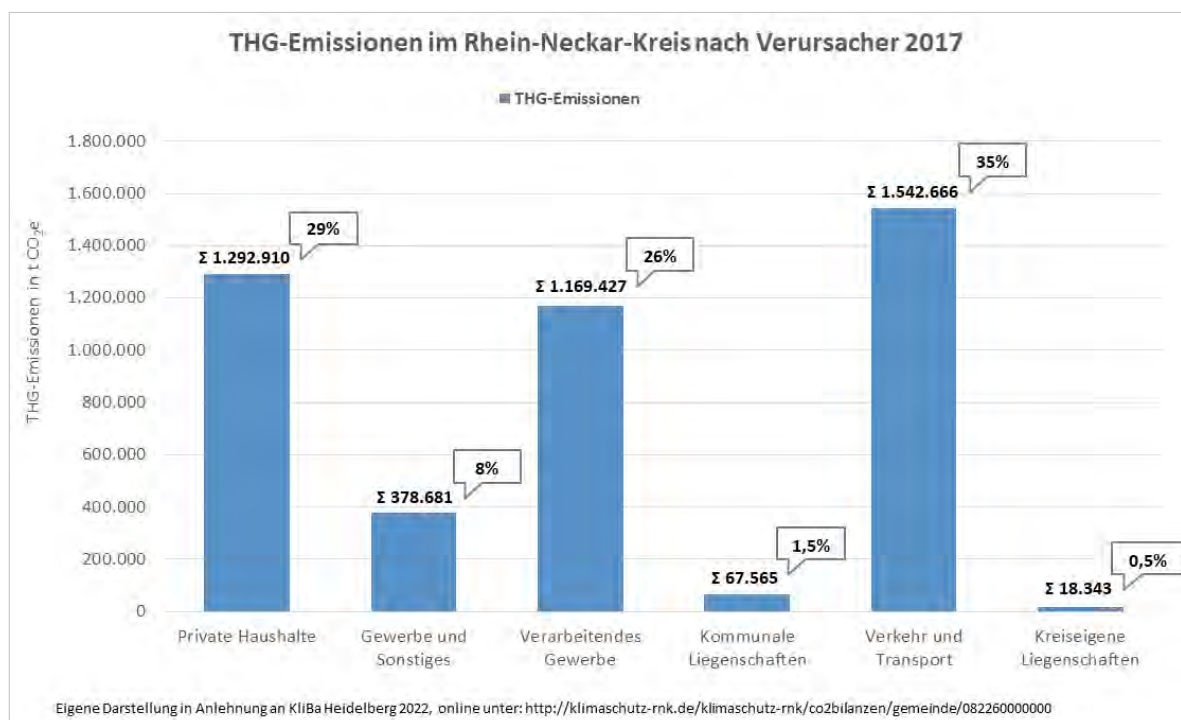


Abbildung 2-4: THG-Bilanz des Rhein-Neckar-Kreises 2017 nach Verbrauchergruppen

Die THG-Emissionen werden zu rund 35 % durch den Verkehrssektor (vgl. Kapitel 2.1), zu ca. 29 % durch die privaten Haushalte und zu ca. 26 % durch das verarbeitende Gewerbe verursacht. Die Verbrauchergruppe Gewerbe und Sonstiges ist für rund 8 % der Gesamtemissionen verantwortlich und die kommunalen und die kreiseigenen Liegenschaften verursachen in der Gesamtbetrachtung die geringsten THG-Emissionen mit einem Anteil von zusammen rund 2 %. Bezogen auf 546.745 Einwohner (2017) im Betrachtungsgebiet ergeben sich durchschnittliche Pro-Kopf-Emissionen in Höhe von rund 8,2 t CO<sub>2</sub>e.

Eine Verteilung der insgesamt verursachten THG-Emissionen nach den Nutzungsarten Strom, Wärme und Kraftstoffe zeigt folgende Abbildung:

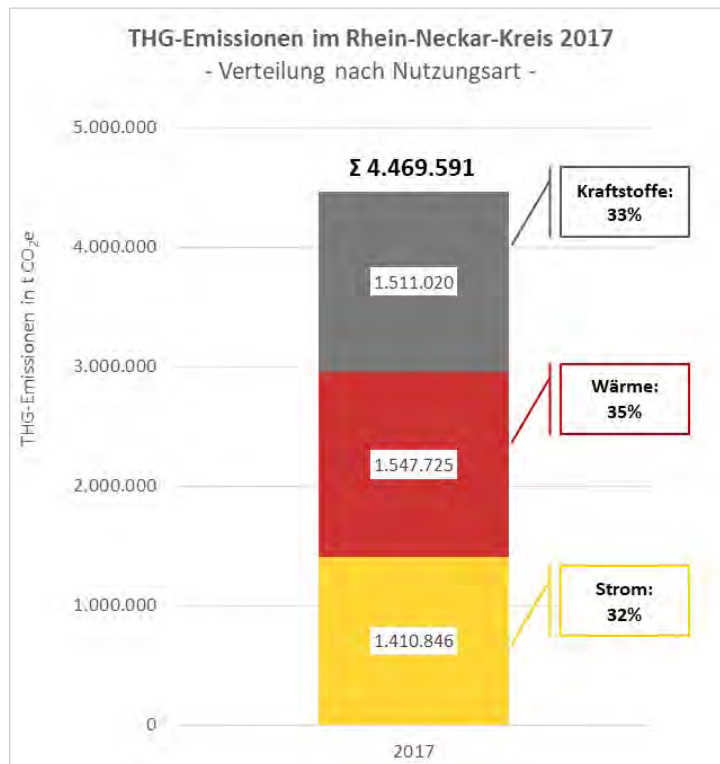


Abbildung 2-5: Verteilung der THG-Emissionen 2017 im Rhein-Neckar-Kreis nach Nutzungsart

Obenstehende Abbildung zeigt, dass der Wärmesektor trotz geringerer Emissionsintensität mit einem Anteil von ca. 35 % die meisten THG-Emissionen verursacht. Der Kraftstoffverbrauch im Verkehrs- und Transportsektor ist für ca. 33 % der gesamten THG-Emissionen verantwortlich. Der Stromsektor verursacht rund 32 % der Gesamtemissionen des Betrachtungsgebietes.

## 2.3 Indikatorenvergleich

Der Endenergieverbrauch des Rhein-Neckar-Kreises beträgt im Jahr 2017 rund 13,5 Mio. MWh/a. Die damit verursachten THG-Emissionen betragen zu diesem Zeitpunkt ca. 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>e. Um die Ergebnisse einordnen und beurteilen zu können, wird im Folgenden ein Vergleich wesentlicher Indikatoren zum Klimaschutz vorgenommen. Dabei werden die Indikatoren „Anteil erneuerbarer Energien im Stromsektor“, „Anteil erneuerbarer Energien im Wärmesektor“, „Pro-Kopf Energieverbrauch“ und „Pro-Kopf Emissionen“ für den Rhein-Neckar-Kreis aus den vorangegangenen Ergebnissen der Energie- und THG-Bilanz 2017 abgeleitet und mit der Entwicklung auf Bundes- und Landesebene zum gleichen Zeitpunkt (2017) verglichen. Eine Zusammenfassung der gewählten Indikatoren zeigt die folgende Abbildung:



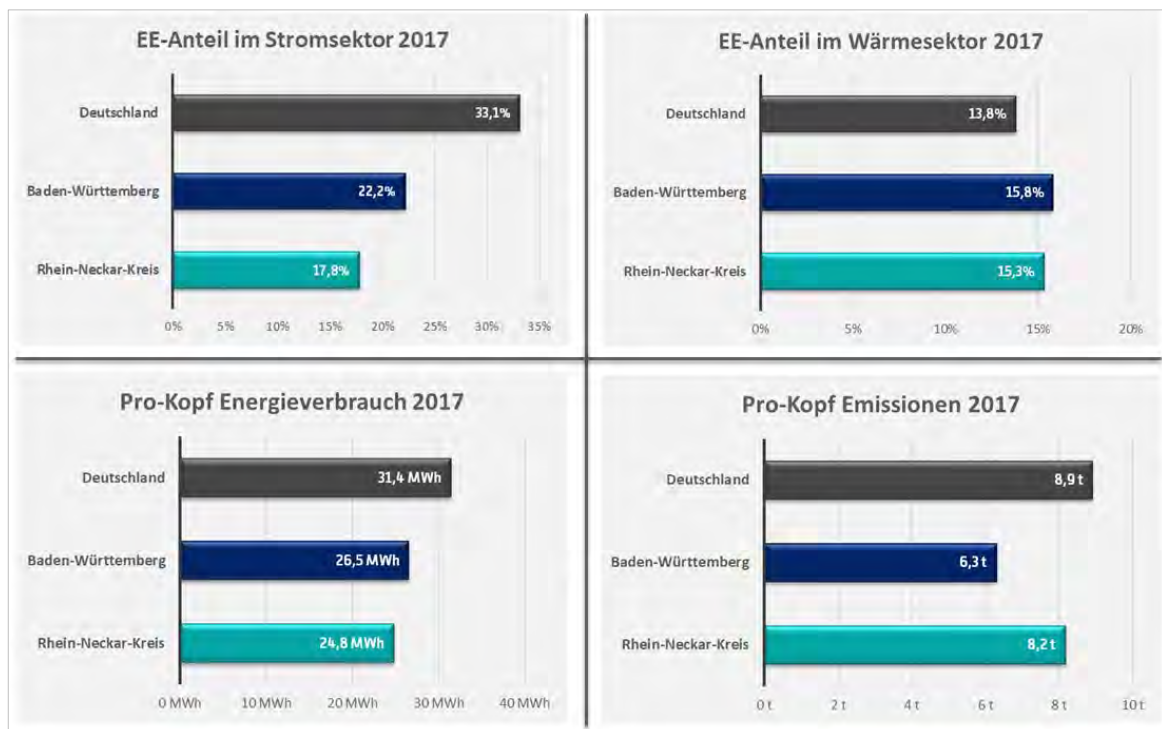


Abbildung 2-6: Indikatorenvergleich 2017

Bezogen auf die obenstehende Abbildung lassen sich die Ergebnisse für den Rhein-Neckar-Kreis wie folgt einordnen:

#### **Indikator: EE-Anteil im Stromsektor 2017**

Die regenerative Stromerzeugung auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises hat im Betrachtungsjahr 2017 einen Anteil von ca. 17,8 % bezogen auf den Gesamtstromverbrauch. Damit liegt der Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromproduktion deutlich unter dem Bundesdurchschnitt, der zu diesem Zeitpunkt 33,1 % beträgt.<sup>20</sup> Der durchschnittliche EE-Anteil im Stromsektor auf Ebene des Landes Baden-Württemberg liegt zu diesem Zeitpunkt bei ca. 22,2 %.<sup>21</sup> Somit liegt der Rhein-Neckar-Kreis leicht unter dem Landesdurchschnitt.

#### **Indikator: EE-Anteil im Wärmesektor 2017**

Die regenerative Wärmeerzeugung, überwiegend aus Biomasse-Festbrennstoffen, Solarthermie, Umweltwärme und regenerativer Nahwärme, hat im Jahr 2017 einen Anteil von 15,3 % am Gesamtwärmeverbrauch des Betrachtungsgebietes und liegt damit leicht über dem Bundesdurchschnitt, der zu diesem Zeitpunkt 13,8 % beträgt.<sup>22</sup> Im Vergleich mit dem EE-Anteil im Wärmesektor des Landes-Baden-Württemberg, der 2017 rund 15,8 % beträgt,<sup>23</sup> liegt der Rhein-Neckar-Kreis leicht darunter.

<sup>20</sup> Vgl. BMWi 2021, Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), S. 5

<sup>21</sup> Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2018): Erneuerbare Energien, S.7

<sup>22</sup> Vgl. BMWi 2021, Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), S. 5

<sup>23</sup> Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2018): Erneuerbare Energien, S.7

### ***Indikator: Pro-Kopf Energieverbrauch 2017***

Aufgrund der für das Betrachtungsjahr 2017 erhobenen Energieverbräuche und Versorgungsstrukturen ergibt sich für den Rhein-Neckar-Kreis ein Pro-Kopf Energieverbrauch von ca. 24,8 MWh. Der Pro-Kopf Energieverbrauch in Deutschland beträgt zu diesem Zeitpunkt ca. 31,4 MWh, der Pro-Kopf Energieverbrauch in Baden-Württemberg rund 26,5 MWh. Im Ergebnis zeigt sich, dass der Pro-Kopf Energieverbrauch im Rhein-Neckar-Kreis deutlich geringer ist als die Pro-Kopf Energieverbräuche zu diesem Zeitpunkt auf Bundes- und Landesebene.

### ***Indikator: Pro-Kopf Emissionen 2017***

Die mit dem Energieverbrauch einhergehenden Pro-Kopf Emissionen betragen 2017 für den Rhein-Neckar-Kreis rund 8,2 t. Die Pro-Kopf Emissionen in Deutschland liegen zu dem Zeitpunkt bei rund 8,9 t. In Baden-Württemberg betragen die Pro-Kopf-Emissionen 2017 rund 6,3 t. Der Rhein-Neckar-Kreis liegt mit seinen Pro-Kopf Emissionen im Ergebnis leicht unter dem Bundeswert. Im Vergleich mit der Landesebene fallen die Pro-Kopf Emissionen im Rhein-Neckar-Kreis deutlich höher aus.

Zusammenfassend lässt sich im Rahmen des Indikatorenvergleichs festhalten, dass der Rhein-Neckar-Kreis in Bezug auf die aufgeführten Indikatoren im Vergleich mit der Bundes- und Landesebene gut dasteht. Gerade in Bezug auf die Pro-Kopf Energieverbräuche wird im Rhein-Neckar-Kreis durchschnittlich weniger verbraucht als auf Bundes- oder Landesebene. Auch die Pro-Kopf Emissionen liegen leicht unter dem Bundesdurchschnitt. In Bezug auf den EE-Anteil im Wärmesektor lässt sich erkennen, dass der Ausbau erneuerbarer Wärme im Rhein-Neckar-Kreis im Betrachtungsjahr 2017 weiter vorangeschritten ist, als im Bundesdurchschnitt. Lediglich der EE-Anteil im Stromsektor liegt 2017 weit hinter dem Bundesdurchschnitt zurück.

## **2.4 Ausbaustand der Erneuerbaren Energien 2020 im Rhein-Neckar-Kreis**

Im Folgenden wird eine Bestandsanalyse der bis zum Ende des Jahres 2020 im Rhein-Neckar-Kreis installierten Erneuerbaren Energien durchgeführt. Die Analyse erfolgt für den Strom- und Wärmebereich und wird auf Grundlage der bestehenden Angaben für das Betrachtungsjahr 2017 fortgeschrieben. Um den Strombereich und den Zubau zwischen 2017 und 2020 abbilden zu können, wurde eine Auswertung der EEG-Anlagenstammdaten des Übertragungsnetzbetreibers TransnetBW in Ergänzung mit den Angaben des Marktstammdatenregisters (MaStR) vorgenommen.<sup>24</sup> Die Ergebnisse für den Stromsektor stellen sich wie folgt dar:

---

<sup>24</sup> Marktstammdatenregister (MaStR) (2022): Stammdaten zu Strom- und Gaserzeugungsanlagen (Zugriff: 10.03.2022)

Tabelle 2-1: Ausbaustand Erneuerbarer Energien im Stromsektor bis 2020

Stromsektor	2017	2020	Veränderung
Photovoltaik Dach	188.000 kW	223.300 kW	19%
Photovoltaik FFA	20.500 kW	21.700 kW	6%
Wasserkraft	17.900 kW	17.900 kW	0%
Biomasse / Biomasse KWK	11.824 kW <sub>el</sub>	12.584 kW <sub>el</sub>	6%
Sonstige KWK	40.967 kW <sub>el</sub>	43.977 kW <sub>el</sub>	7%
<b>Ausbaustand</b>	<b>279.191 kW</b>	<b>319.461 kW</b>	<b>14%</b>

Die lokale Stromproduktion im Rhein-Neckar-Kreis ist vorwiegend durch die Nutzung von Photovoltaikanlagen (auf Dach- und Freiflächen) geprägt. Insgesamt rund 208.500 kW sind 2017 installiert, dabei entfallen rund 188.000 kW auf die PV-Dachflächen und rund 20.500 kW auf die PV-Freiflächen. Die installierte elektrische Leistung zur Erzeugung von KWK-Strom aus sonstigen Energieträgern beträgt zum gleichen Zeitpunkt rund 40.967 kW<sub>el</sub>. Daneben trägt die Stromerzeugung aus Biomasse mit einer installierten Leistung von rund 11.824 kW und die Wasserkraft mit einer installierten Leistung von rund 17.900 kW zur regenerativen Stromerzeugung auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises bei.

Im Jahr 2020 wird ersichtlich, dass es bei den Energieträgern Photovoltaik, KWK und Biomasse einen teils deutlichen Zubau gab. Lediglich bei der Wasserkraft erfolgte bis 2020 kein weiterer Zubau. Der größte Zuwachs ist mit rund 19 % bei den PV-Dachanlagen zu verzeichnen. Hier konnte die installierte Leistung zwischen 2017 und 2020 auf insgesamt rund 223.300 kW gesteigert werden. Der Zubau bei den PV-Freiflächenanlagen konnte im gleichen Zeitraum um 6 % auf 21.700 kW gesteigert werden. Der Zubau im Bereich der KWK-Stromerzeugung konnte um 7 % auf ca. 43.977 kW<sub>el</sub> erhöht werden. Der Zubau im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse beträgt rund 6 %, sodass 2020 hier etwa 12.584 kW installiert sind.

#### **Kernaussage „Stromsektor“**

Vergleicht man die gesamte installierte Leistung zur regenerativen Stromerzeugung in den beiden Jahren 2017 und 2020, so konnte der Ausbau Erneuerbarer Energien absolut um ca. 14 % gesteigert werden.

Für den Wärmebereich wurden der Ausbaustand der Erneuerbaren Energien auf Grundlage der Bafa-Daten<sup>25</sup> sowie in Ergänzung mit den Angaben des Marktstammdatenregisters ermittelt. Die Ergebnisse für den Wärmesektor stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 2-2: Ausbaustand Erneuerbarer Energien im Wärmesektor bis 2020

Wärmesektor	2017	2020	Veränderung
Biomasse Festbrennstoffe	47.943 kW	53.659 kW	12%
Solarthermie	52.143 kW	53.254 kW	2%
Biomasse KWK	18.556 kWth	19.401 kWth	5%
Sonstige KWK	97.832 kWth	103.136 kWth	5%
<b>Ausbaustand</b>	<b>216.474 kW</b>	<b>229.449 kW</b>	<b>6%</b>

Die lokale Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern im Rhein-Neckar-Kreis beinhaltet die Verwendung von Biomasse-Festbrennstoffen, solarthermischen Anlagen sowie die Verwendung von Wärme aus KWK-Anlagen (Biomasse und sonstige Energieträger) in Form von Nah- und Fernwärme. Die installierte thermische Leistung zur Erzeugung von KWK-Wärme beträgt 2017 insgesamt rund 116.388 kW<sub>th</sub>. Zum gleichen Zeitpunkt sind ca. 52.143 kW Solarthermie und 47.943 kW Biomasse-Anlagen (auf Basis von Festbrennstoffen) installiert. Im Jahr 2020 wird ersichtlich, dass es bei allen genannten Energieträgern einen Zubau gab. Der größte Zubau ist mit einem Zuwachs von rund 12 % bei den Biomasse-Festbrennstoffen zu verzeichnen. Hier konnte die installierte Leistung zwischen 2017 und 2020 auf insgesamt rund 53.659 kW<sub>th</sub> gesteigert werden. Die sonstigen KWK-Anlagen nahmen im gleichen Zeitraum um 5 % zu. Die installierte Leistung 2020 beträgt hier 103.136 kW<sub>th</sub>. Ebenfalls einen Zubau von rund 5% verzeichnen die KWK-Anlagen auf Basis von Biomasse. Hier konnte die installierte Leistung zwischen 2017 und 2020 auf insgesamt rund 19.401 kW<sub>th</sub> gesteigert werden. Der Zubau im Bereich der Solarthermie beträgt rund 2 %, sodass 2020 hier etwa 53.254 kW installiert sind.

Die lokale Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern umfasst im erhobenen Status Quo (2017) noch „Sonstige EEQ“ (Vgl. Kapitel 2.1.2). Hierunter fallen u.a. Umweltwärme, Geothermie oder industrielle Abwärme. In Ermangelung an spezifischen Datengrundlagen wurde an dieser Stelle auf eine Fortschreibung für das Jahr 2020 verzichtet.

#### **Kernaussage „Wärmesektor“**

Vergleicht man die gesamte installierte Leistung zur regenerativen Wärmeerzeugung in den beiden Jahren 2017 und 2020, so konnte der Ausbau Erneuerbarer Energien absolut um ca. 6 % gesteigert werden.

<sup>25</sup> Vgl. Eclareon GmbH 2022, Solaratlas und Biomasseatlas

### 3 Wirtschaftliche Auswirkungen der Energieversorgung

Basierend auf den zuvor dargestellten Ergebnissen aus dem Bereich der Energieversorgung werden in der untenstehenden Grafik die Kosten der Energieversorgung im Status Quo (2017) für den Rhein-Neckar-Kreis dargestellt, unterteilt nach den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr.

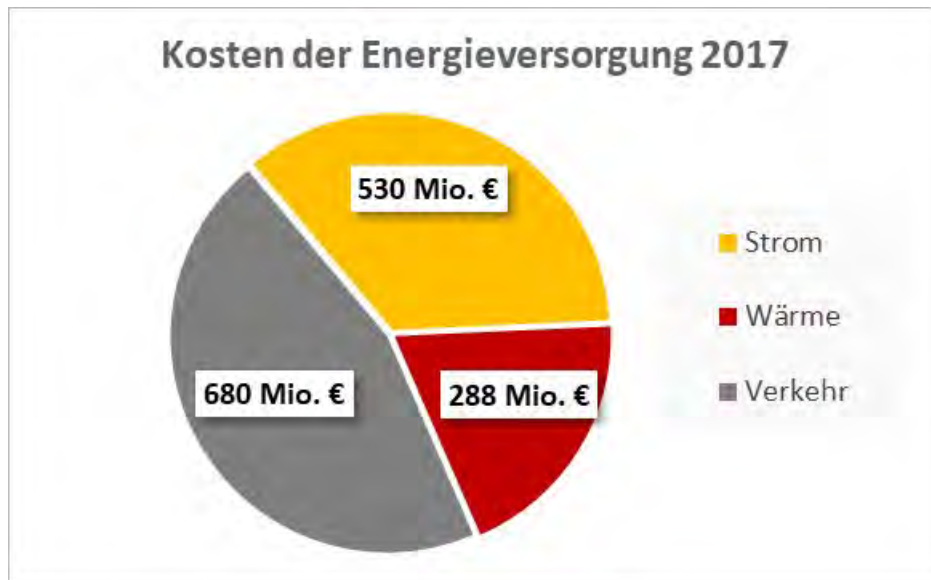


Abbildung 3-1: Kosten der Energieversorgung 2017 im Rhein-Neckar-Kreis

Im Rhein-Neckar-Kreis mussten 2017 Ausgaben für die Energieversorgung in Höhe von rund 1,5 Mrd. € pro Jahr aufgewendet werden. Davon entfallen rund 530 Mio. € auf Strom, ca. 288 Mio. € auf Wärme und rund 680 Mio. € auf Treibstoffe.<sup>26</sup> Die Energieversorgung weist im Betrachtungsjahr 2017 eine überwiegend fossil geprägte Struktur auf. Gerade durch die Nutzung fossiler Energieträger fließen Finanzmittel außerhalb des Landkreises und sogar außerhalb der Bundesrepublik in externe Wirtschaftskreisläufe ein und stehen vor Ort nicht mehr zur Verfügung. Durch den Einsatz von regional erzeugten, Erneuerbaren Energien und der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen kann diesem Effekt entgegengewirkt werden. Folglich kann durch die Aktivierung lokaler Potenziale und die Investition in Erneuerbare Energien und Energieeffizienzmaßnahmen ein Teil der jährlichen Ausgaben in lokalen Wirtschaftskreisläufen gebunden werden.

<sup>26</sup> Jährliche Verbrauchskosten im Strom-, Wärme und Verkehrssektor nach aktuellen Marktpreisen (vgl. Anhang)

### 3.1 Preisliche Auswirkungen der CO<sub>2</sub>-Bepreisung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) seit 2021

Die Nutzung fossiler Brennstoffe, wie z. B. Erdgas, Kohle oder Heizöl, hat starke Auswirkungen auf die Umwelt. Daher gilt es, Anreize zu schaffen, um den Verbrauch fossiler Energieträger zu verringern und eine Lenkungswirkung hin zu umweltfreundlicheren Energieformen und Produkten auszulösen.

Das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) ist aus diesem Grund als Bestandteil des im September 2019 veröffentlichten „Klimaschutzpaketes“ der Bundesregierung am 20.12.2019 in Kraft getreten. Damit wurden die Klimaschutzziele, denen sich Deutschland verpflichtet hat, gesetzlich verankert. Das BEHG ist die Grundlage für den nationalen Zertifikatehandel für Emissionen aus fossilen Brennstoffen. Es verpflichtet die Inverkehrbringer von Brennstoffen ab dem 1. Januar 2021 CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate zu erwerben.

In den Jahren 2021 bis 2025 werden die CO<sub>2</sub>-Zertifikate zum Festpreis gehandelt, danach gilt für das Jahr 2026 ein Preiskorridor, der ab 2027 entfällt, so dass die Zertifikate dann einer freien Preisfindung am Markt unterliegen. Die Zertifikatspreise in Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> ergeben sich aus dem im Dezember 2019 in Kraft getretenen BEHG bzw. seinem ersten Änderungsgesetz von November 2020. Die dort festgelegten Preise stellen sich wie folgt dar:<sup>27</sup>

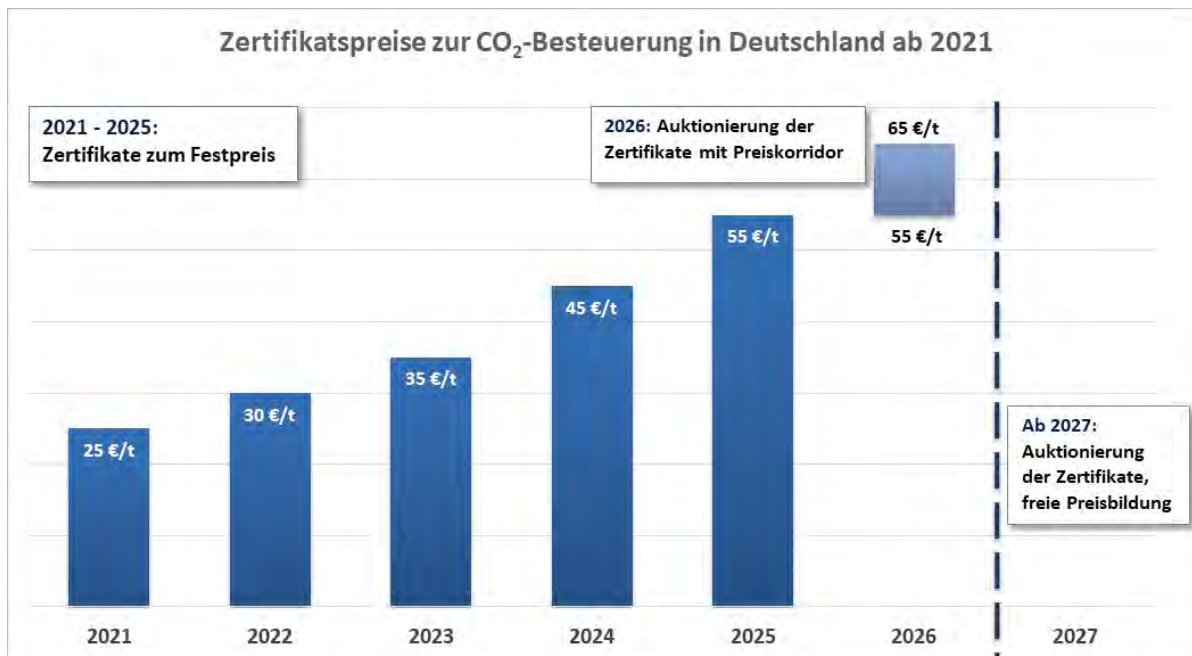


Abbildung 3-2: Zertifikatspreise zur CO<sub>2</sub>-Besteuerung in Deutschland ab 2021 nach dem BEHG

Wie die obenstehende Abbildung zeigt, wird ab dem Jahr 2021 ein Preis von 25 € pro Tonne CO<sub>2</sub> erhoben. Bis 2025 wird der Preis dann schrittweise auf 55 € pro Tonne CO<sub>2</sub> angehoben.

<sup>27</sup> Vgl. **Bundesministerium der Justiz (2020)**: Gesetz über den nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz - BEHG), §10

Ab dem Jahr 2026 gilt ein Preiskorridor, bei dem ein Deckel von maximal 65 € pro Tonne CO<sub>2</sub> geplant ist. Ab dem Jahr 2027 sollen die Zertifikate dann einer freien Preisfindung am Markt unterliegen.

Vor dem Hintergrund der Anfang 2021 eingeführten CO<sub>2</sub>-Bepreisung für fossile Brennstoffe werden im Folgenden die Auswirkungen auf die Energieversorgungskosten des Betrachtungsgebietes dargestellt. Dies erfolgt auf Grundlage der zuvor berechneten Kosten für die Energieversorgung 2017 im Rhein-Neckar-Kreis. Die nachfolgende Grafik fasst die Effekte zusammen:

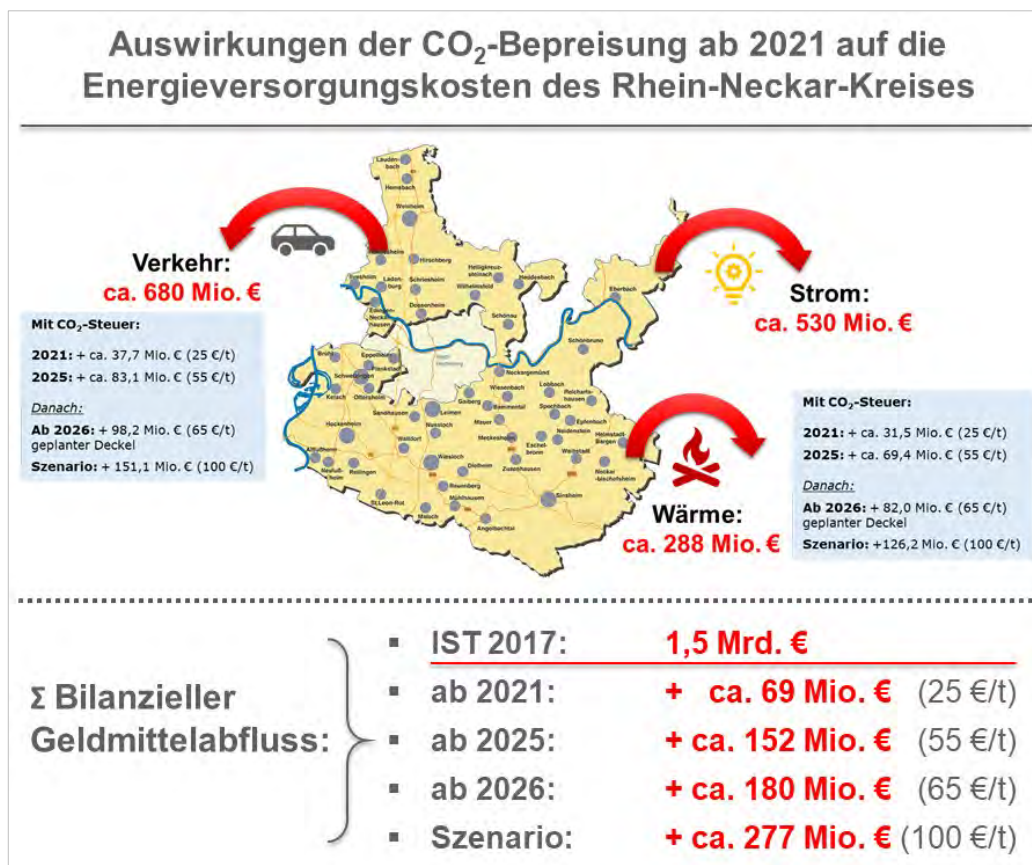


Abbildung 3-3: Effekte durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Rhein-Neckar-Kreis<sup>28</sup>

Die obenstehende Abbildung verdeutlicht, dass das Betrachtungsgebiet mit der Einführung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung ab dem Jahr 2021 mit einem erheblichen, kostenseitigen Mehraufwand im Gebäude- und Verkehrssektor rechnen muss.

Durch die Umsetzung von klimaentlastenden Maßnahmen, wie z. B. Effizienzmaßnahmen im Gebäudebestand, Austausch fossiler Energiesysteme und dem Einsatz von regional erzeugter Erneuerbarer Energie sowie dem vermehrten Einsatz alternativer Antriebstechnologien im Mobilitätssektor, kann das Betrachtungsgebiet diesen Mehraufwand reduzieren.

<sup>28</sup> In Abbildung 3-3 ist nur die direkte Auswirkung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung abgebildet. Dies betrifft direkt nur den Wärme- und Verkehrssektor. Allgemeine Teuerungsraten für die einzelnen Energieträger oder indirekte Effekte der CO<sub>2</sub>-Bepreisung sind an dieser Stelle nicht aufgeführt.

### **3.2 Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen mittels des Indikators der Regionalen Wertschöpfung**

Zentrale Begrifflichkeit ist in vorliegender Studie die „regionale Wertschöpfung“ (RWS) als ökonomisch quantifizierbare Kennzahl zur Abbildung des regionalen (Mehr-)Wertes, der mit Investitionen in Erneuerbare Energien und Energieeffizienz einhergeht. Entsprechend der Bedeutung von Wertschöpfung als allgemeines Ziel unternehmerischen Handelns, geht es hierbei nicht nur darum, höhere Werte aus der Transformation von Inputs in Outputs zu generieren. Vielmehr wird der regionale Bezug aller durch die Investitionen ausgelösten Finanzströme in den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette in den Vordergrund gerückt und bewertet. Regionale Wertschöpfung wird folglich als ökonomischer Kennwert in Euro (€) ausdrückbar. Darüber hinaus kann die regionale Wertschöpfung als politische Argumentationsgrundlage genutzt werden, um Wirtschaftsförderungsstrategien auf lokaler Ebene zu entwickeln und umzusetzen. Die regionale Wertschöpfung bietet vielfältige Chancen zur Mobilisierung und Optimierung ungenutzter Potenziale beim Ausbau Erneuerbarer Energien und Energieeffizienz. Die Umsetzung auf regionaler Ebene liefert nicht nur lokale Erfolge, sondern kann auch maßgeblich zur Erreichung der Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsziele beitragen sowie damit verbunden Innovation und Beschäftigung auslösen.

Der Indikator „regionale Wertschöpfung“ ist definiert als die Summe aller zusätzlichen Werte, die in einer Region / einem räumlich abgegrenzten Gebiet innerhalb eines bestimmten Zeitraumes entstehen. Der Begriff „Wert“ kann hierbei eine subjektiv unterschiedliche Bedeutung erfahren, d. h. er kann ökonomisch, ökologisch und soziokulturell verstanden werden. Im Kontext der vorliegenden Studie liegt der Schwerpunkt auf der ökonomischen Bewertung der Investitionen in den Ausbau Erneuerbarer Energien und Energieeffizienz. Regionale Wertschöpfung bildet an dieser Stelle den Indikator zur Quantifizierung ökonomischer Effekte, d. h. sie bewertet die Schaffung von monetären Werten im Betrachtungsgebiet. Hierbei handelt es sich um die generierten Geldwerte (€), welche durch den Ausbau EE und Energieeffizienz in der Region verbleiben. Gerade die konsequente Berücksichtigung regionaler Wertschöpfungsaspekte in allen Stufen der Wertschöpfungskette bietet ein erhebliches Einnahme- und Beschäftigungspotenzial. Regionale Wertschöpfung führt demnach zur Steigerung von monetären, sozialen und ökologischen Werten und demzufolge zur höheren Kaufkraft und wirtschaftlichem Wachstum sowie zu einer Verbesserung von sozialen Strukturen, u.a. aufgrund von gesicherter Beschäftigung.

Regionale Wertschöpfung stellt somit ein geeignetes Instrument dar, den Ausbau Erneuerbarer Energien vor dem Hintergrund Klimaschutz und Nachhaltigkeit als echte Handlungsoption zur lokalen Wirtschaftsförderung (re-)finanzierbar, technisch und administrativ möglich, sowie sozial und politisch akzeptabel zu präsentieren.



### 3.3 Regionale Wertschöpfungspotenziale im Rhein-Neckar-Kreis: Status Quo (2017)

Im Folgenden wird eine Quantifizierung der regionalen Wertschöpfung durch den Ausbau EE und die Umsetzung von Energieeffizienz im Rhein-Neckar-Kreis vorgenommen. Angewendet wird dabei ein am IfaS entwickeltes, dynamisches Berechnungsmodell. Das administrative Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises definiert in dieser Betrachtung die räumlichen Systemgrenzen. Inhaltlich sind die Systemgrenzen zur Quantifizierung der RWS so festgelegt, dass die Investitionen in Erneuerbare Energien und Energieeffizienz die Ausgangsbasis zur Schaffung eines regionalen Mehrwertes bilden. Regionale Wertschöpfung entsteht dabei z. B. durch die Beschäftigung von Mitarbeitern, Leistungsbezug von regionalen Handwerkern / Dienstleistern, die Einbindung lokaler Banken, Realisierung von Gewinnen für ortsansässige Betreiber / Investoren / Eigentümer, Steuerzahlungen in die Region, Pachtzahlungen an die Flächeneigentümer etc. Regionale Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte treten jedoch nicht nur auf der Ebene der Herstellung, des Vertriebs, der Planung und der Installation von Anlagen und Anlagenkomponenten auf, sondern sind auch im Dienstleistungsbereich (Fremdfinanzierung, Versicherung oder Steuerberatung) zu verzeichnen. Hierbei entstehen Gewinne in den Unternehmen und Einkommen ihrer Angestellten sowie Steuerzuwächse. Allgemein gilt, dass regionale Wertschöpfung und Kaufkraft ausschließlich von lokal und regional ansässigen Akteuren gebunden werden können.

Auf Basis der zuvor genannten räumlichen und inhaltlichen Systemgrenzen wird die konkrete Berechnung der regionalen Wertschöpfung durch den Ausbau Erneuerbarer Energien und Umsetzung von Energieeffizienz abgebildet. Der Berechnung liegt eine betriebswirtschaftliche Standard-Methode zugrunde. Hierbei handelt es sich um die sogenannte Nettobarwertmethode.<sup>29</sup> Diese Methode erlaubt die Berechnung der regionalen Wertschöpfung als absolute Kennzahl (in €), auch vor dem Hintergrund einer Betrachtung über mehrere Jahre und unter Berücksichtigung dynamischer Entwicklungen, wie beispielweise Preissteigerungen, Inflation oder dynamischen Finanzierungsmodellen.

Bei der Betrachtung werden alle ausgelösten Investitionen und damit verbundene Erlöse und Kosten im Bereich der stationären Energieerzeugung sowie aus der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen dargestellt. Es wird aus ökonomischer Sicht abgeschätzt, inwiefern es lohnenswert erscheint, die derzeitigen Energiesysteme auf eine regenerative Energieversorgung umzustellen. Zuletzt werden aus den Nettobarwerten aller ermittelten Einnahme- und

---

<sup>29</sup> Der Nettobarwert ist eine betriebswirtschaftliche Kennzahl der dynamischen Investitionsrechnung. Durch Abzinsung auf den Beginn der Investition werden Zahlungen vergleichbar gemacht, die innerhalb des Betrachtungszeitraumes zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen.

Kostenpositionen die Anteile abgeleitet, die in geschlossenen Kreisläufen im Rhein-Neckar-Kreis als regionale Wertschöpfung gebunden werden könnten.

Bezugnehmend auf der in Kapitel 2.1 dargestellten Situation zur Energieversorgung und -erzeugung, wurden im Rhein-Neckar-Kreis bis zum Jahr 2017 durch den Ausbau Erneuerbarer Energien rund 439 Mio. € an Investitionen ausgelöst. Davon sind rund 368 Mio. € dem Bereich Stromerzeugung und ca. 41 Mio. € der Wärmegestehung<sup>30</sup> sowie ca. 30 Mio. € der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme zuzuordnen. Einhergehend mit diesen Investitionen sowie durch den Betrieb der Anlagen entstehen Gesamtkosten in Höhe von ca. 718 Mio. €

Einnahmen und Kosteneinsparungen von rund 878 Mio. € stehen diesem Kostenblock gegenüber. Die aus allen Investitionen, Kosten und Einnahmen abgeleitete regionale Wertschöpfung liegt, durch den bis 2017 installierten Anlagenbestand, bei rund 376 Mio. €<sup>31</sup>

Das Ergebnis für das Betrachtungsjahr 2017 zeigt nachstehende Abbildung:

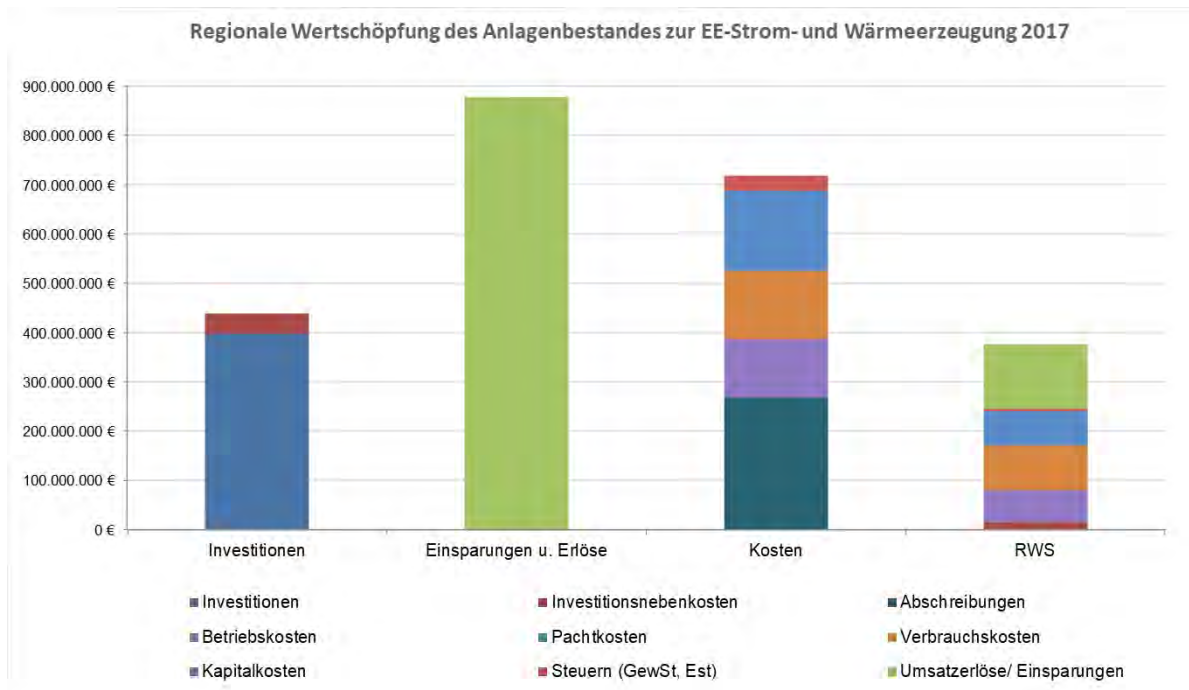


Abbildung 3-4: Regionale Wertschöpfung des Anlagenbestandes zur Erzeugung Erneuerbarer Energie im Status Quo (2017)

Aus obenstehender Abbildung wird ersichtlich, dass die Abschreibungen den größten Kostenblock an den Gesamtkosten darstellen, gefolgt von den Kapital-, Verbrauchs- sowie den Betriebskosten.

<sup>30</sup> Bei der Wärmegestehung erfolgt stets eine Gegenrechnung der regenerativen mit den fossilen Systemen, beispielsweise bei den Holzheizungen. Folglich werden nur die reinen Nettoeffekte, d. h. der ökonomische Mehraufwand für das regenerative System abgebildet. Dieser methodische Ansatz wird ebenfalls bei der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme angewandt, z. B. Biogasanlagen.

<sup>31</sup> Hier werden alle mit dem Anlagenbetrieb einhergehenden Einnahmen und Kosteneinsparungen über die spezifische Nutzungsdauer je Technologie berücksichtigt.

Hinsichtlich der daraus abgeleiteten Wertschöpfung ergibt sich der größte Beitrag aus den Einnahmen der Anlagenbetreiber gefolgt von den Betriebskosten, die dem Sektor Handwerk zugerechnet werden können. Unter den Betriebskosten werden u. a. Leistungen der Installation, Instandhaltung und Wartung subsumiert. Danach wird die regionale Wertschöpfung vornehmlich durch die Verbrauchs- und Kapitalkosten ausgelöst.

Die Ermittlung der regionalen Wertschöpfung durch Erschließen von Energieeffizienzpotenzialen im Status Quo ist nicht Gegenstand der vorliegenden Betrachtung. Auf eine gesonderte Datenerhebung sowie auf Annahmen im Status Quo (2017) wurde verzichtet, sodass für alle Sektoren die Wertschöpfung im Effizienzbereich mit 0 € angesetzt wurde. Im Szenario zur Regionalen Wertschöpfung (vgl. Kapitel 7) werden für das Betrachtungsgebiet ermittelte, spezifische Effizienzpotenziale (vgl. Kapitel 5) berücksichtigt.

## 4 Potenziale zur Erschließung der verfügbaren erneuerbaren Energien

Grundlegend für die Entwicklung von Maßnahmen und somit für die Erreichung von Klimaschutzziele ist die Darstellung von Potenzialen. Diese bestehen einerseits aus den bereits genutzten Potenzialen (Bestand), die in der Energie- und Treibhausgasbilanz ermittelt wurden, sowie ggf. bereits genehmigter, aber noch nicht umgesetzter Anlagen oder Maßnahmen. Andererseits umfassen die Potenziale die darüber hinaus verfügbaren, bisher ungenutzten Möglichkeiten (Ausbau).

Die Ermittlung von Potenzialen erfolgt für die erneuerbaren Energieträger in den fünf Bereichen Wasserkraft, Geothermie, Solar, Windkraft und Biomasse. Das Potenzial stellt darin jeweils eine Größe dar, die aus heutiger Sicht im Maximum erreicht werden kann. Der nachstehende Exkurs geht näher auf das hier zu Grunde liegende Verständnis des Potenzialbegriffes ein.

### **Exkurs: Definition des Potenzialbegriffes**

Bei der Ermittlung der Potenziale aus erneuerbaren Energien werden Restriktionen berücksichtigt, die aus heutiger Sicht eine Flächenerschließung grundsätzlich verhindern (z. B. Topografie, Mindestabstände zur derzeitigen Bebauung oder Naturschutzgebiete). Flächen, die den Bau von Erneuerbaren-Energien-Anlagen aus heutiger Sicht nicht grundsätzlich ausschließen, werden als energetisches Potenzial angesehen. Dies können auch Flächen sein, bei denen rechtlich für den Bau von Erneuerbaren-Energie-Anlagen eine Einzelfallprüfung vorgesehen ist. Anhand der Ermittlung energetischer Potenziale wird zunächst ein größtmögliches Potenzial ausgewiesen, das versucht, den ganzen Handlungsspielraum im Bereich der regionalen Energiewende zu erfassen.

Die Darstellung der Potenziale bildet demzufolge zunächst einen grundsätzlich-theoretischen, maximalen Rahmen der Möglichkeiten für das Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises ab. Dieser Rahmen zeichnet sich dadurch aus, dass er unabhängig etwaiger Interessenskonflikte einzelner Akteursgruppen im konkreten Fall vor Ort und unabhängig oben erwähnter rechtlicher Einzelfallprüfung wiedergegeben wird. Durch diesen möglichst „gering-restriktiven“ Ansatz wird gewährleistet, dass keine Potenzialmengen frühzeitig ausgeschlossen werden, die grundsätzlich im Landkreis aufgrund seiner naturräumlichen Gegebenheiten oder technischer Möglichkeiten bestehen.

Eine präzisere Potenzialabbildung, die beispielsweise wirtschaftliche oder technische Rahmenbedingungen näher berücksichtigt, kann sowohl aufgrund sehr spezifischer zeit- und ortsabhängiger Randbedingungen, als auch wegen Unsicherheiten in Bezug auf zukünftige rechtliche und technische Veränderungen nicht explizit abgeschätzt bzw. ausgewiesen werden.

Derartige Details, die eine klare handlungs- und umsetzungsorientierte Darstellung gewährleisten, müssen bei Bedarf mittels einer Detailbetrachtung (bspw. einer Machbarkeitsstudie) einzelfallbezogen untersucht werden.

Das Potenzial stellt somit eine Maximalmenge einzelner regenerativer Energieträger für den Untersuchungsraum dar. Die lang- oder kurzfristige Umsetzung der Potenziale kann daher auch in einem reduzierteren Umfang erfolgen. Die tatsächliche Höhe der Erschließung der Potenziale entscheidet sich letztlich also auf der Basis standortbezogener Detailuntersuchungen, etwa um die Wirtschaftlichkeit oder auch die Umweltauswirkungen zu bewerten, und daraus abgeleiteten Entscheidungen vor Ort.

Als Hilfsmittel für diesen Entscheidungsprozess dient die Aufstellung eines Szenarios (vgl. Kapitel 6). Hier wird auf der Basis vorhandener Potenziale der mögliche Entwicklungspfad einer zukünftigen Energieversorgung im Rhein-Neckar-Kreis diskutiert. Dieses Szenario stellt jedoch keinen konkreten Umsetzungsplan dar.

## 4.1 Wasserkraftpotenziale

Wasserkraftwerke machen sich die auf dem Weg des Wassers entstehende potenzielle Energie zunutze. Diese potenzielle Energie wurde schon in einem Zeitalter weit vor der Industrialisierung, bspw. über einfache Wasserräder in Wassermühlen, genutzt. Heute wird zur Nutzung der Wasserkraft die kinetische und die potenzielle Energie des Wassers mittels Turbinen in Rotationsenergie, welche zum Antrieb von Maschinen oder Generatoren gebraucht wird, umgewandelt. Durch neue Technologien, wie z. B. die Wasserkraftschnecke oder das Wasserradkraftwerk, können in der heutigen Zeit auch kleinere Gewässer zur Erzeugung von Strom genutzt werden.

### 4.1.1 Rahmenbedingungen

Im Rahmen der Potenzialstudie für den Rhein-Neckar-Kreis werden Fließgewässer sowie Klarwasserabläufe von Kläranlagen im Hinblick auf die Nutzung der Wasserkraft betrachtet. Bei der Untersuchung der Gewässer wird ein Neubau von Wasserkraftanlagen an neuen Querverbauungen direkt ausgeschlossen, da dies dem Verschlechterungsverbot der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL)<sup>32</sup> widerspricht und solche Anlagen nicht nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) vergütet werden. Hinzu kommt die Untersuchung der bestehenden Wasserkraftanlagen im Hinblick auf Modernisierung sowie die Betrachtung ehemaliger Mühlenstandorte auf mögliche Reaktivierung. Bei den Untersuchungen wurden die jahreszeitlichen und wetterbedingten Schwankungen des Abflusses, d. h. der verfügbaren Wassermenge sowie der Fallhöhe, nicht berücksichtigt. Lediglich die Mindestwasserregelung von

<sup>32</sup> Vgl. Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EG-WRRL) Artikel 4 Absatz 1

Baden-Württemberg, dass  $\frac{1}{3}$  der mittleren Niedrigwassermenge (MNQ) nicht genutzt werden dürfen, wurde berücksichtigt.

Zur Diskussion der (Zwischen-)Ergebnisse wurden in einem ausführlichen Gespräch mit dem Wasserrechtsamt (Amtsleiterin Fr. Margarete Schuh, Hr. Jan Zahoransky und Hr. Dr.Ing. Markus Schuster) am 23.11.2021 Fragen zu Bestandsanlagen, Restriktionen und Datenverfügbarkeiten diskutiert.

## **4.1.2 Ergebnisse Wasserkraftpotenziale an Gewässern**

### **4.1.2.1 Gewässer im Rhein-Neckar-Kreis**

Der Anteil der Fließgewässerfläche an der gesamten Bodenfläche des Rhein-Neckar-Kreises beträgt etwa 1,3 % ( $\approx 1.380$  ha).<sup>33</sup>

Gewässer 1. Ordnung sind der Rhein und der Neckar (beides gleichzeitig auch Bundeswasserstraßen) sowie die Elsenz, der Hardtbach, der Kraichbach, der Kriegbach, der Landgraben, der Leimbach und die Weschnitz. Die restlichen Gewässer sind 2. Ordnung.

### **4.1.2.2 IST-Analyse der Wasserkraftnutzung im Rhein-Neckar-Kreis**

Im Rhein-Neckar-Kreis wird bereits an 30 Standorten die Kraft des Wassers zur Energieerzeugung genutzt. Diese Anlagen, mit einer installierten Gesamtleistung von ca. 17.900 kW<sub>el</sub> und einem gesamten Arbeitsvermögen von rund 33.580.600 kWh<sub>el</sub>/a, speisen den erzeugten Strom ins öffentliche Netz ein (siehe Tabelle 4-1).<sup>34 35</sup>

---

<sup>33</sup>Vgl. Webseite Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.

<sup>34</sup>Vgl. Energymap (o. J.): EEG-Anlagenregister – Rhein-Neckar-Kreis (Zugriff am 14.12.2021)

<sup>35</sup>Vgl. Marktstammdatenregister (MaStR) (2022): Stammdaten zu Strom- und Gaserzeugungsanlagen (Zugriff: 10.03.2022)

Tabelle 4-1: Wasserkraftanlagen in Betrieb im Rhein-Neckar-Kreis

Kommune	Gewässer	Name der Anlage	installierte Leistung	Arbeitsvermögen
			[kW]	[kWh/a]
Bammental	Elsenz	Oberes E-Werk	80	345.857
	Elsenz	Unteres E-Werk	44	100.850
	Elsenz	Hilfswerk Tapetenfabrik	91	378.025
	Elsenz	Tapetenfabrik	93	343.882
Summe			308	1.168.614
Dossenheim	Neckarkanal Schwabenheim	Dossenheim-Schwabenheim/Heidelberg-Wieblingen 1.2 (Staustufe -Kraftwerk-)	7.200	
	Summe			7.200
Eberbach	Itter	Sägewerk Schölch	65	
	Itter	Itterkraftwerk "Oberstufe"	1.100	2.755.948
	Itter	Itterkraftwerk "Unterstufe"	66	199.611
	Neckar	Staustufe Rockenau	4.560	27.857.817
Summe			5.791	30.813.376
Eschelbronn	Epfenbach	Mühle Arnold	16	
	Summe			16
Helmstadt-Bargen	Wollenbach	Mühle Bähr	8	
	Summe			8
Hirschberg an der Bergstraße	Landgraben	Mühle Spitzer	5	235
	Summe			5
Ladenburg	Neckar	Mannheim-Feudenheim/Ladenburg 1.3 (Staustufe - Wehr-)	300	
	Summe			300
Mauer	Elsenz	Alte Leimfabrik (Märtens AG)	100	471.484
	Summe			100
Meckesheim	Elsenz	E-Werk	114	161.309
	Summe			114
Mühlhausen	Waldangelbach	Untere Mühle	11	10.099
	Waldangelbach	Obere Mühle	9	
	Summe			20
Neckargemünd	Elsenz	Herrenmühle	91	354.290
	Neckar	Staustufe Neckarsteinach	3.520	
	Elsenz	Kriegsmühle	75	
	Elsenz	Walkmühle	57	310.151
Summe			3.743	664.441
Schönbrunn	Pleutersbach	Mühle Seifert	4	
	Summe			4
Sinsheim	Elsenz	Klostermühle	15	
	Elsenz	Unter Mühle Brunner	18	33.309
	Elsenz	Mühle Nuding	15	
Summe			48	33.309
Weinheim	Weschnitz	Fuchs'sche Mühle	31	243.063
	Weschnitz	Fuchs'sche Ölmühle	16	
	Weschnitz	Untere Hildebrandmühle	88	
	Weschnitz	Obere Hildebrandmühle	113	
Summe			248	243.063
Zuzenhausen	Elsenz	Kolbmühle	24	14.702
	Summe			24
Gesamtsumme Rhein Neckar Kreis			17.900	33.580.600

### 4.1.2.3 Ausbaupotenzial durch Neubau

Im Neckar und im Rhein sind im Betrachtungsgebiet keine weiteren Staustufen zur Installation von herkömmlichen Turbinen vorhanden. Wegen der Nutzung durch die Schifffahrt kommt ein Neubau einer Staustufe zur Installation einer Wasserkraftanlage nicht in Frage.

Jedoch könnte ein Potenzial für Strömungskraftwerke bestehen. Für diese Art der Wasserkraftnutzung werden keine Querbauwerke benötigt, da hier die kinetische Energie des Gewässers genutzt wird. Die Leistung hängt von der Strömungsgeschwindigkeit ab, sollte die Installation an der Stelle im Gewässer erfolgen, wo die Geschwindigkeit am größten ist. Bei Nutzung des Gewässers durch Schiffsverkehr bleiben lediglich Standorte in Ufernähe, dort ist jedoch die Strömungsgeschwindigkeit in der Regel niedriger. Hinzu kommt, dass Strömungskraftwerke eine Wassertiefe mindestens 2 m benötigen.

Des Weiteren könnten sechs Querverbauungen an Gewässern 2. Ordnung zur Installation von Wasserkraftanlagen genutzt werden. Insgesamt wäre eine installierbare Leistung von etwa 115 kW<sub>el</sub> mit einem jährlichen Arbeitsvermögen von ca. 401.400 kWh<sub>el</sub> möglich.

Tabelle 4-2: Ausbaupotenzial durch Neubau an Gewässern 2. Ordnung

Anlage		Ausbaupotenzial		
Kommune	Name	Leistung (P)	Laufzeit	Arbeitsvermögen (E)
		[kW]		
Eschelbronn	Sägewerk Ziegler	39	3.500	136.500
		<b>39</b>		<b>136.500</b>
Helmstedt-Bargen	Mühle Heiss	9	3.500	30.510
		<b>9</b>		<b>30.510</b>
Sinsheim	Mühle Reinig	14	3.500	49.000
	E-Werk	9		31.500
		<b>23</b>		<b>80.500</b>
Waibstadt	Sohlenrampe	9	3.500	31.500
	E-Werk	22		77.000
		<b>31</b>		<b>108.500</b>
Weinheim	Gleite	13	3.500	45.399
		<b>13</b>		<b>45.399</b>
<b>Gesamtsumme Rhein-Neckar-Kreis</b>		<b>115</b>		<b>401.408</b>



#### 4.1.2.4 Ausbaupotenzial durch Modernisierung

Von den bestehenden Wasserkraftanlagen im Betrachtungsgebiet, welche mit Leistung und Arbeitsvermögen im EEG-Anlagenregister gelistet sind, weisen 22 Anlagen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt eine geringere Vollbenutzungsstundenzahl auf.<sup>36</sup> Anlagen mit einer installierten Leistung bis 100 kW laufen im Bundesdurchschnitt 3.500 h pro Jahr, bis 500 kW ca. 4.000 h, bis 1.000 kW um die 4.500 h, bis 5.000 kW rund 5.000 h und darüber hinaus bis etwa 6.000 h im Jahr.

Tabelle 4-3: Ausbaupotenzial durch Modernisierung

Kommune	Gewässer	Name der Anlage	Installierte Leistung	Arbeitsvermögen	Volllaststunden	Bundesdurchschnitt
			[kW]	[kWh/a]	[h]	[h]
Bammeltal	Elsenz	Unteres E-Werk	44	100.850	2.292	3.500
Dossenheim	Neckarkanal Schwabenheim	Dossenheim-Schwabenheim/Heidelberg-Wieblingen 1.2 (Staustufe -Kraftwerk-)	7.200	0	0	6.000
Eberbach	Itter	Sägewerk Schölich	65	0	0	3.500
		Itterkraftwerk "Oberstufe"	1.100	2.755.948	2.505	5.000
		Itterkraftwerk "Unterstufe"	66	199.611	3.024	3.500
Eschelbronn	Epfenbach	Mühle Arnold	16	0	0	3.500
Helmstadt-Bargen	Wollenbach	Mühle Bähr	8	0	0	3.500
Hirschberg an der Bergstrasse	Landgraben	Mühle Spitzer	5	235	47	3.500
Ladenburg	Neckar	Mannheim-Feudenheim/Ladenburg 1.3 (Staustufe -Wehr-)	300	0	0	4.000
Meckesheim	Elsenz	E-Werk	114	161.309	1.415	4.000
Mühlhausen	Waldangelbach	Untere Mühle	11	10.099	918	3.500
		Obere Mühle	9	0	0	3.500
Neckargemünd	Neckar	Staustufe Neckarsteinach	3.520	0	0	5.000
		Kriegsmühle	75	0	0	3.500
Schönbrunn	Pleutersbach	Mühle Seifert	4	0	0	3.500
Sinsheim	Elsenz	Klostermühle	15	0	0	3.500
		Unter Mühle Brunner	18	33.309	1.851	3.500
		Mühle Nuding	15	0	0	3.500
Weinheim	Weschnitz	Fuchs'sche Ölmühle	16	0	0	3.500
		Untere Hildebrandmühle	88	0	0	3.500
		Obere Hildebrandmühle	113	0	0	4.000
Zuzenhausen	Elsenz	Kolbmühle	24	14.702	613	3.500

Weist eine bestehende Anlage im Vergleich zum Bundesdurchschnitt eine geringere Volllaststundenzahl auf, kann dies folgende Gründe haben:

- Zu geringer Anlagenwirkungsgrad
- Zu geringes Wasserdargebot
- Zu niedrige Fallhöhen

<sup>36</sup>Vgl. BMU 2012a: Begleitende Vorhaben zum EEG – Erfahrungsbericht 2011

Bei einer Modernisierung können folgende Maßnahmen greifen, damit die Anlage im Bundesdurchschnitt läuft:

- Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades
- Erhöhung des Ausbaugrades (Wasserdargebot)
- Stauzielerhöhung<sup>37</sup>

#### **4.1.3 Ergebnisse Wasserkraftpotenziale an Kläranlagen**

Zum jetzigen Zeitpunkt werden die Klarwasserabläufe an Kläranlagen im Rhein-Neckar-Kreis noch nicht zur Energieerzeugung genutzt. Für den Betrieb einer Wasserkraftschnecke, einem Wasserrad oder einem Wasserwirbelkraftwerk (erprobte Techniken bei Klarwasserabläufen von Kläranlagen) wird eine Wassermenge von 0,1 – 20,0 m<sup>3</sup>/s und eine Fallhöhe von 0,3 – 10,0 m benötigt. Zu den Kläranlagenstandorten im Betrachtungsgebiet waren keine verwertbaren Daten verfügbar. Jedoch ist das Potenzial an Klarwasserabläufen bei Kläranlagen generell, wenn überhaupt vorhanden, sehr gering.

#### **4.1.4 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die oben durchgeführten Untersuchungen (Kapitel 4.1.2 bis 4.1.3) während der Konzepterstellung haben ergeben, dass es im Rhein-Neckar-Kreis ein Ausbaupotenzial für die Nutzung von Wasserkraft zur Energieerzeugung durch Neubau an Gewässern gibt.

Insgesamt besteht im Rhein-Neckar-Kreis ein Ausbaupotenzial von rund 110 kW<sub>el</sub> installierbarer Leistung mit einem Arbeitsvermögen von etwa 400.000 kWh<sub>el</sub> im Jahr. Darüber hinaus können bei bestehenden Anlagen im Rahmen einer Modernisierung Maßnahmen ergriffen werden, um die Anlagenauslastung zu erhöhen. Gemeinsam mit der bereits genutzten Wasserkraft, könnte damit der momentane Stromverbrauch im Rhein-Neckar-Kreis zu 1,4 % gedeckt werden.

Eine detaillierte Aufteilung der Wasserkraftpotenziale auf die einzelnen Kommunen im Rhein-Neckar-Kreis zeigt die nachfolgende Tabelle.

---

<sup>37</sup>Vgl. BMU 2012b: Potentialeermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland

Tabelle 4-4: Übersicht der Wasserkraftpotenziale im Rhein-Neckar-Kreis

Kommune	Vorhandene Wasserkraftnutzung		Ausbaupotenzial an Gewässern	
	Installierte Leistung	Arbeitsvermögen	Installierte Leistung	Arbeitsvermögen
	[kW]	[kWh/a]	[kW]	[kWh/a]
Bammental	308	1.168.614	0	0
Dossenheim	7.200	0	0	0
Eberbach	5.791	30.813.376	0	0
Eschelbronn	16	0	39	136.500
Helmstadt-Bargen	8	0	9	30.510
Hirschberg an der Bergstraße	5	235	0	0
Ladenburg	300	0	0	0
Mauer	100	471.484	0	0
Meckesheim	114	161.309	0	0
Mühlhausen	20	10.099	0	0
Neckargemünd	3.743	664.441	0	0
Schönbrunn	4	0	0	0
Sinsheim	48	33.309	23	80.500
Waibstadt	0	0	31	108.500
Weinheim	248	243.063	13	45.399
Zuzenhausen	24	14.702	0	0
<b>Rhein-Neckar-Kreis</b>	<b>17.929</b>	<b>33.580.632</b>	<b>115</b>	<b>401.408</b>

Sofern vorhanden, könnten ehemalige Wassermühlen im Betrachtungsgebiet reaktiviert werden. Hierzu müssten Gespräche mit den derzeitigen Besitzern geführt werden, um diesen auf das ungenutzte Potenzial aufmerksam zu machen. Würde sich die Bereitschaft zur Reaktivierung der Mühle sowie des Wasserrechts seitens der Eigentümer ergeben, müssten genauere Untersuchungen der Mühlenstandorte durchgeführt werden. Erst dann lässt sich die Wirtschaftlichkeit realistisch abschätzen, z. B. anhand von Angeboten etablierter Wasserkraftanlagenhersteller, mit deren Kennwerten dann ein Konzept erstellt werden kann. Den erzeugten Strom könnten die Besitzer der Mühlen Vor-Ort selbst nutzen und somit ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele im Rhein-Neckar-Kreis leisten.

Hinzu kommt ein sehr geringes Ausbaupotenzial an Kläranlagenstandorten.

## 4.2 Geothermiepotenziale

Geothermie ist eine in Wärmeform gespeicherte Energie unterhalb der festen Erdoberfläche. Erdwärme ist eine nach menschlichen Maßstäben unerschöpfliche Energiequelle und kann daher als erneuerbar angesehen werden. Sie stammt aus dem Zerfall natürlicher Radioisotope im Gestein der Erdkruste sowie aus der Erstarrungswärme des Erdkerns. Bis ca. 10 m Tiefe ist darüber hinaus die Strahlungsenergie der Sonne im Erdreich gespeichert.

### 4.2.1 Rahmenbedingungen

Es wird zwischen der Tiefengeothermie, die zur Wärmenutzung und Stromerzeugung eingesetzt wird und der oberflächennahen Geothermie, die wegen des geringeren Temperaturniveaus ausschließlich der Wärmenutzung dient, unterschieden.

Das Potenzial zur Erdwärmennutzung ist nicht sinnvoll in Energieeinheiten zu quantifizieren, da es theoretisch flächendeckend zur Verfügung steht. Für die praktische Nutzung relevant ist vielmehr, ob andere Kriterien einer Nutzung entgegenstehen und ob sich ein konkreter Wärmeenergiebedarf nahe eines Gunstgebietes<sup>38</sup> befindet.

Um konkrete Vorhaben zur Erschließung der Tiefengeothermie in die Potenzialanalyse einzu beziehen, wurde ein Akteursgespräch mit dem Projektleiter des Vorhabens „GeoHardt“, Herrn Matthias Wolf von der MVV Energie durchgeführt, an dem auch der Auftraggeber beteiligt war. Die gewonnenen Erkenntnisse zu den Projektaktivitäten sind in das Kapitel Tiefengeothermie (4.2.3) eingeflossen. Im Nachgang wurde von Herrn Wolf über ein weiteres Projekt der Vulcan Energie Ressourcen GmbH informiert, hierzu konnte kein weiteres Akteursgespräch stattfinden. Die bereitgestellten Informationen wurden durch eine Internetrecherche ergänzt und ebenfalls dem Abschnitt Tiefengeothermie angefügt.

### 4.2.2 Ergebnisse Oberflächennahe Geothermie

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie mit einem Temperaturniveau von 10 - 15 °C erfolgt üblicherweise über Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren. Um die Wärmequelle für die Raumheizung und Brauchwassererwärmung nutzen zu können, ist eine Temperaturerhöhung mittels Wärmepumpe gängige Praxis. Dies bedeutet, dass elektrische Hilfsenergie aufgewendet wird, um aus einer Einheit Strom ca. vier Einheiten Nutzwärme bereit zu stellen. Alternativ sind auch erdgasbetriebene Wärmepumpen erhältlich. Der Bedarf an Hilfsenergie ist umso geringer, desto niedriger das Temperaturniveau des Heizungssystems ist. Damit eignen sich insbesondere neuere oder vollsanierte Wohngebäude mit Flächenheizungen (z. B. Fußbodenheizung) für den Einbau von Erdwärmepumpen. Eine besonders klimafreundliche

---

<sup>38</sup> Gebiete, die beste Voraussetzungen bieten für die Erdwärmennutzung.

Treibhausgasbilanz wird erreicht, wenn ergänzend zur Wärmepumpe z. B. Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung vorgesehen sind oder zertifizierter Ökostrom für den Wärmepumpenantrieb genutzt wird.

Neben der Wärmeversorgung ist die oberflächennahe Geothermie auch für die Gebäudekühlung im Sommer geeignet. Hierbei dient das in der warmen Jahreszeit in Relation zur Außentemperatur geringe Temperaturniveau des Untergrundes als Quelle für die Kühlung. Bei Bedarf ist eine zusätzliche Temperaturabsenkung mittels Kompressionskältemaschine bzw. einer reversiblen Wärmepumpe möglich, die dann sowohl im Winter heizen als auch im Sommer kühlen kann.

Um Gunstgebiete für die geothermische Standorteignung ermitteln zu können, wurde auf Daten und Kartenmaterial des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) zurückgegriffen.<sup>39</sup> Dieser Dienst kann unter <https://isong.lgrb-bw.de/> ebenso im Rahmen von konkreten (privaten) Vorhaben für eine erste Standortqualifizierung und Informationsbeschaffung herangezogen werden. Gegen eine Gebühr können über den Kartendienst auch weitergehende Informationen wie bspw. ortsspezifische Wärmeentzugsleistungen abgefragt werden.

### **Erdwärmesonden**

Erdwärmesonden sind eine marktübliche Technik, um die Erdwärme als regenerative Energiequelle zu erschließen.

Die wesentliche Rechtsgrundlage für die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesonden-Anlagen bilden das Wasserhaushaltsgesetz und das Wasserrecht des jeweiligen Bundeslandes. Beim Bau und Betrieb von Erdwärmesonden ist dem Grundwasserschutz nach dem Besorgnisgrundsatz des Wasserrechts Rechnung zu tragen. In Abhängigkeit von der Gestaltung und Ausführung einer Anlage gelten auch bergrechtliche Vorschriften, die sich insbesondere aus dem Bundesberggesetz ergeben.<sup>40</sup>

In Abhängigkeit vom hydrogeologischen Untergundaufbau ist vor dem Bau von Erdwärmesonden eine Standortqualifikation durchzuführen. Wesentliches Gefährdungspotenzial stellt hierbei die Möglichkeit eines Schadstoffeintrags in den oberen Grundwasserleiter bzw. in tiefere Grundwasserstockwerke aufgrund fehlerhaften Bohrlochausbaus dar.

Nachfolgend ist eine Karte des Landkreises mit einer Einteilung der Fläche in verschiedene geothermische Potenziale dargestellt. Dabei handelt es sich um eine qualifizierte Einteilung in Gunstgebiete und weniger geeignete Bereiche. Weite Flächen sind ohne Qualifizierung in grau

<sup>39</sup> Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (o. J.): Informationssystem oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg (ISONG) (Zugriff: 16.12.2021)

<sup>40</sup> Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2005): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden (Zugriff: 16.12.2021)

dargestellt, was jedoch keinen grundsätzlichen Ausschluss für Erdwärmesonden darstellt. Es kann auch bedeuten, dass in der Fläche nicht genügend Informationen vorliegen, um eine pauschale Einteilung zu ermöglichen. Auf Anfrage bzw. Antrag sind sehr wohl auch dort Erdwärmesonden möglich, wie sich an den bisher beim LGRB gemeldeten Bohrungen (in Kreisen dargestellt) zeigt.

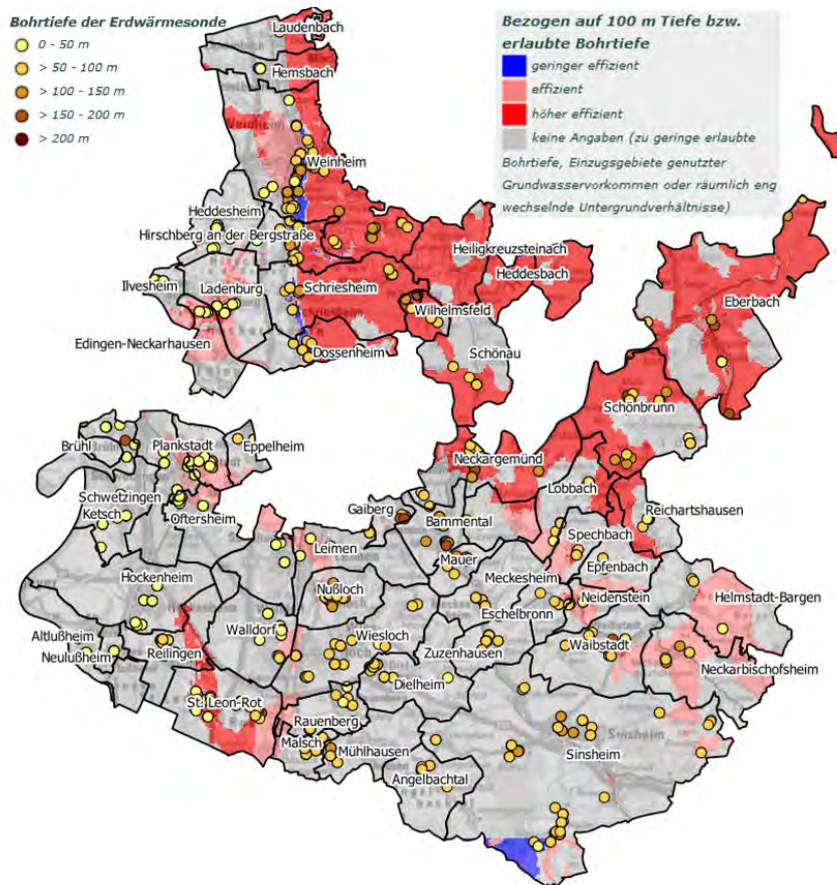


Abbildung 4-1: Standortbewertung zum Bau von Erdwärmesonden<sup>41</sup>

Die digitale Kartenauswertung zeigt, dass insbesondere im Norden des Landkreises eine hohe Effizienz beim Betrieb von Erdwärmesonden zu erwarten ist. Dort ist eine jährliche Entzugsenergie von mindestens 125 kWh je Meter Bohrtiefe und Jahr zu erwarten. Bei den hellroten Gebieten ist immer noch ein Energieentzug von mind. 100 kWh/(m\*a) möglich.

Konkrete Anlagenplanungen bedürfen jedoch stets einer Detailprüfung im Einzelfall. Insgesamt können Wärmepumpen mit Erdwärmesonden einen relevanten Beitrag im Wärmequellenmix für den Landkreis darstellen. Sie eignen sich grundsätzlich für alle Gebäudenutzungen.

### Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren stellen eine Alternative zu Erdwärmesonden in wasserwirtschaftlich kritischen Gebieten dar. Sie sammeln die im Erdreich gespeicherte Solarenergie zur Nutzung in

<sup>41</sup> Eigene Darstellung unter Nutzung des WMS-Dienstes des LGRB, <https://isong.lgrb-bw.de/>.

Heizungssystemen. Dazu muss eine ausreichend große Fläche zur horizontalen Verlegung von Rohrschlangen (Erdwärmekollektoren) zur Verfügung stehen. Vorrangig sind hier neu zu erschließende oder bereits erschlossene Wohngebiete mit ausreichender Grundstücksfläche geeignet.<sup>42</sup> Die Erdkollektorfläche sollte etwa die 1,5 bis 2-fache Größe der zu beheizenden Wohnfläche aufweisen.<sup>43</sup> Für ein Niedrigenergiehaus mit 180 m<sup>2</sup> Wohnfläche müssten also etwa 360 m<sup>2</sup> Rohrschlangen verlegt werden. Die Einbautiefe für die Rohrschlangen beträgt ca. 1,50 m. Die Kollektoren müssen für etwaige Reparaturen zugänglich bleiben und dürfen nicht überbaut werden. Da die Wärmequelle im Wesentlichen aus gespeicherter Solarstrahlung stammt, sollte die Erdoberfläche möglichst frei von Verschattung durch Sträucher, Bäume oder angrenzende Gebäude sein.<sup>44</sup> In der Regel sind Kollektoren nicht genehmigungs-, sondern lediglich anzeigepflichtig.<sup>45</sup>

Die nachfolgende Grafik zeigt die potenzielle Eignung der Böden für die Nutzung von Erdwärmekollektoren anhand der spezifischen Wärmeleitfähigkeit. Je höher die Leitfähigkeit, desto mehr Wärmeenergie kann der Boden aufnehmen, speichern und potenziell für den Betrieb von Wärmepumpen abgeben.

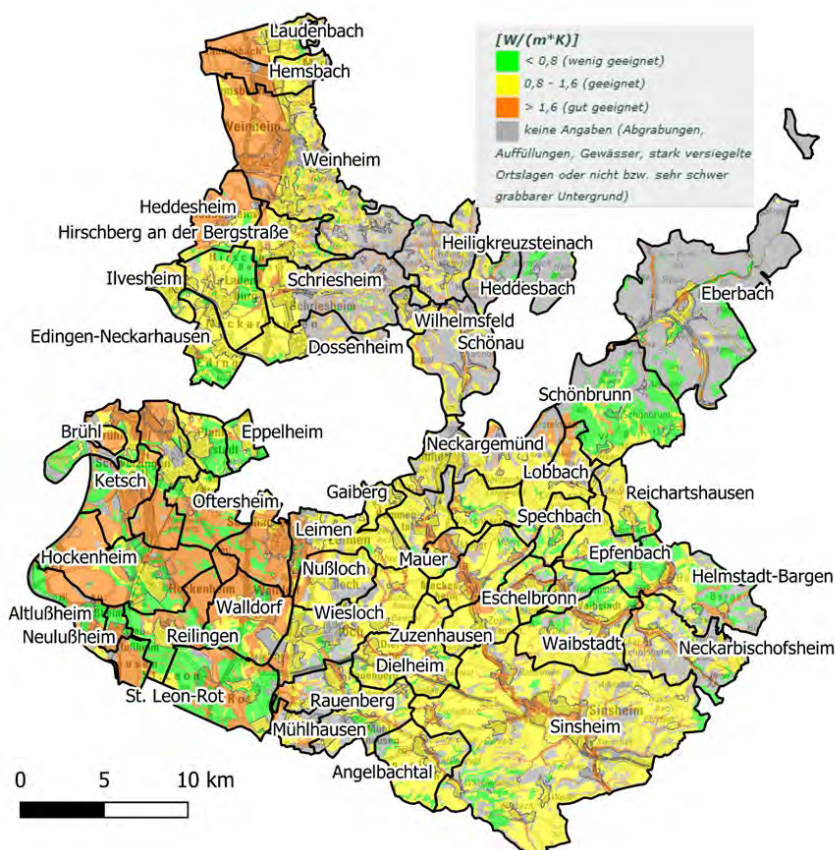


Abbildung 4-2: Eignung von Böden für die Nutzung von Erdwärmekollektoren<sup>46</sup>

<sup>42</sup> Vgl. Burkhardt, Kraus (2006): Projektierung von Warmwasserheizungen, S. 69

<sup>43</sup> Vgl. Wesselak, Schabbach (2009): Regenerative Energietechnik, S. 308

<sup>44</sup> Vgl. Burkhardt, Kraus (2006): Projektierung von Warmwasserheizungen, S. 69

<sup>45</sup> Vgl. Bundesverband Wärmepumpe e. V. (2021): Erdwärme (Zugriff: 10.03.2022)

<sup>46</sup> Eigene Darstellung unter Nutzung des WMS-Dienstes des LGRB, <https://isong.lgrb-bw.de/>.

Die Böden sind dann besonders gut geeignet, wenn eine hohe Wärmeleitfähigkeit in den ersten Metern des Erdreichs zu erwarten ist. Ungeeignet sind flachgründige Böden, bei denen nah unter der Geländeoberfläche Gestein oder Schutt ansteht.

Die Auswertung im GIS zeigt, dass die meisten Siedlungsgebiete für die Installation von Erdwärmekollektoren (gut) geeignet sind. Auch hier gilt, dass es sich lediglich um erste Hinweise zur grundsätzlichen Eignung handelt, die im Einzelfall eine sorgfältige Prüfung nach sich ziehen sollte. Wesentliche Restriktion bleibt darüber hinaus das ausreichende Platzangebot für die Verlegung der Kollektoren am Standort.

### **4.2.3 Ergebnisse Tiefe Geothermie**

Als Tiefengeothermie wird die Erdwärmennutzung aus einem Bereich unterhalb von 400 Metern der Erdoberfläche bezeichnet. Grundsätzlich ist das Wärmepotenzial aus tiefen Erdschichten unbegrenzt vorhanden. Eine nachhaltige Erschließung ist jedoch nur unter bestimmten Rahmenbedingungen möglich. Eine erschöpfende Potenzialerhebung zur Ermittlung der Tiefengeothermiepotenziale kann nicht Bestandteil dieser Potenzialerhebung sein. Dazu bedarf es geologischer Untersuchungen bzw. einer umfassenden Auswertung vorhandener Daten. Der Landkreis liegt geologisch im Oberrheingraben, wo durch tektonische Aktivitäten überdurchschnittliche Temperaturgradienten im Untergrund vorliegen. Von daher ist ein großes Potenzial für die Nutzung der Tiefengeothermie zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung zu erwarten.

Im Westen des Landkreises sind in 3.000 m Tiefe Temperaturen von 100 - 150 °C zu erwarten, welche sich für die direkte Nutzung für Heizenergie, z. B. in Fernwärmenetzen, eignen. Dies geht aus Daten des EU-Projektes GeORG hervor, in welchem die geothermischen Potenziale des Oberrheingrabens kartiert wurden.<sup>47</sup> Auch die Stromerzeugung via Turbinen ist mit diesem Temperaturniveau möglich.

---

<sup>47</sup> Vgl. EU-Projekt GeORG (o. J.): Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben (Zugriff: 17.12.2021)



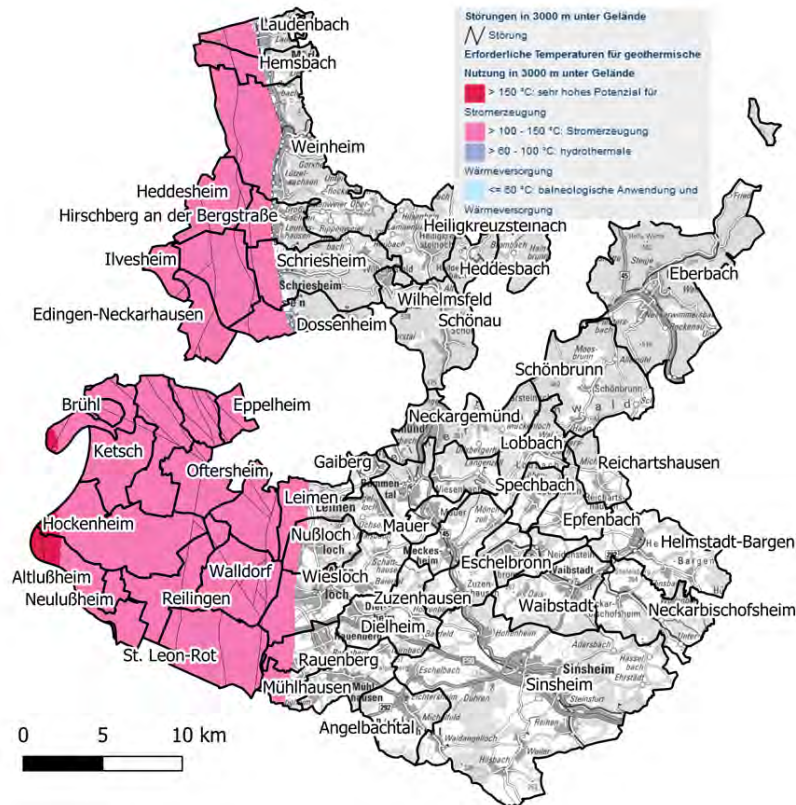


Abbildung 4-3: Tiefengeothermiepotenzial anhand Temperaturzonen in 3.000 m Tiefe<sup>48</sup>

Diese geologische Besonderheit stellt eine große Chance für den Landkreis dar, weil mit wenigen Heiz(kraft)werken eine Vielzahl an Gebäuden bzw. ganze Gemeinden mit Heizenergie versorgt werden können. Die übrige, größere Fläche des Landkreises liegt außerhalb des Projektgebietes von GeORG, weshalb für dort keine Daten zur Verfügung stehen. Da die Untergrundtemperaturen jedoch vom Oberrheingraben ausgehend in östlicher Richtung abnehmen, ist davon auszugehen, dass dort keine attraktiven Bedingungen für die Nutzung der Tiefengeothermie vorherrschen.

### Projekt GeoHardt

Im Rahmen der Akteursbeteiligung wurde Kontakt zur GeoHardt GmbH aufgenommen, einem Gemeinschaftsprojekt der Energie Baden-Württemberg AG (EnBW) und der MVV Energie AG. GeoHardt prüft derzeit mit einer gültigen Aufsuchungserlaubnis für das Gebiet „Hardt“ Standorte für zwei bis drei Geothermie-Heizwerke in der Region.<sup>49</sup> Geplant ist die Gewinnung von Heizenergie für das Fernwärmenetz Mannheim in der Größenordnung von rund 100 MW<sub>th</sub>. Davon würden auch Kommunen im RNK profitieren, die an dieses Fernwärmenetz angeschlossen sind, bspw. Schwetzingen, Brühl und Ketsch. Ein geeigneter Anlagenstandort könnte auch auf dem Gebiet des RNK gefunden werden. Der Zeitplan sieht vor, dass die Standortfindung bis Ende 2022 andauert und im Anschluss die Planungs-, Genehmigungs-

<sup>48</sup> Eigene Darstellung unter Nutzung des WMS-Dienstes des LGRB, EU-Projekt GeORG <http://maps.geopotenziale.eu>.

<sup>49</sup> Vgl. <https://www.geothermie-hardt.de/>

und Bauphase bis 2024 folgt. Bis 2025 soll dann die Einspeisung in das Mannheimer Fernwärmenetz beginnen.<sup>50 51</sup>

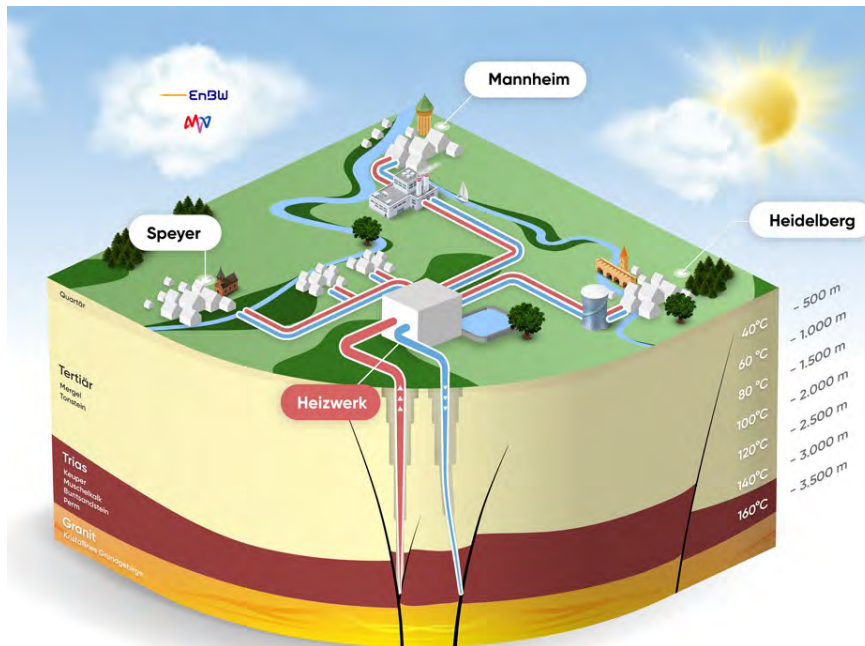


Abbildung 4-4: Projekt GeoHardt<sup>52</sup>

Etwaige weitere Projekte zur Nutzung der Tiefengeothermie sind bis auf Weiteres nur außerhalb der aktuell gültigen Aufsuchungserlaubnis von GeoHardt möglich und bedürfen einer erneuten Vorlaufzeit von mindestens fünf Jahren.

### Aufsuchungserlaubnis Mannheim

Ein weiteres Erlaubnisfeld „Mannheim“ wird von der Vulcan Energie Ressourcen GmbH untersucht, welches ebenfalls zu Anteilen im RNK liegt. Vulcan plant die Errichtung eines Heizkraftwerks, welches ebenfalls aus Tiefengeothermie gespeist wird. Vulcan und die MVV haben eine Kooperationsvereinbarung zur Wärmeabnahme geschlossen, sodass auch aus dieser Anlage Geothermie in das Mannheimer Fernwärmenetz eingespeist werden könnte und den angeschlossenen Kommunen des RNK zugutekäme. „Die Wärme soll aus einem Geothermieheizwerk kommen, das Vulcan in der Nähe Mannheims errichten wird. Im weiteren Verlauf will Vulcan dort auch CO<sub>2</sub>-freies Lithium für die Batterieindustrie in Deutschland und in Europa fördern. Mannheim ist dabei eine von mehreren Gemeinden in der Region, die Vulcan mit erneuerbarer Wärme versorgen wird.“<sup>53</sup>

<sup>50</sup> Vgl. GeoHardt (2021): Geothermieprojekt Hardt (Zugriff: 17.12.2021)

<sup>51</sup> Akteursgespräch mit M. Wolf (MVV Umwelt), am 03.11.2021

<sup>52</sup> GeoHardt (2021): Geothermieprojekt Hardt (Zugriff: 17.12.2021)

<sup>53</sup> MVV Energie GmbH (2022): MVV und Vulcan Energie kooperieren (Zugriff: 19.05.2022)

#### 4.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Durch die Lage im Oberrheingraben ist das Potenzial für die Tiefengeothermie als hoch einzuschätzen. Für das Projekt GeoHardt besteht derzeit eine Aufsuchungserlaubnis, welche bis 2025 zu einer konkreten Tiefengeothermie-Anlage führen soll.

Die Potenzialanalyse für die oberflächennahe Geothermienutzung zeigt, dass große Bereiche der Siedlungsflächen für die Installation von Erdwärmesonden geeignet sind. Für Erdwärmekollektoren bieten die Untergrundverhältnisse ebenfalls gute Voraussetzungen. Des Weiteren ist zu beachten, dass zur Gebäudeheizung Hilfsenergie (z. B. Elektroenergie) für die Temperaturerhebung benötigt wird. Der Strombedarf fällt aber deutlich geringer aus als bei Luft-Wärmepumpen, welche mit dem weitaus geringeren Temperaturniveau der Außenluft („Umweltwärme“) operieren. Der Kauf von Erdwärmepumpen wird über das sog. „Bundesprogramm für effiziente Gebäude - BEG“ der Bundesregierung finanziell gefördert.<sup>54</sup> Viele Energieversorgungsunternehmen bieten darüber hinaus einen vergünstigten Stromtarif für den Betrieb von Wärmepumpen an.<sup>55</sup>

Die wesentlichen Prüfkriterien für einen sinnvollen Einsatz von Erdwärmepumpen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Niedrige Systemtemperaturen des Heizungssystems (< 60 °C)
2. Relativ häufige und regelmäßige Nutzung/Beheizung
3. Keine hydrogeologischen Ausschlusskriterien am Standort (vgl. Karten)
4. Ausreichend Platzangebot für die Bohrung(en) oder Verlegung der Kollektoren

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie via Wärmepumpen kann einen bedeutenden und klimafreundlichen Beitrag für die künftige Wärmeversorgung im Landkreis darstellen.

Die Erkenntnisse bzw. Einschränkungen aus der Potenzialanalyse sind im Szenario für die künftige Gebäudeheizung berücksichtigt (vgl. Kapitel 6).

<sup>54</sup> Vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2022a): Bundesförderung für effiziente Gebäude (Zugriff: 11.03.2022)

<sup>55</sup> Vgl. Verivox (2022): Wärmepumpenstrom (Zugriff: 11.03.2022)

## 4.3 Solarpotenziale

Mit Sonnenenergie lässt sich mittels Photovoltaikanlagen die Erzeugung von Strom bzw. mittels Solarthermieranlagen die Erzeugung von Wärme realisieren. Entweder mit auf Dachflächen montierten Anlagen oder durch Freiflächenanlagen. Anhand der vorliegenden Analysen werden Aussagen dazu getroffen, wie viel Strom und Wärme innerhalb des Rhein-Neckar-Kreises photovoltaisch bzw. solarthermisch erzeugt werden kann und welcher Anteil des Gesamtstromverbrauchs bzw. -wärmeverbrauchs gedeckt werden könnte.

### 4.3.1 Rahmenbedingungen

Im Rahmen dieser Betrachtung wird zunächst das Potenzial auf Dachflächen innerhalb des Rhein-Neckar-Kreises durch die Installation von Solarthermie (ST) und Photovoltaik (PV) bestimmt. Unter Berücksichtigung der aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen erfolgt eine Betrachtung der PV-Potenziale auf Freiflächen, die sich über die Standortkriterien des EEG entlang von Autobahnen und Schienenwegen (Seitenrandstreifen), Konversionsflächen (bspw. ehemals Tagebau, Abfalldéponie) sowie landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete (ausgewiesene Flächenkulisse Ackerland, Grünland) erstreckt.

Für die innovativen Ansätze Floating-PV<sup>56</sup> und Agri-PV<sup>57</sup> (außerhalb der bereits benannten Flächenkulisse) wurde keine Quantifizierung der Potenziale innerhalb des Landkreises vorgenommen, da sich eine Eingrenzung geeigneter Standorte auf Basis der gewählten Methodik, nicht abbilden lässt und es sinnvoll ist die Doppelnutzung im Einzelfall mit der bisherigen Bewirtschaftung abzustimmen.

Bei der Erschließung der im Folgenden ausgewiesenen Potenziale, ist es jedoch wahrscheinlich, dass innerhalb der Flächenkulisse auch Agri-PV Anlagen errichtet werden. Eine weitere Flächeninanspruchnahme hängt somit auch vom generellen Ausbau der Potenzialflächen ab.

Weitere zusätzliche PV-Potenziale können durch die Errichtung von PV-Carports oder die Kombination von Lärmschutzwänden und PV erschlossen werden. Eine quantitative Ermittlung des Potenzials kann an dieser Stelle nicht erfolgen. Als prädestinierte Standorte sind hierfür die vorhandenen Parkflächen öffentlicher Liegenschaften, größerer Unternehmen sowie Einkaufszentren zu nennen.<sup>58</sup> Darüber hinaus bestehen aus technischer Sicht auch im Einzelfall weitere Möglichkeiten, z. B. durch Fassaden- oder integrierte Photovoltaik, das nachfolgend ausgewiesene Potenzial innerhalb des Landkreises zusätzlich zu erhöhen.

Zur Diskussion der (Zwischen-)Ergebnisse wurden Gespräche geführt mit dem Wasserrechtsamt (Landratsamt RNK: Amtsleiterin Fr. Margarete Schuh, Hr. Jan Zahoransky und Hr. Dr.-

---

<sup>56</sup> Schwimmende PV-Anlagen.

<sup>57</sup> Verfahren zur gleichzeitigen Nutzung von Flächen für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion und die PV-Stromproduktion.

<sup>58</sup> Anm: Seit dem 1. Januar 2022 muss jeder in Baden-Württemberg neu errichtete Parkplatz mit mehr als 35 Stellplätzen mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet sein.

Ing. Markus Schuster) am 23.11.2021 sowie mit Hr. Axel Finger vom Verband Region Rhein-Neckar am 12. Januar 2022. Thematisiert wurden hierbei insbesondere erweiterte Standortkriterien für die PV-Freiflächenanlagen (Trinkwasser- bzw. Naturschutzgebiete oder auf Konversionsstandorten wie bspw. Kiesgruben) sowie grundsätzliche Möglichkeiten für die Errichtung von Floating-PV.

Darüber hinaus wurde im Rahmen eines Termins zu landwirtschaftlicher Fragestellung mit Hr. Jörg Sitzler (Landratsamt RNK: Referatsleiter Agrarstruktur und Landschaftsentwicklung) und Fr. Nicole Groß (Landratsamt RNK: Leiterin Amt für Landwirtschaft und Naturschutz) das qualitative Potenzial der Agri-PV im Landkreis angesprochen.

### 4.3.2 Grundlagen zur Ermittlung der Potenziale

Die Datengrundlage zur Ermittlung der Solarpotenziale auf Dachflächen stellen die Daten des Energieatlas Baden-Württemberg dar, die in tabellarischer Form vom Land bereitgestellt werden.<sup>59</sup> Dabei wurden für die jeweiligen Ergebnisse der einzelnen Gemeinden und Städte innerhalb des Rhein-Neckar-Kreises, die zum Zeitpunkt der Analyse über den erweiterten Daten- und Kartendienst des Energieatlas verfügbar waren, ausgewertet und weiterverarbeitet.

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen (u. a. Gebäudeart, mögliche geeignete Modulfläche und Eignungsklasse) wird im Rahmen dieser Potenzialanalyse ein Belegungsszenario bestimmt, das eine gleichzeitige Betrachtung von Solarthermie und Photovoltaik vorsieht. Die an dieser Stelle ausgewiesenen Gesamtpotenziale zum Ausbau von Solarthermie und Photovoltaik resultieren aus einer kennwertbasierten Berechnungsmethode, unter Berücksichtigung des zugrundeliegenden Belegungsszenarios (Anteil Solarthermie in Abhängigkeit des typischen Wärmebedarfs einzelner Gebäudearten).

Tabelle 4-5: Anlagenertrag je Eignungsklasse

Berücksichtigter Anlagenertrag je Eignungsklasse		
Eignungsklasse	Solarthermie	Photovoltaik
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/kW <sub>p</sub>
sehr gut	400	950
gut	375	900
bedingt	350	850
vor Ort zu prüfen	0	0

Parallel zur Bearbeitung innerhalb der Potenzialanalyse wurde die Grundlage des Solarpotenzials im Energieatlas von Seiten des Landes aktualisiert. Zum fortgeschrittenen Zeitpunkt der

<sup>59</sup> Vgl. Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (2022a): Dachflächen (Zugriff: 14.02.2022)

Projektbearbeitung wurde die neuere Darstellung des Solardachkatasters in die hier vorliegenden Berechnungen integriert, mit dem Verweis, dass sich die Aktualisierung im Erweiterten Daten- und Kartendienstes des Energieatlas weiterhin im Umbau befindet. Die aggregierten Ergebnisse im Rahmen dieser Analyse basieren daher noch auf der bis dato zur Verfügung stehenden Grundlage. Hintergründe zu den Berechnungsgrundlagen sind den Erläuterungen des Energieatlas zu entnehmen.<sup>60</sup>

Folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt des aktualisierten Kartenausschnitts mit erweitertem Funktionsumfang. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass nun unter anderem auch Anlagenleistung und Erträge jedes Gebäudes ausgewiesen werden und die Möglichkeit einer detaillierteren Wirtschaftlichkeitsbetrachtung besteht.

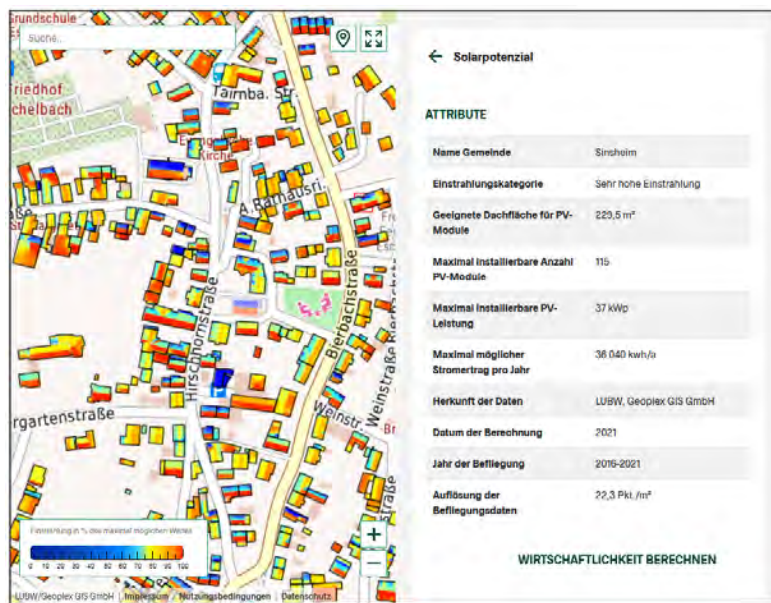


Abbildung 4-5: Solardachkataster<sup>61</sup>

Da die Befliegung des Landes, bei der neue Laserscandaten gewonnen werden, die den Modellrechnungen zugrunde liegen, noch nicht abgeschlossen sind, wird das Solardachkataster sukzessive um neue Berechnungen ergänzt.<sup>62</sup> Laut Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft ist davon auszugehen, dass bis 2024 das Modell für ganz Baden-Württemberg auf neuen Daten beruht. Aufgrund der unterschiedlichen Aktualitäten der jeweiligen Datengrundlagen sowie methodischer Unterschiede, können im Einzelfall Differenzen bezüglich der jeweils resultierenden Maximalpotenziale auftreten, die sich insgesamt jedoch nur unwesentlich auf das Gesamtpotenzial innerhalb des Landkreises auswirken.

Die Ermittlung des PV-Freiflächenpotenzials basiert ebenfalls auf den Grundlagen der Analyse des Energieatlas. Aufgrund einer Erweiterung der Förderkulisse durch das EEG 2021, die im

<sup>60</sup> Vgl. Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (2022b): Daten- und Berechnungsgrundlagen (Zugriff: 14.02.2022)

<sup>61</sup> Vgl. Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (2022c): Solarpotenzial auf Dachflächen (Zugriff: 14.02.2022)

<sup>62</sup> Vgl. Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (2021): Hintergrundinformationen (Zugriff: 14.02.2022)

Rahmen der verfügbaren Datengrundlage noch nicht berücksichtigt ist, wird an dieser Stelle eine Analyse mithilfe von Geobasisdaten vorgenommen, die sich an den sonst gleichen Rahmenbedingungen orientiert.

### 4.3.3 Ergebnisse Photovoltaikpotenziale auf Dachflächen

Unter Berücksichtigung des zuvor genannten Belegungsszenarios, das die gleichzeitige Betrachtung von Solarthermie und Photovoltaik vorsieht, konnte im Rahmen diese Analyse folgendes Ausbaupotenzial ermittelt werden. Würden alle ermittelten Dachflächen für die solar-energetische Nutzung genutzt werden, könnten unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden Annahmen etwa 1.607 MW<sub>p</sub> Leistung zusätzlich installiert und jährlich ca. 1.472.000 MWh Strom produziert werden.

Tabelle 4-6: Ausbaupotenzial Photovoltaik (Dachflächen)

Photovoltaik		
Potenzial	Installierbare Leistung [MW <sub>p</sub> ] <sup>1</sup>	Stromerträge [MWh/a] <sup>2</sup>
Gesamtpotenzial	1.852	1.692.000
Wohngebäude	933	848.000
GHD und Industrie	710	653.000
Öffentliche Gebäude	121	111.000
Sonstige (Garagen, Scheunen)	88	80.000
<i>Bestand</i> <sup>3</sup>	245	220.000
<b>Ausbaupotenzial</b>	<b>1.607</b>	<b>1.472.000</b>

1) Kristalline Module: 6 m<sup>2</sup> / kW<sub>p</sub>

2) Jährlicher Stromertrag nach Eignungsklasse (850-950 kWh/kW<sub>p</sub>)  
Bestandsanlagen (900 kWh/kW<sub>p</sub>)

3) Marktstammdatenregister / MaStR (Stand Dez. 21)

Auf Basis eines aktuellen Auszugs aus dem Marktstammdatenregister sowie den Angaben der LUBW zu Bestandsanlagen wurde eine bereits installierte Anlagenleistung von 245 MW<sub>p</sub> ermittelt. Das bisher genutzte Potenzial im Bereich Photovoltaik auf Dachflächen beträgt damit insgesamt 13 %. Würde das gesamte Potenzial in Umsetzung gebracht, könnte der PV-Anteil am gegenwärtigen gesamten Stromverbrauch des Betrachtungsraumes bereits bei 67 % liegen.

#### 4.3.4 Ergebnisse Solarthermiepotenziale auf Dachflächen

Parallel dazu wurde das Potenzial an ST auf Dachflächen untersucht. Unter Berücksichtigung der bereits zuvor genannten Herangehensweise könnten insgesamt durch ca. 1.057.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche jährlich rund 405.000 MWh Wärmeenergie produziert werden, was einem Heizöläquivalent von etwa 40,5 Mio. Liter entspricht.

Tabelle 4-7: Ausbaupotenzial Solarthermie (Dachflächen)

Solarthermie		
Potenzial	Kollektorfläche [m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	Wärmeerträge [MWh/a] <sup>2</sup>
Gesamtpotenzial	1.133.000	432.000
Wohngebäude	1.017.000	387.000
GHD und Industrie	56.000	21.000
Öffentliche Gebäude	61.000	23.000
Sonstige (Garagen, Scheunen)	0	0
<i>Bestand</i> <sup>3</sup>	76.000	27.000
<b>Ausbaupotenzial</b>	<b>1.057.000</b>	<b>405.000</b>

1) (Vakuum-) Röhrenkollektoren

2) Jährlicher Wärmeertrag nach Eignungsklasse (350-400 kWh/m<sup>2</sup>)  
Bestandsanlagen (350 kWh/kWp)

3) Angaben BAFA / Solaratlas (Stand 2020)

Das bereits genutzte Potenzial ist im Bereich Solarthermie mit rund 7 % wesentlich geringer als im Bereich Photovoltaik. Würde das gesamte Potenzial in Umsetzung gebracht, könnte der ST-Anteil am gesamten gegenwärtigen Wärmeverbrauch des Betrachtungsraumes bei rund 6 % liegen.

#### 4.3.5 Ergebnisse Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Die Erhebung der Photovoltaik-Freiflächenanlagen-Potenziale stützt sich zunächst auf die Ergebnisse des Erweiterten Karten- und Datenangebots des Energieatlas der LUBW.<sup>63</sup> Im Rahmen dieser Analyse werden potenziell geeignete Flächen, der in Tabelle 4-8 aufgeführten Kategorien, berücksichtigt. Die gesetzliche Grundlage dieser Eingrenzung stellt das EEG 2021 dar, eine mögliche Erweiterung, die aus politischen Diskussionen hervorgeht, wird somit nicht berücksichtigt.

<sup>63</sup> Vgl. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022d): GIS für Naturschutzbeauftragte (Zugriff: 07.02.2022)



Tabelle 4-8: Potenziell geeignete Flächen (PV-FFA)

Potenziell geeignete Flächen	
Kategorie	Bezeichnung
Benachteiligte Gebiete	Ackerland
Benachteiligte Gebiete	Grünland
Seitenrandstreifen	200 m Korridor entlang von Autobahnen (EEG 2021)
Seitenrandstreifen	200 m Korridor entlang von Bahnstrecken (EEG 2021)
Bestehende Konversionsflächen	Abfalldeponien
Bestehende Konversionsflächen	Tagebau, Grube, Steinbruch
Bestehende Konversionsflächen	Truppenübungsplätze

Für die Kategorien „Bestehende Konversionsflächen“ und „Benachteiligte Gebiete“ wurden die über den Energieatlas verfügbaren Flächeninformationen, in Form von Geodaten, ausgewertet. Die berücksichtigten Konversionsstandorte innerhalb des Landkreises stellen dabei eine ehemalige Abfalldeponie sowie eine stillgelegte Tagebaustätte dar. Aufbauend auf den zur Verfügung stehenden Datengrundlagen, erfolgt die Ermittlung von installierbarer Leistung und potenziellen Stromerträgen auf Basis von Kennwerten.<sup>64</sup>

Aufgrund der Erweiterung der förderfähigen Flächenkulisse im Rahmen des EEG 2021 durch die Erhöhung des nutzbaren Korridors entlang von Autobahnen und Schienenwegen (Seitenrandstreifen) von zuvor maximal 110 m auf 200 m wird an dieser Stelle eine Aktualisierung der Potenzialflächen vorgenommen.<sup>65</sup> Im Rahmen einer geodatenbasierten Analyse wird die ausgeweitete Flächenkulisse in Orientierung an die Datengrundlage des Energieatlas mit ansonsten gleichen Restriktionen (Geobasisdaten und Geodaten des Umweltinformationssystems) durchgeführt. Darüber hinaus werden auch bestehende und geplante Flächenkategorien aus digitalisierten Flächennutzungsplänen berücksichtigt.<sup>66</sup> Dazu werden zunächst vom Landkreis bereitgestellte Geobasisdaten aus dem „Amtlichen Liegenschaftskataster Informationssystem (ALKIS)“ sowie des „Amtlich topographisch-kartographischen Informationssystem (ATKIS)“ aufbereitet und in harte bzw. weiche Restriktionskriterien unterteilt. Tabelle 4-9 umfasst zunächst die harten Restriktionskriterien sowie den unter Umständen über die Flächenausdehnung hinausgehenden zusätzlich berücksichtigten Abstand.

<sup>64</sup> Vgl. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022d): GIS für Naturschutzbeauftragte (Zugriff: 07.02.2022)

<sup>65</sup> Aktualisierung: Im mittlerweile verabschiedeten Entwurf des EEG 2022 wurde erneut eine Vergrößerung der Flächenkulisse auf bis zu 500 m entlang der Seitenrandstreifen von Autobahnen und Schienenwegen beschlossen. Dies führt wiederum zu einer wesentlichen Erhöhung der nutzbaren Flächenkulisse.

<sup>66</sup> Datengrundlage: Regierungspräsidium Karlsruhe, bereitgestellt durch Rhein-Neckar-Kreis.

Tabelle 4-9: Harte Restriktionskriterien (PV-FFA)

Harte Restriktionskriterien		
Kategorie	Bezeichnung	Zusätzlicher Abstandspuffer
Siedlungsflächen	Ortslage	-
Siedlungsflächen	Gebäude	10 m
Siedlungsflächen	Weitere Siedlungsflächen	-
Straßen	Bundesautobahnen	40 m
Straßen	Weitere Straßen	20 m
Straßen	Wege	2 m
Schienenstrecken	Bahnstrecken	15 m
Schienenstrecken	Bahnverkehrsanlagen	-
Flughäfen und Flugplätze	Flächen für Flugverkehr	-
Gewässer	Fließgewässer	10 m
Gewässer	Weitere Fließgewässer	10 m
Gewässer	Stehende Gewässer	10 m
Wald- und Forstflächen	Wald	10 m
Wald- und Forstflächen	Gehölz	10 m
Naturschutzgebiete	Naturschutzgebiete	-
Nationalpark	Nationalpark	-
Biosphärengebiete	Kernzonen	-
Biotop	Biotop	-
Überschwemmungsgebiete	Überflutungsflächen HQ100	-
Naturdenkmale	Flächenhafte Naturdenkmale	-
Wasserschutzgebietszonen	Zone I	-

Über diese Flächenkulisse hinaus, erfolgt auch eine Berücksichtigung bereits vektorisierter Flächennutzungspläne, sodass zusätzlich auch bestehende und geplante

- Wohnbauflächen,
- Gemeinbedarfsflächen,
- gemischte Bauflächen,
- gewerbliche Bauflächen sowie Sonderbauflächen

als Ausschlussflächen für PV-FFA betrachtet werden. Die in Tabelle 4-10 aufgeführten weichen Restriktionskriterien stellen besondere Prüfkriterien dar, die im Rahmen einer möglichen Umsetzung zu berücksichtigen sind. Daher erfolgt an dieser Stelle zunächst kein Ausschluss betroffener Standorte.

Tabelle 4-10: Weiche Restriktionskriterien (PV-FFA)

Weiche Restriktionskriterien		
Kategorie	Bezeichnung	Zusätzlicher Abstandspuffer
Biotopverbund	Trockene, feuchte und mittlere Standorte	-
Natura 2000-Gebiete	Fauna-Flora-Habitat (FFH)	-
Natura 2000-Gebiete	Special Protected Areas (SPA)	-
Landschaftsschutzgebiete	Landschaftsschutzgebiete	-
Biosphärengebiete	Entwicklungszonen	-
Biosphärengebiete	Pflegezonen	-
Wasserschutzgebietszonen	Zone II	-
Biotopverbund	Generalwildwegeplan	-

Da sich das Vorgehen der aktualisierten Potenzialanalyse an der Grundlage des Energieatlas orientiert, können Informationen und Hintergründe der Beschreibung auf den Themenseiten des Energieatlas, unter Berücksichtigung des hier näher erläuterten Ansatzes zur Aktualisierung, entnommen werden.<sup>67</sup>

Werden obenstehende Kriterien angewandt, ergeben sich hieraus nachstehende Potenzialflächen, auf denen PV-Freiflächenanlagen errichtet werden können.

<sup>67</sup> Vgl. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (o. J.): Potenzialanalyse (Zugriff: 07.02.2022)

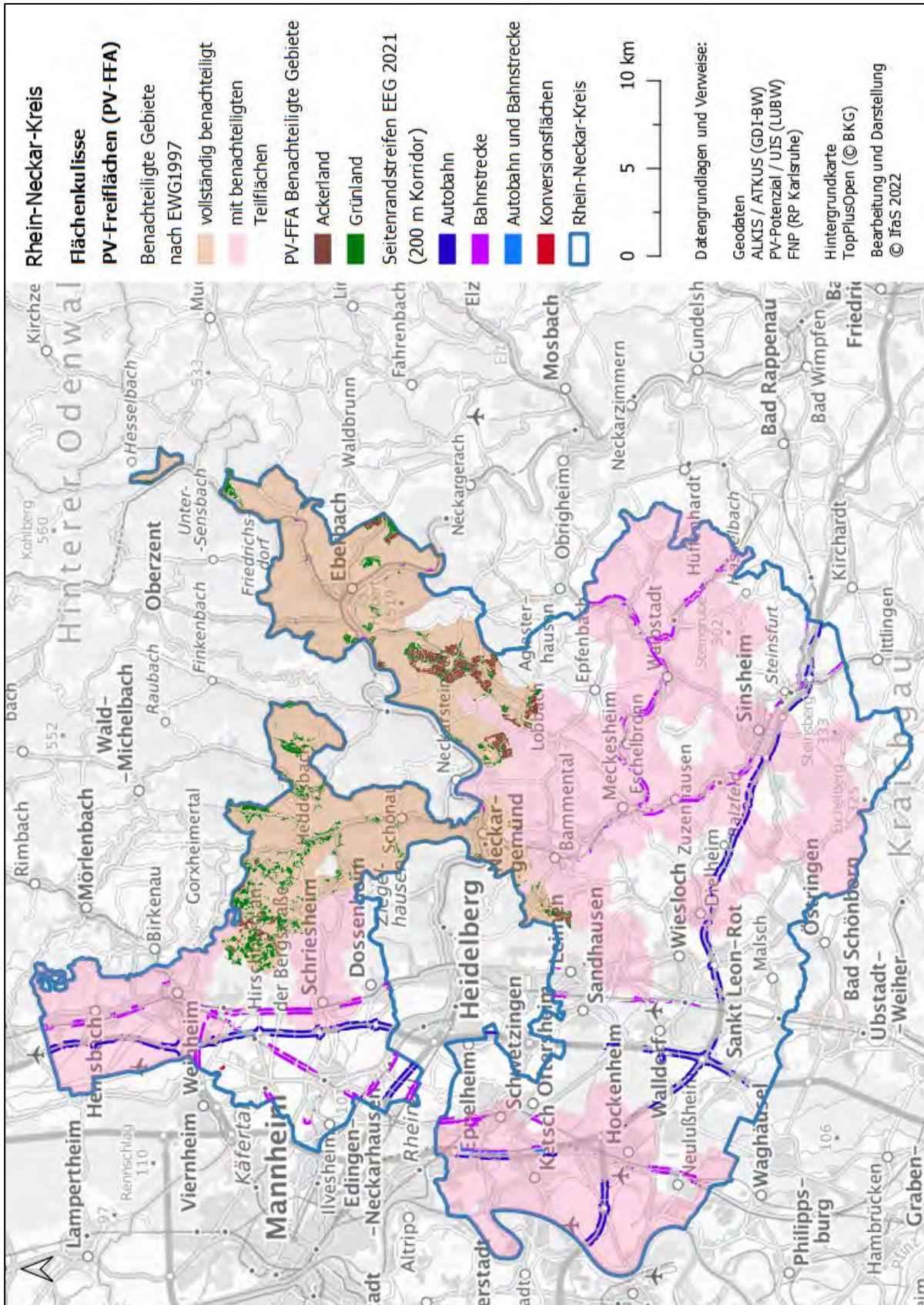


Abbildung 4-6: Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen

Das ermittelte Ausbaupotenzial innerhalb des Rhein-Neckar-Kreises beläuft sich insgesamt auf eine Flächenkulisse von 4.876 ha. Unter der Annahme dass im Mittel etwa 12 m<sup>2</sup> notwendig sind, um eine Leistung von einem Kilowattpeak zu installieren, ergibt sich eine installierbare Leistung von 4.064 kW<sub>p</sub>. Die jährlichen Stromerträge belaufen sich dabei auf 3.860.000 MWh/a. Das ermittelte Gesamtpotenzial gliedert sich wie folgt auf:

Tabelle 4-11: Ausbaupotenzial Photovoltaik (Freiflächen)

Photovoltaik auf Freiflächen			
Standort / Flächenkulisse	Flächenkulisse [ha]	Installierbare Leistung [MW <sub>p</sub> ] <sup>1</sup>	Stromerträge [MWh/a] <sup>2</sup>
Autobahn	1.228	1.023	972.000
Bahnstrecke	1.278	1.065	1.012.000
Autobahn und Bahnstrecke	58	48	46.000
Benachteiligte Gebiete	2.300	1.916	1.821.000
Konversion	12	10	9.000
<b>Ausbaupotenzial</b>	<b>4.876</b>	<b>4.064</b>	<b>3.860.000</b>
Bestehende PV-FFA <sup>3</sup>	32	21	23.000
<b>Gesamtpotenzial</b>	<b>4.908</b>	<b>4.085</b>	<b>3.883.000</b>

1) Durchschnittlicher Flächenbedarf: 12 m<sup>2</sup> / kW<sub>p</sub>

2) Durchschnittlicher jährlicher Stromertrag: 950 kWh/kW<sub>p</sub>

3) Auswertung Marktstammdatenregister (MaStR) sowie Angaben LUBW

Würde die gesamte Flächenkulisse erschlossen, könnten PV-Freiflächenanlagen insgesamt 151 % des gegenwärtigen gesamten Stromverbrauchs des Rhein-Neckar-Kreises decken. Hervorzuheben ist der aktuell sehr geringe Anlagenbestand, der lediglich bei 0,5 % des Gesamtpotenzials liegt.

### 4.3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die nachstehende Tabelle fasst die Solarpotenziale des Rhein-Neckar-Kreises zusammen.

Tabelle 4-12: Zusammenfassung der Solarpotenziale im Rhein-Neckar-Kreis

Zusammenfassung Solarpotenziale		
Potenzial	Stromerträge [MWh/a]	Wärmeerträge [MWh/a]
Photovoltaik - Dachflächen	1.692.000	-
<i>davon Bestand</i>	<i>220.000</i>	-
Photovoltaik - Freiflächen	3.883.000	-
<i>davon Bestand</i>	<i>23.000</i>	-
Solarthermie - Dachflächen	-	432.000
<i>davon Bestand</i>	-	<i>27.000</i>
<b>Ausbaupotenzial</b>	<b>5.818.000</b>	<b>459.000</b>

Das Ergebnis zeigt auf, dass ein Großteil der Potenziale noch nicht umgesetzt wurde. Mit dem gesamten ermittelten Potenzial lassen sich mehr als das Doppelte des in der Ist-Analyse erfassten Strombedarfs (2,5 Mio. MWh Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2017) und 7 % des Wärmebedarfs (6,2 Mio. MWh Gesamtwärmeverbrauch im Bilanzjahr 2017) decken. Von besonderer Bedeutung ist die Erschließung der Dachflächenpotenziale, da hier i. d. R. keine Flächenneuanspruchnahme erfolgt.

Das Landesrecht sieht in einer Verordnung des Umweltministeriums die Pflicht zur Installation einer Photovoltaikanlage im Rahmen eines Baugenehmigungsverfahrens für neue Wohngebäude vor. Ab Januar 2023 soll diese auch für alle grundlegenden Dachsanierungen gelten.<sup>68</sup> Über das ermittelte Potenzial hinaus können zudem weitere umsetzungsfähige Potenziale innerhalb sowie außerhalb der EEG-Förderkriterien entwickelt werden. Maßgeblich für PV-Freiflächenanlagen, die nach dem EEG gefördert werden, ist § 37 Abs. 3 EEG. Da die Flächenkullissen innerhalb des EEG einem stetigen Wandel unterliegen und aktuell bereits eine Öffnung weiterer Standorte diskutiert wird, sind jeweils die zum Zeitpunkt der Erschließung gültigen Rahmenbedingungen maßgeblich.

Zusätzlich erschwert wird die Umsetzung von PV-FFA auf Basis des EEG durch den notwendigen Zuschlag einer EEG-Ausschreibungsrunde der Bundesnetzagentur. Ausnahmen stellen Anlagen mit einer Leistung < 750 kW<sub>p</sub> dar, die jedoch weiteren Einschränkungen unterliegen.

<sup>68</sup> Baden-Württemberg (2022): Photovoltaik-Pflicht für alle neuen Wohngebäude ab 1. Mai (Zugriff: 01.04.2022)

## 4.4 Windkraftpotenziale

Die Nutzung der Windkraft zur Stromerzeugung ist technisch weit fortgeschritten und stellt eine besonders effektive Möglichkeit zur Ablösung fossiler Energieträger dar. Bei den nachfolgend ausgewiesenen Potenzialen sind die grundsätzlichen Ausführungen zur Definition des Potenzialbegriffs (s. Kapitel 4) zu beachten, weshalb an dieser Stelle auf diese verwiesen wird. Zur nochmaligen Verdeutlichung wird daher darauf hingewiesen, dass das Ergebnis dieser Analyse ein aus technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abgeleitetes, maximales Potenzial darstellt und somit keinen Umsetzungsplan beschreibt.

### 4.4.1 Rahmenbedingungen

#### Vorbemerkung zum gültigen Teilregionalplan Windenergie

Im Rahmen der Analyse wurde zunächst der gültige „Teilregionalplan Windenergie“<sup>69</sup> für die Metropolregion Rhein-Neckar ausgewertet, der im Ergebnis lediglich ein Vorranggebiet für Windenergienutzung innerhalb des Rhein-Neckar-Kreises ausweist. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass in der bundeslandübergreifenden Regionalplanung der Metropolregion Rhein-Neckar (Rheinland-Pfalz, Hessen und Baden-Württemberg) einheitliche Ausschluss- und Restriktionskriterien angelegt wurden, die über die in Baden-Württemberg geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen hinausgehen. Dies betrifft maßgeblich den einzuhaltenen Abstand zu Siedlungsgebieten und bspw. auch den pauschalen Ausschluss von Landschaftsschutzgebieten, denn diese stellen im Genehmigungsverfahren kein Ausschlusskriterium dar, sofern eine positive Stellungnahme der zuständigen Behörde erfolgt.

Ein Ziel der Regionalplanung ist die Steuerung der Windenergienutzung auf kommunaler Ebene, die sich künftig auch mit der Umsetzung der Landesziele konfrontiert sieht. Darauf aufbauend soll sich die kommunale Bauleitplanung an den regionalplanerischen Leitlinien orientieren, sodass zunächst die ausgewiesenen Vorrangflächen für die Windenergienutzung freizuhalten sind. Für die Errichtung weiterer Anlagenstandorte außerhalb dieser Flächenkulisse stellt der Teilregionalplan jedoch keine Ausschlusswirkung dar, sofern die Nutzung der Windkraft sich nicht widersprüchlich zu weiteren ausgewiesenen Vorrangflächen der Regionalplanung (bspw. bestehende und geplante Siedlungsflächen, FNP und B-Pläne aus dem Einheitlichen Regionalplan) verhält und das notwendige Genehmigungsverfahren positiv ausfällt. Als Annäherung werden an dieser Stelle Informationen aus bestehenden Flächennutzungsplänen berücksichtigt.

---

<sup>69</sup> Der Einheitliche Regionalplan Rhein-Neckar ist Grundlage der Raumplanung in den kommenden Jahren. Das Thema Windenergie ist dabei in einem gesonderten Teilregionalplan behandelt. Er weist die Flächen in der Region Rhein-Neckar aus, die zur Energiegewinnung aus Windkraft genutzt werden können. Der Teilregionalplan Windenergie ist ein Baustein des regionalen Energiekonzepts Rhein-Neckar.

Bei konfliktreichen Standorten können dazu positive Stellungnahmen verschiedener Behörden (u. a. Untere Naturschutzbehörde, Verband Region Rhein-Neckar) erforderlich sein.

### **Akteursgespräche**

Zur Diskussion der (Zwischen-)Ergebnisse wurden ausführliche Gespräche mit Hr. Axel Finger vom Verband Region Rhein-Neckar geführt. Hr. Finger ist beim Verband zuständig für Fragen zu Energie und Klimaschutz sowie regionalen Energiekonzepten und ist in dieser Funktion auch eng eingebunden in die Planungen zur Windkraft auf Regionalplanungsebene. Insbesondere mit einem ausführlichen Gespräch am 12. Januar 2022, aber auch dem darauffolgenden weiteren Abstimmungsprozess, konnten v. a. Fragen zu den unterschiedlichen Planungsgrundlagen in Baden-Württemberg, Kriterien, Vorranggebieten und Datengrundlagen besprochen werden.

#### **4.4.2 Ergebnisse Windenergiepotenzial**

Grundlage für die Ermittlung der Windkraftpotenziale sind an dieser Stelle die im erweiterten Daten- und Kartenangebot des Energieatlas verfügbaren Potenzialflächen, die innerhalb der Analyse weiterverarbeitet wurden.<sup>70</sup> Hintergründe zu den Grundlagen der Ursprungsdaten können der Themenseite Wind des Energieatlas entnommen werden.<sup>71</sup>

Neben den Potenzialflächen wird an dieser Stelle ebenfalls auf das tabellarisch auf Ebene des Landkreises sowie nach Städten und Gemeinden untergliederte, ausgewiesene Potenzial (Anlagenanzahl, Stromerträge) zurückgegriffen und die fehlenden Kennzahlen (Leistung, Volllaststunden) ermittelt. Da die geeignete Flächenkulisse im Rahmen der Potenzialermittlung im Vergleich zur Ausgangsanalyse leicht verringert wird (Berücksichtigung der FNP Flächen), wird anhand der resultierenden Flächenkulisse ein prozentualer Abschlag berücksichtigt.

Auf Basis der berücksichtigten Kriterien ergeben sich über Ausschluss- und Restriktionsflächen geeignete Gebiete, die sowohl außerhalb von Ausschluss-, als auch von Restriktionsflächen liegen und bedingt geeignete Gebiete, die zwar außerhalb der Ausschlussflächen, aber innerhalb der Restriktionsflächen liegen. Dabei stellt die jeweilige Restriktion zwar eine Hürde im Genehmigungsverfahren dar, ist aber von vornherein kein Ausschlusskriterium der Potenzialfläche.

Letztlich resultieren Potenzialflächen aus der Gesamtfläche des Landkreises und den im Folgenden aufgeführten Ausschluss- und Restriktionskriterien.<sup>72</sup> Zusätzlich werden Teilflächen

---

<sup>70</sup> Vgl. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (o. J.): Potenzialanalyse (Zugriff: 07.02.2022)

<sup>71</sup> Vgl. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022e): Ermittelte Windpotenzialflächen (Zugriff: 14.02.2022)

<sup>72</sup> Energieatlas Baden-Württemberg (o. J.): Kriterienkatalog Windpotenzial (Zugriff: 14.02.2022)



ausgeschlossen, die unterhalb einer gekappten mittleren Windleistungsdichte von mindestens 215 W/m<sup>2</sup> in 160 m über Grund liegen.<sup>73</sup>

Tabelle 4-13: Windenergie – Ausschlusskriterien Siedlung<sup>74</sup>

Ausschlusskriterien Siedlung		
Bedeutung	Kriterium	Zusätzlicher Abstandspuffer
Ausschluss	Krankenhäuser	1000 m
Ausschluss	Wohngebiete	700 m
Ausschluss	Mischgebiete (sowie Wohnnutzung im Außenbereich)	450 m
Ausschluss	Gewerbe- und Industriegebiete	250 m
Ausschluss	Grün- und Erholungsflächen (z.B. Friedhöfe, Kleingärten, Parkanlagen, Campingplatz, Sportplätze)	-

Tabelle 4-14: Windenergie – Ausschluss- und Restriktionskriterien Infrastruktur

Ausschluss- und Restriktionskriterien Infrastruktur		
Bedeutung	Kriterium	Zusätzlicher Abstandspuffer
Ausschluss	Bundesautobahn	100 m
Ausschluss	Bundes- und Landesstraßen	40 m
Ausschluss	Kreisstraßen	30 m
Ausschluss	Schienenstrecken sowie Betriebsanlagen der Eisenbahn	280 m
Ausschluss	Flughäfen, Verkehrslandeplätze, Segelflugplätze	1000 m
Restriktion	Flughäfen	6 km Radius und Anflugsektoren
Restriktion	Verkehrslandeplätze, Segelflugplätze	1750 m
Ausschluss	Sonderfläche Bund (z.B. Einrichtungen der Bundeswehr)	im Einzelfall
Ausschluss	Hochspannungsfreileitungen	140 m
Ausschluss	Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsobservatoriums Schiltach	5 km Radius
Restriktion	Wetterradarstationen Feldheim und Türkheim	15 km Radius
Ausschluss	Konzession/Abbaustandorte für oberflächennahe Rohstoffe	-

<sup>73</sup> Vgl. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022e): Ermittelte Windpotenzialflächen (Zugriff: 14.02.2022)

<sup>74</sup> Vgl. Energieatlas Baden-Württemberg (o. J.): Kriterienkatalog Windpotenzial (Zugriff: 14.02.2022)

Tabelle 4-15: Ausschluss- und Restriktionskriterien Freiraum

Ausschluss- und Restriktionskriterien Freiraum		
Bedeutung	Kriterium	Zusätzlicher Abstandspuffer
Ausschluss	Nationalpark	-
Restriktion	Nationalpark	200 m
Ausschluss	Naturschutzgebiete (bestehend und im Verfahren)	-
Restriktion	Naturschutzgebiete (bestehend und im Verfahren)	200 m
Ausschluss	Europäische Vogelschutzgebiete mit Vorkommen windkraftempfindlicher Arten	-
Restriktion	Europäische Vogelschutzgebiete mit Vorkommen windkraftempfindlicher Arten	700 m
Ausschluss	Auerhuhnrelevante Flächen (Kategorie 1)	-
Restriktion	Auerhuhnrelevante Flächen (Kategorie 2 und 3)	-
Ausschluss	Bann- und Schonwälder	-
Restriktion	Bann- und Schonwälder	200 m
Ausschluss	Binnen- und Fließgewässer (> 6m)	10 m
Ausschluss	Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone I (bestehend und im Verfahren)	-
Ausschluss	Biosphärengebiet - Kernzone	200 m
Restriktion	Biosphärengebiet - Kernzone	-
Restriktion	Biosphärengebiet - Pflegezone	-
Ausschluss	Flächenhafte Naturdenkmale	-
Ausschluss	Gesetzlich geschützte Biotope	-
Restriktion	Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone II (bestehend und im Verfahren) und Überschwemmungsschutzgebiete	-
Restriktion	Landschaftschutzgebiet	-
Restriktion	FFH-Gebiet/-Mähwiesen	-
Restriktion	Europäische Vogelschutzgebiete ohne Vorkommen windkraftempfindlicher Arten	-

Tabelle 4-16: Ausschluss- und Restriktionskriterien Turbulenzen

Ausschluss- und Restriktionskriterien Turbulenzen	
Bedeutung	Kriterium
Ausschluss	Mittlere meteorologische Umgebungsturbulenz in 160 m Höhe $\geq 0,25$
Restriktion	Mittlere meteorologische Umgebungsturbulenz in 160 m Höhe $\geq 0,2$ und $< 0,25$

Tabelle 4-17: Ausschlusskriterien Flächennutzungsplanung

Ausschlusskriterien Flächennutzungsplanung		
Bedeutung	Kriterium	Zusätzlicher Abstandspuffer
Ausschluss	Gemeinbedarfsfläche Bestand / Planung	250 m
Ausschluss	Gemischte Baufläche (M) Bestand / Planung	450 m
Ausschluss	Gewerbliche Baufläche (G) Bestand / Planung	250 m
Ausschluss	Sonderbaufläche (S) Bestand / Planung (nach Art d. Festlegung)	0, 350 oder 700 m
Ausschluss	Wohnbaufläche (W) Bestand / Planung	700 m

Werden obenstehende Kriterien angewandt, ergeben sich hieraus nachstehende Flächen, auf denen Windenergieanlagen (WEA) errichtet werden können.

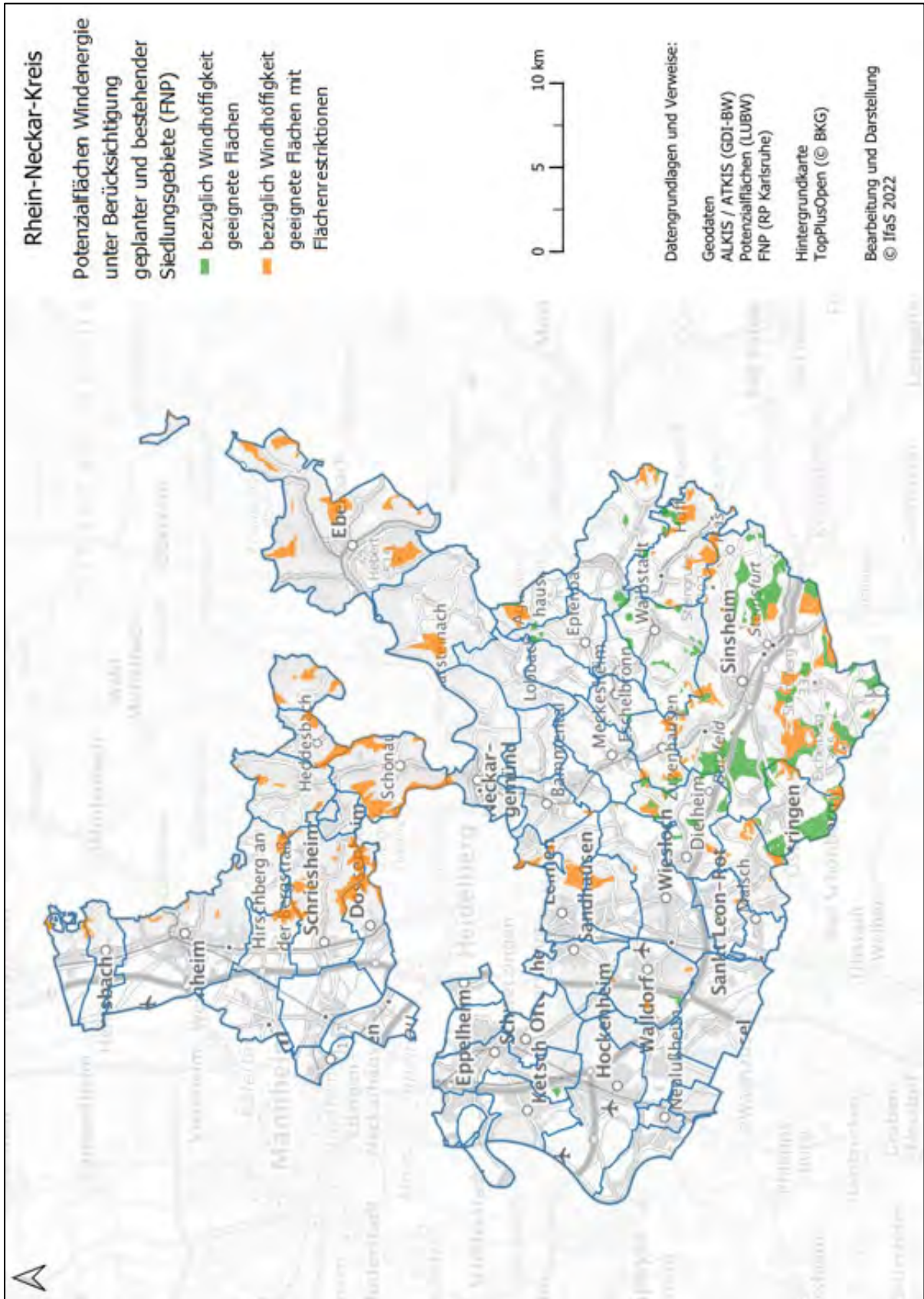


Abbildung 4-7: Windenergie – Potenzialflächen

Tabelle 4-18 stellt für o.g. Potenzialflächen zu den beiden Flächenkulissen die mögliche Anlagenanzahl, installierbare Leistung und Stromerträge dar.

Tabelle 4-18: Windenergiepotenzial in geeigneten bzw. bedingt geeigneten Gebieten (ohne Ausbauszenario)

Windenergiepotenzial				
Standort / Flächenkulisse	Flächenkulisse [ha]	Anzahl [Stk.]	Installierbare Leistung [MW] <sup>1</sup>	Stromerträge [MWh/a]
Geeignete Gebiete	2.653	175	657	1.744.000
Bedingt geeignete Gebiete	4.824	230	861	2.336.000
<b>Gesamtpotenzial</b>	<b>7.478</b>	<b>405</b>	<b>1.518</b>	<b>4.080.000</b>

1) Leistungsklassen Windenergieanlagen 3,3 - 4,2 MW

Hinweis: Bei größeren Anlagenklassen kann sich die Gesamtanzahl verringern

Das Gesamtpotenzial beläuft sich insgesamt auf eine Flächenkulisse von 7.478 ha. Innerhalb dieser lassen sich insgesamt etwa 405 WEA der berücksichtigten Anlagentypen (3,3 bis 4,2 MW) installieren. Beachtet werden muss hierbei, dass der jeweilige Anlagentyp bzw. die betrachtete Leistungsklasse maßgeblich für die Anzahl der WEA je Potenzialflächen ist, da bei größeren Masthöhen und Rotordurchmessern ein höherer Abstand der Anlagen untereinander einzuhalten ist. Dadurch kann ggf. auch eine vergleichbare Gesamtleistung, bei einer geringeren absoluten Anlagenanzahl resultieren. Unter den getroffenen Annahmen ergibt sich insgesamt eine installierbare Leistung von 1.518 MW, womit Stromerträge von rund 4.000.000 MWh/a einhergehen.

#### 4.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei einem vollständigen Ausbau der Potenziale würde die Windenergie mit rund 159 % des aktuellen Stromverbrauchs (rd. 2,5 Mio. MWh Gesamtstromverbrauch im Bilanzjahr 2017) einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele des Rhein-Neckar-Kreises beitragen. Da im Rhein-Neckar-Kreis bislang noch keine WEA errichtet wurden (Stand Juni 2022), entspricht das gesamte Potenzial zugleich dem Ausbaupotenzial.

Jedoch ist es nicht auszuschließen, dass ein möglicher Ausbau durch bisher nicht berücksichtigte technische Restriktionen, (zunächst) geringer ausfallen kann. Derartige Einschränkungen könnten sich aus heutiger Sicht bzw. aufgrund fehlender Datenmaterialien beispielsweise auch ergeben durch:

- eine unzureichende Netzinfrastruktur bzw. fehlende Anbindung an Mittel- und Hochspannungsnetze (Netztrassen und Umspannwerke sowie vom Netzbetreiber genannter Anschlusspunkt für die Netzanbindung), fehlende Aufnahmekapazität des zusätzlich produzierten Stroms oder eine fehlende Investitionsbereitschaft in den Ausbau von Netzinfrastrukturen, die für eine höhere Transportleistung bezogen auf die anvisierten

Stromerzeugungskapazitäten benötigt würde (innerhalb und außerhalb des Betrachtungsgebiets),

- Grenzen der Akzeptanz für WEA und Hochspannungstrassen,
- fehlende Informationen bezüglich etwaiger Tieffluggebiete oder Richtfunkstrecken,
- unzureichend befahrbare Zuwegungen durch schweres Gerät (öffentliche Straßen, Ortsdurchfahrten etc.) zum Windpark zur Erschließung der potenziellen Windenergieanlagenstandorte, Geländeprofil lässt keine Baustelle zu,
- Potenzialflächen in Grenznähe des Betrachtungsraums (die Grenze zwischen Kommunen/Landkreisen/Bundesländern etc.) können jeweils nur einmal mit Standorten „besetzt“ werden; die Abstandsregelungen zwischen WEA in Windparkanordnungen sind zu beachten.

Andererseits bestehen Aspekte, die zu einer Erweiterung des Potenzials für WEA führen können:

- Ein höheres Flächenpotenzial ist möglich, wenn die hier getroffenen Annahmen bzgl. der Abstände zu restriktiven Gebieten bei der Einzelfallprüfung geringer ausfallen.
- Eine feingliedrigere Untersuchung von Schutzgebieten in Bezug auf Vorbelastungen durch Verkehrsflächen oder Freileitungstrassen sowie die Nähe zu bereits existierenden Anlagenstandorten bleiben der kommunalen oder regionalen Planung sowie einer Umweltverträglichkeitsprüfung vorbehalten.
- Flächen, auf denen Freileitungstrassen oder Verkehrsflächen verlaufen, gelten als vorbelastet und damit als weniger schutzwürdig bzgl. einer Beeinträchtigung des Landschaftsbildes.

Die Potenzialanalyse kann jedoch weder die im Genehmigungsverfahren für Windparks erforderlichen Prüfungen (bspw. Umweltverträglichkeitsprüfung, Schallgutachten) vorwegnehmen noch den Detaillierungsgrad einer Standortplanung (u. a. Zuwegung, Eigentümer) erfüllen.

## 4.5 Biomassepotenziale

Die energetische Nutzung von Biomasse stellt eine weitere wesentliche Säule einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Energieversorgung dar. Zwar nimmt Biomasse auch im Rhein-Neckar-Kreis hinsichtlich der Endenergieproduktion im quantitativen Vergleich zu anderen Potenzialen, wie bspw. Wind oder Solar, eine geringere Bedeutung ein. Qualitativ hingegen kann Biomasse aufgrund ihrer Eigenschaften durch weitere Aspekte wie Energiespeicherung, Klimawandelanpassung und Förderung der Biodiversität überzeugen und nimmt folglich auch eine wesentliche Rolle in der Entwicklung von zukunftsfähiger Energieszenarien ein.

Weiterhin ist Biomasse auch hinsichtlich der regionalen Verfügbarkeit und der Verarbeitungsmöglichkeiten eine wichtige Größe, um regionale Wertschöpfungskreisläufe zu erschließen und dezentrale Arbeitsplätze zu schaffen.

### 4.5.1 Rahmenbedingungen

Die Ermittlung der Biomassepotenziale untergliedert sich in folgende Sektoren:

- Potenziale aus der Forstwirtschaft,
- Potenziale aus der Landwirtschaft,
- Potenziale aus der Landschaftspflege sowie
- Potenziale aus Siedlungsabfällen.

Die Potenziale werden nach Art, Herkunftsbereich und Menge identifiziert und in Endenergiegehalt übersetzt. Bei der Potenzialdarstellung wird eine konservative Betrachtungsweise zugrunde gelegt, basierend auf statistischen Daten, praktischen Erfahrungs- und Literaturwerten.

In der Ergebnisdarstellung werden sowohl die bereits genutzten Potenziale als auch die ausbaufähigen Biomassepotenziale abgebildet. Das ausbaufähige Potenzial zeigt eine mögliche Entwicklungsperspektive der zukünftigen Biomassenutzung. In der Ergebnisdarstellung wird jeweils zwischen den beiden Stoffgruppen Biomasse-Festbrennstoffe und Biogassubstrate unterschieden. Durch diese Vorgehensweise können die Potenziale verschiedener Herkünfte, z. B. Holz aus der Industrie bzw. dem Forst oder Nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) aus dem Energiepflanzenanbau, einer gezielten Konversionstechnik, z. B. Biomasseheiz(kraft)werk, Biogasanlage, zugewiesen werden. Der Betrachtungsraum für die Potenzialstudie bezieht sich auf die Verwaltungsgrenzen des Landkreises. Dieser umfasst eine Gesamtfläche von 106.200 ha. Nachfolgende Abbildung stellt die aktuelle Flächennutzung im Landkreis grafisch dar.

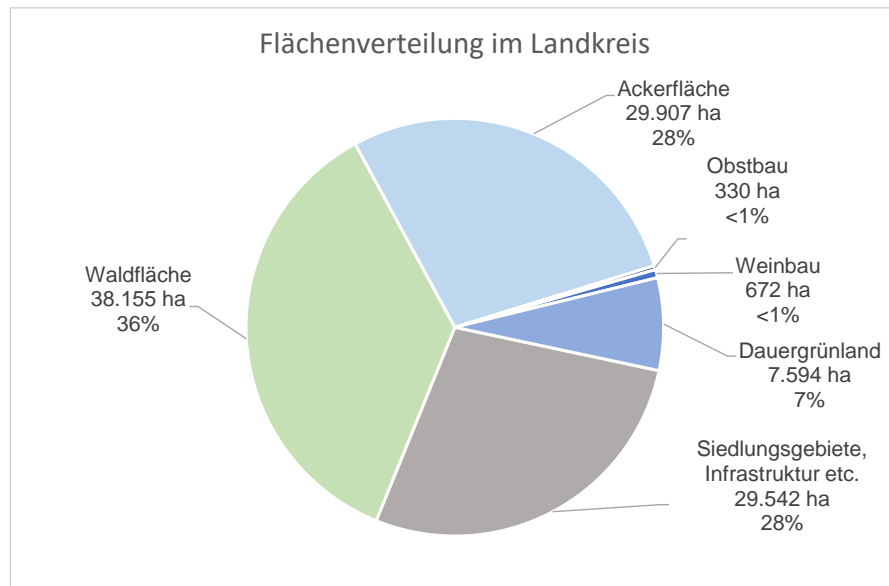


Abbildung 4-8: Flächenverteilung im Landkreis

Im Landkreis haben forst- und landwirtschaftlich genutzte Flächen einen Anteil an der Gesamtfläche von ca. 72 %. Die verbleibenden Flächenanteile von 28 % verteilen sich auf Siedlungsgebiete, Flächen der Infrastruktur, Wasserflächen und andere Flächennutzungen.

Zur Diskussion der (Zwischen-)Ergebnisse wurden Gespräche geführt mit

- Hr. Matthias Knörzer (Landratsamt RNK: Amt für Straßen- und Radwegebau) zu Potenzialen aus Straßenbegleitgrün,
- Hr. Jörg Sitzler (Landratsamt RNK: Referatsleiter Agrarstruktur und Landschaftsentwicklung) und Fr. Nicole Groß (Landratsamt RNK: Leiterin Amt für Landwirtschaft und Naturschutz) zu landwirtschaftlichen Fragestellungen (insb. zu bestehenden Biogasanlagen, Tierbestandszahlen und Flächenverfügbarkeiten für den Anbau von Na-waRo),
- Hr. Manfred Robens (Landratsamt RNK: Amtsleiter Kreisforstamt) zu forstwirtschaftlichen Fragestellungen (insb. zu Kenndaten, zur Sortimentenverteilung und der gegenwärtigen bzw. geplanten Holznutzung) sowie
- Hr. Jochen Schütz (AVR Kommunal AöR) zu abfallwirtschaftlichen Fragestellungen (insb. Verifizierung der Sammelmengen und Steigerungsmöglichkeiten).

## 4.5.2 Ergebnisse Forstwirtschaft

Die Basisdaten für den öffentlichen Wald im Betrachtungsraum wurden auf Grundlage von Forststatistik<sup>75</sup>, der BWI3<sup>76</sup>, regionalen Veröffentlichungen sowie die Experteneinschätzung durch das Kreisforstamt ermittelt. Die Datenlage beinhaltet im Wesentlichen die Flächen des Staats- und Kommunalwaldes. Die Angaben für den Privatwald wurden auch aus der Datengrundlage entnommen, jedoch ist die Waldnutzung in diesem Bereich sehr unterschiedlich und die Eigentumsflächen, vor allem im Kleinstprivatwald, meist aus kleinen Parzellen bestehend, was eine Potenzialabschätzung erschwert. Um eine Abschätzung der Holzpotenziale aus dem Privatwald zu ermöglichen, wurden einzelne Kennzahlen (Zuwachs) aus dem öffentlichen Wald auf diesen Eigentumsbereich übertragen. Die Auswertung der vorhandenen Daten beinhaltet Waldfläche, Holzzuwachs und die Nutzungen. Weiterhin wurde der Einschlag nach forstlichen Leitsortimenten ausgewertet. Als Leitsortimente werden in der Forstsprache die Verkaufskategorien der unterschiedlichen Holzarten bezeichnet. Hier wird vor allem zwischen Stammholz, Industrieholz höherer und niedrigerer Qualität, Energieholz sowie gegebenenfalls Waldrestholz und Totholz unterschieden.

### 4.5.2.1 Beschreibung der Ausgangssituation

Die Waldfläche im Landkreis umfasst ca. 38.150 ha. Der öffentliche Waldbesitz, mit etwa 33.200 ha (87 % der Gesamtwaldfläche) bildet den höchsten flächenbezogenen Anteil. Die restlichen Waldanteile verteilen sich auf den privaten Waldbesitz mit 13 % (4.900 ha). Die nachfolgende Grafik zeigt die detaillierten Besitzverhältnisse im Untersuchungsraum.

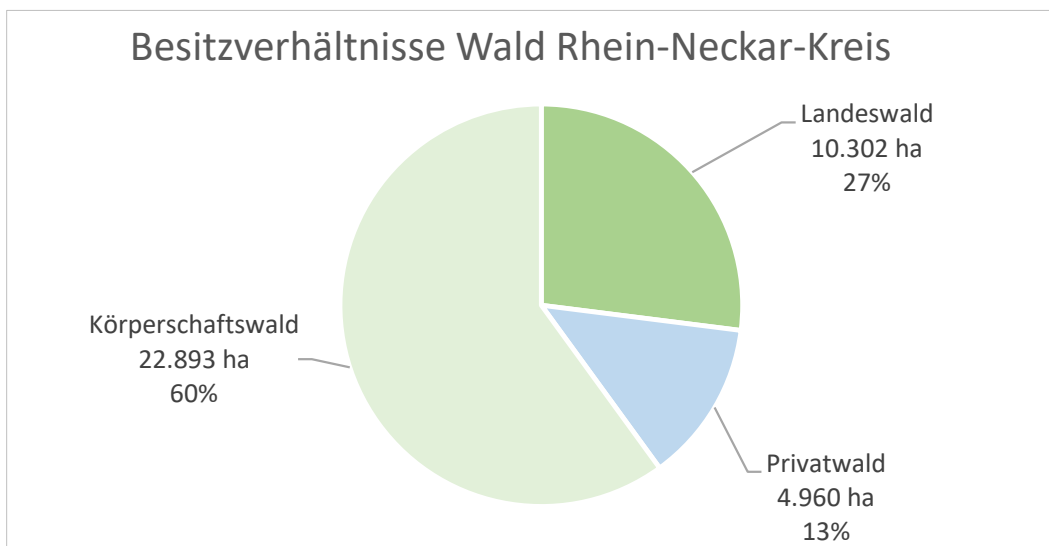


Abbildung 4-9 Waldbesitzverteilung im Betrachtungsraum<sup>77</sup>

<sup>75</sup> Statistisches Bundesamt (Destatis). (2021): Holzeinschlagsstatistik forstl. Erzeugerbetriebe (Zugriff: 29. 11 2021)

<sup>76</sup> Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2012): Dritte Bundeswaldinventur (Zugriff: 19. 11.2021)

<sup>77</sup> Beim Körperschaftswald handelt es sich um Wald im Eigentum von Körperschaften des öffentlichen Rechts, wie z. B. Städte und Gemeinden



Die Verteilung der Leitsortimente, wie sie die Datenerhebung ergab, sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Demnach werden z. Z. 15 % der Holzeinschlagsmenge als Energieholz und 15 % Industrieholz vermarktet. Das Stammholzsortiment in der aktuellen Nutzung liegt bei ca. 50 % des Holzeinschlags und ca. 20 % des Holzeinschlags beinhaltet nicht verwertbares Holz.

Tabelle 4-19: Sortimentsverteilung der Ernte<sup>78</sup>

Holzsortimente	Annahme Potenziale
Stammholz	50%
Industrieholz	15%
Energieholz	15%
Nicht verwertbares Holz	20%

#### 4.5.2.2 Genutztes Potenzial

Der Holzeinschlag wurde aus den vorliegenden statistischen Daten für den Kommunal-, Staats- und Privatwaldes entnommen und mit dem Forstamt abgestimmt. Aufbauend auf den Daten wurden Kennzahlen für die dargestellten Besitzverhältnisse ermittelt. Bei der Analyse des öffentlichen Waldes errechnet sich ein Nutzungssatz von ca. 7,5 m<sup>3</sup> pro Hektar und Jahr. Dem gegenüber steht ein jährlicher Zuwachs von rund 9 m<sup>3</sup>. Die Betrachtung von Nutzung zu Zuwachs ergibt somit ein Verhältnis von 83 % für den öffentlichen Wald. Die Ergebnisse der Analyse werden in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Für den Privatwald zeigt die Analyse, unter den getroffenen Annahmen, ein Verhältnis von Nutzung zu Zuwachs von rund 44 %.

Tabelle 4-20: Kennzahlen des Kommunal- und Staatswaldes sowie des Privatwaldes

Kennzahlen Potenzialanalyse		
	Öffentlicher Wald	Privatwald
Nutzung [m <sup>3</sup> /ha*a]	7,5	4,0
Zuwachs [m <sup>3</sup> /ha*a]	9,0	9,0
Nutzung / Zuwachs [%]	83%	44%

Die folgende Tabelle zeigt die jährliche Nutzung der Sortimente Industrie- und Energieholz, die sich aus der vorliegenden Datenlage ergibt. Für das Energieholz errechnet sich ein jährliches genutztes Potenzial von rund 40.300 m<sup>3</sup>. Der darin gebundene Energiegehalt summiert sich auf ca. 54.120 MWh und steht äquivalent für die jährliche Substitution von rund 5,4 Mio. Liter Heizöl.

<sup>78</sup> Interview M. Robens (Kreisforstamt, 07.12.2021)

Tabelle 4-21: Genutztes Energie- und Industrieholzpotenzial

Kennzahlen zur Forstwirtschaft 2021			
	Öffentlicher Wald	Privatwald	Gesamtwald
Nutzung [m³/a]	248.961	19.841	268.802
Zuwachs [m³/a]	298.754	44.641	343.395
Nutzung / Zuwachs [%]	83%	44%	64%
<b>Nutzung</b>	<b>248.961</b>	<b>19.841</b>	<b>268.802</b>
Stammholz [m³]	124.481	9.920	134.401
Industrieholz [m³]	37.344	2.976	40.320
Energieholz [m³]	37.344	2.976	40.320
Nicht verwertbares Holz [m³]	49.792	3.968	53.760
<b>Kontrolle</b>	<b>248.961</b>	<b>19.841</b>	<b>268.802</b>

#### 4.5.2.3 Methodische Annahmen zur Potenzialermittlung

Im Rahmen dieser Potenzialbetrachtung wird auf Basis der vorliegenden Daten das genutzte und ausbaufähige Waldholzpotenzial dargestellt. Auf dieser Grundlage werden die ausbaufähigen Potenziale für die Realisierungsstufen 2030 bis 2040 modelliert. Die wesentlichen Einflussfaktoren zur Bestimmung zukünftiger Energieholzmengen werden im Folgenden kurz vorgestellt. Bezogen auf die Gesamtwaldfläche wurde davon ausgegangen, dass die Waldflächen des Staats- und Kommunalwaldes, entsprechend der Eigentümerzielsetzung, in regelmäßiger Bewirtschaftung stehen. Im Privatwald hingegen ist davon auszugehen, dass nicht alle Waldflächen in regelmäßiger Bewirtschaftung stehen, dennoch wurde die gesamte Privatwaldfläche betrachtet, um die Potenziale zu berechnen. Weiterhin wird angenommen, dass die zukünftige Vermarktung des Rohholzaufkommens im Privatwald der Sortimentsverteilung des öffentlichen Waldes entspricht. Die angenommene Bewirtschaftungsfläche für den Untersuchungsraum bezieht sich damit rechnerisch auf rund 38.150 Hektar.

Methodische Ansätze zum zukünftigen Ausbau des Energieholzaufkommens:

##### Nutzungserhöhung

Die Erhöhung der Einschlagsmenge ist grundsätzlich als nachhaltig zu sehen, solange der laufende jährliche Zuwachs nicht überschritten wird. Kennzeichnend ist hier das Verhältnis Nutzung / Zuwachs. Um weiterhin Holzvorräte aufzubauen und eine Übernutzung auszuschließen, wird in dieser Analyse die Nachhaltigkeitsgrenze bei 80 % Nutzung / Zuwachs festgelegt. Zu berücksichtigen ist dabei außerdem die Altersverteilung der Wälder. Die Analyse ergab aktuell bereits ein Verhältnis Nutzung / Zuwachs von ca. 83 % und somit wurde ein Ausbau der Holznutzung nicht berücksichtigt.

### Sortimentsverschiebung

Forstliche Leitsortimente sind: Stammholz, Industrieholz, Energieholz sowie Waldrestholz und gegebenenfalls Totholz. Durch die Verschiebung von Industrieholzmengen in das Energieholzsoriment kann das auf den jeweiligen Planungszeitraum bezogene Energieholzaufkommen gesteigert werden. Die jährliche Holzerntemenge bleibt hier unberührt. Von der Sortimentsverschiebung ebenfalls unberührt bleibt das Stammholz, da dieses bei einer Vermarktung als Energieholz einen zu hohen Wertverlust erfahren würde. Nach Rücksprache mit dem Forstamt und unter Berücksichtigung der lokalen Holzindustrie wurde eine Sortimentsverschiebung in der Potenzialanalyse nicht berücksichtigt.

### Mobilisierungsfaktor

Der Anteil des Wirtschaftswaldes an der Gesamtwaldfläche wird auch mit der Bezeichnung Mobilisierungsfaktor charakterisiert. Im Rahmen dieser Potenzialerhebung wurde kein weiterer Mobilisierungsfaktor berücksichtigt. Da die Eigentümerzielsetzung bei der Waldbewirtschaftung sehr unterschiedlich sind (Erholung, Tourismus etc.). Nach Rücksprache mit dem Kreisforstamt wird davon ausgegangen das die aktuell vorherrschenden Zielsetzungen im Betrachtungszeitraum bestehen bleiben und somit wird hier kein Mobilisierungsfaktor berücksichtigt.

#### **4.5.2.4 Energieholzpotenziale aus der Forstwirtschaft**

Auf Grundlage der oben dargestellten Analyseergebnisse und Annahmen werden bis 2040 keine weiteren und ausbaufähigen Energieholzpotenziale berücksichtigt. Hieraus folgt, dass die aktuelle Energieholznutzung bis zum Jahr 2040 dem jährlichen Niveau, von rund 58.800 MWh/a, entspricht. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Energieholzmengen für die Jahre 2021 und 2040.

Tabelle 4-22: Energieholzmengen bis 2040

<b>Potenziale Forstwirtschaft bis 2040</b>			
	<b>Öffentlicher Wald</b>	<b>Privatwald</b>	<b>Gesamtwald</b>
Energieholz 2021 [t/a]	15.831	1.398	17.229
Energiegehalt 2021 [MWh/a]	54.126	4.713	58.839
Energieholz 2040 [t/a]	15.831	1.398	17.229
Energiegehalt 2040 [MWh/a]	54.126	4.713	58.839
Ausbaupotenzial [MWh/a]	0	0	0

### 4.5.3 Ergebnisse Landwirtschaft

Im Bereich der Landwirtschaft wurden auf der Datenbasis des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg aktuelle Flächen- und Nutzungspotenziale für den Landkreis analysiert.

Die Untersuchung im Bereich der Landwirtschaft fokussiert sich auf folgende Bereiche:

- Energiepflanzen aus Ackerflächen,
- Reststoffe aus Ackerflächen,
- Biomasse aus Dauergrünland,
- Reststoffe aus der Viehhaltung sowie
- Reststoffe aus Obst- und Rebanlagen.

Die landwirtschaftlichen Flächenpotenziale werden auf Basis der Agrarstrukturerhebung 2020 analysiert und im Hinblick darauf, welche Anbaustruktur im Landkreis aktuell vorherrscht, bewertet<sup>79</sup>. Die nachfolgende Grafik zeigt die Anbaustruktur im Landkreis.

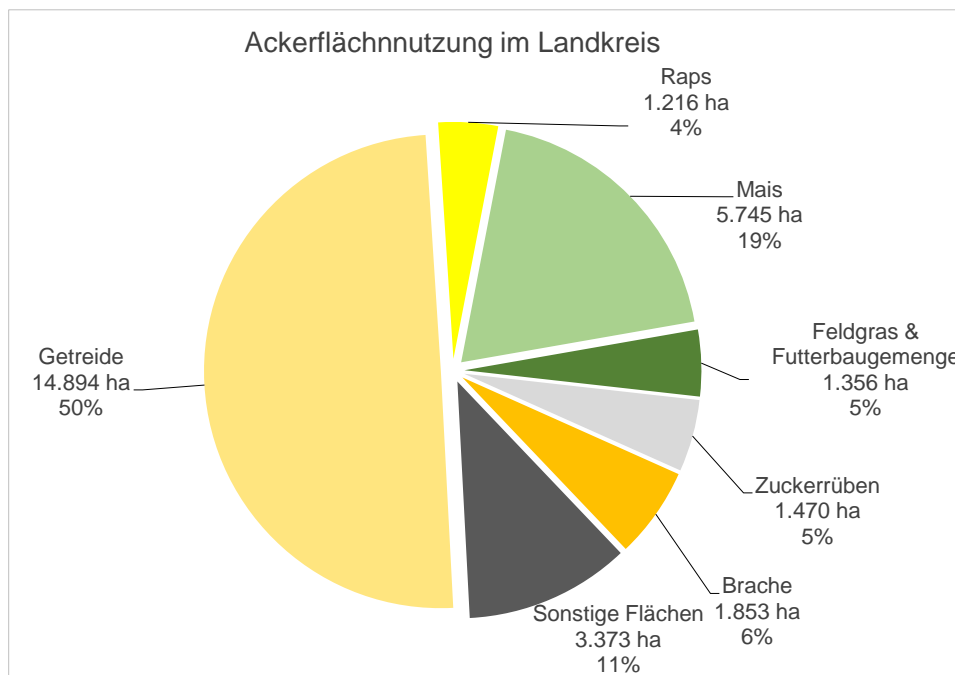


Abbildung 4-10: Landwirtschaftliche Flächennutzung im Betrachtungsraum

Der Betrachtungsraum verfügt über eine Ackerfläche von rund 29.900 ha. Im Anbaumix des Jahres 2020 hat Getreide mit 50 % den größten Flächenanteil. Weiterhin stellt der Anbau von Mais mit 19 % einen bedeutenden Anteil an der Flächennutzung. Auf etwa 25 % der Fläche werden weitere Kulturen wie Raps, Zuckerrüben usw. angebaut und etwa 6 % der Flächen sind Brachflächen.

<sup>79</sup> Statistische Berichte Baden-Württemberg (2021): Bodennutzung in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs (Zugriff: 19.11.2021)

#### 4.5.3.1 Energiepflanzen aus der Ackerfläche

Um Potenziale aus dem Anbau von Energiepflanzen auf Ackerflächen darzustellen, wurde zunächst ermittelt, in welchem Umfang Ackerflächen für eine derartige Nutzung zusätzlich bereitgestellt werden können.

In der folgenden Potenzialanalyse wird angenommen, dass die Flächenbereitstellung für den Energiepflanzenanbau in Abhängigkeit von der Entwicklung der Agrarpreise, vorwiegend aus den derzeitigen Marktfruchtflächen (Getreide-, Raps und Zuckerrübenanbau) sowie der Ackerbrache erfolgt. Wird angenommen, dass 15 % dieser Flächen für eine energetische Verwendung bereitgestellt werden, entspricht dies einem Flächenpotenzial von ca. 2.700 ha. Unter der Berücksichtigung, dass im Landkreis eine Biogasanlagenkapazität von 3.500 kW<sub>el</sub> installiert ist<sup>80</sup>, wird aktuell eine landwirtschaftliche Fläche von ca. 1.000 – 1.100 ha für die Energiepflanzenproduktion genutzt. Somit verbleibt insgesamt eine potenzielle Ausbaufäche von ca. 1.700 ha. Davon können circa 1.200 ha für den Anbau von Agrarhölzern im Kurzumtrieb verwendet werden. Daraus ergibt sich ein Ausbaupotenzial an Festbrennstoffen in Höhe von rund 46.000 MWh/a, welches etwa 4,6 Mio. l Heizöl ersetzen könnte.

Aufgrund der Reststoffmengen aus dem Bereich der Tierhaltung und deren energetische Nutzung wird davon ausgegangen, dass bei der Reststoffvergärung zukünftig auch in geringem Umfang Biogassubstrate aus der Ackerfläche zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund wird die verbleibende Potenzialfläche (ca. 500 ha) für die Produktion von Biogassubstraten eingesetzt. Hieraus können Energiepotenziale in Höhe von rund 9.900 MWh/a bereitgestellt werden. Dies entspricht etwa 0,9 Mio. l Heizöläquivalenten.

#### 4.5.3.2 Reststoffe aus Ackerflächen

Generell kann auch Stroh als Bioenergieträger angesehen werden. Allerdings führt der vergleichsweise hohe Bedarf an Stroh als Humusverbesserer auf den Ackerflächen sowie als Streumaterial (Festmistanteil) mittelfristig zu Nutzungseinschränkungen, die sich durch Auflagen zur Humusreproduktion oder den Handel von Stroh als Einstreumaterial ergeben. Bedingt durch den Tierbestand und die Obstproduktion in der Region ist davon auszugehen, dass die anfallenden Strohmengen keiner energetischen Nutzung zugeführt werden können.

In der Gruppe der Biogassubstrate liegt ein Potenzial in der Nutzung von Getreidekorn. Die Diskussion, um die energetische Verwertung von Getreidekorn beschränkt sich allerdings aufgrund wirtschaftlicher Erwägungen weitgehend auf die Nutzung von minderwertigem Sortier-

---

<sup>80</sup> Interview J. Sitzler (03.12.2021)

bzw. Ausputzgetreide, was in etwa 5 % der Getreideernte ausmacht. Hier ergibt sich ein nachhaltiges Energiepotenzial von etwa 12.000 MWh/a, was in etwa 1,2 Mio. l Heizöl äquivalenten entspricht.

#### 4.5.3.3 Biomasse aus Dauergrünland

Aufgrund der Tierhaltung kann angenommen werden, dass die vorhandenen Grünlandflächen weitestgehend zur Ernährung der Raufutter verzehrenden Tierarten genutzt werden. Somit wird aktuell angenommen, dass kein Flächenpotenzial aus dem bestehenden Grünland für eine energetische Nutzung in der Region zur Verfügung stehen.

#### 4.5.3.4 Reststoffe aus der Viehhaltung

Die relevanten Daten zur Tierhaltung im Betrachtungsraum stützen sich auf den Stand des Jahres 2020<sup>81</sup> und berücksichtigen dabei sowohl die durchschnittlich produzierten Güllemengen sowie die Stalltage pro Tierart und Jahr und die daraus resultierenden Heizwerte. Die nachstehende Tabelle fasst die Ergebnisse dieser Ermittlung zusammen.

Tabelle 4-23 Reststoffpotenziale aus der Viehhaltung

Tierart		Tieranzahl	Wirtschafts-	Energie-
			dünger	gehalt
			[t/a]	[MWh/a]
Mutterkühe	Festmist	1.239	4.057	1.877
Milchvieh	Flüssigmist	2.934	34.427	3.177
	Festmist		3.443	1.593
Andere Rinder	Flüssigmist	8.449	26.875	2.480
	Festmist		9.707	4.492
<b>Σ</b>		<b>12.622</b>	<b>78.508</b>	<b>13.620</b>
Mastschweine	Flüssigmist	11.261	22.522	3.243
Zuchtsauen	Flüssigmist	816	4.080	588
<b>Σ</b>		<b>12.077</b>	<b>26.602</b>	<b>3.831</b>
Geflügel	Kot-Einstreu-Gemisch	277.800	5.250	5.198
Pferde	Mist	2.965	17.465	8.447
<b>Σ</b>		<b>280.765</b>	<b>22.715</b>	<b>13.645</b>
<b>Gesamt-Σ</b>		<b>305.464</b>	<b>127.826</b>	<b>31.096</b>
davon bereits in Nutzung			23.382	5.688
davon ausbaufähig			<b>104.444</b>	<b>25.408</b>

<sup>81</sup> Landesanstalt für Landwirtschaft Ernährung und Ländlichen Raum (LEL) (2021): Tierhaltung.

Auf Basis der statistischen Daten ergeben sich dabei rund 127.000 t/a Flüssig- und Festmist. Die Analyse zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen, bereits 23.000 t Reststoffe in Nutzung sind. Somit ergibt sich ein Ausbaupotenzial von rund 104.000 t/a mit einem Energiegehalt von etwa 25.400 MWh (Biogas), äquivalent zu rund 2,5 Mio. l Heizöl.

#### **4.5.3.5 Reststoffe aus Obst- und Rebanlagen**

Auch aus Rodungsholz von Obst- und Rebanlagen ergeben sich Biomassepotenziale. Im Betrachtungsraum wurde Flächenpotenzial von rund 1.000 ha (Rebflächen 670 ha; Obstflächen 330 ha), was einem Mengenpotenzial von etwa 1.150 t/a und nach Berechnungen mit einschlägigen Literaturwerten einem Energiepotenzial von ca. 3.500 MWh/a entspricht. Diese Reststoffmenge entspricht einem Heizöläquivalent von etwa 0,35 Mio. l.

#### **4.5.4 Ergebnisse Landschaftspflege und Siedlungsabfälle**

##### **4.5.4.1 Potenziale aus der Landschaftspflege**

Im Bereich Landschaftspflege wurden die Potenziale für eine energetische Verwertung aus dem Bereich Straßenbegleitgrün untersucht. In der Darstellung findet ausschließlich das holzartige Potenzialbetrachtung, da die Bergung grasartiger Massen, technisch wie wirtschaftlich derzeit nur bedingt realisiert werden kann.

Nach Rücksprache mit dem Amt für Straßen- und Radwegebau werden durchschnittlich 3.500 m<sup>3</sup> Hackschnitzel pro Jahr erzeugt<sup>82</sup>. Unter der Annahme, dass das Gewicht der Hackschnitzel etwa 0,3 t/m<sup>3</sup> beträgt, fallen jährlich ca. 1.050 t/a Holzhackschnitzel an. Eine regionale Verwertung konnte nicht identifiziert werden, aus diesem Grund wird angenommen, dass es sich hierbei um ein ausbaufähiges Potenzial handelt. Somit ergibt sich ein Ausbaupotenzial von etwa 3.100 MWh/a, äquivalent zu rund 0,3 Mio. l Heizöl.

##### **4.5.4.2 Potenziale aus organischen Siedlungsabfällen**

###### **Bioabfall**

Im Jahr 2020 wurden rund 50.000 t Biotonnenabfälle (Biogut) im Landkreis gesammelt und in der AVR Bioabfallvergärungsanlage sowie der Biomethanaufbereitungsanlage in Sinsheim energetisch verwertet. Dies entspricht einer Energiemenge von etwa 37.000 MWh. Das Sammelsystem für Biogut wird kontinuierlich optimiert und die Anschlussquote an die Bioenergie-

<sup>82</sup> Interview M. Knörzer (Amt für Straßen- und Radwegebau, 08. 12 2021)

tonne erhöht. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund dieser Maßnahmen, die Sammelmenge um etwa 5.000 t/a (3.700 MWh/a) ansteigen wird.<sup>83</sup> Dies entspricht einer Gesamtmenge von rund 55.000 t/a mit einem Energiegehalt von rund 40.700 MWh/a äquivalent zu rund 4 Mio. l Heizöl.

## **Gartenabfall**

Derzeit erfolgt die Sammlung der Gartenabfälle (Grüngut) im Landkreis über ein Bring- und Holsystem (Abholung auf Abruf). Die Infrastruktur des Bringsystems ist aufgrund der unterschiedlichen Verantwortlichkeiten (Städte und Gemeinden) im Landkreis sehr heterogen und es ist davon auszugehen, dass nicht alle Grüngutpotenziale in der Statistik (37,6 kg/Ew für das Jahr 2020<sup>84</sup>) erfasst werden. Aus diesem Grund sind die in der Statistik dargestellten Sammelmengen eher als zu gering einzustufen. Um eine Abschätzung des Potenzials zu ermöglichen, wurde auf Basis von Kennzahlen, Vergleichswerten aus städtischen Landkreisen in Baden-Württemberg und in Abstimmung mit der AVR<sup>85</sup> ein spezifisches Grüngutpotenzial von etwa 80 kg/Ew\*a angesetzt. Dies entspricht einer Grünabfallmenge von etwa 44.000 t/a.

Für die Erhebung des Potenzials aus Grüngut, können holzige und krautige Biomassen betrachtet werden. In Bezug auf die holzigen Biomasseanteile kann angenommen werden, dass Grünabfall rund 30 bis 50 %<sup>86</sup> (je nach Sammelsystem und Aufbereitungstechnik) nutzbare Brennstoffanteile beinhaltet. Für den Landkreis würde somit ein holzartiges Biomassepotenzial von rund 17.500 t/a, mit einem Energiegehalt von etwa 52.800 MWh/a zur Verfügung stehen, was einem Heizöläquivalent von rund 5.2 Mio. l Heizöl entspricht. Aufgrund der holzigen Biomassenutzung (ca. 13.000 t<sub>atro</sub><sup>87</sup> entspricht je nach Wassergehalt 16.500 bis 18.500 t/a Brennstoff) im Biomasseheizkraftwerk der AVR in Sinsheim wird angenommen, dass die holzigen Grüngutpotenziale des Landkreises in der Anlage verwertet werden.

Hinsichtlich des krautigen Anteils im Gartenabfall können, unter der Annahme das rund 10 % der Grünabfallmassen energetisch verwertbar sind, rund 4.400 t/a als Biogassubstrat genutzt werden, was einer Energiemenge von etwa 2.300 MWh/a und einem Heizöläquivalent von rund 0,2 Mio. l entspricht. Hier wird auch angenommen, dass diese Mengen in der Bioabfallvergärungsanlage energetisch genutzt werden.

Die verbleibenden 50 % der Grüngutmengen müssen aufgrund ihrer Beschaffenheit auch weiterhin stofflich als Kompost verwertet werden.

---

<sup>83</sup> Interview J. Schütz (AVR, 16.12.2021)

<sup>84</sup> Ministerium für Umwelt Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg (2020): Abfallbilanz 2020.

<sup>85</sup> Interview J. Schütz (AVR, 16.12.2021)

<sup>86</sup> Erfahrungswerte aus der Praxis

<sup>87</sup> AVR-Energie (2022): AVR-Umweltservice (Zugriff: 11.03.2022)



## Altholz

Aufgrund der überregionalen Entsorgungs-, Handels- und Verwertungsstrukturen von Altholz gibt es aktuell keinen landkreiseigenen Verwertungsweg dieser Ressource. Im Arbeitsgespräch mit Herrn J. Schütz<sup>88</sup> wurde eine regionale Verwertung der Altholzmengen diskutiert und Potenziale abgestimmt. Der Landkreis hat Zugriff auf etwa 15.000 – 16.000 t/a Altholz, der Kategorie A1 – A3. Zusätzlich fallen bei der Vergärungsanlage etwa 5.000 – 6.000 t/a holzige Siebreste an, die auch der Kategorie Altholz (A1 – A3) zuzuordnen sind. Hieraus ergibt sich ein Altholzpotezial von etwa 20.000 – 22.000 t/a mit einem Energiegehalt von 80.800 MWh/a, was einem Heizöläquivalent von rund 8 Mio. l entspricht. Aufgrund der überregionalen Verwertung der Ressource wird das Potenzial als Ausbaupotenzial gewertet.

### 4.5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchung hat gezeigt, dass zum aktuellen Zeitpunkt ein primär Energiepotenzial aus Biomasse von rund 241.900 MWh/a aus dem Bereich Festbrennstoffe und 163.000 MWh/a aus dem Bereich Biogas besteht. Diese Potenziale sind bisher nur teilweise erschlossen und somit ergibt sich ein Ausbaupotenzial in der Kategorie Festbrennstoffe von rund 130.300 MWh/a und für die Kategorie Biogas rund 51.000 MWh/a. Insgesamt beläuft sich das Ausbaupotenzial auf etwa 181.300 MWh/a, äquivalent zu rund 18 Mio. l Heizöl.

Die nachstehende Tabelle fasst die ausbaufähigen Biomassepotenziale des Rhein-Neckar-Kreises zusammen.

Tabelle 4-24: Ausbaufähige Biomassepotenziale im Landkreis

Parameter	Ausbau- potenzial	Genutztes Potenzial
Biogas aus Biogut	3.700 MWh	37.000 MWh
Biogas aus Reststoffen der Landwirtschaft	37.400 MWh	70.000 MWh
Biogas Landwirtschaft Biogassubstraten	9.900 MWh	
<b>Summe Biogas</b>	<b>51.000 MWh</b>	<b>107.000 MWh</b>
Festbrennstoffe Altholz	80.800 MWh	0 MWh
Festbrennstoffe Landwirtschaft Agrarholz	46.000 MWh	0 MWh
Festbrennstoffe Wein- und Obstbau	3.500 MWh	0 MWh
Festbrennstoffe Forstwirtschaft	0 MWh	58.800 MWh
<b>Summe Festbrennstoffe</b>	<b>130.300 MWh</b>	<b>58.800 MWh</b>

Die prognostizierte Primärenergie wird zum überwiegenden Teil (rund 72 %) aus Festbrennstoffen bereitgestellt. Dies entspricht einem Gesamtheizwert von rund 130.300 MWh/a. Hier liegt das größte Potenzial in der Nutzung von Altholz (ca. 80.800 MWh/a).

<sup>88</sup> Interview J. Schütz (AVR, 16.12.2021)

Insgesamt können rund 51.300 MWh/a Primärenergie durch Biogassubstrate gewonnen werden. Die höchsten Anteile bei der Energiegewinnung haben die Biogassubstrate aus Reststoffen der Landwirtschaft mit rund 37.400 MWh/a.

#### 4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Potenzialanalyse Erneuerbare Energien

In nachstehender Tabelle sind die quantifizierbaren Potenziale der Erneuerbaren Energien auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises zusammenfassend dargestellt und dem Bedarf an Strom und Wärme gegenübergestellt. Im Bereich der Geothermie wurde auf eine Quantifizierung in Energieeinheiten verzichtet. Das Geothermiepotenzial ist zwar theoretisch flächendeckend verfügbar, inwiefern diese Potenziale jedoch tatsächlich nutzbar sind, hängt von weiteren Faktoren wie Wirtschaftlichkeit, Akzeptanz und der Genehmigung von einzelnen Sondenanlagen ab. Für die praktische Nutzung relevant ist darüber hinaus, ob andere Kriterien einer Nutzung entgegenstehen und ob sich ein konkreter Wärmeenergiebedarf nahe eines Gunstgebietes befindet.

Tabelle 4-25: Zusammenfassung der Potenziale auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises

Parameter	Strommenge		Wärmemenge	
	MWh	%	MWh	%
<b>Gesamtbedarf 2017</b>	<b>2.546.232 MWh</b>	<b>100,0%</b>	<b>6.219.456 MWh</b>	<b>100,0%</b>
<b>Gesamtpotenzial</b>	<b>9.754.256 MWh</b>	<b>383,1%</b>	<b>625.108 MWh</b>	<b>10,1%</b>
<i>Windkraft</i>	<i>4.080.000 MWh</i>	<i>160,2%</i>		-
<i>PV-Dachflächen</i>	<i>1.692.000 MWh</i>	<i>66,5%</i>		-
<i>PV-Freiflächen</i>	<i>3.860.800 MWh</i>	<i>151,6%</i>		-
<i>Wasserkraft</i>	<i>33.980 MWh</i>	<i>1,3%</i>		-
<i>Biomasse / Biogas KWK</i>	<i>87.476 MWh</i>	<i>3,4%</i>	<i>89.308 MWh</i>	<i>1,4%</i>
<i>Solarthermie</i>	<i>0 MWh</i>	-	<i>431.000 MWh</i>	<i>6,9%</i>
<i>Biomasse-Festbrennstoffe</i>	<i>0 MWh</i>	-	<i>104.800 MWh</i>	<i>1,7%</i>

Deutlich wird im Bereich Strom, dass allein durch Photovoltaik-Dachanlagen – und somit ohne eine Flächeninanspruchnahme auf Freiflächen – unter den getroffenen Annahmen der aktuelle Bedarf im Rhein-Neckar-Kreis zu knapp zwei Dritteln bilanziell gedeckt werden könnte. Allerdings sind zum heutigen Zeitpunkt weniger als 15 % der Potenziale erschlossen.

Das große Potenzial bei den Photovoltaik-Freiflächenanlagen (rund 150 % Deckungsgrad) veranschaulicht, dass mit den zu erwartenden verbesserten Rahmenbedingungen zur Genehmigung der Freiflächenanlagen ein substantzieller Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele geleistet werden kann. Ähnlich groß ist das Potenzial bei der Windkraft. Bei einer Erschließung

aller Potenziale könnte dadurch der aktuelle Stromverbrauch bilanziell zu rund 160 % abgedeckt werden. In Falle der Windkraft sind zum heutigen Zeitpunkt im Rhein-Neckar-Kreis noch keine Potenziale erschlossen, d.h. keine Anlagen errichtet worden.

Wasserkraft und Biomasse zur Stromerzeugung sind anteilig vernachlässigbar und insbesondere bei der Wasserkraft ist das Ausbaupotenzial sehr gering (knapp 99 % der Potenziale sind erschlossen). Im Bereich der Biomasse sind nennenswerte Ausbaupotenziale nur noch in den Stoffgruppen Altholz, Agrarholz und Reststoffe aus der Landwirtschaft vorhanden. Beide Bereiche nehmen jedoch aufgrund ihrer Eigenschaften, kontinuierlich EE-Strom bereitstellen zu können (sog. Grundlast), ebenfalls eine wichtige Rolle im zukünftigen Energiemix ein. Bei den Biogasanlagen kommen die für den Strommarkt sehr bedeutsame Möglichkeiten der Flexibilisierung<sup>89</sup> hinzu.

Im Bereich der Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien dominiert mit einem Deckungsbeitrag von ca. 7 % die Solarthermie. Somit wird im Wärmesektor deutlich, dass auch bei einer Halbierung des Wärmebedarfs durch die Erschließung von Maßnahmen zur Energieeffizienz und -einsparung die vollständige Erschließung der Potenziale nicht ausreichen würde, um eine vollständige Deckung durch Erneuerbare Energieträger zu erreichen. Folglich ist bei einer Szenariobetrachtung auch die Option der Erzeugung von Wärmeenergie aus Überschüssen von Strom zu berücksichtigen. Hinzu kommt ein weiterer vermehrter Strombedarf im Verkehrssektor durch den Umstieg auf elektrische Antriebe. Diese Sektorenkopplung führt zu einem Anstieg des Strombedarfs in der Zukunft. Im Detail wird hierauf in Kapitel 6.1 eingegangen.

---

<sup>89</sup> Flexibilisierung von Biogasanlagen ermöglicht bedarfsgerechte Bereitstellung von Wärme, Strom und Systemdienstleistungen.

## 5 Potenziale zur Energieeinsparung und -effizienz

Grundvoraussetzung einer erfolgreichen Energiewende ist die deutliche Verbesserung der Energieeinsparung und -effizienz. Denn für die vollständige Deckung der Energiebedarfe der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr in den Energieszenarien (vgl. Kapitel 6.1) ist die Reduzierung des Energieverbrauchs eine zentrale Voraussetzung.

Aufgrund fehlender landkreisspezifischer Statistiken im Projekt, wurden im Rahmen einer Literaturrecherche durch aktuelle Studien erhobene bzw. berechnete Werte zunächst hinsichtlich ihrer Eignung geprüft. Eine Festlegung der Potenziale zur Energieeinsparung und -effizienz erfolgte auf Grundlage der Studie „Baden-Württemberg Klimaneutral 2040: Erforderlicher Ausbau der Erneuerbaren Energien“.<sup>90</sup> Die verbrauchergruppenspezifischen Einsparpotenziale zur Verbrauchsreduktion in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr wurden über weitere Studien, wie z. B. die WWF-Studie „Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050“<sup>91</sup> und die Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“<sup>92</sup> (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut) verifiziert. Letztlich wurden zur Ermittlung der Einspar- und Effizienzpotenziale im Rhein-Neckar-Kreis durch IfaS die nachstehenden Annahmen festgelegt:

Tabelle 5-1: Einsparpotenziale der einzelnen Verbrauchergruppen bis zum Jahr 2040

Verbrauchergruppe	Verbrauchsreduktion [2030 vs. Status Quo]	Verbrauchsreduktion [2040 vs. Status Quo]
<b>Private Haushalte</b>		
davon Wärme	-17%	-28%
davon Strom	-20%	-30%
<b>GHD</b>		
davon Wärme	-30%	-45%
davon Strom	-8%	-12%
<b>Industrie</b>		
davon Wärme	-30%	-40%
davon Strom	-10%	-15%
<b>Kommunale und kreis-eigene Liegenschaften</b>		
davon Wärme	-20%	-35%
davon Strom	-10%	-15%
<b>Mobilität</b>		
Kraftstoffeinsatz	-30%	-45%

<sup>90</sup> Vgl. Plattform Erneuerbare Energien 2021, Baden-Württemberg Klimaneutral 2040: Erforderlicher Ausbau der Erneuerbaren Energien

<sup>91</sup> Vgl. WWF. 2009, Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050, Berlin, WWF Deutschland

<sup>92</sup> Vgl. Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021, Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende

Eine Erläuterung zu den oben gezeigten verbraucherspezifischen Reduktionspotenzialen wird im Folgenden vorgenommen.

## 5.1 Energieeffizienzpotenziale der privaten Haushalte

Im Rhein-Neckar-Kreis befinden sich im Basisjahr 2017 (Status Quo) 133.448 Wohngebäude.<sup>93</sup> Die Gebäudestruktur teilt sich dabei in 63 % Einfamilienhäuser, 21 % Zweifamilienhäuser und 16 % Mehrfamilienhäuser. Je nach Baualtersklasse und Nutzerverhalten weisen die Gebäude einen differenzierten Strom- und Heizwärmebedarf (HWB) auf.

Für die privaten Haushalte wurde im Rahmen der Ist-Analyse (vgl. Kapitel 2.1) ein Stromverbrauch in Höhe von ca. 912.000 MWh/a ermittelt, dessen Aufteilung in der folgenden Abbildung 5-1 deutlich gemacht wird. Für die privaten Haushalte wurden die einzelnen Teilwerte nicht spezifisch berechnet; die folgenden Berechnungen beziehen sich auf eine durchschnittliche Aufteilung nach der WWF-Studie „Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050“.<sup>94</sup>

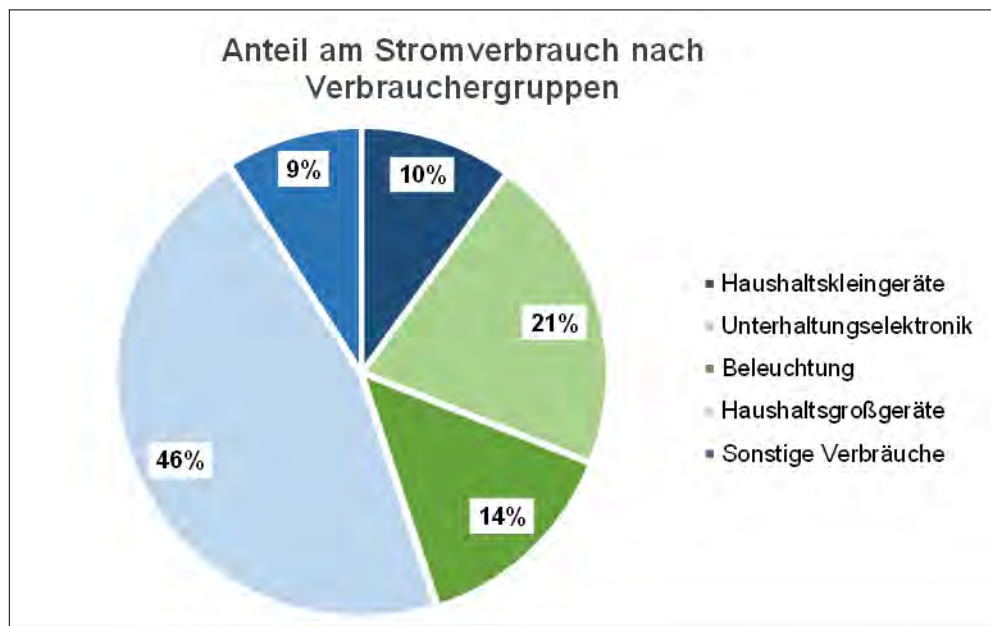


Abbildung 5-1: Anteile Nutzenergie am Stromverbrauch; eigene Darstellung nach WWF Modell Deutschland<sup>95</sup>

Obenstehende Abbildung verdeutlicht, dass Haushaltsgroßgeräte wie Kühlschrank, Waschmaschine und Spülmaschine den größten Anteil am Stromverbrauch ausmachen, da sie viele Betriebsstunden bzw. große Anschlussleistungen aufweisen.

Einsparungen können durch den Austausch alter Geräte gegen effiziente Neugeräte erzielt werden. Hierbei bietet die EU den Verbrauchern eine Orientierung durch das EU-Energie-Label. Neben dem Energieverbrauch informiert das Label über das herstellende Unternehmen

<sup>93</sup> Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2022b): Wohnungen nach Gebäudetyp (Zugriff: 17.03.2022)

<sup>94</sup> Vgl. Vgl. WWF. 2009, Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050, Berlin, WWF Deutschland

<sup>95</sup> Ohne elektrische Wärmeerzeugung

und weitere technische Kennzahlen wie bspw. den Wasserverbrauch oder die Geräuschemissionen.

Für das Basisjahr 2017 wurde für die privaten Haushalte des Betrachtungsgebietes ein Stromverbrauch in Höhe von rund 912.000 MWh ermittelt. Auf Grundlage der Studie „Baden-Württemberg Klimaneutral 2040“<sup>96</sup> kann der Stromverbrauch langfristig (bis 2040) um rund 30 % auf etwa 638.000 MWh reduziert werden. Nicht berücksichtigt werden an dieser Stelle die elektrische Wärmeherzeugung (Strom zu Wärmezwecken) und der Strombedarf im Verkehrssektor, z. B. durch den Ausbau von Elektromobilität. Allerdings ist durch die neuen Anwendungsfelder mit einem wachsenden Stromverbrauch zu rechnen, da entsprechende Strommengen im Wärme- und Verkehrssektor zur Verdrängung fossiler Energien benötigt werden (Sektorkopplung).

In der folgenden Abbildung werden beispielhaft die möglichen Wärmeverluste eines unsanier-ten Wohngebäudes aufgezeigt:



Abbildung 5-2: Energieverluste bei der Wärmeversorgung bestehender Wohngebäude<sup>97</sup>

Eine Studie des IWU zeigt deutschlandweit das enorme Sanierungsdefizit der Ein- und Zweifamilienhäuser, die vor 1978 errichtet wurden. Demnach sind erst bei ca. 10 % der Gebäude die Fenster, bei 16,3 % die Kellergeschosdecke und bei 35,1 % die Außenwände gedämmt. Bei rund 59,1 % der Gebäude besteht eine Dämmung der obersten Geschossdecke bzw. Dachfläche.<sup>98</sup> Neben dem Einsatz von effizienter Heizungstechnik kann durch energetische Sanierungsmaßnahmen der Heizwärmebedarf reduziert werden.

<sup>96</sup> Vgl. Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg (2021): Baden-Württemberg Klimaneutral 2040 (Zugriff: 18.03.2022)

<sup>97</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH (FIZ Karlsruhe), ohne Datum

<sup>98</sup> Vgl. Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (2016): Datenbasis Gebäudebestand, S. 44f.

Im Wärmebereich wurde für die privaten Haushalte im Basisjahr 2017 ein Gesamtwärmebedarf in Höhe von rund 3,1 Mio. MWh/a ermittelt (vgl. Kapitel 2.1). Unter Anwendung der Einsparpotenziale aus der o. g. Studie ergibt sich für den Rhein-Neckar-Kreis bis zum Jahr 2040 eine Reduzierung des Gesamtwärmebedarfs auf rund 2,2 Mio. MWh/a.

## 5.2 Energieeffizienzpotenziale Gewerbe und Industrie

Die Verbrauchergruppe Gewerbe und Sonstiges benötigt auf Basis der Ergebnisse der Ist-Analyse jährlich ca. 269.000 MWh Strom. Im verarbeitenden Gewerbe (Industrie) werden dagegen rund 1,2 Mio. MWh Strom pro Jahr benötigt (vgl. Kapitel 2.1) Der Verbrauch setzt sich im Wesentlichen zusammen aus den Bedarfen für Bürogeräte, Beleuchtung und Strom für Anlagen und Maschinen. Durch den Einsatz effizienterer Maschinen und Bürogeräte können langfristig, auf Grundlage der Studie Baden-Württemberg Klimaneutral 2040, 12 % im Sektor Gewerbe und Sonstiges und ca. 15 % im verarbeitenden Gewerbe eingespart werden. Die prognostizierten Einsparpotenziale resultieren u. a. auf der Annahme, dass langfristig mit einem steigenden Strombedarf für Kühlen und Lüften zu rechnen ist. Im Bereich der Beleuchtung kann der Stromverbrauch reduziert werden, indem z. B. neben dem Einsatz von LED auch die Beleuchtungsanlagen optimiert und Spiegel zur Streuung des Tageslichts eingesetzt werden.

Der Wärmebedarf der Verbrauchergruppe Gewerbe und Sonstiges beträgt im Jahr 2017 rund 981.000 MWh/a und wird vorrangig für Raumwärme benötigt. Den größten Anteil an der Raumwärme haben Branchen wie Gesundheits- und Unterrichtswesen sowie der öffentliche Sektor mit Krankenhäusern, Altenheimen, Schulen und Verwaltungsgebäuden. Diese weisen, im Gegensatz zu Handels- und Handwerksbetrieben, durchschnittlich den höchsten Raumwärmebedarf auf. Die Minderungspotenziale liegen auch hier in der energetischen Sanierung der Gebäude analog zu den privaten Haushalten. Der Wärmebedarf kann in Anlehnung an die Studie Baden-Württemberg Klimaneutral 2040 auf rund 540.000 MWh/a gesenkt werden, was einer Reduktion um ca. 45 % entspricht. Die Einsparungen werden durch die Umsetzung der gleichen Maßnahmen erreicht, wie sie für die privaten Haushalte beschrieben wurden (z. B. durch die Dämmung der Gebäudehüllen).

Für das verarbeitende Gewerbe werden zum gleichen Zeitpunkt rund 1,9 Mio. MWh/a Wärme benötigt. Der Rhein-Neckar-Kreis weist in Teilen ein stark industriell geprägtes Territorium auf. Insbesondere die im Landkreis angesiedelten Unternehmen des Umwandlungssektors (Kraftwerke) und weitere Großemittenten im Bereich der energieintensiven Industrie tragen zu erheblichen Energieverbräuchen im Betrachtungsgebiet bei. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil des Wärmebedarfs im verarbeitenden Gewerbe auf die Prozesswärme entfällt. Auf Grundlage der Studie Baden-Württemberg Klimaneutral 2040 lassen sich, vorwie-

gend durch Maßnahmen im Bereich der Prozessoptimierung, Einsparpotenziale im Wärmebereich in Höhe von rund 40 % realisieren, wodurch der Wärmebedarf auf rund 1,2 Mio. MWh/a im Jahr 2040 sinkt.

### **5.3 Energieeffizienzpotenziale kommunaler und kreiseigener Liegenschaften**

Die kommunalen und die kreiseigenen Liegenschaften benötigen auf Basis der Ergebnisse der Ist-Analyse jährlich ca. 85.000 MWh Strom und 170.000 MWh Wärme. Die größten Energieverbraucher sind dabei der Wärmebedarf in den eigenen Liegenschaften sowie der Stromverbrauch für die Innen- und Straßenbeleuchtung. Zahlreiche weitere Anwendungsfelder, wie beispielsweise Informations- und Kommunikationstechnologien, bieten darüber hinaus erhebliche Energieeffizienzpotenziale. Auf Grundlage der durchgeführten Literaturrecherche ergeben sich die Einsparpotenziale zur langfristigen Verbrauchsreduktion (bis 2040) in Höhe von 15 % im Strom- und 35 % im Wärmebereich. Wesentliche Voraussetzung, um die Energieeinspareffekte in den eigenen Zuständigkeiten zu erzielen, ist es, Gesamtpotenziale zu erkennen, systematisch zu bewerten und am Ende dann umzusetzen.

Das größte Potenzial zur Endenergieeinsparung liegt gleichermaßen wie bei den Wohngebäuden (vgl. Kapitel 5.1) im Bereich der energetischen Sanierung öffentlicher Gebäude. Durch eine energetische Sanierung bzw. den Neubau von Gebäuden mit besonders geringem Energiebedarf können Energieverbrauch und -kosten erheblich reduziert werden.

Unter Anwendung der Einsparpotenziale aus der zugrunde gelegten Studie können für die kommunalen und kreiseigenen Liegenschaften im Rhein-Neckar-Kreis bis zum Jahr 2040 der Strombedarf um 15 % auf rund 72.000 MWh/a und der Wärmebedarf um 35 % auf 110.000 MWh/a gesenkt werden.

### **5.4 Energieeffizienzpotenziale im Verkehrs- und Transportsektor**

Um das Ziel Klimaneutralität bis 2040 zu erreichen, bedarf es neben dem Fokus auf den Sektoren Strom und Wärme auch einer Abschätzung zur Transformation des Verkehrssektors. Die Ist-Analyse hat gezeigt, dass der Verkehrs- und Transportsektor mit einem jährlichen Energieeinsatz von rund 4,8 Mio. MWh der größte Energieverbraucher ist (36 % Anteil am Gesamtenergieverbrauch im Kreisgebiet). Die Energie- und THG-Bilanz des Betrachtungsgebietes umfasst dabei, unter Anwendung des Territorialprinzips, sowohl gut kommunal beeinflussbare Verkehre als auch solche, die kaum durch kommunale Maßnahmen beeinflusst werden können. Da der Rhein-Neckar-Kreis von zentralen Verkehrsachsen, wie den Bundesautobahnen A 5, A 6 und A 61 sowie mehreren Bundesstraßen geprägt ist, werden die Ergebnisse des Verkehrssektors überwiegend durch den Durchgangs- und Pendlerverkehr beeinflusst, auf den der Rhein-Neckar-Kreis wenig Einfluss hat.



Voraussetzung für eine Entwicklung des Verkehrssektors in Richtung Klimaneutralität ist die Reduzierung des Energieverbrauchs. Auf Grundlage der durchgeführten Literaturrecherche belaufen sich die Einsparpotenziale bis 2030 auf 30 % und bis 2040 auf 45 % gegenüber dem Status Quo. Im Ergebnis würde so der Energiebedarf für den Verkehrssektor auf rund 2,6 Mio. MWh/a bis zum Jahr 2040 sinken. Diese Einsparungen basieren im Wesentlichen auf Strukturänderungen zugunsten effizienterer Mobilitätstechnologien. Dazu gehören Eindämmung und Reduktion des motorisierten Individualverkehrs zugunsten Bahn, Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) und Fahrrad (insbesondere im städtischen Bereich) sowie die Verlagerung eines Großteils des Güterverkehrs auf die Schiene.

## 6 Szenario zur Klimaneutralität bis 2040

### Vorbemerkungen zur Szenarioanalyse

Im folgenden Szenario wird der zeitliche Verlauf des Energiebedarfs im Betrachtungsgebiet bis zum Zieljahr 2040 aufgezeigt. Die Betrachtung der Energiemengen erfolgt, äquivalent zur Analyse des Status Quo, auf Basis der Endenergie.<sup>99</sup> Daneben wird innerhalb des Szenarios auf der Erzeugungsseite der Zubau Erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich aufgezeigt und wieviel Energie dadurch bereitgestellt werden kann. Eine primärenergieseitige Betrachtung der Energiebedarfe und damit verbunden die Fragestellung, welcher Energieeinsatz für die unterschiedlichen Anwendungsfelder benötigt wird, unter Berücksichtigung verschiedener Wirkungsgrade und Verluste, wird aus Gründen der Einfachheit nicht gesondert aufgezeigt und dargestellt.

Mit dem Ziel, ein auf den regionalen Potenzialen des Betrachtungsgebietes aufbauendes Szenario der zukünftigen Energieversorgung und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2040 abzubilden, werden an dieser Stelle die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr hinsichtlich ihrer Entwicklungsmöglichkeiten der Verbrauchs- und Versorgungsstrukturen analysiert. Die zukünftige Wärme- und Strombereitstellung sowie der Energieeinsatz im Verkehrs- und Transportsektor wird auf der Grundlage ermittelter Energieeinsparpotenziale in allen betrachteten Sektoren sowie den Potenzialen der regenerativen Energieerzeugung errechnet. Die Entwicklungsmöglichkeiten des Betrachtungsgebietes werden bis zum Zieljahr 2040 anhand eines Szenarios dargestellt. Der sukzessive Ausbau der Potenziale „Erneuerbarer Energieträger“ sowie die Erschließung der Energieeffizienzpotenziale erfolgt unter der Annahme, dass die verfügbaren Potenziale bis zum Jahr 2040 zu 100 % erschlossen werden. Das Entwicklungsszenario erlaubt es, die Auswirkungen der unterschiedlichen Zubau- bzw. Erschließungsraten auf die Energie- und Treibhausgasbilanz und die mögliche Regionale Wertschöpfung abzubilden.

Das Szenario zeigt dabei Möglichkeiten auf, entspricht an dieser Stelle aber nicht einem Umsetzungsplan. Dies bedeutet, es wird unter Beachtung der gegenwärtig geltenden rechtlichen sowie förderrechtlichen Rahmenbedingungen aufgezeigt, inwieweit das Betrachtungsgebiet rein rechnerisch in der Lage ist, eine nachhaltige Energieversorgung auf seinen eigenen Potenzialen aufzubauen. In welchem Umfang die technischen Potenziale im Bereich der Erneuerbaren Energien letztendlich erschlossen und nutzbar gemacht werden können, ist von vielen Faktoren und Rahmenbedingungen abhängig. Die konkrete Umsetzung, v. a. den Ausbau der Windkraft und PV-Freiflächenanlagen betreffend, bedürfen einer detaillierten Einzelfallprü-

---

<sup>99</sup> Als Endenergie wird die Energie bezeichnet, die beim Verbraucher ankommt, etwa in Form von Brenn- und Kraftstoffen oder elektrischer Energie.

fung, die zum aktuellen Zeitpunkt nicht Gegenstand der vorliegenden Studie ist. Die vorliegenden Ergebnisse stellen dennoch eine gute und fundierte Entscheidungsgrundlage für Planungsprozesse und Investitionsvorhaben dar. Die Potenzialanalysen und das Szenario zeigen hierfür theoretisch erreichbare Werte auf.

## 6.1 Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs und der Erneuerbaren Energieerzeugung bis zum Jahr 2040

Im Folgenden wird der Gesamtenergieverbrauch bis 2040 als möglicher Entwicklungspfad für die Endenergieeinsparung dargestellt. Das Szenario berücksichtigt dabei die in der vorliegenden Studie ermittelten Potenziale zum Ausbau und zur Nutzung Erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel 4) und die Effizienz- und Einsparpotenziale der Verbrauchergruppen private Haushalte, Gewerbe und Sonstiges, Verarbeitendes Gewerbe, Kommunale und kreiseigene Liegenschaften sowie Verkehr und Transport (vgl. Kapitel 5).

In der nachfolgenden Abbildung ist die Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs von 2017 (Status Quo) bis 2040 dargestellt – unter Berücksichtigung des Zwischenschritts 2030. Zusätzlich werden jeweils die Endenergieverbräuche für die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr im Zeitverlauf abgebildet.

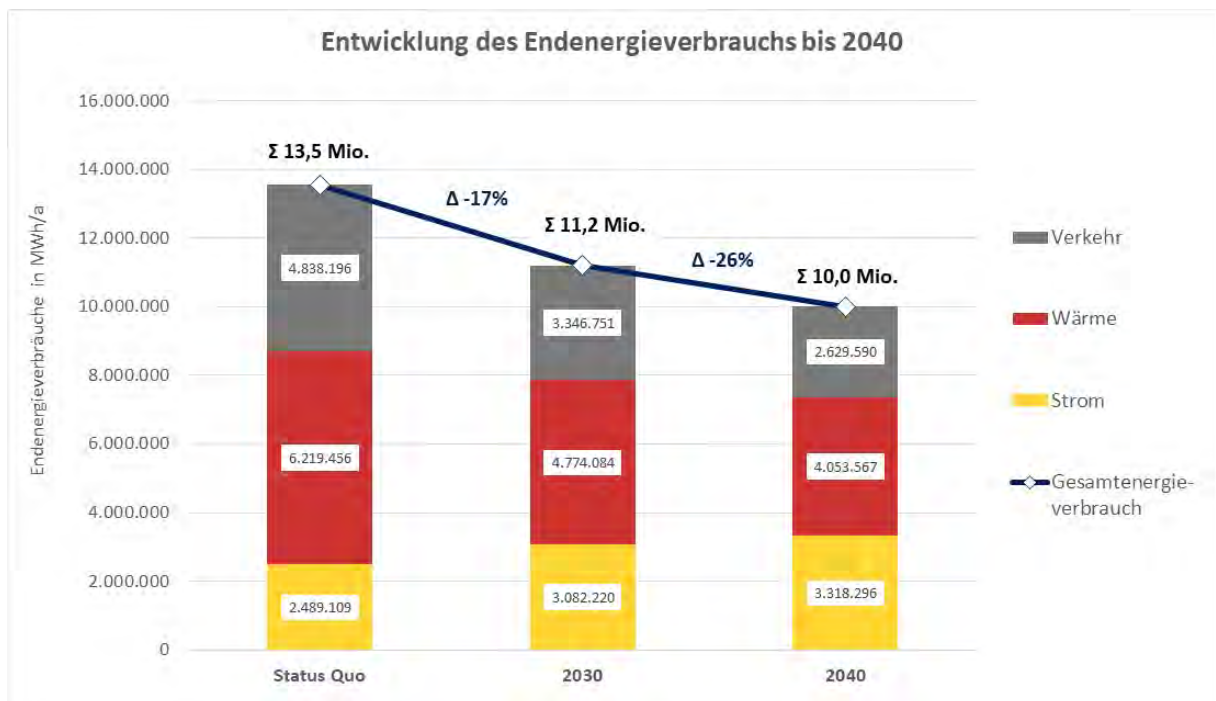


Abbildung 6-1: Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis 2040

Der Endenergieverbrauch des Betrachtungsgebietes wird sich aufgrund des angenommenen Entwicklungsszenarios in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr von derzeit ca. 13,5 Mio. MWh/a auf rund 10,0 Mio. MWh/a im Jahr 2040 reduzieren. Es zeigt sich, dass bis

2030 insgesamt 17 % und bis 2040 rund 26 % des Endenergieverbrauchs bezogen auf den Status Quo 2017 eingespart werden können.

Nachfolgend werden die wichtigsten angesetzten Grundlagen des Szenarios (verbrauchsseitige Betrachtung) zusammengefasst, dabei werden neue Anwendungsfelder, Technologien und Trendentwicklungen zu einer gesteigerten Stromnachfrage im Betrachtungsgebiet führen. Es wird von einem deutlich wachsenden Strombedarf ausgegangen, da entsprechende Strommengen im Wärme- und Verkehrssektor zur Verdrängung fossiler Energieträger benötigt werden (Sektorenkopplung):

- Die Verbrauchergruppen Private Haushalte, Gewerbe und Sonstiges, Verarbeitendes Gewerbe sowie die kommunalen und kreiseigenen Liegenschaften tragen zu einer Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs bei, indem sie durch Effizienz- und Sanierungsmaßnahmen ihren stationären Energieverbrauch stetig bis 2040 senken.
- Der Eigenstrombedarf regenerativer Stromerzeugungsanlagen wird mitberücksichtigt, der im Ergebnis den Strombedarf erhöht.
- Es wird angenommen, dass es bis 2040 einen wachsenden Einsatz von Strom zu Wärmezwecken geben wird. Hierunter fallen z. B. Wärmepumpen oder effiziente Stromheizsysteme. Mögliche Technologien für effiziente Stromheizsysteme stellen beispielhaft Elektroheizsysteme, Power-to-Heat für Wärmenetze oder Power-to-X<sup>100</sup> dar.
- Ab 2030 kommt die Erzeugung von grünem Wasserstoff hinzu, die ebenfalls einen zusätzlichen Strombedarf mit sich bringt. Es wird davon ausgegangen, dass ein Teil des bilanziellen „Überschussstroms aus erneuerbaren Energieträgern“ (vgl. Kapitel 4.6) des Betrachtungsgebietes für die Bereitstellung von Wasserstoff aufgewendet wird – unabhängig des Produktionsstandorts. Der erzeugte Wasserstoff wird im Szenario für Industrieanwendungen sowie im Verkehrssektor (Schwerlastverkehr) berücksichtigt.
- Die Entwicklung der Neuzulassungsstruktur sorgt für eine zunehmende Substitution von Verbrennungsmotoren durch effizientere Elektroantriebe, d. h. die derzeitigen Benzin- und Dieselfahrzeugbestände werden sukzessive durch Fahrzeuge mit alternativen Antrieben (Elektrofahrzeuge, Hybridfahrzeuge, Brennstoffzellenfahrzeuge) ersetzt. Dadurch kann eine hohe Energieeinsparung erzielt werden. Der Verkehrssektor weist aufgrund zunehmender Elektromobilität und alternativer Antriebe jedoch einen erhöhten Strombedarf auf (Sektorenkopplung).
- Das Verkehrsaufkommen bzw. die territorial erbrachte Fahrleistung im Betrachtungsgebiet bleibt konstant.

---

<sup>100</sup> Power-to-X bezeichnet verschiedene Technologien zur Speicherung bzw. anderweitigen Nutzung von Stromüberschüssen in Zeiten eines (zukünftigen) Überangebotes variabler erneuerbarer Energien wie z. B. Solarenergie, Windenergie oder Wasserkraft.

- Der Einsatz von klimaneutralen Treibstoffen, anstelle von fossilen Treibstoffen, wird über alle Fahrzeugarten vermehrt Einzug halten.

Der damit einhergehende sukzessive und vollständige Ausbau der Potenziale „Erneuerbarer Energieträger“ in den Sektoren Strom und Wärme stellt sich im Zeitverlauf wie folgt dar:

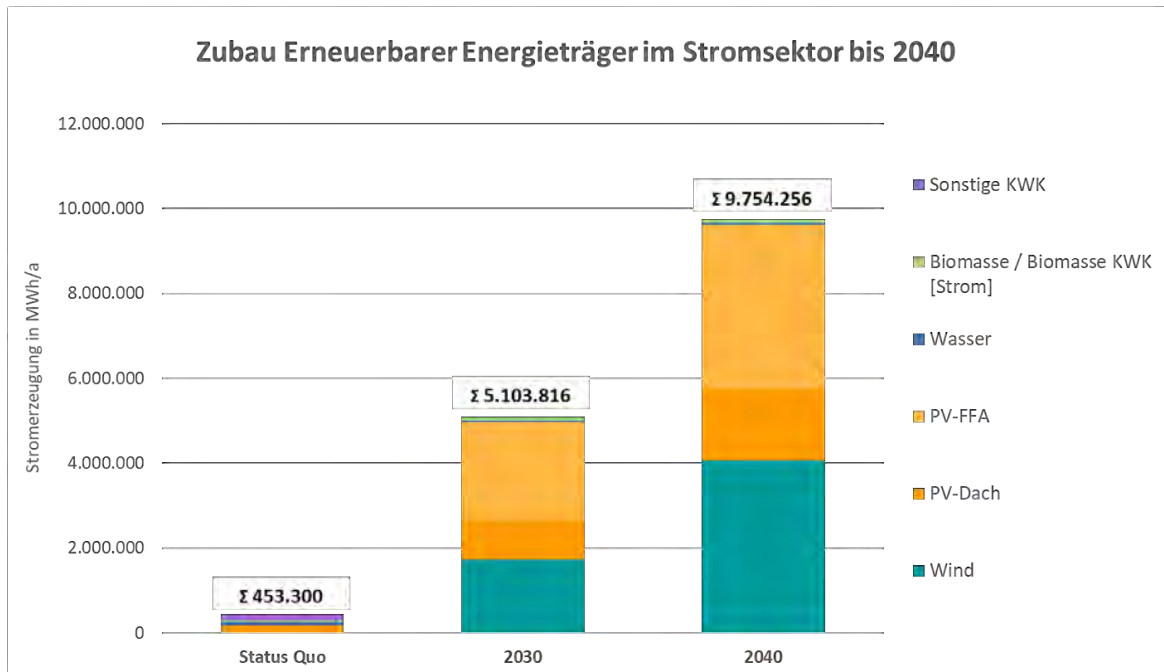


Abbildung 6-2: Zubau Erneuerbarer Energieträger im Stromsektor bis 2040

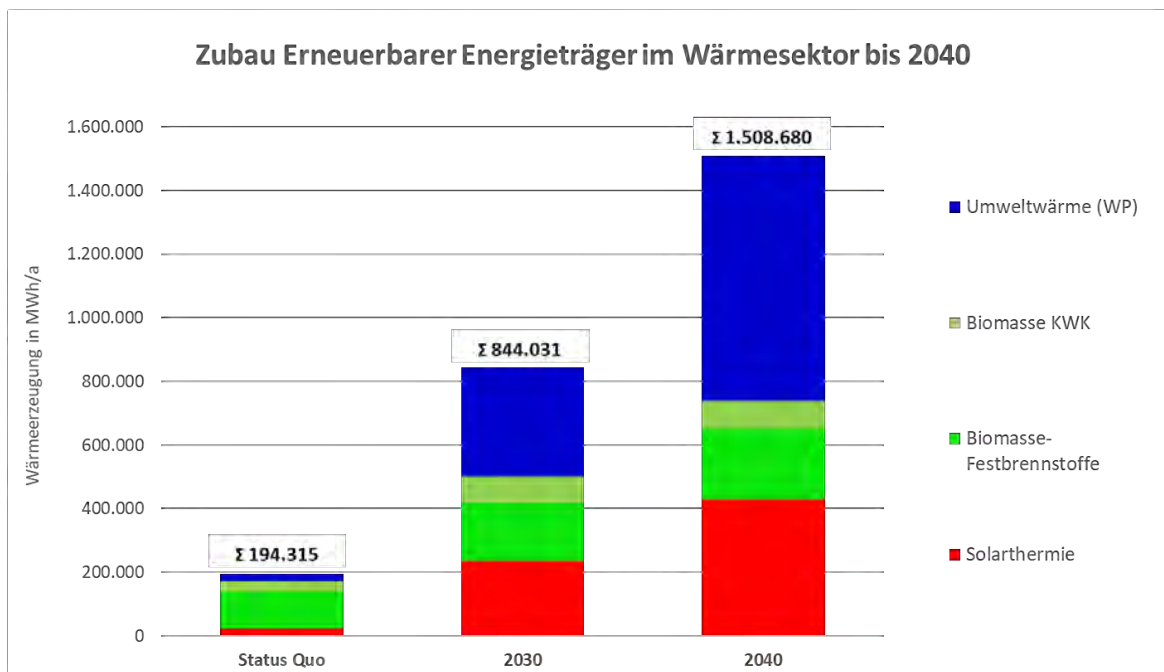


Abbildung 6-3: Zubau Erneuerbarer Energieträger im Wärmesektor bis 2040

Nachfolgend werden die angesetzten Grundlagen des Szenarios (erzeugungsseitige Betrachtung) nochmals zusammengefasst:

- Alle ermittelten EE-Potenziale werden bis 2040 zu 100 % zugebaut.
- Die dezentrale Stromerzeugung stützt sich überwiegend auf Windenergie, Photovoltaik auf Dachflächen und Photovoltaik auf Freiflächen. Wasserkraft und Biomasse tragen in kleinen Teilen ebenfalls zur dezentralen Stromerzeugung bei.
- In Bezug auf die Solarpotenzialanalyse ist eine Heizungs- und Warmwasserunterstützung durch den Ausbau von Solarthermieanlagen auf Dachflächen eingerechnet.
- Der Anteil der Biomasse zur Wärmebereitstellung kann bis zum Jahr 2040 gegenüber dem heutigen Stand unter Ausschöpfung des vorhandenen Potenzials gesteigert werden.<sup>101</sup>
- Es wird davon ausgegangen, dass die technische Feuerstättenanierung den Ausbau oberflächennaher Geothermie in Form von Wärmepumpen begünstigt.

Bei ambitionierter Umsetzung auf Grundlage der zuvor beschriebenen Annahmen, kann im Jahr 2040 der Stromsektor bilanziell gesehen zu 100 % aus lokalen Erneuerbaren Energien versorgt werden, der Wärmesektor zu 88 % und der Verkehrs- und Transportsektor zu 64 %.

Die im Entwicklungsszenario aufgezeigte Senkung des Energieverbrauchs ist gekoppelt mit einem enormen Umbau des Versorgungssystems, welches sich von einer primär fossil geprägten Struktur zu einer regenerativen Energieversorgung entwickelt. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass Erneuerbare-Energien-Anlagen aufgrund ihrer dezentralen und fluktuierenden Strom- und Wärmeproduktion besondere Herausforderungen an die Energiespeicherung und Abdeckung von Grund- und Spitzenlasten im Verteilnetz mit sich bringen. Intelligente Netze und Verbraucher werden in Zukunft in diesem Zusammenhang unerlässlich sein. Um die forcierte dezentrale Energieproduktion im Jahr 2040 zu erreichen, ist folglich der Umbau des derzeitigen Energiesystems unabdingbar.<sup>102</sup>

---

<sup>101</sup> Voraussetzung hierzu ist der vorgeschlagene Anbaumix im Rahmen der Biomassepotenzialanalyse, der Ausbau moderner Holzheizsysteme im Wohngebäudebestand, der Ausbau von Biomasse/Biogas-KWK-Anlagen sowie der Anschluss weiterer (Wohn-)Gebäude an neue, zu errichtende Biogasanlagen.

<sup>102</sup> Im Rahmen des vorliegenden Konzeptes konnte eine Betrachtung des erforderlichen Netzausbau, welcher Voraussetzung für die flächendeckende Installation ausgewählter dezentraler Energiesysteme ist, nicht berücksichtigt werden. An dieser Stelle werden Folgestudien benötigt, die das Thema Netzausbau / Smart Grid im Betrachtungsgebiet im Detail analysieren.

## 6.2 Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2040

Im Kontext der vorliegenden Studie und im Hinblick auf die strategische Zielsetzung „Klimaneutralität bis 2040“ werden bei der Bewertung der THG-Emissionen im Zeitverlauf die THG-Emissionen im Stromsektor unter Berücksichtigung und Anrechnung der lokalen, regenerativen Stromerzeugung ausgewiesen. Streng genommen dürften nach dem Bilanzierungsprinzip der endenergiebasierten Territorialbilanz auch Emissionsminderungen, welche durch lokale Erzeugung aus erneuerbaren Energien erfolgen, nicht mit den Emissionen der Stromversorgung verrechnet werden, da sich jede regenerative Erzeugungsanlage vom Prinzip im Emissionsfaktor des Bundesstrommix widerspiegelt. Die Größenordnung dieser Doppelbilanzierung ist jedoch, gemessen am gesamtdeutschen regenerativen Kraftwerkspark, als verschwindend gering zu betrachten. Eine vollständige Zurechnung der lokal erzeugten Strommengen auf die erstellte Bilanz soll in vorliegender Studie aufzeigen, inwieweit ein bilanzieller Ausgleich der tatsächlich im Gebiet verursachten Emissionen möglich ist.

Durch den Ausbau einer regionalen, regenerativen Strom- und Wärmeversorgung sowie durch die Erschließung von Effizienz- und Einsparpotenzialen in allen betrachteten Bereichen lassen sich bis zum Jahr 2040 rund 4,1 Mio. t CO<sub>2e</sub> gegenüber 2017 einsparen. Dies entspricht einer Gesamteinsparung von rund 93 %.

Einen großen Beitrag hierzu leisten die Einsparungen im Stromsektor, unter Berücksichtigung der lokalen, regenerativen Stromerzeugung, die bis zum Jahr 2040 vollständig vermieden werden können.

Durch den zuvor beschriebenen Aufbau einer nachhaltigen Wärmeversorgung können die Treibhausgasemissionen in diesem Sektor zwar stark vermindert, jedoch nicht vollständig vermieden werden. Grund hierfür ist die Verbrauchsmenge fossiler Energieträger, die im Jahr 2040 noch im System verbleibt. Insgesamt wird bis zum Jahr 2040 im Wärmesektor eine THG-Einsparung von rund 90 % gegenüber 2017 erreicht.

Die Emissionen des Verkehrssektors werden aufgrund technologischen Fortschrittes der Antriebstechnologien sowie der Einsparpotenziale innovativer Verbrennungsmotoren im Entwicklungspfad sukzessive gesenkt. In Kapitel 6.1 wurde anhand eines Entwicklungsszenarios beschrieben, dass es zukünftig zu Kraftstoffeinsparungen, der Substitution fossiler Treibstoffe durch biogene Treibstoffe in Verbrennungsmotoren und dem vermehrten Einsatz effizienter Elektroantriebe<sup>103</sup> kommen wird. Dennoch können die Emissionen im Verkehrssektor bis zum

---

<sup>103</sup> An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass der Umbau des Fahrzeugbestandes hin zur Elektromobilität unmittelbar mit einem Systemumbau des Tankstellennetzes einhergeht. Dieser Aspekt kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht behandelt werden und ist in einem gesonderten Konzept zu vertiefen.

Jahr 2040 nicht vollständig vermieden werden. Insgesamt wird bis zum Jahr 2040 im Verkehrssektor eine THG-Einsparung von rund 89 % gegenüber 2017 erreicht.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Entwicklungspotenziale der Emissionsbilanz aller Sektoren:

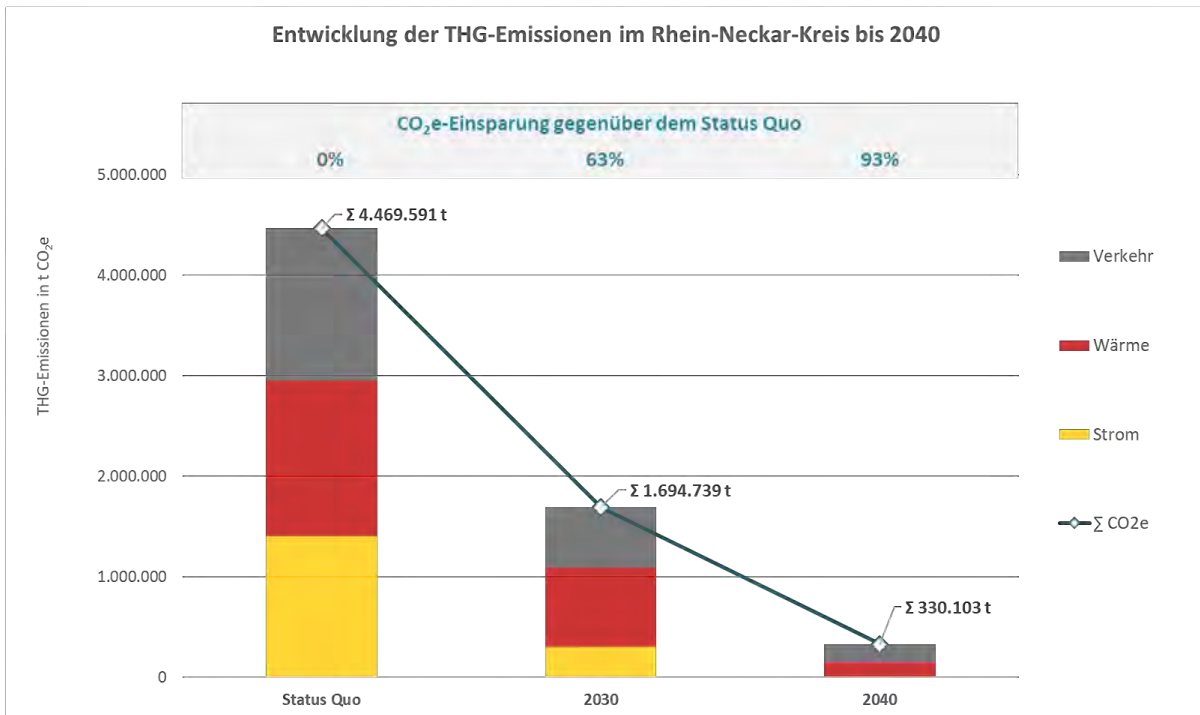


Abbildung 6-4: Entwicklung der THG-Emissionen bis 2040 auf Basis der zukünftigen Energiebereitstellung

Wie obenstehende Abbildung zeigt, werden im Rhein-Neckar-Kreis im Jahr 2040, weiterhin ca. 330.000 t CO<sub>2</sub>e emittiert. Der Zielerreichungsgrad der Klimaneutralität über alle betrachteten Bereiche und Sektoren beträgt somit rund 93 %.

Dies bedeutet im Ergebnis, dass die eigenen Potenziale im Kreisgebiet bei maximalem Zubau (100 %) nicht ausreichen, um die Klimaneutralität (Netto-Null bezogen auf die Treibhausgasemissionen) über alle Sektoren im Zieljahr 2040 zu erreichen.



## 7 Szenario zur Regionalen Wertschöpfung bis 2040

Im Folgenden wird ein langfristiges Szenario aufgezeigt, welches die möglichen Potenziale regionaler Wertschöpfung für die Dekaden 2030 und 2040 innerhalb des Rhein-Neckar-Kreises darstellt. Der Zubau Erneuerbarer Energien und die Erschließung von Energieeffizienz erfolgt entsprechend des Entwicklungsszenarios der Energie- und Treibhausgasbilanz (vgl. Kapitel 6), welches einen vollständigen Ausbau aller erhobenen Erneuerbaren Energien Potenziale bis 2040 unterstellt. Unter Berücksichtigung der zu erschließenden Potenziale im Zeitverlauf können stetig Finanzmittel in neuen, regionalen Wirtschaftskreisläufen gebunden werden (vgl. Kapitel 3.2).

### 7.1 Regionale Wertschöpfung 2030

Für die Kalkulation des Szenarios werden verschiedene Annahmen getroffen, die beispielhaft aufzeigen, unter welchen Bedingungen eine Wirtschaftlichkeit und die damit einhergehende regionale Wertschöpfung im Betrachtungsgebiet ausgelöst werden kann. Als wesentliche Treiber werden hierfür die Faktoren Energiepreise und Preissteigerungsraten identifiziert. Vor dem Hintergrund der aktuellen Situation, in der sich die Energiepreise und die Preissteigerungsraten sehr volatil verhalten und entsprechend eine Prognose zur zukünftigen Entwicklung der beiden Parameter schwer abschätzbar ist, wird bei der Berechnung der Regionalen Wertschöpfung auf eine Methode zurückgegriffen, die auf konservativen Annahmen beruht, sodass das Ergebnis durch das aktuell extrem hohe Preisniveau wenig beeinflusst wird. Alle Annahmen sowie eine entsprechende Methodikbeschreibung zur Ermittlung der regionalen Wertschöpfung sind dem Anhang A zu entnehmen.

Unter den getroffenen Annahmen ergibt sich für das Jahr 2030 ein Gesamtinvestitionsvolumen von rund 5,4 Mrd. € für das Betrachtungsgebiet. Hiervon entfallen auf den Strombereich ca. 4,9 Mrd. €, auf den Wärmebereich ca. 480 Mio. € und auf die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme ca. 42 Mio. €.

Mit den ausgelösten Investitionen entstehen über 20 Jahre betrachtet Gesamtkosten von rund 7,5 Mrd. €. Die Kosten werden vorrangig durch die Abschreibungen, die Betriebskosten sowie die Kapital- und Verbrauchskosten ausgelöst. Den Gesamtkosten stehen rund 12,3 Mrd. € Einsparungen und Erlöse gegenüber.

Die aus allen Investitionen, Kosten und Einnahmen abgeleitete regionale Wertschöpfung für das Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises beträgt rund 7,4 Mrd. € durch den bis zum Jahr 2030 installierten Anlagenbestand.

Das Investitionsvolumen sowie dem gegenüberstehend alle Kosten- und Einnahmepositionen des Strom- und Wärmebereiches und die daraus abgeleitete regionale Wertschöpfung zeigt nachstehende Abbildung:

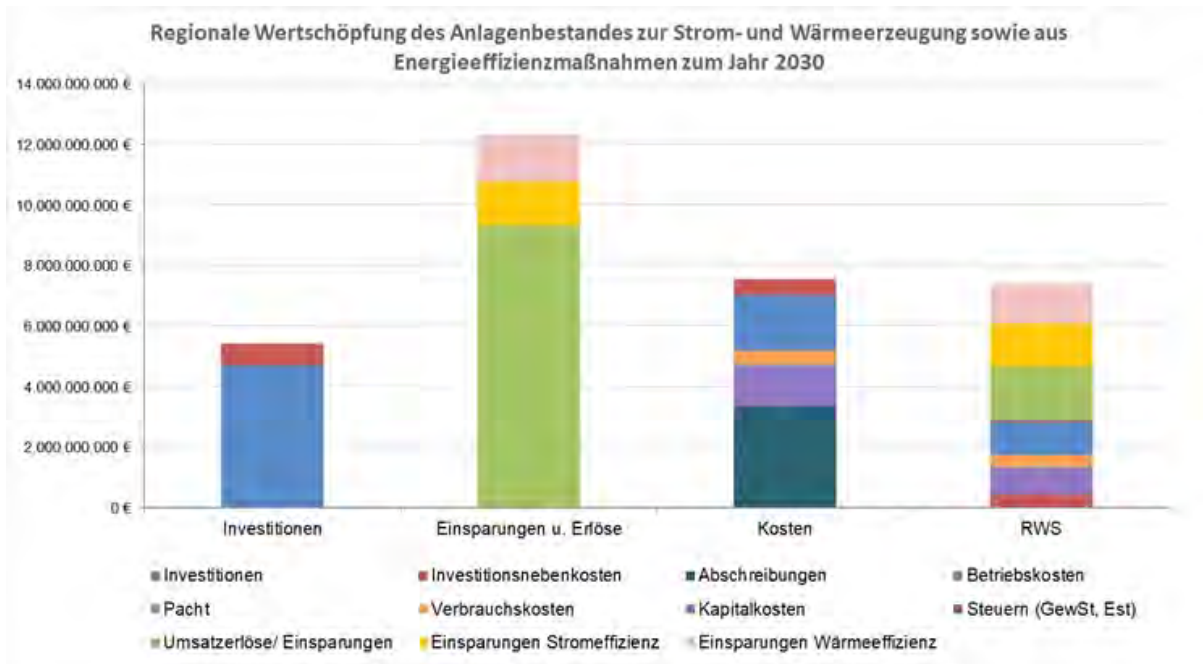


Abbildung 7-1: Szenario zur regionalen Wertschöpfung des Anlagenbestandes zur Erzeugung Erneuerbarer Energien und aus Energieeffizienzmaßnahmen zum Jahr 2030

Die größte Wertschöpfung zum Jahr 2030 entsteht, wie bereits im Status Quo, mit 4,7 Mrd. € im Strombereich. Sie basiert zu diesem Zeitpunkt hauptsächlich auf dem Ausbau von Photovoltaikanlagen (auf Dach- und Freiflächen) und Windkraftanlagen innerhalb des Betrachtungsgebietes sowie der Umsetzung von verbrauchergruppenspezifischen Stromeffizienzmaßnahmen. Hier entstehen rund 63 % der gesamten Wertschöpfung zu diesem Zeitpunkt.

Die Wertschöpfung im Wärmebereich in Höhe von 2,6 Mrd. € entsteht durch die Erschließung von Erneuerbaren Energien und den Betrieb regenerativer Wärmeversorgungssysteme. Sie basiert hauptsächlich auf den Verbrauchskosten und den erschlossenen Wärmeeffizienzpotenzialen in den unterschiedlichen Verbrauchergruppen. Danach folgen die Betreibergewinne durch den Betrieb der installierten Anlagen, die Kapital- sowie die Betriebskosten. Diese Prognose lässt sich im Wesentlichen auf die Vermeidung fossiler Brennstoffe zurückführen, welche künftig in geringerem Maße eingekauft werden müssen.

Daneben kann im Bereich der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme vor allem durch die Betriebs- und Verbrauchskosten, u. a. aufgrund des Einsatzes nachhaltiger Systeme, die regionale Wertschöpfung um weitere 100 Mio. € gesteigert werden.

## 7.2 Regionale Wertschöpfung 2040

Bei einer Betrachtung bis zum Jahr 2040 können die regionalen Wertschöpfungseffekte im Betrachtungsgebiet nochmals deutlich gesteigert werden. Im Rahmen der Szenariobetrachtung errechnet sich unter den getroffenen Annahmen ein Gesamtinvestitionsvolumen von rund 10,9 Mrd. € hiervon entfallen ca. 9,3 Mrd. € auf den Strombereich, ca. 1,6 Mrd. € auf den Wärmebereich und ca. 58 Mio. € auf die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme.

Mit den ausgelösten Investitionen entstehen im Zeitverlauf bis 2040 betrachtet Gesamtkosten von rund 15,7 Mrd. €. Diesen stehen etwa 24,8 Mrd. € Einsparungen und Erlöse gegenüber.

Die aus allen Investitionen, Kosten und Einnahmen abgeleitete regionale Wertschöpfung beträgt in Summe rund 15,9 Mrd. € durch den bis zum Jahr 2040 installierten Anlagenbestand. Hierbei entfallen auf den Stromsektor 9,8 Mrd. €, auf den Wärmesektor 5,9 Mrd. € und auf die gekoppelte Erzeugung rund 167 Mio. €.

Das Investitionsvolumen sowie dem gegenüberstehend alle Kosten- und Einnahmepositionen des Strom- und Wärmebereiches und die daraus abgeleitete regionale Wertschöpfung zeigt nachstehende Abbildung:

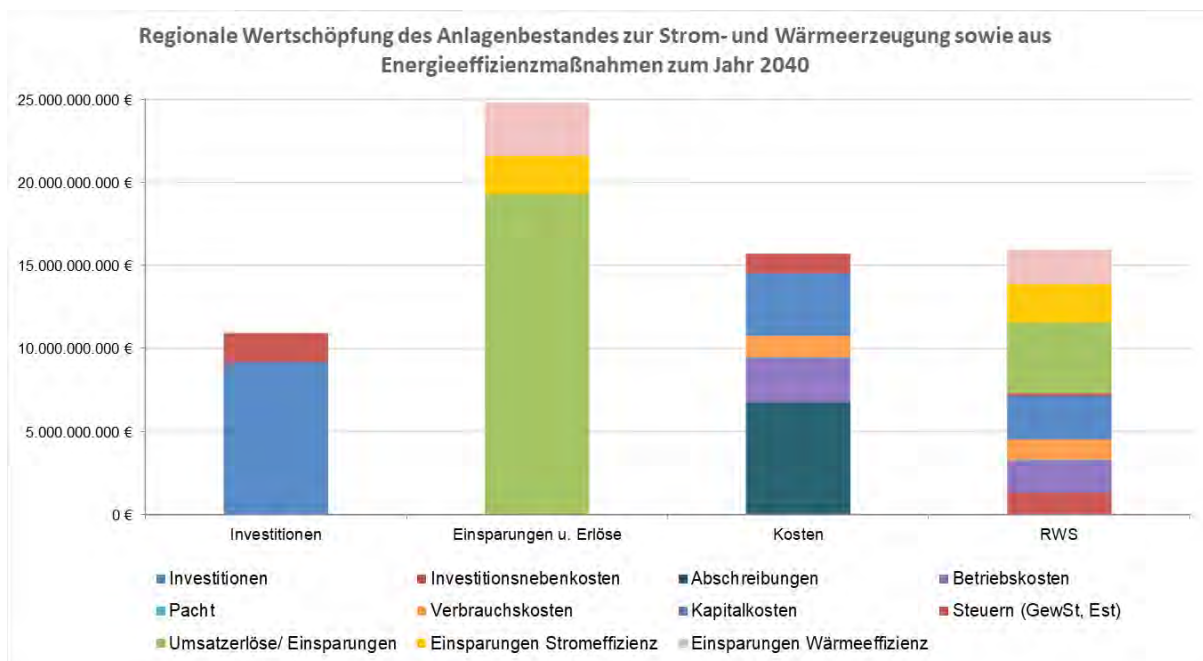


Abbildung 7-2: Szenario zur regionalen Wertschöpfung des Anlagenbestandes zur Erzeugung Erneuerbarer Energien und aus Energieeffizienzmaßnahmen zum Jahr 2040

Die in obenstehender Abbildung dargestellten Ergebnisse basieren auf der Annahme, dass die vorhandenen Potenziale im Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz innerhalb des Rhein-Neckar-Kreises vollständig erschlossen werden und sich die regionalen Wirtschaftskreisläufe fortwährend schließen. Somit ist davon auszugehen, dass bspw. benötigte Dienstleistungen und Ressourcen (bspw. Kredite der Banken, Bau der Anlagen, Umsetzung

der Sanierungsmaßnahmen) innerhalb des Betrachtungsgebietes bereitgestellt werden können. Hierdurch können Geldmittel in hohem Umfang lokal gebunden werden.

### 7.3 Profiteure der Regionalen Wertschöpfung

Werden nun die einzelnen Profiteure der regionalen Wertschöpfung betrachtet, so ergibt sich zum Jahr 2040 folgende Darstellung:

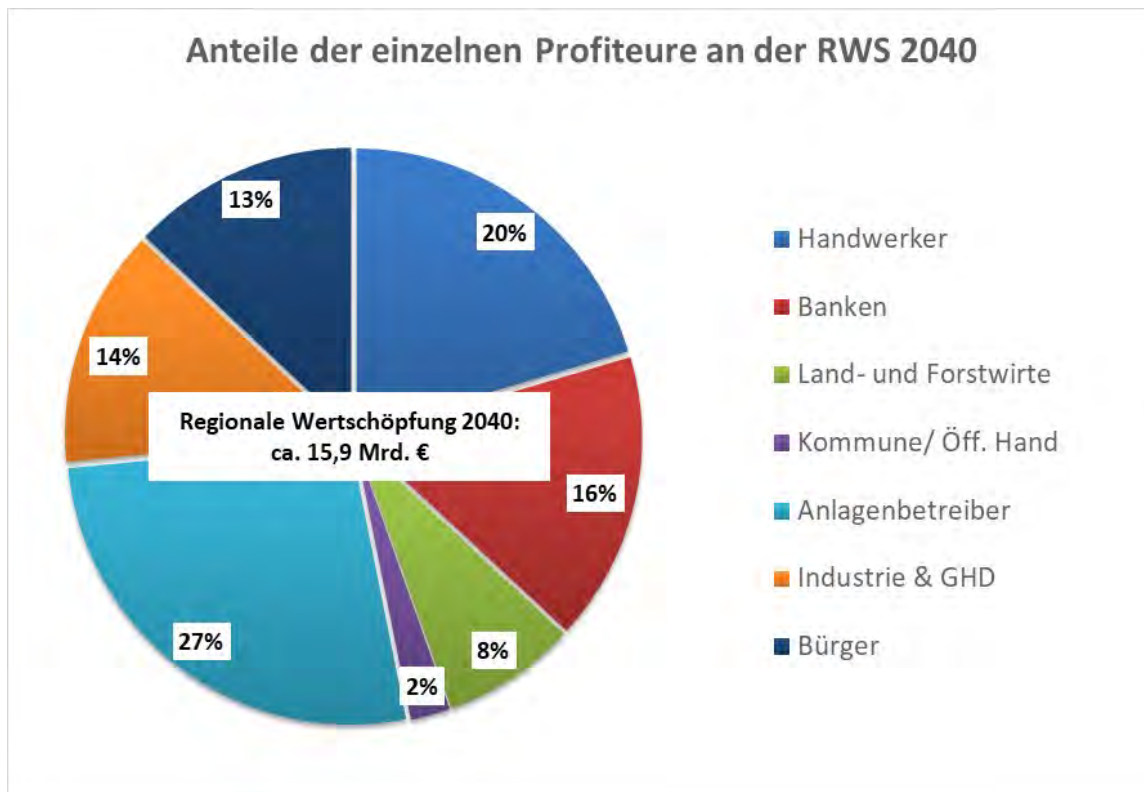


Abbildung 7-3: Profiteure der regionalen Wertschöpfung 2040

Der größte Anteil mit rund 27 % der regionalen Wertschöpfung entsteht bei den Anlagenbetreibern. Somit sind die Anlagenbetreiber die Hauptprofiteure der regionalen Wertschöpfung im Szenario bis zum Jahr 2040. Die Wertschöpfung dieser Personengruppe basiert auf dem Betrieb von Erneuerbaren-Energien-Anlagen. Danach folgen die Handwerker, die durch Installation, Wartung und Instandhaltung der Anlagen mit rund 20 % an der Wertschöpfung profitieren können. Die Banken und Kreditinstitute können im Rahmen der Finanzierung von Erneuerbaren-Energien-Anlagen bzw. Effizienzmaßnahmen einen Wertschöpfungsanteil von rund 16 % generieren. Der Sektor Industrie & GHD kann durch die resultierenden Kosteneinsparungen aufgrund der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen mit ca. 14 % an der Wertschöpfung 2040 partizipieren. Danach folgen die Bürger mit einem Anteil von 13 %. Diese Wertschöpfung ist auf die Substitution fossiler Brennstoffe in den privaten Haushalten und den damit einhergehenden Kostenersparnissen zurückzuführen. Als weitere Profiteure können die Land- und Forstwirte mit ca. 8 % genannt werden. Diese Wertschöpfung beruht u. a. auf den erzielten

Erlösen durch die Bereitstellung regenerativer Energieträger. Die öffentliche Hand kann mit ca. 2 % von der Wertschöpfung profitieren, u. a. aufgrund von Steuereinnahmen.

Es ist hervorzuheben, dass die Wertschöpfung für die Bürger und Kommunen sowie die Unternehmen wesentlich höher ausfällt, sobald sie sich als Anlagenbetreiber beteiligen können. Daher ist es Ziel und Empfehlung, Teilhabemodelle mit dem Ausbau regenerativer Energien und Effizienzmaßnahmen intensiv und breitflächig zu etablieren. Diese können sich auf unterschiedliche Art und Weise darstellen. Beispielsweise können Bürgerenergiegenossenschaften einen Beitrag leisten, um eine Akzeptanz zu regenerativen Energieprojekten zu ermöglichen. Durch eine transparente Darstellung erhalten die Bürger einerseits Informationen zu neuen Planungen. Andererseits kann durch finanzielle Einlagen unmittelbar von den Einnahmen der Energieprojekte profitiert werden, da eine anteilige Vergütung ausgezahlt wird.

Aber auch die Kommunen können EE-Projekte dazu nutzen, um die Teilhabe in der Gesellschaft zu fördern. Hier sei das „Schnorbacher Modell“ genannt.<sup>104</sup> Die kleine Gemeinde Schnorbach hat den Bau von zwei Windrädern auf kommunalen Flächen bereits zu Beginn mit einem Regionalentwicklungsprogramm verbunden. Ein Teil der Pachteinnahmen fließt in einen Fördertopf der Gemeinde, von dem ihre Einwohner, wie auch solche aus anderen Gemeinden in unmittelbarer Nähe zu den Anlagen, profitieren. Gezielt werden Effizienzberatungen, Altgerätetausch und Sanierungsmaßnahmen aus dem Fördertopf unterstützt. Dies führt zu einer gesteigerten Akzeptanz und zusätzlich motiviert es die Bürger sich am Klimaschutz zu beteiligen.

---

<sup>104</sup> Vgl. Energieatlas Rheinland-Pfalz (2020): Ganzheitliche kommunale Energiesparrichtlinie als Pilotmodell in Schnorbach, (Zugriff: 05.04.2022)

## 8 Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Studie wurden erstmalig für den Rhein-Neckar-Kreis eine umfassende Potenzialanalyse zum Ausbau der erneuerbaren Energien und ein mögliches Szenario zur Erreichung einer Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 ausgearbeitet. Die zentralen Erkenntnisse hieraus sind nachstehend zusammengefasst.

### Energieversorgung (Status-Quo)

Methodisch folgt die Bestandsanalyse dem BSKO-Standard. Aus diesem Grund wird in vorliegender Betrachtung das endenergiebasierte Territorialprinzip angewandt. Im Rahmen des endenergiebasierten Territorialprinzips werden alle Energieverbräuche der relevanten Verbrauchergruppen erfasst, die auf dem Territorium des Betrachtungsgebietes (hier: des Rhein-Neckar-Kreises) entstehen (vgl. Kapitel 1.4.1).

Der Gesamtenergiebedarf des Rhein-Neckar-Kreises kann zum heutigen Stand mit ca. 13,5 Mio. MWh beziffert werden. Anteilig betrachtet verteilen sich diese mit rund 19 % auf den Gesamtstromverbrauch, 46 % auf den Gesamtwärmeverbrauch und 35 % auf Energieverbräuche im Sektor Verkehr und Transport.

Der Anteil der regenerativen Energien liegt im Stromsektor aktuell (Stand 2020) bei 18 %, während der Wärmesektor zu ca. 15 % aus regenerativen Quellen gedeckt wird. Somit liegt die Erzeugungsrate für regenerativen Strom deutlich unter dem Bundesdurchschnitt (33,1 %), gleichzeitig liegt der Anteil an regenerativer Wärme leicht über dem Bundesdurchschnitt (Bund 13,8 %). Der Verkehrssektor wird nahezu vollständig mit fossilen Energieträgern versorgt.

- Die Ist-Analyse verdeutlicht die gegenwärtige Abhängigkeit von fossilen Energieträgern im Betrachtungsgebiet.
- Um die ambitionierten Klimaschutzziele des Rhein-Neckar-Kreises zu erreichen, muss der Ausbau der regenerativen Energieträger bis zum Jahr 2040 deutlich beschleunigt werden.
- Gleichzeitig ist es erforderlich, Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienz zu forcieren.

### Potenziale im Rhein-Neckar-Kreis

Bei der Ermittlung der Potenziale aus Erneuerbaren Energien werden Restriktionen berücksichtigt, die aus heutiger Sicht eine Flächenerschließung grundsätzlich verhindern (z. B. Topografie, Mindestabstände zur derzeitigen Bebauung oder Naturschutzgebiete). Flächen, die den Bau von Erneuerbaren-Energien-Anlagen aus heutiger Sicht nicht grundsätzlich ausschließen, werden als energetisches Potenzial angesehen. Die Darstellung der Potenziale bil-

det demzufolge zunächst einen grundsätzlich-theoretischen, maximalen Rahmen der Möglichkeiten für das Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises ab. Die lang- oder kurzfristige Umsetzung der Potenziale kann daher bedingt durch konkrete Einzelfallprüfungen auch in einem reduzierteren Umfang erfolgen. Die tatsächliche Höhe der Erschließung der Potenziale entscheidet sich letztlich also auf der Basis standortbezogener Detailuntersuchungen, etwa um die Wirtschaftlichkeit oder auch die Umweltauswirkungen zu bewerten, und daraus abgeleiteten Entscheidungen vor Ort. Die hier erfolgte Potenzialdarstellung stellt damit keinen konkreten Umsetzungsplan dar (vgl. Kapitel 4).

Die Potenzialerhebung zeigt, dass auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises rund 9,8 Mio. MWh Strom und 625.000 MWh für den direkten Wärmeeinsatz aus regenerativen Energieträgern erzeugt werden könnten. Dem gegenüber besteht ein Gesamtstromverbrauch im Status Quo in Höhe von 2,5 Mio. MWh und ein Gesamtwärmeverbrauch in Höhe von 6,2 Mio. MWh.

Die größten Ausbaupotenziale liegen in der Photovoltaik (5,6 Mio. MWh) und Windkraft (4 Mio. MWh). Die sonstigen Potenziale nehmen im Stromsektor eine untergeordnete Rolle ein, sollten jedoch für einen ganzheitlichen und flexiblen Strommix ebenfalls weiter ausgebaut werden.

Im Wärmebereich wird deutlich, dass nicht ausreichend Potenzial besteht, um Wärme unmittelbar aus regenerativen Quellen wie Biomasse und Solarthermie bereitzustellen. Beide Potenziale zusammen kommen auf einen Anteil von rund 10 % gemessen am Ist-Verbrauch.

Das regenerative Strompotenzial übersteigt knapp das Vierfache des gegenwärtigen Stromverbrauchs und bietet somit die Chance, die Sektoren Wärme und Verkehr bspw. durch die Umwandlung von Strom zu Wärme (Power-to-Heat), Wasserstoff oder auch als Treibstoff für Elektromobilität mitzuversorgen.

- Die Unterdeckung im Wärmesektor und der enorme Bedarf an regenerativen Treibstoffen befördert die Notwendigkeit der Sektorenkopplung.
- Durch den Einsatz von regenerativem Strom kann die Abhängigkeit von fossilen Energien weiter verringert werden.

## **Szenario zur Klimaneutralität (2040)**

Bei der Szenarioentwicklung handelt es sich um eine bilanzielle Betrachtung. Dies bedeutet, es wird im Ergebnis die rechnerische Bedarfsdeckung pro Jahr aufgezeigt, die besagt, wie viel Prozent des Energiebedarfs im Betrachtungsgebiet durch eine Umsetzung der lokalen, erneuerbaren Energiepotenziale gedeckt werden kann - unabhängig davon, wo und wann im Zeitverlauf die erzeugte Energie verbraucht wird. Hierbei wird davon ausgegangen, dass jede potenziell erzeugte Energiemenge auch verwendet wird (vgl. Kapitel 1.4.3).

Zur Erstellung des Szenarios Klimaneutralität zum Jahr 2040 wurde angenommen, dass alle im Kreisgebiet vorhandenen regenerativen Energiepotenziale voll ausgeschöpft werden und auch im Bereich Energieeffizienz und -einsparung die prognostizierten Werte eingehalten werden (vgl. Kapitel 6). Auch die Sektorenkopplung zur Wärmeerzeugung und für Mobilitätszwecke wird dabei mitbetrachtet.

In diesem Szenario kann der Stromsektor bis zum Jahr 2040 vollständig klimaneutral den Bedarf abdecken. Der darüberhinausgehende Stromanteil wird zur Deckung der Wärmebedarfe sowie für klimaneutrale Antriebsmöglichkeiten im Verkehr zur Verfügung gestellt.

Dennoch zeichnet sich dabei im Wärmesektor ab, dass die Bereitstellung von Wärme im Rhein-Neckar-Kreis nicht vollständig aus den regionalen Potenzialen bereitgestellt werden kann. Der Gesamtwärmebedarf kann zu etwa 88 % durch lokale Potenziale gedeckt werden. Im Verkehrssektor kann der Anteil der regenerativen Energieträger auf 64 % ausgebaut werden.

Hinsichtlich der Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Kreisgebiet bis 2040 zeigt sich: Unter Annahme des maximalen Zubaus Erneuerbarer Energien des Entwicklungsszenarios können die THG-Emissionen des Strombereichs bis 2040 vollständig vermieden werden. Bis zum Jahr 2040 wird im Wärmesektor eine THG-Einsparung von rund 90 % gegenüber 2017 erreicht und im Verkehrssektor wird bis zum Jahr 2040 eine THG-Einsparung von rund 89 % gegenüber 2017 erreicht.

Dabei ist zu beachten, dass die THG-Einsparung sowohl durch den Einsatz Erneuerbarer Energieträger (Erschließung der EE-Potenziale), als auch durch die Umsetzung von Energieeinspar- und Energieeffizienzmaßnahmen (Gebäudedämmung, Elektromobilität, Abwärmennutzung etc.) erzielt wird. Hinzu kommt: Je mehr der Energiebedarf reduziert werden kann, desto effektiver wirkt sich die Erschließung der EE-Potenziale hinsichtlich der THG-Einsparung aus.



Insgesamt erreicht der Landkreis im Rahmen des Szenarios durch die Umsetzung der Potenziale eine THG-Einsparung von 93 % und verfehlt somit knapp das Ziel einer Klimaneutralität bis 2040.

- Die Erhebung ist an Entwicklungsprognosen und Studien gebunden, die eine Klimaneutralität aus heutiger Sicht nicht möglich machen.
- Der Verkehrssektor stellt aufgrund der Vorgaben des Bilanzierungsstandards-BICO2BW (Einbezug des Pendlerverkehrs) eine große Herausforderung für den Rhein-Neckar-Kreis dar.
- Nicht-quantifizierbare Potenziale (z. B. Solarcarports, Solarwände, Agri-Photovoltaik, Tiefengeothermie) konnten aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt werden.

### **Regionale Wertschöpfung**

Der angestrebte Transformationsprozess im Rhein-Neckar-Kreis erfordert einen massiven Umbau des gegenwärtigen Versorgungssystems. Hierdurch kommt es zu neuen Investitionen im Landkreis, die in Form einer regionalen Wertschöpfung ausgewiesen werden können. Für den Rhein-Neckar-Kreis kann die Wertschöpfung bis zum Jahr 2040 auf 15,9 Mrd. € beziffert werden (Kapitel 7.2).

Zu den Profiteuren zählen neben den Anlagenbetreibern auch das Handwerk sowie Banken und Kreditinstitute, die den erforderlichen Umbau mitgestalten. Nicht zuletzt durch die Kostenersparnis gegenüber fossilen Energieträgern profitieren Endverbraucher vom Umbau des Energiesystems (Kapitel 7.3). Um den maximalen Nutzen aus den Wertschöpfungseffekten zu ziehen, gilt es die Umsetzung soweit möglich durch regionale Akteure zu erbringen.

- Die regionale Wertschöpfung ist eine bedeutsame Kenngröße in politischen Diskussionen und schafft Anreize für die Umsetzung.
- Durch die Gründung von bspw. Bürgerenergiegenossenschaften kann die Akzeptanz für regenerative Erzeugungsanlagen in der Bevölkerung gestärkt werden.
- Lokale Akteure gilt es bereits in der Planungsphase zu gewinnen.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Karte Rhein-Neckar-Kreis .....	4
Abbildung 1-2: Territorialprinzip, Quelle: eigene Darstellung IfaS.....	6
Abbildung 2-1: Energiebilanz des Rhein-Neckar-Kreises 2017 .....	14
Abbildung 2-2: Anteil erneuerbarer Energien 2017 im Stromsektor auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises .....	15
Abbildung 2-3: Anteil erneuerbarer Energien 2017 im Wärmesektor auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises .....	16
Abbildung 2-4: THG-Bilanz des Rhein-Neckar-Kreises 2017 nach Verbrauchergruppen .....	17
Abbildung 2-5: Verteilung der THG-Emissionen 2017 im Rhein-Neckar-Kreis nach Nutzungsart.....	18
Abbildung 2-6: Indikatorenvergleich 2017 .....	19
Abbildung 3-1: Kosten der Energieversorgung 2017 im Rhein-Neckar-Kreis .....	23
Abbildung 3-2: Zertifikatspreise zur CO <sub>2</sub> -Besteuerung in Deutschland ab 2021 nach dem BEHG .....	24
Abbildung 3-3: Effekte durch die CO <sub>2</sub> -Bepreisung im Rhein-Neckar-Kreis.....	25
Abbildung 3-4: Regionale Wertschöpfung des Anlagenbestandes zur Erzeugung Erneuerbarer Energie im Status Quo (2017).....	28
Abbildung 4-1: Standortbewertung zum Bau von Erdwärmesonden .....	40
Abbildung 4-2: Eignung von Böden für die Nutzung von Erdwärmekollektoren.....	41
Abbildung 4-3: Tiefengeothermiepotenzial anhand Temperaturzonen in 3.000 m Tiefe .....	43
Abbildung 4-4: Projekt GeoHardt.....	44
Abbildung 4-5: Solardachkataster .....	48
Abbildung 4-6: Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen .....	54
Abbildung 4-7: Windenergie – Potenzialflächen.....	61
Abbildung 4-8: Flächenverteilung im Landkreis .....	65
Abbildung 4-9 Waldbesitzverteilung im Betrachtungsraum.....	66
Abbildung 4-10: Landwirtschaftliche Flächennutzung im Betrachtungsraum.....	70
Abbildung 5-1: Anteile Nutzenergie am Stromverbrauch; eigene Darstellung nach WWF Modell Deutschland.....	79
Abbildung 5-2: Energieverluste bei der Wärmeversorgung bestehender Wohngebäude.....	80
Abbildung 6-1: Szenario zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis 2040 .....	85
Abbildung 6-2: Zubau Erneuerbarer Energieträger im Stromsektor bis 2040 .....	87
Abbildung 6-3: Zubau Erneuerbarer Energieträger im Wärmesektor bis 2040 .....	87
Abbildung 6-4: Entwicklung der THG-Emissionen bis 2040 auf Basis der zukünftigen Energiebereitstellung .....	90
Abbildung 7-1: Szenario zur regionalen Wertschöpfung des Anlagenbestandes zur Erzeugung Erneuerbarer Energien und aus Energieeffizienzmaßnahmen zum Jahr 2030 .....	92
Abbildung 7-2: Szenario zur regionalen Wertschöpfung des Anlagenbestandes zur Erzeugung Erneuerbarer Energien und aus Energieeffizienzmaßnahmen zum Jahr 2040 .....	93
Abbildung 7-3: Profiteure der regionalen Wertschöpfung 2040 .....	94

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Mitglieder der Steuerungsgruppe .....	10
Tabelle 2-1: Ausbaustand Erneuerbarer Energien im Stromsektor bis 2020 .....	21
Tabelle 2-2: Ausbaustand Erneuerbarer Energien im Wärmesektor bis 2020 .....	22
Tabelle 4-1: Wasserkraftanlagen in Betrieb im Rhein-Neckar-Kreis.....	33
Tabelle 4-2: Ausbaupotenzial durch Neubau an Gewässern 2. Ordnung .....	34
Tabelle 4-3: Ausbaupotenzial durch Modernisierung.....	35
Tabelle 4-4: Übersicht der Wasserkraftpotenziale im Rhein-Neckar-Kreis.....	37
Tabelle 4-5: Anlagenertrag je Eignungsklasse.....	47
Tabelle 4-6: Ausbaupotenzial Photovoltaik (Dachflächen) .....	49
Tabelle 4-7: Ausbaupotenzial Solarthermie (Dachflächen).....	50
Tabelle 4-8: Potenziell geeignete Flächen (PV-FFA).....	51
Tabelle 4-9: Harte Restriktionskriterien (PV-FFA).....	52
Tabelle 4-10: Weiche Restriktionskriterien (PV-FFA) .....	53
Tabelle 4-11: Ausbaupotenzial Photovoltaik (Freiflächen).....	55
Tabelle 4-12: Zusammenfassung der Solarpotenziale im Rhein-Neckar-Kreis .....	56
Tabelle 4-13: Windenergie – Ausschlusskriterien Siedlung.....	59
Tabelle 4-14: Windenergie – Ausschluss- und Restriktionskriterien Infrastruktur .....	59
Tabelle 4-15: Ausschluss- und Restriktionskriterien Freiraum.....	60
Tabelle 4-16: Ausschluss- und Restriktionskriterien Turbulenzen.....	60
Tabelle 4-17: Ausschlusskriterien Flächennutzungsplanung.....	60
Tabelle 4-18: Windenergiepotenzial in geeigneten bzw. bedingt geeigneten Gebieten (ohne Ausbauszenario).....	62
Tabelle 4-19: Sortimentsverteilung der Ernte.....	67
Tabelle 4-20: Kennzahlen des Kommunal- und Staatswaldes sowie des Privatwaldes.....	67
Tabelle 4-21: Genutztes Energie- und Industrieholzpotenzial .....	68
Tabelle 4-22: Energieholzmengen bis 2040.....	69
Tabelle 4-23 Reststoffpotenziale aus der Viehhaltung.....	72
Tabelle 4-24: Ausbaufähige Biomassepotenziale im Landkreis .....	75
Tabelle 4-25: Zusammenfassung der Potenziale auf dem Gebiet des Rhein-Neckar-Kreises .....	76
Tabelle 5-1: Einsparpotenziale der einzelnen Verbrauchergruppen bis zum Jahr 2040 .....	78
Tabelle 13-1: Energiepreise und Preissteigerungsraten.....	111

## 11 Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
%	Prozent
€	Euro
a	Jahr
Agri-PV	Agri-Photovoltaik
ALKIS	Amtlichen Liegenschaftskataster Informationssystem
ATKIS	Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
B-Plan	Bebauungsplan
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungsnetzwerk e. V.
ca.	circa
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2</sub> -e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
d. h.	das heißt
e. V.	eingetragener Verein
ECO	ecological
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG-WRRL	Europäischen Wasserrahmenrichtlinie
E-Mobilität	Elektromobilität
EnBW	Energie Baden-Württemberg
EW	Einwohner
FFA	Freiflächenanlagen
FNP	Flächennutzungsplan
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
ggf.	gegebenenfalls
gGmbH	gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	geografisches Informationssystem
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GuV	Gewinn- und Verlust-Rechnung
h	Stunde
ha	Hektar
HWB	Heizwärmebedarf
i. d. R.	in der Regel
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
ifeu	Institut für Energie und Umweltforschung gGmbH
inkl.	inklusive
insb.	Insbesondere
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau

KLiBA	Klimaschutz- und Energie-Beratungsagentur Heidelberg – Rhein-Neckar-Kreis gGmbH
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
kW <sub>el</sub>	Kilowatt elektrisch
kWh	Kilowattstunde
kWh <sub>el</sub>	Kilowattstunde elektrisch
kWh <sub>th</sub>	Kilowattstunde thermisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW <sub>p</sub>	Kilowatt Peak
l	Liter
LCA	life cycle assessment
LEADER	Liaison entre actions de développement de l'économie rurale
LED	Light Emitting Diode
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg
LK	Landkreis
LKW	Lastkraftwagen
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
m	Meter
m/s	Meter pro Sekunde
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
mind.	Mindestens
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
MW	Megawatt
MW <sub>el</sub>	Megawatt elektrisch
MWh	Megawattstunde
MW <sub>p</sub>	Megawatt Peak
MW <sub>th</sub>	Thermische Leistung (Megawatt)
n	Anzahl
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NPV	Net Present Value
PV	Photovoltaik
PV-FFA	Photovoltaik-Freiflächenanlage
rd.	rund
RWS	regionale Wertschöpfung
s.	siehe
S.	Seite
sog.	so genannt
ST	Solarthermie
t	Tonnen
THG	Treibhausgas
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
WEA	Windenergieanlagen
WWF	World Wide Fund For Nature
www.	world wide web
z. B.	zum Beispiel

## 12 Quellenverzeichnis

**AVR-Energie (2022):** AVR-Umweltservice, unter: <https://avr-energie.de/en/Home/> (Zugriff: 11.03.2022)

**Baden-Württemberg (2022):** Photovoltaik-Pflicht für alle neuen Wohngebäude ab 1. Mai, unter: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/photovoltaik-pflicht-fuer-alle-neuen-wohngebaeude-ab-1-mai-1/> (Zugriff: 01.04.2022)

**BMU 2012a:** Begleitende Vorhaben zum EEG – Erfahrungsbericht 2011, unter: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erfahrungsbericht-evaluierung-eeg-2014-2d.pdf;jsessionid=AA0D43357E6A28A9E52FC984416E2D7C?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erfahrungsbericht-evaluierung-eeg-2014-2d.pdf;jsessionid=AA0D43357E6A28A9E52FC984416E2D7C?__blob=publicationFile&v=5), (Zugriff: 5.12.2021)

**BMU 2012b:** Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland, unter: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/schlussbericht-potentialermittlung-wasserkraftnutzung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/schlussbericht-potentialermittlung-wasserkraftnutzung.pdf?__blob=publicationFile&v=3), letzter Zugriff am 12.04.2013

**Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2022a):** Bundesförderung für effiziente Gebäude – Sanierung Wohngebäude, unter: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/Sanierung\\_Wohngebaeude/sanierung\\_wohngebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/sanierung_wohngebaeude_node.html), letzter Zugriff: 11.03.2022

**Bundesministerium für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2022b):** Förderwegweiser Energieeffizienz: <https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienzwegweiser/energieeffizienzwegweiser.html> (Zugriff 14.03.2022)

**Bundesministerium der Justiz (2020):** Gesetz über den nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz - BEHG), §10: <https://www.gesetze-im-internet.de/behg/BJNR272800019.html> (Zugriff 14.03.2022)

**Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2012):** Dritte Bundeswaldinventur, unter: <https://bwi.info/> (Zugriff: 19. 11.2021)

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021):** Bundes-Klimaschutzgesetz 2021, S. 5

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2021):** Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand: Februar 2021

**Bundesverband Wärmepumpe e. V. (2021):** Erdwärme, unter: [www.waermpumpe.de/waermpumpe/erdwaerme](http://www.waermpumpe.de/waermpumpe/erdwaerme) (Zugriff: 10.03.2022)

**Burkhardt, Kraus (2006):** Projektierung von Warmwasserheizungen, Vulkan-Verlag GmbH

**Difu (2011):** Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden unter: <https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/127510/1/DB1872.pdf> (Zugriff 01.02.2022)

**Eclareon GmbH (2022):** Solaratlas und Biomasseatlas

**Energieatlas Baden-Württemberg (o. J.):** Kriterienkatalog Windpotenzial, unter: <https://www.energieatlas-bw.de/documents/24384/24629/Kriterienkatalog+Windpotenzial/f6d437f4-472f-4738-ba3c-b5407e58f06b> (Zugriff: 14.02.2022)

**Energieatlas Rheinland-Pfalz (2020):** Ganzheitliche kommunale Energiesparrichtlinie als Pilotmodell in Schnorbach, unter: <https://www.energieatlas.rlp.de/earp/praxisbeispiele/projektsteckbriefe/projekt-steckbriefe/anzeigen/kommune/130> (Zugriff: 05.04.2022)

**Energymap (o. J.):** EEG-Anlagenregister – Rhein-Neckar-Kreis, unter: <http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/110/160/361.html> (Zugriff am 14.12.2021)

**EU-Projekt GeORG (o. J.):** Geopotenziale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben, unter: [https://www.geopotenziale.org/home/index\\_html](https://www.geopotenziale.org/home/index_html) (Zugriff: 17.12.2021)

**FIZ Karlsruhe (o. J.):** Wärmeverluste in einem Einfamilienhaus, unter: <https://www.fiz-karlsruhe.de/de>

**GeoHardt (2021):** Geothermieprojekt Hardt, unter: <https://www.geothermie-hardt.de/> (Zugriff: 17.12.2021)

**Heck 2004:** Heck, Peter: Regionale Wertschöpfung als Zielvorgabe einer dauerhaft nachhaltigen, effizienten Wirtschaftsförderung, in: Forum für angewandtes systemisches Stoffstrommanagement; o.V., 2004

**ifeu (2019):** BSKO – Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland, unter: [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BSKO\\_Methodenpapier\\_kurz\\_ifeu\\_Nov19.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BSKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf) (Zugriff: 09.03.2022)

**Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (2016):** Datenbasis Gebäudebestand, Datenerhebung zur energetischen Qualität zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand, Darmstadt: 2018

**Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (2020):** Konditionen für den Endkreditnehmer: unter: [http://nlread.kfw.de/public/PBd/KfW-Information\\_fuer\\_Multiplikatoren/KfW-Info-06\\_01\\_2020\\_K\\_Deutsch\\_ax\\_99.pdf?kfwnl=Sonstiges\\_Bonn.06-01-2020.10160](http://nlread.kfw.de/public/PBd/KfW-Information_fuer_Multiplikatoren/KfW-Info-06_01_2020_K_Deutsch_ax_99.pdf?kfwnl=Sonstiges_Bonn.06-01-2020.10160) (Zugriff 18.06.2021)

**Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (o. J.):** Informationssystem oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg (ISONG), unter: <https://isong.lgrb-bw.de/> (Zugriff: 16.12.2021)

**Landesanstalt für Landwirtschaft Ernährung und Ländlichen Raum (LEL) (2021):** LRA Rhein-Neckar-Kreis ULB Sinsheim (einschl. SKRe Heidelberg & Mannheim) Tierhaltung. Schwäbisch Gmünd: LEL Schwäbisch Gmünd, Ref. 31

**Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2021):** Hintergrundinformationen, unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/hintergrundinformationen> (Zugriff: 14.02.2022)

**Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022a):** Dachflächen, unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen> (Zugriff: 14.02.2022)

**Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022b):** Daten- und Berechnungsgrundlagen – Modell, unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/potenzialanalyse/daten-und-berechnungsgrundlagen> (Zugriff: 14.02.2022)

**Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022c):** Solarpotenzial auf Dachflächen, unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen> (Zugriff: 14.02.2022)

**Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022d):** GIS für Naturschutzbeauftragte, unter: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/projekte/> (Zugriff: 07.02.2022)

**Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2022e):** Ermittelte Windpotenzialflächen, unter: <https://www.energieatlas-bw.de/wind/ermittelte-windpotenzialflaechen> (Zugriff: 14.02.2022)

**Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (o. J.):** Potenzialanalyse, unter: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/freiflachen/potenzialanalyse> (Zugriff: 07.02.2022)

**Markstammdatenregister (MaStR) (2022):** Stammdaten zu Strom- und Gaserzeugungsanlagen, unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/> (Zugriff: 10.03.2022)

**Ministerium für Umwelt Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg (2020):** Abfallbilanz 2020 Ressourcen aus unserer kommunalen Kreislaufwirtschaft. Stuttgart: Ministerium Für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2022):** Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2018):** Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2017, Stuttgart, Stand: Oktober 2018

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2005):** Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden, unter: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publicationen/Umwelt/050506\\_Leitfaden\\_-\\_Nutzung\\_von\\_Erdwaerme.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Umwelt/050506_Leitfaden_-_Nutzung_von_Erdwaerme.pdf) (Zugriff: 16.12.2021)

**MVV Energie GmbH (2022):** MVV und Vulcan Energie kooperieren für klimaneutrale Wärme in Mannheim, unter: <https://www.mvv.de/journalisten/pressemitteilungen/detail/mvv-und-vulcan-energie-kooperieren-fuer-klimaneutrale-waerme-in-mannheim> (Zugriff: 19.05.2022)

**Olfert et al. 2002:** Olfert, Klaus / Reichel, Christopher: Kompakt-Training Investition, 2. Auflage, Herne: Kiehl Verlag, 2002.

**Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg (2021):** Baden-Württemberg Klimaneutral 2040: Erforderlicher Aus-bau der Erneuerbaren Energien, unter: [https://erneuerbare-bw.de/fileadmin/user\\_upload/pee/Startseite/Magazin/Projekt/PDF/20211027\\_Studie\\_EE-Ausbau\\_fuer\\_klimaneutrales\\_BW.pdf](https://erneuerbare-bw.de/fileadmin/user_upload/pee/Startseite/Magazin/Projekt/PDF/20211027_Studie_EE-Ausbau_fuer_klimaneutrales_BW.pdf) (Zugriff: 18.03.2022)

**Rhein-Neckar-Kreis (2021a):** Klimaschutzkonzept – Fortschreibung Klimaschutzkonzept Rhein-Neckar-Kreis; unter: <https://www.rhein-neckar-kreis.de/start/landkreis/klimaschutzkonzept.html> (Zugriff: 10.03.2022)



**Rhein-Neckar-Kreis (2021b):** Städte und Gemeinden, unter: <https://www.rhein-neckar-kreis.de/start/landkreis/staedte+und+gemeinden.html> (Zugriff: 10.03.2022)

**Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik:** <http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm>, letzter Zugriff am 05.12.2011

**Pape 2009:** Pape, Ulrich: Grundlagen der Finanzierung und Investition, München: Oldenbourg-Verlag, 2009

**Scheffler 2009:** Scheffler, Wolfram: Besteuerung von Unternehmen: Ertrag-, Substanz- und Verkehrssteuern, 12. Auflage, Nürnberg: C. F. Müller Verlag, 2009

**Statista GmbH (2022):** Inflationsrate in Deutschland von 1950 bis 2021, unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/4917/umfrage/inflationsrate-in-deutschland-seit-1948/> (Zugriff 14.03.2022)

**Statistische Berichte Baden-Württemberg (2021):** Bodennutzung in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs, unter: [https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/BWHeft\\_mods\\_00043136](https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/BWHeft_mods_00043136) (Zugriff: 19.11.2021)

**Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021):** Holzeinschlagsstatistik forstl. Erzeugerbetriebe. Von Holzeinschlag: Bundesländer, Jahre, Holzsorten, Holzartengruppen, Waldeigentumsarten, unter: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wald-Holz/Publikationen/Downloads-Wald-und-Holz/holzeinschlag-2030331217004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Wald-Holz/Publikationen/Downloads-Wald-und-Holz/holzeinschlag-2030331217004.pdf?__blob=publicationFile) (Zugriff: 29.11.2021)

**Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2022a):** Bevölkerung im Überblick, unter: <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Bevoelkerung/01035055.tab?R=KR226> (Zugriff: 10.03.2022)

**Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2022b):** Wohnungen nach Gebäudetyp im Rhein-Neckar-Kreis, unter: <https://www.statistik-bw.de/Wohnen/GebaeudeWohnungen/07055020.tab?R=KR226> (Zugriff: 17.03.2022)

**Verivox (2022):** Wärmepumpenstrom, unter: <https://www.verivox.de/heizstrom/> (Zugriff: 11.03.2022)

**Wesselak, Schabbach (2009):** Regenerative Energietechnik, 1. Auflage, Heidelberg: Springer Verlag

**WWF (2009):** World Wide Fund For Nature, Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050 – Vom Ziel her denken, unter: [https://www.wwf.de/fileadmin/user\\_upload/WWF\\_Modell\\_Deutschland\\_Endbericht.pdf](https://www.wwf.de/fileadmin/user_upload/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf), 2009

## **Interview**

M. Knörzer; Amt für Straßen- und Radwegebau (08. 12 2021). Angaben zum Straßenbegleitgrün im RNK. (K. Wilhelm (IfaS), Interviewer) Heidelberg.

M. Robens., Kreisforstamt. (07.12.2021). Arbeitsgespräch zu Potenzialen aus der Forstwirtschaft. (K. Wilhelm (IfaS), Interviewer)

M. Wolf (MVV Umwelt), am 03.11.2021

J. Schütz, AVR. (16.12.2021). Arbeitsgespräche Biomassepotenziale aus der Abfallwirtschaft. (K. Wilhelm (IfaS), Interviewer)

J. Sitzler (03. 12.2021). Arbeitsgespräch Abstimmung Biomassepotenziale Landwirtschaft. (K. Wilhelm (IfaS), Interviewer)

## 13 Anhang

### Regionale Wertschöpfung – Methodik-Beschreibung

Die regionale Wertschöpfung entspricht der Summe aller zusätzlichen Werte, die in einer Region innerhalb eines bestimmten Zeitraumes entstehen. Diese Werte können sowohl ökologischer als auch ökonomischer sowie soziokultureller Natur sein.<sup>105</sup>

Im Rahmen der Konzepterstellung wird der Fokus in erster Linie auf die ökonomische Bewertung der Investitionsmaßnahmen gelegt. Die regionale Wertschöpfung bildet sich aus der Differenz zwischen den regional erzeugten Leistungen und den von außen bezogenen Vorleistungen.

Den Ausgangspunkt für die Betrachtung der regionalen Wertschöpfung in den Bereichen Erneuerbare Energien sowie Energieeffizienz bildet somit stets eine getätigte Investition mit ihren ausgelösten Finanzströmen, die sich wiederum in Erträge und Aufwendungen unterteilen lassen. Mit den ausgelösten Finanzströmen ergeben sich auch unterschiedliche Profiteure und die Frage, wie die ausgelösten Finanzströme und die damit einhergehenden „zusätzlichen Werte“ im Hinblick auf die Betrachtungsgruppen zu bewerten sind.

In diesem Zusammenhang wird, als geeignetes Verfahren zur Bewertung der regionalen Wertschöpfung, die Nettobarwert-Methode herangezogen. Denn aufgrund des langen Betrachtungshorizonts bis ins Jahr 2040 müssen zukünftige Einzahlungs- und Auszahlungsströme mit Hilfe eines Kalkulationszinssatzes auf den Gegenwartswert abgezinst und aufsummiert werden (Barwert). Hierdurch werden Ergebnisse zum heutigen Zeitpunkt erst vergleichbar. Der Nettobarwert bildet sich, indem die so entstandenen Barwerte durch die getätigten Investitionen bereinigt werden. Er kann durch nachfolgende Formel berechnet werden:

$$Co = -Io + \sum_{t=1}^n (Et - At) * \frac{1}{(1+i)^t}$$

**Co**    Netto-Barwert / Kapitalwert zum Zeitpunkt t = 0

**-Io**    Investition zum Zeitpunkt t = 0

**Et**    Einzahlungen in Periode t

**At**    Auszahlungen in Periode t

**n**    Anzahl der Perioden

**i**    Kalkulationszinssatz

**t**    Perioden ab Zeitpunkt 1

<sup>105</sup> Vgl. Heck, P., Regionale Wertschöpfung, 2004, S. 5.

Die Netto-Barwertmethode [auch Net Present Value (NPV)] stellt in der Unternehmenspraxis ein präferiertes Verfahren zur Bestimmung der Vorteilhaftigkeit von Investitionsvorhaben<sup>106</sup>, aufgrund der leichten Interpretation und Vergleichbarkeit der Ergebnisse, dar.<sup>107</sup> Investitionen sind nach der Netto-Barwertmethode folgendermaßen zu beurteilen:

- Vorteilhaft bei positivem Netto-Barwert (NPV > 0)
- Unvorteilhaft bei negativem Netto-Barwert (NPV < 0)
- Indifferent bei Netto-Barwert gleich Null (NPV = 0)

Mit dieser Methode können unterschiedliche Investitionen zu unterschiedlichen Zeitpunkten miteinander verglichen und darüber hinaus der Totalerfolg einer Investition bezogen auf den Anschaffungszeitpunkt erfasst werden.

Im Rahmen der regionalen Wertschöpfung werden nachfolgende Parameter betrachtet:

### **1. Betrachtungszeitraum**

Die Bewertung der wirtschaftlichen Auswirkungen wird entsprechend der Treibhausgasbilanz für den Ist-Zustand sowie für die Dekaden 2030 und 2040 berechnet.

Hierbei werden der kumulierte Anlagenbestand sowie Energieeffizienzmaßnahmen bis zu den festgelegten Jahren mit ihren künftigen Einnahmen und Einsparungen sowie Kosten über eine kalkulatorische Betrachtungsdauer von 20 Jahren berechnet. Dies bedeutet für den Ist-Zustand, dass alle Anlagen und Energieeffizienzmaßnahmen betrachtet werden, welche in einem Zeitraum von 20 Jahren bis zum Basisjahr (Ist-Zustand) in Betrieb genommen wurden. Darüber hinaus werden alle mit dem Anlagenbetrieb und den umgesetzten Effizienzmaßnahmen einhergehenden Einnahmen und Kosteneinsparungen über die Laufzeit dieser Anlagen und Maßnahmen (i. d. R. 20 Jahre) berücksichtigt. Entsprechend enthalten die darauffolgenden Dekaden jeweils alle bis dahin installierte Anlagen (ab dem Ist-Zustand) sowie Einnahmen bzw. Kosteneinsparungen über die Nutzungsdauer von 20 Jahren. Dies bedeutet zum Beispiel für das Jahr 2030, dass die künftigen Einnahmen und Kosten bis zum Jahr 2050 betrachtet werden.

Um ausschließlich die wirtschaftlichen Auswirkungen der installierten erneuerbaren Energieanlagen und umgesetzten Effizienzmaßnahmen zu ermitteln, werden die Ergebnisse um die Kosten und die regionale Wertschöpfung aus fossilen Anlagen bereinigt. Diese Vorgehensweise beinhaltet die Berücksichtigung aller Kosten, die entstanden wären, wenn anstatt erneuerbarer Energieanlagen und Effizienzmaßnahmen konventionelle Lösungen (Heizöl- und Erdgaskessel) eingesetzt worden wären. Gleichzeitig wird hierdurch die regionale Wertschöpfung

---

<sup>106</sup> Vgl. Pape, U., Grundlagen, 2009, S. 306.

<sup>107</sup> Vgl. Olfert, K./Reichel, C., Kompakt-Training, 2002, S. 121.

berücksichtigt, die entstanden wäre, jedoch aufgrund der Energiesystemumstellung auf regenerative Systeme nicht stattfindet.<sup>108</sup>

## 2. Energiepreise

Für die Bewertung des aktuellen Anlagenbestandes im Ist-Zustand basieren die angesetzten Energiepreise auf bundesweiten Durchschnittspreisen, u. a. nach dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), dem Centralen Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungsnetzwerk e. V. (C.A.R.M.E.N.), dem Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) sowie der Statista GmbH. Des Weiteren wurden für die zukünftige Betrachtung jährliche Energiepreissteigerungsraten nach dem BMWi<sup>109</sup> herangezogen. Diese ergeben sich aus den real angefallenen Energiepreisen der vergangenen 20 Jahre.

Den Energiepreisen und den Preissteigerungsraten wurde eine konservative Betrachtungsweise zugrunde gelegt, basierend auf statistischen Daten, praktischen Erfahrungswerten und Literaturquellen.

Für die dynamische Betrachtung weiterer Kosten, z. B. Betriebskosten, konnte für das Basisjahr eine Inflationsrate nach der Statista GmbH in Höhe von 1,5 %<sup>110</sup> ermittelt werden. Die nachfolgende Tabelle listet die aktuellen Energiepreise und die dazugehörigen Preissteigerungsraten auf:<sup>111</sup>

Tabelle 13-1: Energiepreise und Preissteigerungsraten

Energiepreise	Energiepreise	Steigerungsrate/a
Strom private HH	0,2600 €/kWh	2,44%
Strom öffentl. Liegenschaften	0,2600 €/kWh	2,10%
Strom Industrie	0,1700 €/kWh	2,10%
Strom GHD	0,2340 €/kWh	2,10%
Wärmepumpenstrom	0,2080 €/kWh	2,44%
Strom Straßenbeleuchtung	0,2600 €/kWh	2,10%
Heizöl private HH	0,0689 €/kWh	4,90%
Heizöl öffentl. Liegenschaften	0,0689 €/kWh	4,90%
Heizöl Industrie	0,0491 €/kWh	6,73%
Heizöl GHD	0,0620 €/kWh	4,90%
Erdgas private HH	0,0650 €/kWh	3,12%
Erdgas öffentl. Hand	0,0650 €/kWh	3,12%
Erdgas Industrie	0,0286 €/kWh	4,34%
Erdgas GHD	0,0455 €/kWh	3,12%
Holz hackschnitzel	0,0357 €/kWh	2,60%
Biomethan	0,0900 €/kWh	2,00%
Biogas Wärme	0,0300 €/kWh	3,15%
Nahwärme	0,0900 €/kWh	3,69%
Pellets	0,0357 €/kWh	2,80%

<sup>108</sup> Somit werden nur die reinen Nettoeffekte betrachtet.

<sup>109</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021: Zahlen und Fakten: Energiedaten.

<sup>110</sup> Vgl. Statista GmbH 2022, Inflationsrate in Deutschland von 1950 bis 2021.

<sup>111</sup> Aufgrund der aktuellen Volatilität der Energiepreise und der zurzeit stetig steigenden Inflationsrate wurde zur Bewertung der Effekte oben beschriebene konservative Methode zugrunde gelegt, d. h. es wurde auf statistische Daten der letzten Jahrzehnte im Mittel zurückgegriffen und durch Erfahrungs- sowie Literaturwerte ergänzt.

### **3. Wirtschaftliche Parameter im Rahmen der regionalen Wertschöpfung**

Die Darstellung aller ausgelösten Finanzströme sowie der regionalen Wertschöpfung basiert auf einer standardisierten Gewinn- und Verlust-Rechnung (GuV).

Alle in der GuV ermittelten Finanzströme, mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren, werden mit einem Faktor von 5 % auf ihren Netto-Barwert hin abgezinst, sodass alle Finanzströme dem heutigen Gegenwartswert entsprechen.

In diesem Zusammenhang sind bei der Ermittlung der regionalen Wertschöpfung folgende Parameter von Relevanz:

#### Investitionen

Die Investitionen in Erneuerbare Energien und Effizienzmaßnahmen bilden den Ausgangspunkt zur Ermittlung der regionalen Wertschöpfung. Bei den Investitionen werden keine Vorketten betrachtet und somit wird angenommen, dass alle Anlagenkomponenten außerhalb der betrachteten Region hergestellt werden. Die zugrunde gelegten Anlagenkosten basieren je nach Technologie auf Literaturquellen oder Herstellerangaben. Zur Validierung und Ergänzung fließen zusätzlich eigene Erfahrungswerte in die Betrachtung ein.

#### Investitionsnebenkosten

Dienstleistungen im Bereich der Investitionsnebenkosten (z. B. Planung, Montage, Aufbau) werden fast ausschließlich durch das regionale Handwerk erbracht und dementsprechend ganzheitlich als regionale Wertschöpfung ausgewiesen.

Eine Ausnahme stellen hierbei die Windenergie und Wärmepumpen dar. Die hier anfallenden Arbeiten können nur teilweise regional angerechnet werden, da die fachmännische Anlagenprojektierung oder die Erdbohrung nur zum Teil von ansässigen Unternehmen geleistet werden kann.

Zukünftig ist mit einer steigenden Nachfrage nach erneuerbaren Energiesystemen zu rechnen, sodass sich zunehmend Fachunternehmen in der Region ansiedeln bzw. vorhandene Unternehmen ihr Portfolio erweitern werden. Dementsprechend wird sich der Anteil der regionalen Wertschöpfung vor Ort erhöhen.

Die Investitionsnebenkosten errechnen sich hierbei als prozentualer Anteil der Investitionen. Die unterstellten Prozentsätze, die je nach Technologie variieren, wurden unterschiedlichen Literaturquellen entnommen.

### Förderung durch die Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)<sup>112</sup>

Die Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle fördert den Ausbau bzw. den Einsatz Erneuerbarer Energien mit entsprechenden Investitionszuschüssen. Hierbei handelt es sich um keine gleichbleibende Summe, sondern vielmehr um einen den eingesetzten Technologien entsprechenden Zuschuss. Förderungen werden u. a. für Solarthermie, Holzheizungen sowie Wärmepumpen gewährt.

### Energieerlöse

Die Höhe der Energieerlöse, die beim Betrieb von Anlagen zur Erzeugung erneuerbaren Stroms bzw. bei Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen entstehen, werden im Ist-Zustand wie folgt betrachtet:

- Bei den Eigenstromanteilen werden die durchschnittlichen Strompreise angesetzt.
- Für den Anteil des erzeugten Stromes, welcher ins Stromnetz eingespeist wird, wird mit durchschnittlichen EEG-Vergütungssätzen gerechnet.

Für die Betrachtung der zukünftigen Energieerlöse wurden für die eingespeisten Stromanteile die Stromgestehungskosten angesetzt. Für die Erlöse im Bereich der Stromeigennutzung werden, äquivalent zum Ist-Zustand, die durchschnittlichen Strompreise, unter Berücksichtigung der jährlichen Steigerungsraten angesetzt.

Im Wärmebereich hingegen werden alle Einsparungen mit einem Öl-/Gaspreis anhand des aktuellen Wärmemixes bewertet und äquivalent zum Strombereich als „Energieerlöse“ angesetzt.

### Abschreibungen

Als Abschreibungen werden Wertminderungen von Vermögensgegenständen in Form von z. B. Verschleiß innerhalb einer Rechnungs- bzw. Betrachtungsperiode bezeichnet.<sup>113</sup> Dieser Aufwand entsteht bereits in der Nutzungsphase und mindert den Gewinn vor Steuern.<sup>114</sup> Vereinfachend wird von einer linearen Abschreibung ausgegangen, sodass sich gleichmäßige Kostenbelastungen pro Periode ergeben.

### Betriebskosten

Die operativen Leistungen zum störungsfreien Anlagenbetrieb, wie z. B. Wartung und Instandhaltung, können von den ansässigen Handwerkern geleistet werden. Eine Ausnahme bildet hierbei die Wartung und Instandhaltung der Windenergieanlagen.

<sup>112</sup> In Anlehnung an: Bundesministerium für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2022b), Förderwegweiser Energieeffizienz (Zugriff 14.03.2022)

<sup>113</sup> Vgl. Olfert, K./Reichel, C., Kompakt-Training, 2002, S. 83.

<sup>114</sup> Vgl. Pape, U., Grundlagen, 2009, S. 229.

Zwar wird auch hier künftig mit einer zunehmenden Ansiedlung von Windenergiebetreibern in der Region gerechnet, jedoch wird davon ausgegangen, dass das Fachpersonal für die Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten aktuell nur zum Teil innerhalb der Regionsgrenzen ansässig ist. Dementsprechend kann die regionale Wertschöpfung in diesem Bereich nicht vollständig vor Ort gebunden werden.

### Verbrauchskosten

Unter Verbrauchskosten fallen Holzpellets, Hackschnitzel, Scheitholz, vergärbare Substrate für die Biogasanlagen und regenerativer Strom für den Betrieb von Wärmepumpen.

Die Deckung der eingesetzten Energieträger kann zu einem großen Teil durch regionale Biomassefestbrennstoffe erfolgen. Das Gleiche gilt auch für die benötigten Substrate zur Biogaserzeugung.

### Pacht

Für die Inanspruchnahme von Flächen zur Installation von Photovoltaik- sowie Windenergieanlagen fallen Pachtaufwendungen an. Diese werden komplett der regionalen Wertschöpfung zugewiesen, da davon auszugehen ist, dass die benötigten Flächen ausschließlich durch regional ansässige Eigentümer bereitgestellt werden können.

Basierend auf Erfahrungswerten wurden die jährlichen Pachtaufwendungen für Windenergieanlagen (WEA) auf 16.000 € pro WEA<sup>115</sup> festgelegt. Die Pachtkosten erhöhen sich jährlich um die unterstellte Inflationsrate.

Für die künftige Verpachtung von Freiflächen zur Solarstromerzeugung werden erfahrungsgemäß 5 € pro kWp und Jahr angesetzt. Darüber hinaus wird angenommen, dass der Anteil verpachteter Freiflächen bei ca. 5 % liegt.

### Kapitalkosten

Bei der Investitionsfinanzierung wurde die Annahme getroffen, dass sie zu 100 % auf Fremdkapital beruht. Laut standardisierter Gewinn- und Verlustrechnung werden nur die anfallenden Zinsbeträge als Kapitalkosten betrachtet.

Das eingesetzte Fremdkapital wird mit einem (Fremd-) Kapitalzinssatz von 4 % jährlich verzinst.<sup>116</sup> Da davon auszugehen ist, dass die attraktivsten Finanzierungsangebote von Banken außerhalb der Region stammen, z. B. von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), kann die regionale Wertschöpfung in diesem Bereich nur zum Teil vor Ort gebunden werden. Zukünftig wird sich das Angebotsportfolio regional ansässiger Banken im Bereich Erneuerbarer Energien

---

<sup>115</sup> Die angesetzten jährlichen Pachtaufwendungen von rund 16.000 € pro Windenergieanlage basieren auf einer konservativen Betrachtungsweise und sind als Durchschnittswerte zu betrachten. Je nach Region und lokalen Gegebenheiten kann die Pacht auch deutlich höher ausfallen.

<sup>116</sup> In Anlehnung an aktuelle Programme der KfW im Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (vgl. Quellenverzeichnis).



sukzessive verbessern, sodass auch in diesem Bereich die regionale Wertschöpfung gesteigert werden kann.

### Steuern

Zur Bestimmung der Steuerbeträge wurde mit einem durchschnittlichen Steuersatz von 30 % gerechnet. Er basiert auf den ermittelten Überschüssen und folgenden Annahmen:

- Bei Photovoltaik-Dachanlagen wurden 20 % Einkommensteuer angesetzt, wovon 15 %<sup>117</sup> an die Kommune fließen, der Rest verteilt sich zu je 42,5 % auf Bund und Bundesland.
- Parallel werden bei Photovoltaik-Dachanlagen und Windenergieanlagen rund 15 % Gewerbesteuer angesetzt.
- Hinsichtlich der Steuerfreibeträge wird pauschal davon ausgegangen, dass der Anlagenbetrieb an ein bereits bestehendes Gewerbe angegliedert wird und dadurch die Steuerfreibeträge bereits überschritten sind.

### Gewinn

Der Gewinn vor Steuern für den Betreiber errechnet sich aus der Summe aller Ein- und Auszahlungen. In diesem Betrag sind aber die zu entrichtenden Steuern noch enthalten (Bruttogewinn). Durch die Subtraktion dieses Kostenblocks ergibt sich der Netto-Gewinn des Betreibers (Gewinn nach Steuern), der gleichzeitig auch dessen „Mehrwert“ darstellt.

---

<sup>117</sup> Vgl. Scheffler, W., Besteuerung, 2009, S. 239.