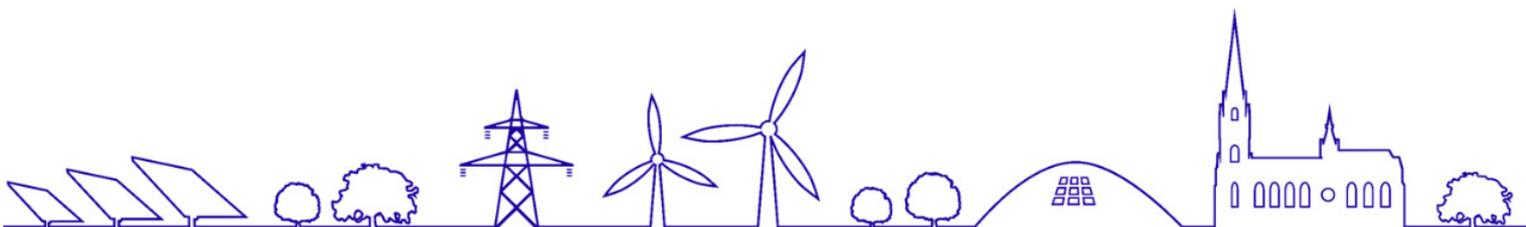




Integriertes Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzept der Gemeinde Riegel a.K.

Teil 2 – Energiepotenzialstudie



Auftraggeberin: Gemeinde Riegel am Kaiserstuhl
Hauptstraße 31
79359 Riegel a.K



Erstellt durch: bnNETZE GmbH
Tullastraße 61
79108 Freiburg



Verfassende: Nina Weiß (Projektleiterin)
Marc Krecher

Freiburg, März 2021

Gefördert durch die Bundesrepublik Deutschland

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03K12498

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VI
ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	VII
1. AUSGANGSLAGE.....	1
1.1 GLOBAL DENKEN	1
1.2 LOKAL HANDELN.....	2
1.3 ENERGIEPOTENZIALSTUDIE	3
1.3.1 Gliederung der Energiepotenzialstudie.....	3
1.3.2 Anmerkungen zur angewandten Methodik.....	3
2. WICHTIGE STRUKTURDATEN DER GEMEINDE.....	5
2.1 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET.....	5
2.2 KLIMASCHUTZ IN RIEGEL	7
2.3 WOHNGEBÄUDE- UND SIEDLUNGSSTRUKTUR.....	8
2.4 LOKALE WÄRMEINFRASTRUKTUR.....	10
3. ENERGIENUTZUNG UND CO₂-BILANZ	11
3.1 STROMVERBRAUCH UND STROMBEDARFSDECKUNG.....	11
3.1.1 Stromverbrauch nach Sektoren	11
3.1.2 Strombedarfsdeckung.....	13
3.1.3 CO ₂ -Bilanzierung des Stromverbrauchs.....	15
3.2 WÄRMEVERBRAUCH UND WÄRMEBEDARFSDECKUNG	15
3.2.1 Wärmeverbrauch nach Sektoren	15
3.2.2 Wärmebedarfsdeckung nach Energieträger	16
3.2.3 Wärmekataster.....	18
3.2.4 CO ₂ -Bilanzierung des Wärmeverbrauchs	20
3.3 VERKEHR	20
3.3.1 Energieverbrauch durch den Straßenverkehr.....	21
3.3.2 Energieverbrauch durch den Schienenpersonennahverkehr.....	22
3.3.3 Gesamtenergieverbrauch des Verkehrs.....	23
3.3.4 CO ₂ -Bilanzierung des Verkehrs.....	24
3.4 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE (ENERGIENUTZUNG)	24
3.4.1 Gesamtenergiebilanz mit Autobahn	24
3.4.2 Gesamtenergiebilanz ohne Autobahn	25
3.4.3 Gesamt-CO ₂ -Bilanz mit Autobahn	28
3.4.4 Gesamt-CO ₂ -Bilanz ohne Autobahn	29
3.4.5 Kennzahlen der Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	32
3.4.6 Datengüte der Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	33

4.	POTENZIALE ERNEUERBARER ENERGIEN	35
4.1	SOLARENERGIE	35
4.1.1	<i>Hintergrund</i>	<i>35</i>
4.1.2	<i>Solarenergiepotenziale auf bestehende Dachflächen.....</i>	<i>35</i>
4.1.3	<i>Solarenergiepotenziale auf Freiflächen</i>	<i>37</i>
4.2	ENERGIE AUS BIOMASSE.....	38
4.2.1	<i>Hintergrund</i>	<i>38</i>
4.2.2	<i>Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus Ackerpflanzen</i>	<i>39</i>
4.2.3	<i>Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Tierhaltung.....</i>	<i>39</i>
4.2.4	<i>Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus organischen Abfällen.....</i>	<i>40</i>
4.2.5	<i>Gesamterzeugungspotenzial Biogas.....</i>	<i>40</i>
4.2.6	<i>Biomassepotenziale aus der Forstwirtschaft.....</i>	<i>40</i>
4.3	WINDKRAFT	41
4.4	WASSERKRAFT.....	42
4.5	GEOthermie.....	43
4.5.1	<i>Technischer und geologischer Hintergrund.....</i>	<i>43</i>
4.5.2	<i>Geothermiepotenzial.....</i>	<i>45</i>
4.6	ZUSAMMENFASSUNG: ERNEUERBARE ENERGIEN IN DER GEMEINDE RIEGEL	48
5.	KLIMASCHUTZPOTENZIALE UND HANDLUNGSFELDER	49
5.1	ERNEUERBARE ENERGIEN.....	49
5.1.1	<i>Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung.....</i>	<i>49</i>
5.1.2	<i>Ausbau der erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmebedarfs.....</i>	<i>50</i>
5.2	ERHÖHUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ	52
5.2.1	<i>Austausch ineffizienter Heizanlagen und Heizungspumpentausch.....</i>	<i>52</i>
5.2.2	<i>Bau von Wärmeverbänden und KWK-Anlagen</i>	<i>53</i>
5.2.3	<i>Elektrifizierung des motorisierten Straßenverkehrs.....</i>	<i>53</i>
5.3	ENERGIEEINSPARUNG	54
5.3.1	<i>Verringerung des Heizwärmeverbrauchs der Wohngebäude.....</i>	<i>54</i>
5.3.2	<i>Quartierskonzepte.....</i>	<i>55</i>
5.3.3	<i>Fortsetzung der Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED.....</i>	<i>56</i>
5.3.4	<i>Fortsetzung der energetische Sanierung der kommunalen Liegenschaften</i>	<i>56</i>
5.3.5	<i>Energiekonzepte für Neubaugebiete</i>	<i>56</i>
5.3.6	<i>Reduzierung des motorisierten Verkehrs.....</i>	<i>56</i>
6.	AUSBLICK	58
7.	LITERATURVERZEICHNIS.....	59
8.	GLOSSAR	61
9.	METHODIK.....	64
9.1	GEBÄUDETYPOLOGISIERUNG	64
9.2	ERMITTLUNG DES WÄRMEBEDARFS FÜR DAS WÄRMEKATASTER.....	65
9.3	ENERGIE- UND CO ₂ -BILANZ.....	65

9.3.1	<i>CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs</i>	65
9.3.2	<i>Stromeinspeisung</i>	66
9.3.3	<i>Energie und CO₂-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs</i>	67
9.3.4	<i>Energie- und CO₂-Bilanzierung des Verkehrs</i>	67
9.3.5	<i>Datengüte</i>	67
9.4	SOLARPOTENZIAL.....	68
9.5	GEOTHERMIEPOTENZIAL.....	68
10.	KARTENMATERIAL	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Übersicht der Gemeinde mit den Gemarkungsgrenzen der Gemeinde Riegel (rot) (Quelle: OpenStreetMap & Contributors, 2021).....	7
Abbildung 2 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Riegel.....	9
Abbildung 3 – Verteilung der Gebäudearten in Riegel.....	10
Abbildung 4 – Gasleitungen (grün) in Riegel.....	10
Abbildung 5 – Aufteilung des Gesamtstromverbrauchs in Riegel nach Sektoren (2017).....	11
Abbildung 6 – Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften und der Straßenbeleuchtung (2017).....	12
Abbildung 7 – Entwicklung Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung (2014-2019).....	12
Abbildung 8 – Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung in Riegel und Referenzgemeinden aus der Region (2019).....	13
Abbildung 9 – Darstellung des Endenergieeinsatzes bei getrennter und gekoppelter Erzeugung von Wärme und Strom (Quelle: Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V., 2011).....	14
Abbildung 10 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbare Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2017.....	14
Abbildung 11 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs in Riegel nach Sektoren (2017).....	16
Abbildung 12 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2017).....	16
Abbildung 13 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2017).....	17
Abbildung 14 – Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften (2017).....	18
Abbildung 15 – Auszug des Wärmekatasters: Absoluter Wärmebedarf auf Gebäudeebene im Ortskern von Riegel.....	19
Abbildung 16 – CO ₂ -Emissionen der kommunalen Liegenschaften durch Wärmeerzeugung (2017).....	20
Abbildung 17 – Jahresfahrleistung in Riegel im Straßenverkehr nach Fahrzeugtyp (2017).....	22
Abbildung 18 – Aufteilung des Energieverbrauchs des Verkehrs (inkl. Autobahn) nach Verkehrsmittel in Riegel (2017).....	23
Abbildung 19 – Aufteilung des Energieverbrauchs des Verkehrs (ohne Autobahn) nach Verkehrsmittel in Riegel (2017).....	24
Abbildung 20 – Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs (inkl. Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017).....	25
Abbildung 21 – Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs (ohne Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017).....	26
Abbildung 22 – Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs (ohne Autobahn) in Riegel nach Energieträger (2017).....	26
Abbildung 23 – Gesamtenergieverbrauch (ohne Autobahn) nach Sektoren und Energieträgern.....	27
Abbildung 24 – Gesamtenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften in Riegel im Jahr 2017.....	28
Abbildung 25 – Aufteilung der CO ₂ -Emissionen (mit Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017).....	29
Abbildung 26 – Aufteilung der CO ₂ -Emissionen (ohne Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017).....	30

Abbildung 27 – Aufteilung der CO ₂ -Emissionen (ohne Autobahn) nach Energieträgern (2017).....	30
Abbildung 28 – CO ₂ -Emissionen (ohne Autobahn) nach Sektoren und Energieträgern (2017)	31
Abbildung 29 – CO ₂ -Emissionen der kommunalen Liegenschaften von Riegel im Jahr 2017.....	32
Abbildung 30 – Solarpotenziale auf Dachflächen in der Gemeinde Riegel.....	36
Abbildung 31 –Stromerzeugungspotenzial auf Freiflächen	38
Abbildung 32 – Stromerzeugungspotenzial aus Windkraft in Riegel.....	42
Abbildung 33 – Stromerzeugungspotenzial am Klappenwehr	43
Abbildung 34 – Techniken der oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit	44
Abbildung 35 – Prognostiziertes Bohrprofil im Gebiet Riegel (Quelle: ISONG-Baden-Württemberg)	45
Abbildung 36 – Ausschnitt des Geothermiekatasters (technisch-ökonomisches Potenzial), Riegel.....	46
Abbildung 37 – Aktueller Stromverbrauch in Riegel im Vergleich zu Potenzialen für Strom aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg	50
Abbildung 38 – Aktueller Wärmeverbrauch in Riegel im Vergleich zu Potenzialen für Wärme aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg	51
Abbildung 39 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Strukturdaten der Gemeinde Riegel (STALA-BW, 2020).....	6
Tabelle 2 – Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge in der Gemeinde Riegel (Quelle: Straßenverkehrsamt, Landratsamt Emmendingen)	21
Tabelle 3 – Wesentliche Kennzahlen der Energie- und CO ₂ -Bilanz mit und ohne Autobahn (2017).....	33
Tabelle 4 – Bewertung der Datengüte der Energie- und CO ₂ -Bilanz mit Autobahn	34
Tabelle 5 – Bewertung der Datengüte der Energie- und CO ₂ -Bilanz ohne Autobahn	34
Tabelle 6 – Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik in Riegel (Datengrundlage: LUBW, 2020, Energieatlas Baden-Württemberg).....	35
Tabelle 7 – Freiflächenpotenziale nach Standort und Eignungsklasse (Quelle: LUBW, 2020)	37
Tabelle 8 – Geothermische Potenziale zur Deckung des Gebäudewärmebedarfs (*bzw. Wärmeverbrauchs) in Riegel	47
Tabelle 9 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH, 2005	64
Tabelle 10 – Energiequellen des deutschen Strommix und ihre Anteile im Jahr 2017 (Quelle: AGEB 2020).....	66
Tabelle 11 – CO ₂ -Ausstoß und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, 2018)	66
Tabelle 12 – Vorgegebene Untergrundparameter	69
Tabelle 13 – Vorgegebene Sondenparameter	69
Tabelle 14 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte	70
Tabelle 15 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung	70
Tabelle 16 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsdichte	70

Zusammenfassung der Ergebnisse

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

Ist-Zustand der Energienutzung und -erzeugung

- **Stromverbrauch:** Der Stromverbrauch im Jahr 2017 betrug 15.275 MWh. Die Sektoren private Haushalte und Wirtschaft stellten mit 61 % bzw. 30 % den größten Anteil. Rund 6 % des Verbrauchs sind dem Heizungsstrom zuzuordnen. Die kommunalen Liegenschaften und die Straßenbeleuchtung haben mit 2,5 % am Stromverbrauch der gesamten Gemeinde lediglich einen geringen Anteil.
- **Lokale Stromerzeugung:** Im Jahr 2017 wurden in Riegel 6.927 MWh erneuerbarer Strom durch zahlreiche Photovoltaikanlagen produziert. Dies entsprach 45 % des Gesamtstromverbrauchs der Gemeinde. Zudem sind in der Gemeinde Riegel mehrere KWK-Anlagen in privaten oder gewerblichen Gebäuden installiert, die im Jahr 2017 ca. 45 MWh Strom vor Ort produzierten.
- **Wärmeverbrauch:** 41.880 MWh Wärme wurden im Jahr 2017 in Riegel verbraucht. Den höchsten Anteil hatte der Sektor private Haushalte mit 55 %, gefolgt vom Wirtschaftssektor mit 43 %. Der Wärmebedarf wurde hauptsächlich durch Erdgas und Heizöl gedeckt, was zusammen 85 % des Verbrauchs ausmachte.
- **Wärme aus erneuerbaren Energien:** In der Gemeinde Riegel wurde erneuerbare Wärme mit Energieholz sowie durch solarthermische und umweltthermische Anlagen produziert. Insgesamt wurden im Jahr 2017 ca. 13 % des Gesamtwärmeverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt.
- **Energieverbrauch im Verkehr:** Im Jahr 2017 wurden 199.270 MWh Kraftstoff und lediglich 48 MWh Strom im Bereich Verkehr verbraucht. Der überwiegende Anteil (79 %) der Fahrleistung auf der Gemarkung ist der Autobahn zuzuordnen. Außerortsstraßen machen 20 % und Innerortsstraßen 1 % der Gesamtfahrleistung aus. Ebenfalls berücksichtigt wurde der Schienenpersonennahverkehr, der im Jahr 2017 noch mit Dieselantrieb fuhr.
- **Energieverbrauch im Verkehr ohne Autobahn:** Da der Verkehr auf der Autobahn nur schwer von der Gemeinde direkt zu beeinflussen ist, wurde der Bereich Verkehr auch ohne der Autobahn bilanziert. Werden nur die Innerortsstraßen, Außerortsstraßen und der Schienenpersonennahverkehr berücksichtigt, lag der Kraftstoffverbrauch bei 32.855 MWh und der Stromverbrauch bei 9 MWh im Jahr 2017

Energie- und CO₂-Bilanz

- **Energiebilanz:** Im Jahr 2017 summierte sich der Energieverbrauch (Strom, Wärme und Verkehr) der Gemeinde Riegel auf 255.512 MWh.

- **Energiebilanz ohne Autobahn:** Wird der Energieverbrauch des Autobahnverkehrs ausgeblendet, lag der Energieverbrauch der Gemeinde Riegel bei 88.058 MWh im Jahr 2017
- **CO₂-Bilanz:** Im Jahr 2017 wurden in Riegel durch den oben genannten Energieverbrauch 81.653 t CO₂ ausgestoßen. Damit emittierte jeder Bürger und jede Bürgerin der Gemeinde Riegel 20,7 t CO₂ im Jahr 2017.
- **CO₂-Bilanz ohne Autobahn:** Werden die CO₂-Emissionen des Autobahnverkehrs ausgeblendet, wurden im Jahr 2017 durch den Energieverbrauch in Riegel 29.047 t CO₂ ausgestoßen. Damit emittierte jede Bürgerin und jeder Bürger der Gemeinde Riegel 7,3 t CO₂ im Jahr 2017.
- **CO₂-Bilanz mit lokalem Strommix:** Wird zusätzlich die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien berücksichtigt, reduzieren sich die Emissionen auf 19,8 t CO₂ pro Person (mit Autobahn) bzw. 6,4 t CO₂ pro Person (ohne Autobahn) im Jahr 2017. Zum Vergleich: In Baden-Württemberg wurden im selben Jahr pro Person durchschnittlich 6,3 t CO₂ emittiert.

Erfassung Gebäudestruktur

- 53 % der Wohngebäude in der Gemeinde Riegel sind freistehende Einfamilienhäuser, welche im Durchschnitt den höchsten Energieverbrauch pro m² aufweisen. Einfamilienhäuser werden meist von den Eigentümern und Eigentümerinnen selbst bewohnt. Die Bereitschaft für Investitionen in Maßnahmen zur Energieeinsparung ist bei Eigentumswohnungen im Vergleich zu Mietwohnungen im Allgemeinen höher.
- Rund 68 % der vorhandenen Wohngebäude (Bestandsgebäude) in Riegel sind vor Inkrafttreten der 2. Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1984 erbaut worden, als Wärmedämmung noch eine untergeordnete Rolle spielte.
- **Einsparpotenzial:** Bei vollständiger energetischer Sanierung aller Wohngebäude ist eine Einsparung von 56 % des aktuellen Gesamtwärmebedarfs möglich.

Erneuerbare-Energien-Potenziale

- **Solarenergie auf Dachflächen:** Die Ausbaupotenziale für Solarthermie und Photovoltaik sind signifikant. Im Rahmen der Energiepotenzialstudie wurden zwei Szenarien für das Solarpotenzial auf den Dachflächen berechnet:
 - Würden alle geeigneten Dachflächen mit PV-Anlagen (inkl. der bestehenden Dachanlagen) belegt, könnten insgesamt ca. 8.500 MWh Strom pro Jahr erzeugt werden. Dies entspricht 56 % des derzeitigen Stromverbrauchs.
 - Werden neben PV-Anlagen auch Solarthermieanlagen für die Warmwassererzeugung eingesetzt, könnten bei Verzicht von 5 % des Solarstrompotenzials ca. 1.800 MWh im Jahr zur Deckung des Warmwasserbedarfs gewonnen werden. Die Stromerzeugung aus PV reduziert sich in diesem Fall auf 7.900 MWh/Jahr bzw. 51 % des derzeitigen Stromverbrauchs.

- **Solarenergie auf Freiflächen:** Zusätzlich zu den bestehenden PV-Freiflächenanlagen, bieten die Flächen entlang der Autobahn und der Bahnlinien Potenzial für PV-Anlagen. Dafür sind laut Energieatlas Baden-Württemberg ca. 53 ha Fläche geeignet. Weitere 21 ha sind bedingt nutzbar. Insgesamt bieten die bestehenden Anlagen und die geeigneten Flächen ein Stromerzeugungspotenzial von 37.753MWh/Jahr, bzw. 247 % des aktuellen Stromverbrauchs.
- **Windenergie:** Nach dem Energieatlas Baden-Württemberg wird eine Fläche von 68 ha im Norden der Gemarkung zwischen Leopoldskanal und Autobahn als geeignet für Windkraft gekennzeichnet. Diese Fläche bietet ein Potenzial für maximal 7 Windkraftanlagen mit je 5 MW Leistung und mit einem jährlichen Erzeugungspotenzial von insgesamt 67.000 MWh.
- **Wasserkraft:** Der Energieatlas Baden-Württemberg nennt den Klappenwehr im Leopoldskanal als Standort mit Potenzial für eine Wasserkraftanlage. Die installierbare Leistung liegt demnach bei 133 kW und das jährliche Stromerzeugungspotenzial bei rund 400 MWh. Allerdings wird der Standort als grenzwertig wirtschaftlich eingeschätzt.
- **Biogas:** Die Nutzung vorhandener landwirtschaftlicher und organischer Reststoffe sowie tierischer Exkrememente ergibt ein technisches Stromerzeugungspotenzial in einer Biogasanlage von ca. 1.400 MWh/Jahr. Allerdings wird bereits Biomasse aus der Gemeinde Riegel in der nahe gelegenen Biogasanlage in Forchheim verwertet. Es ist deshalb unwahrscheinlich, dass genügend Biomasse für eine eigene Anlage in der Gemeinde Riegel zur Verfügung steht.
- **Energieholz:** 93 ha Waldfläche innerhalb der Gemarkung sind Gemeindewald und weitere 20 ha befinden sich im Privateigentum. Der jährliche Holzeinschlag auf den gemeindeeigenen Flächen schöpft das wirtschaftlich nutzbare Potenzial an Energieholz aus, so dass sich keine weiteren relevanten Potenziale der Nutzung ergeben.
- **Erdwärme:** Die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme mit Wärmepumpen könnte den Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung der privaten Haushalte in der Gemeinde um rund 10 % steigern.

Handlungsfelder

- **Mehr Strom aus erneuerbaren Energien:** Allein durch den Ausbau der Dachflächen- und Freiflächenpotenziale für Photovoltaik kann die Gemeinde Riegel den eigenen jährlichen Stromverbrauch bilanziell decken. Dazu kommen Potenziale aus der Windenergie und Wasserkraft, die allerdings zunächst auf ihrer Wirtschaftlichkeit geprüft werden müssen. Die Energie- und Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg für Strom (80 % bis 2050) könnten damit in Riegel erreicht werden.
- **Mehr Wärme aus erneuerbaren Energien:** Durch die Nutzung der Erdwärme- und Solarthermiefähigkeiten könnten rund 25 % des Wärmebedarfs der gesamten Gemeinde erneuerbar gedeckt werden.
- **Austausch von alten Heizanlagen und Heizungspumpen:** Der Austausch alter, ineffizienter Heizungen kann zu deutlichen Einsparungen führen und ist für Anlagen, die älter als 30 Jahre sind, teilweise gesetzlich vorgeschrieben. Der Austausch bzw.

die Justierung ineffizienter Heizungspumpen ist zudem eine sehr kostengünstige und einfache Energieeffizienzmaßnahme.

- **Elektrifizierung des motorisierten Straßenverkehrs:** Der Umstieg auf Elektromotoren bietet große Effizienzgewinne und Klimaschutzpotenziale. Wird hierzu Strom aus erneuerbare Energien eingesetzt, ist dieser Effekt nochmals größer.
- **Einsparpotenziale durch Sanierung der Wohngebäude:** Durch die Analyse der Altersstruktur der Wohngebäude konnte festgestellt werden, dass sich ein hohes Gebäudesanierungspotenzial ergibt. Eine vollumfängliche Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen bei Wohngebäuden könnte bis zu 56 % des heutigen Wärmebedarfs einsparen.
- **Fortsetzung der Umstellung der Straßenbeleuchtung:** Die Gemeinde hat bereits mit der Umstellung der Straßenbeleuchtung begonnen, und sollte diesen Prozess in Zukunft fortsetzen.
- **Fortsetzung der energetischen Sanierung der kommunalen Liegenschaften:** Die Gemeinde hat in den letzten Jahren bereits Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs der kommunalen Liegenschaften durchgeführt. Diese sollten in den nächsten Jahren fortgesetzt werden um den Energieverbrauch der Liegenschaften kontinuierlich zu senken.
- **Energiekonzepte für Neubaugebiete:** Sollen in Zukunft Neubaugebiete ausgewiesen werden, kann die Gemeinde durch Beratung und Bauvorgaben Einfluss auf den zukünftigen energetischen Standard im Baugebiet nehmen.
- **Reduzierung des motorisierten Verkehrs:** Die Verkehrsvermeidung und -verlagerung bieten grundsätzlich große Einsparpotenziale. Eine genauere Betrachtung des heutigen Mobilitätsverhaltens der Bürgerinnen und Bürger kann Aufschluss auf sinnvolle Maßnahmen hierzu geben.

1. Ausgangslage

1.1 Global denken

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

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

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

Internationale Abkommen versuchen, dem Klimawandel entgegenzusteuern, indem sie Richtwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen festschreiben. Die Europäische Union (EU) hat sich im September 2020 zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 den Ausstoß von Treibhausgasen um 40 % im Vergleich zum Jahr 1990 zu reduzieren, den Einsatz von erneuerbaren Energien auf einen Anteil von mindestens 32 % zu steigern und die Energieeffizienz um mindestens 32,5 % zu erhöhen. Außerdem stellte die Europäische Kommission im Dezember 2020 das Konzept „European Green Deal“ vor, mit dem Ziel die Treibhausgase in Europa bis 2050 auf netto null zu reduzieren. In dem Zusammenhang soll das Europäische Klimaschutzziel für das Jahr 2030 auf eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 55 % im Vergleich zum Jahr 1990 erhöht werden. Ziel ist es, die globale Erwärmung auf durchschnittlich maximal 1,5°C gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen (Europäische Kommission, 2020).

1.2 Lokal handeln

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

Im „Klimaschutzkonzept 2020 Plus“ hat die Landesregierung Baden-Württembergs jedoch festgestellt, dass Baden-Württemberg innerhalb Deutschlands zu den am stärksten vom Klimawandel betroffenen Gebieten gehören wird (UMVBW, 2011). Da Baden-Württemberg zudem immerhin 0,3 % der weltweiten klimarelevanten Emissionen verursacht, hat sich die Landesregierung zum Ziel gesetzt, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis 2020 auf 38,5 % zu erhöhen. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung soll bis 2020 auf 21 % steigen, so dass der Anteil am Primärenergieverbrauch insgesamt mindestens 13 % beträgt. Des Weiteren sollen bis zum Jahr 2050 50 % weniger Energie als im Jahr 2010 verbraucht werden und Strom und Wärme zu 80 % aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden. Die Treibhausgas-Emissionen sollen damit um 90 % gegenüber dem Jahr 1990 reduziert werden (UMBW, 2020).

Die Steigerung der Energieeffizienz ist ebenfalls ein definiertes Ziel der Landesregierung. So soll die Energieproduktivität im Land bis zum Jahr 2020 um jährlich durchschnittlich 2 % gesteigert werden, so dass immer weniger Kilowattstunden (kWh) pro Euro Wirtschaftsleistung benötigt werden. Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromerzeugung sollte bis zum Jahr 2020 auf 20 % verdoppelt werden und im Jahr 2050 bei einer überwiegend erneuerbare Stromerzeugung noch 18 % betragen (UMBW, 2020).

Die Erreichung dieser Ziele ist nur unter Einbeziehung der kommunalen und lokalen Akteurinnen und Akteure möglich. Städte und Gemeinden tragen über die privaten Haushalte und die ortsansässigen Unternehmen mit ca. 70 % des Energieverbrauchs in Deutschland erheblich zum Ressourcenverbrauch bei (UBA, 2019). Gleichzeitig sind sie auch wichtige Antreiber beim Klimaschutz. Dem Leitsatz „Global denken – lokal handeln“ kommt daher zu Recht große Bedeutung zu.

Für die Umsetzung von Maßnahmen im Bereich Energiesparen, Energieeffizienz und dem Ausbau von erneuerbaren Energien ist es wichtig die energetischen Situation der Gemeinde und die vorhandenen Potenziale zu erfassen. Neben ökologischen Aspekten muss dabei auch die Wirtschaftlichkeit der Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt und im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten einer Gemeinde diskutiert werden. Gleichzeitig ist die Einbindung der Bevölkerung in die Entwicklung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen entscheidend, um eine hohe Akzeptanz der Maßnahmen zu erreichen.

Im Jahr 2020 hat die Gemeinde Riegel die Erstellung der Energiepotenzialstudie in Auftrag gegeben. Ziel der Studie ist es, eine solide Datenbasis des energetischen Ist-Bestands und der Potenziale zur Energieeinsparung, zur Erhöhung der Energieeffizienz und zum Einsatz erneuerbarer Energien auf dem Gemeindegebiet darzulegen und – darauf aufbauend – Strategien und Handlungsfelder für eine nachhaltige, klimafreundliche und energieeffiziente Energieversorgung der Gemeinde zu erarbeiten.

Die hier vorliegende Energiepotenzialstudie wurde im März 2021 abgeschlossen und in enger Zusammenarbeit mit der Gemeindeverwaltung erstellt. In ihr sind die Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz und die Identifizierung möglicher Handlungsfelder für Klimaschutzmaßnahmen analysiert und zusammengefasst.

1.3 Energiepotenzialstudie

1.3.1 Gliederung der Energiepotenzialstudie

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

Aufbauend auf den vorangegangenen Ergebnissen werden in *Kapitel 5* wichtige Handlungsfelder für die Gemeinde erörtert. Dabei stehen die Themen Energieeinsparung, Erhöhung der Energieeffizienz sowie die Nutzung des Erneuerbare-Energien-Potenzials im Fokus. Einen Ausblick für das weitere Vorgehen und die nächsten Schritte in der Gemeinde wird in *Kapitel 6* gegeben. In den *Kapiteln 7 bis 9* können detaillierte Ausführungen zur methodischen Vorgehensweise, Literaturquellen sowie Begriffserklärungen nachgelesen werden. Abschließend gibt *Kapitel 10* eine Übersicht der beigefügten Karten.

1.3.2 Anmerkungen zur angewandten Methodik

- Die Analysen und Ergebnisse der Energiepotenzialstudie sind strikt energiebezogen. Das heißt, dass lediglich die tatsächliche in einer Gemeinde eingesetzte Energie berücksichtigt wird. Nicht betrachtet wird somit der Konsum von nicht energetischen Produkten, wie z.B. von Nahrungsmitteln oder Verpackungsmaterial, die ebenfalls Emissionen von Klimagasen verursachen.
- Die Energie- und CO₂-Bilanz wurde mit dem Tool BICO2 BW erstellt (Version 2.9.1). Dieses Tool wurde vom Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH (IFEU) im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft als Standardverfahren für Baden-Württemberg erstellt. Somit kann die Bilanz regelmäßig fortgeschrieben werden, um die Wirksamkeit der Klimaschutzmaßnahmen in den kommenden Jahren zu überprüfen.
- Die nachfolgende CO₂-Bilanz beinhaltet alle klimawirksamen Emissionen der in der Gemeinde eingesetzten Energien. Emissionen anderer Treibhausgase wurden gemäß ihrer Wirksamkeit (Global Warming Potential, GWP) in sogenannte CO₂-Äquivalente umgerechnet. Im Text stehen die CO₂-Werte synonym für die gesamten Treibhausgas-Emissionen.

- In der CO₂-Bilanz wurden sowohl die direkten als auch die indirekten Emissionen berücksichtigt. Direkte Emissionen entstehen vor Ort bei der Nutzung der Energie (z.B. beim Verbrennen von Öl in der Heizung), während die indirekten Emissionen bereits vor der Nutzung entstehen (z.B. durch Abbau und Transport von Ressourcen oder den Bau und die Wartung von Anlagen).
- Für den Stromverbrauch basieren alle Aussagen auf der Endenergie, also der Energie, die vor Ort im Wohnhaus eingesetzt wird bzw. über den Hausanschluss geliefert wird.
- Für den Wärmeverbrauch werden Endenergie und Nutzenergie unterschieden. Endenergie ist die Menge Öl, Gas, Holz etc., mit der die Heizung „betankt“ wird. Nutzenergie stellt dagegen die Energie dar, die unabhängig vom Energieträger vom Wärmeverbraucher genutzt werden kann. Die Nutzenergie ist also gleich der Endenergie abzüglich der Übertragungs- und Umwandlungsverluste. Hierbei spielt beispielsweise der Wirkungsgrad der Heizanlage eine entscheidende Rolle. Die Berechnungen zum Wärmekataster und zum Sanierungspotenzial basieren auf der Nutzenergie.
- Bei der Energiebilanz für die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr wurde das Territorialprinzip angewendet. Es werden also nur die Energiepotenziale auf kommunalem Gebiet und die Energieverbräuche und CO₂-Emissionen berücksichtigt, die durch den Verbrauch innerhalb der Gemeindegrenzen ihre Ursache haben (Gemarkungsgrenze). Verursachen z.B. die Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde durch Fahrten in die nächste Gemeinde Emissionen, sind diese in der Bilanz nicht enthalten, wenn sie über die Gemeindegrenzen hinausgehen.

2. Wichtige Strukturdaten der Gemeinde

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Die Gemeinde Riegel am Kaiserstuhl liegt im westlichen Landkreis Emmendingen und reicht von der Freiburger Bucht über den Kaiserstuhl bis hin zur Offenburger Rheinebene. Die Elz fließt von Süden nach Norden durch die Gemeinde. Auf Höhe des Ortskerns wird der Leopoldskanal von der Elz abgetrennt. Die Gemeinde grenzt im Norden an Kenzingen, im Osten an Malterdingen, im Südosten an Teningen, im Süden an Bahlingen am Kaiserstuhl, im Südwesten an Endingen am Kaiserstuhl und im Westen an Forchheim.

Die Gemarkungsfläche umfasst ca. 18,34 km². Die Höhe des Ortes wird mit 184 m ü. NN angegeben, der niedrigste Punkt liegt bei 167 m ü NN und der höchste Punkt bei 247 m ü NN liegt. In Riegel am Kaiserstuhl lebten 2019 4.006 Menschen. Neben dem Kernort Riegel, gehören einige Höfe, Wohnplätze und Wohnhäuser zu der Gemeinde. Außerdem befinden sich nördlich des Kernorts, im Südosten zwischen der Elz und der A5 und nahe der Haltestelle Riegel-Malterdingen Gewerbegebiete.

Riegel hat für eine Gemeinde dieser Größe ein sehr gutes Angebot für den täglichen Bedarf mit Ärzten, Apotheke, Bäckereien, Baumarkt, Tankstellen, großem Einkaufsmarkt, Restaurants und Cafés. Mit den Freizeitangeboten, den Standort am Kaiserstuhl und ein sehr gutes Kunstangebot ist die Gemeinde ein beliebter Touristenort.

Die Verkehrsanbindungen der Gemeinde Riegel sind sehr gut. Auf der Gemarkung liegt der Anschluss zur Autobahn A5 Karlsruhe/Basel, der über die L113 zu erreichen ist. Über die L113 ist ebenfalls die B3 leicht erreichbar mit dem Anschluss in Malterdingen. Damit sind regionale Ziele wie Emmendingen (12 km) und die Großstadt Freiburg (ca. 25 km) sehr gut erreichbar. Eine öffentliche Ladesäule für Elektroautos befindet sich auf dem Parkplatz vom Supermarkt Netto im Gewerbegebiet Im Kleinfeldle.

Die Gemeinde ist außerdem sehr gut mit dem regionalen Schienenverkehr angebunden. Mit der Kaiserstuhlbahn ist Riegel auf der Strecke Breisach-Endingen-Riegel-Malterdingen als auch auf der Strecke Endingen-Riegel-Gottenheim mit den Kaiserstuhlgemeinden und der Stadt Breisach verbunden. Über Gottenheim besteht außerdem die Anschlussmöglichkeit Richtung Freiburg. Außerdem fährt die Rheintalbahn durch Riegel. Nahverkehrszüge zwischen Freiburg und Offenburg fahren hier mindestens im Stundentakt und halten an der Haltestelle Riegel-Malterdingen im Osten der Gemeinde. Anbindungen an den Schienenfernverkehr bestehen in Freiburg und Offenburg.

Aufgrund der guten Verkehrsanbindungen zeichnet sich die Gemeinde Riegel durch eine hohe Anzahl von Berufspendelnden aus. Im Jahr 2017 wohnten in Riegel 1.504 Menschen, welche außerhalb der Gemeindegrenzen tätig waren. Zusätzlich pendelten 844 Menschen nach Riegel. Unter den örtlichen Unternehmen befinden sich Handwerksbetriebe, Einzelhandel, Dienstleister sowie einige Betriebe des produzierenden Gewerbes und der Industrie. Der Gewerbeverein Riegel e.V. vertritt seit 1987 die Interessen der Gewerbebetreibenden und Selbstständigen, des Handels und Handwerks, der Gastronomen und der freien Berufe in und um Riegel.

Die leitungsgebundene Energieversorgung in der Gemeinde Riegel am Kaiserstuhl erfolgt zum einen durch den bnNETZE GmbH, die das Erdgasnetz betreibt und zum anderen durch die Netze BW, die das örtliche Stromnetz betreibt. Über einen Tiefbrunnen in Riegel wird das Gemeindegebiet mit Trinkwasser versorgt. Die Gemeinde Riegel ist seit 1974 Mitglied des Abwasserzweckverbands Breisgauer Bucht und die Abwasserentsorgung erfolgt über das Gemeinschaftsklärwerk in Forchheim.

Die Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über die Strukturdaten der Gemeinde, welche sowohl für die Bewertung der Energie- und CO₂-Bilanz als auch für die Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen relevant sind. Diese grundlegenden Daten wurden beim Statistischen Landesamt Baden-Württemberg abgerufen (jeweiliges Bezugs- bzw. Erhebungsjahr ist angegeben).

	Gemeinde	Einheit	Bezugsjahr
Bevölkerung	4.006	Anzahl	2019
Fläche insgesamt	1.833	ha	2019
Waldfläche	477	ha	2016
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	643	ha	2019
Wohngebäude	864	Anzahl	2019
Wohnungen	1.833	Anzahl	2019

Tabelle 1 – Strukturdaten der Gemeinde Riegel (STALA-BW, 2020)

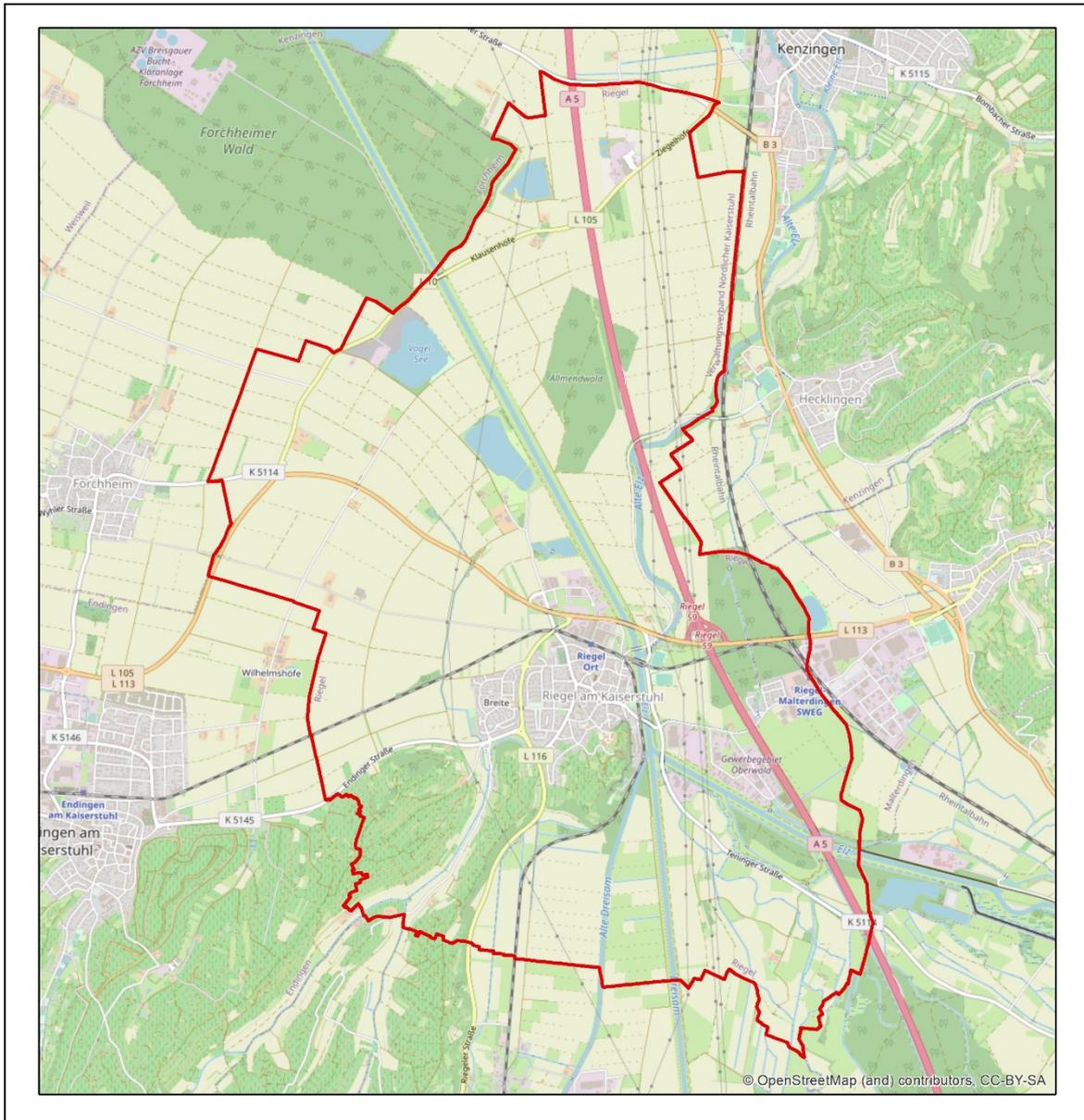


Abbildung 1 – Übersicht der Gemeinde mit den Gemarkungsgrenzen der Gemeinde Riegel (rot) (Quelle: OpenStreetMap & Contributors, 2021)

2.2 Klimaschutz in Riegel

Die Gemeinde Riegel hat bereits Maßnahmen umgesetzt, die dem Klimaschutz dienen. In den letzten Jahren wurden vermehrt PV-Anlagen für die Stromerzeugung aus erneuerbare Energien auf den Dächern der kommunalen Liegenschaften gebaut oder befinden sich in Planung. Mit der Einführung eines Energiemanagements für die kommunalen Liegenschaften hat die Gemeinde den Energieverbrauch stets im Blick und kann so auch gezielt Maßnahmen für die Zukunft planen. Die kommunalen Gebäude werden stetig saniert und die Heizanlagen gewartet und erneuert. In den letzten Jahren wurden der Bauhof und die Flüchtlingsunterkunft neu gebaut und haben dementsprechend einen hohen energetischen Standard. Außerdem ist ein Neubau der Obdachlosenunterkunft in Planung, der im Jahr

2022 fertiggestellt werden soll. Ein Teil der Straßenbeleuchtung wurde auch bereits auf LED-Beleuchtung umgestellt. Im Jahr 2020 nahm die Gemeinde außerdem beim STADTRADELN teil.

Mit der Einstellung der Klimaschutzmanagerin und der Erstellung eines Klimaschutzkonzepts soll nun das Thema Klimaschutz in der Gemeinde Riegel koordiniert und effektiv vorangebracht werden.

2.3 Wohngebäude- und Siedlungsstruktur

Ein großes Potenzial auf Seiten der Energie- und Kosteneinsparungen liegt deutschlandweit beim Verbrauchssektor Privathaushalte. Im Jahr 2018 wurden rund 68 % des Energiebedarfs der privaten Haushalte für die Beheizung der Wohnräume eingesetzt (Umweltbundesamt, 2020). Ein besonderes Augenmerk der Energiepotenzialstudie liegt daher auf der Erfassung der Altersstruktur der Bestandsgebäude, um Einsparpotenziale abzuleiten.

Zur Beschreibung der Gebäudestruktur in der Gemeinde Riegel wurde die „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) verwendet. Die Einordnung der Gebäude in diese Typologie ermöglicht die Analyse der Energieeinsparpotenziale für einen größeren Gebäudebestand. Bei der Typologie wird davon ausgegangen, dass Gebäude aus einer bestimmten Bauzeit in der Regel ähnliche Baustandards und damit ähnliche thermische Eigenschaften ausweisen (Busch et al., 2010). Dazu wird der Gebäudebestand nach Baualter sowie nach Gebäudegröße in Klassen eingeteilt (vgl. Methodik, Kapitel 9). Die Grenzzahre der Baualterklassen orientieren sich an historischen Einschnitten, an statistischen Erhebungen und an Veröffentlichungen neuer Wärmeschutzverordnungen. In diesen Zeiträumen wird der Gebäudebestand als verhältnismäßig homogen angenommen, sodass für die einzelnen Baualterklassen durchschnittliche Energieverbrauchskennwerte bestimmt werden können. Die Gebäudegröße dagegen beeinflusst die Fläche der thermischen Hülle. Mit den mittleren Energieverbrauchskennwerten der jeweiligen Gebäudetypen kann so der energetische Zustand eines gesamten Gebäudebestands ermittelt werden (Busch et al., 2010).

In der folgenden Abbildung 2 sind die Wohngebäude von Riegel nach Baualter dargestellt. Demnach sind 68 % der vorhandenen Wohngebäude (Bestandsgebäude) vor Inkrafttreten der zweiten Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1984 erbaut worden. Dies ist von besonderem Interesse, da Wärmedämmung damals eine untergeordnete Rolle spielte und das Einsparpotenzial durch Sanierungsmaßnahmen dementsprechend hoch ist.

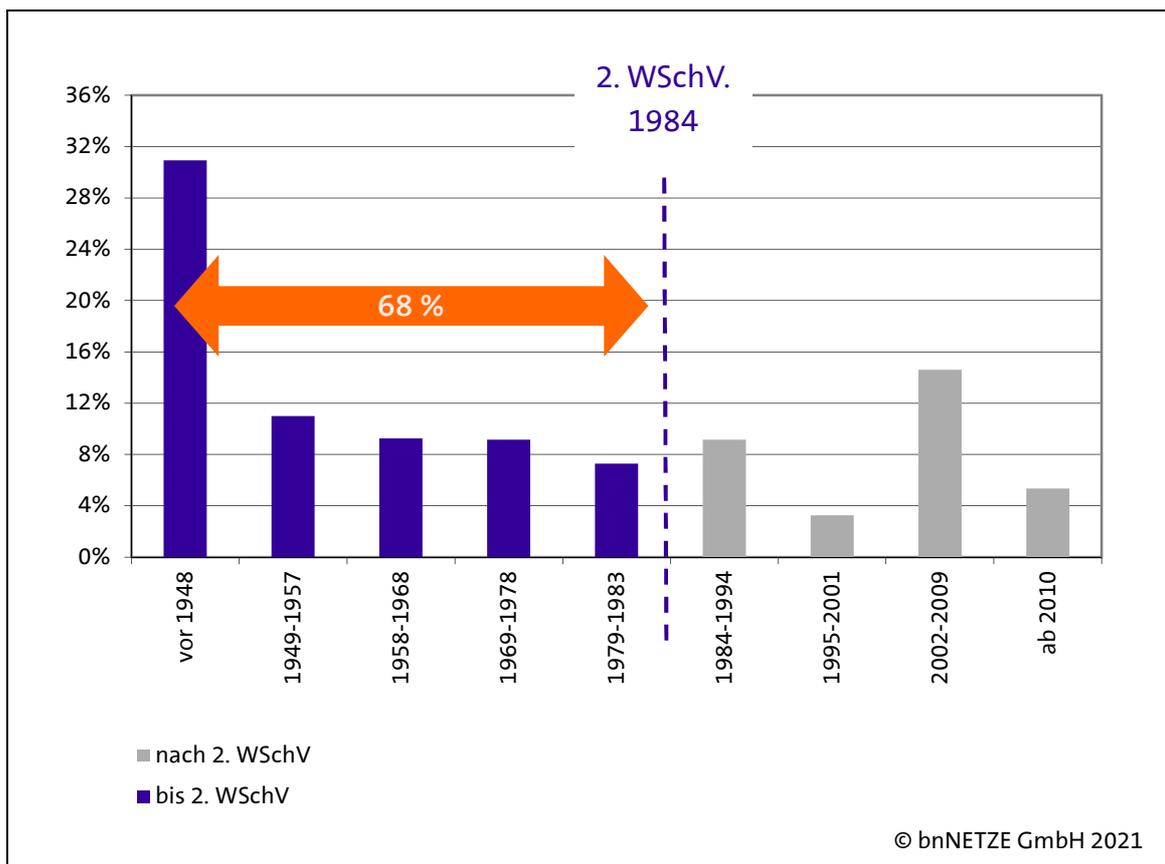


Abbildung 2 – Anteil der Wohngebäude nach Baualter und WSchV in Riegel

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

Charakteristisch für ländliche Gemeinden sind freistehende Einfamilienhäuser, die in Riegel 53 % des Wohnbestandes ausmachen (vgl. Abbildung 3). Diese Einfamilienhäuser spielen bei der Erschließung der Einsparpotenziale eine große Rolle. Zum einen verzeichnen sie im Durchschnitt den höchsten Energieverbrauch pro Person, zum anderen werden Einfamilienhäuser meist vom Eigentümer bzw. von der Eigentümerin selbst bewohnt. Der Nutzen von Sanierungsmaßnahmen wirkt sich hier direkt aus und erhöht die Bereitschaft der Eigentümerin bzw. des Eigentümers, Investitionen zur Energieeinsparung vorzunehmen.

Große Mehrfamilienhäuser eignen sich z.B. gut für die Versorgung durch eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage. In Riegel machen kleine und große Mehrfamilienhäuser allerdings nur 20 % der Gebäude aus.

Ein weiteres Ergebnis der Gebäudestrukturen ist das Wärmekataster, auf das in nachfolgenden Kapiteln eingegangen werden soll (vgl. 3.2.3 und 5.3.2).

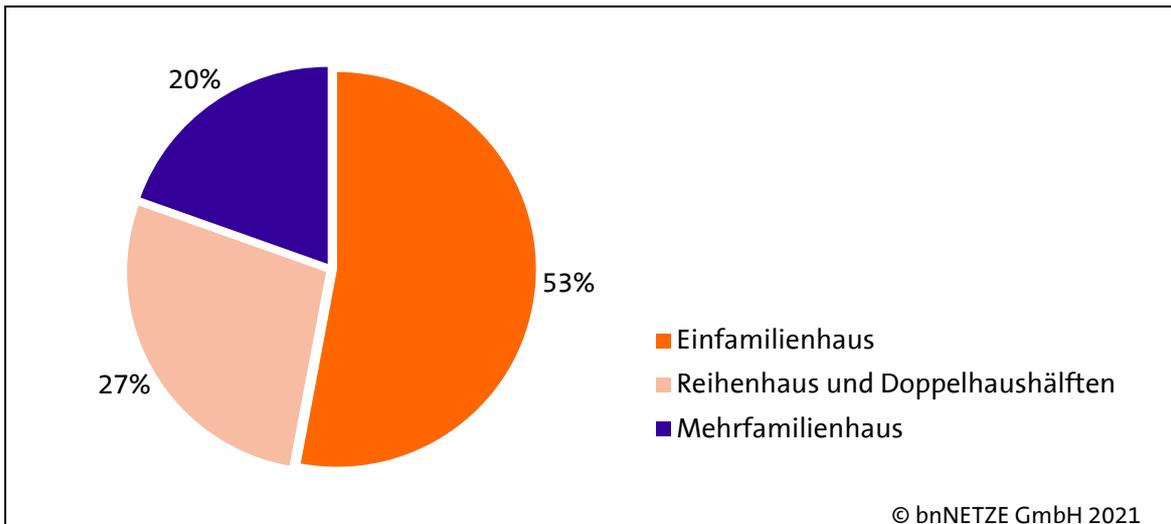


Abbildung 3 – Verteilung der Gebäudearten in Riegel

2.4 Lokale Wärmeinfrastruktur

Die Gemeinde Riegel ist an das Erdgasnetz angeschlossen. Die Wohn- und Gewerbegebiete sind gut mit Erdgasleitungen erschlossen und weisen eine hohe Leitungsdichte aus. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass Erdgas einen hohen Anteil der Energieträger zur Wärmeerzeugung in der Gemeinde hat (vgl. Kapitel 3.2). Abbildung 4 gibt einen Überblick über den aktuellen Ausbauzustand der Gasnetzinfrastuktur.



Abbildung 4 – Gasleitungen (grün) in Riegel

3. Energienutzung und CO₂-Bilanz

3.1 Stromverbrauch und Strombedarfsdeckung

3.1.1 Stromverbrauch nach Sektoren

Die aktuellen Stromverbrauchsdaten des Bilanzjahres 2017, aggregiert auf die gesamte Gemeinde, sowie Verbrauchsdaten der Straßenbeleuchtung wurden durch Angaben des Stromnetzbetreibers Netze BW GmbH erhoben. Die Gemeindeverwaltung stellte zusätzlich detaillierte Stromverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften zur Verfügung.

Nach diesen Daten lag der Stromverbrauch in Riegel bei 15.275 MWh im Jahr 2017. Der Sektor Wirtschaft hatte mit 61 % den größten Anteil des jährlichen Stromverbrauchs. Mit einem Anteil von 30 % folgten die privaten Haushalte an zweiter Stelle. Mit rund 6 %, stand der Heizungsstrom an dritter Stelle. Der restliche Verbrauch ist dem Sektor kommunale Liegenschaften (1,4 %) und der Straßenbeleuchtung der Gemeinde (1 %) zuzuordnen (vgl. Abbildung 5).

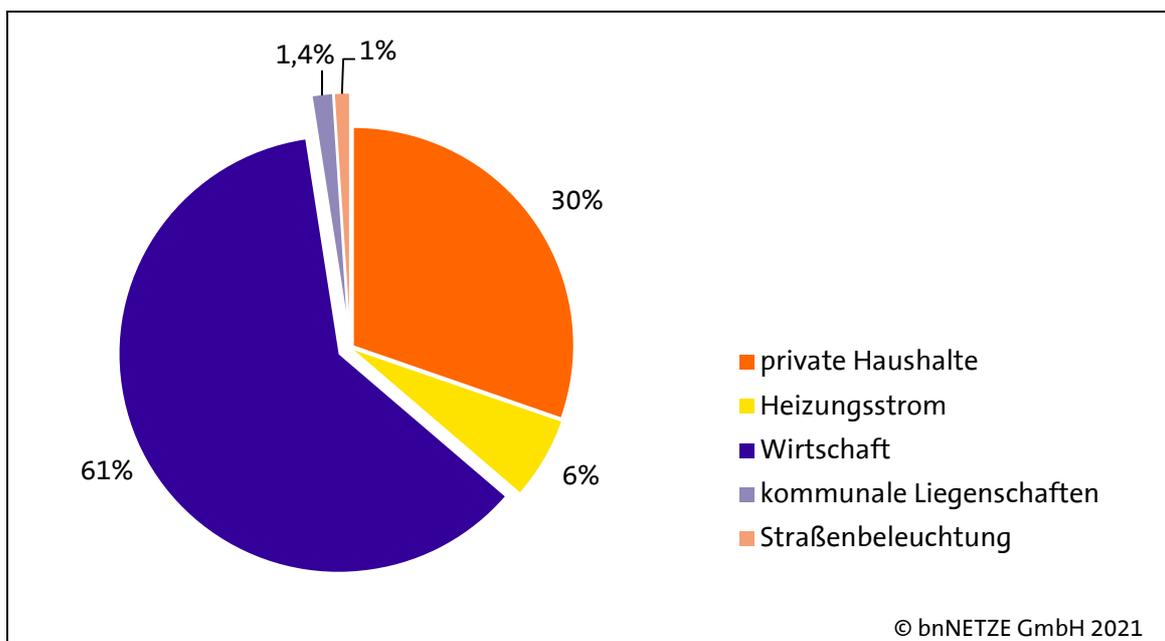


Abbildung 5 – Aufteilung des Gesamtstromverbrauchs in Riegel nach Sektoren (2017)

Der Stromverbrauch der gesamten kommunalen Liegenschaften betrug im Jahr 2017 215 MWh. Den höchsten Einzelverbrauch hatte das Pumphaus mit 80 MWh. Weitere große Verbraucher mit einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als 20 MWh sind die Römerhalle (51 MWh) und die Michaelschule inkl. Halle (23 MWh) (vgl. Abbildung 6).

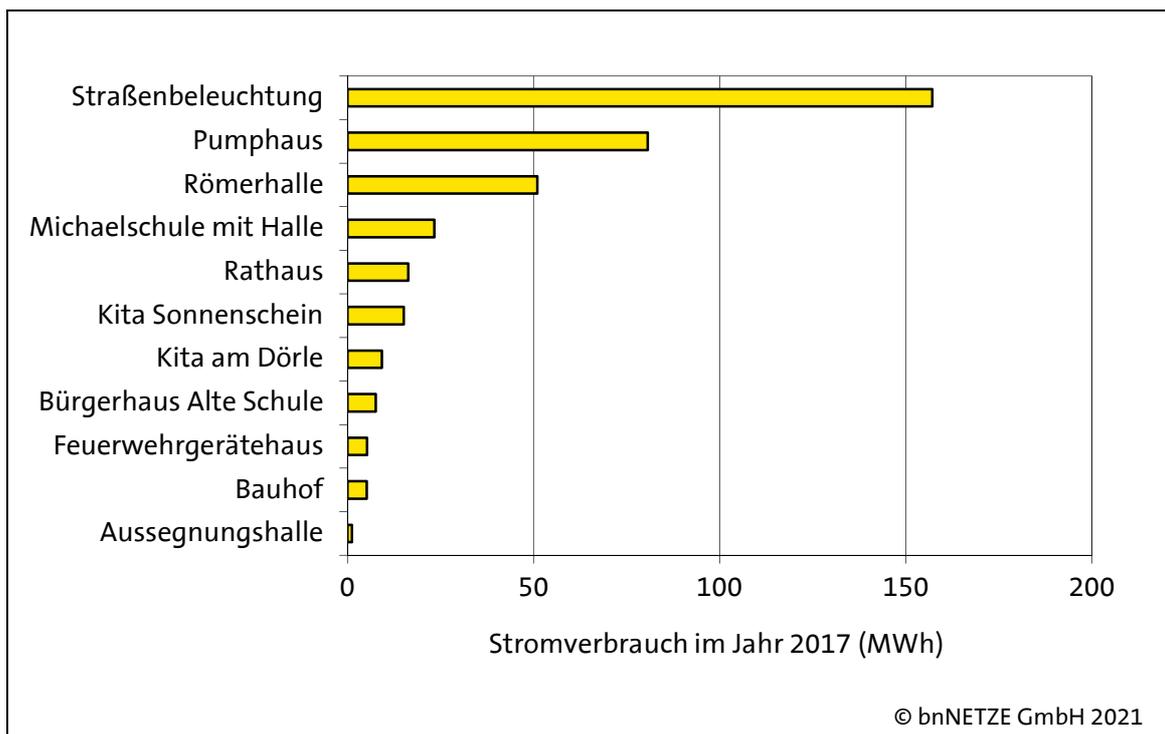


Abbildung 6 – Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften und der Straßenbeleuchtung (2017)

Der Stromverbrauch der gesamten Straßenbeleuchtung in Riegel betrug im Jahr 2017 157 MWh. Insgesamt gibt es in der Gemeinde 578 Leuchten, davon wurden bis 2020 240 auf LED umgerüstet. Die verbleibenden Leuchten sind Natriumdampflampen, die bereits einen deutlich geringeren Stromverbrauch als bspw. Quecksilberdampflampen haben. Abbildung 7 zeigt den jährlichen Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung für die Jahre 2017 bis 2019. Dabei ist die Reduktion des Stromverbrauchs der Straßenbeleuchtung durch die Umstellung auf effiziente LED-Leuchten zu erkennen.

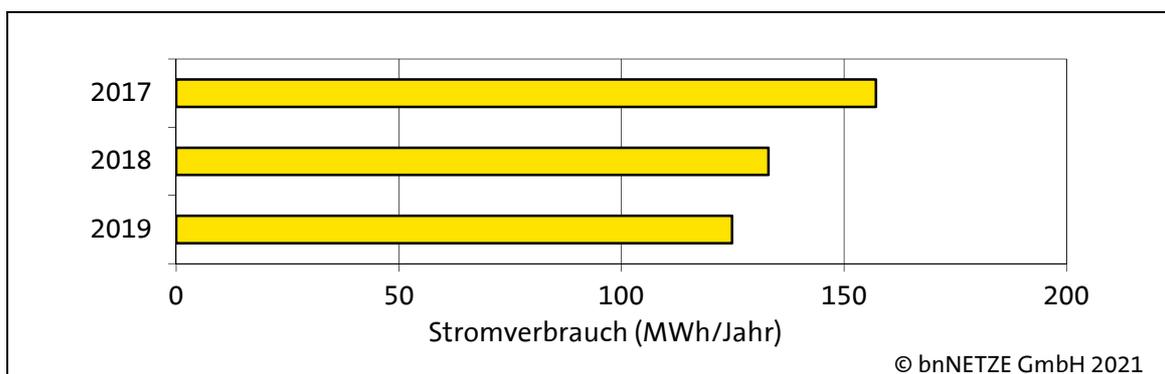


Abbildung 7 – Entwicklung Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung (2014-2019)

Für den Vergleich der Straßenbeleuchtung mit anderen Gemeinden wurde der Strombedarf auf die Bevölkerungszahl bezogen. In Riegel wurden im Jahr 2019 31,6 kWh Strom pro Person für die Straßenbeleuchtung aufgewendet. Damit liegt

die Gemeinde etwas über einem Mittelwert von 24,6 kWh im Jahr 2019, der aus 24 Referenzgemeinden aus der Region berechnet wurde (vgl. Abbildung 8).

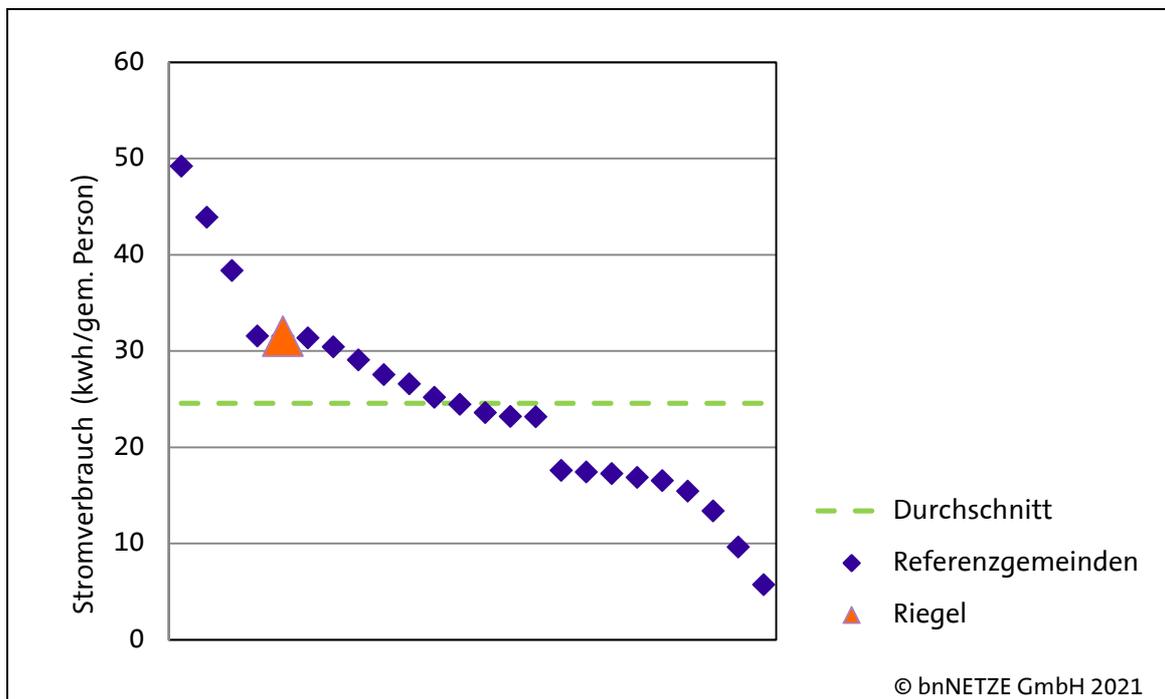


Abbildung 8 – Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung in Riegel und Referenzgemeinden aus der Region (2019)

3.1.2 Strombedarfsdeckung

Daten zu Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien (Anlagentyp, Leistung und eingespeiste Strommengen) wurden beim Stromnetzbetreiber Netze BW GmbH abgefragt. Danach wurde der Strom aus erneuerbaren Energien in Riegel im Jahr 2017 durch 142 PV-Anlagen erzeugt. Laut dem Energieatlas BW sind 4 dieser Anlagen, mit einer Erzeugungsleistung von insgesamt 2.438 MW, Freiflächenanlagen. Weitere Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien, zum Beispiel aus Biomasse, Wind- oder Wasserkraft, sind auf der Gemarkung der Gemeinde nicht vorhanden oder nicht in Betrieb.

Im Jahr 2017 speisten die installierten PV-Anlagen zusammen 6.659 MWh Strom ein und deckten somit 45 % des gesamten Stromverbrauchs der Gemeinde (vgl. Abbildung 10). Zu beachten ist, dass der Netzbetreiber Angaben zur eingespeisten Strommenge machte, jedoch nicht zum Eigenverbrauch. Dieser Anteil ist sehr gut im Vergleich zu ähnlichen Gemeinden der Region.

Neben den genannten Stromerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien können auch konventionelle Erzeugungsanlagen, z.B. kleinere Blockheizkraftwerke, einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz und zu einer dezentralen, nachhaltigen Energieversorgung leisten. Kraft-Wärme-Kopplungssysteme (KWK) bieten den Vorteil, dass sie gleichzeitig Wärme und Strom in einer Anlage erzeugen. Der Gesamtwirkungsgrad des Systems ist hierbei höher als bei der ausschließlichen Stromerzeugung (vgl. Abbildung 9).

In Riegel waren im Jahr 2017 weniger als 5 KWK-Anlagen in der Gemeinde in Betrieb. Insgesamt wurden 45 MWh und damit 0,3 % des Gesamtstromverbrauchs von Riegel mit dieser effizienten Technologie eingespeist (vgl. Abbildung 10).

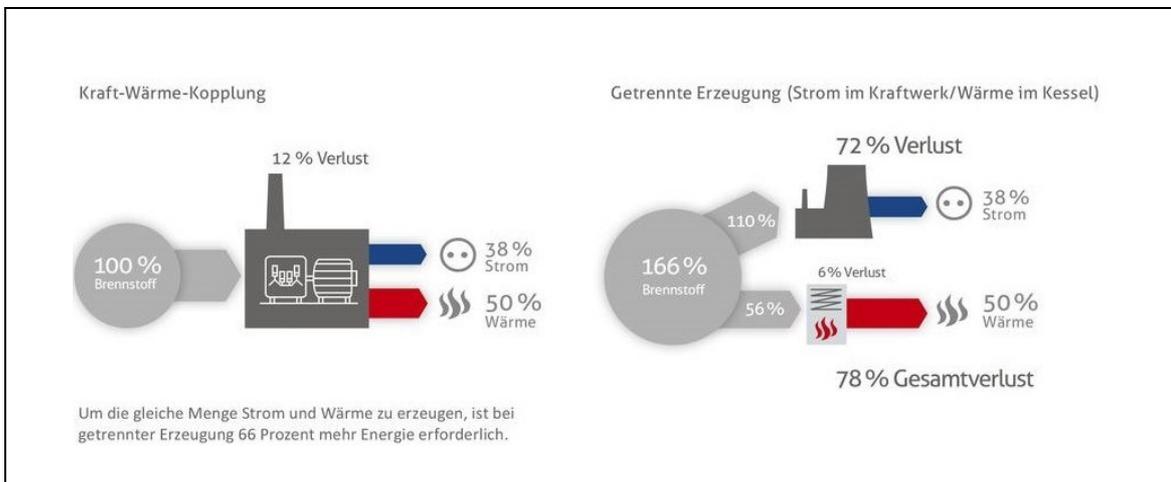


Abbildung 9 – Darstellung des Endenergieeinsatzes bei getrennter und gekoppelter Erzeugung von Wärme und Strom (Quelle: Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V., 2011)

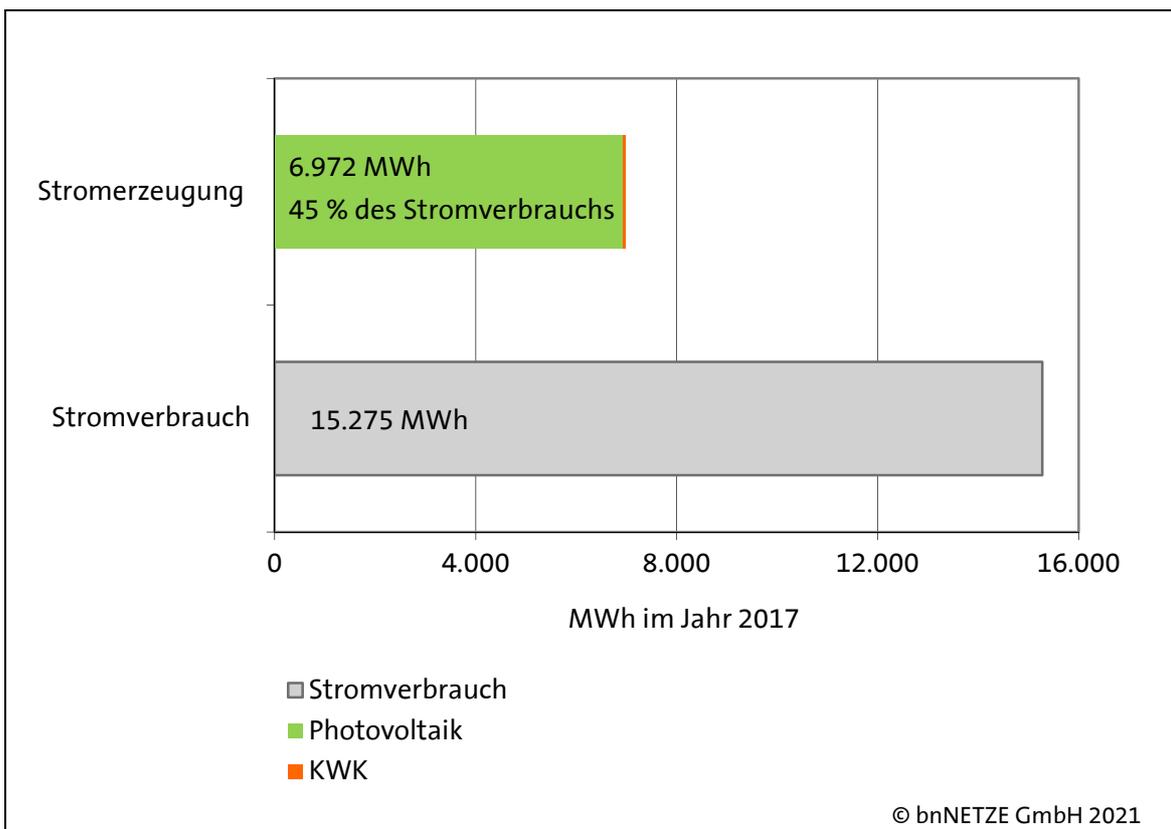


Abbildung 10 – Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbare Energien und KWK im Vergleich zum Stromverbrauch im Jahr 2017

3.1.3 CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs

Für die CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs der Gemeinde Riegel wurde der Emissionsfaktor von 0,554 t CO₂/MWh für den deutschen Strommix angenommen (IFEU, 2018a), vgl. Kapitel 9.3. Auf Basis dieser Kenndaten betrug der CO₂-Ausstoß für die Deckung des Stromverbrauchs der Gemeinde 8.462 t im Jahr 2017.

Durch die Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien trägt Riegel dazu bei, dass sich die CO₂-Belastung des Strommixes verbessert. Da die CO₂-Emissionen dieser Anlagen deutlich niedriger sind als der Emissionsfaktor des deutschen Strommix, wurde zusätzlich ein kommunaler Strommix für Riegel berechnet, in dem diese Anlagen berücksichtigt werden. Für die Berechnung des kommunalen Strommix wurde ein Emissionsfaktor von 0,04 t CO₂/MWh für Strom aus Photovoltaikanlagen angenommen (IFEU, 2018a). Durch den Strom aus PV wurden in Riegel im Jahr 2017, im Vergleich zu Strom aus dem deutschen Strommix, 3.560 t CO₂ vermieden.

3.2 Wärmeverbrauch und Wärmebedarfsdeckung

3.2.1 Wärmeverbrauch nach Sektoren

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

- Für den nicht-netzgebundenen Verbrauch wurden aggregierte Daten des LUBWs zu dem Energieverbrauch kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen herangezogen.
- Größere gewerbliche und industrielle Betriebe wurden direkt nach ihrem Energieverbrauch befragt. Auf den durch die Gemeinde zugestellten Fragebogen hatten insgesamt lediglich drei Betriebe geantwortet.
- Der Bestand an Solarthermie- und Geothermieanlagen wurde aus Online-Datenbanken ermittelt, die jedoch nur die Anlagen auflisten, die durch das bundesweite Marktanreizprogramm gefördert wurden.
- Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Gemeindeverwaltung zur Verfügung gestellt.

Aus diesen verschiedenen Datenquellen lässt sich der Gesamtwärmeverbrauch in Riegel abschätzen (vgl. Kapitel 9.3.3). Dieser betrug 41.880 MWh im Jahr 2017. Nach den Sektoren betrachtet, hatten die privaten Haushalte mit 55 % den höchsten Anteil am Wärmeverbrauch der Gemeinde. Die örtlichen Gewerbe- und Industriebetriebe hatten mit 43 % einen ebenfalls wesentlichen Anteil, während die kommunalen Liegenschaften nur 2 % des Wärmeverbrauchs ausmachten (vgl. Abbildung 11).

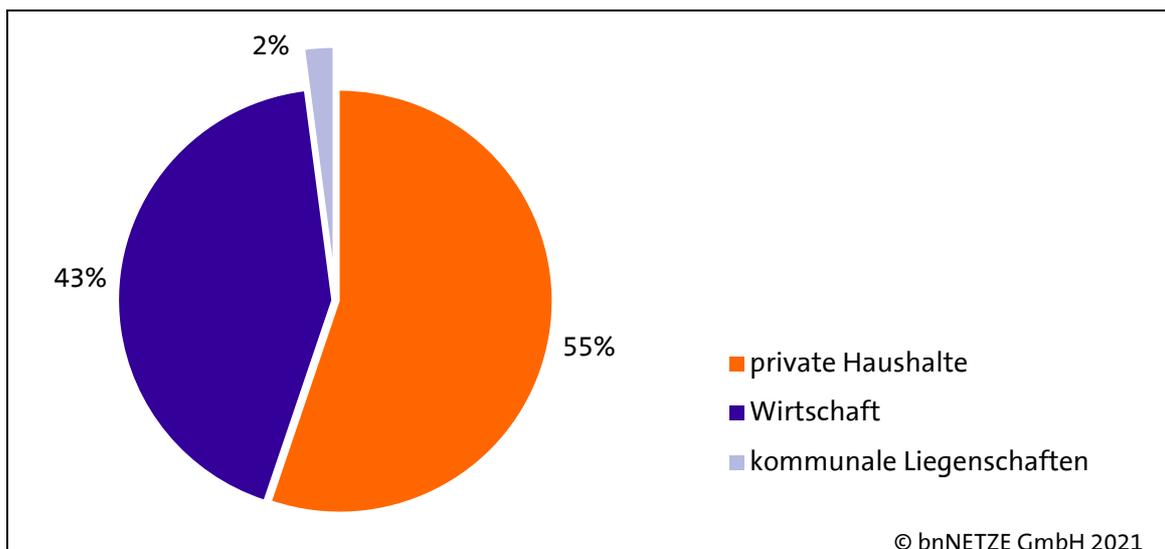


Abbildung 11 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs in Riegel nach Sektoren (2017)

3.2.2 Wärmebedarfsdeckung nach Energieträger

Nach den vorliegenden Informationen wurden zur Deckung des Wärmebedarfs im Jahr 2017 in Riegel zum größten Teil die fossilen Energieträger Erdgas (43 %, ca. 18.100 MWh) und Heizöl (45 %, ca. 17.400 MWh) eingesetzt. Einen sehr geringen Anteil hatten Heizungsstrom mit 2 % (913 MWh) und sonstige fossile Energieträger (Kohle, Wärme aus KWK, Flüssiggas) mit 1 % (155 MWh).

Insgesamt wurden 12 % des Wärmeverbrauchs der Gemeinde durch erneuerbare Energiequellen (EEQ) erzeugt: Neben 9 % Energieholz wurden auch Solarthermie (2 %) und Umweltwärme (1 %), d.h. Erd- und Luftwärmepumpen, eingesetzt (vgl. Abbildung 12).

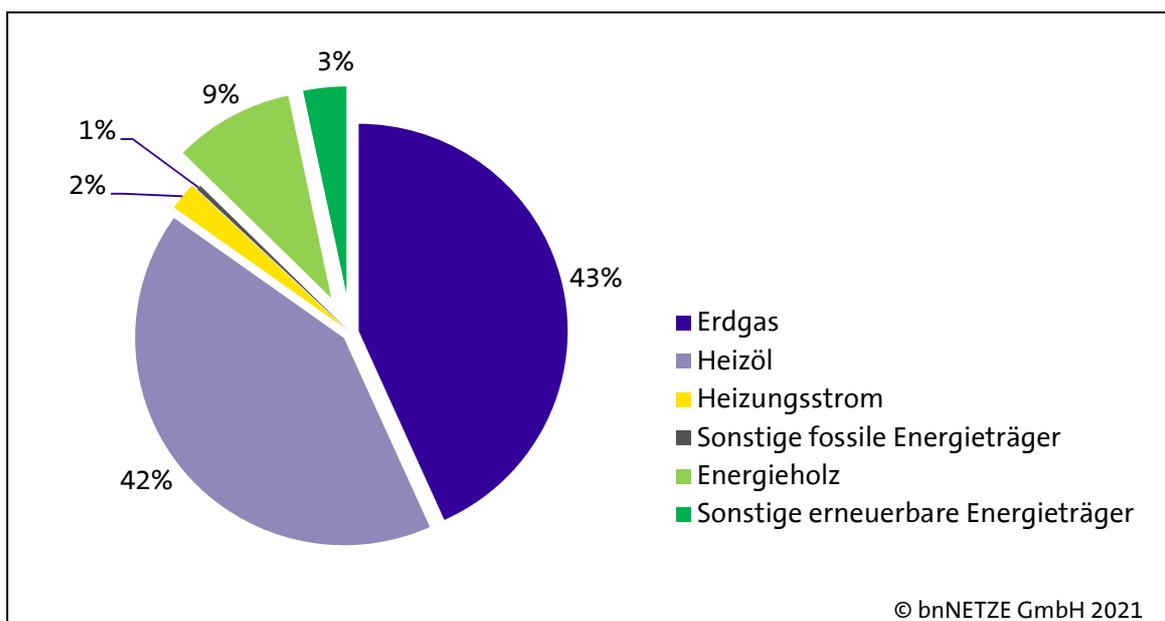


Abbildung 12 – Aufteilung des Gesamtwärmeverbrauchs nach Energieträgern (2017)

Abbildung 13 zeigt nochmals detailliert die Aufteilung der Energieträger auf den Wärmeverbrauch der Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und kommunale Liegenschaften. Hierbei ist sichtbar, dass der Sektor private Haushalte den höchsten Wärmeverbrauch hat und, dass nach wie vor hauptsächlich die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl eingesetzt werden.

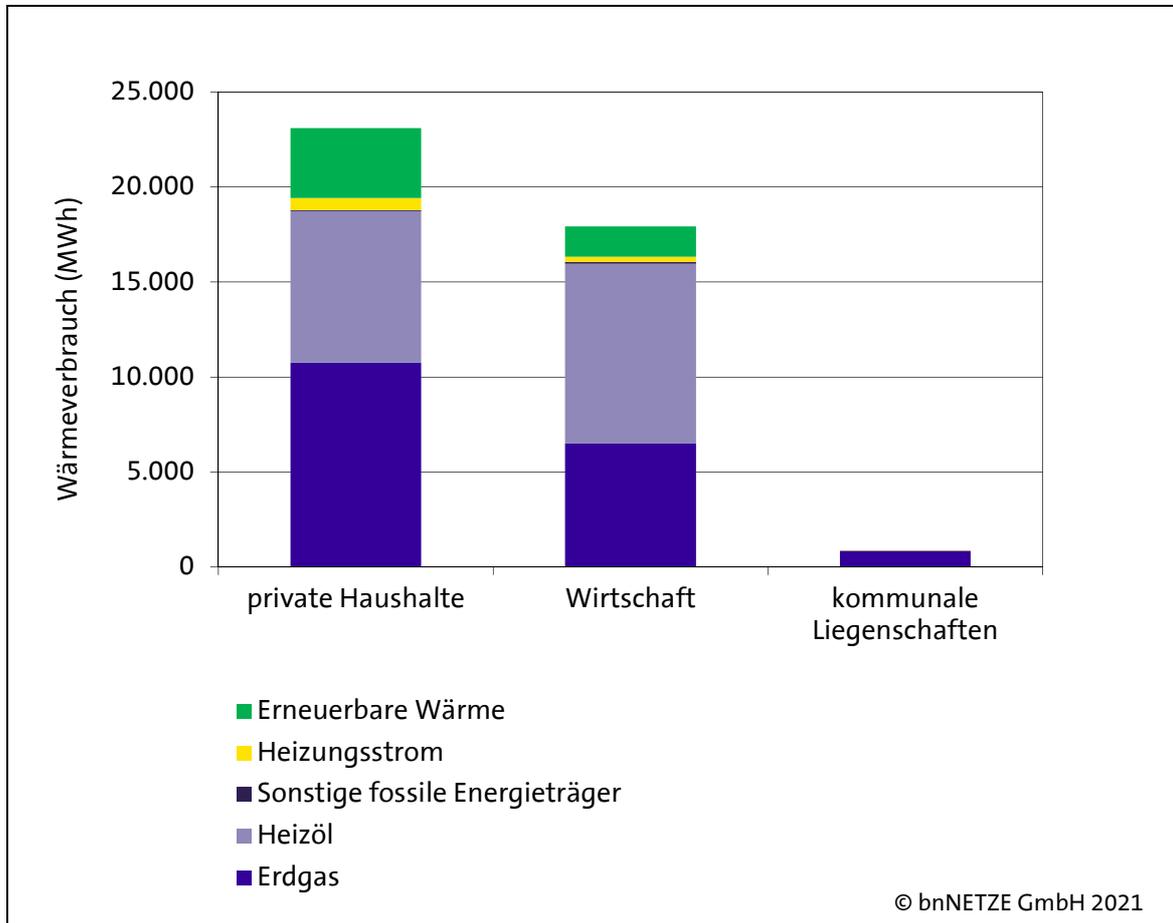


Abbildung 13 – Wärmeverbrauch der einzelnen Sektoren nach Energieträgern (2017)

Für die kommunalen Liegenschaften wurden im Jahr 2017 854 MWh Erdgas und 8 MWh Heizungsstrom für die Wärmeversorgung verbraucht. Den höchsten Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften weist mit Abstand die Michaelsschule (inkl. Halle) mit einem Erdgasverbrauch von 294 MWh im Jahr 2017 auf. Mit ebenfalls großem Energiebedarf folgt darauf die Römerhalle mit einem Erdgasverbrauch von 171 MWh im Jahr 2017. Abbildung 14 zeigt den Wärmeverbrauch der einzelnen kommunalen Liegenschaften.

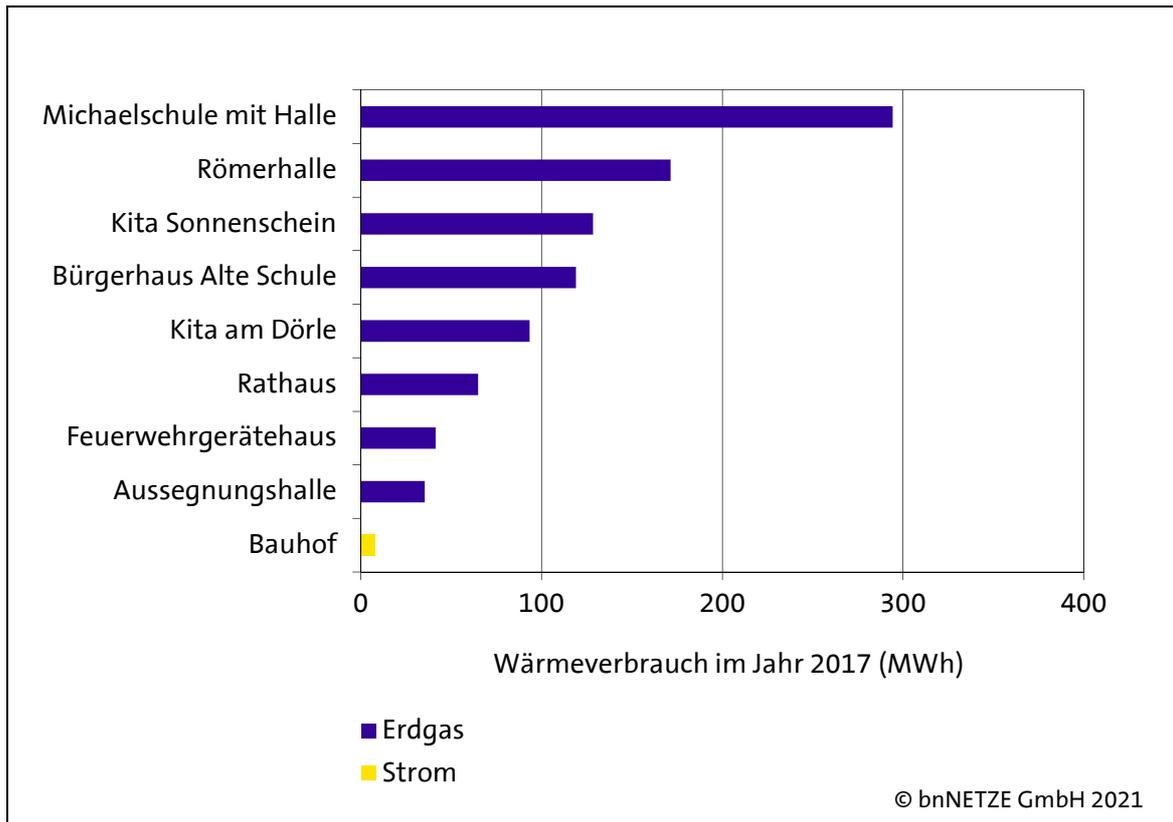


Abbildung 14 – Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften (2017)

3.2.3 Wärmekataster

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

Der Auszug aus diesem Kataster zeigt Abbildung 15. Dargestellt ist der absolute Wärmebedarf auf Gebäudeebene. Auf der Karte ist der Ortskern von Riegel abgebildet. Beim absoluten Wärmebedarf ist nicht nur der energetische Zustand des Gebäudes entscheidend, sondern auch die Größe des Gebäudes. Weil größere Gebäude mehr Fläche bzw. Volumen zum Heizen haben, weisen Sie einen höheren absoluten Wärmebedarf auf. Beispielsweise haben die Mehrfamilienhäuser in der Frankenstraße (in der Karte Links Unten) einen hohen absoluten Wärmebedarf im Vergleich zu den kleineren Einfamilienhäuser in der Alemannenstraße und der Guntramstraße (Links Oben).

Zur weiteren Auswertung des Wärmebedarfs und zur Erörterung möglicher Versorgungsvarianten ist ein Exemplar des gesamten Wärmekatasters in Form von Karten beigelegt und zudem digital verfügbar.

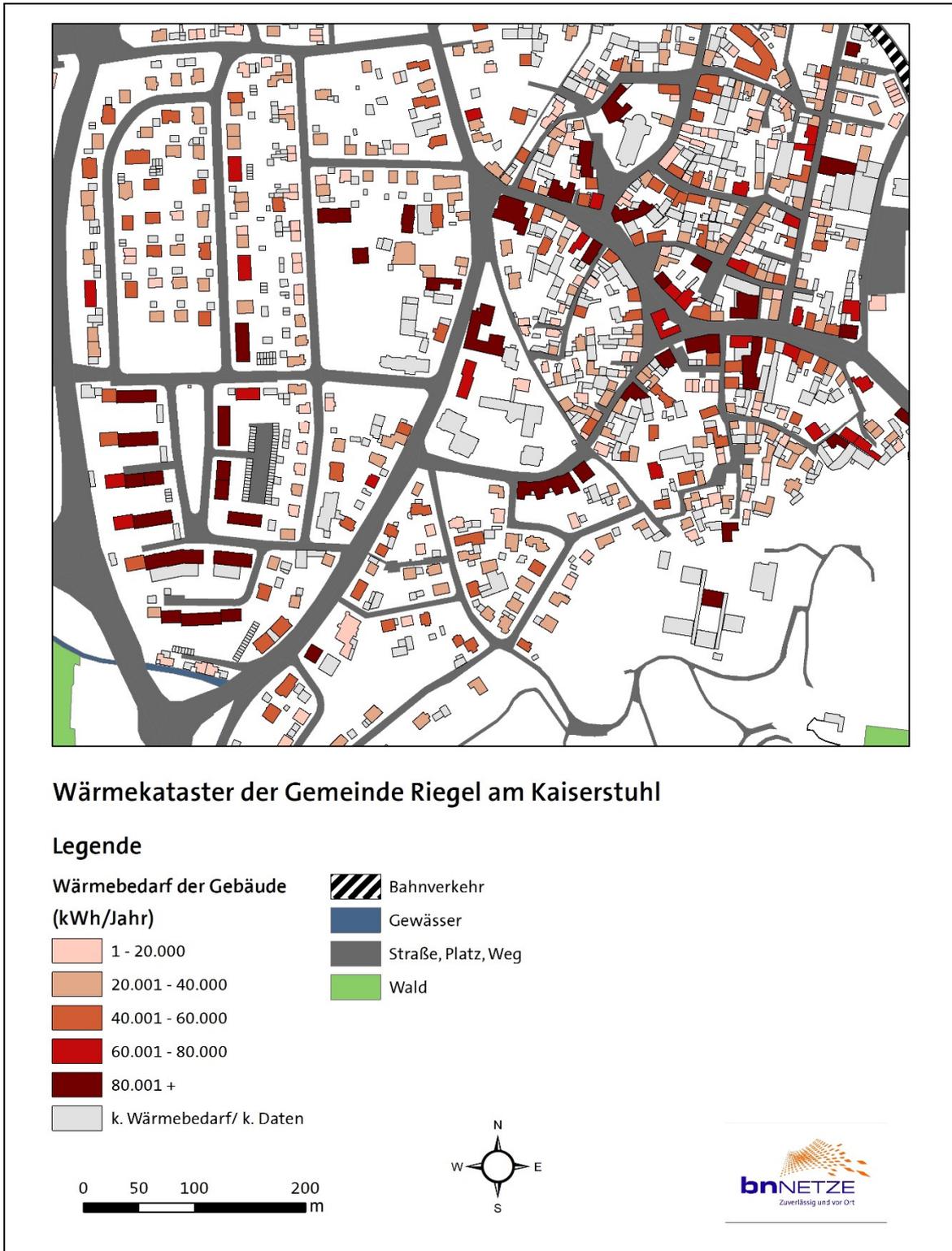


Abbildung 15 – Auszug des Wärmekatasters: Absoluter Wärmebedarf auf Gebäudeebene im Ortskern von Riegel

3.2.4 CO₂-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs

Aus den Daten in Abschnitt 3.2.1 und 3.2.2 ergibt sich, dass die Deckung des Wärmeverbrauchs in Riegel für das Jahr 2017 zu CO₂-Emissionen in Höhe von rund 10.728 t führte.

Die kommunalen Liegenschaften waren mit ihrem Wärmeverbrauch für 329 t CO₂ im Jahr 2017 verantwortlich. Die CO₂-Emissionen der einzelnen Liegenschaften spiegeln die unterschiedlichen Wärmeverbräuche in MWh der Liegenschaften und die eingesetzten Energieträger wieder (vgl. Abbildung 16). Der sehr hohe Wärmeverbrauch der Michaelschule inkl. Halle machte sich auch in den hohen Emissionen bemerkbar.

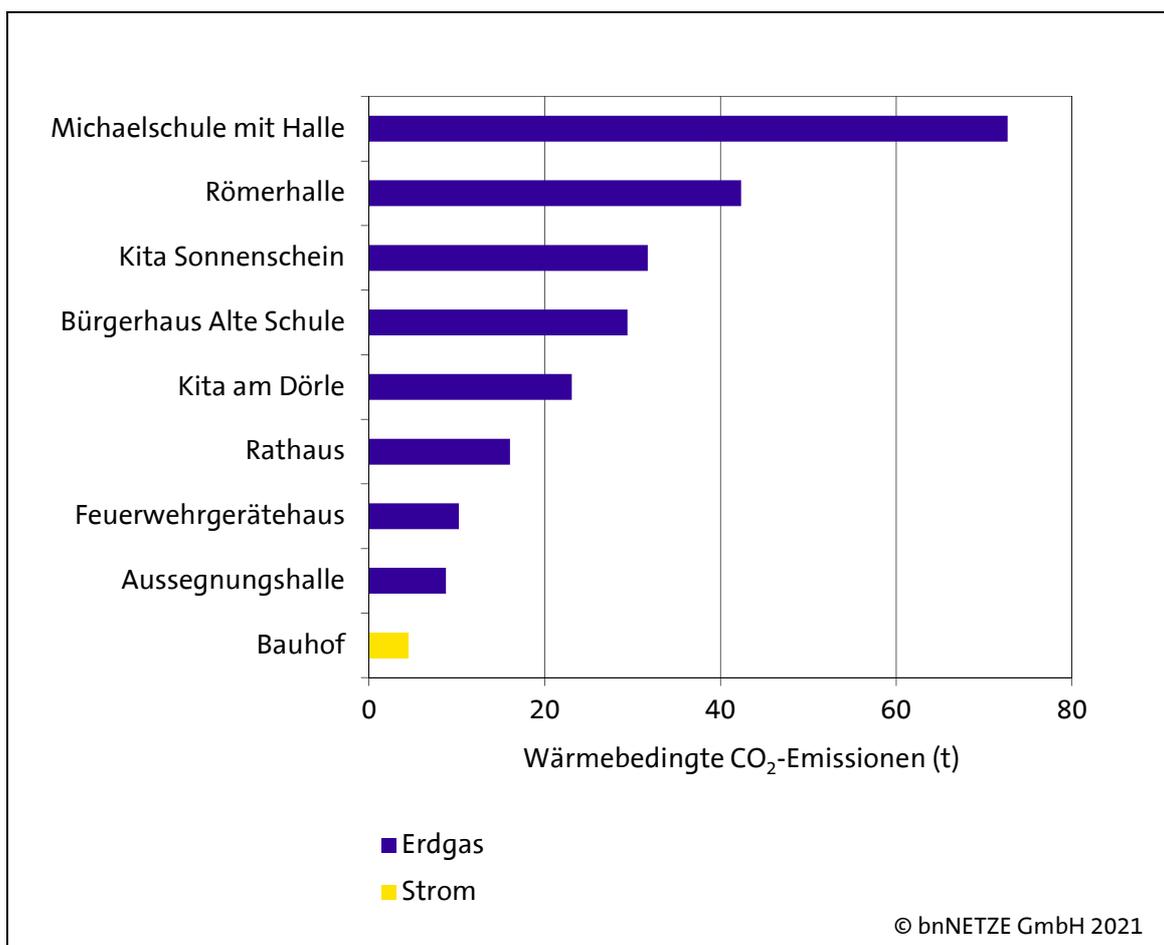


Abbildung 16 – CO₂-Emissionen der kommunalen Liegenschaften durch Wärmeerzeugung (2017)

3.3 Verkehr

Neben den durch den Strom- und Wärmeverbrauch hervorgerufenen Emissionen fließt der Sektor Verkehr in erheblichem Maße in die Energie- und CO₂-Bilanz einer Gemeinde ein. Mit Daten zur Fahrleistung nach Fahrzeugtyp und Kraftstoffart des Statistischen Landesamtes aus dem Jahr 2017 konnten die CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs der Gemeinde Riegel ermittelt werden. Außerdem wurde der Schienenpersonennahverkehr durch Berücksichtigung der Streckenlängen und

Anzahl der täglichen Fahrten bilanziert. Zum Schienengüterverkehr und Schienenpersonenfernverkehr lagen keine Daten vor weshalb diese nicht bilanziert wurden.

3.3.1 Energieverbrauch durch den Straßenverkehr

Die Daten des Statistischen Landesamtes zu der Jahresfahrleistung des Straßenverkehrs werden mit unterschiedlichen Methoden erhoben. Während für Bundesautobahnen oder Bundesstraßen die Personenkilometer, die auf eine Gemeinde entfallen, aus den gesamten im Bundesland gefahrenen Kilometern auf die Gemeinde umgelegt werden (mit Hilfe der Länge der Straßen in km und der Bevölkerungszahl), wird die Fahrleistung für nachgeordnete Straßen (Land-, Kreis- und Gemeindestraßen) aus Fahrzeugzählungen ermittelt. Tabelle 2 zeigt die Entwicklung der Anzahl der zugelassenen Pkw und Kfz insgesamt in Riegel zwischen den Jahren 2017 und 2020.

Eine exakte, auf die Gemarkung der Gemeinde Riegel bezogene Aussage ist damit nicht möglich. Doch zeigt die vorgenommene Abschätzung, die Aufteilung nach Straßentyp und auch welcher großen Anteil der Straßenverkehr am Energieverbrauch der Gemeinde hat. Die Aufteilung der gefahrenen Straßenkilometer nach Straßentyp zeigt, dass die Autobahn Strecke der A5 mit ca. 6,3 km auf der Gemarkungsfläche der Gemeinde, einen Anteil von rund 79 % hatte. Die Außerortsstraßen waren immerhin noch für rund 20 % der Fahrkilometer verantwortlich, während die Innerortsstraßen nur 1 % ausmachten (vgl. Abbildung 17). Nach KfZ-Kategorie betrachtet, machten Pkw rund 78 % der gefahrenen Straßenkilometer aus. Lkw hatten einen Anteil von 13 % und leichte Nutzfahrzeuge einen Anteil von 9 %. Motorisierte Zweiräder spielten mit einem Anteil von nur 1 % eine untergeordnete Rolle beim Straßenverkehr.

Insgesamt ergibt sich daraus ein Energieverbrauch von 194.408 MWh für den Straßenverkehr in Riegel für das Jahr 2017. Davon wurden lediglich 48 MWh aus Strom bereitgestellt, der Rest aus Kraftstoffen. Da die Gemeinde nur begrenzt Einfluss auf den Verkehr auf dem Autobahnabschnitt auf der Gemarkung hat und dieser einen sehr großen Anteil an der Energiebilanz der Gemeinde hat, werden in den folgenden Abschnitten die Ergebnisse ohne Berücksichtigung der Autobahn ebenfalls beschrieben. Ohne Autobahnverkehr lag der Energieverbrauch für den Straßenverkehr bei 27.954 MWh im Jahr 2017.

Jahr	2017	2018	2019	2020
Anzahl zugelassene Pkw	2.255	2.317	2.364	2.376
davon E-Fahrzeuge	2	3	5	13
Anzahl Kfz gesamt (ohne Anhänger)	2.850	2.937	2.979	3.027

Tabelle 2 – Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge in der Gemeinde Riegel (Quelle: Straßenverkehrsamt, Landratsamt Emmendingen)

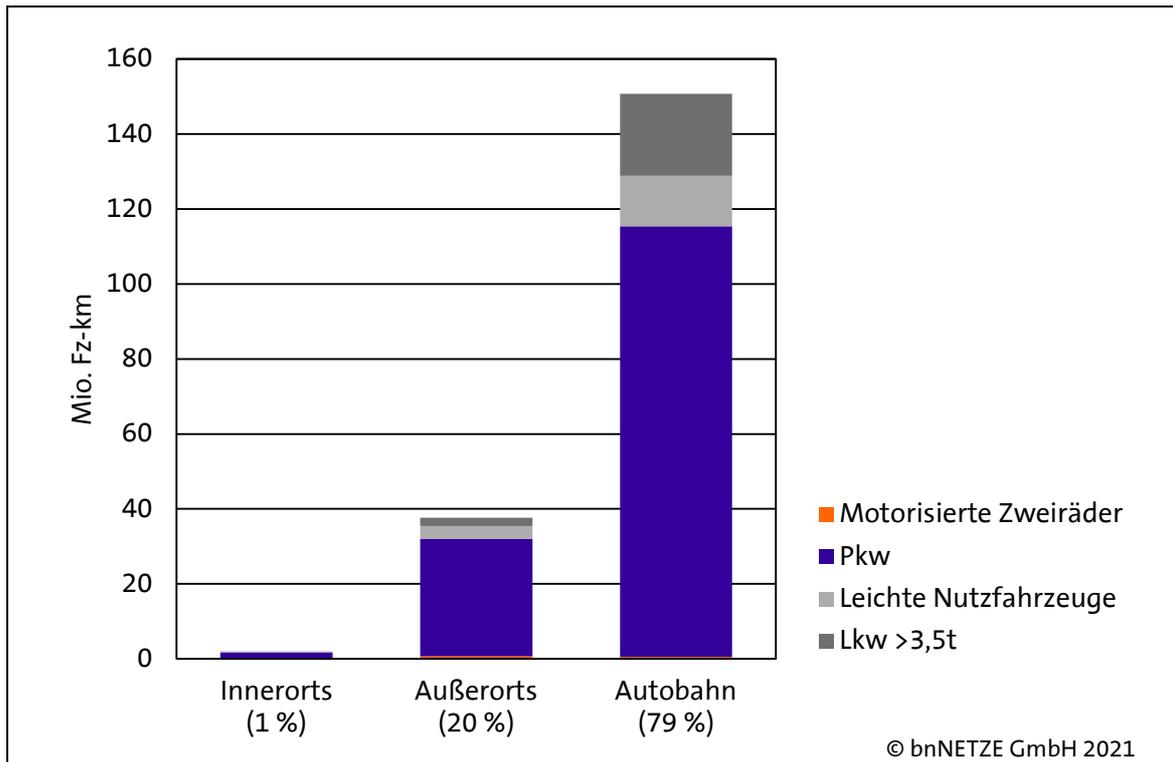


Abbildung 17 – Jahresfahrleistung in Riegel im Straßenverkehr nach Fahrzeugtyp (2017)

3.3.2 Energieverbrauch durch den Schienenpersonennahverkehr

Für die Berechnung des Energieverbrauchs des Schienenpersonennahverkehrs wurden die Anzahl der Züge und die dabei zurückgelegte Strecke berücksichtigt. Anhand von Fahrplänen der SWEG und der Deutschen Bahn wurde die durchschnittliche Anzahl der Züge pro Tag ermittelt. Die Gesamtlänge der auf der Gemarkung liegenden Schienen wurde aus den geografischen Katasterdaten der Gemeinde ermittelt. Die Gemeinde Riegel ist mit folgenden drei Verbindungen an dem Schienenpersonennahverkehr angebunden:

- Kaiserstuhlbahn- S5: Strecke Breisach-Endingen-Riegel-Malterdingen mit ca. 3,8 km und durchschnittlich 40 Züge/Tag
- Kaiserstuhlbahn- S11: Strecke Endingen-Riegel-Gottenheim mit ca. 4,9 km und durchschnittlich 67 Züge/Tag
- Rheintalbahn- Linie 702: Strecke Freiburg-Offenburg mit ca. 0,9 km und durchschnittlich 78 Züge/Tag

In Summe ergibt dies rund 549 km die Täglich auf der Gemarkung der Gemeinde zurückgelegt werden. Im Jahr 2017 wurden die Züge dieser Strecken mit Diesel betrieben. Für das Jahr 2017 ergibt sich daraus ein Energieverbrauch von rund 4.900 MWh Diesel. Im Jahr 2020 wurde der Schienenpersonennahverkehr der Rheintalbahn und der Kaiserstuhlbahn abschließend elektrifiziert. Aufgrund der deutlich besseren Effizienz von Elektroantrieben, wären für die gleiche Fahrleistung nur 1.600 MWh Strom verbraucht worden (entspricht eine Energieeinsparung von 67 %).

3.3.3 Gesamtenergieverbrauch des Verkehrs

Insgesamt wurden demnach im Jahr 2017 ca. 199.318 MWh Energie durch den Verkehr in Riegel verbraucht. Davon waren lediglich 48 MWh Strom, der Rest war Kraftstoff. Die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Verkehrsmittel inkl. des Autobahnverkehrs ist in Abbildung 18 dargestellt. Aufgrund der hohen Fahrleistung auf der Autobahn waren der motorisierte Individualverkehr mit 53 % und der Straßengüterverkehr mit 45 % für die größten Anteile des verkehrsbedingten Energieverbrauchs verantwortlich. Der Schienenpersonennahverkehr machte dagegen nur 2 % des Energieverbrauchs des Verkehrs im Jahr 2017 aus.

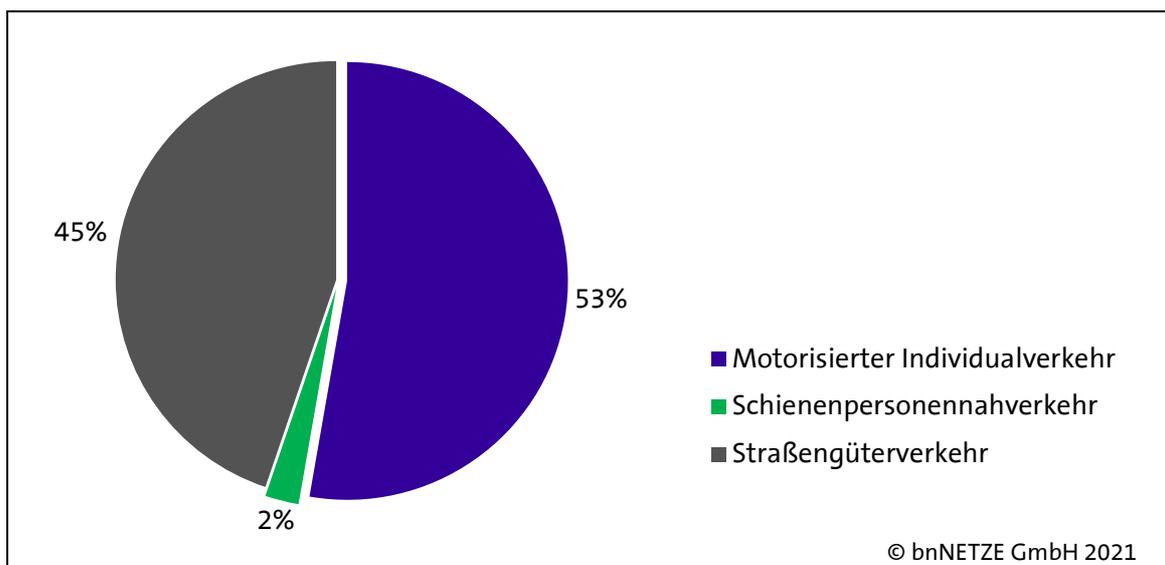


Abbildung 18 – Aufteilung des Energieverbrauchs des Verkehrs (inkl. Autobahn) nach Verkehrsmittel in Riegel (2017)

Ohne Berücksichtigung der Autobahn, lag der Verbrauch im Jahr 2017 bei 32.864 MWh. Davon waren lediglich 9 MWh Strom, der Rest war Kraftstoff. Die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Verkehrsmittel ohne Autobahnverkehr ist in Abbildung 19 dargestellt. In diesem Fall war der motorisierte Individualverkehr mit 58 % für den größten Anteil des verkehrsbedingten Energieverbrauchs verantwortlich. Der Straßengüterverkehr war an zweiter Stelle mit 27 % und der Schienenpersonennahverkehr machte 15 % des Energieverbrauchs des Verkehrs im Jahr 2017 aus.

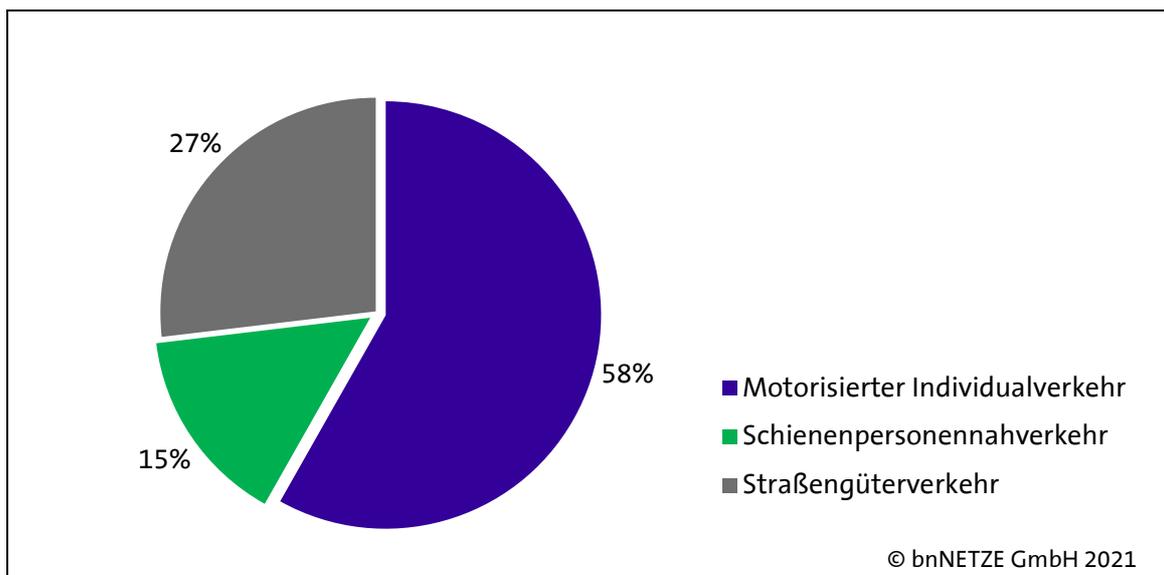


Abbildung 19 – Aufteilung des Energieverbrauchs des Verkehrs (ohne Autobahn) nach Verkehrsmittel in Riegel (2017)

3.3.4 CO₂-Bilanzierung des Verkehrs

Insgesamt wurden im Jahr 2017 durch den Verkehr (inkl. Autobahn) 62.994 t CO₂-Emissionen ausgestoßen. Ohne Autobahn lagen die verkehrsbezogenen CO₂-Emissionen bei 10.389 t im Jahr 2017.

Dabei machte der Schienenpersonennahverkehr 1.550 t der CO₂-Emissionen aus. Durch die bereits durchgeführte Elektrifizierung des Schienenpersonennahverkehrs werden die CO₂-Emissionen des Verkehrs in der Gemeinde Riegel bereits heute gesenkt. Bei Anwendung des deutschen Strommix werden die CO₂-Emissionen um rund 653 t/Jahr gesenkt (entspricht eine Einsparung von 42 %). Wird hierfür ausschließlich Strom aus PV-Anlagen eingesetzt, verringern sich die CO₂-Emissionen um 1.485 t/Jahr (entspricht eine Einsparung von 96 %).

3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse (Energienutzung)

3.4.1 Gesamtenergiebilanz mit Autobahn

Werden der Strom- und Wärmeverbrauch sowie der Energieverbrauch des Verkehrs (inkl. Autobahn) in Riegel zusammengefasst, ergibt dies einen Gesamtenergieverbrauch von 255.512 MWh für das Jahr 2017. Der Sektor Verkehr trug, aufgrund des Autobahnverkehrs, mit 78 % den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch. Die Sektoren private Haushalte und Wirtschaft machten jeweils 11 % des Verbrauchs und die kommunalen Liegenschaften 0,5 % vom Gesamtenergieverbrauch aus (vgl. Abbildung 20). Im folgenden Abschnitt wird der Gesamtenergieverbrauch der Gemeinde ohne der Autobahn nochmal detailliert beschrieben.

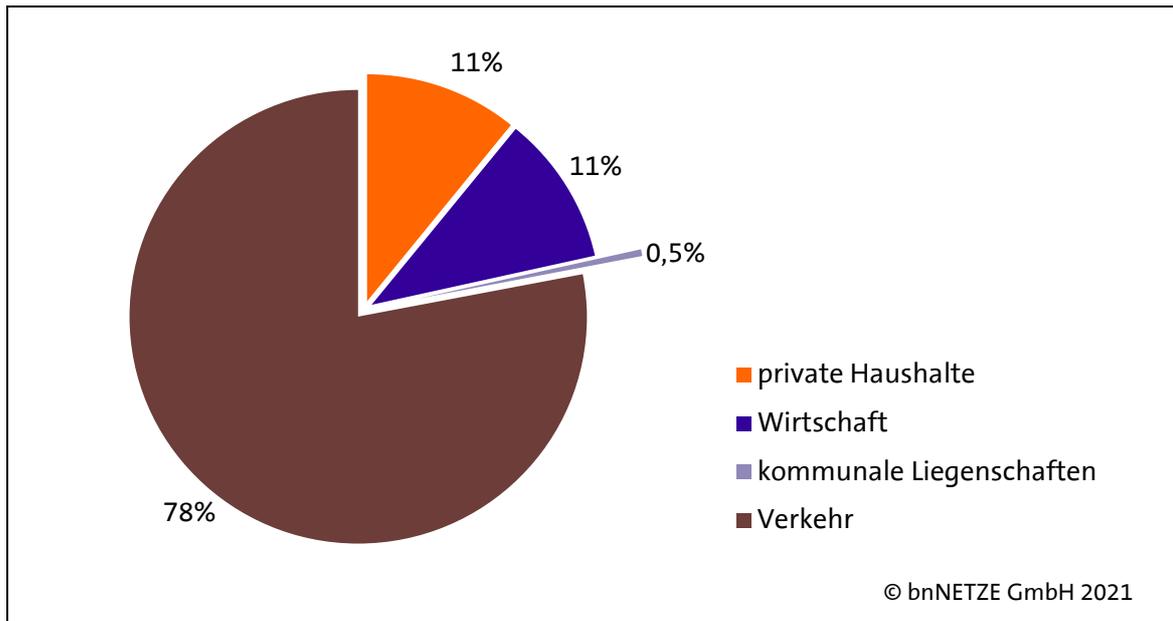


Abbildung 20 – Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs (inkl. Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017)

3.4.2 Gesamtenergiebilanz ohne Autobahn

Werden der Strom- und Wärmeverbrauch sowie der Energieverbrauch des Verkehrs (ohne Autobahn) in Riegel zusammengefasst, ergibt dies einen Gesamtenergieverbrauch von 89.058 MWh im Jahr 2017. Der Sektor Verkehr hatte, auch ohne der Autobahn, den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch mit 37 %. Dies ist auf den verhältnismäßig hohen Energieverbrauch des Schienenpersonennahverkehrs und des hohen Verkehrsaufkommen auf Außerortsstraßen, bspw. der L113, die sowohl zur Autobahn als auch zur B3 führt, zurückzuführen. Die privaten Haushalte und die Wirtschaft hatten jeweils einen Anteil von 31 % am Gesamtenergieverbrauch. Mit einem Anteil von 1,4 % am Gesamtenergieverbrauch liegen die kommunalen Liegenschaften im Vergleich zu anderen Gemeinden etwas unter dem Durchschnitt, was auch an dem hohen Gesamtenergieverbrauch liegt (vgl. Abbildung 21).

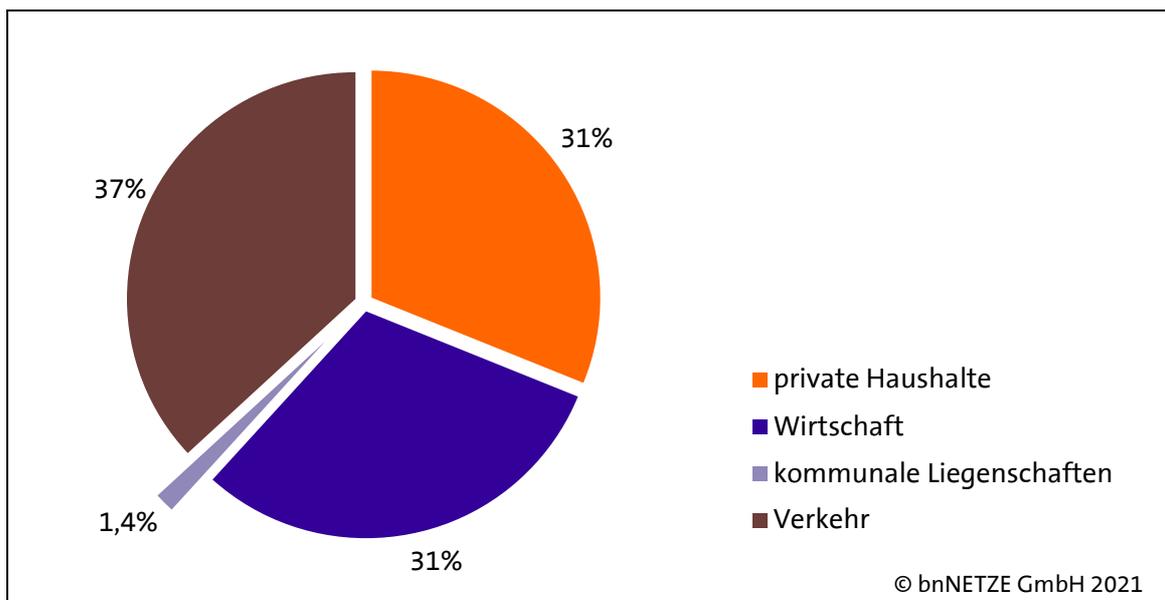


Abbildung 21 – Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs (ohne Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017)

Bei der Aufteilung nach Energieträgern ist deutlich zu erkennen, dass fossile, nicht-erneuerbare Energieträger den größten Anteil am Energieverbrauch der Gemeinde Riegel ausmachen. An erster Stelle stehen die Kraftstoffe mit 37 %, gefolgt von Erdgas und Heizöl, ganz überwiegend für die Wärmeversorgung, mit jeweils 20 %. Strom hatte einen Anteil von 17 % am Gesamtenergieverbrauch während die sonstigen fossilen Energieträger einen Anteil von nur 0,2 % hatten. Der Gesamtenergiebedarf wurde insgesamt zu 6 % durch erneuerbare Wärme wie Energieholz, Solarthermie und Umweltwärme gedeckt (vgl. Abbildung 22).

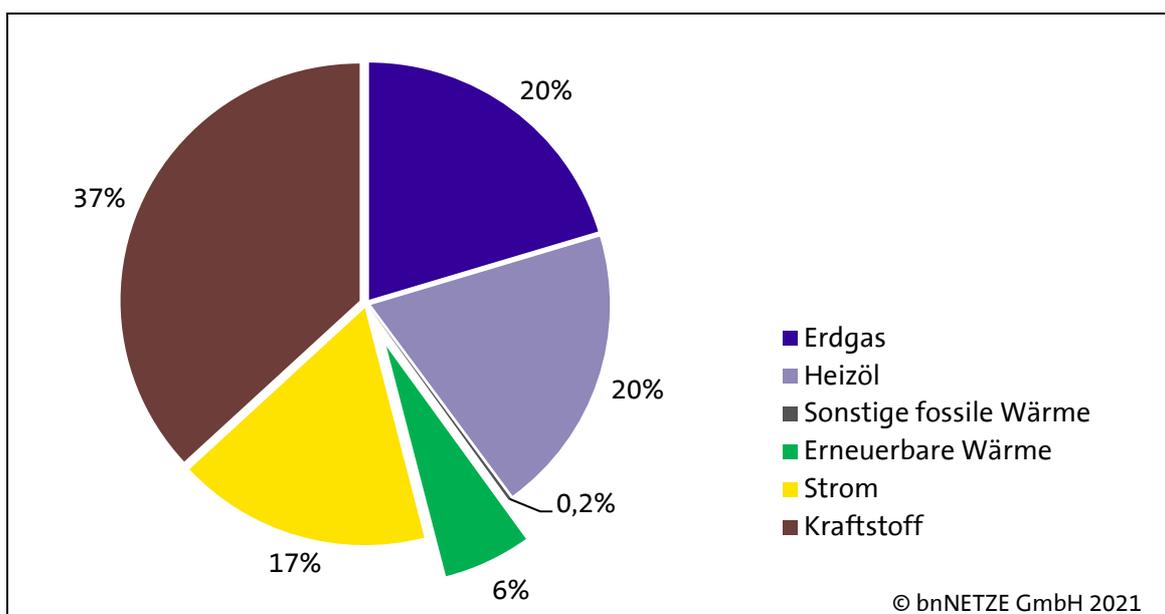


Abbildung 22 – Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs (ohne Autobahn) in Riegel nach Energieträger (2017)

In Abbildung 23 wird der Gesamtenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern dargestellt.

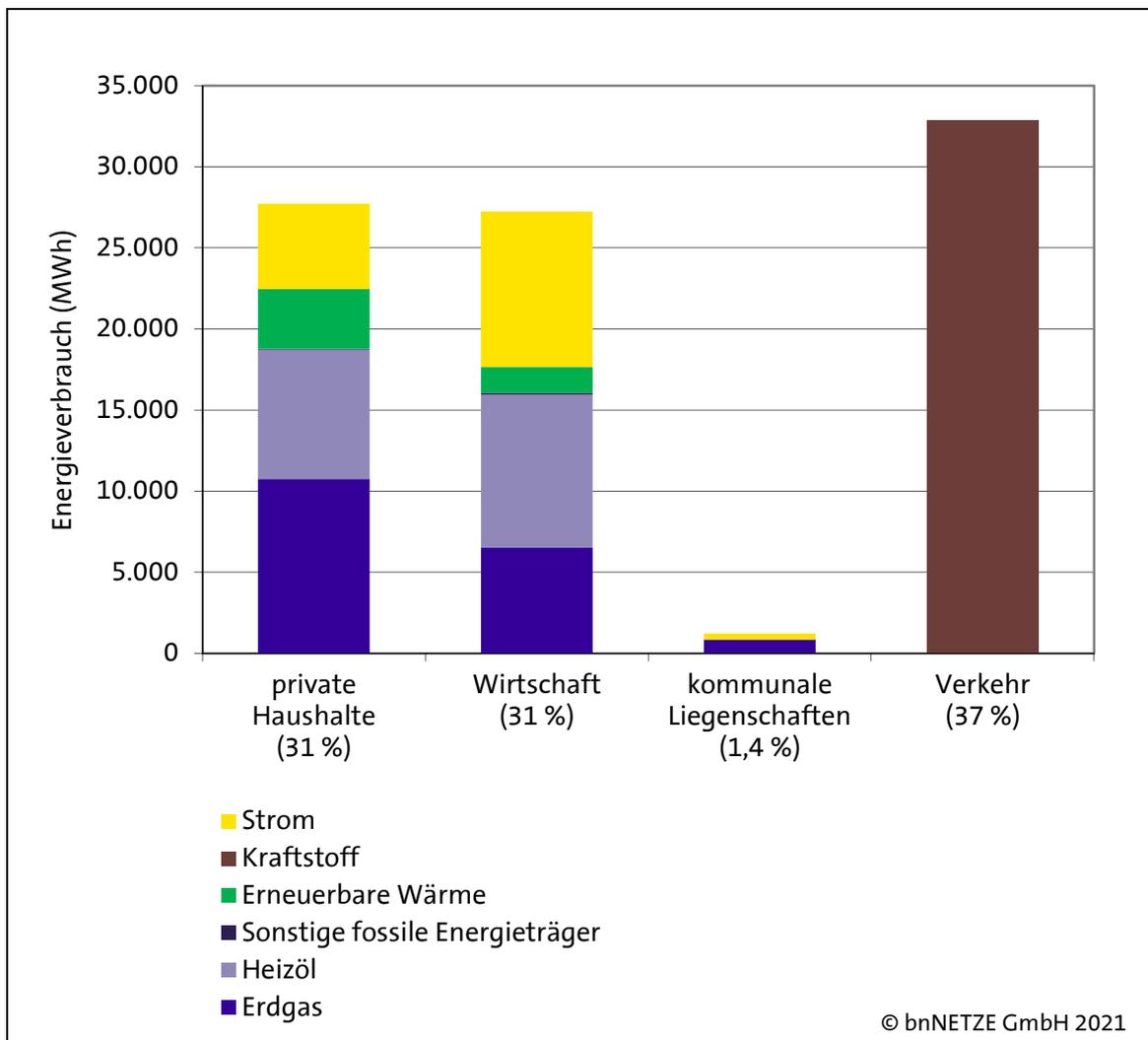


Abbildung 23 – Gesamtenergieverbrauch (ohne Autobahn) nach Sektoren und Energieträgern

Der Gesamtenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften lag im Jahr 2017 in Riegel bei 1328 MWh. Die drei größten Verbraucher waren die Michaelschule inkl. Halle, die Römerhalle und die Straßenbeleuchtung (vgl. Abbildung 24). Insgesamt wird deutlich, dass in der Gemeinde Riegel die Wärmeversorgung der kommunalen Liegenschaften weiterhin mit fossilen Energieträgern erfolgt.

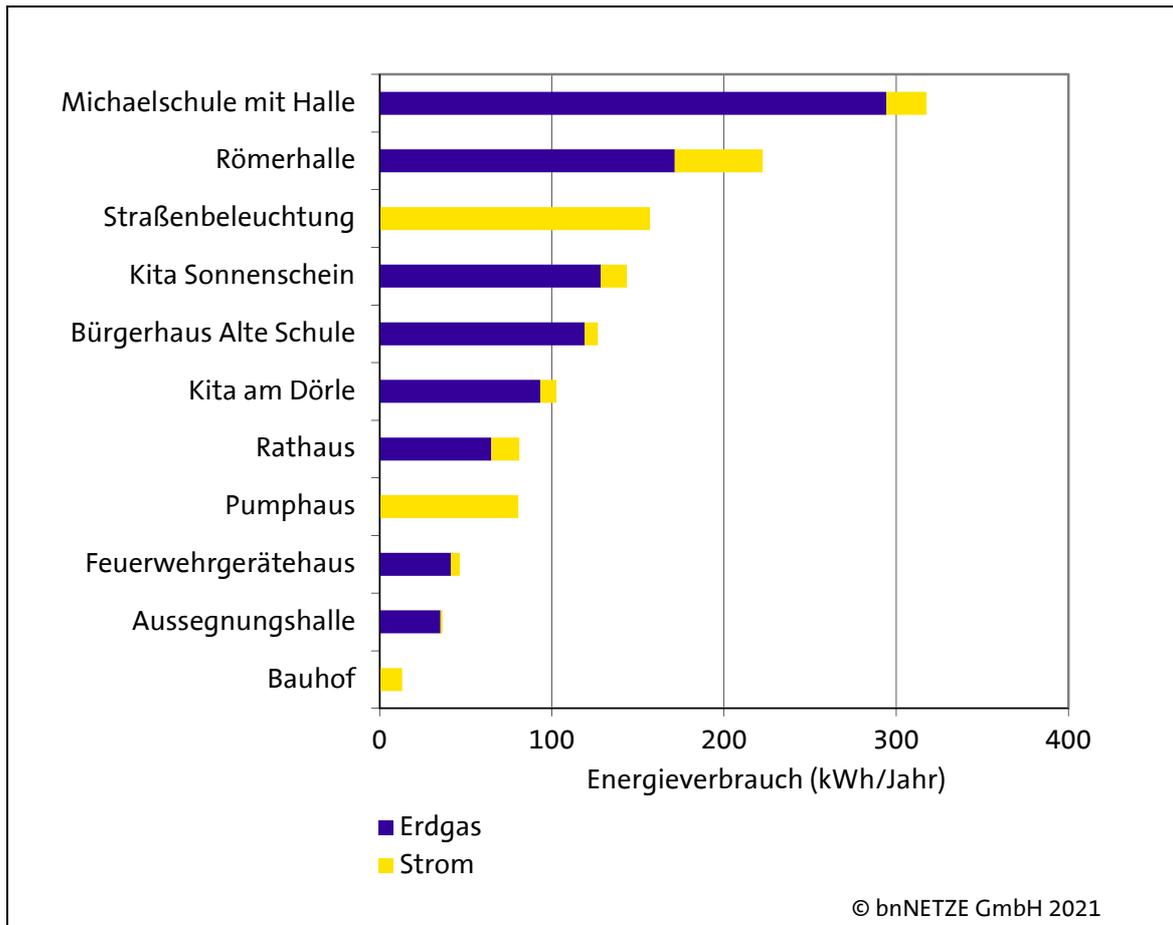


Abbildung 24 – Gesamtenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften in Riegel im Jahr 2017

3.4.3 Gesamt-CO₂-Bilanz mit Autobahn

Mit Berücksichtigung der Autobahn wurden in Riegel im Jahr 2017 insgesamt 81.653 t CO₂ ausgestoßen. Dabei war der Sektor Verkehr mit 77 % der Gesamtemissionen für den größten Anteil verantwortlich. Die Wirtschaft hatte einen Anteil von 12 % und die privaten Haushalte einen Anteil von 10 %. Die kommunalen Liegenschaften machten nur 0,5 % der Gesamtemissionen aus. Abbildung 25 zeigt die Aufteilung der Emissionen auf die vier betrachteten Sektoren.

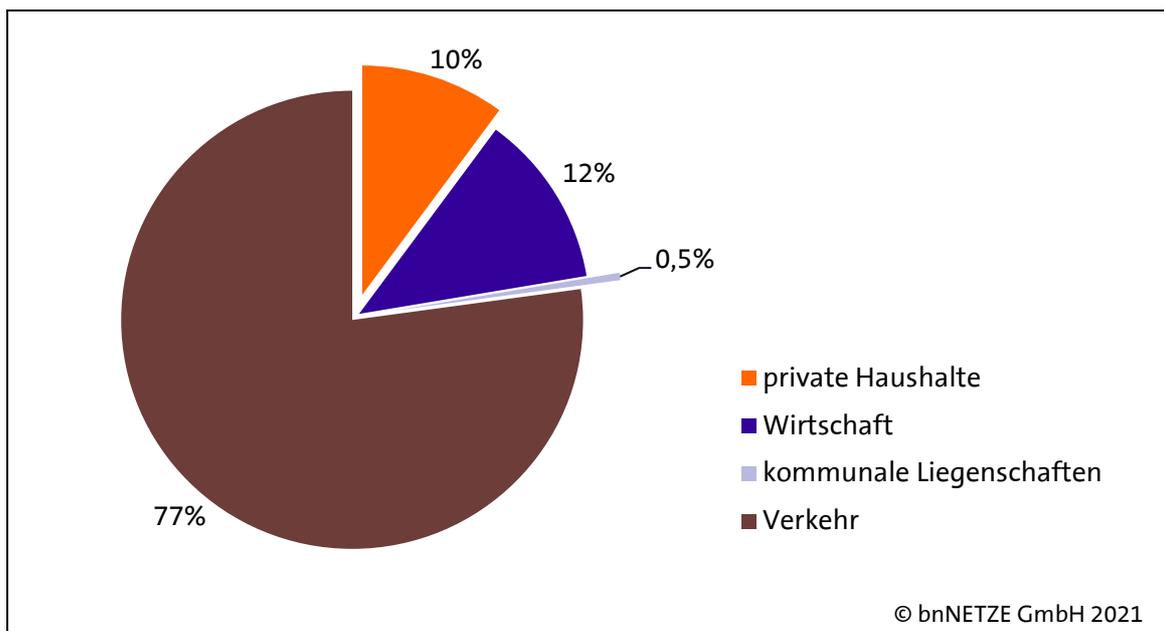


Abbildung 25 – Aufteilung der CO₂-Emissionen (mit Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017)

Werden die Gesamtemissionen in Relation zur Bevölkerungszahl gesetzt, verursacht jede Bürgerin und jeder Bürger der Gemeinde Riegel Emissionen in Höhe von 20,7 t CO₂ im Jahr 2017. Wird der individuelle Strommix der Gemeinde, der den lokal auf der Gemarkung produzierten Strom aus erneuerbaren Energien einbezieht, berücksichtigt, reduzieren sich die Emissionen auf 19,8 t CO₂ pro Person.

In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2017 pro Person durchschnittlich 6,3 t CO₂-Emissionen verursacht, in Deutschland 9,0 t. Zu beachten ist, dass hierbei Emissionen des produzierenden Gewerbes und des Verkehrs auf die Bevölkerung umgelegt werden, wodurch gewerbe- oder industrieintensive Standorte bzw. Gemeinden mit Autobahn höhere Emissionen pro Person aufweisen. Auch in Riegel ist dies der Fall, denn ein großer Teil der Emissionen kommt von der auf der Gemarkung gelegenen Autobahn. Außerdem können CO₂-Emissionen je nach konjunktureller Situation stark schwanken, wie dies z.B. im Jahr 2008 der Fall war.

3.4.4 Gesamt-CO₂-Bilanz ohne Autobahn

Ohne Berücksichtigung der Autobahn wurden in Riegel im Jahr 2017 29,047 t CO₂ ausgestoßen. Der Sektor Verkehr hatte den größten Anteil mit 36 % gefolgt von der Wirtschaft mit 34 %. Die privaten Haushalte machten 28 % der Gesamtemissionen aus. Die kommunalen Liegenschaften waren nur für 1,5 % der Emissionen verantwortlich. Abbildung 26 zeigt die Aufteilung der Emissionen auf die vier betrachteten Sektoren.

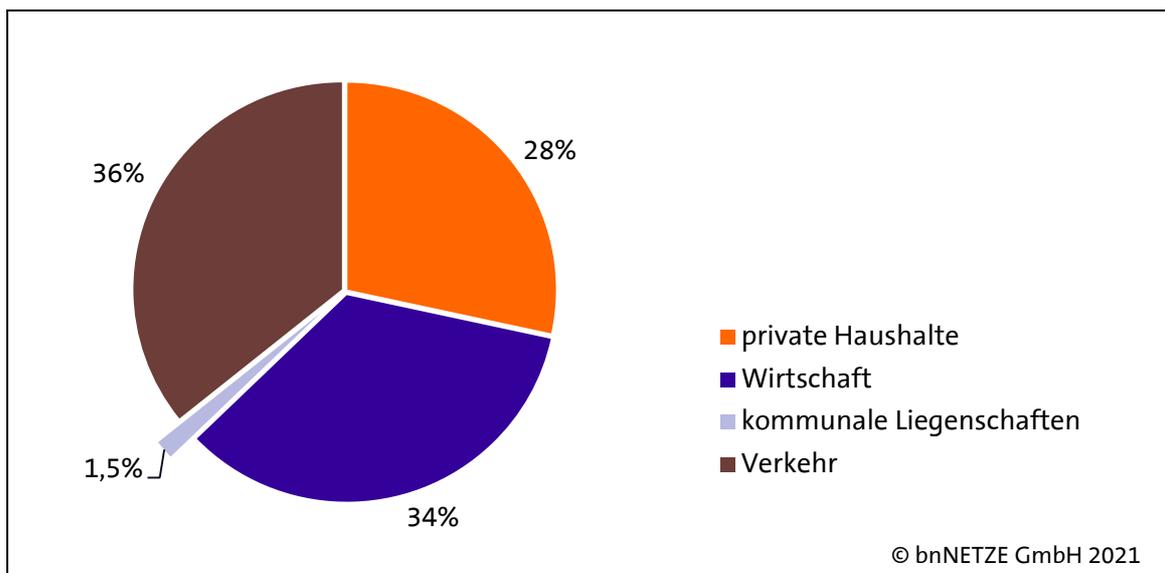


Abbildung 26 – Aufteilung der CO₂-Emissionen (ohne Autobahn) in Riegel nach Sektoren (2017)

Bei Betrachtung der vor Ort eingesetzten Energieträger wird sichtbar, welche Energieträger in welchem Maße zu den Gesamtemissionen beitragen (vgl. Abbildung 27). Analog der Energiebilanz, hatte der Kraftstoff auch bei der CO₂-Bilanz den größten Anteil der Emissionen. Obwohl der Stromverbrauch nur 17 % des Gesamtenergieverbrauchs der Gemeinde ausmachte, war er für ca. 29 % der CO₂-Emissionen verantwortlich. Dies liegt an der verhältnismäßig hohen CO₂-Belastung des deutschen Strommix. An dritter und vierter Stelle waren Heizöl mit 19 % und Erdgas mit 15 %. Sehr gut schneiden die erneuerbaren Energien ab, da bei der Wärmeerzeugung selbst keine CO₂-Emissionen anfallen. Ihr Anteil ist mit 0,6 % an den Gesamtemissionen äußerst gering.

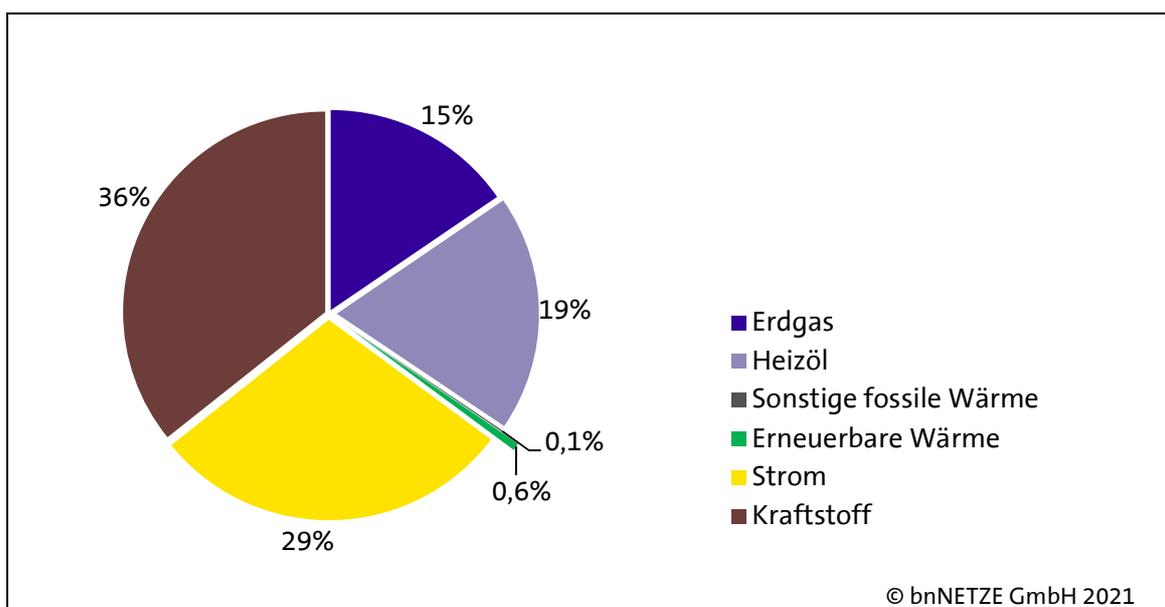


Abbildung 27 – Aufteilung der CO₂-Emissionen (ohne Autobahn) nach Energieträgern (2017)

Abbildung 28 zeigt die Aufteilung der CO₂-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern. Hier nochmals sichtbar, dass der Stromverbrauch, vor allem bei der Wirtschaft einen sehr hohen Anteil der CO₂-Emissionen in verursacht hat.

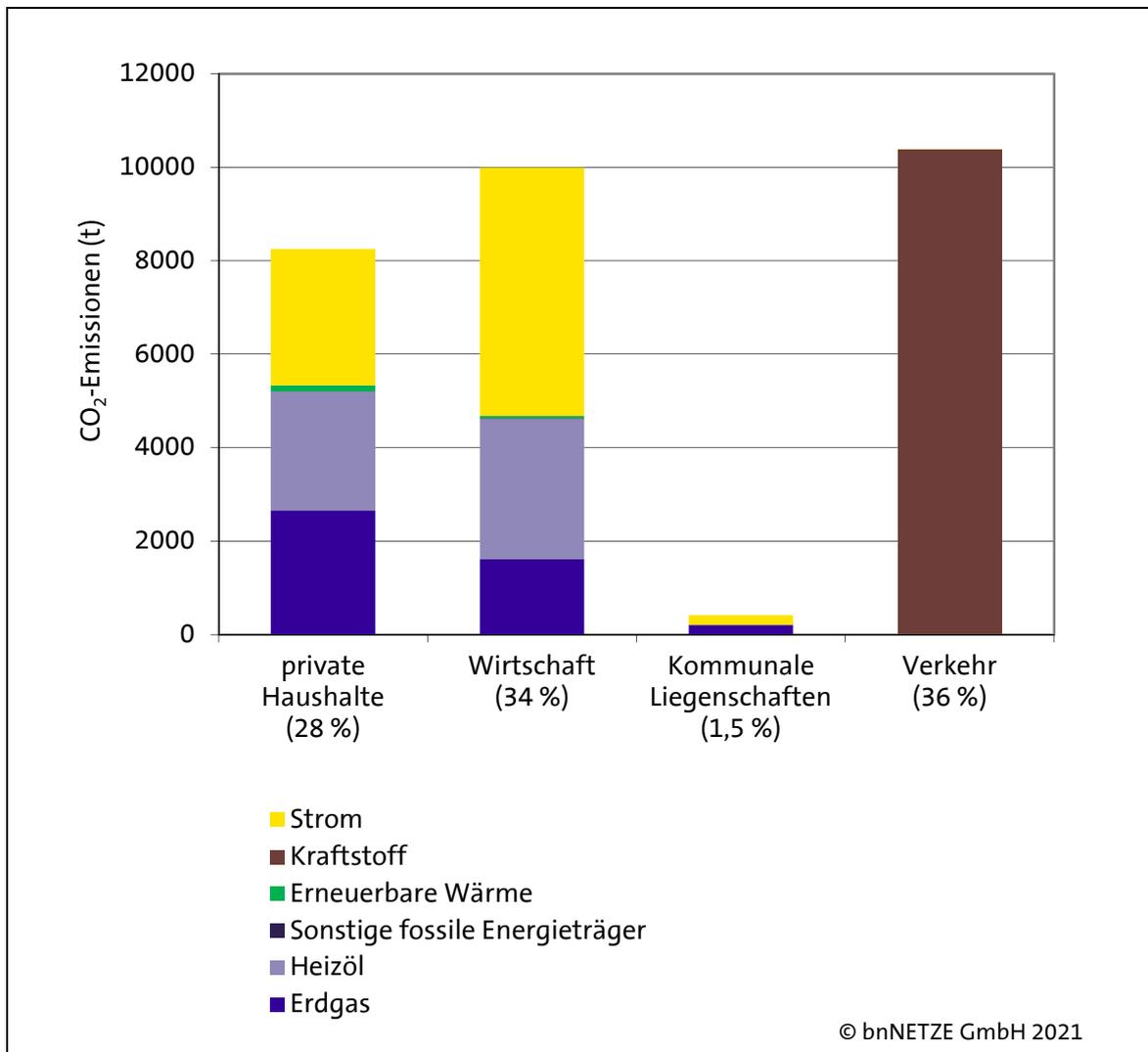


Abbildung 28 – CO₂-Emissionen (ohne Autobahn) nach Sektoren und Energieträgern (2017)

Die kommunalen Liegenschaften haben in Riegel im Jahr 2017 422 t CO₂-Emissionen durch den Wärme- und Stromverbrauch verursacht. Darin enthalten ist die Straßenbeleuchtung mit 87 t CO₂-Emissionen im Jahr 2017. Der Vergleich zwischen dem Gesamtenergieverbrauch und den CO₂-Emissionen der kommunalen Liegenschaften zeigt nochmal die verhältnismäßig hohe CO₂-Belastung von Strom. Die drei Liegenschaften mit dem höchsten Energieverbrauch, die Michaelschule mit Halle, die Römerhalle und die Straßenbeleuchtung belegen auch bei den CO₂-Emissionen die ersten drei Plätze (vgl. Abbildung 29).

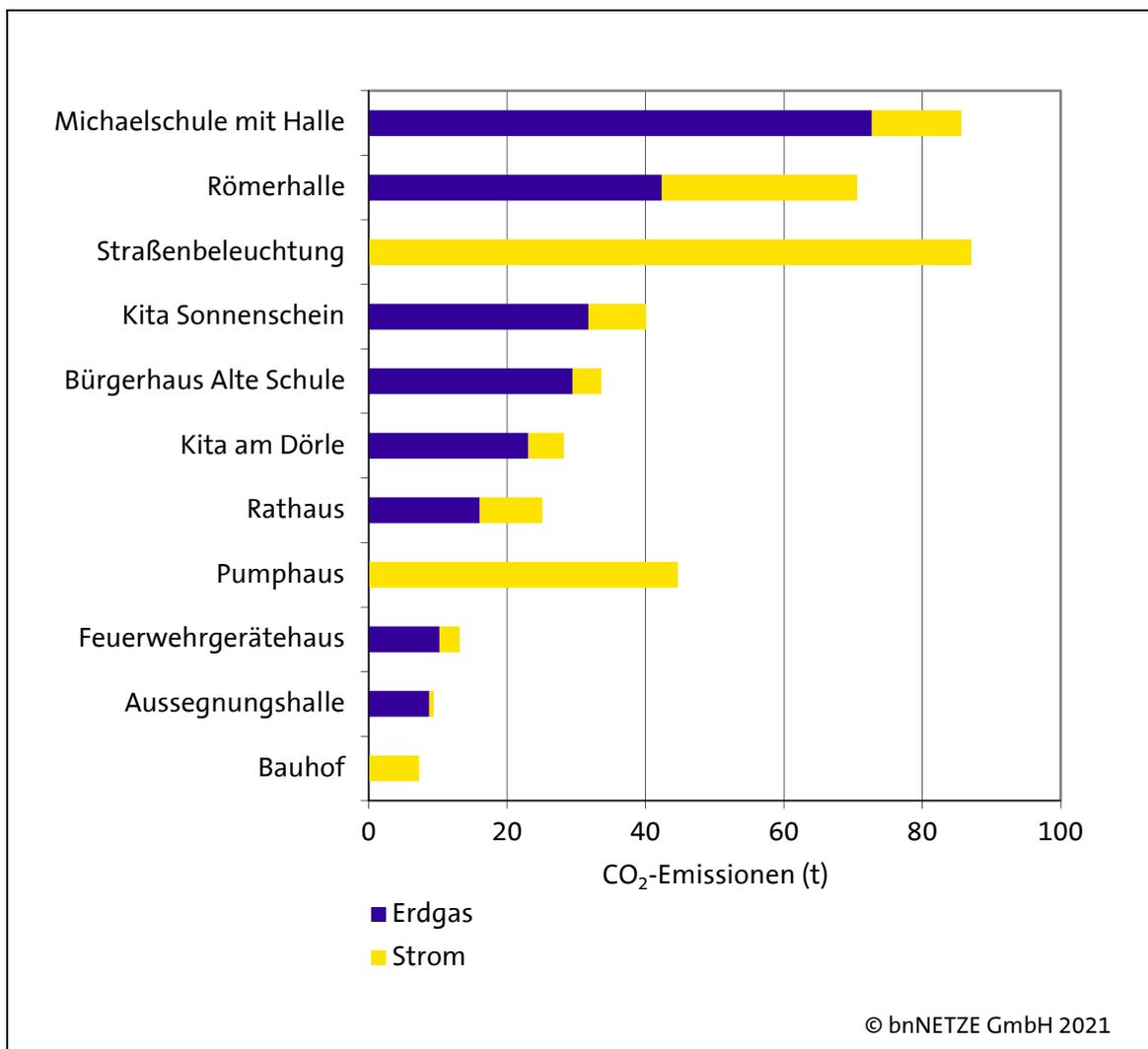


Abbildung 29 – CO₂-Emissionen der kommunalen Liegschaften von Riegel im Jahr 2017

Werden die Gesamtemissionen ohne der Autobahn in Relation zur Bevölkerungszahl gesetzt, verursachte jeder Bürger und jede Bürgerin der Gemeinde Riegel Emissionen von 7,3 t CO₂ im Jahr 2017. Wird der individuelle Strommix der Gemeinde, der den lokal auf der Gemarkung produzierten Strom aus erneuerbaren Energien einbezieht, berücksichtigt, reduzieren sich die Emissionen auf 6,4 t CO₂ pro Person.

3.4.5 Kennzahlen der Energie- und CO₂-Bilanz

In Tabelle 3 sind die wesentlichen Kennzahlen und Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz (mit und ohne Autobahn) festgehalten und werden mit Durchschnittswerten des Landes Baden-Württemberg verglichen.

2017	Riegel	Baden- Württemberg	Einheit
Kommune gesamt (mit Autobahn)			
CO ₂ -Ausstoß Bundesmix	20,6	6,3	t/gem. Person
CO ₂ -Ausstoß kommunaler Mix	19,8	k. A.	t/gem. Person
Anteil EEQ gesamt	4,8	13,7	%
Kommune gesamt (ohne Autobahn)			
CO ₂ -Ausstoß Bundesmix	7,3	6,3	t/gem. Person
CO ₂ -Ausstoß kommunaler Mix	6,4	k. A.	t/gem. Person
Anteil EEQ gesamt	13,7	13,7	%
Kommune gesamt			
Endenergie ohne Verkehr	14,2	18,7	MWh/gem. Person
Anteil EEQ am Stromverbrauch	45,5	22,7	%
Anteil EEQ am Wärmeverbrauch	11,8	11,0	%
Private Haushalte			
Stromverbrauch	1,3	1,5	MWh/gem. Person
Endenergiebedarf Wärme	5,7	5,6	MWh/gem. Person
CO ₂ -Ausstoß private Haushalte	2,2	2,3	t/gem. Person

Tabelle 3 – Wesentliche Kennzahlen der Energie- und CO₂-Bilanz mit und ohne Autobahn (2017)

3.4.6 Datengüte der Energie- und CO₂-Bilanz

Um die Aussagekraft und Belastbarkeit der Energie- und CO₂-Bilanz zu bewerten, wird die Datengüte der erstellten Bilanz im Bilanzierungstool BICO2 BW angegeben. Die Datengüte, jeweils mit und ohne der Autobahn, wird in Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt. Die Datengüte der Gesamtbilanz wird anhand der Datengüte der einzelnen Sektoren, gewichtet nach Ihrem Anteil an dem Gesamtenergieverbrauch, berechnet (vgl. Kapitel 9.3.5). Obwohl die Datengüte der einzelnen Sektoren in den zwei Bilanzen fast gleich sind (lediglich der Sektor Verkehr hat 1 % höhere Datengüte in der Bilanz ohne Autobahn), ist die Datengüte der Bilanz mit Autobahn deutlich geringer, weil der Sektor Verkehr in dieser Bilanz einen größeren Anteil an der Gesamtbilanz hat. Die Datengüte der Bilanz mit Autobahn liegt bei 56 % (relativ belastbar) und ohne Autobahn bei 66 % womit die Ergebnisse belastbar sind.

Sektor	Anteil	Datengüte	Belastbarkeit
Private Haushalte	11 %	76 %	Belastbar
Wirtschaft	11 %	48 %	Bedingt belastbar
Kommunale Liegenschaften	0,5 %	100 %	Gut belastbar
Verkehr	78 %	50 %	Relativ belastbar
Gesamtbilanz		56 %	Relativ Belastbar

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

Sektor	Anteil	Datengüte	Belastbarkeit
Private Haushalte	31 %	76 %	Belastbar
Wirtschaft	31 %	48 %	Relativ belastbar
Kommunale Liegenschaften	1,4 %	100 %	Gut belastbar
Verkehr	37 %	51 %	Relativ belastbar
Gesamtbilanz		66 %	Belastbar

Tabelle 5 – Bewertung der Datengüte der Energie- und CO₂-Bilanz ohne Autobahn

4. Potenziale erneuerbarer Energien

4.1 Solarenergie

4.1.1 Hintergrund

Die Gemeinde Riegel hat aufgrund ihrer Lage in Süddeutschland eine günstige Solareinstrahlung, welche die Nutzung von Sonnenenergie lohnenswert macht. Laut Globalstrahlungsatlas der LUBW liegt hier der jährliche Energieertrag, bezogen auf eine horizontale Fläche, bei ca. 1.140 kWh und damit über dem bundesdeutschen Durchschnitt (LUBW, 2020a).

Mit 45 % Anteil an der Stromerzeugung leistete die Photovoltaik im Jahr 2017 bereits einen sichtbaren Beitrag zum Klimaschutz in der Gemeinde (vgl. Kapitel 3.1.2). Außerdem wurden im Jahr 2017 1,7 % der Wärmeversorgung der Gemeinde mit Solarthermieanlagen erzeugt.

Um das weitere Ausbaupotenzial der Solarenergie in der Gemeinde Riegel genauer abzuschätzen, wurde das theoretische Solarflächenpotenzial auf Dachflächen und auf Freiflächen ermittelt und ausgewertet. Hierzu wurde auf den Energieatlas Baden-Württemberg der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) zurückgegriffen (LUBW, 2020; vgl. Methodik 9.4). Dabei wurden bereits installierte Anlagen vom Gesamtpotenzial abgezogen.

4.1.2 Solarenergiepotenziale auf bestehende Dachflächen

Die Auswertung des Solarpotenzials auf Dachflächen ergab, dass 88 % der potenziellen Modulflächen als gut oder sehr gut geeignet eingeschätzt werden (vgl. Tabelle 6). Diese Dächer können aufgrund ihrer Ausrichtung und Neigung sehr gut für eine Belegung mit solarthermischen Anlagen oder mit Photovoltaikanlagen genutzt werden. Eine belastbare Aussage über Statik und Beschaffenheit der individuellen Dachpotenziale ist aber nur durch eine Prüfung vor Ort möglich.

Dachausrichtung	Gesamtfläche	Anteil an Gesamtfläche
Sehr gut geeignet	35.885 m ²	36 %
Gut geeignet	52.423 m ²	52 %
Bedingt geeignet	12.373 m ²	12 %

Tabelle 6 – Potenzielle Dachflächen für Solarthermie oder Photovoltaik in Riegel (Datengrundlage: LUBW, 2020, Energieatlas Baden-Württemberg)

Die Solarstrahlung auf Dachflächen kann sowohl zur Erzeugung von Wärme (Solarthermie) als auch von Strom (Photovoltaik) genutzt werden. Die Berechnung des solarenergetischen Potenzials umfasst daher zwei Szenarien:

- Szenario 1 geht davon aus, dass das zur Verfügung stehende Dachflächenpotenzial vollständig zur Erzeugung von Strom durch PV-Module genutzt wird.

- In Szenario 2 wird davon ausgegangen, dass das Dachflächenpotenzial nicht vollständig mit PV-Modulen belegt wird, sondern zusätzlich Wärme durch Solarthermie erzeugt wird. Etwa 60 % des Warmwasserbedarfs eines Wohngebäudes kann in der Regel durch Solarthermieranlagen erzeugt werden¹. Beide Szenarien sind in Abbildung 30 dargestellt.

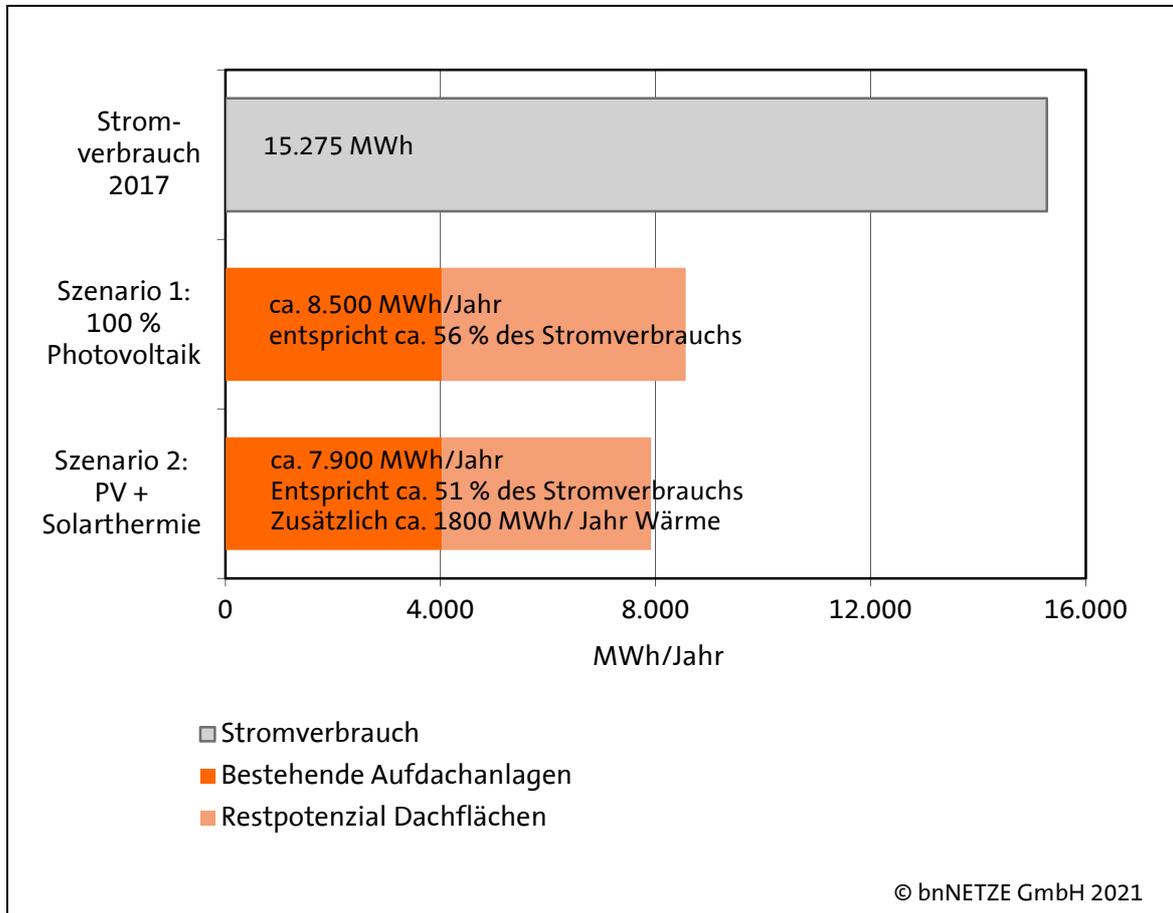


Abbildung 30 – Solarpotenziale auf Dachflächen in der Gemeinde Riegel

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

- Unter Annahme eines „100 % Photovoltaik Szenarios“ (Szenario 1) ließe sich der Anteil von PV am Stromverbrauch der Gemeinde auf 56 % bzw. ca. 8.500 MWh/Jahr erhöhen.
- Bei Berücksichtigung der Solarthermie zur anteiligen Deckung des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitstellung (Szenario 2) könnten bei Verzicht von

¹ Solarthermieranlagen für die Warmwasserbereitstellung werden auf ca. 60 % des jährlichen Warmwasserbedarfs des Haushaltes ausgerichtet, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu maximieren. Größere Anlagen sind zwar möglich, produzieren allerdings im Sommer einen Überschuss an Wärme, der nicht genutzt werden kann (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 2007).

4 % des Solarstrompotenzials rund 60 % des Warmwasserbedarfs gedeckt werden. Die Stromerzeugung aus PV reduziert sich in diesem Fall auf 7.900 MWh/Jahr und entspricht 52 % des derzeitigen Stromverbrauchs.

Die Analyse zeigt, dass die Gemeinde Riegel bereits einen großen Teil der Dachflächen für die Stromerzeugung nutzt. Würde die Gemeinde dies ausbauen, könnte mehr als die Hälfte des gesamten Stromverbrauches eines Jahres durch PV-Anlagen auf Dachflächen vor Ort gedeckt werden. Somit liegt ein maßgebliches erneuerbare Energiepotenzial in der verstärkten Nutzung vorhandener Dachflächen zur Strom- und Wärmeerzeugung.

Durch die Ausschöpfung des Potenzials und der erhöhten Erzeugung von Solarstrom könnten, im Vergleich zum heutigen deutschen Strommix, insgesamt 4.401 t CO₂-Emissionen/Jahr vermieden werden. Der weitere Zubau von PV-Modulen wird allerdings maßgeblich von der sich fortlaufend ändernden Gesetzeslage, Förderbedingungen, der Preisentwicklung der Module und Batterien sowie natürlich von der Investitionsbereitschaft der Gebäudeeigentümer und –eigentümerinnen abhängen.

4.1.3 Solarenergiepotenziale auf Freiflächen

Der Energieatlas Baden-Württemberg listet, zusätzlich zum PV-Potenzial auf Dächern, Angaben zum Potenzial für PV-Anlagen auf Freiflächen auf (LUBW, 2020), die theoretisch für PV-Nutzung nach dem EEG und der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) geeignet sind. Demnach sind mehrere Flächenabschnitte entlang der Bahnlinien und der Autobahn für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen geeignet. Laut Energieatlas BW sind davon rund 53 ha als geeignet eingestuft und 21 ha als bedingt geeignet (vgl. Tabelle 7). Bedingt geeignet bedeutet, dass diesen grundsätzlichen Potenzialflächen bestimmte Restriktionen entgegenstehen, aufgrund derer mit Einschränkungen oder Auflagen zu rechnen ist (z.B. in Naturschutz-, Landschaftsschutz- oder Überschwemmungsgebieten) (LUBW, 2020).

Eignungsklasse	Potenzialflächen nach Standort	
	Entlang der Autobahn	Entlang der Bahnlinien
geeignet	19 ha	34 ha
bedingt geeignet	13 ha	8 ha
Summe	32 ha	42 ha

Tabelle 7 – Freiflächenpotenziale nach Standort und Eignungsklasse (Quelle: LUBW, 2020)

Würden alle geeigneten Freiflächen für PV-Anlagen genutzt werden, könnten damit 247 % des heutigen Stromverbrauchs, also 37.753 MWh/Jahr erzeugt werden. In Abbildung 31 ist das Stromerzeugungspotenzial der Freiflächen in Riegel, zusätzlich zu den bestehenden Anlagen, dargestellt.

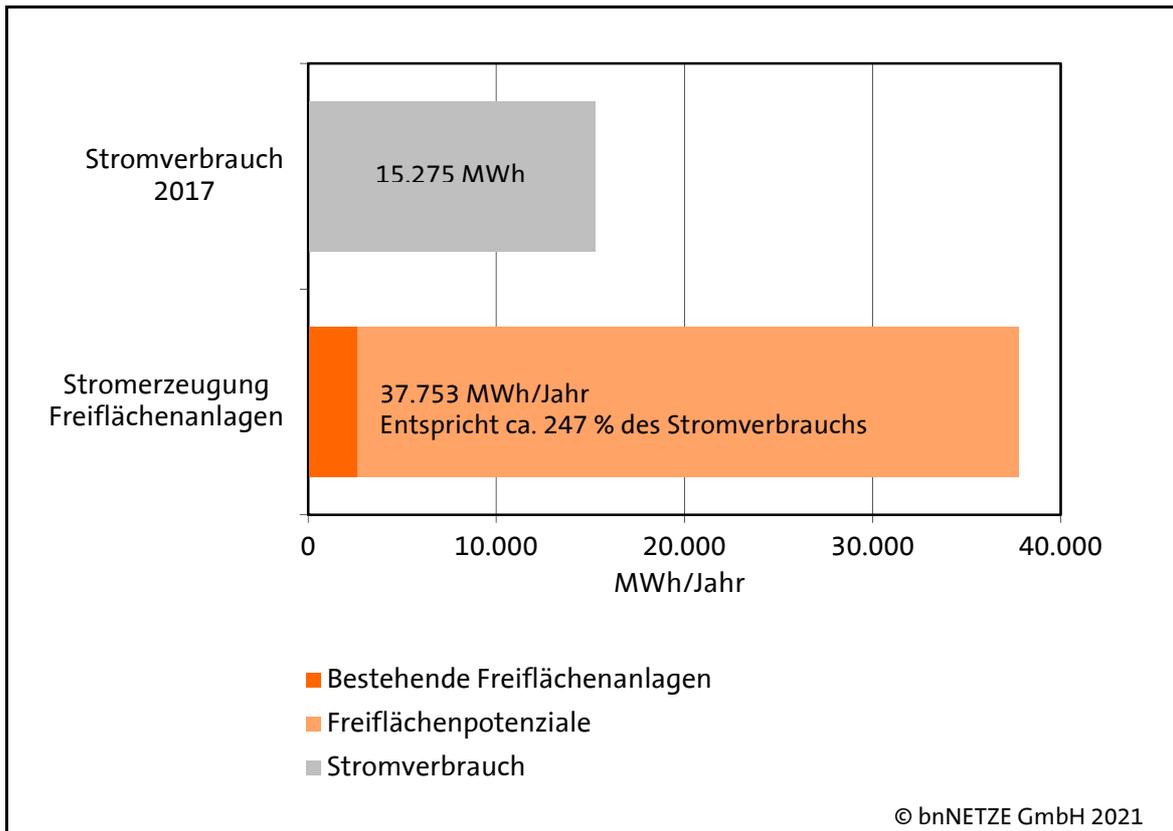


Abbildung 31 – Stromerzeugungspotenzial auf Freiflächen

Durch die Ausschöpfung des Potenzials und der erhöhten Erzeugung von Solarstrom könnten, im Vergleich zum heutigen deutschen Strommix, insgesamt 18.055 t CO₂-Emissionen/Jahr vermieden werden.

4.2 Energie aus Biomasse

4.2.1 Hintergrund

Bei der energetischen Nutzung der Biomasse kann zwischen Energieholz und Biogas unterschieden werden. Energieholz in der Form von Stückholz, Holzpellets oder Holzhackschnitzel wird aus der Forstwirtschaft sowie der Holzverarbeitenden Industrie gewonnen und wird hauptsächlich für die Wärmeerzeugung genutzt, während Biogas aus verschiedenen Substraten, vor allem aus der Landwirtschaft, erzeugt werden kann und sowohl für die Erzeugung von Strom als auch von Wärme genutzt wird.

Im Rahmen dieser Studie wurde das Potenzial an Biomasse (Biogas und Energieholz) für die energetische Nutzung im Gemarkungsgebiet der Gemeinde Riegel durch eine empirische Erhebung ermittelt. Es wird zunächst das technische Potenzial anhand des Massenaufkommens der Biomasse beziffert und anschließend die aktuellen Verwertungspfade berücksichtigt.

Eine effektive Nutzung von Biomasse wird durch eine Kaskadennutzung erreicht. An der Spitze dieser Pyramide steht die Nutzung von Biomasse als Nahrungsmittel.

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

4.2.2 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus Ackerpflanzen

Eine leicht zugängliche Quelle für Biomasse sind die Reststoffe, wie sie bei der Bewirtschaftung von Ackerflächen anfallen. Die meisten dieser organischen Reststoffe können als Substrat für eine Biogasanlage verwendet werden. In der Gemeinde Riegel werden auf einer Fläche von 477 ha Ackerpflanzen kultiviert (Stand 2016). Auf diesen Flächen werden verschiedene Getreidearten angebaut, davon hauptsächlich Körnermais und Winterweizen.

Reststoffe der Körnermaispflanzung stellen mit umgerechnet ca. 1.680 MWh/Jahr das größte verfügbare Energiepotenzial der ackerbaulichen Reststoffe dar. Reststoffe der Körnermaispflanzung sind die Stängel und Blätter, die in der Regel entweder zum Humusaufbau auf dem Feld verbleiben oder in Form von Silage der Tierernährung dienen. Getreidestroh (Winterweizen-, Roggen-, Haferstroh) kommt auf ca. 244 MWh/Jahr.²

Neben den Ackerflächen werden in Riegel weitere 89 ha als Dauergrünlandflächen genutzt. Die auf diesen Flächen produzierte Grassilage gilt auch als Reststoff und kann in einer Biogasanlage verwertet werden. Grassilage von Dauergrünlandflächen weist in Riegel ein Energiepotenzial von über 412 MWh/Jahr auf.

Insgesamt ergibt sich ein theoretisches Gesamtpotenzial von ca. 3.200 MWh/Jahr aus der energetischen Nutzung von Ackerbaupflanzen und Grassilage.

4.2.3 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus der Tierhaltung

Die Nutzung von tierischen Exkrementen als Biogassubstrat ist ökologisch sinnvoll, denn die vergorene Gülle bzw. der ausgefaulte Festmist kann nach der Nutzung in einer Biogasanlage in Form von Biogasgülle als hochwertiger organischer Dünger auf das Feld ausgebracht werden.

Das Statische Landesamt gibt für Riegel einen Hühnerbestand von 208 Tiere im Jahr 2016 an. Weitere Tiere aus der Viehwirtschaft werden nicht angegeben. Das energetische Potenzial des Hühnerkots liegt bei 0,4 MWh/Jahr.

² Das Energiepotenzial der Ackerpflanzen verteilt sich in Riegel auf sieben Haupterwerbslandwirte und 14 Nebenerwerbslandwirte. Eine ökologische Bewertung der Nutzung dieser Biomasse ist abhängig von der Tatsache, ob diese Reststoffe als organischer Dünger oder zur Tierernährung genutzt werden. Im ersten genannten Fall stellt die Nutzung dieser Reststoffe in einer Biogasanlage eine Wertschöpfung dar, da am Ende des Biogasprozesses erneut ein hochwertiger Dünger entsteht. Bei Letzterem ist eine Falluntersuchung notwendig, ob die als Tierfutter genutzte Biomasse kostengünstig und unter ökologischen Gesichtspunkten äquivalent substituiert werden kann.

4.2.4 Biogassubstrat- und Energiepotenziale aus organischen Abfällen

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

Die Nutzung der organischen Abfälle aus der Biotonne birgt zwar ein energetisches Potenzial von ca. 247 MWh/Jahr. Die Verwertung in einer Biogasanlage in Riegel wird in dieser Studie jedoch ausgeschlossen, da die Entsorgung dieser Abfälle in der Verantwortung des Landkreises Emmendingen liegt. Diese werden zusammen mit dem Restmüll in der Müllbehandlungsanlage Kahlenberg nach dem ZAK-Verfahren verwertet.

4.2.5 Gesamterzeugungspotenzial Biogas

Das technische Biogaspotenzial summiert sich in der Gemeinde Riegel auf einen Gesamtwert von ca. 3.650 MWh/Jahr, was im Rahmen der Stromerzeugung einem elektrischen Biogaspotenzial von 1.389 MWh/Jahr entsprechen würde und einer Biogasanlage mit ca. 204 kW_{el} Leistung³. Das größte theoretische Potenzial besteht, wie oben beschrieben, in der energetischen Nutzung der Reststoffe des Körnermais und Winterweizenanbaus.

Werden allerdings konkurrierende, insbesondere bestehende Verwertungspfade der Biomasse, berücksichtigt ist davon auszugehen, dass eine wirtschaftliche Nutzung in einer Biogasanlage in Riegel nicht möglich ist. In der Nachbargemeinde Forchheim wird seit 2006 eine Biogasanlage von der Firma Binder betrieben. Dafür werden jährlich bereits 33.000 t Biomasse aus der Region, inkl. der Gemeinde Riegel, genutzt.

4.2.6 Biomassepotenziale aus der Forstwirtschaft

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

In der Gemeinde Riegel beläuft sich die Waldfläche auf 113 ha. Davon sind 93 ha Gemeindewald und 20 ha in Privatbesitz. Das eingeschlagene Holz wird energetisch genutzt und als Hackschnitzel (100 fm/Jahr) und Brennholz (400 fm/Jahr) verwendet. Nach Auskunft des zuständigen Försters wird die Waldfläche in Riegel bereits nachhaltig bewirtschaftet, so dass keine zusätzlichen energetischen Potenziale vorhanden sind. Bisher ungenutzter Zuwachs verbleibt vor allem aus Gründen der Ökologie und Nachhaltigkeit im Wald.

³ Für die Berechnung des Erzeugungspotenzials für Wärme und Strom wurden folgenden Annahmen getroffen: Mit den verfügbaren Substratpotenzialen wird eine Anlage für 6.800 Volllaststunden ausgelegt. Elektrischer Wirkungsgrad von 38 %, thermischer Wirkungsgrad von 54 %. Dabei werden 40 % der erzeugten Wärme für den Eigenbedarf der Anlage benötigt.

4.3 Windkraft

Bei der Erfassung von Windkraftpotenzialen wurde der Energieatlas des LUBWs herangezogen, der als erste Planungsgrundlage für die Suche nach wirtschaftlichen Standorten dient (LUBW, 2020). Bei der Auswertung potenzieller Standorte werden neben der Windgeschwindigkeit, auch immissionsschutzrechtliche Themen wie Schall und Schattenwurf, Naturschutz- und Raumordnungsbelange berücksichtigt. Als wirtschaftlich interessant für die Entwicklung von Windkraftanlagen gelten in der Regel Standorte mit hohen mittleren Windleistungsdichten.

Gemäß dem LUBW-Windatlas verfügt die Gemeinde Riegel auf ihrer Gemarkung nach heutigem Stand der Technik über einen 68 ha großen windhöffigen Standort im Norden der Gemarkung zwischen Leopoldskanal und Autobahn. Dort wird ein durchschnittlicher Wert von 215 W/m² in 160 m Höhe angegeben.

Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass der Windatlas auf modellierte Berechnungen basiert. Daher besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass es Abweichungen zu der tatsächlichen Windleistungsdichten an den spezifischen Standorten gibt. Letztlich ist nicht die Höhe der mittleren Windgeschwindigkeit für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage ausschlaggebend, sondern die Windhäufigkeitsverteilung. In Riegel ist, aufgrund des Standorts nördlich des Kaiserstuhls, mit hohen Turbulenzen und hohe Schwankungen der Windgeschwindigkeiten zu rechnen. Für eine genaue Berechnung des energetischen Windertrages und damit auch der Wirtschaftlichkeit sind daher Langzeitmessungen der Windgeschwindigkeit nötig.

Das maximale Potenzial an dem Standort wird mit sieben Anlagen angegeben. Mit nur einer Anlage mit 5 MW Leistung und 1.900 Volllaststunden im Jahr könnten jährlich 9.570 MWh Strom (entspricht 64 % des Gesamtstromverbrauchs der Gemeinde Riegel im Jahr 2017) erzeugt werden. Bei sieben Anlagen liegt das Stromerzeugungspotenzial bei rund 67.000 MWh/Jahr. Damit könnte die Gemeinde den heutigen Stromverbrauch zu 440 % decken (vgl. Abbildung 32). Durch die Ausschöpfung des Potenzials und der Erzeugung von Windstrom könnten, im Vergleich zum heutigen deutschen Strommix, insgesamt 36.448 t CO₂-Emissionen/Jahr vermieden werden.

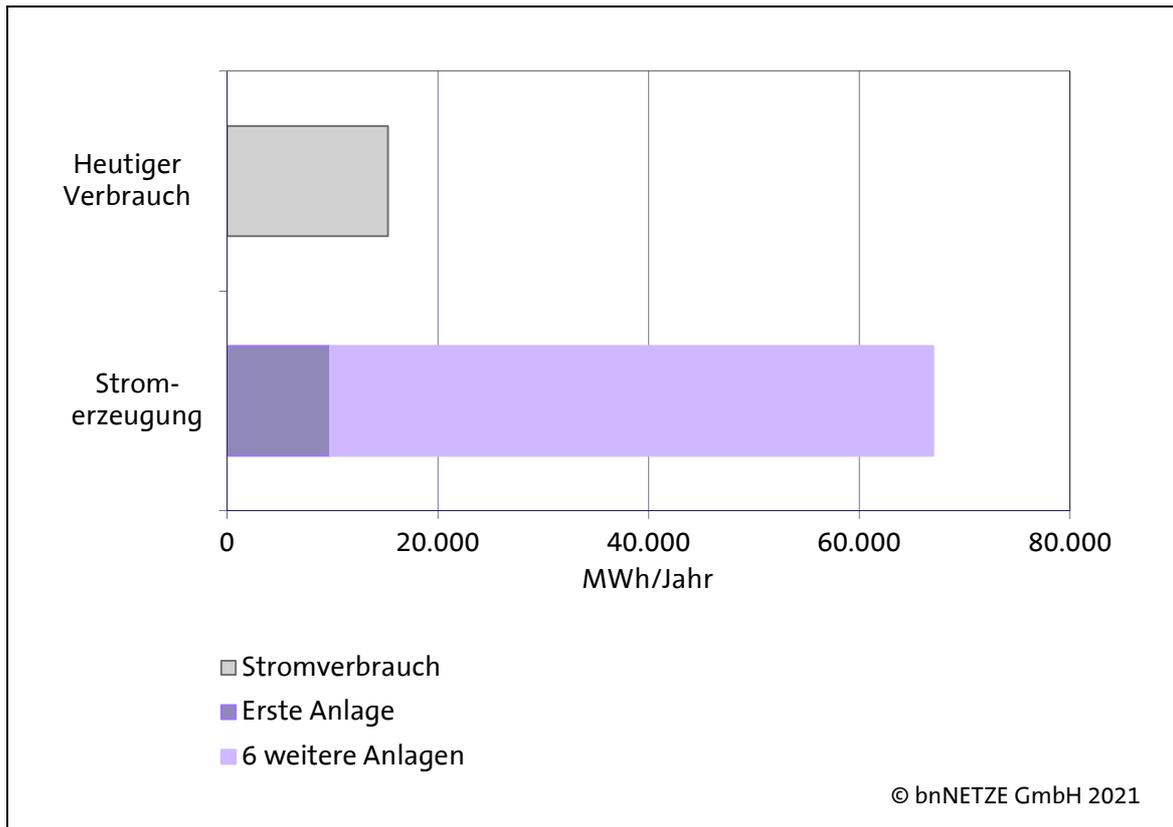


Abbildung 32 – Stromerzeugungspotenzial aus Windkraft in Riegel

4.4 Wasserkraft

Laut dem Energieatlas des LUBWs ist das Klappenwehr zum Leopoldskanal der einzige Standort in der Gemeinde Riegel, der ein Wasserkraftpotenzial bietet (LUBW, 2020). Am Klappenwehr wird der Wasserfluss zwischen Leopoldskanal und Alte Elz getrennt. Während die Alte Elz einen möglichst regelmäßigen und stetigen Wasserfluss erhält, dient der Leopoldskanal dem Hochwasserschutz, und erhält höhere Abflüsse und Hochwasser. Deshalb kann der Leopoldskanal bei trockener Witterung auch trocken fallen.

Der Standort wird allerdings in Hinsicht auf die Wirtschaftlichkeit als grenzwertig eingestuft, was zum einen an den unregelmäßigen Wassermengen liegt, und zum anderen daran, dass der Standort an einer Programmstrecke für die Lachswiederansiedlung liegt. Bei der Errichtung einer Neuanlage ist daher mit erhöhten Anforderungen und Auflagen zu rechnen, die die Genehmigungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit entgegenstehen können. Eine detaillierte Aussage zu Wasserkraft-Ausbaupotenzialen kann letztlich jedoch nur über die Vor-Ort-Prüfung eines Standorts gemacht werden.

Die installierbare Leistung am Standort des Klappenwehrs wird mit 133 kW angegeben. Demnach liegt das Stromerzeugungspotenzial bei ca. 416 MWh/Jahr (unter Annahme die Volllaststunden liegen bei 3.123 /Jahr). Durch die Ausschöpfung des Potenzials und der Erzeugung von Strom aus Wasserkraft könnten, im Vergleich zum heutigen deutschen Strommix, insgesamt 229 t CO₂-Emissionen/Jahr vermieden werden.

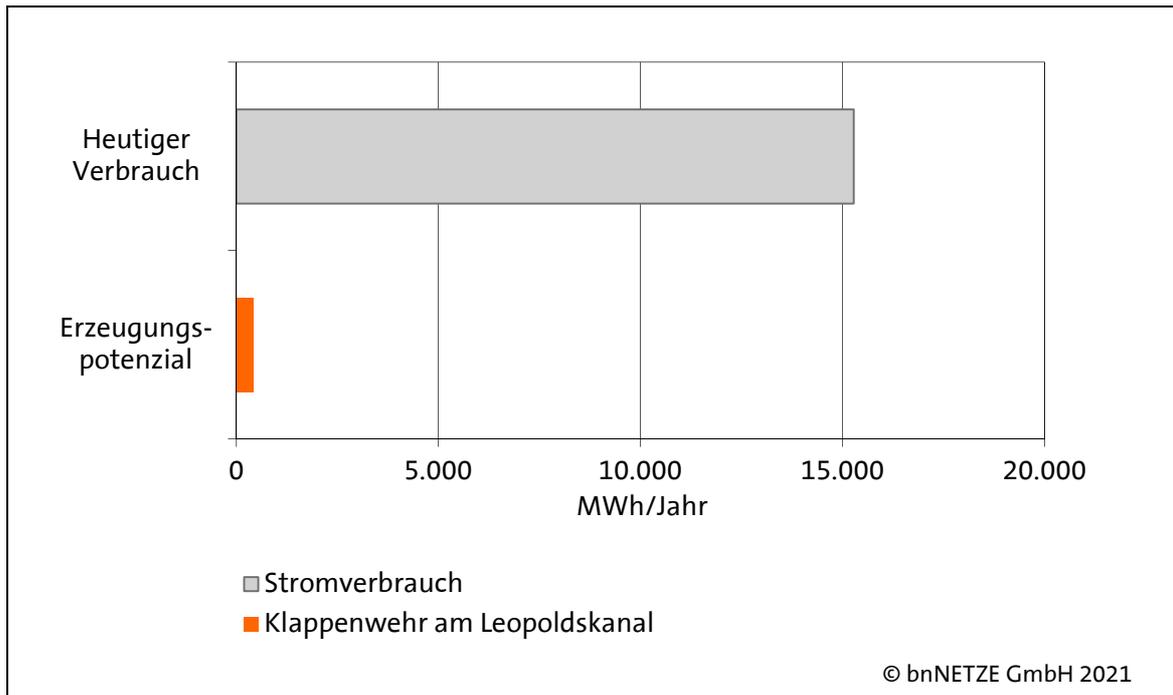


Abbildung 33 – Stromerzeugungspotenzial am Klappenwehr

4.5 Geothermie

4.5.1 Technischer und geologischer Hintergrund

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

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

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

In der Gemeinde Riegel kann die oberflächennahe Geothermie genutzt werden. Für größere Gebäude oder für Gebäudegruppen eignet sich die am Grundwasser gekoppelte Wärmepumpe, die einen größeren Leistungsbedarf abdeckt. Einfamilienhäuser können vor allem die Erdwärmesonde oder auch Kollektorsysteme nutzen. Tiefengeothermische Potenziale lassen sich nur mit Bohrungen bis in mehreren 1.000 m Tiefe nutzbar machen.

Oberflächennahe Geothermie wird ausschließlich zur Wärmeversorgung und nicht zur Stromerzeugung genutzt. Dabei wird die in oberflächennahen Erdschichten vorhandene niedrigtemperierte Wärme mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gehoben, welches bspw. das Heizen eines Ein- oder Mehrfamilienhauses erlaubt. In Abbildung 34 sind die verschiedenen Techniken

zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden mit Erdwärme dargestellt. Welches System Anwendung findet, hängt wesentlich vom Bedarf, von den Untergrundverhältnissen und von der zur Verfügung stehenden Fläche ab. Für gewerbliche Zwecke bieten sich Erdwärmesonden und Grundwasserbrunnen an. Sehr gut gedämmte Gebäude modernen Standards können eine Wärmepumpe effizient auch mit der Außenluft betreiben. Luftgekoppelte Wärmepumpen weisen insbesondere bei Neubauten zunehmend höhere Marktanteile auf.

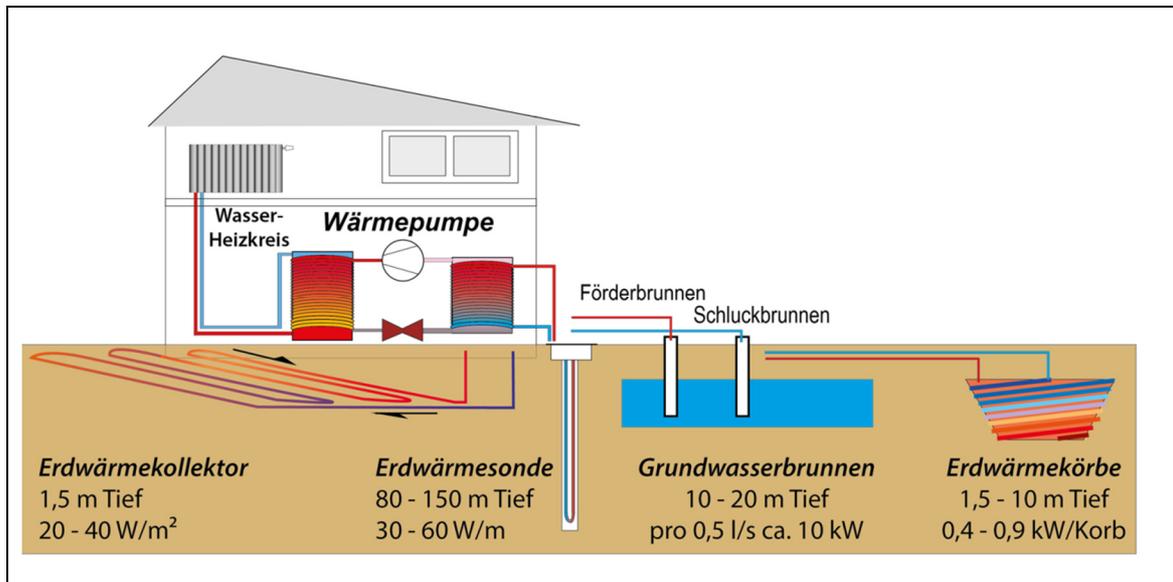


Abbildung 34 – Techniken der oberflächennahen Geothermie und ihre Leistungsfähigkeit

Die Gemeinde Riegel liegt am nordöstlichen Rand des Kaiserstuhls. Zwischen Riegel und Emmendingen öffnet sich eine geomorphologische Pforte („Riegeler Pforte“), als Durchlass zwischen den Erhebungen des Kaiserstuhls und der Vorbergzone. Der geologische Untergrund wird im Hangenden von einer bis 50 m mächtigen Lage quartärer Lockersedimente und im Liegenden von den Gesteinen des Jura aufgebaut (vgl. Abbildung 35). Da es sich um Kalksteine handelt, können Hohlräume in den tieferen Lagen auftreten. Der Hauptrogenstein gilt als wichtiger Grundwasserleiter. Zwischen dem oberen quartären Leiter und dem unteren Grundwasserleiter liegt eine tonig-mergelige Grenzlage, die einen „kritischen Stockwerksbau“ bedingt. Bohrfirmen müssen diese Situation beachten.

Derzeit sind in der Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg i. Br. (LGRB, 2020) mindestens 9 Erdwärmesonden-Anlagen mit insgesamt 24 Sonden für die Gemeinde Riegel registriert. Die Bohrlänge erreicht im Einzelfall bis zu 99 m. Kumulativ wurden für Erdwärmesonden mindestens 1.426 m erbohrt.

Die quartären Lockersedimente sind gute Grundwasserleiter. Aus diesem Grund könnten auch Grundwasser-Wärmepumpensysteme betrieben werden, vorausgesetzt es gibt keine wasserrechtlichen Restriktionen. Allerdings befinden sich die bebauten Anteile der Gemarkung Riegel nicht im Wasserschutzgebiet.

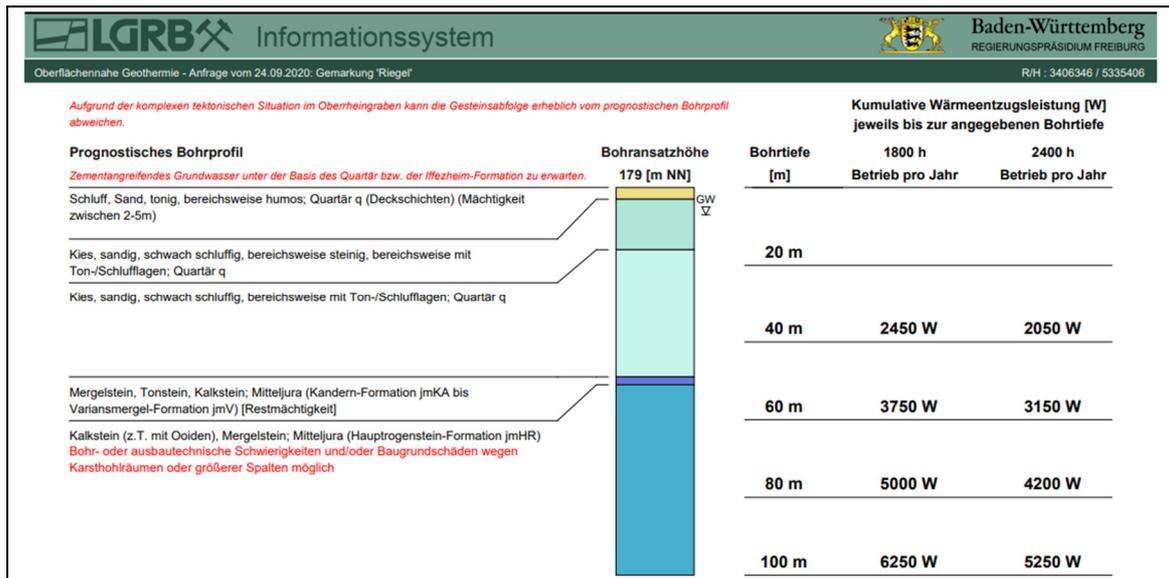


Abbildung 35 – Prognostiziertes Bohrprofil im Gebiet Riegel (Quelle: ISONG-Baden-Württemberg)

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

4.5.2 Geothermiepotenzial

Auf der Grundlage des Wärmekatasters und der obigen Ausführungen konnte für Riegel ein bedarfsorientiertes Geothermiepotenzial auf Basis von Erdwärmesonden berechnet werden. Die Vorgehensweise, die dazu verwendeten Parameter und die angewendeten Sicherheitsvorgaben werden im Kapitel 9.5 erläutert.

Die Ergebnisse des Geothermiekatasters zeigen, dass theoretisch 26,5 % des Wohngebäudewärmebedarfs mit jeweils maximal 120 m langen Sonden abgedeckt werden könnten. Viele Wohngebäude benötigen mindestens zwei oder sogar bis zu vier Sonden, um ihren Wärmebedarf mit Erdwärme decken zu können. Dadurch steigen die Investitionskosten sehr stark an.

Um das Erdwärmepotenzial nutzen zu können, ist es nötig, die Heizungsvorlauftemperaturen auf maximal 55°C zu reduzieren. Je niedriger diese Temperatur ist, desto günstiger wird das Verhältnis von regenerativer Wärmenutzung zum Stromverbrauch der Wärmepumpe. Vor allem bei älteren Gebäuden, die vor 1995 gebaut wurden, setzt dies im Allgemeinen entsprechende Sanierungsmaßnahmen voraus. Ein quantitatives Potenzial wurde für alle Gebäude berechnet, die nach 1969 gebaut wurden. In dieser Zeit wurden die Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen erstmals deutlich reduziert. Zur Potenzialberechnung wird weiterhin vorausgesetzt, dass die Gebäude mit einem Baualter zwischen 1969 und 1994 eine Sanierung auf das Niveau der 3. Wärmeschutzverordnung von 1995 erfahren. Dieses sogenannte „technisch-ökonomische Potenzial nach Sanierung“ ist durchschnittsweise in Abbildung 36 für Erdwärmesonden mit bis zu 120 m Länge dargestellt.

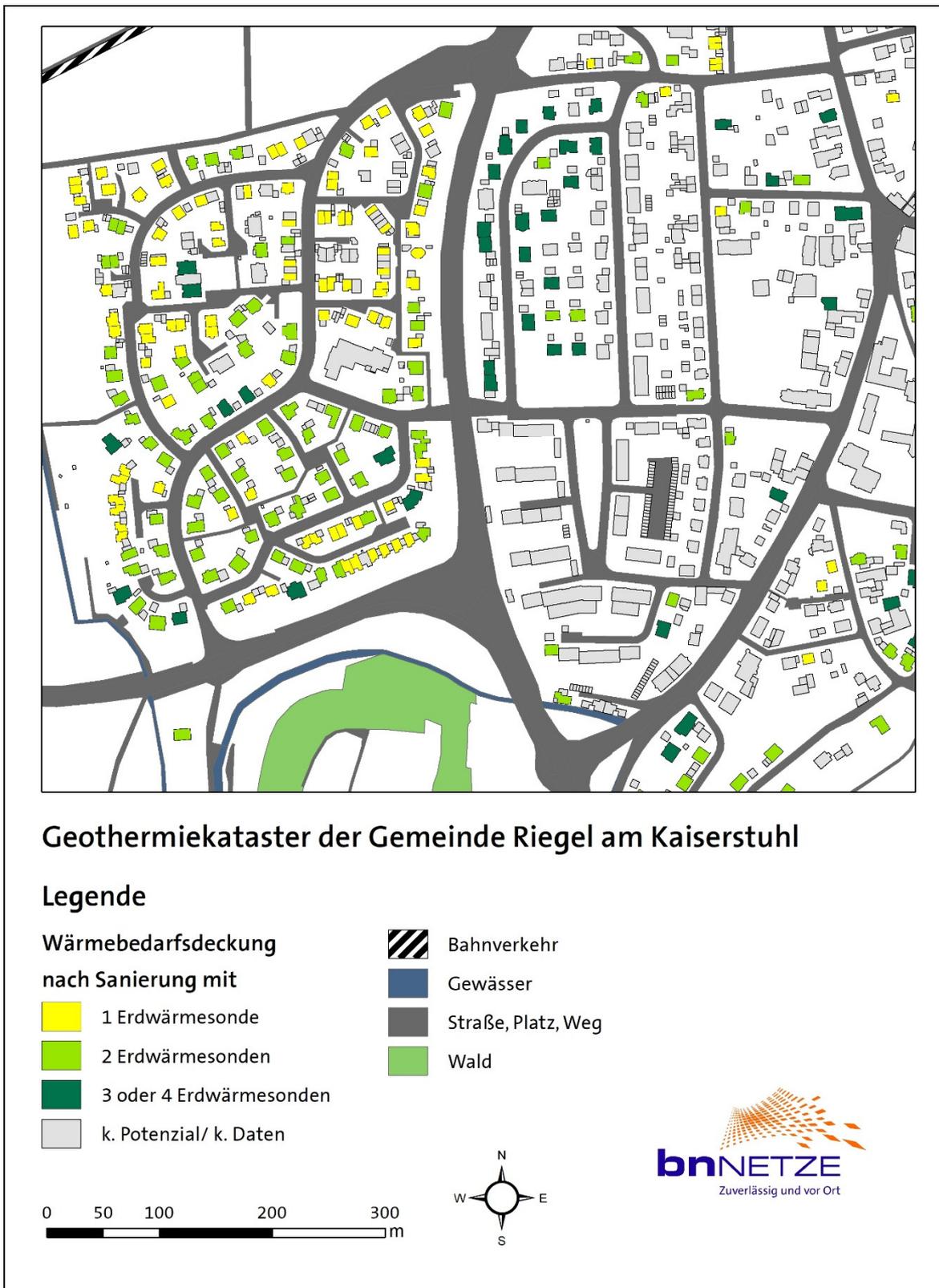


Abbildung 36 – Ausschnitt des Geothermiekatasters (technisch-ökonomisches Potenzial), Riegel

Unter diesen Voraussetzungen können gut 17 % des heutigen Gebäudewärmebedarfs der Gemarkung Riegel mit erdgekoppelten Wärmepumpen bereitgestellt werden (auf den heutigen Wärmeverbrauch bezogen sind dies nur 10 %). Zu berücksichtigen ist, dass dieses Potenzial eine Gebäudesanierung voraussetzt, die insgesamt 3,8 % des heutigen Gebäudewärmebedarfs einspart. Die quantitativen Ergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Geothermische Potenziale	Maximale Sondenlänge
	120 m
Theoretisches Potenzial	
Deckungsanteil des heutigen Wärmebedarfs der Wohngebäude durch Wärmepumpen, ohne Sanierung der Gebäude	26,5 %
Technisch-ökonomisches Potenzial	
Deckungsanteil des heutigen Wärmebedarfs der Wohngebäude durch Wärmepumpen nach Sanierung der Gebäude	17,6 % (10 %)*
Wärmeeinsparung durch die dazu notwendige Sanierung	3,8 %

Tabelle 8 – Geothermische Potenziale zur Deckung des Gebäudewärmebedarfs (*bzw. Wärmeverbrauchs) in Riegel

Unberücksichtigt bleibt die Nutzung des Grundwassers zum Betreiben einer Wärmepumpe, da dieses Potenzial im Rahmen der Methodik nicht zu bestimmen ist. In Abbildung 36 und bei Gesamtbetrachtung des Geothermiekatasters ist zu erkennen, dass sich das nutzbare geothermische Potenzial auf einzelne Quartiere konzentriert. Viele Gebäude benötigen mehr als eine Erdwärmesonde zur vollständigen Bedienung des Wärmebedarfs. Lassen sich solche oder allgemein veraltete Heizungssysteme durch geothermische Systeme austauschen, dann resultiert in der Regel eine sehr hohe Klima- und Ressourceneffizienz der Erdwärmennutzung.

4.6 Zusammenfassung: Erneuerbare Energien in der Gemeinde Riegel

Die Auswertung der vorhandenen Informationen hat ergeben:

Solarenergie

- Signifikante Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien gibt es in Riegel bei der Solarenergie. Dabei sind Anlagen sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen möglich. Vor allem das Stromerzeugungspotenzial mit PV-Anlagen ist sehr groß, aber auch die Wärmeerzeugung mit Solarthermieanlagen kann in Riegel weiter ausgebaut werden.

Biomasse/Biogas

- Biomasse aus der Gemeinde Riegel wird bereits in der nahe gelegenen Biogasanlage in Forchheim verwertet. Deshalb gibt es kein wirtschaftliches Potenzial für eine Biogasanlage in der Gemeinde Riegel.

Holz

- Die lokalen Energieholzpotenziale aus dem Gemeindewald werden bereits genutzt.

Windkraft

- Für einen Standort im Norden der Gemarkung werden im Windatlas ausreichende durchschnittliche Windgeschwindigkeiten für die Windkraft angegeben. Aufgrund der Lage ist allerdings mit hohen Turbulenzen und hohen Schwankungen der Windgeschwindigkeiten zu rechnen.

Wasserkraft

- Der Energieatlas nennt das Klappenwehr am Leopoldskanal als potenziellen Standort für eine Wasserkraftanlage. Aufgrund der unregelmäßigen Wasserführung und der rechtlichen Rahmenbedingungen wird die Wirtschaftlichkeit am Standort allerdings als grenzwertig eingestuft.

Oberflächennahe Geothermie

- Vorhandene Wärmequellen aus oberflächennaher Geothermie und weiteren Wärmeströmen in Verbindung mit Wärmepumpen werden in mehreren Fällen bereits zur Wärmegegewinnung genutzt und könnten deutlich weiter ausgebaut werden.

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

5. Klimaschutzpotenziale und Handlungsfelder

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

Thematisch unterscheidet die Studie drei grundsätzliche Handlungsfelder:

- Energieeinsparung
- Energieeffizienz und
- Ausbau der erneuerbaren Energien.

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

5.1 Erneuerbare Energien

5.1.1 Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung

Der jährliche Stromverbrauch der Gemeinde Riegel lag im Jahr 2017 bei 15.2753 MWh und wurde bereits zu 45 % durch die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien gedeckt. Potenziale für die zusätzliche Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Stromverbrauchs sind in Riegel besonders im Bereich der Photovoltaik, der Windkraft und der Wasserkraft vorhanden.

Allein mit der Ausschöpfung der PV-Potenziale auf den Dachflächen der Gemeinde könnte der Stromverbrauch zu 51 % gedeckt werden. Hinzu kommt das PV-Potenzial auf Freiflächen mit einem potenziellen Deckungsanteil von 247 %. Die sieben potenziellen Windkraftanlagen würden den Stromverbrauch zu 439 % decken. Eine Wasserkraftanlage am Leopoldskanal könnte den Stromverbrauch zu knapp 3 % decken. Insgesamt könnte somit der heutige Stromverbrauch zu 740 % mit erneuerbarer Energie gedeckt werden.

Im Jahr 2017 erreichte Riegel mit 45 % Deckungsanteil bereits das Landes Ziel für die Stromerzeugung aus erneuerbare Energien (38,5 %). Mit den vorhandenen Potenzialen könnte Riegel auch das angestrebte Ziel des Landes Baden-Württemberg für 2050 erreichen (vgl. Abbildung 37).

Gegenüber dem deutschen Strommix im Jahr 2017 wäre dies eine CO₂-Einsparung von über 57.363 t im Jahr. In der kommunalen CO₂-Bilanz wird nur so viel Strom bilanziert, wie auch in der Gemeinde verbraucht wird. Die Gesamtemissionen würden sich in der Bilanz mit Berücksichtigung des lokalen Strommixes um 4.777 t im Jahr reduzieren. Dadurch würde sich der CO₂-Ausstoß der Gemeinde (ohne Autobahn) um 18 % bzw. um 1,2 t CO₂ pro Person und Jahr verringern.

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

CO₂-Einsparpotenzial gesamt: 57.363 t/Jahr

CO₂-Einsparpotenzial in kommunaler Bilanz: 4.777 t/Jahr - 18 %

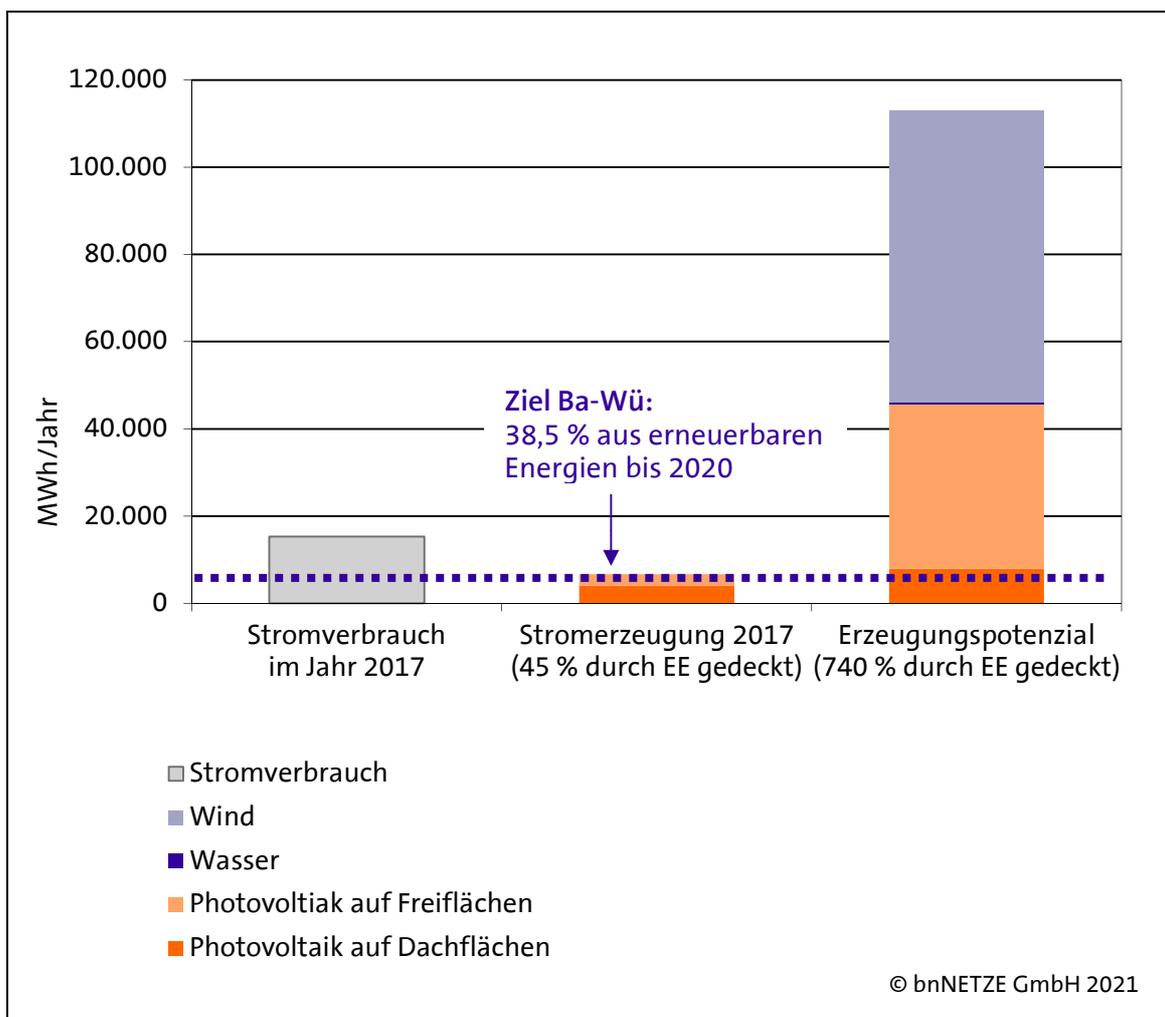


Abbildung 37 – Aktueller Stromverbrauch in Riegel im Vergleich zu Potenzialen für Strom aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg

5.1.2 Ausbau der erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmebedarfs

Potenziale für die zusätzliche Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärmebedarfs sind ebenfalls vorhanden. Hier spielen vor allem die Solarthermie und die Geothermie eine wichtige Rolle, während die zusätzliche Nutzung von lokalem Energieholz nicht möglich ist (vgl. Abbildung 38).

Der Wärmeverbrauch in Riegel betrug im Jahr 2017 rund 41.880 MWh. Davon wurden bereits 12 % aus erneuerbaren Energiequellen (Energieholz, Geothermie und Solarthermie) erzeugt.

Mit der Nutzung der solarthermischen Potenziale auf den Dachflächen der Gemeinde Riegel könnten ca. 2.300 MWh/Jahr oder 60 % des heutigen Wärmeverbrauchs für den Warmwasserbedarf der Haushalte erzeugt werden. Zusammen mit den vorhandenen Geothermiefähigkeiten könnten die technischen Potenziale für Wärme aus erneuerbaren Energien bis zu 25 % des Wärmeverbrauchs decken. Dadurch würde sich der CO₂-Ausstoß der Gemeinde (ohne Autobahn) um 4 % bzw. um 0,2 t CO₂ pro Person und Jahr verringern.

Ziel der Landesregierung war es, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung in Baden-Württemberg bis 2020 auf 21 % zu erhöhen. Durch eine verstärkte Nutzung der vorhandenen Potenziale und der gleichzeitigen Senkung des Wärmeverbrauchs liegt dieses Ziel für die Gemeinde Riegel für die nächste Dekade im Bereich des Möglichen.

Auch bei den kommunalen Liegenschaften sollte bei gegebenen Anlass, z.B. beim Heizungstausch, die Umstellung der Heizung auf erneuerbare Energien geprüft werden. Somit könnte die Gemeinde Ihre Vorbildfunktion auch in diesem Bereich wahrnehmen.

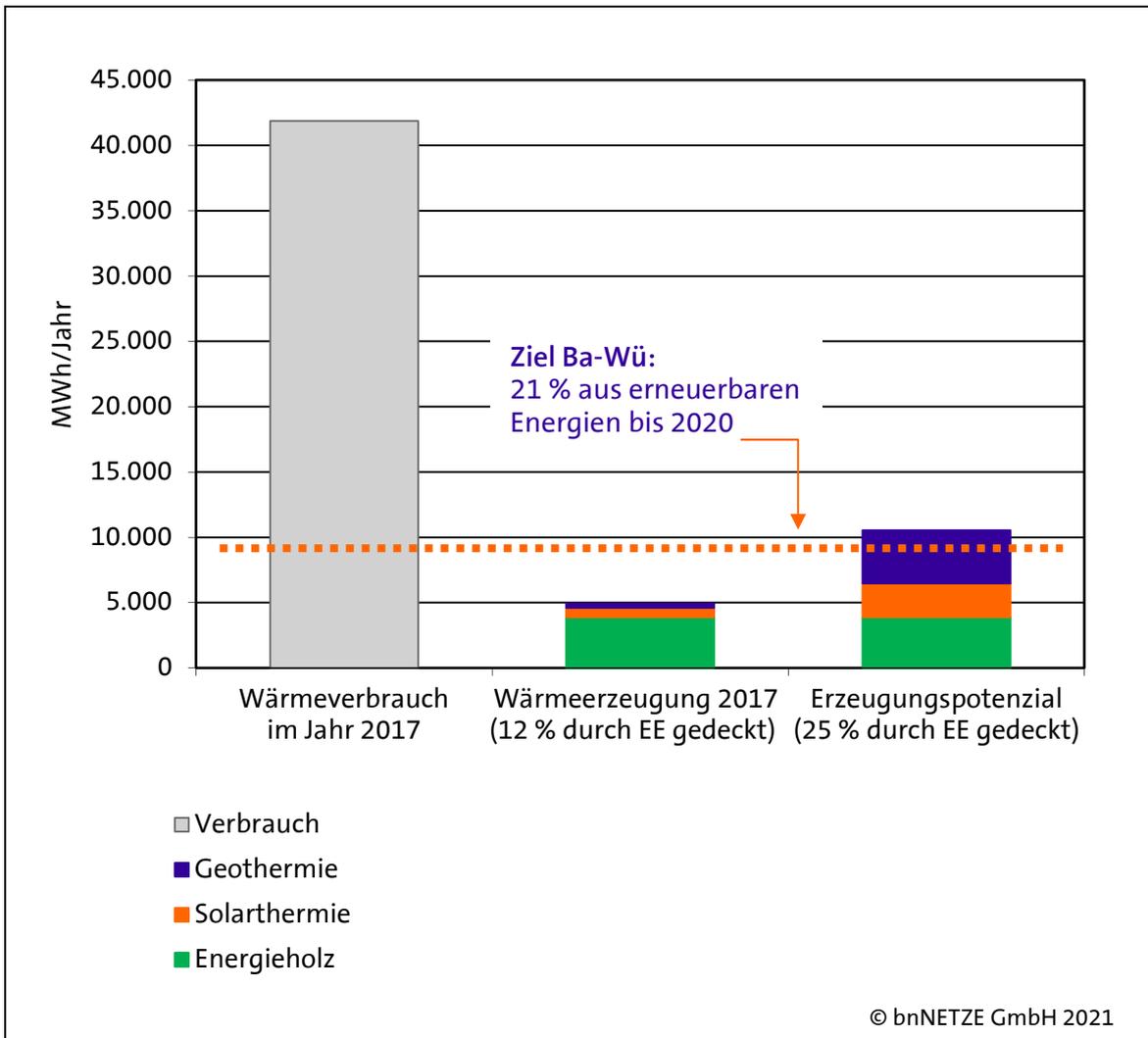


Abbildung 38 – Aktueller Wärmeverbrauch in Riegel im Vergleich zu Potenzialen für Wärme aus erneuerbaren Energien und den energiepolitischen Zielen des Landes Baden-Württemberg

CO₂-Einsparpotenzial: 923 t/Jahr - 4 %

Abbildung 38 macht deutlich, dass Maßnahmen bei der Energieerzeugung nur ein Teil der Lösung sind. Ergänzend dazu muss der Wärmeverbrauch stark gesenkt und die Energieeffizienz deutlich erhöht werden, um signifikante CO₂-Einsparungen und gesetzte Klimaziele zu erreichen.

5.2 Erhöhung der Energieeffizienz

5.2.1 Austausch ineffizienter Heizanlagen und Heizungspumpentausch

Der Austausch alter Heizanlagen stellt ein grundlegendes Handlungsfeld für Privathaushalte dar. Die Effizienz von Heizanlagen hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert, wodurch auch jüngere Anlagen ein Potenzial für Effizienzsteigerungen besitzen, welche wiederum zu Energie- und Kosteneinsparungen führen können. Heizölkessel mit einem Baualter vor 1980 haben einen Jahresnutzungsgrad von lediglich 76 %, während Kessel mit einem Baualter nach 1990 Jahresnutzungsgrade von bis zu 98 % aufweisen. Konkret bedeutet dies, dass der Austausch alter Kessel in diesem Fall den Energiebedarf um 1,5 % senken könnte.

Darüber hinaus gibt es Synergieeffekte durch die Umstellung von Anlagen auf andere Energieträger (z.B. Heizöl auf Erdgas). Im Jahr 2017 wurden in Riegel 42 % des Wärmeverbrauchs durch Heizöl erzeugt. Eine Umstellung dieses Energieträgers auf eine Kombination von Erdgas und Solarthermie würde 3,5 % der gesamten CO₂-Emissionen in Riegel einsparen. Zusätzlich zu diesem deutlichen Einsparpotenzial ergeben sich durch die Effizienzsteigerungen beim Heizungstausch gleichzeitig weitere CO₂-Einsparungen. Die Gemeinde weist einen hohen Ausbaugrad des Erdgasnetzes auf, mit dem die Umstellung von Heizöl auf Erdgas in vielen Wohnbereichen möglich ist.

CO₂-Einsparpotenzial: 1.924 t/Jahr - 6,6 %

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

5.2.2 Bau von Wärmeverbänden und KWK-Anlagen

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) sollen nach der Bundes- und Landesregierung einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Energiebereitstellung liefern (UMBW, 2015). In der Gemeinde Riegel sind erst weniger als 5 Anlagen in privaten Haushalten oder Gewerbebetrieben installiert, und decken erst 0,2 % des Wärmebedarfs und 0,3 % des Stromverbrauchs der Gemeinde. Damit ist noch ein weiterer Ausbau nötig, um das Landesziel, 20 % des Stromverbrauchs mit KWK-Anlagen zu decken, in Riegel zu erreichen.

Für den Aufbau von Nahwärmeverbänden bzw. KWK-Anlagen bestehen in der Gemeinde Riegel generell Potenziale. Insbesondere in Kombination mit Sanierungs- und Quartierskonzepten in Bereichen mit großen Verbrauchern können Potenziale genauer identifiziert und untersucht werden (vgl. Kapitel 5.3.2). Bei anstehenden Heizungssanierungen von kommunalen Liegenschaften sollte der potenzielle Einsatz von KWK-Anlagen und ein möglicher Aufbau eines Nahwärmenetzes geprüft werden.

Neben den privaten Haushalten sollte besonders in Gewerbebetrieben der Einbau von KWK-Anlagen weiter vorangetrieben werden. Durch Öffentlichkeitsarbeit und der Vernetzung von Riegeler Unternehmen können die Betriebe die notwendigen Informationen erhalten. Der Umstieg auf KWK-Anlagen wird ihnen somit erleichtert.

5.2.3 Elektrifizierung des motorisierten Straßenverkehrs

Um den Straßenverkehr umweltfreundlicher zu gestalten, rückt die Elektromobilität in den Vordergrund. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor haben Elektrofahrzeuge den klaren Vorteil, dass beim Fahrbetrieb lokal keine CO₂-Emissionen und nahezu keine NO_x-Emissionen (Stickstoffoxide) auftreten. Auch fallen die Feinstaubemissionen und bei niedrigen Geschwindigkeiten auch die Geräuschemissionen wesentlich geringer aus. Damit können Elektrofahrzeuge einen wichtigen Beitrag zur Entlastung von Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen leisten.

Zudem belegen aktuelle Studien den Klimavorteil von Elektroautos. Schon heute fallen die Emissionen über den gesamten Lebenszyklus eines Elektroautos – d.h. von der Herstellung bis zu Entsorgung – auch unter Verwendung des deutschen Strommix geringer aus als bei vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (IFEU, 2017a). Möglich ist dies, weil Elektromotoren deutlich effizienter als herkömmliche Verbrennungsmotoren sind.

In Zukunft wird sich dieser Effekt durch den weiteren Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbare Energien noch verbessern. Um den Umweltvorteil von Elektroautos voll auszuschöpfen, sollte das Ziel dennoch sein, den Fahrstrom komplett mit Strom aus erneuerbaren Energien zu decken und auch im Produktionsprozess bei der energieintensiven Herstellung der Batterien auf erneuerbare Energien zu setzen.

Würde der gesamte motorisierte Individualverkehr in der Gemeinde Riegel auf Elektroantrieb umstellen würden sich die CO₂ Emissionen (bei heutigem deutschen Strommix) um 1.072 t/Jahr reduzieren. Wird der Strom aus lokalen erneuerbaren Energien erzeugt, ist das Einsparpotenzial deutlich größer.

CO₂-Einsparpotenzial: 1.072 t/Jahr - 4 %

Eine Möglichkeit das Thema Elektromobilität umfassend für die Kommune zu erörtern und daraus umsetzungsorientierte Maßnahmen abzuleiten, bietet die Erstellung kommunaler Elektromobilitätskonzepte.

5.3 Energieeinsparung

5.3.1 Verringerung des Heizwärmeverbrauchs der Wohngebäude

In der folgenden Abbildung 39 sind sowohl der momentane Wärmeverbrauch der Wohngebäude in Riegel (mittig) sowie das mögliche Einsparpotenzial (rechts) dargestellt. Riegel verfügt über ein signifikantes Einsparpotenzial beim privaten Wärmebedarf.

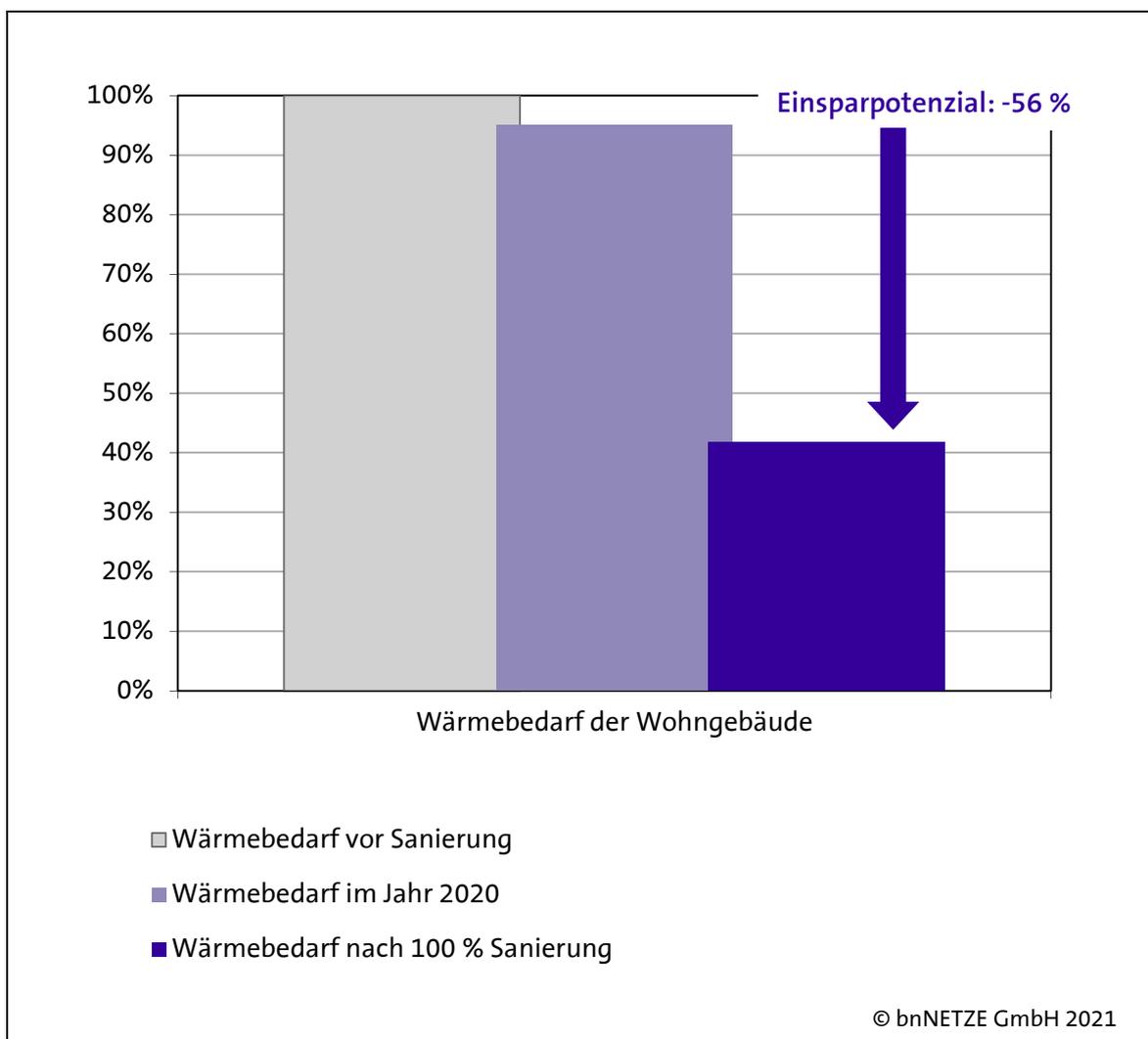


Abbildung 39 – Wärmebedarf der Wohngebäude sowie theoretisches Energieeinsparpotenzial

Die Gebäudedaten zur Bestimmung des Sanierungspotenzials, angelehnt an die Gebäudetypologie für Deutschland des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU), beinhalten das Gebäudealter und den Gebäudetyp. Das Wärmekataster beruht also auf statistischen Angaben zum jeweiligen Gebäudetyp, nicht auf individuellen Verbrauchsdaten. Ob also ein Gebäude als sanierungswürdig oder nicht eingestuft wird, hängt nach dieser Auswertung nicht vom individuellen Verbrauch der in ihm lebenden Personen ab, sondern vom ermittelten Gebäudetyp. Damit bleibt der Datenschutz gewahrt.

In Riegel wurden 68 % des Wohngebäudebestands vor der zweiten Wärmeschutz-Verordnung 1984 erbaut, d.h. zu einer Zeit, als Energieeffizienz noch keine wesentliche Rolle spielte (vgl. Abbildung 2 in Kapitel 2.3). Daher würde die energetische Sanierung von diesen Gebäuden große Mengen an Energie und CO₂-Emissionen einsparen.

Konkret bedeutet das: Würden in Riegel alle Wohngebäude auf dem aktuellen Stand des Gebäudeenergiegesetzes GEG modernisiert werden, könnten mindestens 56 % des aktuellen Wärmebedarfs der Wohngebäude eingespart werden (vgl. Abbildung 39). Zusätzlich würden sich hieraus Chancen für die lokale Wirtschaft sowie das Handwerk ergeben, d.h. die lokale Wertschöpfung könnte gesteigert werden.

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

CO₂-Einsparpotenzial: 3.112 t/Jahr - 12%

5.3.2 Quartierskonzepte

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

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

5.3.3 Fortsetzung der Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED

Mit der Fortsetzung der Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED hat die Gemeinde ein konkretes Potenzial zur Stromeinsparung, dass in der Regel auch wirtschaftlich umsetzbar ist.

5.3.4 Fortsetzung der energetische Sanierung der kommunalen Liegenschaften

Die Gemeinde hat in den letzten Jahren bereits Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs der kommunalen Liegenschaften durchgeführt. Diese sollten in den nächsten Jahren fortgesetzt werden um den Energieverbrauch der Liegenschaften kontinuierlich zu senken. Das BAFA fördert momentan (2021) Energieberatungen für Nichtwohngebäude, die dabei helfen Potenziale der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien in Bestandsgebäude zu identifizieren. Eine solche Beratung ist vor allem vor einer anstehenden Sanierung sinnvoll.

5.3.5 Energiekonzepte für Neubaugebiete

Nicht nur im Bestand gibt es Handlungsbedarf, auch zukünftige Wohngebiete sollten vorausschauend geplant werden. Die Gebäude, die heute gebaut werden, stehen mehrere Jahrzehnte. Dies gilt auch für die Variante der Wärmeversorgung, welche jetzt schon die CO₂-Belastung von morgen vorbestimmt. Hinzu kommen immer komplexere gesetzliche Vorgaben, die von Kommunen beachtet werden müssen.

Durch eine sinnvolle Kombination aus energetischem Gebäudestandard und Wärmeversorgung können nicht nur CO₂-Emissionen dauerhaft niedrig, sondern auch die Kosten für die zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner auf einem maßvollen Niveau gehalten werden. So können nachhaltige und langfristige Lösungen geschaffen werden, die an die Situation vor Ort optimal angepasst sind.

Im Rahmen eines Energiekonzepts für Neubauquartiere könnte die Gemeinde Riegel eine Beratung in Anspruch nehmen, um eine Entscheidungshilfe für die Planung klimafreundlicher und zukunftsfähiger Wohngebiete zu erhalten.

Außerdem kann die Gemeinde durch Beratung und Bauvorgaben an die Bauträger und zukünftigen Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer Einfluss auf den zukünftigen energetischen Gebäudestandard im Quartier nehmen. Beispielsweise könnte im Rahmen des Grundstücksverkaufs vertragsrechtlich ein bestimmter Gebäudeenergiestandard (z.B. Passivhaus-Standard) oder die Errichtung einer PV-Anlage bei Neubauten vereinbart werden.

5.3.6 Reduzierung des motorisierten Verkehrs

Der verkehrsbedingte CO₂-Austoß ist mit einem Anteil von über einem Drittel an den Gesamtemissionen (ohne Autobahn) der Gemeinde ein wichtiger Faktor der Klimabelastung der Gemeinde. Um die verkehrsbedingten Emissionen zu reduzieren, sollten deshalb die Grundsätze der Verkehrsplanung – Verkehr vermeiden, verlagern und schließlich umweltfreundlicher gestalten – berücksichtigt werden. Um den Ist-Zustand und die Potenziale aus dem Bereich Verkehr in der Gemeinde

genauer zu erfassen, könnte bspw. ein Modalsplit erstellt werden. Hiermit wird ermittelt, zu welchen Anteilen der Verkehr auf den verschiedenen Verkehrsmitteln zurückgelegt wird. Mit den Ergebnissen können Maßnahmen in diesem Bereich gezielt geplant werden. Außerdem könnte die Gemeinde besser erfassen, welchen Anteil des Verkehrs tatsächlich durch die Gemeinde bzw. durch den Durchgangsverkehr verursacht wird.

6. Ausblick

Mit der vorliegenden Energiepotenzialstudie hat Riegel ein wichtiges Etappenziel bei der Entwicklung hin zu einer nachhaltigen, klimafreundlichen und effizienten Energieversorgung erreicht und eine umfassende Datenbasis für die nächsten Schritte gelegt. Die Ergebnisse der Studie zeigen deutlich, dass die Gemeinde bereits einige Potenziale identifiziert und Maßnahmen für die Umsetzung angestoßen hat. Als Beispiele sind hier u.a. die Modernisierung der Straßenbeleuchtung, die Einführung eines kommunalen Energiemanagements sowie ganz allgemein der Ausbau der Photovoltaik zu nennen.

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

- Verstärkte Nutzung des signifikanten Photovoltaikpotenzials
- Untersuchung der Wind- und Wasserkraftpotenziale der Gemeinde zur genaueren Einschätzung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit
- Ausbau der erneuerbaren Wärmeerzeugung durch Solarthermie- und Geothermieanlagen
- Erhöhung der Energieeffizienz durch den Austausch von alten Heizanlagen sowie Heizungspumpen
- Fortsetzung der Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED und der Sanierung der kommunalen Liegenschaften
- Prüfung von Potenzialen für Wärmeverbünde, wenn möglich auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung oder erneuerbaren Energien
- Steigerung der Sanierungsraten, insbesondere bei Wohngebäuden
- Prüfung von nachhaltigen Energiekonzepten für Neubaugebiete
- Förderung und Stärkung umweltfreundlicher Mobilität

Die Datenbasis dieser Studie bietet zum einen eine Ausgangsbilanz der energetischen Situation vor Ort, die in Zukunft fortgeschrieben werden kann. So können Erfolge und Maßnahmen im Klimaschutz dokumentiert und sichtbar gemacht werden. Zum anderen bietet die Studie eine solide Grundlage für weitere Entscheidungen und ermöglicht, individuelle Fragestellungen der Gemeinde systematisch anzugehen.

Im nächsten Schritt gilt es, unter Einbindung der Bürger und Bürgerinnen und lokalen Akteurinnen und Akteuren, eine konkrete Klimaschutzstrategie für Riegel sowie umsetzungsfähige Klimaschutzmaßnahmen auszuarbeiten.

7. Literaturverzeichnis

AG ENERGIEBILANZEN E.V. (AGEB) (2020). Stromerzeugung nach Energieträgern 1990-2020 (Stand Dezember 2020). Zuletzt abgerufen im Januar 2020 unter https://aq-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ausdruck_strerz_abgabe_dez2020_anteile.pdf.

BUNDESVERBAND KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG E.V. (2011). Vergleich: KWK und getrennte Erzeugung (Strom im Kraftwerk/Wärme im Kessel). Zuletzt abgerufen im September 2015 unter <http://www.bkwk.de/typo3temp/pics/3d013c68b1.jpg>.

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

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2020). Ein europäischer Grüner Deal. Zuletzt abgerufen im Januar 2020 unter https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de.

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

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

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

INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU) (2018). Energie- und CO₂-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO2 BW: Emissionsfaktoren.

INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU) (2017b). Einfluss der Herkunft des getankten Stroms. Zuletzt abgerufen im Juli 2018 unter <http://www.emobil-umwelt.de/index.php/umweltbilanzen/einflussgroessen/strommix>.

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

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

LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (LGRB) IM REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, (2020). Datenbankabruf:

- Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (I-SONG).

- Bohrdatenbank: Thematische Suche von Aufschlussdaten

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2020). Energieatlas Baden-Württemberg. Zuletzt abgerufen im Dezember 2020 unter <http://www.energieatlas-bw.de/>.

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2020a). Solare Einstrahlung. Zuletzt abgerufen im November 2020 unter

<https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/hintergrundinformationen/solare-einstrahlung>.

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

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

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (UMBW) (2020). Die Energiewende im Überblick. Zuletzt abgerufen im Mai 2020 unter <https://energiewende.baden-wuerttemberg.de/de/startseite>

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

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (STALA BW) (2019). Struktur- und Regionaldatenbank: Abfragen für Riegel. Zuletzt abgerufen im Januar 2020 unter <https://www.statistik-bw.de/SRDB/?E=GS>.

UMWELTBUNDESAMT (2020). Energieverbrauch privater Haushalte. Zuletzt abgerufen im Februar 2021 unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#endenergieverbrauch-der-privaten-haushalte>

UMWELTBUNDESAMT AUF BASIS AG ENERGIEBILANZEN (2019). Energieverbrauch nach Energieträgern, Sektoren und Anwendungen. Zuletzt abgerufen im Mai 2020 unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energetraeger-sektoren>

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

8. Glossar

BAFA	Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ist eine Bundesoberbehörde mit breit gefächertem Aufgabenspektrum im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie
CO₂	Chemische Formel für Kohlendioxid, eine chemischen Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff; die Klimarelevanz von CO ₂ gilt als Maßstab für andere Gase und chemische Verbindungen, deren Auswirkungen hierfür in CO ₂ -Äquivalente umgerechnet werden
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Das deutsche Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) soll den Ausbau von Energieversorgungsanlagen vorantreiben, die aus sich erneuernden (regenerativen) Quellen gespeist werden. Grundgedanke ist, dass den Betreibern der zu fördernden Anlagen über einen bestimmten Zeitraum ein im EEG festgelegter Vergütungssatz für den eingespeisten Strom gewährt wird. Dieser orientiert sich an den Erzeugungskosten der jeweiligen Erzeugungsart, um so einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen zu ermöglichen.
EEQ	Energie aus erneuerbaren Quellen
Endenergie	Endenergie ist die Energie, die vor Ort z.B. im Wohnhaus eingesetzt wird. Im Fall von Strom ist dies die Menge Strom, die über den Hausanschluss an einen Haushalt geliefert wird. Im Fall von Wärme ist es die Menge an Öl, Gas, Holz, etc., mit der die Heizung „betankt“ wird. Die Endenergie unterscheidet sich von der Nutzenergie (s.u.).
fm	Abkürzung für Festmeter. Ein Festmeter ist ein Raummaß für Festholz und entspricht 1 m ³ fester Holzmasse.
Gebäude- typologie	Bei dieser Typologie wird der Wohngebäudebestand nach Baualter und Gebäudeart in Klassen eingeteilt, so dass Analysen über Energieeinsparpotenziale eines größeren Gebäudebestands möglich sind.
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau, deutsche Förderbank
kW	Ein Kilowatt (kW) entspricht 1.000 Watt. Dies ist die Einheit der Leistung, mit der unter anderem die Leistungsfähigkeit von Photovoltaikanlagen gemessen wird.
kWh	Der Verbrauch elektrischer Energie wird in Kilowattstunden angegeben (Leistung über eine Zeitspanne hinweg). Eine Kilowattstunde entspricht der Nutzung von 1.000 Watt über einen Zeitraum von einer Stunde. Für eine Stunde bügeln wird etwa 1 kWh Strom benötigt.

KWK	Kraft-Wärme-Kopplung: Gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme. Sie ist eine sehr effiziente Form der Strom- und Wärmeerzeugung.
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden Württemberg
MW	Megawatt. Ein MW entspricht 1.000 kW (s.o.)
MWh	Megawattstunde. Eine MWh entspricht 1.000 kWh (s.o.)
NO_x	Stickstoffoxide: NO _x ist ein Sammelbegriff für zahlreiche gasförmige Stickoxide. Eine der Hauptquellen für Stickoxide in der Atmosphäre sind Abgase, die bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, z.B. Kohle oder Kraftstoff, entstehen. Der Verkehr gilt als der größte Verursacher von NO _x -Emissionen.
Nutzenergie	Nutzenergie stellt die Energie dar, die unabhängig vom Energieträger vom Wärmeverbraucher genutzt werden kann. Die Nutzenergie ist also gleich der Endenergie (s.o.) abzüglich der Übertragungs- und Umwandlungsverluste. Hierbei spielt bspw. der Wirkungsgrad der Heizanlage eine Rolle. Die Berechnungen zum Wärmekataster und zum Sanierungspotenzial basieren auf der Nutzenergie
Primärenergieverbrauch	Der Primärenergieverbrauch, abgekürzt PEV, gibt an, wie viel Energie in einer Volkswirtschaft eingesetzt wurde, um alle Energiedienstleistungen wie zum Beispiel Produzieren, Heizen, Bewegen, Elektronische Datenverarbeitung, Telekommunikation oder Beleuchten zu nutzen. Es ist also die gesamte einer Volkswirtschaft zugeführte Energie. Eingesetzte Energieträger sind bisher vor allem Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle, Kernenergie, Wasserkraft und Windenergie.
Solarkataster	Solarkataster sind Landkarten, die aufzeigen, wie gut vorhandene Dachflächen für die Installation von Photovoltaikanlagen oder Solarthermieanlagen geeignet sind.
Strommix	Der Strommix beschreibt die Kombination verschiedener Energiequellen, die für die Erzeugung von Strom eingesetzt werden. Derzeit werden deutschlandweit überwiegend fossil befeuerte Kraftwerke (Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Erdöl) sowie Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke, Windkraft-, Biogas- und Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung eingesetzt.
ü. NN.	bedeutet „über Normal Null“. Dabei handelt es sich in der Geodäsie um die Bezeichnung für eine bestimmte Niveaufläche, die in einem Land als einheitliche Bezugsfläche bei der Ermittlung der Erdoberfläche vom mittleren Meeresniveau dient. Das Normalnull in Deutschland repräsentiert das Mittelwasser der Nordsee, „0 m ü. NN.“ ist also gleichbedeutend mit „mittlerer Meereshöhe“.
Wärmekataster	Ein Wärmekataster gibt Auskunft über den Wärmebedarf von Gebäuden und die Lage der Wärmequellen und -verbraucher

in einer Kommune. Es kann als Grundlage für die Auslegung eines Nahwärmenetzes verwendet werden.

WSchV

Wärmeschutzverordnung: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden seit 1983. Durch die folgenden Novellierungen und verschärften gesetzlichen Anforderungen wird das Gebäude immer mehr als ein „Gesamtsystem“ begriffen mit ganzheitlichen Planungen.

9. Methodik

9.1 Gebäudetypologisierung

Die Gebäudetypisierung erfolgte anhand der Katasterdaten sowie Daten zu der Baualtersklasse und der Gebäudeart. Nach der „Deutschen Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU, 2005) können die Gebäude anhand dieser zwei Kriterien schließlich einem Gebäudetyp zugeordnet werden.

Die Einteilung nach Baualter erfolgt in dieser Typologie in 10 Klassen, die jeweils eine ähnliche Bausubstanz aufweisen (vgl. Tabelle 9).

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

Tabelle 9 – Chronologie der Baualtersklassen nach der Deutschen Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH, 2005

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

- Einfamilienhäuser sind definiert als „freistehendes Wohngebäude mit bis zu 2 Wohneinheiten“
- Doppelhaushälften sind definiert als „zwei aneinander grenzende Wohngebäude mit jeweils bis zu 2 Wohneinheiten“
- Reihenhäuser sind definiert als „drei oder mehr aneinander grenzende Häuser mit jeweils bis zu 2 Wohneinheiten“
- kleine Mehrfamilienhäuser haben zwischen 3 und 6 Wohneinheiten
- große Mehrfamilienhäuser haben zwischen 7 und 12 Wohneinheiten

- Hochhäuser/Blockbebauungen haben mehr als 13 Wohneinheiten

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

9.2 Ermittlung des Wärmebedarfs für das Wärmekataster

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

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

9.3 Energie- und CO₂-Bilanz

Für die Bilanzierung wurde das für das Land Baden-Württemberg konzipierte Tool BICO2 BW (Version 2.9.1) genutzt (IFEU). Die Version 2.9.1 ist für die Bilanzjahre 2009 bis 2017 ausgelegt. Die Bilanz wurde für das Jahr 2017 erstellt.

9.3.1 CO₂-Bilanzierung des Stromverbrauchs

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

Die vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellten Stromdaten geben keinen Hinweis auf die Zusammensetzung des Stroms, also der Energiequellen, aus denen der

Strom erzeugt wird. Bei der Bilanzierung wurde deshalb der CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix verwendet, der im Jahr 2017 0,554 t/MWh beträgt (IFEU, 2018a).

Energielieferant	Anteil am deutschen Strommix (2017)
Kohle	36,6 %
Atomenergie	11,7 %
Erdgas	13,2 %
Wind	16,3 %
Biomasse	6,9 %
Solar	6,1 %
Wasser	3,1 %
Sonstiges	6 %

Tabelle 10 – Energiequellen des deutschen Strommix und ihre Anteile im Jahr 2017 (Quelle: AGEB 2020)

9.3.2 Stromeinspeisung

Einspeisemengen für Anlagen, die nach dem EEG vergütet werden oder aus KWK erzeugt werden, wurden vom örtlichen Stromnetzbetreiber für die Jahre 2017 bis 2019 zur Verfügung gestellt. Hierbei wurden Angaben zur Anzahl der Anlagen, aggregierte Leistung in kW und eingespeiste Jahresmenge in der Gemeinde gemacht.

Da die Nutzung erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung gegenüber der Erzeugung aus fossilen Brennstoffen erhebliche CO₂-Einsparungen mit sich bringt, wurde für die CO₂-Bilanz ein kommunaler Strommix berechnet, bei dem der eingespeiste Strom berücksichtigt wurde. Konkret bedeutet das, dass die CO₂-Einsparungen der Gemeinde durch die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien von der CO₂-Bilanz abgezogen wurden. So wird der Beitrag dieser Anlagen zum Klimaschutz in der CO₂-Bilanz der Gemeinde berücksichtigt. Die CO₂-Emissionsfaktoren der einzelnen erneuerbaren Energiequellen, die in den hier vorliegenden Berechnungen angesetzt wurden, sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

Erzeugungsart	CO ₂ -Ausstoß (t/MWh)	CO ₂ -Einsparung (t/MWh) gegenüber dem deutschen Strommix
Photovoltaik	0,040	0,514
Wasserkraft	0,003	0,551
Biomasse	0,097	0,457
Windkraft	0,010	0,544

Tabelle 11 – CO₂-Ausstoß und -Einsparungen durch Einspeisung erneuerbarer Energien (Datengrundlage: IFEU, 2018)

9.3.3 Energie und CO₂-Bilanzierung des Wärmeverbrauchs

Zur Berechnung der CO₂-Bilanz des Wärmeverbrauchs wurden Daten des Erdgasnetzbetreibers bnNETZE GmbH (für Erdgas) verwendet. Zusätzlich wurden Daten des LUBWs zum Energieverbrauch kleiner und mittlerer Heizanlagen aus dem Jahr 2017 sowie zu Anlagen nach der 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) für das Jahr 2017 für die Auswertung des Wärmeverbrauchs herangezogen.

Bei den örtlichen Schornsteinfegern wurde die Heizanlagenstatistik der Gemeinde abgefragt. Die Heizanlagenstatistik unterscheidet zwischen den Heizenergieträgern Heizöl, Flüssiggas, Erdgas und Feststoffe (Energieholz) und gibt jeweils die Leistung und das Alter der in der Gemeinde vorhandenen Heizanlagen. Diese Statistik lässt keine Rückschlüsse auf einzelne Feuerungsanlagen zu.

Der Bestand an Solarthermieanlagen wurde aus der Datenbank Solaratlas.de abgefragt. Der Bestand an oberflächennahen Geothermieanlagen wurde aus der Datenbank Wärmepumpenatlas.de abgefragt. Diese Datenbanken erfassen alle solarthermischen Anlagen bzw. Wärmepumpen, die durch die bundesweiten Marktanzreizprogramme gefördert worden sind. Die Angaben zu den installierten Solarthermieanlagen und Wärmepumpen bilden den Zustand im Jahr 2017 ab.

Für die Verifizierung der Daten wurden gewerbliche und industrielle Betriebe im Rahmen einer Fragebogenaktion direkt nach ihrem Energieverbrauch befragt.

Detaillierte Wärmeverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften wurden von der Gemeindeverwaltung zur Verfügung gestellt.

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

9.3.4 Energie- und CO₂-Bilanzierung des Verkehrs

Die Verkehrsdaten der Gemeinde wurden aus einer Datenbank des Statistischen Landesamt Baden-Württembergs abgerufen. Die Daten beinhalten die Jahresfahrleistung nach Fahrzeugtyp jeweils auf Innerorts- und Außerortsstraßen sowie auf Autobahnen (2017). Diese werden im Bilanzierungstool BICO2 BW (IFEU) mit statistischen Werten zum Energieverbrauch und CO₂-Emissionen je km Fahrt ausgewertet, um die Energie- und CO₂-Bilanz für den Sektor Verkehr zu erstellen.

9.3.5 Datengüte

Eine CO₂-Bilanz kann nach unterschiedlichen Methoden und mit unterschiedlicher Datentiefe erstellt werden, abhängig vom Zweck der Bilanzierung und der Datenverfügbarkeit. Um die Aussagekraft einer Energie- und CO₂-Bilanz zu bewerten, wird deshalb im Bilanzierungstool BICO2 BW eine Datengüte ermittelt (IFEU, 2018).

Die Datengüte zeigt die Datenqualität, auf welcher die erstellte Bilanz basiert. Ziel ist es, eine hohe Datengüte zu erreichen, um fundierte Aussagen und daraus wirksame Handlungsempfehlungen treffen zu können. Für jede Eingabe in das BICO2 BW-Tool werden die Datenquelle und die daraus resultierende Datengüte

bewertet. Die Datengüte des Verbrauchs pro Energieträger wird anhand des jeweiligen prozentualen Anteils am Gesamtverbrauch gewichtet, wodurch schließlich eine Gesamtdatengüte für die Sektoren und für die Gesamtbilanz ermittelt wird.

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

9.4 Solarpotenzial

Das Solarpotenzial für Dachflächen wurde durch das LUBW im Energieatlas Baden-Württemberg ermittelt, welcher öffentlich im Internet zur Verfügung steht (LUBW, 2020).

Im Solaratlas werden die freien Dachflächen in folgende Dachkategorien eingeteilt: Sehr gut geeignete, gut geeignete und bedingt geeignete Dächer. Standortanalyse und Potenzialberechnung des Solaratlas werden auf der Grundlage von hochaufgelösten Laserscandaten durchgeführt. Die Potenzialanalyse bezieht sich auf Standortfaktoren wie Neigung, Ausrichtung, Verschattung und solare Einstrahlung. Die Berechnung dieser Faktoren erfolgt über ein digitales Oberflächenmodell. Auf dieser Basis sind sehr gut geeignete Modulflächen solche Dachflächen, auf denen mehr als 95 % der lokalen Globalstrahlung auftreffen. Dabei handelt es sich um überwiegend nach Süden ausgerichtete Dächer, die kaum oder keiner Verschattung unterliegen. Geeignete Modulflächen sind solche Dachflächen, auf die 80-94 % der lokalen Globalstrahlung auftreffen und bedingt geeignete Flächen nehmen 75-79 % der Globalstrahlung auf.

Für die Abschätzung des Strom- und Wärmeerzeugungspotenzials aus Solarenergie wurde angenommen, dass alle diese unbebauten und im Solaratlas als mindestens bedingt geeignet eingestuften Dachflächen mit Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen belegt werden. Dieser theoretische Wert wird sich in der Praxis sicher nicht vollständig umsetzen lassen, er gibt jedoch einen guten Hinweis auf die Größenordnung des Solarenergieausbaupotenzials.

9.5 Geothermiepotenzial

Zur Darstellung des Geothermiepotenzials wurde der Wärmeentzug des Untergrundes durch Erdwärmesonden auf Basis der Berechnungssoftware „GEOHAND-light V. 2.2“ ermittelt (Hochschule Biberach a.d.R.). Folgende vorgegebene Wärmeparameter wurden dabei zugrunde gelegt:

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

Tabelle 12 – Vorgegebene Untergrundparameter

Das Geothermiepotenzial wurde mit standardmäßigen Erdwärmesonden bei einem gängigen Bohrlochwiderstand R_b berechnet. Zur Potenzialberechnung wird eine Sondenlänge von 120 m zu Grunde gelegt. Alle Sondenabstände sind so gewählt, dass eine behördliche Genehmigung nach Bergrecht möglichst vermieden wird, wenn der Abstand zur Grundstücksgrenze jeweils die Hälfte dieser Werte beträgt. In der GIS-Anwendung wird dieser Abstand mit berücksichtigt. Alle vorgegebenen Sondenparameter sind in folgender Tabelle 13 gelistet.

Sondenparameter	Vorgegebener Wert
Bohrlochradius r_b	0,0675 m
Sondenlänge H	120 m
Sondentyp	DN 40, Doppel-U
Bohrlochwiderstand R_b	0,1 mK/W
Sondenabstand bei 2 Sonden / 3 – 4 Sonden	6 m / 7,5 m
Korrigierte g-Werte für r_b/H bei 1 Sonde / 2 Sonden / 4 Sonden	6,48 / 8,58 / 11,88
Temperaturspreizung der Sole in den Sonden	3 K

Tabelle 13 – Vorgegebene Sondenparameter

Tabelle 14 gibt die Ergebnisse der Kalkulation wieder. Technisch nach VDI 4640 und behördlich nach LQS EWS (UMBW, 2012) geforderte Temperaturwerte wurden eingehalten. Dabei liegt den Werten der eingeschwingene Zustand zwischen Sondenaktivität und Untergrundreaktion zugrunde, was zu einer konservativen Betrachtung führt.

Zur Berechnung der potenziellen Wärmebedarfsabdeckung wurden die in Tabelle 15 genannten Werte genutzt. Der Leistungskoeffizient der Wärmepumpe muss mindestens einen Wert von 4,3 aufweisen, um eine Förderberechtigung nach BAFA zu erhalten.

Berechneter Untergrundparameter	Wert
Wärmeentzugsleistung in W/m bei 1 Sonde / 2 Sonden / 4 Sonden à 150 m	41,4 / 37,9 / 33,4
Wassereintrittstemperatur in die Sonde	$\geq -3,0$ °C im eingeschwungenen Zustand
Temperaturdifferenz bei Spitzenlast	$\leq 14,6$ K im eingeschwungenen Zustand
Temperaturdifferenz im Monatsmittel	$\leq 9,9$ K im eingeschwungenen Zustand

Tabelle 14 – Berechnete spezifische Wärmeentzugsleistungen und Temperaturwerte

Parameter zur Wärmebedarfsdeckung	Vorgegebener Wert
Leistungskoeffizient der Wärmepumpe	4,3
Vollbenutzungsstunden h	1.800
Maximale Monatslast	16 % der Jahreslast

Tabelle 15 – Vorgegebene Parameter zur Berechnung der Wärmebedarfsdeckung

Um die Flächenverfügbarkeit zum Einrichten der Erdwärmesonde(n) zu berechnen, müssen pauschale Seitenverhältnisse der Flurfläche und der Gebäudegrundfläche angenommen werden. Dadurch können sowohl eine nicht nutzbare Gebäudeperipherie (Garage, Garageneinfahrt, Leitungen, Schuppen, Bäume etc.) als auch der nötige Abstand zwischen Sonden und Flurgrenze berücksichtigt werden (vgl. Tabelle 16).

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

Tabelle 16 – Vorgegebene Durchschnittswerte zur Berechnung der Sondenbelegungsdichte

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

10. Kartenmaterial

Folgende Karten werden der Gemeinde gedruckt und digital beigelegt:

- **Wärmekataster der Gemeinde Riegel**
 - Absoluter Wärmebedarf der Gebäude (kWh/Jahr)
 - Spezifischer Wärmebedarf der Gebäude (kWh/m²*Jahr)
- **Sanierungskataster der Gemeinde Riegel**
 - Absolutes Einsparpotenzial der Gebäude bei energetischer Sanierung (kWh/Jahr)
 - Spezifisches Einsparpotenzial der Gebäude bei energetischer Sanierung (kWh/m²*Jahr)
- **Geothermiekataster der Gemeinde Riegel**
 - Potenziale zur Wärmeversorgung mit Erdwärmesonden nach Sanierung der Gebäude