



Bad Rappenau

Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Bad Rappenau

Endbericht
Stand: 12/2022

Verfasser: André Göldenboth M.Sc.

Förderkennzeichen:
67K16611



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



Förderprojekt

Die Erstellung des Integrierten Klimaschutzkonzeptes der Großen Kreisstadt Bad Rappenau ist im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) / Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), vertreten durch den Projektträger Jülich PTJ / die Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) gGmbH, gefördert worden.

Vorhaben:

Integriertes Klimaschutzkonzept & Klimaschutzmanagement der Großen Kreisstadt Bad Rappenau

Laufzeit:

01.08.2021 bis 31.07.2023

Förderkennzeichen:

67K16611

Lesehinweis:

Sofern nicht anders angegeben, werden im vorliegenden Konzept eigene Abbildungen, Tabellen, Funktionen und Berechnungen verwendet. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für jedes Geschlecht.

Bad Rappenau, 02.12.2022

Förderkennzeichen:
67K16611





Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis	7
1. Einleitung.....	8
1.1 Kontext der Erstellung des Klimaschutzkonzepts.....	9
1.2 Energie- und Klimapolitische Zielsetzungen.....	11
1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen	15
1.4 Naturwissenschaftliche Einsicht.....	20
2. Ausgangslage der Stadt.....	22
2.1 Räumliche Lage & Struktur.....	22
2.2 Flächennutzung.....	24
2.3 Bevölkerungsentwicklung.....	26
2.4 Wohnsituation.....	28
2.5 Verkehrliche Situation	31
3. Energie- und Treibhausgasbilanz.....	34
3.1 Grundlagen der Bilanzierung nach BSKO	34
3.1.1 Bilanzierungsprinzip im Stationären Bereich.....	34
3.1.2 Bilanzierungsprinzip im Sektor Verkehr	35
3.1.3 Datenerhebung der Energieverbräuche.....	36
3.2 Endenergieverbrauch und THG-Emissionen.....	37
3.2.1 Energieverbrauch der Stadt Bad Rappenau	37
3.2.2 THG-Emissionen der Stadt Bad Rappenau	40
3.3 Regenerative Stromerzeugung.....	43
3.4 Zusammenfassung.....	47
3.5 Exkurs: Nichtenergetische Emissionen.....	48
4. Potenzialanalyse der Stadt Bad Rappenau	50
4.1 Private Haushalte.....	51
4.2 Wirtschaft	55
4.3 Verkehr.....	59
4.4 Erneuerbare Energien	64



4.4.1	Biomasse.....	64
4.4.2	Windenergie	64
4.4.3	Sonnenenergie	65
4.4.4	Geothermie.....	68
4.4.5	Wasserkraft.....	70
4.4.6	Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien.....	71
5.	Szenarien zur Energieeinsparung und THG-Minderung	72
5.1	Differenzierung Trend- und Klimaschutzszenario	72
5.2	Schwerpunkt: Wärme	73
5.3	Schwerpunkt: Verkehr.....	77
5.4	Schwerpunkt: Strom und erneuerbare Energien.....	79
5.5	End-Szenarien: Endenergiebedarf gesamt.....	85
5.6	End-Szenarien: THG-Emissionen gesamt.....	87
5.7	Treibhausgasneutralität.....	89
5.8	Zusammenfassung: Instruktionen aus den Potenzialen & Szenarien.....	90
6.	Handlungsfelder und Maßnahmen.....	92
6.1	Handlungsfeld Erneuerbare Energien	92
6.2	Handlungsfeld Mobilität	95
6.3	Handlungsfeld Nachhaltige Wärmeversorgung.....	99
6.4	Handlungsfeld Klimafreundliche Gebäude & Verwaltung der Stadt.....	102
6.5	Handlungsfeld Flächenmanagement	107
6.6	Handlungsfeld Wirtschaft.....	109
6.7	Handlungsfeld Anpassung an den Klimawandel.....	110
6.7.1	Boden	114
6.7.2	Landwirtschaft.....	116
6.7.3	Wasserhaushalt.....	119
6.7.4	Wald und Forstwirtschaft.....	122
6.7.5	Gesundheit	129
6.7.6	Naturschutz und Biodiversität	133
6.7.7	Tourismus.....	137
6.7.8	Stadt- und Raumplanung.....	138
6.8	Handlungsfeld Klimafreundliche Lebensstile	140
6.9	Maßnahmenkatalog.....	142
7.	Verstetigungsstrategie.....	174



7.1	Verstetigung Klimaschutzmanagement	174
7.2	Akteursbeteiligung	176
7.3	Kommunikationsstrategie	181
7.4	Controlling-Konzept.....	182
	Literaturverzeichnis.....	183
	Abkürzungsverzeichnis.....	186



Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase (Darstellung nach UBA, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2020).....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 2: Installierte Netto-Leistungen in Deutschland und Ausbauziele des EEG für 2030.....</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 3: Monatsmittelwerte der CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre (UBA, 2021a)</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 4: Bevölkerung der Großen Kreisstadt Bad Rappenau im Jahr 2020.....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 5: Flächennutzung der Großen Kreisstadt im Jahr 2020.....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung in Bad Rappenau</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 7: Bevölkerungsdichte in Einwohner je Quadratkilometer</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 8: Bevölkerungsentwicklung in Bad Rappenau unterteilt in Altersklassen</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 9: Baugenehmigungen für Wohnungen und Wohngebäude in Bad Rappenau.....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 10: Wohnfläche durch Baufertigstellungen unterteilt nach Gebäudetyp in Bad Rappenau.....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 11: Haushaltsgößen in Bad Rappenau</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 12: Kraftfahrzeuge je 1.000 Einwohner in Bad Rappenau.....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 13: Stickoxid-Emissionen durch Straßenverkehr in Bad Rappenau.....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 14: Endenergieverbrauch in Bad Rappenau nach Sektoren</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 15: Prozentualer Anteil der Sektoren am Endenergieverbrauch im Jahr 2019</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 16: Endenergieverbrauch für Gebäude & Infrastruktur nach Energieträgern</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 17: Endenergieverbrauch kommunaler Einrichtungen & Infrastruktur gemäß KSG BW.....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 18: THG-Emissionen in Bad Rappenau nach Sektoren in Tonnen CO₂-Äquivalenten</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 19: Prozentualer Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen in Bad Rappenau.....</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 20: THG-Emissionen im stationären Bereich nach Energieträgern.....</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 21: THG-Emissionen in Bad Rappenau nach Energieträgern in Tonnen CO₂-Äquivalenten.....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 22: Elektrische Energiemengen des Gesamtverbrauchs und der regenerativen Erzeugung einschließlich Kraft-Wärme-Kopplung in Bad Rappenau.....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 23: Stromerzeugung aus EE-Anlagen in Bad Rappenau.....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 24: Erneuerbare Energie-Anteile an der Stromerzeugung in Bad Rappenau 2019.....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 25: Jährlich erzeugter PV-Strom in Bad Rappenau mit Relation zur Einwohnerzahl.....</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 26: THG-Emissionen durch Stromverbrauch in Bad Rappenau mit Einfluss regionaler EE-Einspeisung</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 27: Entwicklung des Anteils sanierter Gebäude in den Sanierungsszenarien</i>	<i>52</i>
<i>Abbildung 28: Einsparpotenziale bis zum Zieljahr in den unterschiedlichen Sanierungsszenarien inkl. Gegenüberstellung der maximalen Einsparpotenziale bei Vollsanierung</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 29: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Sektor private Haushalte im Trend- und Klimaschutzszenario.....</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 30: Energieeinsparpotenziale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014)</i>	<i>55</i>



<i>Abbildung 31: Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wirtschaft in Prozent.....</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 32: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen im Ausgangs- und Zieljahr (Berechnung und Darstellung: energielenker projects GmbH).....</i>	<i>58</i>
<i>Abbildung 33: Entwicklung der Fahrleistungen im Trendszenario.....</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 34: Entwicklung der Fahrleistung im Klimaschutzszenario</i>	<i>61</i>
<i>Abbildung 35: Entwicklung der Fahrleistung bei konventionellen und alternativen Antrieben.....</i>	<i>62</i>
<i>Abbildung 36: Einsparpotenziale für den Sektor Verkehr</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 37: Photovoltaik-Potenziale Dachflächen Ausschnitt Stadt Bad Rappenau - Auszug Energieatlas Baden-Württemberg (LUBW, 2022).....</i>	<i>65</i>
<i>Abbildung 38: Geothermiefpotenziale [W/(m*K)] für Erdwärmekollektoren (LLUR, 2011).....</i>	<i>69</i>
<i>Abbildung 39: Geothermiefpotenziale Erdwärmesonden Ausschnitt Bad Rappenau (LLUR, 2011)</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 40: Entwicklung Wärmebedarf im Trendszenario.....</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 41: Entwicklung Wärmebedarf im Klimaschutzszenario</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 42: Entwicklung Wärmebedarf der Haushalte im Klimaschutzszenario.....</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 43: Entwicklung Wärmebedarf der Wirtschaft im Klimaschutzszenario</i>	<i>76</i>
<i>Abbildung 44: Entwicklung Kraftstoffbedarf nach Antriebsart im Trendszenario</i>	<i>77</i>
<i>Abbildung 45: Entwicklung Kraftstoffbedarf nach Antriebsart im Klimaschutzszenario.....</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 46: Entwicklung des Strombedarfs im Trendszenario.....</i>	<i>80</i>
<i>Abbildung 47: Entwicklung des Strombedarfs im Klimaschutzszenario</i>	<i>81</i>
<i>Abbildung 48: Kommunenspezifischer Ausbaupfad der erneuerbaren Energien und Gegenüberstellung des Maximalpotenzials (Nutzung des Windpotenzials).....</i>	<i>83</i>
<i>Abbildung 49: Kommunenspezifischer Ausbaupfad der erneuerbaren Energien und Gegenüberstellung des Maximalpotenzials (keine Nutzung des Windpotenzials).....</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 50: Entwicklung Endenergiebedarf nach Sektoren im Trendszenario</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 51: Entwicklung Endenergiebedarf nach Sektoren im Klimaschutzszenario</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 52: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Trendszenario</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 53: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Klimaschutzszenario</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 54: Erzeugungsstruktur der deutschen Nettostromerzeugung im Vergleich der Jahre 2016 und 2019 (Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis von Fraunhofer ISE (ISE, 2022a).....</i>	<i>92</i>
<i>Abbildung 55: Bundesdeutscher Emissionsfaktor inkl. Vorkette in CO₂-Äquivalenten pro erzeugte Strommenge (eigene Darstellung der BSKO-Faktoren von ifeu Heidelberg, Datenexport aus Ecospeed) .</i>	<i>93</i>
<i>Abbildung 56: Installierte Photovoltaikleistung im Vergleich zu Bund und Land</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 57: Jährlicher Photovoltaikzuwachs im Vergleich zu Bund und Land</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 58: Verkehrsbedingte Treibhausgasemissionen nach Straßenkategorie</i>	<i>96</i>
<i>Abbildung 59: Treibhausgasemissionen nach Sektoren mit Verkehr ohne Autobahnanteil</i>	<i>97</i>
<i>Abbildung 60: Prozentualer Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen im Jahr 2019 (ohne Autobahn) 97</i>	



Abbildung 61: THG-Emissionen in Bad Rappenau im Jahr 2019 (ohne Autobahnanteile) nach Energieträgern in Tonnen CO ₂ -Äquivalenten	98
Abbildung 62: THG-Emissionen in Bad Rappenau 2019 im stationären Bereich in kg CO ₂ e.....	99
Abbildung 63: Spezifischer Energieverbrauch in Bad Rappenau 2019 im stationären Bereich	100
Abbildung 64: Spezifische THG-Emissionen in Bad Rappenau 2019 im stationären Bereich.....	100
Abbildung 65: Kommunaler Energieverbrauch in Bad Rappenau gemäß KSG BW § 7 b Absatz 2	102
Abbildung 66: Endenergieverbrauch städtischer Gebäude im Jahr 2019 nach Kategorien	103
Abbildung 67: Jährlicher Endenergieverbrauch von Sporthallen in Bad Rappenau.....	104
Abbildung 68: Jährlicher spezifischer Endenergieverbrauch von Sporthallen in Bad Rappenau	105
Abbildung 69: THG-Emissionen kommunaler Einrichtungen und Infrastruktur.....	106
Abbildung 70: Gebiete mit markierten Obstbäumen in Rappenau.....	107
Abbildung 71: Spezifische THG-Emissionen der Wirtschaft 2019 in Bad Rappenau.....	109
Abbildung 72: THG-Emissionen der Wirtschaft 2019 in Bad Rappenau nach Energieträgern.....	109
Abbildung 73: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur (Datenquelle und Darstellung: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, berechnet nach DWD-Daten)	110
Abbildung 74: Veränderung der Anzahl Heißer Tage zum Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1990-2019 (Darstellung LUBW, berechnet nach DWD-Daten)	111
Abbildung 75: Legende der Baumarteneignungskarten der FVA.....	125
Abbildung 76: Baumarteneignungskarte der FVA für die Baumart Traubeneiche im Jahr 2019.....	125
Abbildung 77: Baumarteneignungskarte der FVA für die Traubeneiche in der nahen Zukunft (2021-2050) basierend auf dem RCP8.5.....	126
Abbildung 78: Baumarteneignungskarte der FVA für die Weißtanne in der nahen Zukunft (2021-2050) basierend auf dem RCP4.5.....	127
Abbildung 79: Durchschnittlicher CO ₂ -Fußabdruck pro Kopf in Deutschland	140
Abbildung 80: Big Points für die Reduktion des persönlichen CO ₂ -Fußabdrucks in Deutschland	141
Abbildung 81: Webslogan der Stadt Bad Rappenau für den Kommunalen Klimaschutz	176
Abbildung 82: Lokale Akteursgruppen im Klimaschutz nach Difu (Difu, 2018).....	180



Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Zulässige Jahresemissionen je Sektor (eigene Darstellung nach KSG, Anlage 2 (zu § 4))</i>	12
<i>Tabelle 2: Ausgewählte Klimakennwerte des RCP8.5 für den Landkreis Heilbronn (GERICS)</i>	14
<i>Tabelle 3: Umrechnungstabelle für Temperaturangaben zur globalen Erwärmung bezogen auf das langjährige Mittel des jeweiligen Betrachtungszeitraum (DWD, 2021), (NOAA, 2021)</i>	15
<i>Tabelle 4: Feldfrüchteanbau auf dem Ackerland in Hektar nach Feldfrüchten – Bad Rappenau</i>	25
<i>Tabelle 5: Landwirtschaftliche Betriebsgrößenstruktur – Bad Rappenau</i>	26
<i>Tabelle 6: Gebäudebestand und Heizungsarten in Bad Rappenau (StaLa, Mikrozensus 2011)</i>	30
<i>Tabelle 7: Fahrzeugbestand in Bad Rappenau (basierend auf Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg)</i>	31
<i>Tabelle 8: LCA-Emissionsfaktoren [g/kWh] basierend auf ifeu Heidelberg und GEMIS 4.93</i>	35
<i>Tabelle 9: Datenquellen bei der Energie- und THG-Bilanzierung</i>	36
<i>Tabelle 10: Treibhausgasemissionen pro Kopf</i>	42
<i>Tabelle 11: Grundlagendaten und resultierender Energiebedarfsindex für die Szenarien</i>	56
<i>Tabelle 12: Potenziale Agri-PV - Bad Rappenau (Berechnung: energielenker projects GmbH)</i>	68
<i>Tabelle 13: Potenzieller Strom- und Wärmeertrag durch erneuerbare Energien – Bad Rappenau</i>	71
<i>Tabelle 14: Prozentuale Verteilung der Energieträger im Klimaschutzszenario – Bad Rappenau</i>	74
<i>Tabelle 15: Entwicklung des Strombedarfes in den Szenarien – Bad Rappenau</i>	79
<i>Tabelle 16: Instruktionen aus den Potenzialen und Szenarien (energielenker projects GmbH)</i>	91
<i>Tabelle 17: Temperaturkentage gemittelt für die Zeiträume 1961-1990 und 1990-2019 im Landesdurchschnitt Baden-Württemberg (Datengrundlage DWD mit Auswertung durch LUBW)</i>	112
<i>Tabelle 18: Maßnahmenmatrix IKSK Bad Rappenau 2022</i>	144
<i>Tabelle 19: Ergebnisse Online-Umfrage: Relevanz der Handlungsfelder</i>	178
<i>Tabelle 20: Ergebnisse Online-Umfrage: Wichtige Maßnahmen für Klimaschutz in Bad Rappenau</i>	179
<i>Tabelle 21: Ergebnisse Online-Umfrage: Dringlichkeit zur Klimafolgenanpassung in Bad Rappenau</i>	179



1. Einleitung

Das Klimasystem ist ein hochkomplexes System, welches die Lithosphäre (feste, unbelebte Erde), die Kryosphäre (Gletscher, Eis, Permafrost), die Hydrosphäre (Ozeane, Flüsse, Seen), die Biosphäre (Fauna und Flora) sowie die Atmosphäre umfasst und deren Wechselbeziehungen. Der Klimawandel bezieht sich auf eine Veränderung des Klimazustandes¹, welcher über längere Zeiträume anhält, im Sinne von Jahrzehnten, Jahrhunderten oder deutlich länger. Das Klimasystem ist abhängig von der Sonneneinstrahlung, welche örtliche Unterschiede aufweist und mit den Tages- und Jahreszeiten variiert. Wolken und die Erdoberfläche streuen einen Anteil der Sonnenstrahlung direkt in den Weltraum, während der größere Anteil am Boden von Land und Ozeanen sowie in der Atmosphäre von Gasen, Mikropartikeln und Wolken aufgenommen wird. Da das Klimasystem, im Gegensatz zur einfallenden Sonnenstrahlung, räumlich und zeitlich relativ gleichmäßig in den Weltraum strahlt, lässt sich ein energetischer Unterschied feststellen, bei welchem die Tropen einen Energiegewinn und die hohen Breiten einen Energieverlust verzeichnen, was aber durch Wärmetransport über Meeresströmungen und atmosphärische Strömungen ausgeglichen wird. Wasserdampf, Distickstoffmonoxid, Methan, Kohlendioxid und weitere Treibhausgase lassen die kurzweilige Sonnenstrahlung nahezu ungehindert passieren, aber absorbieren die von der Erdoberfläche abgestrahlte langwellige Strahlung und geben folglich in alle Richtungen Wärmestrahlung ab, was zur Temperaturerhöhung in Bodennähe führt und dadurch in vielen Gebieten der Erde erst Leben ermöglicht, mit einer globalen mittleren Temperatur von 15 °C im natürlichen Gleichgewicht. Ohne den Einfluss der Treibhausgase² würde die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde bei -18 °C liegen. Im atmosphärischen Gasmisch sind klimawirksame Treibhausgase wie CO₂, CH₄, N₂O, SF₆ etc. nur in geringen Anteilen vorhanden, mit unterschiedlicher Verweildauer und Einfluss auf die Erderhitzung. Dass der Mensch durch die Verbrennung fossiler Energieträger in den Temperaturhaushalt der Erde eingreift, ist eine Erkenntnis die ins vorletzte Jahrhundert zurückreicht.

In den letzten Jahrzehnten gerieten neben globalen und lokalen Umweltproblemen (Freisetzung von Chemikalien in die Umwelt, Landnutzungswandel, Wasserverfügbarkeit, Biodiversitätsverlust, Nährstoffeintrag in die Umwelt und Freisetzung von Luftschadstoffen, etc.) die erfassten Wetterdaten, die Veränderung von meteorologischen Kenntagen sowie das Auftreten von Extremereignissen in den Fokus. Für eine Änderung des Klimazustands kann es vielseitige Ursachen geben. Dabei sind Sonnenzyklen, Vulkanausbrüche und plattentektonische Ereignisse vom Menschen generell unabhängig. Der gegenwärtige Klimawandel ist jedoch ohne den menschlichen Einfluss nicht zu erklären und resultiert im Wesentlichen aus der veränderten Strahlungsbilanz aufgrund der zunehmenden Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre.

Die in den vergangenen Jahrzehnten zunehmenden Klimaänderungen und Störungen im Energiesystem der Erde werden zunehmend vom Menschen verursacht. Schnelle Änderungen haben bereits in der Atmosphäre, Biosphäre, Kryosphäre und im Ozean stattgefunden. Nach über 140 Jahren der flächendeckenden Wetteraufzeichnung in Deutschland lagen laut dem Deutschen Wetterdienst 9 der 10 wärmsten Jahre im 21. Jahrhundert³.

¹ Klima wird als statistische Beschreibung, anhand Durchschnittes und Variabilität relevanter Größen wie Temperatur, Niederschlag und Wind definiert. Dabei bezieht sich die Beschreibung des „durchschnittlichen Wetters“ auf Zeitspannen von einigen Monaten bis hin zu Tausenden von Jahren, wobei der klassische Zeitraum zur Mittelung der Variablen bei 30 Jahren liegt.

² Im Wesentlichen verursacht durch atmosphärischen Wasserdampf.

³ Systematische und flächendeckende Wettermessungen beginnen in Deutschland im Jahr 1880.



1.1 Kontext der Erstellung des Klimaschutzkonzepts

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) fördert und initiiert seit 2008 mit der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) Projekte, welche einen Beitrag zur Senkung von Treibhausgasemissionen leisten. Für die Erstellung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes gemäß der Förderrichtlinien wurde in Bad Rappenau ein Klimaschutzmanager eingestellt – Dieser, vom Gemeinderat gewählt, wurde als Stabsstelle innerhalb der Stadtverwaltung aufgenommen. Die Große Kreisstadt hatte sich zuvor zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg bekannt und war dem Klimaschutzpakt des Landes beigetreten. Die Projektträgerschaft des NKI-Projektes wurde plangemäß am 01.01.2022 vom Projektträger Jülich (PtJ) an die Zukunft – Umwelt – Gesellschaft gGmbH (ZUG) übergeben. Zusätzlich zur Bilanzierung von Energiemengen und Treibhausgasemissionen sowie zur Analyse und Bewertung von technischen und wirtschaftlichen Faktoren gilt die Konzepterstellung als ganzheitliche Betrachtung und soll kein End-, sondern Ausgangspunkt für strategischen Klimaschutz auf kommunaler Ebene sein.

Hauptziel ist die Einsparung von Treibhausgasemissionen. Im Wesentlichen konzentriert sich Klimaschutz dabei auf energetische Prozesse mit der Verwendung von Energieträgern als Treibstoffe oder zur Nutzung von Wärme oder Strom, da hierbei noch besonders viel klimarelevante Emissionen anfallen. Im direkten Zusammenhang zur Treibhausgasvermeidung stehen damit die Suffizienz, die Vermeidung von Verschwendung sowie der dringliche Schutz von Ökosystemen und biologischer Vielfalt, mitunter die Wahrung der natürlichen Lebensgrundlagen. Die Renaturierung, welche eine Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff gewährleistet, ist relevant für Klimaschutz und zudem auch für Klimafolgenanpassung.

In der Vergangenheit wurden zahlreiche klimaschutzrelevante Projekte von der Großen Kreisstadt realisiert, wobei folgende Liste einen kurzen Überblick über einige klimaschutzfreundliche Umsetzungen der letzten Jahre gibt.



Umgesetzte Projekte in Bad Rappenau

- Biotopvernetzungs-konzeption
- Photovoltaik auf städtischen Dächern
- E-Fahrzeuge im Fuhrpark
- Fahrradleasing für Mitarbeiter
- Anschluss großer Abnehmer an Fernwärmenetz
- Sanierung Ortskern Bonfeld
- Flächendeckende Sanierung der Straßenbeleuchtung
- Umstellung von Trockensalz auf Feuchtsalz beim Winterdienst
- Sukzessive energetische Sanierung städtischer Gebäude
- Reduzierung von neuen Wohn- und Gewerbeflächen im Flächennutzungsplan gegenüber Neunziger Jahren
- Mehrere Obstbaumspendenaktionen
- Zusammenarbeit mit örtlichen Naturschutzverbänden
- Ausbau von Radwegen
- Stadtbahnausbau (ÖPNV)
- Stadtradeln seit 2018
- Neukonzipierung Busverkehre
- Verkehrsdrehscheibe ZOB
- Schaffung von P+M-Plätzen an allen Stadtbahnhaltestellen für PKWs und Fahrräder
- Ökologische Eisbahn
- Ökokonto
- Renaturierung von Bachflächen
- Strombezug: Ökostrom seit 2011 für Rathaus, seit 2017 für alle übrigen Abnahmestellen
- EDV: Green IT und Einsatz von Thin Clients (seit 2012), Einführung von E-Akten und papierlose Gremienarbeit
- Umstellung auf Recyclingpapier für Rathaus, Schulen und städtische Dienststellen
- Ausbau von E-Ladeinfrastruktur



1.2 Energie- und Klimapolitische Zielsetzungen

Global

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts erreichen die anthropogenen Treibhausgasemissionen Spitzenwerte, wie noch nie in der Menschheitsgeschichte. Ihr absoluter Anstieg übertrifft den steilen Trend, welcher sich seit den 1970er Jahren zeigt und Kohlenstoffdioxid gilt dabei als bedeutungsvollstes anthropogenes Treibhausgas. Die internationale und nationale politische Agenda versucht Lösungen für die zentralen Herausforderungen der Erderhitzung und des Treibhausgasemissionsanstiegs zu definieren.

Internationale Vereinbarungen beruhen einerseits auf dem Wissen, dass die Folgekosten der Klimaerwärmung die aufzubringenden Kosten für wirksamen Klimaschutz bei Weitem überschreiten und andererseits auf der Erkenntnis, dass die aktuellen Anstrengungen nicht ausreichen um das Zwei-Grad-Ziel von Paris einzuhalten und weltweit gravierende negative Folgen resultieren werden. Industrienationen wie Deutschland müssten nach dem Abkommen von Paris bis zur Mitte des Jahrhunderts bereits deutliche Anstrengungen unternehmen um das Ziel zu erreichen. Die Erderwärmung gemäß internationaler Übereinkünfte auf deutlich unter 2 Grad zu begrenzen wird häufig mit 1,5 °C beziffert und würde bei Zielerreichung noch deutliche Unterschiede zu einer Erwärmung von 2 °C aufweisen, hinsichtlich Überschwemmungen, Dürren, Anstieg des Meeresspiegels, Gefahr von Sturmfluten, Korallensterben, Artenvielfalt, Biodiversitätsverlust, Anstieg von Maximaltemperaturen, Häufigkeit von Hitzewellen und damit einhergehender Anzahl an Todesfällen.

Der Weltklimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) rechnet damit, dass die Pro-Kopf-Emissionen an schädlichen Treibhausgasen langfristig 2 Tonnen CO₂-Äquivalente (CO₂e) jährlich nicht übersteigen sollten, um die globale Temperaturerhöhung in diesem Jahrhundert auf unter 2 °C gegenüber vorindustriellem Niveau zu halten. Die geringste Erwärmung sei bei rigoröser Reduktion des Material- und Energieverbrauchs mit gleichzeitig zügigem Wechsel zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu erwarten.

Europäische Union

Die Europäische Union hat sich zu klima- und energiepolitischen Zielen bekannt und versucht mit dem European Green Deal vom 19. Dezember 2019 eine umfassende Wachstumsstrategie für eine ressourcenschonendere Wirtschaft auf den Weg zu bringen. Übergeordnetes Ziel ist die Treibhausgas-Neutralität bis zum Jahre 2050. Hierbei werden neben Maßnahmen zur Mobilität und Industriepolitik auch Klima-, Umwelt- und Biodiversitätsschutz sowie Vorgaben für Energie-, Agrar- und Verbraucherschutzpolitik berücksichtigt. Mit Inkrafttreten des Europäischen Klimagesetzes im Juli 2021 wurde die Selbstverpflichtung der EU zur Klimaneutralität in bindendes Recht umgesetzt, mit dem Zwischenziel die Netto-Treibhausgasemissionen gegenüber dem Bezugsjahr 1990 um 55 % bis 2030 zu senken.

Deutschland

In Deutschland wird der Begriff „Klimaschutz“, aufgrund des großen Beitrags des Energiesektors zu den Treibhausgasemissionen, klassisch mit Themen wie Energie sparen, Energieeffizienz und Erneuerbare Energien in Verbindung gebracht. Der menschlich verursachte Klimawandel wirkt weitreichend und langfristig. Zudem stellt er eine wichtige Gefährdungsursache für die biologische Vielfalt und für die Sicherung menschlicher Lebensgrundlagen dar – der gegenwärtige Klimawandel wirkt sich somit auch auf andere Entwicklungen, wie die existenzielle Bedrohung des Artensterbens, aus.



Mit dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes vom 29. April 2021 wurde geurteilt, dass die Regelungen des deutschen Klimaschutzgesetzes vom 12. Dezember 2019 über nationale Klimaschutzziele und zulässige Jahresemissionsmengen mit dem Grundgesetz unvereinbar sind. Folglich hat die Bundesregierung ein neues Klimaschutzgesetz vorgelegt. Der Gerichtsbeschluss verpflichtet den Staat zu aktivem Klimaschutz, wobei das Verschieben von hohen Emissionsminderungslasten auf die Jahre nach 2030 inakzeptabel sei, zumal die Freiheitsgrundrechte heute jüngerer Menschen und künftiger Generationen in Zukunft nicht unverhältnismäßig eingeschränkt werden dürften.

Im neuen Klimaschutzgesetz findet sich ein verschärfter Zielpfad für die Minderung von Treibhausgas-Emissionen. Bezogen auf das Ausgangsjahr 1990 wird das Zwischenziel für 2030 von 55 % auf 65 % THG-Reduktion erhöht. Bis zum Jahr 2040 gelten 88 % Minderung. Netto-Treibhausgas-Neutralität soll nun schon im Jahr 2045 anstatt wie bisher im Jahr 2050 verbindlich erreicht werden. Und nach 2050 sollen in Deutschland negative Emissionen erreicht werden, also mehr THG in natürlichen Senken eingebunden als emittiert.

Folglich wurden die Etappenziele für die einzelnen Sektoren ebenfalls angepasst (vgl. Tabelle 1). Ein Expertenrat für Klimafragen überprüft ab 2022 kontinuierlich und berichtet alle zwei Jahre in einem Gutachten über Zielerreichung, Maßnahmen und Trends. Bei Nichteinhaltung des Budgets müsste die Bundesregierung nachsteuern. Laut einer Studie vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung aus dem Jahr 2021 (PIK, 2021) werden die sektoralen Ziele des Verkehrs- und Gebäudesektors in den meisten Szenarien verfehlt. Das Ziel für den Gebäudesektor bis 2030 sei nur mit großen Anstrengungen zu erreichen und nicht Teil eines kostenoptimalen Transformationspfads. Im kostenoptimalen Zielszenario erfolgt die heimische Stromerzeugung durch den Ausbau von Windkraft und Photovoltaik deutlich stärker und der Kohleausstieg früher als bislang vorgesehen. Die stärkeren Emissionsminderungen im Energiesektor könnten die wahrscheinlichen Verfehlungen der Sektorenziele im Gebäude- und Verkehrssektor ausgleichen.

Jahresemissionsmenge in Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalenten	2020	2022	2025	2030
Energiewirtschaft	280	257	-	108
Industrie	186	177	157	118
Gebäude	118	108	92	67
Verkehr	150	139	123	85
Landwirtschaft	70	67	63	56
Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	8	7	4

Tabelle 1: Zulässige Jahresemissionen je Sektor (eigene Darstellung nach KSG, Anlage 2 (zu § 4))

Mit Abbildung 1 werden die Jahresemissionen klimarelevanter Treibhausgase der vergangenen Jahrzehnte in Deutschland dargestellt. Das Ziel für das Jahr 2030 mit 438 Millionen Tonnen THG-Äquivalente kann im Verhältnis zu den Summen der vergangenen Jahre betrachtet werden, außerdem wird die Entwicklung in den verschiedenen Bereichen dargestellt⁴.

⁴ „Der Expertenrat für Klimafragen geht davon aus, dass mehr als die Hälfte der Emissionsreduktion im Jahr 2020 gegenüber dem Vorjahr auf Sondereffekte zurückzuführen ist, etwa günstige Witterungsbedingungen und Auswirkungen der Maßnahmen zur Eindämmung der Covid-19-Pandemie. Bereits jetzt absehbar ist zudem, dass die Treibhausgasemissionen 2021 in vielen Sektoren wieder angestiegen sind. [...]“ (BMWK, 2022).

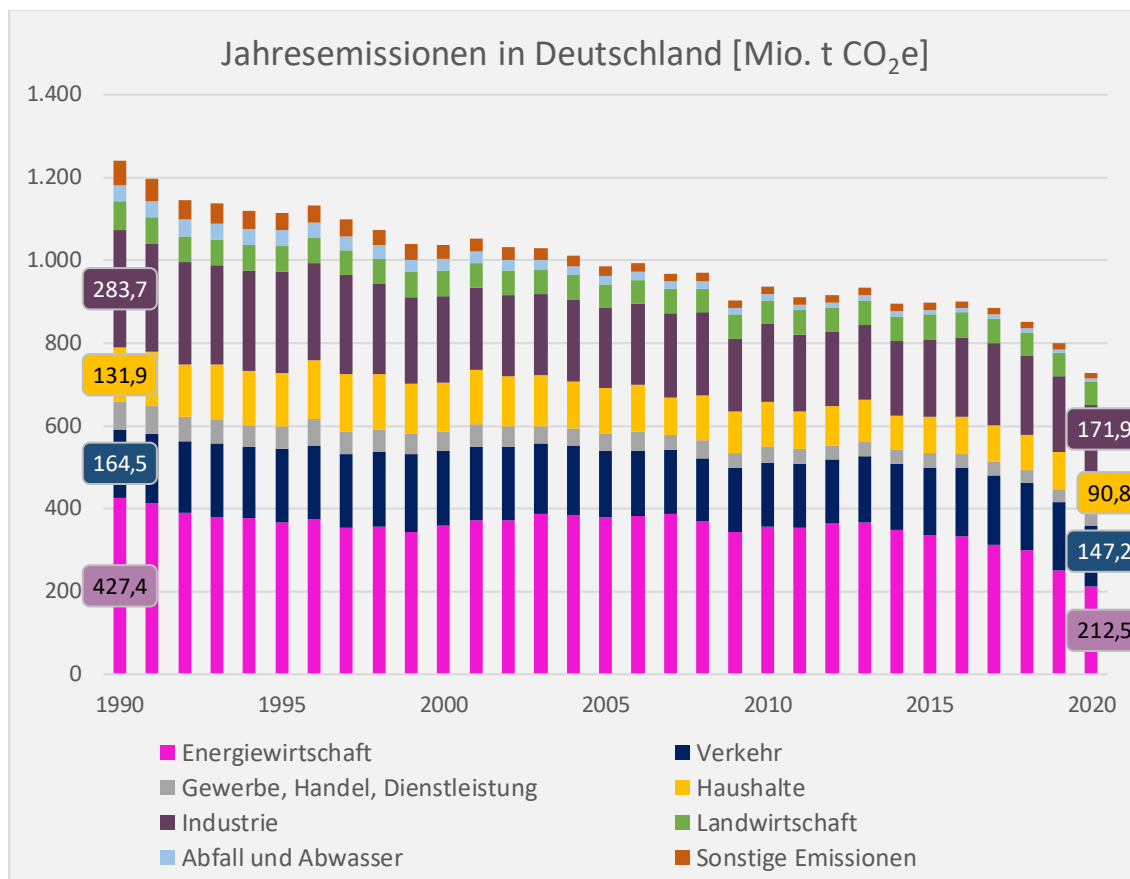


Abbildung 1: Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase (Darstellung nach UBA, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2020)⁵

Baden-Württemberg

Unter Berücksichtigung der internationalen, europäischen und nationalen Klimaschutzziele sollen die Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg nach Gesetzbeschluss des Landtags schrittweise reduziert und im Jahr 2040 Nettotreibhausgasneutralität erreicht werden, also zehn Jahre schneller als die EU und fünf Jahre schneller als der Bund. Bis zum Jahr 2030 soll eine Minderung von mindestens 65 % gegenüber 1990, entsprechend dem Bundes-Klimaschutzgesetz, erfolgen.

Das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg stellt die konzeptionelle Grundlage für die Energie- und Klimapolitik des Landes und wird derzeit fortgeschrieben, unter anderem weil das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg mit der Novelle vom 6. Oktober 2021 einen deutlich beschleunigten Pfad zur Nettotreibhausgasneutralität vorsieht.

Zum Zeitpunkt der Konzepterstellung deuten sämtliche Hinweise zu Emissionsentwicklungen der letzten Jahre und Veränderungen in der Atmosphäre daraufhin, dass wir uns gegenwärtig auf dem RCP8.5-Pfad gemäß IPCC befinden⁶. Tabelle 2 fasst hierzu einige Kennwerte klimatischer

⁵ Ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft. „Industrie“ umfasst Energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie. „Sonstige Emissionen“ umfasst Sonstige Feuerungen (Restposten, Militär) und diffuse Emissionen aus Brennstoffen.

⁶ Die Repräsentativen Konzentrationspfade (RCP) beschreiben vier unterschiedliche Pfade von Treibhausgasemissionen und atmosphärischen Konzentrationen, Luftschadstoffemissionen und Landnutzung im 21. Jahrhundert. Der RCP8.5-Pfad ist repräsentativ für ein Szenario mit sehr hohen Emissionen.



Veränderungen im Landkreis Heilbronn zusammen, welche von Experten als robust beurteilt und in ihrer Eindeutigkeit der Veränderung als belastbar eingeschätzt wurden. Dieser Klimaausblick des Climate Service Center Germany (GERICS) beruht auf 85 regionalen Klimamodellsimulationen und stellt auch die Werte der nahen Vergangenheit dar, welche aus Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes berechnet werden.

RCP 8.5 im Landkreis Heilbronn (GERICS)	Ø Referenz- zeitraum 1971 bis 2000	Projizierte Klimaänderung					
		(2036 bis 2065)			(2070 bis 2099)		
		Min.	Median	Max.	Min.	Median	Max.
Temperatur [°C]	9,6	+1,3	+1,9	+3,1	+2,7	+3,5	+5,4
Sommertage [Tage/Jahr]	42,7	+5,2	+15,6	+46,3	+17,2	+37,1	+77,6
Heiße Tage [Tage/Jahr]	8,0	+0,8	+7,3	+31,8	+6,0	+16,5	+67,4
Tropische Nächte [Nächte/Jahr]	0,1	0,0	+3,2	+27,2	+0,2	+11,4	+61,3
Frosttage [Tage/Jahr]	73,2	-45,6	-31,0	-17,2	-84,0	-51,5	-26,3
Spätfrosttage [Tage/Jahr]	3,9	-9,1	-2,1	-0,2	-15,3	-2,8	-0,3
Eistage [Tage/Jahr]	15,3	-25,1	-10,9	-4,3	-35,5	-14,4	-4,8
Maximale Dauer von Hitzeperioden [Tage]	3,2	+0,3	+2,3	+9,1	+2,1	+4,7	+30,1
Tage > 5 °C [Tage/Jahr]	256,0	+23,4	+32,0	+41,7	+39,4	+58,5	+76,5

Tabelle 2: Ausgewählte Klimakennwerte des RCP8.5 für den Landkreis Heilbronn (GERICS)

Ebenso wie im Klimaausblick des GERICS finden sich in vielen wissenschaftlichen Studien, politischen Diskussionen und Medienberichten Angaben zu Temperaturänderungen in Deutschland oder weltweit. Als Ausgangspunkt werden häufig unterschiedliche Zeiträume angegeben, was zu Verwechslungen oder Schwierigkeiten bei der Vergleichbarkeit führt. Auch das Klimaabkommen von Paris bezieht sich auf eine Begrenzung der globalen Temperaturerhöhung auf maximal 2°C, möglichst 1,5 °C, gegenüber „vorindustrieller Zeit“. Als Annäherung hierzu wird international (auch vom Weltklimarat IPCC) häufig der Zeitraum 1850 bis 1900 gewählt⁷, wobei für Deutschland der früheste Vergleichszeitraum für klimatologische Auswertungen jener von 1881 bis 1910 ist. Tabelle 3 soll unterschiedliche Temperaturangaben vergleichbar machen, zum Beispiel mit den Zielen des Pariser Klimaabkommens oder mit den Klimaprojektionen für Deutschland, Baden-Württemberg oder den Landkreis Heilbronn wie in Tabelle 2. Hierbei wird ersichtlich, dass zur Temperaturerhöhung gegenüber dem gewählten Referenzzeitraum 1971-2000 der Klimaprojektion in Tabelle 2 bereits 0,8°C addiert werden muss, wenn sich die Temperaturerhöhung auf vorindustrielle Zeit beziehen soll (vgl. Tabelle 3). Demnach wird die Temperaturerhöhung gegenüber vorindustrieller Zeit im Landkreis Heilbronn in naher Zukunft 2 °C übersteigen..

⁷ Laut IPCC hat sich bis zum Mittelwert des Zeitraums 1850-1900 vermutlich schon eine Temperaturerhöhung von 0,1 °C gegenüber vorindustrieller Zeit (vor 1750) vollzogen.



Referenzzeitraum	Deutschland	weltweit
	Abweichung in °C gegenüber dem Beginn systematischer Temperaturaufzeichnungen (1881-1910)	Abweichung in °C gegenüber 1850-1900 (u.a. vom IPCC verwendet als Annäherung an die vorindustrielle Zeit)
1881-1910	-	-
1951-1980	0,3	0,29
1961-1990	0,4	0,39
1971-2000	0,8	0,51
1981-2010	1,1	0,69
1991-2020	1,5	0,87
1901-2000	0,5	0,25

Tabelle 3: Umrechnungstabelle für Temperaturangaben zur globalen Erwärmung bezogen auf das langjährige Mittel des jeweiligen Betrachtungszeitraum (DWD, 2021), (NOAA, 2021)

1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Bis zum Ende des Jahres 2022 wird Deutschland weitestgehend aus der Nutzung der Kernenergie ausgestiegen sein, die Nutzung von Braunkohle und Steinkohle zur Stromerzeugung wird schrittweise reduziert. Dabei kommt neben Maßnahmen zur Energieeffizienz dem Ausbau von regenerativen Energiesystemen besondere Bedeutung zu. Die Kommunen sind bei der Umsetzung der Energiewende ebenso wichtige Akteure im Mehrebenen-Entscheidungsgeflecht, wie beim Klimaschutz. Einerseits als Energieverbraucher selbst, andererseits durch ihre Rolle bei Planungs- und Genehmigungsverfahren sowie der Nähe zu Bürgerinnen und Bürger. Der kommunale Beitrag wird jedoch durch eine Vielzahl an rechtlichen Rahmenbedingungen beeinflusst, welche aufgrund ihrer andauernden Anpassung, Komplexität und Vernetzung nur schwer zu überblicken sind. Zahlreiche Gesetze und Verordnungen wurden in den letzten Jahren beschlossen, wobei folgend die Relevantesten für die kommunale Ebene bezüglich Klimaschutz kurz vorgestellt werden. Zur Übersicht findet eine Unterteilung in vier Themenfelder statt.

1. **Allgemeiner Klimaschutz:** Baugesetzbuch, Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz, Chemikalienklimaschutzverordnung, Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz, Energiesteuergesetz
2. **Energiewende:** Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, Energiewirtschaftsgesetz
3. **Stromwende:** Erneuerbare-Energien-Gesetz, Biomasseverordnung, Netzausbaubeschleunigungsgesetz
4. **Gebäude:** Gebäudeenergiegesetz (früher: EE-WärmeG, EnEG und EnEV 2014)



Allgemeiner Klimaschutz

Baugesetzbuch (BauGB):

Die am 30. Juli 2011 in Kraft getretene Änderung am BauGB durch das „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden“ erweitert den Handlungsspielraum der Gemeinden zugunsten des Klimaschutzes. Als wichtigstes Gesetz des deutschen Bauplanrechts regelt das BauGB die rechtsförmlichen Instrumente der Stadtplanung und bestimmt in weiten Teilen die Struktur, Gestalt und Entwicklung des besiedelten Raums. Explizit wird die Bedeutung der Bauleitplanung für den globalen Klimaschutz betont, die unter anderem eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung gewährleisten sowie den Klimaschutz und die Klimafolgenanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, fördern soll (§ 1 Abs. 5). Unterstützend hierzu wirkt § 1 Abs. 6 Nr. 7f mit der Berücksichtigung der Nutzung Erneuerbarer Energien und der sparsamen und effizienten Nutzung von Energie. § 5 Abs. 2 Nr. 2b ergänzt die Darstellungsmöglichkeiten im Flächennutzungsplan durch Anlagen, Einrichtungen und sonstige Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken. Mit § 9 Abs. 1 (insbesondere Nr. 12 und 23b) wird der Festsetzungskatalog in Bauplänen präzisiert und die Möglichkeit geschaffen, ein städtebauliches Konzept einer klimafreundlichen, energieeffizienten und luftaustauschbegünstigten Bebauung grundstücksbezogen oder quartiersbezogen umzusetzen. Mit § 11 Abs. 1 Nr. 4 und 5 gibt das BauGB Regelungsmöglichkeiten für städtebauliche Verträge zur Errichtung und Nutzung von Einrichtungen oder Anlagen zur Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Möglichkeit für gestalterische Anforderungen mit dem Ziel der energetischen Optimierung. § 35 Abs. 1 Nr. 8 regelt die Zulässigkeiten von Bauvorhaben im Außenbereich, insbesondere Anlagen zur Nutzung von solarer Strahlungsenergie.

In § 171a wird ausdrücklich darauf verwiesen, dass Stadtumbaumaßnahmen dem Wohl der Allgemeinheit dienen und auch dazu beitragen, dass die Siedlungsstruktur den allgemeinen Anforderungen an Klimaschutz und Klimaanpassung angepasst wird.

Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG):

Mit dem EVPG wird die Ökodesignrichtlinie der Europäischen Union auf nationaler Ebene umgesetzt. Enthalten sind hierbei Vorgaben zur umweltgerechten Gestaltung von energieverbrauchsrelevanten Produkten.

Chemikalienklimaschutzverordnung (ChemKlimaschutzV):

Mit dem Ziel die Emissionen fluorierter Treibhausgase zu reduzieren, legt die ChemKlimaschutzV Anforderungen und Grenzwerte für Anlagen, die fluoridierte Treibhausgase enthalten, fest.

Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG):

In Deutschland bildet das TEHG die gesetzliche Grundlage für den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen in einem gemeinschaftsweiten Emissionshandelssystem, um mit einer kosteneffizienten Verringerung von Treibhausgasen zum weltweiten Klimaschutz beizutragen.

Energiesteuergesetz (EnergieStG):

Die Besteuerung von fossilen und regenerativen Energieerzeugnissen, die in der Bundesrepublik als Kraft- oder Heizstoffe eingesetzt werden, wird im EnergieStG geregelt.



Energiewende (Strom & Wärme)

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG 2020):

Das 2002 in Kraft getretene Gesetz dient der Erhöhung der Nettostromerzeugung aus KWK-Anlagen auf 120 TWh bis zum Jahr 2025 und regelt die Abnahme und Vergütung von KWK-Strom. Aufgrund der hohen Primärenergieausnutzung gilt die KWK als wirkungsvolle Maßnahme zur Treibhausminimierung, unabhängig davon ob sie eine zentrale Struktur aufweist um ganze Stadtteile zu versorgen, oder in kleinen Netzverbänden (meist BHKWs) zur Wärmeversorgung eingesetzt wird. Das KWKG verpflichtet Netzbetreiber zum unverzüglich vorrangigen Netzanschluss von hocheffizienten KWK-Anlagen sowie der unverzüglich vorrangigen Abnahme, Übertragung und Verteilung von Strom aus diesen Anlagen.

Energiewirtschaftsgesetz (EnWG):

2005 in Kraft getreten und zuletzt am 10. Oktober 2021 novelliert, dient das EnWG dem Zweck, eine möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität, Gas und Wasserstoff, die zunehmend auf Erneuerbaren Energien beruht, zu gewährleisten. Umweltverträglichkeit wird in § 33 im Sinne der Energieversorgung bestimmt, als dass sie „den Erfordernissen eines nachhaltigen, insbesondere rationellen und sparsamen Umgangs mit Energie genügt, eine schonende und dauerhafte Nutzung von Ressourcen gewährleistet ist und die Umwelt möglichst wenig belastet wird, der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbaren Energien kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.“

Stromwende

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2021):

Das im Jahr 2000 in Kraft getretene EEG wurde mehrfach geändert und ausgebaut, mit der Förderung und dem Ausbau der Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien zum Ziel. Das EEG verpflichtet Netzbetreiber zum vorrangigen Anschluss an ihr Netz sowie zur Abnahme und Weiterleitung von Strom aus EE-Anlagen. Strom wird nur vergütet, wenn die produzierenden Anlagen ohne Förderung keinen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten können. Der zuletzt verschärfte leitungsbezogene Ausbaupfad für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien wird mit § 4 definiert. Bis zum Jahr 2030 sollten demnach die installierten Leistungen von Windkraftanlagen an Land auf 71 GW, von Solaranlagen auf 100 GW und von Biomasseanlagen auf 8,4 GW gesteigert werden. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz erhöht die Zielwerte mit einem neuen Gesetzesentwurf im Jahre 2022 und strebt 215 GW Photovoltaik und 100 GW Windkraft an Land für das Zieljahr 2030 an. Diese EEG-Novelle, welche die Weichen für 80 % Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 stellen soll, geht auch auf den zuvor unzureichend berücksichtigten Anstieg des Strombedarfs bis zum Jahr 2030 zurück, welcher ausgehend von 560 TWh im Jahr 2021 um weitere 120 bis 190 TWh steigen könnte, im Wesentlichen aufgrund der Sektorenkopplung.

Im Folgenden werden die nationalen Ausbaupfade zwischen 2016 und 2020 dargestellt und mit den EEG-Zielwerten für das Jahr 2030 verglichen. Bis zur Veröffentlichung des vorliegenden Konzeptes dürften die Zielwerte verschärft worden sein. Die Notwendigkeit des beschleunigten Photovoltaik-Ausbaus zur Solarstromerzeugung ist bereits heute ersichtlich. Abbildung 2 gibt hierzu die installierten Leistungen zur Stromerzeugung in Deutschland an, basierend auf Daten des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE (ISE, 2022a).

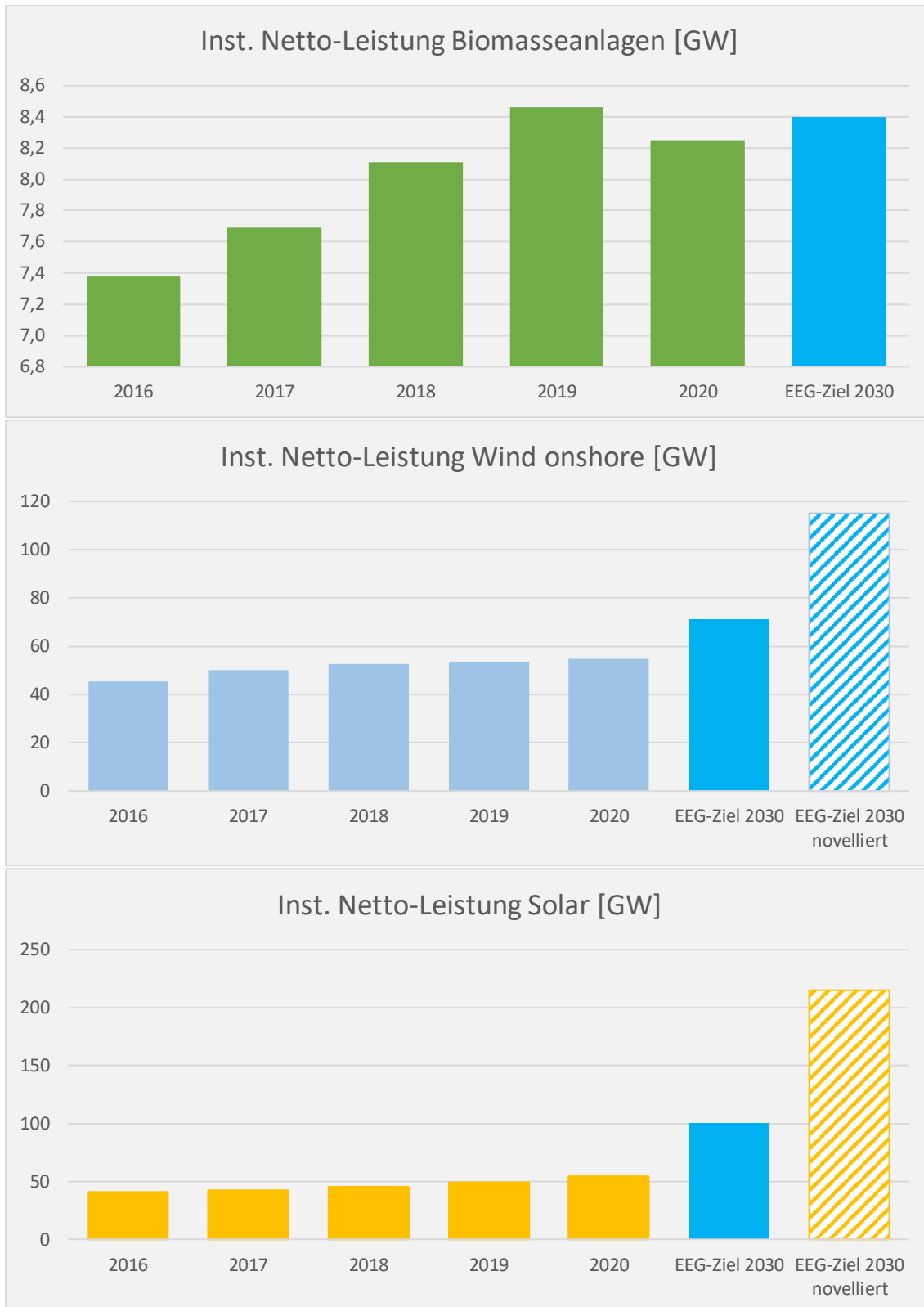


Abbildung 2: Installierte Netto-Leistungen in Deutschland und Ausbauziele des EEG für 2030



Biomasseverordnung (BiomasseV):

Die 2001 in Kraft getretene und zuletzt 2016 novellierte Biomasseverordnung regelt für den Anwendungsbereich des EEG, welche Stoffe rechtlich zur Vergütung als Biomasse anerkannt werden, welche technischen Verfahren zur Stromerzeugung aus Biomasse im Anwendungsbereich des EEG liegen und welche Umweltauflagen bei dieser Stromerzeugung einzuhalten sind.

Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG):

Das am 05.08.2011 in Kraft getretene und zuletzt im Februar 2021 novellierte NABEG schafft die Grundlage zum rechtssicheren, transparenten, effizienten und umweltverträglichen Ausbau der Übertragungsnetze sowie deren Ertüchtigung. Die Beschleunigung des Ausbaus der länderübergreifenden und grenzüberschreitenden Höchstspannungsleitungen erfolgt nach Maßgabe dieses Gesetzes.

Zur Transparenz hinsichtlich Planung des Höchstspannungsnetzes und Weiterentwicklung der deutschen Übertragungsnetze im Laufe der Energiewende stellen die Netzentwicklungspläne umfangreiche Informationen bereit (NEP, 2021).

Gebäude(-sanierung)

Gebäudeenergiegesetz (GEG):

Ursprünglich waren die den Bereichen Wärmewende und Gebäudesanierung zugehörigen Rechtsnormen in Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EE-WärmeG), Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und Energiesparverordnung (EnEV 2014) geregelt, welche seit November 2020 außer Kraft getreten sind. An deren Stelle steht zusammenfassend seither das GEG. Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden, die Erstellung und Verwendung von Energieausweisen sowie den Einsatz erneuerbarer Energien in Gebäuden sind enthalten und sollen zu den von der Bundesregierung beschlossenen Maßnahmen zum Klimaschutz im Gebäudebereich beitragen.

Zusätzlich, im Interesse des Klima- und Umweltschutzes, hat der Landtag am 11.03.2015 das Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg (Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWärmeG) beschlossen.



1.4 Naturwissenschaftliche Einsicht

Der zum Zeitpunkt der Konzepterstellung aktuellste Sachstandsbericht des Weltklimarats umfasst die Auswertung von 34.000 Studien durch 270 Autoren. Er verdeutlicht, dass die Zeit zur Eindämmung des Klimawandels immer knapper wird. Im Folgenden werden Hauptaussagen zum aktuellen Zustand des Klimas zusammengefasst.

1. Weitverbreitete und schnelle Veränderungen in Atmosphäre, Ozean, Kryosphäre und Biosphäre haben bereits stattgefunden. Dass der Einfluss des Menschen den Ozean, die Atmosphäre und die Landflächen erwärmt hat, ist eindeutig.
2. Der aktuelle Klimazustand sowie das Ausmaß der jüngsten Veränderungen im gesamten Klimasystem sind seit vielen Jahrtausenden beispiellos.
3. Die Auswirkungen des menschlich verursachten Klimawandels erstrecken sich bereits auf viele Wetter- und Klimaextreme in allen Regionen der Welt. Seit Mitte des vergangenen Jahrzehnts und dem fünften Sachstandsbericht gibt es stärkere Belege für Veränderungen von Extremen (Hitzewellen, Starkregen, Dürren und tropische Wirbelstürme) sowie speziell deren Zuordnung zum menschlichen Einfluss.
4. Durch verbesserte Kenntnisse zu Klimaprozessen, paläoklimatischen Nachweisen sowie zur Reaktion des Klimasystems auf einen zunehmenden Strahlungsantrieb wurde die Bandbreite der Gleichgewichtsklimasensitivität⁸ weiter eingegrenzt und kann am besten mit 3 °C beziffert werden.

Die naturwissenschaftlichen Grundlagen des sechsten IPCC-Sachstandsberichts enthalten auch Aussagen über mögliche Klimazukünfte, welche folgend kurz zusammengefasst werden:

1. Bei allen betrachteten Emissionsszenarien wird die globale Oberflächentemperatur bis mindestens zur Mitte des Jahrhunderts weiter ansteigen. Außerdem wird eine globale Erwärmung von 2 °C im Laufe des 21. Jahrhunderts überschritten werden, wenn in diesem und den folgenden Jahrzehnten keine drastischen Reduktionen von Treibhausgasemissionen erfolgen.
2. Die Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Hitzeextremen, Starkniederschlägen und marinen Hitzewellen stehen im unmittelbaren Zusammenhang mit der zunehmenden globalen Erwärmung. Ebenso in einigen Regionen die Zunahme von landwirtschaftlichen und ökologischen Dürren, die Zunahme des Anteils heftiger tropischer Wirbelstürme sowie Rückgänge von Schneebedeckung, Permafrost und des arktischen Meereises.
3. Fortschreitende globale Erwärmung wird den globalen Wasserkreislauf und seine Variabilität weiter intensivieren, einschließlich globaler Monsunniederschläge und der Heftigkeit von Trockenheits- und Niederschlagsereignissen.
4. In Szenarien mit steigenden CO₂-Emissionen wird die Anreicherung von CO₂ in der Atmosphäre durch die Kohlenstoffsenken der Landsysteme und des Ozeans weniger wirksam verlangsamt.
5. Aufgrund vergangener und künftiger Treibhausgasemissionen sind viele Veränderungen über Jahrhunderte bis Jahrtausende unumkehrbar.

⁸ Diese Klima-Sensitivität bezieht sich in den IPCC-Berichten auf die Änderung des stabilen Zustands der jährlichen mittleren globalen Oberflächentemperatur als Folge einer Verdopplung der atmosphärischen Kohlendioxid-Äquivalente-Konzentration.



Die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan, Distickstoffmonoxid sowie fluorierte Gase wirken auf den Strahlungsantrieb der Erde und ändern deren Energiefluss durch die in der Einleitung beschriebene Absorption langwelliger Strahlung und Abgabe von Wärmestrahlung. Die zum größten Teil aus Stickstoff (78,08 Vol%) und Sauerstoff (20,95 Vol%) bestehende Zusammensetzung der Erdatmosphäre wird durch menschenverursachte Treibhausgasemissionen verändert und folglich auch die Meere und das Festland. Im Vergleich zu früheren Jahren der Erdneuzeit liegen für die letzten 720.000 Jahre durch Eisbohrkerne aus der Antarktis bessere Informationen vor, welche den Zusammenhang zwischen CO₂-Konzentration und globaler Temperatur ebenfalls belegen und verdeutlichen. Der CO₂-Gehalt bewegte sich in dieser Zeit in einer Spanne zwischen 180 und 300 ppm⁹. Der darüberhinausgehende Anstieg führt zur gegenwärtigen Erderhitzung. Abbildung 3 zeigt den Konzentrationsverlauf an verschiedenen Messstandorten.

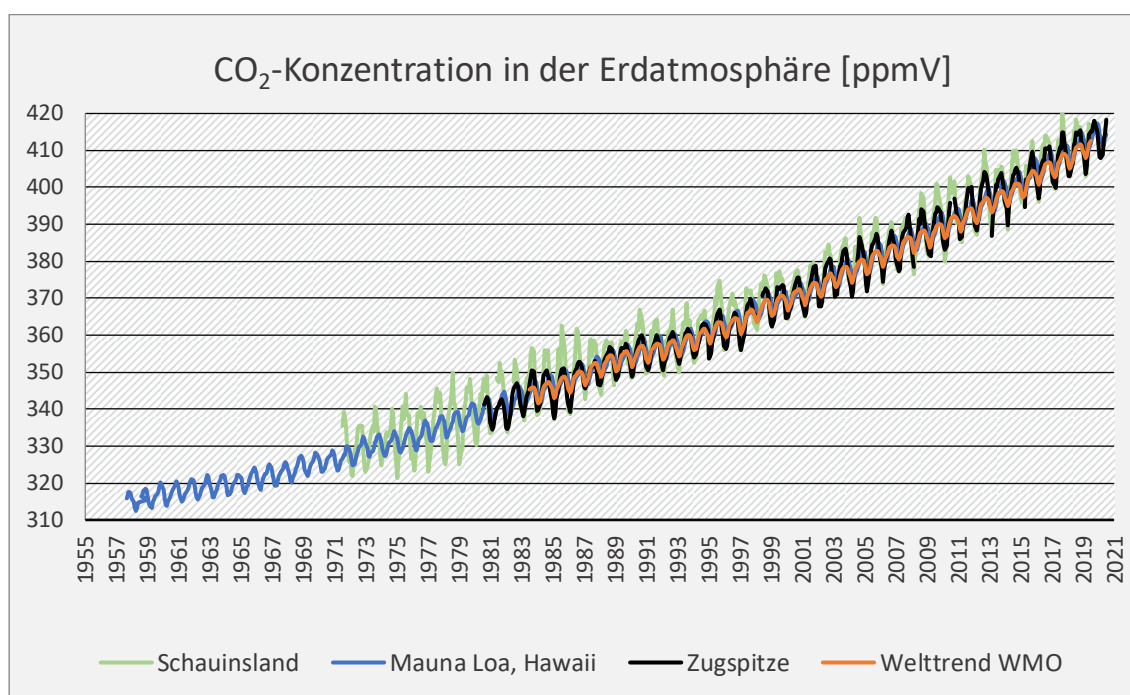


Abbildung 3: Monatsmittelwerte der CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre (UBA, 2021a)

⁹ Parts per Million (ppm) entspricht einem Millionstel. Bezogen auf das Volumen (ppmV) entspricht 1 ppmV einem Teil pro Million.



2. Ausgangslage der Stadt

2.1 Räumliche Lage & Struktur

Die Große Kreisstadt Bad Rappenau liegt im Nord-Westen des Landkreises Heilbronn, angrenzend sowohl an Rhein-Neckar-Kreis als auch Neckar-Odenwald-Kreis. Zwischen Sinsheim im Westen und Bad Wimpfen im Osten, Mosbach im Norden sowie Heilbronn in Richtung Südost übernimmt Bad Rappenau, gemäß Regionalplan Heilbronn-Franken 2020, die Funktion eines Unterzentrums. Nach der Landesentwicklungsachse kommt Bad Rappenau eine verstärkte Entwicklungsfunktion zu und zudem erfüllt die Stadt bereits ergänzende Funktionen eines Mittelzentrums. Für Bad Rappenau ist neben Freizeit, Bildung und Kultur traditionell das Thema Gesundheit von großer Bedeutung. Neben einer Vielzahl an historischen Gebäuden im Zentrum und den acht Stadtteilen befinden sich in der Kernstadt mannigfaltige Parkanlagen. Die Kurstadt verfügt über ein staatlich anerkanntes Soleheilbad und im Gelände der ehemaligen Landesgartenschau befindet sich ein einzigartiges Gradierwerk.

Abbildung 4 verdeutlicht die Siedlungsstruktur. Etwa die Hälfte der Bevölkerung lebt in der Kernstadt einschließlich Zimmerhof. Die teilweise angrenzenden Stadtteile sind dahingegen relativ klein und reichen größentechnisch von Bonfeld im Südosten mit etwa 1.970 Einwohnern bis Wollenberg im Nordwesten mit etwa 430 Einwohnern.

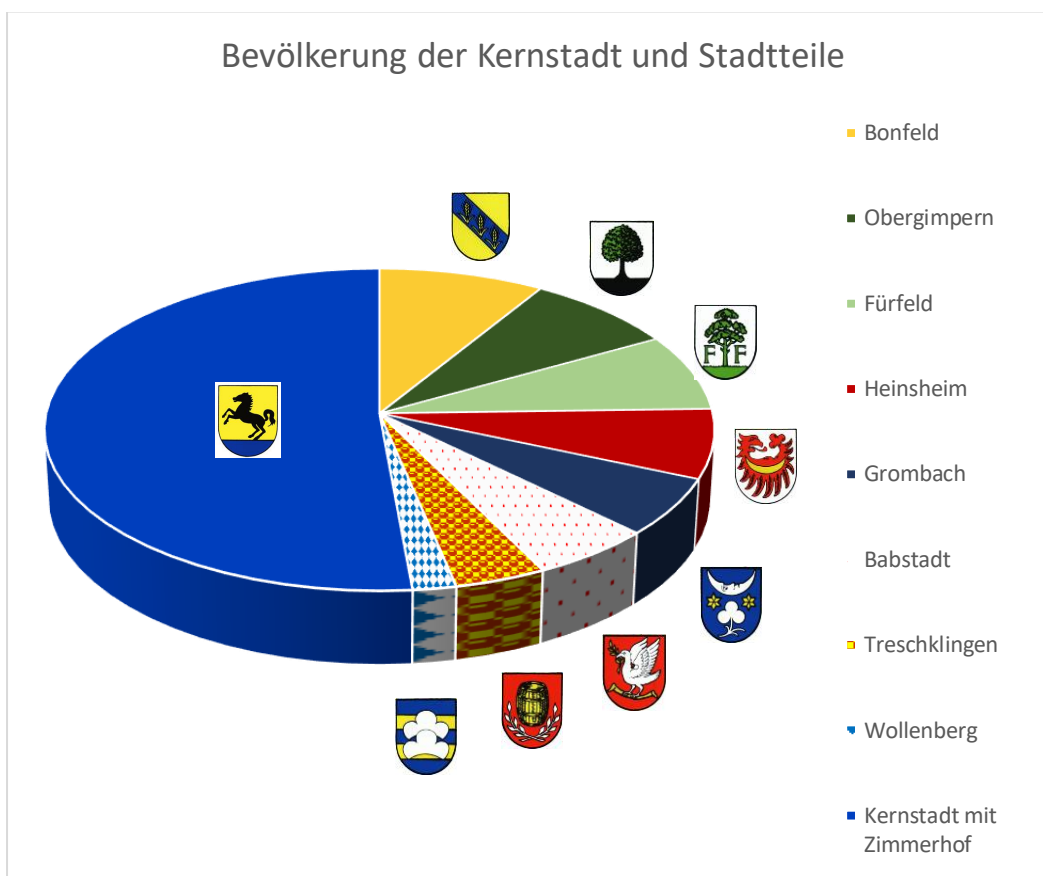


Abbildung 4: Bevölkerung der Großen Kreisstadt Bad Rappenau im Jahr 2020



Die Bad Rappenauer Gemarkung umfasst mehrere Schutzgebiete deren Ökosysteme, vor allem wenn ein guter Erhaltungszustand gegeben ist, in hohem Maße zum Biodiversitätsschutz, der Klimafolgenanpassung und dem Klimaschutz beitragen können. Zugehörig sind Räume der FFH-Gebiete „Untere Jagst und unterer Kocher“ sowie „Heuchelberg und östlicher Kraichgau“. Teile der klassischen Stromlandschaft des Neckars zwischen Bad Wimpfen und Gundelsheim liegen ebenfalls im Gebiet bei Heinsheim. Das „Fünfmühlental“ und seine Umgebung stehen unter Landschaftsschutz und bilden ein wichtiges Erholungsgebiet, ebenso das Landschaftsschutzgebiet „Wollenbachtal“, welches durch ein vielseitiges Landschaftsbild mit Wäldern, Gehölzen, naturnahen Trockenhängen und Feuchtbiotopen gekennzeichnet ist. Ein naturnahes Waldgebiet mit besonderen ökologischen Verhältnissen und gebietstypischer Ausprägung befindet sich im Naturschutzgebiet Schlierbach-Kohlrain mit Lebensraum für standorttypische Tiere und Pflanzen (Lerchensporn, gelbes Windröschen, Schneerosen etc.). Im überwiegend ackerbaulich genutzten Kraichgau weist das Naturschutzgebiet „Knorrenwald“ ein Vorkommen von seltenen Flechten auf und bildet im Halbtrockenrasen einen wichtigen Lebensraum für wärmeliebende Pflanzen- und Tierarten. Das Naturschutzgebiet Gäßnersklinge-Hohberg bietet ein reizvolles Landschaftsbild mit Mauerweinberg und bewaldetem Steilhang. Die tief eingeschnittene Muschelkalkklinge ist von standortgemäßem Laubwald umgeben. Darüber hinaus befinden sich etliche Naturdenkmäler und Geotope in Bad Rappenau.

Mit einer Gesamtfläche von 7.356 ha werden die Gemarkungen Babstadt, Bonfeld, Fürfeld, Grombach, Heinsheim, Obergimpfern, Treschklingen, Wollenberg sowie Rappenau mit Zimmerhof umfasst. Dabei lässt sich das gesamte Gebiet der Großlandschaft „Neckar-Tauber-Gäuplatten“ zuordnen. Täler, Einschnitte, Rinnen, Mulden, gerundete Höhenrücken und Kuppen mit ausgedehnten Laubmischwäldern sind typisch für die Landschaft des „Kraichgau-Hügellandes“, ebenso wie Streuobstwiesen und mit Gebüsch durchsetzte Flure. Die wellig bis hügelige Lösslandschaft ist eine der ältesten Kulturlandschaften im Südwesten Deutschlands, wobei sie vom tief in das Muschelkalk eingeschnittene Neckartal durchzogen wird. Überall im Gebiet enthalten die Gesteine Schluff und in Tallagen Schluffton. Weitere Hauptgesteine wie Kalkstein und Tonmergelgestein finden sich in Wollenberg, Heinsheim und im Mühlbachtal.

Aufgrund der Entdeckung des Salzlagers im Jahre 1822 kann die Stadt Bad Rappenau im Jubiläumsjahr 2022 auf eine 200-jährige Geschichte der Soleförderung zurückblicken.



2.2 Flächennutzung

Die tatsächliche Flächennutzung gemäß der Flächenerhebung teilt sich im Jahr 2020 wie folgt auf: 875 ha ist Siedlungsfläche, davon 368 ha Wohnbaufläche und 196 ha Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche, weitere 177 ha sind Gewerbefläche. 526 ha der Gesamtfläche entfallen auf Verkehrsflächen mit 497 ha für Wege, Plätze und Straßenverkehr. 5.885 ha Vegetation teilt sich in 4.555 ha Landwirtschaft, 1.268 ha Wald, 23 ha Gehölz sowie 39 ha Unland. Gewässer erstrecken sich über 70 ha der Gesamtfläche von 7.356 ha.

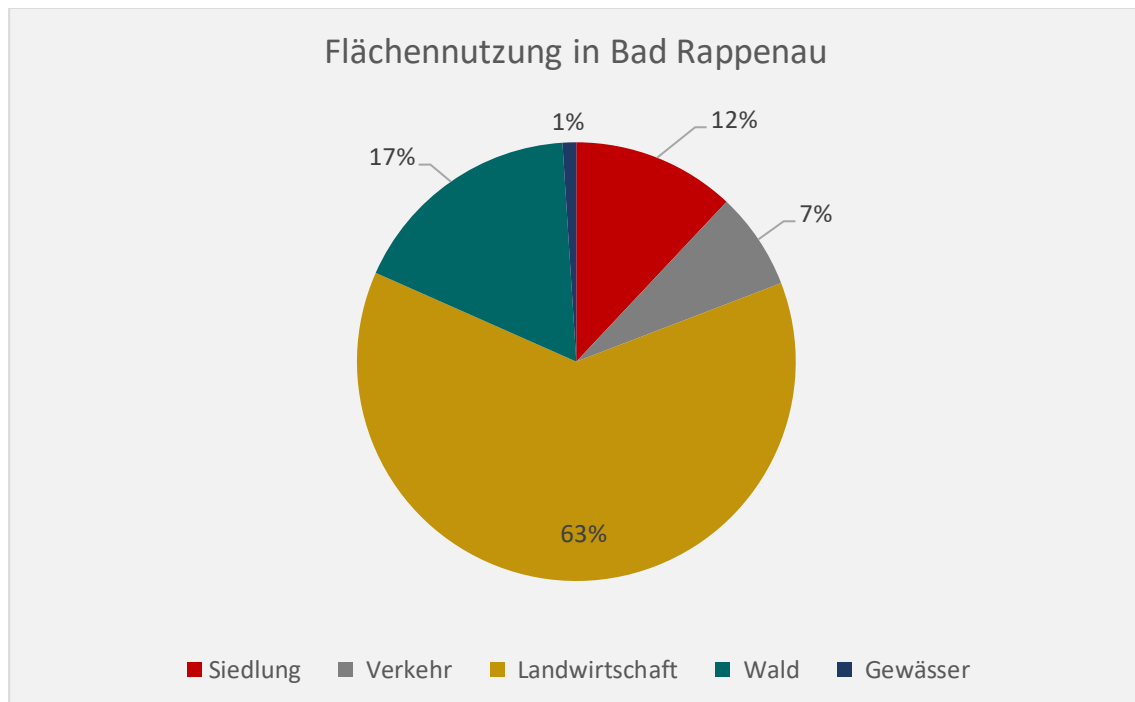


Abbildung 5: Flächennutzung der Großen Kreisstadt im Jahr 2020

Mit ca. 63 % Landwirtschaftsfläche liegt Bad Rappenau deutlich über dem Durchschnittswert in Baden-Württemberg von 45 %. Dies untermauert die Bedeutung der Landwirtschaft innerhalb der Region. In Bad Rappenau bildet die Waldfläche ca. 17 % der Gesamtfläche, wohingegen der Landesschnitt bei fast 38 % liegt¹⁰. Mit 2,7 % der Bodenfläche wird durch Sport-, Freizeit- & Erholungsflächen deutlich mehr als im Landesschnitt von 1,1 % genutzt. Dies kann auch als Charakteristik des Kurorts interpretiert werden.

¹⁰ Zum Vergleich: Im Landkreis Heilbronn liegt der Flächenanteil für Landwirtschaft bei 55 % und der Flächenanteil für Wald bei 25 % (Daten des Statistischen Landesamtes für das Jahr 2019).



Laut Agrarstrukturerhebung, Landwirtschaftszählung und Bodennutzungshaupterhebung werden im Jahr 2020 etwa 5 ha Rebland und 3 ha Obstanlagen landwirtschaftlich genutzt sowie 385 ha als Dauergrünland. Mit einer Fläche von 3.382 ha ist Ackerland der größte Teil der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Während zehn Jahre zuvor noch 3.613 ha und im Jahr 1999 3.695 ha als Ackerland genutzt wurden, hat sich nicht nur die Flächenmenge, sondern auch die Wahl der Fruchtart verändert. Folgend sind Flächenwerte für einige Feldfrüchte aufgelistet sowie ihre Anteile an der Ackerlandfläche im Jahr 2020.

Tabelle 4 verdeutlicht damit den Umfang des Bad Rappenauer Getreideanbaus sowie die großen Anbauflächen von Winterweizen, Wintergerste und speziell Sommergerste. Trotz anhaltenden Verringerungen von Flächen für den Zuckerrübenanbau, verdeutlichen 459 ha die Bedeutung der Hackfrucht für die Region. Im Jahr 2020 entspricht die Anbaufläche von Silomais etwa der gesamten Wohnbaufläche der Großen Kreisstadt.

	Jahr 1999	Jahr 2010	Jahr 2020	Anteil in %
Ackerland	3.695	3.613	3.382	100 %
Getreide (einschl. Körnermais/CCM)	2.343	2.419	2.011	59,5 %
Weizen insgesamt	1.216	1.383	1.043	30,8 %
Winterweizen (einschl. Dinkel)	1.156	1.333	1.023	30,3 %
Triticale	n.a.	84	78	2,3 %
Wintergerste	317	219	202	6 %
Sommergerste	544	394	511	15,1 %
Hafer	46	21	24	0,7 %
Körnermais/CCM	203	309	142	4,2 %
Hülsenfrüchte	6	29	134	4 %
Hackfrüchte insgesamt	708	522	489	14,5 %
Kartoffeln	6	7	30	0,9 %
Zuckerrüben	695	515	459	13,6 %
Handelsgewächse insgesamt	148	236	68	2 %
Ölfrüchte	145	233	n.a.	n.a.
Winterraps	118	223	52	1,5 %
Pflanzen zur Grünernte insgesamt	217	333	559	16,5 %
Silomais	160	235	371	11 %
Brache	215	41	85	2,5 %

Tabelle 4: Feldfrüchteanbau auf dem Ackerland in Hektar nach Feldfrüchten – Bad Rappenau¹¹

Im Jahr 1979 gab es noch 215 Landwirtschaftsbetriebe, mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 22 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche (LF) in Bad Rappenau. Im Jahr 1991 waren es noch 144 Landwirtschaftliche Betriebe mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 30 ha LF.

Tabelle 5 verdeutlicht das „Höfesterben“ und gleichzeitig das Wachstum an durchschnittlicher Betriebsgröße der verbleibenden Landwirtinnen und Landwirte. In den drei Jahrzehnten zwischen 1980 und 2010 änderte sich der Anteil an der Nutzfläche für die Betriebe bereits markant. Während Landwirtschaftsbetriebe mit weniger als 50 ha LF im Jahr 1980 ca. 70 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Bad Rappenau bewirtschafteten, waren es dreißig Jahre später nur noch ca. 30 Prozent der Fläche, welche durch Betriebe mit weniger als 50 ha LF bewirtschaftet wurden. Im Jahr 2010 wurden demzufolge etwa 70 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Landwirtinnen und Landwirten mit Betriebsgrößen über 50 ha LF bewirtschaftet.

¹¹Basierend auf Agrarstrukturerhebung, Landwirtschaftszählung, Bodennutzungshaupterhebung.



	Jahr 1999	Jahr 2010	Jahr 2020
Betriebe insgesamt	94	74	61
mit unter 5 ha LF	6	5	2
5 bis unter 10 ha LF	7	3	5
10 bis unter 20 ha LF	18	12	9
20 bis unter 50 ha LF	31	24	18
50 und mehr ha LF	32	30	27
Landwirtschaftlich genutzte Fläche			
Fläche insgesamt [ha]	4.011	4.010	3.775
Durchschnittliche Betriebsgröße [ha]	42,7	54,2	61,9

Tabelle 5: Landwirtschaftliche Betriebsgrößenstruktur – Bad Rappenau¹²

Im Bundesland Baden-Württemberg ist die ökologische Landwirtschaft weiterhin auf Wachstumskurs. Die Anzahl der ökologisch wirtschaftenden Betriebe sowie die ökologisch bewirtschaftete Fläche nehmen stetig zu. 4.459 Ökobetriebe bewirtschafteten im Jahr 2020 bereits 173.656 ha, was 12 % der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche entspricht und einen neuen Höchstwert darstellt. Im Jahr 2020 sind in Bad Rappenau unter den 61 landwirtschaftlichen Betrieben 3 Ökobetriebe tätig. Der Wochenmarkt im Kernort und vielfältige Hofläden in den Ortsteilen der Großen Kreisstadt bieten außerdem Möglichkeiten zur saisonalen Ernährung und Versorgung mit regionalen Produkten.

2.3 Bevölkerungsentwicklung

In Abbildung 6 wird die Bevölkerungsentwicklung seit 1974 dargestellt, wobei in der Darstellung der Rückgang zwischen den Jahren 2010 und 2011 auf eine Umstellung der Datenerfassung auf die deutschlandweite Zensuszählung zurückzuführen ist.

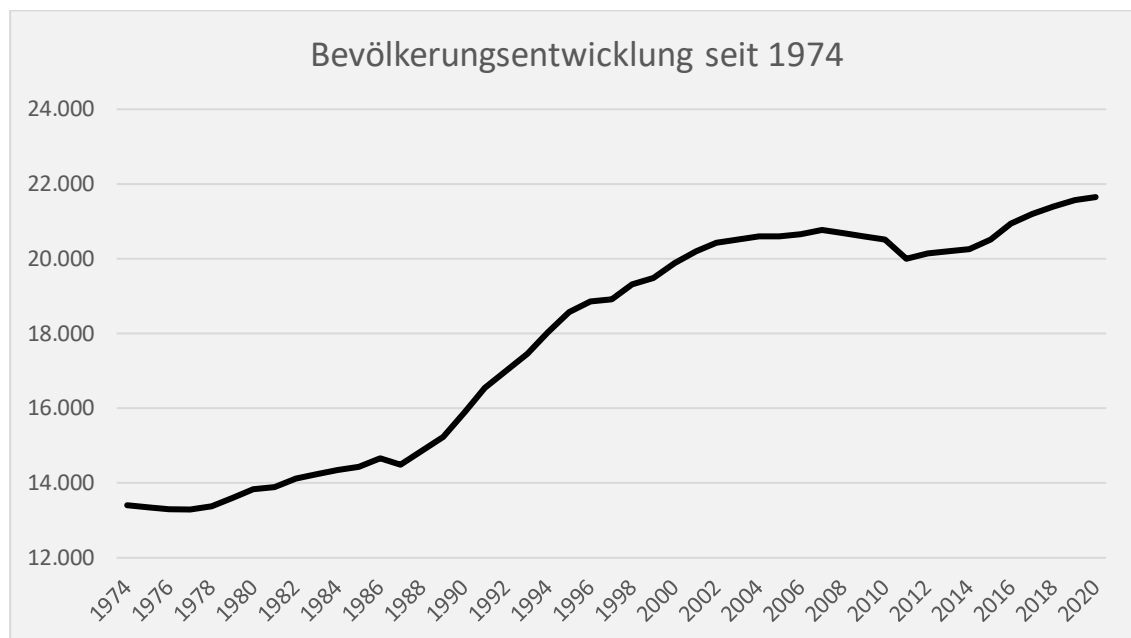


Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung in Bad Rappenau

¹²Basierend auf AgrStatG von 2010, Statistisches Landesamt 2021.



Nachdem die Stadt durch Eingemeindung von Babstadt & Treschklingen im Jahr 1971, Wollenberg, Obergimpern & Heinsheim (in 1972) sowie Grombach, Fürfeld & Bonfeld (in 1973) bis zum Jahr 1974 auf 13.399 Menschen gewachsen war, leben im Jahr 2021 bereits 21.799 Menschen in Bad Rappenau.

Die Bevölkerung der Stadt ist zwischen den Jahren 1974 und 2021 um 62,69 Prozent, also 8.400 Menschen, gewachsen. Das Statistische Landesamt geht in seiner Bevölkerungsvorausrechnung bis zum Ende des Jahrzehnts von weiteren Zuwächsen aus. Für die 2030er Jahre geht die Hauptvariante dieser Vorausrechnung von geringem Zuwachs und die Nebenvariante von einer geringen Absenkung aus.

Abbildung 7 verdeutlicht die zunehmende Bevölkerungsdichte und die Relation zum Landeswert.

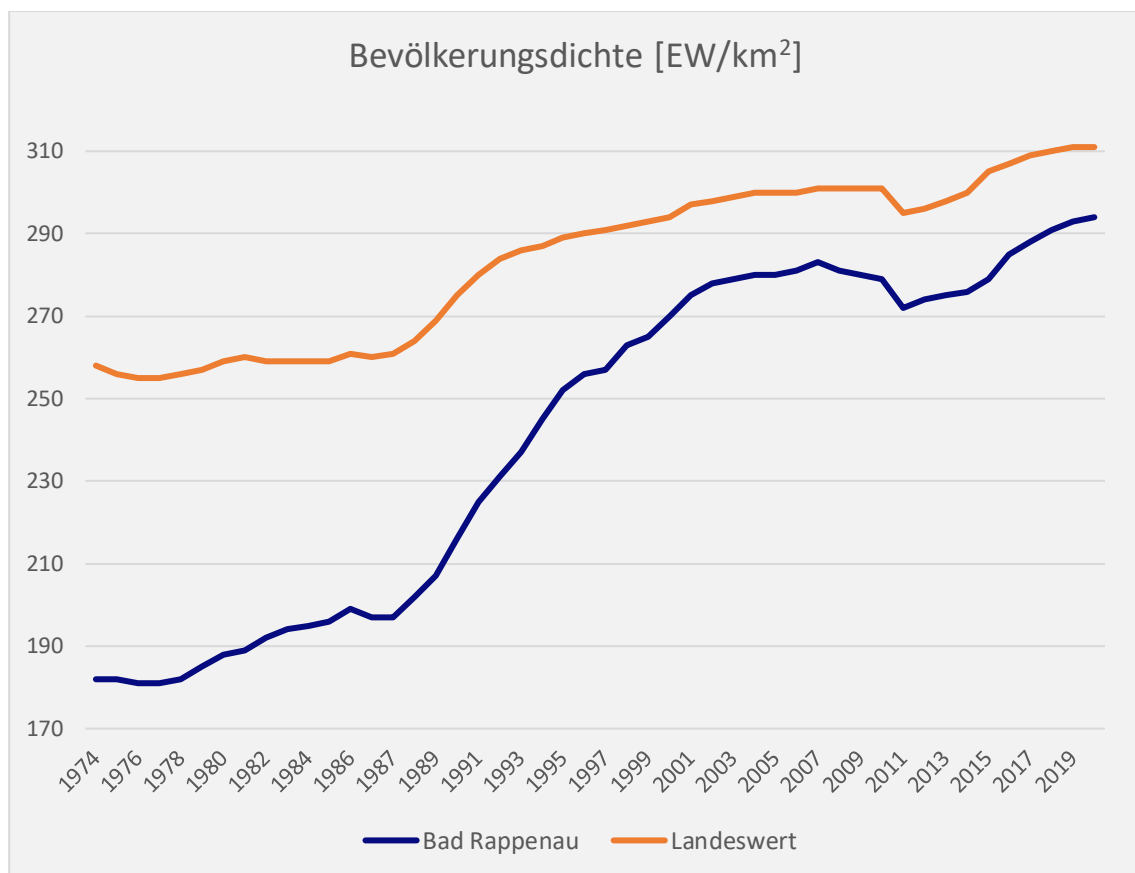


Abbildung 7: Bevölkerungsdichte in Einwohner je Quadratkilometer

Abbildung 8 zeigt die Bevölkerungsentwicklung zwischen den Jahren 1970 und 2020 unterteilt nach Altersklassen. Eine deutliche Zunahme ist in der Altersklasse der 40 bis 65-Jährigen zu erkennen, als auch in der Altersklasse der über 65-Jährigen. Während im Jahr 2019 das Durchschnittsalter mit 44,3 Jahren etwa ein Jahr über dem Durchschnitt des Landkreises Heilbronn liegt, wird vom Statistischen Landesamt für das Jahr 2035 ein Durchschnittsalter von 47 Jahren für die Kurstadt Bad Rappenau und 46 Jahren für den Landkreis prognostiziert.

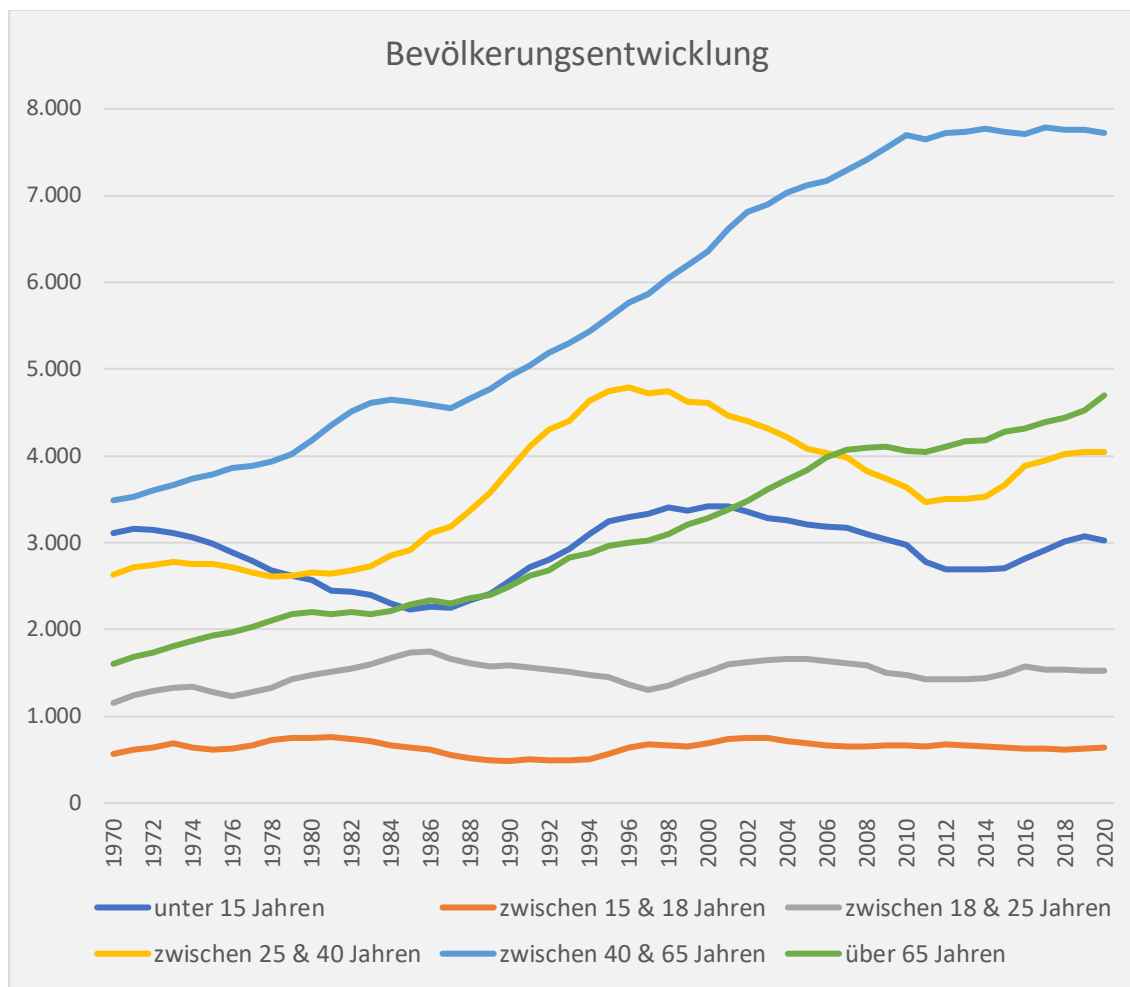


Abbildung 8: Bevölkerungsentwicklung in Bad Rappenau unterteilt in Altersklassen

2.4 Wohnsituation

Im Jahr 2019 beträgt die durchschnittliche Wohnfläche in Bad Rappenau etwa 49 m² je Einwohner. In Baden-Württemberg liegt der Durchschnitt im Jahr 2019 bei 46,7 m². Die Belegungsdichte liegt seit über zehn Jahren ungefähr bei 2,1 Einwohnern je Wohnung und gleicht im Jahr 2019 dem Landesdurchschnitt von 2,08. Mit einem Anteil von 11,9 % Siedlungsfläche an der Gesamtbodenfläche liegt Bad Rappenau deutlich über dem Bundesschnitt von 9,3 %.

Der Anteil der Einfamilienhäuser an Wohngebäuden liegt in Bad Rappenau bei 66 % und somit über dem Wert des Landes Baden-Württemberg von 61 % und unter dem Wert des Landkreises Heilbronn von 69 %. Abbildung 9 zeigt die jährlichen Baugenehmigungen in Bad Rappenau in den Jahren 2012 bis 2020. Für denselben Zeitraum verdeutlicht Abbildung 10 die Wohnfläche durch Baufertigstellungen und unterscheidet dabei zwischen den Gebäudetypen Einfamilienhaus, Zweifamilienhaus und Mehrfamilienhaus.

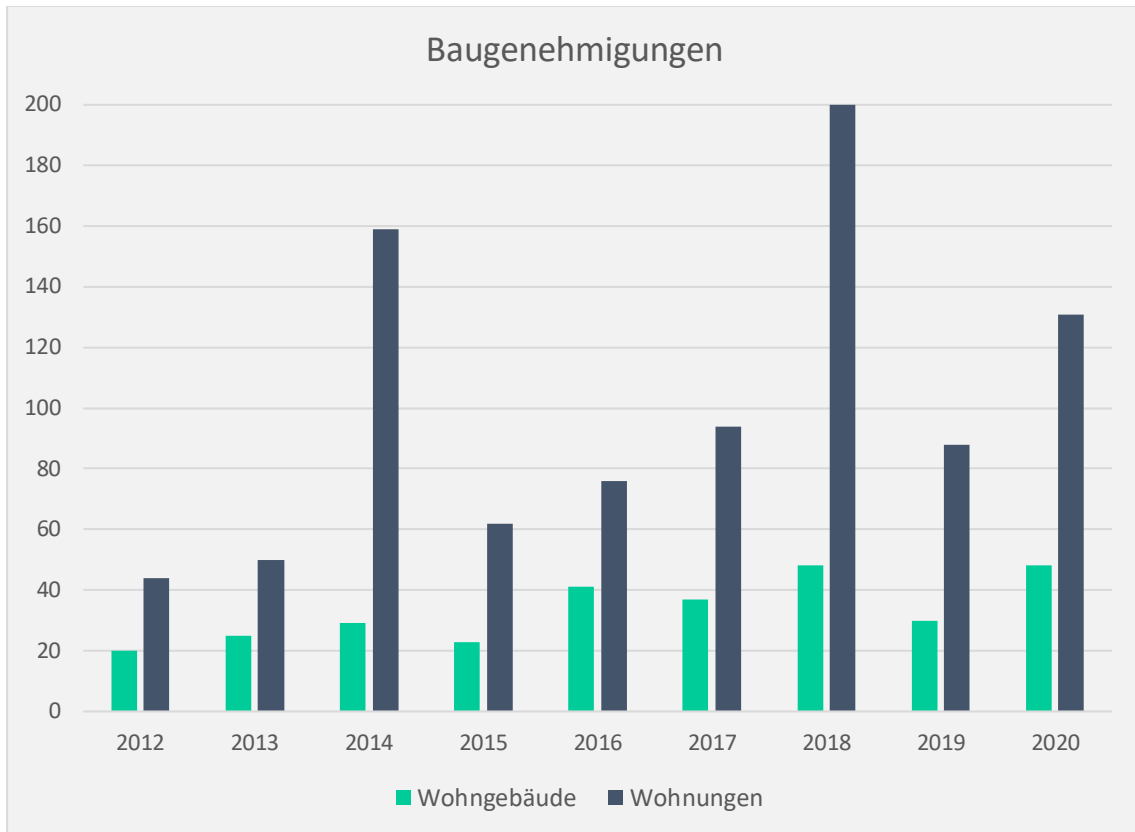


Abbildung 9: Baugenehmigungen für Wohnungen und Wohngebäude in Bad Rappenau

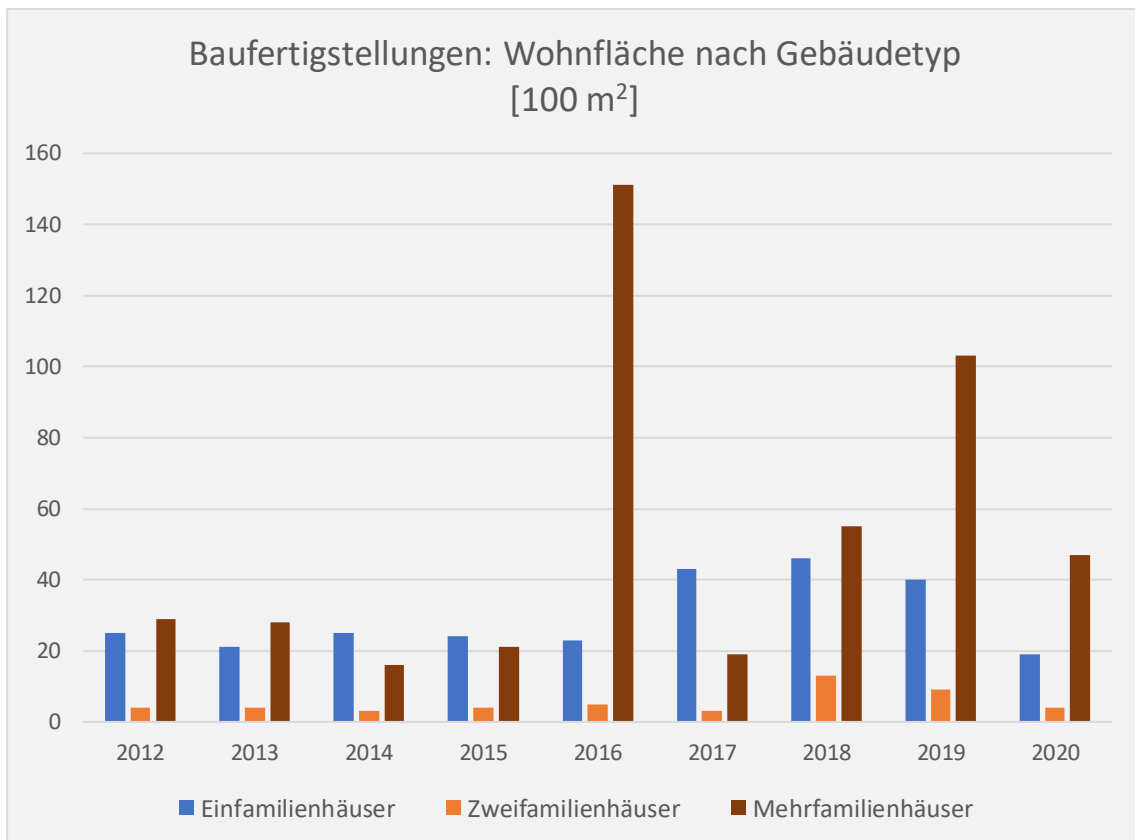


Abbildung 10: Wohnfläche durch Baufertigstellungen unterteilt nach Gebäudetyp in Bad Rappenau



Mit 33,7 % stellen Ein-Personen-Haushalte und mit 33,9 % Zwei-Personen-Haushalte die häufigsten Haushaltsgrößen dar. Drei-Personen-Haushalte gibt es mit einem Anteil von 15,5 % weniger häufig, ebenso Vier-Personen-Haushalte mit einem Anteil von 12 %. Fünf-Personen-Haushalte sind mit 3,4 % vergleichsweise selten. Haushaltsgrößen mit mehr als fünf Personen bilden 1,5 % aller Haushalte ab.

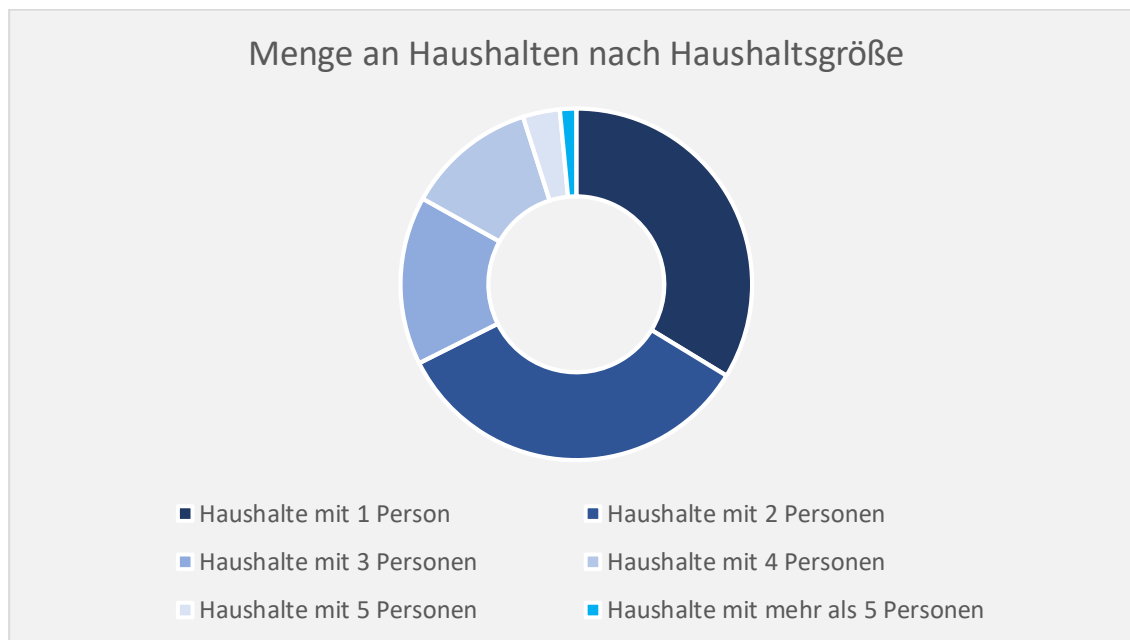


Abbildung 11: Haushaltsgrößen in Bad Rappenau

Der Gebäudebestand in Abhängigkeit vom Baujahr und der Heizungsart wird mit Tabelle 6 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass Zentralheizungen die häufigste Heizungsart darstellen. Ältere Gebäude werden häufiger mit Einzel- oder Mehrraumöfen beheizt, so kommen noch weit über 300 solcher Öfen, in Gebäuden die vor 1969 errichtet wurden, zum Einsatz. Für Holzkleinfeuerungsanlagen bietet der Blaue-Engel-Prüfzyklus die Möglichkeit nachweislich geringerer Staub- und Stickstoffemissionen. Die treibhausgasrelevanten Emissionen durch Erdgas und Heizöl werden detailliert in Kapitel 3.2.2 aufgezeigt. Die klimatischen Auswirkungen durch die energetische Nutzung des Energieträgers Holz hängen maßgeblich davon ab, ob eine nachhaltige Waldbewirtschaftung stattfindet oder nicht.

Gebäudebestand nach Baujahr und Heizungsart	vor 1950	1950 bis 1969	1970 bis 1989	nach 1990
Fernheizung	9	10	3	13
Etagenheizung	0	27	18	25
Blockheizung	3	3	9	3
Zentralheizung	494	1.108	1.540	1.431
Einzel- oder Mehrraumöfen	213	172	98	62
ohne Heizung	0	9	0	0

Tabelle 6: Gebäudebestand und Heizungsarten in Bad Rappenau (StaLa, Mikrozensus 2011)



2.5 Verkehrliche Situation

Mit dem Autobahnzubringer zwischen Bonfeld und Fürfeld ist die Stadt an die A6 angebunden. Die Bundesstraße B39 verläuft durch den Rappenauer Ortsteil Fürfeld und das angrenzende Kirchartd, das wie die Gemeinde Siegelsbach zur Vereinbarten Verwaltungsgemeinschaft mit Bad Rappenau gehört, jedoch nicht Teil der Territorialbilanz des vorliegenden Integrierten Klimaschutzkonzeptes ist. Ein Netz von Landes- und Kreisstraßen verbindet sowohl die Kernstadt Rappenau mit ihren Stadtteilen, als auch die Stadtteile untereinander. Die B27 verläuft, außerhalb der Gemarkung, östlich von Heinsheim, auf der anderen Neckarseite und ist über Bad Wimpfen oder Gundelsheim erreichbar.

Der Fahrzeugbestand wird mit Tabelle 7 dargestellt. Das wichtigste Verkehrsmittel im Gebiet ist der PKW, es ist am verbreitetsten und wird bevorzugt genutzt. Die Anzahl der zugelassenen Kraftfahrzeuge je 1.000 Einwohner steigt seit Jahrzehnten und erreicht im Jahr 2020 einen Wert von 782, wobei die Entwicklung der letzten Jahre in Abbildung 12 dargestellt ist. Mit 646 PKW je 1.000 Einwohner hat Bad Rappenau eine sehr hohe PKW-Dichte¹³.

Jahr	Kraftfahrzeuge insgesamt	Krafträder	Personenkraftwagen	Lastkraftwagen	Zugmaschinen und Sonstige
1985	7.514	404	6.427	230	438
1995	12.089	690	10.362	409	628
2005	15.054	1.284	12.488	506	745
2015	15.318	1.321	12.674	586	737
2020	16.927	1.425	13.941	765	796

Tabelle 7: Fahrzeugbestand in Bad Rappenau (basierend auf Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg)

¹³ Zum Vergleich: Der landesweite Durchschnitt in Baden-Württemberg liegt bei 606 PKW je 1.000 Personen. Der bundesweite Durchschnitt liegt bei 574 PKW je 1.000 Personen (Daten des Statistischen Landesamtes 2020).

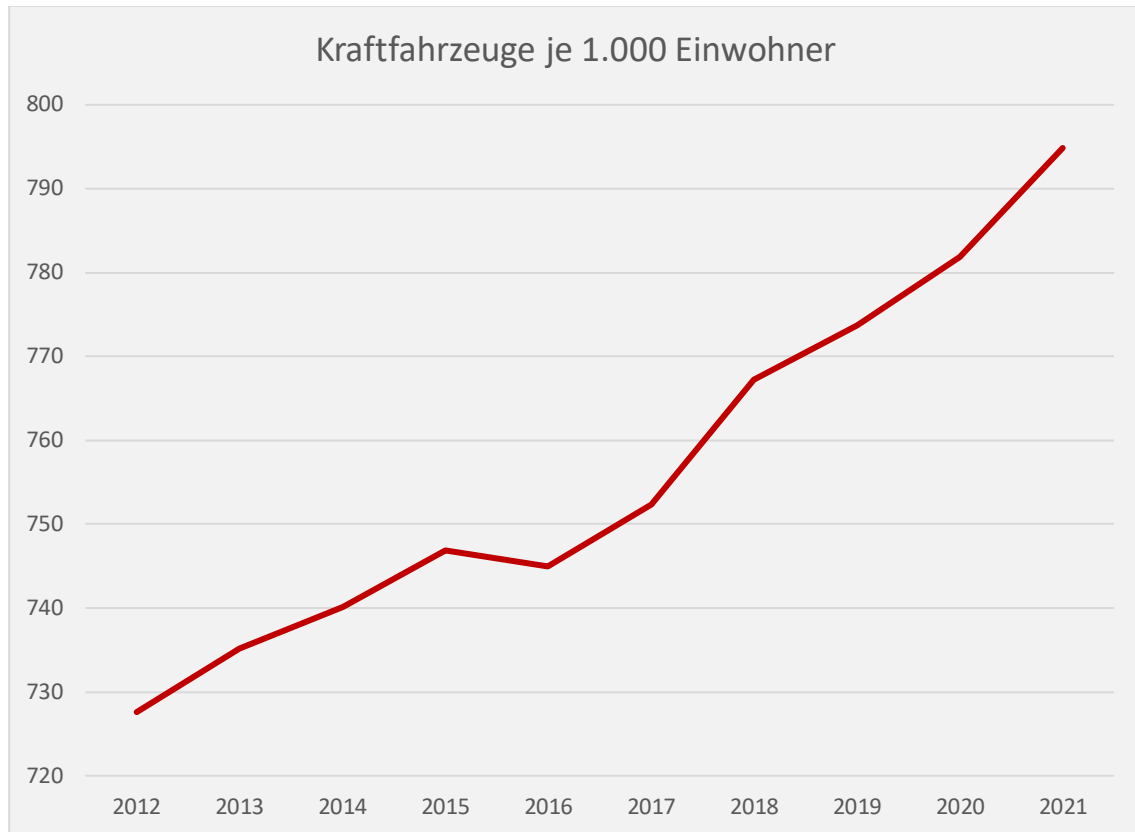


Abbildung 12: Kraftfahrzeuge je 1.000 Einwohner in Bad Rappenau

Der Großteil der Jahresfahrleistung im Bad Rappenauer Gebiet wird auf der A6 erbracht und liegt mitunter deshalb etwa 73 % über dem Landesdurchschnitt von Baden-Württemberg¹⁴. Bezogen auf die Einwohnerzahl im Stadtgebiet werden von 14.914 Fahrzeugkilometern pro Person 65 % der Fahrleistung auf der Autobahn erbracht. Etwa 7 % wird von Fahrzeugen auf innerörtlichen Straßen erbracht. Ungefähr 28 % der gesamten Kfz-Jahresfahrleistung in Bad Rappenau wird außerorts erbracht, mit einem 90 %-Anteil durch PKWs. Dementsprechend entfallen 3.773 km je Einwohner auf die Jahresfahrleistung von PKWs außerorts.

Trotz hoher Jahresfahrleistungen haben die jährlichen Schadstoffemissionen in den letzten Jahren, durch stetige Weiterentwicklungen der Abgastechnik an Fahrzeugen, enorm abgenommen. Abbildung 13 verdeutlicht die Entwicklung in Bad Rappenau seit 1995. Im Jahr 2019 betragen die Stickoxid-Emissionen durch Straßenverkehr 229,4 Tonnen in Bad Rappenau. Die Entwicklung der verkehrsverursachten Treibhausgasemissionen wird detailliert in Kapitel 6.2 dargestellt. Im Jahr 2019 beträgt die Anzahl der Straßenverkehrsunfälle auf Rappenauer Gemarkung 108, darunter 73 mit Personenschaden.

¹⁴ Berechnungen auf Datenbasis des Statistischen Landesamtes für die Jahre 2016 bis 2019.

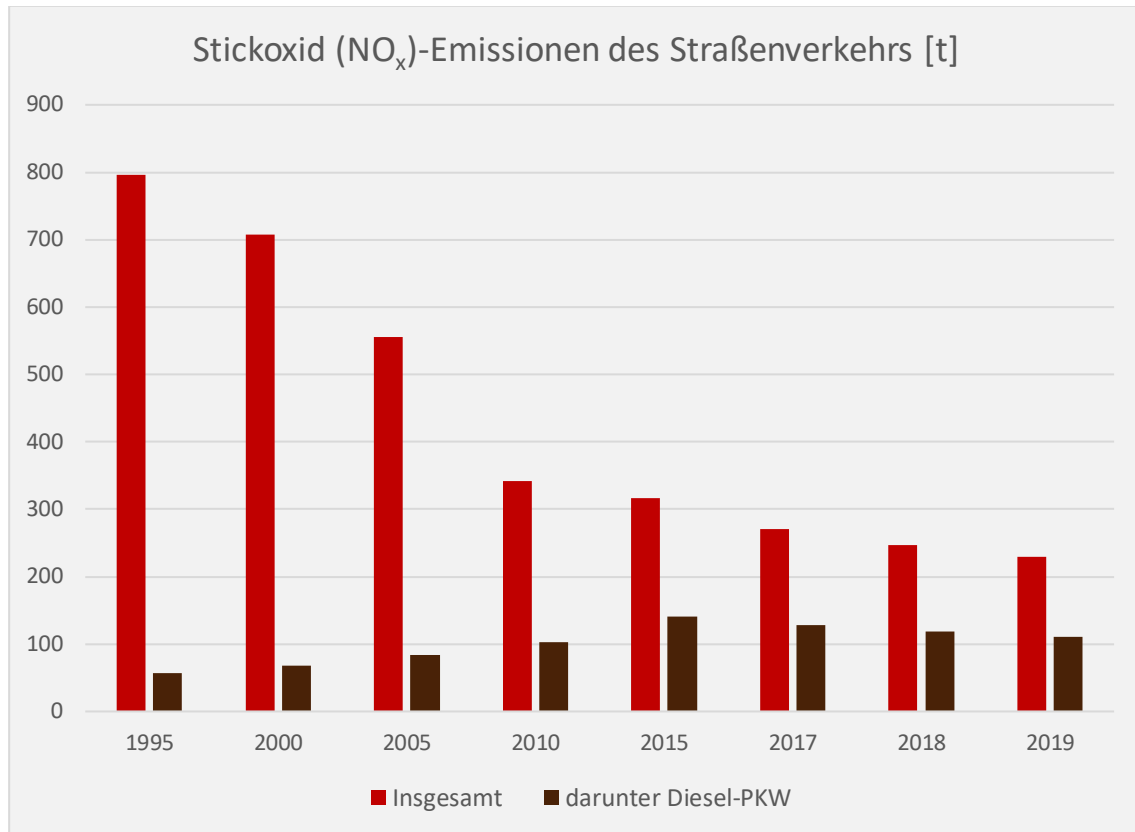


Abbildung 13: Stickoxid-Emissionen durch Straßenverkehr in Bad Rappenau

Im Jahr 2020 sind 6.345 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort und 9.500 am Wohnort registriert¹⁵, während Bad Rappenau mit 4.035 Berufseinpendlern und 7.195 Berufsauspendlern über die Gemarkungsgrenze relativ hohe Pendlerströme hat. Die Bedeutung der Großen Kreisstadt als Wohnort ist ersichtlich.

Innerhalb der Gemarkung verläuft ein etwa 12 km langes Schienennetz, welches aus Richtung Bad Friedrichshall über Bad Wimpfen und durch Bad Rappenau in Richtung Heidelberg durch Sinsheim führt. Dadurch ist die Kernstadt mit der Straßenbahn für die zwei westlich gelegenen Stadtteile Babstadt und Grombach erreichbar.

Der damit abgestimmte Busverkehr verbindet mit mehreren Linien die Stadtteile untereinander, als auch mit der Kernstadt. Weitergehend ermöglicht er eine Verkehrsverbindung mit benachbarten Regionen sowie mit dem Oberzentrum Heilbronn.

¹⁵ Daten der Bundesagentur für Arbeit.



3. Energie- und Treibhausgasbilanz

Zur Bilanzierung wird die internetbasierte Plattform „ECOSPEED Region“ verwendet, welche für die kommunale Anwendung entwickelt wurde. Bei dieser Plattform handelt es sich um ein Instrument zur Bilanzierung des Energieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen. Zusätzlich werden vom Klimaschutzmanagement jahresspezifische Auswertungen mit Excel durchgeführt.

3.1 Grundlagen der Bilanzierung nach BSKO

Für die Bilanzierung der Energieverbräuche und THG-Emissionen wird die vom Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) entwickelte „Bilanzierungs-Systematik Kommunal“ (BSKO) angewandt. Anfänglich, Ende der 1980er Jahre, wurden kommunale Energie- und THG-Bilanzen noch mit sehr unterschiedlichen Methoden erstellt. Aus diesem Grund wurde der BSKO-Standard entworfen, mit dessen Hilfe eine Vereinheitlichung der Bilanzierungsmethoden stattfindet und die Transparenz energiepolitischer Maßnahmen erhöht werden soll.

Im Bereich der Emissionsfaktoren wird auf national ermittelte Kennwerte zugegriffen, um deren Vergleichbarkeit zu gewährleisten (Transport Emission Model (TREMOM) und Bundesstrommix). Betrachtet werden hierbei Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid, Methan und Distickstoffmonoxide.

Die Datengüte wird in Abhängigkeit der jeweiligen Datenquelle bewertet. Unterschieden wird zwischen Datengüte A mit Bewertungsfaktor 1,0 für *Regionale Primärdaten*, Datengüte B für *Hochrechnung regionaler Primärdaten* mit Bewertungsfaktor 0,5, *Regionale Kennwerte und Statistiken* mit Bewertungsfaktor 0,25/Datengüte C sowie *Bundesweite Kennzahlen* mit Bewertungsfaktor 0,0/Datengüte D.

Im Gebäude- und Infrastrukturbereich wird auf eine witterungsbereinigte Darstellung der Verbrauchswerte verzichtet. Im Verkehrsbereich kann mit registrierten Fahrzeugen, nationalem Treibstoffmix und mithilfe von Fahrzeugkilometern die Menge an Treibhausgasemissionen ermittelt werden. Dieses Prinzip wird Verursacherprinzip genannt und unterscheidet sich deutlich vom Territorialprinzip welches im BSKO und somit im vorliegenden Klimaschutzkonzept angewandt wird. Per Definition werden bei der BSKO-konformen endenergiebasierten Territorialbilanz alle anfallenden Verbräuche innerhalb der Gemarkung auf Ebene der Endenergie bilanziert und verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Über spezifische Emissionsfaktoren werden folglich die THG-Emissionen berechnet.

3.1.1 Bilanzierungsprinzip im Stationären Bereich

Standardgemäß wird eine Unterteilung in die Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie/Verarbeitendes Gewerbe, Kommunale Einrichtungen und Verkehr angestrebt. Die Bereiche GHD und Verarbeitendes Gewerbe werden im vorliegenden Konzept zu einem Sektor Wirtschaft zusammengefasst, zumal keine Industriegebiete in Bad Rappenau ausgewiesen sind. Die energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren beziehen verschiedene Treibhausgase in Form von CO₂-Äquivalenten, inklusive energiebezogener Vorketten, in die Kalkulation mit ein (Life Cycle Analysis (LCA)-Parameter). Es werden folglich nur Vorketten energetischer Produkte berücksichtigt. Somit fließen Abbau, Verarbeitung und Transport von Energieträgern in die Bilanz mit ein, während der Energieaufwand von konsumierten Produkten sowie der Energieverbrauch der von der Bevölkerung außerhalb der Gemarkung verursacht wird, nicht in die Bilanzierung einfließen. Die genutzten Emissionsfaktoren beruhen auf Annahmen des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), GEMIS (Global Emissions-Model integrierter Systeme) sowie auf Richtwerten des Bundesumweltamtes.



Die Werte werden nach Berechnung mit einem Verzug von anderthalb bis zwei Jahren vom ifeu zur Verfügung gestellt. Folgend werden die genutzten und zum Zeitpunkt der Konzepterstellung aktuellsten Werte in Tabelle 8 aufgelistet, wobei Emissionsfaktoren zur Stromerzeugung jährlich und Emissionsfaktoren zum Brennstoffeinsatz alle vier Jahre angepasst werden. Der Emissionsfaktor bezogen auf den Stromverbrauch liegt bei fossilen Energieträgern wie Braunkohle, Steinkohle und Erdgas deutlich höher als deren Emissionsfaktor bezogen auf den Brennstoffeinsatz wie er in Tabelle 8 aufgeführt wird. Diese fossilen Anteile sind maßgeblich für die hohen LCA-Emissionsfaktoren des deutschen Strommix. Beispielsweise liegt in Deutschland der CO₂-Emissionsfaktor bezogen auf den Brennstoffeinsatz von Braunkohle etwa bei 411 kg pro MWh Wärme, wohingegen der CO₂-Emissionsfaktor zur Stromerzeugung bei durchschnittlichem Anlagenalter und Wirkungsgrad von Braunkohlekraftwerken bei etwa einer Tonne CO₂-Äquivalenten pro MWh Strom liegt.

Energieträger	2016	2017	2018	2019
Strom	581	554	544	478
Heizöl EL	318	318	318	318
Erdgas	247	247	247	247
Fernwärme regenerativ	40	40	40	40
Biomasse	22	22	22	22
Umweltwärme	182	173	170	150
Sonnenkollektoren	25	25	25	25
Biogase	110	110	110	110
Flüssiggas	276	276	276	276
Braunkohle	411	411	411	411
Steinkohle	438	438	438	438
Heizstrom	581	554	544	478
Sonstige regenerativ	25	25	25	25
Sonstige konventionell	330	330	330	330

Tabelle 8: LCA-Emissionsfaktoren [g/kWh] basierend auf ifeu Heidelberg und GEMIS 4.93

3.1.2 Bilanzierungsprinzip im Sektor Verkehr

Der Verkehr kann in die Bereiche „gut kommunal beeinflussbar“ und „kaum kommunal beeinflussbar“ aufgeteilt werden. Gut kommunal beeinflussbar sind Binnen-, Quell- und Zielverkehr im Straßenverkehr. Dies umfasst den motorisierten Individualverkehr (MIV), Lastkraftwagen (LKW) und leichte Nutzfahrzeuge (LNF) sowie den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Emissionen aus Straßendurchgangsverkehr und öffentlichem Personenfernverkehr (ÖPFV) werden als kaum kommunal beeinflussbar eingestuft. Die Einteilung in Straßenkategorien ermöglicht eine differenzierte Betrachtung und nicht beeinflussbare Straßenkategorien wie die Autobahn A6 können herausgerechnet werden um die Potenziale innerorts und außerorts zu beziffern. Die jährlichen gemeindespezifischen Jahresfahrleistungen werden über die Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW) vom Statistischen Landesamt bezogen. Emissionsfaktoren für den Verkehrsbereich stehen bundesweit über das TREMOD-Modell zur Verfügung. Hierbei werden nationale Kennwerte nach Verkehrsmittel, Straßenkategorie und Energieträger jährlich differenziert. Wie im stationären Bereich werden diese als LCA-Faktoren in CO₂-Äquivalenten inklusive Vorkette berechnet.



Demnach gibt es im Verkehrsbereich, im Gegensatz zur Fahrleistung je Straßen- und Fahrzeugkategorie, keine kommunenspezifische Anpassung der Emissionsfaktoren.

3.1.3 Datenerhebung der Energieverbräuche

Die Endenergieverbräuche von Bad Rappenau werden in der Bilanz differenziert nach Energieträgern berechnet. Die Verbrauchsdaten leitungsgebundener Energieträger innerhalb der gesamten Gemarkung, welche nicht mit Daten der Stadtverwaltung berechnet werden können (Strom, Erdgas und Fernwärme), sind durch das Klimaschutzmanagement bei den jeweiligen Netzbetreibern bzw. Energieversorgern abgefragt worden.

Angaben zum Ausbau Erneuerbarer Energien beruhen auf EEG-Einspeisedaten, welche ebenfalls vom zuständigen Netzbetreiber zur Verfügung gestellt wurden. Der Sektor kommunale Verwaltung umfasst die Liegenschaften und Zuständigkeiten der Stadt. Die Verbrauchsdaten wurden in den jeweiligen Fachabteilungen zusammengetragen und von der Gebäudeverwaltung dem Klimaschutzmanagement bereitgestellt.

Nicht-leitungsgebundene Energieträger wie Heizöl, Flüssiggas, Steinkohle und feste Biomasse werden überwiegend zur Bereitstellung von Wärmeenergie genutzt. Diese Angaben konnten mit Hilfe von Daten der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW), der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) und des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg (StaLa) berechnet werden.

Angaben zum Endenergieverbrauch durch Umweltwärme konnten über bereitgestellte Daten des Netzbetreibers für den Stromgebrauch von Wärmepumpen berechnet werden.

Datenerhebung im Rahmen der Energie- und THG-Bilanzierung 2016 – 2019 für Bad Rappenau			
Energieträger	Quelle	Energieträger	Quelle
Strom	Syna GmbH (A)	Erdgas	Syna GmbH (A)
Braunkohle	-	Wärmepumpen (Stromanteil)	Syna GmbH (A)
Heizstrom	Syna GmbH (A)	Heizöl	KEA-BW, LUBW, StaLa (B)
Flüssiggas	Ecospeed (Hochrechnung aus Bundeskennzahlen) (D)	Biomasse	KEA-BW, LUBW, StaLa (B)
Steinkohle	KEA-BW, LUBW, StaLa (B)	Fernwärme	Energieversorger (A)
Benzin	Regionale Kennwerte und Statistiken, StaLa (C)	Nahwärme	-
Diesel	Regionale Kennwerte und Statistiken, StaLa (C)	Solarthermie	BAFA-Förderdaten (B)
Kerosin	-	Biogase	Ecospeed (Hochrechnung aus Bundeskennzahlen) (D)
Biodiesel/ Benzin	Regionale Kennwerte und Statistiken, StaLa (C)	Erneuerbare Stromproduktion	Syna GmbH (A)

Tabelle 9: Datenquellen bei der Energie- und THG-Bilanzierung



3.2 Endenergieverbrauch und THG-Emissionen

Daten zu Energieverbräuchen auf Gemarkung Bad Rappenau wurden vom KSM für die Jahre 2010 bis 2020 recherchiert. Für die Bilanzierung wurde in Absprache mit dem unterstützenden Dienstleister „energielenker projects GmbH“ der Zeitraum von 2016 bis 2019 gewählt. Dadurch können einerseits die aktuellsten Daten, welche in vollem Umfang vorliegen, genutzt werden und andererseits kann in diesem Zeitraum eine hohe Datengüte gewährleistet werden.

Die Energieverbräuche werden auf Basis der Endenergie und die THG-Emissionen auf Basis der Primärenergie mittels LCA-Faktoren beschrieben. Die Bilanz stellt im Wesentlichen ein Mittel zur Selbstkontrolle dar und ist nur bedingt zum interkommunalen Vergleich geeignet, da regionale und strukturelle Unterschiede großen Einfluss auf die Energieverbräuche und THG-Emissionen von Städten und Kommunen haben. Die Entwicklung auf Stadtgebiet lässt sich hingegen sehr gut darstellen.

Folgend werden die Entwicklungen der Energieverbräuche und THG-Emissionen auf dem gesamten Stadtgebiet von Bad Rappenau dargestellt. Eine Unterteilung erfolgt hinsichtlich der Sektoren und Energieträger.

3.2.1 Energieverbrauch der Stadt Bad Rappenau

Im Jahr 2016 wurden im Stadtgebiet von Bad Rappenau 637.256 MWh Endenergie verbraucht. Im Bilanzjahr 2019 waren es 634.526 MWh. Insgesamt unterliegt der gesamte Endenergieverbrauch im Betrachtungszeitraum geringen Schwankungen.

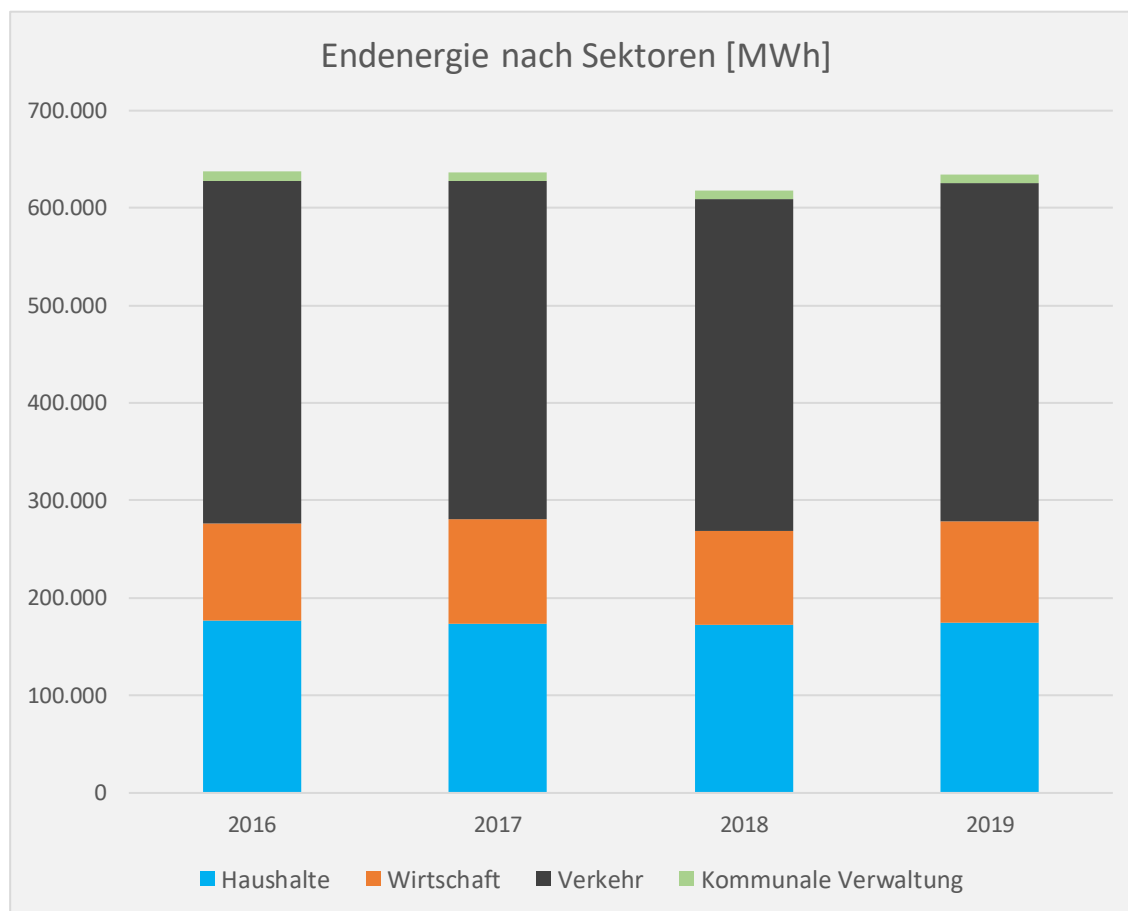


Abbildung 14: Endenergieverbrauch in Bad Rappenau nach Sektoren



Gemäß dem BSKO-Methodenpapier „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland“ (ifeu 2019) wird keine Witterungskorrektur durchgeführt. Dementsprechend sind für das Jahr 2018 geringere Endenergieverbräuche zu verzeichnen, was auf Witterungseinflüsse zurückzuführen ist.

Abbildung 15 verdeutlicht, dass im Sektor Verkehr mit 55 % am meisten Endenergie verbraucht wird. Die privaten Haushalte weisen einen Anteil von 28 % am Gesamtbedarf auf und dem Sektor Wirtschaft sind 16 % zuzuordnen. Die kommunale Verwaltung nimmt mit Infrastruktur und städtischen Gebäuden einen Anteil von 1 % am Endenergieverbrauch ein.

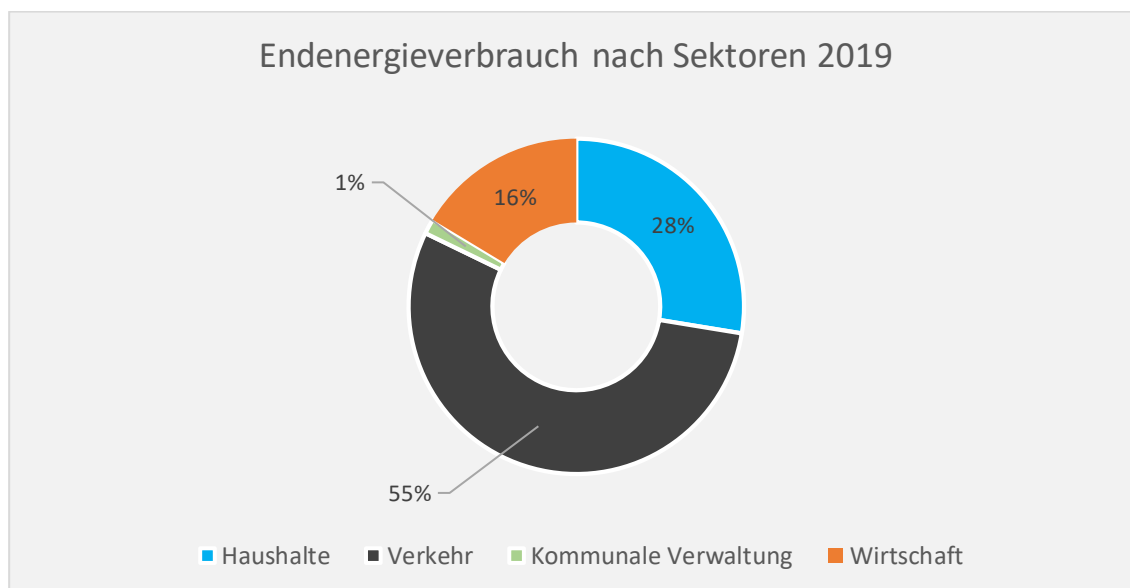


Abbildung 15: Prozentualer Anteil der Sektoren am Endenergieverbrauch im Jahr 2019

Der Energieträgereinsatz für Strom- und Wärmeversorgung der Gebäude und Infrastruktur wird detailliert in Abbildung 16 dargestellt. Dies umfasst die Sektoren Wirtschaft, kommunale Verwaltung und Haushalte. In Bad Rappenau werden im Jahr 2019 ungefähr 288.055 MWh Endenergie für Gebäude und Infrastruktur verbraucht. Die Unterteilung in verschiedene Energieträger wird folgend dargestellt und verdeutlicht, welche Energieträger im stationären Bereich überwiegend eingesetzt werden. Dementsprechend weist der Energieträger Strom im Bilanzierungszeitraum eine steigende Tendenz auf und hat im Jahr 2019 einen Anteil von ungefähr 26 %. Erdgas mit einem Anteil von 31 % und Heizöl mit 23 % kommen vorrangig als Brennstoffe zum Einsatz. Biomasse stellt den wesentlichen Energieträger zur Bereitstellung von Fernwärme dar, kommt aber auch in weiteren Verbrennungsanlagen zum Einsatz, was differenziert dargestellt wird und zusammen mit der Fernwärme 15 % des Gesamtenergieverbrauchs für Gebäude und Infrastruktur deckt.

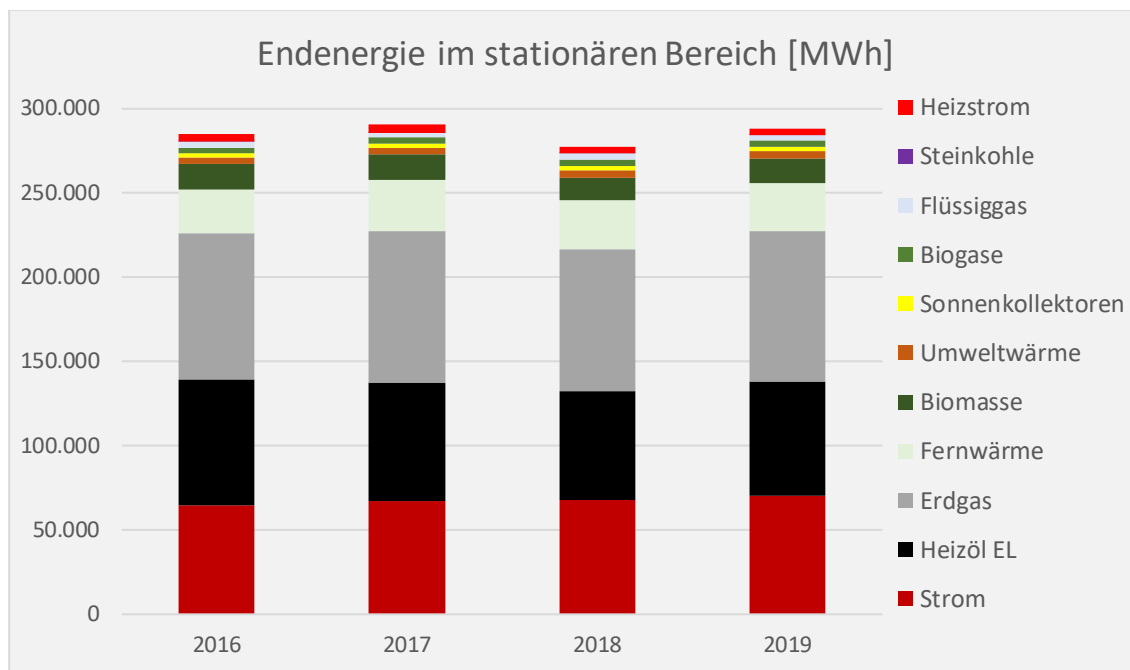


Abbildung 16: Endenergieverbrauch für Gebäude & Infrastruktur nach Energieträgern

Der Endenergiebedarf der kommunalen Verwaltung ist, abgesehen von deutlichen Witterungseinflüssen im Jahr 2018, relativ gleichmäßig (vgl. Abbildung 17). Während der Gebäudesektor einen zunehmenden Strombedarf aufweist, führt im Wesentlichen die Optimierung der Straßenbeleuchtung zu einem insgesamt sinkenden Strombedarf der kommunalen Verwaltung. Der Energieträger Erdgas weist im Bilanzzeitraum einen steigenden Trend auf. Die größten Endenergiemengen zur Wärmeversorgung werden durch Fernwärme bereitgestellt. Der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der kommunalen Verwaltung sowie die genutzten Energieträger werden detaillierter in Kapitel 6.4 aufbereitet.

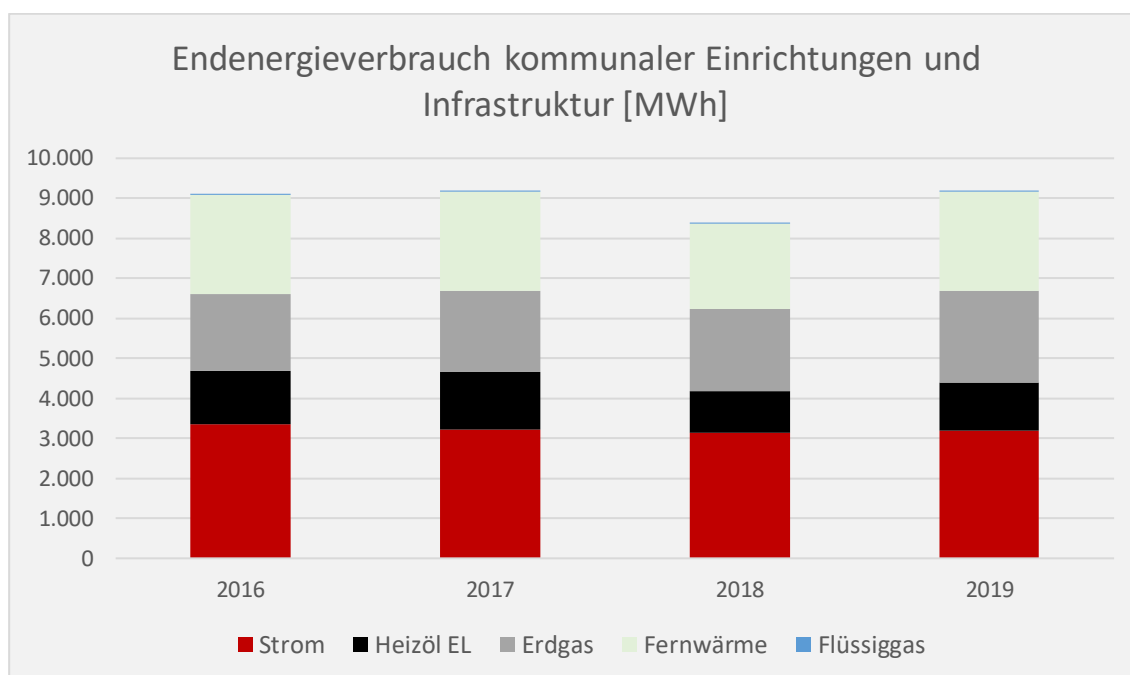


Abbildung 17: Endenergieverbrauch kommunaler Einrichtungen & Infrastruktur gemäß KSG BW



3.2.2 THG-Emissionen der Stadt Bad Rappenau

Im Jahr 2016 betragen die THG-Emissionen in Bad Rappenau 201.179 t CO₂e. Abbildung 18 verdeutlicht die Aufteilung der THG-Emissionen in die einzelnen Sektoren. Ein abnehmender Trend bis zum Jahr 2019 mit 192.233 t CO₂e ist ersichtlich und prinzipiell mit Veränderungen im Bundesstrommix zu erklären, welcher aufgrund zunehmendem Anteil Erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung zu geringeren THG-Emissionen je Kilowattstunde führte.

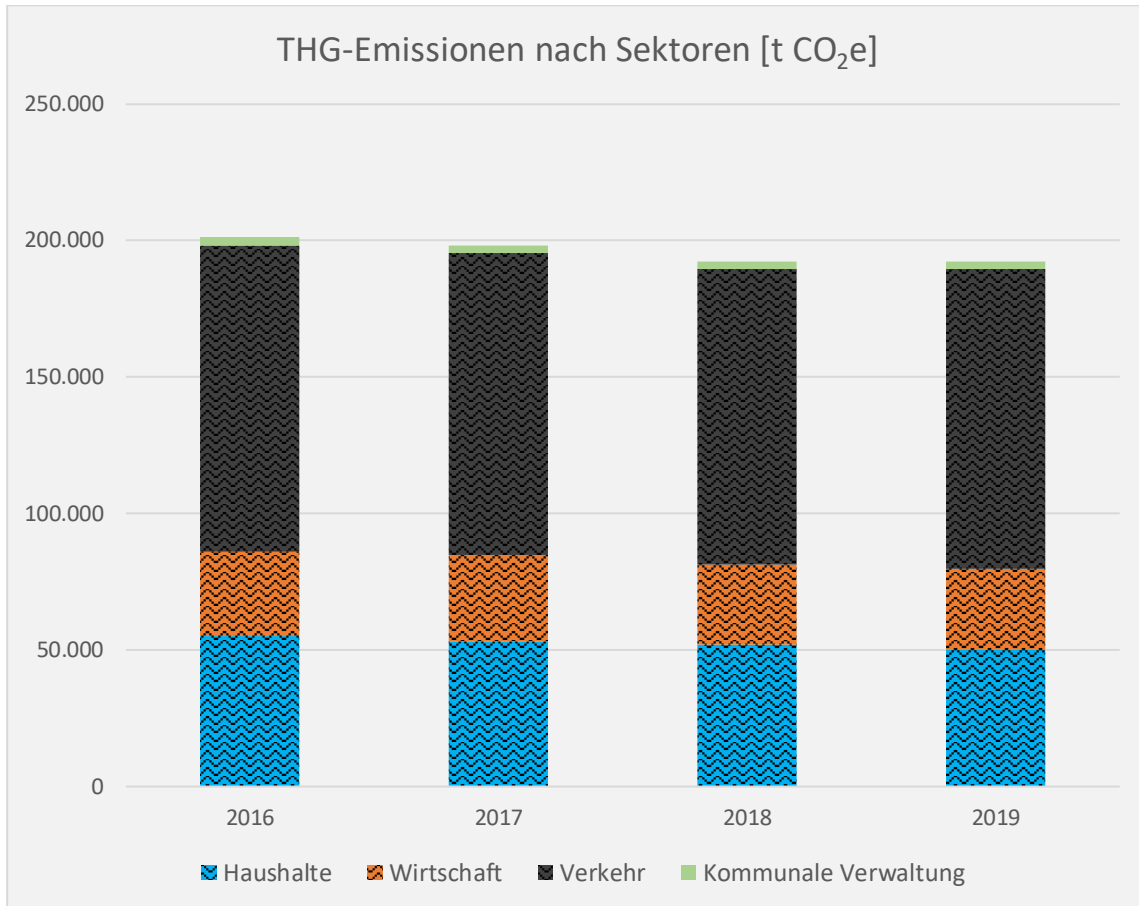


Abbildung 18: THG-Emissionen in Bad Rappenau nach Sektoren in Tonnen CO₂-Äquivalenten

Im Bilanzjahr 2019 entfallen 57 % der emittierten Treibhausgase auf den Verkehr, wovon der Großteil auf der A6 verursacht wird¹⁶. Detailliertere Betrachtungen des Sektors Verkehr finden sich in Kapitel 6.2.

Mit Abbildung 19 werden die prozentualen Anteile der Sektoren dargestellt. Der Wirtschaftssektor hat einen Anteil von 16 % und die privaten Haushalte haben einen Anteil von 26 %. Durch städtische Einrichtungen und Infrastruktur wird ca. 1 % der THG-Emissionen verursacht.

¹⁶ Auf Bad Rappenauer Gemarkung entfallen für das Jahr 2019 ca. 73 % der durch den Verkehr verursachten Treibhausgase auf die A6, wobei dort 62.219 Tonnen CO₂-Äquivalente durch Diesel verursacht werden. Insgesamt verursacht der Verkehr 109.773 t CO₂e, wovon 77.287 Tonnen durch Dieselfahrzeuge entstehen, im Wesentlichen durch Lastkraftwagen.

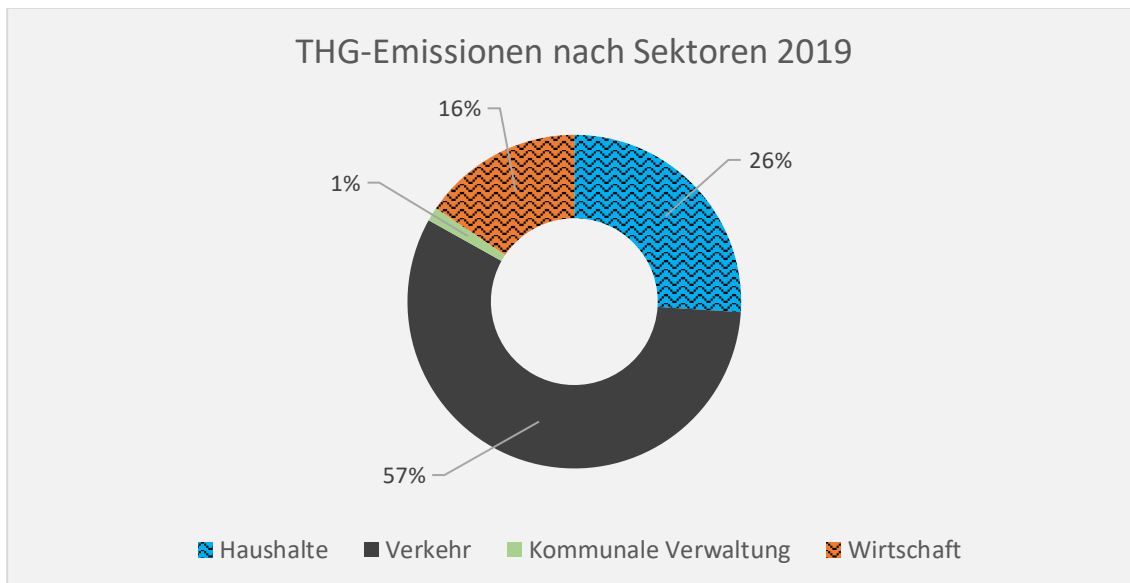


Abbildung 19: Prozentualer Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen in Bad Rappenau

Abbildung 20 fasst die durch Energieverbräuche verursachten THG-Emissionen der Gebäude und Infrastruktur auf gesamter Gemarkung Bad Rappenaus zusammen. Die Relevanz des Energieträgers Strom wird hierbei ersichtlich, auf welchen im betrachteten Zeitraum durchschnittlich 26 % des Endenergiebedarfs und gleichzeitig 46 % der THG-Emissionen entfallen.

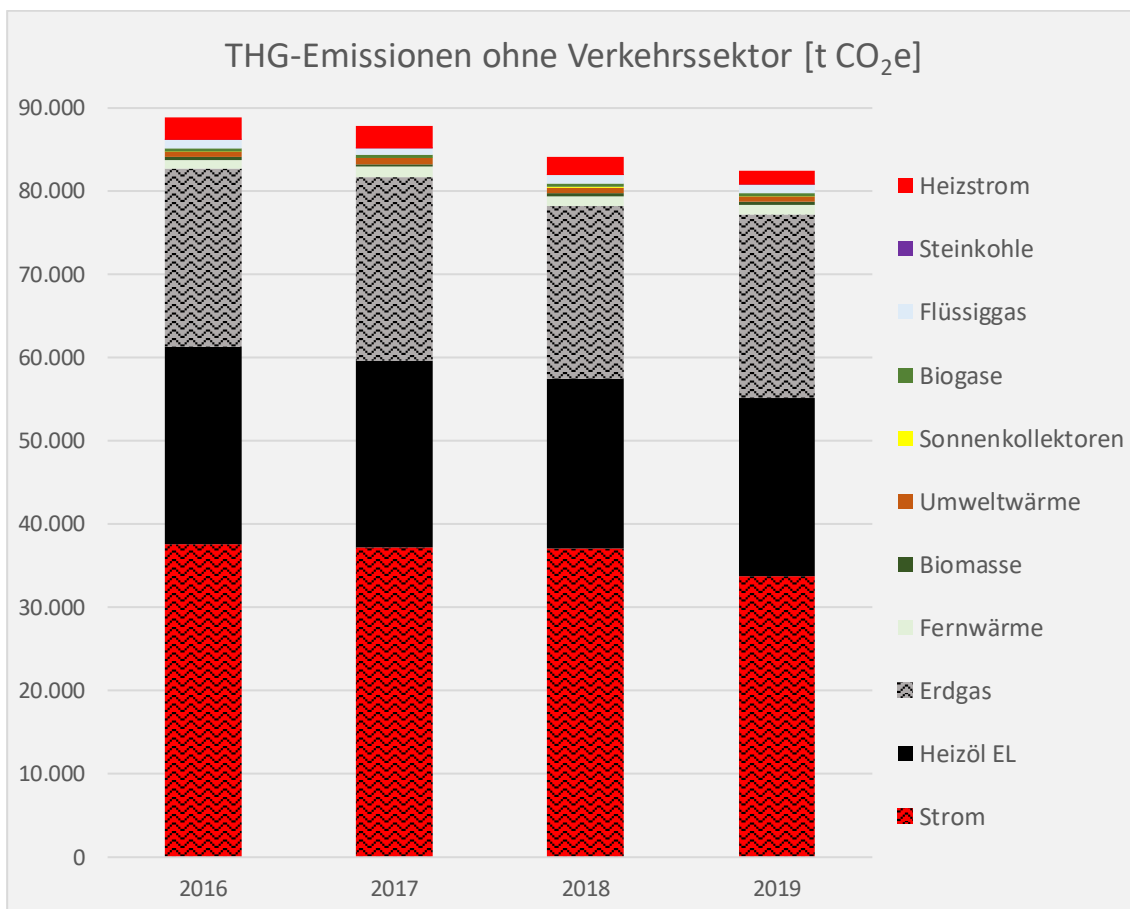


Abbildung 20: THG-Emissionen im stationären Bereich nach Energieträgern



Da sich der Emissionsfaktor für den bundesweiten Strommix aufgrund zunehmender Einspeisung aus EE zwischen 2016 und 2019 verbessert hat, zeigt sich in Bad Rappenau im Bilanzzeitraum, bei steigendem Stromverbrauch, ein abnehmender Trend der durch Strom verursachten THG-Emissionen. Dies ist auch die Ursache für die Abnahme der Gesamtemissionen die im Stadtgebiet jährlich verursacht werden. Abbildung 21 verdeutlicht dies unterteilt nach Energieträgern.

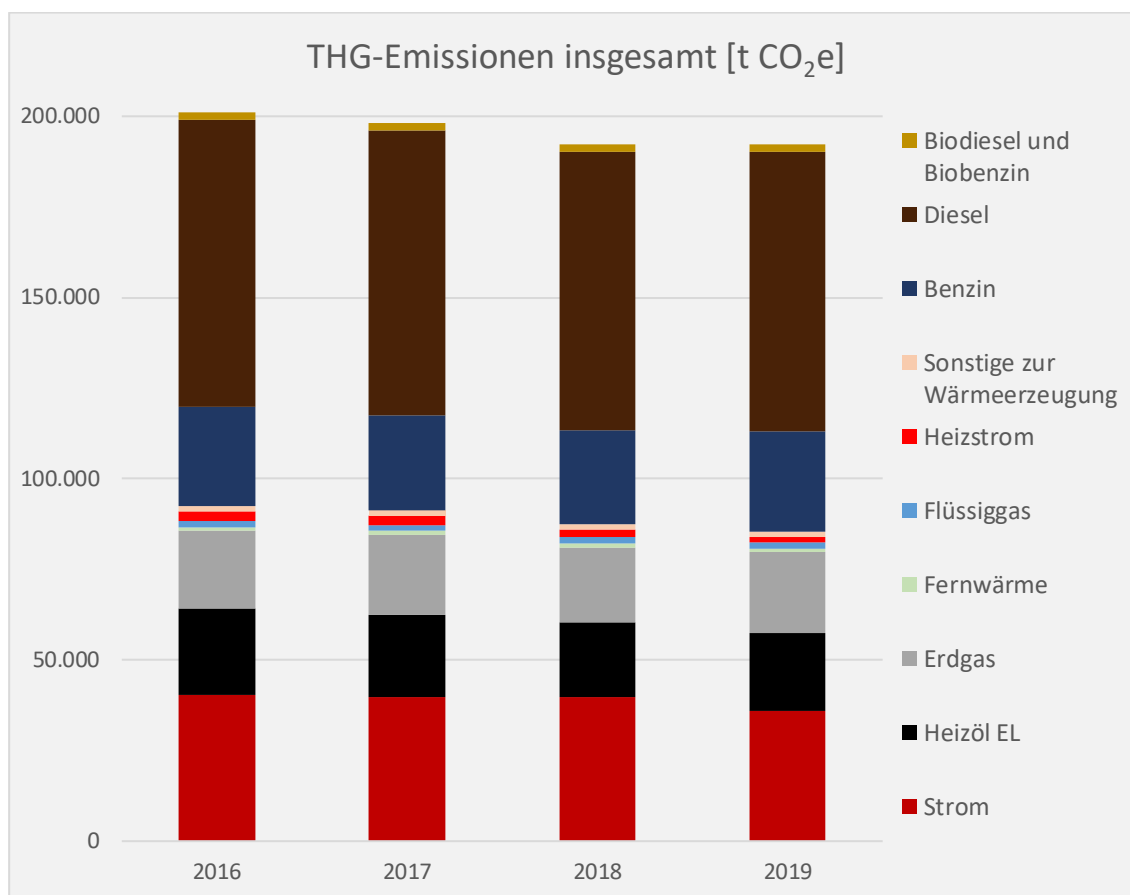


Abbildung 21: THG-Emissionen in Bad Rappenau nach Energieträgern¹⁷ in Tonnen CO₂-Äquivalenten

Tabelle 10 verdeutlicht den spezifischen THG-Fußabdruck in Bad Rappenau in t CO₂e/EW.

THG/EW	2016	2017	2018	2019
Private Haushalte	2,64	2,51	2,43	2,32
Wirtschaft	1,47	1,50	1,38	1,39
Verkehr (mit Autobahn)	5,36	5,21	5,05	5,09
Kommunale Verwaltung	0,14	0,13	0,12	0,12
Summe	9,60	9,35	8,98	8,92
Summe (ohne Autobahn)	5,65	5,53	5,30	5,30

Tabelle 10: Treibhausgasemissionen pro Kopf

¹⁷ „Sonstige zur Wärmeerzeugung“ umfasst Steinkohle, Biogase, Biomasse (kleine und mittlere Feuerungsanlagen in GHD und privaten Haushalten), Sonnenkollektoren (Solarthermie) und Umweltwärme (Wärmepumpen).



3.3 Regenerative Stromerzeugung

Neben dem Energieverbrauch und den Treibhausgasemissionen kommt der Energiewandlung durch Regenerative Energiesysteme besondere Bedeutung zu. Die produzierten elektrischen Energiemengen sollen im Zusammenhang mit den Endenergieverbräuchen betrachtet werden.

Mit Abbildung 22 wird dem steigenden Stromverbrauch im Gebiet der Großen Kreisstadt, die jährliche Stromerzeugung aus Biomasse, Photovoltaik und Kraft-Wärme-Kopplung gegenübergestellt¹⁸. Es ist ersichtlich, dass die elektrischen Strommengen aus regenerativer Energiewandlung, mit 34.772 MWh im Jahr 2016 bis hin zu 36.764 MWh im Jahr 2019, einen erheblichen Anteil am Gesamtstromverbrauch¹⁹ darstellen, welcher in Abbildung 23 mit über 44% beziffert wird. Verglichen mit dem Stromverbrauch der privaten Haushalte wird das noch deutlicher, denn hier werden im Zeitraum durchschnittlich etwa 32.639 MWh pro Jahr verbraucht.

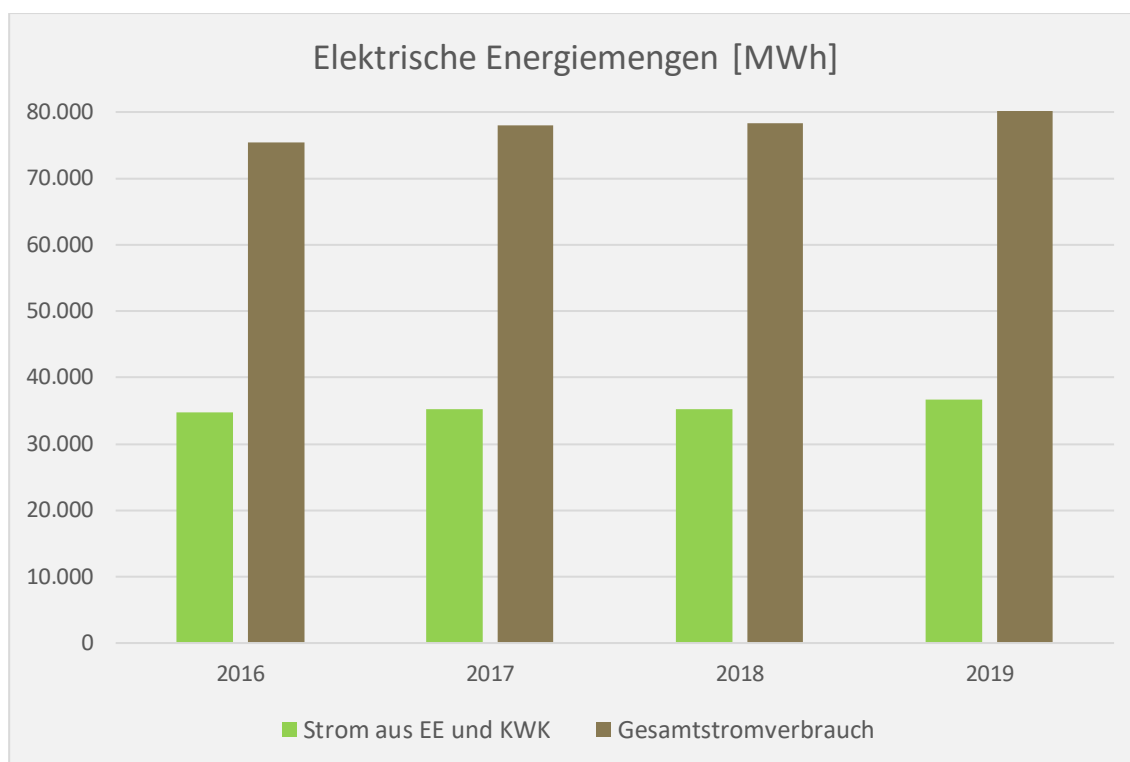


Abbildung 22: Elektrische Energiemengen des Gesamtverbrauchs und der regenerativen Erzeugung einschließlich Kraft-Wärme-Kopplung in Bad Rappenau

¹⁸ Außerdem befindet sich ein Kleinwasserkraftwerk mit einer Francis-Turbine in Bad Rappenau; in Abbildung 23 und Abbildung 24 wird dies nicht gesondert betrachtet.

¹⁹ Der Gesamtstromverbrauch umfasst auch den Stromverbrauch für Heizstrom, Wärmepumpen, Straßen- und Schienenverkehr.

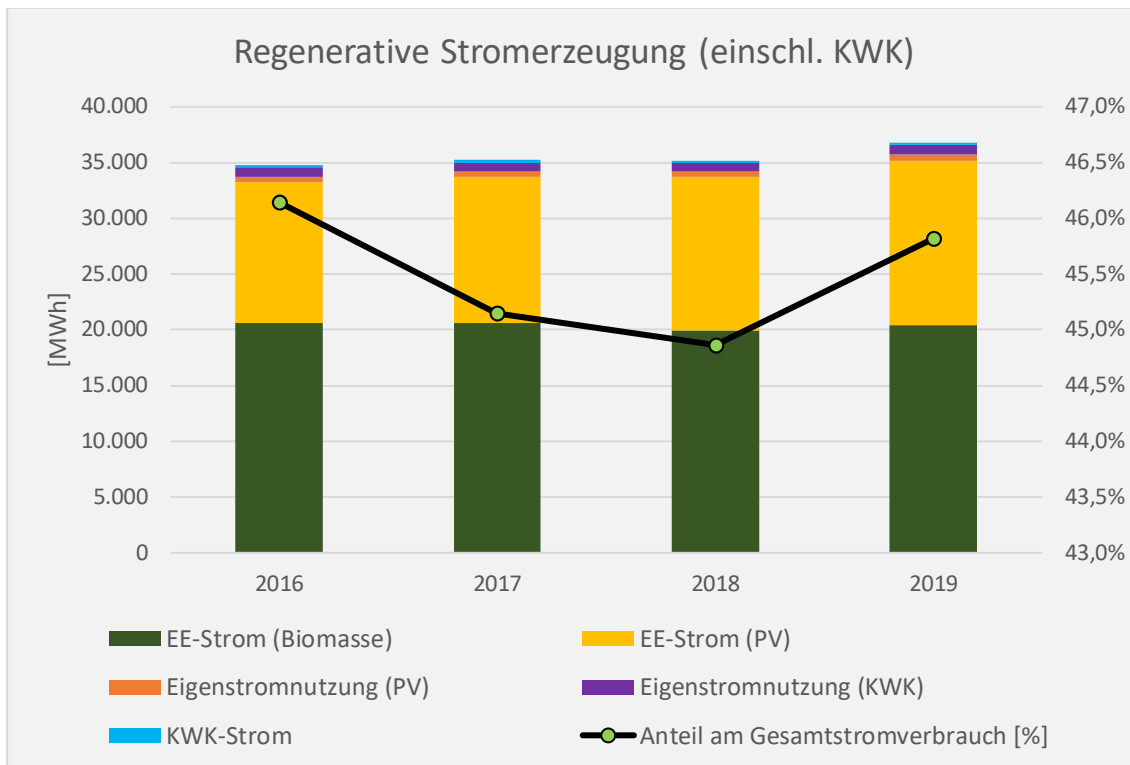


Abbildung 23: Stromerzeugung aus EE-Anlagen in Bad Rappenau

Die wesentlichen Anteile der regenerativen Stromeinspeisung beruhen auf Biomasse und Photovoltaik. Abbildung 24 zeigt die entsprechende Erzeugungsstruktur in Bad Rappenau für das Jahr 2019. Sämtliche Energiemengen der Kraft-Wärme-Kopplung beziehen sich im Kapitel 3.3 auf Anlagen, die in das Netz einspeisen und eine Vergütung für den Eigenverbrauch erhalten.

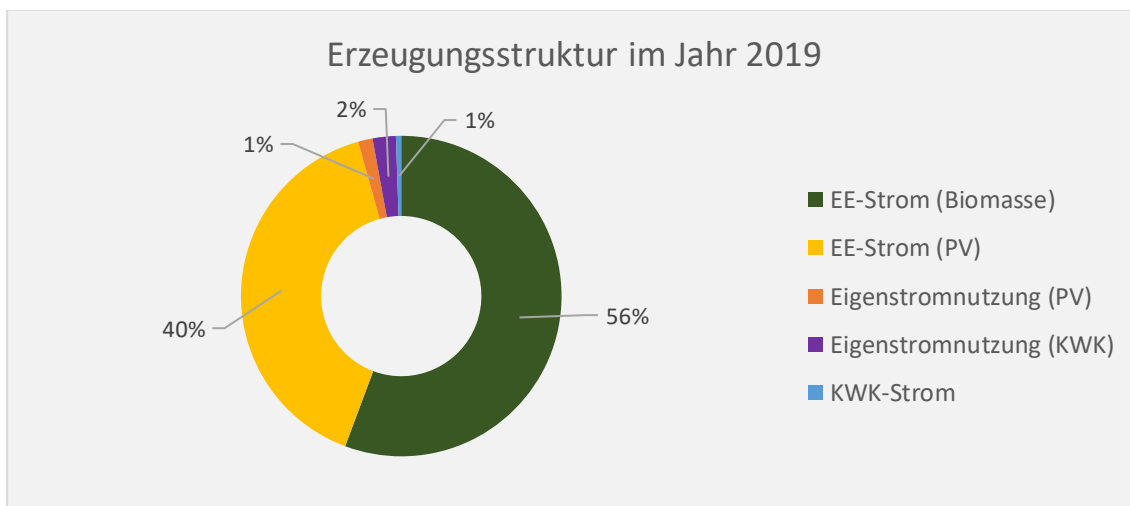


Abbildung 24: Erneuerbare Energie-Anteile an der Stromerzeugung in Bad Rappenau 2019

Zwischen den Jahren 2016 und 2019 nehmen die Beträge der Eigenstromnutzung und Einspeisung von Strom aus Photovoltaik-Anlagen zu. Eine detaillierte Betrachtung hierzu findet sich in Kapitel 6.1. Etwa 4,7 MW Nettonennleistung ist in Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PVFF) installiert²⁰. Der Großteil des erzeugten PV-Stroms entsteht im Jahr 2019 mit ca. 65 % auf Dächern (und Fassaden) und ca. 35 % durch PVFF.

²⁰ Gemäß Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur.



Abbildung 25 zeigt die lokal erzeugten Solarstrommengen in Relation zur Einwohnerzahl. Im Jahr 2019 wurden 1.631 kWh/EW erneuerbarer Strom aus Biomasse und Photovoltaik in Bad Rappenau ins Netz eingespeist, während in privaten Haushalten Baden-Württembergs der jährliche Stromverbrauch bei 1.432 kWh/EW lag. Im betrachteten Zeitraum wuchs einerseits die Bevölkerung und andererseits die installierten PV-Leistungen sowie die damit erzeugten Strommengen. Im Jahr 2019 wurden in Bad Rappenau 706 kWh/EW Solarstrom ins Netz eingespeist oder als Eigenstrom genutzt.

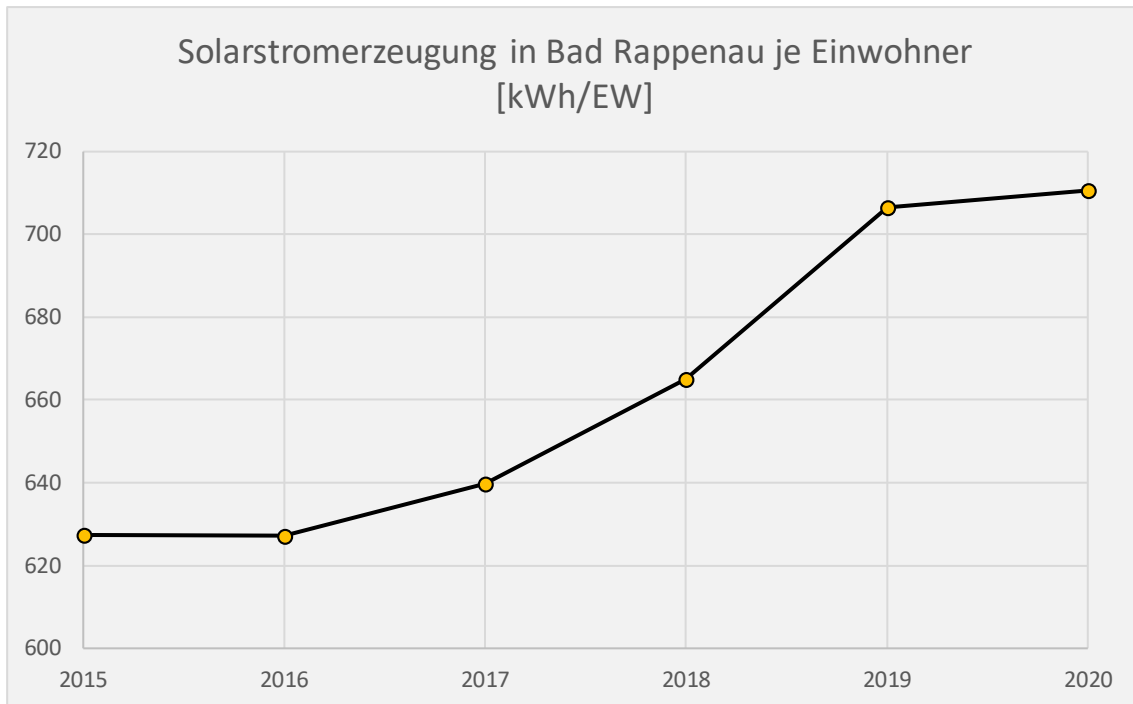


Abbildung 25: Jährlich erzeugter PV-Strom in Bad Rappenau mit Relation zur Einwohnerzahl

Durch die regenerative Stromerzeugung in Bad Rappenau können mithilfe von Sonne und Biomasse beträchtliche Treibhausgasemissionen vermieden werden. Um diesen Sachverhalt differenziert zu beleuchten, werden die Veränderungen des Bundesstrommix erörtert sowie die Einsparungen durch den Einsatz Erneuerbarer Energien (EE) in Bad Rappenau konkretisiert.

Die Veränderungen des nationalen Emissionsfaktors für Strom wurden in Kapitel 3.1.1 beziffert und stehen im direkten Zusammenhang mit dem Ausbau von Windkraft und Photovoltaik. In Deutschland werden im Jahr 2016 etwa 33,2 % der Nettostromerzeugung erneuerbar erbracht, wohingegen es im Jahr 2019 schon 45,5 % sind. Die deutschlandweite Ausbaugeschwindigkeit in den Jahren 2016 bis 2019 wurde mit installierten Leistungen in Kapitel 1.3 dargestellt, basierend auf Daten des Fraunhofer ISE (ISE, 2022a). In diesem Zeitraum wächst die installierte Leistung von Windkraftanlagen von 49,43 GW auf 60,72 GW und jene von Photovoltaik wächst von 40,68 GW auf 49,10 GW. Damit einher geht eine Steigerung der Nettostromerzeugung bei Windkraft von 79,92 TWh im Jahr 2016 auf 125,89 TWh im Jahr 2019 und in derselben Zeit steigert sich Photovoltaik von 35,95 TWh auf 43,57 TWh. Obwohl die Stromerzeugung durch Gas im Jahr 2019 auf 52,90 TWh angewachsen ist, konnten Rückgänge in der Kohleverstromung mit dem Ausbau der EE zu einem verbesserten Emissionsfaktor von 581 g/kWh auf 478 g/kWh im betrachteten Zeitraum beitragen.



Abbildung 26 stellt Treibhausgasemissionen dar, welche durch den gesamten Stromverbrauch im stationären Bereich Bad Rappenaus verursacht werden. Trotz steigendem Stromverbrauch sinken die jährlichen THG-Emissionen von 40.991 t CO₂-Äquivalenten im Jahr 2016 auf 36.045 t CO₂e im Jahr 2019. Bei der Darstellung in grünen Säulen wird die regionale Stromeinspeisung aus EE berücksichtigt²¹, welche über die vier Jahre zur Vermeidung von 65.192 t CO₂e führt.

Die jährlichen Einsparungen im Vergleich zur ausschließlichen Nutzung von Bundesstrom liegen zwischen 42,3 % und 41,0 %, mit sinkender Tendenz, da der Bundesstrom in den betrachteten Jahren etwas weniger klimaschädlich produziert wurde.

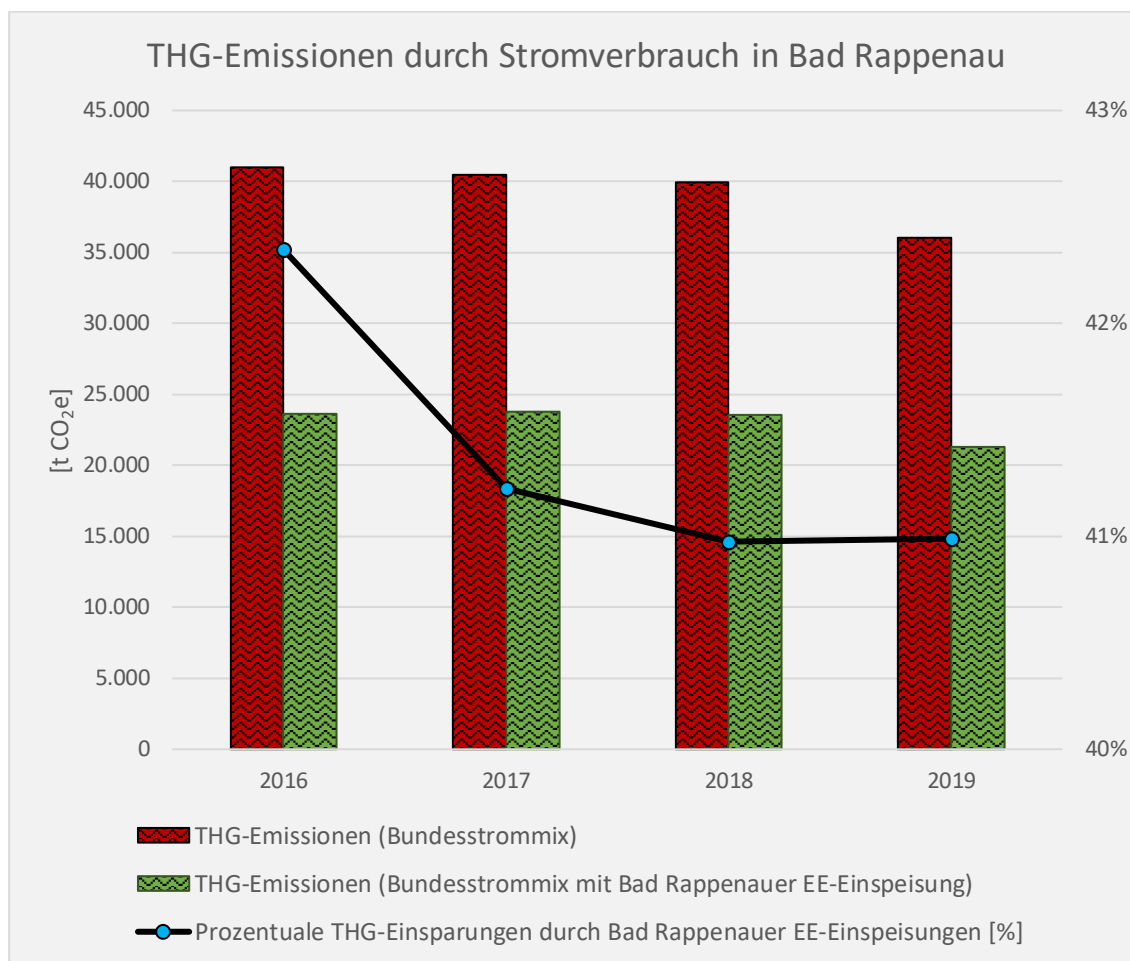


Abbildung 26: THG-Emissionen durch Stromverbrauch in Bad Rappenau mit Einfluss regionaler EE-Einspeisung

²¹ Es ergibt sich ein neuer jährlicher Emissionsfaktor aus einem lokalen Mix, beruhend auf Biomasse- und PV-Anteilen welche mit den jeweiligen Anteilen am Stromverbrauch verrechnet werden sowie aus der verbleibenden Strommenge die mit dem jährlichen Emissionsfaktor des Bundesmix verrechnet wird.



3.4 Zusammenfassung

Der Endenergieverbrauch in Bad Rappenau beträgt 634.526 MWh im Bilanzjahr 2019. Die Verteilung der Endenergie verdeutlicht, dass der Verkehr mit 55 % den größten Anteil aufweist. Der Sektor Wirtschaft hat einen Anteil von 16 % und private Haushalte 28%.

Der Energieträgereinsatz für Gebäude und Infrastruktur ergibt für den Energieträger Strom im Bilanzjahr einen Anteil von 26% und umfasst die Sektoren Wirtschaft und private Haushalte sowie städtische Einrichtungen und Infrastruktur²². Zur Wärmeerzeugung kommen vorrangig Erdgas mit 41 % und Heizöl mit 31 % zum Einsatz.

Die durch den Endenergieverbrauch der Stadt Bad Rappenau verursachten Treibhausgasemissionen ergeben im Bilanzjahr eine Summe von **192.233 Tonnen CO₂-Äquivalenten**. Gemäß der Territorialbilanz werden 57 % der Emissionen im Verkehr verursacht, 16 % im Sektor Wirtschaft und 26 % durch den Endenergieverbrauch privater Haushalte²³. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich pro Kopf ein Wert von 8,9 t/a.

Die dezentrale erneuerbare Stromeinspeisung nimmt im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch im Stadtgebiet einen Anteil von 45 % im Jahr 2019 ein, wobei Strom aus Biomasse mit 56 % der gesamten regenerativen Stromproduktion den größten Anteil ausmacht. Die Stromerzeugung durch Photovoltaik umfasst einen Anteil von 47 % des Stromverbrauchs privater Haushalte.

²² Werden die Anteile von Heizstrom (im Wesentlichen Nachtspeicherheizungen) und Strom zum Einsatz von Wärmepumpen (Umweltwärme) herausgerechnet, ergibt sich für den Energieträger Strom ein Anteil von 24,5 % am Endenergieverbrauch von Gebäuden und Infrastruktur.

²³ Wird der Anteil der Autobahn A6 herausgerechnet, ergibt sich für den Sektor Verkehr (verbleibende Summe aus innerorts und außerorts) ein Anteil von 26 % an den Gesamtemissionen. Die Anteile an den Gesamtemissionen der Sektoren Wirtschaft und private Haushalte betragen dann 27 % und 45 %.



3.5 Exkurs: Nichtenergetische Emissionen

Die Bereitstellung und Nutzung von Energie stellen in Deutschland die wichtigste Quelle für anthropogene THG-Emissionen dar. Die Höhe der Emissionsbelastung einer Kilowattstunde Strom oder Wärme hängt vom Kraftwerkstyp (Anlagentechnik und Alter) sowie dem eingesetzten Brennstoff ab und wird mit dem Emissionsfaktor quantifiziert. Auch wenn der Energiesektor mit Strom, Wärme und Verkehr die größte Quelle menschlich verursachter THG-Emissionen ist, sind die Nichtenergetischen Emissionen nicht unerheblich. Im Folgenden werden diese Emissionsmengen für Bad Rappenau beschrieben, basierend auf Berechnungen mit Ecospeed.

Grundsätzlich werden dabei THG-Emissionen analog zum BSKO-Standard in CO₂-Äquivalente umgerechnet, wobei Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW/HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe/Fluorcarbone (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) berücksichtigt werden. Im Rahmen der Berechnungen wurden Daten für folgende Nichtenergetische Quellen ausgewertet:

- ❖ Industrielle Prozesse
- ❖ Flüchtige Emissionen
- ❖ Abwasser und Abfall
- ❖ Landwirtschaft
- ❖ LULUCF

Industrielle Prozesse sind dank moderner Anlagentechnik deutlich weniger klimaschädlich geworden, wenngleich die Industrie als Ganzes nach der Energiewirtschaft die bedeutendste Emissionsquelle in Deutschland darstellt (vgl. Abbildung 1), wo rauchende und rußende Fabrikschlote seltener geworden sind. In Bad Rappenau sind keine Industriegebiete ausgewiesen, woraus folgt, dass keine THG-Emissionen durch Raffinerie, Eisen- oder Stahlproduktion, Herstellung von Nichteisenmetallen, chemische Produkte, Papierproduktion, Nahrungsmittelproduktion, Gipsherstellung, Zementproduktion, Asphaltherstellung, Glasherstellung, Glasverarbeitung, Steinwolleherstellung, Ziegeleien, Feinkeramik, Kehrlichtverbrennung oder sonstige Großemittenten in industriellen Prozessen berechnet werden. Im Verarbeitenden Gewerbe von Bad Rappenau werden mit Ecospeed durch die Erwerbstätigenanzahl in jenem Sektor jährliche Nichtenergetische Emissionen von CH₄, N₂O, HFC im einstelligen Tonnenbereich sowie CO₂-Emissionen zwischen 8.022 t und 8.947 t berechnet für die Summe der Nicht-Großemittenten im Bilanzzeitraum von 2016 bis 2019.

Viele Produkte und Anwendungen im alltäglichen Gebrauch wie Dämmstoffe, Lacke, Kältemittel von Klimaanlage oder die Produktion von Halbleitern setzen Gase frei, wobei Lösemittel und fluorierte Verbindungen Menschen und Klima schädigen. Im Bereich der flüchtigen Emissionen werden für Bad Rappenau verhältnismäßig geringe Mengen von 332 bis 361 t CO₂e im Bilanzzeitraum berechnet, wobei keine relevanten Emissionen durch größere Anwendungen wie Lackierung, Entfettung und chemische Reinigung, Herstellung oder Anwendung chemischer Produkte, Verwendung von Schmierstoffen oder Paraffin zu verzeichnen sind.

Überall, wo organisches Material unter Luftabschluss verrottet, entsteht Methan. Mülldeponien oder offene Klärschlammfäulung sind daher mächtige Emissionsquellen. Je weniger Müll auf Deponien verrottet, desto weniger klimaschädliche THG-Emissionen entstehen. In Deutschland wurden in diesem Bereich seit 1990 große Einsparungen erreicht. Durch das Recycling von Wertstoffen, die Aufbereitung von Hausmüll, der Kompostierung von Bioabfällen, der zunehmenden energetischen Nutzung von Siedlungsabfällen und der Reduktion von Abwasser können beträchtliche Emissionsmengen vermieden werden. Für die Abfallentsorgung, die im Landkreis Heilbronn über den Abfallwirtschaftsbetrieb (Landratsamt) läuft, können für Bad



Rappenau im Bilanzzeitraum jährlich etwa 80 t an Methanemissionen abgeschätzt werden, hinzu kommen die Emissionen für die Abwasserbehandlung, womit in der Summe jährlich mehrere tausend Tonnen CO₂-Äquivalente im Bereich Abwasser und Abfall entstehen. Mit der Vermüllung des öffentlichen Raums (Littering) gehen auch in Bad Rappenau für Mensch und Natur Einschränkungen, Gefährdungen und Aufwendungen zur Bekämpfung einher. Nicht nur die Tatsache, dass Schädlinge wie Ratten in Siedlungsräume gelockt werden, oder Kunststoffabfälle zu Mikroplastik zerfallen und über die Eindringung in Ökosysteme von dort in unsere Nahrung und Körper gelangen, stellen Gefahren dar. Zigarettenstummel enthalten etliche Giftstoffe, welche durch Regen ausgespült werden und über die Böden auch in Gewässer gelangen. Für Tiere ist Abfall durchaus nicht immer von Nahrung unterscheidbar. Die Vermüllung wirkt sich nicht nur auf das Wasser oder unsere Lebensqualität aus, sondern auch auf die Luft.

Die Grundlagen für unsere Lebensmittelproduktion werden durch die Landwirtschaft sichergestellt. Getreide, Ölpflanzen, Fleisch, Eier und Milch benötigen Fläche. Ebenso oder eher noch viel stärker wird landwirtschaftliche Nutzfläche durch Futtermittel für Tiere oder Energiepflanzen beansprucht. Stark gedüngte Felder, Mist- und Güllelagerung sowie wiederkäuende Rinder bedingen die Freisetzung von Ammoniak und Treibhausgasen wie CH₄ und N₂O. Die bilanzielle Anrechnung von Strom und Wärme/Kälte für Ställe erfolgt dahingegen über den Energiebereich. Während in Bad Rappenau keine relevanten THG-Emissionen durch Brandrodung oder Verbrennung von Ernterückständen auf Flächen verursacht werden, werden jährlich bis zu 20 Tonnen N₂O durch landwirtschaftliche Böden freigesetzt und etwa 40 t Methan durch Wirtschaftsdünger-Management für Schweine, Milchkühe, Rinder und Geflügel sowie etwa 150 t CH₄ durch Fermentation bei der Verdauung. In Summe können die jährlichen THG-Emissionen im Betrachtungszeitraum für die Landwirtschaft auf Bad Rappenauer Fläche mit etwa 9.206 bis 10.089 t CO₂e geschätzt werden, im Wesentlichen durch landwirtschaftliche Böden, Fermentation bei der Verdauung und Wirtschaftsdünger.

Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) haben direkten Einfluss auf große Kohlenstoffspeicher, denn sowohl Böden und deren Vegetation als auch Wälder speichern Kohlenstoff. Durch intensive Nutzungen oder Nutzungsänderungen kann es zur Freisetzung von Kohlendioxid kommen, was ebenfalls einen erheblichen Anteil am Treibhauseffekt ausmacht. Maßnahmen gegen diesen Effekt richten sich an nachhaltige Waldbewirtschaftung und bodenschonende Bearbeitungsmethoden im Ackerbau, den Erhalt von Dauergrünland, die Reduzierung der Entwässerung sowie die Wiedervernässung von Moorböden. Inwieweit Stürme, Dürre und Insekten in den vergangenen drei Jahren Einfluss auf die Kohlenstoffspeicher der deutschen Wälder haben, wird sich in den Analysen der Bundeswaldinventur 2022 aufzeigen, deren Ergebnisse ab dem Jahr 2023 im LULUCF-Inventar Berücksichtigung finden. Mit Ecospeed und dem deutschen Treibhausgasinventar wurde eine Senkenleistung für die Waldflächen in Bad Rappenau von 7.652 t bis 6.202 t CO₂/a berechnet, mit abnehmender Tendenz, jedoch unterscheidet sich die Baumartenzusammensetzung und der Zustand vor Ort zum Bundesdurchschnitt (vgl. Kapitel 6.7.4). Freisetzungen von CO₂ und Lachgasemissionen durch Humusverluste aufgrund von Landnutzungsänderungen bei Mineralböden sind weiterhin von Bedeutung, ebenso wie Methanemissionen aus organischen Böden und Entwässerungsgräben werden Lachgasemissionen aus dem Düngemittel-Management im LULUCF bilanziert.



4. Potenzialanalyse der Stadt Bad Rappenau

Aufbauend auf den Ergebnissen der Energie- und THG-Bilanz wird nachfolgend eine Potenzialanalyse durchgeführt. Dabei werden die Potenziale für Energieeinsparung sowie -effizienzsteigerung in den Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr dargestellt und zum Teil bereits Szenarien herangezogen:

- Das „Trendszenario“, welches keine bis lediglich geringfügige Veränderungen in der Klimaschutzarbeit vorsieht
- Das „Klimaschutzszenario“, welches mittlere bis starke Veränderungen in Richtung Klimaschutz prognostiziert

Des Weiteren werden innerhalb der Potenzialanalyse die Maximal-Potenziale im Ausbau der erneuerbaren Energien dargestellt.

Grundlage dieser Annahmen sind bundesweite Studien, die Prognosen für die Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr treffen (nachfolgende Übersicht).

In der Potenzialanalyse verwendete Studien:

Sektor Private Haushalte

- **Mehr Demokratie e.V., BürgerBegehren Klimaschutz (2020):** Handbuch Klimaschutz, Wie Deutschland das 1,5-Grad-Ziel einhalten kann.
- **Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021):** Klimaneutrales Deutschland 2045, Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.

Sektor Wirtschaft (Zusammenfassung von Industrie und GHD)

- **Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (2021):** Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD, Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB).
- **Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München, IREES GmbH Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (2015):** Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013, Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).
- **Solar-Institut Jülich der FH Aachen in Koop. mit Wuppertal Institut und DLR (2016):** Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung, Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz, Aachen 2016.

Sektor Verkehr

- **Öko-Institut e.V., Fraunhofer ISI (2015):** Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- **Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021):** Klimaneutrales Deutschland 2045, Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.



Die Potenzialanalyse wird nach dem folgenden Schema durchgeführt:

- Abschätzung der Einsparpotenziale für die jeweiligen Sektoren nach Trend- und Klimaschutzszenario bis zum Zieljahr
- Ermittlung der Potenziale erneuerbarer Energien zur Substitution von Energiebedarfen
- Zusammenbringen der ermittelten Einsparpotenziale sowie der Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien, welche als Basis für die Erreichung der THG-Minderungspfade dienen

Damit bietet die Potenzialanalyse wichtige Ansatzpunkte zur Entwicklung von Maßnahmen.

Nachfolgend werden die Einsparpotenziale der Stadt Bad Rappenau in den Bereichen private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr sowie die erneuerbaren Energien betrachtet und analysiert. Die Berechnungen der Potenzialanalyse und deren grafische Darstellung erfolgte (soweit nicht gesondert angegeben) durch die energienker projects GmbH.

4.1 Private Haushalte

Gemäß der in Kapitel 3 dargestellten Energie- und THG-Bilanz der Stadt Bad Rappenau entfallen im Jahr 2019 rund 28 % der Endenergie auf den Sektor der privaten Haushalte. Während rund 19 % der Endenergie auf den Strombedarf der privaten Haushalte zurückzuführen sind, nimmt der Wärmebedarf mit rund 81 % einen wesentlichen Anteil am Endenergiebedarf ein und weist ein erhebliches THG-Einsparpotenzial auf.

Wärmebedarf

Durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands können der Endenergiebedarf und damit die THG-Emissionen im Bereich der privaten Haushalte erheblich reduziert werden. Von zentraler Bedeutung sind dabei zum einen die Verbesserung der Effizienz der Gebäudehüllen sowie die Umstellung der Wärmeversorgung hin zu erneuerbaren Energieträgern, wie etwa Wärmepumpen und Solarthermie (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021).

In Abbildung 27 sind fünf unterschiedliche Sanierungsszenarien und der jeweilige Anteil sanierter Gebäude im Zieljahr abgebildet:

- **Trendszenario:** Hier wird eine lineare Sanierungsrate von 0,8 % p. a. angenommen.
- **Klimaschutzszenario Handbuch Klimaschutz:** Hier steigt die Sanierungsrate von 0,8 % p. a. jährlich um 0,1 % auf maximal 2,8 % p. a. und ist danach gleichbleibend.
- **Klimaschutzszenario Klimaneutrales Deutschland 2045:** Hier steigt die Sanierungsrate ausgehend von 0,8 % p. a. auf 1,8 % p. a. und ist danach gleichbleibend.
- **Klimaschutzszenario Ariadne-Report:** Hier wird eine variable, stark schwankende Sanierungsrate angenommen, die im Maximum 2,3 % p. a. erreicht.
- **Klimaschutzszenario dena-Leitstudie:** Hier steigt die Sanierungsrate ausgehend von 0,8 % p. a. zu Beginn stark an auf 2,4 % p. a. und ist danach gleichbleibend.

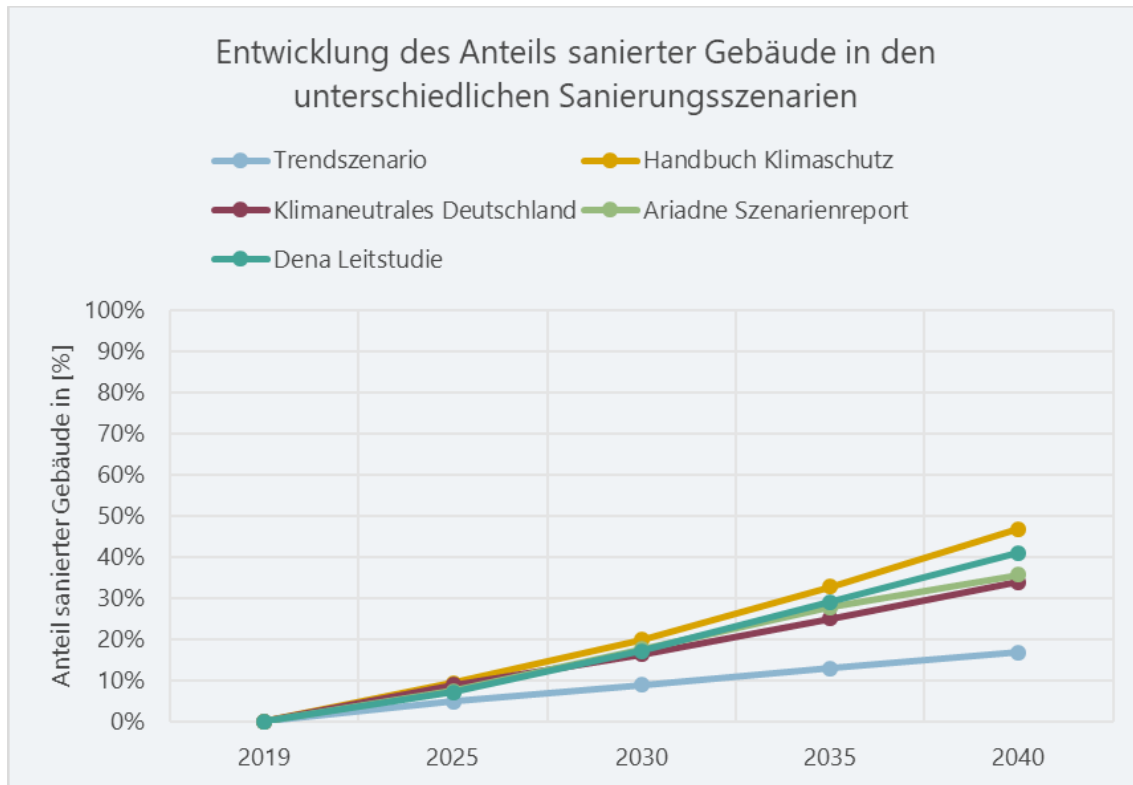


Abbildung 27: Entwicklung des Anteils sanierter Gebäude in den Sanierungsszenarien

Wie der vorangestellten Abbildung zu entnehmen ist, können auf Grundlage dieser Annahmen und Studien im Trendszenario bis zum Zieljahr 2040 lediglich 16,8 % der Gebäude saniert werden, während nach dem Sanierungspfad des Handbuchs Klimaschutz 46,8 % der Gebäude saniert wären. Die anderen Studien prognostizieren dagegen Werte innerhalb dieses Korridors.

Neben der Sanierungsrate spielt zudem die Sanierungstiefe eine entscheidende Rolle. Für die Szenarien wurden dabei folgende Annahmen getroffen:

- Trendszenario: Sanierungstiefe nach GEG-Standard (50 kWh/m²)
- Klimaschutzenszenario: Sanierungstiefe nach EH55-Standard (21 kWh/m²) zwischen 2020 und 2030 sowie EH40-Standard (16 kWh/m²) nach 2030

Abbildung 28 zeigt die möglichen Einsparpotenziale der unterschiedlichen Sanierungsszenarien. Als Referenzgröße werden hier zudem die maximalen Einsparmöglichkeiten bei Vollsanierung (Sanierung aller Gebäude) des Gebäudebestands im Trend- sowie im Klimaschutzenszenario aufgezeigt. Bei einer Vollsanierung im Klimaschutzenszenario können bestenfalls 78 % des Wärmebedarfs im Bereich der privaten Haushalte eingespart werden (100 % saniert bis 2040). Im Trendszenario würde eine Sanierungsrate von 100 % dagegen lediglich zu einer Einsparung in Höhe von 61 % führen. Grund hierfür sind die unterschiedlichen Annahmen bzgl. der Sanierungstiefe (siehe oben).

Erfolgt die Sanierung nach dem Sanierungspfad Handbuch Klimaschutz können rund 37 % des Wärmebedarfs eingespart werden (siehe oben: 46,8 % der Gebäude sind bis zum Jahr 2040 saniert).

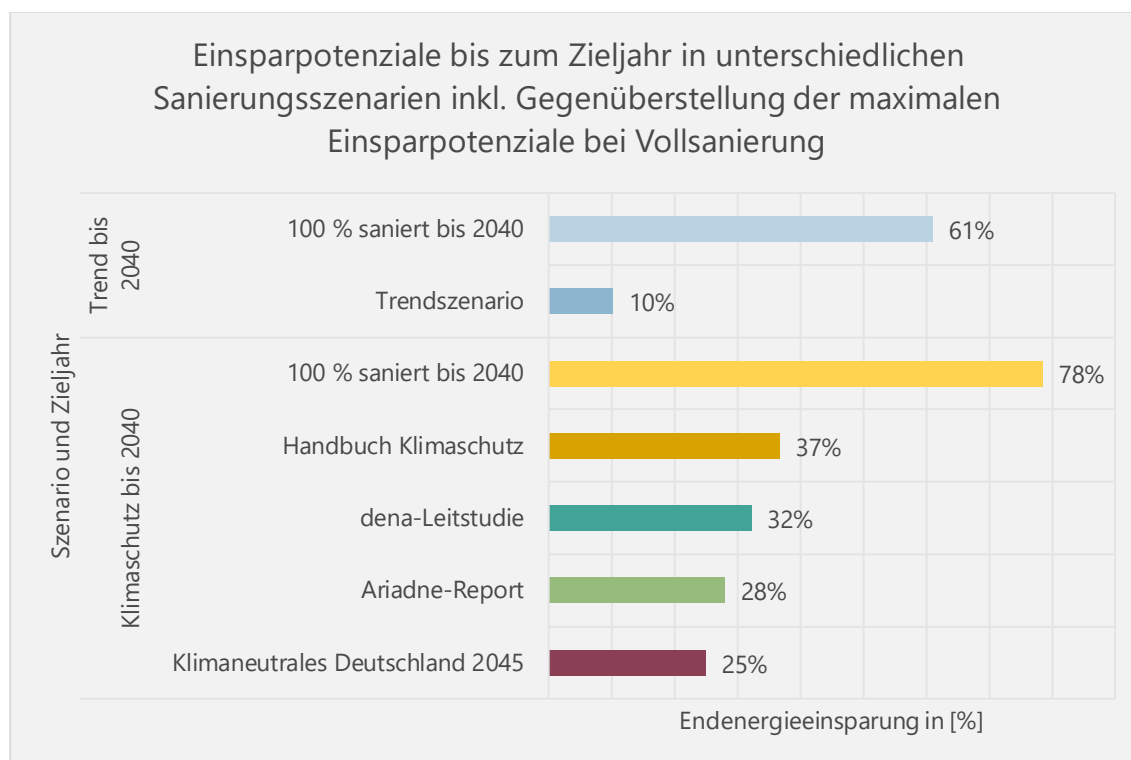


Abbildung 28: Einsparpotenziale bis zum Zieljahr in den unterschiedlichen Sanierungsszenarien inkl. Gegenüberstellung der maximalen Einsparpotenziale bei Vollsanierung

Strombedarf

Grundlage für die Berechnung des Strombedarfs bildet die Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“. Hier wird von einem Strombedarf von 127 TWh deutschlandweit im Jahr 2018 und 114 TWh im Jahr 2045 ausgegangen (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021). Mithilfe dieser Basiswerte wurde ein prozentualer Absenkepfad in 5-Jahres-Schritten berechnet. Damit nimmt der Strombedarf nach eigenen Berechnungen von 3.107 kWh pro Haushalt im Jahr 2020 um 10,2 % bis 2040 ab, sodass dieser einen Wert von 2.787 kWh pro Haushalt erreicht. Berücksichtigt sind hierbei etwa eine Effizienzsteigerung von Elektrogeräten und der Beleuchtung (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021).

Einfluss des Nutzerverhaltens (Suffizienz)²⁴

Im Besonderen das Nutzerverhalten (Suffizienz als Verzicht auf Überfluss) nimmt einen wesentlichen Einfluss auf das Endenergieeinsparpotenzial im Bereich der privaten Haushalte. Die Effizienzsteigerung der Geräte kann durch die Ausstattungsraten und das Nutzerverhalten begrenzt werden. Eine rein technische Betrachtung führt stets zu einer starken Verminderung des Haushaltsstrombedarfs.

In der Realität zeigt sich jedoch, dass besonders effiziente Geräte zu sogenannten Rebound-Effekten führen. Das bedeutet, dass mögliche Stromeinsparungen durch neue Geräte, beispielsweise durch die stärkere Nutzung dieser oder durch die Anschaffung von Zweitgeräten (Beispiel: der alte Kühlschrank kommt in den Keller und wird dort weiterhin genutzt), begrenzt

²⁴ Suffizienz steht für das „richtige Maß“ im Verbrauchsverhalten der Nutzenden und kann auf alle Lebensbereiche übertragen werden.

<https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/wissensportal/suffizienz#c563-content-3>
<https://energiesuffizienz.wordpress.com/>



oder sogar vermindert werden (Sonnberger, 2014). Des Weiteren ist es bei einigen Geräten auch schlichtweg nicht möglich, große Effizienzsteigerungen zu erzielen. Deshalb ist der Strombedarf in der Zielvision für 2040 nicht um ein Vielfaches geringer als in der Ausgangslage.

Um Einfluss auf das Nutzerverhalten zu nehmen, kann die Kommune etwa Aufklärungsarbeit leisten und die Bevölkerung für Reboundeffekte sensibilisieren.

Endenergiebedarf

Für die Stadt Bad Rappenau wird nach Abstimmung für die weitere Berechnung des Klimaschutzszenarios die Sanierungsrate nach dem Handbuch Klimaschutz gewählt, sodass sich der ursprüngliche Wärmebedarf in Höhe von 142.426 MWh auf 90.111 MWh im Jahr 2040 reduziert. Der Strombedarf sinkt von 32.582 MWh auf 29256 MWh. Die nachfolgende Abbildung 29 gibt – aufgeteilt nach Trend- und Klimaschutzszenario – einen vollständigen Überblick über die möglichen Entwicklungen des Endenergiebedarfs im Sektor private Haushalte in der Stadt Bad Rappenau. Demnach kann der Endenergiebedarf von insgesamt 175.008 MWh im Klimaschutzszenario auf 119.379 MWh reduziert werden; im Trendszenario dagegen ist lediglich eine Reduzierung auf 157.090 MWh möglich.

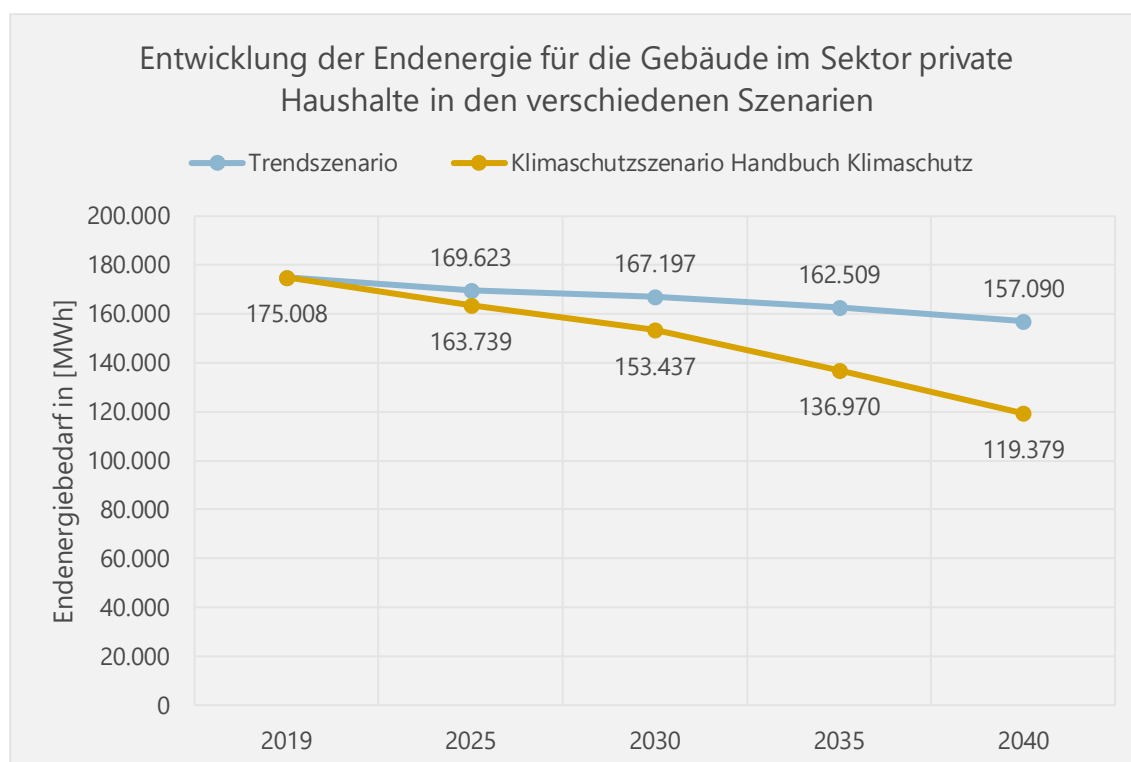


Abbildung 29: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Sektor private Haushalte im Trend- und Klimaschutzszenario

Einflussbereich der Kommune

Um die Potenziale zu heben, muss die Sanierungsquote stark gesteigert werden. Da hier kein direkter Zugriff durch die Stadt Bad Rappenau möglich ist, müssen die Eigentümer zur Sanierung motiviert werden. Dies geht vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit sowie über die Ansprache von Akteuren (Handwerker, Berater, Wohnungsgesellschaften). Einen weiteren Ansatzpunkt stellt die finanzielle Förderung von privaten Sanierungsvorhaben dar. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die BAFA) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.



4.2 Wirtschaft

Die Energie- und THG-Bilanz in 3.2 hat ergeben, dass rund 16 % (103.859 MWh) des gesamten Endenergiebedarfs auf den Sektor Wirtschaft entfallen.

Im industriellen Bereich liegen die Einsparpotenziale vor allem im effizienteren Umgang mit Prozesswärme (Brennstoffe) und mechanischer Energie (Strom). Im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) wird dagegen ein großer Teil der Energie zur Bereitstellung von Raumwärme sowie zur Beleuchtung und Kommunikation eingesetzt. Abbildung 30 zeigt die unterschiedlichen Einsparpotenziale nach Querschnittstechnologien.

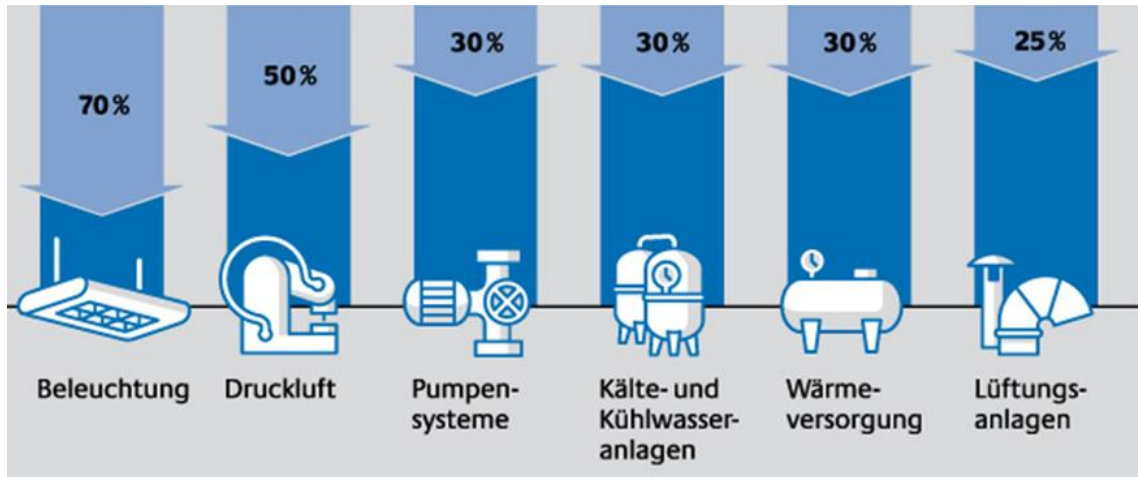


Abbildung 30: Energieeinsparpotenziale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014)

Für die Ermittlung der Einsparpotenziale von Industrie und GHD wird auf das Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung zurückgegriffen (Solar Institut Jülich der FH Aachen in Kooperation mit Wuppertal Institut und DLR, 2016).²⁵ Dieses weist in den zwei verschiedenen Szenarien (Trend- und Klimaschutzszenario) Potenziale für die Entwicklung des Energiebedarfs in Industrie sowie GHD aus.

Für die Berechnung werden folgende Größen verwendet:

- **Spezifischer Effizienzindex:** Entwicklung der Energieeffizienz der entsprechenden Technologie bzw. der Effizienzpotenziale im spezifischen Einsatzbereich.
- **Nutzungsintensitätsindex:** Intensität des Einsatzes einer bestimmten Technologie bzw. eines bestimmten Einsatzbereiches. Hier spiegelt sich in starkem Maße auch das Nutzerverhalten oder die technische Entwicklung hin zu bestimmten Anwendungen wider.
- **Resultierender Energiebedarfsindex:** Aus der Multiplikation von spezifischem Effizienzindex und Nutzungsintensitätsindex ergibt sich der Energiebedarfsindex. Mit Hilfe dieses Wertes lassen sich nun Energiebedarfe für zukünftige Anwendungen berechnen. Dies geschieht, indem der Energiebedarf aus dem Bilanzjahr 2019 mit dem resultierenden Energiebedarfsindex für 2040 multipliziert wird.

²⁵ Für weitere Nebenrechnungen wurden zudem die Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, 2021) sowie der Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (IREES, 2015) genutzt.



In der nachfolgenden Tabelle 11 sind die Grundlagendaten der Studie Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung (etwa der Energiebedarfsindex 2010 sowie der spezifische Effizienzindex und der Nutzungsintensitätsindex 2050; (Solar Institut Jülich der FH Aachen in Kooperation mit Wuppertal Institut und DLR, 2016)) dargestellt. Auf Grundlage dieser Werte wurde der resultierende Energiebedarfsindex für das Zieljahr 2040 ermittelt. Dabei wurde in beiden Szenarien (Trend- und Klimaschutzszenario) jeweils eine exemplarische Erweiterung der Wirtschaftsfläche von 33 % bis zum Zieljahr 2040 berücksichtigt.

Trendszenario				
	Energiebedarfsindex 2010	Spezifischer Effizienzindex 2050	Nutzungsintensitätsindex 2050	Resultierender Energiebedarfsindex 2040
Prozesswärme	100 %	95 %	90 %	111 %
Mech. Energie	100 %	80 %	90 %	97 %
IKT	100 %	67 %	151 %	129 %
Kälteerzeuger	100 %	75 %	100 %	100 %
Klimakälte	100 %	75 %	100 %	100 %
Beleuchtung	100 %	55 %	100 %	82 %
Warmwasser	100 %	95 %	100 %	122 %
Raumwärme	100 %	60 %	100 %	86 %
Klimaschutzszenario				
	Energiebedarfsindex 2010	Spezifischer Effizienzindex 2050	Nutzungsintensitätsindex 2050	Resultierender Energiebedarfsindex 2040
Prozesswärme	100 %	95 %	90 %	111 %
Mech. Energie	100 %	67 %	90 %	86 %
IKT	100 %	67 %	151 %	129 %
Kälteerzeuger	100 %	67 %	100 %	92 %
Klimakälte	100 %	67 %	100 %	92 %
Beleuchtung	100 %	55 %	100 %	82 %
Warmwasser	100 %	95 %	90 %	111 %
Raumwärme	100 %	45 %	100 %	74 %

Tabelle 11: Grundlagendaten und resultierender Energiebedarfsindex für die Szenarien

Wie der vorangestellten Tabelle 11 zu entnehmen, werden – mit Ausnahme von Prozesswärme und Warmwasser – in sämtlichen Bereichen hohe Effizienzgewinne angesetzt. Die, unter Berücksichtigung der Erweiterung der Wirtschaftsfläche, entstehenden resultierenden Energiebedarfsindizes sind der letzten Spalte zu entnehmen. Einsparungen sind dementsprechend vor allem in den Bereichen mechanische Energie, Beleuchtung und Raumwärme zu erzielen.

Die oben dargestellten Parameter werden nachfolgend auf die Jahre 2019 bis 2040 in 5-Jahres-Schritten hochgerechnet. Die nachfolgende Abbildung 31 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für den gesamten Wirtschaftssektor. Dabei wird erkenntlich, dass im Klimaschutzszenario bis zu 4 % Endenergie eingespart werden können. Das Trendszenario führt zu keiner Einsparung des Endenergiebedarfs.

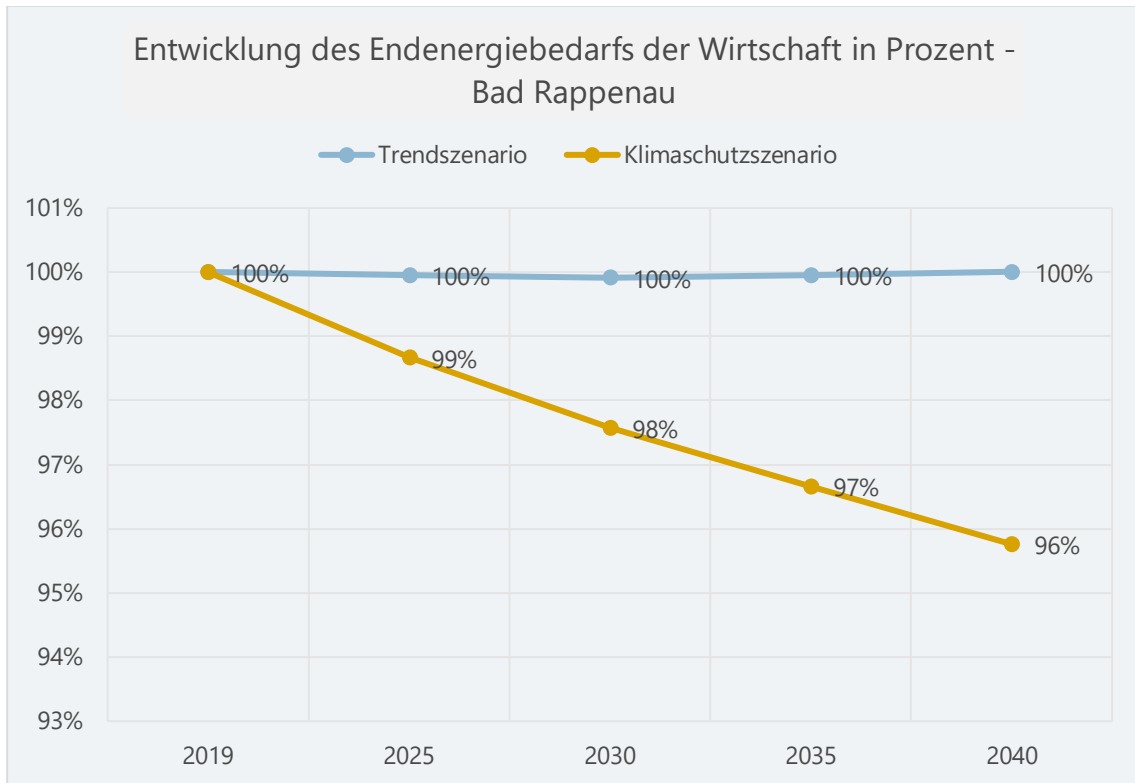


Abbildung 31: Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wirtschaft in Prozent



Endenergiebedarf der Wirtschaft

Die Potenziale werden in der nachfolgenden

Abbildung 32 nach Anwendungsbereichen und Energieträgern (Strom und Brennstoff) aufgeteilt dargestellt. Dabei erfolgt eine getrennte Betrachtung des Ausgangsjahres sowie der beiden Szenarien (Trend- und Klimaschutzszenario).

Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen im Ausgangs- und Zieljahr - Bad Rappenau

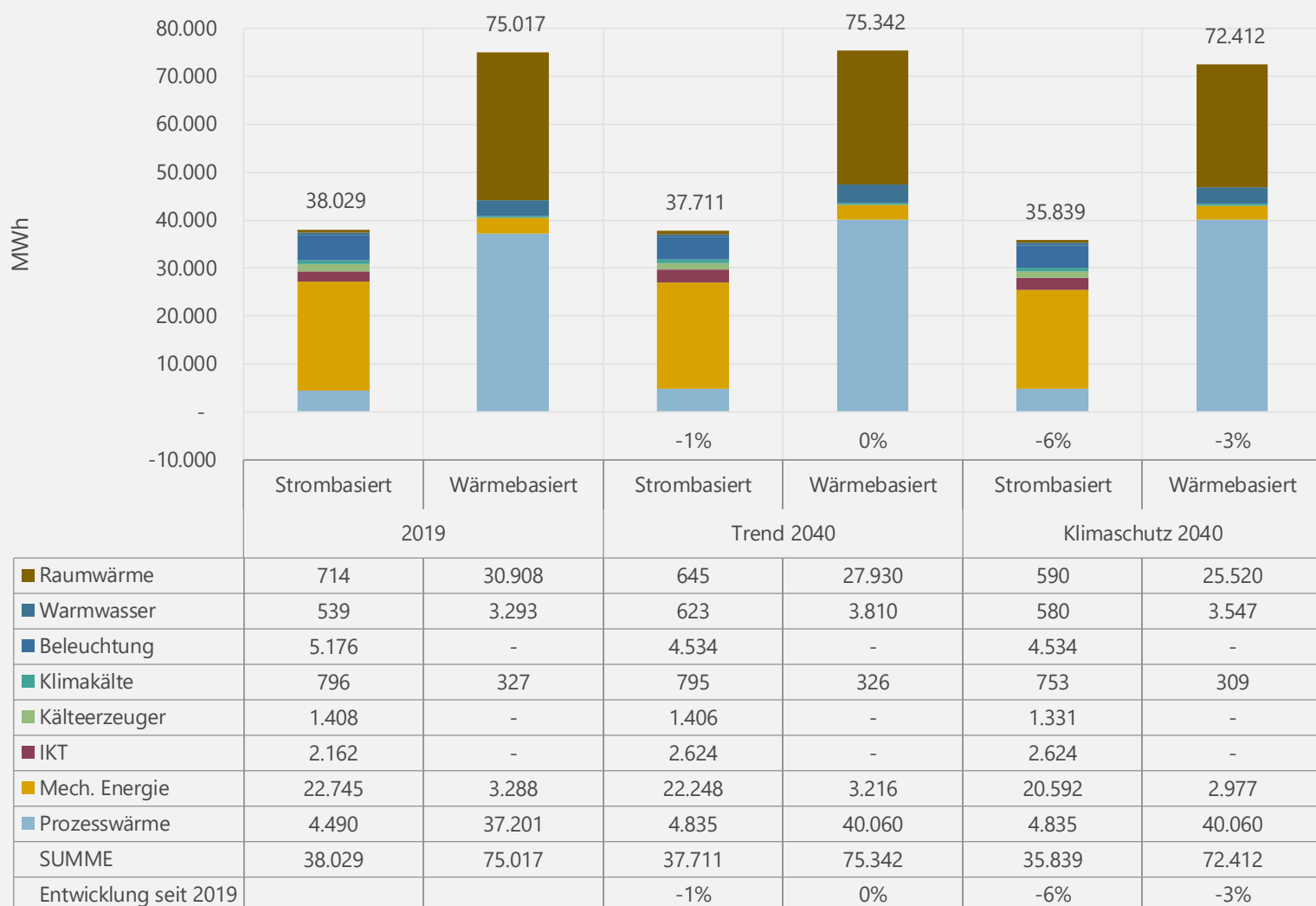


Abbildung 32: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen im Ausgangs- und Zieljahr (Berechnung und Darstellung: energielenker projects GmbH)

Es wird ersichtlich, dass in der Stadt Bad Rappenau auch im Wirtschaftssektor prozentual gesehen große Einsparpotenziale im Bereich der Raumwärme liegen. So können im Klimaschutzszenario 2040 rund 5.388 MWh Raumwärmebedarf eingespart werden; dies entspricht einer Einsparung von rund 17 %. Über alle wärmebasierten Anwendungsbereiche hinweg können insgesamt bis zu 2.605 MWh bzw. rund 3 % der Endenergie eingespart werden. Im Bereich Strom lassen sich im Klimaschutzszenario über alle Anwendungsbereiche hinweg rund 6 % einsparen. Hierbei zeigen



sich mit 2.153 MWh möglicher Reduktion vor allem Einsparpotenziale im Bereich der mechanischen Energie. Dies vor allem durch den Einsatz effizienterer Technologien.

Einflussbereich der Kommune

Um insbesondere das Einsparpotenzial im Bereich der Räumwärme zu heben, muss die Sanierungsquote gesteigert werden. Da auch hier kein direkter Zugriff durch die Verwaltung der Stadt Bad Rappenau möglich ist, müssen die Unternehmen zur Sanierung motiviert werden. Wie im Sektor der privaten Haushalte kann dies vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit sowie Ansprache von Akteuren erfolgen. Die finanzielle Förderung von Sanierungsvorhaben ist hier ebenfalls ein wichtiger Faktor. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die Bafa) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.

Über gesetzgeberische Aktivitäten ließen sich zudem Standards für Energieeffizienzen anheben. Auch hier sind Land, Bund oder EU aufgefordert, aktiv zu werden.

Ein zusätzlicher Anreiz zu energieeffizienter Technologie und rationellem Energieeinsatz können künftige Preissteigerungen im Energiesektor sein. Dies wird jedoch entweder über die Erhebung zusätzlicher bzw. Anhebung von bestehenden Energiesteuern erreicht oder über Angebot und Nachfrage bestimmt.

4.3 Verkehr

Der Sektor Verkehr hat mit einem Anteil von 55 % am Endenergieverbrauch einen erheblichen Einfluss auf die THG-Emissionen der Stadt Bad Rappenau (vgl. Kapitel 3.2). Da in diesem Sektor der Anteil erneuerbarer Energien bzw. alternativer Antriebe nach wie vor sehr gering ist, bietet der Sektor Verkehr langfristig hohe Einsparpotenziale. Bis zum Zieljahr 2040 ist davon auszugehen, dass ein Technologiewechsel auf alternative Antriebskonzepte (z. B. E-Motoren und Brennstoffzellen) aber auch eine Verkehrsverlagerung Richtung Umweltverbund stattfinden wird. In Verbindung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien im Stromsektor (entweder auf Stadtgebiet gewonnen oder von außerhalb zugekauft) kann dadurch langfristig von einem hohen THG-Einsparpotenzial ausgegangen werden.

Aufbauend auf den Studien „Klimaschutzszenario 2050“ (Öko-Institut / Fraunhofer ISI, 2015) und „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021) wurden die Entwicklungen der Fahrleistung sowie die Entwicklungen der Zusammensetzung der Verkehrsmittel für die zwei unterschiedlichen Szenarien hochgerechnet (Trend- und Klimaschutzszenario). Dabei wurden vorhandene Daten, wie z. B. zurückgelegte Fahrzeugkilometer und der Endenergieverbrauch verwendet.

Basis für das **Trendszenario** sind Werte aus dem „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“ der Studie „Klimaschutzszenario 2050“ (Öko-Institut / Fraunhofer ISI, 2015). Das **Klimaschutzszenario** basiert dagegen auf der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021) und stellt eine maximale Potenzialausschöpfung dar.



Entwicklung der Fahrleistungen

Nachfolgend sind die Fahrleistungen für das Trend- und das Klimaschutzszenario bis 2040 dargestellt. Daran schließen sich die Ergebnisse der Endenergiebedarfs- und Potenzialberechnungen für den Sektor Verkehr an.

Wie der nachfolgenden Abbildung 33 zu entnehmen, zeigt sich für das Trendszenario bis 2040 insgesamt eine leichte Zunahme der Fahrleistungen. Während der motorisierte Individualverkehr um rund 1 % ansteigt, steigen die Verkehrsmittel leichte Nutzfahrzeuge (LNF) und Lastkraftwagen (LKW) um jeweils rund 14 % an. Bei den Bussen ist mit einer leichten Abnahme der Fahrleistung zu rechnen.

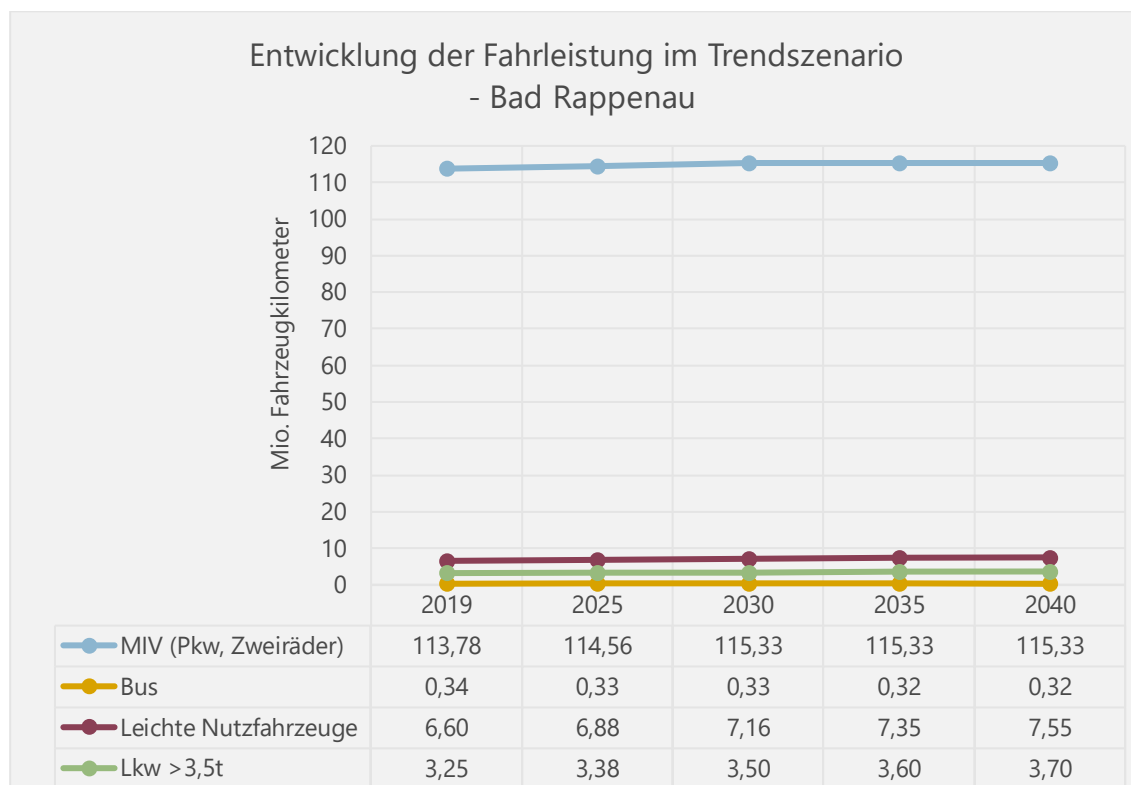


Abbildung 33: Entwicklung der Fahrleistungen im Trendszenario



Die Entwicklungen der Fahrleistungen im Klimaschutzscenario sind in der Abbildung 34 dargestellt und zeigen bis 2040 eine Abnahme der gesamten Fahrleistung um rund 19 %. Der MIV sinkt um rund 22 %. Die Fahrleistung der Busse verdoppelt sich in etwa (Zunahme in Höhe von 91 %). Für die verbleibenden Verkehrsmittel (LNF und LKW) wird eine leichte Zunahme von jeweils 10 % prognostiziert.

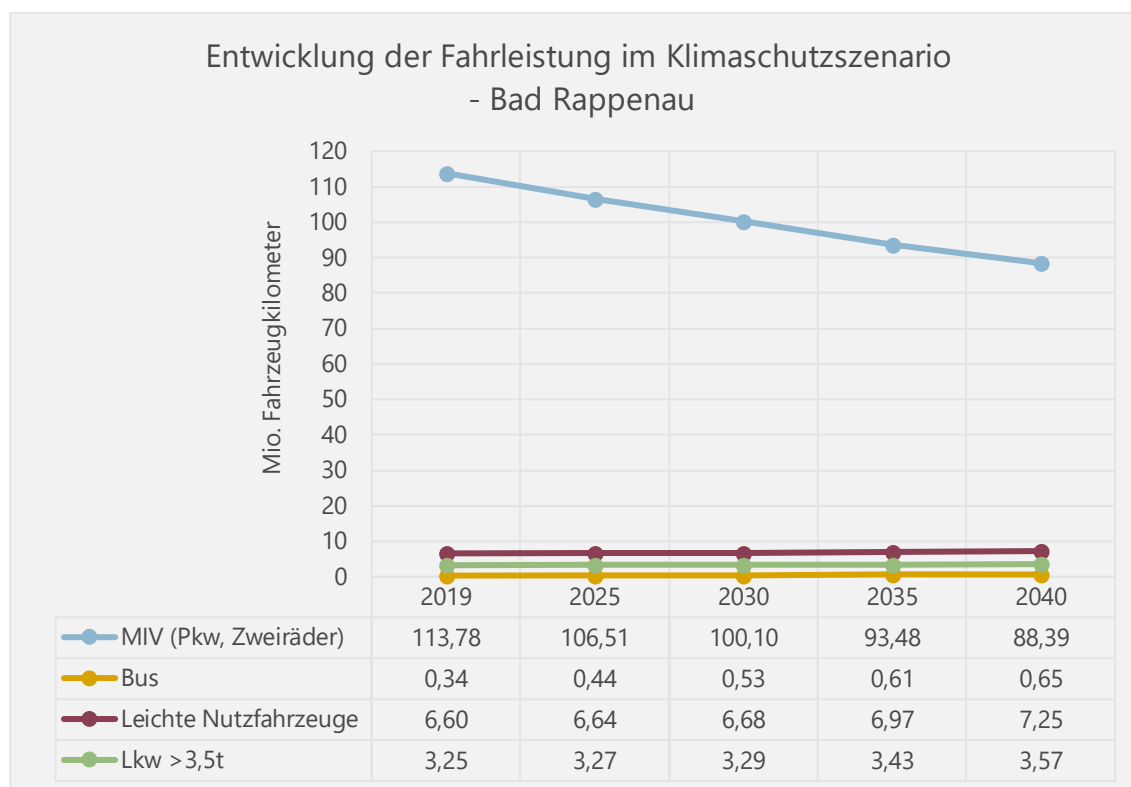


Abbildung 34: Entwicklung der Fahrleistung im Klimaschutzscenario

Wie der nachfolgenden Abbildung 35 zu entnehmen, verschiebt sich neben der Veränderung der Gesamtfahrleistung auch der Anteil der Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben zugunsten von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben. Im Klimaschutzscenario ist zu erkennen, dass bereits vor 2035 die Fahrleistung der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben die Fahrleistung der fossil betriebenen Fahrzeuge übertrifft. Für das Trendszenario gilt dies nicht. Hier dominieren weiterhin die konventionellen Antriebe, wobei auch hier der Anteil der alternativen Antriebe aufgrund sich andeutender Marktdynamiken steigen wird – allerdings nur moderat.

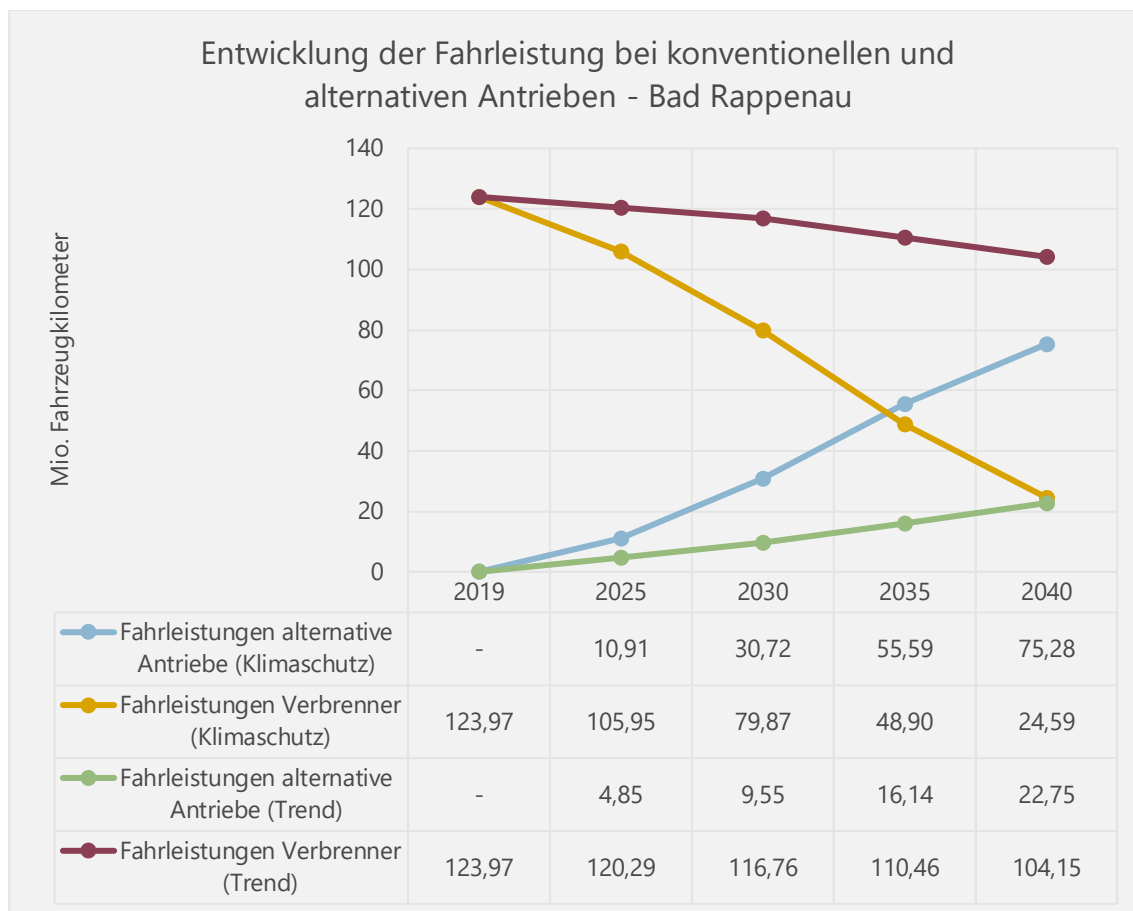


Abbildung 35: Entwicklung der Fahrleistung bei konventionellen und alternativen Antrieben²⁶

Entwicklung des Endenergiebedarfs

Auf Grundlage der dargestellten Fahrleistungen werden in der nachfolgenden Abbildung 36 die Endenergieeinsparpotenziale für beide Szenarien (Trend- und Klimaschutzszenario) berechnet. An dieser Stelle sind neben der Veränderung der Gesamtfahrleistung sowie der Zusammensetzung der unterschiedlichen Antriebsarten auch Effizienzsteigerungen einbezogen worden.

Im Trendszenario wird ein Einsparpotenzial von 29 % erreicht. Im Zieljahr 2040 beträgt der Endenergiebedarf für den Sektor Verkehr demnach noch 71 % des heutigen Endenergiebedarfs. Im Klimaschutzszenario können dagegen rund 65 % der Endenergie eingespart werden, sodass vom ursprünglichen Endenergiebedarf lediglich 35 % erhalten bleiben.

²⁶ Im Bilanzjahr 2019 ist die Fahrleistung mit alternativen Antrieben noch gering. Der elektrisierte Anteil beträgt innerorts, außerorts und auf der Autobahn in Summe für alle Fahrzeugkategorien 0,64 Mio. Fahrzeugkilometer.

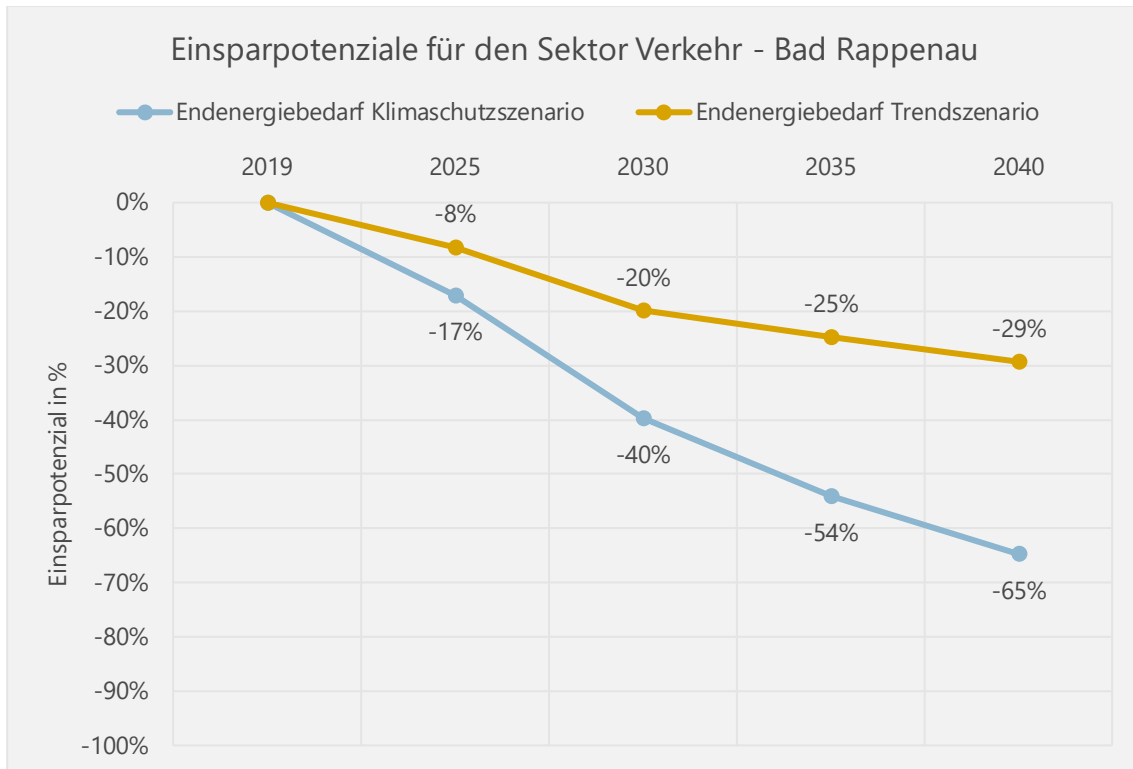


Abbildung 36: Einsparpotenziale für den Sektor Verkehr

Einflussbereich der Kommune

Die Stadt Bad Rappenau kann neben der Öffentlichkeitsarbeit zur Nutzung des ÖPNV und einer höheren Auslastung von Pendlerfahrzeugen sowie der Schaffung planerischer und struktureller Rahmenbedingungen zur Umgestaltung des inner- und außerörtlichen Verkehrs kaum direkten Einfluss auf die Entwicklungen in diesem Sektor nehmen. Im Rahmen der Potenzialanalyse wird daher im Sektor Verkehr lediglich der Straßenverkehr ohne den Autobahnanteil betrachtet, da explizit dort die Einflussmöglichkeiten stark begrenzt bzw. im Endeffekt nicht vorhanden sind.



4.4 Erneuerbare Energien

Nachfolgend werden die berechneten Potenziale für regenerative Energien dargestellt. Dabei stellen die Potenziale theoretische Maximalwerte dar, deren Umsetzbarkeit im Einzelfall zu prüfen und weiter zu konkretisieren ist.

Um die Potenziale im Sektor Erneuerbare Energien zu ermitteln, wurde der Energieatlas Baden-Württemberg (LUBW, 2022) verwendet. Die ermittelten Potenziale werden in den nachfolgenden Unterabschnitten je Energieträger genannt und erläutert.

4.4.1 Biomasse

In der Stadt Bad Rappenau werden im Bilanzjahr 2019 bereits 46.590 MWh Wärme²⁷ sowie 20.465 MWh Strom aus Biomasse gewonnen (vgl. Kapitel 3.3). Damit spielt die Stromerzeugung durch Biomasse in der Stadt Bad Rappenau anteilig an der insgesamt durch erneuerbare Energien erzeugten Strommenge die größte Rolle. Auch das Fernwärmenetz auf dem Stadtgebiet wird mit Biomasse/Biogas gespeist.

Damit ist das in der Stadt Bad Rappenau berücksichtigte Potenzial für die Nutzung von Biomasse zur Stromproduktion allerdings noch nicht vollständig ausgeschöpft. Unter Berücksichtigung der Land- und Forstwirtschaftsflächen, der angepflanzten Fruchtarten sowie der Viehbestände konnte ein potenzieller maximaler Stromertrag von 34.677 MWh/a ermittelt werden.

Unter den erneuerbaren Energien ist die Energiewandlung mit Biomasse die Technologie, die am flexibelsten eingesetzt werden kann. Im Gegensatz zu Wind und Sonne kann die Biomasse „gelagert“ bzw. gespeichert werden und folglich als Puffer eingesetzt werden, wenn Sonne und Wind zu wenig Energie liefern. Dabei kann Biomasse sowohl bei der Strom- als auch bei der Wärmeerzeugung zum Einsatz kommen.

Biomasse ist allerdings mit Abstand die Flächenintensivste unter den erneuerbaren Energien. Die Energieerträge aus verschiedenen Substraten (z.B. aus Mais, Zuckerrübe, extensivem Grünland) variieren dabei zum Teil stark.

Zudem gibt es viele kritische Stimmen zur Nutzung von Biomasse als Energielieferant. Hier ist beispielsweise die „Teller oder Tank“-Debatte zu nennen, in der häufig kritisiert wird, dass Biomasse nicht primär zur energetischen Nutzung angebaut, sondern eher auf Reststoffe zurückgegriffen werden sollte. Zukünftig wird z. B. auch die verstärkte stoffliche Nutzung von Biomasse, beispielsweise zur Herstellung von Biokunststoffen, gegen den Einsatz dieser zur Energiegewinnung sprechen. Im Rahmen dieses Konzeptes wird daher das ermittelte Potenzial nicht in der Szenarien-Berechnung berücksichtigt, es wird stattdessen ausschließlich mit den bereits genutzten Mengen weiter gerechnet.

4.4.2 Windenergie

In der Stadt Bad Rappenau existieren mit Stand April 2022 keine Windenergieanlagen. Für den Energieträger Windenergie wird im Energieatlas Baden-Württemberg ein großes Potenzial von 665.425 MWh/a auf geeigneten Flächen (66 Anlagen auf 1.083 ha der Gemarkung Bad Rappenau) genannt (LUBW, 2022).

Diese Prognose basiert jedoch auf theoretischen Angaben von Anlagenherstellern. Hier müssen die erforderlichen Abschaltzeiten sowie die Windverteilung an den unterschiedlichen Standorten berücksichtigt werden.

²⁷ Die Summe der Energiemengen aus Biogas, Biomasse und Fernwärme gemäß der Energiebilanz.



4.4.3 Sonnenenergie

Die Stromerzeugung durch Sonnenenergie über Photovoltaikanlagen (PV) spielt in der Stadt Bad Rappenau anteilig an der insgesamt durch erneuerbare Energien erzeugten Strommenge – neben der Biomasse - ebenfalls eine wichtige Rolle. So beläuft sich die eingespeiste Strommenge im Bilanzjahr 2019 auf 14.692 MWh (vgl. Kapitel 3.3). Des Weiteren wurde im Jahr 2019 ein Wärmeertrag von rund 2.602 MWh durch Solarthermie gewonnen. Nachfolgend wird das Potenzial der Sonnenenergie in Dachflächen- und Freiflächenphotovoltaik, Agri-PV sowie Solarthermie unterteilt dargestellt.

Dachflächenphotovoltaik

Die nachfolgende Abbildung 37 zeigt einen exemplarischen Ausschnitt der Stadt Bad Rappenau (Bahnhofsumfeld und Rathaus) aus dem Energieatlas Baden-Württemberg (LUBW, 2022). Verzeichnet sind entsprechend der dargestellten Legende die Potenziale für Photovoltaik-Dachflächenanlagen.



Abbildung 37: Photovoltaik-Potenziale Dachflächen Ausschnitt Stadt Bad Rappenau - Auszug Energieatlas Baden-Württemberg (LUBW, 2022)

Eignungsklassen (unter Vorbehalt):

■ Sehr gut
 ■ Gut
 ■ Bedingt
 ■ Vor Ort zu prüfen

Gemäß des Energieatlas Baden-Württemberg gibt es in der Stadt Bad Rappenau eine geeignete Dachfläche mit einer installierbaren Modulfläche von 619.975 m² und einer installierbaren Gesamtleistung von 110 MWp (LUBW, 2022). Daraus kann ein möglicher Stromertrag von 83.068 MWh/a angenommen werden.

Der Ausbau von Photovoltaik-Dachflächenanlagen liegt vor allem im Hinblick auf den privaten Gebäudebestand allerdings nicht im direkten Einflussbereich der Stadt Rappenau. Hier kann lediglich über steuernde oder anreizsetzende Maßnahmen der Ausbau forciert werden. Hinzu kommt, dass Photovoltaik und Solarthermie (siehe dazu auch den nachfolgenden Absatz) insbesondere auf Dachflächen in Konkurrenz zu einander stehen, sowie weitere einschränkende Faktoren wie Statik, Verschattung und Denkmalschutz.



Solarthermie

Neben der Stromerzeugung ist die Sonnenenergie auch für die Warmwasserbereitung durch Solarthermie geeignet. Ein 4-Personen-Haushalt benötigt etwa 4-6 m² Kollektorfläche zur Deckung des Warmwasserbedarfes außerhalb der Heizperiode (Mai bis September). Insgesamt können so über das Jahr gesehen rund 60 % des Warmwasserbedarfes durch Solaranlagen abgedeckt werden.

In sogenannten Kombi-Solaranlagen kann darüber hinaus, neben der Warmwasserbereitung, auch Energie zum Heizen der Wohnfläche genutzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichend große Dachfläche, da die Kollektorfläche ungefähr doppelt so groß sein muss, wie bei reinen Solaranlagen für die Warmwasserbereitung. Dies führt zu einer Flächenkonkurrenz mit Photovoltaikanlagen. Ein Speicher im Keller sorgt durch seine Pufferwirkung dafür, dass die Solarwärme auch nutzbar ist, wenn die Sonne nicht scheint. Im Vergleich zu Anlagen, die lediglich der Warmwasserbereitung dienen, ist das Speichervolumen bei Kombi-Anlagen zwei- bis drei-mal so groß. Zudem ist der Speicher im Gegensatz zu einfachen Anlagen zum überwiegenden Teil mit Heizungswasser gefüllt.

Durch Kombi-Solaranlagen lassen sich rund 25 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs decken. Eine zusätzliche herkömmliche Heizung ist in jedem Fall erforderlich. Die Kombination von Solaranlagen mit einem herkömmlichen Heizungssystem ist vom Fachmann durchzuführen, da Solaranlagen, bestehende Heizung und Wärmeenergiebedarf aufeinander abgestimmt sein müssen, um eine optimale Effizienz zu erzielen.

Die aus dem Energieatlas Baden-Württemberg herangezogenen Daten bzgl. der „geeigneten Dachfläche“ gelten sowohl für die Photovoltaik als auch für die Solarthermie gemeinsam. Somit dürfen entsprechende Potenziale nicht addiert werden, sondern sind als „konkurrierend“ zu betrachten. Allerdings ist die Nutzung von Dachflächen für Photovoltaikanlagen gegenüber Solarthermieanlagen zu priorisieren. Daher wurde angenommen, dass letztere künftig lediglich einen Anteil von 10 % des maximalen Dachflächenpotenzials von 619.975 m² ausmachen, was 61.998 m² entspricht. Unter der Annahme eines spezifischen Wärmeertrags von 450 kWh/m² ergibt sich eine theoretisch maximal erzeugbare Wärmemenge in Höhe von 27.899 MWh/a für die Stadt Bad Rappenau.

Freiflächenphotovoltaik

Randstreifen entlang der Autobahnen und Schienenwege bieten hohe Potenziale für Freiflächenphotovoltaik. Zudem sind diese im EEG 2021 vom Gesetzgeber als förderungswürdige Standorte für PV-Freiflächenanlagen festgelegt. Dabei können große Freiflächenanlagen seit dem EEG 2021 zukünftig eine Leistung von bis zu 20 MWp besitzen (vorher 10 MWp). Hierzu wurde etwa auch der Korridor erweitert. Während bislang 110 m Randstreifen an Autobahn- und Eisenbahnrandern galten, können nun 200 m genutzt werden (dabei muss jedoch ein Streifen von 15 m freigehalten werden).

Die Flächen entlang der Autobahnen und Schienenwege eignen sich vor allem deshalb, da das Landschaftsbild bereits vorbelastet ist, es kaum Nutzungskonkurrenz gibt und die Flächen häufig geböscht sind, sodass die Module in einem günstigen Neigungswinkel stehen und daher mit weniger Abstand zueinander aufgestellt werden können als auf ebenen Flächen. Prinzipiell sind folgende Flächen unproblematisch als Potenzialflächen für Solarfreiflächenanlagen geeignet:



- 200 m Randstreifen von Autobahnen oder Bundesstraßen (beidseitig, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn), welche als Acker- oder Grünland ausgewiesen sind.
- 200 m Randstreifen von Bahntrassen (beidseitig), welche als Acker- oder Grünland ausgewiesen sind.

Siedlungs- und Waldflächen sowie folgende Schutzgebiete werden als ungeeignet für die Solarfreiflächen bewertet: Naturschutzgebiete, Biotope, Naturdenkmale, FFH-Gebiete, Wasserschutzgebiete (Zone I + II), Überschwemmungsgebiete und Vogelschutzgebiete.

Gemäß des Energieatlas Baden-Württemberg beträgt die geeignete Fläche in der Stadt Bad Rappenau 1.529.800 m² (LUBW, 2022)²⁸; dies entspricht einer installierbaren Leistung von 76 MWp (Annahme zum Flächenfaktor: 20 m²/kWp, (LfU Bayern, 2021)) sowie einem möglichen jährlichen Stromertrag von 84.905 MWh/a. Es handelt sich hierbei um theoretische Potenzialflächen, die nicht zwingend die tatsächlichen Gegebenheiten widerspiegeln. Es darf also nicht davon ausgegangen werden, dass diese Potenziale bis zum Zieljahr 2040 definitiv vollständig gehoben werden können.

Neben herkömmlichen Freiflächenphotovoltaikanlagen auf den Randstreifen von Autobahnen und Schienenwegen können auch Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen installiert werden. Diese sog. Agri-Photovoltaik bezeichnet ein Verfahren zur gleichzeitigen Nutzung von Flächen für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion und die Solarstromproduktion. Damit steigert Agri-PV die Flächeneffizienz und ermöglicht den Ausbau der PV-Leistung bei gleichzeitigem Erhalt fruchtbarer Acker- oder Weideflächen für die Landwirtschaft. Vor diesem Hintergrund ist der Ruf nach einer politischen Förderung dieser Form der Stromerzeugung gewachsen. Als Reaktion haben Bundestag und Bundesrat mit der Novelle des EEG im Dezember 2020 erstmals eine reguläre Förderung für Agri-Photovoltaik auf den Weg gebracht. Im Zuge der sogenannten Innovationsausschreibungen wird ab 2022 die Förderung von 150 MW/a in Form einer EEG-Marktprämie für „besondere“ Solaranlagen (Agri-Photovoltaik-Projekte und Photovoltaikanlagen auf Gewässern und Parkplätzen) gewährleisten (ISE, 2022b).

Agri-PV-Systeme lassen sich als bodennahe (landwirtschaftlicher Betrieb zwischen den PV-Modulen) und hoch aufgeständerte Anlagen (mindestens 2,1 m Höhe, landwirtschaftlicher Betrieb unter den PV-Modulen) realisieren. Der Flächenbedarf von hoch aufgeständerten Agri-PV-Systemen liegt im Normalfall 20-40 % über dem von herkömmlichen Freiflächenanlagen (20 m²/kWp, (LfU Bayern, 2021)). Daraus ergibt sich ein gemittelter Flächenfaktor von 1,3 (siehe Tabelle 12). Der Flächenbedarf von bodennahen Agri-PV-Systemen ist etwa drei Mal so hoch wie bei Freiflächenphotovoltaik, was einen Flächenfaktor von 3,0 ergibt (ISE, 2022b).

Im Bilanzjahr 2019 beträgt die Größe der landwirtschaftlichen Flächen in Bad Rappenau 45.620.000 m². Es ergeben sich die in der Tabelle 12 aufgeführten Maximalpotenziale.

²⁸ Da die letzte Untersuchung des PV-Freiflächen-Potenzials im Jahr 2018 stattgefunden hat, wurden im Energieatlas Baden-Württemberg die damals gültigen 110 m Randstreifen als Berechnungsgrundlage genutzt. Wird angenommen, dass die im Energieatlas Baden-Württemberg ausgewiesenen Flächen zur Installation von Freiflächenphotovoltaik jeweils auf 200 m (inklusive eines 15 m breiten Korridors) erweitert werden können (Faktor 1,68), ergibt sich eine neue Fläche von 2.570.064 m² und ein neuer maximaler Stromertrag von 142.639 MWh/a.



Agri-Photovoltaik	Fläche [m ²]	Flächenfaktor	Stromertrag [MWh/a]
Bodennah	45.620.000	3,0	843.970
Hoch aufgeständert		1,3	1.947.623

Tabelle 12: Potenzielle Agri-PV - Bad Rappenau (Berechnung: energielenker projects GmbH)

Die hier ermittelten Maximalpotenziale der Stromgewinnung aus Agri-PV-Systemen werden jedoch nicht in der Szenarien-Berechnung der Stadt Bad-Rappenau berücksichtigt. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass Agri-PV bislang noch nicht weit verbreitet ist und mögliche Ausbauraten deshalb noch nicht erkenntlich sind. Zudem liegen die landwirtschaftlichen Flächen nicht im direkten Einflussbereich der Stadtverwaltung. Die Errichtung der PV-Module muss deshalb immer einzelfallspezifisch gemeinsam mit den Landwirtinnen und Landwirten geplant und umgesetzt werden.

4.4.4 Geothermie

Die in der Erde gespeicherte Wärme kann zur Wärmeversorgung der Gebäude in der Stadt Bad Rappenau genutzt werden. Grundsätzlich wird zwischen oberflächennaher Geothermie und Tiefengeothermie unterschieden:

- Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) kommt zur Anwendung, um einzelne Gebäude mit Wärme zu versorgen.
- Tiefengeothermische Kraftwerke mit Bohrungen bis in 5.000 m Tiefe liefern sowohl Strom als auch Wärme.

Der große Vorteil von Geothermie gegenüber Wind- und Sonnenenergie ist die meteorologische Unabhängigkeit. Die Wärme in der Erde ist konstant vorhanden, ab 5 m Tiefe gibt es keine witterungsbedingten Temperaturveränderungen mehr. Jahreszeitenunabhängig können 24 Stunden am Tag Strom und Wärme produziert werden.

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie ist besonders für die partikulare, gebäudebezogene Wärmeversorgung (Niedertemperatur-Heizsysteme) geeignet. Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden in Verbindung mit Wärmepumpen werden vor allem im Rahmen von Neubau und Gebäudesanierung installiert.

Eine Erdwärmesonde überträgt Erdwärme in dem eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Das Rohrsystem hierfür wird in ein vertikal oder schräg verlaufendes Bohrloch eingebracht und bis zu hundert Meter in das Erdreich herabgelassen, um die höheren Temperaturen tieferer Gesteinsschichten zu erreichen.

Neben Erdwärmesonden besteht die Möglichkeit, Erdwärmekollektoren zur Nutzung von Erdwärme einzusetzen. Erdwärmekollektoren zeichnen sich durch einen höheren Flächenbedarf als Erdwärmesonden aus, da sie horizontal im Boden unterhalb der Frostgrenze bis zu einer Einbautiefe von 1,5 m verlegt werden. Da sie das Grundwasser nicht gefährden, können Erdwärmekollektoren eine Alternative zu möglicherweise nicht genehmigungsfähigen Erdwärmesonden darstellen.



Nachfolgend werden die Potenziale für die Nutzung von Erdwärme dargestellt. Hierbei lässt sich die Eignung einzelner Standorte für die Nutzung von Erdwärmekollektoren und -sonden für die Stadt Bad Rappenau unter <https://maps.lgrb-bw.de/> ermitteln. Bzgl. der folgenden Ausführungen muss im Vorhinein betont werden, dass es sich lediglich um eine grobe Hochrechnung handelt, die der Orientierung dienen soll. Des Weiteren sind die Potenziale nicht addierbar. Die angegebenen Potenziale von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind „Entweder-Oder-Potenziale“, da sich eine Flächenkonkurrenz ergibt.

Erdwärmekollektoren

Wie auf Abbildung 38 zu sehen, ist das gesamte Stadtgebiet für die Nutzung von Erdwärmekollektoren sehr durchmischt geeignet. Weite Teile sind gelb oder grün eingefärbt, was eine durchschnittliche oder geringe Eignung darstellt (basierend auf der Wärmeleitfähigkeit des Bodens in $W/(m \cdot K)$). Einige wenige Teile sind dagegen gut geeignet. Für die grobe Potenzialberechnung wird daher die gesamte Siedlungsfläche der Stadt Bad Rappenau genutzt. Dabei wird angenommen, dass etwa 30 % der Siedlungsfläche theoretisch für die Erdwärmekollektoren geeignet sind. Dies entspricht bei einer Siedlungsfläche von 875 ha (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2020) rund 252,5 ha Fläche.

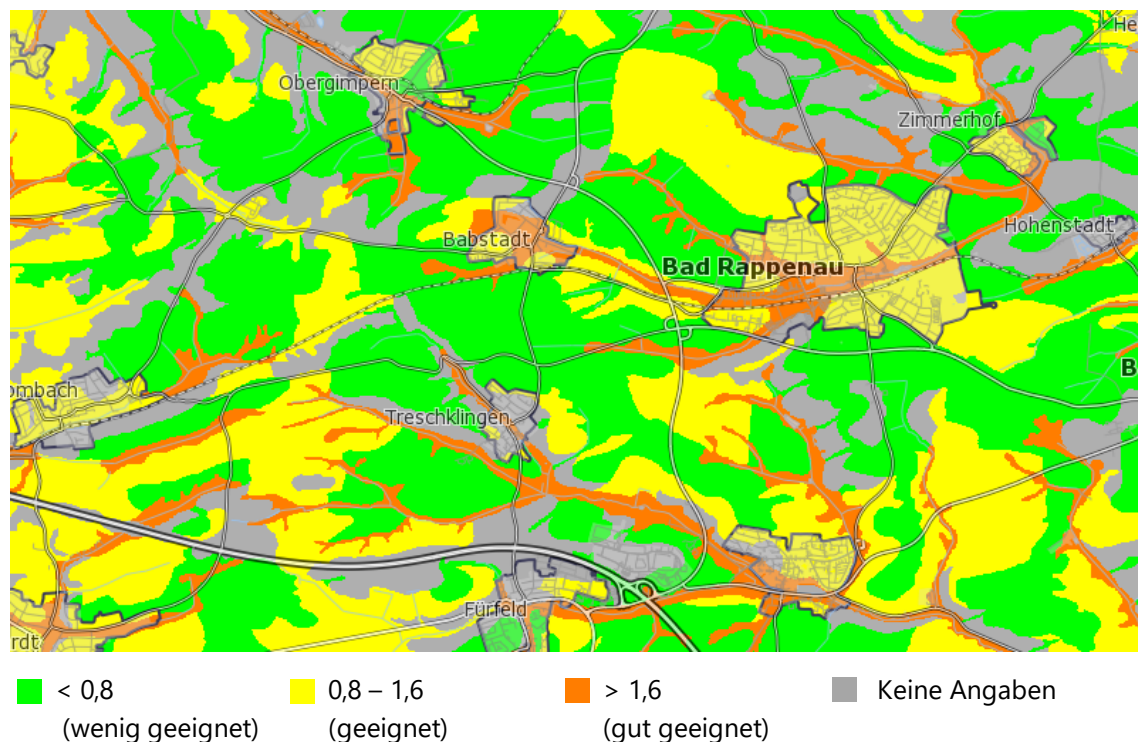


Abbildung 38: Geothermiepotenziale [$W/(m \cdot K)$] für Erdwärmekollektoren (LLUR, 2011)

Es werden folgende Annahmen für Erdwärmekollektoren getroffen:

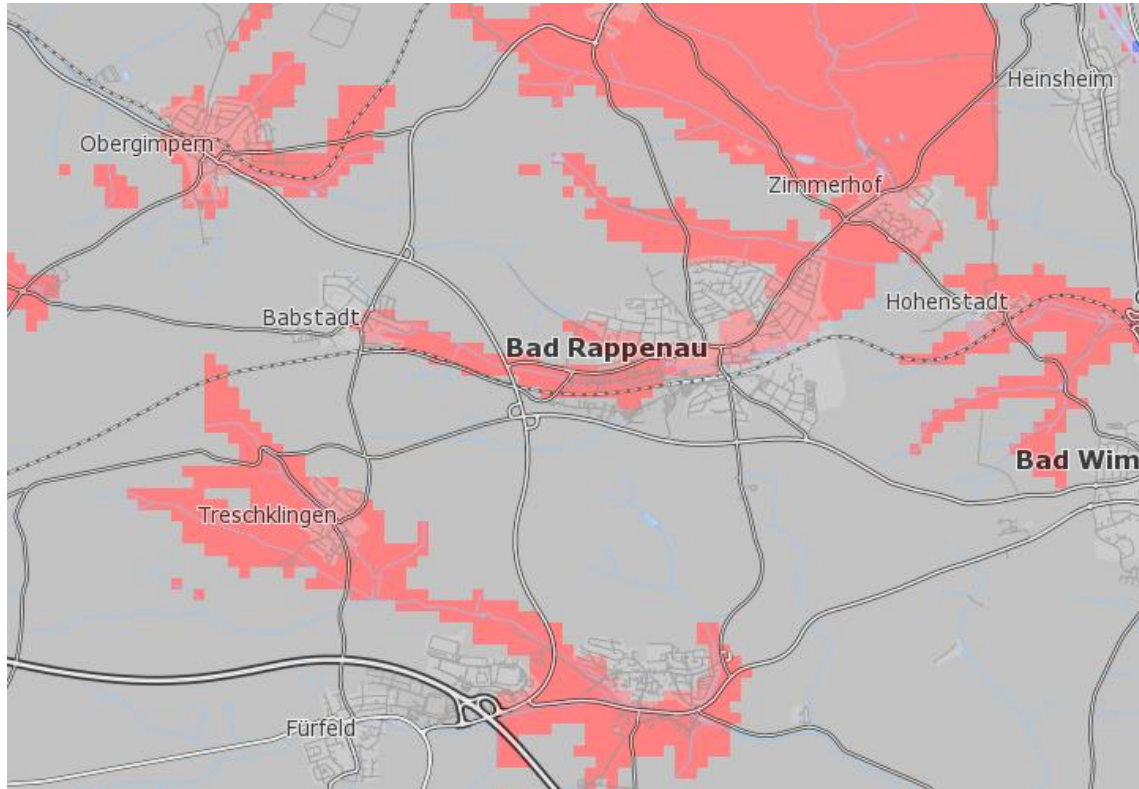
- Jährliche Betriebsstunden: 1.800 h/a (LLUR, 2011)
- Entzugsleistung: 25 W/m^2 (Annahme)

Unter diesen Annahmen ergibt sich ein theoretisches Wärmebereitstellungspotenzial von rund 45,5 GWh/a durch Erdwärmekollektoren. Dies entspräche überschlägig 21 % des Wärmeverbrauchs im Bezugsjahr 2019 (217,5 GWh/a).



Erdwärmesonden

Analog zu dem Vorgehen bei den Erdwärmekollektoren können auch die Flächen für eine Nutzung mit Erdwärmesonden dem Kartenviewer des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau entnommen werden (LLUR, 2011).



Bezogen auf 100 m Tiefe bzw. erlaubte Bohrtiefe

■ Geringer effizient ■ Effizient ■ Höher effizient ■ Keine Angaben

Abbildung 39: Geothermiepoteziale Erdwärmesonden Ausschnitt Bad Rappenau (LLUR, 2011)

Die für Erdwärmesonden geeigneten Gebieten (Abbildung 39) sind nicht zusammenhängend und überschneiden sich an verschiedenen Stellen mit bereits (dicht) bebauten Gebieten. Vor diesem Hintergrund ist eine Ermittlung der für Erdwärmesonden geeigneten Flächen auf dem Gebiet der Stadt Rappenau äußerst unsicher. Das diesbezügliche Potenzial kann deshalb auch nicht sinnvoll abgeschätzt werden.

4.4.5 Wasserkraft

In der Stadt Bad Rappenau werden im Bilanzjahr 2019 bereits 16 MWh/a Strom durch Wasserkraft erzeugt. Gemäß des Energieatlas Baden-Württemberg besteht kein weiteres Erzeugungspotenzial. Ein weiterer Ausbau der Wasserkraft kann deshalb in der Szenarien-Berechnung keine Berücksichtigung finden.



4.4.6 Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien

Nachfolgend werden die ermittelten Potenziale erneuerbarer Energien zusammenfassend dargestellt. Diese sind differenziert nach Strom- und Wärmeertrag (vgl. Tabelle 13). Der Vergleich zeigt, dass zur Stromerzeugung insbesondere im Bereich der Windenergie sowie der Photovoltaik (Dachflächen- und Freiflächenanlagen) ein großes Potenzial liegt. Der Wärmebedarf kann bei entsprechender Ausschöpfung der Potenziale insbesondere durch Geothermie abgedeckt werden. Wie bereits in den einzelnen Unterabschnitten erläutert, handelt es sich bei den angegebenen Potenzialen um die Maximalpotenziale in der Stadt Bad Rappenau, deren Hebung im Einzelfall zu prüfen ist.

Potenzieller Stromertrag durch erneuerbare Energien		
	Stromertrag im Bilanzjahr [MWh/a]	Maximaler ermittelter Stromertrag [MWh/a]
Windenergie	-	665.425
Dachflächenphotovoltaik	9.619	83.068
Freiflächenphotovoltaik	5.073	84.904
Agri-PV-Systeme (hoch aufgeständert)	-	1.947.623
Biomasse	20.465	34.677
Wasserkraft	16	16
Potenzieller Wärmeertrag durch erneuerbare Energien		
	Wärmeertrag im Bilanzjahr [MWh/a]	Maximaler ermittelter Wärmeertrag [MWh/a]
Solarthermie	2.602	27.899
Geothermie (Erdwärmekollektoren)	n.a.	45.500

Tabelle 13: Potenzieller Strom- und Wärmeertrag durch erneuerbare Energien – Bad Rappenau



5. Szenarien zur Energieeinsparung und THG-Minderung

Nachfolgend werden zu den Schwerpunkten Wärme, Mobilität und Strom jeweils ein Trend- und ein Klimaschutzszenario dargestellt. Dabei werden mögliche zukünftige Entwicklungspfade für die Endenergieeinsparung und Reduktion der Treibhausgase in der Stadt Bad Rappenau aufgezeigt. Die Szenarien beziehen dabei die in Kapitel 4 berechneten Endenergieeinsparpotenziale für die Sektoren private Haushalte, Wirtschaft (Industrie und GHD) und Verkehr sowie die Potenziale zur Nutzung Erneuerbarer Energien mit ein. Im Wirtschaftssektor werden dabei Szenarien mit einer um 33 % erweiterten Wirtschaftsfläche berechnet.

Daran anschließend werden alle aufgestellten Trend- und Klimaschutzszenarien der vorangehenden Kapitel zusammengefasst als „End-Szenarien“ dargestellt, indem die verschiedenen Bereiche (Wärme, Mobilität und Strom) in Summe betrachtet werden. Dabei werden die zukünftigen Entwicklungen des Endenergiebedarfs sowie der THG-Emissionen bis zum Jahr 2040 differenziert betrachtet.²⁹

5.1 Differenzierung Trend- und Klimaschutzszenario

Wie bereits in der Einleitung zur Potenzialanalyse kurz beschrieben, werden in der vorliegenden Ausarbeitung zwei unterschiedliche Szenarien betrachtet: Das Trend- und das Klimaschutzszenario (vgl. Kapitel 4). Nachfolgend werden die Annahmen und Charakteristiken dieser beiden Szenarien etwas detaillierter erläutert.

Im **Trendszenario** wird das Vorgehen beschrieben, wenn keine bzw. gering klimaschutzfördernde Maßnahmen umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden hier nur in geringem Umfang gehoben. Im Verkehrssektor greifen jedoch bis 2040 die Marktanzreizprogramme für Elektromobilität und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor ab. Die übrigen Sektoren erreichen auch bis 2040 keine hohen Einsparungen des Energieverbrauches, da Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung und Nutzerverhalten nur eingeschränkt greifen. Effizienzpotenziale werden auch aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht umgesetzt.

Im **Klimaschutzszenario** hingegen werden vermehrt klimaschutzfördernde Maßnahmen mit einbezogen. Hier wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung, Effizienztechnologien und Nutzerverhalten erfolgreich umgesetzt werden und eine hohe Wirkung zeigen. Effizienzpotenziale können, aufgrund der guten Wirtschaftlichkeit, verstärkt umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden in hohem Umfang gehoben. Im Verkehrssektor greifen auch hier bis 2040 die Marktanzreizprogramme für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor stark ab. Zusätzlich wird das Nutzerverhalten positiv beeinflusst, wodurch die Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs sinkt und der Anteil der Nahmobilität am Verkehrssektor steigt. Und auch Erneuerbare-Energien-Anlagen, vor allem Photovoltaik-Anlagen, werden mit hohen Zubauraten errichtet. Die Annahmen des Klimaschutzszenarios setzten dabei zum Teil Technologiesprünge und rechtliche Änderungen voraus.

²⁹ Bei den verwendeten Zahlen für das Ausgangsjahr handelt es sich um witterungskorrigierte Werte. Diese können daher nicht direkt mit den Werten aus der Energie- und THG-Bilanz verglichen werden, da dort, konform zur BSKO-Systematik, alle Werte ohne Witterungskorrektur angegeben sind. Für die Betrachtung der Potenziale und Szenarien wird dagegen eine Witterungskorrektur berücksichtigt, um etwa den Einfluss besonders milder sowie besonders kalter Temperaturen, die ggf. im Bilanzjahr vorgelegen haben, auszuschließen.



5.2 Schwerpunkt: Wärme

Nachfolgend wird die Entwicklung des Wärmebedarfs in den beiden Szenarien dargestellt. Die Verwendungskonzepte für die zukünftig verfügbaren Brennstoffe sind sektorenübergreifend und umfassen die Brennstoffbedarfe der Sektoren private Haushalte, GHD und Industrie. Für das Klimaschutzszenario werden die Sektoren private Haushalte und Wirtschaft zudem zusätzlich getrennt dargestellt, um die Ausprägung der verschiedenen Energieträger in den unterschiedlichen Sektoren aufzuzeigen.

Trendszenario

Die nachfolgende Abbildung 40 zeigt den zukünftigen Brennstoff- bzw. Wärmebedarf der Stadt Bad Rappenau im Trendszenario:

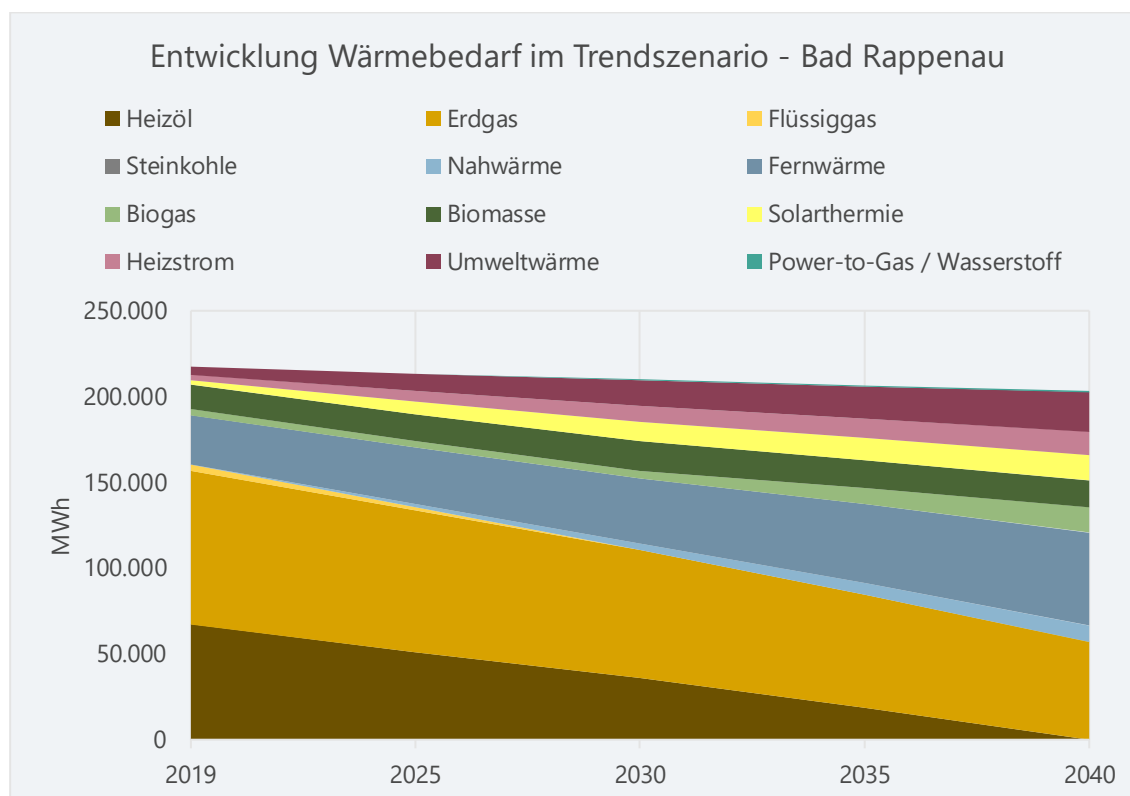


Abbildung 40: Entwicklung Wärmebedarf im Trendszenario

Im Trendszenario nimmt der Endenergiebedarf bis zum Jahr 2040 leicht ab. Dies liegt etwa an einer angenommenen Effizienzsteigerung sowie der im Trendszenario angenommenen Sanierungsrate und -tiefe im Bereich der privaten Haushalte (vgl. Kapitel 4.1). Bis zum Jahr 2040 werden dabei die Energieträger Heizöl, Flüssiggas sowie Steinkohle vollständig durch andere Energieträger substituiert. Auch im Trendszenario steigen demnach die Anteile an erneuerbaren Energien (Umweltwärme und Solarthermie). Das Trendszenario unterliegt jedoch der Annahme, dass der Energieträger Erdgas auch im Jahr 2040 einen großen Anteil ausmacht, da die Synthese von Methan aus Strom mit dem im Trendszenario hinterlegten Strommix zu einem höheren Emissionsfaktor als dem von Erdgas führt und in dieser Hinsicht keine Vorteile gegenüber dem Einsatz von Erdgas bestehen.³⁰

³⁰ Der Emissionsfaktor von synthetischen Kraft-/Brennstoffen hängt vom eingesetzten Strommix ab. Da etwa 2 kWh Strom für die Synthese 1 kWh Methan eingesetzt werden, hat synthetisches



Klimaschutzszenario

Der Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario dagegen unterscheidet sich fundamental und ist in der nachfolgenden Abbildung 41 dargestellt. Ergänzend zur grafischen Darstellung der Wärmemix-Entwicklung im Klimaschutzszenario sind die prozentualen Anteile der Energieträger in der nachstehenden Tabelle dargestellt.

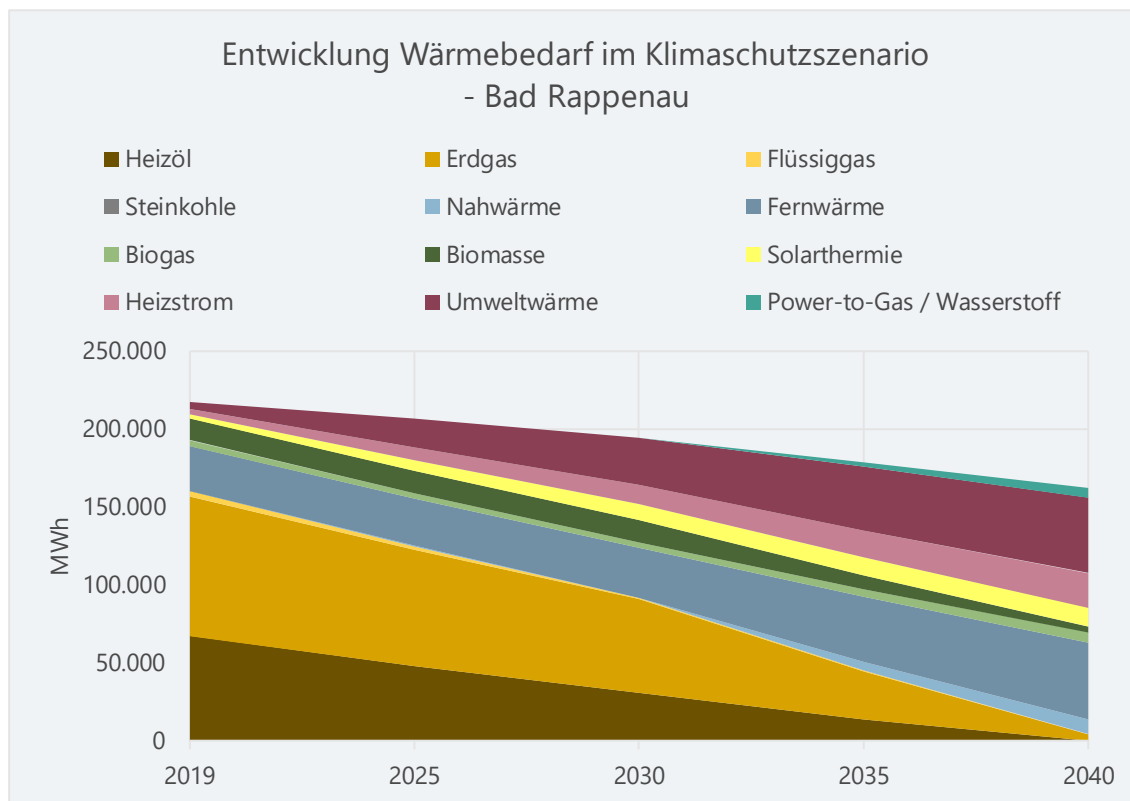


Abbildung 41: Entwicklung Wärmebedarf im Klimaschutzszenario

Klimaschutzszenario	2019	2025	2030	2035	2040
Heizöl EL	31 %	23 %	16 %	8 %	0 %
Erdgas	41 %	36 %	31 %	17 %	3 %
Biomasse	7 %	7 %	7 %	5 %	2 %
Nah- & Fernwärme	13 %	15 %	16 %	27 %	36 %
Solarthermie	1 %	3 %	6 %	6 %	7 %
Umweltwärme	2 %	9 %	16 %	23 %	30 %
Heizstrom/PtH	2 %	4 %	6 %	10 %	14 %
PtG	0 %	0 %	0 %	2 %	4 %

Tabelle 14: Prozentuale Verteilung der Energieträger im Klimaschutzszenario – Bad Rappenau

Methan in etwa einen doppelt so hohen Emissionsfaktor wie der des eingesetzten Stroms und liegt im Jahr 2040 bei 764 gCO₂e/kWh gegenüber 238 gCO₂e/kWh für Erdgas.



Durch die höheren Effizienzgewinne in allen Sektoren sowie die deutlich höhere Sanierungsrate und -tiefe im Sektor private Haushalte sinken die Energiebedarfe im Klimaschutzscenario deutlich stärker. Dadurch sinkt der Brennstoffbedarf im Klimaschutzscenario um rund 25 % auf 162.534 MWh im Jahr 2040. Im Besonderen die konventionellen Energieträger nehmen stark ab, sodass der Wärmemix im Zieljahr 2040 nahezu ausschließlich aus erneuerbaren Energieträgern besteht. Es wird lediglich von einem geringen Anteil nicht substituierter konventioneller Energieträger ausgegangen (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021).

Wärmebedarf nach Sektoren im Klimaschutzscenario

Die nachfolgenden Abbildungen Abbildung 42 und Abbildung 43 zeigen eine getrennte Betrachtung des zukünftigen Brennstoffbedarfs für die Sektoren Haushalte und Wirtschaft im Klimaschutzscenario. Dabei wird der sinkende Brennstoffbedarf im Bereich der Haushalte deutlich, wie er bereits in Kapitel 4.1 dargestellt wurde. Im Wirtschaftssektor sinkt der Brennstoffbedarf aufgrund der Wirtschaftsstruktur (abgeleitet aus der Anzahl der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe sowie der Sozialversicherungspflichtig Beschäftigten) nur leicht ab. Des Weiteren wird erkenntlich, dass der Energieträger Umweltwärme verstärkt im Bereich der privaten Haushalte angesiedelt ist, während die Energieträger Heizstrom und PtG im Wesentlichen im Wirtschaftssektor genutzt werden.

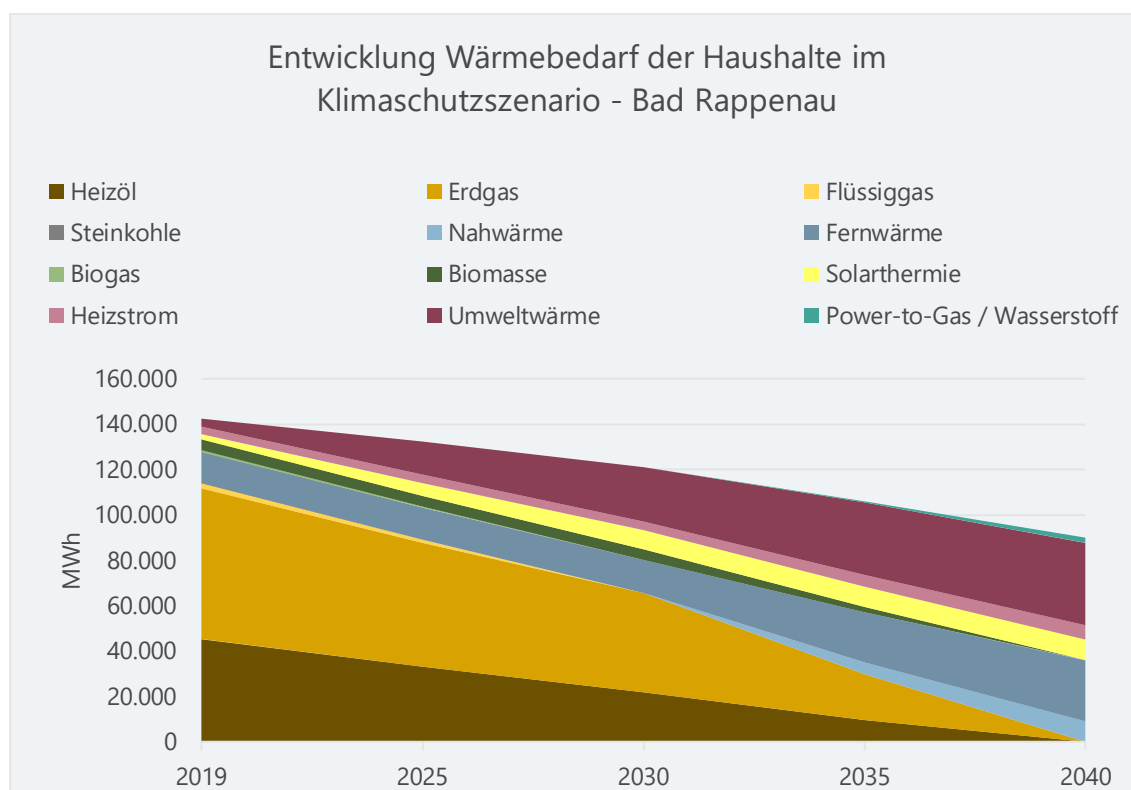


Abbildung 42: Entwicklung Wärmebedarf der Haushalte im Klimaschutzscenario

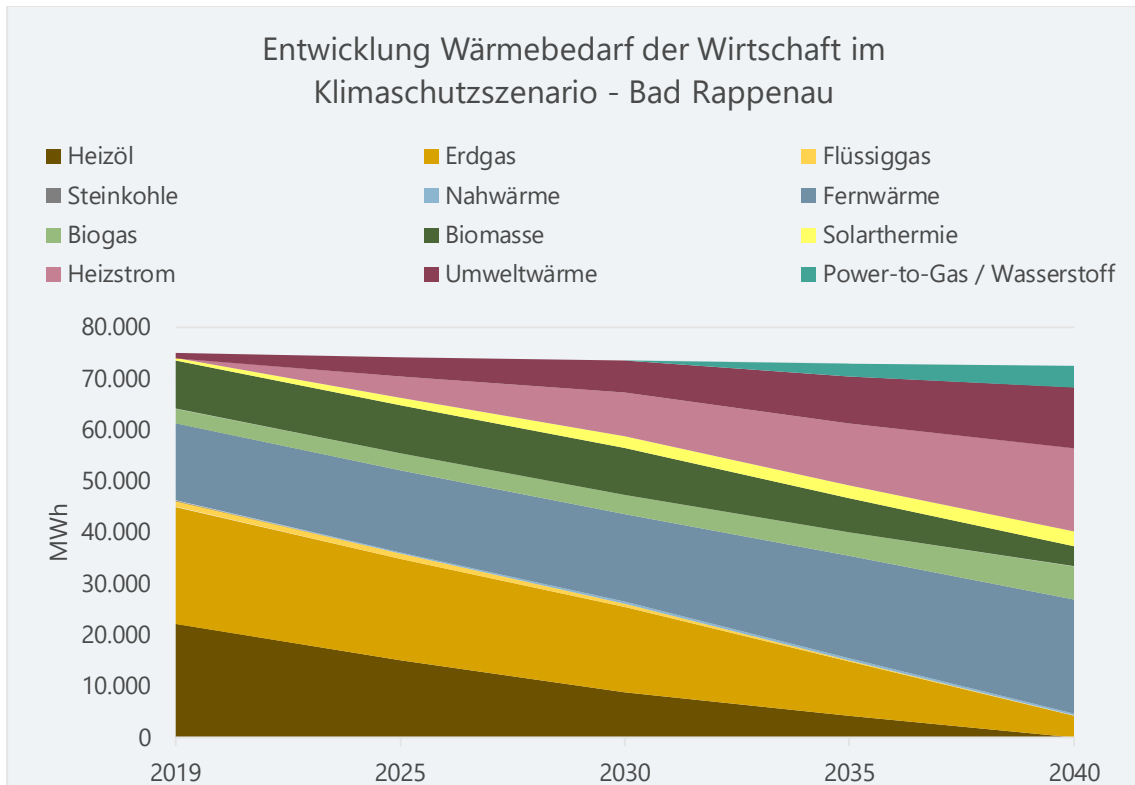


Abbildung 43: Entwicklung Wärmebedarf der Wirtschaft im Klimaschutzszenario



5.3 Schwerpunkt: Verkehr

Aufbauend auf der Potenzialanalyse des Verkehrssektors in Kapitel 4.3 wird nachfolgend die Entwicklung des Kraftstoffbedarfs nach Antriebsarten bis 2040 für das Trend- und das Klimaschutzszenario dargestellt. Die Szenarien basieren jeweils auf den Potenzialberechnungen des Straßenverkehrs ohne Autobahn und den damit verbundenen Annahmen und Studien. Zudem wird hier auch der Schienenverkehr berücksichtigt.

Trendszenario

Die nachfolgende Abbildung 44 zeigt den zukünftigen Kraftstoffbedarf im Trendszenario. Dabei ist zu erkennen, dass auch im Zieljahr 2040 ein Großteil des Kraftstoffbedarfs auf die konventionellen Antriebe im Straßenverkehr zurückzuführen ist. Wie bereits in der Energie- und THG-Bilanz dargestellt, betrifft dies im Wesentlichen die Energieträger Diesel und Benzin (vgl. Abbildung 21). Wie bereits in Kapitel 4.3 erläutert steigt zudem der Anteil der alternativen Antriebe im Straßenverkehr dagegen nur moderat an. Des Weiteren wird angenommen, dass der bestehende Schienenverkehr in Bad Rappenau im Trendszenario weiterhin über alternative Antriebe fortgeführt wird. Insgesamt nimmt der Kraftstoffbedarf im Trendszenario um rund 22 % ab. Es wird davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen in erster Linie über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzerverhalten erfolgen.

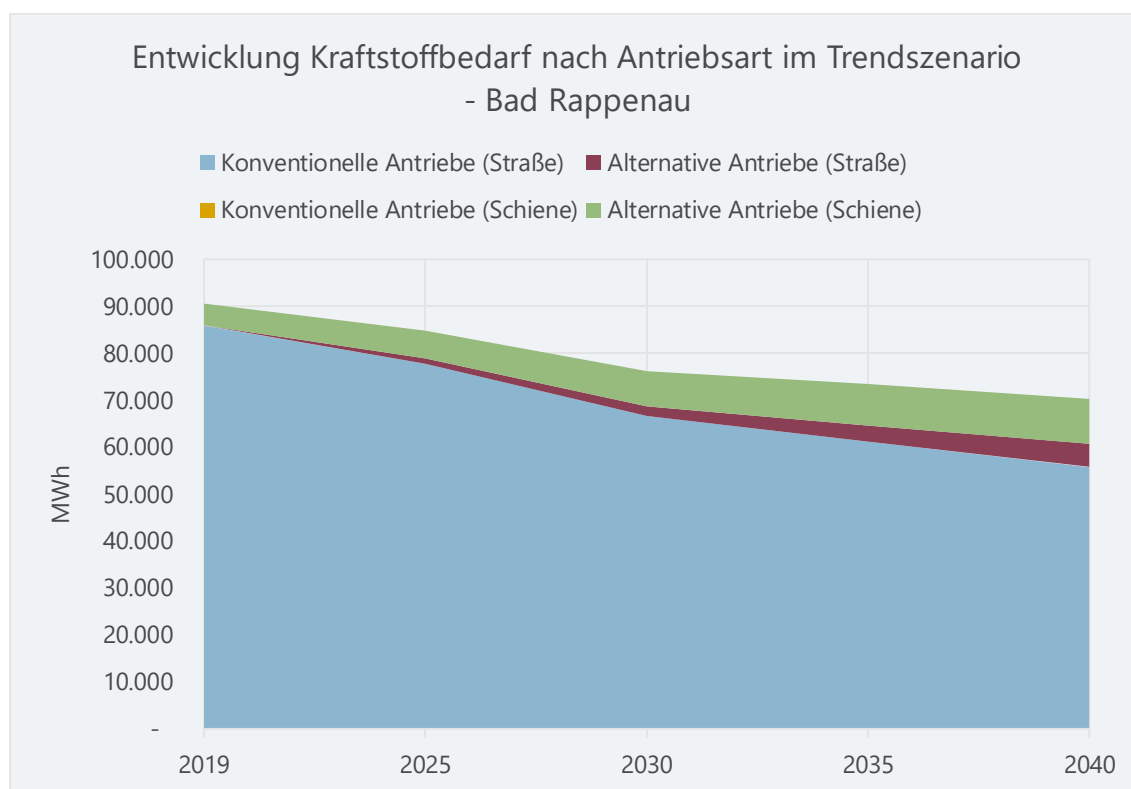


Abbildung 44: Entwicklung Kraftstoffbedarf nach Antriebsart im Trendszenario



Klimaschutzszenario

Im in der nachfolgenden Abbildung 45 dargestellten Klimaschutzszenario nimmt der Endenergiebedarf im Verkehrssektor bis zum Jahr 2040 um ca. 56 % ab. Im Gegensatz zum Trendszenario findet hier zudem eine umfassende Umstellung auf alternative Antriebe im Straßenverkehr statt. Im Zieljahr 2040 machen die alternativen Antriebe im Straßenverkehr rund 69 % am Endenergiebedarf aus. Im Klimaschutzszenario wird also davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzerverhalten erfolgen, jedoch auch der Energieträgerwechsel hin zu erneuerbaren Antrieben eine erhebliche Rolle spielt.

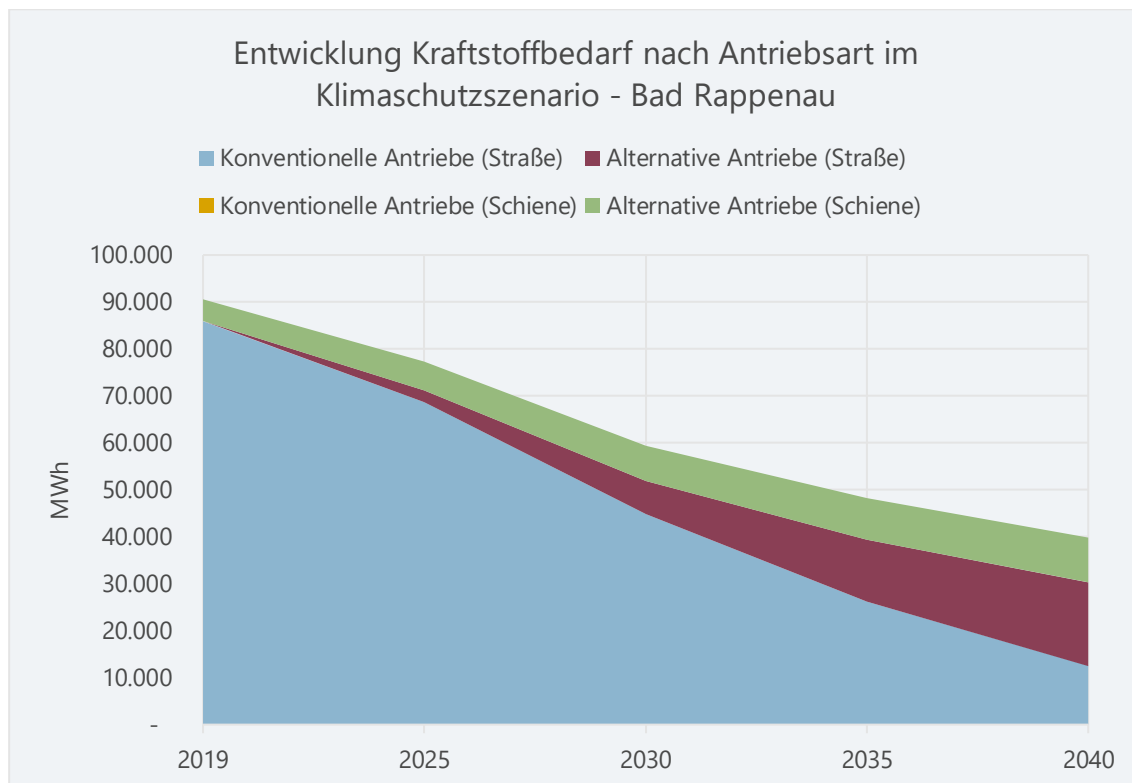


Abbildung 45: Entwicklung Kraftstoffbedarf nach Antriebsart im Klimaschutzszenario



5.4 Schwerpunkt: Strom und erneuerbare Energien

Um zu beurteilen, ob die Stadt Bad Rappenau ein Überschuss- oder Importstandort wird, werden nachfolgend die ermittelten Erneuerbare Energien (EE)-Potenziale mit den Strombedarfen bis 2040 im Klimaschutzscenario abgeglichen. Dabei wird zunächst der Strombedarf der Stadt Bad Rappenau im Trend- und Klimaschutzscenario betrachtet und daraufhin die ermittelten EE-Potenziale dargestellt.

Der nachfolgenden Tabelle 15 sind die Entwicklungen des Strombedarfs in den beiden Szenarien (Trend- und Klimaschutzscenario) zu entnehmen. Während der Strombedarf im Trendszenario bis zum Jahr 2040 lediglich auf 130 % ansteigt, steigt der Strombedarf im Klimaschutzscenario auf 180 % an und ist damit erheblich größer als im Bilanzjahr. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Stromsystem in Zukunft nicht nur den klassischen Strombedarf, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen muss (Stichwort Sektorenkopplung). Dies wird auch in den nachfolgenden Abbildungen Abbildung 46 und Abbildung 47 deutlich, die die Entwicklung des Strombedarfs im Trend- und Klimaschutzscenario aufgeteilt nach Sektoren zeigen.

Szenario	Bilanzjahr	2025	2030	2035	2040
Trend	100%	108%	118%	124%	130%
Klimaschutz	100%	113%	131%	157%	180%

Tabelle 15: Entwicklung des Strombedarfes in den Szenarien – Bad Rappenau



Trendszenario

Wie bereits in der vorangegangenen Tabelle 15 dargestellt sowie in der nachfolgenden Abbildung 46 zu erkennen, steigt der Strombedarf im Trendszenario um 30 % an und beträgt im Zieljahr 2040 rund 103.742 MWh. Der Großteil des Strombedarfs ist dabei dem Sektor Wirtschaft zuzuschreiben, da auch im Trendszenario von einer gewissen Elektrifizierung von Prozessen ausgegangen wird (Einsatz von Heizstrom und PtG).

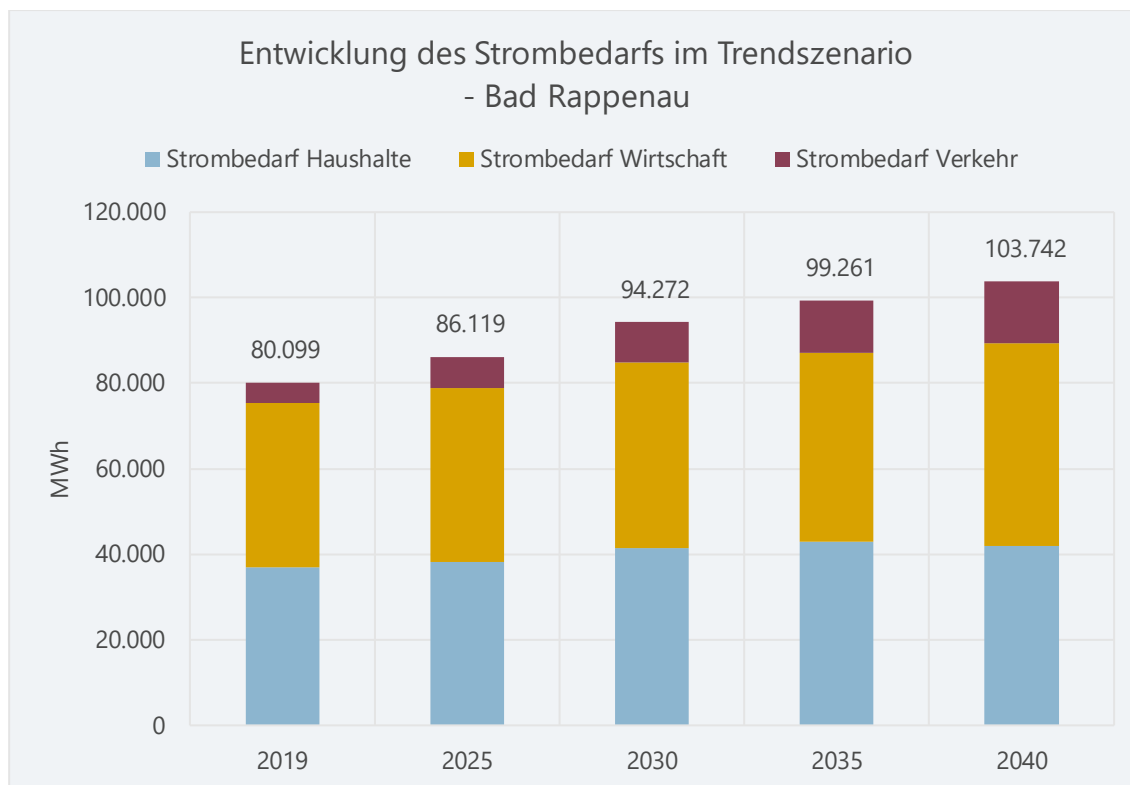


Abbildung 46: Entwicklung des Strombedarfs im Trendszenario

Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario ist die Elektrifizierung bzw. Sektorenkopplung dabei noch deutlicher zu erkennen. Wie der nachfolgenden Abbildung 47 zu entnehmen, weist der Strombedarf im Sektor der privaten Haushalte nur wenige Unterschiede zum Trendszenario auf. Der Strombedarf im Sektor Wirtschaft dagegen steigt stark an, was an der bereits beschriebenen Elektrifizierung der Bereiche Wärme und Verkehr liegt. In der Wirtschaft werden – anstelle von etwa Erdgas – zukünftig vor allem Heizstrom (PtH) und PtG-Anwendungen erwartet, die einen wesentlichen Anstieg des Strombedarfs implizieren.

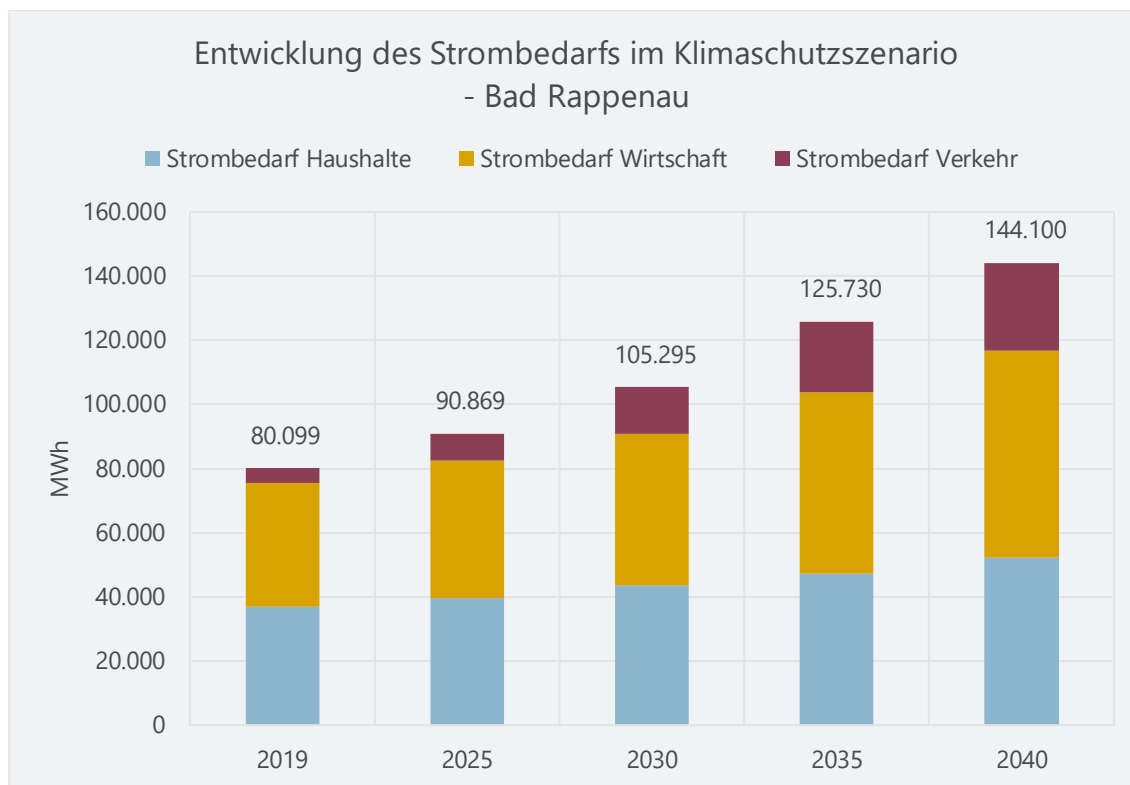


Abbildung 47: Entwicklung des Strombedarfs im Klimaschutzscenario

Erneuerbare Energien

Die ermittelten EE-Potenziale beruhen auf den in Kapitel 4.4 dargestellten Inhalten. Insgesamt besitzt die Stadt Bad Rappenau ein erhebliches Potenzial an erneuerbaren Energien. Zielsetzung soll daher die Erreichung eines bilanziellen Deckungsgrades für den Strombedarf im Klimaschutzscenario von 100 % sein. Folgende Annahmen liegen den nachfolgenden Szenarien zugrunde:

- Das in Abschnitt 4.4.1 ermittelte Maximalpotenzial im Bereich der Bioenergie soll nicht gehoben werden, da die Ackerflächen bspw. eher zur Lebensmittelproduktion verwendet werden sollen.
- Wie Abschnitt 4.4.2 zu entnehmen ist, bestehen in der Stadt Bad-Rappenau auch hohe Potenziale im Bereich der Windenergie. Dieses soll in den nachfolgenden Szenarien zunächst mit 5 % berücksichtigt werden.
Aufgrund moderater Windgeschwindigkeiten und als schützenswert angesehener Waldbestände erfolgt jedoch eine Alternativ-Variante ohne die Nutzung der Windpotenziale und einer Substitution durch verstärkten PV-Ausbau.
- Für das in Abschnitt 4.4.3 ermittelte Maximalpotenzial für Dachflächen- sowie für Freiflächenphotovoltaik wird angenommen, dass in der Variante mit Nutzung der Windpotenziale 50 % der Dach-PV-Potenziale und 10 % der Freiflächen-PV-Potenziale ausgeschöpft werden können. In der Alternativ-Variante ohne Nutzung der Windpotenziale erfolgt die Berücksichtigung der Dach- und Freiflächen-PV-Potenziale jeweils zu 50 %.

Das Maximalpotenzial der Agri-PV findet dagegen keine Berücksichtigung in den Szenarien, da Ausbaugeschwindigkeit und Ambitionsniveau noch schwer abzuschätzen sind. Da das Potenzial aber sehr groß ist, wurde es unter Abschnitt 4.4.3 zumindest genannt. Auf der Gemarkung ist zur Zeit der Konzepterstellung bereits ein innovatives



Projekt in Planung, welches die landwirtschaftliche Nutzung von Flächen mit regenerativer Stromproduktion durch bodennahe PV verbindet.

- Das in der Stadt Bad Rappenau aufgeführte Maximalpotenzial im Bereich der Wasserkraft, welches in Abschnitt 4.4.5 genannt wurde, ist laut Energieatlas Baden-Württemberg bereits vollständig gehoben.
- Die in den beiden folgenden Diagrammen aufgeführten Anteile an Stromertrag aus erneuerbarer KWK für Wärmenetze ergeben sich direkt aus dem angenommenen Anteil des über Wärmenetze gedeckten Wärmebedarfs aus Kapitel 5. Die über Wärmenetze bereitgestellte Wärmemenge verdreifacht sich bis zum Zieljahr in etwa, gleichzeitig wird dieser steigende Anteil in ebenfalls steigendem Maße über erneuerbare Energieträger betriebene KWK-Anlagen gedeckt (bspw. Biogas). Dies erklärt den starken Anstieg des Stromertrags aus KWK für Wärmenetze und verdeutlicht auch die große Wichtigkeit des diesbezüglichen Ausbaus und der Dekarbonisierung der Wärmenetze.

Wie beschrieben, muss das Stromsystem zukünftig nicht nur die Fluktuationen durch den klassischen Strombedarf, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen und somit die benötigten Strombedarfe für E-Mobilität, Umweltwärme und vor allem für Power-to-X-Anwendungen liefern. Wie den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen ist, reicht das Gesamtpotenzial trotzdem aus, um den im Klimaschutzszenario prognostizierten Strombedarf der Stadt Bad Rappenau für das Zieljahr 2040 vollständig abzudecken. Der bilanzielle Deckungsanteil beträgt – inkl. der Hebung der Potenziale im Bereich der Windenergie, jedoch noch ohne Agri-PV – 629 % im Zieljahr.

Der nachfolgenden Abbildung 48 liegt jedoch die Annahme zugrunde, dass ein bilanzieller Deckungsgrad von 100 %³¹ im Zieljahr 2040 erreicht wird. Hierfür werden im Bereich der Dachflächenphotovoltaik 50 %, im Bereich der Freiflächenphotovoltaik 10 % und im Bereich Windenergie 5 % der im Energieatlas Baden-Württemberg ausgewiesenen Potenziale genutzt.

Insgesamt können bei Hebung dieser EE-Potenziale 144.671 MWh Strom im Zieljahr 2040 auf dem Stadtgebiet erzeugt werden. Dies entspricht einem Anteil am Maximalpotenzial von 16 % (noch ohne Agri-PV).

³¹ In den vorliegenden Szenarien werden die EE-Potenziale auf dem Stadtgebiet lediglich bis zu einem Deckungsgrad von 100 % bis zum Zieljahr 2040 gehoben. Ein Großteil der EE-Potenziale bleibt dadurch ungenutzt. Viele Kommunen in Deutschland verfügen nicht über solch hohe Potenziale wie die Stadt Bad Rappenau. Um den Emissionsfaktor Bundesstrommix langfristig zu senken, ist es deshalb notwendig, die erneuerbaren Energien bestmöglich auszubauen. Vor diesem Hintergrund scheint es auch für die Stadt Bad Rappenau sinnvoll, ihre EE-Potenziale über einen bilanziellen Deckungsgrad von 100 % hinaus zu heben.

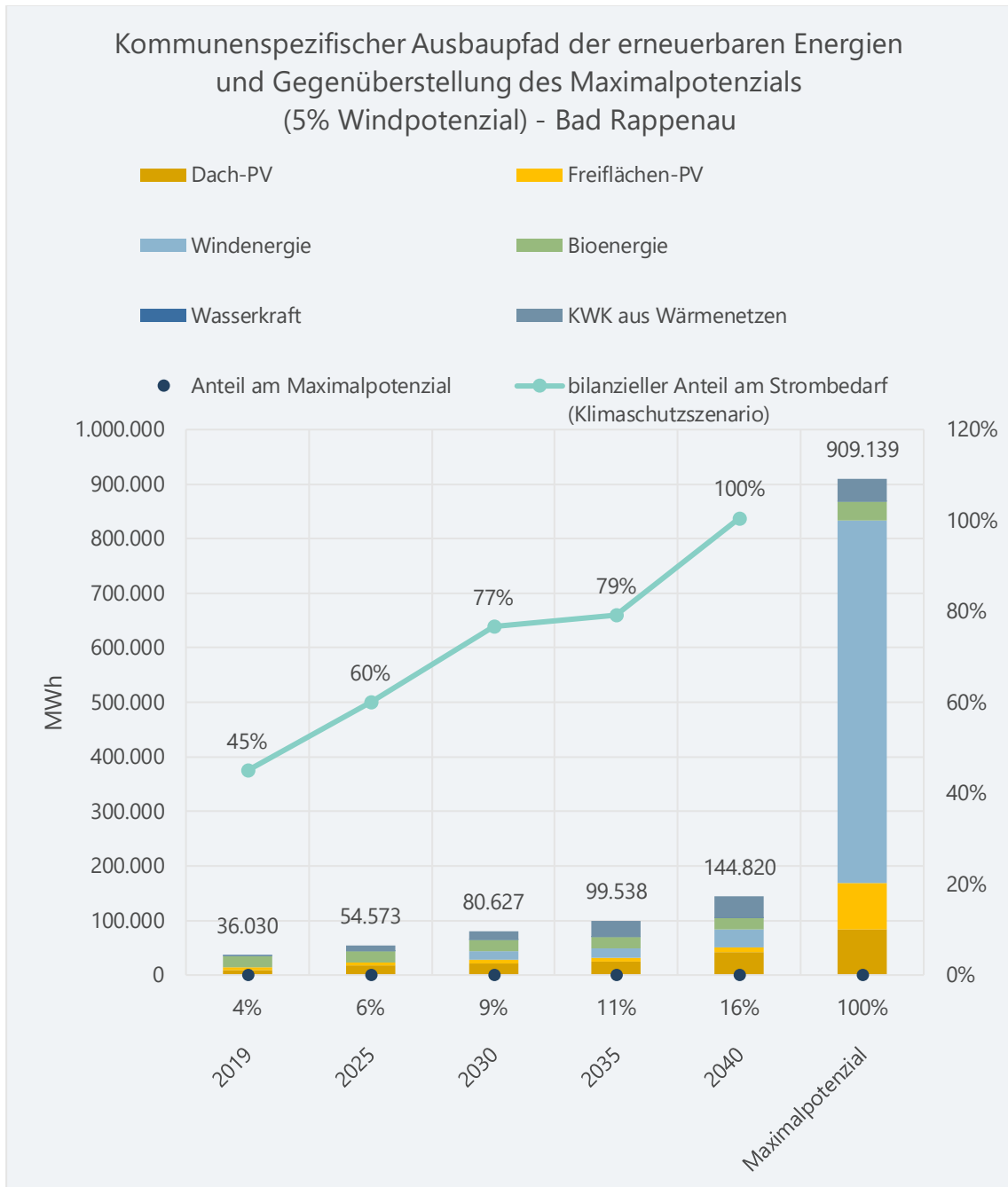


Abbildung 48: Kommunenspezifischer Ausbaupfad der erneuerbaren Energien und Gegenüberstellung des Maximalpotenzials (Nutzung des Windpotenzials)



Der nachfolgenden Abbildung 49 für die Alternativ-Variante ohne die Nutzung des Windpotenzials, liegt ebenfalls die Annahme eines bilanziellen Deckungsgrads von 100 % bis ins Zieljahr 2040 zugrunde. Im Bereich der Photovoltaik (Summe aus Dachflächen- und Freiflächenphotovoltaik) werden hierfür 50 % der im Energieatlas Baden-Württemberg ausgewiesenen Potenziale genutzt.

Insgesamt können bei Hebung dieser EE-Potenziale ebenfalls die für eine vollständige Deckung notwendigen 144.671 MWh Strom im Zieljahr 2040 auf dem Stadtgebiet erzeugt werden (16 % des Maximalpotenzials).

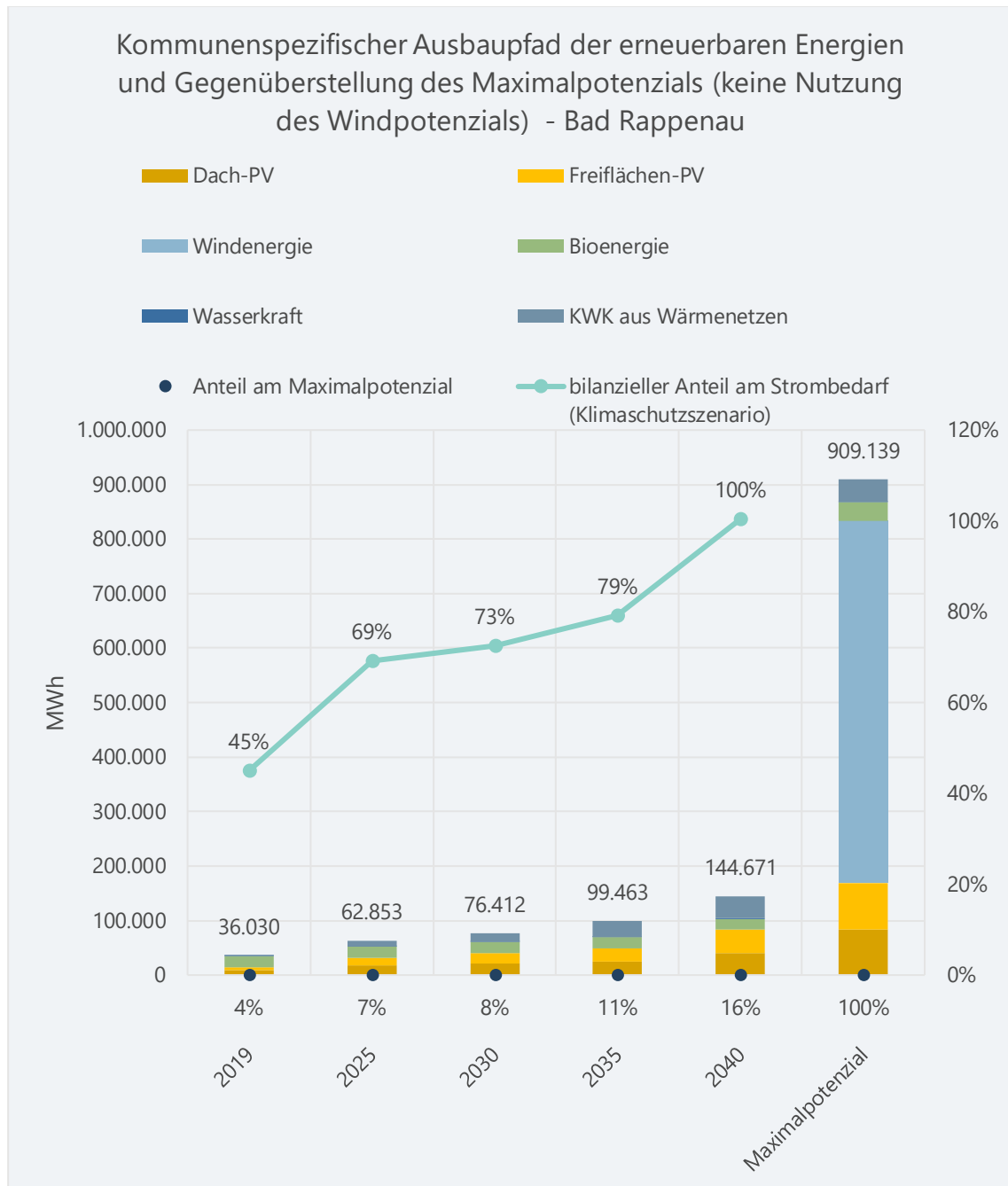


Abbildung 49: Kommunenspezifischer Ausbaupfad der erneuerbaren Energien und Gegenüberstellung des Maximalpotenzials (keine Nutzung des Windpotenzials)



5.5 End-Szenarien: Endenergiebedarf gesamt

Nachfolgend werden alle vorangehenden Berechnungen in den beiden Szenarien (Trend- und Klimaschutzszenario) zusammengefasst als „End-Szenarien“ dargestellt. Dabei wird zunächst die zukünftige Entwicklung des Endenergiebedarfs nach den Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr in 5-Jahres-Schritten bis zum Jahr 2040 aufgezeigt.

Trendszenario

In der nachfolgenden Abbildung 50 ist die Entwicklung des Endenergiebedarfs, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Es zeigt sich, dass bis 2040 (bezogen auf das Bilanzjahr 2019) 10 % des Endenergiebedarfs eingespart werden können. Die größten Einsparungen sind dabei im Bereich Mobilität zu erzielen.

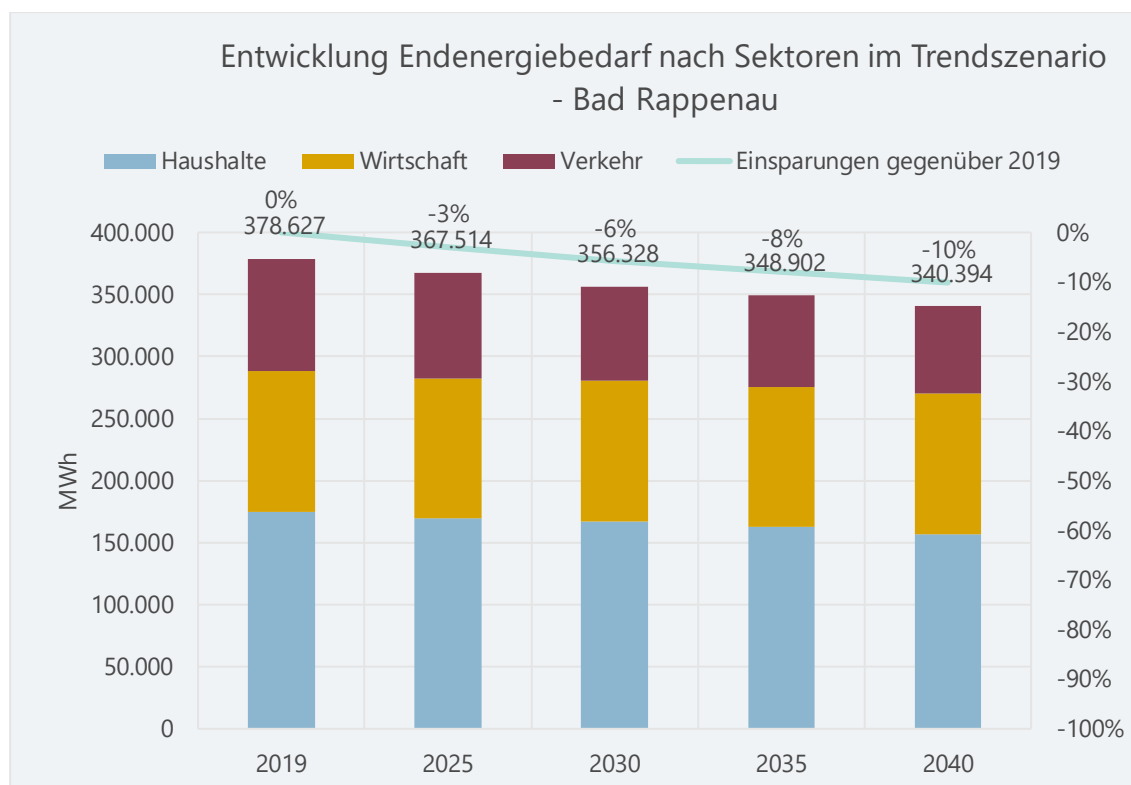


Abbildung 50: Entwicklung Endenergiebedarf nach Sektoren im Trendszenario



Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario zeigt sich, dass bis 2030 (bezogen auf das Bilanzjahr 2019) 15 % und bis zum Zieljahr 2040 29 % des Endenergiebedarfs eingespart werden können. Dabei sind die größten Einsparungen in den Bereichen Mobilität gefolgt vom Bereich Haushalte zu erzielen (vgl. Abbildung 51). Insgesamt geht der Endenergiebedarf auf 267.481 MWh zurück.

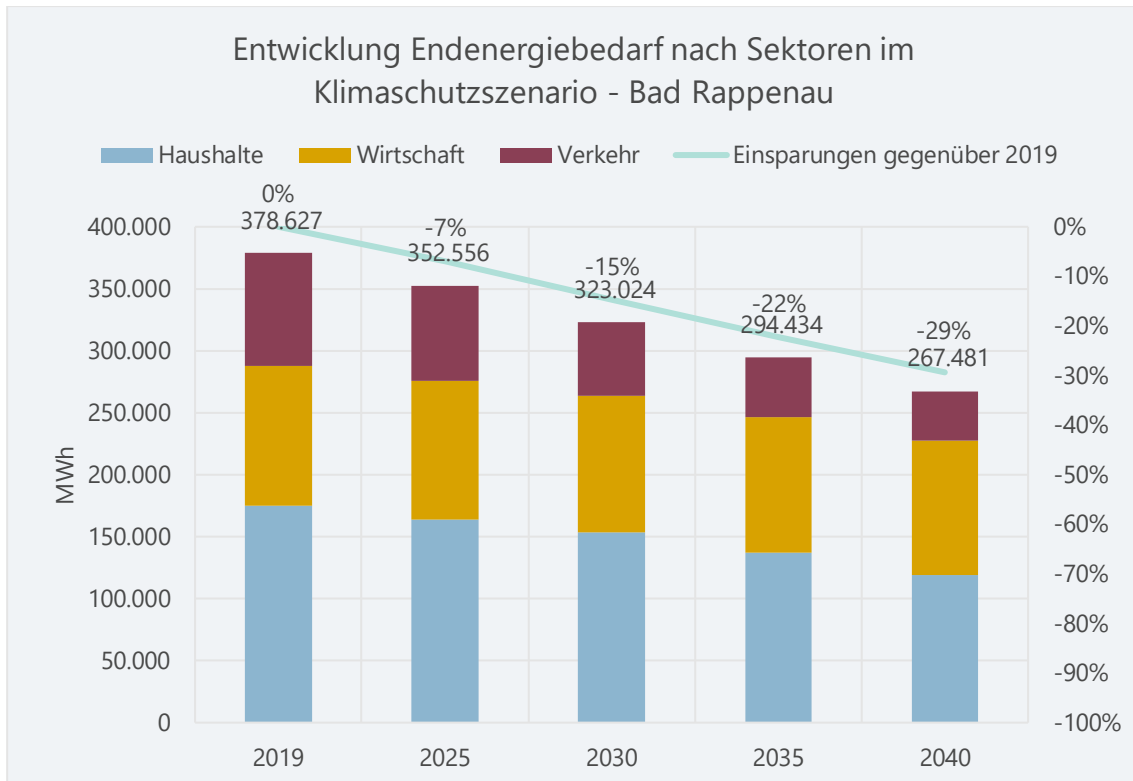


Abbildung 51: Entwicklung Endenergiebedarf nach Sektoren im Klimaschutzszenario



5.6 End-Szenarien: THG-Emissionen gesamt

Nachfolgend wird die zukünftige Entwicklung der THG-Emissionen nach den Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr in 5-Jahres-Schritten bis zum Jahr 2040 aufgezeigt.

Zum Verständnis der unterschiedlichen Emissionsfaktoren in den Szenarien wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Szenarien auf unterschiedlichen Emissionsfaktoren für den Energieträger Strom basieren. Während im Trendszenario nur ein geringer EE-Anteil am Strommix und damit ein höherer Emissionsfaktor angenommen wird, ist der Emissionsfaktor im Klimaschutzszenario geringer, da hier ein höherer EE-Anteil am Strommix angenommen wird. Dies bedeutet, dass die THG-Emissionen für die Stadt Bad Rappenau nicht mit dem lokalen Strommix bilanziert werden, sondern mit einem prognostizierten Bundesstrommix. Dieses Vorgehen ist mit der BSKO-Methodik konform.

THG-Emissionen im Trendszenario

Für die Berechnung des Trendszenarios der THG-Emissionen wird im Jahr 2040 ein Emissionsfaktor von 382 g CO₂e/kWh angenommen (Angabe ifeu und Öko-Institut). In der nachfolgenden Abbildung 52 ist die Entwicklung der THG-Emissionen, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Trendszenario ausgehend vom Ausgangsjahr 2019 um rund 32 % bis 2040. Umgerechnet auf die Einwohner der Stadt Bad Rappenau und ohne Berücksichtigung der Autobahn A6 entspricht dies 4,2 t pro Einwohner und Jahr im Jahr 2030 und 3,4 t pro Einwohner und Jahr im Jahr 2040. Im Ausgangsjahr 2019 betragen die THG-Emissionen pro Einwohner und Jahr dagegen rund 5,3 t, sodass auch im Trendszenario mit einer Reduktion der THG-Emissionen zu rechnen ist. Diese ist jedoch nicht ausreichend, um die Klimaziele zu erreichen.

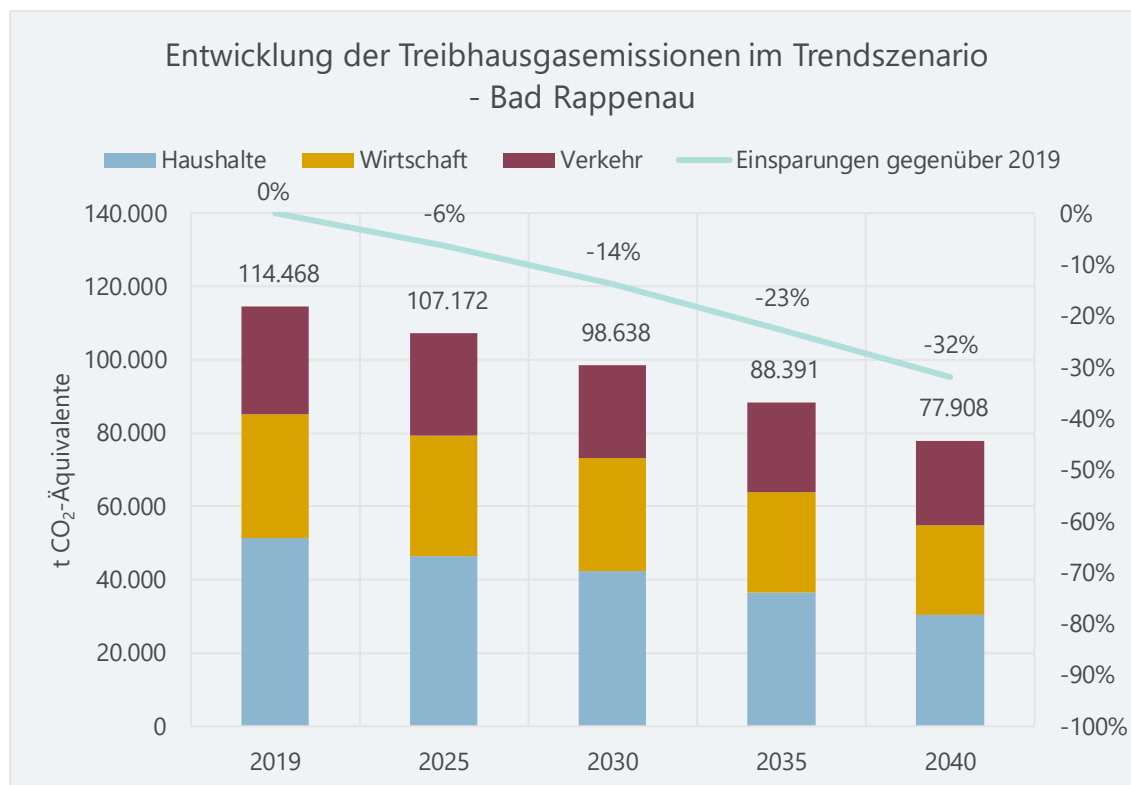


Abbildung 52: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Trendszenario



THG-Emissionen im Klimaschutzscenario

Für die Berechnung der durch importierten Strom verursachten Emissionen innerhalb des Klimaschutzscenario wird im Jahr 2040 ein LCA-Faktor von 127 g CO₂e/kWh angenommen (Angabe ifeu und Öko-Institut). In der nachfolgenden Abbildung 53 ist die Entwicklung der THG-Emissionen, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Klimaschutzscenario vom Ausgangsjahr 2019 um 42 % bis 2030 und 77 % bis 2040. Das entspricht 2,9 t pro Einwohner und Jahr in 2030 und 1,1 t pro Einwohner und Jahr in 2040.

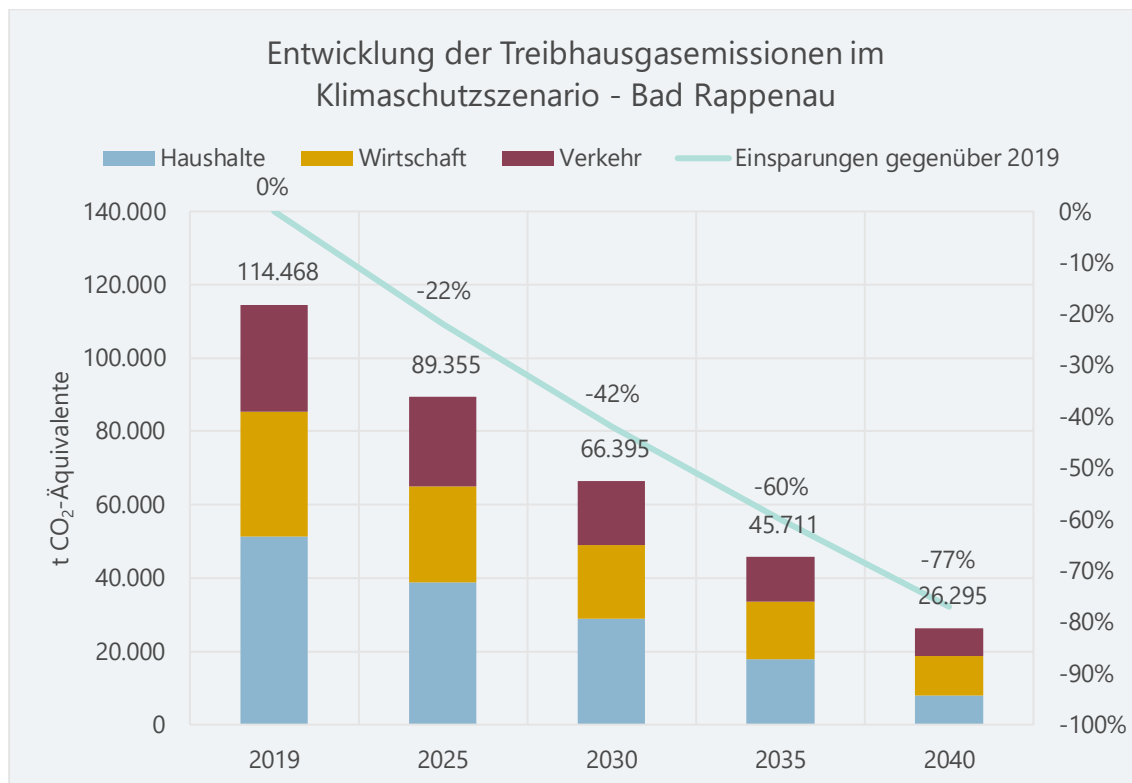


Abbildung 53: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Klimaschutzscenario



5.7 Treibhausgasneutralität

Wie dem Kapitel 5.6 zu entnehmen ist, werden in keinem der Szenarien null Emissionen (tatsächlich null Tonnen THG-Emissionen pro Einwohner) erreicht. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass nicht in allen Sektoren auf fossile Energieträger verzichtet werden kann (z. B. Verkehr), aber auch darauf, dass selbst für erneuerbare Energieträger Emissionen anfallen (bspw. Photovoltaik verfügt über einen Emissionsfaktor von 40 g CO₂e/kWh, (ifeu, 2019)). Dies ist auf die aus der Bilanz bekannte BSKO-Systematik zurückzuführen, welche nicht nur die direkten Emissionen, sondern auch die durch die Vorkette entstandenen Emissionen mit einbezieht. Es ist weiterhin möglich die unterschiedlichen Begriffe Klimaneutralität und Treibhausgasneutralität zu unterscheiden.

Eine bilanzielle Treibhausgasneutralität im jeweiligen Zieljahr kann nur erreicht werden, wenn „[...] ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgas-Emissionen und deren Abbau herrscht“ (Bundesregierung, 2021). Verbleibende (energetische) Emissionen sollen also über die Senkenfunktion natürlicher Kohlenstoffspeicher wieder der Atmosphäre entzogen werden. Umsetzungsmöglichkeiten dafür sind zum einen die Vernässung von Mooren und Feuchtgebieten, aber auch eine Aufforstung und Renaturierung von Waldgebieten. Weiterhin besteht die Möglichkeit von Humusaufbau in der Landwirtschaft. Um verbleibende Treibhausgasemissionen abzubauen, müssen also natürliche Senken genutzt werden. Weitere Kompensationsmöglichkeiten könnten kommunal diskutiert werden.

Klimaneutralität, als die höchste Neutralitätsform, zu erlangen, erfordert weitgehende Anstrengungen, von denen viele nicht im Handlungsbereich der Kommune liegen. Im Vergleich zur Treibhausgasneutralität bedeutet Klimaneutralität nicht nur Netto-Null-Emissionen, sondern auch, dass sämtliche Einflüsse auf das Klima zu vermeiden bzw. auszugleichen sind. Im strengen Sinne würden dazu auch Kondensstreifen, Abwärme, Albedo-Effekte, nicht energetische Emissionen aus Landnutzung und dergleichen gehören. Eine Feinsteuerung scheint hier, genauso wie eine bilanzielle Erfassung dieser Einflüsse, schier unmöglich. Zu beachten ist, dass im Alltagsgebrauch aktuell zwischen Treibhausgas- und Klimaneutralität terminologisch häufig nicht unterschieden wird.

Die Treibhausgasemissionen im Klimaschutzszenario für Bad Rappenau erreichen im Jahr 2040 einen Wert von 26.295 t CO₂e. Auf Basis der THG-Emissionen im Bilanzjahr 2019 und dem Reduktionspfad gemäß Abbildung 53 kann ein Restbudget bis zum Zieljahr 2040 für Bad Rappenau von etwa 1,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente angenommen werden³².

³² Mit linearer Reduktionsberechnung zwischen den vier Etappen und dem Minimalwert von 26.295 t CO₂e im Zieljahr 2040 folgt ein Restbudget von 1.571.605 t CO₂e im Klimaschutzszenario.



5.8 Zusammenfassung: Instruktionen aus den Potenzialen & Szenarien

Die nachfolgende Tabelle 16 stellt eine Zusammenfassung der Instruktionen aus den aufgezeigten Potenzialen und Szenarien dar. Dabei werden die Instruktionen nach den folgenden Handlungsfeldern bzw. Sektoren aufgeteilt:

1. **Sanierung und Entwicklung Wärmemix:** Zunächst werden die wesentlichen Instruktionen im Bereich der Sanierung sowie der zum Teil einhergehenden erforderlichen Umstellung der Energieträger aufgezeigt.
2. **Mobilität und Verkehr:** Im Bereich Mobilität und Verkehr wird die notwendige Minderung der Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) sowie der notwendige Anteil alternativer Antriebe an der Fahrleistung dargestellt.
3. **Erneuerbare Energien:** Letztlich wird der erforderliche und mögliche Ausbau der erneuerbaren Energien dargestellt.

Stadt Bad Rappenau	
Klimaschutzszenario 2040	
Sanierung und Entwicklung Wärmemix	
Sanierungsrate	Sanierungsrate: Beginnend bei 1,2 % p. a. erfolgt eine jährliche Steigerung um 0,1 % auf maximal 2,8 % p. a., danach gleichbleibend
Rolle der fossilen Energieträger	Heizöl: Starke Reduktion der bestehenden Verbräuche auf einen Anteil von 8 % am Wärmebedarf im Jahr 2035 und perspektivisch vollständiger Ausstieg bis spätestens 2040 Erdgas: Schrittweise Reduktion der Verbräuche bis 2030 (prioritär ist der Energieträger Heizöl zu substituieren), ab 2030 starke Reduktion der Verbräuche und nahezu vollständiger perspektivischer Ausstieg bis ins Jahr 2040
Alternative zu den fossilen Energieträgern	Substitution durch: Umweltwärme, Heizstrom/PtH, Nahwärme (in Form von Geothermie), Solarthermie sowie zu geringen Teilen PtG, Biogas und Biomasse
Mobilität und Verkehr	
Minderung Fahrleistung MIV	22 %
Anteil alternativer Antriebe an der verbleibenden Fahrleistung	75 %



Erneuerbare Energien	
Maximaler Deckungsanteil am Strombedarf	Inklusive der Berücksichtigung des zukünftigen Strombedarfs (z. B. zur Herstellung von Power-to-Gas (PtG)) ergibt sich ein Deckungsanteil von 629 % im Jahr 2040.
Wesentliche Erneuerbare Energien	<p style="text-align: center;">Dach- und Freiflächenphotovoltaik</p> <p>Potenzial Dachflächenphotovoltaik (50 % des im Energieatlas Baden-Württemberg ausgewiesenen Maximalpotenzials): 41.119 MWh/a</p> <p>Potenzial Freiflächenphotovoltaik (50 % des im Energieatlas Baden-Württemberg ausgewiesenen Maximalpotenzials): 42.027 MWh/a</p> <p>Bei dieser Ausnutzung ergäbe sich bereits ein bilanzieller Deckungsgrad des Strombedarfs im Klimaschutzszenario von 100 % im Zieljahr 2040.</p>

Tabelle 16: Instruktionen aus den Potenzialen und Szenarien (energielenker projects GmbH)



6. Handlungsfelder und Maßnahmen

6.1 Handlungsfeld Erneuerbare Energien

Der Ausbau erneuerbarer Energien (EE) trägt maßgeblich dazu bei, Klimaziele zu erreichen und Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Im Wärmebereich konnten dadurch im Bilanzjahr 2019 deutschlandweit etwa 36 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente vermieden werden. Im Stromsektor wurden durch die Nutzung von EE sogar 158 Millionen Tonnen weniger emittiert. Da in Deutschland fossile Energieträger wie Erdgas, Steinkohle und Mineralöle zu einem hohen Anteil importiert werden, führt die Einsparung von fossilen Energieträgern durch die Nutzung von EE direkt zur Senkung deutscher Energieimporte (BMWi, 2020). In Kapitel 3.3 wurde beziffert, wie stark die veränderte Erzeugungsstruktur (vgl. Abbildung 54) zur Reduzierung des Emissionsfaktors inklusive Vorkette beiträgt. Somit werden deutlich weniger klimaverändernde Treibhausgase je Kilowattstunde erzeugter Strommenge verursacht, wenn der Anteil erneuerbarer Energien wächst.

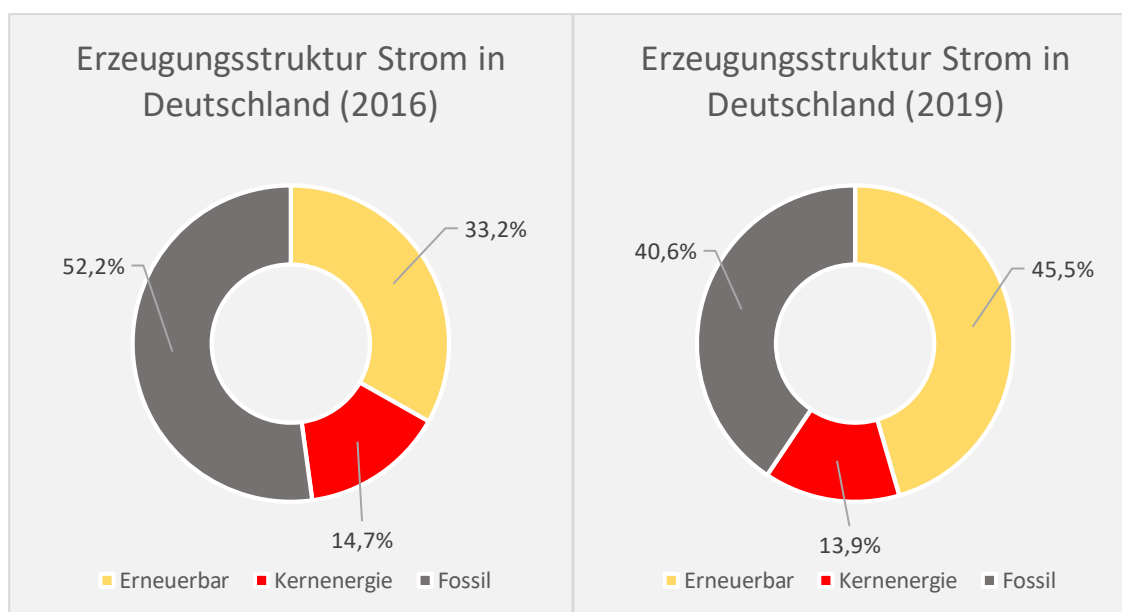


Abbildung 54: Erzeugungsstruktur der deutschen Nettostromerzeugung im Vergleich der Jahre 2016 und 2019 (Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis von Fraunhofer ISE (ISE, 2022a))

Die Einsparung von Energie ist ein wesentlicher Bestandteil von effektivem Klimaschutz. Im Jahr 2019 liegt in Bad Rappenau, gemäß der Energie- und Treibhausgasbilanz, der Anteil von Strom am Endenergieverbrauch privater Haushalte bei etwa 19 %, wobei durchschnittlich und jährlich 1.511 kWh Strom und 6.607 kWh Wärme pro Person genutzt werden³³. Unter Berücksichtigung der in Bad Rappenau genutzten Energieträger im Bereich Wärme ergibt sich für die privaten Haushalte, dass etwa 31 % der Emissionen durch Stromnutzung und 69 % durch Wärmenutzung anfallen³⁴. Dies ist nicht untypisch. Trotz der höheren Endenergiemenge im Wärmebereich, verursacht der Stromverbrauch relativ viele klimarelevante Emissionen.

³³ In Baden-Württemberg liegt der Anteil von Strom am Endenergieverbrauch in privaten Haushalten bei etwa 20 %, wobei im Jahr 2019 pro Kopf durchschnittlich 1.432 kWh Strom und 5.800 kWh Wärme genutzt wurden (BICO2BW).

³⁴ Hierbei wird Strom für Wärmepumpen und Heizstrom dem Bereich Wärme zugeordnet, andernfalls würde im Bilanzjahr der strombedingte THG-Anteil sogar 35 % betragen.



Abbildung 55 gibt nationale Entwicklungen der letzten drei Jahrzehnte wieder. Beispielsweise werden im Jahr 2019 durch 1.500 kWh Stromverbrauch in etwa 717 kg CO₂-Äquivalente emittiert, ausgehend von einem Emissionsfaktor mit 478 g/kWh.

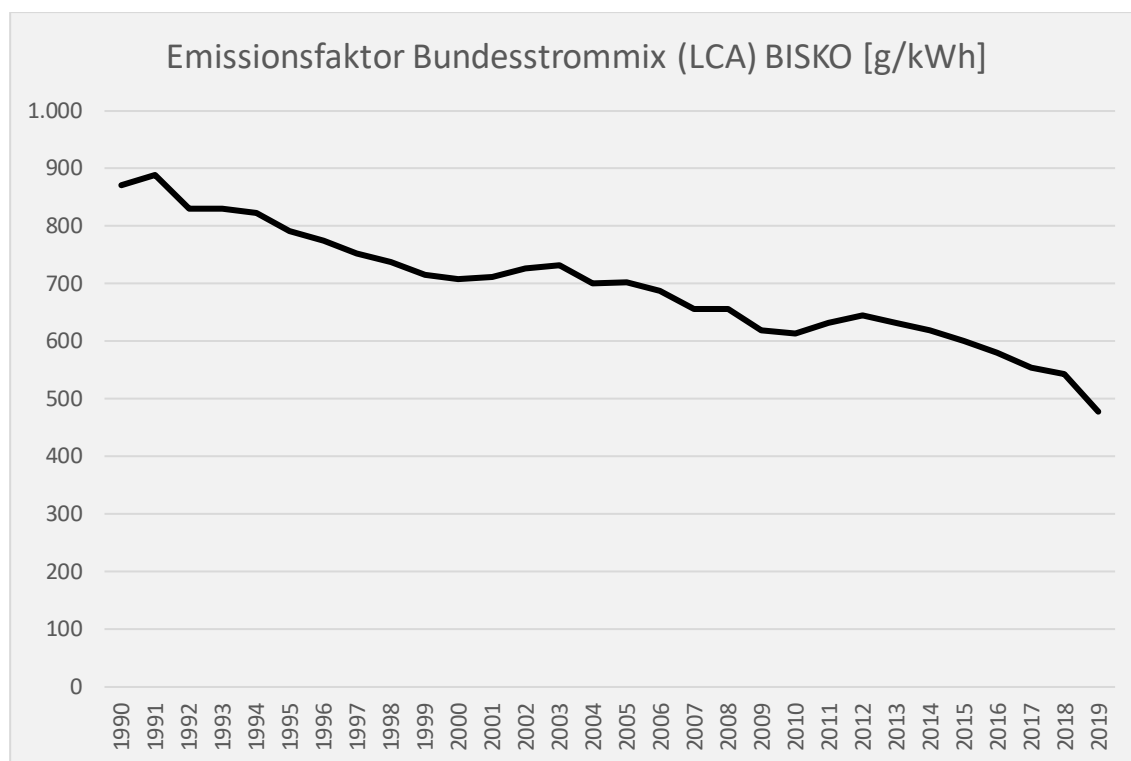


Abbildung 55: Bundesdeutscher Emissionsfaktor inkl. Vorkette in CO₂-Äquivalenten pro erzeugte Strommenge (eigene Darstellung der BSKO-Faktoren von ifeu Heidelberg, Datenexport aus Ecospeed)

Neben der effizienten Nutzung von Energie, mittels sparsamer Geräte und Anlagen, der Instandhaltung und Wartung von Maschinen und Gerätschaften hinsichtlich Lebensdauer, als auch der Effizienzsteigerung in Prozessen und Abläufen hinsichtlich Mobilitätsaufkommen und Ressourcenschonung, gilt der Fokus primär der Einsparung von Energie. Daran anknüpfend und aus den oben geschilderten Einsichten in den Bundesstrommix kann mit der Nutzung von regenerativen Energiesystemen effektiv Klimaschutz umgesetzt werden. In Bad Rappenau und im Landkreis Heilbronn ist hierzu vielerorts die Photovoltaik eine wirkungsvoll einsetzbare Technologie, zumal die Einstrahlungswerte im Vergleich zu anderen Regionen in Deutschland besonders gut sind.

Hieraus abgeleitet ergibt sich für das Handlungsfeld 1 ein Maßnahmenmix, der die Nutzung der Solarenergie sektorenübergreifend stärkt. Grundlegend kann dies zusammengefasst werden mit der Verstärkung der Öffentlichkeitsarbeit und Netzwerkarbeit zum Thema Solarenergie, weitergehend mit der Durchführung von Veranstaltungen und der Möglichkeit Förderprogramme für die Sektoren Haushalte und Wirtschaft zu gestalten. Eine PV-Ausbaustrategie für städtische Liegenschaften hat das Ziel die Dachpotentiale systematisch und im Rahmen der Möglichkeiten zu nutzen. Ebenfalls kann die Erhöhung des Autarkiegrads von Kläranlagen auf EE basieren.

Rahmenbedingungen der Notwendigkeit des PV-Ausbaus wurden eingangs in Kapitel 1.3 erklärt. Für die Maßnahmen auf kommunaler Ebene sollen Abbildung 56 und Abbildung 57 den gegenwärtigen Zustand und die Entwicklungen der letzten Jahre mit Bund und Land vergleichen. Aufgrund der Freiflächenanlagen und der ländlich geprägten Flächenstadt liegt die installierte PV-Leistung je Einwohner oberhalb von Bund und Land.



Die EEG-Novellierung 2022 erhöhte die Ausbauziele nicht nur aufgrund der Energiewende, sondern auch unter Berücksichtigung des 1,5-Grad-Ziels und der Klimaschutzgesetze. Werden die bundesweit installierten PV-Leistungen im Zieljahr 2030 in Relation zur Einwohnerzahl gesetzt, analog zu Abbildung 56, wird die nötige Beschleunigung des Ausbaus ersichtlich, denn für das Jahr 2030 müssten PV-Leistungen von über 2.580 W/EW deutschlandweit installiert sein.

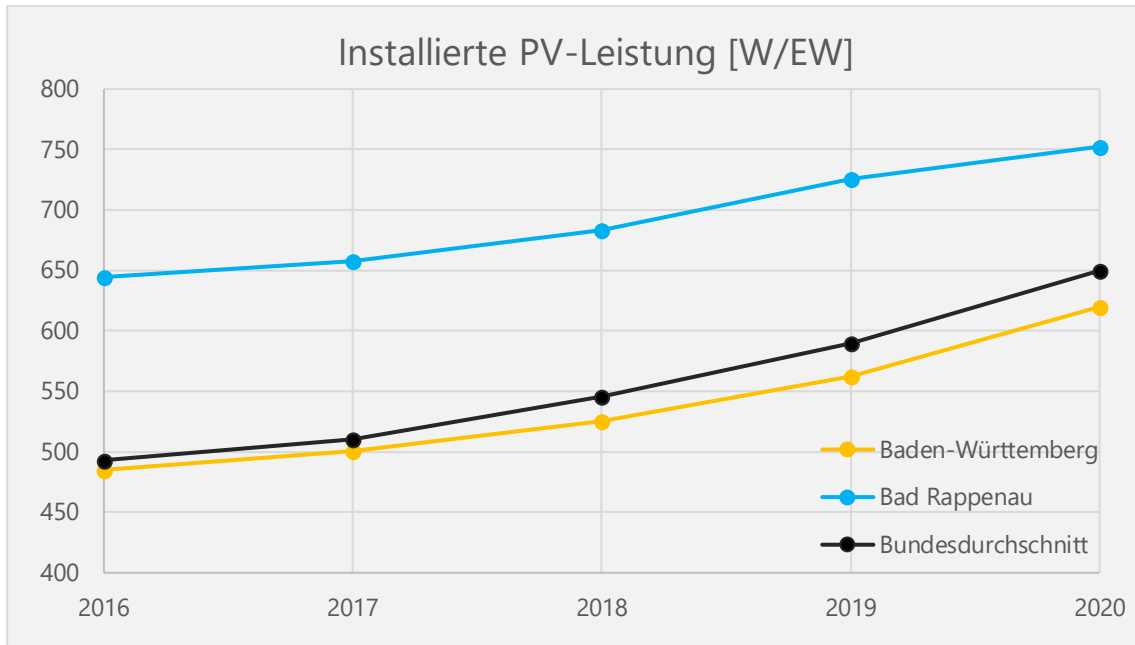


Abbildung 56: Installierte Photovoltaikleistung im Vergleich zu Bund und Land

Für die Jahre 2016 bis 2020 verdeutlicht Abbildung 57 den jährlichen Leistungszuwachs an Photovoltaik und den Vergleich von Bad Rappenau mit Durchschnittswerten von Bundesland und deutschlandweitem Ausbau.

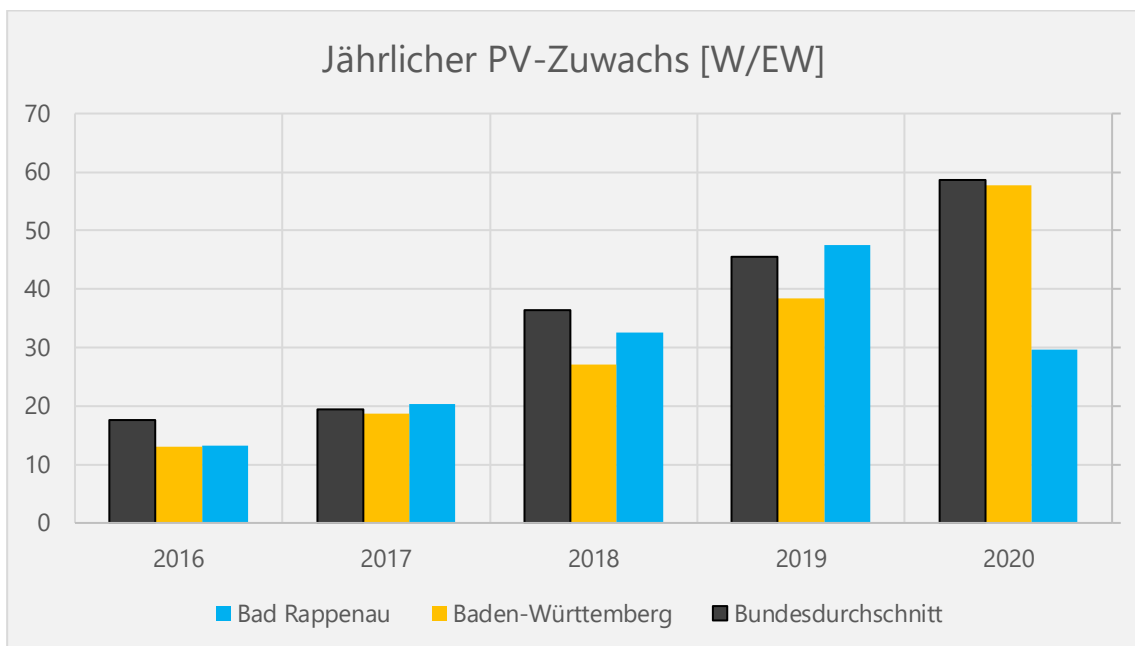


Abbildung 57: Jährlicher Photovoltaikzuwachs im Vergleich zu Bund und Land



6.2 Handlungsfeld Mobilität

Das Verhalten der Bevölkerung hat einen großen Einfluss auf das Verkehrsaufkommen der Stadt Bad Rappenau. Eine Verlagerung hin zum Umweltverbund (ÖPNV, Fahrrad, zu Fuß) bei kurzen Strecken und regelmäßigen Fahrten zur Arbeit oder zum Einkaufen kann zu großen Emissionsvermeidungen führen, weshalb eine Verhaltensänderung bei einer großen Anzahl der Einwohner nicht außer Acht zu lassen ist. Deshalb kann gezielte Werbung mit Anreizen zu wirksamen Effekten führen. Für die Reduzierung verkehrsbedingter Umweltbelastungen in Bad Rappenau ist die Veränderung der Verkehrsmittelwahl zugunsten des Umweltverbundes maßgebend.

Demzufolge zielt ein Großteil der Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld 2 auf die Verkehrsverlagerung hin zum Umweltverbund ab. Ein motivierendes Mobilitätsmarketing sollte die Aufmerksamkeit auf alternative Mobilitätsangebote lenken und mit regelmäßigen Informationsveranstaltungen zu Themen wie E-Mobilität, ÖPNV, Fahrradverkehr, Bürgerbus, Car-Sharing und Intermodalität sowie Aktionstagen und möglicherweise Sprintsparkursen auch entsprechende Gewohnheiten fördern. Für die Stärkung des Fahrradverkehrs, für und mit Bad Rappenauer Bürgerinnen und Bürgern, kann ein Arbeitskreis Radverkehr eingerichtet werden. Ein systematisches Vorgehen kann so mit Bürgerbeteiligung und in Zusammenarbeit mit Verwaltung und Verbänden wie ADFC oder AGFK Verbesserungspotenziale aufzeigen und Schwachstellen identifizieren.

Neben der allgemeinen Verkehrsvermeidung sind Fußverkehr und Radverkehr (einschließlich Pedelecs und E-Bikes) von großer Bedeutung für eine klimafreundliche Mobilität in Bad Rappenau. Auch wenn die Entwicklungen im Mobilitätsbereich auf kommunaler Ebene nicht sicher vorhersagbar sind, zeigen die vergangenen Jahre einen signifikanten Trend an steigenden Fahrzeugzahlen und Fahrleistungen (vgl. Kapitel 2.5 und Kapitel 4.3). Auf die verkehrsbedingten Emissionen wirken sich ebenfalls Entwicklungen der Fahrzeugausstattungen, z.B. durch die Zunahme des Fahrzeuggewichts, aus sowie dem gegenüberstehende Optimierungen der Fahrzeug- und Motorentchnik oder Innovationen im Leichtbau. Auch in Zukunft werden in der ländlich geprägten Kurstadt Bad Rappenau viele Menschen, insbesondere in den acht Stadtteilen außerhalb der Kernstadt, auf PKWs angewiesen sein. Auch vor diesem Hintergrund ist es richtig und wichtig, dass die Stadt mit der Elektrifizierung der eigenen Flotte voranschreitet. Ebenfalls von Relevanz für das Handlungsfeld sind die bereits etablierten Schulwegpläne mit Berücksichtigung der Verkehrssicherheit sowie die Möglichkeit zum Dienstadleasing für Mitarbeitende der Stadtverwaltung. Auch Betriebe können so ein klares Zeichen setzen und nebenbei die Gesundheit ihrer Belegschaft fördern. Die Stadt Bad Rappenau hat sich in den vergangenen Jahren dafür eingesetzt Anreize zur klimafreundlichen Mobilität zu schaffen, z.B. mit der Bereitstellung von Verkehrsflächen für E-Mobilitätsfahrkurse oder den erfolgreichen Teilnahmen am jährlichen Stadtradeln.

Folgend sollen die Berechnungen der Energie- und THG-Bilanz für den Verkehrssektor genauer betrachtet werden, wobei die Aufteilung der Emissionen je Straßenkategorie verdeutlicht wird sowie die für kommunale Maßnahmen relevante Sektorenaufteilung, unter Berücksichtigung der verkehrsbedingten THG-Emissionen ohne Autobahnanteile. Die Menge der durch Treibstoffe verursachten Treibhausgase im Stadtgebiet wird abschließend in Relation zu THG-Emissionen aus der Nutzung anderer Energieträger gesetzt.



Gemäß der Energie- und Treibhausgasbilanz (vgl. Kapitel 3.2.2) werden in Bad Rappenau 57 % der gesamten Treibhausgasemissionen im Verkehr verursacht was mit Abbildung 58 differenziert nach Straßenkategorie dargestellt wird, berechnet mit Ecospeed und ausgewertet mit Excel.

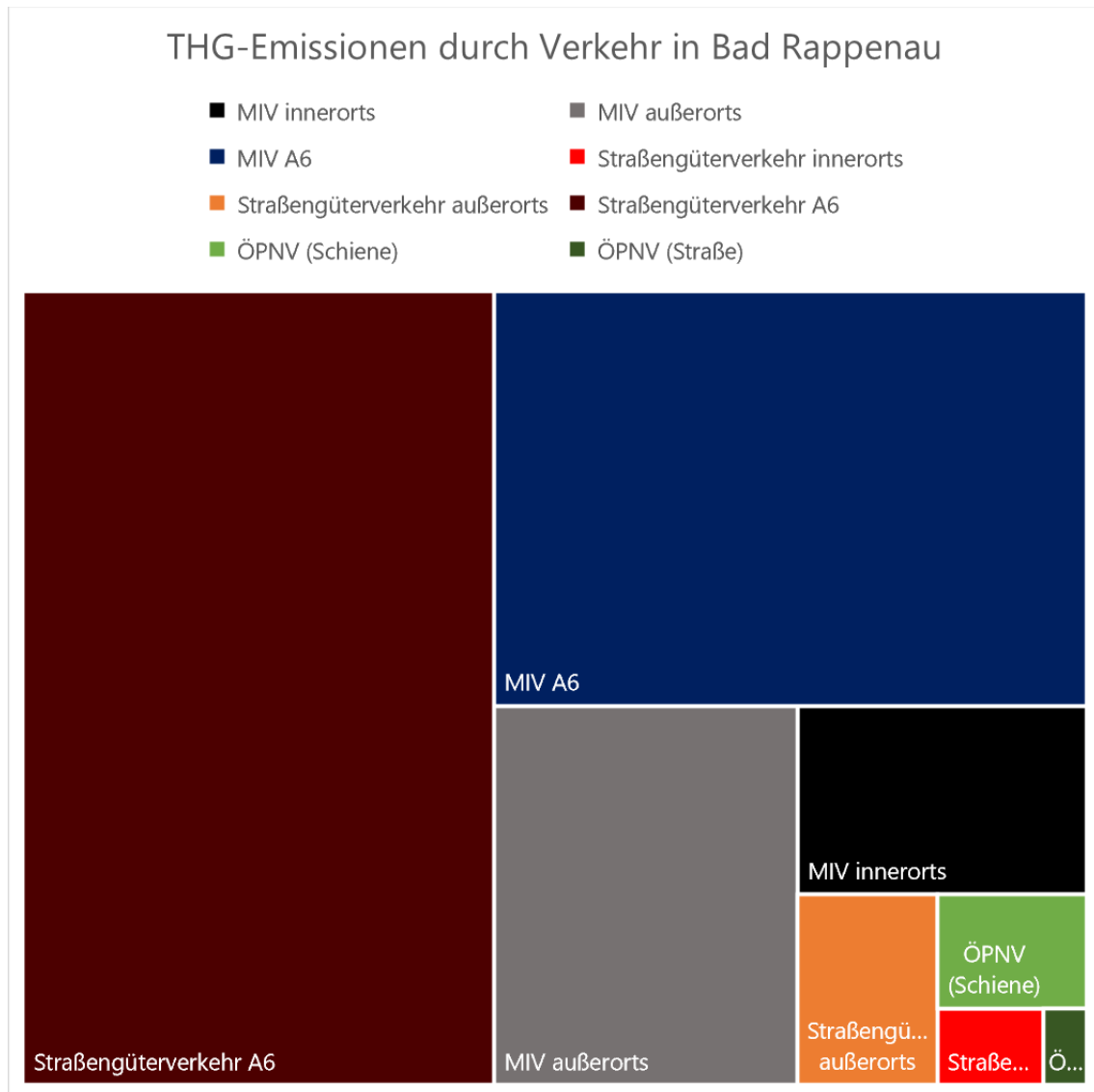


Abbildung 58: Verkehrsbedingte Treibhausgasemissionen nach Straßenkategorie³⁵

³⁵ Die Anteile der Straßenkategorien sind unterteilt in motorisierten Individualverkehr (Personenwagen und motorisierte Zweiräder), Straßengüterverkehr (Lastkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge) sowie Öffentlicher Personennahverkehr (unterschieden in Linienbusse und Schienenverkehr) dargestellt. Berechnete Werte aus der Energie- und Treibhausgasbilanz gemäß BSKO-Standard, basierend auf Jahresfahrleistungen nach Werten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg, unterteilt in die Straßenkategorien innerorts, außerorts sowie Autobahn für jede der genannten Fahrzeugkategorien und daraus berechnete Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen für jeweils die Energieträger: Strom, Benzin, Diesel, Erdgas, Biogase, Flüssiggas, Biodiesel, Biobenzin und somit für jedes Jahr 96 Verbrauchsfaktoren der Straße mit dem spezifischen Verbrauch für motorisierten Individualverkehr sowie Straßengüterverkehr in kWh je Fahrzeugkilometer und 96 Faktoren pro Jahr für die Fahrleistungsaufteilung auf der Straße mit jeweiligem Treibstoffmix je Fahrzeugkategorie in Prozent. Jährliche Emissionsfaktoren sowie



Von den im Bilanzjahr verkehrsbedingten 109.773 Tonnen CO₂-Äquivalenten innerhalb der Gemarkung entstehen über 80.000 Tonnen durch den Autobahnverkehr. Einflussmöglichkeiten hierfür sind für die Stadtverwaltung quasi nicht gegeben, weshalb auch in diesem Kapitel nur auf die verkehrsbedingten Emissionen innerorts und außerorts Bezug genommen wird, wobei die Maßnahmen im Handlungsfeld Mobilität auf die Reduktion eben dieser THG-Emissionen abzielen.

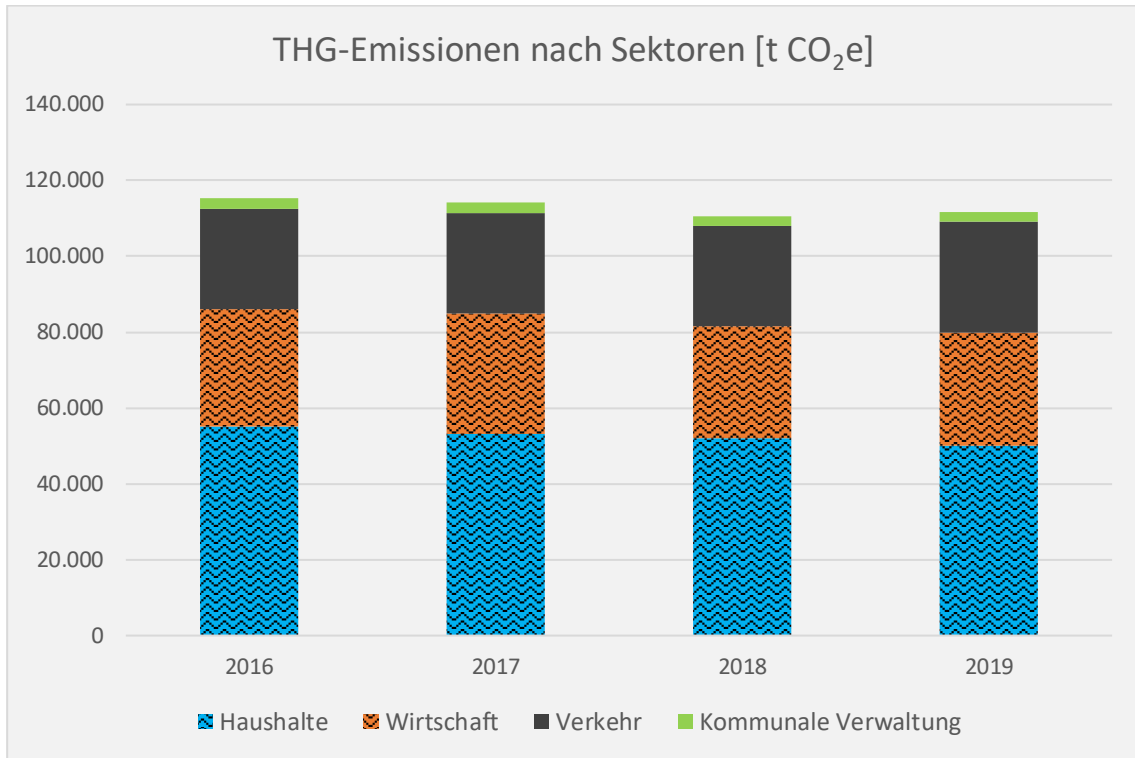


Abbildung 59: Treibhausgasemissionen nach Sektoren mit Verkehr ohne Autobahnanteil

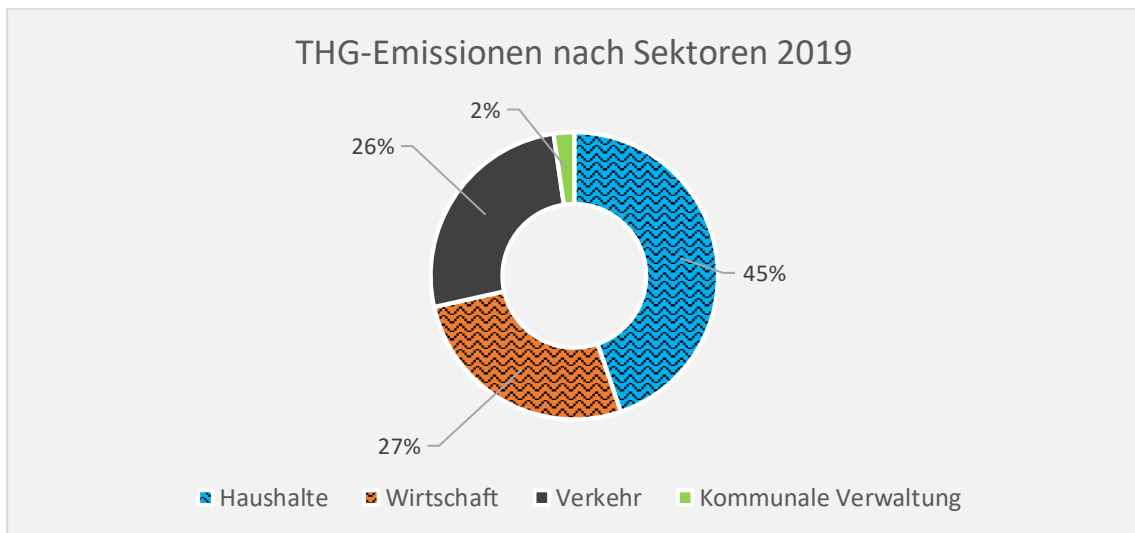


Abbildung 60: Prozentualer Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen im Jahr 2019 (ohne Autobahn)

Faktoren für die Fahrleistungsaufteilung und Verbrauchsfaktoren sind BSKO-konform gemäß dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Der Stromeinsatz des ÖPNV auf der Schiene wird mit dem Emissionsfaktor Bundesstrommix bilanziert.



Zusätzlich zu den verkehrsbedingten CO₂-Emissionen stellen die Lärmemissionen und Luftschadstoffe sowie der Flächenverbrauch des Verkehrs durchaus erhebliche Belastungen für Bevölkerung, Umwelt und Klima im Stadtgebiet dar, zumal der Flächenbedarf der Verkehrsinfrastruktur in starker Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen steht.

Ausgehend von der Energie- und Treibhausgasbilanz sowie der Potenzialanalyse und den Szenarien für den Verkehr in Bad Rappenau zeigt sich der enorme Handlungsbedarf im Bereich der Mobilität. Ebenfalls ersichtlich wird ein großes Potenzial zur Treibhausgasvermeidung, dennoch könnte es auch zu einem weiteren Anstieg der Fahrleistungen kommen. Ein großes Potenzial zur Emissionsreduzierung kann mit der Umstellung auf Elektroantrieb realisiert werden. Neben der Reduktion von Lärm und lokalen Emissionen würde der Energieverbrauch erheblich sinken. Die über die Lebensdauer eines E-Fahrzeuges anfallenden Treibhausgasemissionen sinken enorm durch die Verbesserung des Emissionsfaktors zur Stromerzeugung, was die enge Verbindung zwischen Verkehrswende und Energiewende verdeutlicht. Die Verkehrswende zu einer umweltverträglichen, klimaschutzorientierten, gesundheits- und sozialverträglichen Mobilität steht in Deutschland, im Gegensatz zur Energiewende, noch am Anfang.

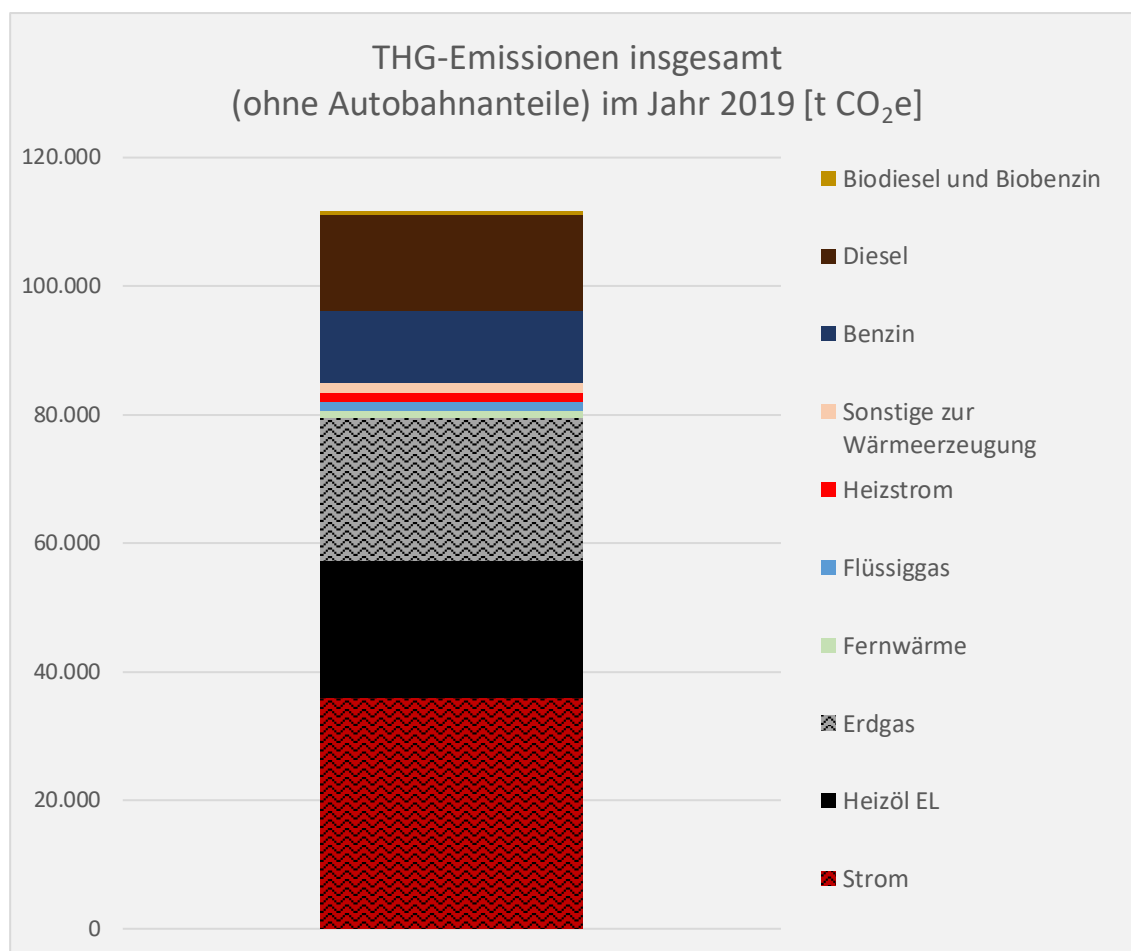


Abbildung 61: THG-Emissionen in Bad Rappenau im Jahr 2019 (ohne Autobahnanteile) nach Energieträgern³⁶ in Tonnen CO₂-Äquivalenten

³⁶ „Sonstige zur Wärmeerzeugung“ umfasst Steinkohle, Biogase, Biomasse (kleine und mittlere Feuerungsanlagen in GHD und privaten Haushalten), Sonnenkollektoren (Solarthermie) und Umweltwärme (Wärmepumpen).



6.3 Handlungsfeld Nachhaltige Wärmeversorgung

Abbildung 62 zeigt die THG-Emissionen im Bilanzjahr nach Energieträgern im stationären Bereich unterteilt in Kommunale Verwaltung, Wirtschaftssektor und Private Haushalte ohne verkehrsbedingte Emissionen. Etwa 36 % entfallen auf die Wirtschaft mit 29.891 t CO₂e, knappe 61 % auf Private Haushalte mit 49.991 t CO₂e und 3 % auf Gebäude und Infrastruktur der Kommunalen Verwaltung mit 2.579 t CO₂e. Der Einsatz fossiler Energieträger zur Wärmenutzung bedingt 54 % der Gesamtemissionen im stationären Bereich³⁷ und zeigt, dass große Emissionsmengen aufgrund der Wärmebereitstellung mit Heizöl und Erdgas entstehen, wobei nicht jeder Stadtteil in Bad Rappenau mit Erdgas versorgt wird.

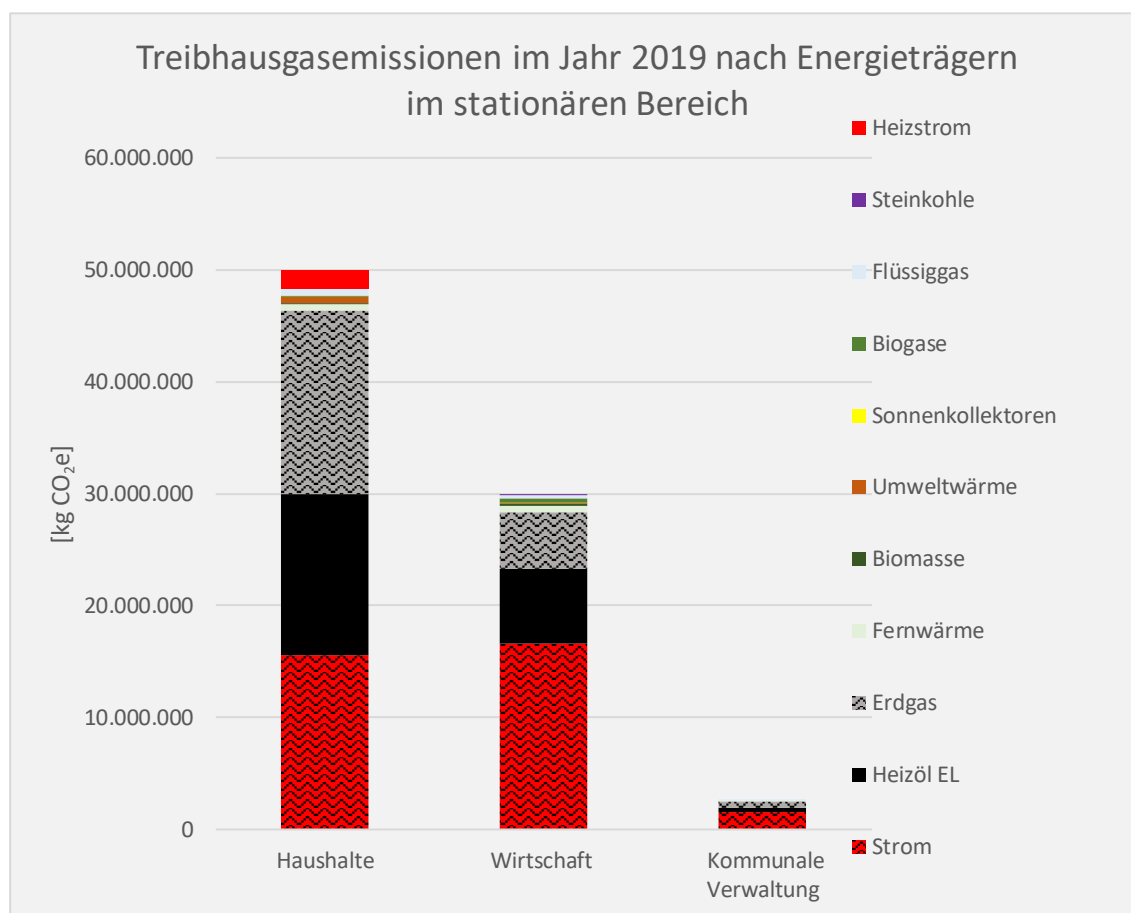


Abbildung 62: THG-Emissionen in Bad Rappenau 2019 im stationären Bereich in kg CO₂e

Die Summe der in Abbildung 62 dargestellten THG-Emissionen teilt sich im Jahr 2019 zu 41 % in Strom, 26 % in Heizöl, 27 % Erdgas sowie 6 % für weitere Energieträger auf. Nach der Einsparung von Energie ist die Wahl der Energieträger eine wichtige Komponente, welche die Summe der jährlichen Treibhausgasemissionen stark prägt.

³⁷ Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Strommix ebenfalls durch die Nutzung fossiler Energieträger geprägt wird, folgt, dass die Nutzung fossiler Energieträger den Hauptbestandteil der THG-Emissionen ausmacht.



Hierzu geben Abbildung 63 und Abbildung 64 detailliertere Einsicht in den Energieträgermix und die dadurch bedingten Treibhausgasemissionen. Erdgas, Heizöl, Strom, regenerative Fernwärme und Biomasse sind die am häufigsten eingesetzten Energieträger in Bad Rappenau, insofern alle Sektoren ohne Verkehrsanteile betrachtet werden.

Bei den durch energetische Nutzung in Gebäuden und Infrastruktur verursachten THG-Emissionen dominieren die Energieträger Strom, Erdgas und Heizöl. Der Umstieg auf eine nachhaltige Wärmeversorgung ist ein langfristiges Handlungsfeld mit hoher Effektivität zur THG-Vermeidung.

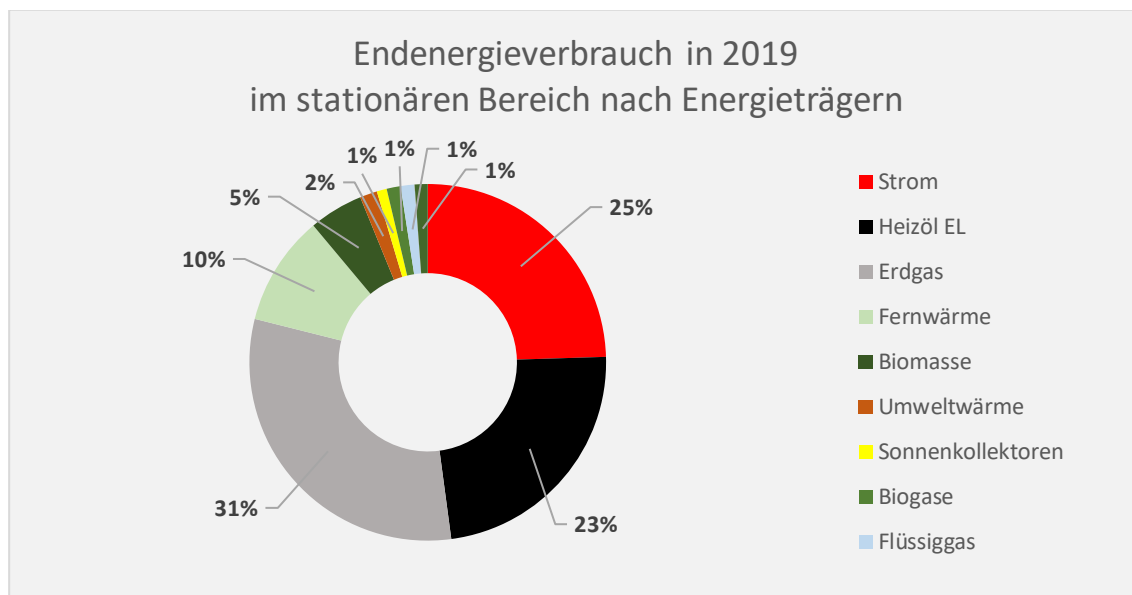


Abbildung 63: Spezifischer Energieverbrauch in Bad Rappenau 2019 im stationären Bereich

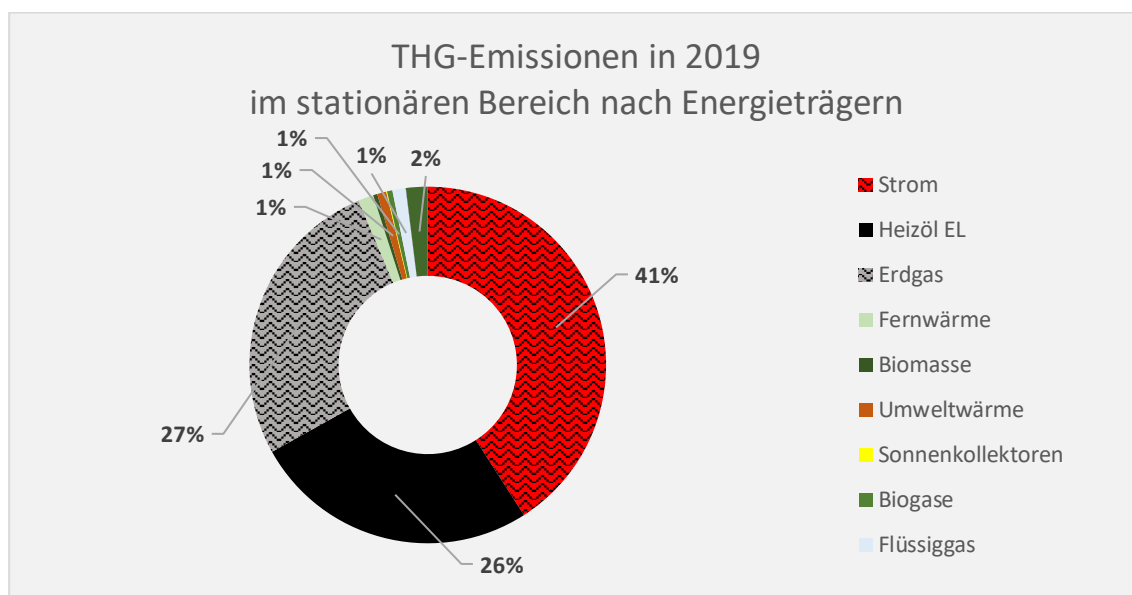


Abbildung 64: Spezifische THG-Emissionen in Bad Rappenau 2019 im stationären Bereich



Wie kann der Umstieg der Wärmeversorgung in Bad Rappenau auf regenerative Quellen gelingen? Ein Fahrplan zur künftigen Wärmeversorgungsstruktur liefert die kommunale Wärmeplanung im Jahr 2023. Ein möglichst großer Anteil sollte jedenfalls aus klimafreundlich erzeugter Nah- oder Fernwärme bezogen werden und der verbleibende Anteil, erzeugt auf den Grundstücken, mit dem Einsatz von Umweltwärme und Strom mittels Wärmepumpen. Der Einsatz von Solarthermie und Geothermie trägt ebenfalls zum Erreichen einer nachhaltigen Wärmeversorgung in Bad Rappenau bei (vgl. Kapitel 4.4.3 und Kapitel 4.4.4). Ausgehend von einem sektorübergreifenden Energieträgereinsatz zur Wärmebereitstellung, welcher im Bilanzjahr 2019 mit 41 % von Erdgas und 31 % von Heizöl dominiert wird, entfallen im Zieljahr 2040 gemäß Klimaschutzenszenario 36 % auf Nah- und Fernwärme, 30 % auf Umweltwärme (Wärmepumpen) mit einem Anstieg von 1 % auf 7 % bei der Solarthermie (vgl. Kapitel 5.2). Die Entwicklung des Wärmebedarfs privater Haushalte ist neben dem Nutzerverhalten und der Gebäudedämmung mit der Sanierungsrate und -tiefe verbunden (vgl. Kapitel 4.1).

Durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und den Einsatz von strombetriebenen Wärmepumpen wird die Wärmebereitstellung immer stärker mit dem Stromsektor gekoppelt. Die Potenzialanalyse des vorliegenden Konzeptes (Kapitel 4) betrachtet den Energieträgereinsatz zur Wärmeversorgung differenziert zwischen privaten Haushalten und Wirtschaft, während die Szenarien (Kapitel 5), wie der veränderte Energieträgermix in der Zukunft aussehen müsste, wenn der verbleibende Wärmebedarf möglichst klimaneutral gedeckt werden soll. Die klimafreundliche Energiewandlung des bestehenden Fernwärme-netzes ist ein wichtiger Ausgangspunkt für das Erreichen von Klimazielen.

Im Bilanzjahr werden in den Sektoren Wirtschaft, Kommunale Verwaltung und Private Haushalte zur Deckung des Wärmebedarfs 75 % der Endenergie eingesetzt, was 217.444 MWh entspricht und mit 48.708 t CO₂e etwa 59 % der THG-Emissionen in diesen Sektoren entspricht.

In der Kommunalen Wärmeplanung werden mit einer Bestandsanalyse Versorgungsstrukturen der Wärmenetze und Informationen zu den vorhandenen Gebäuden hinsichtlich Typ, Baualtersklasse und Beheizungsstruktur erhoben, um mit der Potenzialanalyse der Wärmeplanung ein konkretes Zielszenario für eine klimaneutrale Wärmeversorgung aufzustellen. Diese Potenzialanalyse fasst die Ergebnisse der ermittelten Potenziale für Energieeinsparung bei Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den jeweiligen Sektoren zusammen und erhebt zusätzlich zu den lokalen Potenzialen für erneuerbare Energien, Potenziale für Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung. Das Zielszenario für 2040 wird mit der benötigten Versorgungsstruktur in räumlicher Auflösung beschrieben und enthält ein Zwischenziel für 2030. Die damit zu entwickelnde Wärmewendestrategie wird den ausformulierten Transformationspfad inklusive Maßnahmen zur Umsetzung des Wärmeplans enthalten und ist für Große Kreisstädte in Baden-Württemberg verpflichtend erstmals bis zum Ende des Jahres 2023 zu erstellen. Beim vorliegenden Konzept beruht das Handlungsfeld „Nachhaltige Wärmeversorgung“ im Wesentlichen auf der Kommunalen Wärmeplanung.



6.4 Handlungsfeld Klimafreundliche Gebäude & Verwaltung der Stadt

„Der öffentlichen Hand kommt beim Klimaschutz in ihrem Organisationsbereich eine allgemeine Vorbildfunktion zu, insbesondere durch Energieeinsparung, effiziente Bereitstellung, Umwandlung, Nutzung und Speicherung von Energie sowie Nutzung erneuerbarer Energien. Dies gilt, sofern die Organisation der Aufgabenerledigung nicht abschließend durch Bundesrecht geregelt ist.“ (KSG BW § 7 Abs. 1)

Einerseits ist jede Stadt selbst Verbraucherin und kann für Energieverbrauch und Abfallaufkommen in den eigenen Liegenschaften wichtige Rahmenbedingungen schaffen. Andererseits kann sich eine Vorbildfunktion auch darin manifestieren, dass der Fuhrpark auf klimafreundlichere Modelle umgestellt wird und den Mitarbeitenden Dienstfahräder und Jobtickets zur Nutzung des ÖPNV bereitgestellt werden. Außerdem ist die Stadt Planerin, mit der Fähigkeit Räume zu gestalten und zu entwickeln. Weitergehend können Regulierungen zum Wohle von Mensch und Natur sinnvoll gestaltet werden. Versorgung, Beratung und Bildung der Bevölkerung sowie Instandhaltung und Pflege von Infrastruktur, Gebäuden und Umwelt verdeutlichen zudem, dass die Rolle der Stadt im Klimaschutz vielfältig ist und in alle Sektoren wirkt.

Ein Großteil von Handlungsfeld 4 bezieht sich auf die Energienutzung in städtischen Liegenschaften, wobei einleitend der Energieverbrauch der Stadt Bad Rappenau, gemäß BISCO und KSG BW § 7 b, als Ausgangspunkt für die kommenden Jahre betrachtet wird. Neben der Beschaffung und Entsorgung kommen der Sanierung und Energieeffizienz besondere Bedeutung zu.

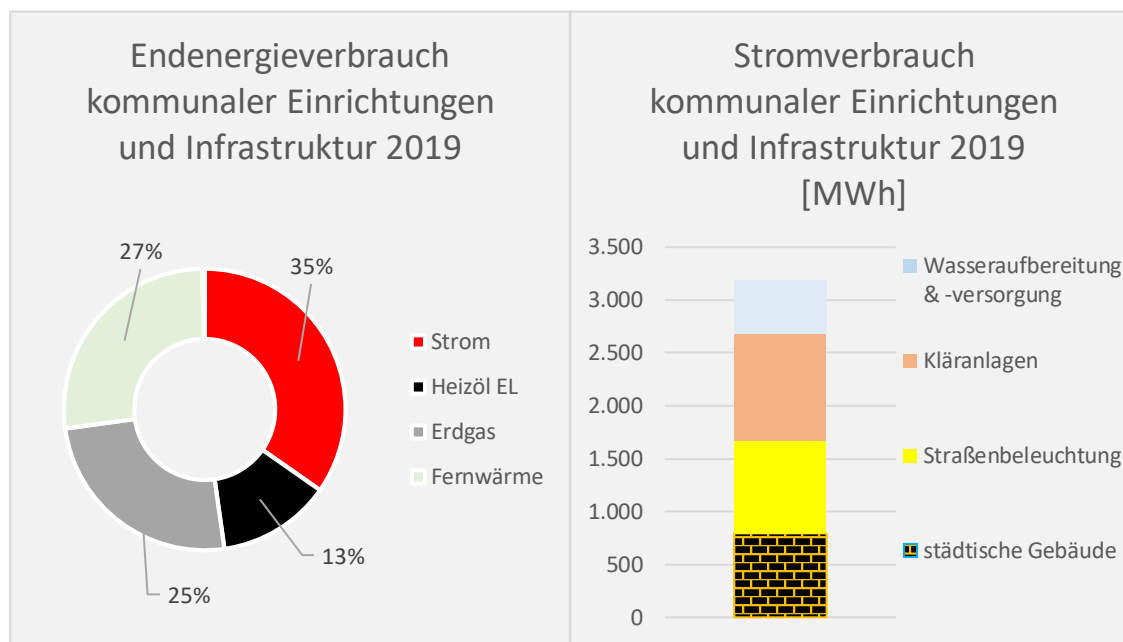


Abbildung 65: Kommunaler Energieverbrauch in Bad Rappenau gemäß KSG BW § 7 b Absatz 2

Der in Abbildung 65 veranschaulichte Endenergieverbrauch der kommunalen Einrichtungen und Infrastruktur enthält große Strommengen für Straßenbeleuchtung und Kläranlagen, wobei im Jahr 2019 etwa 794 MWh Strom in den städtischen (Nichtwohn-)Gebäuden verbraucht werden. Der in Abbildung 65 dargestellte Anteil der Straßenbeleuchtung beträgt 27,3% wohingegen er im Jahr 2016 noch 31,7 % beträgt. Der jährliche Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung sinkt durch Optimierungen in den vier Jahren um etwa 193 MWh.



In Abbildung 66 wird der Energieverbrauch der städtischen Gebäude genauer dargestellt, wobei 55 Gebäude mit den Kategorien Schulen, Gemeinschaftshäuser, Sporthallen, Kindergärten/Kitas, Feuerwachen/Bauhof sowie Verwaltungsgebäude zusammengefasst werden. Weitere 13 Einrichtungen, im Wesentlichen Leichenhallen oder öffentliche Sanitärgebäude werden in der Kategorie „Sonstiges“ zusammengefasst. Folgende Betrachtung bezieht sich auf das Jahr 2019.

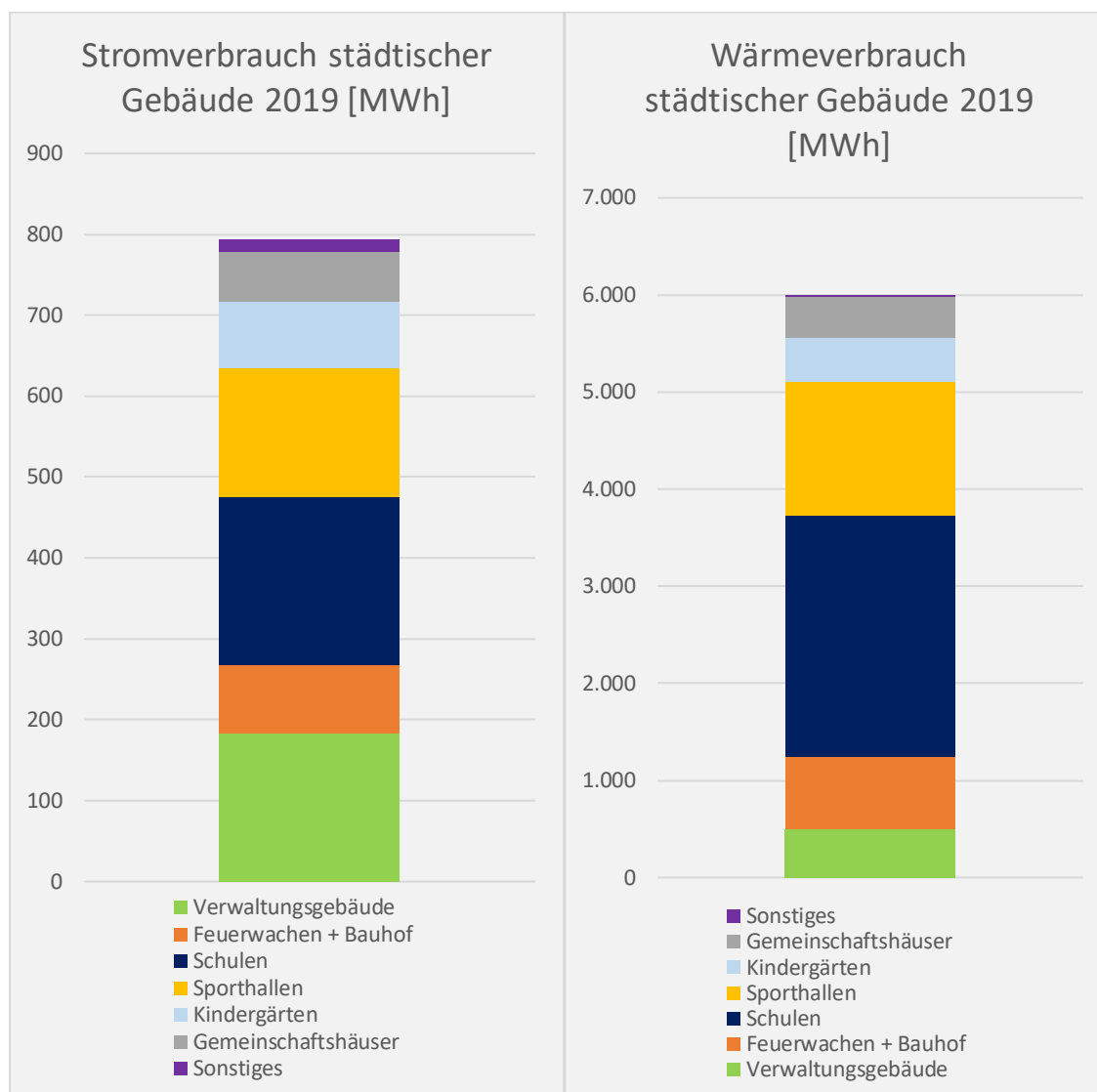


Abbildung 66: Endenergieverbrauch städtischer Gebäude im Jahr 2019 nach Kategorien

Die Kategorie der Verwaltungsgebäude umfasst das Rathaus in der Kernstadt, das Bürgerbüro in Zimmerhof sowie die Bürgerbüros der acht Ortsteile der Großen Kreisstadt, wobei von 184 MWh Stromverbrauch im Jahr 2019 der Großteil mit 154 MWh im Rathaus benötigt wurde. In der Kategorie der Schulen werden die Bauten der Verbundschule in der Heinsheimer Straße einschließlich Schulsporthalle im Bau D zusammengefasst, ebenso die Grundschule in Zimmerhof einschließlich Sporthalle, die Förderschule und Grundschule in der Wagnerstraße, die Grundschulen in den Ortsteilen Babstadt, Bonfeld, Grombach, wobei in Fürfeld, Heinsheim und Obergimpfern jeweils inklusive Kernzeit, außerdem ist in Obergimpfern noch ein Therapiebad zugehörig. 208 MWh Strom und 2.495 MWh Wärme wurden im Jahr 2019 in den Schulgebäuden verbraucht, wobei mehr als die Hälfte der Wärmeenergie auf die Verbundschule entfällt. Mit einem jährlichem Verbrauch von 158 MWh Strom und 1.367 MWh Wärme stellen die Sporthallen eine weitere Kategorie mit großem Energieverbrauch dar.



Für Kernzeitbetreuung, Kleinkinder-betreuung und Kindergärten wurden in städtischen Einrichtungen 82 MWh Strom und 453 MWh Wärme genutzt. 62 MWh Strom und 433 MWh Wärme wurden währenddessen für Jugendhaus, Bürgerhaus, Wasserschloß, Fränkischer Hof einschließlich Bücherei und Museum benötigt, welche in der Kategorie der Gemeinschaftshäuser zusammengefasst werden.

Der Energieverbrauch in städtischen Gebäuden hängt nicht nur vom Zustand und der Größe des Gebäudes ab, sondern wird auch durch das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer bestimmt. Die Klimarelevanz der energetischen Nutzung von Gebäuden wird einerseits über den Energieverbrauch selbst beeinflusst, andererseits sind die Emissionsfaktoren für Wärme- und Stromversorgung maßgebend.

Die absoluten Jahresverbräuche an Endenergie werden für die Sporthallen, gemittelt über die vier Jahre des Bilanzzeitraumes, mit Abbildung 67 dargestellt.

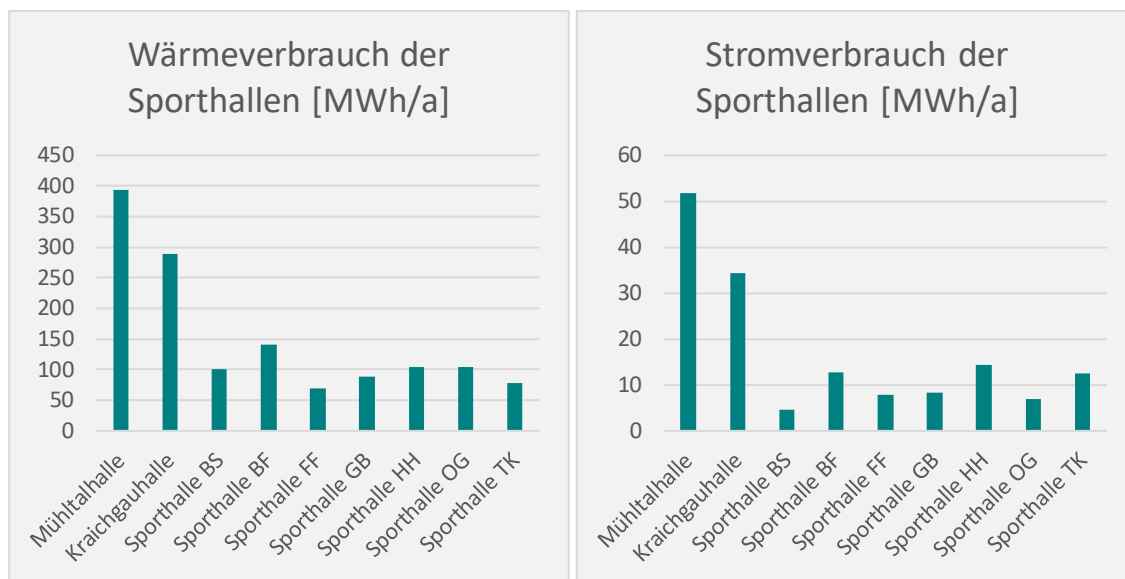


Abbildung 67: Jährlicher Endenergieverbrauch von Sporthallen in Bad Rappenau

Unter Berücksichtigung der Nettogrundfläche werden die spezifischen Verbräuche an Endenergie mit Abbildung 68 dargestellt. Beim Wärmeverbrauch liegen die meisten Sporthallen in Bad Rappenau unterhalb des Mittelwertes von Vergleichsgebäuden in Deutschland mit jährlich 120 kWh/qm. Wird der flächenspezifische Stromverbrauch der Bad Rappenauer Hallen betrachtet, kann festgestellt werden, dass alle Sporthallen deutlich unterhalb des Referenzwertes von jährlich 35 kWh/qm liegen.

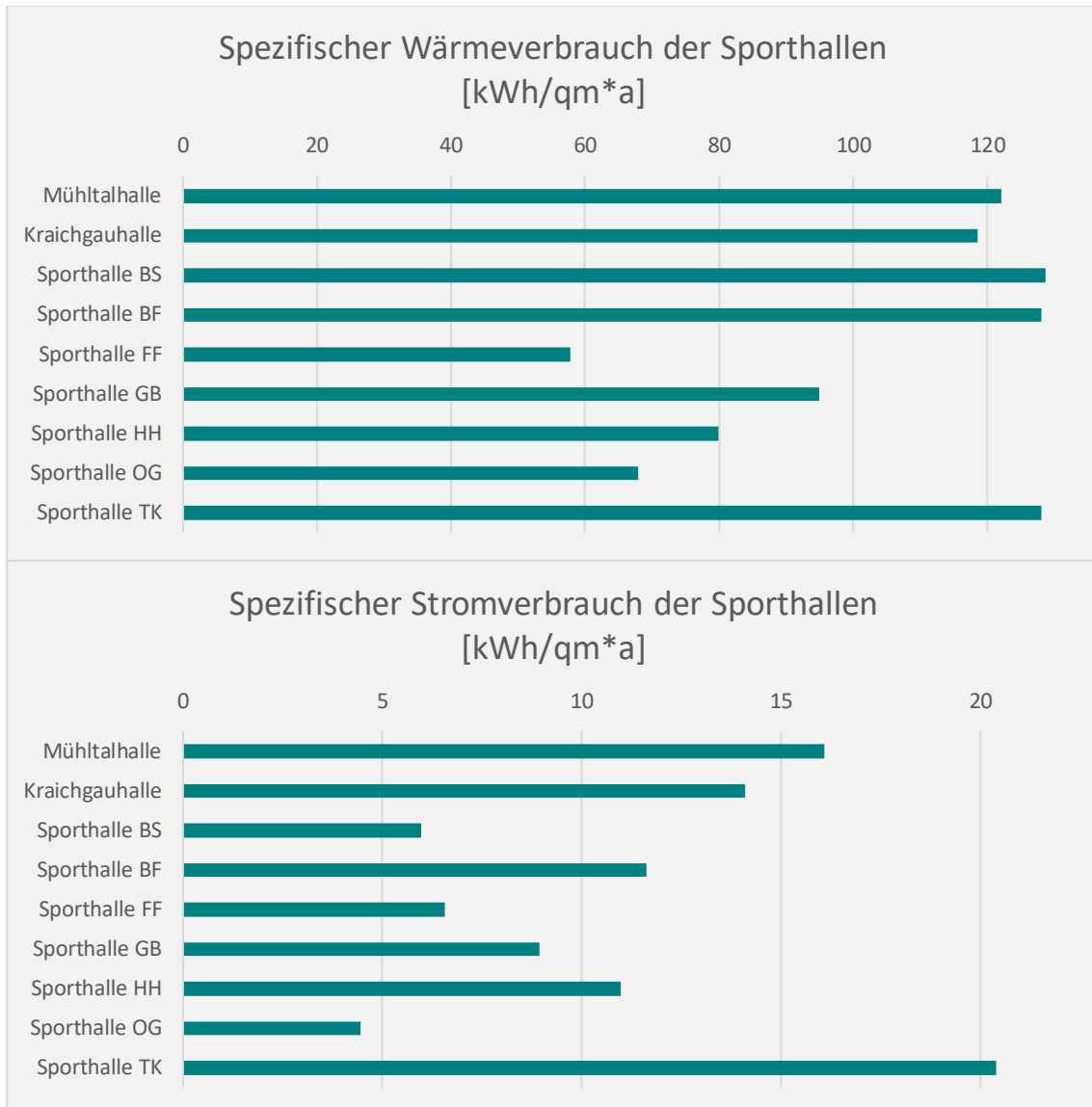


Abbildung 68: Jährlicher spezifischer Endenergieverbrauch von Sporthallen in Bad Rappenau

Unabhängig von Größe, Alter, Dämmung und eingesetzter Heiztechnik kann die Nutzersensibilisierung als fortlaufender Prozess betrachtet werden, der hinsichtlich der Nutzung von Strom zu Kostenersparnissen führt, aber auch die Lebensdauer von Geräten erhöht. Der Wartung und Reparatur, unabhängig vom Sachgebiet, kommt in Bezug zu Klimaschutz eine besondere Bedeutung und Wertschätzung zu. Die Fähigkeit und Kompetenz zur Pflege und Instandhaltung ist unter sozialen, ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten elementar wertvoll und bedarf Zeitkapazitäten. Gerade im Gebäudesektor muss das Augenmerk neben der reinen Energienutzung durch Wärme und Strom auch auf den Bau und die Herstellung der Baumaterialien gerichtet werden. Klima- und ressourcenschützendes Bauen ist machbar und kann, wie die Planungen zum Neubau des Feuerwehrgebäudes in Grombach, durch die Wahl der Rohstoffe geprägt werden. Mit der Verwendung von Holz wird der Ressourcenverbrauch stark gesenkt und der Energieaufwand zur Herstellung der Baumaterialien (graue Energie) kann über 80 % reduziert werden.



Im Vergleich zum Energiemix für kommunale Einrichtungen und Infrastruktur (vgl. Abbildung 17) wird die Summe³⁸ der jährlichen kommunalen THG-Emissionen stark durch die Nutzung von Strom geprägt, was mit Abbildung 69 verdeutlicht wird. Der Bezug von Ökostrom mit Neuanlagenquote zur Förderung der Energiewende in Deutschland kann den CO₂-Fußabdruck einer Stadt deutlich reduzieren.

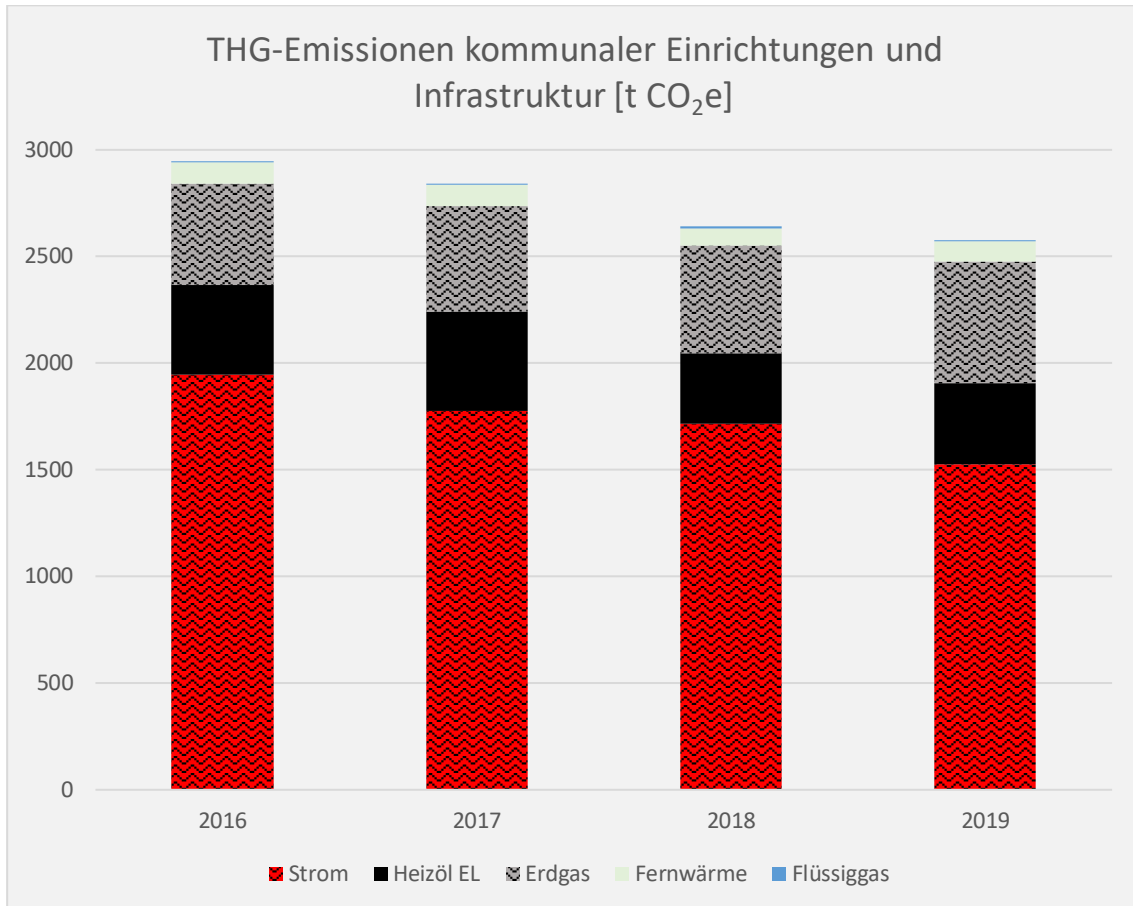


Abbildung 69: THG-Emissionen kommunaler Einrichtungen und Infrastruktur

³⁸ Energiebilanzierung nach KSG BW § 7 b Absatz 2 und THG-Bilanzierung mit BSKO-Emissionsfaktoren, wobei mit Bundesstrommix gemäß BSKO-Standard gerechnet wird.



6.5 Handlungsfeld Flächenmanagement

Das Handlungsfeld Flächenmanagement ist stark mit der Anpassung an den Klimawandel (vgl. Kapitel 6.7) verbunden und dort speziell mit den Schwerpunkten Boden, Landwirtschaft, Wasserhaushalt, Wald- und Forstwirtschaft, Gesundheit, Naturschutz und Biodiversität sowie Stadt- und Raumplanung. Auf kommunaler Ebene ist die Förderung natürlicher Senken (Böden, Feuchtgebiete, Waldflächen, und Schutzgebiete) klimarelevant, sowohl hinsichtlich THG-Minderungen als auch für die Anpassung an die Klimawandelfolgen. Natur- & Artenschutz sind von den Maßnahmen dieses Handlungsfeldes direkt betroffen. Wie in Abbildung 70 verdeutlicht, befinden sich in Rappenau mehrere Gebiete mit markierten Obstbäumen zum Abernten, bei Bedarf von Bevölkerung oder Gästen der Kurstadt. Private Streuobstbestände befinden sich verteilt über alle Stadtteile und besitzen einen enormen ökologischen Mehrwert.

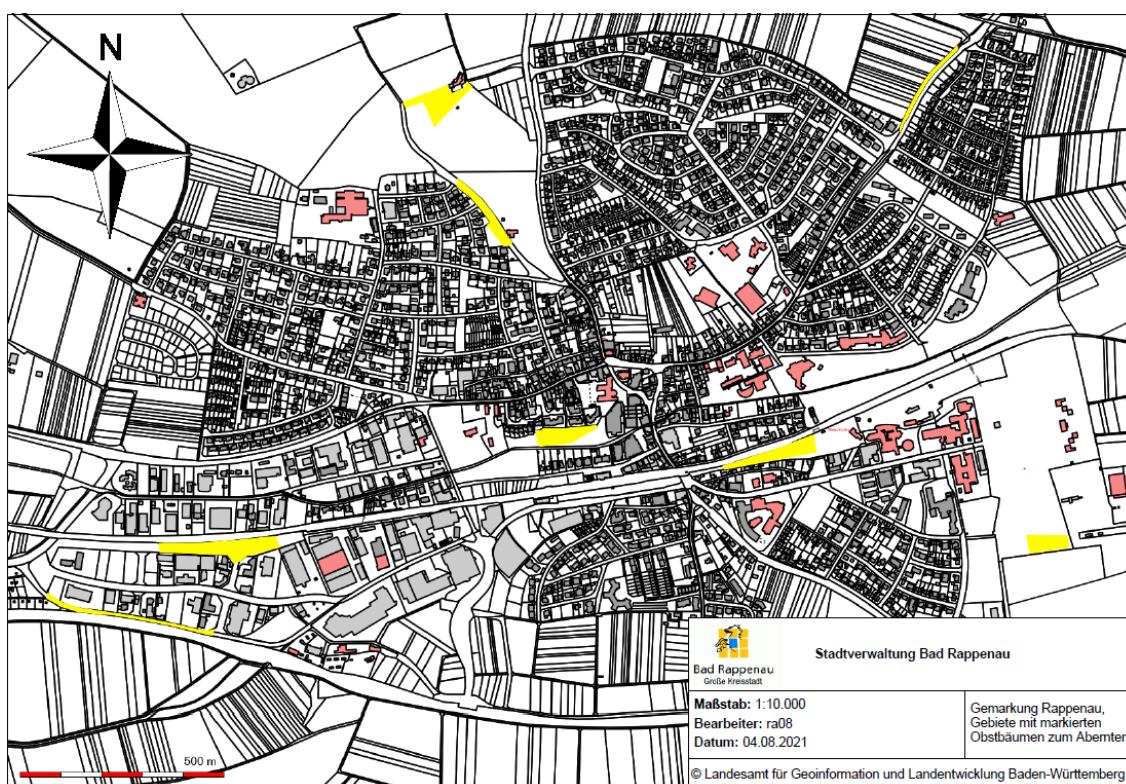


Abbildung 70: Gebiete mit markierten Obstbäumen in Rappenau

Für Klimaschutz und Klimafolgenanpassung gilt beim Flächenmanagement, ähnlich wie für den Bodenschutz und Wasserhaushalt, dass Versiegelungen reduziert werden müssen. Insofern die Neuansiedlung bzw. Versiegelung von Flächen notwendig ist, kommt der Gestaltung von Puffer- und Randzonen besondere Bedeutung zu – Bäume und Grünflächen innerhalb der Stadtteile sowie Hecken und Strukturelemente in der Landschaft sind elementar für Erosionsschutz, Tier- und Insektenschutz, Landschaftsbild und Mikroklima.



Doppelte Innenentwicklung, Blau-Grüne Infrastruktur, Flächenverpachtung – Die Stadt hat nicht nur durch den Bau von Infrastruktur, die Gestaltung oder Ausweisung von neuen Baugebieten oder mit der Standortwahl für Gewerbeansiedlungen direkten Einfluss auf die lokalen Auswirkungen des Klimawandels, sondern auch durch die Anordnung, Dimensionierung und Gestaltung von Freiräumen. Die Instrumente der Stadt- und Raumplanung sind vielfältig, von Regionalplänen bis zur kommunalen Bauleitplanung. Entstehungsflächen für Kaltluft-/ Frischluftströmungen sind für das Mikroklima in Bad Rappenau ebenso wie sämtliche Waldflächen, Grünflächen und Schutzgebiete von Bedeutung. Zwischen Klimaschutz und Klimafolgenanpassung können sich hierbei durchaus Konflikte ergeben, wenn z.B. flächeneffiziente Nahverdichtung mit kurzen Wegen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, Klimafolgenanpassung aber lockere Siedlungsstrukturen mit genügend Erholungsflächen mit Grün- und Wasserflächen benötigt, dann gilt es Kompromisse zu finden.

Blau-Grüne Infrastruktur kann hierbei einen sinnvollen Pfad zur Mehrfachnutzung von Flächen darstellen: nachhaltiges Wassermanagement, Begrünung, Beschattung, Frischluft-entstehung und Luftaustausch sowie Starkregenvorsorge. Dies lässt sich nicht nur bei Naherholungsflächen verwirklichen, sondern auch bei Verkehrsflächen und Gebäuden. Neben den großflächigen Grünanlagen sind kleinere Grünflächen von Bedeutung, z.B. in Gärten, auf Dächern oder an Fassaden, zumal neben dem Wasserhaushalt auch Luftqualität und Biodiversität davon profitieren.

Die Große Kreisstadt hat mit Pachtverträgen für Ackerflächen, Grünland und Obstbaumwiesen sowie mit dem Forstbetrieb direkten Einfluss auf die Flächennutzung von etwa 10 % der Gesamtfläche von Bad Rappenau. Die Stadt kann mit ihren Pachtverträgen auch ökologische Mindeststandards formulieren und Wert auf Klimaschutz, Naturschutz, Anpassung an den Klimawandel, Gesundheits- und Gewässerschutz sowie Bodenschutz legen.

Auch beim Ausbau Erneuerbarer Energien ist die Kommune eine wichtige Akteurin. Als Trägerin der Planung und genehmigungsrechtlicher Belange ist sie z.B. für Entwicklung von Strategien und kommunalen Projekten bei der Windkraft verantwortlich. Sie kann durch ihren Einfluss auf die Festlegung in Regionalplänen, Flächennutzungsplänen, Bebauungsplänen sowie in den Genehmigungsverfahren Rahmenbedingungen festlegen, als auch konkrete Ausgestaltungen von Windenergieprojekten steuern. Während der Bau neuer Windenergieanlagen im Wesentlichen durch die Regionalplanung gesteuert wird, kann die Kommune über die Bauleitplanung, die als Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebiete eingestuft Gebiete, für die Ansiedlung von Windkraftanlagen vor Ort konkret beeinflussen (Difu, 2018).

Auf die Relevanz des Handlungsfelds speziell für die Anpassung des Klimawandels in Stadt- und Raumplanung wird mit dem Kapitel 6.7.8 verwiesen.



6.6 Handlungsfeld Wirtschaft

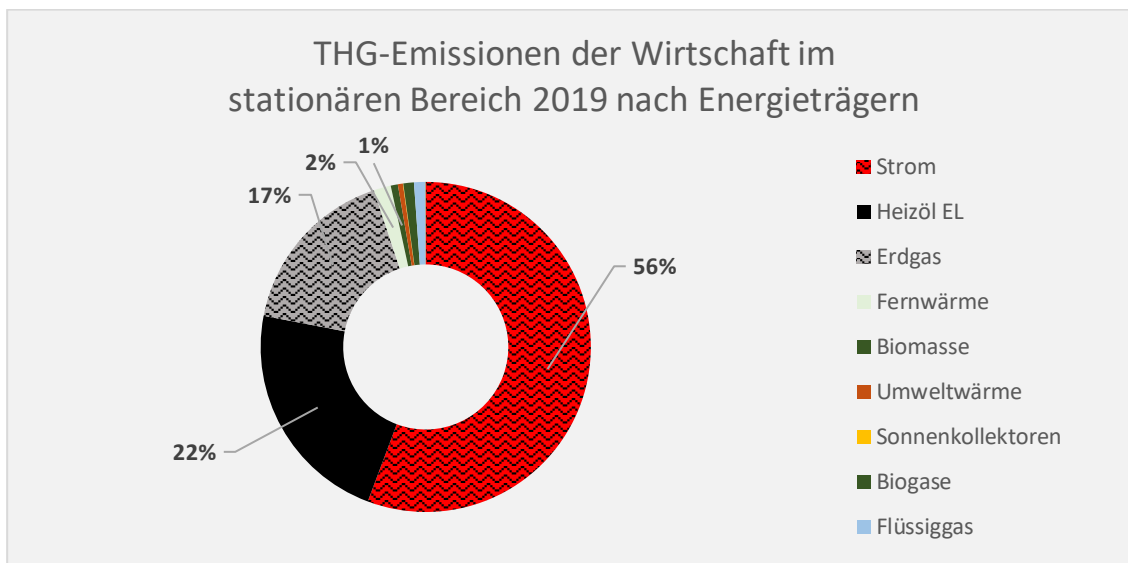


Abbildung 71: Spezifische THG-Emissionen der Wirtschaft 2019 in Bad Rappenau

Die Energie- und THG-Bilanz hat ergeben, dass im Sektor Wirtschaft jährlich fast 30.000 t CO₂e verursacht werden, wobei der Großteil davon auf die Nutzung von Strom, Heizöl und Erdgas zurückzuführen ist, mit Anwendungsarten wie in Abbildung 32 dargestellt. Abbildung 71 und Abbildung 72 verdeutlichen die Beträge und spezifischen THG-Anteile je Energieträger.

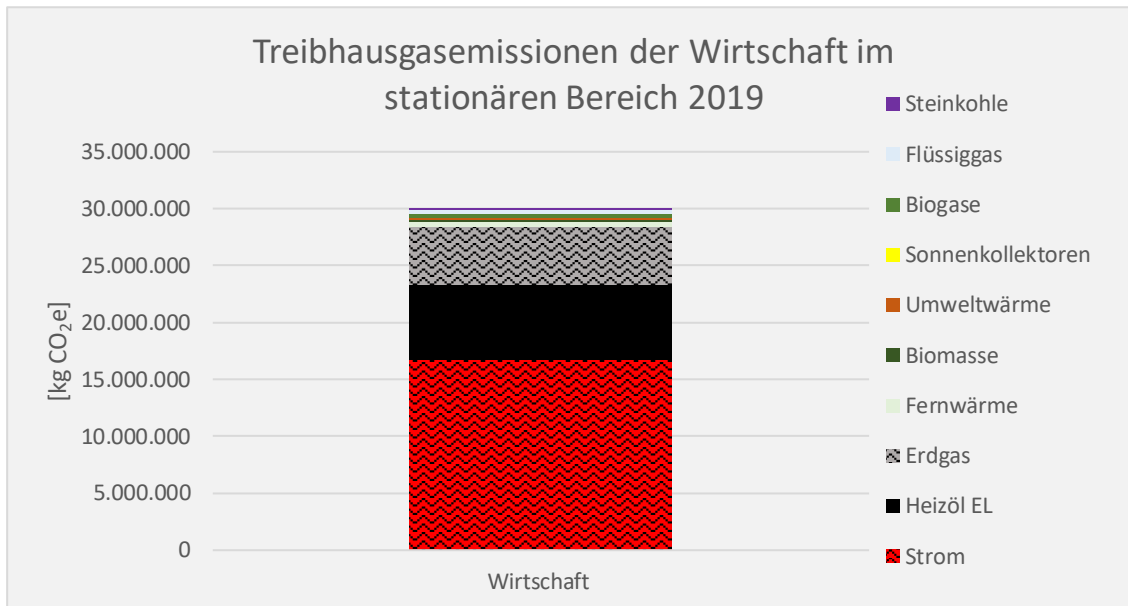


Abbildung 72: THG-Emissionen der Wirtschaft 2019 in Bad Rappenau nach Energieträgern

Wie im Kapitel 4.2 erläutert ist der Einflussbereich der Kommune vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit gegeben. Für finanzielle Förderungen sind eher Land oder Bund tätig und gefordert. Zudem wird die Bedeutung von Energieeffizienz in Unternehmen zunehmend wichtig, weshalb die Maßnahmevorschläge im Handlungsfeld Wirtschaft auf der Motivation für Energiemanagement in Betrieben und dem Aufbau eines Energieeffizienznetzwerkes zum Erfahrungsaustausch beruhen.



6.7 Handlungsfeld Anpassung an den Klimawandel

Klimaschutz bezieht sich auf die Ursachen des Klimawandels.

Dementsprechend gilt es Treibhausgasemissionen zu reduzieren und natürliche Senken für diese Gase zu pflegen. Grundsätzlich sind Sanierung, Energieeinsparung und Nutzung regenerativer Energiesysteme effektiver Klimaschutz. Jedes Individuum hat mit jeglicher Kaufentscheidung, der Art der Fortbewegung und der täglichen Ernährung die Möglichkeit Klimaschutz zu betreiben. Neben lokaler Wertschöpfung kann auch die Lebensgrundlagen bereitstellende Umwelt durch Klimaschutz gestärkt werden.

Anpassung an den Klimawandel bezieht sich auf die Folgen des Klimawandels.

Um die unvermeidbaren Auswirkungen des Klimawandels durch vorsorgende Maßnahmen zu begrenzen, wurde eine landesweite Anpassungsstrategie erarbeitet. Erstmals 2015 erschienen soll die Anpassungsstrategie bis Ende 2022 fortgeschrieben werden, auch auf Grundlage des gesetzlich verankerten Monitorings gemäß KSG BW § 9. Die Maßnahmenvorschläge liegen nicht ausschließlich im Verantwortungsbereich des Landes, sondern erstrecken sich auf regionale, kommunale und sogar private Ebene. Für die Anpassungsstrategie wurden ausführliche Fachgutachten zu den folgenden Handlungsfeldern erstellt:

- ❖ Boden
- ❖ Landwirtschaft
- ❖ Wasserhaushalt
- ❖ Wald und Forstwirtschaft
- ❖ Gesundheit
- ❖ Naturschutz und Biodiversität
- ❖ Tourismus
- ❖ Stadt- und Raumplanung

Die Jahresmitteltemperaturen sind in allen Regionen Baden-Württembergs seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen 1881 deutlich angestiegen, wobei das Temperaturniveau seit der Jahrtausendwende besonders hoch ist (vgl. Abbildung 73).

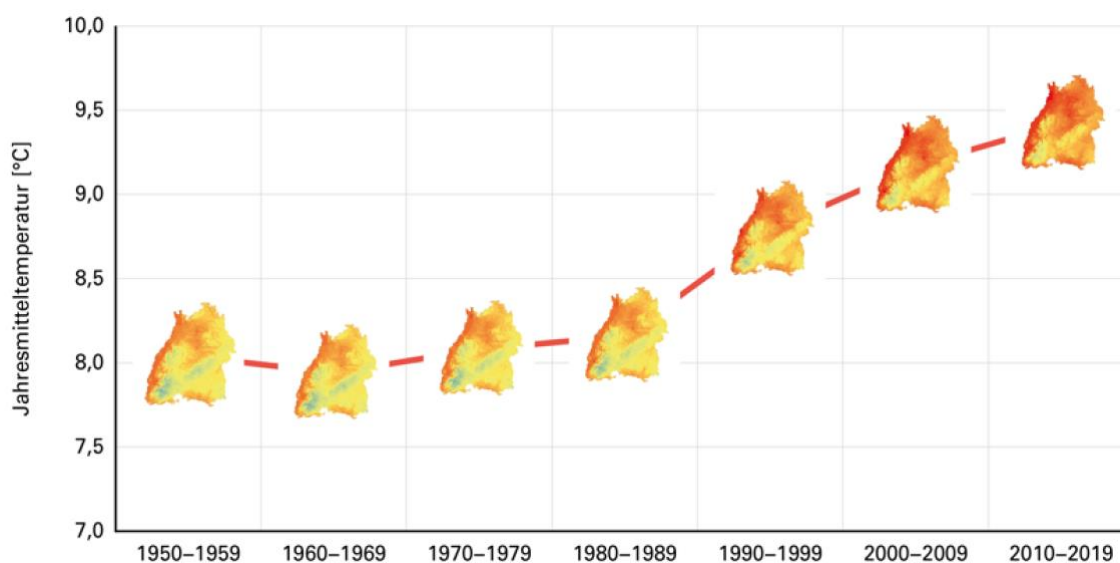


Abbildung 73: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur (Datenquelle und Darstellung: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, berechnet nach DWD-Daten)



Neben diesem markanten und deutlich messbaren Signal des Klimawandels sind laut dem DWD regional häufigere Extremereignisse wie Hitzewellen oder Starkniederschläge ebenfalls Folgen.

Klimawandel in Baden-Württemberg

Häufigere, stärkere und längere Hitzewellen, Dürreschäden, vermehrtes Auftreten von Schädlingen sowie Veränderungen in Natur und Umwelt gelten Anfang der Zwanziger Jahre des 21. Jahrhunderts in Baden-Württemberg als unübersehbare Klimawandelfolgen, weitergehend ist die Gletscherschmelze auch im deutschsprachigen Raum eine deutlich sichtbare Entwicklung.

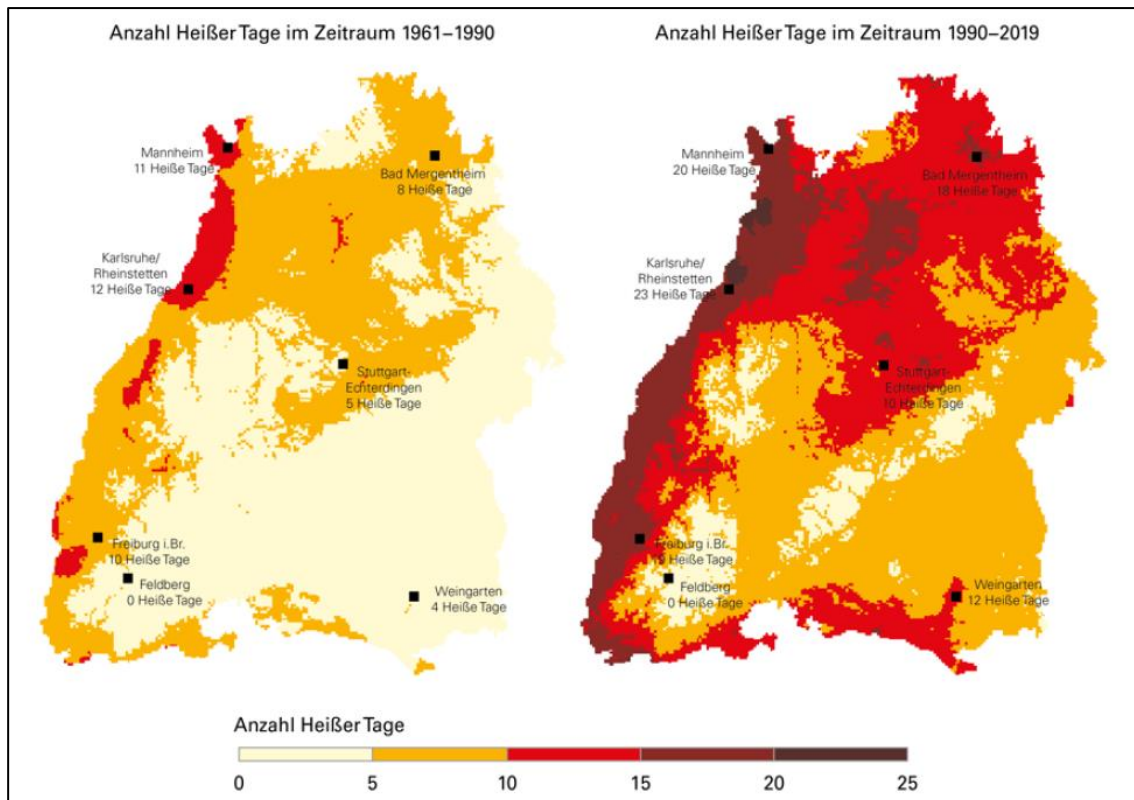


Abbildung 74: Veränderung der Anzahl Heiße Tage zum Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1990-2019 (Darstellung LUBW, berechnet nach DWD-Daten)

Neben Klimaschutz bedarf es notwendiger Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels. Die Handlungsschwerpunkte hierzu sind vielfältig und werden in diesem Kapitel, basierend auf dem Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg, in reduziertem Umfang dargestellt³⁹.

Mit Tabelle 2 wurden eingangs Klimakennwerte für den Landkreis Heilbronn, ausgehend vom Zeitraum 1971 bis 2000, gemittelt angegeben. Diese können als Basis für projizierte Änderungen in der Zukunft nach Klimamodellauswertungen von GERICCS oder dem LUBW genutzt werden.

³⁹ Rückschlüsse für Baden-Württemberg über die Art und Dynamik zukünftiger Klimaänderungen basieren auf Auswertungen zahlreicher regionaler Klimamodelle durch die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. In Bezug zur Anpassungsstrategie des Landes und den zugehörigen Fachgutachten je Handlungsschwerpunkt sowie den Monitoringberichten aus den Jahren 2016 und 2020 und auf der Grundlage von Auswertungen und Veröffentlichungen der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg und des Deutschen Wetterdienstes wird die Anpassung an den Klimawandel als eigenes Handlungsfeld in das vorliegende Klimaschutzkonzept der Stadt Bad Rappenau aufgenommen und entsprechend strukturiert.



Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass die Anzahl der Heißen Tage (Tageshöchsttemperatur mindestens 30 °C) und der Sommertage (Tageshöchsttemperatur mindestens 25 °C) in Baden-Württemberg deutlich gestiegen ist. Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$) und Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) wurden dahingegen bereits seltener (vgl. Abbildung 74 und Tabelle 17).

Temperaturkenntag	1961 - 1990	1990 - 2019	Relative Änderung
Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)	27	20	- 26 %
Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	102	91	- 11 %
Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)	5	10	+ 100 %
Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)	31	45	+ 45 %

Tabelle 17: Temperaturkenntage gemittelt für die Zeiträume 1961-1990 und 1990-2019 im Landesdurchschnitt Baden-Württemberg (Datengrundlage DWD mit Auswertung durch LUBW)

Die Auswertungen aktueller Klimamodelldaten gehen für das Bundesland von einer noch stärkeren Erwärmung als bisher angenommen aus, insofern nicht effektive Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden (Klimaleitplanken 2.0, LUBW 2021).

Die heterogene Topografie mit unterschiedlichen Natur- und Siedlungsräumen ist kennzeichnend für Baden-Württemberg. Dementsprechend ergeben sich regionale Unterschiede in der räumlichen Niederschlagsverteilung, wobei generell Winterniederschläge signifikant zugenommen haben. Neben Starkregen bedeuten auch Trockentage und Trockenperioden Niederschlagsextreme. Niederschlagsextreme treten räumlich sehr unterschiedlich auf und sind schwierig zu erfassen. Bei der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge ist kaum mit einer Veränderung zu rechnen, vielmehr kommt es aber zu einer Verschiebung des Sommerregens zum Winter. Das wird im Sommer durch mehr Trockenheit und im Winter möglicherweise durch mehr Überschwemmungen bemerkbar. Der Klimaparameter Niederschlag gilt als schwieriger simulierbar als die Temperatur, dennoch machen Modellergebnisse eine Veränderung der Niederschlagsverteilung deutlich.

Der Frühling wird aufgrund steigender Temperaturen mit hoher Wahrscheinlichkeit früher einsetzen und somit auch die Blüte der Pflanzen, beispielhaft die Apfelblüte. Die Vegetationsperiode, beginnend mit der erstmaligen Folge von sechs Tagen mit Tagesmitteltemperaturen von mindestens 5 °C, könnte im landesweiten Mittel in naher Zukunft bereits Anfang März statt Mitte März starten. Dadurch sind die Pflanzen vermehrt Spätfrösten ausgesetzt.

Trockenere und heißere Sommer sowie wochenlange Hitzeperioden können eine Gefahr für eine immer älter werdende Gesellschaft darstellen und abgesehen von älteren Menschen auch für Menschen mit Vorerkrankungen, oder Kleinkinder problematisch sein. Ebenfalls betroffen sind die Menschen die in ihrer täglichen Arbeit an der Frischluft der Sonnenstrahlung ausgesetzt sind. Die Auswirkungen auf den Energieverbrauch durch Kühlbedarf werden auch im Gebäudebereich verstärkt. Höhere Temperaturen, frühere und längere Vegetationsperioden mit potenziell höherer Verdunstung können in Kombination mit verringerten Sommerniederschlägen zum Rückgang der Wasserreserven führen.



Der früher einsetzende Herbst wird voraussichtlich auch länger dauern, da der Winter aufgrund steigender Temperaturen kürzer wird. Der Winter wird in Zukunft nichtmehr der Vergangenheit gleichen, egal ob in Hochlagen des Schwarzwaldes oder Niederungen des Oberrheingrabens. Schnee, Eis und Frost werden auch im Kraichgau in den nächsten 30 Jahren immer seltener.

Die Winter könnten künftig kürzer, sehr viel milder und regenreicher werden. Frühere Entwicklung von Pflanzen und früheres Aufwachen von Tieren, welche nicht mehr durch die Mechanismen der Winterruhe geschützt sind, können durch Nahrungsmangel und Kälte zu deren Schädigung oder Sterben führen. Durch den Ausfall von Arten können auch Räuber-Beute-Gefüge gestört werden. Weltweit hat bereits eine Verschiebung der Klimazonen durch den Temperaturanstieg stattgefunden, teilweise mit tiefgreifenden Veränderungen für Verbreitungsgebiete von Pflanzen und Tieren einhergehend⁴⁰.

⁴⁰ Beispiele für Deutschland sind das ursprünglich aus dem Mittelmeerraum stammende Affen-Knabenkraut in Richtung Norden, die schon länger im Westen heimische Stechpalme in Richtung Nord und Ost, Zecken wie der Gemeine Holzbock oder Auwaldzecken und Schafzecken, welche als wärmeliebende und trockenheitsverträgliche Schildzecken in den vergangenen zwei Jahrzehnten im südwestlichen Teil von Baden-Württemberg bereits deutlich zugenommen haben. Nach langanhaltenden Trockenperioden verringern Bäume nicht nur ihre Zuwachsleistung, denn die durch Trockenheit geschwächten Bäume sind dann anfälliger für Sekundärschäden. Die Schädigungen von Fichten durch Borkenkäfer sind exemplarisch. Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner und Eichenprachtkäfer finden in den vergangenen Jahrzehnten durch den Klimawandel deutlich günstigere Entwicklungsbedingungen in Baden-Württemberg als in der Vergangenheit, einhergehend mit Blattfraß und Folgeschäden. Verluste und Zugewinne an Vogelarten sind in einigen Gebieten Deutschlands exzellent dokumentiert, beispielsweise für die Bodenseeregion (Böhning-Gaese & Trautmann 2008). Während im Zeitraum 1980 bis 1990 noch keine Zuwanderungen südlicher Vogelarten zu beobachten waren, kam es zwischen 1990 und 2000 bereits zu einer nachweisbaren Zunahme von Arten wie Zaunammer und Purpurreiher. Weitergehend wanderten in diesem Zeitraum Orpheusspötter, Felsenschwalbe, Mittelmeermöwe, Zippammer und Alpensegler ein. Starke Abnahmen bis zu 84 % wurden bei Gelbspötter, Fitis, Bekassine, Krickente und Uferschnepfe beobachtet. Bei den in Wiesen Brütenden kann dies jedoch auch auf die Verschlechterung des Lebensraumes durch Landnutzungsänderungen zurückgeführt werden. Eine Vorverlegung der Erstankunft von Zugvögeln in Baden-Württemberg ist seit einigen Jahrzehnten für mehrere Zugvogelarten hinterlegt. Für die Mehlschwalbe beispielhaft seit 1970 für die Standorte Stutensee und Tübingen dokumentiert vom LUBW. Bei 17 untersuchten Zugvogelarten findet die Vorverlegung durchschnittlich 3 bis 5 Tage pro Jahrzehnt früher statt.



6.7.1 Boden

Böden sind wichtige Lebensräume für Tiere, Mikroorganismen und Pflanzen – sie sichern unsere Ernährung. Mit den natürlichen Bodenfunktionen besitzen Böden eine zentrale Stellung im Naturhaushalt, erfüllen elementare Funktionen für Menschen und befinden sich in wechselseitiger Beziehung mit dem Klima. Böden haben eine Schlüsselrolle im Nährstoff- und Wasserkreislauf.

Die Funktionsfähigkeit der Böden ist durch Auswirkungen des Klimawandels und durch intensive menschliche Nutzung beeinträchtigt. Um die wichtige Klimaschutzfunktion der Böden erhalten zu können, muss eine möglichst große intakte Bodenfläche unversiegelt bewahrt werden.

Die natürliche Bodenfruchtbarkeit, die Fähigkeit zur Wasserspeicherung und damit der Beitrag zur Vorbeugung von Überschwemmungen bei Hochwasser oder Starkregen, die Filterung von Schadstoffen und die Neubildung sauberen Grundwassers sowie die Feuchteabgabe an die Luft sind wichtige Bodenfunktionen zusätzlich zum Standort für die natürliche Vegetation, welche über ihre Verdunstung das lokale und regionale Klima wesentlich beeinflusst. Außerdem sind Böden Archive der Natur- und Kulturgeschichte.

Abgesehen von den Ortslagen der Siedlungsgebiete sind die meisten Gebiete der Großen Kreisstadt Bad Rappenau mit Löss und entkalktem, verwittertem Löss bedeckt, was die Bodenverhältnisse entscheidend prägt. Die natürliche Bodenfruchtbarkeit wird als überwiegend hochwertig angesehen. Aus dem Löss haben sich größtenteils fruchtbare Parabraunerden entwickelt. Die vorherrschende Bodenart ist ein Gemisch aus etwa gleichen Anteilen von Sand, Schluff und Ton, also Lehm. Teilweise aber auch Lehm über Ton oder Schluff im Wechsel mit Lehm.

Durch den Klimawandel kann es zu veränderten Bodeneigenschaften kommen, was einerseits die Böden als Naturgut selbst beeinträchtigt, andererseits deren Leistungsfähigkeit mindert und folglich die langfristige Nutzbarkeit beeinträchtigt. Beispiele für negative Auswirkungen sind vermehrte Wasser-, Sediment-, und Schadstoffeinträge in Gewässer, der Verlust wertvoller Biotope sowie Ertragseinbußen der Land- und Forstwirtschaft. Bei einem extremen Niederschlagsereignis kann durch Erosion schlagartig Boden verloren gehen, der in Jahrhunderten entstanden ist. Bodenbildung ist ein sehr langwieriger Prozess⁴¹, wobei die Regeneration verloren gegangenen Bodens in menschlichen Zeiträumen nicht möglich ist. Sind Böden verdichtet oder weisen nur lückenhaft schützenden Bewuchs auf, können zunehmende Starkregenereignisse zu mehr Bodenabtrag führen zumal die Böden dann weniger Wasser aufnehmen und speichern können. Zunehmende Temperaturen führen speziell unter feuchten Verhältnissen zu einem höheren Abbau von Kohlenstoff, was eine weitere Wechselwirkung der Böden hinsichtlich Klimawandel verdeutlicht – Böden sind gewaltige Kohlenstoffspeicher. Besonders wirkungsvolle Speicher sind organische, humusreiche Böden, die bei Umbruch oder Zerstörung umfangreiche Treibhausgasemissionen freisetzen⁴². Der Abbau von Schadstoffen und die Sicherung von Bodenfruchtbarkeit in Böden steht im direkten Zusammenhang mit der Menge, Vielfalt und Aktivität von Bodenorganismen, welche durch zunehmende Temperaturen ebenfalls Veränderungen unterliegen. Die Auswirkungen des Klimawandels auf Böden sind sehr komplex, aber werden im Wesentlichen durch Veränderungen von Temperatur und Niederschlag bestimmt.

⁴¹ Rechnerisch entstehen pro Jahr maximal 0,1 Millimeter Boden.

⁴² Humus ist ein wichtiger Bestandteil des Mutterbodens und besteht aus zersetzter organischer Substanz. Er enthält Kohlenstoff der somit der Atmosphäre entzogen ist. Weltweit ist doppelt so viel Kohlenstoff in Böden gespeichert als in der Atmosphäre. Böden sind nach den Meeren die größten Kohlenstoffspeicher.



In Bad Rappenau sind, typischerweise für das Kraichgau, viele fruchtbare Hanglagen vorhanden, die besonders bei ackerbaulicher Nutzung (ohne dauerhafte Vegetationsdecke) besonders erosionsgefährdet sind. Durch Veränderung der Starkniederschlagscharakteristik sind diese ackerbaulich genutzten Böden aus Löss (Parabraunerde oder Paraendzina) regional einer hohen Vulnerabilität ausgesetzt.

Das Schutzgut Boden ist besonders gegenüber Versiegelung empfindlich, da hierbei sämtliche Bodenfunktionen weitestgehend verloren gehen. Wasserspeicherung, Infiltration, Durchlüftung, Umwandlung organischer Substanz, Durchwurzelung sowie Wasser- und Nährstoffaufnahme werden stark beeinträchtigt oder gehen komplett verloren, während die Erosionsgefahr verstärkt wird.

Aufgrund ihrer Lebensweise haben Regenwürmer in vielen Böden eine Schlüsselrolle im Nährstoffkreislauf und sind von großer Relevanz für die Humusbildung. Im Besonderen tiefgrabende (anezische) Regenwürmer wandern zwischen Unterboden und Bodenoberfläche, wobei ihre tiefreichenden Röhren den Boden lockern und Humus in tiefere Bodenschichten transportiert wird. Die von ihnen erzeugten Bodenstrukturen befördern das Speichervermögen für Wasser und Nährstoffe enorm. Außerdem kann bei starken Regenfällen Wasser schneller in den Boden eindringen. In Trockenperioden stehen eher Wasser und Nährstoffe zur Verfügung zumal Wurzeln durch die Lebensweise der anezischen Regenwürmer leichter in den Unterboden wachsen können. Aufgrund ihrer hohen Biomasse und Eiweißgehalten sind Regenwürmer für viele Tierarten eine wichtige Nahrungsquelle. Folglich kommt es bei einer starken Abnahme von Regenwürmern zu erheblichen Störungen in Ökosystemen und häufig zu deutlichen Ertragseinbußen für die Landwirtschaft.

An normale Schwankungen der Witterung sind Regenwürmer angepasst. Extremjahre oder aufeinanderfolgende trockene Jahre sind gefährlich und führen bei Regenwürmern jedoch dazu, dass der konstante Körperwassergehalt nicht erhalten werden kann und weniger Nahrung zu finden ist. Dem gegenüber könnten Regenwürmer von milderen Wintern im Kraichgau profitieren und länger aktiv sein während gleichzeitig weniger Verluste durch Frost drohen. An sieben Waldmessstandorten der LUBW werden seit 2011 Daten zur Regenwurmentwicklung erhoben, unter anderem die Anzahl der Biomasse der Regenwürmer pro Quadratmeter Fläche – zwischen 2011 und 2019 hat sich die Biomasse der oberflächlich lebenden und tiefgrabenden Regenwürmer im Mittel aller Standorte mehr als halbiert. Unterirdisch lebende (endogäische) Regenwürmer kommen sehr selten an die Oberfläche und leben im Wurzelbereich von Pflanzen. Sie befinden sich in der Lage, bei ungünstigen Lebensbedingungen in Ruhestadien überzugehen und somit auch Trockenheit besser überdauern zu können. Ihre Biomasse ist im Beobachtungszeitraum stabil geblieben. Nicht klima- oder witterungsbedingte Faktoren haben für die Entwicklung eine geringe Bedeutung.

Der Schutz von Böden vor nachteiligen Klimawandelfolgen kann sich zumeist auf Maßnahmen stützen, die sich bereits in der Vergangenheit im Bodenschutz bewährt haben, wie Pufferzonen und Schutzstreifen, Förderung extensiver Nutzung, Bannwald, Bodenschutzwald, Verminderung von Oberflächenabfluss und dezentrale Versickerung, natürlicher Wasserrückhalt, Stabilisierung von Biotopen und naturnaher Waldbau für Bodenfruchtbarkeit sowie in der Landwirtschaft die Erweiterung der Fruchtfolge, konservierende Bodenbearbeitung, Humusproduktion, Begrünung und Förderung von Landschaftselementen.



6.7.2 Landwirtschaft

Zusammenfassung der Langfassung des Fachgutachten – Landwirtschaft – Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) zur Klimafolgenanpassung

Risiken und Chancen für die Landwirtschaft betreffen in Baden-Württemberg ca. 40.000 Betriebe. Bei Temperaturen über 30 °C kann es im Pflanzenbau zu Ertrags- und Qualitätseinbußen kommen. Besonders gefährlich wird es, wenn die Hitze deutlich über 30 °C steigt, in sensiblen Entwicklungsphasen auftritt, länger anhält oder Trockenheit hinzukommt.

Höhere mittlere Temperaturen bieten zumindest in naher Zukunft bis etwa 2050 auch Chancen für die Landwirtschaft Baden-Württembergs im Obst-, Gemüse- und Weinbau. Im Ackerbau können wärmeliebende Feldfrüchte, wie Sorghum, Soja oder Mais, ihre Anbauggebiete erweitern. Bei Getreide hingegen sinkt voraussichtlich der Ertrag.

Der Anbau weniger hitze- und trocken toleranter Sorten und Kulturen, beispielsweise Raps, Hafer oder Kartoffeln, wird in höhere Lagen oder in nördlichere Anbauggebiete abwandern.

Durch die erhöhte Wahrscheinlichkeit von Starkregen, Gewittern und Hagelschlag steigt die Anfälligkeit und Verletzlichkeit gegenüber Bodenerosion und Pflanzenschäden.

Wärmeliebende Beikräuter, Schädlinge, krankheitserregende Bakterien und Pilze werden vom Klimawandel profitieren – dies stellt ein großes Problem für den Pflanzenschutz dar. Vektorübertragene Krankheiten (durch Mücken und Zecken) werden bei Pflanzen und Tieren verstärkt auftreten.

Pflanzenbauliche Anpassungsstrategien umfassen einerseits den verstärkten Anbau von Sorten und Kulturen, die hitze- und trockenheitstoleranter sind, z.B. Gerste, Mais, Soja, Hirse und Luzerne. Durch mehrgliedrige Fruchtfolge und Verwendung mehrerer Sorten wird andererseits das Anbaurisiko gestreut. Im Obst- und Weinbau kann mit einer Verlagerung der Anbau Räume oder mit dem Wechsel zu späten Sorten reagiert werden.

Selbst wenn die Niederschläge in der Vegetationsperiode nur geringfügig abnehmen, steigt die Vulnerabilität gegenüber Trockenheit insgesamt, da die Wasserverdunstung aus Boden und Pflanzen mit steigender Temperatur zunimmt.

Bei zunehmendem Anbau der Reihenkulturen (z.B. Mais) muss der Schutz vor Erosion und Humuszehrung besonders beachtet werden. Möglichkeiten hierzu sind konservierende Bodenbearbeitung, organische Düngung, Zwischenfrüchte und entsprechende Fruchtfolgen. Stabilisierte Düngerformen, platzierte Düngung, Blattdüngung und Depotdüngung im Wurzelraum sind Möglichkeiten bei der Düngung, welche an Bedeutung gewinnen.

Schaderregerüberwachung, Tränkwasserverfügbarkeit beim Weidegang, Um- /Nachrüstung von Klimatechnik in Ställen und Gewächshäusern sowie Forstschutz und Einrichtungen zum Schutz vor Hagel und Starkregen gewinnen ebenfalls an Bedeutung. Erosionsschutz und Humusreproduktion gelten als no-regret-Maßnahmen und haben eine hohe Priorität. (Flaig, 2013)



Wissensstand zu Klimafolgen und Anpassung in der Landwirtschaft⁴³

Die Vegetationsperiode wird länger. Ein signifikanter Trend zeigt sich inzwischen bei der früher im Jahresverlauf einsetzenden Blüte von Winterraps. Hierfür ist die erreichte Temperatursumme von Februar bis April ein entscheidender Faktor, wenngleich eine bestimmte Mindesttageslänge benötigt wird und deshalb mit dem zunehmend früher eintretenden Blühbeginn irgendwann ein Grenzwert erreicht wird. Seit Ende der 1980er-Jahre ist der Trend jedoch sehr deutlich, seitdem auch die Durchschnittstemperaturen in Baden-Württemberg auffällig gestiegen sind. Ähnlich wie bei der Rapsblüte setzt auch die Phänologie von Wildpflanzen inzwischen um 9 Tage eher ein. Für den Gartenbau bedeuten weniger Frosttage und Verschiebung des letzten Frostes eine Verlängerung von Anbauzeiten im Freiland. Rucola, Spinat und gering wärmebedürftige Salate im Gemüsebau sowie Viola und Primula im geschützten Zierpflanzenbau könnten weitgehend ohne Heizenergie kultiviert werden.

Ertragsschwankungen sind ein relevantes Betriebsrisiko. In der bundesdeutschen Vergangenheit hatten Pflanzenzüchtung und Veränderungen in der Produktionstechnik die stärksten Einflüsse auf die Ertragsentwicklung. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung sind differenziert zu betrachten, da einerseits verlängerte Vegetationsperioden, höhere Temperatursummen und ein Kohlendioxid-Düngeeffekt⁴⁴ die Erträge vergrößern könnten, andererseits aber Trockenstress, Extremereignisse (Starkregen, Hagel, Überschwemmungen und Stürme) zu unerfüllten Ertragserwartungen führen könnten. Mit der Klimaerwärmung steigt die Wahrscheinlichkeit von Hitze- und Trockenperioden weiterhin an, während die Wirkung von Spätfrösten mit der verfrühten Entwicklung vieler Pflanzen problematischer wird. Im Gegensatz zur langjährigen absoluten Ertragsentwicklung stehen die Schwankungen zwischen den Jahren im engen Zusammenhang mit Witterungsbedingungen. Diese jährlichen Schwankungen werden für die Landwirtschaft vermutlich größere Herausforderungen darstellen als langfristige Klimatrends, auf welche sich die Betriebe beispielsweise im Ackerbau verhältnismäßig gut einstellen können (Saat- und Pflanzzeitpunkte, Sortenwahl, Produktionstechniken). Die Anpassung an die mit dem Klimawandel zu erwartenden stark wechselnden Witterungsbedingungen ist dahingegen deutlich schwieriger. Kahlfröste im Winter, Dürre im Frühjahr oder Sommer, zu hohe Feuchtigkeit, vermehrter Schaderregerbefall und Überschwemmungen während Reifephase oder Erntezeit können Ursachen für Ertragseinbrüche darstellen.

Klima und Witterung haben einen starken Einfluss auf die Qualität von Ernteprodukten, was sich besonders bei der Weinqualität zeigt. In Baden-Württemberg leidet der Riesling unter dem Klimawandel und der spätreifende Trollinger profitiert von hohen Wärmesummen. Die Gesamtsäure des Rieslings nimmt ab, während die Mostgewichte bei beiden genannten Rebsorten steigen. Die beobachtbare Erwärmung in den vergangenen Jahren hat bereits zu Superlativen im Weinbau beigetragen. Früheste Reblüte seit Beginn der Aufzeichnungen, kürzeste Lesedauer sowie die höchsten Mostgewichte. Außerdem ist der Huglin-Index signifikant gestiegen, ebenso die Anbaufläche von Cabernet Sauvignon und Merlot in Baden-Württemberg.

⁴³ Basierend auf dem Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg, dem Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft – Teil B: Wissenschaftlicher Hintergrund – Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft erstellt durch das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) Karlsruhe sowie dem Indikatorbasierten Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg – Indicator Factsheets: Anbau wärmeliebender Ackerkulturen, Sortenspektrum, Qualität von Ernteprodukten, Schaderregerbefall, Ertragsschwankungen, Blüte von Winterraps.

⁴⁴ Höhere CO₂-Konzentrationen führen neben einer Steigerung der Photosynthese auch zur Minderung der Transpiration, wodurch Bodenwasservorräte wiederum geschont werden. Manche Qualitätseigenschaften werden von höheren CO₂-Konzentrationen negativ beeinflusst, wie der Rohproteingehalt von Getreide.



Höhere mittlere Temperaturen haben nicht nur auf die Gesundheit der Kulturpflanzen selbst einen starken Einfluss, sondern beeinflussen über Hitzestress und Witterungsereignisse auch Beikräuter, Schädlinge und Krankheitserreger. Wärmeliebende und tief wurzelnde Arten der Segetalflora werden profitieren. Viele auf Feuchtigkeit angewiesene Pilzarten könnten an Bedeutung verlieren. Populationen des Maiszünslers weisen hingegen einen steigenden Trend auf. Der univoltine Maiszünsler hat sich mit der Flächenzunahme des Maisanbaus von Süddeutschland bis zur Nord- und Ostsee ausgebreitet und infolge der Klimaerwärmung konnten pro Jahr inzwischen mehrere Generationen ausgebildet werden. Durch die Verlängerung der Vegetationsperiode ist es immer mehr Schadinsekten möglich, mehrere Generationen pro Jahr zu entwickeln. Baden-Württemberg gilt aufgrund des warmen Klimas als Eintrittspforte für wärmeliebende Schaderreger. Neben Zikaden profitieren speziell Wanzen von milderen Wintertemperaturen und heißeren Sommern, beispielsweise die durch den globalen Handel inzwischen weltweit verbreitete Grüne Reiswanze, welche sich von Gemüse, Zierpflanzen, Soja sowie Himbeeren ernährt. Gegenwärtig wird erforscht, inwieweit Schlupfwespen und parasitische Raupenfliegen als natürliche Gegenspieler in Gewächshäusern eingesetzt werden können.

Abgesehen von Körnermais und Soja könnten zukünftig weitere wärmeliebende Kulturen wie Tafeltrauben, Sonnenblumen oder Hirse für die Landwirtschaft interessant werden. Die Entwicklung ist aber stark von agrarpolitischen Rahmenbedingungen überlagert. Die jeweilige Sortenwahl ist meist Resultat unterschiedlicher Faktoren, die von Landwirtinnen und Landwirten bei der Entscheidung gegeneinander abgewogen werden. Dabei ist die Witterung nur ein Faktor von vielen. Die Sortenwahl erfolgt mitunter auch spontan, primär gesteuert durch Erfahrungen der letzten Anbauperiode oder durch sich aktuell abzeichnende Marktchancen. Letztendlich gelten Anbauentscheidungen auch immer als persönliche Entscheidungen der Betriebsinhaber und sind mitunter abhängig von Experimentierfreude, Risikobereitschaft und persönlichen Erfahrungen. Um Risiken und Folgen des Klimawandels abzupuffern wird häufig zur Risikostreuung geraten, indem statt einiger weniger aktuellen Hohertragsorten mehrere Kulturarten und Sorten angebaut werden. Für den einzelnen Betrieb gilt diese Strategie selten als die ökonomisch beste Variante und wird daher häufig kritisch gesehen. Mit fortschreitendem Klimawandel und zunehmenden Extremereignissen kann sich das jedoch auch ökonomisch anders darstellen.

Um das Risiko der Ertragseinbrüche zu streuen zählt zur Strategie der Fruchtartenvielfalt auch der Anbau von Zwischenfrüchten, vor allem zur Winterbegrünung. Diese fördern zugleich den Schutz vor Erosion und den Humusaufbau – wichtige Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung. Für den Naturschutz ist die Fruchtartendiversifizierung förderlich, da durch die räumlich und zeitlich größere Vielfalt an Pflanzen und Strukturen in der Landschaft die Biodiversität gefördert wird.

Ohne ausreichende Wasserversorgung lassen sich keine stabilen Erträge erwirtschaften. In der Gemüseproduktion, dem Kartoffelanbau sowie bei Sonderkulturen wie Erdbeeren oder Saatmais reicht das Regenwasser oftmals nicht aus. In Speicherbecken wird zunehmend investiert. Als Alternativen zur Bewässerung kann die Wahl trockenheitstoleranter Kulturpflanzenarten und die gezielte Stärkung der Wasseraufnahmefähigkeit von Böden betrachtet werden, zum Beispiel durch Zwischenfrüchteanbau sowie tiefwurzelnde Luzerne.

Für landwirtschaftliche Betriebe ist es vorwiegend eine ökonomische Frage, ob sie sich gegen Schäden versichern oder ob technische Schutzmaßnahmen (Beregnungssystem, Hagelschutz etc.) ergriffen werden. Die Versicherungsdichte gegen Sturm und Starkregen stieg im vergangenen Jahrzehnt signifikant. Es sollte weiterhin mit Spätfrösten und Frühfrösten gerechnet werden, auch wenn in Zukunft mildere Winter häufiger werden. Unter Umständen werden Kaltlufteinbrüche sogar gefährlicher, wenn Pflanzen ihre Frostresistenz in milden Phasen verloren haben.



6.7.3 Wasserhaushalt

Der Handel, die wirtschaftliche Nutzung und die Entnahme von Rohstoffen bedingen die Nutzung weiterer natürlicher Ressourcen, zum Beispiel Wasser. Auch für die Landwirtschaft ist diese Ressource essentiell, außerdem findet sie großen Einsatz und Nutzen als Kühlmittel z.B. in der Energiewandlung und auch als Reinigungs- und Lösemittel in industriellen Verfahren. Genau wie in den Haushalten nimmt die direkte Wassernutzung in Deutschland allgemein in den vergangenen Jahrzehnten ab, jedoch steigt sie in anderen Teilen der Welt, verursacht durch unseren Import an Gütern. Nicht nur für die Wirtschaft, sondern auch für die Gesellschaft spielt das verfügbare Wasser auf unserem Planeten eine Schlüsselrolle, wobei der Klimawandel mit hoher Wahrscheinlichkeit die Belastung der Wasserressourcen verschlimmert, zusätzlich zu Verstädterung und Bevölkerungswachstum. Das Konsumentenverhalten zählt als Hautfaktor für den Wassergebrauch, wobei die örtliche Nachfrage nach Energie, Lebensmitteln und sämtlichen Gütern die Wasserressourcen in ganz anderen Teilen der Welt beeinflussen kann.

Mit dem Begriff Wasserhaushalt wird sowohl der natürliche Wasserkreislauf mit Fließgewässern, stehenden Gewässern und Grundwasser zusammengefasst, als auch wasserwirtschaftliche Planungen und Maßnahmen, die der Nutzung sowie dem Schutz des ober- und unterirdischen Wassers dienen.

Die Grundlage allen Lebens ist Wasser. Bäche, Flüsse, Feuchtgebiete, Seen und Meere sind wichtige Bestandteile des Klimageschehens und des Naturhaushaltes. Neben Niederschlag und Lufttemperatur sind die Globalstrahlung, die relative Luftfeuchte sowie Luftdruck und Wind wichtige Klimafaktoren für den Wasserhaushalt. Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt folgen weniger aus der Veränderung langfristiger Mittelwerte wie der Jahresniederschlagssumme, sondern viel eher aus der Häufung von Extremsituationen, welche sowohl aus einzelnen Witterungsereignissen (Starkregen, Sturzflut) als auch aus einer Abfolge von Witterungsereignissen (Hochwasser infolge von Regenereignissen, Schneeschmelze) resultieren.

Der Klimawandel stellt eine Einflussgröße auf den globalen und auch regionalen Wasserhaushalt dar. Eine veränderte Niederschlagsverteilung einhergehend mit trockeneren Sommern und feuchteren Wintern kann zu Niedrigwassersituationen im Sommer und zu Hochwasser im Winter führen. Der Klimawandel ist nicht der alleinige Einflussfaktor auf den Wasserhaushalt, da auch der demografische Wandel, die Bereitstellung von Energie, Landnutzungsänderungen, veränderte gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen sowie technische Entwicklungen von Bedeutung sind.

Bei der Fortschreibung des Monitoringberichts für Baden-Württemberg ist nach den niederschlagsarmen Jahre 2018 und 2019 die Wasserverfügbarkeit stärker in den Fokus gerückt und zusätzlich zu den Datenblättern⁴⁵ der Fachgutachten zur Anpassungsstrategie wird inzwischen an weiteren Indikatoren gearbeitet. Im Rahmen des vorliegenden Klimaschutzkonzeptes werden Kernaussagen zusammengefasst. Querverbindungen zur Wirtschaft bzw. Energiewirtschaft, welche mit dem Wasserhaushalt in Verbindung stehen, z.B. Wasserverbrauch der Wirtschaft, Wasserproduktivität, Nutzungskonflikte, Abwärme aus Kraftwerken und Veränderung der Wassertemperatur sowie Schiffbarkeit von Binnenschiffahrtsstraßen werden nicht detailliert betrachtet.

⁴⁵ „Indikator-Factsheets“ für das Fachgutachten zum Wasserhaushalt umfassen Grundwasser, Hochwasserabfluss, Niedrigwasserabfluss, Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser des Bodensees, Gewässerstruktur, Investitionen in den Hochwasserschutz.



Grundwasser

Die Grundwasservorräte im wasserreichen Baden-Württemberg sind annähernd stabil. Im Bundesland wird der Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgung zu etwa 73 % aus Grund- und Quellwasser gedeckt und etwa 27 % aus Oberflächenwasser. Die Bedeutung des Grundwassers für die Wasserversorgung ist ersichtlich. Die natürliche Grundwasserneubildung ist von verschiedenen Faktoren abhängig⁴⁶ und schwankt in der Regel mit den Jahreszeiten, was häufig von mehrjährigen Fluktuationen überlagert wird. Durch die klimatischen Veränderungen wird die Grundwasserneubildung beeinflusst. Aufgrund von erhöhten Temperaturen steigt die Verdunstung, wodurch sich die Versickerung verringert und durch die veränderten Niederschlagsverhältnisse wird die Grundwasserneubildung über den Abfluss an der Oberfläche beeinflusst. Durch den Klimawandel wird aber nicht nur die Grundwasserneubildung beeinflusst, sondern auch die Nutzung des Grundwassers (z.B. erhöhter Trinkwasserbedarf oder landwirtschaftliche Beregnung). In Baden-Württemberg und in Bad Rappenau stellt die mengenmäßige Wasserversorgung aufgrund kleinräumiger Wasserverbünde und bestehender Fernwasserversorgungssysteme im Allgemeinen kein Problem dar, weshalb die diesbezügliche Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel als eher gering eingeschätzt wird.

Hochwasser

Hochwasserereignisse gelten als natürliches Phänomen und treten abhängig von der Entstehungsursache jahreszeitlich und räumlich in unterschiedlicher Ausprägung auf. Der Klimawandel kann zur Veränderung der Schwere und Häufigkeit solcher Ereignisse führen⁴⁷. Abgesehen vom Klima wird das Hochwassergeschehen auch durch die Besiedlung von Auen und Überflutungsflächen, Flächenversiegelung, verdichtete Böden und dem Verlust von Retentionsräumen durch menschliches Handeln verschärft. Dem gegenüber wirken gezielte Maßnahmen zur Hochwasserrückhaltung sowie die Renaturierung von Gewässern.

In Abhängigkeit vom Ort des Auftretens und der Nutzung ufernaher Bereiche können extreme Hochwässer zu gravierenden gesundheitlichen und wirtschaftlichen Schäden führen. Aufgrund der immer stärkeren Nutzung hochwassergefährdeter Gebiete ist das Hochwasserrisiko in den vergangenen Jahrzehnten gestiegen. Die Verminderung von Retentionsflächen und zunehmende Flächenversiegelung können sich auch auf natürliche Hochwasserereignisse verstärkend auswirken. Im Vergleich zu Gewässern die überwiegend durch die Schneeschmelze beeinflusst werden, sind deutlich größere Veränderungen bei Extremereignissen für Gewässer deren Einzugsgebiete vor allem durch Regenereignisse charakterisiert sind (z.B. Neckar) zu erwarten. Abzugrenzen von Ausuferungen von Oberflächengewässern sind Ereignisse die zu Hochwasser infolge von Starkregen führen. Diese Überflutungen sind unabhängig von Gewässern und können überall auftreten, wobei Starkregen als außergewöhnliche und meist lokal begrenzte Niederschlagsereignisse mit kurzen Vorwarnzeiten charakterisiert werden. Die Gefährdung durch Starkregen allein mit dem Ausbau der Kanalnetze zu reduzieren ist unwirtschaftlich und technisch nicht realisierbar. Deshalb wird auch in Bad Rappenau Starkregenrisikomanagement angewandt,

⁴⁶ Z.B. Anteil des im Boden versickernden Niederschlags, Abstände zwischen Gelände und Grundwasser, Beschaffenheit der Deckschichten oberhalb des Grundwassers, Größe und Typ der Hohlräume im Gestein, unterirdische Zu- und Abflüsse des Grundwassers. Klimawandelbedingte Veränderungen des Grundwasservorkommens zu beschreiben gilt als sehr schwierig, da eine Vielzahl an Faktoren in unterschiedlichem Maße direkt oder indirekt vom Klimawandel beeinflusst werden.

⁴⁷ Durch Intensivierung sommerlicher Starkregenereignisse oder Zunahme winterlicher Niederschläge (vermehrt durch Regen anstatt Schnee), zumal der Niederschlag in Wintermonaten häufig auf wassergesättigte Böden fällt.



um das Schadenspotenzial systematisch zu untersuchen, ortsbezogene Risikobewertungen durchzuführen und geeignete Vorsorgemöglichkeiten zu identifizieren. Infolge der Starkregenereignisse vom Juni 2016 wurden für die Bad Rappenauer Ortsteile Babstadt, Grombach und Obergimpfern Konzepte zum Starkregenrisikomanagement erstellt. Im Jahr 2022 wurde vom Gemeinderat dem Verwaltungsvorschlag zugestimmt, um auch für die Kernstadt, Zimmerhof und jeweils alle anderen Ortsteile ein Starkregenrisikomanagement durchzuführen. Einen absoluten Schutz vor Hochwasser gibt es nicht. Dennoch können gefährdete Gebiete erkannt und Vorsorgemaßnahmen getroffen werden.

Niedrigwasser

Die jahreszeitlich bedingten Niedrigwasserstände werden durch Niederschlagsmangel und potenziell erhöhter Verdunstung in langanhaltenden Trockenzeiten verschärft. Der Klimawandel kann die Dauer und Schwere von Niedrigwasserereignissen beeinflussen. Eine Bewertung für die vergangenen Jahrzehnte gilt jedoch als schwierig, da sich veränderte wasserwirtschaftliche Nutzungen, Versiegelungen in Einzugsgebieten oder die Bodennutzung mit klimawandelbedingten Veränderungen überlagern.

Niedrigwasserereignisse beeinträchtigen sowohl die Gewässerqualität als auch die Gewässernutzung. Verringerte Fließgeschwindigkeiten, schnellere Wassererwärmung und erhöhtes Biomassewachstum sowie verstärkte Sauerstoffzehrung können zu Fischsterben führen. Zusätzlich zu den ökologischen Schäden können bei extremen Niedrigwasserereignissen auch volkswirtschaftliche Schäden entstehen, beispielsweise bei der Energiewirtschaft oder der Binnenschifffahrt. Der Neckar ist im Gegensatz zum Rhein staugeregelt und fließt deshalb deutlich langsamer. Niedrigwasser stellt aufgrund der Stauhaltungen beim Neckar kein erhebliches Problem dar, wohingegen die Neckarschifffahrt jedes Jahr durch Hochwasser eingeschränkt wird, meist zwischen einer und drei Wochen.

Gewässerstruktur

Die Gewässerstruktur beschreibt das Gewässer, seine Ufer und das Gewässerumfeld. Eine vielfältige und naturnahe Gewässerstruktur kann das Retentionsvermögen unterstützen. Auf regionaler Ebene gewinnt der Wasserrückhalt in der Fläche an Bedeutung. Einerseits wird die Hochwassergefahr bei Tauwetter und gefrorenen Böden verstärkt, da die Landschaft deutlich weniger Wasser speichern kann, andererseits führen geringere Niederschlagsmengen und höhere Temperaturen im Sommer dazu, dass die Landschaften schneller austrocknen. Durch erhöhte Temperaturen, Zunahme an Evapotranspiration und erhöhtem Wasserbedarf (z.B. Landwirtschaft) werden Effekte verstärkt, welche die Niedrigwassersituation beeinflussen.

Durch die Wiederherstellung einer natürlichen Gewässerstruktur mit natürlichem Ausuferungsvermögen des Gewässers und großflächiger Wiederanbindung von Altarmen und Auen werden ebenfalls erhöhte Speicherkapazitäten geschaffen. Die Ufer und deren Bewuchs können die Folgen klimatischer Veränderungen verringern, wenn durch Schattenwurf einer erhöhten Gewässererwärmung entgegengewirkt wird oder wenn mit Gewässerrandstreifen der Eintrag von Oberboden und Nährstoffen verringert wird. In Hinblick auf die Klimawandelfolgenanpassung in Baden-Württemberg gelten Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur als no-regret-Maßnahmen. Klimaänderungen wirken sich neben der Wassermenge auch auf die Gewässerqualität aus. Temperaturänderungen sowie Hoch- und Niedrigwassersituationen haben einen großen Einfluss auf Gewässerorganismen, Fischarten und die gesamte Gewässerökologie. Anpassungskapazität und Resilienz gegenüber Extremereignissen sind umso höher, je besser der ökologische Zustand eines Gewässersystems und dessen Strukturvielfalt ist.



6.7.4 Wald und Forstwirtschaft

Der zweite baden-württembergische Monitoringbericht zu Klimafolgen und Anpassung aus dem Jahr 2020 gliedert das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft anhand von zehn Kernaussagen:

1. Risiko für Fichte steigt⁴⁸
2. Holzzuwächse gehen zurück⁴⁹
3. Witterungsextreme liefern Schadholz⁵⁰
4. Borkenkäfer sind ein gravierendes Problem⁵¹
5. Das Waldbrandrisiko steigt weiter⁵²

⁴⁸ Immer wieder steht die Fichte im Fokus der Klimafolgenbetrachtung, die auch in Baden-Württemberg über Jahrzehnte etabliert wurde, mit ihren hohen Ertragsleistungen und geringen Ansprüchen an Nährstoffversorgung als „Brotbaumart“ bezeichnet, deren Ansprüche an den Standort mit kühlen und feuchten Bedingungen häufig und zunehmend nicht mehr erfüllt werden. 34 % des Gesamtwaldes im Bundesland sind mit Fichte bestockt, wobei das Anbaurisiko durch den Klimawandel steigt. Schwerpunkträume stark gefährdeter Fichtenflächen befinden sich in Tieflagen (wo geringe Niederschläge mit hohen Temperaturen zusammenkommen), beispielsweise in unteren Hanglagen der Mittelgebirge sowie im Rheintal, aber auch im Kraichgau. Der städtische Wald in Bad Rappenau hat auf der Holzbodenfläche von 512,2 ha ein Baumartenverhältnis, was von Eichen und Buchen geprägt wird und mit 4 % einen relativ niedrigen Fichtenanteil enthält.

⁴⁹ Für den Gesamtzuwachs ist die Baumartenzusammensetzung entscheidend, wobei die Waldinventur in 2022 die Effekte der vergangenen Trockenjahre (z.B. 2015, 2018, 2019) sichtbar machen wird. Bei höheren Temperaturen kann auf ehemals kältelimitierten Standorten mit einem höheren Biomassezuwachs gerechnet werden, während andere Standorte zu heiß oder trocken werden können. Ein wesentlicher Beitrag zum Rückgang der Periode 2002-2012 gegenüber 1987-2002 geht auf Stürme und Schädlingsbefall zurück.

⁵⁰ Schäden durch Insekten und Pilze haben signifikant zugenommen. Insektenschäden folgen häufig auf vorausgegangene Dürren, wie z.B. in den Jahren 2018 und 2019. Dabei waren neben Fichte auch Tanne, Buche und Eiche betroffen. Gesunde Bäume, die an ihren Standort optimal angepasst sind, sind gegenüber Stürmen, Schaderregern und einem gewissen Grad gegenüber Trockenheit gewappnet. Die Klimaveränderungen führen aber bereits zu einer Neubeurteilung der Standortsicherheit einzelner Baumarten. Besonders labile Bestände werden sukzessive zu stabileren Beständen umgebaut. Dieser Entwicklungsprozess ist langwierig, wobei Erfolge erst nach 40 bis 100 Jahren erkennbar sind.

⁵¹ Nicht nur nach schweren Stürmen oder Schneebruch, sondern auch nach Hitzejahren wie 1983/2003 oder 2018 und 2019 wird die Entwicklung von Borkenkäfern begünstigt. Wenn das Harzvermögen der Bäume aufgrund von Wassermangel geschwächt ist, können die Käfer leichter in die Rinde eindringen. Besonders gravierend sind die Schäden nach Sturmereignissen mit anschließender heißer und trockener Witterung. Die Kalamität von 2018 und 2019 erreichte das Niveau der Jahre 2003 und 2004. Nach 2008 war der Befall witterungsbedingt und durch konsequentes Monitoring und Borkenkäfermanagement vorübergehend zurückgegangen. Weiterhin besteht die Gefahr einer Ausbreitung von wärmeliebenden heimischen und nichtheimischen Forstschädlingen.

⁵² Die Waldbrandgefährdung ist ein aus meteorologischen Größen ermitteltes Risiko, geltend für die Waldbrandsaison von Anfang März bis Mitte Oktober, wobei die erhöhte Waldbrandgefahr im Zusammenhang mit steigenden Lufttemperaturen und den abnehmenden Niederschlägen in Frühjahr und Sommer zu sehen ist. Die Brennbarkeit von Pflanzen und die Austrocknung im Wald werden erhöht, wenn heiße Winde in den Wald eindringen können, weshalb die Intensivierung der Landwirtschaft landesweit eine Rolle spielt. Durch den Verlust von Feldgehölzen in der Landschaft fehlt es an Beschattung und mangelt an Windruhe, was zur Verstärkung der



6. Investitionen in den Waldumbau sind dringend⁵³
7. Verjüngung weist in die richtige Richtung⁵⁴
8. Anpassung braucht Aus- und Fortbildung⁵⁵
9. Handlungsfähig bleiben durch Risiko- und Krisenmanagement⁵⁶
10. Genetische Vielfalt ist die Grundlage für Anpassung⁵⁷

Wälder sind langlebige Ökosysteme. Deshalb und aufgrund langer Bewirtschaftungsräume sind rasche und häufige Korrekturen bestehender Bestände zur Anpassung an den Klimawandel nur beschränkt möglich. Forstliche Entscheidungen wirken langfristig und können nur schwer nachträglich abgeändert werden.

Austrocknung führt. Der Waldbrandvorbeugung förderlich sind Neubepflanzung von Böschungen und Hecken in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten.

⁵³ Bekanntermaßen lässt sich mit einer größeren Baumartenmischung das Risiko streuen, da im Schadensfall einzelne Baumarten überleben und die Grundlage für eine neue Bestandentwicklung bilden können. Sind die stufigen Bestandsaufbauten mehrschichtig, führt das zu stabileren Beständen, die Störungen und Widrigkeiten besser standhalten können. Demzufolge stärkt der Waldumbau mit der Mischwaldförderung die Risikostreuung.

⁵⁴ In Baden-Württemberg ist die Naturverjüngung mit einem Anteil von 90 % die überwiegende Verjüngungsart. Bei Laubbaumarten ist dabei besonders der Wildverbiss ein Problem, da Laubbäume vom Wild bevorzugt werden. Ob sich der gegenwärtige Baumartenwechsel für eine rechtzeitige Anpassung rasch genug vollzieht ist nur regional und standörtlich differenziert zu bewerten. Diese Bewertung ist eine Aufgabe der Forsteinrichtungsplanung, wobei die Klimaanpassung eine immer bedeutendere Rolle einnimmt.

⁵⁵ Für den Waldumbau und die Anpassung der Wälder spielen sowohl in Bad Rappenau, als auch landesweit, alle Waldbesitzarten (Staats-, Kommunal- und Privatwald) eine wichtige Rolle. Eine mangelnde Anpassung wird zum Verlust von Waldfunktionen führen, konkret Nutz-, Schutz und Erholungsfunktionen. Den kommunalen und privaten Forstbetrieben wird von der Fortverwaltung ein umfangreiches Beratungsangebot mit Betreuung zur Verfügung gestellt, zumal die Erhaltung der Waldfunktionen ein hohes gesellschaftliches Interesse genießt. Zur Kompetenzstärkung von Privatwaldbesitzern im Umgang mit dem Klimawandel wurde das Kompetenz-Netzwerk Klimawandel, Krisenmanagement und Transformation von Waldökosystemen (KoNeKKTiW) gegründet. Abgesehen vom KoNeKKTiW führt auch ForstBW AÖR umfangreiche Fort- und Ausbildungsmaßnahmen durch.

⁵⁶ In Anbetracht der Witterungseinflüsse und Extremereignisse, die nur schwer vorhersehbar sind, wird ein solides Risikomanagement vorbeugend und ein professionelles nachsorgendes Krisenmanagement zwingend erforderlich. Für den Wald und die Forstwirtschaft genießen präventive und vorbereitende Maßnahmen höchste Priorität. Für das Risikomanagement ist die WET-Richtlinie und die vom ForstBW AÖR eingeführte Funktion von Waldbautrainerinnen und -trainern bemerkenswert. Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) Baden-Württemberg hat ihre Baumarteneignungskarten im Jahr 2019 fortgeschrieben und damit eine wichtige Grundlage geschaffen, angepasste Waldentwicklungstypen in Abhängigkeit vom Standort festzulegen.

⁵⁷ Hohe genetische Vielfalt ermöglicht die Erzeugung neuer genetischer Informationen und die Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Umweltbedingungen. Die Sicherung forstgenetischer Ressourcen gilt somit als Grundvoraussetzung für die Entwicklung von Waldökosystemen. Standortangepasste Herkünfte sind wichtig für den Waldumbau.

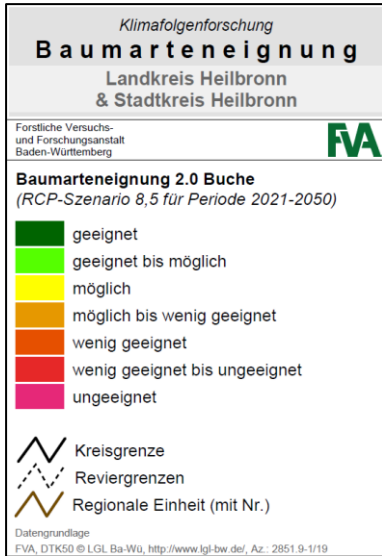


Der Klimawandel schwächt Wälder und macht Bäume anfälliger für Schäden durch Pilz- oder Insektenbefall sowie ohnehin auftretende Stürme. Folglich kann es zu erhöhtem Anfall von Wurfholz, Bruchholz und Befallsholz kommen. In der Regel wird dieses Holz aus den bewirtschafteten Beständen entfernt. Solche sogenannten „zufälligen Nutzungen“ können erhebliche Kapazitäten binden, insbesondere nach regionalen Großschadensereignissen. Dies kann die Umsetzung von bereits gesetzten Strategien der Forstwirtschaft behindern, verzögern oder für längere Zeit vereiteln. Für die Waldbesitzenden entstehen durch hohe Anteile zufälliger Nutzungen erhebliche finanzielle Verluste, zumal die Aufarbeitungskosten geschädigter Bestände deutlich höher und die Holzqualitäten eher schlechter sind sowie infolge von kalamitätsbedingten Störungen des Holzmarkts deutlich verringerter Holzpreise. Teilweise muss das Holz daher über längere Zeiträume gelagert werden, was ebenfalls mit Kosten verbunden ist. Zunehmende Schadholzmengen lassen sich nur zum Teil mit der Anhäufung extremer Wetterereignisse oder Schäden durch Schädlinge oder Krankheitserreger in Verbindung bringen. Der Kausalzusammenhang zwischen Klimawandel und vermehrten sowie verstärkten biotischen und abiotischen Schäden lässt sich nicht uneingeschränkt als Klimawandelfolge darstellen, da ältere und höhere Bäume eher sturmgeschädigt sind als jüngere, sind Sturmschäden beispielsweise auch mit der Altersstruktur der Wälder zu begründen. Weitergehend steigt mit zunehmendem Vorrat auch die Schadholzmenge. Veränderungen der Schadholzmenge hinsichtlich Klimawandel können zwangsläufig nur langfristig, durchschnittlich und nicht nur in absoluter Größe interpretiert werden. Laut der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg besteht bei Waldexperten Übereinstimmung, dass sich der Klimawandel ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts besonders stark auf den Wald auswirken wird⁵⁸.

Die Baumarteneignungskarten der FVA zeigen die Eignung der bei uns vorkommenden Hauptbaumarten bei verändertem Klima für verschiedene Zeiträume und Klimaszenarien⁵⁹. Die Einschätzung der Baumarteneignung in Anbetracht des Klimawandels basiert auf Wuchsleistung, Sturmrisiko, Borkenkäferisiko, Bodenwasserhaushalt und Artverbreitungsmodellen.

⁵⁸ Aufgrund des warmen Sommers im Jahr 2022 kann bereits bis in mittlere Höhenlagen des Nordschwarzwalds ab Mitte August mit einer dritten Brut des Buchdruckers gerechnet werden. Bei den Borkenkäfern verursacht der Buchdrucker den größten Schadensanteil, wobei er meist ältere Fichten (mit über 50 Jahren) befällt, wohingegen der Kupferstecher Bäume aller Altersklassen schädigt.

⁵⁹ Baumarteneignungskarten sind nur für standortskartierte öffentliche Waldflächen verfügbar. Daten wurden zu Fichte, Buche, Traubeneiche und Weißtanne erhoben. Der gewählte Zeitraum für die nahe Zukunft ist 2021-2050 und für die ferne Zukunft 2071-2100. Als Klimaszenarien werden die Repräsentativen Konzentrationspfade des IPCC (RCP4.5 und RCP8.5) genutzt. Analog zu Kapitel 1.2 wird zum Referenzjahr 2019 der RCP8.5 als Vergleich angeführt. Beispielhaft wurde die Baumarteneignungskarte für Eiche in der nahen Zukunft gewählt. Für weitere Baumarten, Bezugszeiträume oder Klimaszenarien stehen die Datenauswertungen online zur Verfügung unter <https://www.fva-bw.de/daten-und-tools/geodaten/klimakarten>.



Auf einer Farbskala von grün (geeignet) bis rot (ungeeignet) erleichtern die Karten die Baumartenwahl bei der Begründung einer neuen Waldgeneration durch Naturverjüngung oder Pflanzung. Die Entscheidungshilfe soll für Planungen über 10 Jahre helfen und Entscheidungen zu Waldumbau und Neubestockung erleichtern. Die waldbauliche Empfehlung auf Basis der Baumarteneignung „geeignet“ verdeutlicht, dass es keine standortbedingten Einschränkungen für Anbau und Bewirtschaftung der angezeigten Baumart gibt. Bei der Eignungsstufe „möglich“ ist die Bewirtschaftung als führende Baumart nur unter Beachtung von Einschränkungen möglich oder nur als Beimischung mit einem Anteil von nicht mehr als 20-30 Prozent in der Eignungsstufe „wenig geeignet“. Die Eignungsstufe „ungeeignet“ empfiehlt höchstens vereinzelte Beimischungen oder das Vorhandensein als Zeitmischung.

Abbildung 75: Legende der Baumarteneignungskarten der FVA

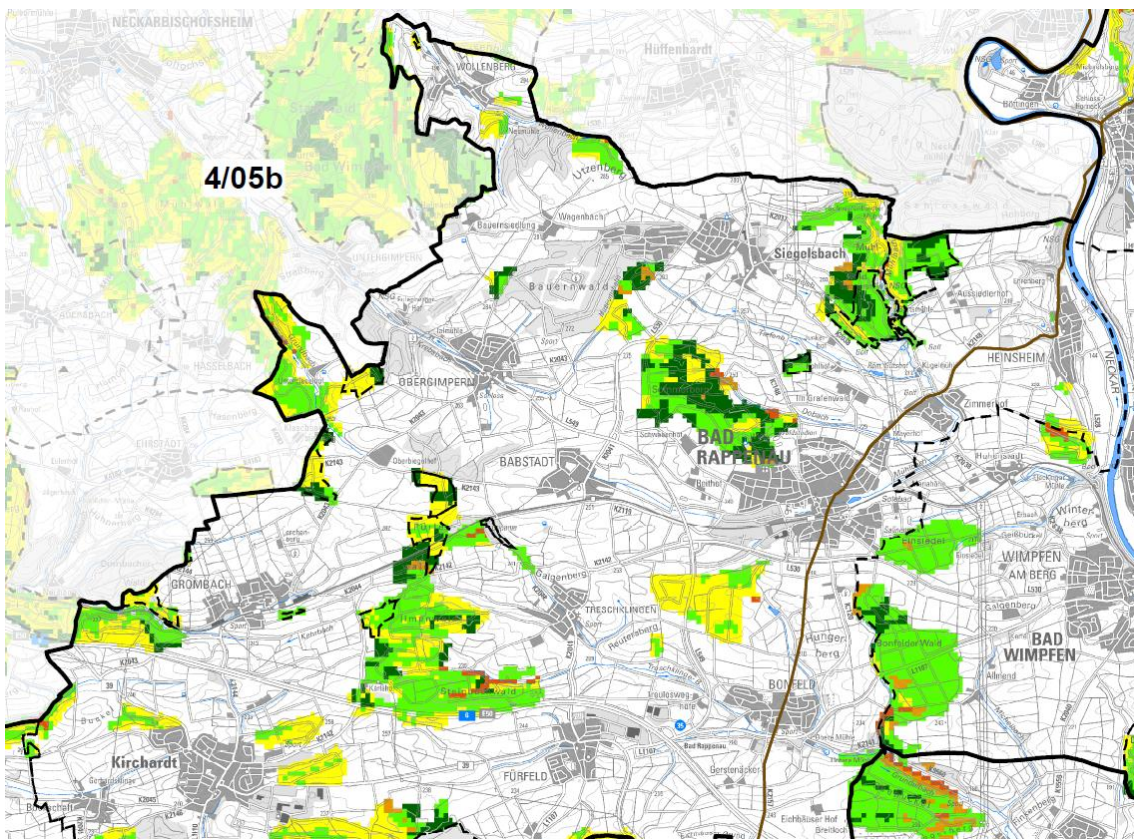


Abbildung 76: Baumarteneignungskarte der FVA für die Baumart Traubeneiche im Jahr 2019

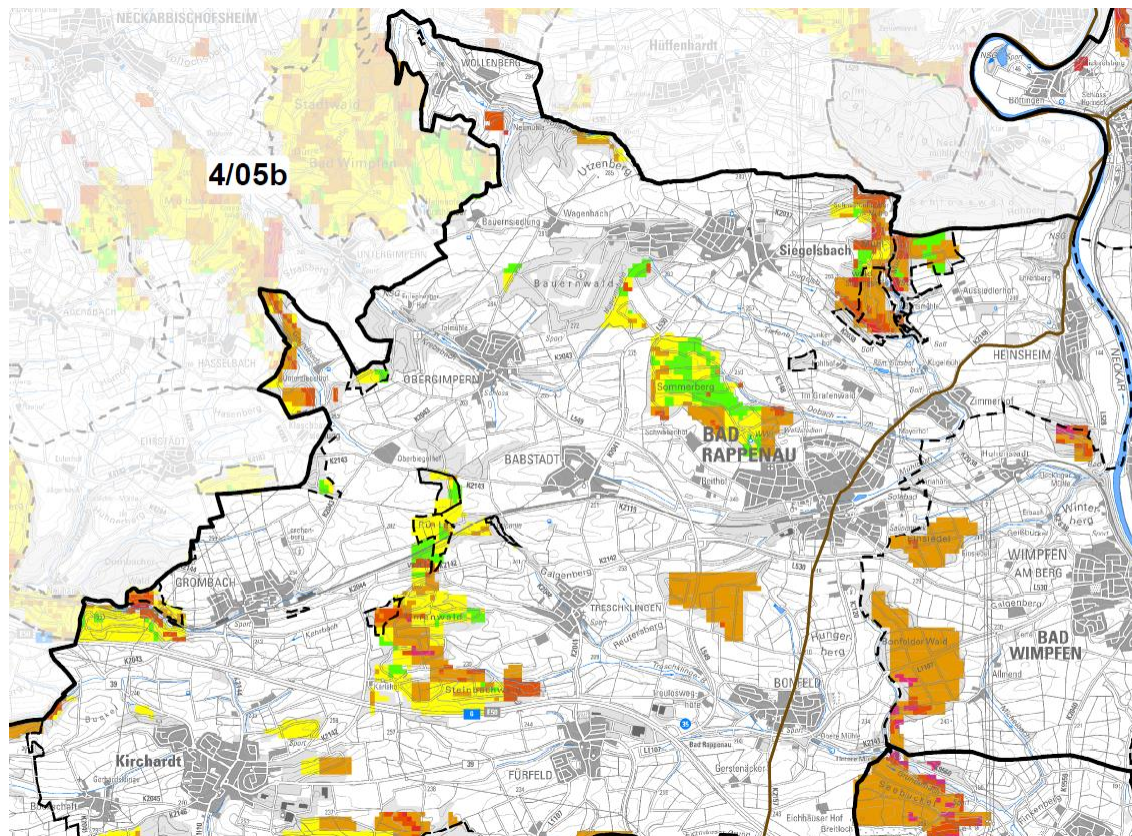


Abbildung 77: Baumarteneignungskarte der FVA für die Traubeneiche in der nahen Zukunft (2021-2050) basierend auf dem RCP8.5

Historisch wurden die Waldflächen in Bad Rappenau auf die ungünstigeren Keupermischböden zurückgedrängt, auf Bereiche geringmächtiger Lehmauflagen mit mäßig frischem oder wechselfeuchten Wasserhaushalt oder auf steile Hanglagen, da durch Klima und Mächtigkeit der Löß- und Lößlehmböden stets der lohnenden Landwirtschaft der Vorrang galt. Die Wälder von Bad Rappenau besitzen als Lebensraum zahlreicher Tier- und Pflanzenarten eine herausragende Bedeutung. Sie übernehmen wichtige Funktionen wie Boden- und Immissionsschutz, Filterwirkung für Luftschadstoffe, Wasserspeicherung und sind Quellen für Frischluft. Wälder bereichern das Landschaftsbild und gewinnen als Erholungsräume der Kurstadt im Klimawandel zunehmend an Bedeutung. In ganz Baden-Württemberg sind Wälder für Klimaschutz und Klimawandelanpassung elementar wichtig und zusätzlich zu den ökologischen und gesellschaftlichen Funktionen liefern sie mit Holz aus nachhaltiger Bewirtschaftung den wichtigsten nachwachsenden Rohstoff im Bundesland. Die Etablierung von Mischbeständen zur Risikostreuung gilt länderübergreifend als wichtigste Anpassungsmaßnahme der Forstwirtschaft.



Einige Neben- und Mischbaumarten (z.B. Spitzahorn, Elsbeere, Wild-Apfel, Vogel-Kirsche, Speierling oder Feldahorn) können bei einer weiteren Temperaturzunahme an vielen Standorten an Bedeutung gewinnen⁶⁰. Die Anbaumöglichkeiten für Tannen sind selbst im RCP4.5 ungeeignet.

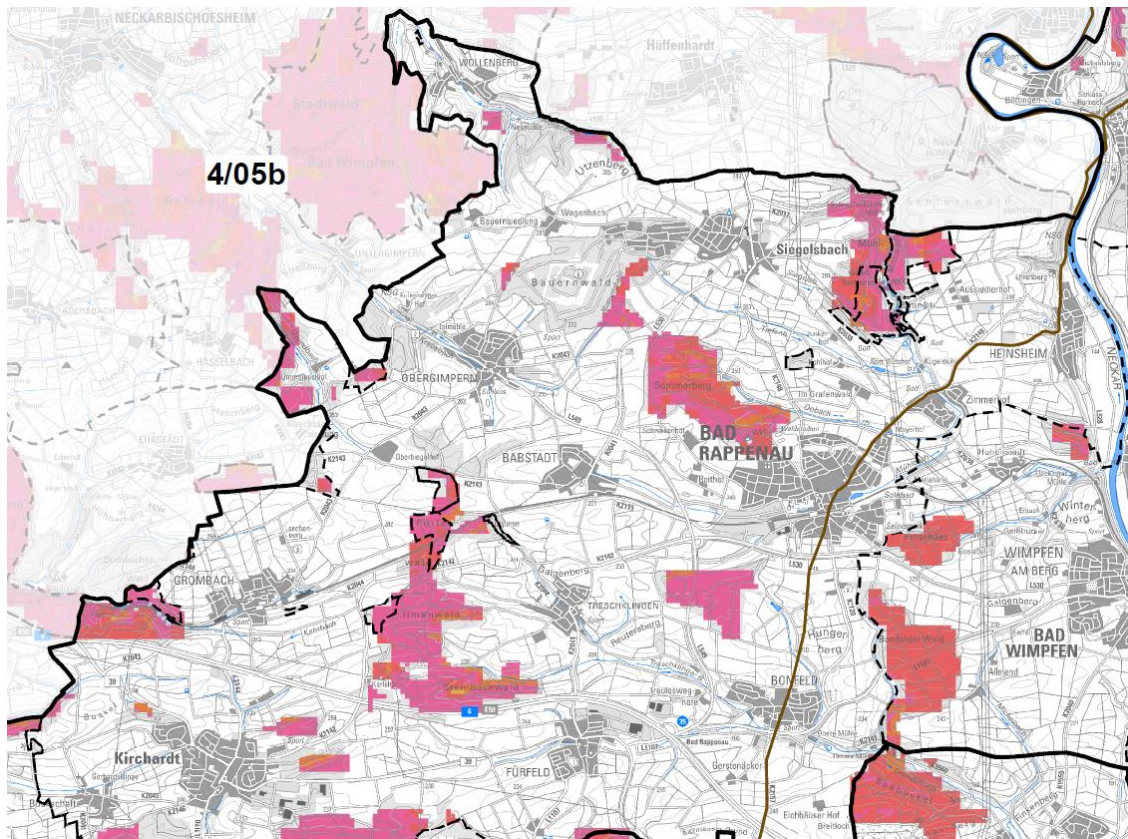


Abbildung 78: Baumarteneignungskarte der FVA für die Weißtanne in der nahen Zukunft (2021-2050) basierend auf dem RCP4.5

Eine landeskulturell wichtige Baumart für Baden-Württemberg stellt die Esskastanie dar, welche als wärmeliebende Baumart zunehmend für die Gewinnung von Wertholz eine Rolle spielen könnte. Für die Waldbestände gilt trotzdem: je vielschichtiger die Strukturen sind und je mehr Arten eine Lebensgemeinschaft bilden, desto geringer ist das Risiko eines Zusammenbruchs der gesamten Lebensgemeinschaft im Falle einer schleichenden oder schlagartigen Veränderung der Standortbedingungen. Weitergehend gilt ein ausreichender Vorrat an Totholz als kühl-feuchter Bodenlebensraum als wichtige Maßnahme für die Waldbestände.

⁶⁰ Aufgrund ihrer baumphysiologischen Eigenschaften werden der Fichte die schlechtesten Aussichten hinsichtlich ihrer Anbaumöglichkeit in Baden-Württemberg unterstellt, weshalb bereits vermehrt Tanne diskutiert und Douglasie angebaut wird. Aus Naturschutzsicht könnte aber eine wesentliche negative Auswirkung der Douglasie in der Gefahr bestehen, dass sie sich selbstständig und unkontrolliert ausbreitet und damit einhergehend die heimischen Arten verdrängt, besonders auf bodensauren-trockenen Standorten. Ein nachteiliger Einfluss auf die Biodiversität könnten vermehrt Parasiten oder Herbivoren auf eingebürgerten nicht heimischen Arten in Mitteleuropa auftreten zum Beispiel die Mistelart *Arceuthobium vaginatum*.



In Bad Rappenau ist der Totholzvorrat seit 2012 deutlich gestiegen. Gemäß der Zielsetzung der Forsteinrichtungserneuerung 2022 ist der Waldnaturschutz von hoher Relevanz, wobei das Alt- und Totholzkonzept eine wichtige Komponente einnimmt. Weitergehend sollen Anteile der Eiche an der Baumartenmischung von 31 % auf 35 % erhöht werden, während für Nadelhölzer 10 bis 15 % anvisiert wird⁶¹. Zur Förderung von Mischungsanteilen klimaresilienter Baumarten wird auch gezielt die Pflege von Jungbeständen angegangen. In der Kurstadt kommt der Erholungsfunktion im Wald eine übergeordnete Rolle zu. Außerdem sind etwa 12 ha kartierte Waldbiotopfläche mit seltenen, naturnahen Waldgesellschaften, schützenswerten Pflanzenarten und/oder strukturreichen Waldbeständen. Die Erhaltung und Pflege vorhandener Waldbiotope, die Fortführung des Alt- und Totholzkonzeptes sowie die nachhaltige Sicherung der Waldfunktionen bilden die Säulen für die ökologische Planung der Forstwirtschaft in Bad Rappenau.

Agroforst

Landnutzungssysteme bei denen Bäume oder Sträucher mit Ackerkulturen und/oder Tierhaltung auf einer Fläche kombiniert werden, sodass durch die verschiedenen Komponenten ökologische und ökonomische Vorteilswirkungen entstehen, werden mit dem Begriff Agroforstwirtschaft bezeichnet.

- Bäume mit Ackerkulturen (silvoarable Systeme)
- Bäume mit Tierhaltung (silvopastorale Systeme)
- Bäume mit Ackerkulturen und Tierhaltung (agrosilvopastorale Systeme)

Typisch bei allen Formen der Agroforstwirtschaft sind die bewusst genutzten Wechselwirkungen zwischen Gehölzen und Ackerkulturen, wenngleich es vielfältige Anwendungsformen gibt, da Alter, Anordnung und Verteilung der Gehölze variieren können.

Agroforst ist nicht neu, doch unter den neuen Bedingungen des Klimawandels sind diese Landnutzungssysteme mindestens für Klimaschutz, Klimafolgenanpassung, Gesundheit, Wasserhaushalt, Landwirtschaft, Bodenschutz, Naturschutz und Biodiversität von Bedeutung.

⁶¹ Gegenwärtig sind etwa 12 % Nadelbäume vorhanden. 4 % der gesamten Baumartenmischung sind Fichten und ca. 4 % Lärchen. Douglasie ist mit etwa 2 % vertreten, wobei eine Erhöhung auf 5 % angestrebt wird.



6.7.5 Gesundheit

Der Klimawandel hat auf die menschliche Gesundheit sowohl direkte als auch indirekte Auswirkungen. Sehr direkt wirken veränderte Witterungsverhältnisse, thermische Belastungen durch Hitzewellen, erhöhte UV-Strahlung oder extreme Wetterereignisse mit damit einhergehenden Unfallgefahren. Allgemein steigende Temperaturen haben bei unterschiedlicher Topographie und Siedlungsstruktur verschiedene Ausgangslagen und folglich unterschiedliche Wirkungen. Hitzephasen bilden nicht nur in städtischen Siedlungsbereichen eine Gesundheitsgefahr, dennoch ist sie dort am größten, wenn zusätzliche Temperaturerhöhung und geringe nächtliche Abkühlung auftreten. Indirekte Klimawandelfolgen sind durch die verlängerte Vegetationsperiode gegeben und durch Veränderungen in Flora und Fauna. Die verstärkte Allergenexposition⁶², Beeinträchtigungen der hygienischen Badegewässerqualität und neue Infektionsrisiken durch die Ausbreitung tierischer Überträger von Krankheitserregern sind indirekte gesundheitliche Auswirkungen auf die Menschen in Baden-Württemberg.

Die direkten Auswirkungen des Klimawandels – Temperaturanstieg und häufigere Hitzephasen – sind in Hinblick auf die menschliche Gesundheit von größter Bedeutung. Der gesunde menschliche Organismus besitzt wirksame Mechanismen zur Temperaturregelung, mit guter Anpassungsfähigkeit⁶³ gegenüber erhöhten Temperaturen von 25 - 30 °C (Hitzeakklimatisation). Körperliche und geistige Leistungsfähigkeit sind jedoch abhängig von den Klimabedingungen der Umgebung (Feuchte, Windgeschwindigkeit, Temperatur, Strahlung) und nehmen bei steigenden Temperaturen ab, was umgekehrt im Übrigen auch für zu geringe Temperaturen gilt. Das Empfinden zur Wärmebelastung ist ein hochkomplexer Vorgang, wobei der Deutsche Wetterdienst zwischen zwei Stufen unterscheidet:

- Starke Wärmebelastung (Über mehrere Tage andauernde Wetterlage mit intensiver Sonneneinstrahlung, hohen Lufttemperaturen (um 29 °C im Schatten), geringer Windbewegung und erhöhter relativer Luftfeuchte. Die Gefühlte Temperatur⁶⁴ liegt über 32 °C.)
- Extreme Wärmebelastung (Über mehrere Tage andauernde stabile Wetterlage mit intensiver Sonneneinstrahlung, extrem hohen Lufttemperaturen (um 35 °C im Schatten), geringer Windbewegung, erhöhter relativer Luftfeuchte sowie geringer nächtlicher Abkühlung. Die Gefühlte Temperatur liegt über 38 °C.)

⁶² Aus tierischer oder pflanzlicher Herkunft.

⁶³ Für gesunde Erwachsene gibt es in Deutschland bei ausreichender Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme und bei normaler Lebensführung auch bei längeren Hitzewellen in der Regel keine gesundheitlichen Gefahren. Gefährdet sind alleinstehende ältere Menschen, pflegebedürftige Menschen sowie Menschen mit Gedächtnisstörungen, Säuglinge, Kinder, Menschen unter bestimmter medikamentöser Behandlung (z.B. Beruhigungsmittel, blutdrucksenkende oder entwässernde Medikamente), chronisch Kranke (mit neurologischen Krankheiten, Herz-Kreislauf-Krankheiten, Stoffwechselkrankheiten oder Infektionskrankheiten), Menschen mit Fieber, Alkoholkonsumenten, Menschen die im Freien arbeiten sowie Menschen die im Freien Sport machen.

⁶⁴ Unter sonnigen, warmen und windschwachen sommerlichen Bedingungen ist die „Gefühlte Temperatur“ höher als die Lufttemperatur. Laut dem DWD entspricht das Temperaturempfinden des Menschen der vorherrschenden Lufttemperatur nur mit angemessener Kleidung, bei mittlerer Luftfeuchtigkeit und Windstille, verbunden mit langsamer körperlicher Bewegung im Schatten. Abweichungen ergeben sich nicht nur im Sommer bei hohem Wasserdampfgehalt der Luft, sondern auch im Winter, wenn die Gefühlte Temperatur durch Wind unterhalb der Lufttemperatur liegt.



Das Fachgutachten für das Handlungsfeld Gesundheit für die Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels führt Klimafaktoren, Vulnerabilität, Dringlichkeit, Maßnahmen sowie den wissenschaftlichen Hintergrund zu sechs Themen auf:

1. Temperaturanstieg, Hitzewellen
2. Infektionserreger, Vektoren⁶⁵
3. Allergene, Toxine
4. Luftschadstoffe
5. UV-Strahlung
6. Innenraumklima

Entsprechend des Monitoringberichts aus dem Jahre 2020 werden für die Klimafolgenanpassung hinsichtlich menschlicher Gesundheit die Schwerpunkte auf Hitze, Infektionserreger und Allergene begrenzt.

Hitzewellen

Durch die Klimaentwicklung kam es bereits vermehrt zu gesundheitlich belastenden Hitzeereignissen wie Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) oder Tropennächte ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$) und infolge des Temperaturanstiegs wird mit einem weiteren Anstieg solcher Ereignisse in Baden-Württemberg und dem Landkreis Heilbronn gerechnet (vgl. Tabelle 17 und Tabelle 2). Besondere gesundheitliche Betroffenheit besteht bei Kleinkindern und chronisch Kranken sowie bei älteren Menschen, wobei noch der Aspekt des demografischen Wandels hinzukommt. Häufigere und intensivere Hitzewellen werden in Zukunft auf eine ältere Gesellschaft treffen und könnten entsprechend gravierendere Auswirkungen haben.

Beeinträchtigungen aufgrund von Hitzeereignissen entstehen häufig infolge hoher Flüssigkeits- und Elektrolytverluste sowie einer übermäßigen Belastung des Herz-Kreislauf-Systems. Reaktionen der Thermoregulation und Hitzeakklimatisation wirken bei alten Menschen nur eingeschränkt⁶⁶. An heißen Tagen oder an Tagen mit extremer Hitze kann die thermophysiologische Wärmebelastung die menschliche Gesundheit gefährden, mit Folgen wie Flüssigkeitsverlust, Hitzekrämpfen, Sonnenstich, Hitzschlag und Verschlimmerung verschiedener Krankheiten. Infolge der Hitzewelle des Sommers 2003 kam es europaweit und in Deutschland zu einem erheblichen Anstieg hitzebedingter Todesfälle, woraufhin der DWD ein deutschlandweites Hitzewarnsystem einrichtete. Die Anzahl hitzebedingter Todesfälle ist nicht nur Folge hoher Lufttemperaturen, sondern auch abhängig von Luftfeuchtigkeit und Windverhältnissen. Wenn windschwache Hochdrucklagen mit Hitzewellen einhergehen, kann es zu einem deutlichen Anstieg der Konzentration von Schadstoffen wie Ozon, Kohlenmonoxid oder Feinstaub kommen und somit zu einer Zunahme an Atemwegsinfektionen und einhergehender erhöhter Sterblichkeit.

⁶⁵ Tierische Überträger bzw. Organismen die Krankheitserreger übertragen werden als Vektoren bezeichnet.

⁶⁶ Die Zahl der Schweißdrüsen verringert sich, ebenso die Dichte der Arterien und Venen in der Haut. Dadurch wird die Schweißbildung vermindert. Körperliche Anstrengungen und somit zusätzliche Belastungen des Herz-Kreislauf-Systems führen bei hoher Umgebungstemperatur schnell an die Grenzen der Belastbarkeit. Ähnliches gilt für chronisch Kranke, besonders mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen.



Der zukünftig erwartete Temperaturanstieg bedeutet aber nicht, dass es zwangsläufig zu mehr hitzebedingten Sterbefällen kommen muss⁶⁷. Trotzdem gilt es zu beachten, dass Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu den häufigsten Krankheiten in der Bevölkerung gehören und mit zunehmendem Alter häufiger werden. Eine besondere Zunahme mit dem Alter zeigt sich bei Bluthochdruck, Herzleistungsinsuffizienz oder bei Mangel durchblutung der Herzkranzgefäße mit Angina pectoris.

Infektionserreger

Ökologie und Biologie von Vektoren stehen in enger und äußerst komplexer Beziehung mit den klimatischen Gegebenheiten und Klimaveränderungen. Dies wirkt sich folglich auf die von ihnen übertragenen Krankheitserreger aus⁶⁸.

Mit Blick auf die Vektoren kann von folgenden Klimawandelfolgen ausgegangen werden⁶⁹:

- Zunehmende und schnellere Vermehrung durch kürzere Generationsdauern
- Verlängerung jährlicher Aktivitätsperioden
- Höhere Überlebensraten durch mildere Winter
- Zunehmende Verbreitung durch heimische Vektoren
- Etablierung und Verbreitung eingeschleppter neuer Vektorarten und Krankheitserreger
- Bessere Brutbedingungen durch ein erhöhtes Wasserangebot (durch Hochwasser- und Starkregenereignisse)

Seit zwei Jahrzehnten ist in Baden-Württemberg eine zunehmende Ausbreitung von Zecken wie Gemeiner Holzbock, Schafzecke und der trockenheitsverträglichen Auwaldzecke zu verzeichnen. Mit dem vermehrten Vorkommen steigt das Risiko für die Übertragung von Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und Borreliose. Im Bundesland wurden inzwischen in allen Landkreisen durch Zecken übertragene FSME-Fälle gemeldet.

Die Einschleppung von exotischen Stechmücken kann hauptsächlich auf die Globalisierung und dem wachsenden Personen- und Warenverkehr zurückgeführt werden. Die Klimaerhitzung begünstigt das Überleben einzelner eingeschleppter Tiere und deren rasche Reproduktion, was in der dauerhaften Etablierung und Ausbreitung der Vektoren resultieren kann. Die Asiatische Tigermücke kann Dengue-Fieber und Chikungunya-Fieber übertragen. Kleine Populationen wurden im Jahr 2014 in Straßburg und Freiburg entdeckt, ein Jahr später dann größere brütende Populationen in Freiburg und Heidelberg. Im Jahr 2016 konnte in Baden-Württemberg eine erfolgreiche Überwinterung der Asiatischen Tigermücke nachgewiesen werden. Mit der Temperaturerhöhung im voranschreitenden Klimawandel beschleunigt sich nicht nur die Entwicklung von Stechmücken in Brutgewässern, sondern auch die Häufigkeit der Blutmahlzeiten sowie die Dauer von Blutmahlzeit bis zur Entwicklung der Eier.

⁶⁷ Einerseits kann davon ausgegangen werden, dass sich die Bevölkerung besser auf Hitzewellen einstellen wird (Verhaltensänderungen, Hitzeadaptation, technische Maßnahmen wie Gebäudedämmungen und Klimaanlage), andererseits können längerfristige Strategien verfolgt werden und zur Anpassung beitragen (klimagerechte Stadtplanung mit Erhebung von Parkanlagen, Freiflächen und Frischluftflächen).

⁶⁸ In Baden-Württemberg sind die meisten von Zecken und Nagetieren übertragenen Krankheitserreger hier heimische Pathogene, während Mücken überwiegend importierte Infektionserreger übertragen, deren Hauptquellen Tourismus und globalisierter Handel sind.

⁶⁹ Hierzu muss noch berücksichtigt werden, dass neben den klimatischen Einflüssen auch zahlreiche weitere Faktoren einwirken, wie die veränderte Landnutzung oder ein verändertes Freizeitverhalten der Bevölkerung, was ebenfalls zur Verbreitung und Etablierung der Vektoren beitragen kann und für das menschliche Infektionsrisiko von Bedeutung ist.



Hochallergene Ambrosia

In Deutschland seit 1860 wildwachsend nachgewiesen, ursprünglich aus Nordamerika eingeschleppt, stellt das Beifußblättrige Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*), auch Beifuß-Ambrosie oder Hohe Ambrosie genannt, einen hochallergenen Neophyt mit Wärmepräferenz dar. Da die Pflanze zu den Spätblühern zählt, mit einer Blütezeit von Juli bis Ende Oktober, verlängert sich zudem die Pollenflugzeit. Bevorzugte Wuchsorte in Baden-Württemberg sind Gärten, Ruderalflächen, Schnittblumenfelder und Äcker sowie Stilllegungsflächen, Baustellen, Straßen- und Wegränder, Erddeponien und Kompostplätze. Die einjährige Pflanze profitiert direkt vom Klimawandel, da sie in ihrer Verbreitung auf warme Jahre mit langer Vegetationsperiode angewiesen ist. Andere Arten wie das ebenfalls hoch allergene Glaskraut könnten untere wärmer werdenden Klimabedingungen folgen. Die Beifuß-Ambrosie zählt bereits zu den bedeutendsten Allergieauslösern im norditalienischen Pflanzenreich, wo sich die Art seit den 1990er-Jahren ohne merkliche Bekämpfungsmaßnahmen ausbreiten konnte – eine derartige Entwicklung in Süddeutschland würde umfangreiche Schäden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen als schwer zu bekämpfendes Ackerunkraut verursachen, das Gesundheitswesen in sehr hohem Maße finanziell belasten und etliche Gesundheitsprobleme auslösen.



6.7.6 Naturschutz und Biodiversität

Aus den Zielen und Handlungsaufträgen der Naturschutzgesetze⁷⁰ ergeben sich die zentralen Ziele aller Naturschutzaktivitäten:

- ❖ Schutz von Arten und Lebensräumen
- ❖ Pflege und Entwicklung des Landschaftsbilds
- ❖ Aufrechterhaltung von Ökosystemfunktionen

Somit wird mit dem Handlungsfeld die belebte und unbelebte Natur umfasst, mit dem Schwerpunkt auf der Bewahrung der heimischen Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume sowie der Sicherung von Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft. Mit der „biologischen Vielfalt“ oder dem Begriff „Biodiversität“ werden die Vielfalt an Tier- und Pflanzenarten, die genetische Vielfalt innerhalb der Arten und die Vielfalt der Ökosysteme (Lebensgemeinschaften, Lebensräume, Landschaften) zusammengefasst.

Global gesehen stellt der Klimawandel, neben der Intensivierung der Landnutzung und der Übernutzung von Arten eine weitere Gefährdungsursache für die biologische Vielfalt dar. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität sind bereits vielseitig⁷¹: Arealverschiebungen, Veränderung von Stoffumsatzprozessen (in den oberen Bodenschichten), Verteilung der Niederschläge und Wasserhaushalt, Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten, Veränderung von ganzen Ökosystemen, Desynchronisation ökosystemarer Beziehungen (Räuber-Beute-Beziehungen, Blütenbestäubung, Brutparasitismus).

Das Fachgutachten für das Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität zur Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels begründet für Baden-Württemberg die Verantwortung, seine hohe biologische Vielfalt zu erhalten, zumal das Bundesland mit dem Oberrheingraben und dem Donautal wichtige Einwanderungswege für submediterran verbreitete Arten darstellt und folglich auch eine bundesweite Verantwortung für die Anpassungen an den Klimawandel trage sowie für die Verlagerung von Verbreitungsgebieten von Arten. Auch langfristig gibt es zahlreiche Komponenten der biologischen Vielfalt auf welche der Klimawandel wirken kann⁷².

⁷⁰ Gemeint sind das Bundesnaturschutzgesetz, das baden-württembergische Naturschutzgesetz sowie internationale Verpflichtungen, im Speziellen der europäischen Union, wie die FHH-Richtlinie, die Vogelschutzrichtlinie und internationale Konventionen, wie die Bonner Konvention, das Washingtoner Artenschutzübereinkommen und die Konvention zur biologischen Vielfalt.

⁷¹ Entsprechend des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) in Bezug auf das öffentliche Fachgespräch im Umweltausschuss des Deutschen Bundestags zum Thema „Biodiversität und Klima“ am 12. Februar 2020.

⁷² Gene (natürliche Selektion, Vielfalt von Allelen, Mutation), Physiologie (Vermehrungsrate, Aktivität und Aktivitätsrhythmus, temperaturabhängige Geschlechterverhältnisse, Überlebensrate, Anfälligkeit für Krankheiten, Parasiten, Infektion etc.), Phänologie (Ankunfts- und Abflugzeiten, Länge der Wachstumsperiode, Wanderung und Ausbreitungsfähigkeit, Überwinterung, Diapause), Populationsdynamik (Reproduktion, Altersstruktur, Geschlechterverhältnis, Häufigkeit und Dichte), Verbreitung (Qualität und Quantität des Habitats, ökologische Nische, Größe und Lage des Verbreitungsgebiets), Beziehungen zu anderen Arten (De-Synchronisation und dadurch Entkopplung von Beziehungen, Ungleichgewichte, neue Interaktionen), Produktivität von Gemeinschaften (Biomasse, Stoffströme und Energiefluss, Häufigkeit von Störungen und Unterbrechungen, Bodenerosion), Ökosystem-Dienstleistungen (Zusammensetzung von Artengemeinschaften, Funktion und Produktion, Nutzbarkeit für Menschen, Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts, Regenerationsfähigkeit, nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter).



Wirksame Klimafaktoren

Niederschlag im Jahresgang, speziell in der Vegetationsperiode, Temperatur sowie die klimatische Wasserbilanz und die Dauer von Trockenperioden sind wichtige Parameter für den Naturschutz. Weitergehend sind auch Extremereignisse entscheidende Faktoren. Abgesehen vom Klima wird die Verbreitung von Arten sowie die Dynamik der Verbreitungsänderungen von vielen weiteren Faktoren (unter anderem Ausbreitungsfähigkeiten und evolutionäre Veränderungen) beeinflusst. In räumlicher Skala wird zwar das Klima als dominanter Faktor auf kontinentaler Ebene angenommen, während aber auf lokaler Skala Faktoren wie Landnutzung und Topographie wichtiger werden und in kleinräumiger Ebene das Mikroklima und die Einflüsse der belebten Umwelt entscheidend sind.

Beobachtungen zur Phänologie⁷³ in Deutschland und Baden-Württemberg sind gut dokumentiert und zeigen Veränderungen in verschiedenen Bereichen auf. Eintrittszeiten charakteristischer Vegetationsstadien, die vegetative Entwicklung (z.B. Blattentfaltung und Laubverfärbung), reproduktive Phasen (z.B. Blüte und Fruchtreife) sowie charakteristische Verhaltensweisen von Tieren (z.B. Vogelzug mit Erstankunftszeiten von Zugvögeln wie der Rauchschnalbe) sind hierbei Untersuchungsgegenstände. Durch die bereits eingetretene Temperaturerhöhung kann eine deutliche Verlängerung (ein bis zwei Wochen) der Vegetationsperiode ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts festgestellt werden, insbesondere bei Laubbaumarten wie Eiche, Buche und Birke und überwiegend durch eine Verfrühung des Vegetationsbeginns⁷⁴. Die Vorverlagerung der Frühlingsphasen mit Vorfrühling (Blüte Hufplattich), Erstfrühling (Blüte Buschwindröschen) und Vollfrühling (Blattentfaltung Stieleiche) sowie Frühsommer (Blüte Schwarzer Holunder) und Frühherbst (Fruchtreife Schwarzer Holunder) ist ebenfalls signifikant. Die frühe Entwicklung der Pflanzen macht sie aber auch anfälliger gegen Spätfrost. Für die Biodiversität sind phänologische Veränderungen von großer Bedeutung, da sie das zeitliche Zusammenspiel zwischen Organismen entkoppeln und etablierte Beziehungs- und Interaktionsgefüge verändern können, z.B. zwischen Pflanzen und deren Bestäubern oder in Räuber-Beute-Beziehungen. Die Desynchronisation in Nahrungsketten, wenn ein Interaktionspartner über die Temperatur und der andere über Lichtverhältnisse und Tageslänge gesteuert wird, kann für viele Arten folgenschwer sein. Dies hat sowohl Auswirkungen auf die Struktur als auch die Funktionen von Ökosystemen und kann Tier- und Pflanzenarten gefährden.

Auch ohne den zusätzlichen Gefährdungsfaktor Klimawandel sind bereits viele Arten und Biotoptypen in Baden-Württemberg gemäß den Roten Listen gefährdet. Gegenüber dem Klimawandel liegt für einige Artengruppen generell eine hohe Sensitivität vor, speziell bei Artengruppen mit Bezug zu Gewässern wie Amphibien, Fische und Libellen aber auch Artengruppen mit hohen Artenzahlen in sensiblen Lebensraumtypen wie z.B. Schmetterlinge.

Vulnerabilität

Auf die herausragende Rolle der Moore für Klimaschutz und Klimafolgenanpassung wird an dieser Stelle nur verwiesen, jedoch nicht näher eingegangen, da in den Naturräumen von Bad Rappenau keine Moorflächen vorhanden sind. Abgesehen von Mooren und Moorwäldern sind Lebensräume

⁷³ „Phänologie“ ist die Lehre vom Einfluss des Wetters, der Witterung und des Klimas auf die im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen und Tieren. In Deutschland werden phänologische Daten seit 1951 vom DWD systematisch erfasst und archiviert.

⁷⁴ Insbesondere für die Entwicklung des morphologischen und physiologischen Zustands von Pflanzen in den gemäßigten Breiten gilt, in Abhängigkeit der Jahreszeiten, der Temperaturverlauf als wesentliches Maß.



wie nasses bis feuchtes Grünland, Röhrichte und Riede, Sümpfe und Wälder (besonders Bruch-, Sumpf- und Auwälder), Standgewässer, Fließgewässer und Quellen gegenüber den erwarteten Klimawandelauswirkungen als sehr empfindlich einzuschätzen. Auch ohne die zusätzliche Gefährdung durch die Klimaveränderungen besteht für viele dieser Biotoptypen das Risiko, dass ihr Fortbestand in Baden-Württemberg nicht langfristig gesichert ist. In Hinsicht auf den Klimaschutz ist hierbei auf Synergie-Effekte zum Schutz der Ressource Wasser hinzuweisen, da ein Teil dieser Lebensräume ein hohes Kohlenstoff-Bindungsvermögen und somit eine hohe CO₂-Senkenleistung besitzt. Wasserabhängige Lebensräume und Arten sind durch Verschlechterung ihrer Standortbedingungen besonders vom Klimawandel betroffen, z.B. durch verstärkte Austrocknung, erhöhte Temperaturen und verringerte klimatische Wasserbilanz sowie unter Umständen durch verstärkte Konflikte mit der Landnutzung, aufgrund von verstärkten Wasserentnahmen bei gleichzeitig sinkender Grundwasserneubildung. Ein wichtiges Anpassungsziel ergibt sich für klimasensitive, wasserabhängige Lebensräume mit der hohen Bedeutung für Naturschutz und Stärkung als CO₂-Senke sowie dem Ausbau ihrer Naturschutz- und Klimaschutz-Funktion. Generell gilt, dass die Vielfalt der Arten nur über die Erhaltung der Vielfalt ihrer Lebensräume bewerkstelligt werden kann. Für wasserabhängige Lebensräume gilt es Wasser in der Landschaft zurückzuhalten, durch Förderung und Schutz von Feucht- und Nasswiesen, Feucht-, Sumpf-, Auen- und Bruchwäldern. Gewässer sollten und können widerstandsfähig gegenüber zunehmenden Risiken gemacht werden, durch Wiederherstellung und Erhaltung von naturnahen Auen und ihrer natürlichen Prozesse, durch Stabilisierung des Temperaturhaushalts von Fließgewässern und dem Schutz vor erosionsbedingten Einträgen sowie durch die Vermeidung erhöhter Stoffeinträge in wasserabhängige Ökosysteme und der Wiederherstellung der Durchgängigkeit sowie einer naturnahen Strukturvielfalt von Gewässern.

Querbeziehungen

Querbeziehungen des Handlungsfelds Naturschutz sind zahlreich und komplex. Im besonderen Maße kann von Synergien beim Alt- und Totholzkonzept der Forstwirtschaft ausgegangen werden sowie im naturnahen Waldbau, der Naturverjüngung und der Verringerung von Verbisschäden, aber auch beim Schutz von FFH-Arten und FFH-Lebensraumtypen.

Im Gesundheitswesen bestehen Synergien beim Monitoring invasiver Arten, besonders wenn diese gesundheitsgefährdend oder hochallergen sind. Hinsichtlich dem Handlungsfeld Wasserhaushalt kann ein besonderes Augenmerk auf die oberirdischen Gewässer gerichtet werden, für die die Wasserrahmenrichtlinie einen guten ökologischen und chemischen Zustand fordert. Denkbare Saisonerweiterungen oder -verlagerungen deuten die Querverbindungen zum Tourismus an, wobei auch Synergien durch die angestrebten Reduktionen von Energieverbrauch und THG-Emissionen entstehen.

Synergien zum Handlungsfeld Landwirtschaft reichen von der konservierenden Bodenbearbeitung zur Vermeidung von Boden- und Nährstoffabschwemmung, über die Einführung wassersparender Bewässerungsverfahren und Monitoring von Schaderregern, bis hin zu erweiterten Fruchtfolgen im Ackerbau und Verwendung verschiedener Sorten pro Kulturart sowie gezielte Grünlanderhaltung und Grünlandverbesserung.



Biotope und die Arten stellen für die menschliche Gesellschaft Ökosystemdienstleistungen⁷⁵ bereit, z.B. Bodenbildung, Sauerstoffproduktion, Wasserrückhaltung und Wasserreinigung, Nahrungsproduktion, Baumaterial sowie Fasern und Rohstoffe für Arzneien. Die Erhaltung der biologischen Vielfalt ist notwendig für die Sicherung dieser Ökosystemdienstleistungen. Vor dem Hintergrund einer starken Zerschneidung und Fragmentierung von Lebensräumen und Landschaft und dem tatsächlichen Flächenverbrauch für Siedlungsentwicklung und Infrastruktur sollten alle Möglichkeiten zur Reduktion des Flächenverbrauchs ausgeschöpft werden. Durch den Klimawandel erhöht sich der Bedarf nach funktionierendem Biotopverbund, also Fläche für Naturschutzzwecke, während der Druck und die Flächenkonkurrenz in mehreren Bereichen zunehmen.

Schutzgebiete

Die Absicht, die Widerstandsfähigkeit von Bad Rappenauer Schutzgebieten zu erhöhen, gilt als naturbasierter Ansatz zur Anpassung an den Klimawandel und hat mit anderen naturbasierten Ansätzen (Wiederherstellung von Flussauen, Erhöhung der Anpassungsfähigkeit von Wäldern, Neuausrichtung der Landnutzung (Förderung von Humusaufbau, Erhöhung der Struktur- und Kulturvielfalt etc.) sowie Anpassung an den Klimawandel im Siedlungsraum) gemeinsam, dass technische Maßnahmen ergänzt und teilweise sogar ersetzt werden können. Außerdem zeichnen sich die naturbasierten Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel dadurch aus, dass weitere gesellschaftliche Nutzen erbracht werden (vgl. BfN⁷⁶).

⁷⁵ Gemäß Millennium Ecosystem Assessment (MEA) gibt es vier Kategorien: Bereitstellende Dienstleistungen (Nahrung, Wasser, Baumaterial, Fasern, Rohstoffe für Arzneien), Regulierende Dienstleistungen (Regulierung von Klimabedingungen, Überflutungen, Krankheiten und Schadorganismen, Wasserqualität, Abfallbeseitigung, Bestäubung), Kulturelle Dienstleistungen (Erholung, Naturtourismus, ästhetisches Vergnügen, spirituelle Erfüllung), Unterstützende Dienstleistungen (Bodenbildung, Nährstoffkreislauf, Erhaltung der genetischen Vielfalt).

⁷⁶ Entsprechend des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) in Bezug auf das öffentliche Fachgespräch im Unterausschuss des Deutschen Bundestags zum Thema „Biodiversität und Klima“ am 12. Februar 2020.



6.7.7 Tourismus

Der Tourismus erfüllt besonders in den überwiegend ländlich geprägten Heilbädern und Kurorten wie Bad Rappenau eine wichtige regional- und strukturpolitische Aufgabe. Im ländlichen Raum sind Gesundheitstourismus und aktivitätsorientierte Tourismusformen (z.B. Wandern, Radfahren oder Wintersport) von besonderer Bedeutung.

Das Handlungsfeld Tourismus unterscheidet sich ganz wesentlich von anderen Handlungsfeldern zur Klimafolgenanpassung. Das Klima stellt nur einen von zahlreichen Faktoren dar, die das Reiseverhalten beeinflussen, zumal kurzfristige Reiseentscheidungen, insbesondere im Tagestourismus, viel stärker durch die aktuelle Witterung beeinflusst werden, wobei sich die Reisenden bei der Wahl des Reiseziels sehr flexibel an das jeweilige Wetter anpassen.

Grundsätzlich könnte der Städte- und Kulturtourismus im Hinblick auf die Klimaveränderungen profitieren, da mit einer Steigerung der Attraktivität durch eine Verlängerung der Saison zu rechnen ist. Im Gesundheitstourismus spielen die vorhandenen Prädikate aktuell eine entscheidende Rolle. Abgesehen von den genannten Tourismusformen gilt auch in Hinblick auf Campingtourismus, Naturtourismus, Badetourismus, Shoppingtourismus, Geschäftstourismus, Wintertourismus, Wandertourismus oder Radtourismus, dass sich ein Handlungsdruck auch außerhalb der Notwendigkeit zur Abwehr von Gefahren daraus ergibt, wenn Chancen, welche mit dem Klimawandel verbunden sind, ungenutzt bleiben.

Der Monitoringbericht zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg verdeutlicht, dass die klimatischen Voraussetzungen für Outdoor-Aktivitäten signifikant günstiger geworden sind. Eine mögliche und konfliktträchtige Verlagerung touristischer Aktivitäten in bisher ungestörte Waldgebiete ist jedoch mit negativen Beeinträchtigungen auch für Wildtiere zu sehen.

Viele touristische Ziele und Betriebe sind schon seit längerem im Klimaschutz aktiv und bemühen sich Treibhausgasemissionen zu vermeiden, durch die Nutzung erneuerbarer Energien für Strom und Wärme oder durch die Möglichkeit, mit Rad, Bahn oder Bus am Urlaubsort klimaschonend mobil zu sein. Seit 2014 wird in Baden-Württemberg die Zertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel“ vergeben.

Neben dem „Touristenklima“⁷⁷ und der „Saisonalität der touristischen Nachfrage“ sind für das Handlungsfeld Tourismus die Indikatoren „Schneedecke für den Wintersport“ und „Übernachtungen in Wintersportorten“ landesweit von Bedeutung, werden jedoch für Bad Rappenau nicht weiter ausgeführt, da wechselhafte Schneelagen und Wintersport in Baden-Württemberg vor allem im Schwarzwald von Bedeutung für den Tourismus sind.

⁷⁷ Tage mit einer Tageshöchsttemperatur zwischen 15 °C und 30 °C, ohne relevanten Niederschlag (unter 0,5 mm pro Tag) und einem Dampfdruck kleiner gleich 18 hPa (keine Schwüle). Wobei bei der Interpretation dieses Indikators darauf geachtet werden sollte, dass unterschiedliche Urlaubsaktivitäten sehr verschiedene Ansprüche an das Wetter stellen können (heiße Temperaturen bei Badetouristen im Gegensatz zu nicht ganz so warmen Temperaturen für Kurgäste oder Wind für Drachenflieger und Windstille für Golfer).



6.7.8 Stadt- und Raumplanung

Häufigere und heftigere Dürreereignisse und Starkregenniederschläge – Inzwischen kommt es deutschlandweit zu einer immer stärkeren Einbeziehung von Pflanzen im Regenwassermanagement, da über die Bepflanzung eine höhere Verdunstungsrate erzielt werden kann. Ebenfalls wird die bisweilen in der Wasserwirtschaft bekannte Speicherung von Regenwasser, über längere Zeiträume als wenige Stunden oder Tage, zunehmend relevant für die Siedlungswasserwirtschaft, wo bisher Langzeitspeicher nicht üblich sind. Klassische Elemente einer wassersensiblen Stadtentwicklung sind seit langem bekannt und haben sich in „Schwammstädten“ bewährt:

- ❖ Begrünte Dächer⁷⁸
- ❖ Fassadenbegrünung⁷⁹
- ❖ Zisternen⁸⁰
- ❖ Teiche und technische Feuchtgebiete⁸¹
- ❖ Versickerungsanlagen⁸².

Das im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg erstellte Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung zur Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels bündelt 57 Maßnahmen in folgende Bereiche:

- Klimaangepasste großräumige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung
- Sicherung von Flächen primär zur thermischen Entlastung und zum Wasserrückhalt
- Gewährleistung ausreichender Durchlüftung und Verringerung baulicher Dichte / Minimierung der Inanspruchnahme von Flächen
- Schutzgewährung von Klimaeinwirkungen und -folgenwirkungen / Hochwasserschutz
- Begrünung von Flächen oder baulichen Anlagen / Siedlungsgrün
- Klimaangepasste Gestaltung, Ausstattung und Beschaffenheit baulicher Anlagen / Infrastruktur
- Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum
- Minimierung der Bodenversiegelung primär zum verbesserten Wasserrückhalt
- Regenwasserversickerung im Gebäudeumfeld und sonstige Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung

Mit dieser Übersicht wird der Grad der Vernetztheit des Handlungsschwerpunkts Stadt- und Raumplanung zu anderen Handlungsschwerpunkten bei der Klimafolgenanpassung ersichtlich, speziell wenn diese Flächen beanspruchen oder direkten Einfluss auf die Raumnutzung ausüben. Durch Ausweisung von Standorten für Wirtschaft / GHD, Verkehrsplanung und Ausbau von Verkehrsinfrastruktur sowie Naturschutz(-gebiete) und Wasserhaushalt mit der Sicherung von

⁷⁸ Verminderung der Abflüsse und Erhöhung der Verdunstung gegenüber gewöhnlichen Dachbedeckungen. Der Beitrag zur Biodiversität ist wichtig, speziell in Anbetracht des Artensterbens.

⁷⁹ Verminderung der Wärmeeinstrahlung in Gebäude durch Verschattung sowie erhöhte Verdunstung.

⁸⁰ Ermöglicht die Speicherung von Regenwasser z.B. für die Bewässerung. Staulamellen in Retentionszisternen dienen als Schutz gegen Starkregen.

⁸¹ Konstruierte technische Feuchtgebiete speichern Regenwasser, wobei über Wasserflächen und aus dem Wasser herauswachsende Pflanzen eine hohe Verdunstung erreicht wird.

⁸² Seit langer Zeit Stand der Technik: Rigolen, Mulden. Inzwischen aber auch Tiefbeete und Mulden-Rigolen-Systeme mit Teilversickerung etc. mit Nutzung von Grundwasserleiter und Boden als natürliche Speicher.



Überschwemmungsgebieten entstehen wesentliche Querbeziehungen. Planerische Aspekte haben grundlegenden Einfluss auf die Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich Hitzebildung im Sommer und Durchlüftung, aber auch mit der Dimensionierung, Anordnung und Strukturierung von Freiräumen kann die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung beeinflusst werden.

Wirksame Klimafaktoren sind gemäß Fachgutachten für die Stadt- und Raumplanung vor allem Wärmebelastung und Hitzeentwicklung. Weitergehend sind Niederschlag, Sturm, Hagel und Schneelast von Bedeutung. Auf Landkreisebene sind die mit den wirksamen Klimafaktoren einhergehenden potenziellen Vulnerabilitäten in zwölf besonders wichtige Themenfelder eingeteilt und sind den Schutzgütern „Mensch⁸³“, „Wirtschaft⁸⁴“, „Bauliche Umwelt⁸⁵“, „Siedlungsgrün⁸⁶“ zugeordnet. Dabei werden die potenziellen Vulnerabilitäten aus Kombination von Sensitivität (Verwundbarkeit des Schutzguts / Systems) und Exposition (klimatische Belastung) ermittelt. Für Teile des äußersten Südens des Landkreises Heilbronn ergibt sich für den Klimafaktor „Sommertag“ eine höhere Belastung als für den restlichen Landkreis. Im Gebiet um Heilbronn weisen die Klimafaktoren „heißer Tag“ und „Kühlgradtag“ ebenfalls höhere Belastungen auf, was unter anderem die Kommunen Neckarsulm und Bad Rappenau betrifft.

In naher Zukunft (2021-2050) bestehen, gemäß der Maßnahmenformblätter und Langfassung des Fachgutachtens für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung, hohe Vulnerabilitäten für die Themenfelder „Wirtschaft“, „Bauliche Umwelt“ und „Siedlungsgrün“ sowie eine mittlere Vulnerabilität für das Schutzgut „Mensch“ mit hoher Teilvulnerabilität beim Sterberisiko der über 75-Jährigen. Im voranschreitenden Klimawandel werden Hitzeereignisse wie in den vergangenen Jahren voraussichtlich häufiger auftreten und dann eine immer ältere Gesellschaft treffen. Vor diesem Hintergrund und dem veränderten Wasserhaushalt mit vermehrten und stärkeren Starkregenereignissen wird eine blau-grüne Infrastruktur immer wichtiger. Sie wirkt sich positiv auf das Klima in den Ortskernen und der Innenstadt aus, reduziert die Schadstoffbelastung, bietet Pflanzen und Tieren Überlebensraum, reduziert Überschwemmungsprobleme und stellt für viele Menschen wichtigen Erholungsraum dar.

Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum gehen in der Regel mit dem Bedarf nach neuen Infrastrukturen und vermehrter Flächennachfrage einher. Dabei gilt es sparsam und effizient mit der beschränkten Ressource Fläche umzugehen. Hinzu kommt, dass bei Flächeninanspruchnahmen besonders land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewandelt werden. Versiegelte Flächen können keine Funktionen im Naturhaushalt mehr übernehmen.

⁸³ Themenfelder: Sterberisiko der über 75-Jährigen, Risiko für Gesundheitsschäden bei Personen mit Vorbelastungen.

⁸⁴ Themenfelder: Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit im sekundären Sektor, Risiko leicht eingeschränkter Leistungsfähigkeit im tertiären Sektor, Risiko stark eingeschränkter Leistungsfähigkeit im sekundären Sektor.

⁸⁵ Themenfelder: Risiko für Schäden an Gebäuden, Bedarf zur Gebäudekühlung (tertiärer Sektor), Bedarf zur Gebäudekühlung (sekundärer Sektor), Risiko für Schädigung von Verkehrswegen.

⁸⁶ Themenfeld: Risiko für Schädigung von Flächen zur Erholung.



6.8 Handlungsfeld Klimafreundliche Lebensstile

Konsum und Lebensstil der westlichen Welt sind eine Belastungsprobe für die Umwelt. Deutschland trägt dazu bei – im Inland und Ausland. Immer weniger der Konsumgüter werden lokal produziert und immer mehr werden importiert. Aber auch immer mehr Waren werden von Deutschland aus exportiert. Globale Organisation von Produkten, Herstellung, Transport, Konsum und Entsorgung beanspruchen natürliche Ressourcen weltweit und belasten die Umwelt.

Einerseits sind Hersteller für ihre Produkte verantwortlich, andererseits können sie die Nachfrage beeinflussen, während letztlich die Nachfrage der Verbraucher bestimmt, welche Produkte sich behaupten können. Unternehmen reagieren auf die Nachfrage nach nachhaltigen Produkten, was sich an der steigenden Nachfrage nach Bioprodukten, gemeinschaftlicher Kraftfahrzeugnutzung (Carsharing) sowie der steigenden Nachfrage nach Ökostrom zeigt (UBA, 2021b).

Der persönliche CO₂-Fußabdruck in Deutschland wird durch die Nutzung der öffentlichen Infrastruktur, dem Mobilitätsverhalten sowie der Wärme- und Stromnutzung stark geprägt. Weitere wichtige Stellschrauben, bzw. sogenannte „Big Points“, sind hierbei Ernährung und Konsumverhalten. Dies wird mit Abbildung 79 verdeutlicht. Big Points helfen Verbraucherinnen und Verbrauchern dabei, klimafreundliche Entscheidungen zu treffen und den persönlichen CO₂-Ausstoß zu reduzieren.

Durchschnittlicher CO₂-Fußabdruck pro Kopf in Deutschland

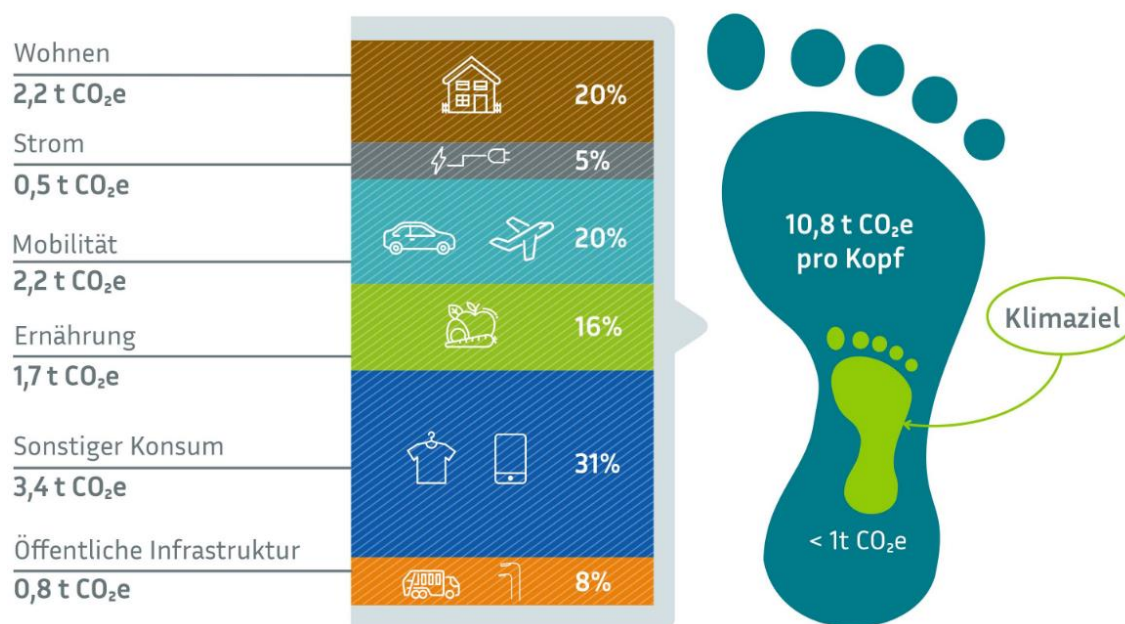


Abbildung 79: Durchschnittlicher CO₂-Fußabdruck pro Kopf in Deutschland⁸⁷

In Kapitel 3 werden die THG-Emissionen nach Territorialprinzip für Bad Rappenau bilanziert, wobei ersichtlich ist, dass große Anteile auf Verkehr (z.B. mit Big Points wie: Zahl der Fernreisen, zurückgelegte Autokilometer, Kraftstoffverbrauch des Autos) und Strom- und Wärmenutzung in privaten Haushalten (z.B. mit Big Points wie: Größe der Wohnfläche, Dämmstandard, energieeffiziente Haushaltsgeräte) entfallen. Besonders effektiv kann der eigene CO₂-Fußabdruck

⁸⁷ Quelle: UBA CO₂-Rechner (Stand 2022) © Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum



z.B. durch die Verwendung eines Sparduschkopfes, Flugverzicht, Dämmung des Wohnraums, pflanzenbetonter Ernährung, Ökostrom, Reduktion von Autofahrten oder bewusstem Konsum erreicht werden. Abbildung 80 stellt dies beispielhaft dar, wobei die Big Points bei jedem Menschen anders verteilt sind und sich jeder Fußabdruck anders zusammensetzt. Mit dem UBA-CO₂-Rechner⁸⁸ lässt sich der eigene Fußabdruck entsprechend ermitteln.

Mit Big Points den Fußabdruck halbieren

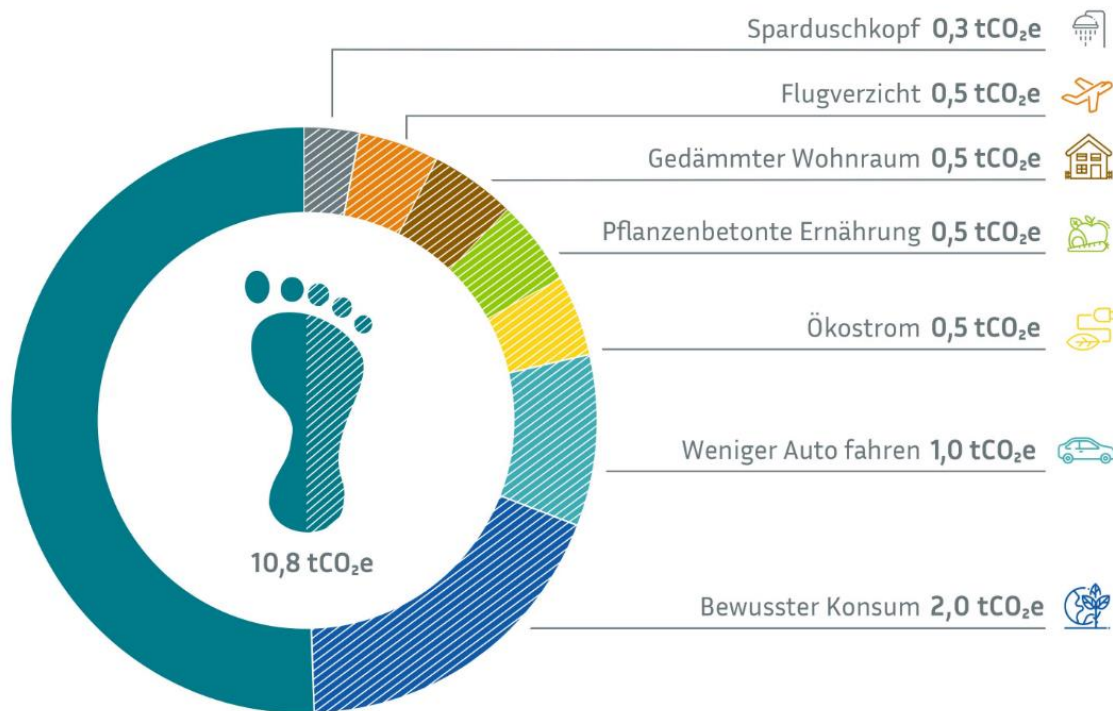


Abbildung 80: Big Points für die Reduktion des persönlichen CO₂-Fußabdrucks in Deutschland⁸⁹

Ein ganzheitliches Verständnis könnte am Beispiel nachhaltiger Ernährung drei Säulen umfassen:

- Urproduktion (Landwirtschaft, Fischerei und Aquakultur)
- Verarbeitung, Handel und Transport
- Konsum (Ernährung, Lebensmittelverschwendung)

Entlang der Wertschöpfungskette verenden Tiere und hunderttausende Tonnen Fleisch werden vergeudet. Die Verschwendung von Ressourcen und deren Produktion (allein für den Futtermittelanbau) sind enorm. In Deutschland sterben jährlich fast 100.000.000 Tiere, ohne dass ihr Fleisch verzehrt wird, weil sie bei der Mast verenden oder weil sie aus wirtschaftlichen Gründen getötet und entsorgt werden. Weil sich ihr geringer Fleischansatz nicht lohnen würde, müssen jährlich bis zu 200.000 männliche Milchrass-Kälber und 45.000.000 männliche Küken sterben.

Verschwendung ist nicht nur bei der Tierproduktion oder Ernährung ein gravierendes Problem, sondern auch bei alltäglichen Kaufentscheidungen in anderen Bereichen z.B. Kleidung. Neben Flächen-, Energie-, Wasser- und Ressourcenbedarf, Verpackungsmüll, Transportwegen und Entsorgung wirken sich Konsumententscheidungen vielfältig auf Gesundheit, Umwelt und moralische Dimensionen aus. Ein erneuter kleiner Schritt wäre hierzu z.B. eine Sperrmüllbörse im örtlichen Mitteilungsblatt, wo jeder der etwas zu verschenken hat inserieren kann.

⁸⁸ (<https://uba.co2-rechner.de>)

⁸⁹ Quelle: UBA CO₂-Rechner (Stand 2022) © Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum



6.9 Maßnahmenkatalog

Auf dem Weg zu einer klimaneutralen Kommunalverwaltung strengt sich die Große Kreisstadt an, den internationalen Vereinbarungen und Klimaschutzzielen in der Umsetzung auf kommunaler Ebene gerecht zu werden, indem eine stetige Minderung der Treibhausgasemissionen in Bad Rappenau angestrebt wird. Dazu sind Aktivitäten in verschiedenen Bereichen notwendig, um auch Emissionsreduktionen in Verkehr, privaten Haushalten und Wirtschaft bewerkstelligt zu bekommen. Mit dem Integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt werden nach Klassifizieren und Reduzieren zwanzig Maßnahmen vorgeschlagen, welche der umfangreichen Betrachtung von folgenden acht Handlungsfeldern zuzuordnen sind:

HANDLUNGSFELD 1: ERNEUERBARE ENERGIEN

- 1.1 Beratung für Solarthermie, Photovoltaik und Wärmepumpen
- 1.2 Photovoltaik für Private Haushalte
- 1.3 PV-Ausbaustrategie für städtische Liegenschaften
- 1.4 Konzept zum Marketing für Energieeinsparung & Energieeffizienz
- 1.5 Autarkiegrad Kläranlage erhöhen

HANDLUNGSFELD 2: MOBILITÄT

- 2.1 Förderung des Fahrradverkehrs
- 2.2 Lademöglichkeiten für E-Mobilität
- 2.3 Mobilitätsmarketing

HANDLUNGSFELD 3: NACHHALTIGE WÄRMEVERSORGUNG

- 3.1 Kommunale Wärmeplanung
- 3.2 Heizungspumpentausch

HANDLUNGSFELD 4: KLIMAFREUNDLICHE GEBÄUDE & VERWALTUNG DER STADT

- 4.1 Nutzersensibilisierung in städtischen Gebäuden intensivieren
- 4.2 Einführung einer Planungsrichtlinie
- 4.3 Kommunales Energiemanagement
- 4.4 Etablierung einer nachhaltigen Beschaffung

HANDLUNGSFELD 5: FLÄCHENMANAGEMENT

- 5.1 Klimaverträgliche Flächenverpachtung



HANDLUNGSFELD 6: WIRTSCHAFT

- 6.1 Energieeffizienznetzwerk aufbauen
- 6.2 Motivation für Energiemanagement in Betrieben

HANDLUNGSFELD 7: ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

- 7.1 Konzeption zur Anpassung an den Klimawandel

HANDLUNGSFELD 8: KLIMAFREUNDLICHE LEBENSSTILE

- 8.1 Naturverständnis fördern
- 8.2 Sensibilisierung Ernährung & Konsum

Jede Maßnahme wird auf einheitlich strukturierten Steckbriefen beschrieben und bewertet. Der Maßnahmenmix soll Klimaschutz in verschiedenen Bereichen aktivieren und umsetzen, wobei sich die Charakteristik, Dauer und Ausprägung einzelner Maßnahmen stark unterscheidet. Während für einige Maßnahmen recht genau THG-Minderungen ausrechenbar sind, ist dies bei Maßnahmen die ihren Klimaschutzeffekt indirekt erzielen sehr schwer zu beziffern. Manche Maßnahmenvorschläge bestehen aus einem Bündel von Aktivitäten oder bedürfen einer dauerhaften Umsetzung, wohingegen andere Maßnahmen zeitlich begrenzt oder schnell realisiert werden können. Im Endeffekt hängt der Klimaschutzbeitrag einer Maßnahme von der Umsetzung eben dieser ab. Die Umsetzungsphasen liegen größtenteils in einem kurz- oder mittelfristigen Zeitraum, unter der Annahme, dass genügend zeitliche, finanzielle und personelle Kapazitäten verfügbar sind.

Abgesehen von den direkten Handlungsmöglichkeiten der Stadt bei eigenen Liegenschaften, Infrastruktur und Stadtplanung geht es bei vielen Maßnahmen darum, möglichst viele Bürgerinnen und Bürger zu klimaschützendem Handeln zu motivieren.

Alle Maßnahmen werden nach den Kriterien Klimaschutzbeitrag (THG-Vermeidung/-Einsparung), Umsetzbarkeit (rechtlich, finanziell, technisch, politisch), Kosten/Nutzen sowie sonstigen positiven Effekten bewertet (Lebensqualität, lokale Wertschöpfung etc.). Die Bewertung je Kategorie ist dreistufig, wobei Maßnahmen mit einem Stern (relativ geringe Gewichtung) trotzdem noch gute Resultate liefern, da sich die Auswahl auf bewährte und effiziente Maßnahmen stützt.

Da die Maßnahmen nicht alle gleichzeitig umgesetzt werden können, wird eine Priorisierung vorgeschlagen um eine zeitliche Reihenfolge festzulegen. Hierbei werden verschiedene Überlegungen zusammengefasst. Die Priorität berücksichtigt neben der THG-Einsparung und dem Kosten-Nutzen-Verhältnis auch die Umsetzbarkeit der Maßnahme und das Umfeld in dem die Maßnahme umgesetzt werden soll. Möglicherweise bedarf es begleitender Öffentlichkeitsarbeit, Motivation weiterer Akteure oder die Maßnahme könnte auch einen schnellen Effekt erzielen. Auch sind Personalkapazitäten und Finanzierung hierbei zu bedenken sowie die Auswirkung weiterer Effekte der Maßnahme auf Lebensqualität, Klimafolgenanpassung oder lokale Wertschöpfung.

- A: Hohe Priorität, zeitnah realisieren, meiste Voraussetzungen für Projektstart sind gegeben.
- B: Mittlere Priorität, Umsetzung planen, Voraussetzungen schaffen, Akteure kontaktieren.
- C: Geringe Priorität, zeitlich zurückgestellt für spätere Umsetzung.



Lfd. Nr.	Maßnahme	Klimaschutz- beitrag	Umsetz- barkeit	Kosten / Nutzen	sonstige positive Effekte	Priorität
1.001	Beratung für Solarthermie, Photovoltaik und Wärmepumpen	♦♦	♦♦	♦♦♦	♦	C
1.002	Photovoltaik für Private Haushalte	♦♦	♦♦♦	♦♦	♦	C
1.003	PV-Ausbaustrategie für städtische Liegenschaften	♦	♦♦	♦♦	♦	A
1.004	Konzept zum Marketing für Energieeinsparung & Energieeffizienz	♦♦♦	♦♦	♦♦	n.A.	B
1.005	Autarkiegrad Kläranlage erhöhen	♦	♦	♦♦♦	n.A.	C
2.001	Förderung des Fahrradverkehrs	♦♦	♦	♦♦♦	♦♦♦	A
2.002	Lademöglichkeiten für E-Mobilität	♦	♦♦	♦♦	n.A.	A
2.003	Mobilitätsmarketing	♦♦	♦♦♦	♦♦♦	♦	A
3.001	Kommunale Wärmeplanung	♦♦♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦	A
3.002	Heizungspumpentausch	♦	♦♦♦	♦	♦	C
4.001	Nutzersensibilisierung in städtischen Gebäuden intensivieren	♦	♦♦	♦♦♦	♦	C
4.002	Einführung einer Planungsrichtlinie	♦	♦♦♦	♦♦♦	n.A.	C
4.003	Kommunales Energiemanagement	♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦	B
4.004	Etablierung einer nachhaltigen Beschaffung	♦♦	♦♦	♦♦	♦	C
5.001	Klimaverträgliche Flächenverpachtung	♦♦	♦♦	♦♦♦	♦♦♦	A
6.001	Energieeffizienznetzwerk aufbauen	♦	♦♦♦	♦♦	♦	A
6.002	Motivation für Energiemanagement in Betrieben	♦	♦♦	♦♦♦	♦	B
7.001	Konzeption zur Anpassung an den Klimawandel	n.A.	♦♦♦	♦♦♦	♦♦♦	B
8.001	Naturverständnis fördern	♦♦	♦♦	♦♦♦	♦♦♦	B
8.002	Sensibilisierung Ernährung & Konsum	♦♦♦	♦♦	♦♦	♦♦	B

Tabelle 18: Maßnahmenmatrix IKSK Bad Rappenau 2022



Beratung für Solarthermie, Photovoltaik und Wärmepumpen				Priorität: C
Handlungsfeld: 1 Erneuerbare Energien Maßnahmennummer: 1.001	Einführung: langfristig	Dauer: 3 Jahre	Klimaschutz	★★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★
Beschreibung:				
<p>Zur Unterstützung der Nutzung von erneuerbaren Energien soll ein unabhängiges Beratungsangebot für die privaten Haushalte geschaffen werden. Informationsdefizite sollen abgebaut und Anlagen technisch und wirtschaftlich optimal ausgelegt werden.</p> <p>Das gebündelte Wissen kann Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Standardisierung von Ausschreibungsunterlagen, Unterstützung bei der Auswertung von Fachangeboten sowie Unterlagen zu Produkten, Herstellern und Anlagenbauern umfassen. Die Stadt könnte hierzu Kontakt zum Landkreis aufnehmen. Ein solches Beratungsangebot ist sinnvoll für den gesamten Heilbronner Landkreis und bedarf im Wesentlichen einer eigenen Energieagentur für den Landkreis Heilbronn mit entsprechenden Personalkapazitäten und Expertise.</p> <p>Die Stadt bewirbt das Beratungsangebot ähnlich wie die EnergieSTARTberatung. Weitergehend ist die Organisation von Informationsveranstaltungen für Interessierte aus der Bürgerschaft denkbar mit dem Fokus auf der praktischen Nutzung von erneuerbaren Energien. Hierzu könnten Referenten aus dem Photovoltaik-Netzwerk Baden-Württemberg und Solar Cluster Baden-Württemberg eingeladen werden.</p>				
Akteure: Landkreis HN, Energieberater, Handwerker, Stadt als Vermittlerin				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger				
Handlungsschritte:				
Abstimmung mit Landkreis und Nachbarkommunen, Bewerbung des Beratungsangebots, Pressearbeit zu guten Beispielen aus der Region				
Indikator: Anzahl beratener Personen, Anzahl umgesetzter EE-Maßnahmen				
Gesamtaufwand: gering				
Klimaschutz:				
<p>Durch die Steigerung des Einsatzes von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung und Wärmenutzung können erhebliche Mengen an Treibhausgasemissionen vermieden werden.</p> <p>Im Jahr 2019 umfassten die Bad Rappenauer energiebedingten THG-Emissionen privater Haushalte 15.574 t CO₂e durch Stromverbrauch, 14.363 t CO₂e durch Heizölverbrauch und 16.456 t CO₂e durch Erdgasverbrauch.</p> <p>Das Einsparpotenzial ist entsprechend hoch, durch Nutzung einer Wärmepumpe fallen ca. 47 % weniger Treibhausgasemissionen im Vergleich zur Ölheizung und 31 % gegenüber einer Gasheizung an.</p>				



Lokale Wertschöpfung:

Durch die Vergabe an lokale Handwerks- und Fachbetriebe erfolgt eine lokale Wertschöpfung.

Flankierung: M1.002, M1.003, M1.004

Hinweise:

Die Unstetigkeit der Bundesförderprogramme bewirkt Verunsicherung bei Investoren. Die Rahmenbedingungen durch EEG, E WärmeG, technische und preisliche Entwicklungen sowie Fördermöglichkeiten (BAFA) sollten beobachtet werden. Aufgrund der Komplexität der Bedingungen ist eine umfassende, konkrete und angebotsunabhängige Beratung sinnvoll.



Photovoltaik für Private Haushalte				Priorität: C
Handlungsfeld: 1 Erneuerbare Energien Maßnahmennummer: 1.002	Einführung: 2023	Dauer: 2 Jahre	Klimaschutz	★★
			Umsetzbarkeit	★★★★
			Kosten/Nutzen	★★
			Sonstige positive Effekte	★
Beschreibung:				
<p>Um den Nutzungsanteil von Strom aus erneuerbaren Energien zu steigern sollen die privaten Haushalte motiviert werden und eine Unterstützung erhalten. Die Stadt hat hierzu bereits ein deutliches Signal gesetzt und kann das Förderprogramm aus dem Jahr 2022 entsprechend weiterentwickeln.</p> <p>Aufgrund der niedrigen Einspeisevergütung und hohen Strompreise wird die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen maßgeblich durch die Vermeidung von Strombezugskosten und somit durch die Nutzung selbst erzeugten Stroms bestimmt. Häufig wird der erhöhte Eigenverbrauchsanteil mit einem Teil der Dachfläche erreicht, wohingegen die möglichst vollständige Erschließung von geeigneten Dachflächen für die Strom- und Energiewende notwendig wäre.</p> <p>Besonders bei geringinvestiven Maßnahmen können städtische Zuschüsse Anreize setzen. Da die Stadt sehr begrenzte Mittel zur Verfügung hat, könnten speziell günstige, aber effektive Maßnahmen gefördert werden, beispielsweise die Nutzung von PV Balkonmodulen. Somit wird der Blick auf leicht umsetzbare Maßnahmen gelenkt und ein positives Zeichen gesetzt, dass die Stadt privaten Klimaschutz unterstützt, welcher im Kleinen beginnen kann. Zudem können innovative Anwendungen wie Fassaden-PV gefördert werden. Diese kreativen Anwendungen sind wenig bekannt und erhalten selten Aufmerksamkeit, dennoch bieten sie ein großes Potential zur Stromerzeugung.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Die Stadt sollte gezielt Mieterinnen und Mietern ohne Gebäudeeigentum die Möglichkeit zur PV-Nutzung aufzeigen und Balkonmodule finanziell bezuschussen (Förderprogramm PV Balkonmodule). ❖ Die Stadt sollte innovative Anwendungen der PV wie an Fassaden unterstützen (Förderprogramm Fassaden-PV). ❖ Die Stadt könnte die Installation von PV-Anlagen unterstützen, wenn diese 100 Prozent der geeigneten Dachfläche abdecken (Förderprogramm 100 % PV). 				
Akteure: Stadt als Initiator, KSM				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger				
Handlungsschritte: Förderrichtlinie erstellen, Gemeinderatsbeschluss, Prüfung von Verwendungsnachweisen				
Indikator: Anzahl geförderter Personen, geförderte Leistung in kWp				
Gesamtaufwand: Gesamtbudget je nach Förderprogramm, Personalaufwand für Klimaschutzmanagement wird als gering eingeschätzt (unter 15 AT)				

**Klimaschutz:**

Die Nutzung von Photovoltaik zur Stromerzeugung verursacht deutlich weniger Treibhausgasemissionen als fossile Alternativen und fördert in diesem Bereich die Unabhängigkeit von Energieimporten.

Der Emissionsvermeidungsfaktor für Stromerzeugung aus PV liegt laut UBA bei 627 kg CO₂e / MWh_{el}. Für 15 kWp installierte PV folgt eine Vermeidung von etwa 9 t CO₂e pro Jahr (mit jährlich 950 kWh / kWp).

Städtische Förderprogramme geben wichtige Impulse für eine nachhaltige Umgestaltung des Gebäudebestands hin zu einer erhöhten Energieeffizienz.

Lokale Wertschöpfung:

Durch die Vergabe an lokale Handwerks- und Fachbetriebe erfolgt eine lokale Wertschöpfung.

Flankierung: M1.001, M1.003, M1.004, M2.002

Hinweise:

Während die Antragsfenster für die Förderung vergleichsweise kurz geöffnet sind, könnte während der Einreichung der Verwendungsnachweise Öffentlichkeitsarbeit zu vorbildlichen Umsetzungen von Fachbetrieben weitere Bürgerinnen und Bürger informieren und motivieren.



PV-Ausbaustrategie für städtische Liegenschaften				Priorität: A
Handlungsfeld: 1 Erneuerbare Energien Maßnahmennummer: 1.003	Einführung: kurzfristig	Dauer: mittel- bis langfristig	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★
			Sonstige positive Effekte	★
Beschreibung: Die Stadt prüft bei jedem Neubau und Umbau die Möglichkeiten zur Stromerzeugung durch Sonnenenergie. Die Nutzung geeigneter Dachflächen städtischer Liegenschaften für Photovoltaik soll den Stromanteil aus erneuerbaren Energien erhöhen. Hierzu sollen die Potentiale systematisch ausgeschöpft werden. Die Untersuchung von 36 Nicht-Wohngebäuden der Stadt, auf deren Dächern noch keine PV-Anlagen installiert sind, ermöglicht eine Verdopplung der installierten Leistung auf etwa 1,5 MWp insofern 50 % der Maximalpotenziale je Dachfläche genutzt würden.				
Akteure: HBA, KSM				
Zielgruppe: Stadt				
Handlungsschritte: Solardachkataster für städtische Gebäude anfertigen, Ausbauziel definieren, Gebäude priorisieren, Beauftragung (z.B.: Bürgerenergiegenossenschaft)				
Indikator: Anzahl unbelegter Dächer mit Potential, installierte Leistung in kWp				
Gesamtaufwand: Betrag in € je kWp siehe KiTa St. Anna (Kandel), Grundschule Bonfeld und KiTa Fürfeld				
Klimaschutz: Der Emissionsvermeidungsfaktor für Stromerzeugung aus PV liegt laut UBA bei 627 kg CO ₂ e / MWh _{el} . Für 750 kWp installierte PV folgt mit der Annahme von jährlich 950 kWh / kWp eine Vermeidung von etwa 447 t CO ₂ e pro Jahr. Etwa 18 % des gesamten Endenergiebedarfs für kommunale Einrichtungen und Infrastruktur entfallen auf den Strombedarf von Nichtwohngebäuden und Straßenbeleuchtung. Mit der Umsetzung einer ambitionierten Ausbaustrategie ist eine bilanzielle Deckung dieser Strommengen mit PV-Strom durch städtische Dächer realisierbar.				
Lokale Wertschöpfung: Durch die Vergabe an lokale Handwerks- und Fachbetriebe erfolgt eine lokale Wertschöpfung. Durch die Vergabe an eine Bürgerenergiegenossenschaft wird die Energiewende durch Bürgerinnen und Bürger gestärkt.				
Flankierung: M1.001, M1.002, M1.004				
Hinweise:				



Konzept zum Marketing für Energieeinsparung und Energieeffizienz				Priorität: B
Handlungsfeld: 1 Erneuerbare Energien Maßnahmennummer: 1.004	Einführung: mittel- bis langfristig	Dauer: dauerhaft	Klimaschutz	★★★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★
			Sonstige positive Effekte	n.A.
Beschreibung: Der Energieverbrauch von privaten Wohngebäuden und Betrieben liegt außerhalb des direkten Einflussbereichs der Stadtverwaltung. Mit dem Bewerben von Klimaschutzmaßnahmen und Bereitstellen von Informationsmöglichkeiten soll die Unsicherheit hinsichtlich des Aufwandes privater Klimaschutzmaßnahmen gemindert werden. Es soll ein umfassender Handlungsspielraum aufgezeigt werden. Die Kampagnen fokussieren sich auf die Einsparung von Energie und die Erhöhung der Energieeffizienz. Hierzu kann auf die umfangreichen Angebote der Verbraucherzentrale und der Landesenergieagentur KEA-BW zurückgegriffen werden.				
Akteure: KSM, ggf. externe Dienstleister				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger				
Handlungsschritte: Konzept der Kampagnen erstellen, Umsetzung der Kampagnen (jeweils zwei Monate)				
Indikator: Nutzung der Angebote				
Gesamtaufwand: Der Personalaufwand wird auf 20 AT pro Kampagne geschätzt. Kosten für vier Kampagnen: ca. 40.000 Euro. Je nach Ausgestaltung der Kampagne entstehen Personalkosten, Werbungskosten für Plakate und Flyer, Materialkosten für Infomaterial und Stand, bei externen Fachleuten fällt ein entsprechendes Honorar an. Bei einer stadtteilspezifischen Kampagne kann für einen einwöchigen Stand mit einigen Stunden auf einem öffentlichen Platz, zzgl. einer stadtteilbezogenen Veranstaltung und Flyern für jeden Haushalt mit 2.000 bis 2.500 Euro gerechnet werden.				
Klimaschutz: Es ist von einer indirekten und hohen Wirkung auszugehen. Die Maßnahme kann einen Großteil der Bevölkerung erreichen und fokussiert sich auf relevante Themenbereiche mit hohem Einsparpotenzial.				
Lokale Wertschöpfung: Durch die Vergabe von Sanierungsmaßnahmen an lokale Unternehmen erfolgt eine lokale Wertschöpfung.				
Flankierung: M1.001, M1.002, M1.003, M3.001, M4.001, M4.002, M4.003, M6.001				
Hinweise:				



Autarkiegrad Kläranlage erhöhen				Priorität: C
Handlungsfeld: 1 Erneuerbare Energien Maßnahmennummer: 1.005	Einführung: langfristig	Dauer: langfristig	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	n.A.
Beschreibung: Die Kläranlagen nehmen mit der Reinigung der Abwässer eine bedeutende Rolle im Umweltschutz ein, wobei einem nachhaltigen Abwassermanagement eine zunehmende Bedeutung zukommt. Investitionen in diesem Bereich sind nicht nur aus ökologischer Perspektive sinnvoll, denn die mehrstufigen Reinigungsprozesse benötigen große Energiemengen. Um den großen Energiebedarf zu decken könnte eine Faulgasanlage etwa 50 % des Energiebezugs überflüssig machen. Eine weitere Erhöhung des Autarkiegrades lässt sich mit Photovoltaikmodulen ermöglichen insofern die Voraussetzungen für weitere Installationen gegeben sind. Mit 100 kWp installierter PV-Leistung könnten rund 10 % des Eigenverbrauchs gedeckt werden. Durch Kombination von Faulgas-BHKW und PV könnte ein Autarkiegrad von 60 % ermöglicht werden.				
Akteure: Eigenbetrieb Stadtentwässerung				
Zielgruppe: Stadt				
Handlungsschritte: Machbarkeitsprüfung Faulgasanlage, Potentialanalyse PV				
Indikator: Eigenversorgung mit Strom [%]				
Gesamtaufwand:				
Klimaschutz: Etwa 11 % des Energieverbrauchs für kommunale Einrichtungen und Infrastruktur entfällt auf den Stromverbrauch der Kläranlagen mit etwa 1.000 MWh pro Jahr. Diese großen Energiemengen werden in der Regel nicht regional aus erneuerbaren Energien gewonnen, trotzdem kann ein Anteil des Eigenbedarfs durch Solarstrom gedeckt werden. Der Emissionsvermeidungsfaktor für Stromerzeugung aus PV liegt laut UBA bei 627 kg CO _{2e} / MWh _{el} . Für 100 kWp installierte PV folgt mit der Annahme von jährlich 950 kWh / kWp eine Vermeidung von etwa 60 t CO _{2e} pro Jahr.				
Lokale Wertschöpfung: Durch die Vergabe an lokale Handwerks- und Fachbetriebe erfolgt eine lokale Wertschöpfung.				
Flankierung: M1.001, M1.002, M1.003, M1.004				
Hinweise:				



Förderung des Fahrradverkehrs				Priorität: A
Handlungsfeld: 2 Mobilität Maßnahmennummer: 2.001	Einführung: mittelfristig	Dauer: dauerhaft	Klimaschutz	★★
			Umsetzbarkeit	★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★★★
Beschreibung:				
<p>Die Schaffung einer geeigneten Infrastruktur ist der wesentliche Bestandteil zur Steigerung des Radanteils. Beispielsweise sind Fahrradstraßen nicht nur im städtischen Siedlungsbereich ein wichtiges Infrastrukturelement, sondern auch im ländlichen Raum, insbesondere außerorts.</p> <p>Im Jahr 2019 wurden durch den motorisierten Individualverkehr in Bad Rappenau 27,79 Millionen Fahrzeugkilometer innerorts gefahren und 85,99 Millionen Kilometer auf Straßen außerorts. Laut dem Ministerium für Verkehr des Landes Baden-Württemberg werden etwa 10 % der Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt. Im ländlichen Raum sinkt dieser Wert auf etwa 6 % wohingegen hier zwei von drei Wege mit dem Auto zurückgelegt werden. Dem gegenüber steht die Zunahme an Elektrofahrrädern – diese werden eher in ländlichen Gebieten genutzt.</p> <p>Als eine wesentliche Maßnahme im Mobilitätsbereich sollte die Stadt den Radverkehr in Bad Rappenau stärken, womit weitere Vorteile einher gehen (Lärmreduktion, Gesundheit, lokale Emissionsreduktion uvm.).</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Die Stadt sollte eine digitale Radwegkarte anfertigen. Routen könnten nach verschiedenen Kriterien eingetragen werden und berücksichtigen das Radwegkonzept des Landkreises. Somit kann eine Grundlage für ein Radverkehrskonzept zur Schaffung einer geeigneten Infrastruktur geleistet werden: <ol style="list-style-type: none"> 1. Pendler Routen als interkommunale Verbindungen im Radverkehrsnetz des Landkreises haben hohe Priorität, sie dienen dem Alltagsverkehr auf Entfernungen von mindestens 5 Kilometern und verknüpfen wichtige Quell- und Zielbereiche. Hier sollte durchgängig hohe Sicherheit und Attraktivität beim Befahren mit hohen Reisegeschwindigkeiten ermöglicht werden. 2. Basisrouten als Hauptverbindungen sind regionale und nahräumige Verbindungen innerhalb von Bad Rappenau. Sie dienen der Daseinsvorsorge, verbinden Stadtteile mit der Kernstadt oder Stadtteile untereinander. 3. Das Verdichtungsnetz verbindet die restlichen Stadtteile ohne zentralörtliche Funktionen und dient der Herstellung einer erforderlichen Netzdichte. 4. Gefahrenstellen: Die Beseitigung von Schäden und gefährlichen Stellen am bestehenden Netz hat hohe Priorität. Weitergehend sollten Randsteine und andere Hindernisse auf längeren Streckenabschnitten vermieden werden. 5. Die Weiterentwicklung des Netzes sollte Intermodalität berücksichtigen und sich um Berufspendler mit Anschluss für Bahn und Bus bemühen. ❖ Zur Unterstützung des systematischen Vorgehens beim Radverkehr sollte die Stadt einen Arbeitskreis Radverkehr einrichten. Mit Bürgerbeteiligung soll so eine Weiterentwicklung ermöglicht werden, in Zusammenarbeit mit Interessierten aus der Bevölkerung, Verwaltung und Verbänden (ADFC, AGFK). Verbesserungspotenziale sollen aufgezeigt und Schwachstellen identifiziert werden. 				
Akteure: Stadtverwaltung, Bürgerinnen und Bürger, ggfs. Verbände				



Zielgruppe: Radfahrende und zukünftig Radfahrende, Bürgerinnen und Bürger
Handlungsschritte: Digitales Abbild des Radwegenetzes, Radwegekarte erstellen und Routen kennzeichnen, Arbeitskreis Radverkehr einrichten
Indikator: Länge sanierter Radwege, Länge neu errichteter Radwege, Teilnehmeranzahl Arbeitskreis
Gesamtaufwand: Der Personalaufwand wird auf 50-80 AT geschätzt, abhängig vom Umfang der Ausgestaltung. Für die Umsetzung von Maßnahmen am Radverkehrsnetz ist zu prüfen, ob Mittel über das Förderprogramm „Klimaschutz durch Radverkehr“ bis zu 75 % in Anspruch genommen werden können. (https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/klimaschutz-durch-radverkehr)
Klimaschutz: Fahrrad fahren ist eine klimaneutrale Fortbewegungsmethode. Die Emissionsvermeidung durch Fahrradverkehr ist dementsprechend als hoch einzustufen, wobei die Verlagerung der Verkehrsmittel durch die Maßnahme nur bedingt beeinflusst werden kann. Die Maßnahme trägt dazu bei, dass Lärm reduziert und die Umwelt und Gesundheit der Rappenauer geschützt wird.
Lokale Wertschöpfung: Durch die Vergabe von Sanierungsarbeiten an lokale Handwerks- und Fachbetriebe erfolgt eine lokale Wertschöpfung. Eingesparte Treibstoffkosten ermöglichen den privaten Haushalten Ausgaben in anderen Bereichen. Die Förderung des Fahrradverkehrs bringt auch Vorteile für die ortsansässige Tourismusbranche, wodurch wiederum weitere örtliche Unternehmen profitieren durch zusätzliche Kundschaft.
Flankierung: M2.002, M2.003, M7.001, M8.001
Hinweise:



Lademöglichkeiten für E-Mobilität				Priorität: A
Handlungsfeld: 2 Mobilität	Einführung: kurzfristig	Dauer: laufend	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★
			Sonstige positive Effekte	n.A.
Maßnahmennummer: 2.002				
Beschreibung:				
<p>Elektromobilität birgt ein großes Einsparpotenzial für CO₂-Emissionen. Anzahl der Fahrzeuge, Fahrzeuggewicht (und die dafür nötige Batterie) und individuelles Nutzerverhalten sind ebenfalls von entscheidender Bedeutung für das Gelingen einer Verkehrswende, trotzdem steht und fällt die „Klimabilanz“ der elektrisch betriebenen Fahrzeuge mit dem über die Lebensdauer verwendeten Strommix – insofern dieser aus erneuerbarem Strom besteht, kann die E-Mobilität ein Schlüssel zur Klimaneutralität werden.</p> <p>In Bad Rappenau befinden sich bereits einige Ladestationen für Elektrofahrzeuge in der Kernstadt und am Autobahnzubringer zur A6. Vier Ladesäulen (je 2 beim Kurhaus und Rathaus) befinden sich auf öffentlichen Parkplätzen und versorgen die Fahrzeuge mit Ökostrom. Im Rahmen der Elektrifizierung der städtischen Flotte wurden bereits Ladestationen für die kommunale Nutzung installiert und sind in Betrieb.</p> <p>Mit der sukzessiven Zunahme der Ladeinfrastruktur sind Elektrofahrzeuge nicht nur für Kurzstreckenfahrer und Berufspendler interessant. Die gute Verfügbarkeit von Ladestationen ist ein gewichtiger Grund für die Kaufentscheidung von E-Fahrzeugen. Außerdem stehen für die Anschaffung von E-Fahrzeugen verschiedene Fördermittel zur Verfügung (Umweltbonus, BW-e-Gutschein, Förderung für E-Busse).</p> <p>Unternehmen können mit Charge@BW auf Förderungen zur Errichtung von Ladesäulen zugreifen. Die Stadt kann auf öffentlichen Flächen Interessenten den Infrastrukturaufbau für E-Mobilität unterstützend ermöglichen.</p> <p>Für die weitere Förderung von E-Mobilität sollten auch gezielt Ladestationen für E-Bikes und Pedelecs installiert werden. Die Kombination mit Schließfächern kann einen Mehrwert für Tourismus darstellen. Überregionale Radwege können mit Ladestationen ausgerüstet und entsprechend beschildert werden.</p>				
Akteure: Stadtverwaltung, Energieversorger, evtl. Betriebe				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger, Stadtverwaltung, Pflegedienste, Berufspendler, Lieferservices				
Handlungsschritte: Kooperationsbereitschaften für weitere Maßnahmen				
Indikator: Anzahl installierter Ladesäulen, Art installierter Ladesäulen, Art kommunaler Elektrofahrzeuge, rel. Anteil kommunaler Elektrofahrzeuge				
Gesamtaufwand: Der Personalaufwand ist abhängig von der Ausgestaltung der Maßnahme.				



Klimaschutz:

Die Herstellung von E-Fahrzeugen fällt besonders mit der energieintensiven Batterieherstellung ins Gewicht. Ebenso wie bei energieeffizienten Haushaltsgeräten sollte sich die Betrachtung aber erweitern und die Nutzung sowie den gesamten Lebenszyklus betrachten. Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien steigt die Emissionsvermeidung durch E-Mobilität deutlich.

Lokale Wertschöpfung:

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur geht mit weiteren Investitionen einher, zumal die Anschaffung von E-Autos auch mit selbst erzeugtem Solarstrom attraktiver wird.

Flankierung: M1.001, M1.002, M1.003, M1.004, M2.003

Hinweise:



Mobilitätsmarketing				Priorität: A
Handlungsfeld: 2 Mobilität	Einführung: 2023	Dauer: 3 Jahre	Klimaschutz	★★
			Umsetzbarkeit	★★★★
			Kosten/Nutzen	★★★★
			Sonstige positive Effekte	★
Maßnahmennummer: 2.003				
Beschreibung: Für Gesundheit, Geldbeutel und Umwelt. Eine umfassende Klimaschutzkampagne soll hierzu den Fokus auf die Mobilität richten. Das Mobilitätsmarketing sollte über Einzelaktionen hinaus gehen und die Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmenden auf alternative Mobilitätsangebote lenken und dementsprechende Gewohnheiten fördern. Ein vielfältig gestaltbarer Aktionstag zur Förderung von Radverkehr soll die Bevölkerung zum Radfahren motivieren. Die Durchführung regelmäßiger Informationsveranstaltungen zu E-Mobilität, ÖPNV und Fahrradverkehr sollte auch Themen wie Car-Sharing, Bürgerbus und Intermodalität umfassen. Die schrittweise Umstellung des kommunalen Fuhrparks könnte ebenfalls betrachtet werden. Ein mögliches Angebot von Spritsparkursen könnte mit betrieblichen Mobilitätskonzepten verknüpft werden. Zudem sollte gezielt Öffentlichkeitsarbeit zur Nutzung des ÖPNV betrieben werden. <ul style="list-style-type: none"> ❖ Veranstaltungen zur „Mobilität der Zukunft“ ❖ Aktionstag zur Förderung von Radverkehr ❖ Information & Bewusstseinsbildung ❖ Mobilitätsberatung Die Kampagne besteht aus mehreren Elementen und dauert mehrere Monate an. Es sollten dabei unterschiedliche Medien genutzt werden (Werbespots, Plakate, Flyer, Aktionen, etc.). Das Hauptziel ist die Förderung von klimafreundlicher Mobilität, also die Nutzung von Umweltverbund und effizienten Fahrzeugen sowie die Förderung sparsamen Fahrverhaltens.				
Akteure: Stadt, KSM, Verkehrsunternehmen				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger, Betriebe				
Handlungsschritte: Vorankündigung und Berichterstattung in der Presse, Bildung einer Arbeitsgruppe (ggfs. Arbeitskreis Radverkehr), Durchführung der Veranstaltungen, begleitende Öffentlichkeitsarbeit				
Indikator: Anstieg Fahrradnutzung, Anstieg ÖPNV-Nutzung, Reduzierung PKW-Verkehr				
Gesamtaufwand: Der Personalaufwand wird auf 120 AT geschätzt.				
Klimaschutz: Die Energie- und THG-Einsparung erfolgt als indirekter Effekt und kann als mittel eingestuft werden. Umsetzbarkeit und Kosten-Nutzen-Verhältnis der Maßnahme sind als sehr gut zu bewerten.				
Lokale Wertschöpfung: Indirekt kann eine lokale Wertschöpfung erfolgen. Bei der Durchführung von Aktionstagen und Veranstaltungen kann auch direkt eine lokale Wertschöpfung erfolgen (Verpflegung etc.).				
Flankierung: M2.001, M2.002				
Hinweise:				



Kommunale Wärmeplanung				Priorität: A
Handlungsfeld: 3 Nachhaltige Wärmeversorgung Maßnahmennummer: 3.001	Einführung: 2023	Dauer: 1,5 Jahre	Klimaschutz	★★★
			Umsetzbarkeit	★★★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★★
Beschreibung: <p>Stadtkreise und Große Kreisstädte sind in Baden-Württemberg gesetzlich zur Wärmeplanung verpflichtet, erstmals zur Erstellung eines Wärmeplans bis zum Jahresende 2023. Ausgehend von einer detaillierten Analyse des gegenwärtigen Zustands wird ein Fahrplan zur Klimaneutralität im Wärmesektor erstellt.</p> <p>Im Wesentlichen besteht die Wärmeplanung aus vier Bestandteilen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bestandsanalyse mit Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs, Versorgungsstruktur aus Gas- & Wärmenetzen sowie Informationen zu vorhandenen Gebäuden bzgl. Typ, Baualtersklasse und Beheizungsstruktur. 2. Potenzialanalyse mit Ermittlung von Potenzialen zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser & Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, GHD und eigene Liegenschaften sowie Erhebung lokaler Potenziale erneuerbarer Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Abwärmepotenziale. 3. Aufstellung Zielszenario für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in 2040. Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der zukünftig nötigen Versorgungsstruktur mit dem Zwischenziel für das Jahr 2030. 4. Wärmewendestrategie mit Formulierung eines Transformationspfads zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans mit ausgearbeiteten Maßnahmen. <p>Die Ausschreibung der Wärmeplanung erfolgt durch das Hochbauamt im Jahr 2022. Der Bilanzzeitraum des Klimaschutzkonzeptes kann als Referenz für die Ergebnisse im kommunalen Wärmeplan genutzt werden. Energiekennwerte, genutzte EE-Potentiale, detaillierte Wärmestruktur und Wärmewendestrategie gemäß KSG BW § 7c bilden direkte Ansatzpunkte für die Fortschreibung und Weiterentwicklung des Klimaschutzkonzeptes. Demzufolge bietet sich eine Zusammenarbeit von Stadtplanung und KSM an.</p>				
Akteure: HBA, Stadtplanung, KSM				
Zielgruppe: Stadtverwaltung, Bürgerinnen und Bürger				
Handlungsschritte: Ausschreibung und Beauftragung eines externen Dienstleisters, Erstellung eines kommunalen Wärmeplans, Integration der Ergebnisse bei Fortschreibung des IKSK				
Indikator: Erstellung eines kommunalen Wärmeplans gemäß KSG BW				
Gesamtaufwand: Der Aufwand für die Stadtverwaltung wird auf 50-60 AT geschätzt, abgesehen von der Vergabe an einen externen Dienstleister. Der finanzielle Aufwand ist aufgrund der entsprechenden Ausgleichszahlungen des Landes gering, im Idealfall abgedeckt.				

**Klimaschutz:**

Im Bilanzierungszeitraum des Klimaschutzkonzeptes (2016 - 2019) entfallen ca. 74 % des Endenergiebedarfs im stationären Bereich (Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, kommunale Einrichtungen & Infrastruktur) auf die Wärmeversorgung. Der genutzte Energieträgermix zur Wärmeversorgung verursachte jährlich über 46.000 t CO₂e – entsprechend hoch ist das Potenzial einer nettotreibhausgasneutralen Wärmeversorgung.

Lokale Wertschöpfung:

Sanierungsmaßnahmen erhöhen die lokale Wertschöpfung bei der Vergabe an regionale Handwerker.

Flankierung: M1.001, M1.004, M3.002, M4.003, M6.001

Hinweise:



Heizungspumpentausch				Priorität: C
Handlungsfeld: 3 Nachhaltige Wärmeversorgung Maßnahmennummer: 3.002	Einführung: langfristig	Dauer: 1 Jahr	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★★★
			Kosten/Nutzen	★
			Sonstige positive Effekte	★
Beschreibung: Heizungspumpen sind wichtige Bestandteile für den Kreislauf von Heizsystemen und sind oftmals versteckte Stromfresser. Mit dem Austausch einer veralteten Heizungspumpe lässt sich jährlich Geld sparen. Alte Heizungspumpen können in einem Einfamilienhaus bis zu 600 kWh pro Jahr verbrauchen, während moderne hocheffiziente Modelle inzwischen unter 50 kWh benötigen. Die Stadt könnte zusammen mit lokalen Handwerkern (z.B. über die Innung Sanitär-Heizung-Klima) für einen festgelegten Zeitraum Pauschalangebote für die Heizungspumpentauschaktion entwickeln. Unterstützend können Informationsmaterialien erstellt und verteilt werden um eine intensive Bewerbung durch Stadt und Handwerker zu gewährleisten. Im Rahmen von weiteren Klimaschutzaktivitäten sollte das Thema aufgegriffen werden. Als Anreiz für den Austausch besonders alter Umwälzpumpen könnte eine Bezuschussung für die ältesten drei Modelle gewährleistet werden. Bei jedem Austausch sollte auf die Möglichkeit zur Durchführung eines hydraulischen Abgleichs hingewiesen werden.				
Akteure: Handwerker, KSM, Wirtschaftsförderung				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger				
Handlungsschritte: Kontaktaufnahme mit Handwerkern, Pauschalangebot entwickeln, Informationsmaterialien erstellen, intensive Bewerbung des Angebots				
Indikator: Ausgetauschte Umwälzpumpen, höherer Bekanntheitsgrad von hydraulischem Abgleich				
Gesamtaufwand: Abhängig von Ausgestaltung der Maßnahme. Ein Pumpentausch mit Montage kostet etwa 300 bis 450 €, insofern die älteste Umwälzpumpe mit dem vollen Preis, die Zweitälteste mit 200 € und die Drittälteste mit 100 € prämiert werden, würden maximal 750 € für die Belohnung der aktiven Bürgerinnen und Bürger entstehen.				
Klimaschutz: Der Emissionsfaktor für Strom lag im Bilanzjahr 2019 bei 478 g CO ₂ e/kWh. Demzufolge können durch einen Heizungspumpentausch jährlich Treibhausgasemissionen von über 200 kg vermieden werden. Mit dem Einbau von 100 Hocheffizienzpumpen könnte die Maßnahme jährlich bis zu 20 t THG-Emissionen reduzieren.				
Lokale Wertschöpfung: Die Wahl der Handwerker kann von den Bürgerinnen und Bürgern frei getroffen werden. Bei einer Kooperation mit der SHK-Innung können die lokalen SHK-Innungsfachbetriebe in Bad Rappenau eingesehen werden und bei entsprechender Wahl wird die lokale Wertschöpfung gefördert.				
Flankierung: M1.004, M3.001				
Hinweise:				



Nutzersensibilisierung in städtischen Gebäuden intensivieren				Priorität: C
Handlungsfeld: 4 Klimafreundliche Gebäude und Verwaltung der Stadt Maßnahmennummer: 4.001	Einführung: mittelfristig	Dauer: 3 Jahre	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★
Beschreibung:				
<p>Der Energieverbrauch in städtischen Gebäuden hängt nicht nur vom Zustand und der Größe des Gebäudes ab, sondern wird auch durch das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer bestimmt. Das Bewusstsein für einen sparsamen Umgang mit Energie und das Wissen über Einsparpotenziale ist oft wenig ausgeprägt.</p> <p>Schülerinnen und Schüler sind eine wichtige Zielgruppe, denn diese Menschen prägen den Energieverbrauch in den kommenden Jahrzehnten. Mit dem Engagement von Schulleitungen und Lehrerschaft kann neben direkten Einsparungen in den Gebäuden auch ein Zusatznutzen generiert werden, welcher sich als Lerneffekt für die Privathaushalte auszahlt. Zur Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung von Schülern und Lehrern stehen vielfältige Aktionen zur Verfügung, mit dem Ziel Strom, Wärme und Wasser einzusparen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ „Stand-by-Verbrauch von Elektrogeräten“ ❖ „Wie vermeide ich Abfall?“ ❖ „Nachhaltigkeitstag“ ❖ „Recyclinghof – Wertstoffe sind kein Müll“ ❖ „Frühjahrsputz – Anti-Littering“ ❖ „Wettbewerb Energiesparmeister“ ❖ „Energie-Detektiv EDe“ ❖ „Ausbildung von Umweltmentoren“ <p>Die Stadt sollte diese Möglichkeiten anwerben und regelmäßige Rundbriefe für Schulen erstellen mit einer Auswahl an relevanten und interessanten Themen. Ein jährliches Treffen im Rahmen einer Exkursion empfiehlt sich für alle Schulen die sich bei der Nutzersensibilisierung beteiligen. Die Maßnahme könnte in Folgejahren auch für Kitas und Kindergärten ermöglicht werden. Anschauliche Infomaterialien und entsprechende Angebote für die Jüngeren gibt es bereits.</p>				
Akteure: Stadtverwaltung, KEM, KSM, externe Dienstleister				
Zielgruppe: Schülerinnen und Schüler, Eltern, Lehrerschaft				
Handlungsschritte: Schulleitungen informieren, Umsetzung der Maßnahmen				
Indikator: Bekanntheitsgrad und Nutzung der bestehenden Angebote				
Gesamtaufwand: Der Landkreis Heilbronn stellt eine umfassende Auskunft über die oben genannten Schulprojekte bereit – alle Schulprojekte sind gefördert und werden kontinuierlich angeboten. Der Personalaufwand wird auf 5 AT je Projekt geschätzt, kann mit entsprechender Ausgestaltung und je nach Anzahl der teilnehmenden Schulen auch höher angesetzt werden.				

**Klimaschutz:**

Durch Lerneffekte kann von einer indirekten Klimaschutzwirkung ausgegangen werden.

In den Sporthallen, Schulen, Kindergärten und Kitas wurden im Bilanzjahr 861 Tonnen CO₂e energiebedingt verursacht. Mit 449 MWh wurden dort 57 % des Stromverbrauchs aller städtischen Gebäude benötigt.

Mit 4.315 MWh Wärme entfallen 72 % des Wärmebedarfs und 61 % der THG-Emissionen aller städtischen (Nichtwohn-)Gebäude auf die Erziehungs- & Bildungseinrichtungen.

Lokale Wertschöpfung:

Eingesparte Energiekosten ermöglichen den Privathaushalten Ausgaben in anderen Bereichen.

Flankierung: M1.004, M4.003

Hinweise:



Einführung einer Planungsrichtlinie				Priorität: C
Handlungsfeld: 4 Klimafreundliche Gebäude und Verwaltung der Stadt Maßnahmennummer: 4.002	Einführung: 2023	Dauer: langfristig	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★★★
			Kosten/Nutzen	★★★★
			Sonstige positive Effekte	n.A.
Beschreibung: Bei allen Planungen soll zunächst der Energiebedarf für Strom, Wärme und Kälte durch bauliche Maßnahmen minimiert werden. Der verbleibende Energiebedarf sollte möglichst effizient und durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Bei der Planung sind von Beginn an energetische Aspekte mit zu berücksichtigen. In Ausschreibungen sollte der Endenergieverbrauch und die CO ₂ -Emissionen von Anlagen und technischen Kriterien mit aufgenommen werden um eine Abwägung zu ermöglichen. Energetische Grundsätze der Planung sollten festgelegt werden: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Kompaktheit: Möglichst kleines Verhältnis zwischen wärmeübertragender Umfassungsfläche in Relation zum Bauwerksvolumen (A/V). ❖ Zonierung: Räume gleicher Nutzungstemperatur sollten innerhalb eines Gebäudes möglichst zusammengelegt werden. ❖ Keine Heizflächen vor transparenten Außenflächen und in reinen Windfängen ❖ Möglichkeit einer möglichst aktiven Solarenergienutzung bei Neubauten berücksichtigen. Sommerliche Überhitzung vermeiden und 35 % Glasflächenanteile möglichst nicht überschreiten. ❖ Alle Räume sollten natürlichen Zugang zu Licht und Luft haben (tagesorientierte Arbeitsplätze und keine innen liegenden Aufenthaltsräume) ❖ Einsatz von ressourcenschonenden Materialien im Bau Die Planungsvorgaben sollten für alle externen und internen Planungen bindend werden und Bestandteil von Verträgen mit Architekten und Ingenieuren sein.				
Akteure: Stadt				
Zielgruppe: Stadt				
Handlungsschritte: Kriterien formulieren, Planungsrichtlinie beschließen, Öffentlichkeitsarbeit zu guten Beispielen				
Indikator: Reduzierung des städtischen Energieverbrauchs				
Gesamtaufwand: gering				
Klimaschutz: Im Bilanzjahr 2019 verursachten die städtischen (Nichtwohn-)Gebäude 1.434 Tonnen CO ₂ e durch Strom- und Wärmenutzung. Der Endenergieverbrauch umfasste 794 MWh für Strom und 5.997 MWh für Wärme. Der Klimaschutzbeitrag der Maßnahme ist bezogen auf die Gesamtemissionen im Stadtgebiet vergleichsweise gering und eher von Relevanz für die Energiekosteneinsparung.				
Lokale Wertschöpfung: Durch die Vergabe an Architekten, Ingenieure und Handwerker aus der Region wird eine lokale Wertschöpfung gewährleistet.				
Flankierung: M1.004, M4.004, M7.001, M8.001				
Hinweise: Gute Beispiele sollten in der Presse und auf der Internetseite der Stadt veröffentlicht werden.				



Kommunales Energiemanagement				Priorität: B
Handlungsfeld: 4 Klimafreundliche Gebäude und Verwaltung der Stadt Maßnahmennummer: 4.003	Einführung: mittelfristig	Dauer: 3 Jahre	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★★★
			Kosten/Nutzen	★★★★
			Sonstige positive Effekte	★★
Beschreibung: Ziel dieser Maßnahme ist die Senkung des Energieverbrauchs in den städtischen Liegenschaften. Die systematische Erfassung, Zusammenführung und Kontrolle der Energieverbräuche der städtischen Liegenschaften bildet die Basis für Einsparmöglichkeiten. Ineffizienzen können rechtzeitig erkannt, priorisiert und behoben werden. Diese Maßnahme ist eine Notwendigkeit für die dauerhafte Senkung der Energieverbräuche und für die Entlastung des kommunalen Finanzhaushalts der Großen Kreisstadt. Das kommunale Energiemanagement (KEM) liefert die methodische Grundlage. Entsprechend professionelle Software und Messtechnik sollen die kontinuierliche Erfassung, Steuerung und Senkung der Energieverbräuche gewährleisten. Mit der Einführung eines Energiemonitoringsystems sind Einsparungen von 10 % des Energieverbrauchs realistisch. Die Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg gibt Kosteneinsparungen von 20 – 30 Prozent an sowie ein Kosten-Nutzen-Verhältnis für kommunales Energiemanagement von 1:3. https://www.kea-bw.de/energiemanagement/wissensportal/erstklassige-foerderung-fuer-kommunales-energiemanagement Seit Anfang 2022 bietet das Land Baden-Württemberg hierfür die Förderung einer Personalstelle mit 70 % der Kosten an. Für die zentrale Erfassung ist eine Gebäudeleittechnik sinnvoll. Auch hier gibt es Förderungen mit 70 % für Energiemanagement-Software und Messtechnik mit Zähler und Sensoren für besseres Controlling.				
Akteure: HA, HBA, KSM				
Zielgruppe: Stadt				
Handlungsschritte: Ratsbeschluss (Bedingung für Förderung), Beantragung von Fördermitteln, Stellenausschreibung, Implementierung KEM & Umsetzung erster Maßnahmen, Monitoring und Controlling, Erstellung von Energieberichten				
Indikator: Zuwendungsbescheid, eingesparte Energiekosten, eingesparte Endenergie, Verstetigung der Stelle				
Gesamtaufwand: Der Personalaufwand für Antragstellung, Ausschreibung und Einarbeitung wird auf 20 AT geschätzt. Die Maßnahme wird (finanziell, rechtlich, technisch und politisch) mit einer ausgezeichneten Umsetzbarkeit bewertet.				

**Klimaschutz:**

Im Bilanzjahr 2019 verursachten die städtischen (Nichtwohn-)Gebäude 1.434 Tonnen CO₂e durch Strom- und Wärmenutzung. Der Endenergieverbrauch umfasste 794 MWh für Strom und 5.997 MWh für Wärme.

Der Klimaschutzbeitrag wird auf 150 Tonnen vermiedener CO₂e pro Jahr allein für städtische Gebäude eingestuft.

Lokale Wertschöpfung:

Eingesparte Energiekosten können für Kapitaldienste bei energetischen Investitionen genutzt werden.

Flankierung: M1.003, M1.004, M3.001, M4.001, M6.002

Hinweise:



Etablierung einer nachhaltigen Beschaffung				Priorität: C
Handlungsfeld: 4 Klimafreundliche Gebäude und Verwaltung der Stadt Maßnahmennummer: 4.004	Einführung: kurzfristig	Dauer: langfristig	Klimaschutz	★★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★
			Sonstige positive Effekte	★
Beschreibung: Die Stadt intensiviert ihre Anstrengungen in den Bereichen Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Es ist ein wichtiges Anliegen der Verwaltungsspitze, die Auswirkungen täglicher Entscheidungen auf das Klima herauszustellen. Entscheidungen sollen hinsichtlich der Auswirkungen auf das Klima hinterfragt werden, um bei künftigen Entscheidungen klimarelevant zu entscheiden. Hierbei kann das Beschaffungswesen einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Der Fokus bei der Beschaffung von Produkten auf die Investitionskosten kann durch Einbeziehung von Klimawirkung und Lebenszykluskosten erweitert werden. Die Langlebigkeit von Produkten kommt langfristig nicht nur dem städtischen Haushalt zugute, sondern auch der Schonung von Ressourcen, Rohstoffen, Transporten und Energieaufwendungen. Werden neben wirtschaftlichen und ökologischen Kriterien auch soziale Aspekte berücksichtigt, kann sich die Leistungsbeschreibung für die nachhaltigen Aspekte an aussagekräftigen Gütezeichen orientieren. Speziell für das kommunale Beschaffungswesen ist www.kompass-nachhaltigkeit.de eine hilfreiche Plattform. Insbesondere bei Veranstaltungen kann die Stadt als Vorbild wirken und regionale oder ausschließlich biologische und fair gehandelte Verpflegung anbieten. Zu feierlichen Anlässen und Danksagungen können Geschenkkörbe mit regionalen Lebensmitteln verschenkt werden. In vielen Bereichen ist die Stadt hier bereits gut aufgestellt und entwickelt sich schrittweise weiter. Als wichtige Bereiche zählen Ökostrom, IT-Infrastruktur, energieeffiziente Geräte und der Fuhrpark. Aber auch Dienstleistungen im Gebäudebereich und Bauwesen sowie solide und faire Arbeitskleidung sind relevant. Für eine verstärkte Sensibilisierung der Thematik können für die Beschaffung Verantwortliche, aus Stadtverwaltung und kommunalen Unternehmen, an Schulungen teilnehmen. Ein breites Informationsspektrum hierzu bieten die Kompetenzstelle Nachhaltige Beschaffung des Bundesinnenministeriums und das Nachhaltigkeitsbüro der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.				
Akteure: KSM, HA				
Zielgruppe: Stadtverwaltung, kommunale Betriebe, Veranstaltungsgäste				
Handlungsschritte: Bildung eines Arbeitskreises, Erarbeitung einer Umsetzungsstrategie zur Etablierung einer nachhaltigen Beschaffung, Fortschreibung und Weiterentwicklung				
Indikator: nachhaltige Beschaffungen				
Gesamtaufwand: Es kann von einem geringen Aufwand ausgegangen werden (< 15 AT). Der Personalaufwand für den Arbeitskreis wird auf 5-7 AT geschätzt. Weitere 7 AT sollten jährlich für die Bearbeitung und Umsetzung eingeplant werden (Planung und Durchführung von Schulungen der Servicestellen sowie Motivation von kommunalen Unternehmen inbegriffen).				



Klimaschutz:

Energieeffiziente Geräte und nachhaltige Baumaterialien führen direkt zu Energieeinsparungen und Emissionsreduktionen, was bei Betrachtung des Lebenszyklus ersichtlich wird. Mit dieser Maßnahme kann sich die Vorbildfunktion der Stadt manifestieren. Dadurch und durch die Beeinflussung der Hersteller werden auch indirekte Wirkungen verursacht.

Lokale Wertschöpfung: Werden Produkte bei Betrieben/Händlern vor Ort gekauft, wird eine lokale Wertschöpfung ermöglicht. Analog dazu gilt dies auch für Dienstleistungen.

Flankierung: M1.004, M4.002, M5.001, M8.002

Hinweise:



Klimaverträgliche Flächenverpachtung				Priorität: A
Handlungsfeld: 5 Flächenmanagement Maßnahmennummer: 5.001	Einführung: 2023/2024	Dauer: langfristig	Klimaschutz	★★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★★★
Beschreibung:				
<p><i>Bei der Bewirtschaftung von Grundflächen im Eigentum oder Besitz der öffentlichen Hand sollen die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege in besonderer Weise berücksichtigt werden.</i></p> <p><i>Natur und Landschaft sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Grundlage für Leben und Gesundheit des Menschen auch in Verantwortung für die zukünftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, dass die biologische Vielfalt, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind.</i></p> <p><i>Dieser Schutz umfasst auch die Pflege, die Entwicklung und, soweit erforderlich, die Wiederherstellung von Natur und Landschaft.</i></p> <p>Durch den Klimawandel erhöht sich der Bedarf an funktionierendem Biotopverbund. In Deutschland sind Auswirkungen des Klimawandels auf Arten, Lebensräume und ökologische Beziehungsgefüge wissenschaftlich nachgewiesen. Diese Auswirkungen gehen vielfach über die natürliche Ausbreitungs- und Anpassungsfähigkeit der Systeme hinaus und werden sich in den nächsten Jahren noch verstärken.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arealverschiebungen (Verbreitung, Jahresrhythmus und Fortpflanzung von Tier- und Pflanzenarten) • Desynchronisation ökosystemarer Beziehungen (Räuber-Beute-Beziehungen, Blütenbestäubung durch Insekten oder Brutparasitismus) • Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten (z.B. Beifuß-Ambrosie, Tigermücke, asiatische Hornisse) • Veränderung von Ökosystemen • Verteilung der Niederschläge, Wasserhaushalt • Veränderung von Stoffumsatzprozessen (Abbau von organischem Material in oberen Bodenschichten) <p>Die Natur ist jedoch nicht nur Betroffene, sondern kann zum Teil der Lösung werden, indem ökosystembasierte Ansätze eingesetzt werden, um einen Beitrag zum Klimaschutz und zur Klimafolgenanpassung zu leisten. Klimaschutz und Naturschutz müssen also eng zusammen gedacht werden.</p> <p>In Pachtverträgen sollten ökologische Mindeststandards aufgenommen werden oder weiterhin Bestandteil sein.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Landschaftselemente bewahren ❖ Keine gentechnisch veränderten Organismen ❖ Verzicht auf Klärschlamm ❖ Verzicht auf Grünlandumbruch ❖ Nassstellen erhalten 				
Akteure: RA, KSM				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger, Besuchende der Großen Kreisstadt				



Handlungsschritte: Mindeststandards für Pachtverträge formulieren, Auswirkungen des Klimawandels bei neuen Pachtverträgen berücksichtigen (vgl. Kapitel 6.5 und 6.7.1, 6.7.2, 6.7.3, 6.7.4, 6.7.6)
Indikator: Berücksichtigung von Naturschutz und Klimaschutz bei Flächennutzung
Gesamtaufwand: Der Personalaufwand ist abhängig vom Ambitionsgrad der Ausgestaltung
Klimaschutz: In Bad Rappenau entfallen neben Siedlungs- und Verkehrsflächen etwa 80 % auf die Vegetation des Kraichgaus. Die Große Kreisstadt hat mit Pachtverträgen für Ackerflächen, Grünland und Obstbaumwiesen sowie mit dem Forstbetrieb Einfluss auf die Flächennutzung von etwa 10 % der Gesamtfläche der Großen Kreisstadt.
Lokale Wertschöpfung: Senkt versteckte Kosten für Infrastruktur und Stadtentwässerung.
Flankierung: M2.001, M4.004, M7.001, M8.001
Hinweise:



Energieeffizienznetzwerk aufbauen				Priorität: A
Handlungsfeld: 6 Wirtschaft Maßnahmennummer: 6.001	Einführung: kurzfristig	Dauer: dauerhaft	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★★★
			Kosten/Nutzen	★★
			Sonstige positive Effekte	★
Beschreibung: Das Thema Energieeffizienz gewinnt im Zusammenhang mit Klimaschutz und Nachhaltigkeit in Unternehmen zunehmend an Bedeutung. Mit dem Aufbau eines Energieeffizienznetzwerkes zielt die Maßnahme darauf ab, positive Effekte durch Erfahrungsaustausch von verschiedenen Betrieben zu erzielen. Hierzu kann beim bewährten Unternehmerfrühstück angesetzt werden. Außerdem sollen hierdurch vorbildliche Beispiele und Erfahrungswerte (z.B. Nutzung von erneuerbaren Energien, Energie-Management-Systemen oder Energiesparmaßnahmen) bekannt gemacht werden. Das Netzwerk kann langfristig überregional aufgebaut und in Form eines Arbeitskreises etabliert werden. Eine Zusammenarbeit mit Nachbarkommunen und der IHK ist dann empfehlenswert.				
Akteure: OB, Wirtschaftsförderung, KSM				
Zielgruppe: Unternehmen				
Handlungsschritte: Gründung Arbeitskreis, aktive Bewerbung, Durchführung von halbjährigen Treffen				
Indikator: Mitglieder im Arbeitskreis				
Gesamtaufwand: Der Personalaufwand wird als gering eingeschätzt. Der Umfang für die koordinativen Aufgaben wird auf unter 15 AT geschätzt.				
Klimaschutz: Im Bilanzjahr wurden durch energetische Prozesse, Strom- und Wärmenutzung des Bad Rappenauer Wirtschaftssektors etwa 29.891 Tonnen CO ₂ -Äquivalente emittiert. Der zu erwartende Klimaschutzeffekt ist eher gering, die erzielten positiven Effekte werden indirekt durch die Maßnahme gefördert, trotzdem können die Energiesparbemühungen mit relevanten Kosteneinsparungen für die Betriebe einhergehen. Der Potenzialanalyse entsprechend liegen wesentliche Einsparpotentiale der Wirtschaft in Bad Rappenau im Bereich der Raumwärme. Der Einsatz effizienter Technologien kann sich strombedingt im Bereich der mechanischen Energie besonders wirksam erweisen (vgl. Kapitel 4.2).				
Lokale Wertschöpfung: Die eingesparten Energiekosten der Unternehmen ermöglichen Ausgaben in anderen Bereichen.				
Flankierung:				
Hinweise: Es ist zu prüfen, ob Fördermittel für „Überbetriebliche Energieeffizienztische“ über das Land abgerufen werden können.				



Motivation für Energiemanagement in Betrieben				Priorität: B
Handlungsfeld: 6 Wirtschaft	Einführung: 2023	Dauer: 3 Jahre	Klimaschutz	★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★
Maßnahmennummer: 6.002				
<p>Beschreibung: Betrieben in Bad Rappenau soll ermöglicht werden wesentliche Einsparpotenziale mit möglichst geringem Aufwand zu erkennen. Das Thema Energieeffizienz gewinnt im Zusammenhang mit Klimaschutz und Nachhaltigkeit in Unternehmen zunehmend an Bedeutung. Speziell für kleine und mittlere Unternehmen sollen energieberatende Angebote verstärkt beworben werden. Professionelle bereits bestehende Angebote hierzu sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Beratungsangebote der Landesenergieagentur KEA-BW ❖ Energie-Checks der Regionalen Kompetenzstelle für Energieeffizienz KEFF <p>Die Landesregierung möchte den Energieverbrauch in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Jahr 2010 halbieren. Hierfür braucht es deutliche Steigerungen der Energieeffizienz, wozu für Unternehmen regionale Kompetenzstellen für Energieeffizienz (KEFF) durch das Umweltministerium gefördert werden. Hierdurch werden flächendeckend kostenlose und unabhängige Energieberatungsangebote vermittelt.</p>				
Akteure: KSM, Wirtschaftsförderung				
Zielgruppe: Unternehmen				
<p>Handlungsschritte: Bewerbung des Angebots durch Ansprache der Unternehmen, dauerhafte Bewerbung auf KSM-Website</p>				
Indikator: durchgeführte Beratungen				
<p>Gesamtaufwand: Der Personalaufwand der Maßnahme wird als gering eingeschätzt. Nur wenn eine eigene Informationsveranstaltung für Unternehmen in Bad Rappenau angeboten wird könnten geringfügige Kosten entstehen.</p>				
<p>Klimaschutz: Im Bilanzjahr wurden durch energetische Prozesse, Strom- und Wärmenutzung des Bad Rappenauer Wirtschaftssektors etwa 29.891 Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert. Der zu erwartende Klimaschutzeffekt wird als moderat eingestuft und wird indirekt erzielt. Der Potenzialanalyse entsprechend liegen wesentliche Einsparpotentiale der Wirtschaft in Bad Rappenau im Bereich der Raumwärme. Der Einsatz effizienter Technologien kann sich strombedingt im Bereich der mechanischen Energie besonders wirksam erweisen (vgl. Kapitel 4.2).</p>				
<p>Lokale Wertschöpfung: Die eingesparten Energiekosten der Unternehmen ermöglichen Ausgaben in anderen Bereichen.</p>				
Flankierung: M1.003, 1.004, M1.005, M3.001, M4.002, M4.003, M6.002				
Hinweise:				



Konzeption zur Anpassung an den Klimawandel				Priorität: B
Handlungsfeld: 7 Anpassung an den Klimawandel Maßnahmennummer: 7.001	Einführung: 2024	Dauer: 1,5 Jahre	Klimaschutz	n.A.
			Umsetzbarkeit	★★★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★★★
<p>Beschreibung: Selbst bei der erfolgreichen Umsetzung einer ambitionierten Klimaschutzpolitik wird sich das Klima in Baden-Württemberg und dem Landkreis Heilbronn weiterhin verändern und aufgrund der anthropogenen Einflüsse der vergangenen Jahrzehnte weitere spürbare Folgen mit sich bringen. Deshalb ist es vorsorglich und entscheidend neben den Klimaschutzmaßnahmen auch geeignete Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln und umzusetzen.</p> <p>Ein erster Ansatzpunkt für die Betroffenheit von Bad Rappenau durch den Klimawandel ist mit Kapitel 6.7 gegeben und umfasst folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Boden ❖ Landwirtschaft ❖ Wasserhaushalt ❖ Wald und Forstwirtschaft ❖ Gesundheit ❖ Naturschutz und Biodiversität ❖ Tourismus ❖ Stadt- und Raumplanung <p>Weitere Betroffenheit besteht auch in der (Energie-)Wirtschaft, im Bevölkerungsschutz und im Verkehr. Das zu erstellende Handlungsprogramm soll helfen mit den Folgen des Klimawandels umzugehen, Schäden zu verringern und existierende Chancen nutzen. Eine nachhaltige Klimafolgenanpassung trägt zu den deutschen und internationalen Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs) bei und zielt auf die Erhöhung von Robustheit und Klimaresilienz der Großen Kreisstadt und deren Naturräume.</p>				
Akteure: Stadt, HA, KSM				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger, Besuchende der Großen Kreisstadt				
Handlungsschritte: Beratung, Ratsbeschluss des Gemeinderats, Förderantrag stellen, Erstellung eines Nachhaltigen Anpassungskonzeptes, Umsetzungsvorhaben				
Indikator: Einstieg in Kommunales Anpassungsmanagement über Förderprogramm und Anpassungskonzept				
Gesamtaufwand: Der Gesamtaufwand für Förderantrag und Konzepterstellung variiert mit Beteiligungsumfang des KSM.				
Klimaschutz: Durch den Einfluss auf Nichtenergetische Emissionen sowie Stärkung der Senkenleistung von Ökosystemen können Klimaanpassungsmaßnahmen auch relevante Beiträge zum Klimaschutz liefern. Hauptziel ist aber die Anpassung an unvermeidliche Veränderungen durch den Klimawandel.				
Lokale Wertschöpfung: Durch die Vergabe von Aufträgen zum Umsetzungsvorhaben an lokale Handwerks- und Fachbetriebe erfolgt eine lokale Wertschöpfung.				
Flankierung: M2.001, M2.003, M4.001, M4.002, M5.001, M8.001, M8.002				
Hinweise: Für fortgeschrittene Akteure mit einem Anpassungskonzept eröffnet sich die Möglichkeit für eine innovative Maßnahmenförderung.				



Naturverständnis fördern				Priorität: B
Handlungsfeld: 8 Klimafreundliche Lebensstile Maßnahmennummer: 8.001	Einführung: 2024	Dauer: 3 Jahre	Klimaschutz	★★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★★
			Sonstige positive Effekte	★★★
Beschreibung: <p>Städte und Gemeinden sind im Umgang mit dem Klimawandel besonders wichtig, da sie einerseits durch Verringerung der Treibhausgasemissionen zur Begrenzung der weiteren Klimaänderungen beitragen können und andererseits auf die unmittelbaren Folgen des Klimawandels reagieren und sich anpassen müssen. Naturschutz und Klimaschutz müssen hierbei zusammen gedacht werden und gegen negative Auswirkungen auf die Biodiversität wie sie in Kapitel 6.7 beschrieben werden muss entsprechend reagiert werden.</p> <p>Die Maßnahme fokussiert sich auf die Bewusstseinsbildung für die Relevanz von Natur im Klimawandel in und um Bad Rappenau und soll das Naturverständnis grundlegend fördern. Hierzu werden vom KSM Kontakte mit lokalen Akteuren geknüpft um Veranstaltungen durchzuführen. Gute Beispiele für einfache Umsetzungen von Maßnahmen im privaten Bereich können vermittelt werden.</p> <p>Gleichzeitig zur Vermittlung und Durchführung von Beteiligungs- und Bildungsangeboten kann der Kommunale Klimaschutz in Handlungsreichweite der Stadt weiterentwickelt und die Informationsbereitstellung für die Bevölkerung erhöht werden, z.B.: Insektenfreundliche Pflege öffentlicher Flächen, Außenbeleuchtung, Schottergärten, Biotopverbund, Landwirtschaft und Refugialflächen oder Streuobstschutz.</p> <p>Zur Durchführung von Veranstaltungen bieten sich Kooperationen mit Naturschutzverbänden an sowie die diesbezügliche Kontaktaufnahme zu weiteren Kommunen und Gründung eines Arbeitskreises für ein systematisches Vorgehen über alle Jahreszeiten verteilt.</p>				
Akteure: KSM, Forstreviersleitung, Naturschutzorganisationen, Schulen und Kitas, Vereine				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger, Besuchende der Großen Kreisstadt				
Handlungsschritte: Kontaktaufnahme zu benachbarten Kommunen und Naturschutzverbänden, Gründung Arbeitskreis vor Ort, Kommunikationsstrategie und Jahresprogramm erarbeiten, Durchführung von Veranstaltungen systematisch nach einem Jahres(-zeiten-)ablauf				
Indikator: Anzahl und Qualität von Informations- und Bildungsangeboten, Besucherzahl der Veranstaltungen, Reduktion der Vermüllung				
Gesamtaufwand: Der Aufwand ist abhängig von der Ausgestaltung der Maßnahme.				
Klimaschutz: Natürliche Emissionssenken, intakte Ökosysteme, aber auch Siedlungsgrün binden Treibhausgase und wirken dem Klimawandel direkt entgegen.				
Lokale Wertschöpfung: Durch die Vergabe an lokale Handwerks- und Fachbetriebe erfolgt eine lokale Wertschöpfung.				
Flankierung: M2.001, M2.003, M4.002, M5.001, M7.001, M8.002				
Hinweise:				



Sensibilisierung für Ernährung und Konsum				Priorität: B
Handlungsfeld: 8 Klimafreundliche Lebensstile Maßnahmennummer: 8.001	Einführung: 2024	Dauer: 3 Jahre	Klimaschutz	★★★
			Umsetzbarkeit	★★
			Kosten/Nutzen	★★
			Sonstige positive Effekte	★★
Beschreibung: Die Maßnahme zielt auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen, welche nicht direkt dem Gebäude- oder Strombereich zugeordnet werden, sondern aufgrund von individuellen Kaufentscheidungen entstehen. Hierzu soll für die Themen Ernährung und Konsum sensibilisiert werden und die damit verbundenen Umweltauswirkungen. In der globalisierten Welt des 21. Jahrhunderts entstehen durch Herstellung, Transport, Organisation, Konsum und Entsorgung von Produkten und deren Verpackungen gigantische Emissionen. Im Vergleich zu den benötigten Treibstoffen für den Transport entstehen relativ viele Treibhausgase durch Tierhaltung. Flächen-, Wasser-, Futter- und Energiebedarf sind mit etlichen Auswirkungen auf Ökosysteme weltweit verknüpft. Die Mengen an essbaren Lebensmitteln im Abfall sind besorgniserregend. Häufig besteht kein Wissen darüber, dass im Alltag durch persönliche Entscheidungen einfacher effektiver Klimaschutz praktiziert werden kann und somit jedem Individuum Einflussmöglichkeiten gegeben sind. Diese Einflussmöglichkeiten sollen im Rahmen einer sensibilisierenden Aufklärungskampagne und mithilfe von Workshops aufgezeigt werden, um eine Integration in den Alltag zu erleichtern.				
Akteure: KSM, Verbände, Vereine, Initiativen, Schulen				
Zielgruppe: Bürgerinnen und Bürger, Besuchende der Großen Kreisstadt				
Handlungsschritte: Planung der Aufklärungskampagne, Kooperation mit Verbänden, Vereinen, Institutionen, Durchführung der Sensibilisierung				
Indikator: Schaffung von Problembewusstsein, Steigerung der regionalen und saisonalen Ernährung, Reduktion der Vermüllung				
Gesamtaufwand: Dauer und Anzahl der Veranstaltungen ist abhängig von der Ausgestaltung der Maßnahme, für die Workshops und Kampagne fallen Personalkosten und Sachkosten an.				
Klimaschutz: Laut Umweltbundesamt liegt der durchschnittliche persönliche CO ₂ -Fußabdruck in Deutschland im Jahr 2022 bei 10,8 t CO ₂ e, wobei allein durch bewussten Konsum und pflanzenbetonte Ernährung etwa 3,5 t CO ₂ e jährlich vermieden werden können. Der Klimaschutzeffekt erfolgt sowohl direkt als auch indirekt und wird als sehr stark eingestuft.				
Lokale Wertschöpfung: Regionale und saisonale Ernährung führt zu lokaler Wertschöpfung. Durch die Beauftragung lokaler Betriebe erfolgt ebenfalls eine lokale Wertschöpfung.				
Flankierung: M2.001, M2.002, M2.003, M4.004, M5.001, M6.001, M7.001, M8.001				
Hinweise: Effekte gesundheitlicher Art, ethische Fragen zur Tierhaltung oder Futtermittelproduktion sollten berücksichtigt werden.				



7. Verstetigungsstrategie

7.1 Verstetigung Klimaschutzmanagement

Mit dem Beitritt zum „Klimaschutzpakt Baden-Württemberg“ verdeutlicht die Große Kreisstadt Bad Rappenau nicht nur, dass sie beim Klimaschutz aktiv ist, sondern bekennt sich auch zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes und schafft mit der Stabsstelle Klimaschutz grundlegende Strukturen in der Verwaltung um der Vorbildwirkung der öffentlichen Hand gerecht zu werden. Gemeinden, Städten und Landkreisen kommt beim Klimaschutz eine Schlüsselrolle zu. Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2040 und die im Klimaschutzkonzept entwickelten Maßnahmen sind eine Langzeitaufgabe, welche auf den Einsatz und das Engagement von Akteuren der gesamten Stadt angewiesen ist. Für die Initiierung, Gestaltung und koordinierende Betreuung bedarf es Personalkapazitäten welche im Klimaschutzmanagement gebündelt werden. Das Deutsche Institut für Urbanistik weist in seinem Praxisleitfaden für Kommunalen Klimaschutz auf die vielfältigen Leistungen des Klimaschutzmanagements hin, wie z.B. Vorbereitung von Klimaschutzzielen, Erstellung / Umsetzung eines Klimaschutzkonzepts, Initiierung und Umsetzung von Maßnahmen, systematische Erfassung und Auswertung klimaschutzrelevanter Daten, Betreuung des kommunalen Energiemanagements, Steigerung des Einsatzes Erneuerbarer Energien, Kooperation mit relevanten Akteuren, intensive Öffentlichkeitsarbeit etc. (Difu, 2018).

Klimaschutz-Team in der Verwaltung

Der Tatsache, dass Klimaschutz eine sektorenübergreifende Aufgabe darstellt, soll durch die Gründung einer verwaltungsinternen Steuerungsgruppe, mit der Vertretung der verschiedenen Fachbereiche, Rechnung getragen werden. Das Klimaschutzkonzept der Stadt Bad Rappenau enthält grundlegende strategische Handlungsfelder mit konkreten Maßnahmenvorschlägen sowie Szenarien für den langfristigen Klimaschutz. Die Umsetzung der Maßnahmen des Klimaschutzkonzeptes erfordert das Handeln in unterschiedlichen Bereichen, welche nicht in einem Zug planbar oder umsetzbar sind und entsprechend kontinuierliches Engagement in den Jahren bis 2030 und folgend bis 2040 erfordern. Der Maßnahmenkatalog enthält Maßnahmen, die auf Beratung, Information, Kommunikation und Motivation beruhen und grundsätzlich Bürgerinnen und Bürger, Wirtschaft und die Bad Rappenauer Naturräume unterstützen sollen. Einige Handlungsfelder enthalten Maßnahmen, welche die Stadt auch im Rahmen ihrer Pflichtaufgaben durchführen kann.

Für die erfolgreiche Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes ist die Gründung eines Klimaschutz-Teams aus Mitarbeitenden verschiedener Fachämter und städtischer Unternehmen empfehlenswert. Klimaschutz ist Teamarbeit und interdisziplinär. Das Klimaschutz-Team sichert die projektbezogene fachliche Zuarbeit, den Informationsaustausch und die Koordination zwischen den Abteilungen und betreut unterstützend alle Maßnahmen im Bereich Klimaschutz. Treffen finden formal halbjährlich statt und projektbezogen bei Bedarf.



Erfahrungsaustausch

Klimaschutz ist eine globale Herausforderung und lässt sich nicht nur auf dem Gebiet einer Kommune erledigen. In Deutschland, Baden-Württemberg und in der Region um Bad Rappenau wurden und werden Klimaschutzkonzepte durch die Nationale Klimaschutzinitiative erstellt. Das Klimaschutzmanagement unterstützt Kommunen dabei, Klimaschutz auf lokaler Ebene zu stärken und Treibhausgasemissionen einzusparen. Die KEA-BW organisiert seit 2012 einen Erfahrungsaustausch von Klimaschutzmanagerinnen und -managern. Seit 2014 wird dieses Treffen, gemeinsam mit dem Service- und Kompetenzzentrum: Kommunalen Klimaschutz (SK:KK), der Energieagentur Rheinland-Pfalz und dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr des Saarlandes, länderübergreifend veranstaltet. Der Fachbereich Energie und Klima des Landratsamtes Heilbronn initiiert jährlich Netzwerktreffen für kommunale Akteure im Klimaschutz des Landkreises.

Grundsätzlich ist der aktive Erfahrungsaustausch und die Kooperation mit anderen Städten im Bereich Klimaschutz sinnvoll. Durch konkrete Kooperationen können außerdem Ressourcen gebündelt werden, speziell bei Maßnahmen zur Information, Beratung und Öffentlichkeitsarbeit. Der fachliche Austausch benachbarter Kommunen ist besonders naheliegend, da ähnliche regionale Einflussfaktoren und Randbedingungen für Klimaschutzmaßnahmen bestehen.

Mögliche Handlungsfelder für interkommunale Kooperationsvorhaben im Klimaschutz und bei der Anpassung an den Klimawandel bestehen laut dem Deutschen Institut für Urbanistik in den Bereichen Abfall- und Wasserwirtschaft, Verkehr und Energie, aber auch weiteren Handlungsfeldern wie Naturschutz und Biologische Vielfalt, Renaturierung, Grünzüge, Kalt- und Frischluftschneisen, Hochwasservorsorge, Sicherung von Überschwemmungsgebieten, Auenbildung et cetera.

Klimaschutz-Beirat

Zur Unterstützung der Bemühungen und Zielerreichung im Klimaschutz sollte ein Klimaschutz-Beirat eingerichtet werden. Dieser übernimmt zwei wichtige Funktionen: Erstens gibt er durch seine beratende Funktion Empfehlungen an Politik und Verwaltung, weshalb eine Zusammensetzung als Expertengremium durchaus möglich sein sollte. Zweitens kann der Beirat eine ergänzende Controlling-Funktion übernehmen, wobei Fortschritte der Klimaschutzmaßnahmen und Zielerreichung energiepolitischer Ziele kritisch betrachtet werden. Als Expertengremium empfiehlt sich eine Zusammensetzung mit Umweltverbänden, lokalen Handwerkern, Energieberatern, etc. Ebenfalls kann er sich als Beteiligungsplattform aus engagierten Bürgerinnen und Bürgern sowie aktiven Klimaschützenden bilden. In jedem Falle hat der Klimaschutz-Beirat eine unterstützende Rolle für das Klimaschutzmanagement bei der Umsetzung der Maßnahmen inne und kann jederzeit neue Impulse geben.

Die Weiterentwicklung des Klimaschutzkonzeptes wird durch den Klimaschutz-Beirat auf eine breite Basis gestellt, konstruktiv begleitet und mit neuen Ideen und Vorschlägen gespeist. Der Beirat tagt zweimal jährlich und ist für die Einbindung von weiteren Akteuren offen. Als stadtweites Gremium treibt er das Thema Klimaschutz weiter voran und beschleunigt die Maßnahmenumsetzung.



7.2 Akteursbeteiligung

Persönlicher Kontakt

Seit Einstellung eines Klimaschutzmanagers steht zu den Sprechzeiten, von Montag bis Mittwoch zwischen 08:00 Uhr – 12:00 Uhr und 14:00 Uhr – 15:30 Uhr sowie donnerstags von 08:00 Uhr – 12:00 Uhr und 14:00 Uhr – 17:30 Uhr und freitags von 08:00 Uhr – 12:00 Uhr, ein Ansprechpartner für die Themen Klimawandel, Klimaschutz und Klimafolgenanpassung im Rathaus der Stadt Bad Rappenau zur Verfügung. Dieses Angebot wurde von den Bürgerinnen und Bürgern der Stadt rege in Anspruch genommen, wobei Anregungen, Kritik und Resonanz in die Maßnahmenentwicklung des Klimaschutzkonzepts Einzug fanden.

Website



Abbildung 81: Webslogan der Stadt Bad Rappenau für den Kommunalen Klimaschutz

Noch im Jahr 2021 ermöglichte die Informations- und Kommunikationstechnik-Abteilung (IuK) den Internetauftritt des Klimaschutzmanagements und erstellte ein zugehöriges Webslogan (s.o.).

Die Website (www.klimaschutz-badrappenau.de) ist auch über die städtische Website aufrufbar und bietet die Möglichkeit die Themen Klimaschutzkonzept (Energie- und THG-Bilanzierung, Handlungsfelder, Maßnahmenkatalog) und Klimaschutzmanagement (Organisation von Klimaschutz auf kommunaler Ebene) transparent zu kommunizieren. Im Laufe der Konzeptumsetzung können in diesen Rubriken auch grafische Auswertungen der Energie- und THG-Bilanz hochgeladen werden sowie Maßnahmenblätter des Konzepts. Außerdem wurde ein Bereich mit hilfreichen Querverweisen unter „Informatives“ eingerichtet, wo der Energieatlas Baden-Württemberg und das Klimaschutzgesetz BW verlinkt sind sowie die Anpassungsstrategie des Landes mit den Monitoringberichten. Weiterführende Informationen des Fraunhofer ISE mit aktuellen Fakten zur Photovoltaik in Deutschland und zur gegenwärtigen Stromproduktion mit sämtlichen Informationen auf (www.energy-charts.de) sowie ein Querverweis zu den Netzentwicklungsplänen der Übertragungsnetzbetreiber sind zu finden. Der umfangreiche Klimaschutz-Newsletter des Landkreises Heilbronn sowie die jährlich erscheinende Ausgabe für besonders sparsame Geräte für den Haushalt sind ebenfalls verlinkt.

Unter „Neuigkeiten zum Klimaschutz“ erscheinen sowohl Benachrichtigungen zu anstehenden Veranstaltungen, als auch Presseartikel zu vergangenen Ereignissen, wobei hier ein informativer und interaktiver Charakter vereint werden. So wurde anfänglich, im September 2021, parallel zum örtlichen Mitteilungsblatt die Aktion „Handys nachhaltig entsorgen!“ online vorgestellt und im Anschluss Auswertungen zum erfolgreichen Recycling kommuniziert. Diese Aktion wurde in Kernstadt und Teilorten sehr gut angenommen. Ebenfalls konnten Bürgerinnen und Bürger sich zu einer Informationsveranstaltung mit PV-Themen (Planung, Umsetzung, wirtschaftlicher Betrieb etc.) über die städtische Klimaschutzseite anmelden, welche zusammen mit dem Landkreis und dem PV-Netzwerk BW organisiert und durchgeführt wurde. Die Förderrichtlinie zum „Förderprogramm Photovoltaik“ konnte ebenfalls im Sommer 2022 über die eingerichtete Klimaschutzwebsite abgerufen werden. Ebenso die Antragsformulare auf Bezuschussung zur Installation von PV auf Bestandsgebäuden im Stadtgebiet.



Beteiligungsplattform

Mit dem Kontaktformular wurde auf der Klimaschutz-Website eine erste Beteiligungsplattform eingerichtet unter „Selbst aktiv werden“. Diese bietet die Möglichkeit online eigene Ideen, Anregungen oder Projekte zu kommunizieren. Dies wurde von der Bevölkerung ganz unterschiedlich genutzt, teilweise mit konkreten Fragen oder Anliegen bis hin zur reinen Mitteilung von Handlungen, Sachverhalten oder Meinungen. Konstruktive Beiträge sind in die Ausarbeitung des Maßnahmenkatalogs und in die Arbeit des KSM eingeflossen.

Interviews

Vor dem Hintergrund der weiteren Maßnahmenentwicklung wurden wichtige Schlüsselakteure aufgesucht. Beginnend innerhalb der Stadtverwaltung wurden mit Hausmeistern und Feuerwehr sowie Vertretern der Fachbereiche Hauptamt, Gebäudeverwaltung, IuK, Tiefbau, Hochbau, Stadtplanung, Liegenschaften und Wirtschaftsförderung Einzelgespräche zum jeweiligen Fachgebiet und zum Klimaschutz auf kommunaler Ebene geführt.

Zu Beginn der Konzepterstellung wurden außerdem Vertreter des ÖPNV und aktive Umweltschützer aufgesucht um die Lage vor Ort zu evaluieren. Weitergehend wurde Kontakt mit Netzbetreiber, Energieversorgern und Landwirten aufgenommen sowie mit der Forstrevierleitung.

Im Laufe der Konzepterstellung wurde der Kontakt zum örtlich aktiven Naturschutzbund NABU Östlicher Kraichgau aufgenommen. Mit Klimaschutzbeauftragten aus anderen Städten des Landkreises und in anderen Bundesländern wurde Kontakt aufgenommen und ein konstruktiver Austausch gepflegt. Produktive Gespräche mit Fachbereichen des Landratsamts (Mobilität und Nahverkehr, Energie und Klima sowie Abfallwirtschaftsbetrieb) beschleunigten die Vernetzung innerhalb des Landkreises sowie den Start im Kommunalen Klimaschutz in Bad Rappenau.

Qualifizierungskurs und Mentorenprogramm

Weltweit fordern die Menschen von der Politik entschlossenes Handeln für mehr Klimaschutz. Die Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland werden zunehmend spürbar (vgl. Kapitel 1.2, 1.4 und 6.7). Damit Städte ihre wichtige Rolle bei Klimaschutz und Klimafolgenanpassung erfüllen können braucht es Bürgerinnen und Bürger mit Wissen und gemeinschaftlichem Engagement. An sechs Kursabenden vermittelt der Kurs klimafit hierzu wissenschaftliche Grundlagen zum Klimawandel, Veränderungen durch den Klimawandel in Deutschland und der Region sowie Wissen für effektiven Klimaschutz im persönlichen Umfeld. Durch den Klimaschutzbeauftragten der Stadt gab es an zwei Kursabenden eine kurze Einführung in die kommunale Herausforderung sowie einen Einblick in die Energie- und THG-Bilanzierung und den Klimaschutz auf kommunaler Ebene. Der vom WWF Deutschland und dem REKLIM (Helmholtz-Forschungsverbund Regionale Klimaänderungen und Mensch) entwickelte Kurs ist von der Robert Bosch Stiftung und der Klaus Tschira Stiftung gefördert und wurde zusammen mit dem Bildungsträger VHS (Volkshochschule Unterland) beworben und durchgeführt. Die Kursteilnehmenden wurden für die erfolgreiche Teilnahme mit einem Zertifikat ausgezeichnet. Diese Gruppe bietet als „Klimabotschafter“ gute Ansatzpunkte für ein weiteres Mentorenprogramm.

Gemeinderat Zwischenbericht IKSK

Im Juni 2022 wurden Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanz sowie Potenzialanalyse und Szenarien des Integrierten Klimaschutzkonzeptes dem Gemeinderat präsentiert. Außerdem wurde die Bedeutung der Privaten Haushalte verdeutlicht, indem die BSKO-Bilanzen mit der Sektorenaufteilung ohne Autobahnanteile dargestellt wurden. Die Erzeugungsstruktur der regenerativen Stromerzeugung wurde grafisch aufbereitet und die Ziele im Kommunalen Klimaschutz für Bad Rappenau formuliert.



Thematisch war der Sachstandsbericht IKSK in einer Sitzung mit Tagesordnungspunkten wie dem Sachstandsbericht Photovoltaik durch die BEG (Bürger Energiegenossenschaft Kraichgau eG), der Präsentation über die Umsetzung des Strukturgutachtens durch den Zweckverband Wasserversorgungsgruppe Mühlbach sowie der Forsteinrichtungserneuerung 2022 – 2031 integriert.

Amtsleiter-Sitzungen

Die regelmäßig stattfindenden Amtsleitersitzungen innerhalb der Stadtverwaltung sorgten für eine zügige Integration des Klimaschutzmanagers in die interne Kommunikation und Organisation von Aufgaben und sicherten einen guten Überblick für gegenwärtige und anstehende Projekte in allen Fachbereichen. Zudem ist das Thema Klimaschutz(-konzept) somit in regelmäßigen Abständen vertreten und es besteht die Möglichkeit Expertise und Resonanz von der Verwaltungsspitze bei Fragen einzuholen. Der überarbeitete Maßnahmenkatalog des Klimaschutzkonzeptes konnte in einer Sondersitzung nochmals diskutiert und priorisiert werden.

Online-Umfrage zum Kommunalen Klimaschutz

Nach Definition der Handlungsfelder und Akteursbeteiligung mit anschließender Auswahl und Anpassung der Maßnahmenvorschläge wurde mit dem Umfrage-Tool „LamaPoll“ eine umfassende Umfrage zum Kommunalen Klimaschutz erstellt. Die 113 Teilnehmenden hatten die Möglichkeit die Handlungsfelder des IKSK in Hinsicht auf die Relevanz für den Klimaschutz in Bad Rappenau zu bewerten, als auch die zugehörigen Maßnahmenvorschläge zu gewichten. In jeder Kategorie gab es zudem die Option zum umfangreichen Kommentieren, sodass mit über einhundert Beiträgen für jedes Handlungsfeld zahlreiche Vorschläge, Ideen und Kritiken gesammelt wurden.

Die Relevanzbewertung der Handlungsfelder für den Klimaschutz in Bad Rappenau erfolgte auf einer Skala von 1 (=nicht relevant) bis 5 (=sehr relevant) und ergab folgende Mittelwerte:

Relevanz für Klimaschutz in Bad Rappenau	Mittelwert
HF1: Erneuerbare Energien	4,09
HF2: Mobilität	3,69
HF3: Nachhaltige Wärmeversorgung	3,55
HF4: Klimafreundliche Gebäude & Verwaltung der Stadt	3,76
HF5: Flächenmanagement	4,08
HF6: Wirtschaft	3,29
HF8: Klimafreundliche Lebensstile	3,74

Tabelle 19: Ergebnisse Online-Umfrage: Relevanz der Handlungsfelder

Durch die Feedback- und Kommentarfunktion sowie dank der Bewertung von Maßnahmenvorschlägen konnte die hoch eingestufte Relevanz von Handlungsfeld 1 (Erneuerbare Energien), Handlungsfeld 5 (Flächenmanagement) sowie die Dringlichkeit zur Anpassung an Klimawandelfolgen bestätigt werden. In Tabelle 20 werden die zehn höchstbewerteten Inhalte aufgelistet.



Wichtige Klimaschutzmaßnahmen	Handlungsfeld	Mittelwert
Blau-Grüne Infrastruktur ⁹⁰	HF5/HF7	4,33
Finanzielle Anreize zur Nutzung von EE	HF1	4,28
Ausbau von PV auf städtischen Liegenschaften	HF1	4,25
Stärkung von natürlichen Emissionssenkern ⁹¹	HF5/HF7	3,99
Mehr Energieberatungsangebote ⁹²	HF1	3,97
Klimaverträgliche Flächenverpachtung ⁹³	HF5	3,93
Nachhaltige Beschaffung ⁹⁴	HF4	3,93
Einsatz von ressourcenschonenden Materialien im Bau	HF4	3,90
Sensibilisierung Ernährung und Konsum ⁹⁵	HF8	3,85
Naturverständnis fördern ⁹⁶	HF8	3,78

Tabelle 20: Ergebnisse Online-Umfrage: Wichtige Maßnahmen für Klimaschutz in Bad Rappenau

Die Dringlichkeit zur Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels in Bad Rappenau wurde auf einer Skala von 1 (=noch nicht notwendig) bis 5 (=sehr dringend) eingestuft.

Dringlichkeit der Klimafolgenanpassung	Mittelwert
Boden	3,58
Landwirtschaft	3,97
Wald und Forstwirtschaft	3,94
Wasserhaushalt	4,00
Gesundheit	3,61
Tourismus	2,97
Naturschutz und Biodiversität	3,98
Stadt- und Raumplanung	3,96

Tabelle 21: Ergebnisse Online-Umfrage: Dringlichkeit zur Klimafolgenanpassung in Bad Rappenau

⁹⁰ Z.B. Bäume für sommerliche Beschattung, Wasserkreislauf, Mikroklima, Wasserrückhaltevermögen durch Grünflächen und Bepflanzung, Schutz der biologischen Vielfalt, Katastrophenschutz, Förderung von Gesundheit und Wohlbefinden.

⁹¹ Und Stärkung von Schutzgebieten. Naturschutz mit Klimaschutz.

⁹² Z.B. für Solarthermie, Photovoltaik und Wärmepumpen.

⁹³ Z.B. ökologische Mindeststandards in Pachtverträgen, Erhaltung der einheimischen Arten, Stärkung der natürlichen Lebensräume.

⁹⁴ Z.B. Ökostrom, energieeffiziente Geräte, Fuhrpark, Bauwesen, Veranstaltungen mit regionalen Produkten, biologische und fair gehandelte Verpflegung.

⁹⁵ Z.B. Verschwendungsreduktion, Transportwege von Gütern, regionale und saisonale Lebensmittel, Wieder- und Weiterverwendbarkeit.

⁹⁶ Z.B. hinsichtlich Naturerlebnissen, Wettergeschehen, Umweltbildung, Müllvermeidung, Schonung von natürlichen Ressourcen.



Zusammenarbeit mit Akteuren vor Ort

Die Zusammenarbeit mit Akteuren vor Ort sichert eine differenzierte Betrachtung sowie Anpassungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Integrierten Klimaschutzkonzeptes und seiner Maßnahmen. Das konkrete Handeln verteilt sich auf den Schultern verschiedener Zielgruppen. Für die Weiterentwicklung von Maßnahmen und künftigen Projekten kann mit der Vielfalt der in Abbildung 82 dargestellten Akteure intensiv kooperiert werden.



Abbildung 82: Lokale Akteursgruppen im Klimaschutz nach Difu (Difu, 2018)



7.3 Kommunikationsstrategie

Das beschlossene Maßnahmenpaket und die formulierten Klimaschutzziele der Stadt bilden den Rahmen für die kommunale Klimaschutzarbeit. Einige Maßnahmen können direkt durch die Stadtverwaltung realisiert werden, wohingegen der Stadt bei anderen Maßnahmen eine Initiator- und Koordinationsrolle zukommt. Bad Rappenau hat für die Maßnahmenumsetzung und Zielerreichung genügend notwendige Voraussetzungen, wobei den bereits aktiven Bürgerinnen und Bürgern, Netzwerken, Vereinen und Gemeinschaften, welche sich mit dem Klimawandel auseinandersetzen, eine Schlüsselrolle zukommt.

Schwerpunkte der Kommunikationsstrategie

Das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bedeutet ein Gleichgewicht zwischen anthropogenen Treibhausgasemissionen aus Quellen und Abbau von Treibhausgasen durch Senken (vgl. KSG BW § 3 Abs. 10).

Bad Rappenau hat weitergehend vier grundlegende Ziele in Anbetracht des Klimawandels:

- ❖ Vorbildfunktion und Kommunaler Klimaschutz in allen Sektoren⁹⁷
- ❖ Netto-treibhausgasneutrale Stadtverwaltung⁹⁸
- ❖ Bilanzielle Deckung des Gesamtstromverbrauchs durch Erneuerbare Energien⁹⁹
- ❖ Erhöhung der Klimaresilienz¹⁰⁰

Zusätzlich zum Informationscharakter hat die Kommunikationsstrategie das Ziel, Menschen in Bad Rappenau für den Klimawandel zu sensibilisieren und für Klimaschutz zu motivieren. Es soll die Möglichkeit geschaffen werden, dass Bürgerinnen und Bürger aktiv bei der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes mitwirken und sich an der Weiterentwicklung beteiligen können.

Begleitende Öffentlichkeitsarbeit

Die Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Verbraucher-/Nutzerverhalten sind häufig nicht hinreichend bekannt, wogegen die Öffentlichkeitsarbeit durch Sensibilisierung und Information angehen kann. Auch wenn der Klimawandel in weiten Teilen auf unseren Lebensstil zurückzuführen ist, muss dieser sich nicht vollständig ändern um Klimafolgen zu mildern. Vielmehr geht es um eine positive Motivation für Verhaltensanpassungen, zumal viele Handlungsbereiche einen Gewinn an Lebensqualität mit sich bringen.

Das Ziel der Öffentlichkeitsarbeit ist es, Bürgerinnen und Bürger in die Lage zu versetzen, eigene Maßnahmen umzusetzen und eine allgemeine Akzeptanzsteigerung für Klimaschutzmaßnahmen zu erreichen. Generell soll auch die „Ohnmacht“ in Anbetracht des Klimawandels genommen werden durch Motivationen zu kleinen Maßnahmen vor Ort und Information über die Wirksamkeit von klimafreundlichen Handlungen.

Je nach Einbindungsintensität besteht eine Vielzahl an Instrumenten zur Verfügung, seien es Vorträge, Kampagnen, Ausstellungen oder Exkursionen um zu informieren, oder Beiräte, digitale Beteiligungsplattformen, Arbeitskreise oder bürgerliches Engagement für einen Kooperationscharakter mit Fokus auf Beteiligung.

⁹⁷ Stetige THG-Minderungen durch Anstrengungen auch außerhalb der eigenen Liegenschaften, da eine Einflussnahme auf Emissionen in Verkehr, Wirtschaft und Haushalten gegeben ist.

⁹⁸ Bis spätestens 2040.

⁹⁹ Bis spätestens 2040 und langfristig Aussicht auf einen regenerativen Stromexportstandort.

¹⁰⁰ Iterativer Prozess mit Klimafolgenanpassung.



7.4 Controlling-Konzept

Die Überwachung der Zielerreichung ist ein wichtiger Bestandteil zur Verstärkung des Klimaschutzmanagements. Beim Klimaschutzcontrolling werden geeignete Kennzahlen/Indikatoren für Ziele oder Maßnahmen gebildet. Diese Indikatoren umfassen Daten zu eigenen Liegenschaften und zur gesamten Großen Kreisstadt Bad Rappenau.

Grundlage für die Bildung von Kennzahlen ist die Energie- und THG-Bilanz (vgl. Kapitel 3). Empfehlenswert ist die Erstellung einer Energie- und THG-Bilanz im zweijährigen Rhythmus. Dabei gilt zu beachten, dass ein Kalenderjahr bei der Fortschreibung der Bilanzierung erst in Verzögerung von etwa zwei Jahren vollständig fertiggestellt werden kann, da es zu zeitlichen Verzögerungen beim Bezug oder der Bereitstellung von Energiedaten kommt. Das Bilanzjahr 2019 wurde im Zeitraum 2021/22 bearbeitet, womit die erste Fortschreibung im Zeitraum 2023/24 für die Jahre 2020 und 2021 möglich ist.

Beschlusskontrolle

Im Maßnahmenkatalog (vgl. Kapitel 6.9) werden passende Erfolgsindikatoren aufgeführt. Zusätzlich zum Umsetzungsstand einer Maßnahme sollte dargestellt werden, ob eine Maßnahme weitergeführt wird, wie lange und in welchem Turnus Wiederholungen anstehen. Unter Umständen ist das Timing für eine Maßnahme zu einem späteren Zeitpunkt günstiger.

Das regelmäßige Controlling bietet die Möglichkeit auf unerwartete Veränderungen und veränderte Randbedingungen rechtzeitig reagieren zu können. Systematisches Vorgehen ermöglicht zudem die regelmäßige Kommunikation im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit. Klimaschutz kann so im Bewusstsein gehalten und mit positiven Ereignissen verknüpft werden. Für quantitative Bewertungen können Finanzmittel für die Umsetzung von Maßnahmen in Bezug zur Zielerreichung gesetzt werden. Die Energie- und THG-Bilanzierung ist ebenfalls eine quantitative Bewertung in welcher die langfristigen THG-Reduktionen erfasst und bewertet werden.

Wirkungskontrolle

Die Energie- und THG-Bilanz als Wirkungskontrolle wird alle zwei Jahre, mindestens aber alle fünf Jahre, empfohlen und dient der Messung der Zielerreichung bezüglich THG-Emissionsreduktion und Energieeinsparung. Durch Fortschreibung kann Anpassungs- und Handlungsbedarf in einzelnen Bereichen identifiziert werden. Im Jahr 2030 sollte eine Zwischenbilanz berechnet werden um die Zielerreichung bis 2040 ausgehend vom ersten IKS bewerten zu können. Bei Kommunikation des jeweiligen Sachstandes sollte nicht nur Rechenschaft abgelegt, sondern auch das Engagement der Bürgerschaft im Rahmen des Konzeptes gewürdigt, werden.

Künftig könnte ein jährlicher Energiebericht für die eigenen Liegenschaften (KEM) erstellt werden. Verbrauchstabellen, Kennzahlen, Grafiken und knappe Erläuterungen sowie ein Verweis auf die im Betrachtungszeitraum durchgeführten Sanierungsmaßnahmen wären hierfür erforderlich.

Klimaschutzbericht

Kennzahlenbericht, Energie- und THG-Bilanzierung, Tätigkeitsnachweis des Klimaschutzmanagements über durchgeführte Maßnahmen sowie ggfs. Energiebericht für eigene Liegenschaften sollten zu einem jährlichen Klimaschutzbericht zusammengefasst werden. Der Klimaschutzbericht sollte im Gemeinderat und anschließend der Presse und Öffentlichkeit im Internet zur Verfügung gestellt werden. Zur Fortführung und Erweiterung von Klimaschutzaktivitäten empfiehlt sich die Einführung des European Energy Awards (eea) als Qualitätsmanagementsystem kommunaler Klima- und Energiepolitik.



Literaturverzeichnis

- Billen N. & Stahr K. (2013). *Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Boden* Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Bittighofer P. M. et al. (2013). (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg) *Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Gesundheit* Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.
- BMWi. (2014). *Die Energie der Zukunft. Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- BMWi. (2020). *Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2019* - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin.
- BMWK. (2022). Eröffnungsbilanz Klimaschutz - Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220111_eroeffnungsbilanz_klimaschutz.pdf?__blob=publicationFile: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
- Bundesregierung. (2021). *Generationenvertrag für das Klima*. Abgerufen am 23. Februar 2022 von "Die Bundesregierung": <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
- Chemnitz C. & Wenz K. (2021). (Heinrich-Böll-Stiftung) (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland) (Le Monde Diplomatique) *Fleischatlas 2021*. Berlin.
- dena. (Juni 2014). *Initiative Energieeffizienz, Deutsche Energie-Agentur, Mediathek, Infografiken*. (Deutsche Energie-Agentur GmbH, Herausgeber) Abgerufen am 27. Juli 2021 von <https://www.dena.de/en/newsroom/infographics/>
- Difu. (2018). *Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden 3., aktualisierte und erweiterte Auflage*. Berlin.
- DWD. (2021). *Deutscher Wetterdienst Zeitreihen*. Von <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html> abgerufen
- Fischer et al. (2020). *Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg* Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Flaig, H. (2013). (Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg) *Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Fachgutachten für das Handlungsfeld Landwirtschaft*. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. (2021). *Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020*. Karlsruhe.
- Hemberger C. & Utz J. (2013). *Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung* Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.



- ifeu. (2019). *BISKO - Bilanzierungs-Systematik Kommunal - Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu).
- ifeu. (2022). *TREMODO*. Abgerufen am 24. März 2022 von ifeu: <https://www.ifeu.de/methoden-tools/modelle/tremod/>
- IREES. (2015). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013*. Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, Karlsruhe, München, Nürnberg.
- ISE. (2022a). *Fraunhofer ISE*. Von www.energy-charts.info abgerufen
- ISE. (2022b). *Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende – Fraunhofer ISE*. Freiburg: Fraunhofer ISE.
- LfU Bayern. (2021). *Mischpult „Strom“ Information zur Berechnung*. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Abgerufen am 2022 von https://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/1232/Berechnung_Mischpult_Strom.pdf
- LLUR. (2011). *Leitfaden zur geothermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes, Erdwärmekollektoren - Erdwärmesonden, Empfehlungen für Planer, Ingenieure und Bauherren*. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes. Flintbek: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume.
- LUBW. (2022). *Energieatlas Baden-Württemberg*. Abgerufen am 21. April 2022 von <https://www.energieatlas-bw.de/>
- Mehr Demokratie e.V. (2020). *Handbuch Klimaschutz. Wie Deutschland das 1,5 Grad-Ziel einhalten kann*. München: oekom Verlag.
- NEP. (26. April 2021). *Netzentwicklungsplan Strom - (50Hertz Transmission GmbH) (Amprion GmbH) (TenneT TSO GmbH) (TransnetBW GmbH)*. Von <https://www.netzentwicklungsplan.de/de> abgerufen
- NOAA. (2021). *National Centers for Environmental Information - National Oceanic and Atmospheric Administration*. Von https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/globe/land_ocean/ann/7/1880-2020 abgerufen
- Öko-Institut / Fraunhofer ISI. (2015). *Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*. Öko-Institut e.V. und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Berlin und Karlsruhe.
- PIK. (2021). *Ariadne Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich*. Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK).
- Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*. Berlin: Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut;
- Rainer A., Klein G., Mewes H. . (2013). *(adelphi) Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Wirtschaft und Energiewirtschaft Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg*. Stuttgart.



- Roth R., Krämer A. Kobernuß J.-F., Schrahe C. (2013). *(Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Natursport und Ökologie) & (IFT Freizeit- und Tourismusberatung GmbH) Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Tourismus* Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtsch. Stuttgart.
- Schlumprecht, H. (2013). *Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Naturschutz und Biodiversität* Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Solar Institut Jülich der FH Aachen in Kooperation mit Wuppertal Institut und DLR. (2016). *Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung, Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz*. Aachen.
- Sonnberger, M. (2014). *Weniger provoziert Mehr. Energieeffizienz bei Gebäuden und der Rebound-Effekt*. Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau, Stuttgart.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2020). *Statistisches Landesamt Baden-Württemberg*. Abgerufen am 2022. April 2022 von Bevölkerung und Gebiet: <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/015152xx.tab?R=GS125006>
- Steinmetz H., Wieprecht S., Bárdossy A. (2013). *(Universität Stuttgart, Wasserforschungszentrum Stuttgart) Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Wasserhaushalt* Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.
- UBA. (2021a). *Umweltbundesamt - Atmosphärische Treibhausgas-Konzentrationen*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#kohlendioxid>- abgerufen
- UBA. (2021b). *Umweltbundesamt - Konsum und Produkte*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/konsum-produkte> abgerufen
- Unsel, R. (2013). *Anpassungsstrategie an den Klimawandel: Fachgutachten für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft*. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart.



Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
°C	Einheit für Grad Celsius
a	Einheit für Jahr
A6	Bundesautobahn A6
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V.
AGFK	Arbeitsgemeinschaft Fahrrad- und Fußgängerfreundlicher Kommunen in Baden-Württemberg e. V.
AöR	Anstalt des öffentlichen Rechts
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauGB	Baugesetzbuch
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BiomasseV	Biomasseverordnung
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
BW	Baden-Württemberg
CH ₄	Summenformel für Methan
ChemKlimaschutzV	Chemikalienklimaschutzverordnung
CNG	Compressed Natural Gas (Komprimiertes Erdgas)
CO ₂	Summenformel für Kohlendioxid
CO ₂ e	CO ₂ -Äquivalente
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EE-Potenziale	Erneuerbare Energien-Potenziale
EnergieStG	Energiesteuergesetz
ENS	Erweiterung natürlicher Senken
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EPVG	Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz
EW	Einwohnerin / Einwohner
FFH-Richtlinie	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
FKW	vollfluorierte Kohlenwasserstoffe
FVA	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
gCO ₂ e/kWh	Einheit für Gramm Kohlendioxid-Äquivalente pro Kilowattstunde



GEG	Gebäudeenergiegesetz
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GW	Einheit für Gigawatt
GWh/a	Einheit für Gigawattstunden pro Jahr
ha	Einheit für Hektar
HFC	Hydrofluorcarbons
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
IHK	Industrie- und Handelskammer
IKSK	Integriertes Klimaschutzkonzept
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IuK	Informations- und Kommunikationstechnik
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KEM	Kommunales Energiemanagement
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
kgCO ₂ e	Einheit für Kilogramm Kohlendioxid-Äquivalente
km	Einheit für Kilometer
KSM	Klimaschutzmanagement
KSG BW	Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (Stand: Oktober 2021)
kWh	Einheit für Kilowattstunde
kWh/a	Einheit für Kilowattstunden pro Jahr
kWh/EW	Einheit für Kilowattstunden pro Einwohner
kWh/m ²	Einheit für Kilowattstunden pro Quadratmeter
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
kWp	Einheit für Kilowatt peak
LCA	Life-Cycle-Analysis (Lebenszyklusanalyse)
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LKW	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LPG	Liquified Petroleum Gas („Autogas“)
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft



MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWh	Einheit für Megawattstunde
MWh/a	Einheit für Megawattstunden pro Jahr
MWp	Einheit für Megawatt peak
N ₂ O	Summenformel für Distickstoffmonoxid („Lachgas“)
NO ₂	Summenformel für Stickstoffdioxid
NO _x	Bezeichnung für Stickoxide
n.a.	nicht angegeben / nicht auswertbar
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz
NABU	Naturschutzbund Deutschland e.V.
NEP	Netzentwicklungsplan
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
ÖPFV	Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PFC	per und polyfluorierte Chemikalien (Fluorcarbone)
PKW	Personenkraftwagen
ppm	Einheit für Parts per million
PtG	Power-to-Gas
PtH	Power-to-Heat (Heizstrom)
PtJ	Projektträger Jülich
PV	Photovoltaik
PVFF	Photovoltaik-Freiflächenanlage
qm	Einheit für Quadratmeter
s.o.	siehe oben
SF ₆	Summenformel für Schwefelhexafluorid
StaLa	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
t	Einheit für Tonne
tCO ₂ e	Einheit für Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente
TEHG	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
THG	Treibhausgase
TREMOD	Transport Emission Model (Emissionsberechnungsmodell TREMOD)
TWh	Einheit für Terawattstunde
Vol%	Volumenprozent
ZUG	Zukunft – Umwelt – Gesellschaft gGmbH