

Integriertes Klimaschutzkonzept der Gemeinde Engstingen

2025



Gemeinde Engstingen

Kirchstr. 6

72829 Engstingen

Erstellt von Philipp Frenz, Klimaschutzmanager

26. Januar 2025

Unterstützt durch:



Förderung:

„KSI: Integriertes Klimaschutzkonzept und Klimaschutzmanagement für die Gemeinde Engstingen – Erstvorhaben.“

Förderkennzeichen:

67K22655

Projektlaufzeit: 01.09.2023 – 31.08.2025

Nationale

Klimaschutzinitiative:

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesumweltministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

Weitere Informationen finden Sie unter:

<https://www.z-u-g.org/aufgaben/nationale-klimaschutzinitiative-nki/>

<https://www.klimaschutz.de/>

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Haftungsausschluss: die Informationen und Daten in diesem Konzept wurden nach bestem Wissen und Gewissen geprüft. Eine Gewähr für die Aktualität, Vollständigkeit und Richtigkeit kann jedoch nicht übernommen werden.

Vorwort des Bürgermeisters

Liebe Mitbürgerinnen und Mitbürger,

in den vergangenen Jahren haben wir immer deutlicher gespürt, wie schnell der Klimawandel voranschreitet und wie stark sich die Wetter- und Witterungsverhältnisse in den verschiedenen Jahreszeiten auch bei uns ändern. Hitze, Dürre und extreme Unwetter sind keine Seltenheit mehr und führen uns den fortschreitenden Klimawandel auch hier bei uns auf der Schwäbischen Alb immer mehr vor Augen.

Um den notwendigen Wandel hin zu einer klimafreundlichen Arbeits- und Lebensweise zu bewältigen, braucht es eine umsichtige, am Möglichen orientierte Politik auf Bundes- und Landesebene. Allerdings sind es, wie bei vielen anderen Themen auch, letztlich die Kommunen und vor allem die Bürgerinnen und Bürger, die diesen Wandel umsetzen und mitgestalten müssen.

Engstingen hat im Bereich des Klimaschutzes bereits einiges erreicht: es wird mehr Strom aus Erneuerbaren Energien eingespeist, als verbraucht wird und ein weit überdurchschnittlicher Anteil der Wärmeenergie wird aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt. Diese positive Entwicklung verdanken wir nicht zuletzt unseren Landwirten, Unternehmen und Einwohnern, die durch Biogasanlagen, Photovoltaikanlagen und Biomasseheizungen aktiv zur Energie- und Wärmewende beitragen.

Auch die Gemeindeverwaltung geht mit gutem Beispiel voran: Durch die stetige Sanierung von Gebäuden, die weitgehende Umstellung der Straßenbeleuchtung auf energieeffiziente LED-Leuchten, den Bezug von zertifiziertem Ökostrom und ganz aktuell der Verpachtung von Flächen für Dach-PV und Windkraft leisten wir einen wichtigen Beitrag für die Energiewende. Im Zuge des anstehenden Umbaus der Grundschule in Kleinengstingen wird mit einer neuen Heizungsanlage der Anteil der erneuerbaren Wärmeenergie der kommunalen Gebäude auf zwei Drittel anwachsen und mit den bereits bestehenden öffentlichen Ladesäulen sowie dem E-Car- und Lastenradsharing konnten wir wichtige Impulse zur Verkehrswende setzen.

Mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept erhalten wir eine Orientierung, wie wir den Weg zu mehr Nachhaltigkeit weitergehen können. Es zeigt nicht nur auf, wo wir stehen und was wir bereits erreicht haben, sondern auch, wo noch Potenziale und Aufgaben vor uns liegen.

Nun liegt es an uns allen auf das bereits Erreichte aufzubauen und diese gute Entwicklung fortzusetzen.

Mit herzlichen Grüßen

Ihr

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mario Storz', with a stylized flourish at the end.

Mario Storz
Bürgermeister

Inhalt

1	Einleitung.....	6
1.1	Klimawandel	6
1.2	Klimaschutzpolitik	9
1.2.1	Vereinte Nationen	9
1.2.2	Europäische Union.....	10
1.2.3	Bundesrepublik Deutschland.....	11
1.2.4	Baden-Württemberg	11
1.3	Engstingen	12
2	Ist-Analyse	13
2.1	Methodik	13
2.2	Datenbasis	14
2.3	Ergebnisse.....	16
2.3.1	Endenergiebilanz	16
2.3.2	Stromsektor	18
2.3.3	Wärmesektor	20
2.3.4	Verkehrssektor	22
2.3.5	Kommunale Verbräuche.....	24
2.3.6	Treibhausgasbilanz	24
2.3.7	Indikatoren	27
2.3.8	Zusammenfassung der Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz.....	28
3	Potenzialanalyse	30
3.1	Stromsektor.....	31
3.1.1	Effizienzsteigerung in Haushalten, Gewerbe, Industrie	31
3.1.2	Effizienzsteigerung in kommunalen Liegenschaften	33
3.1.3	Photovoltaik	35
3.1.4	Windenergie	43
3.1.5	Wasserkraft	46
3.1.6	Biogasanlagen.....	47
3.1.7	Faulgas / Kläranlagen	49
3.1.8	Zusammenfassung der Potenziale im Stromsektor und die resultierende Entwicklung des Strombedarfs	50
3.2	Wärmesektor.....	51
3.2.1	Sanierung der Wohngebäude.....	51
3.2.2	Sanierung der kommunalen Liegenschaften.....	54
3.2.3	Effizienz im Wärmeverbrauch der Sektoren Gewerbe und Industrie	56

3.2.4	BHKWs	57
3.2.5	Heizöl	57
3.2.6	Erd- und Flüssiggas	61
3.2.7	Biomasse.....	62
3.2.8	Abfall.....	66
3.2.9	Solarthermie	69
3.2.10	Geothermie	70
3.2.11	Wärmenetze	74
3.2.12	Wasserstoff.....	79
3.2.13	Fazit zum Wärmesektor.....	81
3.3	Verkehrssektor	83
3.3.1	Fuhrpark	83
3.3.2	Gesamtverkehr	84
4	Zusammenfassung der Potenziale.....	96
5	Reduktionspfad hin zur Klimaneutralität	97
5.1	Indikatoren in 5-Jahresschritten nach Szenarien	100
6	Öffentlichkeitsbeteiligung	103
6.1	Maßnahmen	103
7	Quellen	136
8	Abbildungen, Tabellen & Abkürzungen.....	141

1 Einleitung

1.1 Klimawandel

Am 23. August 1856 wurde bei der American Association for the Advancement of Science ein wenig beachtetes Experiment vorgestellt. Eunice Foote hatte Thermometer in zwei Glaszylinder gelegt und diese mit unterschiedlichen Atmosphären gefüllt. Dann beobachtete sie, wie sich die Temperatur in den Zylindern unter Einwirkung von Sonnenlicht veränderte. Dabei zeigte sich, dass sich die Temperatur in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit und der Konzentration von Kohlenstoffdioxid erhöhte. Je höher die Konzentration von H_2O und/oder CO_2 , desto höher war auch die Temperatur in den Zylindern. Sie schlussfolgerte daraus, dass ein höherer Anteil von Kohlendioxid in der Atmosphäre auch zu einer Erwärmung des Erdklimas führen würde (Foote, 1856). Eine Erklärung für dieses Phänomen würde erst deutlich später gefunden werden, die Funktion des Gases für das Klima konnte aber bereits damals eingeordnet werden. Dass sich das Klima in der Vergangenheit geändert hatte, war seit dem 17. Jahrhundert bekannt. Funde von Fossilien und Spuren von großflächigen Gletschern in der nördlichen Hemisphäre, waren Belege dafür, dass der Planet früher deutlich anders ausgesehen haben musste. Der Franzose Jean Baptiste Fourier hatte 30 Jahre zuvor berechnet, dass die globale Temperatur auf der Erde in Anbetracht ihrer Größe und Entfernung zur Sonne eigentlich deutlich geringer sein müsste. Er schloss daraus, dass die Atmosphäre die einfallende Sonnenstrahlung zumindest teilweise davon abhielt von der Erdoberfläche wieder ins All reflektiert zu werden (Fourier, 1824).

Die Atmosphäre der Erde besteht im Wesentlichen aus Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2) und Edelgasen (He, Ne, Ar, Kr). Diese Gase haben gemeinsam, dass sie entweder als einzelne Atome (Edelgase) oder als symmetrische Moleküle (N-N, O-O) in der Atmosphäre vorkommen. Die verbliebenen Bestandteile H_2O , CO_2 , O_3 , CH_4 , N_2O , FCKW hingegen sind in ihrer Ladung nicht symmetrisch und besitzen daher ein sogenanntes Dipolmoment. Diese Eigenschaft erlaubt es ihnen, elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlängen zu absorbieren und zu emittieren. Diese Gase, die als Treibhausgase bezeichnet werden, spielen eine zentrale Rolle beim natürlichen Treibhauseffekt der Erde.

Die Atmosphäre lässt kurzwellige Strahlung, wie sie von der Sonne kommt (sichtbares Licht und nahes Infrarot), weitgehend ungehindert passieren. Diese Strahlung trifft auf die Erdoberfläche und wird dort absorbiert, wodurch sich die Oberfläche erwärmt. Ein Teil dieser Energie wird als langwellige Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) zurück in Richtung Atmosphäre abgegeben.

Hier kommen die Treibhausgase ins Spiel: Sie können diese langwellige Wärmestrahlung absorbieren, da ihre Moleküle in bestimmten Wellenlängenbereichen „resonieren“. Durch die Absorption wird die Energie in den Molekülen als Bewegung – also als Wärme – gespeichert. Die Moleküle geben diese Wärmeenergie in alle Richtungen wieder ab, teils in den Weltraum, teils zurück zur Erdoberfläche. Dieser Effekt sorgt dafür, dass die Wärme in der Erdatmosphäre „gefangen“ wird, was zu einem Anstieg der Temperaturen führt. Hätte die Erde keine Atmosphäre, würden im Mittel -18°C auf der Oberfläche herrschen und der Planet sähe erheblich anders aus. Tatsächlich beobachten wir jedoch $+15^\circ\text{C}$ als globale Durchschnittstemperatur. Die Differenz von 32°C geht auf den natürlichen Treibhauseffekt zurück, was deutlich macht, welchen enormen Einfluss relativ geringe Anteile der Atmosphäre auf das Klima haben.

Den größten Anteil am natürlichen Treibhauseffekt hat der Wasserdampf, der global betrachtet zwischen 0,25 % und 1 % des Volumens der Atmosphäre ausmacht. Er trägt rund 60 % zur Erwärmung durch den Treibhauseffekt bei, was etwa 20 bis 25 °C entspricht. Der Gehalt an Wasserdampf wird durch ein Gleichgewicht zwischen Verdunstung von Wasser auf der Erdoberfläche und Kondensation in der Atmosphäre reguliert. Obwohl lokale Unterschiede in der Luftfeuchtigkeit erheblich sein können, bleibt der globale Mittelwert relativ stabil. Direkt beeinflussen kann der Mensch den Wasserdampfgehalt nur wenig, doch die Erwärmung durch von Menschen emittierte Treibhausgase wie Kohlendioxid und Methan sorgt dafür, dass die Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen kann – pro Grad Celsius etwa 7 % mehr. Dies verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt und führt zu einem Rückkopplungsprozess: Mehr Treibhausgase führen zu mehr Erwärmung, was wiederum die Konzentration von Wasserdampf erhöht. Sollte eine kritische Schwelle überschritten werden, könnten diese Prozesse schwer umkehrbar werden, mit weitreichenden Folgen für das Klimasystem (Roedel, Wagner, 2024).

1896, also 40 Jahre nach dem Experiment von Eunice Foote, hatte der spätere Nobelpreisträger Svante Arrhenius schon eine sehr konkrete Vorstellung davon, wie die Konzentration von Kohlenstoffdioxid und das Weltklima zusammenhingen. Er berechnete, dass eine Erhöhung des Anteils von CO_2 in der Atmosphäre um den Faktor 2,5 bis 3 zu einer globalen Erwärmung von 8°C bis 9°C führen würde (Arrhenius, 1896). In einem späteren Buch erklärte er, dass der gegenwärtige Ausstoß an CO_2 ausreichend sei um das Weltklima signifikant zu verändern, allerdings verstand er das primär als Chance: mildere Temperaturen würden zu höheren Ernteerträgen führen (Arrhenius, 1908).

Das folgende 20. Jahrhundert würde tatsächlich zu enormen Steigerungen der Ernteerträge führen. Diese hatten jedoch weniger mit leicht steigenden Temperaturen, sondern viel mehr mit der 1908 entdeckten synthetischen Stickstofffixierung und der Mechanisierung der Landwirtschaft zu tun. Begleitend zu dieser Entwicklung geschah in diesem Jahrhundert ein radikaler Wandel in weiten

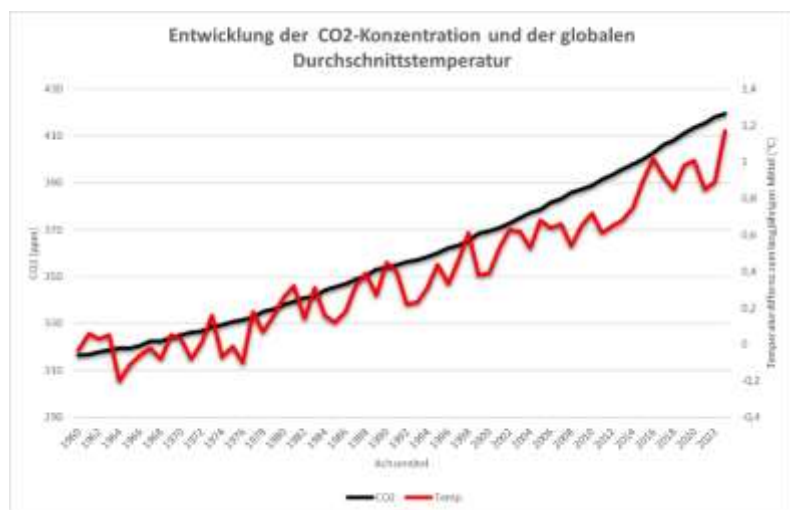


Abbildung 1 Entwicklung der CO₂-Konzentration und der globalen Temperaturabweichung. Datenquelle: The Keeling Curve, UBA 2024

Teilen der Welt. Die Weltbevölkerung wuchs von 1,6 auf 6,1 Milliarden, ganze Städte, Regionen und schließlich Nationen wurden elektrifiziert und immer neue Anwendungen für den nun bequem zur Verfügung stehenden elektrischen Strom gefunden. Die Fördermenge von Erdöl stieg zeitweise exponentiell von nahe Null auf über 3,5 Milliarden t p.a. Getrieben wurde dieser Anstieg unter anderem durch den Siegeszug des Automobils: während der Bestand im Jahr 1900 noch wenige tausend Pkw umfasste, waren es am Ende des Jahrhunderts ca. 600 Millionen. Ähnlich die Entwicklung beim Flugverkehr: nach dem ersten motorisierten Flug mit einem Flugzeug im Jahr 1903 dauerte es 36 Jahre bis die erste transatlantische Fluglinie startete. Weitere 30 Jahre später

stand der erste Mensch auf dem Mond und zum Ende des Jahrhunderts waren durchschnittlich circa 18 tausend Flugzeuge gleichzeitig in der Luft. Der globale Warentransport wurde durch die Containerrevolution erheblich günstiger, wodurch das globale Transportvolumen rasant anstieg. Fortschritte in der Polymerchemie ermöglichten es völlig neue, kostengünstige Kunststoffe (und Müll) in großen Mengen herzustellen.

All diese Entwicklungen hatten zwei Dinge gemeinsam: sie führten zu einem ungekannten Wohlstand in manchen Ländern der Welt – und sie verursachten kontinuierlich ansteigende Emissionen von Kohlenstoffdioxid.

Aber auch die Wissenschaft machte in dieser Zeit erhebliche Fortschritte. Mithilfe von Infrarotsensoren konnte die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre deutlich präziser bestimmt werden, womit Charles David Keeling ab 1958 systematisch begann. Anhand dieser sogenannten Keeling-Kurve konnte in den folgenden Jahren die steigende Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre eindeutig nachgewiesen werden. Die Entwicklung der Radiokarbonmethode ermöglichte es zudem zu bestimmen, welcher Anteil des CO₂ in der Atmosphäre aus „altem“ Kohlenstoff, das heißt solchem, der bei der Verbrennung fossiler Kohlenwasserstoffe freigesetzt wird, besteht. Damit wurde es möglich nachzuweisen, dass der Anstieg der CO₂-Konzentration auf die menschlichen Aktivitäten seit Beginn der Industrialisierung zurückzuführen ist.

Um die Zusammensetzung der Atmosphäre in der Vergangenheit besser zu verstehen, wurden Lufteinschlüsse in den Eisschichten von Grönland und der Antarktis untersucht. Damit wurde es auch möglich das Klima der Erde über mehr als 400.000 Jahre zu rekonstruieren.

Weitere Untersuchungen von beispielsweise Pollen, welche in Sedimentschichten erhalten geblieben waren zeigten ein immer klareres Bild: das Klima der Erde schwankte in der Vergangenheit kontinuierlich zwischen zwei mehr oder minder stabilen Zuständen, den Kalt- und den Warmzeiten. Der Übergang zwischen diesen Zuständen verlief dabei häufig langsam über Jahrtausende, konnte jedoch in bestimmten Phasen abrupt beschleunigt werden. Solche abrupten Veränderungen wurden oft durch das Überschreiten sogenannter Kipppunkte im Klimasystem ausgelöst. Ein Beispiel ist das großflächige Abschmelzen von Permafrostböden, welches zur Freisetzung von Treibhausgasen wie Methan führen und so Rückkopplungseffekte im Klimasystem verstärken kann.

Die derzeitige globale Erwärmung verläuft jedoch untypisch für diese natürlichen Zyklen. Nach den langfristigen geologischen Mustern würde sich die Erde gegenwärtig eher in Richtung einer weiteren Kaltzeit entwickeln. Stattdessen wird der aktuelle Temperaturanstieg durch anthropogene Treibhausgasemissionen verursacht und erfolgt in einer ungekannten Geschwindigkeit. Dies stellt eine erhebliche Herausforderung für Ökosysteme und die Anpassungsfähigkeit von Flora und Fauna dar (Weart, 2003).

Im Lichte dieser Erkenntnisse wuchs der Druck aus den verschiedenen Forschungsgruppen dem Thema die notwendige Aufmerksamkeit in einem internationalen Rahmen zu geben. Auf Betreiben der Weltorganisation für Meteorologie wurde deshalb 1988 der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) ins Leben gerufen. Das Ziel dieses Zusammenschlusses ist es die weltweite Forschung zum Klimawandel zu bündeln und voranzubringen, sowie Handlungsempfehlungen für die internationale Politik zu formulieren (Hansen 2009).

1.2 Klimaschutzpolitik

1.2.1 Vereinte Nationen

Nachdem das von den Vereinten Nationen einberufene Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) seit 1990 in bislang sechs Sachstandsberichten das Ausmaß und die Folgen des menschengemachten Klimawandels immer präziser beschrieben, gab es seit 1992 Bemühungen dieser Entwicklung durch ein Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen entgegen zu wirken. In diesem Rahmenübereinkommen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), welches 1992 in Rio de Janeiro unterzeichnet wurde, wurden wichtige Grundlagen für spätere Konferenzen festgelegt: grundsätzlich wurde als Ziel formuliert, dass der Anstieg der Treibhausgasemissionen kurzfristig verlangsamt werden und mittelfristig gestoppt werden sollte. Hierzu wurde den „entwickelten Staaten“ eine besondere Verantwortung gegenüber den Entwicklungsländern zugeschrieben. Um die Entwicklung der Emissionen genauer zu erfassen, wurde den unterzeichnenden Staaten eine Berichtspflicht auferlegt. Auf den beiden folgenden Konferenzen in Berlin 1995 und Genf 1996 konnten, unter anderem aufgrund des Widerstands der USA, keine verbindlichen Reduktionsziele vereinbart werden. Ein kleiner Wurf gelang mit dem Kyoto-Protokoll im Jahr darauf. Darin verpflichteten sich 38 Staaten ihre Emissionen auf festgelegte Werte bis 2012 zu reduzieren oder zu begrenzen. Obwohl die Reduktionsziele insgesamt eingehalten wurden, waren die Auswirkungen auf die globalen Emissionen überschaubar. Die USA hatten das Protokoll im letzten Schritt nicht ratifiziert, Kanada trat davon zurück und andere Staaten wie China, Brasilien oder Indien waren ganz davon ausgenommen.

Als Nachfolge des Kyoto-Protokolls trat 2016 das inzwischen von 195 Staaten ratifizierte Abkommen von Paris in Kraft. In diesem wurde erstmals verbindlich die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2° C und möglichst unter 1,5° C gegenüber dem vorindustriellen Niveau festgelegt. Hierzu sollen alle Unterzeichnerstaaten Klimaaktionspläne vorlegen und selbst gesteckte Emissionsreduktionsziele festlegen. Die Erfolge der Klimaschutzbemühungen der einzelnen Staaten werden ab 2023 alle fünf Jahre in weltweiten Bestandsaufnahme überprüft, anhand derer die Reduktionsziele dann angepasst werden sollen. Die erste Bestandsaufnahme, welche 2023 auf der 28. Klimakonferenz in Dubai vorgestellt wurde, kommt zu dem Ergebnis, dass die bisherigen Anstrengungen bei weitem nicht ausreichend sind um auch nur die Begrenzung auf 2° C einzuhalten. Der Deutsche Klimaschutzindex kommt auf Grundlage dieser Daten darüber hinaus zu dem Ergebnis, dass kein einziger Staat genug unternimmt um seinen Beitrag zum 2°C-Ziel einzuhalten.

Insgesamt war die Klimakonferenz in Dubai ein eindrucksvolles Sinnbild für den Stand der internationalen Klimaschutzbemühungen. Einerseits einigten sich die Vertragsstaaten – selbstverständlich unverbindlich – darauf, dass die Nutzung fossiler Energieträger bis 2050 ausgeschlossen werden soll. Andererseits wurde bekannt, dass der Vorsitzende der Konferenz, welcher Hauptberuflich CEO eines Erdölunternehmens ist, die Gelegenheit nutzen wollte um in Nebengesprächen Öllieferverträge zu verhandeln (BBC 2023).

Seit der ersten Klimakonferenz in Rio 1992

sind die jährlichen Emissionen nahezu kontinuierlich gestiegen und erreichten 2023 den neuen Höchstwert von 37,4 Milliarden t. Die CO₂-Konzentration erreichte 2023 mit 419 ppm den höchsten Wert seit mindestens drei Millionen Jahren. 2023 war das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnung.

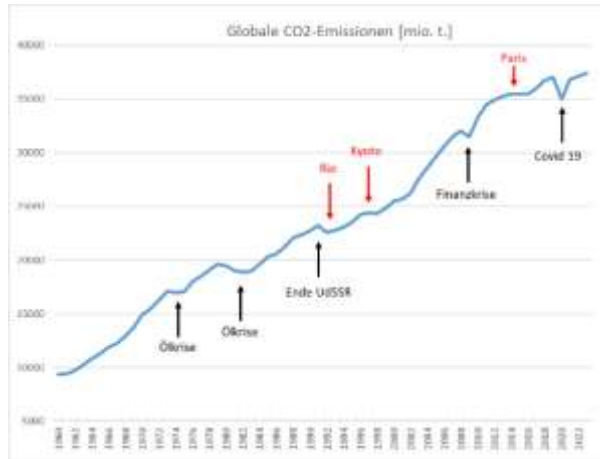


Abbildung 2 Entwicklung der globalen CO₂-Emissionen. Datenquelle: IEA 2024

1.2.2 Europäische Union

Die Europäische Union mit ihren 27 Mitgliedsstaaten ist nach China, den USA und Indien die viertgrößte Emittentin von Treibhausgasen (Our world in Data, 2024). Bereits 1990 verpflichtete sich die EU dazu die CO₂-Emissionen bis in das Jahr 2000 nicht weiter zu steigern. Infolge des Kyoto-Protokolls folgte die Verpflichtung die Emissionen bis 2008-2012 um 8 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 zu reduzieren (EEA, 2016).

Beide Ziele wurden erreicht (Dupont et al, 2023).

Es folgte das 2007 beschlossene Klima- und Energiepaket, welches eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 20 % bis ins Jahr 2020 vorsah und erreichte. Der 2011 veröffentlichte „Fahrplan 2050“ sah zunächst eine schrittweise Reduktion auf 80 % im Jahr 2050 vor, wurde aber in der gegenwärtig gültigen Verordnung 2021/1119 deutlich nachgeschärft. In dieser ist eine Reduktion um 55 % bis 2030 und das Erreichen von netto-null Emissionen bis 2050 festgelegt. Ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts sollen dann negative Emissionen erreicht werden, also die Fixierung von mehr CO₂ aus der Atmosphäre als emittiert wird.

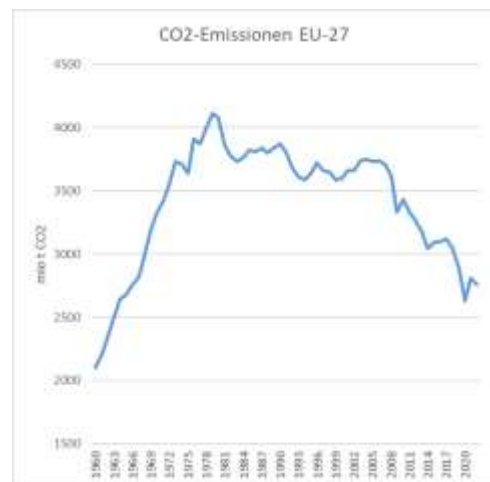


Abbildung 3 Entwicklung der CO₂ Emissionen in der EU. Datenquelle: Our world in Data (2024)

1.2.3 Bundesrepublik Deutschland

Die Klimaschutzpolitik der Bundesrepublik Deutschland hat ihre Wurzeln in den 1980er Jahren, als der Klimawandel erstmals auf die politische Agenda rückte. Nach der Veröffentlichung des Berichts der Brundtland-Kommission 1987 und der Gründung des Weltklimarats (IPCC) im Jahr 1988 begann Deutschland, erste Maßnahmen zum Klimaschutz zu ergreifen. Die Verabschiedung des Treibhausgas-Minderungsprogramms 1990 markierte einen frühen Meilenstein. Im Laufe der 2000er Jahre wurde Deutschland durch die



Abbildung 4 Entwicklung der CO₂ Emissionen in Deutschland. Datenquelle: UBA 2024a

Förderung erneuerbarer Energien, insbesondere durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) von 2000, zwischenzeitlich zu einem globalen Vorreiter der Energiewende. Die Klimaschutzpolitik der Bundesrepublik Deutschland entwickelte sich in den folgenden Jahrzehnten kontinuierlich weiter und war von zahlreichen politischen, technologischen und gesellschaftlichen Meilensteinen geprägt. Mit dem Kyoto-Protokoll 1997, das erstmals rechtlich bindende Emissionsziele für Industrieländer festlegte, verpflichtete sich Deutschland zu erheblichen Reduktionen seiner Treibhausgasemissionen. Dies führte zur Einführung zahlreicher nationaler Maßnahmen, darunter der Ausbau erneuerbarer Energien, Energieeffizienzprogramme und die Förderung umweltfreundlicher Technologien.

In den 2010er Jahren verschärfte Deutschland seine Klimaziele weiter: 2010 verabschiedete die Bundesregierung das Energiekonzept, das unter anderem eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % bis 2050 im Vergleich zu 1990 vorsah. Die Reaktorkatastrophe von Fukushima 2011 führte zudem zu einem politischen Umbruch, der den beschleunigten Atomausstieg und eine stärkere Fokussierung auf erneuerbare Energien auslöste. Ein weiterer Meilenstein war das Pariser Klimaschutzabkommen von 2015, das die globale Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C, begrenzen soll. Deutschland hat das Abkommen ratifiziert und daraufhin 2019 das Klimaschutzgesetz verabschiedet. Dieses Gesetz legt verbindliche jährliche CO₂-Budgets für einzelne Sektoren fest und sieht eine Klimaneutralität bis 2045 vor.

Zu den zentralen Herausforderungen der deutschen Klimaschutzpolitik gehört jedoch die Umsetzung dieser ehrgeizigen Ziele. Zwar hat Deutschland deutliche Fortschritte bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen gemacht, doch andere Sektoren wie Verkehr, Industrie und Gebäudeheizung hinken bei der Dekarbonisierung hinterher. Debatten um den Kohleausstieg, die Elektromobilität und die soziale Ausgestaltung der Klimaschutzmaßnahmen prägen bis heute die politische Agenda.

1.2.4 Baden-Württemberg

Als eines der ersten Bundesländer verabschiedete Baden-Württemberg 2013 ein eigenes Klimaschutzgesetz. Dieses sah zunächst eine Minderung der Treibhausgasemissionen um 90 % bis zum Jahr 2050 vor. Nach einer ersten Novelle 2020 erfolgten im Jahr 2021 und 2023 deutliche

Verschärfungen des Gesetzes. Heute sieht das „Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz“ das Erreichen der Netto-Treibhausgasneutralität bis im Jahr 2040 vor. Um dieses Ziel zu erreichen wurden zudem eine Reihe landesspezifischer Maßnahmen beschlossen. Dazu zählen ein Flächenziel für den Ausbau erneuerbarer Energien, mit welchem insbesondere der Ausbau von Windkraftanlagen beschleunigt werden soll, die Solare Baupflicht auf neuen oder grundlegend sanierten Dachflächen sowie die Verpflichtung der Kommunen zum Energiemonitoring und zur Wärmeplanung.

1.3 Engstingen

Die Gemeinde Engstingen liegt im Landkreis Reutlingen auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb. Seit der Gemeindereform von 1975 bilden die drei Ortsteile Kohlstetten, Groß- und Kleinengstingen eine Gemeinde, welche von 5270 Menschen bewohnt wird. Das Gemeindegebiet umfasst 31,52 km² auf 680 bis 750 m ü NHN und ist vom für die Schwäbische Alb typischen Weißen Jura geprägt. Die Landnutzung ist zu 53,5 % landwirtschaftlich und zu 32,8 % forstwirtschaftlich. Zu den verbliebenen Siedlungs- Verkehrs- und sonstigen Flächen zählen mit der B312 und B313 zwei Bundesstraßen, welche wichtige Verbindungswege zwischen dem Bodensee bzw. Allgäu und der Metropolregion Stuttgart darstellen. Mit zwei weiterführenden Schulen, mehreren Einzelhändlern und mehreren Nahverkehrslinien bildet Engstingen ein wirtschaftliches Unterzentrum, welches auch durch die Nähe zum Oberzentrum Reutlingen/Tübingen fortlaufend an Bedeutung gewinnt. Überregional bekannt war Engstingen lange als Standort für die Munitionsanstalt Haid (1938 – 1945) bzw. die spätere Nutzung als Bundeswehrkaserne und Sondermunitionslager für Atomsprengeköpfe (1958 – 1993). Heute befindet sich auf dem Gelände der Gewerbepark Haid,

	1971-2000	Nahe Zukunft 2021 - 2050	Ferne Zukunft 2071 - 2100
Mittlere Jahrestemperatur [°C]	6,9	8,3 7,8 - 8,6 ↑	10,7 10 - 11,2 ↑
Sommertage [Tag] Anzahl der Tage mit Tmax > 25°C	19	29 26 - 40 ↑	58 35 - 69 ↑
Heiße Tage [Tag] Anzahl der Tage mit Tmax ≥ 30°C	1	4 2 - 7 ↑	20 10 - 25 ↑
Tropennächte [Tag] Anzahl der Tage mit Tmin > 20°C	0	0 0 - 0 ↑	3 1 - 8 ↑
Vegetationsperiode [Tag] Anzahl der Tage zwischen der ersten Phase mit mindestens 6 Tagen Tmean > 5°C und erster Phase nach dem 1.6. mit mindestens 6 Tagen Tmean < 5°C	216	240 233 - 245 ↑	283 269 - 292 ↑
Frosttage [Tag] Anzahl der Tage mit Tmin < 0°C	124	100 80 - 111 ↓	58 38 - 77 ↓
Eistage [Tag] Anzahl der Tage mit Tmax < 0°C	34	22 14 - 28 ↓	8 2 - 12 ↓
Winterniederschlag [mm] Niederschlagssumme (Dec, Jan, Feb)	200	216 190 - 241 ↑	227 204 - 246 ↑
Sommerniederschlag [mm] Niederschlagssumme (Jun, Jul, Aug)	301	301 267 - 312 ↑	272 229 - 325 ↓
Starkniederschlag [Tag] Anzahl der Tage mit Niederschlag > 20mm	6	7 5 - 8 ↑	8 7 - 9 ↑
Trockenperioden [Periode] Anzahl der Perioden mit mind. 4 aufeinanderfolgenden Trockentagen (Niederschlag < 1mm)	33	32 28 - 36 ↑	34 25 - 49 ↑

Abbildung 5 Klimasteckbrief Engstingen. Quelle: Lokale Klimaanpassung 2022.

welcher gemeinsam mit den Nachbargemeinden Trochtelfingen und Hohenstein in einem Zweckverband getragen wird.

2 Ist-Analyse

Für die Messbarkeit konkreter Zielsetzungen im Bereich Klimaschutz ist als Ausgangspunkt eine Energie- und Treibhausgasbilanz unerlässlich. Im Folgenden werden die Bilanzen für die Gemeinde Engstingen und die Bilanzjahre 2014 - 2021 dargestellt. Als zentrales Bilanzjahr wird das Jahr 2019 im Detail betrachtet. Hintergrund ist, dass die Energiebilanz jüngerer Jahre aufgrund der Covid-19-Pandemie in den Jahren 2020/2021 leicht verzerrt und daher nicht repräsentativ ist.

2.1 Methodik

Die Bilanzierung erfolgt nach der Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO). Die Systematik wurde vom ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH) im Rahmen eines vom BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) geförderten Vorhabens mit Vertretern aus Wissenschaft und Kommunen entwickelt. Die entwickelte Methodik zur Bilanzierung ist ein deutschlandweit gängiger Standard für kommunale Energie- und Treibhausgas-Bilanzen und soll das Bilanzieren von Treibhausgasemissionen in Kommunen harmonisieren und vergleichbar machen. Ein weiteres Kriterium ist die Konsistenz innerhalb der Methodik, um Doppelbilanzierung, sowie falsche Schlüsse lokaler Akteure resultierend aus der Doppelbilanzierung zu verhindern.

Die BISKO-Methodik schreibt eine endenergiebasierte Territorialbilanz vor. Dabei werden alle Verbräuche¹ auf Ebene der Endenergie bilanziert, welche im Gebiet der Gemeinde Engstingen auftreten. Über spezifische Emissionsfaktoren findet im Rahmen der Bilanzierung eine Umrechnung in CO₂-Äquivalente statt. Diese berücksichtigen nicht nur die CO₂-Emissionen, sondern auch die Emissionen anderer Treibhausgase, wie Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O), mit ihrer entsprechenden Treibhausgas-Wirkung. In diesem Bericht sind bei der Nennung von CO₂ immer die CO₂-Äquivalente gemeint. Die Emissionsfaktoren berücksichtigen darüber hinaus auch die Vorketten der jeweiligen Energieträger, also die Emissionen, die beim Abbau der Rohstoffe, bei der Aufbereitung, Umwandlung und dem Transport anfallen. Abbildung 6 stellt das

¹ Energie kann grundsätzlich weder erzeugt noch verbraucht, sondern lediglich von einer Form in eine andere umgewandelt werden (Erster Hauptsatz der Thermodynamik). Der Begriff des Energieverbrauchs steht im üblichen Sprachgebrauch wie auch in diesem Bericht in der Regel für die Umwandlung von Energie von einer höherwertigen in eine niederwertigere Energieform. Der Begriff der Energieerzeugung entsprechend umgekehrt.

Territorialprinzip und die Bilanzierung der Vorkette am Beispiel des Verkehrssektors dar.

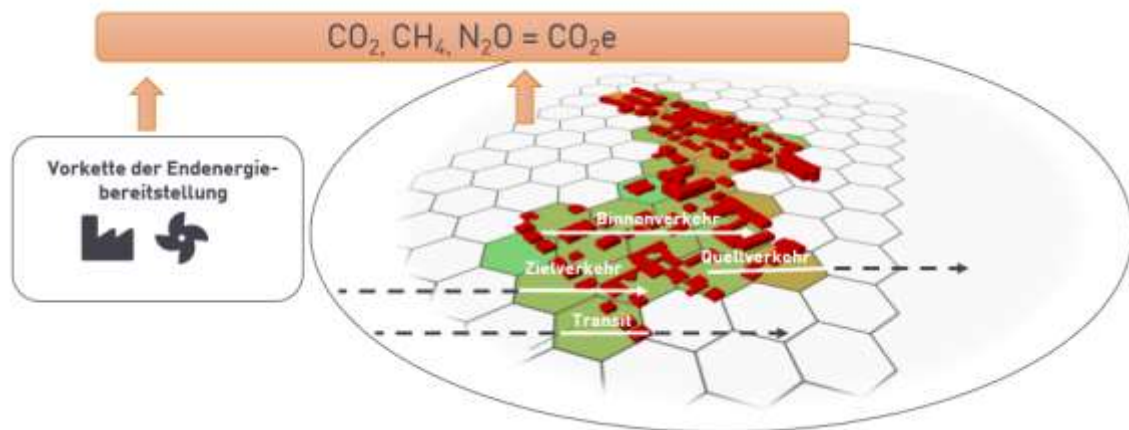


Abbildung 6 Territorialprinzip und Bilanzierung der Vorkette nach BSKO am Beispiel des Verkehrssektors

Die Energieverbräuche und Emissionen werden den fünf Bereichen private Haushalte, GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Industrie, Verkehr sowie städtischen Einrichtungen zugeordnet. Die Einspeisung von nicht eigenverbraucht Strom aus erneuerbaren Energien wird nur bedingt eingerechnet, da der Fokus auf der Menge des vorhandenen Stromverbrauchs, den es zu reduzieren gilt, liegen soll. Ökostrom wird nach dem BSKO-Standard nicht in der kommunalen Bilanz verrechnet. So bleibt das Augenmerk auf den Bemühungen zum Klimaschutz innerhalb des Gebietes der jeweiligen Kommunen.

2.2 Datenbasis

Für den Bilanzierungszeitraum wurde durch das Klimaschutzmanagement der Gemeinde Engstingen eine umfangreiche Datenerhebung durchgeführt. 2014 wurde als Startjahr gewählt da länger zurückliegende Daten nur sehr begrenzt zugänglich und die Bilanzierung daher entsprechend lückenhaft gewesen wäre.

Auf Basis von Daten des Stromnetzbetreibers Netze BW werden Werte für den Stromverbrauch und für die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energiequellen für den Bilanzierungszeitraum zur Verfügung gestellt. Über die Angaben des Stromnetzbetreibers zum Stromverbrauch der Wärmepumpen wird der Verbrauch der Wärmepumpen (inkl. Umweltwärme) berechnet. Ein Gasnetz ist in der Gemeinde nicht vorhanden. Die Verbräuche der privaten Haushalte und des GHD-Sektors von Heizöl, Flüssiggas und Biomasse beruhen auf der Auswertung der lokalen Schornsteinfegerdaten. In Engstingen sind drei biogasbetriebene Nahwärmenetze zu finden². Zur Ermittlung des Nahwärmeverbrauchs und des lokalen Nahwärmeemissionsfaktor wurden die Betreiber der Nahwärmenetze kontaktiert. Mit der zur Verfügung gestellten Datengrundlage wurde der Nahwärmeverbrauch für das Bilanzjahr 2019 ermittelt. Nachdem die Verbräuche von Heizöl, Flüssiggas und Biomasse auf statischen Daten beruhen und der Nahwärmeverbrauch von 2019 für die weiteren Bilanzjahre fortgeschrieben wird, sind im Wärmesektor nur bedingt Aussagen über die zeitliche Entwicklung möglich.

² In der Gemeinde wurden drei Nahwärmenetze und -betreiber ermittelt: Maichle GbR, Kurz Bioenergie, Bioenergiedorf Engstingen im unteren Brühl

Die KEA (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg) stellt eine umfangreiche Datengrundlage für das Bilanzierungstool BICO2BW zur Verfügung, auf dessen Basis Schätzwerte für die Verbräuche einzelner Energieträger bereitgestellt werden. Die Verbrauchswerte des industriellen Sektors³ beruhen auf der Verursacherbilanz, die seitens KEA zur Verfügung gestellt wird. Die Daten für die Nutzung von Solarthermie werden von der BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) bereitgestellt und sind in der Datengrundlage der KEA bereits enthalten. Für den Verkehrssektor liegen statistische Hochrechnungen anhand von ifeu-Daten in der KEA-Datengrundlage für BICO2BW vor. Damit kann der motorisierte Individualverkehr, der Straßen- und Schienengüterverkehr und der Schienenpersonenverkehr abgedeckt werden. Da es sich bei diesem Modell um eine statistische Betrachtung handelt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die tatsächlichen Energieverbräuche und Emissionen des Verkehrs deutlich abweichen. Ergänzt wird das Verkehrsmodell um den ÖPNV (öffentlichen Personennahverkehr). Hierzu werden die Fahrleistungen der Linienbusse⁴ und der Energieverbrauch einer Regionalbahn⁵ erhoben.

Für die kommunale Verwaltung wurde der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften, Straßenbeleuchtung und Kläranlage bis 2019 erhoben. Der Stromverbrauch für die Wasserversorgung wurde Verbrauch von 2018 der zur Verfügung gestellt und fortgeschrieben. Der Wärmeverbrauch für die kommunalen Gebäude und die Kläranlage wurde bis 2020 bereitgestellt. Der Energieverbrauch für den kommunalen Fuhrpark wurde auf Grundlage des Fahrzeugbestandes im Jahr 2021 berechnet.

Datengüte

Die Aussagekraft der Bilanz beruht auf der Qualität der zugrundeliegenden Daten. Während regionale Primärdaten, etwa vom lokalen Energieversorger sehr exakt sind, unterliegen Hochrechnungen anhand bundesweiter Kennzahlen einer gewissen Unschärfe. Die Qualität wird anhand ihrer Datenquelle als Datengüte angegeben und in folgende Kategorien unterteilt:

- Datengüte A: Regionale Primärdaten (z.B. Daten vom Energieversorger (EVU)) → Faktor 1
- Datengüte B: Primärdaten und Hochrechnung → Faktor 0,5
- Datengüte C: Regionale Kennwerte und Statistiken → Faktor 0,25
- Datengüte D: Bundesweite Kennzahlen → Faktor 0

Die Datengüte der Gesamtbilanz ergibt sich aus den Datengüten der einzelnen Datenquellen und deren Anteil an der Energiebilanz. Die Datengüte der Gesamtbilanz wird wie folgt bewertet:

Tabelle 1 Aussagekraft nach Datengüte (Difu, 2018)

Datengüte der Gesamtbilanz	Bewertung der Aussagekraft der Ergebnisse
> 0,8	Gut belastbar
> 0,65 – 0,8	Belastbar
> 0,5 – 0,65	Relativ belastbar
< 0,5	Bedingt belastbar

³ Entspricht gem BSKO-Systematik dem verarbeitenden Gewerbe (Wirtschaftszweig C)

⁴ DB ZugBus Regionalverkehr Alb-Bodensee; Annahmen zur Fahrleistung auf Grundlage des Fahrplans für 2019

⁵ Schwäbische Alb Bahn; Annahmen zum Energieverbrauch auf Grundlage des Fahrplans 2024

Die Datengüte der Bilanz für die Gemeinde Engstingen liegt bei 0,83 und fällt damit in die Kategorie „gut belastbar“.

2.3 Ergebnisse

Insgesamt werden in der Gemeinde Engstingen (Bilanzjahr 2019) rund 112.800 MWh Energie pro Jahr verbraucht und rund 31.500 t CO₂ emittiert. Im Folgenden wird dargestellt, wie sich die Energieverbräuche und Emissionen zusammensetzen.

2.3.1 Endenergiebilanz

Im Jahr 2019 beträgt der Endenergieverbrauch der Gemeinde Engstingen insgesamt rund 112.800 MWh. Der Pro-Kopf-Energieverbrauch für die 5.270 Einwohner der Gemeinde Engstingen im Bilanzjahr 2019 liegt bei 21,4 MWh/Kopf und damit unter dem Bundesdurchschnitt von 30,1 MWh/Kopf.⁶ In Abbildung 7 ist der Endenergieverbrauch der Gemeinde Engstingen nach den drei Sektoren Strom, Wärme und Verkehr dargestellt und nach Energieträger weiter aufgeschlüsselt.

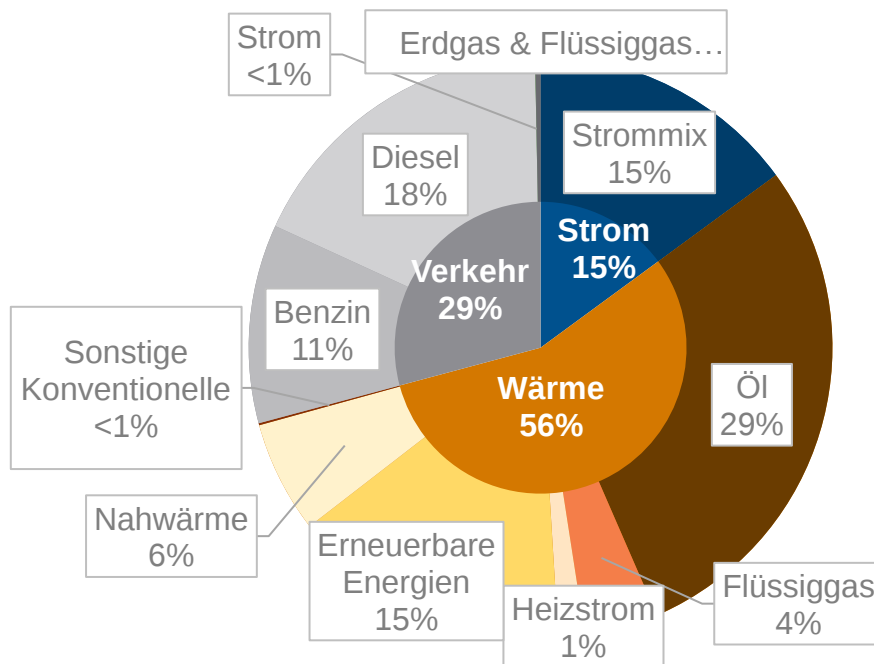


Abbildung 7 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Es zeigt sich, dass der Wärmesektor mit rund 63.000 MWh den größten Anteil (56 %) am gesamten Endenergieverbrauch der Gemeinde hält. Darauf folgt mit rund 32.900 MWh der Verkehrssektor (29 %) und mit rund 16.800 MWh der Stromsektor (15 %). Im Wärmesektor wird überwiegend der Energieträger Erdöl mit einem Anteil von 29 % am Gesamtenergieverbrauch verwendet. Darauf folgen erneuerbare Energieträger mit ca. 15 %, Nahwärme mit ca. 6 % und Flüssiggas mit 4 %. Heizstrom ist für rund 1 % des Gesamtenergieverbrauchs verantwortlich. Im Verkehrssektor ist der größte Teil des Energieverbrauchs auf den Kraftstoff Diesel (18 %) zurückzuführen, gefolgt von Benzin (11 %). Nur ein sehr geringer Anteil entfällt auf E-Mobilität und Erdgas oder Flüssiggas (jeweils <1%). In Abbildung 8 ist

⁶ Ecospeed Region

der Endenergieverbrauch nach Sektor über den Zeitverlauf der Jahre 2014 – 2021 dargestellt.

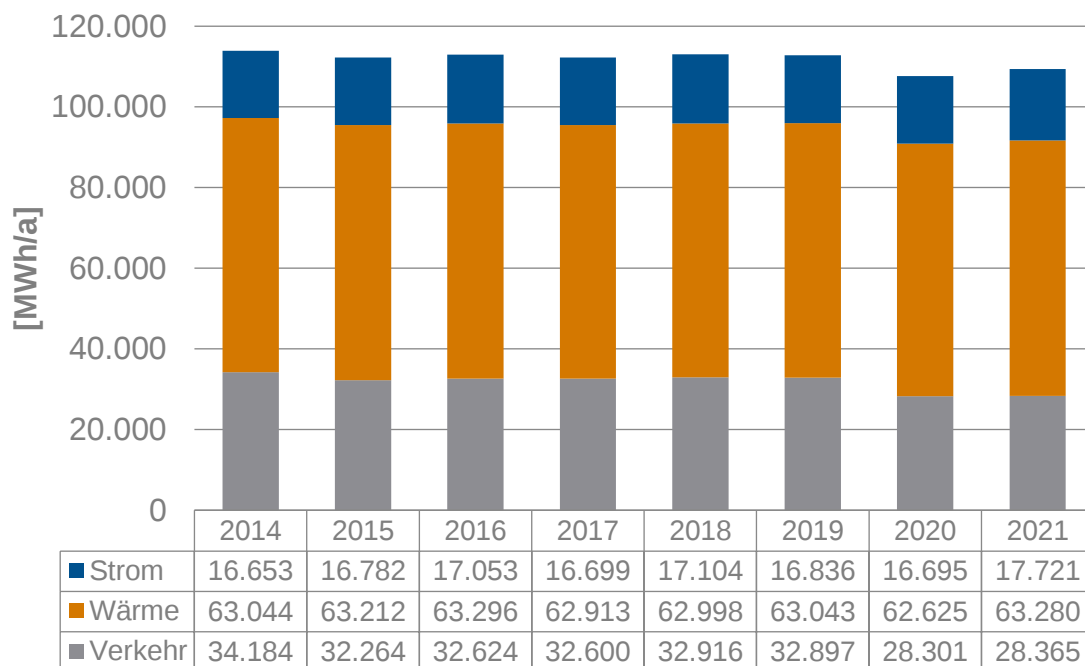


Abbildung 8 Endenergieverbrauch nach Sektoren im Zeitverlauf (2014 - 2021)

Im Betrachtungszeitraum ist ein Rückgang des Endenergieverbrauchs um 4 % zu beobachten. Während für den Verbrauch im Wärmesektor keine wesentlichen Veränderungen festgestellt werden können und der Verbrauch im Stromsektor um 6 % anstieg, reduzierte sich der Kraftstoffverbrauch des Verkehrssektors um 17 %. Ein wichtiger Faktor hierfür ist das pandemiebedingte geringere Verkehrsaufkommen, welches nach der Pandemie auf deutschlandweiter Ebene wieder zugenommen hat.

Nach Verbrauchsgruppen aufgeteilt (Abbildung 9), entfallen rund 42 % des Verbrauchs auf den Sektor Private Haushalte, 29 % auf den Sektor Verkehr, 25 % auf den Sektor GHD, sowie 1 % auf den Sektor Industrie. Die kommunalen Verbräuche machen ca. 2,5 % des Gesamtendenergieverbrauchs aus. Aufgrund der Vorbildfunktion der Verwaltung wird den kommunalen Verbräuchen jedoch eine besondere Bedeutung zugewiesen.

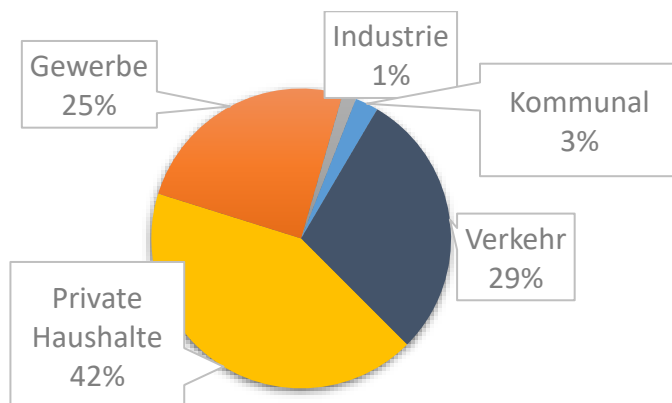


Abbildung 9 Endenergieverbräuche nach Verbrauchergruppen (2019)

Wie Abbildung 10 entnommen werden kann, blieb das Verhältnis zwischen den Verbrauchergruppen über die Jahre 2014 - 2021 überwiegend konstant.

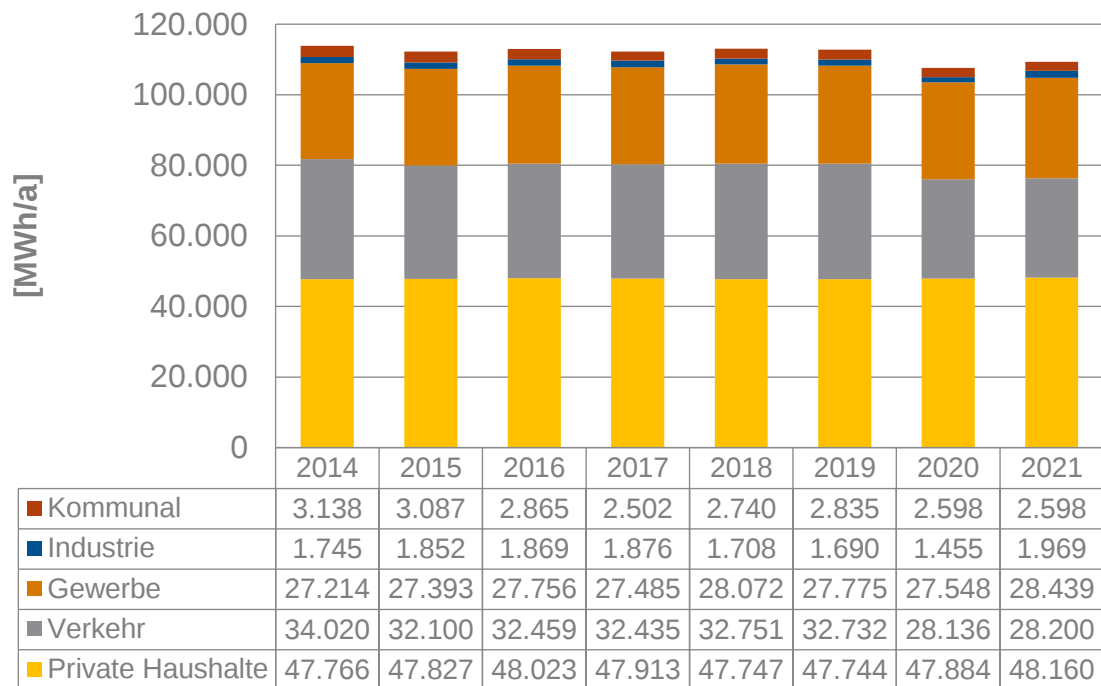


Abbildung 10 Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 - 2021)

Im Betrachtungszeitraum ging der Anteil des Verkehrs leicht zurück, während die Anteile der anderen Sektoren am Endenergieverbrauch entsprechend anstiegen. Neben dem Verkehrssektor kann auch bei den kommunalen Verbräuchen ein Rückgang (etwa 17 %) festgestellt werden. Der Gesamtverbrauch der privaten Haushalte ist im Betrachtungszeitraum um 1 % gestiegen, im GHD-Sektor ist ein Anstieg von ca. 5 % zu verzeichnen. Im Industriesektor ist ein Anstieg von 13 % festzustellen.

2.3.2 Stromsektor

Der Stromverbrauch lag im Bilanzjahr 2019 bei rund 16.800 MWh. Bei Berücksichtigung des Stromverbrauchs für Heizstrom und Wärmepumpen ergibt sich ein Stromverbrauch (inkl. Wärme) von 18.800 MWh. Dem Verbrauch gegenüberstehend wurden ca. 20.900 MWh Strom aus erneuerbaren Energien ins Netz eingespeist, was einem Anteil von knapp 124 % des Stromverbrauchs (ohne Wärme) entspricht. Damit liegt die Stromeinspeisung weit über dem Bundesdurchschnitt aus dem Jahr 2019 von 42 %⁷. Rund 11.000 MWh stammen aus Photovoltaik, die restlichen 9.900 MWh aus Biomasse. Andere erneuerbare Energiequellen sind nicht vorhanden. In Abbildung 11 ist der Stromverbrauch (Netzbezug, ohne Wärme), die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien und der Anteil der Stromeinspeisung am Stromverbrauch im Zeitverlauf (2014-2021) dargestellt.

⁷ (UBA, 2020)

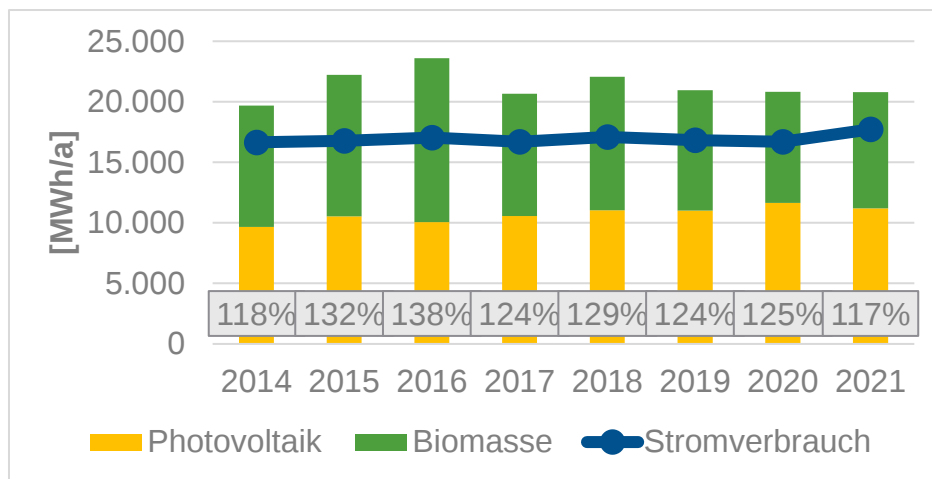


Abbildung 11 Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien vs. Stromverbrauch (Netzbezug) im Zeitverlauf (2014 - 2021)

Die Nutzung von Photovoltaik zur Stromerzeugung zeigt im Betrachtungszeitraum einen Zuwachs um ca. 16 %. Die Nutzung von Biomasse zur Stromerzeugung schwankt in den Jahren stark, der Wert 2021 entspricht jedoch etwa dem Wert von 2014 (- 4 %). Der Stromverbrauch (ohne Wärme) stieg im Betrachtungszeitraum um rund 6 %.

Die Verteilung des Stromverbrauchs (ohne Wärme) auf die verschiedenen Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 – 2021) ist in Abbildung 12 dargestellt:

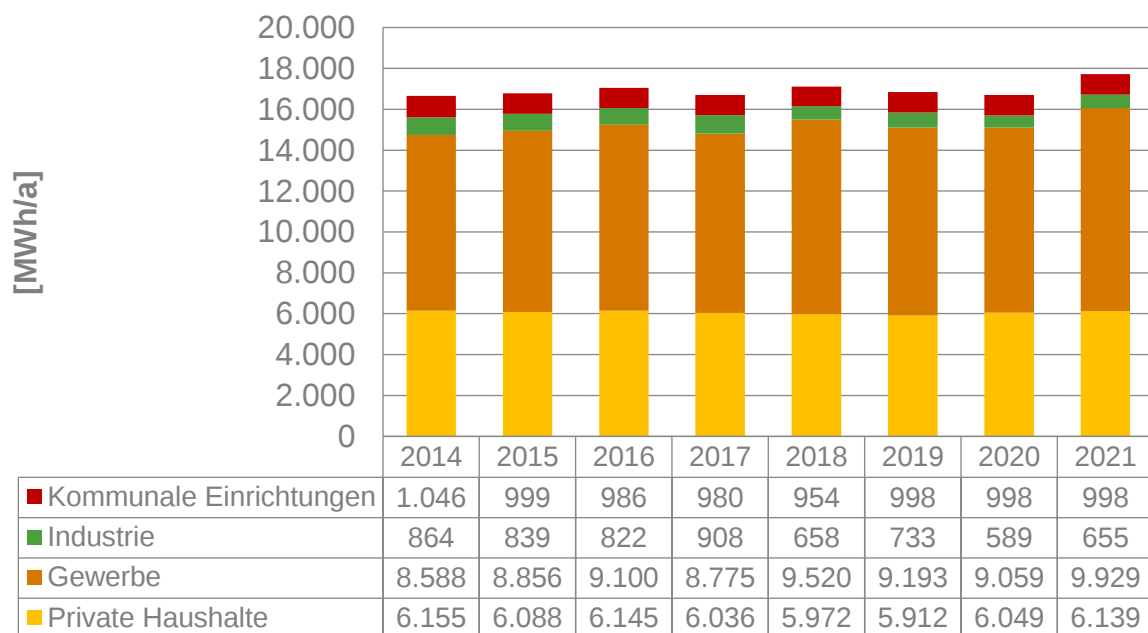


Abbildung 12 Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 - 2021)

Die größten Anteile halten im Bilanzjahr 2019 der GHD-Sektor mit 55 % sowie die privaten Haushalte mit 35 %. Weitere 4 % entfallen auf die Industrie, 6 % auf die kommunalen Verbräuche. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Abgrenzungen zwischen GHD und Industrie nicht immer ganz eindeutig sind. Über den Betrachtungszeitraum ist der Stromverbrauch der privaten Haushalte annähernd konstant geblieben, der Stromverbrauch der kommunalen Einrichtungen ist um 5 % moderat zurückgegangen.

Während der Stromverbrauch im Industriesektor im betrachteten Zeitraum um 24 % zurückgegangen ist, stieg der Verbrauch im GHD-Sektor um 16 %.

2.3.3 Wärmesektor

Der Wärmeverbrauch lag im Bilanzjahr 2019 bei etwa 63.000 MWh. Die Aufteilung nach Energieträgern ist in Abbildung 13 dargestellt:

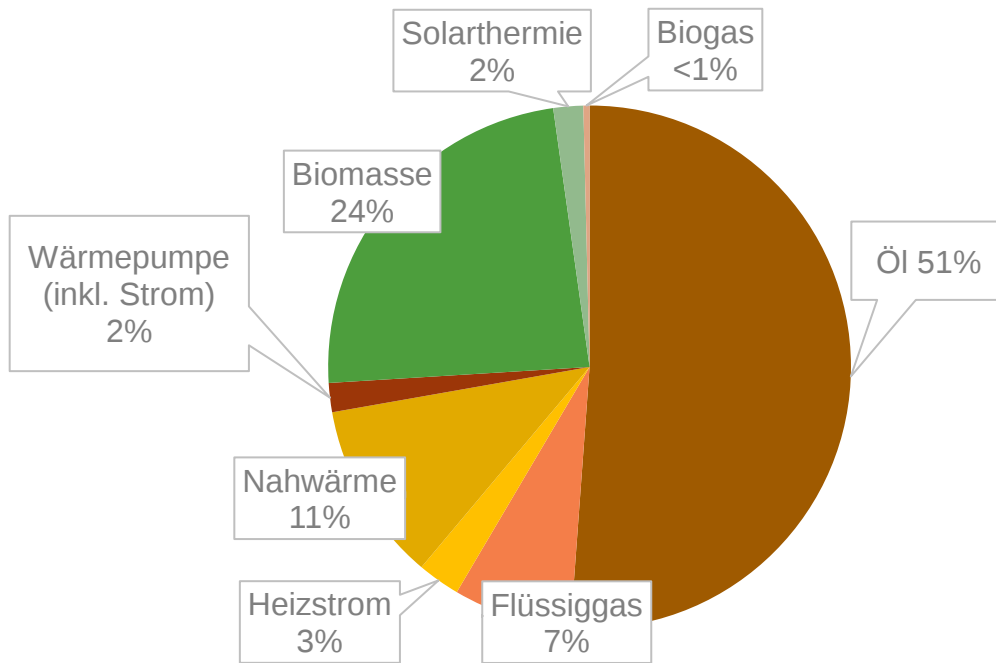


Abbildung 13 Energieverbrauch im Wärmesektor nach Energieträgern

Rund 51 % (32.200 MWh) der Wärme beruht derzeit auf dem Energieträger Erdöl. Weitere fossile Energieträger im Wärmesektor sind vor allem Flüssiggas mit 7 % (6.700 MWh) und Heizstrom mit 3 % (1.660 MWh). Der Anteil erneuerbarer Energien (Einzelsysteme) liegt mit rund 17.500 MWh bei 28 %. Darüber hinaus wird ein Anteil von 11 % (7.000 MWh) über erneuerbare Nahwärme (Biogas) gedeckt. Damit liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung mit insgesamt ca. 39 % deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt von 15 %.⁸ Nachdem die Verbräuche für Öl, Flüssiggas und Biomasse auf statischen Feuerstätten-Daten beruhen und kein Erdgasnetz vorhanden ist, kann für einen hohen Anteil der Energieträger in Engstingen kein Entwicklungstrend über die Verbrauchergruppen hinweg abgeleitet werden.

Abbildung 14 zeigt die Zusammensetzung der erneuerbaren Energien im Wärmesektor inkl. erneuerbarer Nahwärme im Bilanzjahr 2019. Nachdem die Nahwärmeverbräuche in Engstingen auf Biogas und einem geringen Anteil fester Biomasse (Hackschnitzel) basieren, ist der Nahwärmeverbrauch ebenfalls abgebildet.

⁸ (UBA, 2020)

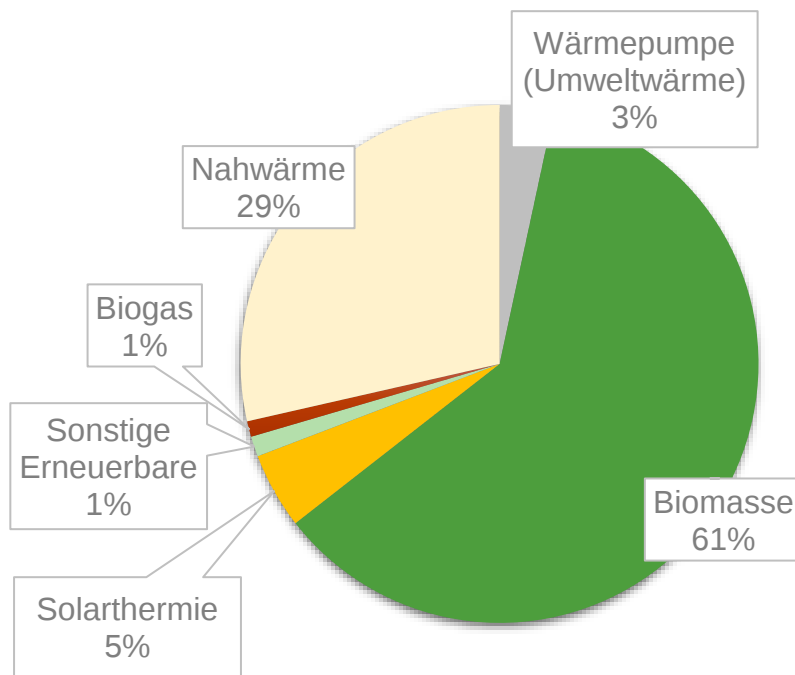


Abbildung 14 Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung

Die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor ist zu über 60 % auf Biomasse zurückzuführen mit ca. 15.000 MWh. Nahwärme auf Basis von Biomasse (Biogas, Hackschnitzel) erreicht einen Anteil von 29 %. Es folgen Solarthermie mit 1.160 MWh (5 %) und Wärmepumpen (Umweltwärme) mit 830 MWh (3 %). Jeweils rund 1 % geht auf sonstige erneuerbare Energien (310 MWh) und Biogas (240 MWh) zurück, Nachdem Biomasse, Biogas und Nahwärme auf statischen Daten beruhen, werden diese Energieträger an dieser Stelle nicht im Zeitverlauf dargestellt. Die Nutzungsentwicklung von Wärmepumpen und Solarthermie im Betrachtungszeitraum (2014 – 2021) ist in Abbildung 15 dargestellt.

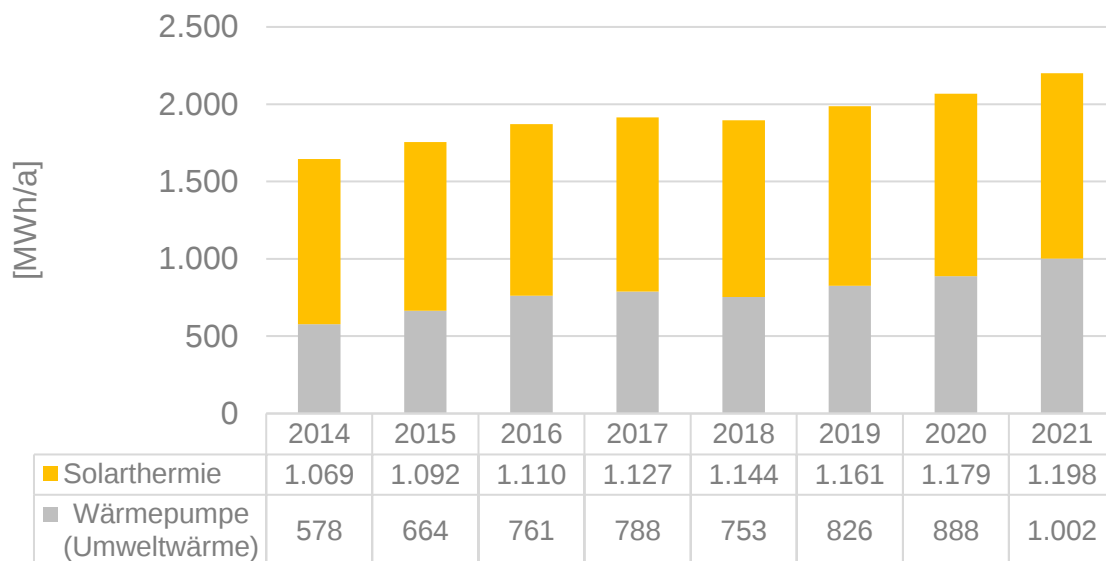


Abbildung 15 Zubau erneuerbarer Energien im Wärmesektor über den Zeitverlauf (2014 - 2021)

Im Zeitverlauf ist vor allem eine gestiegene Nutzung von Wärmepumpen zu beobachten (+ 73 %). Zudem ist ein Anstieg der Solarthermie um 12 % gegenüber 2014 festzustellen.

Die Verteilung des Wärmeverbrauchs auf die verschiedenen Verbrauchergruppen ist in Abbildung 16 dargestellt.

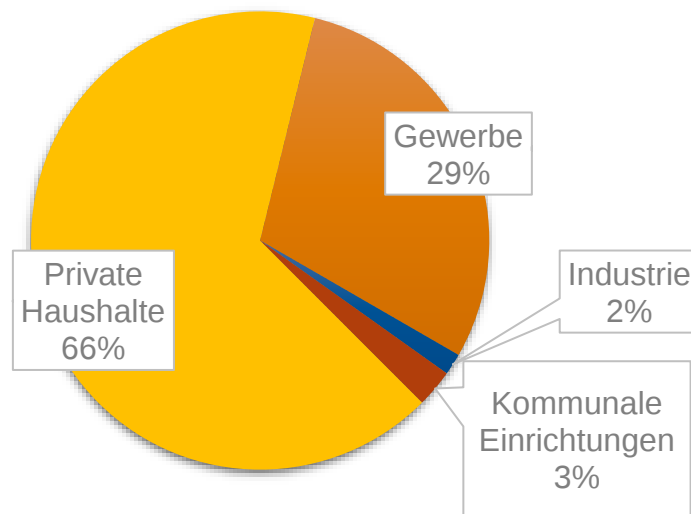


Abbildung 16 Wärmeverbrauch nach Verbrauchergruppen

Den größten Anteil halten im Bilanzjahr 2019 mit Abstand die privaten Haushalte mit 66 %. Darauf folgt der GHD-Sektor mit 29 % und die Industrie mit 2 %. Die kommunalen Einrichtungen sind für rund 3 % des Wärmeverbrauchs verantwortlich.

2.3.4 Verkehrssektor

Der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors lag im Bilanzjahr 2019 bei rund 32.900 MWh. Nach der BISCO-Methodik wird der Verkehr rein territorial bilanziert, wodurch alle Verkehrsbewegungen, die innerhalb des Gebiets der Gemarkung der Gemeinde Engstingen vollzogen werden, berücksichtigt werden. Abbildung 17 zeigt die Aufteilung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verbrauchergruppe. Die hier dargestellten Werte beruhen auf statistischen Berechnungen, die von der KEA für das Bilanzierungstool BICO2BW zur Verfügung gestellt werden.

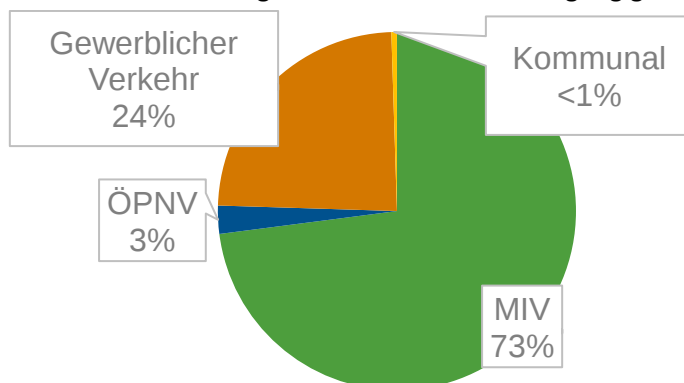


Abbildung 17 Endenergieverbrauch im Verkehr nach Verbrauchergruppen

Durch den motorisierten Individualverkehr wird in der Gemeinde Engstingen mit 73 % ein Großteil des verkehrsbedingten Energieverbrauchs verursacht. Dabei stellt der Pkw das dominante

Fortbewegungsmittel dar. Der gewerbliche Verkehr (Lkw, leichte Nutzfahrzeuge und Schienengüterverkehr) ist für etwa 24 % des Energieverbrauchs verantwortlich. Mit rund 3 % hat der ÖPNV nur einen recht geringen Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen. Der kommunale Fuhrpark ist für <1 % der Gesamtkraftstoffverbräuche innerhalb der Gemeinde verantwortlich. Abbildung 18 zeigt den Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 – 2021).

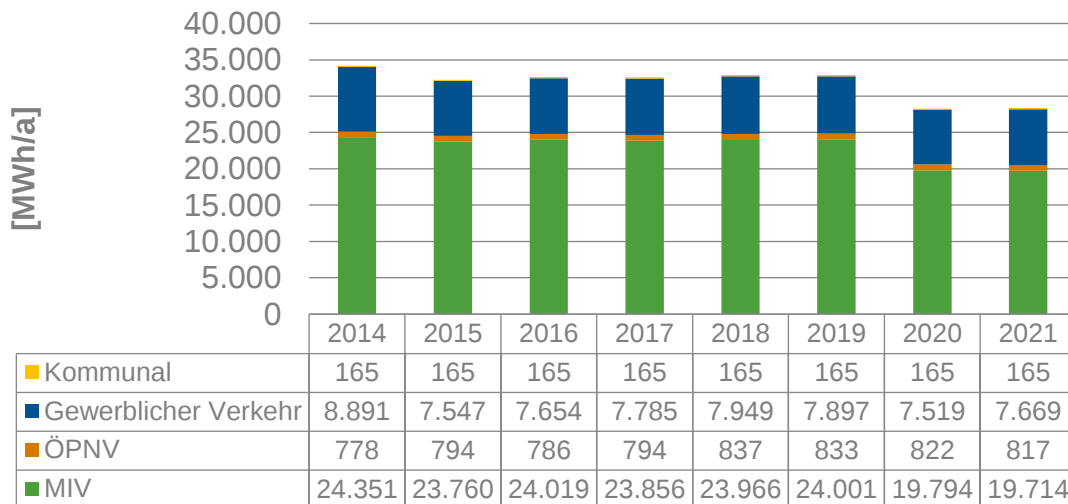


Abbildung 18 Energieverbrauch des Verkehrssektors nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 - 2021)

Im Betrachtungszeitraum wird ein deutlicher Rückgang des Gesamtkraftstoffverbrauchs im Jahr 2020 deutlich. Dies ist insbesondere durch die Auswirkungen der Pandemie auf das Verkehrsverhalten erklärbar. Inwieweit die Verbräuche sich in den Folgejahren entwickeln, bleibt abzuwarten. Das Verhältnis zwischen der Nutzung der Kraftstoffe blieb überwiegend konstant. Insgesamt sank der Energieverbrauch im Verkehrssektor um rund 17 % im Betrachtungszeitraum. Der Verbrauch beim motorisierten Individualverkehr (MIV) sank um 19 %, beim gewerblichen Verkehr um 14 %. Der Verbrauch des ÖPNV ist um ca. 5 % gestiegen.

Die Verteilung nach Antriebsart ist in Abbildung 19 dargestellt. Die hier dargestellten Werte beruhen auf statistischen Berechnungen, die vom Bilanzierungstool BICO2BW zur Verfügung gestellt werden.

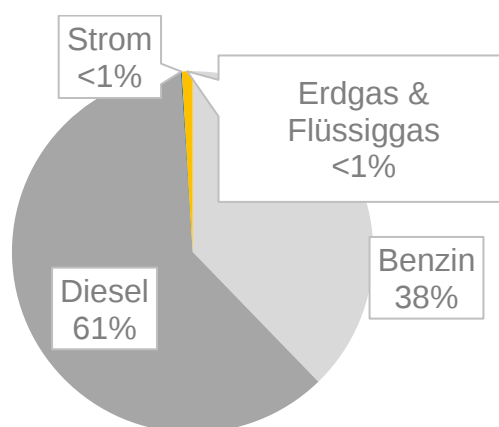


Abbildung 19 Endenergieverbrauch nach Antriebsart

Die Verteilung nach Antriebsart zeigt, dass neben einer überwiegenden Nutzung von Diesel (61 %) und Benzin (38 %) die Nutzung von Strom, Erd- und Flüssiggas jeweils nur < 1 % ausmacht.

2.3.5 Kommunale Verbräuche

Aufgrund der Vorbildfunktion werden die Endenergieverbräuche und Emissionen der kommunalen Verwaltung detailliert betrachtet und dargestellt. Die folgende Abbildung 20 zeigt die verschiedenen Sektoren und genutzten Energieträger. Insgesamt lag der Energieverbrauch im Jahr 2019 bei rund 2.800 MWh. Die daraus resultierenden Emissionen belaufen sich auf rund 820 t CO₂.

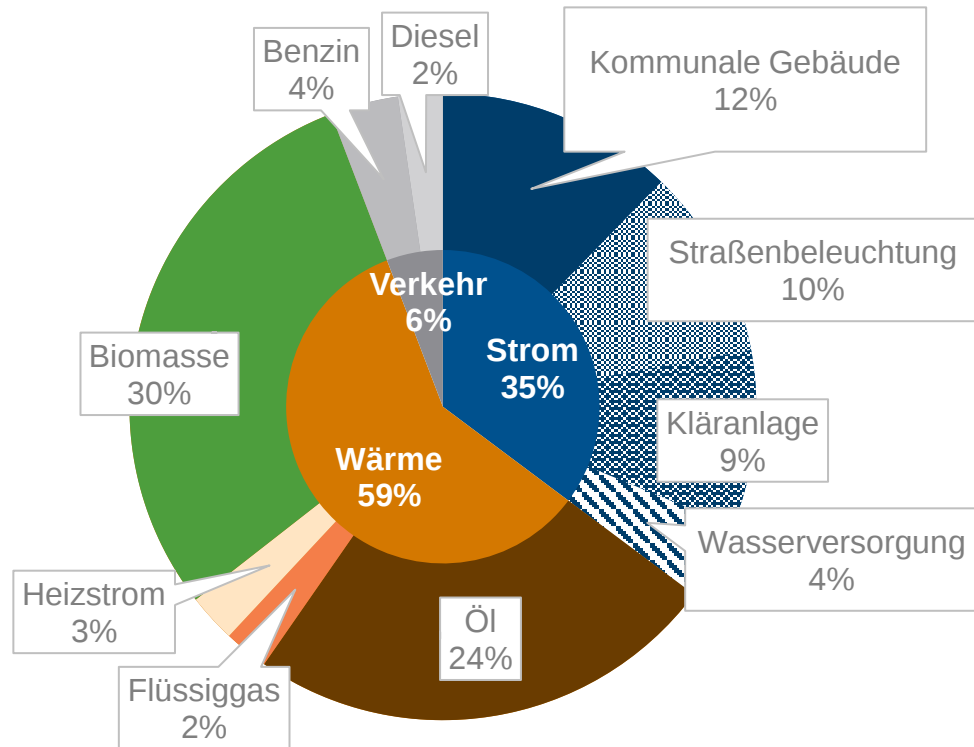


Abbildung 20 Kommunaler Energieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der Wärmeverbrauch hat den größten Anteil an den Energieverbräuchen mit 1.650 MWh (59 %). Biomasse macht hier mit ca. 840 MWh den größten Anteil aus, gefolgt von Heizöl mit 690 MWh. Flüssiggas und Heizstrom machen nur einen geringen Anteil am kommunalen Endenergieverbrauch aus. Rund 25 % des Heizstromverbrauchs kann auf die Kläranlage zurückgeführt werden.

Der Stromverbrauch hat im Jahr 2019 mit ca. 1.000 MWh einen Anteil von 35 % am Energieverbrauchs. Davon sind ca. 350 MWh auf die kommunalen Gebäude zurückzuführen, 280 MWh auf die Straßenbeleuchtung, 260 MWh auf die Kläranlage und 110 MWh auf die kommunale Wasserversorgung. Der kommunale Fuhrpark trägt mit insgesamt rund 150 MWh nur zu einem geringen Anteil zum kommunalen Endenergieverbrauchs bei.

2.3.6 Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasemissionen werden auf Grundlage der ermittelten Endenergieverbräuche und unter Anwendung der Emissionsfaktoren nach BSKO-Systematik ermittelt. Im Jahr 2019 betragen die Emissionen der Gemeinde Engstingen insgesamt rund 31.500 t CO₂. In Abbildung 21 sind die Emissionen in 2019 nach den drei Sektoren Strom, Wärme und Verkehr dargestellt und nach Unterkategorien weiter aufgeschlüsselt. Die Pro-Kopf-Emissionen für die Gemeinde Engstingen liegen

bei 5,98 t CO₂/Kopf und damit unter dem Bundesdurchschnitt von 9,8 t CO₂/Kopf.⁹

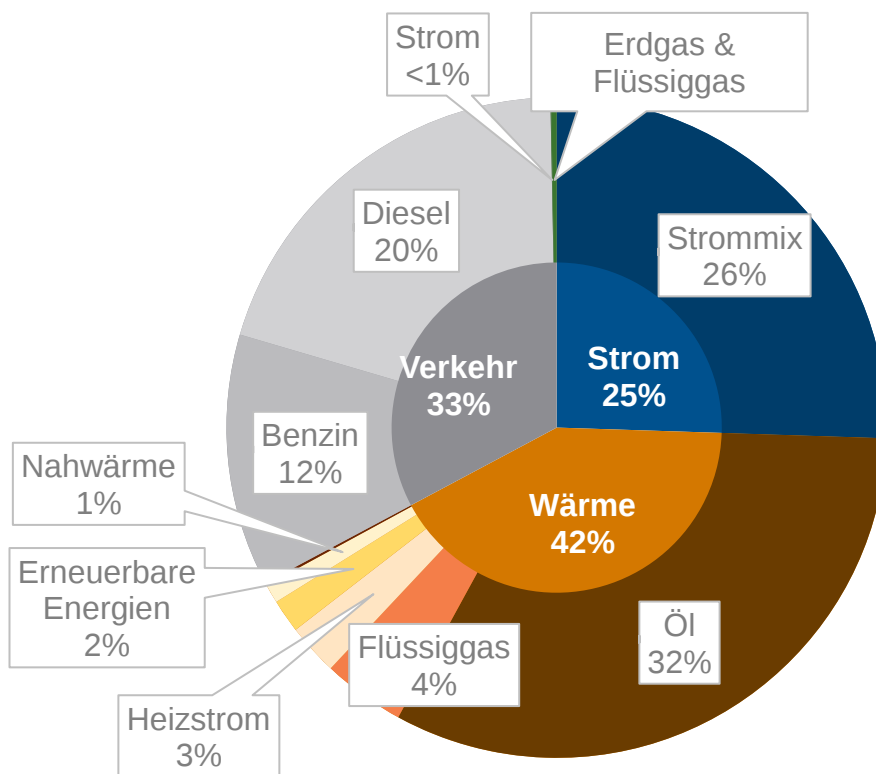


Abbildung 21 Treibhausgasemissionen nach Sektoren und Energieträgern

Aus dem Wärmesektor resultieren 42 % der Gesamtemissionen. Dabei wird ein Großteil der Treibhausgase durch das Heizen mit Öl (32 % der Gesamtemissionen) emittiert. Der geringe Anteil der erneuerbaren Energien an den gesamten Emissionen der Gemeinde Engstingen ist insbesondere auf die niedrigen Emissionsfaktoren von Solarthermie, Biomasse und Wärmepumpen zurückzuführen. Nachdem Nahwärme in Engstingen ausschließlich auf Grundlage von erneuerbaren Energien bereitgestellt wird, ist der Anteil an den Emissionen der Gemeinde ebenfalls gering. Der lokale Emissionsfaktor für Nahwärme liegt in Engstingen bei ca. 0,042 t CO₂/MWh.

Aus dem Verkehrssektor hat in der Gemeinde Engstingen mit 29 % den zweitgrößten Anteil an den Emissionen zu verzeichnen. Der größte Teil davon wird mit 20 % der Gesamtemissionen durch den Kraftstoff Diesel verursacht. Rund 12 % sind dem Kraftstoff Benzin und weniger als 1 % der Elektromobilität bzw. Erd- und Flüssiggas zuzuordnen.

Die aus den Stromverbräuchen resultierenden Emissionen sind für 25 % der Gesamtemissionen verantwortlich. Die Emissionseinsparung durch Einspeisung von erneuerbaren Energien als Anteil am Gesamtstromverbrauch wird nach BSKO-Standard nicht bilanziert, kann aber ergänzend dargestellt werden: Die lokale Stromeinspeisung entspricht 124 % des Stromverbrauchs und kann rein rechnerisch rund 10.000 t CO₂ pro Jahr einsparen. Nimmt man die lokale Stromeinspeisung mit in Betracht (nicht BSKO-konform) würden sich die Gesamtemissionen auf insgesamt 24.050 t CO₂ reduzieren. Die Pro-Kopf-Emissionen für die Gemeinde Engstingen entsprächen dadurch rund 4,6 t CO₂/Kopf.

⁹ Ecospeed Region

Über den Zeitraum von 2014 bis 2021 betrachtet (Abbildung 22), ist eine Senkung der Emissionen um 15 % zu beobachten, welche insbesondere auf den verbesserten Bundesstrommix und dessen Emissionsfaktor sowie den durch Corona bedingten Rückgang der Emissionen im Verkehrssektor zurückzuführen ist.

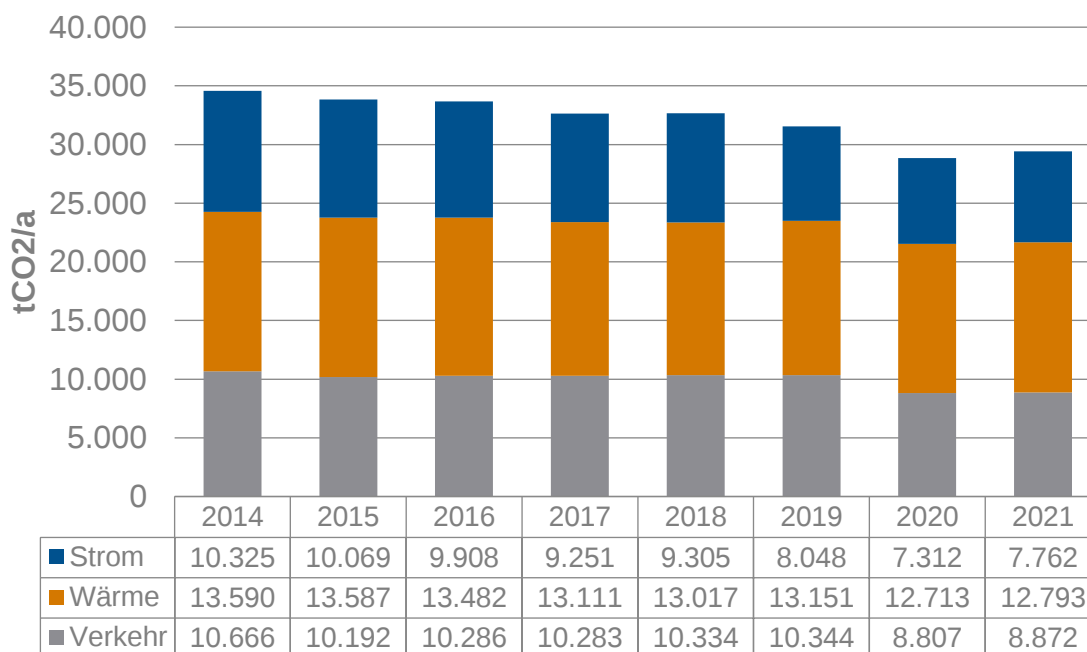


Abbildung 22 Emissionen nach Sektoren im Zeitverlauf 2014 – 2021

Die Verteilung nach Verbrauchergruppen ist in Abbildung 23 dargestellt und zeigt folgendes Bild: Rund 37 % der Gesamtemissionen entfallen auf die privaten Haushalte, 33 % auf den Verkehrssektor und 26 % auf den GHD-Sektor. Der Anteil der Industrie und der kommunalen Liegenschaften an den Gesamtemissionen liegt bei jeweils 2 %.

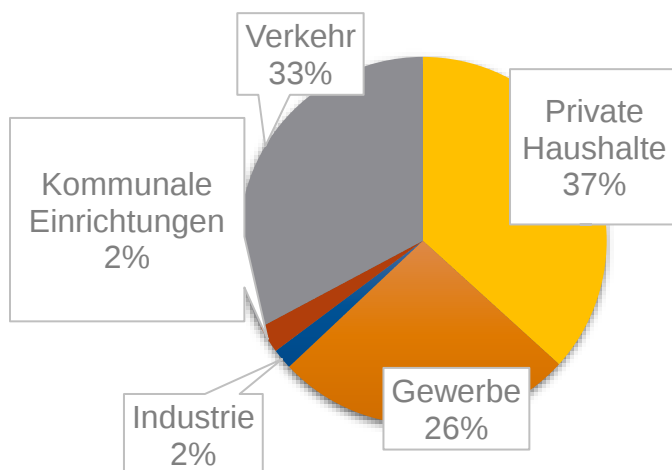


Abbildung 23 Emissionen nach Verbrauchergruppen

Abbildung 24 zeigt die Emissionen nach Verbrauchergruppe über den Zeitraum von 2014 – 2021. Das Verhältnis zwischen den Verbrauchergruppen blieb über die Jahre überwiegend konstant. Im Verkehrssektor ist eine Reduktion der Emissionen um 17 % festzustellen, im GHD-Sektor von 13 % und bei den privaten Haushalten um 11 %. Der Rückgang der Emissionen im Betrachtungszeitraum beträgt

ca. 36 %, im Industriesektor und 44 % bei der Kommunalverwaltung.

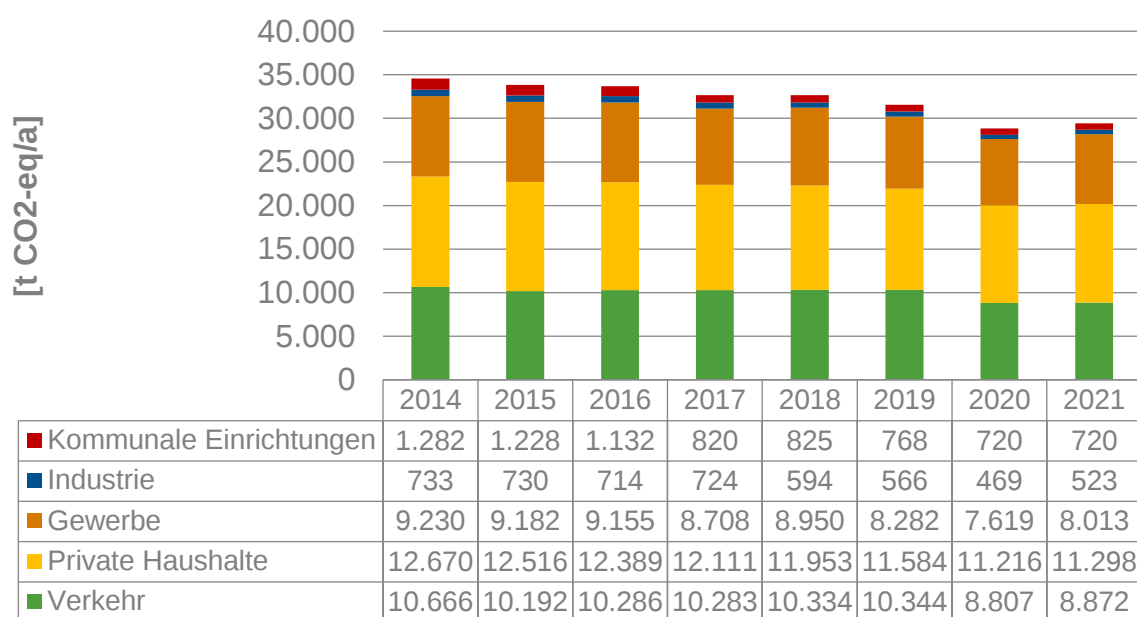


Abbildung 24 Emissionen nach Verbraucherguppen im Zeitverlauf 2014 – 2021

2.3.7 Indikatoren

Zur genaueren Einordnung der Bilanzergebnisse sind in spezifische Indikatoren für das Jahr 2019 im Vergleich mit Bundesdurchschnittsdaten aufgeführt. Der Indikatorenvergleich zeigt, dass die Gemeinde Engstingen im Vergleich überdurchschnittlich dastehen. Fünf von acht Kategorien zeigen überdurchschnittlich positive Werte. Sofern keine öffentlich zugänglichen Quellen für die Bundesdurchschnittswerte angegeben sind, stammen die Vergleichswerte aus dem Bilanzierungstool Ecospeed Region¹⁰. Im Rahmen des Klimaschutzkonzepts und des künftigen Monitorings empfiehlt es sich, eigene und kommunenspezifische Zielwerte für die Indikatoren festzulegen. Durch einen regelmäßigen Abgleich der Ist-Werte mit den Zielwerten kann die Gemeinde feststellen, ob sie sich auf dem Zielpfad befindet.

Tabelle 2 Indikatoren der Gemeinde Engstingen sowie Bundesdurchschnitt

Indikator	Gemeinde Engstingen	Bundesdurchschnitt	Einheit
Gesamttreibhausgasemissionen	5,98	9,8	t/EW
Treibhausgasemissionen Private Haushalte	2,20	2,55	t/EW
Endenergieverbrauch	21,39	30,10	MWh/EW
Energieverbrauch Private Haushalte	9,05	8,82	MWh/EW
Energiebedarf MIV	4,55	4,48	MWh/EW
Energieverbrauch GHD-Sektor	20,11	13,72	MWh/Besch.
Erneuerbare Energien Strom	124	42,20 ¹¹	%
Erneuerbare Energien Wärme	28 (39)	15,00 ¹²	%
Kraft-Wärme-Kopplung (Wärme)	11	8,30 ¹³	%

¹⁰ (Ecospeed AG, kein Datum)

¹¹ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023)

¹² (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023)

¹³ (Statistisches Bundesamt, 2021)

Im Bilanzjahr 2019 lagen die emittierten CO₂-Emissionen in der Gemeinde Engstingen bei rund 5,98 Tonnen pro Einwohner. Der Bundesdurchschnitt 2019 lag bei 9,8 t/EW. Damit liegt die Gemeinde Engstingen unter dem Bundesdurchschnitt. Im Sektor Private Haushalte liegt die Gemeinde Engstingen mit einem CO₂-Emissionsausstoß von etwa 2,2 t/EW im Bilanzjahr 2019 leicht unter dem Bundesdurchschnitt.

Der Energieverbrauch in den privaten Haushalten pro Einwohner beträgt in der Gemeinde Engstingen 9,05 MWh/EW. Der Bundesdurchschnitt liegt bei 8,82 MWh/EW. Im Vergleich liegt der Verbrauch der Privaten Haushalte in der Gemeinde Engstingen somit leicht über dem Bundesdurchschnitt. Auch der Energieverbrauch im Sektor Individualverkehr in der Gemeinde Engstingen ist mit 4,55 MWh/EW leicht höher als der Bundesdurchschnittswert von 4,48 MWh/EW. Im GHD-Sektor liegt der Energieverbrauch in Engstingen bei 20,11 MWh pro sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten (MWh/Besch.) und ist damit deutlich höher als der Bundesdurchschnitt von 13,72 MWh/Besch. im Jahr 2019.

In der Gemeinde Engstingen nehmen die erneuerbaren Energien mit rund 124 % am Stromverbrauch eine überdurchschnittliche Stellung ein. Im Bundesdurchschnitt lag der prozentuale Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch 2019 bei ca. 42 %. Auch beim Wärmeverbrauch liegt die Gemeinde Engstingen weit über dem Durchschnittswert des Bundes. So wurde in Engstingen 2019 ein Anteil von rund 28 % am Wärmeverbrauch durch erneuerbare Energien gedeckt, bundesweit lag der Anteil bei ca. 15 %. Dabei nicht berücksichtigt ist der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung, welcher in Engstingen ebenfalls aus erneuerbaren Energien erzeugt wird. Dieser liegt in Engstingen bei 11 % und damit über dem Bundesdurchschnitt von ca. 8 %.

2.3.8 Zusammenfassung der Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz

Der Endenergieverbrauch der Gemeinde Engstingen beträgt im Bilanzjahr rund 112.800 MWh. Der Sektor Private Haushalte weist mit 42 % den größten Anteil am Endenergiebedarf auf. Der Verkehrssektor weist einen Anteil von 29 % und der GHD-Sektor einen Anteil von 25 % auf, während die kommunalen Einrichtungen lediglich 3 % des Endenergieverbrauchs ausmachen. Der Industriesektor (Sektor C) nimmt einen Anteil von nur ca. 1 % am Endenergieverbrauch ein.

Mit rund 56 % am Endenergieverbrauch ist der Wärmesektor die dominanteste Nutzungsform, gefolgt vom Verkehrssektor mit 19 %. Der Stromsektor weist einen Anteil von 15 % am Endenergieverbrauch auf. Die Aufschlüsselung nach Energieträger zeigt, dass der größte Anteil des Endenergieverbrauchs im Jahr 2019 mit 29 % auf den Einsatz von Erdöl zurückzuführen ist. Diesel hat im Bilanzjahr 2019 einen Anteil von 18 %. Erneuerbare Energien zur Wärmegewinnung sowie Strom machen je rund 15 % aus.

Die aus dem Energieverbrauch der Gemeinde Engstingen resultierenden Emissionen summieren sich im Bilanzjahr 2019 auf 31.500 t CO_{2e} (BISKO-Standard). Wird die Einspeisung aus erneuerbaren Energien im Stromsektor mitberücksichtigt, reduzieren sich die Emissionen auf 24.000 t CO_{2e}. Die Anteile der Sektoren korrespondieren in etwa mit ihren Anteilen am Endenergieverbrauch. Die privaten Haushalte führen mit 37 %, gefolgt vom Verkehrssektor mit 33 % und dem GHD-Sektor mit 26 %. Die kommunale Verwaltung sowie der Industriesektor machen lediglich je 2 % aus. Die Aufschlüsselung nach Energieträger zeigt, dass der Anteil von Erdöl bei 32 % liegt. Der Strommix (BISKO-Standard) nimmt im Bilanzjahr 2019 einen Anteil von 26 % an den Emissionen ein, gefolgt von Diesel mit 20 %.

Werden die THG-Emissionen auf die Einwohner bezogen, ergibt sich ein Wert von rund 5,98 t/a. Damit liegt die Gemeinde Engstingen im Jahr 2019 unter dem bundesweiten Durchschnitt, der je nach Methodik und Quelle zwischen 7,9 und 11,0 t/a pro Einwohner variiert. Die Stromeinspeisung Photovoltaik und KWK-Anlagen (Biogas) auf dem Gebiet der Gemeinde Engstingen macht im Jahr 2019, bezogen auf den gesamten Stromverbrauch (Netzbezug) der Gemeinde Engstingen, einen Anteil von 124 % aus. Die Solarenergie trägt dabei mit 53 % zur regenerativen Stromproduktion bei.

Eine Übersicht über den Energieverbrauch und die Emissionen der Gemeinde Engstingen im Jahr 2019 ist in Tabelle 3 aufgeteilt nach Energieträgern dargestellt.

Tabelle 3 Endenergieverbräuche und Emissionen

	Energieverbrauch [MWh/a]		Emissionen [t CO ₂ /a]	
Strom	16.836	15%	8.048	26%
Verbrauch	16.836		8.048	
<i>Mit lokalem Strommix</i>			554	
Wärme	63.043	56%	13.151	42%
Gas	0		0	
Öl	32.188		10.236	
Flüssiggas	4.607		1.272	
Heizstrom	1.658		793	
Nahwärme	6.987		294	
Sonstige Konventionelle	119		39	
Umweltwärme	826		124	
Biomasse	14.942		329	
Solarthermie	1.161		29	
Biogas	240		26	
Sonstige Erneuerbare	309		8	
Verkehr	32.897	29%	10.344	33%
Benzin	11.907		3.834	
Diesel	19.071		6.229	
Strom	25		12	
Sonstige	1.894		269	
Summe mit bundesweitem Strommix / BSKO-konform	112.776	100%	31.543	100%
Summe mit lokalem Strommix (durch Anrechnung der Erzeugung von EE-Strom und damit Verbesserung des Emissionsfaktors von Strom)			24.049	100%

3 Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse werden für die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr Potenziale zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen ermittelt. Darauf aufbauend erfolgt die Entwicklung zweier denkbarer Szenarien bis zum Zieljahr der Gemeinde Engstingen 2040 mit dem Zwischenziel 2030.

Potenziale

Grundsätzlich lassen sich auf zwei Arten Emissionen reduzieren. Zum einen durch eine **Verringerung des Verbrauchs** durch Energieeinsparmaßnahmen und Effizienzsteigerung. Zum anderen durch den **Einsatz erneuerbarer Energien** und die Umrüstung auf klimafreundliche Technologien.

Die Energieeinsparung und Effizienzsteigerung sollte in ihrer Bedeutung nicht verkannt werden, da die klimafreundlichste Energieeinheit diejenige ist, die erst gar nicht verbraucht und deshalb auch nicht produziert werden muss. Entsprechend werden zuerst Einsparmöglichkeiten betrachtet, gefolgt von den Potenzialen bei Nutzung regenerativer Energien und Effizienzsteigerungen. Es werden die vorhandenen Potenziale dargestellt und Aussagen zur Nutzbarkeit vor Ort (soweit möglich) anhand von natürlichen oder regulatorischen Beschränkungen getroffen.

Szenarien

Auf Basis der Potenziale werden zwei Szenarien erstellt, die eine mögliche Energieversorgungssituation in der Zukunft – je nach Ausmaß des lokalen Klimaschutzes – beschreiben. Es ist wichtig zu beachten, dass die Szenarien Zukunftsbilder darstellen, die selten genauso eintreten wie geplant, jedoch hilfreiche Wenn-Dann-Überlegungen darstellen und einen Orientierungspunkt für eine strategische Implementierung von lokalem Klimaschutz geben. Folgende zwei Szenarien werden in jedem Sektor betrachtet:

Referenzszenario

Das Referenzszenario (auch „Business-as-usual-Szenario“ genannt) basiert sowohl auf der bisherigen Entwicklung der Verbräuche in der Gemeinde Engstingen als auch auf dem aktuellen Stand der Politik in puncto Energiewende und Klimaschutz. Dieses Szenario geht davon aus, dass in Zukunft keine zusätzlichen Anstrengungen unternommen werden, Energiewende und Klimaschutz in der Gemeinde voranzutreiben. Vielmehr wird der bisherige Trend fortgeschrieben.

Klimaschutzszenario

Im Gegensatz zum Referenzszenario basiert das Klimaschutzszenario auf der Annahme, dass sowohl in der Gemeinde als auch auf bundespolitischer und gesetzgeberischer Ebene Aktivitäten zur Energiewende und zum Klimaschutz vorangetrieben werden. Die getroffenen Annahmen des Klimaschutzszenarios beruhen auf der Analyse lokaler Potenziale sowie den Ergebnissen bundesweiter Studien, welche Anpassungen notwendig und sinnvoll erscheinen. Insbesondere die Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ von Prognos AG et al. (2021) als auch die Analyse „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ (Kopernikus-Projekt Ariadne, 2021) wurden für die Annahmen im Strom- und Wärmesektor genutzt. Für den Verkehrssektor wurden insbesondere die Ergebnisse der Mobilitätsszenarien 2045 des Bundesverband Erneuerbarer Energien (2024) als Grundlage genommen. Da lokale Potenziale und Ausgangsbedingungen berücksichtigt werden müssen, kann nicht für jede Gebietskörperschaft ein einheitliches Zielbild erstellt werden. Die verwendeten Studienergebnisse dienen daher lediglich als Orientierung und lokale Szenarien können in ihren Annahmen abweichen. Auch ist darauf hinzuweisen, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, die Wahrscheinlichkeit der Erreichung von der Treibhausgasneutralität zu erhöhen. So gewichten etwa Studien den Einfluss verschiedener Technologien und Energieträger unterschiedliche stark bzw. schwach (Beispiel

Wasserstoff). Entsprechend sind auch andere Entwicklungen als hier formuliert denkbar, jedoch erscheint das dargestellte Szenario unter den gegebenen Ausgangsbedingungen sowie den getroffenen Annahmen als besonders passend.

Im jeweiligen Fazit sind alle relevanten Veränderungen des Sektors (Strom, Wärme, Verkehr) übersichtlich dargestellt. Welche Ausbauziele dafür notwendig sind und über welches Potenzial die Gemeinde Engstingen verfügt, wird in den jeweiligen Unterkapiteln im Detail erläutert.

3.1 Stromsektor

Um Aussagen über die Potenziale im Stromsektor treffen zu können, wird zunächst untersucht, wie sich der Stromverbrauch bis zum Jahr 2040 entwickeln wird. Durch technologische Fortschritte ist mit Einsparungen durch eine erhöhte Energieeffizienz von Geräten zu rechnen. Zusätzlich wird eine Verhaltensänderung hin zu einem sparsameren Umgang mit Energie notwendig sein und deshalb aktiv beworben werden. Gleichzeitig ist von einer deutlichen Steigerung des Strombedarfs aufgrund einer Umstellung auf strombasierte Technologien, insbesondere durch die Nutzung von Wärmepumpen im Wärmesektor und der Ausbau von Elektromobilität (E-Mobilität) im Verkehrssektor, auszugehen.

Anschließend wird geprüft, welche Technologien eingesetzt werden können, um einen möglichst hohen Anteil des Strombedarfs durch lokale und emissionsarme Erzeugung zu decken. Dabei spielen sowohl Großanlagen wie Windkraft, Biogasanlagen und Photovoltaik-Freiflächenanlagen als auch kleine Anlagen für den Eigenbedarf wie Photovoltaik-Dachflächenanlagen von Wohngebäuden eine Rolle. Während Dachflächen-Photovoltaik in jeder Kommune ausgebaut werden kann, ist der Einsatz anderer grüner Technologien im Rahmen von Großprojekten von den regionalen Voraussetzungen abhängig und unterscheidet sich daher stark. Daher sollte in der Praxis überregional gedacht und kooperiert werden.

3.1.1 Effizienzsteigerung in Haushalten, Gewerbe, Industrie

Grundsätzliches Potenzial

Den Energieverbrauch zurückzufahren ist der primäre Schritt zur Reduzierung der CO₂-Emissionen in der Gemeinde. Werden in diesem Bereich große Fortschritte erzielt, fallen Schritte der Substitution von Energieträgern und gegebenenfalls CO₂-Kompensationsmaßnahmen deutlich geringer aus. In der Energieeffizienzstrategie 2050 hat sich Deutschland das Ziel gesetzt, den Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 um 50 % zu reduzieren. Bis 2030 soll eine Reduktion um 30 % des Primärenergieverbrauchs erreicht werden. Dazu sind verschiedene Maßnahmen im Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE 2.0) festgelegt.

Ein wesentlicher Faktor, der zur Reduzierung des Stromverbrauchs beiträgt, ist der technologische Fortschritt und die Produktion immer effizienterer Geräte. Das EU-Energielabel bietet dabei eine gute Orientierung. Es wird angenommen, dass der vermehrte Einsatz energiesparender Anlagen wie Haushaltsgeräte und Beleuchtung in der Gemeinde Engstingen zu einem Rückgang des Stromverbrauchs in den Haushalten führt. Die Verhaltensänderung spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Das Bewusstsein für vorhandene Einsparpotenziale, beispielsweise durch das vollständige Abschalten nicht genutzter technischer Produkte, muss gestärkt werden. Die Analyse der Stromverbräuche zeigt, dass rund 54 % des Stroms in dem Bereich "GHD" und 35 % im Sektor "Private Haushalte" verbraucht werden.

Für Unternehmen bestehen – wie auch für Haushalte – geförderte Möglichkeiten der Energieberatung, um Einsparpotenziale zu identifizieren. Der Einsatz energieeffizienter Anlagen wird in Zukunft entscheidend sein (Beleuchtung, Lüftung, IKT, Maschinen etc.).

Szenarien

Deutschlandweit sank der Nettostromverbrauch in den Jahren 2010 bis 2019 um rund 5 %.¹⁴ Unter den verschiedenen Verbrauchergruppen ist kein relevanter Unterschied zu verzeichnen. Entsprechend hoch ist die Notwendigkeit umfassende Veränderungen vorzunehmen, um die deutschlandweiten Ziele zu erreichen.

Die Energieeffizienzstrategie Deutschlands sieht ambitionierte Reduktionsziele für den Energieverbrauch vor. Im Klimaschutzszenario wird davon ausgegangen, dass der Stromverbrauch bis 2040 um 25 % reduziert wird. Ausgenommen bei diesen Reduktionen sind die elektrische Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen und der Stromverbrauch verursacht durch Elektromobilität. Deren Energieverbrauch und die daraus resultierenden Emissionen werden im vorliegenden Konzept in den Sektoren Wärme und Verkehr betrachtet. Durch ihren Stromverbrauch wird der in Abbildung 25 dargestellte Rückgang des „klassischen“ Stromverbrauchs kompensiert – der Gesamtwert des Stromverbrauchs ist also infolge der Steigerung von E-Mobilität und Einsatz von Wärmepumpen deutlich höher. Dies wird im folgenden Fazit zum Stromsektor informativ ergänzend dargestellt.

Referenzszenario

Angelehnt an bisherige deutschlandweite Entwicklungen wird für alle Sektoren eine Reduktion von 6,2 % bis 2030 und 12 % bis 2040 angenommen. Der Gesamtstrombedarf sinkt um rund 2.090 MWh/a auf ca. 14.750 MWh/a bis 2040. Die Realisierung des Reduktionspotenzials entspricht einer Emissionseinsparung von ca. 1.000 t CO₂/a, wenn mit dem Bundesstrommix von 2019 gerechnet wird.

Klimaschutzszenario

Die bundesweite Zielsetzung der Energieeffizienzstrategie wird auf den betrachteten Zeitraum von 2019 bis 2040 heruntergebrochen und eine Reduktion des klassischen Stromverbrauchs von 15 % bis 2030 und von 25 % bis 2040 für die Privaten Haushalte, das Gewerbe und für die Industrie angenommen. Der Gesamtstrombedarf sinkt bis 2040 um ca. 4.280 MWh/a auf 12.600 MWh/a, während die Realisierung des Reduktionspotenzials einer Emissionseinsparung von ca. 2.050 t CO₂/a entspricht, wenn mit dem Bundesstrommix von 2019 gerechnet wird. Damit können die Emissionseinsparungen den Wert von 96 % erreichen.

Es ist zu beachten, dass die hier beschriebenen Emissionseinsparungen im Vergleich zum Bundesstrommix von 2019 und dessen Emissionsfaktor berechnet wurden. Die tatsächliche Emissionseinsparung für das Jahr 2040 wird deutlich geringer ausfallen, da sich der Emissionsfaktor des Bundesstrommix entsprechend der derzeitigen Ausbauziele für erneuerbare Energien stark verbessern wird. Um jedoch die Klimaschutzwirkung der einzelnen Maßnahmen darzustellen, wird für die Einzeldarstellungen der Vergleich mit den Emissionen auf Grundlage des Bundesstrommix von 2019 herangezogen.

¹⁴ (BMWi, 2019)

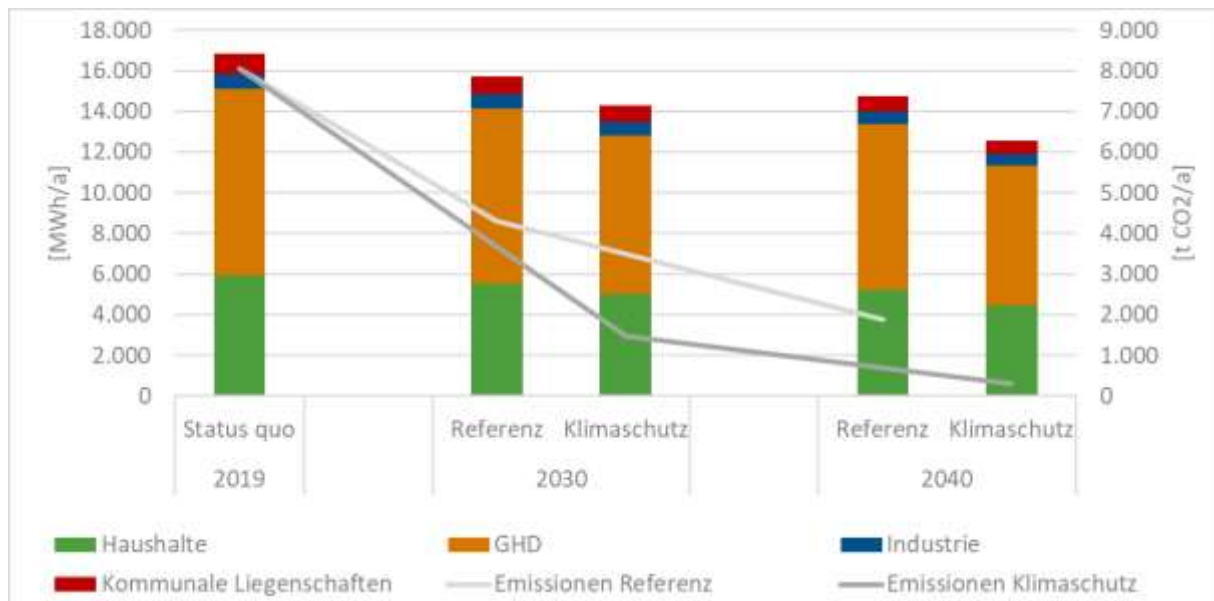


Abbildung 25 Resultierender Stromverbrauch nach Szenarien in der Gemeinde Engstingen

3.1.2 Effizienzsteigerung in kommunalen Liegenschaften

Kommunale Liegenschaften können und sollen bei der Umsetzung der angestrebten Emissionsziele eine bedeutende Rolle spielen, um die Vorbildfunktion der Verwaltung zu stärken. Für die Liegenschaften der Gemeinde werden die spezifischen Stromverbräuche (Verhältnis der Verbräuche gegenüber der Grundfläche) ermittelt. Daraus lässt sich eine gewisse Effizienz der jeweiligen Gebäude ableiten. Die spezifischen Verbräuche der kommunalen Liegenschaften sind in Abbildung 26 am Ende dieses Kapitels dargestellt. Des Weiteren sind die Referenzwerte für vergleichbare „gute Bestandsgebäude“ aufgetragen, wie sie vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) vorgegeben werden.¹⁵ Insgesamt wurden die Stromverbrauchswerte von 16 Liegenschaften zur Verfügung gestellt.¹⁶ Nachdem das Automuseum im Oktober 2024 schließt und das Gebäude aufgrund des hohen erforderlichen Sanierungsaufwandes vermutlich veräußert wird,¹⁷ ist das Objekt in der folgenden Auswertung nicht enthalten. Auch die Feuerwehr in Kleinengstingen sowie die Feuerwehr in Großengstingen sind nicht mit aufgetragen. Die beiden Gebäude werden aufgegeben und in einem Neubau mit Heizung auf Basis erneuerbarer Energien am Standort „Neuen Ortsmitte“ zusammengelegt.¹⁸ Eine Potenzialanalyse aufgrund der Vollständigkeit der Daten und Relevanz konnte damit bei zehn Gebäuden durchgeführt werden. Bei fünf Gebäuden wurden die Referenzwerte für den Stromverbrauch überschritten.

Den größten spezifischen Stromverbrauch unter den betrachteten Objekten weist im Bilanzjahr 2019 das Alte Notariat mit rund 82 kWh/(m²*a) auf,¹⁹ gefolgt von der Blossenberghalle mit 38 kWh/(m²*a)²⁰ und der Grundschule Kleinengstingen mit 28 kWh/(m²*a). Dank den primär erhobenen Daten zum Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften lassen sich die Einsparpotenziale grob abschätzen. Die Differenz zwischen den spezifischen Stromverbräuchen und den Referenzwerten multipliziert mit

¹⁵ „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ (BMWK, BMI Vom 15. April 2021)

¹⁶ Einzelne kommunale Gebäude sind nicht abgebildet, wenn keine Informationen zu Verbräuchen oder Grundflächen vorliegen.

¹⁷ (Südwestrundfunk (SWR), 2024); Auskunft der Gemeinde Engstingen

¹⁸ (Reutlinger General-Anzeiger, 2024); Auskunft der Gemeinde Engstingen;

¹⁹ Das grundsätzlich als Vereinsgebäude vorgesehene Objekt wurde von 2017 bis 2022 als Beherbergungsstätte zwischengenutzt.; Durchschnittlicher spezifischer Stromverbrauch 2010 bis 2016: 27,5 kWh/(m²*a);

²⁰ Wert 2018 genommen, da Stromverbrauch 2019 aufgrund von Trocknungsarbeiten Wasserschadens nicht repräsentativ.

der vorhandenen Fläche ergibt das absolute Einsparpotenzial pro Gebäude. Das größte absolute Einsparpotenzial (gegenüber guten Bestandsgebäuden) liegt bei der Freibühlschule mit 52 MWh/a, gefolgt von der Grundschule Kleinengstingen mit 31 MWh/a.

Die resultierenden Strom- und Emissionseinsparungen sind in der folgenden Tabelle für die jeweiligen Szenarien dargestellt. Die Emissionsreduktion ist mit Annahme des Bundesstrommix von 2019 berechnet, um das Einsparpotenzial von Maßnahmen darzustellen. Im Jahr 2040 wird diese Einsparung deutlich geringer ausfallen, da von einem stark verbesserten Bundesstrommix ausgegangen wird. Das Automuseum sowie die Gebäude der Feuerwehren Großengstingen und Kleinengstingen, welche künftig nicht mehr von der Gemeinde betrieben werden, sind in dieser Potenzialbetrachtung nicht enthalten. Durch den Wegfall der drei Objekte reduziert sich der Stromverbrauch der kommunalen Gebäude um rund 39 MWh/a gegenüber 2019, wobei hier der Neubau für die Feuerwehr nicht berücksichtigt ist.

Tabelle 4 Effizienzsteigerung der kommunalen Liegenschaften nach Szenarien

Szenario	Ausgestaltung	Energie-einsparung	Emissions-reduktion
Referenz	Realisierung des Einsparpotenzials aus dem Vergleich mit „guten Bestandsgebäuden“	96 MWh/a	46 t CO ₂ /a
Klimaschutz	Realisierung des Einsparpotenzials bei Sanierung auf KfW-70-Standard	141 MWh/a	67 t CO ₂ /a

Die Ergebnisse beruhen auf einer ersten Analyse von Kennzahlen und enthalten dementsprechend eine gewisse Unschärfe. Die tatsächlich realisierbaren Reduktionspotenziale bedürfen einer fachmännischen Vor-Ort-Analyse der einzelnen Gebäude und Gegebenheiten. Bei der Auswertung auf Grundlage der herangezogenen Kennzahlen ist zu berücksichtigen, dass neben der Effizienz der Stromverbraucher auch das Nutzerverhalten einen relevanten Einfluss auf den spezifischen Stromverbrauch hat. Durch die Einführung eines Energiemanagementsystems in der Gemeinde Engstingen besteht seit 2020 die Möglichkeit einer genaueren Datenerfassung sowie einer spezifischeren Analyse der Daten der kommunalen Liegenschaften.

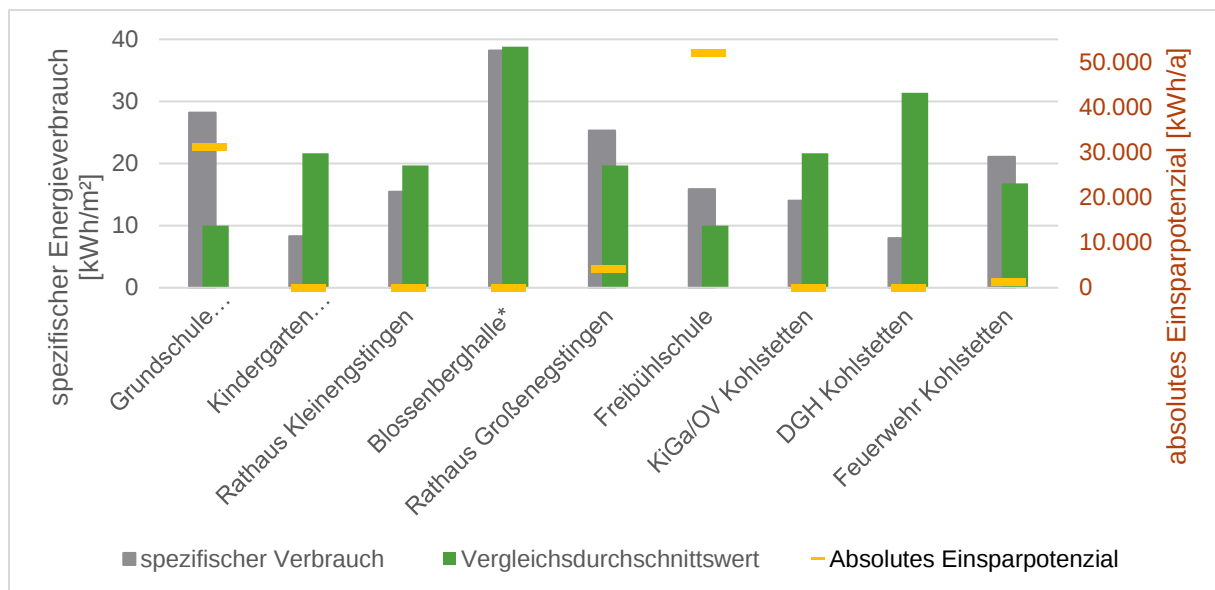


Abbildung 26 Spezifischer Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften sowie Referenzwerte für vergleichbare "gute Bestandsgebäude" und absolutes Einsparpotenzial. *Wert von 2018, da Wasserschaden in 2019

3.1.3 Photovoltaik

Grundsätzliches Potenzial

Zum Bilanzjahr 2019 befanden sich nach den Daten des Marktstammdatenregisters im Gemeindegebiet 353 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 8,0 MWp im Betrieb. Zum Dezember 2023 waren es bereits 556 Anlagen mit einer installierten Leistung von 10,8 MWp. Die meisten der Stand 2023 installierten Anlagen (473 Stk.) befinden sich auf privaten Dächern. Die Leistung dieser Anlagen liegt insgesamt bei 4,3 MWp. Im GHD-Sektor sind rund 80 Anlagen (4,3 MWp) verbaut. Zudem gibt es bereits seit 2010/2011 vier Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf dem Gebiet der Gemeinde Engstingen. Gemäß Marktstammdatenregister haben diese vier Anlagen eine Gesamtleistung von rund 4 MWp und sind auf insgesamt ca. 9,8 Hektar (ha) Konversionsflächen verbaut. Die Größte der vier Photovoltaik-Freiflächenanlagen ist der Solarpark Engstingen Haid. Der Solarpark hat eine Leistung von 2,5 MWp und wird seit 2011 im Engstinger Wald auf einem ehemaligen Betriebsgelände der Bundeswehr betrieben.²¹ Nachdem sich der vom Standort nächstliegende Netzanschlusspunkt auf Mittelspannungsebene auf dem Gemeindegebiet der Nachbargemeinde Trochtelfingen befindet, erfolgt die Stromeinspeisung dieser Anlage auf dem Gebiet der Gemeinde Trochtelfingen.²² Die Leistungen der drei Photovoltaik-Freiflächenanlagen, die in Engstingen ins Netz einspeisen, liegen zwischen 305 und 500 kWp (brutto). Die Standorte der Photovoltaik-Freiflächenanlagen sind in Abbildung 29 dargestellt. Im Jahr 2019 wurden durch die existierenden Photovoltaik-Anlagen rund 11.000 MWh Strom ins Netz eingespeist und damit CO₂-Emissionen in Höhe von ca. 4.830 t vermieden. Damit lag der Anteil von Photovoltaik (PV) am Stromverbrauch von 16.800 MWh (ohne Wärme und E-Mobilität) bei rund 65 %. Viele Anlagen wurden in den PV-Boom-Jahren zwischen 2009 - 2011 errichtet (s. Abbildung 27). Danach hat sich das Tempo der Installation von neuen Anlagen aufgrund veränderter Förderbedingungen abgeflacht, seit 2020 ist allerdings ein erneuter

²¹ (energie-experten.org)

²² (Marktstammdatenregister, 2024)

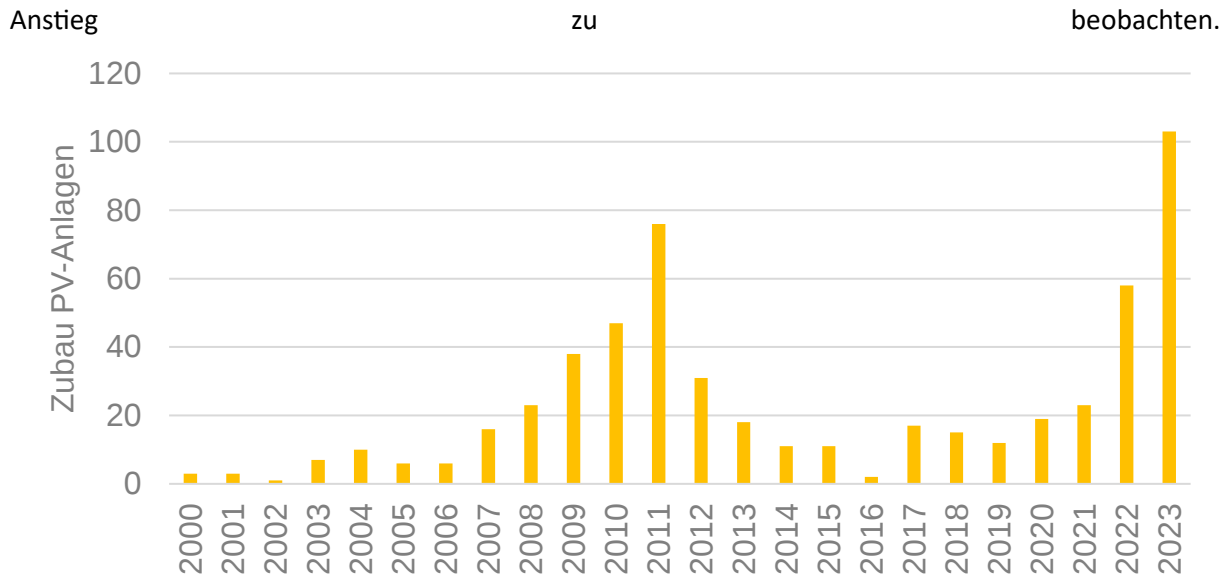


Abbildung 27 Anzahl jährlich zugebauter Photovoltaikanlagen in der Gemeinde Engstingen. Datenquelle: Marktstammdatenregister

Werden die privaten Dachflächen-PV-Anlagen auf Wohngebäuden betrachtet, ergibt sich ein Deckungsgrad von ca. 18 % der 1.580 Wohngebäude (Stand 2022). Im Jahr 2023 sind es bereits 30 %. Dieser starke Zuwachs lässt sich insbesondere auf den Zubau an Photovoltaikanlagen im Jahr 2023 zurückführen. In diesem Jahr wurden mehr als 100 Photovoltaikanlagen auf Dachflächen in Engstingen in Betrieb genommen. Gleichzeitig sind 70 % des Potenzials der Dächer in Engstingen noch ungenutzt. Es wird daher ein weiterhin großes Potenzial für PV-Dachanlagen in der Gemeinde Engstingen gesehen, wobei dieses aufgrund der Lage der Gemeinde in einer Schneelastzone 2 (mittlere Schneelast)²³ ggf. begrenzt wird.

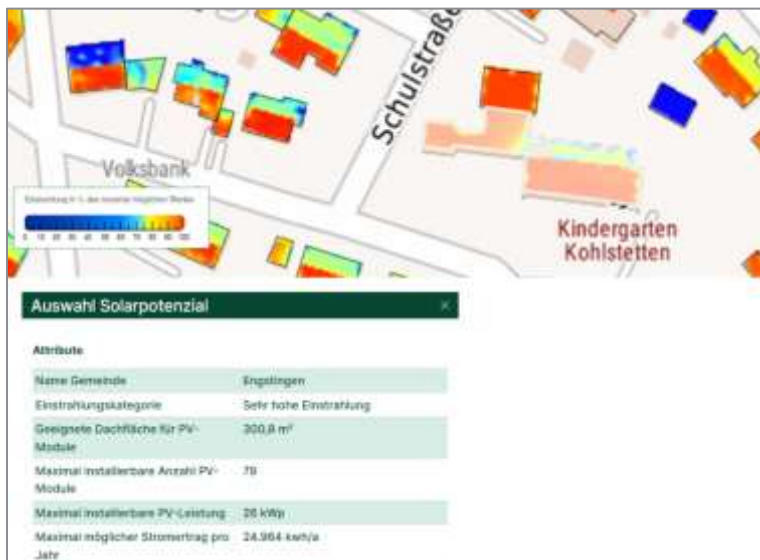
Der Datenservice des Energieatlases Baden-Württemberg bietet eine Übersicht über die für PV-Installationen geeigneten Dachflächen.²⁴ Das Potenzial lässt sich dabei gebäudescharf ermitteln, so dass den Gebäudebesitzern eine erste Abschätzung vorliegt. Das Tool bietet auch eine erste Abschätzung der Wirtschaftlichkeit. Die folgende Abbildung zeigt ein beispielhaftes Ergebnis. Dies entspricht einer ersten Abschätzung des Potenzials für PV, der eine Vor-Ort-Überprüfung auf statische Voraussetzungen etc. folgen muss. Das Gesamtpotenzial für Dachflächen-PV beläuft sich nach Angaben des Energieatlases Baden-Württemberg auf insgesamt rund 31,5 MW.²⁵

Abbildung 28 Beispiel der PV-Potenzialberechnung mit Hilfe des Energieatlases Baden-Württemberg

²³ (Deutsches Institut für Bautechnik, 2023)

²⁴ (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2021); Aufnahme Datengrundlage (Befliegung) zwischen 2000 – 2005, wird zum Zeitpunkt der Erstellung des Klimaschutzgesetz neu befliegen.

²⁵ (Energieatlas Baden-Württemberg)



Die Installation der PV-Anlagen auf den Gebäudedächern in Baden-Württemberg hat sich im Laufe der letzten Jahre intensiviert. Ausschlaggebend sind die Novellierung des lokalen Klimaschutzgesetzes (2021) und das postulierte Ziel der Klimaneutralität bis 2040. Auf Basis dieses Gesetzes wurden mehrere neue Verordnungen und Regelungen verabschiedet. Diese bilden heutzutage eine der ambitioniertesten gesetzlichen

Kulissen für PV-Ausbau in Deutschland. Bereits ab Januar 2022 wurde die PV-Pflicht für die Neubauten von Nichtwohngebäuden beschlossen, im Mai folgte die Pflicht auch bei Neubauten von Wohngebäuden. Das gleiche gilt seit Januar 2023 für grundlegende Dachsanierungen.²⁶

Bezüglich der Photovoltaik-Freiflächenanlagen sind nach dem aktuellen Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) grundsätzlich

- auf einem 500 m breiten Streifen entlang von Schienen, Autobahnen und allen Bundesstraßen
- auf Konversionsflächen und bereits versiegelten Flächen und
- nach Landesverordnung freigegebenen benachteiligten Grünlandflächen möglich.

Darüber hinaus wurden mit der EEG-Novelle „besondere Solaranlagen“ wie Agri-PV, Grünland-PV, Floating-PV, Moor-PV und Parkplatz-PV in die Förderung aufgenommen.

Grundsätzlich sind eine Aufstellung des Bebauungsplans und die entsprechende Änderung des Flächennutzungsplans erforderlich. Die Belange der Land- sowie Forstwirtschaft sind ebenso zu berücksichtigen. Als geeignete Standorte für die Installation der PV-Freiflächenanlagen können folgende Flächen betrachtet werden²⁷:

- versiegelte Konversionsflächen
- Siedlungsbrachen und sonstige brachliegende, ehemals baulich genutzte Flächen
- Abfalldeponien sowie Altlasten und -verdachtsflächen
- Flächen im räumlichen Zusammenhang mit größeren Gewerbegebieten
- Trassen entlang größerer Verkehrstrassen (Schienenwege und Autobahnen)
- Sonstige durch Infrastruktur-Einrichtungen veränderte Landschaftsausschnitte, z.B. Hochspannungsleitungen
- Flächen ohne besondere landschaftliche Eigenart.

Die Daten des Energieatlasses Baden-Württemberg beinhalten folgende Daten zum Potenzial für Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf benachteiligten Gebieten und Seitenrandstreifen für die Gemeinde Engstingen:

²⁶ (Landesregierung Baden-Württemberg, 2022)

²⁷ S. Hinweise des bayerischen Staatsministeriums für die vollständige Erläuterung

Tabelle 5 Übersicht der geeigneten Gebiete für Freiflächen-PV auf der Gemarkung der Gemeinde Engstingen

Flächentyp	Fläche in Hektar
Gemarkung Engstingen	3.151
Geeignetes Gebiet gesamt	1.325
innerhalb weicher Restriktionsflächen	436
Seitenrandstreifen	85
innerhalb weicher Restriktionsflächen	30
Ackerland in benachteiligtem Gebiet	659
innerhalb weicher Restriktionsflächen	209
Grünland in benachteiligtem Gebiet	582
innerhalb weicher Restriktionsflächen	197

Das gesamte Flächenpotenzial entspricht mit 1.325 ha ca. 42 % der Gesamtfläche der Gemarkung Engstingen (3.151 ha). Das größte Flächenpotenzial liegt mit ca. 660 ha in der Kategorie „Ackerland in benachteiligtem Gebiet“, gefolgt von rund 580 ha auf „Grünland in benachteiligtem Gebiet“. Weiteres Potenzial befindet sich auf Seitenrandstreifen (85 ha). Abbildung 29 stellt die grundsätzlich geeigneten Flächen für PV-Freiflächenanlagen dar, wobei zwischen Flächen ohne Restriktionen als geeignete und Flächen mit weichen Restriktionen (z.B. Landschaftsschutz) als bedingt geeignete Flächen unterschieden wird. Ebenfalls dargestellt sind die bereits b

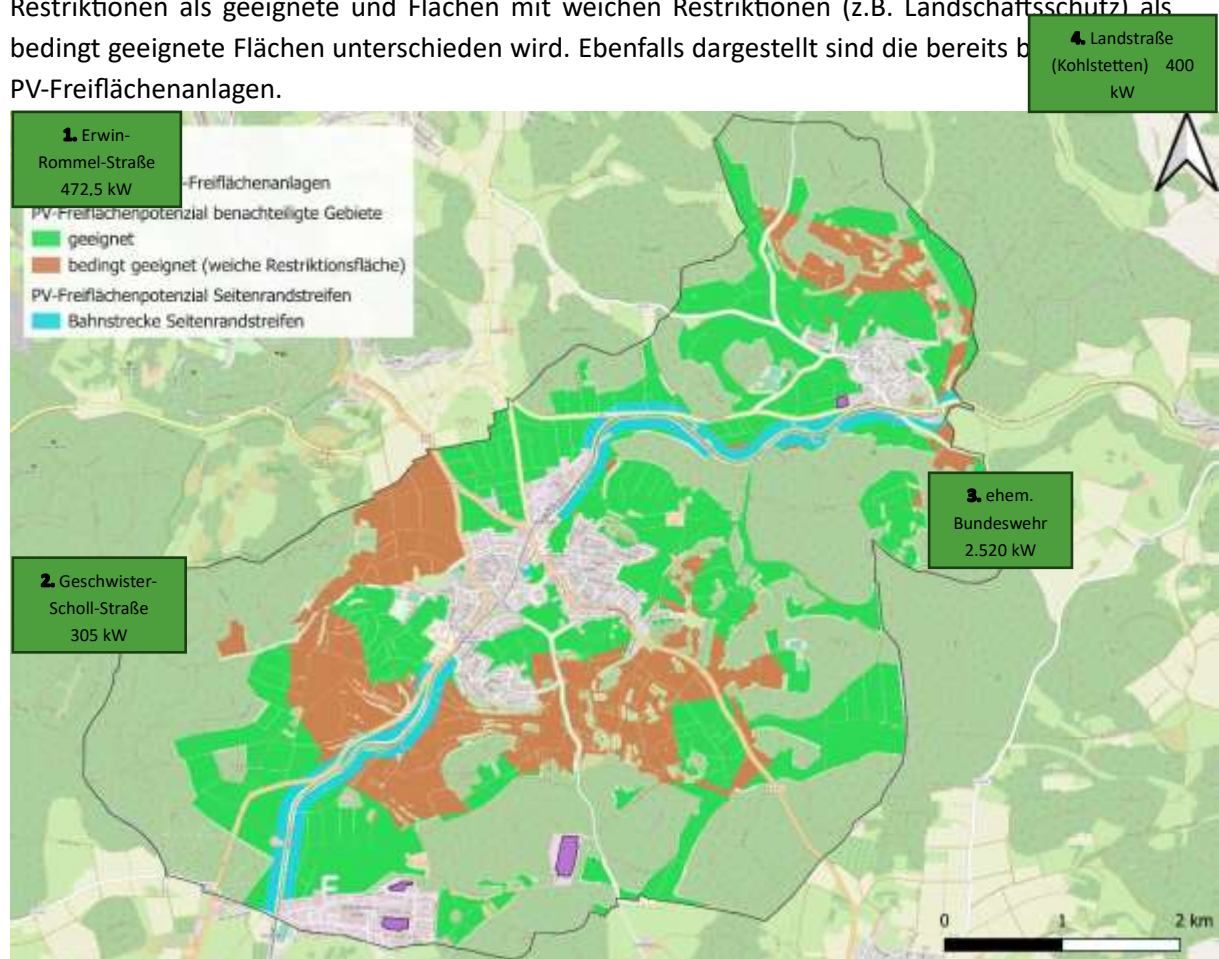


Abbildung 29 Übersicht der Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen in der Gemeinde Engstingen auf benachteiligten Gebieten und Seitenrandstreifen entlang Bahnstrecken sowie bestehende PV-Freiflächenanlagen. Datenquelle: Energieatlas BW, Openstreetmaps

Einige Beschleunigungsfaktoren bezüglich der organisatorischen Planung lassen sich im Umgang mit den Konversionsflächen und Seitenrändern entlang den Verkehrsarterien identifizieren. Diese Informationen sind ebenfalls im Energieatlas Baden-Württemberg zu finden.

Zum aktuellen Zeitpunkt sind gemäß Marktstammdatenregister etwa 9,8 ha mit Photovoltaik-Freiflächenanlagen belegt. Dies entspricht etwa 0,3 % der Gemarkungsfläche. Die pro Megawatt eingenommene Fläche der vier Anlagen, die in den Jahren 2010 und 2011 in Betrieb genommen wurden und eine Leistung von insgesamt ca. 4 MWp aufweisen, liegt damit bei rund 2,5 ha/MWp. Aufgrund der kontinuierlichen Leistungssteigerung bei Photovoltaik-Modulen ging der Flächenverbrauch stetig zurück.²⁸ Während im Jahr 2021 etwa 1 ha/MWp benötigt wurde, waren es 2006 noch 4,1 ha/MWp. Das Potenzial durch Repowering kann damit auf etwa 5,9 MWp beziffert werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung von Sonnenenergie sind sogenannte Agri-PV-Anlagen. Dabei werden, im Unterschied zu den klassischen PV-Freiflächenanlagen, die Module entsprechend der landwirtschaftlichen Nutzung aufgeständert. Agri-PV hat gegenüber der klassischen PV-Freiflächenanlage einige Vorteile: zum einen können Landwirte wirtschaftlichen Gewinn durch die Erzeugung von Ökostrom auf ihren Flächen erzielen. Zum anderen kann unter den Solaranlagen weiterhin Landwirtschaft betrieben werden. Dabei ist bei den meisten landwirtschaftlichen Kulturarten eine leichte Ertragsreduktion zu erwarten, deren Umfang stark von der Kulturart und Sorte, der Beschattungsintensität sowie den klimatischen Bedingungen abhängt. Gleichzeitig kann Agri-PV langfristig zu einer Stabilisierung der landwirtschaftlichen Erträge beitragen. So kann Agri-PV die Anbaubedingungen in heißen und trockenen Jahren durch ein verändertes Mikroklima verbessern, während in anderen Jahren die negativen Effekte der verminderten Sonneneinstrahlung überwiegen.²⁹

Agri-PV-Anlagen sind über das EEG 2023 grundsätzlich auf allen Ackerflächen, Flächen mit Dauerkulturen und Grünlandflächen förderfähig (ausgenommen Moorböden und Naturschutzgebiete). Agri-PV erweist sich insbesondere bei Sonderkulturen wie dem Obst-, Gemüse- und Wein-Anbau als vorteilhaft, da diese Kulturen so von Hagel, Frost und Dürre geschützt werden. Ebenfalls sehr gut geeignet sind schattentolerante Kulturen, wie Blatt- oder Fruchtgemüse oder Feldfutterarten (z. B. Klee gras). Ackerbauliche Kulturen unter Agri-PV sind vor allem in trockenen Gebieten gut geeignet. In Heggelbach nahe dem Bodensee konnten in heißen Jahren gute Ergebnisse bei Winterweizen, Gerste, Roggen, Triticale, Kartoffeln, Sellerie und Klee gras erzielt werden. In niederschlagsreichen Jahren lagen

²⁸ (Umweltbundesamt, 2023)

²⁹ (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2020)

die Ertragseinbußen bei bis zu 20 %.³⁰ Abbildung 30 zeigt die Landnutzung der landwirtschaftlichen Flächen in der Gemeinde Engstingen im Jahr 2021.

Mit rund 53,5 % an der gesamten Gemarkungsfläche nehmen landwirtschaftliche Flächen den größten Anteil in der Gemeinde Engstingen ein.³¹ Bei rund der Hälfte (48 %) der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Jahr 2021 handelte es sich um Dauergrünland, gefolgt von Anbauflächen für Winterweizen (12 %), kultiviertem Grasland (11 %), Sommergerste (7 %) und Sommerhafer (4 %). Demnach ist in der Gemeinde Engstingen grundsätzlich Potenzial für Agri-PV gegeben. Inwiefern Synergieeffekte bzw. Ertragseinbußen zu erwarten sind ist projektspezifisch abzuschätzen. Dabei ist ebenfalls zu berücksichtigen, dass das Landschaftsbild durch aufgeständerte Anlagen unter Umständen stärker beeinflusst wird als bei klassischen Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Auch mögliche Interdependenzen

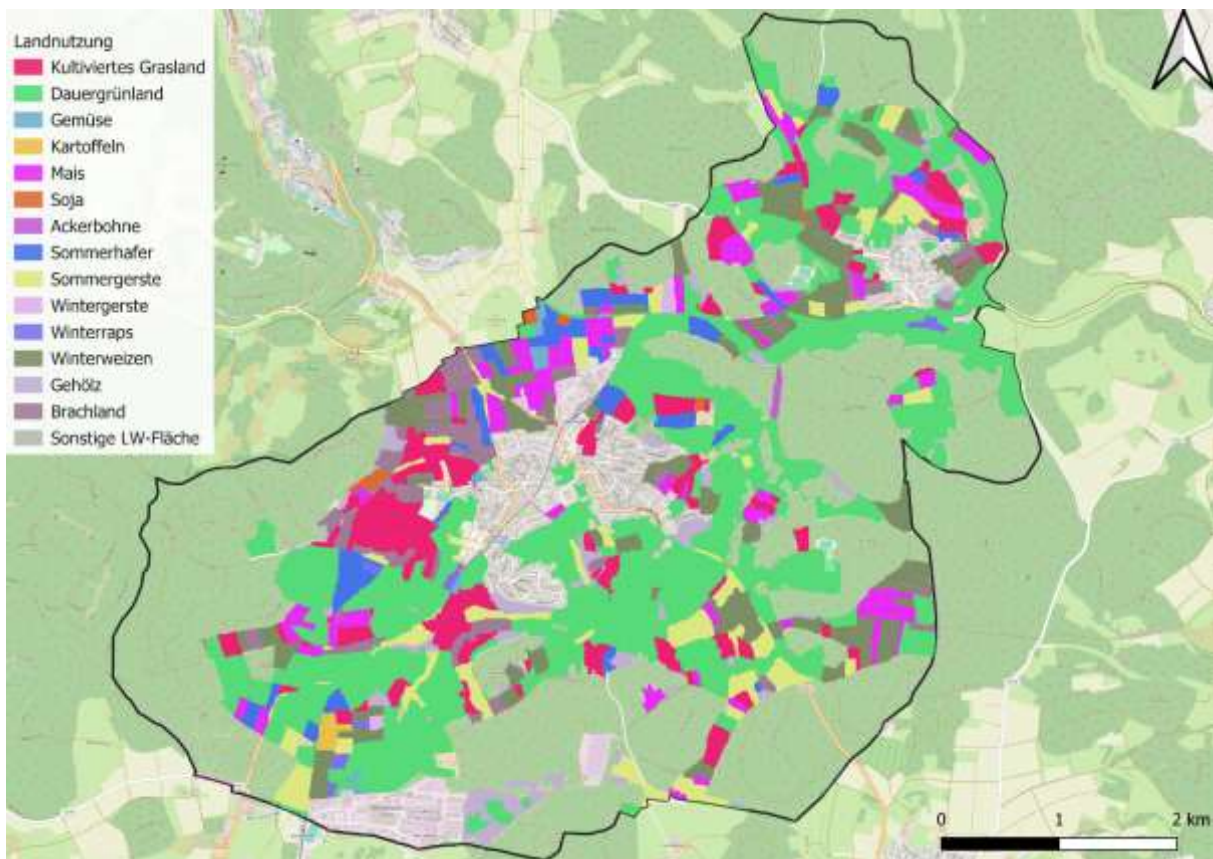


Abbildung 30 Landnutzung als Indikator für Eignung landwirtschaftlicher Flächen für Agri-PV. Datenquelle: Thünen-Institut, Openstreetmaps

mit einem Fruchtfolgeanbau sind zu berücksichtigen.

Eine weitere Möglichkeit zur doppelten Nutzung von Flächen zur Solarstromerzeugung ist Parkplatz-PV. Photovoltaik-Parkplatzüberdachungen bieten gegenüber klassischen Photovoltaik-Freiflächenanlagen verschiedene Vorteile. Zum einen werden bereits versiegelte Flächen genutzt, Flächenkonkurrenzen vermieden und die Inanspruchnahme von Flächen im Außenbereich reduziert. Darüber hinaus spenden die PV-Module Schatten und schützen Fahrzeuge vor Überhitzung. In Baden-Württemberg besteht eine Solarpflicht für neu gebaute Parkplätze mit mehr als 35 Stellplätzen. Die

³⁰ (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2023)

³¹ (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2024)

Mindestfläche der PV-Module beträgt 60 % der Stellfläche, wobei die solargeeigneten Stellplätze i. d. R. vollflächig überdacht werden.³² Abbildung 31 zeigt bestehende Parkplätze ab einer Größe von 650 m².



Abbildung 31 Parkplatzflächen ab 650 m² in Engstingen. Datenquelle: Openstreetmaps

Die Flächen befinden sich ausschließlich in Großengstingen. Die größte Potenzialfläche befindet sich bei Aldi Süd mit einer Fläche von ca. 4.540 m². Insgesamt beträgt die Fläche an Parkplätzen über 650 m² in Engstingen ca. 16.810 m² bzw. 1,68 Hektar.

Szenarien

Für die Zukunft wird angenommen, dass Altanlagen nach einer Lebensdauer von 25 Jahren vom Anlagenbetreiber erneuert werden und somit ein Verlust der am Netz angeschlossenen Anlagen nicht verzeichnet wird. Im Folgenden sind sowohl die Ausbauraten, welche für die einzelnen Szenarien angenommen werden, als auch die sich daraus ergebenden Einspeisemengen und Emissionsreduktionen angegeben:

Referenzszenario

Der Trend der Ausbaurate 2019 - 2023 wird fortgesetzt: Es werden jährlich rund 39 Anlagen auf Wohngebäuden (durchschnittliche Nennleistung 12,6 kWp) und vier Anlagen im GHD-Sektor (durchschnittliche Nennleistung 50,5 kWp) installiert. Es wird von keinem weiteren Zubau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen oder alternativen PV-Lösungen bis 2040 ausgegangen. Bis 2030 können so rund 6.900 MWh/a zusätzlich aus PV-Strom bereitgestellt werden, was einer Emissionseinsparung von knapp 3.000 t CO₂/a entspricht. Bis 2040 könnten ca. 13.130 MWh/a

³² (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, 2023)

zusätzlich und insgesamt rund 24.150 MWh/a erzeugt werden. Die Emissionseinsparung durch den Zubau liegt im Vergleich zum Bundesstrommix von 2019 bei 5.750 t CO₂/a.

Die Leistung von Photovoltaikanlagen auf Dachflächen liegt in diesem Szenario bis 2040 bei ca. 21,4 MWp. Damit ist das seitens Energieatlas Baden-Württemberg auf 31,5 MWp bezifferte Gesamtpotenzial zu 68 % ausgeschöpft. Der Anteil an privaten Wohngebäuden mit Photovoltaikanlagen liegt in diesem Szenario bei 70 % bis 2040.

Klimaschutzszenario

Um das seitens Energieatlas Baden-Württemberg erhobene Gesamtpotenzial für Photovoltaikanlagen auf Dachflächen zu etwa 80 % bis 2040 auszuschöpfen, wird im Klimaschutzszenario von einem jährlichen Zubau von 48 PV-Anlagen auf privaten und fünf PV-Anlagen auf gewerblichen Dachflächen ausgegangen. Damit liegt die auf Dachflächen installierte PV-Leistung im Jahr 2040 bei ca. 25 MWp. Der Anteil an privaten Wohngebäuden mit Photovoltaikanlagen liegt im Jahr 2040 bei ca. 82 %. Nachdem auf dem Gebiet der Gemeinde Engstingen bereits vier Freiflächen-Photovoltaikanlagen in Betrieb und weitere Flächen für Windkraftanlagen vorgesehen sind, wird auch im Klimaschutzszenario kein weiterer Zubau klassischer Photovoltaik-Freiflächenanlagen angenommen. Stattdessen wird von einem Modul-Repowering der Photovoltaik-Freiflächenanlagen von 4 MWp bis 2040 ausgegangen. Zudem wird der Ausbau von 1,5 MWp Parkplatz-PV und 1 MWp Agri-PV³³ bis 2040 angenommen.

Mit den getroffenen Annahmen bzgl. Dachflächen-PV, PV-Freiflächenanlagen und alternativen PV-Lösungen würde sich die PV-Stromerzeugung bis 2030 um rund 9.400 MWh/a auf etwa 20.420 MWh/a erhöhen, was einer zusätzlichen Emissionseinsparung von 4.120 t CO₂/a entspricht. Bis 2040 steigt die Stromeinspeisung in diesem Szenario um insgesamt rund 22.100 MWh/a auf 33.100 MWh/a. Die Emissionseinsparung durch den Zubau liegt im Vergleich zum Bundesstrommix von 2019 bei 9.700 t CO₂/a.

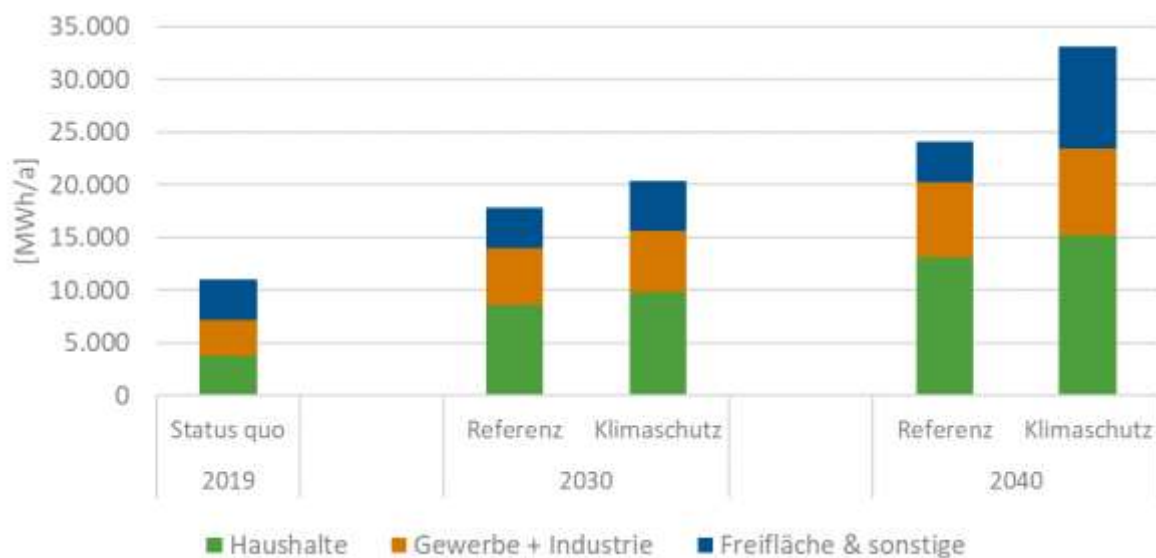


Abbildung 32 Entwicklung des Photovoltaikausbaus in der Gemeinde Engstingen nach Szenarien

Die tatsächliche Emissionseinsparung sinkt im Referenzszenario ab und fällt im Klimaschutzszenario sogar auf null. Dies begründet sich in der Annahme eines aufgrund der Ausbauziele für erneuerbare Energien der Bundesregierung im Jahr 2040 deutlich verbesserten Strommix. Würde man den durch

³³ Bei einer Flächenleistung von 600 kWp/ha bei Agri PV ergibt sich ein Flächenbedarf von 1,67 ha landwirtschaftlich genutzter Flächen

Photovoltaik produzierten Strom jedoch mit dem jetzigen Stromemissionsfaktor vergleichen, wären die Einsparungen offensichtlich, wie bereits in den vorherigen Absätzen erläutert. An dieser Stelle sei angemerkt, dass sich eine Verbesserung des Bundesstrommix nur durch lokales Engagement realisieren lässt.

3.1.4 Windenergie

Auf der Gemarkung der Gemeinde Engstingen sind keine Windkraftanlagen installiert (Stand 2024). Im Flächennutzungsplan sind derzeit ebenfalls keine Flächen für Windkraftanlagen ausgewiesen. Potenzial für Windenergie ist in der Gemeinde Engstingen grundsätzlich gegeben. Abbildung 33 zeigt sämtliche potenziell für Windkraft geeignete Flächen anhand einer Auswertung der Windgeschwindigkeit und verschiedener Restriktionen. Die Daten stammen vom Energieatlas Baden-Württemberg und unterscheiden zwischen Flächen, die sich entweder sehr gut oder nur bedingt für die Installation der Windkraftanlagen eignen. Ebenfalls dargestellt sind die bereits genehmigten Windkraftanlagen auf den Gebieten der Nachbargemeinden Gomadingen und Sonnenbühl.

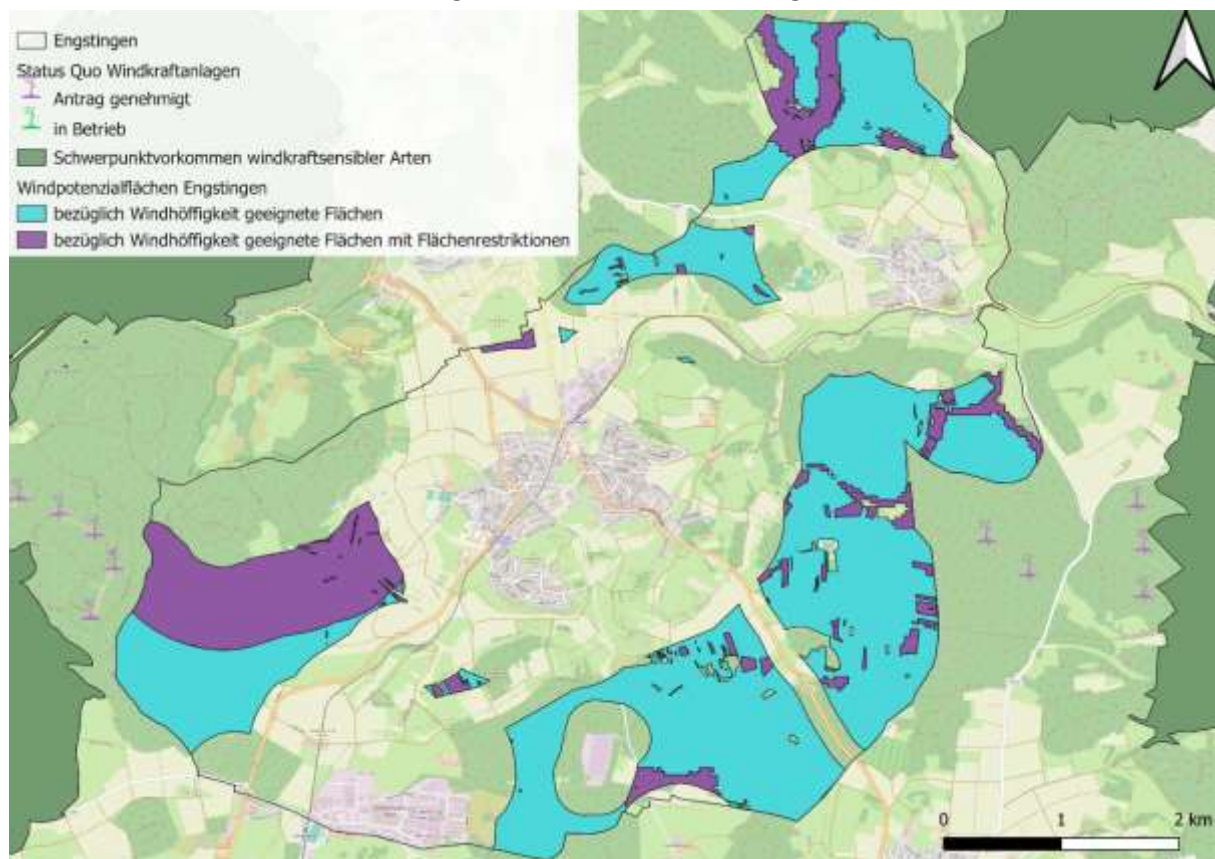


Abbildung 33 Übersicht der für die Installation von Windkraftanlagen geeigneten Flächen auf der Gemarkung Engstingen sowie genehmigte Windkraftanlagen. Datenquelle: Energieatlas BW, Openstreetmaps

Wie in Abbildung 33 ersichtlich sind bei den meisten hinsichtlich Windhöffigkeit geeigneten Flächen keine derartigen Flächenrestriktionen zu beachten. Die Nähe zu anderen Siedlungen in den benachbarten Gemeinden wird vom Energieatlas berücksichtigt. Teilweise sind auf den potenziellen Flächen weitere Einzelheiten der lokalen Raumplanung und Natur- und Umweltschutzaspekte genauer zu berücksichtigen. Diese werden im vorliegenden Konzept nicht weiter erhoben.

Die Einzelheiten der Raumplanung im überörtlichen Interesse für die Gemeinde Engstingen sind über den Regionalplan Neckar-Alb 2013 geregelt.³⁴ Die Gemeinde Engstingen liegt ausschließlich innerhalb der Planungsregion Neckar-Alb und ist auf die Vorschriften der zuständigen Behörden angewiesen.

Angesichts der seit 2022 geltenden gesetzlichen Verpflichtung zur Ausweisung von 1,8 % der baden-württembergischen Landesfläche³⁵ für Windkraftanlagen bis zum Jahr 2025, ist eine Intensivierung der entsprechenden Planungs- und Umsetzungsaktivitäten in der Gemeinde Engstingen zu erwarten. Im Rahmen der „Regionalen Planungsoffensive“ (gestartet im März 2022) will die Landesregierung potenzielle Hindernisse während der Planung und dem Ausbau von Windkraftenergieanlagen mit Hilfe neuer Planhinweiskarten beheben. In einem ersten Planungsschritt wurden von den Regionalverbänden all diejenigen Flächen identifiziert, die sich aus Sicht der Regional- und Landesplanung als Potenzialflächen für den Ausbau von Windkraft- sowie PV-Freiflächen-Anlagen darstellen. Darauf aufbauend konnte die Öffentlichkeit ihre Anmerkungen zu den Suchraumkarten abgeben, die bei der Erstellung des ersten Entwurfs zum Teilregionalplan Solar-/Windenergie zu berücksichtigen waren. Nach einer weiteren Beteiligungsrunde für Kommunen und die Öffentlichkeit und anschließender Auswertung wird bis Ende 2025 das Vorliegen einer rechtskräftigen Teilfortschreibung Solar-/Windenergie erwartet.³⁶

Vor diesem Hintergrund hat auch der Regionalverband Neckar-Alb seine Aktivitäten im Bereich Klimaschutz und Ausbau der erneuerbaren Energien intensiviert. Im Planungsprozess der Planungsregion Neckar-Alb zur Identifizierung von Flächen, die sich für den Ausbau von Windkraftanlagen eignen, wurde im Dezember 2023 der in Abbildung 2 dargestellte Planentwurf für das Gebiet um Engstingen vorgestellt und das Beteiligungsverfahren eröffnet. Bis April 2024 konnten die Kommunen, Träger öffentlicher Belange und die Öffentlichkeit ihre Stellungnahme dazu online abgeben, die im weiteren Planungsprozess näher zu beurteilen sind. Der Satzungsbeschluss wird bis September 2025 erwartet und lag zum Zeitpunkt der Erstellung des Klimaschutzkonzepts dementsprechend nicht vor.³⁷

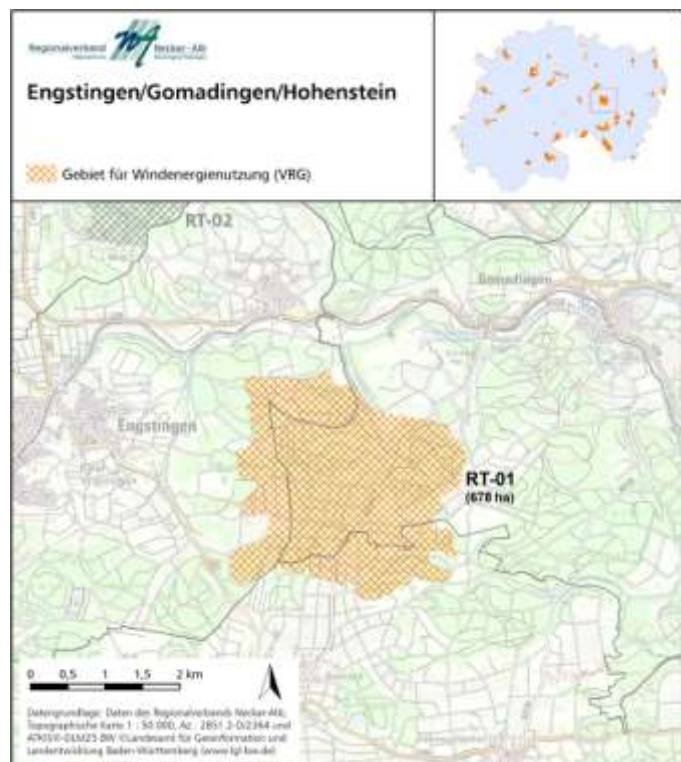


Abbildung 34 Vorläufiges Vorranggebiet für Windenergie Bei Engstingen Stand Dezember 2023 aus dem Regionalplan Neckar-Alb Teilregionalplan Windenergie (Entwurf 2023)

Das in Abbildung 34 dargestellte Gebiet für Windenergienutzung aus dem Entwurf des Regionalplans Neckar-Alb Teilregionalplan Windenergie (2023) befindet sich auf den Gemarkungen der drei Gemeinde Gomadingen, Hohenstein und Engstingen. Insgesamt ist das Gebiet 678 ha groß und

³⁴ (Regionalverband Neckar-Alb, 2024)

³⁵ (Landkreis Reutlingen, 2022)

³⁶ Weitere Informationen sind auf der Webseite der baden-württembergischen Regierung zu nehmen (Landesregierung Baden-Württemberg, 2022) sowie für den Regionalverband Neckar-Alb über (Regionalverband Neckar-Alb, 2024)

³⁷ (Regionalverband Neckar-Alb, 2024)

befindet sich größtenteils auf dem Gebiet der Gemeinde Gomadingen. Das für Windenergienutzung vorgesehene Gebiet auf der östlichen Gemarkungsfläche der Gemeinde Engstingen beläuft sich auf 182,7 ha, was rund ca. 5,8 % der Gebietsfläche von 3.152 ha entspricht. In diesem Zusammenhang erscheint die interkommunale Zusammenarbeit mit den Nachbargemeinden als besonders wichtig.

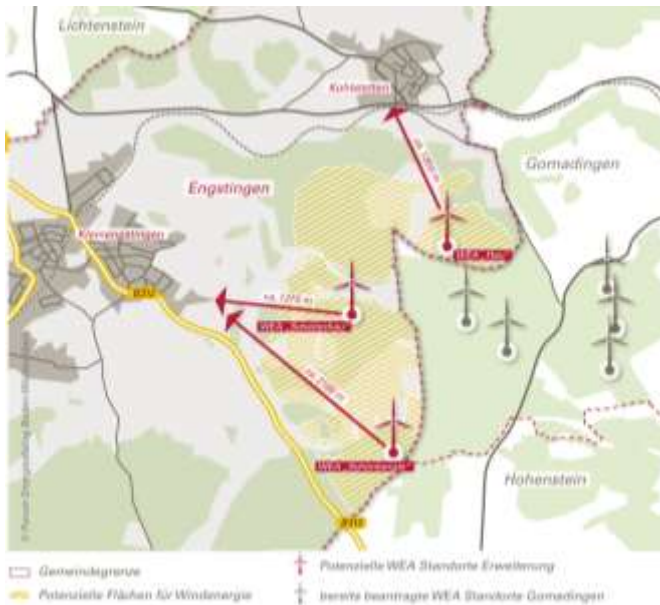


Abbildung 35 Potenzielle Flächen Windenergie sowie Standorte und Abstände der geplanten Windkraftanlagen in Engstingen. Quelle: Informationsbroschüre der Gemeinde zum Bürgerentscheid

Der Gemeinderat Engstingen hatte im Januar 2023 die Verpachtung von Gemeindegrundstücken an den Standorten Hau, Scheiterhau / Neubuch und Schönberg für die Errichtung von Windkraftanlagen beschlossen. Auf Grundlage einer Bürgerinitiative beschloss der Gemeinderat im März 2023, diese Entscheidung mittels Bürgerentscheid demokratisch legitimieren zu lassen.³⁸ Auf die Frage „Sind Sie gegen die Verpachtung von Gemeindegrundstücken für die Errichtung von Windkraftanlagen an den Standorten Hau, Scheiterhau und Schönberg?“ haben am 19.06.2023 rund 69 % mit „Nein“ und somit für Windenergieanlagen gestimmt.³⁹ Nach aktuellem Planungsstand verpachtet Engstingen die drei Flächen an die Firma Windkraft Schonach⁴⁰, die insgesamt drei

Anlagen zu je 7,2 MW an Leistung planen. Die drei Anlagen vom Typus Vestas V172 sollen bis 2028 ans Netz gehen und einen Stromertrag von ca. 48.340 MWh pro Jahr generieren.⁴¹ Abbildung 35 zeigt die Standorte und Abstände zu den Siedlungsbereichen in Engstingen der geplanten Windkraftanlagen. Die in der Abbildung 35 ebenfalls dargestellten fünf genehmigten Windkraftanlagen auf dem Gebiet der Gemeinde Gomadingen befinden sich seit Juli 2024 im Bau und sollen ab 2026 Windstrom ins Netz einspeisen. Bei den Anlagen handelt es sich um fünf Windkraftanlagen (Vestas V162) zu je 6,2 MW.⁴² Im Weiteren sind nahe der westlichen Gemeindegrenze der Gemeinde Engstingen auf dem Gebiet der Nachbargemeinde Sonnenbühl fünf Windkraftanlagen genehmigt (Abbildung 33). Bei den Anlagen handelt es sich um fünf Vestas V126 zu je 3,6 MW.⁴³

Die Anzahl von realisierbaren Windkraftanlagen auf den Gebieten für Windkraftanlagen in Engstingen hängt wesentlich davon ab, wie der Abstand zwischen den Anlagen zur Reduktion von Turbulenzen, „Windklau“ sowie Verschattungseffekten gesetzt wird. Als Faustformel kann für die Anlagenabstände das Fünffache des Rotordurchmessers zwischen den Türmen in Hauptwindrichtung und das Dreifache des Rotordurchmessers in Nebenwindrichtung angenommen werden. Am Beispiel einer 2021 in Betrieb genommenen Durchschnittsanlage mit 4 MW Leistung und einem Rotordurchmesser von 133 Metern⁴⁴ ließen sich nach Berechnungen des Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende

³⁸ (Gemeinderat Engstingen, 2023)

³⁹ (Südwest Presse, 2023)

⁴⁰ (SWR, 2023)

⁴¹ Auskunft Firma Windkraft Schonach

⁴² (TFV Technischer Fachverlag GmbH, 2024)

⁴³ (SOWITEC, 2023)

⁴⁴ (Fachagentur Windenergie an Land, 2019)

(KNE)⁴⁵ bei einer idealisierten Anordnung etwa 20 MW Nennleistung auf 83 ha realisieren. Der Raumbedarf pro Anlage liegt dabei bei ca. 16,5 ha. Der tatsächliche Flächenbedarf reduziert sich auf die Sockelfläche und liegt bei rund 100 m².⁴⁶

Bezogen auf die rund 182,7 ha, die gemäß Regionalplanentwurf als Windvorrangflächen in Engstingen vorgesehen sind, ließen sich demnach theoretisch circa 44 MW Leistung installieren. Die kumulierte Leistung der geplanten Anlagen liegt bei ca. 21,6 MW. Dabei muss bedacht werden, dass die reale Flächenkulisse für Windenergie nicht aus einer einzigen zusammenhängenden Fläche besteht, sondern aus einer Vielzahl unterschiedlich großer Einzelflächen. Zudem ist mit weiteren Faktoren zu rechnen, die einen Einfluss auf die Anlagenzahl und die real installierbare Leistung haben.

Szenarien

Folgende zwei Szenarien werden für die Windenergie betrachtet:

Referenzszenario

Die Gemeinde Engstingen bekennt sich ausdrücklich zum Ausbau der Windenergie und verfolgt konkrete Planungen, kommunale Flächen zum Ausbau der Windenergie zu verpachten. Da das Thema Windenergie bereits konkret behandelt wird, können für das vorliegende Klimaschutzkonzept bestehende Planungen berücksichtigt werden. Aktuell befinden sich im Gemarkungsgebiet Engstingen drei Windenergieanlagen in Planung, deren Inbetriebnahme ab 2028 forciert wird. Für das Referenzszenario wird daher angenommen, dass bis 2030 die geplanten drei Windenergieanlagen des Typus Vestas V172 mit je 7,2 MW Nennleistung zugebaut werden. Gerechnet wird mit rund 2.240 Vollaststunden pro Jahr. Damit ließe sich ein Windertrag von rund 48.340 MWh/a bis 2030 erwarten. Das entspricht einer Emissionseinsparung von rund 22.600 t CO₂/a, wenn mit dem Bundesstrommix von 2019 verglichen wird.

Klimaschutzszenario

Grundsätzlich sind in der Gemeinde Engstingen eine Vielzahl an Flächen für die Erzeugung von Windstrom geeignet. Nachdem in den beiden Nachbargemeinden Gomadingen und Sonnenbühl jeweils fünf Windkraftanlagen genehmigt sind, die nahe der jeweiligen Gemarkungsgrenze zu Engstingen errichtet werden, wird für das Klimaschutzszenario kein Ausbau über die drei geplanten Windenergieanlagen hinaus angenommen. Die Stromeinspeisung aus Windkraft liegt dementsprechend im Klimaschutzszenario bei 48.340 MWh/a und die Emissionseinsparung bei rund 22.600 t CO₂/a.

3.1.5 Wasserkraft

Auf dem Gebiet der Gemeinde Engstingen sind keine Wasserkraftanlagen verzeichnet. Für das vorliegende Klimaschutzkonzept wird mangels Oberflächengewässer auch kein Ausbau von Wasserkraft angenommen.

⁴⁵ (KNE, 2022)

⁴⁶ (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021)

3.1.6 Biogasanlagen

Potenziale der Bioenergie befinden sich vor allem im landwirtschaftlichen Bereich durch Energiepflanzen und die Verwertung von Reststoffen (Vergärung von Gülle/Festmist etc.). Außerdem kann Biogas im Rahmen der Abfallverwertung erzeugt werden, insbesondere bei der Vergärung von Bioabfällen, der Verbrennung von Grüngut und bei Kläranlagen. Ein großer Vorteil der Stromerzeugung aus Biogas ist die konstante Energiebereitstellung, die im Gegensatz zu den fluktuierenden Energiequellen der Wind- und Photovoltaikenergie leichter steuerbar ist. Sie wird deshalb als Ersatz für das Erdgas in der Spitzenlast gesehen.⁴⁷ Aufgrund der geänderten gesetzlichen Regelungen stagnierte seit Einführung des EEG 2013 der Ausbau von Biogasanlagen weitgehend. Im Zuge des EEG 2023 wird zudem von der Stilllegung einer Vielzahl von Biogasanlagen ausgegangen, die nach 20 Jahren aus der EEG-Förderung fallen. So erhalten derzeit viele ältere Biogasanlagen keine Anschlussvergütung, die im Rahmen von bundesweiten Ausschreibungen vergeben wird. Dies liegt insbesondere an der geringen Ausschreibungsmenge: Im ersten Halbjahr 2024 wurden auf die Ausschreibungsmenge von 240 MW insgesamt 788 Gebote im Umfang von 742 MW eingereicht.⁴⁸

Das Potenzial der Biogasanlagen in Deutschland wird in verschiedenen Studien als eine der möglichen Antworten auf die Gas- und Energieknappheit eingeschätzt.⁴⁹ Gleichzeitig wird aufgrund von Zielkonflikten zwischen der klimafreundlichen Energiebereitstellung und der ausreichenden Lebensmittelversorgung der Anbau von Energiepflanzen häufig kritisch gesehen.⁵⁰ Eine Lösung bietet der Wechsel der Einsatzstoffe von Energiepflanzen hin zu landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffen, welche ein noch großes teilweise ungenutztes Potenzial bieten.⁵¹ Das Umweltbundesamt weist explizit auf die Möglichkeit einer Energiewende ohne die Nutzung von Energiepflanzen hin.⁵² Neben dem Einsatz zur Stromerzeugung durch landwirtschaftliche Abfallprodukte, ist die Nutzung von aufbereitetem Biogas als Ersatz für Erdgas im Wärmesektor denkbar,⁵³ was die Bedeutung von Biogas für eine erfolgreiche Energiewende unterstreicht. Die gegenwärtige Erzeugung der ca. 32.000 GWh Strommenge durch die fast 13.000 Anlagen (deutschlandweit)⁵⁴ weist auf die bereits vorhandene Infrastruktur und Erfahrungen in der Planung, Umsetzung und Betrieb der Anlagen hin, was zukünftige Investitionen stärken sollte. Auch die Repowering-Maßnahmen der bestehenden Anlagen sollen berücksichtigt werden, da diese den Stromertrag erheblich erhöhen können.⁵⁵ Die Stromerzeugung aus Biogas beträgt derzeit deutschlandweit mengenmäßig rund 15 % der Stromerzeugung aus Erdgas. Mit verstärkten Anstrengungen wird davon ausgegangen, dass fast 50 % des derzeitigen Gasverbrauchs zur Stromerzeugung durch Biogas gedeckt werden könnte.⁵⁶

Obwohl die gesetzliche Lage diese Entwicklungen derzeit nicht direkt unterstützt⁵⁷ (bspw. die aktuelle Gasnetzzugangsverordnung, Biomasse-Strom-Nachhaltigkeitsverordnung, EEG), wird eine genauere Analyse der Biogas-Potenziale vor Ort als sinnvoll erachtet. Neben dem Einsatz zur Stromerzeugung durch landwirtschaftliche Abfallprodukte, ist die Nutzung von aufbereitetem Biogas als Ersatz für

⁴⁷ (DBFZ, 2022)

⁴⁸ (Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg, 2024)

⁴⁹ (DBFZ, 2022), (Neumann, 2022)

⁵⁰ (Umweltbundesamt, 2020)

⁵¹ (Neumann, 2022)

⁵² (Umweltbundesamt, 2020)

⁵³ (Neumann, 2022)

⁵⁴ (DBFZ, 2022), S.19

⁵⁵ (DBFZ, 2022)

⁵⁶ (DBFZ, 2022)

⁵⁷ (Tagesschau, 2022)

Erdgas im Wärmesektor denkbar,⁵⁸ was die Bedeutung von Biogas für eine erfolgreiche Energiewende unterstreicht.

Grundsätzliches Potenzial

In der Gemeinde Engstingen werden Stand 2023 insgesamt vier Biogasanlagen betrieben. Die Stromeinspeisung aus Biogas lag im Bilanzjahr 2019 bei ca. 9.940 MWh. Neben drei landwirtschaftlich geführten Biogasanlagen befindet sich im Gewerbepark Engstingen-Haid eine Biogasanlage auf Basis von Abfällen aus der Landwirtschaft, Lebensmittelproduktion und Gastronomie. Mit einer Stromeinspeisung von ca. 6.350 MWh im Bilanzjahr 2019⁵⁹ handelt es sich dabei um die relevanteste Biogasanlage in Engstingen. Die Anlage sowie die BHKWs werden von der KURZ Bio-Energie GmbH betrieben und speisen ebenfalls Wärme in ein Wärmenetz am Gewerbepark ein.⁶⁰ Zwei der drei landwirtschaftlich betriebenen Biogasanlagen versorgen ebenfalls jeweils ein Wärmenetz mit Wärme.

Zur Abschätzung eines eventuell noch offenen Potenzials wurden die Anlagenbetreiber angeschrieben, leider gingen keine Rückmeldungen ein. Aufgrund der geänderten EEG-Bestimmungen wird deshalb ein mäßiger Rückgang der Stromeinspeisung aus Biogas in Höhe von ca. 2.000 MWh/a in Engstingen angenommen. Die Entwicklung der Förderkulisse und weiterer wirtschaftlicher Rahmenbedingungen für Biogasanlagen ist nicht absehbar. Das technische Potenzial hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab und kann im Rahmen des Konzepts nicht abschließend quantifiziert werden. Grundsätzlich wird eine quantitative Analyse der Biogas- bzw. Biomethanpotenziale aus Rest- und Abfallstoffen in interkommunaler Zusammenarbeit als sinnvoll erachtet. Aufgrund der hohen Bedeutung des landwirtschaftlichen Sektors sowie Biogas in Engstingen wird nachfolgend jedoch das Potenzial aus der Rinderhaltung betrachtet. Das Potenzial aus der Abfallwirtschaft wird im Kapitel Abfall behandelt.

Grundsätzlich lassen sich sämtliche tierische Exkreme wie Gülle, Jauche, Mist oder Hühnertrockenkot in Biogasanlagen vergären und energetisch nutzen. In der Praxis wird jedoch hauptsächlich Rindergülle verwertet.⁶¹ Über die Energiegewinnung hinaus ist dies eine wichtige Maßnahme im Sektor Landwirtschaft, um Methan- und Lachgasemissionen aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger) zu vermeiden. Das Potenzial aus Gülle hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab. Für eine genaue Quantifizierung der Biogas- bzw. Biomethanpotenziale muss eine Gülleanalyse vor Ort bzw. eine vertiefte Potenzialanalyse durchgeführt werden. Auf Grundlage von Richtwerten kann jedoch das Potenzial in Engstingen grob berechnet werden. Die Zahl der Großvieheinheiten in Engstingen liegt Stand 2020 bei ca. 778.⁶² Das Potenzial bei einer angenommenen Biogasleistung von 0,56 bis 1,9 m³ pro Großvieheinheit pro Tag⁶³ und einem Wirkungsgrad von 33 % elektrisch und 57 % thermisch ergibt sich die in nachfolgender Tabelle angegebene Spannbreite (Strom- und Wärmeleistung).

⁵⁸ (Neumann, 2022)

⁵⁹ Auskunft KURZ BioEnergie GmbH

⁶⁰ (KURZ BioEnergie GmbH)

⁶¹ (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2021)

⁶² (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2021)

⁶³ (Barbara Eder, 2001)

Tabelle 6 Spannbreite Biogaspotenzial aus Gülle in Engstingen (Richtwerte)

	Biogas m ³ /Tag	Biomethan m ³ /Tag	Strom MWh/Jahr	Wärme MWh/Jahr
Min	725	435	524	905
Max	2.456	1.475	1.777	3.069
Mittel	1.592	955	1.150	1.987

Das elektrische Potenzial der allein aus der Viehhaltung anfallenden Gülle liegt in Engstingen bei rund 1.150 MWh/a. An dieser Stelle ist auf die Vorteile überregionaler Kooperation hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Erweiterung der bestehenden Biogasanlagen oder Errichtung einer weiteren hinzuweisen. Gleichwohl sollten relevante Trends und Entwicklung in der Landwirtschaft im Auge behalten und mitgedacht werden: so reduzierte sich die Zahl der Rinder- und Milchkühe in Engstingen zwischen 2016 und 2020 um ca. 6 %.

Im Referenzszenario wird kein weiterer Ausbau der Biogasproduktion in Engstingen angenommen. Stattdessen wird eine Reduktion der Stromerzeugung aus Biogas von 2.000 MWh/a abgebildet. Im Gegensatz dazu geht das Klimaschutzszenario davon aus, dass sich die Rahmenbedingungen für Biogasanlagen verbessern, was es ermöglicht, den aktuellen Stand der Biogasproduktion aufrechtzuerhalten.

3.1.7 Faulgas / Kläranlagen

Weiteres Potenzial zur Herstellung von klimafreundlichem Strom bietet die energetische Verwertung von Faulgasen, welche bei der Abwasserentsorgung anfallen. Diese Abfallstoffe können ein hohes Potenzial zur Energiebereitstellung bergen. Die Abwassermengen der rund 5.273 Einwohner (EW) der Gemeinde Engstingen werden derzeit über die gemeindeeigene Kläranlage in Kohlstetten behandelt. Aufgrund des hohen Sanierungsbedarfs der Kläranlage werden derzeit verschiedene Entsorgungsvarianten geprüft. Neben der Modernisierung der Kläranlage Kohlstetten und dem Anschluss an andere Kläranlagen wird eine Abwasserbehandlung im Verbund mit den Nachbargemeinden Gomadingen und St. Johann in Betracht gezogen.⁶⁴

Die während der Abwasserreinigung entstehenden Klärschlämme können über Faulbehälter zur Faulgasgewinnung genutzt werden, welches in BHKWs/Mikrogasturbinen zu Strom und Wärme umgewandelt werden kann. Der zur Entsorgung anstehende Klärschlamm kann zudem weiterbehandelt und zu 100 % in die thermische Behandlung abgegeben (=verbrannt) werden. Nach Angaben des Statistischen Landesamt Baden-Württemberg fielen im Jahr 2021 ca. 15 Kilogramm pro Person an Klärschlamm (Trockensubstrat) in den Abwasserbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg an.⁶⁵ Unter der Annahme, dass pro Kilogramm Klärschlamm ca. 3 kWh Energie gewonnen werden kann, ist mit den theoretischen Energiemengen von ca. 240 MWh/a zu rechnen. Bei den Planungen der künftigen Abwasserentsorgung sind energetische Aspekte und Potenziale mit einzubeziehen.

⁶⁴ (Reutlinger General-Anzeiger, 2019)

⁶⁵ (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2022)

3.1.8 Zusammenfassung der Potenziale im Stromsektor und die resultierende Entwicklung des Strombedarfs

Die Analyse des Stromsektors hat gezeigt, dass Windkraft, Photovoltaik und Stromeinsparung die wesentlichen Stellschrauben im Stromsektor in der Gemeinde Engstingen sein werden. Abbildung 36 stellt den Stromverbrauch und die Einspeisung aus erneuerbaren Energien nach Szenario gegenüber. Beim Stromverbrauch ist schraffiert ebenfalls der zusätzliche Strombedarf durch die Nutzung von Wärmepumpen und Elektromobilität dargestellt. Für die Gesamtbetrachtung des Stromsektors von großer Bedeutung, wird er in der Bilanz jedoch unter den Sektoren „Wärme“ und „Verkehr“ bilanziert. Es ist erkennbar, dass sowohl der Stromverbrauch als auch die Stromeinspeisung in allen Szenarien ansteigt. Dies ist insbesondere auf den Zubau von Windenergieanlagen zurückzuführen.

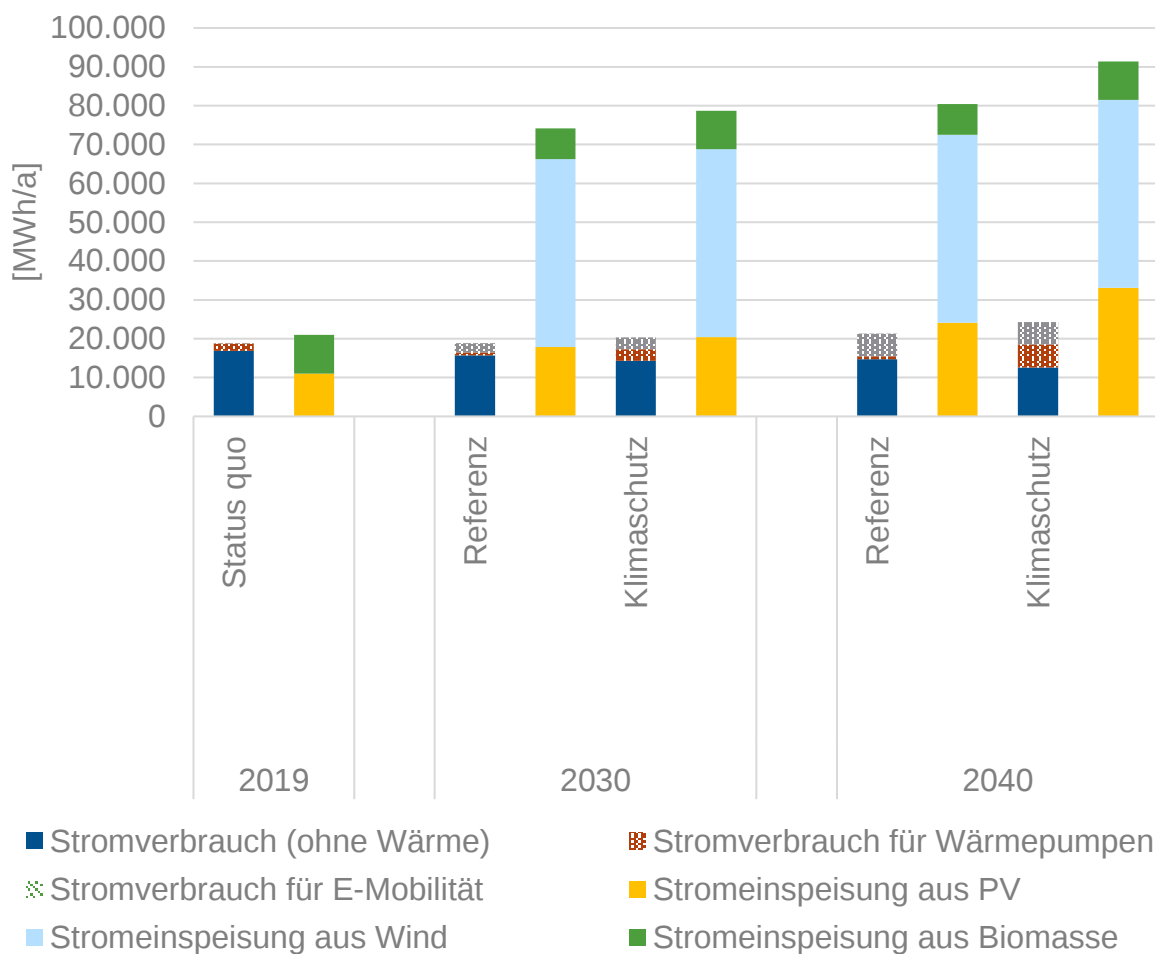


Abbildung 36 Entwicklung des Strombedarfs und der Stromeinspeisung aus Erneuerbaren (Status quo und Zukunftsszenarien 2030 und 2040)

Der Anteil der Deckung des Strombedarfs (inkl. Wärmepumpen und Elektromobilität) liegt bereits heute bei **111 %** in der Gemeinde Engstingen. Im **Referenzszenario** steigt dieser Wert auf **394 %** (2030) und **377 %** (2040). Im **Klimaschutzszenario** kann eine Deckung des Eigenbedarfs von **387 %** (2030) und **376 %** (2040) erreicht werden. Das ähnliche Niveau des Deckungsgrades im Referenz- und Klimaschutzszenario lässt sich zum einen auf den ambitionierten Ausbau von Windkraft bereits im Referenzszenario zurückführen. Ein weiterer Grund ist die verstärkte Sektorenkopplung im Klimaschutzszenario. Bezüglich der Netzkapazität für weitere Einspeiseanlagen lässt sich keine

pauschale Aussage treffen. Das Netz befindet sich im Wandel und die vorhandene Kapazität muss mit jeder neuen Netzanfrage neu und individuell betrachtet werden.⁶⁶

3.2 Wärmesektor

Die aktuelle Struktur der Energie- und insbesondere Wärmeversorgung in Baden-Württemberg wird hauptsächlich durch fossilbetriebene Anlagen bestimmt. Der Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Wärmeverbrauch des Landes Baden-Württemberg liegt bei rund 16 %.⁶⁷ Dem hingegen wird in der Gemeinde Engstingen bereits rund 39 % des Wärmeverbrauchs durch regenerative und lokale Energiequellen gedeckt. Dies lässt sich insbesondere auf den hohen Anteil von Biomasse (24 %) an der Wärmeversorgung zurückführen. Jedoch nehmen die fossilen Energieträger Öl mit 51 % und Flüssiggas mit 7 % auch heute noch einen hohen Anteil am Wärmeverbrauch ein. Da Ölheizungen sukzessive ausgetauscht werden müssen und der Einsatz von Gas aus verschiedenen Gründen diskutiert wird, werden in diesem Kapitel verschiedene Möglichkeiten zur klimafreundlichen Umgestaltung des Wärmesektors in Engstingen betrachtet.

In einem ersten Schritt wird untersucht, wie sich der Wärmebedarf der Gemeinde Engstingen in den unterschiedlichen Szenarien bis 2040 entwickelt. Hierfür wird der Einfluss durch Sanierung von Wohngebäuden sowie durch Energieeffizienzmaßnahmen im gewerblichen und industriellen Sektor analysiert. Anschließend wird ermittelt, wie der verbleibende Wärmebedarf möglichst klimaneutral gedeckt werden kann. Dazu werden die Ausgangssituation und Potenziale verschiedener Energieträger innerhalb der Gemarkung Engstingen betrachtet. Untersucht werden die fossilen Energieträger Öl und Gas sowie die alternativen Energiequellen Biomasse, Abfall, Solarthermie und Umweltwärme. Abschließend werden Möglichkeiten und Vorteile von Nahwärmenetzen sowie Wasserstoff thematisiert.

3.2.1 Sanierung der Wohngebäude

Grundsätzliches Potenzial und Szenarien

Im Wärmebereich besteht großes Minderungspotenzial durch thermische Sanierungen und dem Ausbau einer erneuerbaren Wärmeversorgung. Dabei ist die Reduktion des Heizwärmebedarfs insofern noch vor dem Austausch fossiler Heizungssysteme zu betrachten, als dass der Austausch im Idealfall erst nach einer Sanierung erfolgt, um eine Überdimensionierung zu vermeiden. Eine Schlüsselrolle nimmt dabei die Sanierung der Wohngebäude ein.

Zur Untersuchung des Sanierungspotenzials in Privaten Haushalten wird der derzeitige Wohnungsbestand in der Gemeinde Engstingen betrachtet. Abbildung 37 zeigt die Verteilung der

⁶⁶ Auskunft der Netze BW

⁶⁷ BICO2

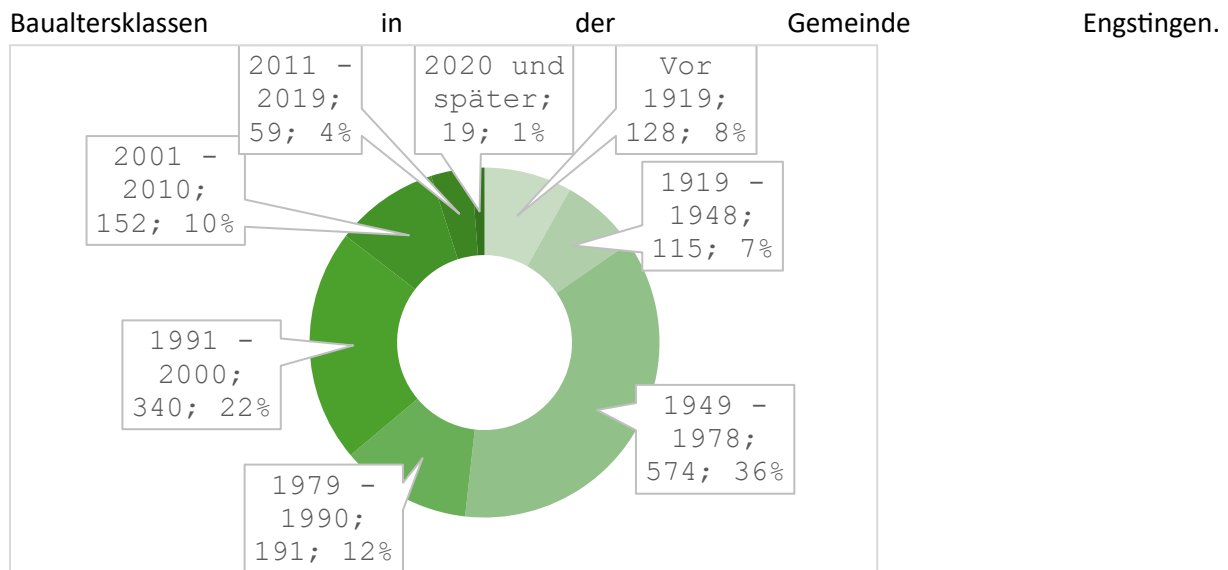


Abbildung 37 Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in der Gemeinde Engstingen. Datenquelle: Zensus 2022

Die Auswertung der Baualtersklassen zeigt, dass etwa 52 % aller Wohngebäude vor 1979 erbaut wurden.⁶⁸ Die erste Wärmeschutzverordnung mit Anforderungen an die Dämmung eines Gebäudes trat 1977 in Kraft.⁶⁹ Bis dahin gab es in Deutschland keine öffentlich-rechtlichen Vorschriften für den Wärmeschutz von Gebäuden, sondern nur ein entsprechendes technisches Regelwerk. Insbesondere Gebäude, die zwischen 1949 und 1978 erbaut wurden, stellen mit 36 % den größten Anteil am Gebäudebestand dar und bieten somit das umfangreichste Sanierungspotenzial.

Je nach Szenario werden unterschiedliche Sanierungsraten, Sanierungszyklen und Sanierungsstandards angenommen und über den betrachteten Zeitraum bis 2040 angewendet. Die Sanierungsrate beschreibt den Anteil der jährlich sanierten Gebäude zum Gesamtgebäudebestand und liegt in Deutschland aktuell bei 0,8 % pro Jahr. Auch wenn dem Begriff eine genaue Definition fehlt, wird darunter gemeinhin sowohl Komplett-sanierungen als auch Einzelmaßnahmen (Fenster austausch, Dachdeckensanierung etc.) verstanden. Um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu verwirklichen, ist eine Erhöhung der Sanierungsrate auf 2 - 3 % nötig. Der Sanierungszyklus beschreibt die Dauer, bis ein bestimmter Teil des Gebäudes saniert wird. Bei der Gebäudehülle liegt der Zeitraum bei etwa 30 bis 40 Jahren⁷⁰.

Als Sanierungsstandards werden im Referenzszenario die Anforderung des GEG⁷¹ zugrunde gelegt, welche bei der Sanierung von bestimmten Bauteilen eingehalten werden müssen.⁷² Diese betragen für Ein- und Zweifamilienhäuser 74 kWh/(m²*a) und für Mehrfamilienhäuser 77 kWh/(m²*a). Die weitere Berechnungsgrundlage basiert auf der TABULA-Methodik – diese bezieht sich auf ein auf der EU-Ebene elaboriertes Konzept zur Ermittlung der durchschnittlichen Wärmebedarfs-werte von Gebäuden verschiedener Haustypen, Baualters, Konstruktion etc.⁷³ Diese an die deutschen Umstände angepasste Methodik⁷⁴ gibt ebenfalls Auskunft über das maximale Sanierungspotenzial. Diese Werte

⁶⁸ (Zensus Datenbank 2022, 2024)

⁶⁹ (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR))

⁷⁰ (BMW, 2014)

⁷¹ Ehemals EnEV

⁷² (GEG, 2020)

⁷³ (Institut Wohnen und Umwelt, 2022)

⁷⁴ (Episcopo Tabula, 2022)

werden als Fundament für das Klimaschutzszenarios genommen – je nach Baualtersklasse und Haustyp wird ein Wärmebedarf zwischen 40 und 60 kWh/(m²*a) angenommen.

In Tabelle 5 werden die jährlichen Sanierungsraten und Standards dargestellt, welche in den jeweiligen Szenarien zur Berechnung der Einsparpotenziale verwendet werden. Daraus ergeben sich die angegebenen szenariospezifischen Sanierungsanteile des heutigen Wohnbestandes.

Tabelle 7 Annahme zur Berechnung des Einsparpotenzials von Wohngebäuden

Szenario	Jährliche Sanierungsquote	Sanierungsstandard	Sanierungsanteil am Bestand (2030)	Sanierungsanteil am Bestand (2040)
Referenz	0,83 %	Gesetzlicher Standard (GEG)	9 %	16 %
Klimaschutz	3 %	Sanierungspaket TABULA	31 %	49 %

Die Analyse des Einsparpotenzials durch Sanierung wird nicht anhand des tatsächlichen Verbrauchs, sondern anhand des theoretischen Wärmebedarfs der Wohngebäude durchgeführt. Dieser wird durch die Kombination von Daten der Zensus Befragung 2012 sowie mit typischen spezifischen Wärmebedarfen in kWh/(m²*a) ermittelt. Die Verwendung dieser flächenbezogenen Wärmebedarfe ist nötig, um das Einsparpotenzial bei Sanierungen auf einen bestimmten Standard zu ermitteln. Diese werden prozentual auf den tatsächlichen Wärmeverbrauch angerechnet.

Es ergeben sich für die verschiedenen Szenarien gegenüber dem Status quo die in der folgenden Abbildung 38 dargestellten Wärmebedarfe. Für 2030 ergibt sich für das Referenzszenario eine Reduzierung des Wärmebedarfs um 8 %, für das Klimaschutzszenario um 25 %. Für 2040 steigt die Reduktion des Wärmebedarfs auf 12 % im Referenzszenario und auf 39 % im Klimaschutzszenario.

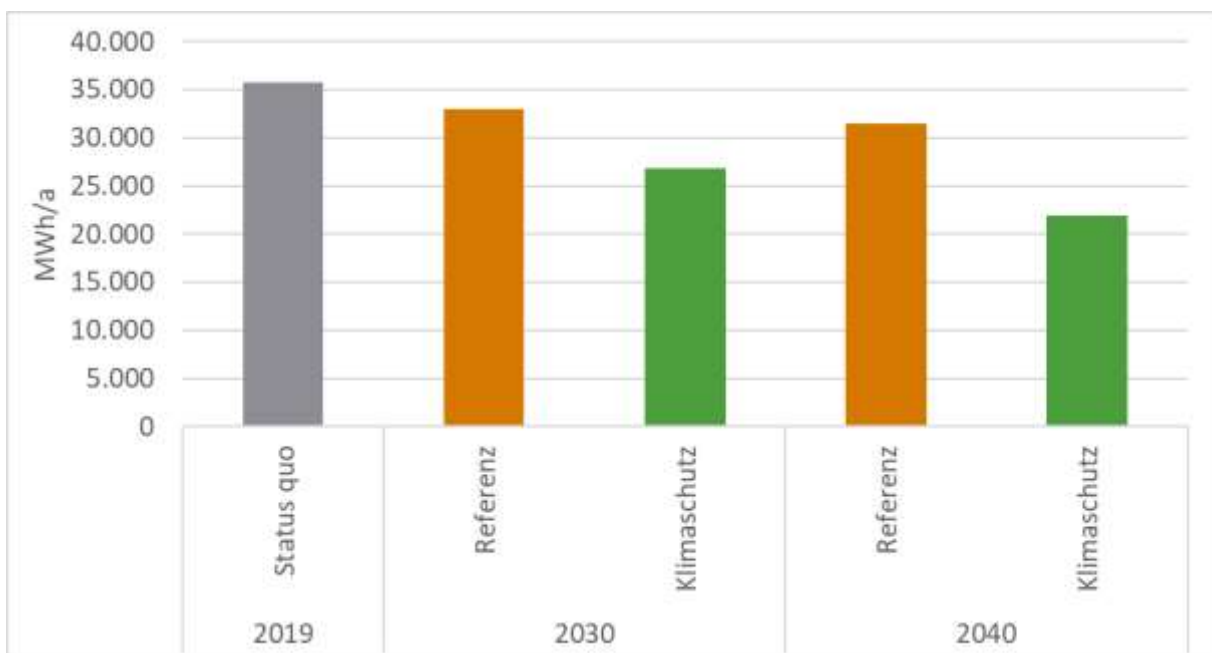


Abbildung 38 Wärmebedarf der Wohngebäude in der Gemeinde Engstingen nach Szenarien

3.2.2 Sanierung der kommunalen Liegenschaften

Neben den Wohngebäuden wird eine Sanierung der kommunalen Liegenschaften genauer untersucht. Eine Sanierung dieser Gebäude trägt der Vorbildfunktion der Verwaltung Rechnung und kann zu einer Stärkung des Bewusstseins für die Notwendigkeit von Klimaschutzaktivitäten in der Gemeinde beitragen.

Insgesamt wurden die Wärmeverbrauchswerte von 16 Liegenschaften⁷⁵ zur Verfügung gestellt. Nachdem das Automuseum im Oktober 2024 schließt und das Gebäude aufgrund des hohen erforderlichen Sanierungsaufwandes vermutlich veräußert wird,⁷⁶ ist das Objekt in der folgenden Auswertung nicht enthalten. Auch die Feuerwehr in Kleinengstingen sowie die Feuerwehr in Großengstingen sind nicht mit aufgetragen. Die beiden Gebäude werden aufgegeben und in einem Neubau mit Heizung auf Basis erneuerbarer Energien am Standort „Neuen Ortsmitte“ zusammengelegt.⁷⁷ Eine Potenzialanalyse aufgrund der Vollständigkeit der Daten und Relevanz konnte damit bei zehn Gebäuden durchgeführt werden.

Die Auswertung des Sanierungspotenzials basiert auf einem Abgleich des spezifischen Wärmebedarfs in $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ⁷⁸ mit Referenzwerten für vergleichbare „gute Bestandsgebäude“, wie sie vom BMWK vorgegeben werden.⁷⁹ Diese Referenzwerte werden bei sechs der ausgewerteten Liegenschaften überschritten. Die spezifischen Verbräuche der kommunalen Liegenschaften sind in der Abbildung 39 am Ende dieses Kapitels dargestellt. Des Weiteren sind die Referenzwerte für vergleichbare „gute Bestandsgebäude“⁸⁰ sowie das absolute Einsparpotenzial aufgetragen.

Den größten spezifischen Wärmeverbrauch weist das Alte Notariat mit $250 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ⁸¹ auf, gefolgt vom Rathaus Kleinengstingen mit $153 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Darauf folgen der Kindergarten Kleinengstingen sowie die Blossenberghalle mit je rund $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Die Differenz zwischen den spezifischen Wärmeverbräuchen und den Referenzwerten multipliziert mit der vorhandenen Fläche ergibt das Einsparpotenzial pro Gebäude. Das größte Einsparpotenzial bei den kommunalen Gebäuden liegt mit Abstand bei der Freibühlschule mit rund 240 MWh/a . Darauf folgen die Grundschule Kleinengstingen (54 MWh/a), das Rathaus Kleinengstingen mit 29 MWh/a und das Alte Notariat mit 20 MWh/a . Um die nachstehende Abbildung mit dem hohen absoluten Einsparpotenzial der Freibühlschule nicht zu verzerren, wird dieser Wert nicht abgebildet.

In Tabelle 6 sind die Annahmen, welche in den jeweiligen Szenarien für die Sanierung getroffen werden, und die resultierenden Ergebnisse dargestellt. Das Automuseum sowie die Feuerwehren Großengstingen und Kleinengstingen, welche künftig nicht mehr von der Gemeinde betrieben werden, sind in dieser Potenzialbetrachtung nicht enthalten. Allein durch den Wegfall der drei Objekte reduziert sich der Wärmeverbrauch der kommunalen Gebäude um rund 128 MWh/a gegenüber 2019, wobei hier der Neubau für die Feuerwehr nicht berücksichtigt ist.

⁷⁵ Einzelne kommunale Gebäude sind nicht abgebildet, wenn keine Informationen zu Verbräuchen oder Grundflächen vorliegen.

⁷⁶ (Südwestrundfunk (SWR), 2024); Auskunft der Gemeinde Engstingen

⁷⁷ (Reutlinger General-Anzeiger, 2024); Auskunft der Gemeinde Engstingen;

⁷⁸ Durchschnittswert 2021 und 2022

⁷⁹ (BMW, 2021)

⁸⁰ „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ (BMW, 2021)

⁸¹ Das grundsätzlich als Vereinsgebäude vorgesehene Objekt wurde von 2017 bis 2022 als Beherbergungsstätte zwischengenutzt.; Der Wärmeverbrauch hat sich dadurch jedoch nicht über die üblichen Schwankungen hinaus verändert. Dies lässt sich u.a. durch die marktpreisabhängige Beeinflussung der Heizölbestimmungen erklären.

Tabelle 8 Sanierung der kommunalen Liegenschaften nach Szenarien

Szenario	Ausgestaltung	Energie-einsparung
Referenz	Realisierung des Einsparpotenzials aus dem Vergleich mit „guten Bestandsgebäuden“	358 MWh/a
Klimaschutz	Realisierung des Einsparpotenzials bei Sanierung auf KfW-70-Standard	642 MWh/a

Die Ergebnisse beruhen auf einer ersten Analyse von Kennzahlen und enthalten dementsprechend eine gewisse Unschärfe. Die tatsächlich realisierbaren Reduktionspotenziale bedürfen einer fachmännischen Vor-Ort-Analyse der einzelnen Gebäude und Gegebenheiten. Bei der Auswertung auf Grundlage der herangezogenen Kennzahlen ist zu berücksichtigen, dass neben der energetischen Qualität der Gebäude auch das Nutzerverhalten einen relevanten Einfluss auf den spezifischen Wärmeverbrauch hat. Bei der Auswertung nicht berücksichtigt sind zudem die realen Sanierungspläne der Gemeinde. So wird die Gebäudehülle der Freibühschule bereits fortlaufend und die Blossenberghalle aktuell saniert. Am Rathaus Kleinengstingen ist zudem der Austausch der Fenster geplant. Weitere Vorhaben der Gemeinde konzentrieren sich auf die klimafreundliche Bereitstellung der benötigten Wärme. So werden der Neubau der Feuerwehr sowie der Anbau des Kindergartens durch eine Heizung auf Basis erneuerbarer Energien versorgt. Darüber hinaus wird die Heizungsanlage der Grundschule in den kommenden Jahren teilweise auf erneuerbare Energien umgestellt.

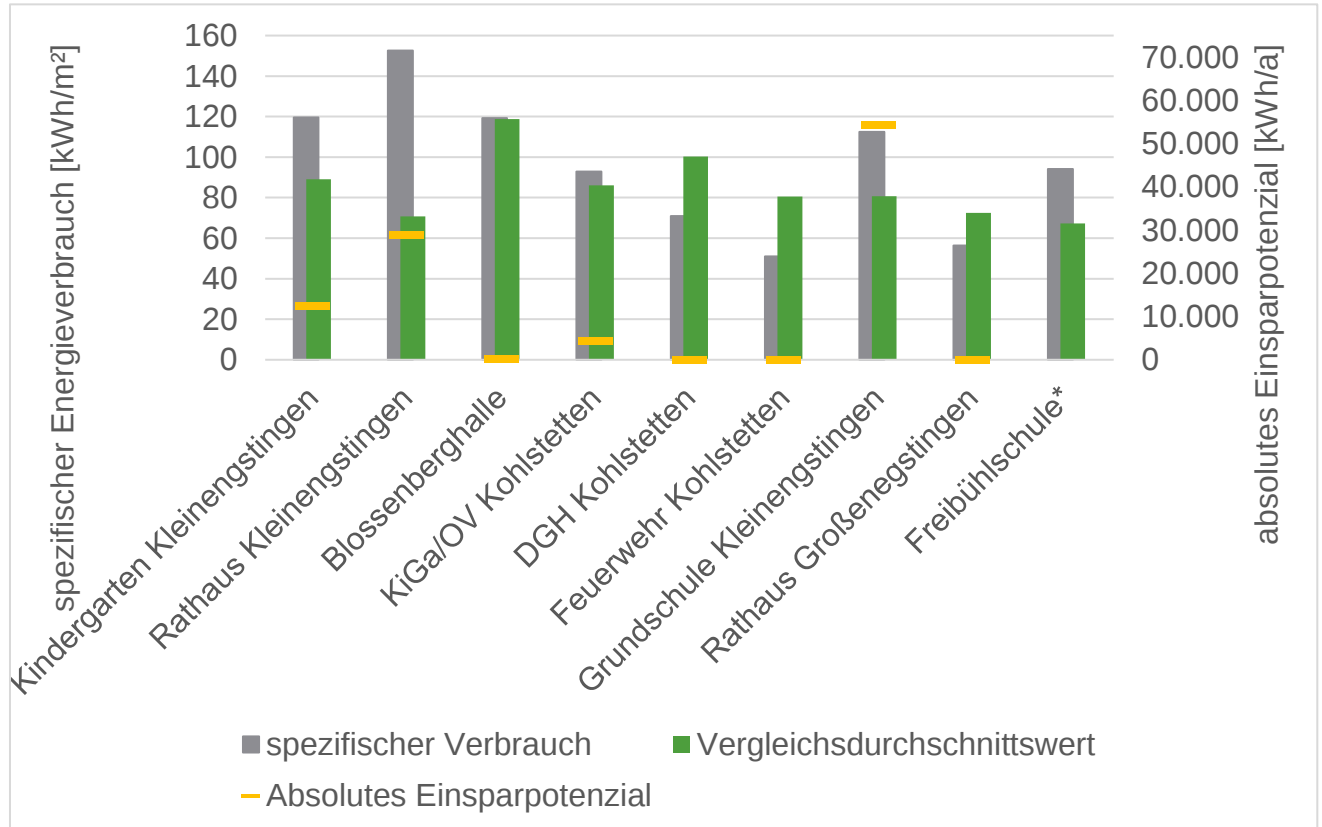


Abbildung 39 Spezifischer Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften sowie Referenzwerte für vergleichbare „gute Bestandsgebäude“ und absolutes Einsparpotenzial

3.2.3 Effizienz im Wärmeverbrauch der Sektoren Gewerbe und Industrie

Grundsätzliches Potenzial

Die Sektoren Gewerbe und Industrie werden in kommunalen Klimaschutzkonzepten meist nur am Rande betrachtet, da die Einflussmöglichkeiten der Kommune als vergleichsweise gering eingeschätzt werden. Die Energie- und CO₂-Bilanz beeinflussen sie jedoch je nach Situation vor Ort teilweise enorm. In der Gemeinde Engstingen spielt vor allem der gewerbliche Sektor eine relevante Rolle. Um Aussagen über den zukünftigen Energieverbrauch der Sektoren Gewerbe und Industrie zu treffen, wird auf bundesweite Annahmen zurückgegriffen.⁸² Die tatsächlichen energetischen Reduktionspotenziale sind stark unternehmensabhängig. Es ist zu beachten, dass im Sektor GHD der Wärmeverbrauch überwiegend auf verbrauchter Raumwärme beruht. Im Gegensatz dazu macht im Industriesektor der Hauptanteil des Wärmeverbrauchs die Prozesswärme aus. Entsprechend unterschiedlich sind die Einspar- und Effizienzmöglichkeiten sowie die sinnvollen Maßnahmen diesbezüglich. Während im Sektor GHD Gebäudesanierungen in Betracht gezogen werden sollten, ist im Industriesektor der Einsatz effizienter Geräte und optimierter Abläufe entscheidend.

Deutschlandweit hat sich der Wärmeverbrauch im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen in den Jahren 2010 - 2019 um 11,3 % reduziert. Im Industriesektor hingegen sank der Wärmeverbrauch im selben Zeitraum nur um 3,1 %.⁸³ Im Referenzszenario werden beide Entwicklungen entsprechend fortgeschrieben.

Szenarien

Um die Ziele der Bundesregierung in Richtung Klimaneutralität zu erreichen, sind massive Einsparungen sowohl in den Sektoren Gewerbe/Handel/Dienstleistungen als auch in der Industrie erforderlich. In der Studie „Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“⁸⁴ wird als notwendige Energieeinsparung für eine klimaneutrale Gesellschaft von einer Energieverbrauchsreduktion im Sektor GHD um rund 38 % verglichen mit dem Basisjahr 2015 und im Sektor Industrie um ca. 23 % ausgegangen. Diese ambitionierten Reduktionsziele werden im Klimaschutzszenario auf den vorliegenden Betrachtungszeitraum (2019 - 2040) für die Gemeinde Engstingen übertragen. Es werden folgende Annahmen getroffen.

Referenzszenario

Der bisherige Trend (2010 - 2019) wird fortgeschrieben. Entsprechend wird bis 2030 eine Reduktion des Wärmeverbrauchs im GHD-Sektor um 14 % und bis 2040 um 25 % angenommen. Für den Industriesektor liegt die angenommene Reduktion des Wärmeverbrauchs bei 4 % bis 2030 und 7 % bis 2040. Der Gesamtwärmeverbrauch der beiden Sektoren sinkt bis 2030 um rund 2.600 MWh/a und bis 2040 um 4.600 MWh/a. Das entspricht einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 910 t CO₂/a bis 2030 und 1.630 t CO₂/a bis 2040.⁸⁵

⁸² (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut, 2021)

⁸³ (BMWi, 2019)

⁸⁴ (Kopernikus-Projekt Ariadne, 2021)

⁸⁵ Bei Annahme der Wärmebedarfsdeckung durch Erdgas und Erdöl zu gleichen Anteilen.

Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario wird sich an den Zielen des Ariadne-Reports orientiert und die Einsparziele mit Basisjahr 2015 bis zur Klimaneutralität auf die Sektoren GHD und Industrie in der Gemeinde Engstingen angewendet. Entsprechend wird bis 2030 eine Reduktion des Wärmeverbrauchs im GHD-Sektor um 20 % und bis 2040 um 38 % angenommen. Für den Industriesektor liegt die angenommene Reduktion des Wärmeverbrauchs bei 12 % bis 2030 und 23 % bis 2040. Der Gesamtenergieverbrauch der beiden Sektoren sinkt bis 2030 um rund 3.700 MWh/a und bis 2040 um 7.200 MWh/a. Das entspricht einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 1.330 t CO₂/a bis 2030 und 2.500 t CO₂/a bis 2040.⁸⁶

3.2.4 BHKWs

Ein Ansatz zur Effizienzsteigerung, der aufgrund seiner Bedeutung ergänzend separat betrachtet werden soll, besteht in der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen). Das Prinzip der gleichzeitigen Wärme- und Stromerzeugung führt dazu, dass weniger Energie beim Umwandlungsprozess verloren geht. Der Wirkungsgrad ist deshalb deutlich höher als bei der alleinigen Erzeugung von Strom oder Wärme. Entsprechend wird ihre Nutzung von Seiten des Bundes über den KWK-Zuschlag gefördert. Auch die Nutzung im Privatgebäudebereich in Form von Mini-BHKWs wird extra gefördert.

Sinnvoll ist ein Einsatz der BHKW-Technik insbesondere bei einem gleichmäßigen und hohen Wärme- und Strombedarf. Häufig bietet sich die Nutzung von BHKWs zur Energieversorgung mehrerer Gebäude an. Damit fallen sie in die Kategorie Nah- und Fernwärme, dessen Ausbau im entsprechenden Kapitel genauer betrachtet wird und für eine klimafreundliche Wärmeversorgung eine wichtige Rolle spielt. Während zum einen die erhöhte Effizienz zur Reduktion der Emissionen beiträgt, ist zum anderen der Betrieb mit regenerativen Energieträgern, etwa Biomasse, Wärmepumpen oder Solarthermie, entscheidend. Mögliche Ausbauraten zur Nutzung der regenerativen Energieträger zur Wärmeproduktion werden in den folgenden Unterkapiteln betrachtet. Insgesamt ist die verstärkte Nutzung von KWK-Anlagen sowohl in der Wärmenetzversorgung als auch im Einzelgebäudebereich im Sinne des Klimaschutzes zu empfehlen, wobei die Nutzung regenerativer Energieträger zur wirkungsvollen Emissionsreduktion entscheidend ist.

3.2.5 Heizöl

Die Annahmen zum Trend beruhen auf den derzeitigen Entwicklungen insb. der am 1. Januar 2021 eingeführten CO₂-Steuer auf Heizöl, Gas, Benzin und Diesel. Der Preis von derzeit 45 Euro pro Tonne CO₂ soll auf 55 Euro pro Tonne im Jahr 2025 gesteigert werden.⁸⁷ Die Mehrkosten für Heizöl belaufen sich von 12 ct pro Liter im Jahr 2024 bis 15 ct – bis 2025.⁸⁸ Zusätzlich wird die Verwendung von Heizöl im Rahmen des GEG zunehmend eingeschränkt⁸⁹, sodass von einer moderaten Reduktion des Ölverbrauchs in Zukunft ausgegangen werden kann. Gleichzeitig ist das bundesweite Ziel der

⁸⁶ Bei Annahme der Wärmebedarfsdeckung durch Erdgas und Erdöl zu gleichen Anteilen.

⁸⁷ (Bundesregierung, 2024)

⁸⁸ (UNITI Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e.V., 2021)

⁸⁹ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), 2024)

Treibhausgasneutralität nur mit einem vollkommenen Verzicht auf fossile Energieträger möglich, sodass im Klimaschutzszenario der Energieträger Öl vollständig aufgegeben wird.

Grundsätzliches Potenzial

Der Gesamtanteil von Heizöl lag 2019 bei 51 % der Wärmebereitstellung und ca. 29 % des gesamten Energieverbrauchs in der Gemeinde Engstingen. Der hohe Anteil an der Wärmeversorgung resultiert in jährlichen Emissionen von rund 10.240 t CO₂. Insgesamt befinden sich laut Daten der Schornsteinfegerinnung ca. 1.000 Ölheizungen mit einer Leistung von etwa 26.500 kW in der Gemeinde Engstingen. Davon sind rund 980 Anlagen den Privaten Haushalten zuzuordnen. Weitere 21 Anlagen haben eine Leistung von mindestens 100 kW und werden daher dem GHD-Sektor zugeordnet. Sollte die vollständige Klimaneutralität angestrebt werden, sind diese Anlagen zu ersetzen. Abbildung 40 zeigt die Anzahl der Ölheizungsanlagen nach Baujahr in der Gemeinde Engstingen.

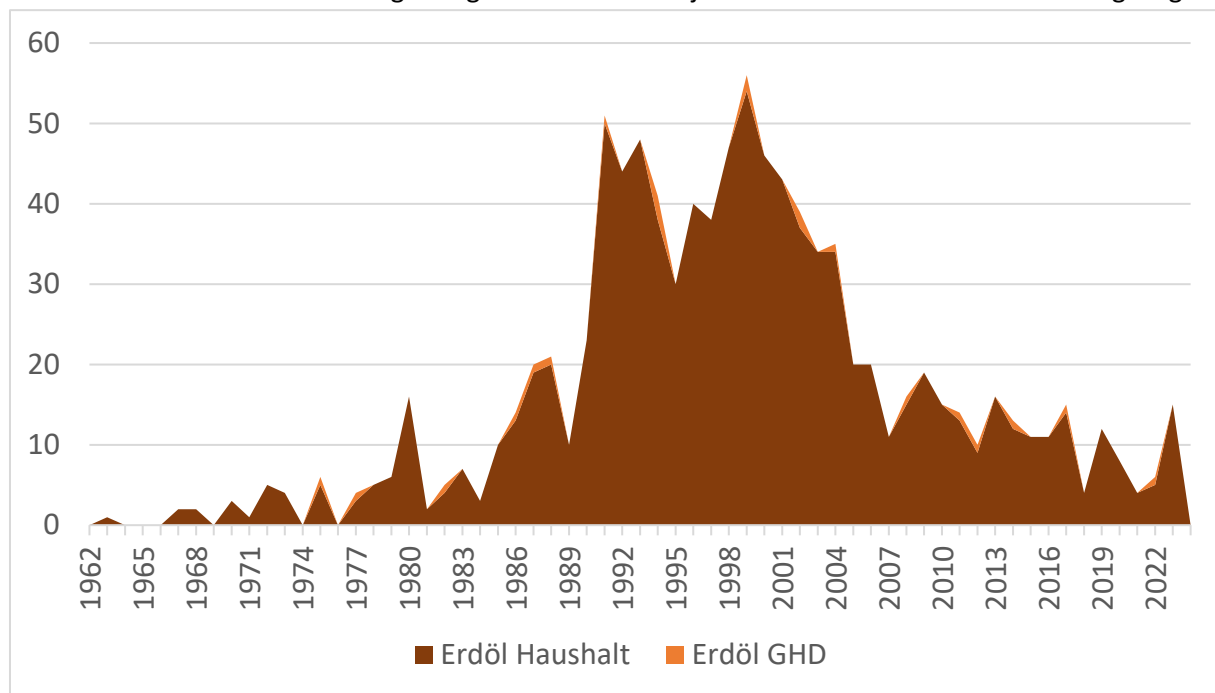


Abbildung 40 Anzahl Ölheizungsanlagen nach Baujahr. Datenquelle: Schornsteinfegerdaten

Die meisten Ölheizungsanlagen in Engstingen sind Baujahr 1990 bis 2006 und damit Stand 2024 zwischen 34 und 18 Jahre alt. Die Leistung dieser insgesamt rund 655 Anlagen liegt bei insgesamt 16.400 kW. Unter der Annahme, dass alle bis 1994 installierten Ölheizungen ab 2024 ausgetauscht werden,⁹⁰ sind in der Gemeinde ab sofort etwa 354 Ölheizungsanlagen mit einer kumulierten Leistung von ca. 10.320 kW zu ersetzen. Folgende Szenarien bieten die Übersicht der zu ersetzenden Kapazitäten je nach Baujahr der Heizungsanlage an.

Szenarien

Es wird nach Referenzszenario vermutet, dass Ölheizungen nach rund 30 Jahren durch eine neue Anlage ersetzt werden.⁹¹ Dies bedeutet, dass ca. 16.390 kW Leistung bis 2030 zu ersetzen sind. Damit würde sich der Ölverbrauch um rund zwei Drittel reduzieren. Im Sektor „Private Haushalte“ ist mit dem Wert 14.240 kW (599 Anlagen) zu rechnen, im GHD-Sektor – 2.150 kW (zwölf Anlagen). Bis 2040 reduziert sich der Bestand um weitere 6.110 kW, wovon 6.640 kW (248 Anlagen) auf die Privaten

⁹⁰ (Energie-Fachberater, 2021)

⁹¹ Diese neue Anlage kann im Referenzszenario entweder eine erneuerbare Energien Anlage oder eine Gasheizung sein. Der Ersatz mit einer Gasheizung wird dann angenommen, wenn der Ausbau von erneuerbaren Energien nicht ausreicht, um den Bedarf zu decken.

Haushalte und 470 kW (vier Anlagen) auf den GHD-Sektor entfallen. Zum Zieljahr 2040 sind etwa 134 Anlagen der Privaten Haushalte mit einer kumulierten Leistung von 2.750 kW jünger als 30 Jahre. Im GHD-Sektor liegt die Anzahl bei fünf Anlagen zu insgesamt 1.200 kW. Mit den getroffenen Annahmen reduziert sich der Ölverbrauch bis 2040 um 85 %. Durch Sanierungsmaßnahmen wird im vorliegenden Klimaschutzkonzept von einer etwas stärkeren Reduktion des Ölverbrauchs ausgegangen. Nachstehende Abbildung 41 zeigt die Anzahl an Ölheizungsanlagen, die bei einem Austauschrhythmus von 30 Jahren zum Stand 2024, 2030 und 2040 ausgetauscht werden, sowie die Anzahl der Anlagen, die Stand 2040 jünger als 30 Jahre sind. Abbildung 42 zeigt die kumulierte Leistung dieser Anlagen.

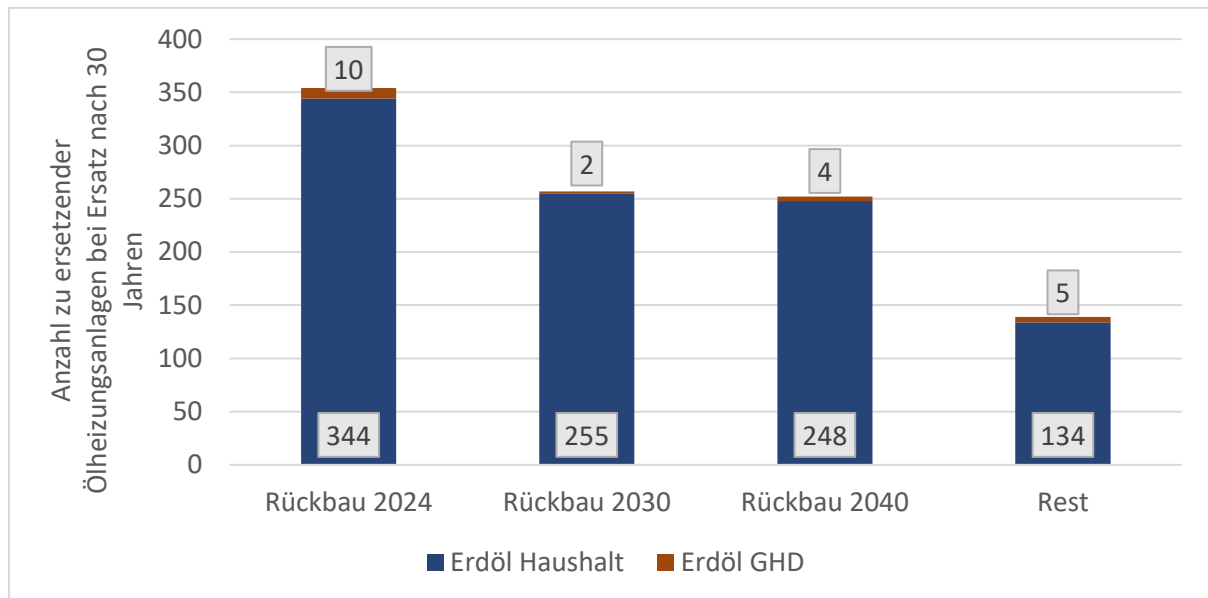


Abbildung 41 Anzahl zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 30 Jahren

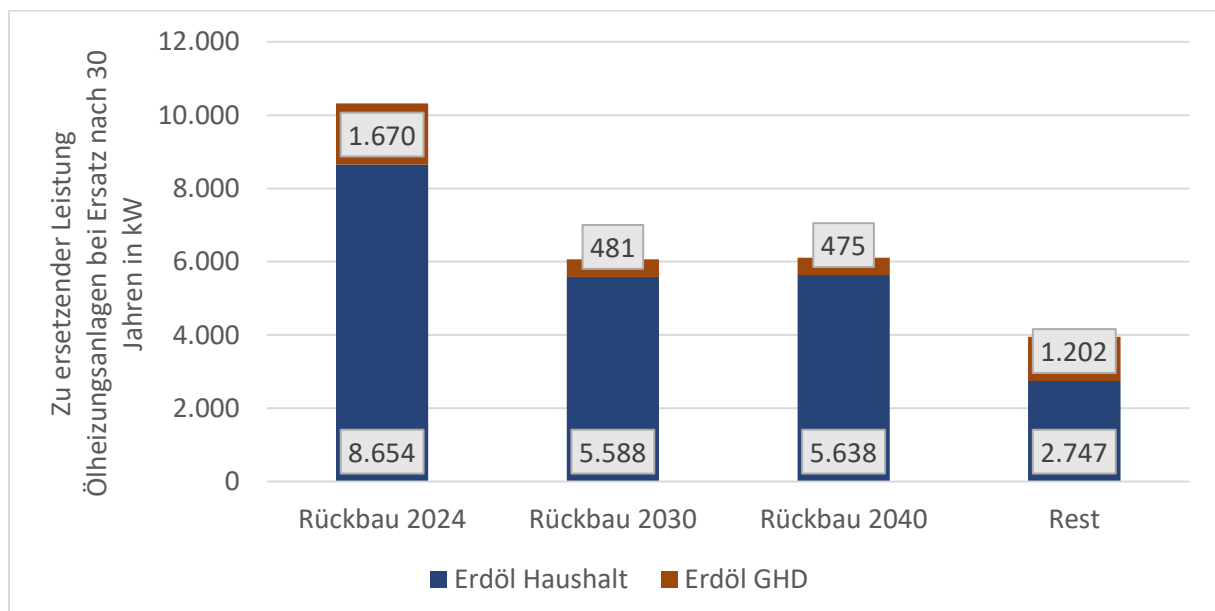


Abbildung 42 Kumulierte Leistung zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 30 Jahren

Im Klimaschutzszenario wird die Nutzung von Öl bis 2040 in allen Sektoren sukzessive auf null reduziert. Das Ziel beruht auf den oben genannten politischen Entscheidungen und der Notwendigkeit eines vollkommenen Verzichts auf fossile Energieträger, um das Ziel der Treibhausgasneutralität für Deutschland zu erreichen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird davon ausgegangen, dass Anlagen nach

einer Lebensdauer von 20 Jahren ersetzt werden. Zum Stand 2024 betrifft dies 762 Anlagen mit einer kumulierten Leistung von 20.120 kW. Davon sind 17.620 kW (747 Anlagen) den Privaten Haushalten zugeordnet, weitere 2.500 kW (15 Anlagen) dem GHD-Sektor. Bis 2030 sind insgesamt 863 Anlagen mit insgesamt ca. 22.500 kW Leistung auszutauschen. Davon sind 19.880 kW (847 Anlagen) den Privaten Haushalten zugeordnet, weitere 2.630 kW (16 Anlagen) dem GHD-Sektor. Dadurch reduziert sich der Ölverbrauch in der Gemeinde Engstingen um 85 % bis 2030. Zum Zieljahr 2040 sind weitere 114 Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 3.230 kW zu ersetzen, wodurch der Ölverbrauch um etwa 97 % sinkt. Von den Anlagen sind 2.210 kW (110 Anlagen) den Privaten Haushalten zugeordnet, weitere 1.020 kW (vier Anlagen) dem GHD-Sektor. Es verbleiben 25 Ölheizungsanlagen mit einer kumulierten Leistung von 720 kW, die Stand 2040 noch keine 20 Jahre alt sind. Dabei handelt es sich um 24 private Haushaltsanlagen (540 kW) und um eine GHD-Anlage (180 kW). Sofern nach 2024 keine weiteren Anlagen zugebaut werden, kann der Bestand an Ölheizungsanlagen in der Gemeinde Engstingen mit einem Austauschrhythmus von 20 Jahren bis 2045 vollständig reduziert werden. Im Rahmen des Klimaschutzszenarios wird davon ausgegangen, dass diese Anlagen ebenfalls bis 2040 ersetzt werden. Nachstehende Abbildung 43 zeigt die Anzahl an Ölheizungsanlagen, die bei einem Austauschrhythmus von 20 Jahren zum Stand 2024, 2030 und 2040 ausgetauscht werden sowie die Anzahl der Anlagen, die Stand 2040 jünger als 20 Jahre sind, Abbildung 44 zeigt die kumulierte Leistung der Anlagen.

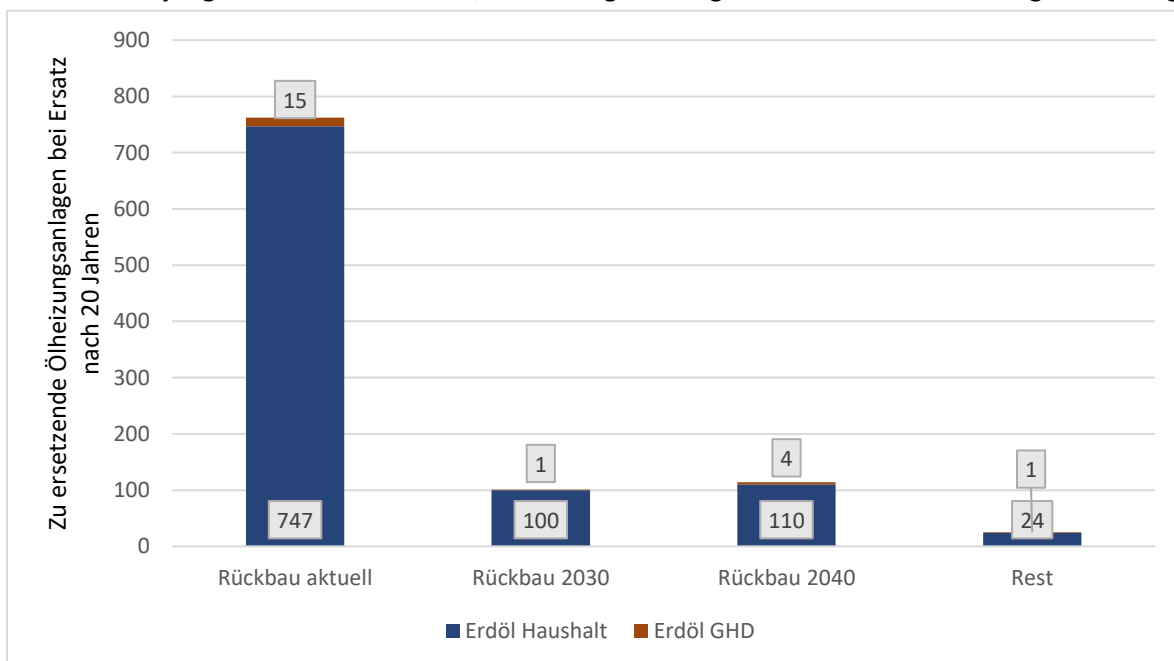


Abbildung 43 Anzahl zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 20 Jahren

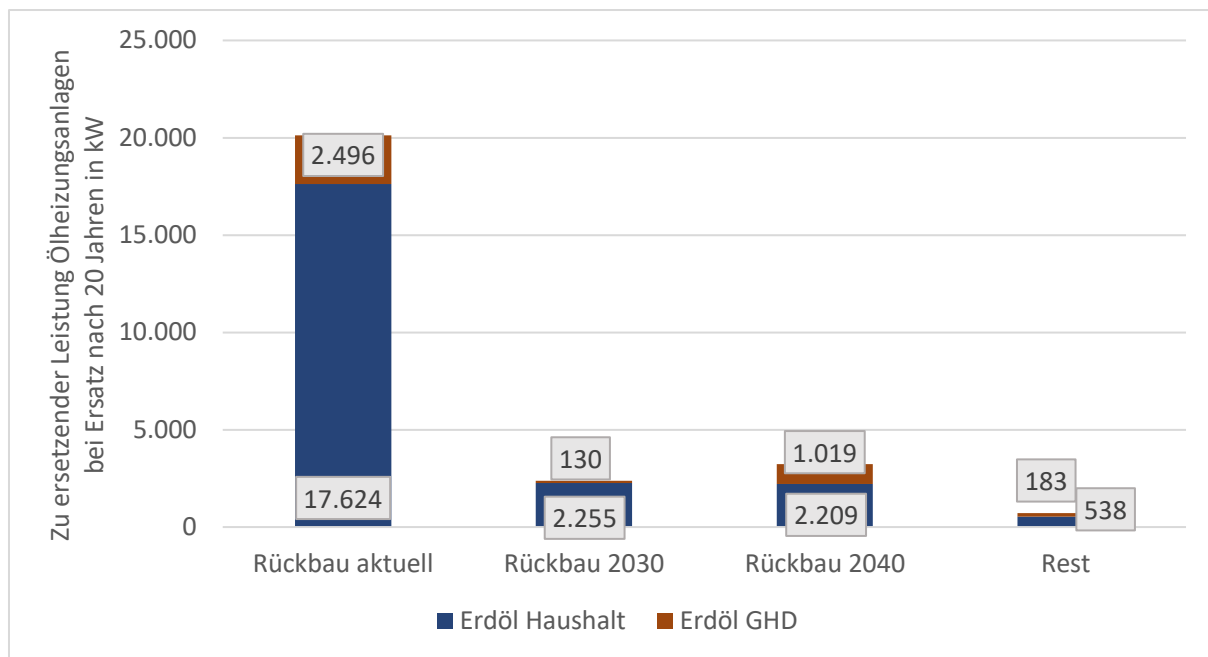


Abbildung 44 Kumulierte Leistung zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 20 Jahren

3.2.6 Erd- und Flüssiggas

Die Nutzung von Erdgas spielt für die Energieversorgung in Deutschland eine zentrale Rolle. Ohne eigene bedarfsdeckende Ressourcen wird jedoch die enorme Gefahr einer Importabhängigkeit von ausländischem Gas aus nicht demokratischen Ländern mehr als deutlich. Die Folgen des russischen Angriffs auf die Ukraine unterstreichen die Notwendigkeit einer schnellen Umrüstung auf eine autarke Energieversorgung. Um die russischen Gaslieferungen - bis genug Energie aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung steht - ersetzen zu können, ist Flüssiggas (LNG) als Brückentechnologie stärker in den Fokus gerückt. Dabei ist die erforderliche Kühlung von konventionell oder über Fracking gefördertes Gas energieintensiv und verschlechtert die Umweltbilanz.⁹² Zusätzlich wird die Verwendung von fossilem Gas im Rahmen des GEG zunehmend eingeschränkt,⁹³ sodass von einer moderaten Reduktion des Gasverbrauchs in Zukunft ausgegangen werden kann.

Nachdem in der Gemeinde Engstingen kein Erdgasnetz vorhanden ist, werden an dieser Stelle die flüssiggasbetriebenen Heizungsanlagen betrachtet. Die zukünftigen Entwicklungen zur Gasversorgung in Deutschland sind derzeit nicht absehbar, weshalb sich im Referenzszenario an einer Fortschreibung der bisherigen Gasversorgung orientiert wird. Im Klimaschutzszenario wird der Flüssiggasverbrauch durch die Nutzung regenerativer Energieträger weitgehend aufgegeben.

Die flüssiggasbetriebenen Heizungsanlagen sind in der Gemeinde für ca. 7 % der Wärmeversorgung zuständig. Der Anteil am Endenergieverbrauch liegt bei ca. 4 %. Dies führt zu jährlichen Emissionen von rund 1.272 t CO₂. Gemäß Daten der Schornsteinfegerinnung sind in der Gemeinde Engstingen derzeit ca. 190 Flüssiggasheizungen mit einer Leistung von rund 4.300 kW installiert. Sämtliche Anlagen sind den Privaten Haushalten zuzuordnen. Sollte die vollständige Klimaneutralität angestrebt werden, sind diese Anlagen zu ersetzen. Abbildung 45 zeigt die Anzahl der Flüssiggasheizungen nach Baujahr in der

⁹² (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., kein Datum)

⁹³ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), 2024)

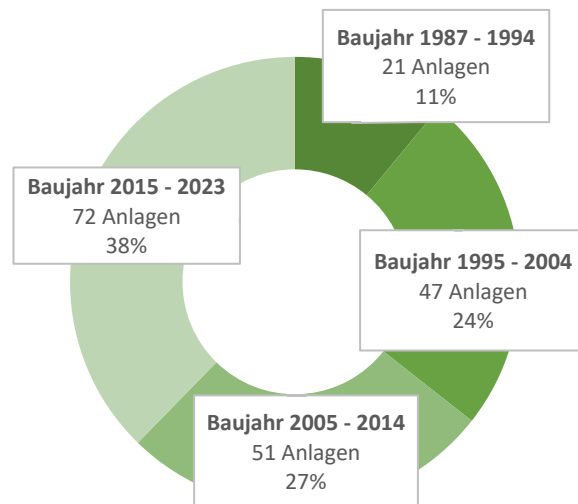


Abbildung 45 Anzahl Flüssiggasheizungen nach Baujahrperiode. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung

Die ältesten Flüssiggasheizungen in der Gemeinde Engstingen sind Baujahr 1987 und damit 37 Jahre alt (Stand 2024). Insgesamt sind zum aktuellen Zeitpunkt 21 Anlagen (11 %) älter als 30 Jahre und 47 Anlagen (24 %) zwischen 20 und 30 Jahre alt. Mit 65 % sind die meisten Anlagen jünger als 20 Jahre, wobei die Anlagen, die jünger als zehn Jahre sind, mit insgesamt 38 % an allen Flüssiggasheizungen in Engstingen am häufigsten vertreten sind. Folgende Szenarien bieten die Übersicht der zu ersetzenden Anlagen an.

Es wird nach Referenzszenario vermutet, dass Gasheizungen entsprechend dem Zubau von Heizungsanlagen auf Grundlage von erneuerbaren Energieträgern zurückgebaut werden.

Langfristig wird für das Klimaschutzenszenario ein Wechsel auf regenerative Energieträger angenommen. Die Nutzung von Gas wird bis 2040 in allen Sektoren sukzessive auf null reduziert. Die Annahmen beruhen auf den oben genannten politischen Entscheidungen und der Notwendigkeit eines vollkommenen Verzichts auf fossile Energieträger, um das Ziel der Treibhausgasneutralität für Deutschland zu erreichen. Ob Ersatzprodukte wie Wasserstoff oder Biogas über die bestehenden Gasnetze auch für die Wärmeerzeugung genutzt werden, bleibt von den zukünftigen technologischen und politischen Entwicklungen abhängig. Nach derzeitigem Stand wird in der vorliegenden Potenzialanalyse davon ausgegangen, dass andere Technologien (Wärmepumpen, Biomasse, Nahwärme) vorrangig genutzt werden.

3.2.7 Biomasse

In Baden-Württemberg erzeugten die Pelletheizungen ca. 1.555 GWh/a der Wärmeenergie, was dem Anteil in Höhe von 20 % im Vergleich zu den gesamtdeutschen Werten entspricht.⁹⁴ Damit liegt Baden-Württemberg auf dem zweiten Platz hinter Bayern mit 2.790 GWh/a und vor Nordrhein-Westfalen mit 835 GWh/a. Deutschlandweit stieg die Nutzung von Pelletheizungen zur Wärmebereitstellung in den Jahren 2012 - 2021 konstant an und hat sich im besagten Zeitraum verdoppelt.⁹⁵

⁹⁴ (Agentur für Erneuerbare Energien, 2022)

⁹⁵ Anzahl der Pelletheizungen 2012: ca. 280.000, Anzahl der Pelletheizungen 2020: 570.000. Quelle: (Statista, 2022)

Die Nutzung von Biomasse ist aus Sicht des Klimaschutzes umstritten. In der Waldstrategie 2020 hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft das Ziel formuliert, die Holzernte in Deutschland bis maximal zum durchschnittlichen jährlichen Zuwachs zu steigern, damit der Wald als CO₂-Senke erhalten bleibt.⁹⁶ Die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse gehen davon aus, dass 1 m³ Holz im Wald ca. 1 Tonne CO₂ speichern kann.⁹⁷ Die bei der Verbrennung freiwerdenden Emissionen werden dem natürlichen CO₂-Kreislauf zugeordnet, so dass bilanziell nur sehr geringe Emissionen für Aufbereitung und Transport anfallen. Diese Rechnung gelingt allerdings nur, wenn entsprechende Biomasse nachwachsen kann. Die Wälder in Deutschland leiden seit mehreren Jahren unter dem Klimawandel und der damit verbundenen verstärkten Trockenheit sowie dem vermehrten Auftreten von Schädlingen wie dem Borkenkäfer.⁹⁸ Insofern ist eher mit einer Verringerung des Waldpotenzials in der Zukunft zu rechnen. Zusätzlich ist die Nutzung von Biomasse zur Wärmeversorgung aufgrund bestehender Nutzungskonflikte nur in Maßen zu befürworten. Es bestehen höherwertige Verwendungsmöglichkeiten als die Verfeuerung, wie beispielsweise als Baumaterial, wodurch die CO₂-Senkenfunktion erhalten bleibt.

Grundsätzliches Potenzial

In der Bilanz ist zu erkennen, dass die energetische Nutzung der Biomasse mit rund 15.000 MWh im Jahr 2019 etwa 24 % der Wärmeversorgung in Engstingen einnimmt. Laut Daten der Schornsteinfegerinnung sind in der Gemeinde insgesamt 2.070 Heizungsanlagen zu finden (ab 2 kW Leistung), die auf Basis der Biomasse funktionieren. Dabei handelt es sich bei ca. 1.675 Anlagen um Anlagen kleiner 11 kW, die in der Regel Einzelraumheizungen sind. Insgesamt fünf Anlagen haben eine Leistung über 100 kW und können damit dem GHD-Sektor zugeordnet werden. Abbildung 46 zeigt die Anzahl der Biomasseheizungsanlagen in der Gemeinde Engstingen nach Baujahr und Leistungsklasse.

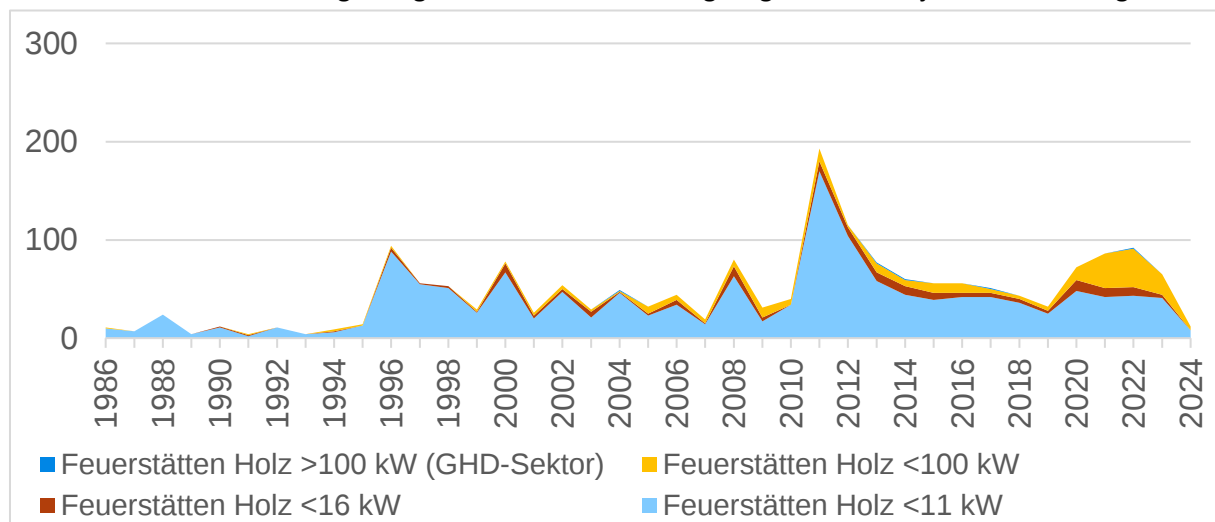


Abbildung 46 Feuerstätten Holz nach Baujahr. Quelle der Daten: Schornsteinfegerdaten

Der lokale Zubau in den vergangenen fünf Jahren (2017 - 2021) in der Gemeinde Engstingen von BAFA-geförderten Pelletheizungen entsprach jährlich durchschnittlich elf Anlagen bei Privaten Haushalten und etwa einer Anlage im GHD-Sektor, obwohl kein konstanter Trend beobachtet werden kann

⁹⁶ (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2020)

⁹⁷ In Deutschland beträgt CO₂-Speichersaldo ungefähr 0,6 bis 1,7 t CO₂ pro geerntetem m³ Holz, abhängig von Dichte (Hennenberg & Böttcher, 2023)

⁹⁸ (Spiegel, 2021)

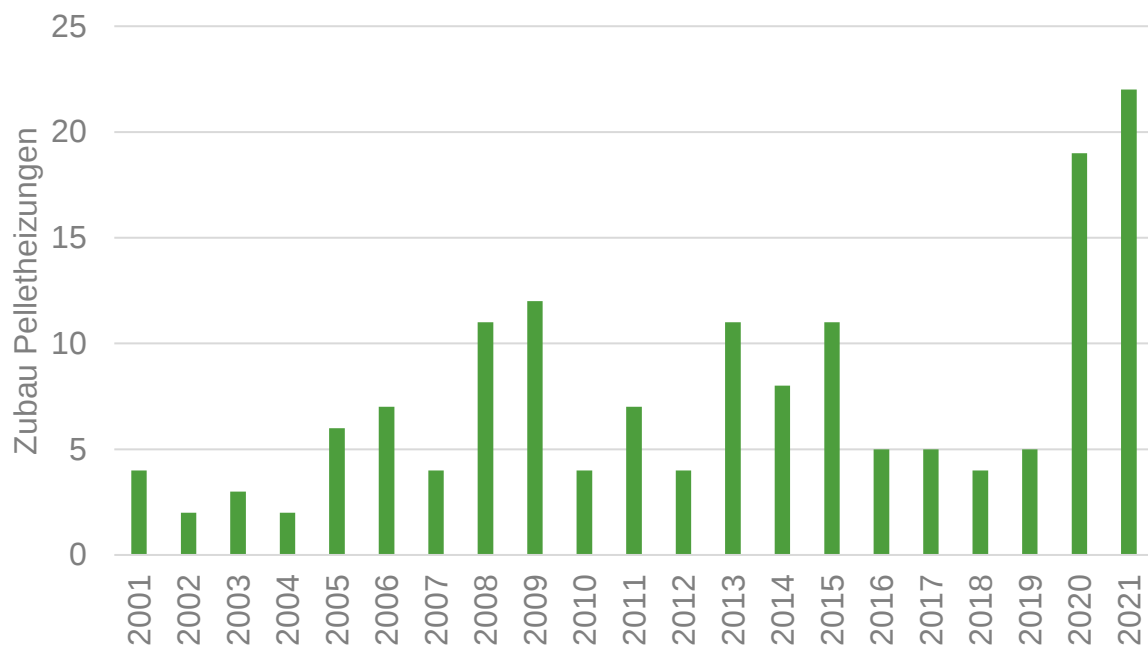


Abbildung 47 Zubau der BAFA-geförderten biomassebetriebenen Anlagen in der Gemeinde Engstingen. Quelle der Daten: BAFA

Bezüglich des lokalen Potenzials fester Biomasse wird in Engstingen der Forstbestand betrachtet. Die Holzbodenfläche innerhalb der Gemarkung setzt sich aus ca. 874 ha Kommunal- und Privatwald und 161 ha Staatswald zusammen. Abbildung 48 zeigt die Verteilung der Waldfläche des Staatswaldes (Bekannte Waldeinteilung, Forstbezirk Mittlere Alb) und des Kommunal- und Privatwaldes (Nicht-kartierter Privatwald, Forstamt Reutlingen). Die Baumarten setzen sich nach Auskunft des Forstamt Reutlingen (Kommunal- und Privatwald) aus 50 % Rot-Buche, 31 % Gemeine Fichte und 11 % Bergahorn zusammen. Die Gemeine Esche nimmt einen Anteil von 2 % ein. Jeweils 1 % nehmen die Baumarten Eiche, Spitz-Ahorn, Douglasie, Vogelbeere und Weide ein. Der Zuwachs liegt bei etwa 11,75 Vfm/a/ha. Der jährliche Gesamteinschlag beläuft sich für die Planungsperiode 2022 – 2032 auf 9,75 Vfm/ha/a. Daraus ergibt sich ein Nettozuwachs von 2 Vfm/ha/a. Eine weitere Steigerung des jährlichen Zuwachses ist mit Blick auf den Klimawandel und Extremwetterereignisse schwierig und im Weiteren kein betriebliches Ziel in Engstingen. Durch das Förderprogramm der Bundesregierung „Klimaangepasstes Waldmanagement“ werden ca. 51 ha des Engstinger Kommunalwaldes für zehn Jahre stillgelegt. Auf diesen Flächen ist dann keine Holznutzung für den Zeitraum möglich. Eine Kernzone von 28 ha wird dauerhaft stillgelegt. Für die Fläche des Staatswaldes (Forstbezirk Mittlere Alb) lag zum Zeitpunkt der Erstellung des Klimaschutzkonzepts keine entsprechende Auskunft vor. Wie in Abbildung 48 dargestellt kann auf den Flächen des Staatswaldes von einer ähnlichen Struktur des Baumbestandes ausgegangen

werden.

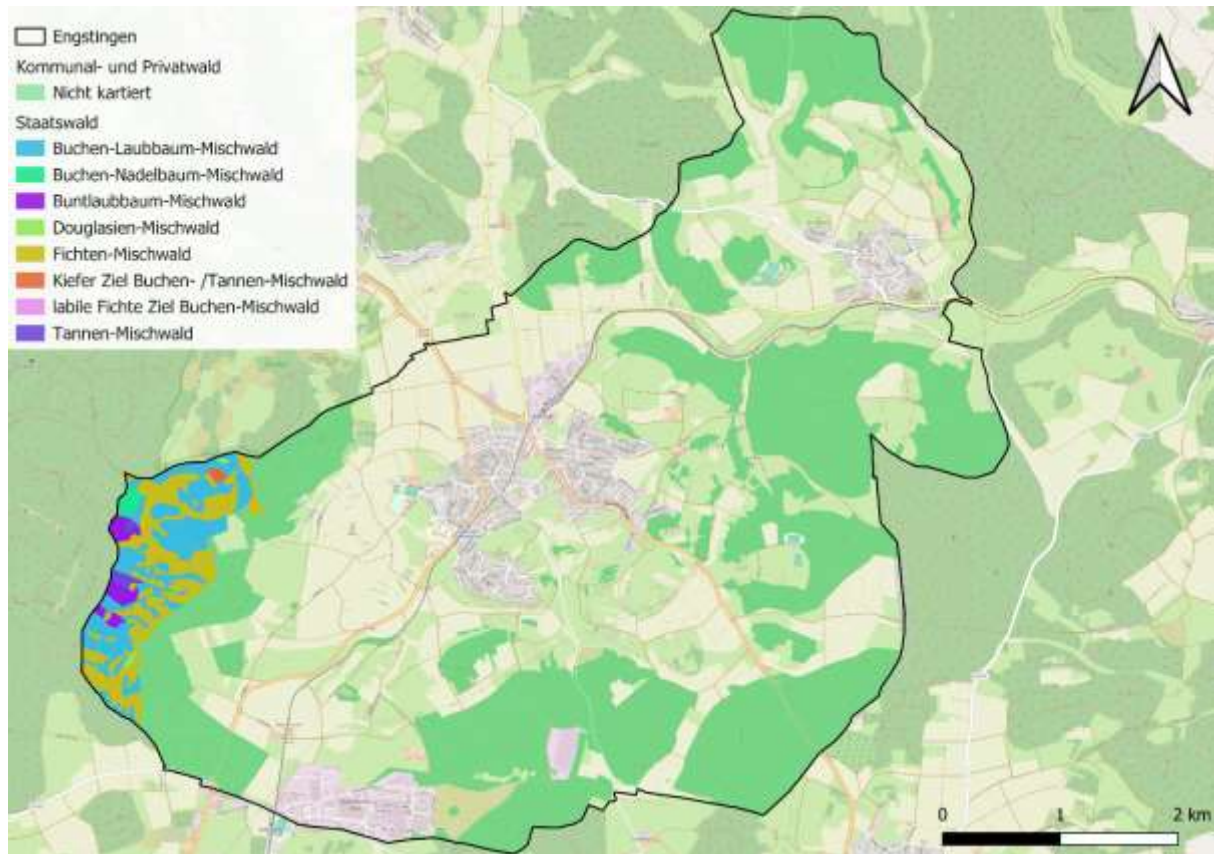


Abbildung 48 Waldfläche mit Staatswald nach Waldeinteilung innerhalb der Gemarkung Engstingen nach Baumart. Quelle der Daten: OpenStreetMaps. Forst BW

Mithilfe der infrage kommenden Holzmenge, der Baumartenverteilung und der baumartenspezifischen Heizwerte wird das theoretische Potenzial an Energieholz ermittelt. Unter der Annahme, dass die Heizwerte dieser Baumarten zwischen 3,7 und 4,1 kWh/kg betragen und mit den vorhandenen Daten über die jährlichen Zuwachsraten lässt sich ein Potenzial bestimmen. Dem ist hinzuzufügen, dass die Berechnung des Potenzials nach zwei verschiedenen Methodologien verläuft, um die untere und obere Grenze der bestehenden Potenziale zu bestimmen. Abbildung 49 veranschaulicht die Unterschiede der beiden Methodologien.

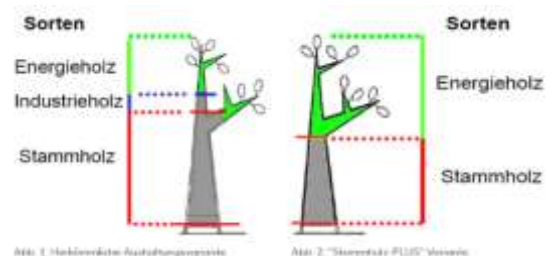


Abbildung 49 Erläuterung verschiedener Methodologien während der Berechnung des Energieholzpotezials

Die untere Grenze ergibt sich auf Grundlage der klassischen Herangehensweise, die die Energieholzmengen nach herkömmlicher Aushaltungsvariante berechnet. Zur Ermittlung der oberen Grenze wird die Methodik „Stammholz-PLUS“ verwendet, wo eine deutlich intensivere Benutzung der Stammengen für Energieholz angenommen wird. Das mittlere Potenzial für die Gemeinde Engstingen kann auf rund 8.100 MWh angegeben werden⁹⁹.

⁹⁹ Hierbei wurde die Aufteilung der Holznutzung zur stofflichen und thermischen Verwertung nach ökonomisch-technischer Optimierung verwendet (vgl. (Hepperle, 2006))

Tabelle 9 Jährlicher Zuwachs und Energieholzpotenzial nach Herkömmlicher Ausgestaltung und Stammholz PLUS auf der Gemarkung der Gemeinde Engstingen

GEBIET	ZUWACHS [M³/A]	ENERGIEHOLZPOTENZIAL [MWH/A]	
		Herkömmliche Aushaltung	Stammholz PLUS
Kommunalwald	10.260	3.840	9.860
Staatswald	1.890	710	1.820
Gesamt	12.145	4.540	11.680

Unter der Annahme, dass 1 m³ energetisch genutztes Holz ca. 1 Tonne CO₂ emittiert, bedeutet das in der herkömmlichen Aushaltungsvariante 1.700 t CO₂/a und in der Stammholz PLUS Variante 3.370 t CO₂/a. Grundsätzlich kann damit etwa 30 bis 78 % des Biomassebedarfs in der Gemeinde Engstingen von rund 15.000 MWh/a im Bilanzjahr 2019 über die Waldfläche in Engstingen gedeckt werden.

Szenarien

Referenzszenario

Im Referenzszenario wird von einem Zubau von drei neuen Anlagen pro Jahr ausgegangen. Bis 2030 können so insgesamt rund 15.400 MWh/a Wärme bereitgestellt werden. Es wurde angenommen, dass die Pelletheizungen weiterhin nach und nach ersetzt werden und der Wärmeverbrauch im Zuge der Sanierungen sinkt, weswegen bis 2040 mit rund 15.720 MWh/a aus Biomasse zu rechnen ist. In der gesamtkommunalen Beheizungsstruktur erhält damit die Biomasse den Anteil von ca. 30 % (2040).

Anmerkung: Neben dem Zubau wird der Verbrauch von Biomasse durch Sanierungsmaßnahmen deutlich reduziert, weshalb die Werte im Fazit nicht exakt der Summe des Status quo und des Zubaus entsprechen.

Klimaschutzszenario

Um dem Ziel der Klimaneutralität näher zu kommen, werden sowohl ambitionierte Sanierungsraten als auch ambitionierte Ausbauraten der regenerativen Wärmeträger angenommen. Die Ressource Biomasse ist jedoch limitiert. Zudem kann von einem flächendeckenden Wachstum der Wärmepumpenanteile und Wärmenetze ausgegangen werden. Dementsprechend wird im Klimaschutzszenario kein zusätzlicher Ausbau von biomassebetriebenen Heizungsanlagen angenommen. Damit ist 2040 mit ca. 11.900 MWh/a auf die Biomasse bezogener Wärmeenergie zu rechnen. Bis 2040 erhöht sich der Anteil der Biomasse in der gesamtkommunalen Beheizungsstruktur der Gemeinde Engstingen auf 32 %.

3.2.8 Abfall

An dieser Stelle soll auf das Thema Abfallentsorgung eingegangen werden, da auch hier energetisches Potenzial vorhanden ist. Während Hausmüll klassischerweise thermisch entsorgt und die Verbrennung zur Energiegewinnung genutzt wird, bergen insbesondere die Abfallarten Grünschnitt und Bioabfall weiteres Potenzial. In vielen Fällen wird das Potenzial bereits zu einem Großteil genutzt, an anderen Stellen jedoch noch nicht vollständig verwertet. Da Abfallversorgung auf Ebene der Landkreise angesiedelt ist, basiert die Behandlung des Themas für die Gemeinde Engstingen auf landkreisbezogenen Daten. Hier lassen sich erfahrungsgemäß hohe Verknüpfungen und

Interdependenzen mit den anderen Gebietskörperschaften in der Nähe identifizieren, die auf eine vertiefende, separate Analyse des Bereichs für die Gemeinde Engstingen selbst hinweisen soll.

Abbildung 50 zeigt das durchschnittliche Abfallaufkommen in Baden-Württemberg und im Landkreis Reutlingen in Kilogramm pro Kopf gemäß der Abfallbilanzen 2020 sowie 2022 des Landes Baden-Württemberg¹⁰⁰.

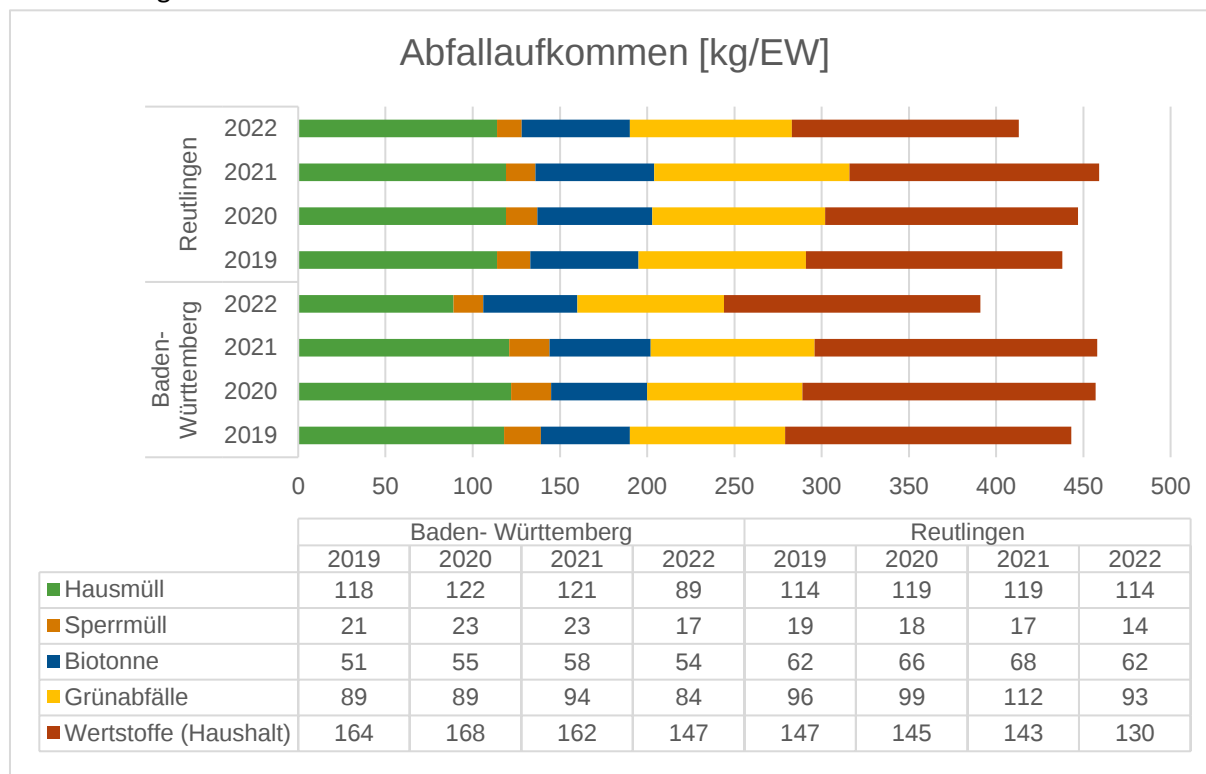


Abbildung 50 Aufkommen an Haus- und Sperrmüll, Bio- und Grünabfällen und Wertstoffen (Haushalt) aus öffentlicher Sammlung 2019 – 2022 in kg/EW. Quelle der Daten: Abfallbilanz Baden-Württemberg

Die Bilanz zeigt, dass die Abfallmengen im Jahr 2022 im Vergleich zu 2021 deutlich zurückgegangen sind. Insgesamt gab es während der Corona-Jahre einen Anstieg der häuslichen Abfälle, bestehend aus Hausmüll, Sperrmüll und Biotonne. Im Jahr 2022 lagen die Abfallmengen für Haus- und Sperrmüll landesweit deutlich unter dem Niveau von 2019. Im Landkreis Reutlingen war dieser Rückgang jedoch nur beim Sperrmüll zu beobachten. Hausmüll und Biotonne kehrten im Landkreis Reutlingen nach ihrem Anstieg während der Corona-Jahre auf das Niveau von 2019 zurück. Die Menge an Wertstoffen aus Haushalten liegt sowohl landesweit als auch im Durchschnitt von Reutlingen unter dem Niveau von 2019. Tabelle 8 enthält das auf die 5.273 Einwohner der Gemeinde Engstingen skalierte Abfallaufkommen für die Jahre 2019 bis 2022 sowie die prozentuale Entwicklung der Abfallmengen 2022 gegenüber 2019.

¹⁰⁰ (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, 2021); (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2023)

Tabelle 10 Aufkommen an Haus- und Sperrmüll, Bio- und Grünabfällen und Wertstoffen (Haushalt) aus öffentlicher Sammlung 2019 - 2022

Betrachtungseinheit	Jahr	Hausmüll	Sperrmüll	Biotonne	Grünabfälle	Wertstoffe (Haushalt)
Engstingen [Tonne]	2019	601	100	327	506	775
	2020	627	95	348	522	765
	2021	627	90	359	591	754
	2022	601	74	327	490	685
2022 ggü. 2019		0%	-26%	0%	-3%	-12%

Der Hausmüll wird über den Zweckverband Abfallverwertung Reutlingen-Tübingen in einem Müllheizkraftwerk bereits energetisch verwertet. An Grünabfällen fallen pro Kopf rund 93 kg jährlich an (BW: 84 kg/EW). Damit wird im Landkreis Reutlingen der Zielwert des Abfallwirtschaftsplans des Landes von mindestens 90 kg Grünabfälle pro Einwohner erreicht¹⁰¹. In Baden-Württemberg werden die Grünabfälle fast vollständig kompostiert¹⁰². Im Landkreis Reutlingen wird feuchtes Grüngut ebenfalls der Kompostierung zugeführt und anschließend landwirtschaftlich verwertet. Holziges Grüngut wird in Biomassekraftwerken energetisch verwertet.¹⁰³

Besondere Aufmerksamkeit ist den Bioabfällen zu widmen, da diese abschließend energetisch verwertet werden können. Der aktuelle Wert für den Landkreis liegt bei ca. 62 kg pro Einwohner (BW: 54 kg/EW). Damit wird der Zielwerte des Abfallwirtschaftsplans des Landes von mindestens 60 kg Biogut pro Einwohner im Landkreis Reutlingen erreicht¹⁰⁴. Die tatsächlich anfallende Menge an Biomüll kann höher ausfallen, da diese oft inkorrekt sortiert werden und im Hausmüll landen. Theoretisch kann mindestens ein Drittel des Hausmülls dazu gezählt werden¹⁰⁵. Das hohe Pro-Kopf-Aufkommen der Abfallarten Biomüll und Grünschnitt kann damit jedoch auf eine gute Abfalltrennung im Landkreis hinweisen. In Baden-Württemberg werden rund 33 % der gesammelten Bioabfälle zu Kompost weiterverarbeitet.¹⁰⁶ Der größte Anteil der gesammelten Biotonnenabfälle wird in Biogasanlagen vergoren und zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Während bei der Vergärung Gas anfällt, welches klassischerweise (energetisch) genutzt wird, fällt bei der Kompostierung weniger Gas an, jedoch entweicht dieses ungehindert in die Atmosphäre. Hier entfällt insofern ein doppelter Effekt: Treibhausgase gelangen in die Luft und ihre energetische Verwertungsmöglichkeit wird nicht genutzt. Im Landkreis Reutlingen werden Biotonnenabfälle in der kreiseigenen Kompostierungsanlage in Pfullingen kompostiert. Die Endprodukte gehen überwiegend an Privatabnehmer und Landschaftsgärtner.¹⁰⁷

Pro Tonne Bioabfall lassen sich als grober Richtwert zwischen 85 und 125 m³ Biogas erzeugen (Methangehalt: 50-80 %).¹⁰⁸ Tabelle 9 enthält das rechnerische Potenzial zur Gewinnung von Biomethan aus Bioabfällen für die Gemeinde Engstingen. Aufgrund der Datengrundlage ist die Abfallverwertungsanlage der Firma KURZ BioEnergie GmbH dabei nicht berücksichtigt.

¹⁰¹ Zielwerte 2020; (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2024)

¹⁰² (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2022)

¹⁰³ Auskunft Abfallwirtschaft Landkreis Reutlingen

¹⁰⁴ Zielwerte 2020; (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2024)

¹⁰⁵ Deutschlandweite Studien zeugen davon, dass ca. 40% des Restmülls der Biomülltonne zuzuordnen ist (Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg, 2022) S. 75

¹⁰⁶ (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2022)

¹⁰⁷ Auskunft Abfallwirtschaft Landkreis Reutlingen

¹⁰⁸ (Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg, 2022) S. 81

Tabelle 11 Übersicht zur theoretisch erreichbaren Biomethanmenge aus der Biomüllmenge 2022 der Gemeinde Engstingen

	Potenzial min	Potenzial max	Potenzial/Kopf min	Potenzial/Kopf max
m ³	16.670	24.520	3,16	4,65

Mit dieser Menge an Biomethan lassen sich in etwa 167 bis 245 MWh/a Energie erzeugen. Das Potenzial für Biomethan allein aus den Biomüllmengen der Gemeinde ist demnach gering. Unter der Annahme, dass eine Tonne der verwerteten Biomüllmenge ca. 194 kg CO₂-Äquivalent einspart, werden durch die energetische Verwertung 63 t CO₂ vermieden. Die tatsächlich generierbare Energiemenge hängt von weiteren Faktoren ab und kann an dieser Stelle nicht bestimmt werden. Eine Aussage, inwiefern die Verwertungsquote des Abfallaufkommens im Landkreis gesteigert werden kann, soll an dieser Stelle ebenfalls nicht getroffen werden und bedarf einer eingehenden Potenzialstudie und Analyse.

3.2.9 Solarthermie

Grundsätzliches Potenzial

Der Zubautrend für Solarthermie ist deutschlandweit in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen, obwohl die Technologie geeignet ist, um klimafreundlich Wärme zu erzeugen und auch parallel zur Photovoltaik ausgebaut werden kann. Nach einem signifikanten Wachstum zwischen 2002 und 2009 sind die Verkaufszahlen u.a. in Folge der Wirtschafts- und Finanzkrise, aber auch aufgrund gesunkener Preise von Photovoltaikanlagen und einem niedrigen Ölpreis, deutlich zurückgegangen.¹⁰⁹ Wie in Abbildung 51 ersichtlich ist, ist die gleiche Tendenz innerhalb der Gemeinde Engstingen zu beobachten. Insgesamt sind gem. BAFA-Daten 250 solarthermische Anlagen in der Gemeinde Engstingen verbaut, wovon 81 % bis einschließlich 2009 zugebaut wurden und fünf Anlagen dem gewerblichen Sektor zugehören (Stand 2021). Derzeit werden mit 1.160 MWh/a rund 1,8 % der Wärmeversorgung in der Gemeinde Engstingen über Solarthermie gedeckt.

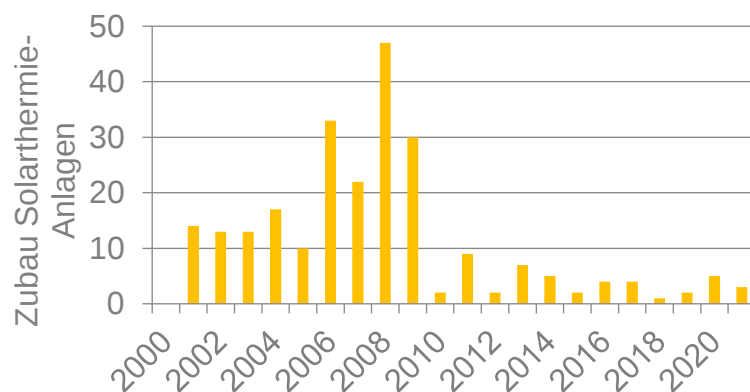


Abbildung 51 Zubauraten von solarthermischen Anlagen in der Gemeinde Engstingen.
Quelle der Daten: BAFA

Szenarien

Die in den meisten bundesweiten Studien deklarierten Anteile der Solarthermie an der lokalen Wärmeversorgung belaufen sich selten über den Wert von 5 %. Es besteht also mindestens ein 2,5-faches Potenzial zum weiteren Ausbau der entsprechenden Wärmeerzeugungsanlagen vor Ort. Es wird, wie bei Photovoltaik, davon ausgegangen, dass die bestehenden Anlagen nach ihrer angenommenen Lebensdauer erneuert werden und der Zubau dazu ergänzend erfolgt. Folgende Ausbauraten werden in den jeweiligen Szenarien angenommen:

¹⁰⁹ (Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien, 2017)

Referenzszenario

Der Trend der Ausbaurrate von Solarthermieranlagen (2017 - 2021) liegt derzeit bei drei Anlagen bei Privaten Haushalten pro Jahr. Für das Referenzszenario wird der Trend fortgeschrieben (drei Anlagen) sowie ein jährlicher Zubau von einer gewerblichen Anlage¹¹⁰ angenommen. Bis 2030 können so weitere 175 MWh/a Wärme (Status Quo: ca. 1.160 MWh/a aus solarthermischen Anlagen) und bis 2040 rund 340 MWh/a zusätzlich aus Solarthermie bereitgestellt werden. In der gesamtkommunalen Beheizungsstruktur der Privaten Haushalte erhält damit die Solarthermie einen Anteil von rund 3 % (2030) und im GHD-Sektor von 1 %. Bis 2040 erhöht sich der Anteil für Private Haushalte auf 4 % und bleibt beim GHD-Sektor bei 1 %. Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 45 t CO₂/a und 2040 bei 90 t CO₂/a.¹¹¹

Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario ist zu berücksichtigen, dass aufgrund von Sanierungsmaßnahmen insgesamt weniger Wärme benötigt wird. Außerdem werden die anderen Wärmeerzeugungsanlagen (etwa Wärmepumpen) ebenso flächendeckend ausgebaut. Um den Anteil der Solarthermie an der lokalen Wärmeversorgung bis 2040 zu erhöhen, wird der jährliche Zubau von fünf Anlagen im Privaten Sektor benötigt, ergänzt von vier gewerblichen Anlagen. Im industriellen Sektor wird kein Ausbau erwartet.

Bis 2030 können so weitere rund 400 MWh/a Wärme (Status Quo: 1.160 MWh/a) und bis 2040 rund 760 MWh/a zusätzlich aus Solarthermie bereitgestellt werden. Der Anteil von Solarthermie an der Wärmeversorgung der Private Haushalte steigt 2030 auf ca. 4 %, bis 2040 erhöht sich der Anteil für diesen Sektor auf 6 %. Der höhere Anteil der Solarthermie an der Wärmeversorgung bei gleichem Ausbau wie im Referenzszenario ist auf die höhere Sanierungsrate und -qualität im Klimaschutzszenario zurückzuführen. Im GHD-Sektor nimmt Solarthermie bis 2030 einen Anteil von 2 % ein, bis 2040 von 4 %. Die dadurch erzielte Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 100 t CO₂/a und 2040 bei 195 t CO₂/a.

3.2.10 Geothermie

Durch die Kombination eines Wärmetauschers mit einer Wärmepumpe kann die in der Umgebung gespeicherte Wärme zur Beheizung eines Gebäudes und zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Der Wärmetauscher kann dabei die Umgebungsluft, einen Erdwärmekollektor (horizontal, in ca. 1,5 m Tiefe), eine Erdwärmesonde (vertikal, bis zu 100 m Tiefe) oder das Grundwasser nutzen. Die Nutzung der Umgebungsluft ist uneingeschränkt möglich, aber weist im Vergleich zu den übrigen Wärmetauschern den geringsten Wirkungsgrad auf. Wird die Wärmepumpe mit grünem Strom betrieben, stellt sie eine der umweltfreundlichsten Heizformen dar. Daher bietet sich die Kombination einer Wärmepumpe mit einer PV-Anlage an. Durch Kombination mehrerer Wärmepumpen ist auch die Nutzung im gewerblichen und industriellen Bereich möglich.

Im Jahr 2019 stellte die Wärmebereitstellung durch Wärmepumpen in der Gemeinde mit 830 MWh/a einen Anteil des Wärmeverbrauchs von unter 1 % dar.¹¹² Der Stromverbrauch dieser Anlagen lag bei ca. 310 MWh/a. Laut den BAFA-Daten sind in der Gemeinde Engstingen (Stand 2021) 18 Wärmepumpen installiert (Abbildung 52). Es ist allerdings zu erwähnen, dass sich die bestehende Datengrundlage ausschließlich auf die geförderten Anlagen bezieht. Dies bedeutet, dass die tatsächliche Anzahl der

¹¹⁰ Unter der Annahme, dass gewerbliche Anlagen die gleiche Größenordnung haben wie Anlagen für private Wohngebäude.

¹¹¹ Die Emissionseinsparung bezieht sich auf den Ersatz einer Öl- oder Gasheizung.

¹¹² Anteil Umweltwärme

installierten Wärmepumpen höher sein kann, besonders in einigen Neubauten und gewerblichen Gebäuden zum Zwecke der Selbstversorgung. Nimmt man die Daten der Basisbilanz und durchschnittliche Verbräuche einer Wärmepumpe als Grundlage der Abschätzung, ist in der Gemeinde mit ca. 39 Anlagen im Bilanzjahr zu rechnen. Laut der Netze BW Kommunalplattform waren im Jahr 2021 insgesamt 51 Wärmepumpen mit einem Stromverbrauch von 370 MWh in Engstingen in Betrieb.

Das Gesamtpotenzial der Gemeinde Engstingen für die Nutzung von Wärmepumpen lässt sich nicht beziffern, da insbesondere die hierfür verwendete Umweltwärme aus der Luft annähernd uneingeschränkt vorhanden ist.

Das Thema der Wärmepumpen wird in den darauffolgenden Unterkapiteln aufgrund der besonderen Bedeutung im gesamten deutschen Klimaschutzsektor detaillierter betrachtet.

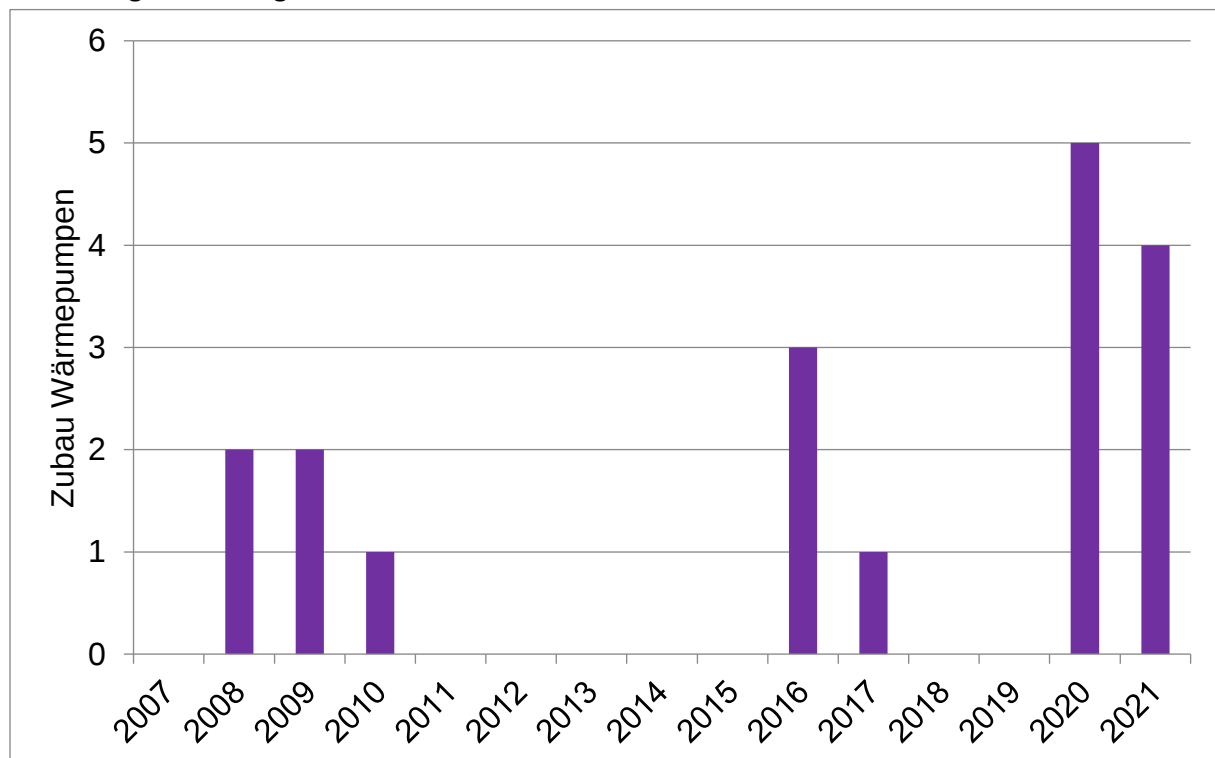


Abbildung 52 Zubauraten von BAFA-geförderten Wärmepumpen in der Gemeinde Engstingen. Quelle der Daten: BAFA.

Allgemeine Trends: In der Studie „Durchbruch für die Wärmepumpe“ weist Agora Energiewende darauf hin, dass die Realitätsverhältnisse der neuen Installationen von Wärmepumpen deutlich hinter den formulierten Zielen (6.5 Mio. Wärmepumpen bis zum Jahr 2030)¹¹³ bleiben. Die Einführung von zusätzlichen Anreizinstrumenten sowie die eigene Initiative der einzelnen Kommunen und Gebietskörperschaften auf Basis des Subsidiaritätsprinzips sind dementsprechend notwendig.

Wärmepumpen und Gebäudebestand: Zieht man in Betracht, dass die Wärmepumpen prädominant in den Ein- oder Zweifamilienhäusern installiert wurden (s. Studie „Durchbruch für die Wärmepumpe“ von Agora Energiewende), kommen für die Gemeinde Engstingen ca. 1.400 Gebäude in die engere Betrachtung für die Nutzung von Wärmepumpen.¹¹⁴ Dazu kommt die Anzahl der Wärmepumpen in den geplanten zukünftigen Neubauten. Jedoch lässt sich auch eine verstärkte Nutzung bei den

¹¹³ (Öko-Institut und Fraunhofer ISE, 2022)

¹¹⁴ Grundlage der Berechnung: Daten der ZENSUS-Datenbank (Zensus Datenbank, 2011) Plan bezüglich der Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern in der analysierten Gemeinde

Bestandsgebäuden erkennen (vgl. folgende Abbildung). Die Möglichkeit der Nutzung im Bestand wird grundsätzlich für 2/3 der Bestandsgebäude von Wohngebäuden ohne komplexe Sanierungs- oder Umbaumaßnahmen für möglich erachtet¹¹⁵.

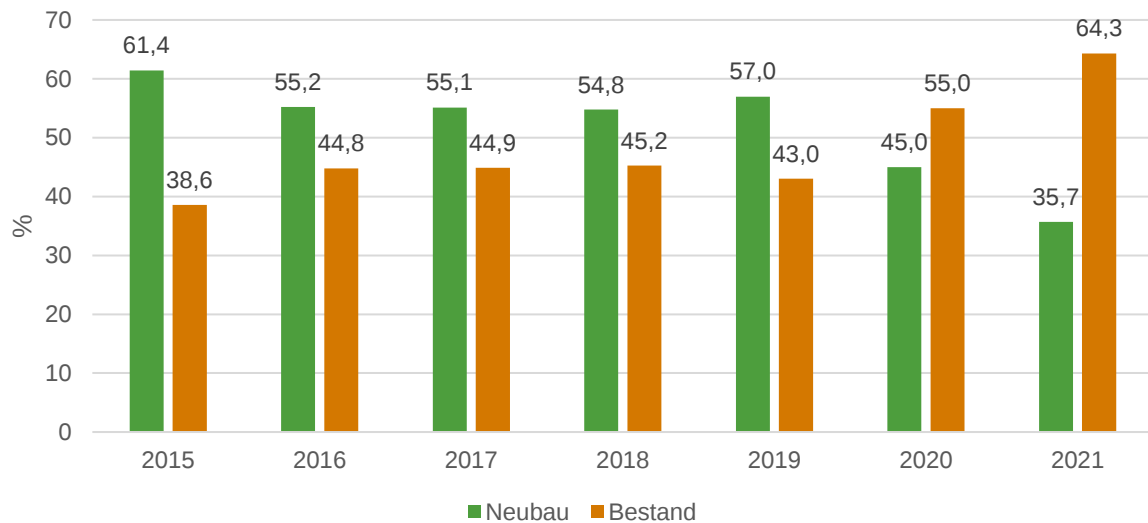


Abbildung 53 Prozentuale Anteile der installierten Wärmepumpen in Neubauten und bestehenden Gebäuden in Deutschland (Vergleich). Grundlage der Daten: Absolute Anzahl der Wärmepumpen aus der Studie „Durchbruch für die Wärmepumpe“ von Agora Energiewende.

Im Folgenden werden die Grundvoraussetzungen für oberflächennahe Erdwärmenutzung vor Ort betrachtet.

Oberflächennahe Geothermie: Beim Bau und beim Betrieb von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind Beeinträchtigungen des Grundwassers möglich. In den Zonen I, II und III / IIIA von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten ist der Bau und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen daher im Regelfall verboten. In der Zone IIIB und in hydrogeologisch begründeten Ausnahmefällen ist dies mit Einschränkungen möglich. Erdwärmekollektoren sind in Schutzgebietszonen I und II in der Regel nicht zulässig. In den Zonen III können Erdwärmekollektoren unter bestimmten Voraussetzungen bezüglich abdichtender Schutzschicht zwischen Kollektoren und Grundwasser zugelassen werden.¹¹⁶

Die Gemeinde Engstingen befindet sich innerhalb eines Wasserschutzgebietes der Zone IIIA (Oberes Echaztal). Der Bau und Betrieb von Erdwärmesonden ist demnach in Engstingen nicht möglich. Nach Auskunft vom Umweltamt Landkreis Reutlingen ist der Bau und Betrieb von Erdwärmekollektoren hingegen in Engstingen nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Die Zulässigkeit sei im Einzelfall zu prüfen und im Bereich der Gemeinde Engstingen meistens möglich.

Die Eignung eines Standorts für eine Wärmeengewinnung mittels oberflächennaher Erdwärme ist im Weiteren von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens abhängig. Abbildung 54 zeigt Wärmeleitfähigkeit des Bodens in einer Tiefe von 1 – 2 Metern. Die vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) verwendete Methode zur Ermittlung der spezifischen Wärmeleitfähigkeit berücksichtigt die

¹¹⁵ (Öko-Institut und Fraunhofer ISE, 2022)

¹¹⁶ (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 2018)

Bodenarten, die Dichte des Bodens und den Wassergehalt bei Feldkapazität.

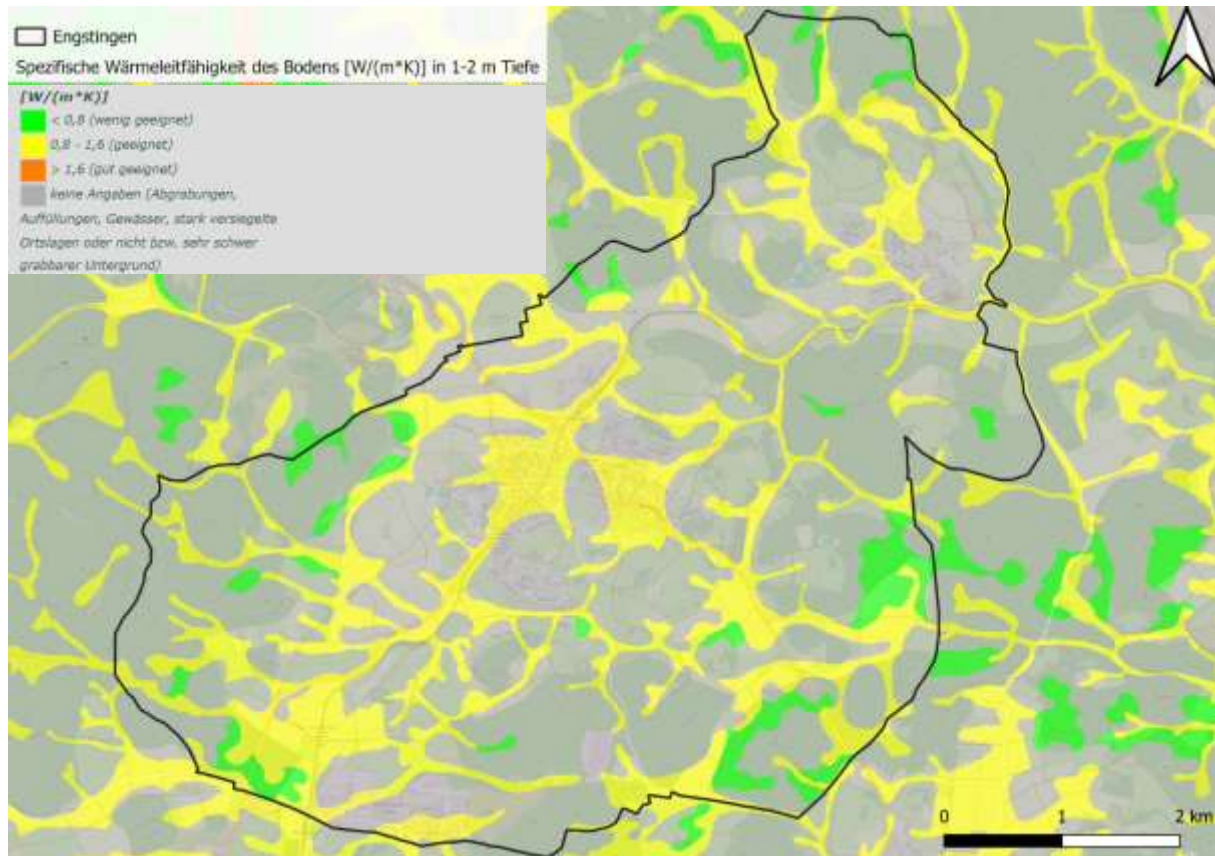


Abbildung 54 Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens in 1 - 2 m Tiefe [W/(m*K)] auf der und um die Gemarkung der Gemeinde Engstingen. Quelle der Daten inkl. Legende: LGRB.

In den grauen/nicht eingefärbten Bereichen liegen keine Angaben zur Wärmeleitfähigkeit des Bodens vor. Die gelb gekennzeichneten Zonen sind im Hinblick auf eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,8 bis < 1,6 W/m*K für den Bau und Betrieb von Erdwärmekollektoren grundsätzlich geeignet. Hinsichtlich Wärmeleitfähigkeit nur bedingt geeignete Bereiche sind in grün dargestellt und finden sich vorrangig in der Nähe der Gemarkungsgrenzen. Besonders gut geeignete Bereiche (Rot) sind in der Gemeinde Engstingen nicht vorhanden.

Luft-Wärmepumpen: Die Nutzung der Umgebungsluft ist grundsätzlich aufgrund der unbegrenzt vorkommenden Ressource nicht limitiert, Einschränkungen sind durch die Berücksichtigung der resultierenden akustischen Belastung gegeben. Im Vergleich zu den übrigen Wärmetauschern weisen Luft-Wärmepumpen den geringsten Wirkungsgrad auf, trotzdem lässt sich diese Technologie als einer der wichtigsten Bausteine der nachhaltigen Wärmeherzeugung und -versorgung bewerten. Eine detaillierte Analyse überschreitet den Umfang eines Klimaschutzkonzepts, kann aber in detaillierteren Analysen wie Quartierskonzepten betrachtet werden.

Szenarien

Die Szenarien werden im Folgenden mit den entsprechenden Ergebnissen beschrieben.

Referenzszenario

Der lokale Zubau in den vergangenen Jahren (2017 - 2021) in der Gemeinde Engstingen von BAFA-geförderten Wärmepumpen entsprach jährlich durchschnittlich ca. zwei Anlagen. Im Referenzszenario

wird von einer Fortführung des Trends für die Privaten Haushalte sowie dem Zubau von einer gewerblichen Anlage jährlich ausgegangen. Die zusätzliche Wärmebereitstellung durch Wärmepumpen beläuft sich 2030 auf rund 810 MWh/a und bis 2040 auf ca. 1.540 MWh/a. Der Anteil von Wärmepumpen an der Wärmeversorgung liegt 2030 bei 3 % bei den Privaten Haushalten sowie im Gewerbe. Bis 2040 steigt der Anteil für die Privaten Haushalte auf 4 %, im Gewerbe steigt er auf 6 %. Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 220 t CO₂/a und 2040 bei 480 t CO₂/a.¹¹⁷

Klimaschutzszenario

Um dem Ziel der Klimaneutralität näher zu kommen, werden ambitionierte Ausbauraten der regenerativen Wärmeträger angenommen. Wärmepumpen werden bundesweit als grundlegender Bestandteil der Energiewende angesehen.¹¹⁸ Es wird ein jährlicher Zubau von 25 bis 26 Anlagen pro Jahr für die Privaten Haushalte, 7 bis 8 Anlagen im GHD-Sektor sowie einer Anlage alle drei Jahre im industriellen Sektor angenommen.¹¹⁹ Bis 2030 können so weitere 8.660 MWh/a Heizenergie und bis 2040 rund 17.170 MWh/a Heizenergie zusätzlich durch Wärmepumpen bereitgestellt werden. In der Beheizungsstruktur der Privaten Haushalte erhalten die Wärmepumpen den Anteil von ca. 21 % und im Gewerbe von 20 % (2030). Bis 2040 erhöht sich der Anteil für die Privaten Haushalte auf 48 %, im gewerblichen Sektor auf 49 % und im industriellen Sektor auf 42 %. Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 2.280 t CO₂/a und 2040 bei 4.680 t CO₂/a.

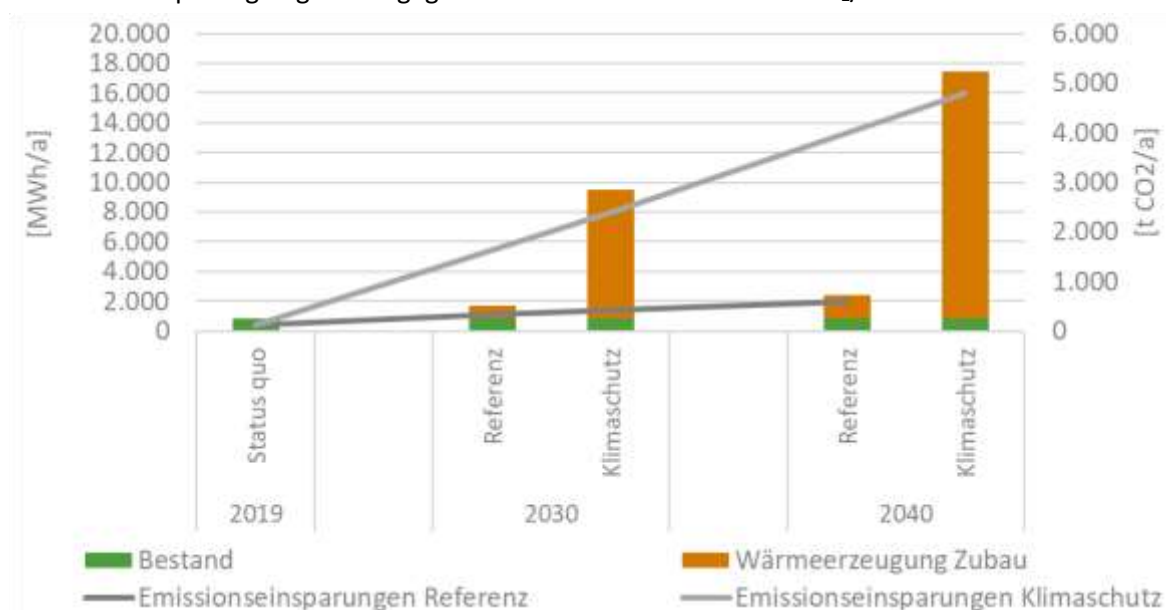


Abbildung 55 Ertrag und vermiedene Emissionen durch Wärmepumpen im Status quo und den Szenarien

3.2.11 Wärmenetze

Grundsätzliches Potenzial

Der Ausbau von Wärmenetzen wird als wichtiger Faktor zur Umsetzung der Energiewende sowohl im städtischen als auch im ländlichen Raum gesehen. Neben den benötigten Gebäudesanierungen ist ein

¹¹⁷ Die Emissionseinsparung bezieht sich auf den Ersatz einer Öl- oder Gasheizung.

¹¹⁸ Vergleiche (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut, 2021) und (Kopernikus-Projekt Ariadne, 2021)

¹¹⁹ Die Anzahl der zugebauten Anlagen im GHD-Sektor und industriellen Branche kann sich reduzieren, da die Leistungen der Anlagen in diesen Bereichen deutlich höher als die von den Privaten Haushalten sind.

Ausbau bzw. eine Stärkung und Erweiterung der lokalen Wärmenetze ausschlaggebend für den Erfolg der lokalen nachhaltigen Transformation des Wärmesektors¹²⁰. Relevant ist dabei die Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung in den Wärmenetzen, da jeglicher Einsatz fossiler Energieträger eine falsche Antwort auf die Herausforderungen des energiepolitischen Sektors wäre. Das Thema Nahwärme wird im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung im Detail untersucht, in der u. a. über die Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen entschieden wird. Die Gemeinde Engstingen muss ihren kommunalen Wärmeplan sowie die Beschlussfassung bis zum 30.06.2028 vorlegen.¹²¹ Die erfolgreiche Umsetzung ist von der Kooperation aller Beteiligten abhängig, weshalb eine Stärkung der Akzeptanz der Beteiligten durch zielführende Kommunikations- und Bildungsinitiativen fokussiert werden sollte.

Auf der Gemarkung Engstingen gibt es nach Angaben des Energieatlas Baden-Württemberg sowie eigener Recherchen über das Marktstammdatenregister drei Wärmenetze (Stand 2023). Der Gesamtanteil von Wärmenetzen an der Wärmebereitstellung lag 2019 bei etwa 11 %. Das Wärmenetz „Unterer Brühl“ wird von der Ulmer Nahwärme GbR betrieben und beliefert mit einer Netzlänge von 2,6 km insgesamt 49 Anschlüsse.¹²² Zur Wärmeerzeugung wird primär ein biogasbetriebenes BHKW eingesetzt, welches als Koppelprodukt gleichzeitig Strom erzeugt. Zu Spitzenlastzeiten wird zudem ein Hackschnitzelkessel eingesetzt. Wie im Kapitel Biogas beschrieben, soll der Betrieb der Biogasanlage künftig eingestellt werden. Stattdessen soll die Wärme künftig über eine neue Hackschnitzelanlage erzeugt werden.¹²³ Ein weiteres Wärmenetz befindet sich am Gewebepark Haid. Dieses wird durch die Haid Energie Wasser & Strom GmbH betrieben und versorgt Teile des Gewerbeparks mit Wärme. Die Wärmebereitstellung basiert primär auf drei biogasbetriebenen BHKWs der KURZ BioEnergie GmbH. Das eingesetzte Biogas wird aus Lebensmittelabfällen gewonnen, die von der KURZ BioEnergie GmbH am Gewebepark Haid aufbereitet und der nachgeschalteten Biogasanlage zugeführt werden. Das dritte Wärmenetz wird vom landwirtschaftlichen Betrieb Maichle betrieben. Auch hier wird Biogas eingesetzt. Weitere Informationen liegen zum Zeitpunkt der Erstellung nicht vor.

Zur Beheizung von Wärmenetzen können verschiedene Energieträger genutzt werden. Zahlreiche Projekte der lokalen Wärmenetzversorgung nehmen Solarenergie als Hauptenergieträger, ebenso gibt es moderne Wärmenetze auf Basis von Geothermie, Biomasse oder auch industrieller Abwärme. (Groß-)Wärmepumpen kommen ebenso infrage und ermöglichen die Einbindung verschiedener Wärmequellen. Die grundlegende Analyse der lokal vorhandenen Anschlussdichte, des ortsbezogenen Wärmebedarfs und der Wärmedichte sind während der Planung der Wärmenetzversorgung unabdingbar. Wichtiger Parameter für die Planung eines Wärmenetzes ist der zu erwartende Wärmebedarf der Verbraucher im Tages- und Jahresverlauf. Auf die Verbrauchskurve aufbauend kann die Auswahl der möglichen Technologie erfolgen, wobei oftmals aus wirtschaftlichen Gründen eine Kombination von verschiedenen Energieträgern empfehlenswert ist. Außerdem muss die räumliche Nähe von Erzeuger und Verbraucher sichergestellt werden, um den Grad der Wärmeverluste zu minimieren. Diejenigen Planungs- und Vertriebsangelegenheiten, die außerhalb dieser Potenzialstudie stehen, sind bspw. im Leitfaden „Nahwärme“ des Fraunhofer Instituts zu finden.¹²⁴ Insgesamt sind

¹²⁰ (Huenges, et al., 2014)

¹²¹ (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2024)

¹²² (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2017)

¹²³ Auskunft Ulmer Nahwärme GbR

¹²⁴ (Dötsch, Taschenberger, & Schönberg, 1998)

mehrere aussagekräftige Vorteile zu identifizieren, die für die Entwicklung der lokalen Wärmenetze sprechen¹²⁵:

- Flexibilität und Vielfalt bei der Nutzung lokaler erneuerbarer Energien, wie große Solarthermie, Tiefe Geothermie, Umweltwärme, Biomasse
- Deckung der verbleibenden Bedarfslücken der Stromerzeugung aus Sonne und Wind (Residuallasten) durch bedarfsgerecht betriebene, stromnetzgeführte Kraft-Wärme-Kopplung in den Heizzentralen
- Erhöhung der Effizienz im Energiesystem aufgrund der Möglichkeit, vielfältige Abwärmequellen nutzen zu können
- Flexibilitätsgewinne im Wärme- und Strombereich durch Einbindung großer thermischer Speicher
- kommunale Steuerungsfunktion zur Senkung des Ausstoßes vermeidbarer Treibhausgasemissionen durch netzgebundene Wärmeversorgung
- Langfristig hohe Versorgungssicherheit
- Zukünftig keine aufwändigen und teuren Anlagenerneuerung
- Erfüllung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes
- Geringe Betriebskosten (Wartung/Instandhaltung usw.)
- Geringerer Raumbedarf für Technik.
- Regionale Wertschöpfung¹²⁶

Es ist dementsprechend von Vorteil, die Potenziale der lokalen Begebenheiten zu untersuchen, um die räumliche und strukturelle Ausgestaltung der Wärmenetzversorgung rechtzeitig zu optimieren und den höchsten Wirtschaftlichkeitsgrad zu erzielen. Die Möglichkeiten diverser Optionen werden in den untenstehenden Abschnitten thematisiert.

a) Kalte Nahwärme

Eine moderne Form der Nahwärmenetze stellen kalte Nahwärmenetze dar. Sie werden aktuell vorrangig in Neubaugebieten eingesetzt, da dafür ein hoher energetischer Standard der Gebäude Voraussetzung ist. Hierbei wird im Nahwärmenetz Wasser mit einer Temperatur von ca. 10 – 12 °C zirkuliert¹²⁷. Die Temperaturerhöhung erfolgt dezentral in jedem Gebäude einzeln mit auf den Bedarf angepassten Wärmepumpen-Größen. Auch hier empfiehlt sich jeweils der Betrieb mithilfe einer eigenen Photovoltaik-Anlage. Folgende Vorteile ergeben sich:

- Geringere Netztemperatur (ca. 15 °C), erleichtert Findung der Wärmequelle: Geothermie, Erdwärme, Grundwasser etc.
- weniger Wärmeverluste der Leitungen
- Vorteile gegenüber Luft-Wasser WP: höherer Wirkungsgrad, kein Außenmodul notwendig (Lärmemissionen)
- Mit kaltem Nahwärmenetz ist auch eine Kühlung im Sommer möglich und erwünscht

Ein Pilotprojekt in einem Bestandsgebiet findet sich in der Geblergasse in Wien. Ein Häuserblock soll schrittweise über ein kaltes Nahwärmenetz versorgt werden. Die Energieversorgung basiert auf einem System von Erdwärmesonden, Wärmepumpen und hybriden Solar- und Photovoltaikenergie. Im

¹²⁵ (zeozweifrei, 2023)

¹²⁶ (Energieagentur RLP, 2016)

¹²⁷ (Bundesverband Geothermie e. V., 2023)

Innenhof sind 18 Sonden à 100 Meter Tiefe verbaut, die dem Boden im Winter Heizwärme entziehen und im Rahmen der Kühlung der Wohnräume im Sommer Wärme zurückspeist. 2019 wurde die Energieversorgung für zwei Gebäude realisiert, weitere Nachbargebäude sollen folgen. Voraussetzung dafür ist die Sanierung der Gebäude und Reduktion der Heizwärmebedarfe.

a) Solarthermie

Das Thema der Nahwärmeversorgung mit Hilfe solarer Kollektoren und saisonalen Wärmespeichern wird in den letzten Jahren intensiv diskutiert – sowohl in Deutschland als auch im Ausland. Zu diesem Zeitpunkt erscheinen vor allem kleinflächige Lösungen für kleine Kommunen (Einwohnerzahl: ca. 4.000 - 5.000) oder bestimmte Stadtquartiere sinnvoll. Einige Beispiele der erfolgreichen Projektumsetzung in diesem Bereich lassen sich unter anderem in Dänemark beobachten.¹²⁸ Der durchschnittlich zu erwartende Ertrag liegt auf Basis der Grundannahmen sowie der bereits bestehenden Projekterfahrungen bei 2.000 MWh/a pro Hektar Landfläche.¹²⁹

Aus technologischer Perspektive erfüllen solare Kollektorenfelder die Rolle eines Wärmespeichers. Als Quelle der Wärmeenergie dient die direkte Solareinstrahlung, weswegen die Installation der Kollektoren sowohl auf Dächern als auch auf freien Flächen bzw. in benachteiligten Gebieten grundsätzlich vorstellbar ist. Die Kombination mit der Wärmezentrale sowie einem Warmwasserspeicher (unter- oder überirdisch) erhöht die Effizienz des gesamten Projektes, da damit die Möglichkeit entsteht, den Wärmebedarf in kalten Jahreszeiten mit Hilfe der zur Sommerzeit akkumulierten Wärmeenergie abzudecken.

a) Abwärme

Verschiedene industrielle Prozesse erzeugen als Nebenprodukt Wärmeenergie, welche teilweise ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird oder aber mit weiterem Energieaufwand heruntergekühlt wird. Dies wird als relevantes Potenzial zur Nutzung für die Wärmeversorgung desselben oder angrenzender Gebäude gesehen, sofern die Größenordnung ausreichend ist. Die Abkühlung der zu hohen Temperaturen (<80 - 90 °C) für die Einspeisung in die Wärmenetze kann mittels eines Wärmetauschers erfolgen. Die bisher veröffentlichten Studien zu den Potenzialen der Abwärmenutzung weisen auf ein großes Potenzial hin: Eine Erhebung spricht für den gesamten deutschen Industriesektor davon, dass 18 % bis ca. 50 % der Abwärme energetisch genutzt werden könnten.¹³⁰ Andere Veröffentlichungen weisen sogar Werte von 30 % bis 90 % des energetisch erschließbaren Wärmepotenzials der industriellen Anlagen für die weitere Wärmebereitstellung auf.¹³¹

Die während der industriellen Herstellungsprozesse entstehende Energie lässt sich entweder direkt mittels Wärmetauscher nutzen oder kann langfristig für die Wärmeversorgung zu Spitzenbedarfszeiten gespeichert werden. Dies benötigt zwar zusätzliche infrastrukturelle Maßnahmen, kann damit aber auch zeitversetzten Energiebedarf abdecken. Potenzielle Industriebranchen sind beispielsweise die Eisen- und Stahlherstellung sowie die Herstellung von Nichteisenmetallen wie Aluminium, Kupfer oder Zink. Im Weiteren können hier die Erzeugung von Zement, Papier und Glas sowie die Chemie- und Lebensmittelindustrie genannt werden. Auch Unternehmen der Holzveredlung und produktionsintensiver Holzverarbeitung bergen Abwärmepotenziale, allerdings in deutlich kleinerem

¹²⁸ (PlanEnergi, 2018)

¹²⁹ (Solarthemen Media GmbH, 2021c)

¹³⁰ (Hirzel, Sontag, & Rohde, 2013)

¹³¹ (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2015)

Ausmaß.¹³² Auf Grundlage einer Aufstellung sämtlicher Gewerbe in Engstingen zum Stand März 2024 konnten hier keine relevanten Potenziale identifiziert werden.

Abwärme aus Abwasser

Die Abwasserwärmerückgewinnung ist grundsätzlich auf verschiedene Arten möglich. Das Potenzial kann im Bereich der Pumpwerke mobilisiert werden, aber auch direkt an der Kläranlage bzw. der Abwasserreinigungsanlage. Eine weitere Möglichkeit stellt die Wärmerückgewinnung aus dem Kanalnetz dar, da das Schmutzwasser bei Hausaustritt eine Temperatur von 25 °C aufweist und in der Kanalisation ungefähr eine mittlere Jahrestemperatur von 15 °C hat.¹³³ Grundsätzlich können mehrere Wärmetauscher in einen Kanalabschnitt eingebaut werden. Jedoch ist es wichtig, zwischen ihnen genug Platz zu lassen, damit sich das Wasser wieder aufwärmen kann. Unter Berücksichtigung der zwei grundlegenden Bedingungen, dass in einem Kanalisationsabschnitt ausreichend Wärmeangebot für die Nutzung einer Wärmepumpe vorhanden und der Einbau von Wärmetauschern möglich ist, kommt die Nutzung von Abwasserwärme in der Regel für Gemeinden ab 3.000 – 5.000 Einwohner und in Kanälen mit einem Innendurchmesser von mindestens 800 mm in Frage.

Unter der Annahme einer Abwassermenge von 200 Liter pro Einwohner und Tag kann bei einer Abkühlung um 2 °C eine durchschnittliche Wärmeentzugsleistung von insgesamt 102 kW erreicht werden. Bei einem ununterbrochenen Betrieb liegt die potenzielle Wärmeenergie bei ca. 900 MWh/a. Mit einer Wärmepumpe können damit rund 143 kW bzw. 1.250 MWh pro Jahr bereitgestellt werden.

a) Biomasse

Biomasse ist ein verbreiteter Energieträger für die Nah- und Fernwärmeerzeugung. In Kapitel 4.2.7 wurde die Nutzung von Biomasse bereits betrachtet.

Im größeren Maßstab zur Nahwärmeerzeugung sind einige Punkte in der Handhabung zu beachten:

- Biomasse ist ein Naturprodukt und nicht einheitlich, bspw. bestehen Schwankungen des Energiegehalts je nach Qualität des Rohstoffs. Der Betrieb beispielsweise einer Hackschnitzelanlage erfordern daher einen kompetenten Umgang.
- Hackschnitzel sind kostengünstiger, aber haben einen geringeren Energiegehalt als Pellets.
- Bei der Integration in Wohngebieten ist insbesondere der Platzbedarf für den Abgaskamin und den Lagerplatz für Pellets/Hackschnitzel und die Geräuschemissionen bei der Anlieferung mitzudenken.
- Biomasseressourcen sind begrenzt, für eine nachhaltige Energieversorgung sind insbesondere lokale Biomassevorkommen zu nutzen um weite Transportwege vermeiden.

Eine komfortable Form der Biomasse ist Biogas. Der Vorteil liegt dann in der bilanziellen Rechnung von Einspeisung und Bezug von Biogas, wodurch eine räumliche Entkopplung von Erzeuger und Verbraucher möglich ist. Allerdings ist Biogas in der Produktion und Aufbereitung aufwändig.

b) Fernwärmespeicher

Fernwärmespeicher sind Anlagen, die dazu dienen, Wärme über längere Zeiträume zu speichern. Sie tragen dazu bei, die Effizienz von Fernwärmesystemen zu verbessern, indem sie die Wärmeerzeugung und den Wärmebedarf entkoppeln und somit eine zuverlässige Wärmeversorgung über das ganze Jahr

¹³² (Pehnt, Bödeke, Arens, Jochem, & Idrisova, 2010), S. 17, S. 19

¹³³ (Rene Buro, 2004)

hinweg gewährleisten. So kann Wärme beispielsweise über eine Solaranlage im Sommer in den Speicher geladen und bei Bedarf im Winter wieder entnommen werden.

Es handelt sich dabei zumeist um mit Wasser gefüllte zylindrische Behälter. Zur saisonalen Wärmespeicherung sind zudem Geothermiesondenfelder geeignet. Je nach geologischen Verhältnissen können auch Aquiferspeicher denkbar sein, bei dem Grundwasser und Erde erwärmt wird.¹³⁴

Szenarien

In beiden Szenarien wird kein weiterer Ausbau von Wärmenetzversorgung, sondern die Beibehaltung des Status Quos angenommen. Konkrete Potenziale und Ausbauszenarien werden im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung behandelt.

3.2.12 Wasserstoff

Wasserstoff gilt als Alleskönner unter den Energieträgern und ist grundsätzlich in allen Anwendungsbereichen technisch denkbar. Dazu gehört beispielsweise der Mobilitätssektor, die Stromerzeugung über BHKWs, Brennstoffzellen oder Gasturbinen und die Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser. Darüber hinaus können verschiedene industrielle Prozesse mit Wasserstoff statt mit fossilen Stoffen betrieben werden. So lassen sich Ammoniak- und Düngemittelherstellung, Reduktionsprozesse von Eisen zur Stahlherstellung, aber auch Zementherstellung oder Glasschmelzen kurzfristig umstellen. Wasserstoff kann zudem gut als Rohstoff für die chemische Industrie eingesetzt werden.¹³⁵ Im Weiteren wird Wasserstoff als Langzeitspeicher mit hoher Energiedichte ein wesentlicher Baustein einer treibhausgasneutralen Wirtschaft sein.¹³⁶

Im Vergleich zur direkten Nutzung von Elektrizität gibt es erhebliche Effizienzunterschiede. Eine Vielzahl an Studien belegt, dass der Einsatz von Wasserstoff zum Heizen im Vergleich zur elektrischen Wärmepumpe teuer und ineffizient ist.¹³⁷ Aus einer Kilowattstunde grünem Strom werden lediglich etwa 0,7 kWh Heizenergie in Form von Wasserstoff hergestellt, während eine Wärmepumpe daraus ca. 3 kWh Wärme oder mehr erzeugt.¹³⁸ Abbildung 56 zeigt einen Vergleich des Strombedarfs aus erneuerbaren Energien für das Heizen mit einer Luft-Wärmepumpe, synthetischem Methan (Gasbrennwertkessel), einer Wasserstoff Gastherme sowie einer Wasserstoff-Gastherme mit

¹³⁴ (BauNetz)

¹³⁵ (Scientists4Future, 2022), (Umweltbundesamt, 2024)

¹³⁶ (Scientists4Future, 2022)

¹³⁷ (Norddeutsches Reallabor, 2023), (Deutsche Umwelthilfe e.V., 2023), (Borderstep Institut)

¹³⁸ (Scientists4Future, 2022)

Solarthermie-Unterstützung unter Angabe der Wirkungsgrade bei Umwandlungsprozessen.

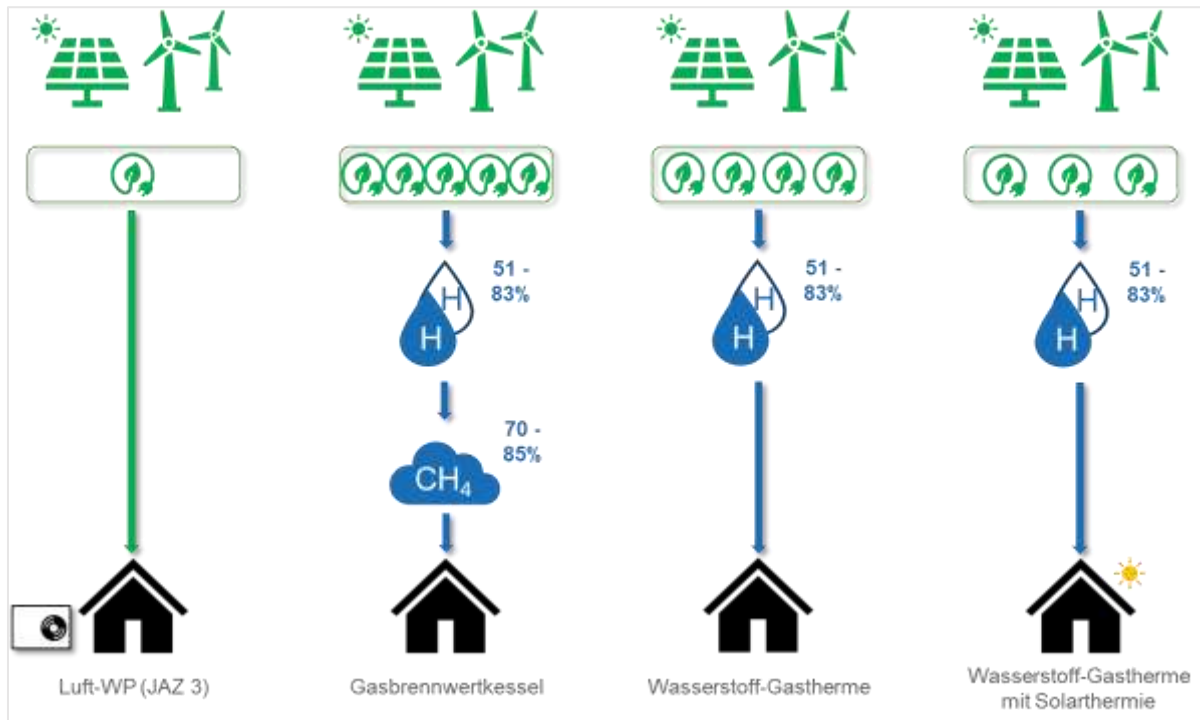


Abbildung 56 Strombedarf aus erneuerbaren Energien für das Heizen mit Wasserstoff oder Wärmepumpe unter Angabe der Wirkungsgrade bei Umwandlungsprozessen. Quelle der Daten: Umweltbundesamt

Wie der Abbildung entnommen werden kann, ist der Strombedarf aus erneuerbaren Energien für das Heizen mit Wasserstoff (H_2) oder synthetischem Methan (CH_4) um das 4 – bis 5 fache höher als mit einer Luft-Wärmepumpe. Auch bei der Prozesswärme ist der direkte Einsatz von Elektrizität oft der energetisch günstigere Weg, da die hohen Verluste bei der Herstellung von Wasserstoff entfallen. Allerdings erscheint vielen Firmen die Umstellung der bisherigen Erdgasheizung auf Wasserstoff als technisch einfachere Lösung, vorausgesetzt, dass genug kostengünstiger Wasserstoff zur Verfügung stehen wird. Bei einzelnen Prozessen, in denen Wasserstoff als chemischer Reaktionspartner benötigt wird, wie in der Stahl- und chemischen Industrie, ist Wasserstoff derzeit die einzige Lösung. In weiteren einzelnen Prozessen, in denen trotz technologischen Fortschritten noch Brennstoffe erforderlich sind, ist der Einsatz von Wasserstoff (oder synthetischem Methan) ebenfalls wahrscheinlich.¹³⁹

Ein weiterer Aspekt ist die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff – also mit Strom aus erneuerbaren Energien erzeugtem Wasserstoff. Derzeit ist grüner Wasserstoff so gut wie nicht verfügbar, da bisher keine nennenswerten Erzeugungskapazitäten aufgebaut wurden. Die Wasserstoffstrategie des BMWK besagt, dass die Herstellung von Wasserstoff verhältnismäßig energieintensiv ist, weshalb er voraussichtlich primär dort eingesetzt werden sollte, wo eine direkte Nutzung erneuerbaren Stroms nicht möglich oder nicht wirtschaftlich ist.¹⁴⁰ Der Import von grünem Wasserstoff, beispielsweise für Heizungszwecke, wäre für die Masse der Bevölkerung zu teuer.¹⁴¹ Zudem ist zu bedenken, dass durch den Import von Wasserstoff die Abhängigkeit von Energieimporten bestehen bleibt. Weiterhin benötigt

¹³⁹ (Umweltbundesamt, 2024)

¹⁴⁰ (BMWK, 2024)

¹⁴¹ (Scientists4Future, 2022)

der Aufbau von entsprechenden Produktionskapazitäten und der Transportinfrastruktur Zeit, weshalb wohl erst ab 2030 mit relevanten Importmengen an grünem Wasserstoff zu rechnen ist.¹⁴²

Insgesamt bleibt Wasserstoff ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Energieversorgung, insbesondere dort, wo andere Lösungen nicht praktikabel sind. Dennoch gibt es derzeit noch erhebliche Herausforderungen hinsichtlich der Effizienz, Verfügbarkeit und Kosten, die gelöst werden müssen, bevor Wasserstoff zum Universalenergieträger werden kann. Ein Einsatz von Wasserstoff im Gebäudesektor wird aus Effizienz- Kosten- und Klimaschutzgründen nach derzeitigen Erkenntnissen nicht in Betracht gezogen.¹⁴³ Für das Klimaschutzenszenario wird für die Gemeinde Engstingen angenommen, dass rund ein Fünftel des industriellen Wärmebedarfs über Wasserstoff gedeckt wird.

3.2.13 Fazit zum Wärmesektor

Der Energieverbrauch im Wärmesektor verändert sich nach den jeweiligen Szenarien für die verschiedenen Verbrauchergruppen insgesamt wie folgt.

Wohngebäude

Durch Sanierungsmaßnahmen sowie eine Umstellung auf regenerative Energieträger kann unter den getroffenen Annahmen im Wohngebäudebereich bis **2040** eine **Emissionsreduktion von 38 % im Referenzszenario** und **97 % im Klimaschutzenszenario** erreicht werden. Für 2030 wird **im Referenzszenario** eine Emissionsreduktion um 28 % und **im Klimaschutzenszenario** um **64 %** erwartet. Relevant für die sehr hohe Emissionsreduktionsrate im Klimaschutzenszenario sind insbesondere Sanierungsmaßnahmen sowie eine Umstellung der Energieträger auf einen Mix aus Wärmepumpen, Biomasse und Nahwärme. Auch bei der Nahwärme selbst ist die Nutzung regenerativer Energiequellen (Abwärme, Umweltwärme, Biomasse etc.) entscheidend. Abbildung 57 zeigt die Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen im Wohngebäudesektor nach Szenario.

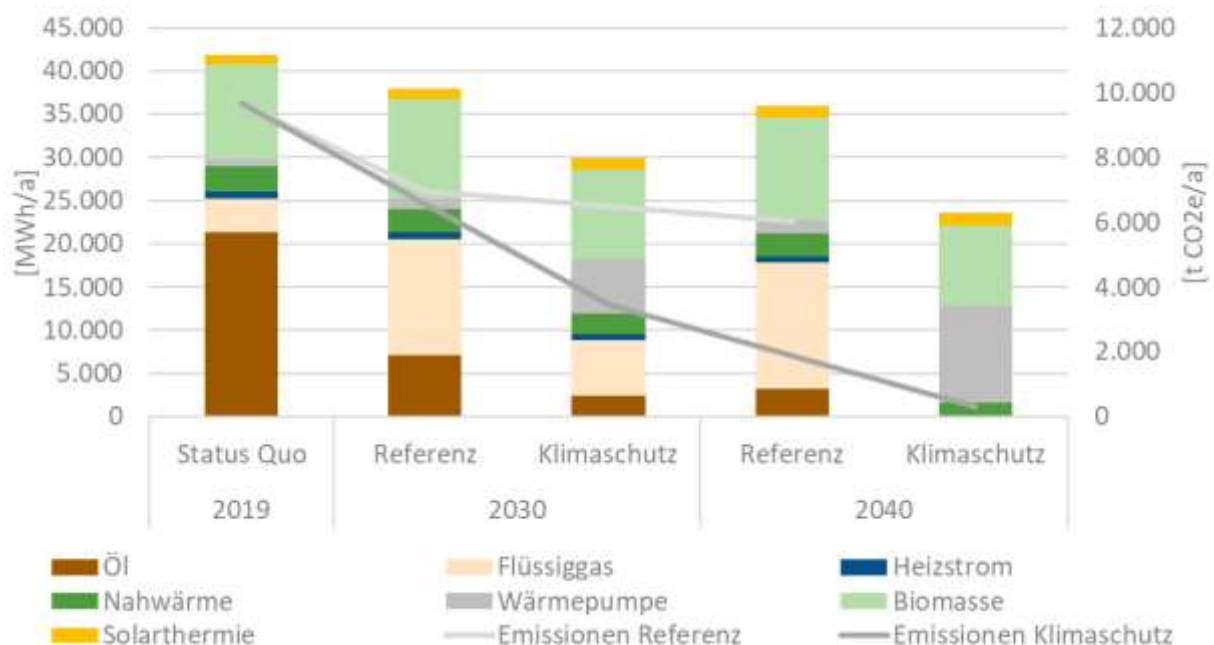


Abbildung 57 Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im Wohngebäudesektor nach Szenarien

¹⁴² (Fraunhofer ISI, 2024)

¹⁴³ (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2023)

Gewerbe, Handel & Dienstleistungen

Im gewerblichen Sektor wird bis **2040** eine **Emissionsreduktion von 23 % im Referenzszenario** und eine **Emissionsreduktion von 94 % im Klimaschutzszenario** erreicht. Für 2030 wird **im Referenzszenario** eine Emissionssenkung um **25 %** und **im Klimaschutzszenario** um **48 %** erwartet. Für die höhere Emissionsreduktion im Klimaschutzszenario relevant sind insbesondere Effizienz- und Einsparmaßnahmen sowie eine Umstellung der Energieträger auf Wärmepumpen und Nahwärme. Auch bei der Nahwärme selbst ist die Nutzung regenerativer Energiequellen (Abwärme, Umweltwärme, Biomasse etc.) entscheidend. In Abbildung 58 ist die Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen im GHD-Sektor nach Szenario dargestellt.

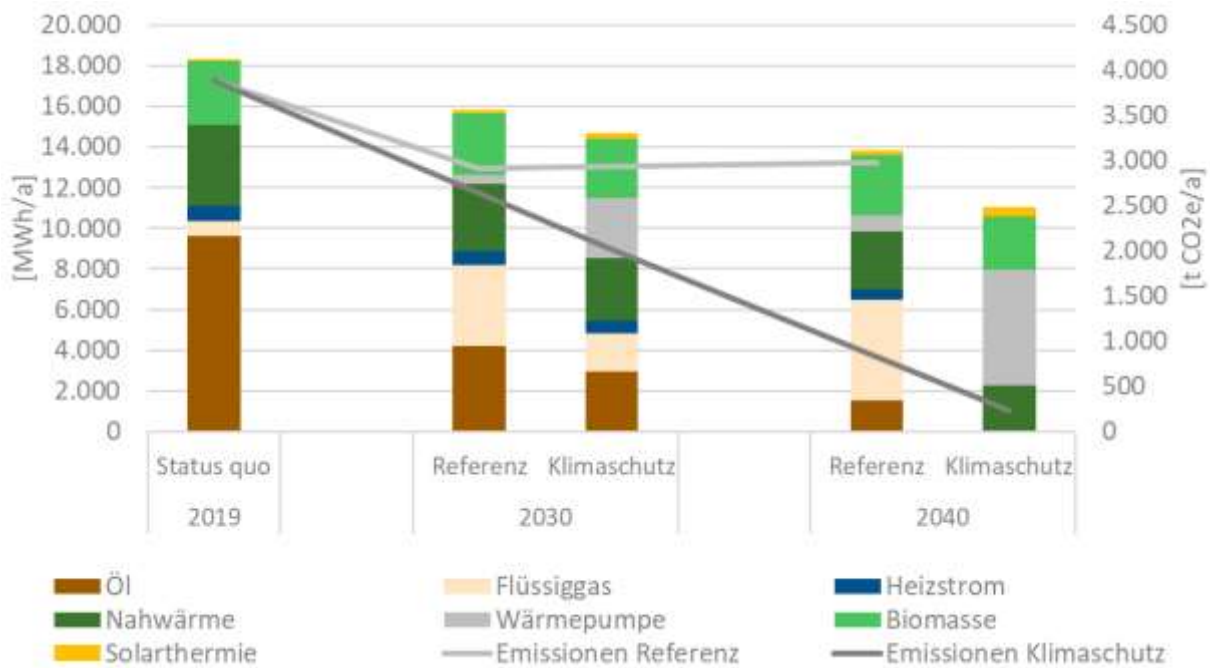


Abbildung 58 Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im GHD-Sektor nach Szenarien

Industrie

Im industriellen Sektor wird bis **2040** eine **Emissionsreduktion um ca. 15 % im Referenzszenario** und **um rund 92 % im Klimaschutzszenario** erreicht. Für 2030 wird **im Referenzszenario** eine Emissionsreduktion um **ca. 9 %** und **im Klimaschutzszenario** um **rund 41 %** erwartet. Relevant sind dafür insbesondere Effizienz- und Einsparmaßnahmen sowie eine Umstellung der Energieträger. Nachdem Flüssiggas als Brückentechnologie eingesetzt wird, ist sowohl im Referenz- als auch im Klimaschutzszenario zunächst ein Anstieg des Energieträgers zu beobachten. Im Referenzszenario wächst der Flüssiggasanteil bis 2040 weiter an, im Klimaschutzszenario besteht hingegen 2040 kein Bedarf mehr an Flüssiggas im industriellen Sektor. Zur Erreichung der Klimaneutralität sind sowohl Wärmepumpen als auch die verstärkte Nutzung von Strom für prozessbedingte Energieverbräuche sowie Wasserstoff notwendig. Abbildung 59 zeigt die Entwicklung der Energieversorgung und

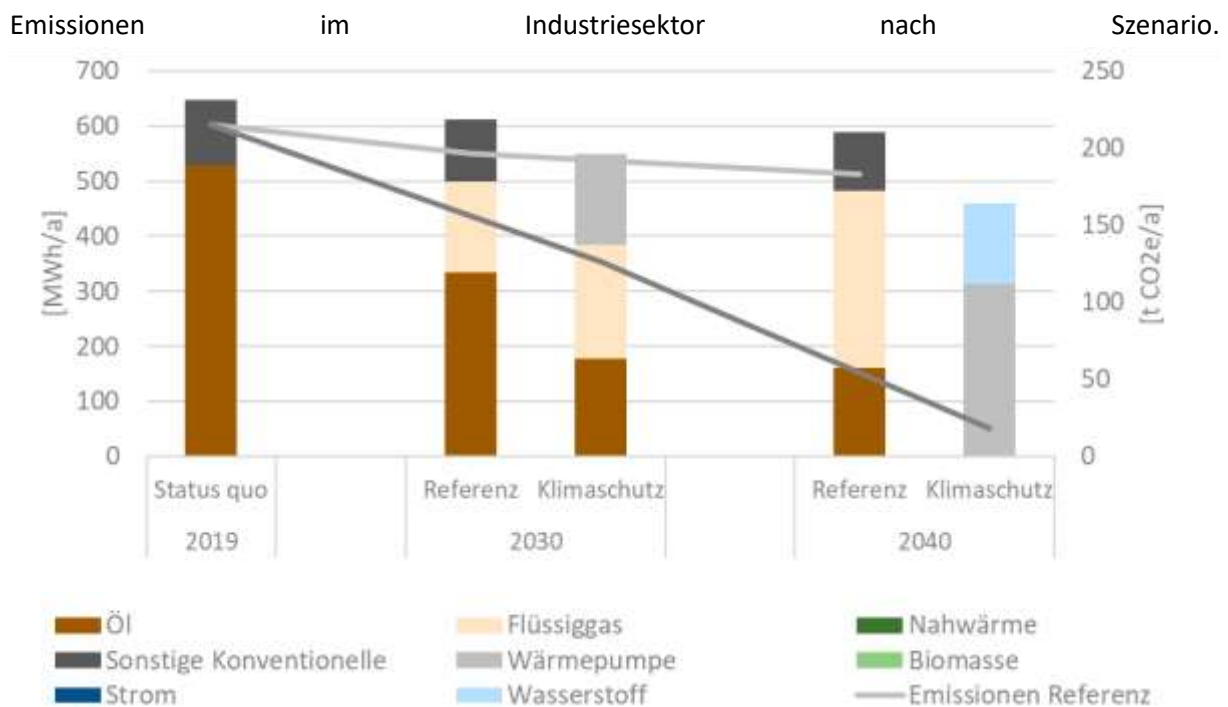


Abbildung 59 Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im industriellen Sektor nach Szenarien

Um die dargestellten Veränderungen in der Gemeinde Engstingen zu realisieren, sind massive Umstrukturierungen in den kommenden Jahren erforderlich. Die weitere Sanierung der kommunalen Liegenschaften als Vorbildfunktion liegt innerhalb der direkten kommunalen Einflussmöglichkeiten und sollte zielgerichtet angegangen werden. Im Bereich der privaten Wohngebäude sind intensive Bewerbungs-, Informations- und Beratungsmaßnahmen notwendig. Auch die klimagerechte Bauleitplanung und Empfehlungen seitens der Gemeinde können wichtige Schritte beim Neubau darstellen. Insbesondere wird ein quartiersspezifisches Vorgehen empfohlen. Im gewerblichen und industriellen Bereich sollte ebenso auf Öffentlichkeitsarbeit und Kooperation gesetzt werden. Darüber hinaus spielen bundesweite Entwicklungen in Bezug auf Fördermittel und weitere Rahmenbedingungen eine relevante Rolle.

3.3 Verkehrssektor

3.3.1 Fuhrpark

Wie in der Bilanz beschrieben, ist der Fuhrpark der Gemeinde Engstingen für einen Kraftstoffverbrauch von etwa 1 % des gesamten Verkehrsverbrauchs der Gemeinde verantwortlich. Das entspricht einem Anteil an den gesamten kommunalen Energieverbräuchen von etwa 6 %.

Die Möglichkeiten zur klimafreundlichen Gestaltung kommunaler Dienstfahrten sind vielfältig. Durch die verstärkte Nutzung von Online-Meetings und der konsequenten Umsetzung wird die Anzahl der Dienstfahrten verringert. Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) kann durch Anreize oder Vorgaben als das bevorzugte Fortbewegungsmittel für Dienstfahrten etabliert werden. Wo die Nutzung eines eigenen Personenkraftfahrwagens (Pkw) weiter erforderlich bleibt, ist der Einsatz alternativer klimafreundlicher Antriebe zu prüfen. Dies wird vielerorts bereits vorangetrieben. Während für Dienst-Pkw elektrische Alternativen eine gute Möglichkeit darstellen, bietet sich für leichte und schwere Nutzfahrzeuge der Umstieg auf wasserstoffbetriebene Fahrzeuge an. Ein interessantes Pilotprojekt zur Umrüstung des kommunalen Fuhrparks ist z. B. die Strategie der Aachener Stadtverwaltung, welche

Stand 2021 bereits 50 % des eigenen Pkw-Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge umgerüstet hat, sowie mehrere Sonderfahrzeuge mit Elektro- oder Wasserstoffantrieb unterhalten. Gleichzeitig wird für Dienstfahrten ein multimodales Konzept umgesetzt, welches eine Rangfolge der Fortbewegungsmittel für Dienstfahrten vorsieht. Die Nutzung des eigenen Pkw ist dabei ausgeschlossen, nach den Alternativen ÖPNV oder elektrifizierter Fuhrpark ist die Nutzung der Fahrzeuge des lokalen Car-Sharing-Anbieters vorgesehen.¹⁴⁴

Auch wenn die Hin- und Rückfahrten zum Arbeitsort der Beschäftigten der Gemeinde an dieser Stelle nicht miterfasst wurden, bietet die Erlaubnis von mobilem Arbeiten ein deutliches Potenzial zur Reduktion der täglich mit dem Pkw zurückgelegten Fahrten. Betriebliche Angebote wie Jobtickets für den ÖPNV, Bahnkarten für die Beschäftigten, die auch privat genutzt werden können, sind weitere Optionen, um Anreize zur Nutzung klimafreundlicher Fortbewegungsmittel zu schaffen. Ein in der Gemeinde Engstingen bereits etabliertes Angebot stellt das Job-Bike-Leasing dar.

Die Dominanz der fossilen Kraftstoffe neben verschiedenen Handlungsoptionen zeigt, dass beim kommunalen Fuhrpark ein großes Potenzial zur Emissionsreduktion besteht. Gleichzeitig bietet der Fuhrpark die Möglichkeit, als Vorbild für Bürger und Unternehmen zu agieren und so andere Akteure ebenfalls zum Handeln zu motivieren.

3.3.2 Gesamtverkehr

Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, den Ausstoß von Treibhausgasen bis 2030 um mindestens 65 %, bis 2040 um 88 % und bis 2045 vollständig zu reduzieren. Mit der Reform des Klimaschutzgesetzes 2023 kann dieses Ziel sektorübergreifend erreicht werden. Für das Monitoring sowohl auf EU-Ebene, durch das Umweltbundesamt und den Expertenrat für Klimafragen sind im Klimaschutzgesetz jedoch jeweilige Jahresemissionsmengen für die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und sonstiges angegeben.¹⁴⁵

Gemäß dem Projektionsbericht 2024 des Umweltbundesamts wird das Klimaschutzziel 2030 erreicht, wenn Deutschland seine aktuellen Politiken beibehält. Dabei betont der Expertenrat für Klimaanfragen in seinem Sondergutachten zu den Projektionsdaten, dass das Schließen der Klimaschutzlücke bzw. das Erreichen des Klimaziels bis 2030 noch nicht abgesichert ist und nicht von einer Zielerreichung ausgegangen werden sollte.¹⁴⁶

2023 gingen die Treibhausgase um mehr als zehn Prozent im Vergleich zum Vorjahr zurück.¹⁴⁷ Während Energiewirtschaft, Industrie, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft ihre Klimaziele sogar überfüllen, müssten insbesondere im Gebäude- und Verkehrssektor die Anstrengungen verstärkt werden. Dabei verfehlt der Verkehr als einziger Bereich sein Ziel deutlich, eine Trendwende ist nicht zu erkennen. Der Verkehrssektor emittierte 2023 zwar rund 1,2 % weniger als 2022, jedoch mehr als seine zulässige Jahresemissionsmenge nach dem Klimaschutzgesetz. Ursache für den Emissionsrückgang ist ein leicht abnehmender Straßengüterverkehr. Der Bestand an Pkw in Deutschland erreichte im Jahr 2024 den höchsten Wert aller Zeiten,¹⁴⁸ auch hat der private Pkw-Verkehr leicht zugenommen. Dabei wirken die im vergangenen Jahr neu zugelassenen Elektrofahrzeuge leicht emissionsmindernd. Das Ziel der Bundesregierung, 15 Mio. elektrisch betriebene Pkw bis 2030 im Bestand zu haben, wird nach

¹⁴⁴ (Stadt Aachen, kein Datum)

¹⁴⁵ (Bundestag, 2024)

¹⁴⁶ (Expertenrat für Klimafragen, 2024)

¹⁴⁷ Das ist der höchste Rückgang seit mehr als 30 Jahren.

¹⁴⁸ (Statista GmbH, 2024)

Projektion des Umweltbundesamts ebenfalls verfehlt.¹⁴⁹ Die Prognosen zum Bestand variieren zwischen sieben und etwa elf Mio. zugelassener Elektro-Pkw bis 2030. Als wahrscheinliche Größenordnung rechnet das Umweltbundesamt mit etwa 10,7 Mio. Elektro-Pkw bis 2030.¹⁵⁰

Abbildung 60 zeigt eine Statistik zur Anzahl der neuzugelassenen Elektro-Pkw in Deutschland von 2009 bis 2023.¹⁵¹ Diese Statistik bezieht sich auf Personenkraftwagen mit elektrischem Antrieb. Laut dem Kraftfahrt-Bundesamt wurden im Jahr 2023 insgesamt 524.219 Elektro-Pkw neu zugelassen.¹⁵²

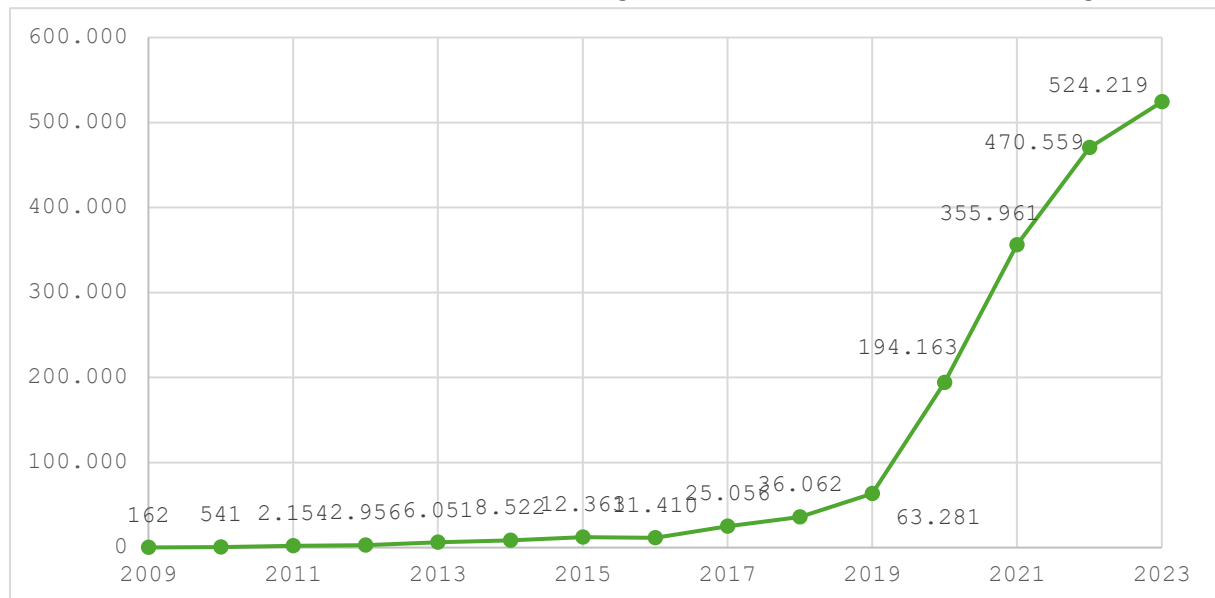


Abbildung 60 Anzahl der Neuzulassungen von Elektroautos von 2009 bis 2023. Quelle der Daten: Kraftfahrt-Bundesamt, Statista GmbH

Die Abbildung lässt erkennen, dass die jährliche Steigerungsrate seit 2016 hoch ist. Neben Elektro-Pkw können über Hybridfahrzeuge und Plug-In-Hybride als Übergangstechnologien weitere Steigerungen erzielt werden. Seit der Streichung der Kaufprämie für Elektrofahrzeuge mit Januar 2024 ist der Anteil von Elektro-Pkw an den Neuzulassungen jedoch deutlich zurückgegangen. Während Elektrofahrzeuge im Juli 2023 einen Anteil von 20 % bei den Neuzulassungen einnahmen, lag der Anteil im Juli 2024 nur mehr bei 12,9 %.¹⁵³

Der Anteil von Elektro-Pkw an der Gesamtzahl aller in Deutschland zugelassenen Pkw ist gering. Laut Kraftfahrt-Bundesamt lag dieser am 1. Januar 2024 bei 2,9 %.¹⁵⁴ In Baden-Württemberg waren am 01.04.2024 insgesamt 237.206 Pkw mit rein elektrischem Antrieb zugelassen.¹⁵⁵ Dies entspricht einem Anteil von etwa 3 % aller in Baden-Württemberg zugelassener Pkw. Dabei liegt der Anteil bei den gewerblichen Haltern mit 12 % deutlich über dem Anteil der privaten mit etwa 3 %. Verschiedene Klimaschutzstudien, wie die Langfristszenarien des BMWK¹⁵⁶, die Agora-Studie „Klimaneutrales Deutschland“¹⁵⁷ oder die Ariadne-Studie¹⁵⁸, gehen im Weiteren davon aus, dass Elektromobilität den größten Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele leisten muss. Der Einsatz von Wasserstoff und E-

¹⁴⁹ (Umweltbundesamt, 2024)

¹⁵⁰ (ADAC, 2024); (Statista GmbH, 2024); (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2024)

¹⁵¹ (Statista GmbH, 2024)

¹⁵² (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024)

¹⁵³ (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024)

¹⁵⁴ (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024)

¹⁵⁵ (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024)

¹⁵⁶ (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, n.a.)

¹⁵⁷ (Agora Energiewende, 2021)

¹⁵⁸ (Kopernikus-Projekt Ariadne, 2021)

Fuels wird nicht oder nur bedingt angenommen, da diese Stoffe nur begrenzt bzw. erst später in ausreichenden Mengen verfügbar sein werden.

Eine Veränderung des Mobilitätssektors stellt nicht nur die Art der Fortbewegung an sich in den Mittelpunkt, sondern die grundsätzliche Beweglichkeit der Bevölkerung.¹⁵⁹ Darin liegt die Chance und die Herausforderung, durch ein differenziertes und vernetztes Mobilitätsangebot Möglichkeiten und Anreize für ein klimaschonendes Verkehrsverhalten zu geben und den Umweltverbund zu stärken, also Fuß- und Radverkehr sowie ÖPNV.¹⁶⁰ Eine Veränderung der Mobilität geht einher mit Veränderungen im öffentlichen Raum. Flächen, die dem bestehenden Verkehrssystem vorbehalten sind, können perspektivisch für eine Umnutzung zur Verfügung stehen. Um eine Reduktion des Individualverkehrs und die stärkere Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmer zu erreichen, gibt es verschiedene Leitbilder, die bei der Raumplanung zu berücksichtigen sind.

Ein wesentliches Leitkonzept ist die „Stadt und Region der kurzen Wege“, wie in einer Studie des Umweltbundesamts¹⁶¹ beschrieben. Eine Stadt der kurzen Wege bedeutet, dass die Voraussetzungen gegeben sind, alltägliche Wege wie zur Arbeits- oder Ausbildungsstätte, Schule und Kindergarten oder Versorgungseinrichtungen wie Arzt oder Lebensmittel in kurzer Zeit und ohne Pkw bewältigen zu können. Die wesentlichen Voraussetzungen hierfür sind eine kompakte Siedlungsstruktur, Nutzungsmischung sowie die attraktive Gestaltung der öffentlichen Räume. Dabei weist die Studie daraufhin, dass eine einseitige Stärkung der Stadt beispielsweise mit Einzelhandelseinrichtungen, sich wiederum negativ auf das Konzept der kurzen Wege auswirkt, da diese die Attraktivität der Stadt erhöht und somit kleinere Einrichtungen im Umland die wirtschaftliche Basis entziehen kann. Das raumordnerische Leitbild der „dezentralen Konzentration“ beschreibt die ausgewogene Raumstruktur von Stadt- und Regionalentwicklung, sodass Zentren in der Region gestärkt und eine Überlastung der Stadt vermieden werden.

Einen weiteren Einfluss darauf, wie die Menschen sich fortbewegen, hat die Qualität der Fuß- und Radinfrastruktur. Durch eine nutzerfreundliche Gestaltung der Infrastruktur soll die Mobilitätsverlagerung auf klimafreundliche Mobilitätsformen gefördert werden. Lückenfreie und sichere Radwege, die wenn möglich durch Schutzstreifen oder gesonderte Wege durch die Gemeinde und darüber hinausführen, unterstützen das Radfahren als echte Alternative zum Pkw. Zur Radinfrastruktur zählen neben den Wegen auch die Abstellanlagen, die möglichst überdacht, sicher und in direkter Nähe zu den häufigen Zielorten sein sollten. Grundsätzlich kann in diesem Sinne auch die Stellplatzregelung überdacht und angepasst werden. Diese soll darauf abzielen, die Herstellung von Stellplätzen für Kraftfahrzeuge zu reduzieren und die Anzahl von Fahrradstellplätzen zu erhöhen. Aus Fußgängerperspektive stellen gut ausgebaute und barrierefreie Fußwege eine Grundvoraussetzung dar. Fußwege sollten - wo möglich - so angelegt sein, dass sie durch oder an Grün vorbeiführen. Durchwegungen von Quartieren abseits der Verkehrsstraßen schaffen kürzere Verbindungen und sichere Wege für Kinder. Beleuchtung bei Nacht und das Vermeiden von Angsträumen, wie Unterführungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass die Wege von allen genutzt werden. Sitzgelegenheiten, Verschattungen und ein barrierefreier Ausbau der Wege und deren Freihaltung von Gehweg-Parkern sind insbesondere für ältere und geheingeschränkte Personen von hoher Bedeutung. Entscheidend ist nicht nur die Wegeführung, sondern auch, was mich am Ende des Weges erwartet. Kann ich auf andere Mobilitätsformen umsteigen, z. B. durch eine Leihrad-Station oder ein Zugang zu

¹⁵⁹ (Schwedes, Rammert, & Daubitz, Mobilität und Verkehr, 2023)

¹⁶⁰ (Schwedes & Kollösche, Mobilität im Wandel, 2016)

¹⁶¹ (Umweltbundesamt, 2011)

Bus oder Bahn? Oder komme ich direkt an einem öffentlichen Zielort raus, ohne unnötig viele Straßen zu überqueren. Jede Kommune sollte die Nahmobilität in ihrem Gebiet daraufhin überprüfen, ob der Fuß- und Radverkehr flächendeckend ausreichend gefördert wird.

Engstingen

Der Verkehrssektor nimmt im Bilanzjahr 2019 mit ca. 32.900 MWh einen Anteil von 29 % am Endenergieverbrauch der Gemeinde Engstingen ein. Dies führt zu Emissionen in Höhe von ca. 10.300 t CO₂, was etwa 33 % der Emissionen gem. BSKO-Bilanz entspricht. Unter Berücksichtigung des lokalen Strommix steigt der Anteil des Verkehrssektors an den Emissionen auf etwa 47 %. Auf den MIV ist dabei mit Abstand der höchste Anteil am Endenergieverbrauch (73 %) zurückzuführen. Abbildung 61 zeigt die innerorts und außerorts erbrachte Fahrleistung in Mio. Fahrzeugkilometern (Fzkm) nach Fahrzeugkategorie.

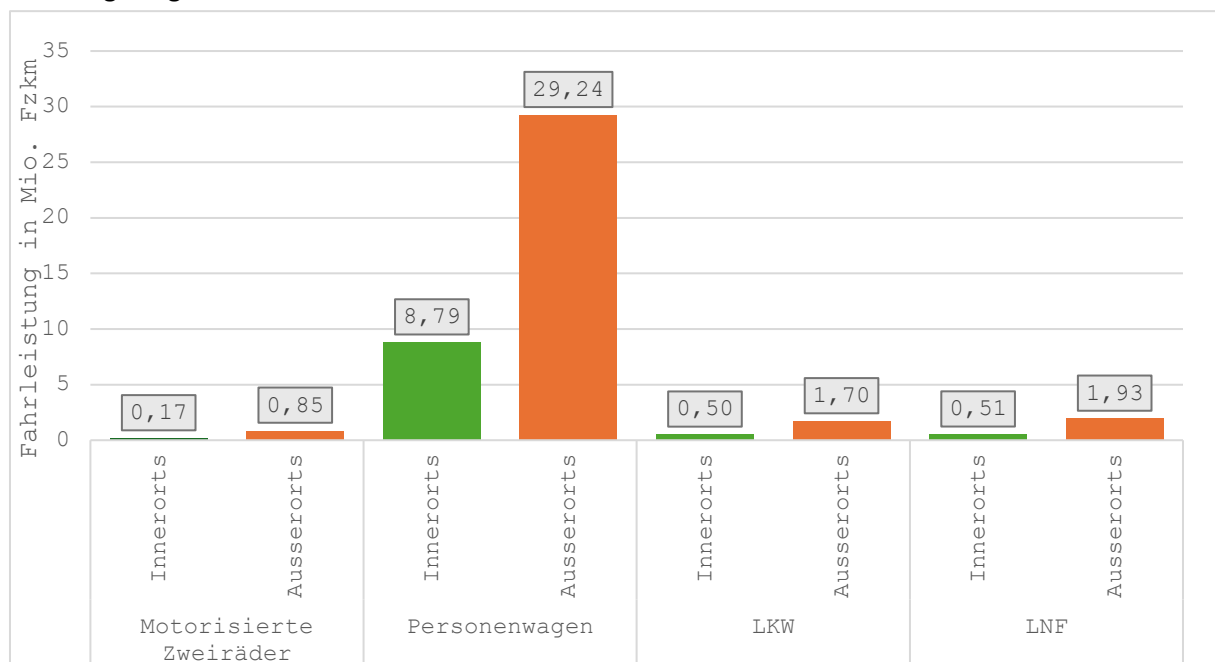


Abbildung 61 Fahrleistung nach Innerorts und Außerorts sowie nach Fahrzeugkategorie auf der Gemarkung Engstingen. Quelle der Daten: ifeu Insitut

67 % der Fahrzeugkilometer auf der Gemarkungsfläche der Gemeinde Engstingen beruhen auf dem außerörtlichen Pkw-Verkehr. Die lässt sich u. a. auf die Lage der Gemeinde an den zwei Bundesstraßen B312 und B313 zurückführen. Die Trochtelfinger Straße B313 führt durch den Ortsteil Großengstingen, die Reutlinger Straße B312 durch den Ortsteil Kleinengstingen. Inwiefern die Fahrleistung von Bürgern der Gemeinde Engstingen erbracht wurde, lässt sich im Rahmen des Klimaschutzkonzepts nicht beurteilen.

In der Gemeinde Engstingen sind insgesamt 100 Elektro-Pkw zugelassen (Januar 2024), was einem Anteil von ca. 3 % aller zugelassenen Pkw entspricht. Dem GHD-Sektor sind 37 Fahrzeuge und ein Elektrifizierungsgrad von 10 % zuzuordnen. Bei den Privaten Haushalten liegt der Elektrifizierungsgrad bei 2 %. Unter Berücksichtigung der Bevölkerungs- und PKW- Zulassungs-Statistik, kann ein Motorisierungsgrad von circa 0,64 Pkw pro Einwohner (5.273 Einwohner / 3.379 private Pkw) für

Engstingen ermittelt werden.¹⁶² Damit liegt Engstingen über dem bundesweiten Durchschnitt von 0,58 Pkw pro Einwohner.¹⁶³

Abbildung 62 zeigt die in Engstingen installierten öffentlichen **Ladesäulen**. Zu beachten ist, dass es bei der Darstellung zu Lücken kommen kann, da die Vollständigkeit der Eintragungen nicht überprüft werden konnte. Neben den insgesamt sechs öffentlich zugänglichen Säulen befinden sich 55 private und 16 gewerbliche Ladesäulen in Engstingen. Laut Netze BW liegt die installierte Leistung insgesamt bei 1,369 MW, wovon ca. 19 % auf öffentliche, 25 % auf gewerbliche und 56 % auf privat genutzte Ladesäulen zurückzuführen sind.



Abbildung 62 Ladesäulen in Engstingen, Screenshot; Bildquelle: Netze BW (Screenshot)

Das Thema **Radverkehr** wurde in der Gemeinde Engstingen im Rahmen eines Radverkehrskonzepts behandelt, welches im August 2023 veröffentlicht wurde. Das Konzept geht auf eine Initiative des Gemeinderats zurück, welcher im Jahr 2021 die Errichtung einer offenen Arbeitsgruppe aus Mitgliedern des Gemeinderats und interessierten Bürgern zur Radverkehrsplanung beschlossen hat. Für die Erstellung des Ziel-Radnetzes wurden zunächst Quellen und Ziele des Verkehrs in Engstingen auf einer digitalen Karte markiert und die besten Radverkehrsverbindungen zwischen diesen Quellen und Zielen identifiziert. Das in diesem Rahmen definierte örtliche Radverkehrsnetz umfasst inklusive

¹⁶² (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024)

¹⁶³ (Umweltbundesamt, 2024)

der Land- und Kreisrouten 48 Kilometer und ist in Abbildung 62 dargestellt.¹⁶⁴

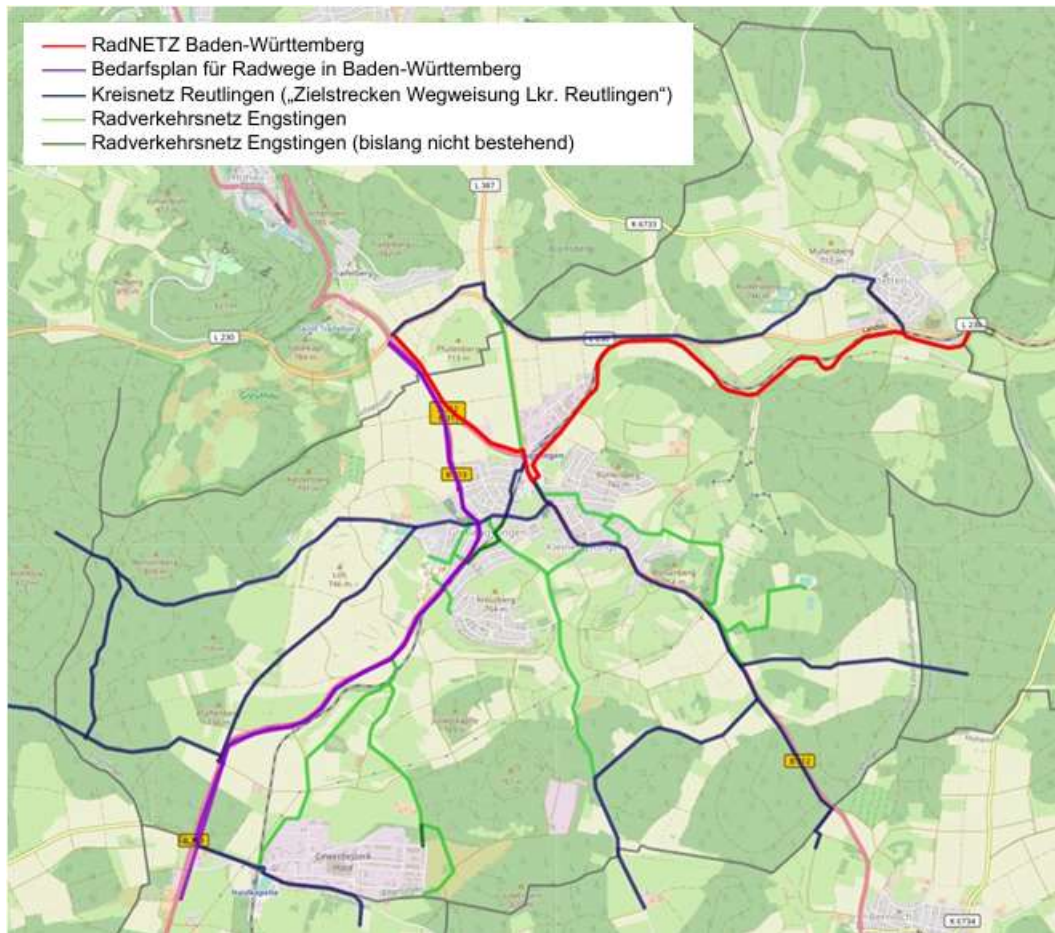


Abbildung 63 Zielvorstellung Radnetz Engstingen. Bildquelle: Radverkehrskonzept Engstingen

Im Weiteren wurden die erforderlichen Verbesserungsmaßnahmen entlang dieser Strecken diskutiert. Dazu zählen beispielsweise Neubau oder Asphaltierung von Wegen, die Einrichtung von Querungshilfen, die Reduktion der Höchstgeschwindigkeiten oder Sperrungen für Kfz-Verkehr sowie eine Verbesserung der Beschilderung. Diese Maßnahmen sollen nun sukzessive umgesetzt werden. In der letzten Sitzung der Arbeitsgruppe Radverkehr wurden begleitende Maßnahmen besprochen, die neben einer Verbesserung des Radverkehrsnetzes hilfreich sind, den Radverkehrsanteil in Engstingen zu steigern.

Der **ÖPNV** besteht in Engstingen aus mehreren Buslinien und einer Bahnstrecke (Abbildung 64). Es gibt drei Hauptbuslinien. Die Buslinie 400 befährt die Ortschaften Gammertingen – Trochtelfingen – Engstingen – Reutlingen und wird von Hohenzollerische Landesbahn betrieben. Der Regionalverband Alb-Bodensee betreibt die Linie 7606 Reutlingen - Engstingen - Münsingen sowie die Linie 7607 Reutlingen – Kleinengstingen.¹⁶⁵ Die Bahnstrecke Richtung Schelklingen wird von der Schwäbische Alb-Bahn (SAB) betrieben. Der Zugverkehr auf der Schienenstrecke zwischen Engstingen und Schelklingen basiert im Wesentlichen auf Schülerverkehr, Freizeitverkehr, Dampfzugverkehr und touristische Sonderfahrten sowie Güterverkehr.¹⁶⁶ Seit Dezember 2019 betreibt die SAB auch den Streckenabschnitt

¹⁶⁴ (Gemeinde Engstingen, 2023)

¹⁶⁵ (Gemeinde Engstingen)

¹⁶⁶ (Landkreis Reutlingen, 2022)

nach Gammertingen im ungetakteten Personen- und Güterverkehr.¹⁶⁷ Seit 2023 leistet eine Car-Sharing Station einen Beitrag zu einer klimafreundlicheren Mobilität. Die Station liegt in unmittelbarer Nähe zur Bushaltestelle „Marktplatz“, die von den Buslinien 400, 7606, 102 und 261 bedient wird, und besteht aus einem E-Carsharing-Fahrzeug und einer Ladesäule der deer GmbH. Die Ladesäule bietet Platz für ein weiteres Auto, so dass auch Privatfahrzeuge geladen werden können. Zudem wurde der Standort im Sommer 2022 mit einer überdachten Fahrradabstellmöglichkeit ausgestattet.¹⁶⁸ Als weitere Ergänzung zur Verbesserung der Anschlussmobilität im Umweltverbund wird in Engstingen zudem seit 2024 E-Scootersharing im free-floating Betrieb angeboten.¹⁶⁹

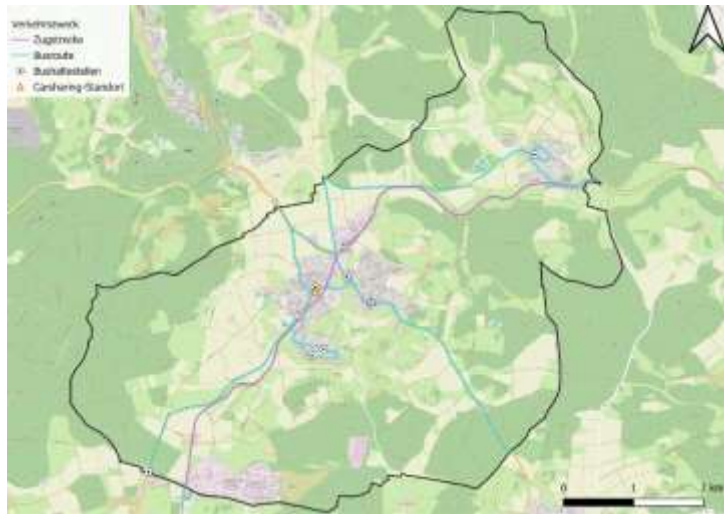


Abbildung 64 ÖPNV-Wegenetz auf der Gemarkung Engstingen inkl. Bushaltestellen und Carsharing-Standort. Quelle der Daten: OpenStreetMaps.

Das Land Baden-Württemberg hat sich das Ziel gesetzt, den öffentlichen Nahverkehr bis zum Jahr 2030 gegenüber 2010 zu verdoppeln. Ein wichtiger Beitrag dazu ist die Reaktivierung von stillgelegten Bahnstrecken. In der 2022 erschienenen „Potenzialanalyse zur Reaktivierung von Schienenstrecken“ wurden insgesamt 42 Bahnstrecken in Baden-Württemberg hinsichtlich ihres Fahrgastpotenzials untersucht. Ein relevantes Fahrgastpotenzial konnte bei mehr als 30 Strecken festgestellt werden.¹⁷⁰ Das Potenzial der einzelnen Strecken wird sukzessive im Rahmen von Machbarkeitsuntersuchungen geprüft. Im weiteren Planungsprozess wird der Streckenverlauf genauer geplant und bei der Planfeststellungsbehörde eingereicht. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens werden die Pläne öffentlich ausgelegt. Privatpersonen und Verbände können Einwendungen einreichen, die nach Sichtung ggf. zu einer Nachbesserung der Pläne führen.¹⁷¹ Die Gemeinde Engstingen ist im Zusammenhang mit drei Bahnstrecken involviert. Nachstehende Abbildung 65 zeigt eine Übersichtskarte zum Planungsstand (April 2024) der Strecken in Baden-Württemberg, die für eine Reaktivierung in Frage kommen.¹⁷² Die Strecken, die auf der Gemarkungsfläche der Gemeinde Engstingen verlaufen, sind im Detail dargestellt.

¹⁶⁷ (Schwäbische Alb-Bahn)

¹⁶⁸ (Standortagentur Tübingen – Reutlingen – Zollernalb GmbH, 2023)

¹⁶⁹ (Gemeinde Engstingen, 2024)

¹⁷⁰ (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2020)

¹⁷¹ (Zweckverband Regional-Stadtbahn Neckar-Alb, 2022)

¹⁷² (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2022)



Abbildung 65 Reaktivierungsstrecken für den Schienenpersonennahverkehr. Bildquelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Die Strecke Engstingen – Reutlingen soll im Rahmen der Regional-Stadtbahn Neckar-Alb betrieben werden. Der Verbindung wird mit durchschnittlich 5.860 Personen pro Werktag das größte Fahrgastpotenzial der 42 untersuchten Strecken prognostiziert. Die voraussichtliche Strecke hat eine Länge von etwa 15 km und soll vollständig elektrifiziert werden.¹⁷³ Der Schienenabschnitt auf der Gemarkung Engstingen soll nach aktuellem Planungsstand im Wesentlichen der stillgelegten Bahntrasse folgen und eine Länge von ca. 1,20 km aufweisen (Endpunkt: Bahnhof Engstingen).¹⁷⁴ In Engstingen wird mit etwa 3.000 Ein- und Aussteigern pro Schultag gerechnet.¹⁷⁵ Die Verkehrswirkung auf der Gemarkung der Gemeinde Engstingen lässt sich damit auf etwa 3.600 Personenkilometer pro Tag bzw. 1.296.000 Personenkilometer pro Jahr abschätzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Ein- und Aussteiger direkt aus Engstingen, sondern auch aus den umliegenden Gemeinden kommen. Zudem ist der Bahnhof Schulzentrum in der entsprechenden Variante nicht angebunden. Nach aktuellem Planungsstand werden pro Stunde und Richtung zwei Fahrten erfolgen.¹⁷⁶

Bei den Strecken Engstingen – Schelklingen und Engstingen – Gammertingen bescheinigt die Potenzialanalyse zur Reaktivierung von Schienenstrecken ein lohnenswertes Fahrgastpotenzial, sofern

¹⁷³ (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2020)

¹⁷⁴ (Landratsamt Reutlingen, 2020)

¹⁷⁵ Auskunft Juli 2024: Die Zahl bezieht sich auf die Variante mit Endpunkt der RSB-Linie im Engstinger Bahnhof. Bei einer Führung der Linie zum Schulzentrum und Neubau eines Haltes „Engstingen Mitte“ ergibt sich wahrscheinlich noch weiteres Potenzial. Zudem stehen in Pfullingen und Reutlingen noch die Variantenentscheide bei der Trasse aus. Je nach Wahl der Trasse und der daraus resultierenden Erschließung und Fahrzeit kann die Fahrgastzahl aus Engstingen variieren. Dem Fahrgastpotenzial ist zudem der Ausbau der Verbindungen Engstingen – Gammertingen sowie Engstingen – Schelklingen unterstellt.

¹⁷⁶ (Landratsamt Reutlingen, 2020)

die Regional-Stadtbahnstrecke Reutlingen – Engstingen umgesetzt ist. Die beiden Strecken werden seit 2019 von der SAB im unvertakteten Personen- und im Güterverkehr betrieben. Das Fahrgastpotenzial bei einer stündlichen Bedienung der Strecken beträgt 660 Personen pro Tag in Richtung Gammertingen sowie 600 Personen pro Tag in Richtung Schelklingen. Durch die Ausweitung des öffentlichen Nahverkehrs auf der Strecke nach Schelklingen wird das Mittelzentrum Münsingen neu an den Schienenverkehr

angebunden.¹⁷⁷

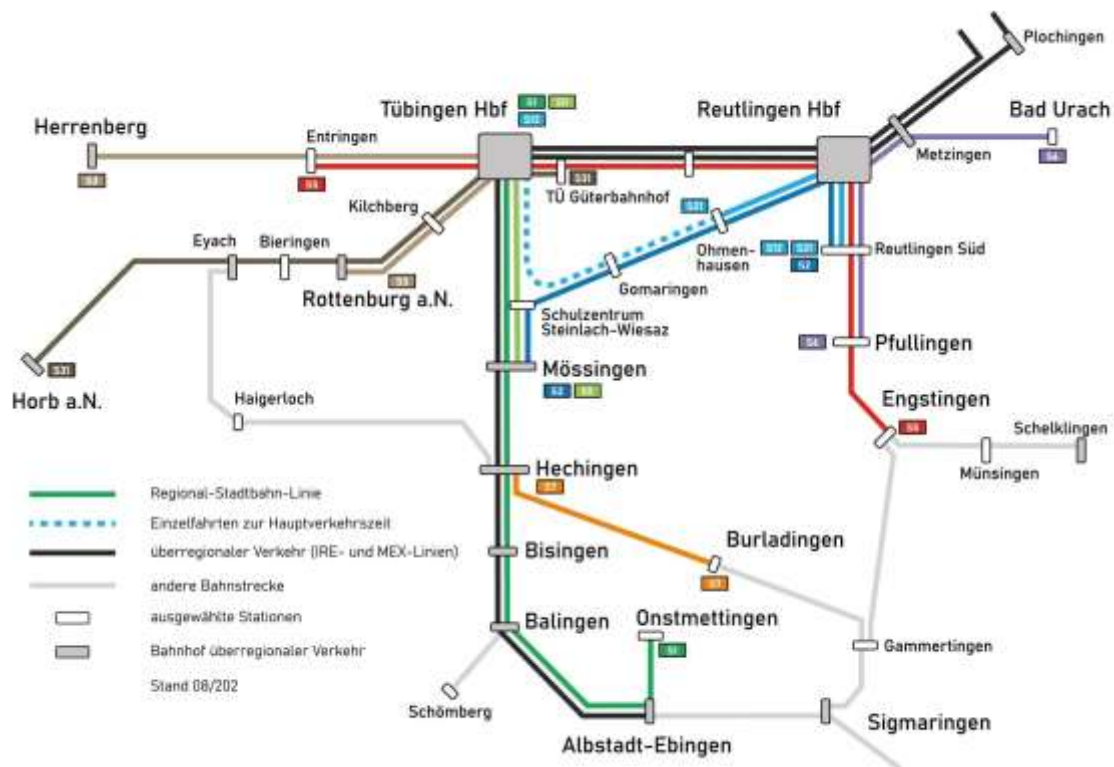


Abbildung 66 Ziel-Liniennetz der Regional-Stadtbahn Neckar-Alb. Bildquelle: Zweckverband Regional-Stadtbahn Neckar-Alb

Szenarien

Die nachfolgenden Szenarien orientieren sich an den aktuellen BEE-Mobilitätszenarien 2045 des Bundesverband Erneuerbare Energien.¹⁷⁸ Die Annahmen unterscheiden sich hinsichtlich Elektrifizierungsgrad, Verkehrsnachfrage und Verkehrsverlagerung (z. B. von Pkw und Lastkraftwagen (Lkw) auf die Schiene) und werden auf den Verkehrssektor der Gemeinde Engstingen heruntergebrochen. Für das Ziel der Klimaneutralität im Verkehrssektor ist zu berücksichtigen, dass die erforderliche Umstellung der Verkehrsinfrastruktur sowie die Elektrifizierung des Fahrzeugbestands langfristige Aufgaben darstellen. Die Entwicklung bis zum Zieljahr 2040 ist darauf ausgerichtet, Fortschritte in Richtung Klimaneutralität zu machen, ohne dass bis zu diesem Zeitpunkt die gesamte Infrastruktur bereits vollständig umgestellt ist. Stattdessen wird der Weg dorthin schrittweise gestaltet, um bis 2045 das Endziel zu erreichen.

Referenzszenario

Die Entwicklung der Verkehrsnachfrage orientiert sich an dem Agora-Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“. Der gesamte Personenverkehr (Personenkilometer) steigt bis 2030 um 7 %. Durch

¹⁷⁷ (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2020)

¹⁷⁸ (Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., 2024)

eine moderate Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene wächst der Straßenverkehr um 2 %, während der öffentliche Nah- und Fernverkehr um 27 % ansteigt. Bis 2040 erhöht sich der Personenverkehr nur leicht (+ 0,7 %). Gleichzeitig erfolgt bis 2040 eine Intensivierung bei der Verkehrsverlagerung. Dadurch geht die Fahrleistung der Pkw bis 2040 um 9 % zurück, während sich die Nutzung des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs in diesem Zeitraum fast verdoppelt. Der gesamte Güterverkehr nimmt bis 2030 um 10 % zu. Dadurch steigt der Lkw-Verkehr um ebenfalls 10 % und der Schienengüterverkehr um 9 %. Bis 2040 wächst der Güterverkehr insgesamt um 24 % im Vergleich zu 2022. Gleichzeitig sinkt der Anteil des Lkw-Verkehrs am gesamten Güterverkehr zu Gunsten des Schienengüter- und des Binnenschiffsverkehrs, wodurch der Lkw-Verkehr um 16 %, der Schienengüterverkehr um 52 % und der Binnenschiffsverkehr um 33 % steigen.

Im Referenzszenario wird von einem moderaten Markthochlauf von Elektrofahrzeugen aufgrund von Kürzungen bei Fördermitteln ausgegangen. Bis 2030 wird erwartet, dass der Elektrifizierungsgrad mit insgesamt ca. 10 Mio. zugelassenen Elektro-Pkw bei 25 % liegt. Ab 2035 dürfen neu zugelassene Fahrzeuge kein CO₂ mehr ausstoßen, wodurch bis 2040 rund 62 % der Pkw elektrisch betrieben werden. Im Lkw-Segment wird bis 2030 ein Elektrifizierungsgrad von 13 % und bis 2040 von 38 % angenommen. Bei den leichten Nutzfahrzeugen wird davon ausgegangen, dass 2030 etwa 15 % und 2040 ca. 52 % elektrisch sind. Abbildung 67 zeigt die Entwicklung des Energieverbrauchs im Referenzszenario nach Energieträger.

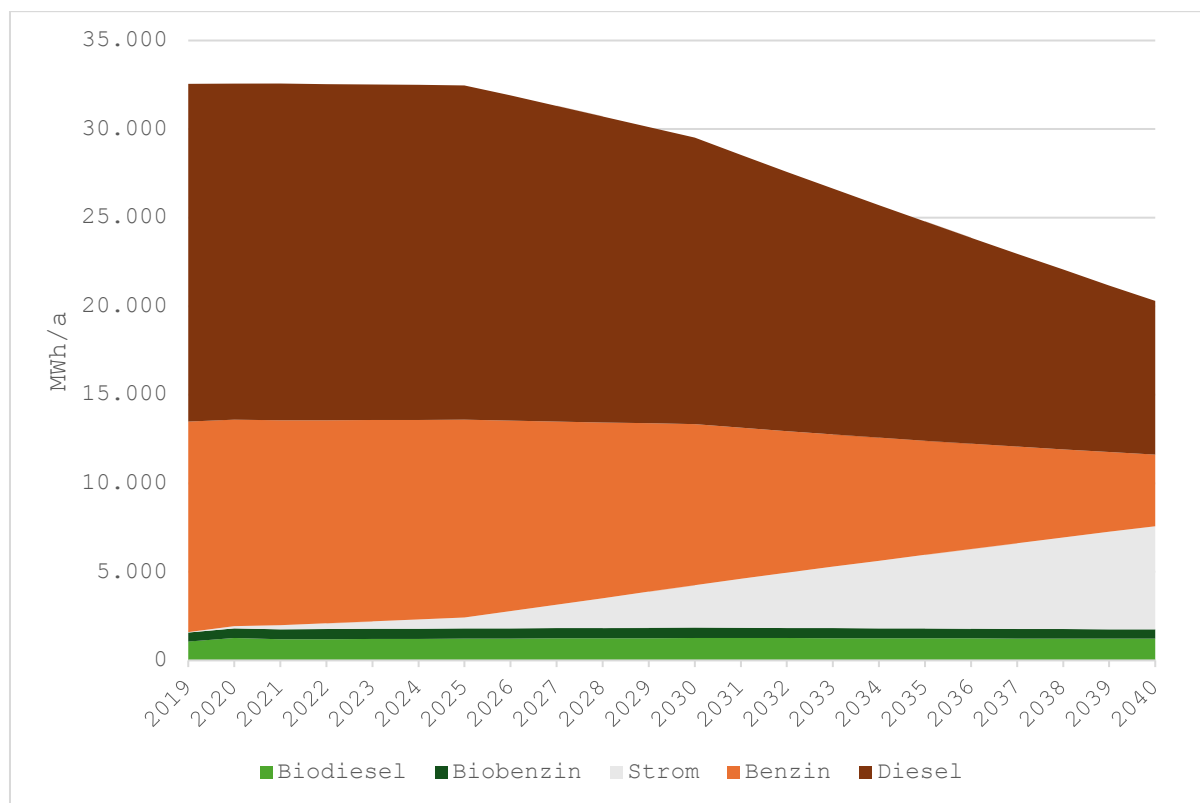


Abbildung 67 Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor nach Antriebsart im Referenzszenario

Der Energieverbrauch sinkt bis 2030 um 9 % auf etwa 29.800 MWh/a. Der Strombedarf für Elektromobilität liegt dabei bei etwa 2.400 MWh/a. Die Emissionen sinken um etwa 12 % auf 9.120 t CO₂/a. Bis 2040 reduziert sich der Energieverbrauch im Vergleich zu 2019 um etwa 37 % auf 20.600 MWh/a, wovon etwa 5.830 MWh/a auf Elektrofahrzeuge zurückzuführen ist. Die Emissionen

sinken um zwei Drittel. Im Referenzszenario verbleibt somit eine Deckungslücke von ca. 5.160 t CO₂/a bis 2040.

Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario wird eine deutliche Regionalisierung des Verkehrs angenommen. Dafür wird das Leitkonzept der Umweltbundesamt-Studie „Stadt und Region der kurzen Wege“ umgesetzt und mit dem zunehmenden Konsum von regionalen Produkten gekoppelt. Der Personenverkehr bleibt bis 2040 konstant. Durch den Wechsel auf die Schiene und Fahrrad- sowie Fußgängerverkehr geht der Pkw-Verkehr bis 2030 um 5 % und bis 2040 um 26 % zurück. Stattdessen steigt der öffentliche Nah- und Fernverkehr um 125 % und der Fuß- und Fahrradverkehr um 47 %. Der Güterverkehr steigt um 8 % an, wobei der Anteil des Lkw-Verkehrs am gesamten Güterverkehr bis 2040 um 17 % sinkt. Dadurch kann der Lkw-Verkehr um 10 % bis 2040 reduziert werden. Der Schienengüterverkehr steigt im selben Zeitraum um ca. 62 % an.

Im Klimaschutzszenario wird das Ziel der Bundesregierung, bis 2030 mind. 15 Mio. vollelektrische Fahrzeuge bis 2030 zuzulassen und bis 2045 fast alle Pkw in diesem Szenario zu elektrifizieren, erreicht. Damit wird von einem Elektrifizierungsgrad von 35 % bis 2030 und von 75 % bis 2040 ausgegangen. Ein Verbrenneranteil verbleibt auf Grund von älteren Bestandsfahrzeugen und Fahrzeugen für die kritische Infrastruktur auch nach 2045. Im Lkw-Segment sind 2030 bereits 22 % elektrisch, bis 2040 steigt der Anteil auf 55 %. Bei den leichten Nutzfahrzeugen wird ein Elektrifizierungsgrad von 24 % bis 2030 und von 68 % bis 2040 angenommen. Abbildung 68 zeigt die Entwicklung des Energieverbrauchs im Klimaschutzszenario nach Energieträger.

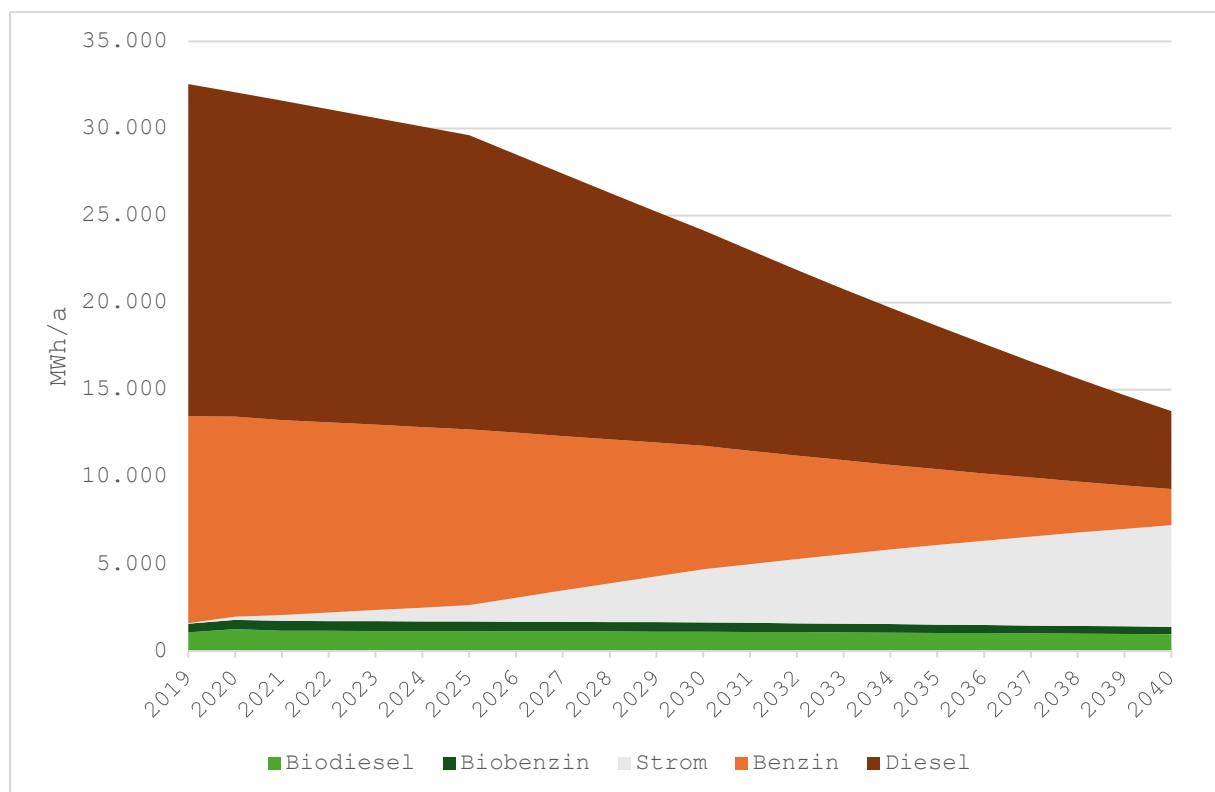


Abbildung 68 Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor nach Antriebsart im Klimaschutzszenario

Der Energieverbrauch sinkt bis 2030 um 26 % auf etwa 24.430 MWh/a, wovon etwa 3.050 MWh/a auf Elektrofahrzeuge zurückzuführen sind. Die Emissionen sinken um etwa 35 % auf 6.700 t CO₂. Bis 2040

reduziert sich der Energieverbrauch im Vergleich zu 2019 um ca. 57 % auf 13.980 MWh/a. Der Strombedarf liegt dabei bei etwa 5.830 MWh/a. Die Emissionen sinken um 76 %. Im Klimaschutzszenario verbleibt somit eine Deckungslücke von ca. 2.500 t CO₂ bis 2040.

Die Analyse des gesamten Verkehrssektors verdeutlicht, dass ein enormer Handlungsbedarf, jedoch auch ein großes Emissionsreduktionspotenzial, besteht. Über die Umstellung auf den Elektroantrieb und Verkehrsvermeidung kann ein relevantes Potenzial ausgeschöpft werden.

Um klimafreundliche Veränderungen zu realisieren sind bundesweite Entwicklungen im Bereich der Förderung, der rechtlichen Rahmenbedingungen und weiterer Anreize sowie Verbote (fossil phase out) notwendig. Insbesondere der Verkehrssektor ist ein Bereich, der zu einem Großteil nur überregional umstrukturiert werden kann, da ein entsprechendes Versorgungsnetz (Tankstellen, Streckennetz etc.) vorhanden sein muss. Für das Schließen der Deckungslücke sind weitere Maßnahmen erforderlich, wie die Steigerung der Biokraftstoffnutzung, ein schnellerer Hochlauf der Elektromobilität und Verkehrsverlagerung bzw. -verminderung. Der Einsatz von E-Fuels wird ebenfalls erforderlich sein. Ein signifikanter Beitrag von E-Fuels ist aber auf Grund der zu erwartende sehr geringe Menge bis 2030 nicht zu erwarten.¹⁷⁹

Nicht zu vergessen ist auch der Einfluss der Verhaltensänderungen der Bevölkerung. In der Summe tragen Einwohner auch durch kurze Wege, wie die tägliche Fahrt zur Arbeit oder die regelmäßig zurückgelegte Strecke zum Supermarkt, zu einem großen Anteil an CO₂-Emissionen der Gemeinde bei. Dabei können einige Strecken mittels des Umweltverbunds, d.h. mit dem ÖPNV, per Fahrrad oder zu Fuß, zurückgelegt werden, um Emissionen zu vermeiden. Hier können Verbesserungen der Rad- und Fußwege sowie des ÖPNV und gezielte Bewerbung einen positiven Effekt erzielen.

¹⁷⁹ (Umweltbundesamt, 2024)

4 Zusammenfassung der Potenziale

In diesem Abschnitt wird untersucht, wie sich die Potenziale der einzelnen Sektoren Strom, Wärme und Verkehr auf die Treibhausgasbilanz in der Gemeinde auswirken. Abbildung 69 stellt die Treibhausgasbilanz des Status quo und der einzelnen Szenarien dar. **Bis 2030** kann im **Referenzszenario** eine **Emissionsreduktion von 25 %** und im **Klimaschutzszenario von 58 %** erreicht werden. **Bis 2040** kann im **Referenzszenario** ein Anteil der Emissionen von **46 %** und im **Klimaschutzszenario von 89 %** eingespart werden. Dabei ist zu beachten, dass der Stromverbrauch für E-Mobilität dem Sektor Verkehr zugeordnet ist.

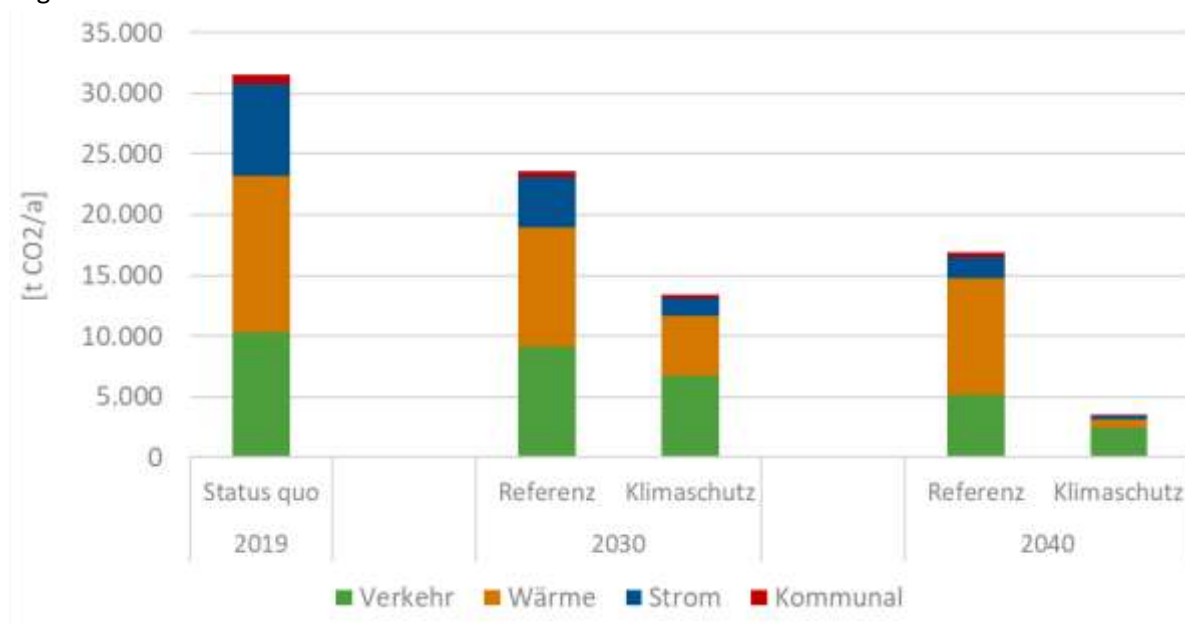


Abbildung 69 Gesamtemissionen nach Sektoren und Szenarien

Die Abbildung zeigt, dass in den meisten Sektoren (Verkehr, Wärme, Strom) große Einsparpotenziale vorhanden sind. Die größte Herausforderung ist im Verkehrssektor zu erwarten. Da die Umstellung der Verkehrsinfrastruktur und die vollständige Elektrifizierung auch im Klimaschutzszenario bis 2040 noch nicht vollständig umgesetzt sein bzw. angenommen werden, bleibt eine entsprechende Emissionslücke bestehen. Im Weiteren werden aufgrund der Lebenszyklusbetrachtung der Emissionen unvermeidbare Restemissionen verbleiben. In Tabelle 10 sind die Emissionen im Status Quo sowie die Restemissionen 2040 nach Szenario zusammengefasst.

Tabelle 12 Emissionen im Status Quo und Restemissionen 2040 nach Szenario

Emissionen im Status Quo und 2040 nach Szenario				
	Strom	Wärme	Mobilität	Gesamt
	t CO ₂ /a	t CO ₂ /a	t CO ₂ /a	t CO ₂ /a
Status Quo	8.048	13.151	10.335	31.534
Trendszenario	1.892	9.813	5.161	16.866

Klimaschutzszenario	314	614	2.495	3.422
---------------------	-----	-----	-------	-------

Um eine Verbesserung des Bundesstrommixes zu erreichen, sind lokale Aktivitäten zum Ausbau der regenerativen Stromerzeugung essenziell und in den Szenarien vorgesehen. Im Wärmesektor sind deutliche Einsparungen, insbesondere durch Maßnahmen zur Steigerung der Sanierungsrate als auch die verstärkte Nutzung von Umweltwärme, Biomasse und Nahwärme sowie die Umstellung auf Strom und Wasserstoff zur Prozesswärmeerstellung im industriellen Sektor, ausschlaggebend. Im Verkehrssektor sind die wichtigsten Stellschrauben die lokale Verkehrsvermeidung, der Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs sowie der Umstieg auf alternative Kraftstoffe, bei dem bundesweite Entwicklungen einen deutlichen Einfluss haben.

Abbildung 70 zeigt außerdem die Verteilung der Emissionen nach Verbrauchergruppen und Szenarien.

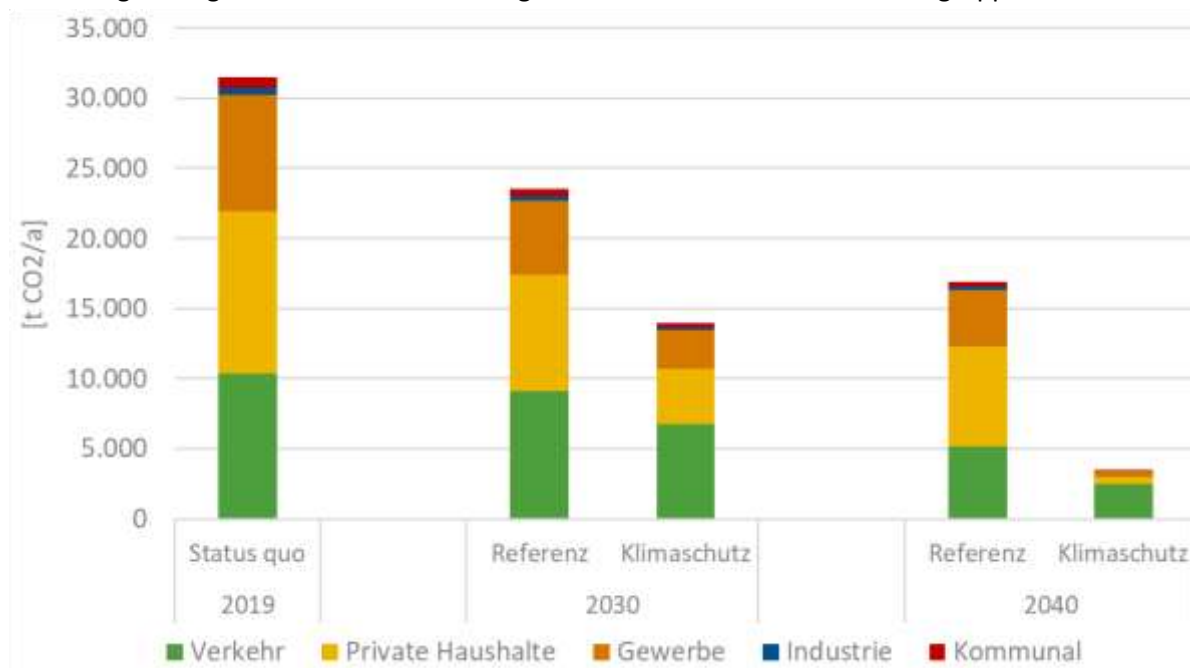


Abbildung 70 Gesamtemissionen nach Verbrauchergruppen und Szenarien

Die untersuchten Szenarien zeigen, dass für eine Treibhausgasneutralität überaus ambitionierte Maßnahmen und das Engagement aller Akteure notwendig sind. Wird der Klimaschutz aktiv angegangen, sind deutliche Emissionsminderungen möglich. Hierzu sind folgende Punkte zu beachten: Zum einen können nach BSKO-Standard, welcher zur Erstellung von kommunalen Energie- und Treibhausgasbilanzen anzuwenden ist, Ökostrom und Emissionssenkungen derzeit nicht angerechnet werden - der Standard befindet sich jedoch in Überarbeitung. Zum anderen beruhen die getroffenen Annahmen auf den derzeit bestehenden Rahmenbedingungen. Gesetzliche Regelungen und Pflichten sowie technologische Verbesserungen und die Entwicklung neuer technischer Möglichkeiten können wichtige Parameter zur Zielerreichung grundlegend verbessern.

5 Reduktionspfad hin zur Klimaneutralität

Um den zeitlichen Rahmen für das beschlossene Ziel der Klimaneutralität für die Gemeinde Engstingen bis 2040 zu betrachten, wird im Folgenden ein möglicher Emissionsreduktionspfad dargestellt. Er basiert auf dem erstellten Klimaneutralitätsszenario. Die untenstehende Abbildung 71 stellt die im

Rahmen der Potenzialanalyse angenommene Reduktion bis zum Zieljahr 2040 nach Sektoren aufgeschlüsselt dar. Der Reduktionspfad gemäß Referenzszenario ist in der Abbildung ebenfalls untergelegt. Auf Grundlage der in der vorliegenden Potenzialanalyse getroffenen Annahmen ergibt sich eine anzustrebende Emissionsreduktion von 1.650 t CO₂ in den Jahren 2019 bis 2030, zwischen 2030 und 2040 liegt dieser Wert bei 1.000 t CO₂. Laut dem linearen Reduktionspfad muss die Gemeinde ca. 1.340 t CO₂-Emissionen pro Jahr (2019 - 2040) reduzieren. Werden die einzelnen Sektoren bezüglich der Reduktionsziele betrachtet, ist im Stromsektor die Reduktion von ca. 370 t, im Wärmesektor – ca. 600 t und im Verkehrsbereich – rund 370 t zu erwarten. Im Vergleich dazu liegt die durchschnittliche Emissionsreduktion im Referenzszenario bei ca. 700 t CO₂ pro Jahr.

Wird in Betracht genommen, dass die Kosten der Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen jährlich steigen, ist eine intensive Aktivität der Gemeinde in den entsprechenden Feldern bis zum Zwischenjahr 2030 zu erwarten. Außerdem erscheint es möglich zu sein, die größten Emissionsquellen mit den nachhaltigen Alternativen zu ersetzen (bspw. Umtausch von maßgeblichen Kapazitäten der Strom- und/oder Wärmeerzeugungsanlagen). Daraus resultiert für 2030 das Zwischenziel einer Emissionsreduktion um 58 % ausgehend von 2019.

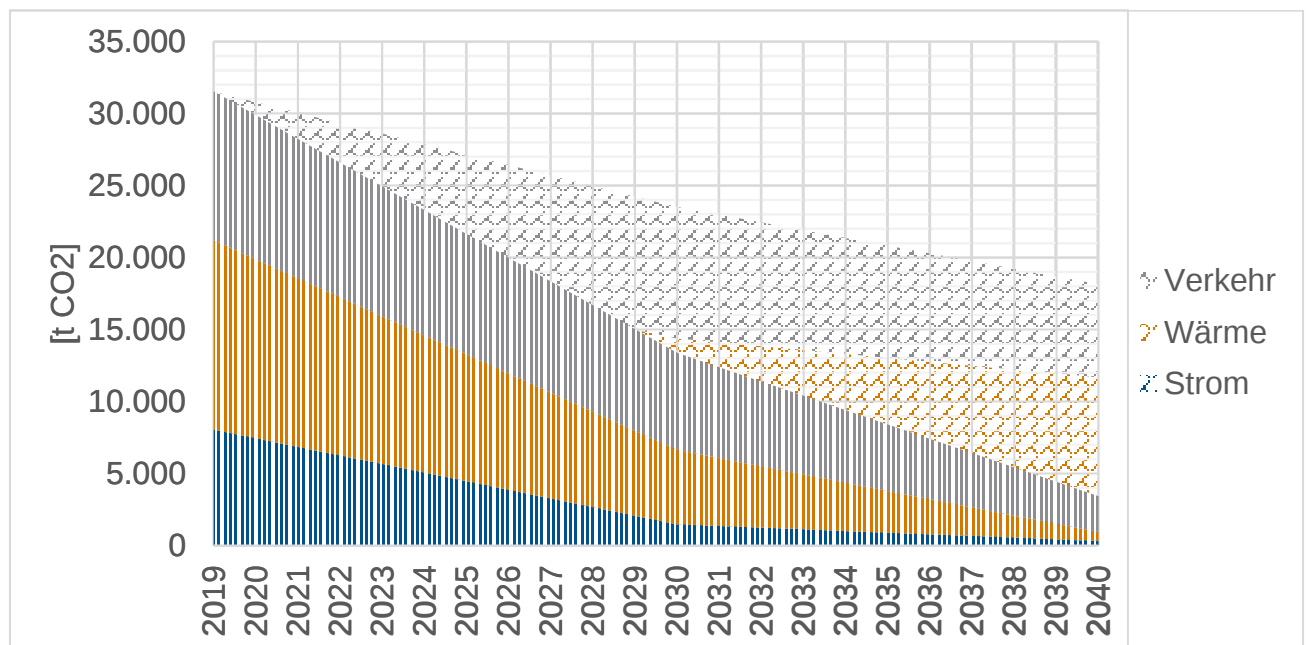


Abbildung 71 Emissionsreduktionspfad bis 2040 für die Gemeinde Engstingen. Grau=Verkehr, Rot=Wärme, Blau=Strom. Hintergrund=Trendszenario, Vordergrund=Klimaschutzszenario

Der Reduktionspfad dient als Orientierungshilfe für das zukünftige Controlling der Klimaschutzmaßnahmen. Andere Reduktionspfade sind möglich. Die Abweichungen zwischen dem linearen Reduktionspfad und dem in der Potenzialanalyse berechneten Reduktionspfad beruhen zum einen auf der Reduktion von Ölheizungen vor Gasheizungen, den Annahmen bezüglich der Elektrifizierung im Verkehrssektor sowie auf der angenommenen Entwicklung im Bundesstrommix. Je stärker die Reduktionen zu Beginn sind, desto weniger muss in den Folgejahren an zusätzlichen Maßnahmen erfolgen. Gleichzeitig reduziert sich die Gesamtsumme der Emissionen bis 2040 deutlich. Hier ist auf das theoretische „Restbudget“ an Emissionen zu verweisen.

Das Konzept des "Restbudgets" an Emissionen hat eine realistischere Herangehensweise. Jeder Staat, der den Pariser Klimavertrag unterzeichnet und ratifiziert hat, berechnet eine obere Grenze für die Emissionen, die im Einklang mit den globalen klimapolitischen Zielen steht. Das IPCC

(Intergovernmental Panel on Climate Change) hat Zahlen zum weltweiten Restbudget an Emissionen veröffentlicht, die zur Erreichung der Klimaziele notwendig sind. Danach bleiben global ab 2018 noch 800 Mrd. t CO₂ (für einen Temperaturanstieg von maximal 1,75°C und einer Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung von 67 %), die maximal emittiert werden dürfen, um das Klimaschutzziel nicht zu verfehlen. Für Deutschland entspricht dies, gemessen am Anteil der Weltbevölkerung, einer Restmenge von 6,1 Mrd. t ab 2022.

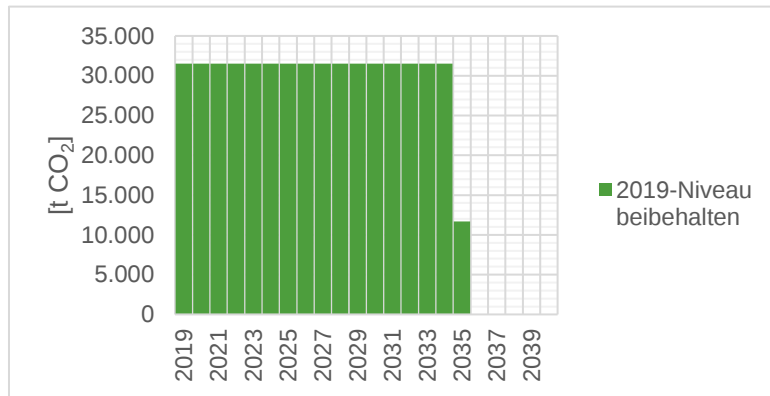


Abbildung 72 Darstellung des CO₂-Restbudgets für die Gemeinde Engstingen (Niveau 2019)

Für die Gemeinde Engstingen ergibt sich daraus – ermittelt über pro Kopf-Werte und die Zahl von ca. 5.273 Einwohner – ein Restbudget von rund 516.233 t CO₂. Das entspricht einem Durchschnittswert pro Jahr von rund 19.855 t bis 2040. Im Vergleich dazu liegen die derzeitigen Emissionen bei rund 31.500 t CO₂ (Stand 2019). Wie die Abbildung 72 darstellt, ist das Restbudget für die Gemeinde

Engstingen bei Fortführung des aktuellen Emissionsniveaus somit bereits 2035 aufgebraucht.

1. Leitlinien der Potenzialanalyse

Aus der vorliegenden Potenzialanalyse wurden konkrete Leitlinien abgeleitet, die für die Gemeinde Engstingen als richtungsweisend für das zukünftige Handeln für den Klimaschutz gesehen werden. Sie bilden die Basis des im Anschluss folgenden praxisorientierten Maßnahmenkatalogs.

- 1. Leitlinie:** Die Anforderungen für die Erreichung von Klimaneutralität bis 2040 gehen über leichte Anpassungen des lokalen Handelns deutlich hinaus. Klimaneutralität erfordert (neben verbesserten Rahmenbedingungen auf überörtlicher Ebene) eine große organisatorische Leistung vor Ort.
- 2. Leitlinie:** Für den Wärmesektor erscheinen ein massiver Ausbau von Wärmepumpen, die Sicherstellung und gegebenenfalls Erweiterung der ökologischen Nahwärmeversorgung sowie die energetische Sanierung des Gebäudebestands als zentrale technische Hebel. Die ökologischen Aspekte der großflächigen Nutzung von Biomasse lassen sich hinterfragen. Der Einsatz von Biomasse aber auch der Solarthermie wird weiterhin eine wichtige, allerdings untergeordnete Rolle einnehmen.
- 3. Leitlinie:** Im Verkehrssektor dienen die verstärkte Nutzung von Elektrofahrzeugen (Batterie, für Lkw auch Oberleitungen) und perspektivisch von synthetischen Kraftstoffen, eine Verringerung des Verkehrsaufkommens durch den motorisierten Individualverkehr und den gewerblichen Verkehr sowie ein Ausbau des ÖPNV der Erreichung der Klimaneutralität.
- 4. Leitlinie:** Für den Stromsektor ergibt sich durch die Elektrifizierung des Wärme- und Verkehrssektors ein deutlich erhöhter Bedarf. Dabei wird in der Gemeinde bereits heute mehr Strom aus Biogas und Photovoltaik erzeugt, als vor Ort verbraucht. Um auch auf übergeordneter Ebene den künftigen Strombedarf bilanziell aus erneuerbaren Energiequellen zu produzieren, bedarf es eines weiteren Ausbaus von Photovoltaik- und Windkraftanlagen.

5. Leitlinie: Die Gemeinde Engstingen kann zur Erreichung des Klimaneutralitätsziels sowohl in Bezug auf die eigenen Liegenschaften und den Fuhrpark als auch mit Maßnahmen zur Planung, Information und Beratung aktiv werden.

5.1 Indikatoren in 5-Jahresschritten nach Szenarien

CO₂-äq pro Einwohner bezogen auf die Gesamtemissionen der Gemeinde			
Status Quo	2019	5,98	t CO ₂ -äq/EW
Trendszenario	2025	5,22	t CO ₂ -äq/EW
	2030	4,47	t CO ₂ -äq/EW
	2035	3,83	t CO ₂ -äq/EW
	2040	3,20	t CO ₂ -äq/EW
Klimaschutzszenario	2025	4,26	t CO ₂ -äq/EW
	2030	2,54	t CO ₂ -äq/EW
	2035	1,60	t CO ₂ -äq/EW
	2040	0,65	t CO ₂ -äq/EW
CO₂-äq pro Einwohner bezogen auf Emissionen aus dem Sektor private Haushalte			
Status Quo	2019	2,20	t CO ₂ -äq/EW
Trendszenario	2025	1,88	t CO ₂ -äq/EW
	2030	1,57	t CO ₂ -äq/EW
	2035	1,46	t CO ₂ -äq/EW
	2040	1,35	t CO ₂ -äq/EW
Klimaschutzszenario	2025	1,47	t CO ₂ -äq/EW
	2030	0,74	t CO ₂ -äq/EW
	2035	0,42	t CO ₂ -äq/EW
	2040	0,09	t CO ₂ -äq/EW
Energieverbrauch im Sektor private Haushalte pro Einwohner			
Status Quo	2019	13,60	MWh/ EW
Trendszenario	2025	12,87	MWh/ EW
	2030	12,13	MWh/ EW
	2035	11,16	MWh/ EW
	2040	10,20	MWh/ EW
Klimaschutzszenario	2025	11,72	MWh/ EW
	2030	9,84	MWh/ EW

	2035	8,39	MWh/ EW
	2040	6,93	MWh/ EW
Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch			
Status Quo	2019	111,32	%
Status Quo (ohne elektrische Wärmebereitstellung, Elektromobilität und synthetische Kraftstoffe):	2019	124,47	%
Trendszenario	2025	252,61	%
	2030	393,91	%
	2035	385,62	%
	2040	377,33	%
Trendszenario (ohne elektrische Wärmebereitstellung, Elektromobilität und synthetische Kraftstoffe):	2025	298,16	%
	2030	471,86	%
	2035	508,63	%
	2040	545,41	%
Klimaschutzszenario	2025	249,34	%
	2030	387,37	%
	2035	381,56	%
	2040	375,76	%
Klimaschutzszenario (ohne elektrische Wärmebereitstellung, Elektromobilität und synthetische Kraftstoffe):	2025	337,41	%
	2030	550,36	%
	2035	639,11	%
	2040	727,85	%
Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch			
Status Quo	2019	27,72	%
Trendszenario	2025	30,13	%
	2030	33,52	%
	2035	35,98	%
	2040	38,44	%
Klimaschutzszenario	2025	41,94	%

	2030	57,14	%
	2035	73,16	%
	2040	89,17	%
Anteil Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) am Wärmeverbrauch			
Status Quo	2019	11,23	%
Trendszenario	2025	10,98	%
	2030	10,72	%
	2035	10,53	%
	2040	10,33	%
Klimaschutzszenario	2025	11,61	%
	2030	11,99	%
	2035	11,20	%
	2040	10,41	%
Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD): Strom- und Wärmeverbrauch pro sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten			
Status Quo	2019	20,11	MWh/Besch.
Trendszenario	2025	18,99	MWh/Besch.
	2030	17,86	MWh/Besch.
	2035	16,96	MWh/Besch.
	2040	16,05	MWh/Besch.
Klimaschutzszenario	2025	18,29	MWh/Besch.
	2030	16,47	MWh/Besch.
	2035	14,94	MWh/Besch.
	2040	13,40	MWh/Besch.
Energieverbrauch durch motorisierten Individualverkehr (MIV) pro Einwohner			
Status Quo	2019	4,55	MWh/ EW
Trendszenario	2025	4,22	MWh/ EW
	2030	3,89	MWh/ EW
	2035	3,14	MWh/ EW
	2040	2,40	MWh/ EW
Klimaschutzszenario	2025	3,88	MWh/ EW
	2030	3,22	MWh/ EW
	2035	2,42	MWh/ EW
	2040	1,62	MWh/ EW

6 Öffentlichkeitsbeteiligung

Die Beteiligung der Öffentlichkeit zur Erstellung des Maßnahmenkatalogs erfolgte am 13. November in der Bloßenberghalle. Zu der Veranstaltung war im Amtsblatt und in der lokalen Presse eingeladen worden. Unterstützt von der Klimaschutzagentur Reutlingen wurden die Ergebnisse der THG-Bilanz und der Potenzialanalyse vorgestellt. Ziel war es, den Teilnehmenden einen Überblick über die aktuelle Klimasituation der Kommune und die identifizierten Handlungsfelder zu geben.



Im Anschluss an die Präsentation wurden in einer offenen und dialogorientierten Arbeitsphase Vorschläge für Maßnahmen in den Themenfeldern „Erneuerbare Energien“, „Verkehr“, „Gebäude und Wärme“ sowie „Sonstiges“ gesammelt. Bürger hatten hierbei die Gelegenheit, ihre Ideen und Anregungen direkt einzubringen und gemeinsam zu diskutieren. Besonders wichtig war dabei, dass alle Stimmen Gehör fanden und die Vorschläge der Teilnehmer protokolliert wurden.



Für diejenigen, die an diesem Abend nicht vor Ort sein konnten, wurde zusätzlich eine Möglichkeit geschaffen, weitere Vorschläge per Mail einzureichen. Diese Option wurde ebenfalls im Amtsblatt beworben und trug dazu bei, die Reichweite der Beteiligung zu erhöhen.

Trotz der vergleichsweise überschaubaren Resonanz war die Veranstaltung ein wichtiger Schritt, um die Öffentlichkeit in die Entwicklung des Klimaschutzkonzepts einzubinden. Aufgrund zeitlicher und organisatorischer Zwänge konnte jedoch auf eine zweite Beteiligungsrunde nicht mehr eingegangen werden. Dennoch konnten durch die Beteiligung wertvolle Impulse gesammelt werden, die in die Erstellung des Maßnahmenkatalogs eingeflossen sind.

6.1 Maßnahmen

Die vorliegenden Maßnahmenblätter bilden den Kern des integrierten Klimaschutzkonzepts und bieten einen strukturierten Überblick über die einzelnen geplanten Maßnahmen. Jedes Blatt ist einheitlich aufgebaut, um die Maßnahmen verständlich darzustellen und die Vergleichbarkeit zu erleichtern. Die Struktur gliedert sich wie folgt:

1. Maßnahmen-Titel

Der Titel beschreibt die Maßnahme prägnant und gibt auf einen Blick Auskunft über den inhaltlichen Schwerpunkt.

2. Handlungsfeld

Jede Maßnahme wird einem der zentralen Handlungsfelder des Klimaschutzkonzepts zugeordnet, wie z. B. „Energie und Wärme“, „Verkehr und Mobilität“ oder „Öffentlichkeitsarbeit“. Dies erleichtert die thematische Einordnung.

3. Maßnahmen-Nummer und Typ

Jede Maßnahme ist nummeriert, um sie im Gesamtkonzept schnell zu finden. Der Maßnahmen-Typ (z. B. „Beratung“, „Infrastruktur“, „Technische Maßnahme“) gibt einen Hinweis auf die Art der Umsetzung.

4. Einführung und Dauer der Maßnahme

Hier wird die zeitliche Dimension dargestellt: Wann soll die Maßnahme starten (kurzfristig, mittelfristig, langfristig) und über welchen Zeitraum hinweg sie umgesetzt werden soll.

5. Ziel und Strategie

Dieser Abschnitt beschreibt das übergeordnete Ziel der Maßnahme sowie die zugrundeliegende Strategie, mit der dieses Ziel erreicht werden soll.

6. Ausgangslage

Die Ausgangslage skizziert die aktuelle Situation und die Problemstellung, auf die die Maßnahme abzielt.

7. Beschreibung

Die Maßnahme wird inhaltlich detailliert beschrieben, einschließlich der konkreten Schritte und der geplanten Umsetzung.

8. Initiator und Akteure

Dieser Abschnitt benennt die treibenden Kräfte hinter der Maßnahme (Initiator) sowie die beteiligten Akteure, die für die Umsetzung und Unterstützung verantwortlich sind.

9. Zielgruppe

Die Zielgruppe beschreibt, wer von der Maßnahme direkt oder indirekt profitiert (z. B. Bürger, Unternehmen, Verwaltung).

10. Handlungsschritte und Zeitplan

Hier wird die Maßnahme in konkrete Handlungsschritte und einen groben Zeitplan gegliedert, um die Umsetzung nachvollziehbar zu machen.

11. Erfolgsindikatoren/Meilensteine

Dieser Abschnitt benennt Kriterien, an denen der Erfolg der Maßnahme gemessen werden kann.

12. Gesamtaufwand/Anschubkosten

Die erwarteten finanziellen Aufwände und Investitionen für die Maßnahme werden hier geschätzt.

13. Finanzierungsansatz

Die geplante Finanzierung der Maßnahme, einschließlich möglicher Förderprogramme und Eigenmittel, wird aufgeführt.

14. Energie- und Treibhausgaseinsparung

Dieser Abschnitt beschreibt die erwarteten Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen, die durch die Maßnahme erzielt werden können.

15. Wertschöpfung

Hier wird dargestellt, welche weiteren positiven Effekte, wie wirtschaftliche Impulse oder soziale Verbesserungen, die Maßnahme entfalten kann.

16. Flankierende Maßnahmen

Maßnahmen, die die Umsetzung unterstützen oder ergänzen, werden hier aufgeführt.

17. Hinweise

Dieser Abschnitt enthält zusätzliche Informationen oder Empfehlungen, die bei der Umsetzung berücksichtigt werden sollten.

Übersicht:

Handlungsfeld	Titel	Umsetzung	Priorität
Querschnitt	Fortschreibung Klimaschutzkonzept	2030 ff	2
Querschnitt	Fortführung Personalstelle	2025 ff	3
Energie und Gebäude	Fortführung Energiemanagement	2025 ff	2
Energie und Beschaffung	Bezug von Ökostrom beibehalten	2025 ff	2
Verwaltung	Teilnahme am European Energy Award	2027 ff	2
Energie und Gebäude	Erstellung einer Sanierungsstrategie	2025-2027	1
Energie und Wärmeversorgung	Kommunale Wärmeplanung	2025-2026	1
Organisation und Politik	Gemeinderatsausschuss Klimaschutz	2025 ff	2
Verwaltung und Organisation	Nachhaltige Beschaffung	2026 ff	3
Energie und Mobilität	Fuhrpark und Maschinen elektrifizieren	2029 ff	2
Verkehr und Mobilität	Umsetzung Radverkehrskonzept	2025 ff	2

Handlungsfeld	Titel	Umsetzung	Priorität
Verkehr und Mobilität	ÖPNV stärken	2025 ff	2
Verkehr und Mobilität	Car-/Bike-Sharing ausbauen	2025 ff	3
Verkehr und Mobilität	Beitritt AGFK, Zertifizierung	2025 ff	3
Verkehr und Mobilität	Unterstützung Regionalstadtbahn	2025 ff	1
Verkehr und Mobilität	Ausbau von Gehwegen	2029 ff	2
Verkehr und Mobilität	Digitale Anzeigen an Haltestellen	2029 ff	2
Verkehr und Mobilität	Bürgerbus	2029 ff	2
Verkehr und Mobilität	Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur	2028 ff	2
Beratung	Energieberatung Sportstätten und Vereine	2025 ff	2
Beratung	Agri-PV Beratung	2028 ff	3
Beratung	Energiekarawane	2026 ff	1

Handlungsfeld	Titel	Umsetzung	Priorität
Beratung	Klimafit-Programm für Unternehmen	2028 ff	2
Energieeffizienz	Straßenbeleuchtung Nachts dimmen	2032 ff	2
Nachhaltigkeit	Leihgemeinschaft	2030 ff	3
Nachhaltigkeit	Repair-Café	2030 ff	3
Klimaanpassung	Starkregengefahrenmanagement	2027	2
Klimaanpassung	Klimaangepasstes Waldmanagement fortsetzen	2025 ff	2
Klimaanpassung	Bäume und Dorfbegrünung	2029 ff	2

Handlungsfeld Querschnitt	Nummer 1	Priorität 2	Maßnahmen- Typ Strategisch	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (3-5 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Fortschreibung des Klimaschutzkonzepts					
Ziel und Strategie: Die Fortschreibung des Klimaschutzkonzepts soll sicherstellen, dass die bisherigen Erfolge analysiert und zukünftige Maßnahmen zielgerichtet an aktuelle Entwicklungen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse angepasst werden. Ziel ist es, die Klimaschutzziele der Kommune zu aktualisieren, Prioritäten zu setzen und eine klare Roadmap für die nächsten Jahre zu entwickeln.					
Ausgangslage: Das bestehende Klimaschutzkonzept bildet die Grundlage für zahlreiche laufende Maßnahmen. Um jedoch auf neue Herausforderungen wie veränderte Klimadaten, gesetzliche Anforderungen (z. B. Klimaneutralitätsziele) und technologische Fortschritte reagieren zu können, ist eine regelmäßige Überarbeitung notwendig.					
Beschreibung: Im Rahmen der Fortschreibung werden aktuelle Emissionsdaten erhoben, Handlungsfelder evaluiert und neue Maßnahmen definiert. Dabei werden alle relevanten Akteure und die Öffentlichkeit eingebunden, um eine breite Akzeptanz und Mitwirkung zu gewährleisten. Ergänzend werden konkrete Zwischenziele definiert und ein Monitoring-System implementiert, um den Fortschritt messbar zu machen.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Externe Fachbüros, Klimaschutzagentur, Gemeinderat					
Zielgruppe: Gesamte Kommune					
Handlungsschritte und Zeitplan: Beauftragung spätestens 2030					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Verabschiedung des novellierten Konzepts					
Gesamtaufwand: 20.000-50.000 €					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme des Bundes und Landes, Eigenmittel der Kommune					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Indirekt, durch Umsetzung der neu entwickelten Maßnahmen					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Stärkung der kommunalen Strategiekompetenz und zukünftige Einsparungen durch effiziente Maßnahmenplanung					
Flankierende Maßnahmen: Öffentlichkeitsarbeit zur Einbindung der Bevölkerung					
Hinweise: Förderung prüfen					

Handlungsfeld Querschnitt	Nummer 2	Priorität 3	Maßnahmen- Typ Förderung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Fortführung der Personalstelle Klimaschutz					
Ziel und Strategie: Die Personalstelle Klimaschutz gewährleistet die kontinuierliche Koordination und Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen der Kommune. Ziel ist es, die organisatorische Basis für die Erreichung der Klimaschutzziele langfristig zu sichern und weiterzuentwickeln.					
Ausgangslage: Die Stelle wurde im Rahmen des bisherigen Klimaschutzkonzepts geschaffen. Um den Fortschritt der Klimaschutzstrategie nachhaltig zu sichern, ist die dauerhafte Finanzierung dieser Stelle unerlässlich.					
Beschreibung: Die Personalstelle übernimmt die Koordination, Überwachung und Dokumentation der Klimaschutzmaßnahmen sowie die Akquise von Fördermitteln. Sie dient als zentrale Ansprechperson für Bürger, Unternehmen und Verwaltung. Darüber hinaus unterstützt sie bei der Öffentlichkeitsarbeit und sensibilisiert die Bevölkerung für klimarelevante Themen.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Verwaltung und Gemeinderat, Klimaschutzagentur					
Zielgruppe: Verwaltung, Gesamte Kommune					
Handlungsschritte und Zeitplan: Beschluss im Gemeinderat, Förderantrag, Ausschreibung und Besetzung, Regelmäßige Berichterstattung im Gemeinderat					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Beschluss, Förderantrag, Ausschreibung					
Gesamtaufwand: 50.000 – 80.000 € jährlich					
Finanzierungsansatz: Förderprogramm Kommunalrichtlinie (bis zu 60 %), Eigenmittel der Kommune					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Indirekt, durch Umsetzung von Maßnahmen					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Stärkung der Organisationsstruktur und effiziente Nutzung von Ressourcen durch eine zentrale Koordinationsstelle					
Flankierende Maßnahmen: Schulungen für das Klimaschutzmanagement, Zusammenarbeit mit Klimaschutznetzwerken auf regionaler Ebene					
Hinweise: Förderung prüfen, Regelmäßige Evaluierung der Stellenwirkung, Einbindung in Entscheidungsprozesse					

Handlungsfeld Energie und Gebäude	Nummer 3	Priorität 3	Maßnahmen-Typ Technische Maßnahme, Förderung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Fortführung des kommunalen Energiemanagements					
Ziel und Strategie: Das kommunale Energiemanagement dient der systematischen Erfassung, Überwachung und Optimierung des Energieverbrauchs in kommunalen Gebäuden und Liegenschaften. Ziel ist es, die Energieeffizienz langfristig zu steigern, Kosten zu senken und Treibhausgasemissionen deutlich zu reduzieren.					
Ausgangslage: In den vergangenen Jahren wurden bereits Maßnahmen zur Erfassung und Steuerung von Energieverbräuchen umgesetzt. Um kontinuierliche Einsparungen und die Einhaltung der Klimaziele zu gewährleisten, ist die Fortführung und Weiterentwicklung des Energiemanagements unerlässlich.					
Beschreibung: Das Energiemanagement umfasst die regelmäßige Analyse und Optimierung von Energieverbrauchsdaten, die Überwachung von Einsparzielen sowie die Identifikation weiterer Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Dabei sollen moderne Monitoring-Systeme eingesetzt werden, um Daten in Echtzeit auszuwerten. Ergänzend werden Schulungen für das kommunale Personal angeboten, um eine effiziente Nutzung der Technik sicherzustellen.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Klimaschutzmanager, Ortsbaumeister, Hausmeister, Bauhof					
Zielgruppe: Kommunale Einrichtungen und deren Nutzer					
Handlungsschritte und Zeitplan: Personalzuständigkeit klären, Weiterhin regelmäßige Datenerfassung und Analyse, regelmäßige Energieberichte					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Reduktion des Energieverbrauchs um 10 % in 5 Jahren					
Gesamtaufwand: Unklar					
Finanzierungsansatz: Förderung durch das BAFA-Programm „Kommunales Energiemanagement“ Eigenmittel der Kommune					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Durch Einsparung von Energie					
Endenergieeinsparungen [MWh/a] bis 250 MWh/a			THG-Einsparungen [t/a] bis 100 t/a		
Wertschöpfung: Langfristige Kosteneinsparungen durch geringere Energieverbräuche und effizientere Nutzung der Gebäudetechnik					
Flankierende Maßnahmen: Schulungen und Sensibilisierung der Nutzer in kommunalen Gebäuden					
Hinweise: Förderung prüfen, Synergien mit der Sanierungsstrategie					

Handlungsfeld Energie und Beschaffung	Nummer 4	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Ordnungsrecht, Förderung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Bezug von Ökostrom beibehalten					
Ziel und Strategie: Der kontinuierliche Bezug von zertifiziertem Ökostrom durch die Kommune reduziert die CO ₂ -Emissionen im Stromverbrauch auf ein Minimum und trägt zur Vorbildfunktion der öffentlichen Hand bei. Ziel ist es, die Nachfrage nach erneuerbaren Energien zu stärken und die Klimaziele der Kommune voranzutreiben.					
Ausgangslage: Die Kommune bezieht bereits Ökostrom für ihre Liegenschaften und Straßenbeleuchtung. Die Fortsetzung dieser Maßnahme ist notwendig, um sicherzustellen, dass der kommunale Stromverbrauch weiterhin klimaneutral gedeckt wird.					
Beschreibung: Die Kommune verpflichtet sich, auch künftig ausschließlich Ökostrom aus erneuerbaren Energien zu beziehen. Dabei soll darauf geachtet werden, dass der Strom durch verlässliche Zertifikate (z. B. "Grüner Strom Label", TÜV Nord/ Süd-Zertifizierung) belegt ist. Alternativ oder ergänzend kann geprüft werden, ob langfristige Lieferverträge (Power Purchase Agreements, PPA) mit regionalen Anbietern geschlossen werden können, um den regionalen Ausbau erneuerbarer Energien zu fördern.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Verwaltung, Energieversorger					
Zielgruppe: Kommunale Verwaltung					
Handlungsschritte und Zeitplan: Prüfung der bestehenden Verträge und Erneuerung der Ausschreibung (Jahr 1), Auswahl eines geeigneten Anbieters von zertifiziertem Ökostrom (Jahr 1–2), Abschluss eines neuen langfristigen Vertrags (ab Jahr 2), Öffentlichkeitsarbeit, um die Maßnahme als Beispiel für Nachhaltigkeit zu kommunizieren (ab Jahr 2, laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Abschluss eines Ökostromvertrags mit anerkannter Zertifizierung					
Gesamtaufwand: Mehrausgaben für zertifizierten Ökostrom im Vergleich zu konventionellem Strom: ca. 0–5 % der jährlichen Stromkosten					
Finanzierungsansatz: Laufende Finanzierung über den kommunalen Haushalt					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Zählt nicht auf THG-Bilanz ein, aber Vorbildfunktion					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Signalwirkung für Bürger und Unternehmen					
Flankierende Maßnahmen: Ausbau der Nutzung von Eigenstrom durch Photovoltaik auf kommunalen Gebäuden, Einführung von Energiesparmaßnahmen in kommunalen Liegenschaften, um den Gesamtverbrauch zu senken					
Hinweise: Auf regionalen Bezug und glaubwürdige Zertifikate achten, um Greenwashing zu vermeiden, Öffentlichkeitsarbeit zur Information über die Vorteile von Ökostrom					

Handlungsfeld Verwaltung und Energie	Nummer 5	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Vernetzung, Förderung, Zertifizierung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Teilnahme am European Energy Award (EEA)					
Ziel und Strategie: Die Teilnahme am European Energy Award zielt darauf ab, ein strukturiertes und überprüfbares Energiemanagementsystem in der Kommune zu etablieren. Der EEA unterstützt die systematische Planung, Umsetzung und Kontrolle von Klimaschutzmaßnahmen und fördert die kontinuierliche Verbesserung der Energieeffizienz in allen kommunalen Handlungsfeldern.					
Ausgangslage: Die Kommune engagiert sich bereits für den Klimaschutz, doch ein strukturierter und standardisierter Prozess zur Erfolgskontrolle sowie eine externe Zertifizierung fehlen bislang. Die Teilnahme am EEA bietet die Möglichkeit, bestehende Maßnahmen zu koordinieren, deren Wirksamkeit zu messen und weiterzuentwickeln.					
Beschreibung: Der European Energy Award ist ein internationales Zertifizierungs- und Qualitätsmanagementsystem für Kommunen. Die Kommune tritt dem Programm bei und durchläuft einen standardisierten Prozess, der die Erhebung des Status quo, die Entwicklung eines Maßnahmenplans, die Umsetzung von Maßnahmen und deren Evaluierung umfasst. Externe Energieberater begleiten den Prozess. Bei erfolgreicher Umsetzung wird die Kommune mit dem European Energy Award ausgezeichnet.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Klimaschutzmanager, Gesamte Verwaltung, Externe EEA-Berater, Gemeinderat					
Zielgruppe: Kommunale Verwaltung					
Handlungsschritte und Zeitplan: Beitritt zum EEA-Programm und Auswahl eines externen Beraters (Jahr 1), Durchführung der ersten Bestandsaufnahme und Erstellung eines Maßnahmenplans (Jahr 1–2), Umsetzung priorisierter Maßnahmen und laufende Erfolgskontrolle (ab Jahr 2), Audit durch externe Gutachter und Verleihung des EEA-Zertifikats (Jahr 3), Regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Maßnahmen (alle 4 Jahre)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Beitritt zum EEA-Programm innerhalb des ersten Jahres, Erreichung der Zertifizierung (50 %) nach 3 Jahren					
Gesamtaufwand: Jährlich ca. 10.000 €					
Finanzierungsansatz: Fördermöglichkeiten über Bundes- und Landesmittel (z. B. Kommunalrichtlinie BMUV)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Direkte Einsparungen variieren je nach umgesetzten Maßnahmen. Durch den EEA-Prozess können jährlich 5–15 % Energieeffizienzsteigerungen erzielt werden.					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Erhöhte Transparenz und Qualität bei der Planung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen, Signalwirkung					
Flankierende Maßnahmen: Öffentlichkeitsarbeit zur Zertifizierung (z. B. Pressemitteilungen, Informationsveranstaltungen)					
Hinweise: Wichtig: Regelmäßige Schulung und Sensibilisierung der Verwaltungsmitarbeitenden, Erfahrungsaustausch mit anderen EEA-Kommunen					

Handlungsfeld Energie und Gebäude	Nummer 6	Priorität 1	Maßnahmen-Typ Technische Maßnahme, Planung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Mittel- bis Langfristig (4 bis 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Erstellung einer Sanierungsstrategie für kommunale Gebäude					
Ziel und Strategie: Ziel ist die umfassende Sanierung kommunaler Gebäude zur Verbesserung der Energieeffizienz und Reduktion der Treibhausgasemissionen. Die Sanierungsstrategie dient als Planungsgrundlage, um Sanierungsmaßnahmen priorisiert, effizient und kosteneffektiv umzusetzen und Fördermöglichkeiten optimal auszuschöpfen.					
Ausgangslage: Viele kommunale Gebäude entsprechen nicht mehr dem aktuellen energetischen Standard, was zu hohen Energieverbräuchen und Emissionen führt. Eine systematische Sanierungsstrategie existiert bisher nicht. Erste energetische Bewertungen einzelner Gebäude wurden bereits durchgeführt und sollen als Grundlage dienen.					
Beschreibung: Die Sanierungsstrategie umfasst eine umfassende Bestandsaufnahme der kommunalen Gebäude, eine Bewertung der energetischen Zustände und die Erstellung eines Maßnahmenplans mit Priorisierung nach Einsparpotenzial, Investitionsbedarf und Fördermöglichkeiten. Neben baulichen Maßnahmen (z. B. Dämmung, Fenster, Dach) sollen auch technische Maßnahmen (z. B. Heizsysteme, Lüftung, Beleuchtung) berücksichtigt werden.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Klimaschutzmanager, Ortsbaumeister, Externe Energieberater					
Zielgruppe: Kommunale Einrichtungen und deren Nutzer, Gemeinderat					
Handlungsschritte und Zeitplan: Vergabe eines Auftrags zur Erstellung der Sanierungsstrategie an ein Fachbüro (Jahr 1), Durchführung der Bestandsaufnahme und energetischer Bewertung (Jahr 1-2), Entwicklung eines priorisierten Maßnahmenplans (Jahr 2), Beschluss der Strategie durch den Gemeinderat (Jahr 3), Umsetzung erster Maßnahmen gemäß Strategie (ab Jahr 3)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Erstellung und Verabschiedung der Sanierungsstrategie innerhalb von 2 Jahren					
Gesamtaufwand: Unklar					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme wie die Kommunalrichtlinie des BMUV, Landesförderungen für Energieberatungen und Sanierungsplanung					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Durch Umsetzung von Sanierungen					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Reduktion der Betriebskosten, langfristige Aufwertung der Gebäude und gesteigerte Zufriedenheit der Nutzer					
Flankierende Maßnahmen: Sensibilisierung der Nutzer der Gebäude für energetisches Verhalten					
Hinweise: Abstimmung mit kommunaler Wärmeplanung für Synergien					

Handlungsfeld Energie und Wärmeversorgung	Nummer 7	Priorität 1	Maßnahmen-Typ Strategische Planung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Kommunale Wärmeplanung					
Ziel und Strategie: Die Wärmeplanung soll eine zukunftsfähige, effiziente und klimaneutrale Wärmeversorgung für die Kommune sicherstellen. Ziel ist es, den Wärmebedarf zu senken, erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung auszubauen und den Wandel hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung aktiv zu gestalten.					
Ausgangslage: Die Wärmeversorgung basiert in vielen Gebäuden noch stark auf fossilen Energieträgern wie Gas oder Öl. Um die Klimaziele zu erreichen, ist eine strategische Planung erforderlich, die den Bestand analysiert, Potenziale für Erneuerbare Energien identifiziert und Maßnahmen zur Umstellung auf klimaneutrale Alternativen entwickelt.					
Beschreibung: Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden folgende Schritte umgesetzt: 1. Analyse des aktuellen Wärmebedarfs und der bestehenden Versorgungsstrukturen. 2. Identifikation von Potenzialen für erneuerbare Energien wie Solarthermie, Geothermie und Biomasse. 3. Entwicklung eines integrierten Maßnahmenplans, z. B. für den Ausbau von Wärmenetzen, Effizienzsteigerungen oder Förderprogramme. 4. Integration der Wärmeplanung in andere kommunale Planungsprozesse, z. B. Bauleitplanung.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Verwaltung, Bauamt, Externer Fachplaner					
Zielgruppe: Privathaushalte, GHD, Kommunale Einrichtungen					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bestandsaufnahme und Datenanalyse (Jahr 1–2), Erstellung eines Wärmeplans mit Maßnahmenkatalog (Jahr 2–3), Öffentlichkeitsarbeit und Einbindung der relevanten Akteure (ab Jahr 2, laufend), Umsetzung der priorisierten Maßnahmen (ab Jahr 3, laufend), Evaluation und Fortschreibung des Wärmeplans (alle 5 Jahre)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Fertigstellung des kommunalen Wärmeplans					
Gesamtaufwand: Erstellung des vereinfachten Wärmeplans für kleine Kommunen: ca. 10.000-15.000€					
Finanzierungsansatz: Förderung durch das Land					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Indirekt					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Kosteneinsparungen durch energieeffiziente Gebäude und Infrastruktur					
Flankierende Maßnahmen: Öffentlichkeitsarbeit					
Hinweise: Regelmäßige Fortschreibung und Anpassung des Wärmeplans an technologische und gesetzliche Entwicklungen					

Handlungsfeld Organisation und Politik	Nummer 8	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Governance	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Ausschuss im Gemeinderat zum Klimaschutz					
Ziel und Strategie: Ziel ist die Einrichtung eines festen Ausschusses im Gemeinderat, der sich spezifisch mit Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsthemen befasst. Der Ausschuss soll Entscheidungen vorbereiten, Maßnahmen koordinieren und als Bindeglied zwischen Verwaltung, Politik und Öffentlichkeit fungieren, um die Klimaschutzstrategie der Kommune effektiv voranzutreiben.					
Ausgangslage: Klimaschutz wird bereits im Gemeinderat behandelt, allerdings oft nur als Nebenaspekt anderer Themen. Ein spezialisierter Ausschuss würde dem Thema mehr Gewicht verleihen und eine effektivere Bearbeitung sicherstellen.					
Beschreibung: Der Ausschuss übernimmt folgende Aufgaben: 1. Beratung und Vorbereitung von Beschlüssen im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit. 2. Überwachung und Evaluierung der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen. 3. Austausch mit Experten, Bürgern und anderen Kommunen. 4. Initiierung neuer Projekte und Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele. Der Ausschuss setzt sich aus Vertretern des Gemeinderats, der Verwaltung und gegebenenfalls externen Beratern zusammen.					
Initiator: Gemeinderat					
Akteure: Gemeinderat, Verwaltung, ggf. externe Experten (zb. Klimaschutzagentur)					
Zielgruppe: Verwaltung und Gemeinderat					
Handlungsschritte und Zeitplan: Beschluss zur Einrichtung des Ausschusses (Jahr 1), Festlegung von Aufgaben, Struktur und Arbeitsweise (Jahr 1), Durchführung regelmäßiger Sitzungen (ab Jahr 1, laufend), Berichterstattung über Fortschritte und Empfehlungen (laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Einrichtung des Ausschusses					
Gesamtaufwand: Gering					
Finanzierungsansatz: Eigenmittel der Kommune					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Indirekt					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]		THG-Einsparungen [t/a]	
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Effizientere politische Steuerung und Koordinierung im Bereich Klimaschutz					
Flankierende Maßnahmen: Regelmäßige Berichterstattung in öffentlichen Gemeinderatssitzungen					
Hinweise: Sicherstellung der Interdisziplinarität durch Einbindung von Mitgliedern mit unterschiedlichen Kompetenzen und Perspektiven					

Handlungsfeld Verwaltung und Organisation	Nummer 9	Priorität 3	Maßnahmen- Typ Strategische Umsetzung, Ordnungsrecht	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Nachhaltige Beschaffung in der Verwaltung					
Ziel und Strategie: Die Einführung eines nachhaltigen Beschaffungsmanagements soll sicherstellen, dass die Produkte und Dienstleistungen, die von der Verwaltung bezogen werden, ökologische und soziale Standards erfüllen. Ziel ist es, die öffentliche Beschaffung an Nachhaltigkeitskriterien auszurichten, den Ressourceneinsatz zu minimieren und langfristig Kosten zu senken.					
Ausgangslage: Die Verwaltung ist ein großer Verbraucher von Materialien und Dienstleistungen. Oftmals sind jedoch bei der Beschaffung weder ökologische noch soziale Standards verankert. Hier liegt großes Potenzial, durch gezielte Steuerung Vorbildfunktion einzunehmen und lokale sowie globale Umwelt- und Sozialprobleme zu adressieren.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst die Entwicklung und Einführung von verbindlichen Leitlinien für nachhaltige Beschaffung. Dazu gehört: 1. Festlegung von Kriterien (z. B. ökologische, regionale und faire Produkte) für verschiedene Produktkategorien. 2. Schulung der Mitarbeitenden in der Verwaltung, um Nachhaltigkeitsstandards in Ausschreibungen und Vergaben zu integrieren. 3. Integration von Lebenszykluskosten in die Vergabeentscheidungen. 4. Regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Beschaffungspolitik an neue Entwicklungen.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Verwaltung, Lieferanten und Dienstleistungsanbieter					
Zielgruppe: Mitarbeiter der Verwaltung					
Handlungsschritte und Zeitplan: Ist-Analyse der aktuellen Beschaffungsprozesse (Jahr 1), Erarbeitung eines Leitfadens für nachhaltige Beschaffung (Jahr 1–2), Schulungen für die Mitarbeitenden (ab Jahr 2), Umsetzung der neuen Standards in den Vergabeprozessen (ab Jahr 2, laufend), Regelmäßige Evaluation und Berichterstattung (alle 2 Jahre)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anteil der Beschaffungen, die Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, Anzahl geschulter Mitarbeitender					
Gesamtaufwand: Erstellung Leitfaden, Schulung von Mitarbeitern 5.000-10.000 €					
Finanzierungsansatz: Fördermittel prüfen					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Geringer Einfluss					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Förderung lokaler Anbieter und fairer Handelsbeziehungen					
Flankierende Maßnahmen: Öffentlichkeitsarbeit zu den Vorteilen nachhaltiger Beschaffung, Zusammenarbeit mit anderen Kommunen, um nachhaltige Lieferketten zu fördern					
Hinweise: Besonderer Fokus auf Produkte mit Umwelt- und Sozialzertifikaten (z. B. Fairtrade, Blauer Engel)					

Handlungsfeld Energie und Mobilität	Nummer 10	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Beschaffung	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Fuhrpark und Maschinen wo möglich auf Elektro umstellen					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, die CO ₂ -Emissionen des kommunalen Fuhrparks (Verwaltung und Bauhof) und der Maschinen zu reduzieren, indem konventionelle Fahrzeuge und Geräte schrittweise durch Elektro- oder alternative Antriebe ersetzt werden. Dies trägt zur Vorbildfunktion der Kommune bei und unterstützt die Erreichung der Klimaziele.					
Ausgangslage: Der kommunale Fuhrpark besteht noch größtenteils aus Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren, die hohe Betriebskosten und Treibhausgasemissionen verursachen. Ebenso werden viele Maschinen wie Rasenmäher etc. mit fossilen Brennstoffen betrieben.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst: 1. Analyse des aktuellen Fuhrparks und der Maschinen hinsichtlich ihres Energieverbrauchs, Einsatzbereichs und Umstellbarkeit. 2. Anschaffung von Elektrofahrzeugen, E-Bikes und elektrisch betriebenen Maschinen (z. B. Rasenmäher, Kehrmaschinen). 3. Ausbau der Ladeinfrastruktur auf kommunalen Grundstücken und Betriebshöfen. 4. Schulung des Personals zur Handhabung neuer Technologien und Sicherstellung der Wartung. 5. Monitoring der Einsparungen und regelmäßige Fortschreibung der Umstellungsstrategie.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Hersteller von Fahrzeugen und Maschinen, Bauhof					
Zielgruppe: Kommunale Mitarbeiter					
Handlungsschritte und Zeitplan: Erstellung eines Umstellungsplans und Priorisierung der Fahrzeug- und Maschinenklassen (Jahr 1), Ausschreibung und Beschaffung erster Elektrofahrzeuge und Maschinen (Jahr 1–2), Aufbau der erforderlichen Ladeinfrastruktur (ab Jahr 2), Evaluation der Betriebskosten und Effizienz der neuen Fahrzeuge und Geräte (ab Jahr 3, laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anteil elektrifizierter Fahrzeuge und Maschinen im Fuhrpark					
Gesamtaufwand: Für einzelne Posten zu prüfen					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme für Elektromobilität und Ladeinfrastruktur (z. B. KfW, BAFA)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung:					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a] Einsparung von ca. 1–5 t CO ₂ pro Jahr und Fahrzeug/ Maschine		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Signalwirkung als klimafreundliche Kommune					
Flankierende Maßnahmen: Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung der Elektromobilität auch bei Bürgern					
Hinweise: Sofortige Umstellung wird bei einigen Fahrzeugen (zb. Feuerwehr) nicht möglich sein. Deshalb den Markt langfristig beobachten und zu einem späteren Zeitpunkt nochmals prüfen.					

Handlungsfeld Verkehr und Mobilität	Nummer 11	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Infrastruktur	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Umsetzung Radverkehrskonzept fortführen					
Ziel und Strategie: Die Maßnahme zielt darauf ab, den Radverkehrsanteil im Modal Split zu erhöhen, die Verkehrssicherheit für Radfahrer zu verbessern und die Attraktivität des Radfahrens zu steigern. Durch die konsequente Umsetzung des bestehenden Radverkehrskonzepts sollen Maßnahmen wie der Ausbau von Radwegen, die Einrichtung von Abstellanlagen und die bessere Verknüpfung von Verkehrsträgern realisiert werden.					
Ausgangslage: Ein Radverkehrskonzept liegt bereits vor, dessen Umsetzung jedoch noch nicht abgeschlossen ist. Der Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur ist für die Förderung klimafreundlicher Mobilität und die Reduktion von Treibhausgasemissionen von zentraler Bedeutung.					
Beschreibung: Die Umsetzung des Radverkehrskonzepts umfasst unter anderem: 1. Ausbau und Lückenschluss im Radwegenetz, inklusive Beschilderung und Markierung. 2. Schaffung zusätzlicher, sicherer Fahrradabstellanlagen, insbesondere an Bahnhöfen, Haltestellen und öffentlichen Einrichtungen. 3. Einrichtung von Radverkehrsachsen, die schnelle und sichere Verbindungen für Pendler bieten. 4. Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, wie beispielsweise Tempolimits und separierte Radwege. 5. Öffentlichkeitsarbeit und Kampagnen zur Förderung des Radfahrens.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Planungsbüros und Bauunternehmen, Bürger und Interessenvertretungen (Fafre e.V.), Schulen					
Zielgruppe: Berufspendler, Schüler, Freizeit- und Alltagsradler					
Handlungsschritte und Zeitplan: Priorisierung und Planung der noch offenen Maßnahmen aus dem Radverkehrskonzept (Jahr 1–2), Förderanträge und Finanzierung sichern (Jahr 1–2), Bau und Umsetzung der priorisierten Maßnahmen (ab Jahr 2, laufend), Begleitende Öffentlichkeitsarbeit und Evaluierung (laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Fertigstellung von X km neuer oder verbesserter Radwege, Erhöhung des Radverkehrsanteils im Modal Split, Anzahl neuer Fahrradabstellanlagen					
Gesamtaufwand: Nicht abzuschätzen					
Finanzierungsansatz: Förderung durch Landes- und Bundesprogramme (z. B. "Klimaschutz durch Radverkehr"), Eigenmittel der Kommune					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Einsparung von 50–200 kg CO ₂ pro Person und Jahr bei Umstieg auf das Fahrrad					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Steigerung der Lebensqualität durch sicherere und attraktivere Radwege, Gesundheitsförderung durch aktives Mobilitätsverhalten					
Flankierende Maßnahmen: Teilnahme an Aktionen wie "Stadtradeln"					
Hinweise: Regelmäßige Erfolgskontrolle und Fortschreibung des Konzepts erforderlich					

Handlungsfeld	Nummer	Priorität	Maßnahmen-Typ	Einführung der Maßnahme	Dauer der Maßnahme
Verkehr und Mobilität	12	2	Infrastruktur, Verhaltensänderung	Kurzfristig (0-3 Jahre)	Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: ÖPNV stärken					
Ziel und Strategie: Die Attraktivität und Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) sollen gesteigert werden, um den motorisierten Individualverkehr (MIV) zu reduzieren. Ziel ist es durch ein verbessertes Angebot, attraktive Tarife und eine stärkere Vernetzung die Mobilitätswende voranzutreiben und damit die CO ₂ -Emissionen aus dem Verkehrssektor deutlich zu senken.					
Ausgangslage: In der Region besteht Potenzial zur Optimierung des ÖPNV-Angebots. Der Modal Split zeigt einen vergleichsweise geringen Anteil an ÖPNV-Nutzern, was durch unzureichende Verbindungen, lange Fahrzeiten und fehlende Vernetzung verstärkt wird.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst eine Vielzahl von Ansätzen zur Verbesserung des ÖPNV, darunter: 1. Taktverdichtungen und Optimierung der Linienführung, insbesondere zu Pendlerzeiten. 2. Einführung oder Erweiterung von On-Demand-Verkehren in weniger dicht besiedelten Gebieten. 3. Einführung von attraktiven, digitalen Ticketlösungen wie z. B. Deutschland-Ticket oder Stadt-Pass-Modellen. 4. Ausbau barrierefreier Haltestellen und Fahrzeuge. 5. Maßnahmen zur besseren Verknüpfung von Verkehrsträgern, wie Fahrradmitnahme im ÖPNV oder Pendlerparkplätze. 6. Öffentlichkeitskampagnen zur Bewerbung der Angebote und Aufklärung über deren Klimavorteile.					
Initiator: Gemeindeverwaltung in Kooperation mit regionalen Verkehrsunternehmen					
Akteure: Verkehrsverbünde und -unternehmen, Kommunale Verwaltung, Bürger und Interessenvertretungen, Schulen und Unternehmen					
Zielgruppe: Berufspendler, Schüler, Bürger ohne eigenes Fahrzeug					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bedarfsermittlung und Fahrgastbefragungen (Jahr 1), Entwicklung eines Maßnahmenpakets zur Angebotsoptimierung (Jahr 1–2), Förderanträge und Finanzierung sichern (Jahr 2), Umsetzung der Maßnahmen: Taktverdichtungen, barrierefreie Ausbauten, Ticketlösungen (ab Jahr 2, laufend), Öffentlichkeitsarbeit und Begleitung durch Monitoring (ab Jahr 2, laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Steigerung der Fahrgastzahlen im ÖPNV, Anzahl barrierefreier Haltestellen					
Gesamtaufwand: Variabel					
Finanzierungsansatz: Fördermittel aus Landes- und Bundesprogrammen (z. B. Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Einsparung von bis zu 0,2–1,0 t CO ₂ pro Person und Jahr					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Entlastung des Straßennetzes und Verbesserung der Luftqualität, Erhöhung der Lebensqualität durch attraktiven und bezahlbaren ÖPNV					
Flankierende Maßnahmen:					
Hinweise: Enge Abstimmung mit Verkehrsunternehmen erforderlich, Synergien mit anderen Maßnahmen (Bürgerbus, Regionalstadtbahn) beachten.					

Handlungsfeld Verkehr und Mobilität	Nummer 13	Priorität 3	Maßnahmen-Typ Infrastruktur, Verhaltensänderung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Car-/Bike-Sharing ausbauen					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, die Nutzung von Car- und Bike-Sharing-Angeboten als Ergänzung zum öffentlichen Verkehr und als Alternative zum privaten Fahrzeugbesitz zu fördern. Dies soll den motorisierten Individualverkehr reduzieren, die Verkehrsemissionen senken und einen nachhaltigen Mobilitätsmix unterstützen.					
Ausgangslage: In der Kommune gibt es bisher nur eine Car-Sharing Station und nur das Lastenrad-Sharing, die nicht flächendeckend genutzt werden können. Insbesondere in weniger zentralen Lagen fehlen solche Angebote.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst folgende Schritte: 1. Analyse des aktuellen Bedarfs und möglicher Standorte für Car-/Bike-Sharing-Angebote. 2. Kooperation mit bestehenden Anbietern oder die Einrichtung eines kommunalen Sharing-Dienstes. 3. Ausbau der Infrastruktur, z. B. durch Schaffung von Ladestationen für E-Fahrzeuge oder Abstellplätzen für Sharing-Bikes. 4. Integration der Angebote in bestehende Mobilitätsplattformen und Apps, um die Nutzung zu erleichtern. 5. Öffentlichkeitsarbeit und Sensibilisierung der Bevölkerung für die Vorteile von Car-/Bike-Sharing.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Sharing-Anbieter, regionale Mobilitätsdienstleister, Bürger					
Zielgruppe: Pendler, Bürger ohne eigenes Fahrzeug					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bedarfsermittlung und Standortanalyse (Jahr 1), Verhandlungen mit Anbietern und Planung der Infrastruktur (Jahr 1–2), Umsetzung und Installation neuer Car-/Bike-Sharing-Standorte (ab Jahr 2, laufend), Öffentlichkeitskampagnen und Mobilitätsberatung (ab Jahr 2, laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl neu geschaffener Car-/Bike-Sharing-Stationen, Steigerung der registrierten Nutzer für die Angebote					
Gesamtaufwand: Kosten für Infrastruktur: ca. 50.000					
Finanzierungsansatz: Fördermittel von Land und Bund für nachhaltige Mobilität, Kooperation mit privaten Anbietern und Investoren					
Energie- und Treibhausgaseinsparung:					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a] Einsparung von bis zu 1–2 t CO ₂ pro Fahrzeug, das durch Car-Sharing ersetzt wird		
Wertschöpfung: Einsparung von Kosten für den privaten Fahrzeugbesitz, Schaffung eines flexiblen Mobilitätsangebots für Bürger					
Flankierende Maßnahmen: Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur, Verknüpfung mit ÖPNV					
Hinweise: Sicherstellung der Verfügbarkeit in allen Ortsteilen					

Handlungsfeld Verkehr und Mobilität	Nummer 14	Priorität 3	Maßnahmen-Typ Netzwerk, Zertifizierung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Beitritt AGFK, Zertifizierung fahrradfreundliche Kommune/Arbeitgeber					
Ziel und Strategie: Durch den Beitritt zur Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundlicher Kommunen (AGFK) soll die Kommune ihre Fahrradfreundlichkeit verbessern und den Radverkehr als klimafreundliche Mobilitätsform fördern. Mit der Zertifizierung als "Fahrradfreundliche Kommune" wird das Engagement der Kommune sichtbar gemacht, während die Zertifizierung als fahrradfreundlicher Arbeitgeber die Vorbildfunktion der Verwaltung unterstreicht.					
Ausgangslage: Der Radverkehr wird zunehmend als wichtiger Bestandteil einer nachhaltigen Mobilitätsstrategie anerkannt. Die Kommune hat bereits erste Maßnahmen im Bereich Radverkehr umgesetzt, jedoch fehlt bislang eine strategische Verankerung und Zertifizierung, die das Engagement sichtbar macht.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst: 1. Antragstellung für den Beitritt zur AGFK und Durchführung eines Audits für die Zertifizierung. 2. Umsetzung notwendiger Maßnahmen zur Erfüllung der Kriterien (z. B. Ausbau der Radinfrastruktur, Einführung von Diensträdern für Mitarbeiter, sichere Abstellmöglichkeiten). 3. Öffentlichkeitsarbeit zur Zertifizierung und zur Förderung des Radverkehrs in der Kommune. 4. Vernetzung mit anderen Mitgliedskommunen, um von Best-Practice-Beispielen zu profitieren.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: AGFK, Interessensvertretungen					
Zielgruppe: Bürger, Mitarbeiter der Verwaltung, Unternehmen					
Handlungsschritte und Zeitplan: Antragstellung und Kontaktaufnahme mit der AGFK (Jahr 1), Durchführung einer Bestandsaufnahme und Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen (Jahr 1–2), Audit und Zertifizierung als fahrradfreundliche Kommune/Arbeitgeber (ab Jahr 2), Kontinuierliche Weiterentwicklung der Maßnahmen und Re-Zertifizierung (laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Beitritt zur AGFK und Erhalt des Zertifikats					
Gesamtaufwand: Mitgliedsbeitrag AGFK: ca. 1.000 jährlich, zusätzliche Anschubkosten					
Finanzierungsansatz: Fördermittel von Land und Bund für nachhaltige Mobilität					
Energie- und Treibhausgaseinsparung:					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a] Einsparung von 50–200 kg CO ₂ pro Jahr und Person, die auf das Fahrrad umsteigt		
Wertschöpfung: Steigerung der Lebensqualität und Attraktivität der Kommune					
Flankierende Maßnahmen: Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur, Stadtradeln					
Hinweise: Regelmäßige Überprüfung und Fortschreibung der Kriterien erforderlich					

Handlungsfeld Verkehr und Mobilität	Nummer 15	Priorität 1	Maßnahmen-Typ Infrastruktur, ÖPNV	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Unterstützung Regionalstadtbahn					
Ziel und Strategie: Die Unterstützung der Regionalstadtbahn Neckar-Alb zielt darauf ab, den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) in der Region nachhaltig zu stärken und den motorisierten Individualverkehr (MIV) zu reduzieren. Das Projekt soll eine bessere Vernetzung der Städte und Gemeinden ermöglichen, die Attraktivität des ÖPNV erhöhen und somit einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten.					
Ausgangslage: Das Projekt Regionalstadtbahn Neckar-Alb ist ein bedeutendes Verkehrs- und Klimaschutzvorhaben in der Region. Es umfasst den Ausbau und die Elektrifizierung von Bahnstrecken sowie die Einführung eines modernen Stadtbahnnetzes. Die Umsetzung erfordert die Unterstützung der Kommunen, um eine reibungslose Planung, Finanzierung und Integration sicherzustellen.					
Beschreibung: Die Kommune wird das Projekt Regionalstadtbahn Neckar-Alb aktiv unterstützen durch: 1. Politische Unterstützung und Öffentlichkeitsarbeit für das Projekt. 2. Beteiligung an der Planung und Abstimmung der Streckenführung sowie der Haltestellenstandorte. 3. Integration der Stadtbahn in das kommunale Mobilitätskonzept und Anbindung durch Radverkehrs- und Businfrastruktur.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Zweckverband Regionalstadtbahn Neckar-Alb, Landes- und Bundesbehörden					
Zielgruppe: Pendler, Schüler, Bürger, Unternehmen					
Handlungsschritte und Zeitplan: -					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Fortschritt beim Bau und Ausbau der Stadtbahnstrecke					
Gesamtaufwand: -					
Finanzierungsansatz:					
Energie- und Treibhausgaseinsparung:					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a] Einsparung von ca. 0,2–0,5 t CO ₂ pro Person und Jahr bei regelmäßiger Nutzung der Stadtbahn		
Wertschöpfung: Schaffung eines attraktiveren Wohn- und Arbeitsumfelds durch bessere Verkehrsanbindungen					
Flankierende Maßnahmen: Integration der Regionalstadtbahn in lokale Rad- und Buskonzepte					
Hinweise: Enge Abstimmung mit benachbarten Kommunen und dem Zweckverband					

Handlungsfeld Verkehr und Mobilität	Nummer 16	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Infrastruktur	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Ausbau von Gehwegen					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, die Infrastruktur für Fußgänger zu verbessern, die Verkehrssicherheit zu erhöhen und den Fußverkehr als umweltfreundliche Mobilitätsform zu fördern. Durch den Ausbau und die Modernisierung von Gehwegen soll die Kommune fußgängerfreundlicher werden und einen Beitrag zur Verkehrsverlagerung weg vom motorisierten Individualverkehr leisten.					
Ausgangslage: In einigen Bereichen der Kommune fehlen Gehwege oder sie sind in einem schlechten Zustand. Dies beeinträchtigt die Sicherheit und Attraktivität des Fußverkehrs, insbesondere für Kinder, ältere Menschen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst: 1. Analyse des bestehenden Gehwegnetzes und Identifikation von Lücken oder Mängeln. 2. Priorisierung der Ausbaumaßnahmen nach Kriterien wie Sicherheit, Frequentierung und Anbindung. 3. Bau neuer Gehwege, insbesondere entlang von Schulwegen, Hauptverkehrsstraßen und in Wohngebieten. 4. Modernisierung bestehender Gehwege durch Verbreiterung, Barrierefreiheit und bessere Beleuchtung. 5. Förderung von Übergängen und sicheren Querungsmöglichkeiten an Straßen.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Planungsbüros und Bauunternehmen, Schulen und Kindergärten					
Zielgruppe: Fußgänger aller Altersgruppen					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bestandsaufnahme und Erstellung eines Gehwegkonzepts (Jahr 1), Planung und Finanzierung der Maßnahmen (Jahr 2), Umsetzung der priorisierten Bauvorhaben (ab Jahr 3, laufend), Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung des Fußverkehrs (ab Jahr 3)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl neuer oder sanierter Gehwege (z. B. in km)					
Gesamtaufwand: Baukosten: ca. 50.000–200.000 €/km (abhängig von Bodenbeschaffenheit und Ausstattungsdetails)					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme für nachhaltige Mobilität und Verkehrssicherheit					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: schwer zu beziffern					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Steigerung der Lebensqualität und Sicherheit in der Kommune					
Flankierende Maßnahmen: Barrierefreie Gestaltung der Gehwege und Übergänge, Kombination mit Begrünungsmaßnahmen					
Hinweise: Bürgerbeteiligung bei der Priorisierung der Maßnahmen einbinden (zb. Grundschule Kleingestingen)					

Handlungsfeld Verkehr und Mobilität	Nummer 17	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Infrastruktur	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Digitale Anzeigen an Haltestellen					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) attraktiver und nutzerfreundlicher zu gestalten. Durch digitale Anzeigen an Haltestellen sollen Echtzeitinformationen zu Abfahrtszeiten, Verspätungen und Anschlussmöglichkeiten bereitgestellt werden, um die Nutzung des ÖPNV zu fördern und die Kundenzufriedenheit zu steigern.					
Ausgangslage: Die Haltestellen in der Kommune sind mit statischen Fahrplänen ausgestattet, die keine aktuellen Informationen zu Abfahrtszeiten oder Verspätungen bieten. Dies führt insbesondere bei unregelmäßigem Verkehr oder Verspätungen zu Unsicherheiten bei den Fahrgästen.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst die Installation digitaler Anzeigetafeln an stark frequentierten Haltestellen und Knotenpunkten des ÖPNV (zb. Marktplatz, Rathaus, Bahnhof Kohlstetten). Diese Anzeigen sollen: 1. Abfahrtszeiten in Echtzeit anzeigen. 2. Informationen zu Verspätungen und alternativen Verbindungen liefern. 3. Weitere Hinweise wie Baustellen oder Fahrplanänderungen kommunizieren. Die Daten basieren auf der Vernetzung mit den Betriebsleitsystemen der Verkehrsunternehmen und werden laufend aktualisiert.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Verkehrsverbünde, Anbieter digitaler Anzeigensysteme					
Zielgruppe: Fahrgäste ÖPNV					
Handlungsschritte und Zeitplan: Auswahl geeigneter Standorte für digitale Anzeigen (Jahr 1), Ausschreibung und Vergabe der Anzeigesysteme (Jahr 1–2), Installation und Inbetriebnahme der Anzeigen (ab Jahr 2), Öffentlichkeitsarbeit zur Information über die neue Infrastruktur (ab Jahr 2)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der Haltestellen mit digitalen Anzeigen					
Gesamtaufwand: Kosten pro digitale Anzeige: ca. 10.000–30.000 € (abhängig von Ausstattung und Größe)					
Finanzierungsansatz: Fördermittel für Digitalisierung im ÖPNV (z. B. Bundesförderprogramme)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: schwer zu beziffern					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit und Attraktivität des ÖPNV					
Flankierende Maßnahmen: Kombination mit Haltestellenmodernisierung (z. B. barrierefreier Ausbau)					
Hinweise: Regelmäßige Wartung und Updates der Systeme sicherstellen					

Handlungsfeld Verkehr und Mobilität	Nummer 18	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Mobilitätsangebot	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Bürgerbus					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, die Mobilität in der Kommune, insbesondere in ländlichen und schlecht angebundenen Bereichen, zu verbessern. Der Bürgerbus bietet eine Ergänzung zum bestehenden ÖPNV und ermöglicht vor allem älteren Menschen, Kindern und Personen ohne eigenes Fahrzeug einen besseren Zugang zu wichtigen Einrichtungen wie Geschäften, Ärzten und Verwaltungsstellen.					
Ausgangslage: In einigen Teilen der Kommune gibt es unzureichende Anbindungen durch den ÖPNV. Besonders für nicht motorisierte Haushalte oder Menschen mit eingeschränkter Mobilität stellt dies ein Problem dar.					
Beschreibung: Der Bürgerbus wird von ehrenamtlichen Fahrern betrieben und ergänzt die bestehenden Verkehrsangebote. Folgende Aspekte sind Teil der Maßnahme: 1. Festlegung einer oder mehrerer Routen, die bisher unzureichend angebundene Gebiete mit zentralen Punkten verbinden. 2. Rekrutierung und Schulung ehrenamtlicher Fahrer. 3. Anschaffung eines geeigneten Fahrzeugs (barrierefrei und klimafreundlich, z. B. elektrisch). 4. Betrieb des Bürgerbusses mit festgelegten Fahrzeiten und Haltestellen. 5. Öffentlichkeitsarbeit zur Information der Bürger über das Angebot.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Ehrenamtliche Fahrer, Verkehrsbetriebe, Bürger					
Zielgruppe: Bürger					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bedarfsermittlung und Planung der Route(n) (Jahr 1), Gewinnung und Schulung von ehrenamtlichen Fahrer (Jahr 1), Anschaffung des Fahrzeugs und Abstimmung des Fahrplans (Jahr 1–2), Aufnahme des Betriebs und Monitoring der Nutzung (ab Jahr 2)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der beförderten Fahrgäste pro Jahr					
Gesamtaufwand: Anschaffung eines Fahrzeugs: ca. 50.000–100.000 € (je nach Ausstattung), Laufende Betriebskosten (Wartung, Energie): ca. 10.000–30.000 € jährlich					
Finanzierungsansatz: Fördermittel für ländliche Mobilität oder Bürgerbusprojekte					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: schwer zu beziffern					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Verbesserung der sozialen Teilhabe für Menschen ohne eigenes Fahrzeug					
Flankierende Maßnahmen: Verknüpfung mit bestehenden ÖPNV-Angeboten (z. B. als Zubringer)					
Hinweise: Langfristige Sicherstellung der ehrenamtlichen Fahrer durch regelmäßige Schulungen und Anerkennung					

Handlungsfeld Energie und Infrastruktur	Nummer 19	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Infrastruktur, Elektromobilität	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Ausbau öffentliche Ladeinfrastruktur					
Ziel und Strategie: Die Maßnahme zielt darauf ab, den Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge (PKW, Fahrräder) zu forcieren, um die Elektromobilität in der Kommune weiter zu fördern und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren. Ziel ist es, eine flächendeckende, nutzerfreundliche und zukunftsfähige Ladeinfrastruktur anzubieten.					
Ausgangslage: Die bestehenden öffentlichen Ladepunkte werden mittelfristig nicht ausreichen um den Bedarf zu decken. Deshalb sollten weitere Ladepunkte auch in Kohlsetten angeboten werden.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst: 1. Identifikation geeigneter Standorte für neue Ladepunkte, z. B. Parkplätze, Einkaufszentren, öffentliche Gebäude, touristische Hotspots. 2. Aufbau von Schnellladestationen mit moderner Technologie. 3. Integration von erneuerbaren Energien (z. B. Solaranlagen auf Parkflächen) zur Energieversorgung der Ladestationen. 4. Förderung der Nutzung durch einheitliche Bezahlmodelle, transparente Preisgestaltung und Integration in Lade-Apps. 5. Öffentlichkeitsarbeit, um über die Verfügbarkeit und Nutzung der Ladeinfrastruktur zu informieren.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Energieversorger, Betreiber von Ladestationen, Unternehmen					
Zielgruppe: Besitzer von Elektrofahrzeugen, Besucher der Kommune					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bedarfsermittlung und Standortplanung (Jahr 1), Ausschreibung und Auswahl von Partnern für den Ausbau (Jahr 1–2), Errichtung der neuen Ladeinfrastruktur (ab Jahr 2, laufend), Monitoring und Evaluierung der Nutzung (ab Jahr 3)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl neuer Ladepunkte in der Kommune					
Gesamtaufwand: Kosten pro Ladesäule (AC): ca. 5.000–15.000 €, Kosten pro Schnellladesäule (DC): ca. 20.000–100.000 €					
Finanzierungsansatz: Kooperation mit Betreibern von Ladesäulen					
Energie- und Treibhausgaseinsparung:					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a] Einsparung von 2–3 t CO ₂ pro Jahr und Fahrzeug, das auf Elektromobilität umsteigt		
Wertschöpfung: Steigerung der Attraktivität der Kommune für E-Mobilisten					
Flankierende Maßnahmen: Parkplatzmanagement					
Hinweise: Standorte in Wohngebieten mit geringem Zugang zu privaten Lademöglichkeiten priorisieren					

Handlungsfeld Gebäude und Energieeffizienz	Nummer 20	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Beratung, Förderung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Energieeffizienzberatung für Sportstätten und Vereinsheime					
Ziel und Strategie: Das Ziel ist, den Energieverbrauch in Sportstätten und Vereinsheimen zu senken und diese Gebäude klimafreundlicher zu gestalten. Durch gezielte Energieberatungen sollen ineffiziente Strukturen identifiziert und Modernisierungsmaßnahmen angestoßen werden. Dadurch werden sowohl die Betriebskosten der Vereine reduziert als auch die Klimaschutzziele der Kommune unterstützt.					
Ausgangslage: Viele Sportstätten und Vereinsheime weisen veraltete Heizungs-, Lüftungs- und Beleuchtungssysteme auf. Häufig fehlt es an Wissen über Einsparpotenziale oder Fördermöglichkeiten für Sanierungsmaßnahmen. Gleichzeitig steigen die Energiepreise und belasten die Vereine finanziell.					
Beschreibung: Es wird ein Beratungsprogramm aufgelegt, das Vereinen eine kostenlose oder vergünstigte Energieberatung anbietet. Dabei werden sowohl kurzfristige Maßnahmen wie der Wechsel zu effizienteren Beleuchtungssystemen (z. B. LED) als auch langfristige Investitionen wie die Sanierung der Gebäudehülle oder der Austausch von Heizungsanlagen vorgeschlagen. Die Vereine erhalten eine auf ihre Bedürfnisse abgestimmte Handlungsempfehlung, inklusive einer Übersicht verfügbarer Förderprogramme.					
Initiator: Gemeindeverwaltung in Zusammenarbeit mit der Klimaschutzagentur					
Akteure: Vereine, Klimaschutzagentur, Verwaltung					
Zielgruppe: Vereine					
Handlungsschritte und Zeitplan: Entwicklung des Beratungsprogramms und Auswahl qualifizierter Energieberater (Jahr 1), Bewerbung des Programms bei den Zielgruppen (Jahr 1–2), Durchführung der Beratungen (ab Jahr 2, laufend), Unterstützung bei der Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen (laufend), Monitoring der erzielten Einsparungen (ab Jahr 3)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der durchgeführten Beratungen, Umgesetzte Maßnahmen					
Gesamtaufwand: Jährlich ca. 5.000 €					
Finanzierungsansatz: Fördermöglichkeiten über Bundes- und Landesmittel (z. B. Kommunalrichtlinie BMUV, BAFA), Eigenanteil der Vereine					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Durch umgesetzte Maßnahmen					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a] 50 – 200 t/a		
Wertschöpfung: Entlastung der Vereinsbudgets durch niedrigere Energiekosten, Beitrag zu den kommunalen Klimazielen, Stärkung des Vereinswesens durch Unterstützung der Akteure					
Flankierende Maßnahmen: Schulungsangebote für Vereinsmitglieder zu Klimaschutz und Energieeffizienz					
Hinweise: Fokus auf benutzerfreundliche und praxisnahe Beratung					

Handlungsfeld Energie und Landwirtschaft	Nummer 21	Priorität 3	Maßnahmen- Typ Beratung, Vernetzung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Agri-PV Beratung					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, die Nutzung von Agri-Photovoltaik (Agri-PV) in der Kommune zu fördern. Agri-PV ermöglicht eine kombinierte Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Nahrungsmittelproduktion und die Stromerzeugung. Die Maßnahme trägt zur Energiewende bei, ohne landwirtschaftliche Flächen zu verdrängen, und schafft Synergien zwischen Energieerzeugung und Landwirtschaft.					
Ausgangslage: Die Möglichkeit, Agri-PV einzusetzen, ist vielen Landwirten und Entscheidungsträger noch nicht ausreichend bekannt. Gleichzeitig gibt es erste Förderprogramme und technologische Entwicklungen, die Agri-PV wirtschaftlich attraktiver machen.					
Beschreibung: Die Kommune bietet in Zusammenarbeit mit der Klimaschutzagentur eine Beratungsleistung zu Agri-PV für lokale Landwirt an. Die Beratung umfasst die technischen Möglichkeiten, die rechtlichen Rahmenbedingungen, Fördermöglichkeiten und mögliche Nutzungskonzepte. Ziel ist es, interessierten Betrieben den Zugang zu den notwendigen Informationen und Partnern zu erleichtern. Zusätzlich wird die Kommune gezielt Veranstaltungen und Pilotprojekte fördern, um das Potenzial von Agri-PV sichtbar zu machen.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Verwaltung, Energieversorger					
Zielgruppe: Landwirte, Energieversorger und Investoren					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bedarfsermittlung und Identifikation geeigneter Flächen für Agri-PV (Jahr 1), Organisation von Informationsveranstaltungen und Workshops (ab Jahr 1), Aufbau eines Netzwerks aus Beratern, Landwirten und Anbietern (Jahr 2–3), Unterstützung von Pilotprojekten in der Kommune (ab Jahr 3), Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung der Maßnahme (laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der Beratungen, Anzahl realisierter Projekte					
Gesamtaufwand: Organisation und Durchführung von Beratungen und Workshops: 5.000–10.000 €					
Finanzierungsansatz: Förderung durch Landes- und Bundesmittel					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Durch umgesetzte Projekte					
Endenergieeinsparungen [MWh/a] 500-2.000 MWh/a			THG-Einsparungen [t/a] 300-800 t/a		
Wertschöpfung: Höhere Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Flächen, Schaffung neuer Einnahmequellen für Landwirte, Beitrag zur regionalen Energieversorgung					
Flankierende Maßnahmen: Integration von Agri-PV in bestehende Klimaschutz- und Flächennutzungspläne, Austausch mit Kommunen mit laufenden Projekten					
Hinweise: Aufklärung über mögliche Nutzungskonflikte und rechtliche Hürden					

Handlungsfeld	Nummer	Priorität	Maßnahmen- Typ	Einführung der Maßnahme	Dauer der Maßnahme
Öffentlichkeitsarbeit und Energieeffizienz	22	1	Beratung	Kurzfristig (0-3 Jahre)	Mittelfristig (4-7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Energiekarawane					
Ziel und Strategie: Die Energiekarawane soll Bürger gezielt bei der Identifikation von Energieeinsparpotenzialen unterstützen. Durch kostenlose Beratungen und Informationsveranstaltungen wird ein Anreiz geschaffen, energetische Modernisierungen von Gebäuden und den Einsatz erneuerbarer Energien voranzutreiben. Ziel ist es, die Akzeptanz und das Engagement der Bürger für Klimaschutzmaßnahmen zu stärken.					
Ausgangslage: Die energetische Sanierung des Gebäudebestands ist eine der wichtigsten Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele. Viele Bürger sind jedoch unsicher, welche Maßnahmen sinnvoll und wirtschaftlich sind, oder es fehlt ihnen der Zugang zu relevanten Informationen und Fördermöglichkeiten.					
Beschreibung: Die Energiekarawane ist eine aufsuchende Beratungsmaßnahme. In ausgewählten Ortsteilen bietet sie kostenlose und neutrale Energieberatungen für private Haushalte an. Begleitet wird die Aktion durch Infoveranstaltungen, Material zu Förderprogrammen und die Vermittlung von Energieberater. Ziel ist es, die Hemmschwelle für Investitionen in energetische Maßnahmen zu senken.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Verwaltung, Klimaschutzagentur, Handwerksbetriebe					
Zielgruppe: Hausbesitzer					
Handlungsschritte und Zeitplan: Kontaktaufnahme mit Energieberatern/Klimaschutzagentur und Erstellung eines Aktionsplans (Jahr 1), Durchführung der Infoveranstaltungen und Beratungen (ab Jahr 2), Evaluation der Maßnahme und Ableitung von Verbesserungsvorschlägen (ab Jahr 3)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der durchgeführten Beratungen					
Gesamtaufwand: Erstellung der Gefahrenkarte und Risikoanalyse: Kosten für Energieberatungen: 500–1.000 € pro Haushalt					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme des Bundes und der Länder					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Wenn Beratung zu Sanierung führt					
Endenergieeinsparungen [MWh/a] 1-1,5		THG-Einsparungen [t/a] 1-3 pro Haushalt und Jahr pro Haushalt und Jahr			
Wertschöpfung: Stärkung des lokalen Handwerks durch Aufträge für Sanierungen					
Flankierende Maßnahmen: Öffentlichkeitsarbeit zur Bewerbung der Energiekarawane					
Hinweise: Kooperation mit lokalen Handwerksbetrieben und Energieagenturen verstärken, Erfolgreiche Beispiele von Sanierungsmaßnahmen als Best-Practice kommunizieren					

Handlungsfeld Wirtschaft und Klimaschutz	Nummer 23	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Beratung	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Klimafit-Programm für Unternehmen					
Ziel und Strategie: Das Klimafit-Programm soll Unternehmen in der Kommune dabei unterstützen, ihre Betriebsabläufe nachhaltiger zu gestalten, CO ₂ -Emissionen zu reduzieren und Energiekosten einzusparen. Ziel ist es, Unternehmen für die Herausforderungen des Klimawandels zu sensibilisieren und sie zu konkreten Maßnahmen für den Klimaschutz zu motivieren.					
Ausgangslage: Viele Unternehmen sind sich der Potenziale für Energieeinsparungen und Klimaschutzmaßnahmen nicht bewusst oder scheuen die notwendigen Investitionen. Gleichzeitig hat der Klimaschutz auch für die Wirtschaft strategische Bedeutung, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.					
Beschreibung: Das Klimafit-Programm umfasst folgende Bausteine: 1. Kostenlose oder geförderte Energie- und Ressourcenberatungen für Unternehmen. 2. Vermittlung von Fördermöglichkeiten für Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien. 3. Workshops und Schulungen zu klimarelevanten Themen wie CO₂-Bilanzierung, nachhaltige Lieferketten und energieeffiziente Produktion. 4. Schaffung eines Netzwerks für den Erfahrungsaustausch zwischen Unternehmen der Region. 5. Öffentlichkeitsarbeit, um klimafreundliche Projekte und Erfolge der Unternehmen sichtbar zu machen.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Unternehmen aller Branchen, Klimaschutzagentur, Wirtschaftsverbände und Handwerkskammer					
Zielgruppe: Kleine und mittlere Unternehmen, Handwerksbetriebe					
Handlungsschritte und Zeitplan: Konzeptentwicklung für das Klimafit-Programm (Jahr 1), Gewinnung von Kooperationspartnern und Beratern (Jahr 1), Bewerbung des Programms und Ansprache der Unternehmen (ab Jahr 1), Durchführung von Beratungen, Workshops und Netzwerktreffen (ab Jahr 2, laufend), Evaluation und Weiterentwicklung des Programms (ab Jahr 3)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der teilnehmenden Unternehmen					
Gesamtaufwand: -					
Finanzierungsansatz: Fördermittel durch Bund und Länder (z. B. BAFA-Förderung für Energieberatungen)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Energieeinsparung					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung: ca. 10–20 % des Verbrauchs pro teilnehmende Unternehmen					
Wertschöpfung: Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit lokaler Unternehmen					
Flankierende Maßnahmen: Förderung von Synergien zwischen Unternehmen und der Kommune					
Hinweise: Gute Beispiele aus der Region als Best-Practice kommunizieren					

Handlungsfeld Energieeffizienz	Nummer 24	Priorität 2	Maßnahmen- Typ Technische Maßnahme	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Straßenbeleuchtung nachts dimmen					
Ziel und Strategie: Ziel ist die Reduktion des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Kosten durch das Dimmen der Straßenbeleuchtung in den Nachtstunden. Gleichzeitig soll die Lichtverschmutzung minimiert werden, um positive Effekte auf die Tierwelt und die menschliche Gesundheit zu erzielen.					
Ausgangslage: Die Straßenbeleuchtung stellt einen bedeutenden Posten im kommunalen Energieverbrauch dar. Durchgehend stark beleuchtete Straßen sind in den Nachtstunden oft nicht erforderlich und verursachen unnötige Kosten sowie Umweltbelastungen.					
Beschreibung: Die Straßenbeleuchtung wird durch den Einsatz intelligenter Steuerungssysteme in den verkehrsarmen Nachtstunden automatisch gedimmt. Alternativ können Bewegungsmelder installiert werden, die die Beleuchtung nur bei Bedarf aktivieren. Die Umrüstung auf energieeffiziente LED-Technologie wird dabei weitergeführt oder abgeschlossen, um zusätzliche Einsparungen zu erzielen.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Energieversorger und Beleuchtungsdienstleister					
Zielgruppe: Anwohner					
Handlungsschritte und Zeitplan: Bestandsaufnahme der aktuellen Straßenbeleuchtung und Identifikation von Optimierungspotenzialen (Jahr 1), Ausschreibung und Vergabe für die Installation von Dimm- oder Bewegungssteuerungssystemen (Jahr 1–2), Installation und Inbetriebnahme der Systeme (Jahr 2), Öffentlichkeitsarbeit zur Information der Bürger (Jahr 2, laufend), Monitoring und Evaluierung der Einsparungen (ab Jahr 2, laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Reduktion des Energieverbrauchs der Straßenbeleuchtung					
Gesamtaufwand: Umrüstung auf dimmbare LED-Beleuchtung: ca. 100–300 € pro Leuchte, Kosten für Steuerungssysteme und Bewegungsmelder: variabel, ca. 500–1.000 € pro Standort					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme für Energieeffizienzmaßnahmen (z. B. Kommunalrichtlinie BMUV), Eigenmittel der Kommune					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Indirekt					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung: Einsparung von ca. 30–50 % des bisherigen Energieverbrauchs der Straßenbeleuchtung					
Wertschöpfung: Langfristige Kosteneinsparungen für die Kommune, weniger Lichtverschmutzung					
Flankierende Maßnahmen: Öffentlichkeitsarbeit zur Sensibilisierung für das Thema Lichtverschmutzung					
Hinweise: Sicherstellen, dass die Verkehrssicherheit auch bei gedimmter Beleuchtung gewährleistet ist					

Handlungsfeld Nachhaltigkeit	Nummer 25	Priorität 3	Maßnahmen-Typ Ressourcenteilung	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4- 7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Leihgemeinschaft					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, den Ressourcenverbrauch zu senken und die Gemeinschaft zu stärken, indem Bürger Zugang zu gemeinsam genutzten Gegenständen wie Werkzeugen, Haushaltsgeräten oder Gartengeräten erhalten. Die Leihgemeinschaft fördert nachhaltigen Konsum, reduziert die Notwendigkeit von Neuanschaffungen und bietet gleichzeitig eine Plattform für sozialen Austausch.					
Ausgangslage: Viele Haushalte besitzen Gegenstände, die selten genutzt werden (z. B. Bohrmaschinen, Hochdruckreiniger). Durch eine Leihgemeinschaft könnten solche Gegenstände gemeinschaftlich genutzt werden, wodurch Kosten und Ressourcen eingespart werden. Bisher gibt es keine organisierte Plattform für solche Angebote in der Kommune.					
Beschreibung: Die Leihgemeinschaft basiert auf einem zentralen Leihsystem, das folgende Elemente umfasst: 1. Aufbau eines physischen oder digitalen Verleihzentrums (z. B. in der Stadtbücherei oder einem kommunalen Gebäude). 2. Sammlung und Pflege von gemeinsam nutzbaren Gegenständen, die von der Kommune, Unternehmen oder Bürger zur Verfügung gestellt werden. 3. Erstellung eines digitalen Systems oder einer App für die Organisation der Ausleihe und Rückgabe. 4. Öffentlichkeitsarbeit zur Bewerbung der Leihgemeinschaft und Einbindung der Bürger.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Ehrenamtliche Helfer, Verwaltung, Vereine					
Zielgruppe: Bürger					
Handlungsschritte und Zeitplan: Konzeptentwicklung und Auswahl eines Standorts oder digitalen Systems (Jahr 1), Aufbau der Infrastruktur und Sammlung von Leihgegenständen (Jahr 1–2), Einführung der Leihgemeinschaft und Öffentlichkeitsarbeit (ab Jahr 2), Monitoring der Nutzung und Optimierung des Angebots (laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der registrierten Nutzer					
Gesamtaufwand: Kosten für ein digitales Leihsystem: ca. 5.000–15.000 €					
Finanzierungsansatz: Spenden oder Kooperationen mit Unternehmen					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: schwer zu beziffern					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Förderung des Gemeinschaftsgefühls und sozialer Vernetzung					
Flankierende Maßnahmen: Erweiterung des Angebots auf Veranstaltungen wie Repair-Cafés oder Workshops					
Hinweise: Nachhaltigkeit der Gegenstände und deren Pflege sicherstellen					

Handlungsfeld Nachhaltigkeit	Nummer 26	Priorität 3	Maßnahmen-Typ Abfallvermeidung	Einführung der Maßnahme Mittelfristig (4- 7 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Repair-Cafe					
Ziel und Strategie: Das Ziel der Maßnahme ist es, Abfall zu vermeiden und den bewussten Umgang mit Ressourcen zu fördern, indem defekte Gegenstände gemeinsam mit Experten repariert werden. Gleichzeitig stärkt das Repair-Café die Gemeinschaft, indem es einen Ort für Austausch und Lernen bietet.					
Ausgangslage: Viele defekte Gegenstände werden entsorgt, obwohl sie mit geringem Aufwand repariert werden könnten. Gleichzeitig fehlt es vielen Bürgern an Know-how oder Werkzeugen für Reparaturen. Ein Repair-Café kann Abhilfe schaffen, indem es Expertise, Werkzeug und Austauschmöglichkeiten bietet.					
Beschreibung: Das Repair-Café ist ein regelmäßiges Angebot, bei dem Bürger defekte Gegenstände wie Elektrogeräte, Textilien oder Fahrräder mitbringen können, um sie gemeinsam mit ehrenamtlichen Reparaturhelfer zu reparieren. Die Maßnahme umfasst: 1. Organisation eines geeigneten Veranstaltungsortes (z. B. Gemeindezentrum, Stadtbücherei). 2. Rekrutierung und Schulung ehrenamtlicher Helfer mit Fachwissen. 3. Bereitstellung von Werkzeugen und Materialien. 4. Bewerbung der Veranstaltungen und Sensibilisierung der Bürger für Abfallvermeidung. 5. Durchführung regelmäßiger Veranstaltungen, z. B. einmal im Monat.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Ehrenamtliche Helfer, Verwaltung, Vereine, lokale Betriebe					
Zielgruppe: Bürger					
Handlungsschritte und Zeitplan: Konzeptentwicklung und Standortwahl (Jahr 1), Rekrutierung von Helfern und Sammlung von Werkzeugen (Jahr 1), Organisation der ersten Veranstaltung und Öffentlichkeitsarbeit (Jahr 1–2), Regelmäßige Durchführung und Evaluation des Angebots (ab Jahr 2)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl der durchgeführten Repair-Cafés pro Jahr					
Gesamtaufwand: Werkzeug und Materialien: ca. 5.000–10.000 €					
Finanzierungsansatz: Spenden oder Kooperationen mit Unternehmen					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: schwer zu beziffern					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Förderung des Gemeinschaftsgefühls und sozialer Vernetzung					
Flankierende Maßnahmen: Kombination mit einer Leihgemeinschaft					
Hinweise: Einbeziehung bestehender Ansätze (Evangelische Freie Gemeinde) prüfen					

Handlungsfeld Anpassung an den Klimawandel	Nummer 27	Priorität 2	Maßnahmen- Typ Strategische Planung, Prävention	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mehr als 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Starkregengefahrenmanagement					
Ziel und Strategie: Das Ziel der Maßnahme ist es, die Kommune besser auf Starkregenereignisse und ihre Folgen vorzubereiten. Dabei sollen potenzielle Gefahrenbereiche identifiziert und geeignete Maßnahmen zur Schadensminimierung erarbeitet werden. Durch präventive Planung und Infrastrukturmaßnahmen sollen Hochwasser- und Überflutungsschäden reduziert und die Resilienz der Kommune gestärkt werden.					
Ausgangslage: Der Klimawandel führt zu einer Zunahme von Extremwetterereignissen, darunter auch Starkregen. Viele Kommunen sind noch unzureichend auf diese Ereignisse vorbereitet, was erhebliche Schäden an Infrastruktur und privaten Eigentum verursachen kann.					
Beschreibung: Im Rahmen des Starkregengefahrenmanagements werden folgende Schritte umgesetzt: 1. Erstellung einer Starkregengefahrenkarte zur Identifikation von Risikogebieten. 2. Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Gefahrenminderung, z. B. Ausbau von Entwässerungssystemen, Renaturierung von Flächen oder Schaffung von Retentionsräumen. 3. Sensibilisierung der Bevölkerung durch Informationskampagnen, insbesondere in gefährdeten Bereichen. 4. Integration von Starkregenschutzmaßnahmen in die kommunale Bauleitplanung.					
Initiator: Gemeindeverwaltung					
Akteure: Verwaltung, Externes Ingenieurbüro, Landesbehörden und Wasserwirtschaftsämter, Eigentümer, Feuerwehr					
Zielgruppe: Kommunale Einrichtungen und Infrastruktur, Anwohner in potenziellen Gefahrenbereichen					
Handlungsschritte und Zeitplan: Beauftragung eines Gutachtens zur Starkregengefahr (Jahr 1–2), Erstellung der Starkregengefahrenkarte und Risikoanalyse (Jahr 2–3), Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs und Priorisierung der Maßnahmen (ab Jahr 3), Umsetzung der priorisierten Maßnahmen (ab Jahr 4, laufend), Öffentlichkeitsarbeit und Sensibilisierung (laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Fertigstellung der Starkregengefahrenkarte					
Gesamtaufwand: Erstellung der Gefahrenkarte und Risikoanalyse: ca. 50.000					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme des Bundes und der Länder (z. B. Starkregenmanagementförderung)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Kein Einfluss					
Endenergieeinsparungen [MWh/a]			THG-Einsparungen [t/a]		
Wertschöpfung: Schutz von Eigentum und Infrastruktur vor Schäden					
Flankierende Maßnahmen: Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten					
Hinweise: Enge Zusammenarbeit mit Anwohnern, um private Vorsorge zu fördern					

Handlungsfeld Anpassung an den Klimawandel	Nummer 28	Priorität 2	Maßnahmen-Typ Nachhaltige Forstwirtschaft	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Langfristig (mindestens 7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Klimaangepasstes Waldmanagement fortführen					
Ziel und Strategie: Die Maßnahme zielt darauf ab, die Wälder der Kommune langfristig an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen und ihre ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen zu erhalten. Ziel ist es, die Resilienz der Wälder zu stärken, die Biodiversität zu fördern und gleichzeitig die Funktion des Waldes als CO ₂ -Senke und Erholungsraum zu sichern.					
Ausgangslage: Die Auswirkungen des Klimawandels wie steigende Temperaturen, Trockenheit und Extremwetterereignisse setzen den Wäldern zunehmend zu. Monokulturen und wenig widerstandsfähige Baumarten erhöhen das Risiko von Waldschäden. Erste Maßnahmen zur Förderung klimaresilienter Wälder wurden bereits eingeleitet, jedoch ist eine kontinuierliche Anpassung erforderlich.					
Beschreibung: Das klimaangepasste Waldmanagement umfasst: 1. Förderung klimaresilienter und standortgerechter Baumarten (z. B. Mischung aus Laub- und Nadelbäumen). 2. Renaturierung geschädigter Waldflächen und Förderung der natürlichen Waldverjüngung. 3. Aufbau einer nachhaltigen Forstwirtschaft mit weniger Eingriffen und längeren Umtriebszeiten. 4. Förderung der Biodiversität durch die Schaffung von Totholzbiotopen und Erhalt von Altbäumen. 5. Schulung von Forstpersonal und Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Bedeutung klimaresilienter Wälder.					
Initiator: Forst					
Akteure: Forst					
Zielgruppe: Forst, Bürger					
Handlungsschritte und Zeitplan: Erstellung eines Konzeptes für klimaangepasstes Waldmanagement (Jahr 1–2), Durchführung von Aufforstungsmaßnahmen mit klimaresilienten Baumarten (ab Jahr 2), Renaturierung geschädigter Flächen und Schaffung von Biotopen (ab Jahr 3), Regelmäßiges Monitoring der Waldentwicklung (laufend), Öffentlichkeitsarbeit und Bildungsangebote (laufend)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Reduzierung von Waldschäden durch Trockenheit und Stürme					
Gesamtaufwand: -					
Finanzierungsansatz: Förderprogramme für Waldumbau und nachhaltige Forstwirtschaft (z. B. GAK, EU-Fördermittel)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: Indirekt					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a]		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Erhalt des Waldes als nachhaltige Rohstoffquelle					
Flankierende Maßnahmen: Ausbau von Umweltbildungsprogrammen für Kinder und Jugendliche					
Hinweise: Regelmäßige Evaluation und Anpassung der Maßnahmen an klimatische Entwicklungen					

Handlungsfeld Naturschutz und Klimaanpassung	Nummer 29	Priorität 2	Maßnahmen- Typ Anpassung an Klimawandel	Einführung der Maßnahme Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme Mittelfristig (4-7 Jahre)
Maßnahmen-Titel: Bäume und Dorfbegrünung					
Ziel und Strategie: Ziel der Maßnahme ist es, die Lebensqualität in der Kommune durch mehr Grünflächen und Bäume zu erhöhen, die Auswirkungen des Klimawandels wie Hitzeinseln und Starkregenereignisse abzumildern und die Biodiversität zu fördern.					
Ausgangslage: Viele Ortskerne und Wohngebiete sind von zunehmender Flächenversiegelung betroffen, wodurch die Resilienz gegenüber Klimafolgen wie Hitze und Starkregen sinkt. Zudem fehlt es an grünen Rückzugsräumen für Mensch und Tier.					
Beschreibung: Die Maßnahme umfasst die Pflanzung von Bäumen, die Schaffung neuer Grünflächen und die ökologische Aufwertung bestehender Flächen. Konkret beinhaltet sie: 1. Identifikation geeigneter Flächen für Begrünungsmaßnahmen (z. B. Dorfplätze, Straßenränder, Schulhöfe). 2. Auswahl klimaresilienter und standortgerechter Baum- und Pflanzenarten. 3. Planung und Durchführung von Pflanzaktionen, auch unter Einbeziehung der Bevölkerung. 4. Förderung naturnaher Gestaltung, wie Wildblumenwiesen oder Entsiegelung versiegelter Flächen. 5. Regelmäßige Pflege und Bewässerung der Grünflächen.					
Initiator: Verwaltung					
Akteure: Bauhof, Schulen und Vereine, GaLa Bau					
Zielgruppe: Bürger					
Handlungsschritte und Zeitplan: Flächenanalyse und Erstellung eines Begrünungskonzepts (Jahr 1), Organisation von Pflanzaktionen und Auswahl der Baumarten (Jahr 1–2), Umsetzung der Maßnahmen (ab Jahr 2, laufend), Monitoring der Begrünungseffekte (ab Jahr 3)					
Erfolgsindikatoren/Meilensteine: Anzahl gepflanzter Bäume und geschaffener Grünflächen					
Gesamtaufwand: Kosten pro Baum inkl. Pflanzung: ca. 200–500 €, Kosten für die Begrünung von Flächen: ca. 10–50 €/m² (je nach Aufwand)					
Finanzierungsansatz: Fördermittel für Klimaanpassung und Begrünungsmaßnahmen (z. B. Bundes- und Landesprogramme)					
Energie- und Treibhausgaseinsparung: direkt					
Endenergieeinsparungen		[MWh/a]	THG-Einsparungen [t/a] ca. 10–20 kg CO ₂ pro Baum und Jahr		
Energieeinsparung:					
Wertschöpfung: Steigerung der Attraktivität der Kommune					
Flankierende Maßnahmen: Förderung von Dach- und Fassadenbegrünungen					
Hinweise: Berücksichtigung langfristiger Pflegekosten in der Planung					

7 Quellen

Abel, L. (18. Juli 2018). Evaluation und systematische Erfassung von Wärmepumpen-Systemen in Fließgewässern. https://tuprints.ulb-tu-darmstadt.de/8626/1/BachelorThesis_LukasAbel.pdf. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://tuprints.ulb-tu-darmstadt.de/8626/1/BachelorThesis_LukasAbel.pdf

ADAC. (21. Juli 2023). Förderung für Elektroautos 2023: So kommen Sie an den Umweltbonus. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von ADAC: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/foerderung-elektroautos/>

AGFW-Projekt-GmbH. (2022). iKWK-Blog Lemgo. Abgerufen am 20. März 2023 von [grüne-fernwärme.de](https://www.agfw.de/lemgo): <https://www.agfw.de/lemgo>

Agro Energie Schwyz AG. (2020). Warum braucht es den Wärmespeicher? Abgerufen am 23. Oktober 2023 von Agro Energie Schwyz: <https://www.agroenergie-schwyz.ch/energiezentrum/waermespeicher/>

Amazon Staff. (2019). The Super-Efficient Heat Source Hidden below Amazon's Seattle Headquarters. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von About Amazon: <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/the-super-efficient-heat-source-hidden-below-amazons-seattle-headquarters>

Apple Newsroom. (2022). Apple's \$4.7B in Green Bonds Support Innovative Green Technology. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://www.apple.com/newsroom/2022/03/apples-four-point-seven-billion-in-green-bonds-support-innovative-green-technology/>

Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science Series 5* Volume 41, S. 237-276

Arrhenius, S. (1908). Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeit. Das Werden der Welten. Leipzig Akademische Verlagsgesellschaft.

Aydemir, D. A., Doderer, H., Hoppe, F., & Braungardt, D. S. (2019). Studie für das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Abwärmennutzung in Unternehmen. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

Bär, K., Rühaak, W., Welsch, B., Schulte, D., Homuth, S., & Sass, I. (2015). Seasonal high temperature heat storage with medium deep borehole. *Energy Procedia*, S. 351-360. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://pdf.sciencedirectassets.com/277910/1-s2.0-S1876610215X00154/1-s2.0-S1876610215016173/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEDAAcXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQC6oUJvbTbVXkvYQw4yEjXnzM8WLEY5NBUEorYrlivqYQlgQ2uE6mYEM6rONyo4iPeNiq7A1wXjva5%2BVJtSt%2FN7>

Barmalgas. (25. Februar 2021). CO2 Steuer in Deutschland ab 2021. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://barmalgas.de/blog/co2-steuer-in-deutschland-ab-2021/>

BBC (2023). UAE planned to use COP28 climate talks to make oil deals. Abgerufen am 26.01.2025 von: <https://www.bbc.com/news/science-environment-67508331>

Biomasseatlas.de. (kein Datum). Abgerufen am 25. Oktober 2023 von Biomasseatlas.de: <https://www.biomasseatlas.de/>

Bitkom e.V. (2022). Abwärme von Rechenzentren für Heizung und Warmwasser einsetzen. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Abwaerme-Rechenzentren-fuer-Heizung-Warmwasser-einsetzen>

BMWi. (2014). Sanierungsbedarf im Gebäudebestand. Abgerufen am 08. April 2019 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/sanierungsbedarf-im-gebaeudebestand.pdf?__blob=publicationFile&v=3

BMWi. (2019). Energieeffizienz in Zahlen. Abgerufen am 12. August 2021 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=72

BMWi. (2021). Erstmals rollen eine Millionen Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen. Abgerufen am 16. August 2021 von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/08/20210802-erstmals-rollen-eine-million-elektrofahrzeuge-auf-deutschen-strassen.html>

BMWK; BMI. (15. April 2021). Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/GZb2vIJQJe1XCpSyM6h?0>

Brumme, D. (19. September 2022). Greifswald: Größte Solarthermie-Anlage Deutschlands made by Ritter Energie läuft! Abgerufen am 25. Oktober 2023 von <https://blog.paradigma.de/greifswald-groesste-solarthermie-anlage-deutschlands-made-by-ritter-energie-laeuft/>

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023). Erneuerbare Energien in Zahlen. Von Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2022: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2022.html> abgerufen.

- Bundesverband Erneuerbarer Energien e.V. (2024). BEE-Mobilitätsszenarien 2045. Abgerufen am 26. Januar 2025 unter <https://www.bee-ev.de/service/publikationen-medien/beitrag/bee-mobilitaetsszenarien-2045>
- Bundesverband Geothermie e. V. (2020). Erdwärmespeicher, Aquiferspeicher. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von [geothermie.de: https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/erdwaermespeicher-aquiferspeicher.html](https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/erdwaermespeicher-aquiferspeicher.html)
- Bundesverband Geothermie e. V. (2021). Wärmespeicher. Abgerufen am 20. März 2023 von [geothermie.de: https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/w/waermespeicher.html](https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/w/waermespeicher.html)
- Bundesverband Geothermie e. V. (2022). ATEs. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von [geothermie.de: https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/ates.html](https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/ates.html)
- Bundesverband Geothermie e. V. (2023). Nahwärme, kalte. Abgerufen am 20. März 2023 von [geothermie.de: https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/n/nahwaerme-kalte.html](https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/n/nahwaerme-kalte.html)
- DBFZ. (2022). Kurzstudie zur Rolle von Biogas für ein klimaneutrales, 100 Prozent erneuerbares Stromsystem 2035. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Kurzstudie_Biogas_2022.pdf
- Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2015). Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/1445_Broschuere_Abwaermenutzung.pdf
- Difu, 2018: Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden, 3. Aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin.
- Dötsch, C., Taschenberger, J., & Schönberg, I. (1998). Leitfaden Nahwärme. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/kompetenz/energie/leitfaden-nahwaerme.pdf>
- Dupont et al (2023). Dupont, C., Moore, B., Boasson, E. L., Gravey, V., Jordan, A., Kivimaa, P., Kulovesi, K., Kuzemko, C., Oberthür, S., Panchuk, D., Rosamond, J., Torney, D., Tosun, J., & von Homeyer, I. (2024). Three decades of EU climate policy: Racing toward climate neutrality? WIREs Climate Change, 15(1), e863
- Edelman, L. (07. Juli 2020). Facebook's hyperscale data center warms Odense. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://tech.facebook.com/engineering/2020/7/odense-data-center-2/>
- EEA (2016). EU reaches CO2 stabilisation target despite upturn in greenhouse gas emissions. Abgerufen am 26. Januar 2025 von https://www.eea.europa.eu/media/newsreleases/greenhouse_gas_emission
- EnBW. (24. März 2023). Flusswärmepumpe – wie die Murg für warme Wohnungen sorgt. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von [EnBW: https://www.enbw.com/unternehmen/eco-journal/flusswaermepumpe.html](https://www.enbw.com/unternehmen/eco-journal/flusswaermepumpe.html)
- Energieagentur RLP. (Oktober 2016). Praxis-Leitfaden Nahwärme. Abgerufen am 17. März 2023 von https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Praxisleitfaeden/NWaerme_Gesamt.pdf
- energie-experten. (kein Datum). In Greifswald entsteht größte Solarthermie-Anlage. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von [energie-experten.org: https://www.energie-experten.org/projekte/in-greifswald-entsteht-groesste-solarthermie-anlage](https://www.energie-experten.org/projekte/in-greifswald-entsteht-groesste-solarthermie-anlage)
- Energie-Fachberater. (01. Juli 2021). Austauschpflicht: Diese Heizungen müssen 2021 raus. Abgerufen am 20. März 2023 von [pv magazine: https://www.energie-fachberater.de/news/austauschpflicht-diese-heizungen-muessen-2021-raus.php](https://www.energie-fachberater.de/news/austauschpflicht-diese-heizungen-muessen-2021-raus.php)
- ENERGIEWENDE BAUEN. (05. Juli 2022). Rhine Supplies Thermal Energy via New Large-Scale Heat Pump. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von [ENERGIEWENDE BAUEN Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere: https://www.energiewendebauen.de/en/news/rhine_supplies_thermal_energy](https://www.energiewendebauen.de/en/news/rhine_supplies_thermal_energy)
- Enkhardt, S. (14. Dezember 2021). Abgerufen am 24. Oktober 2023 von Rheinland-Pfalz genehmigt künftig jährlich 200 Megawatt Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf benachteiligten Gebieten: <https://www.pv-magazine.de/2021/12/14/rheinland-pfalz-genehmigt-kuenftig-jaehrlich-200-megawatt-photovoltaik-freiflaechenanlagen-auf-benachteiligten-gebieten/>
- Episcopo Tabula. (2022). DE Germany- Country Page. Residential Building Typology. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://episcopo.eu/building-typology/country/de/>
- EVN AG. (2012). Kraftwerk Theiß. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von [dewiki: https://dewiki.de/Lexikon/Kraftwerk_Thei%C3%9F](https://dewiki.de/Lexikon/Kraftwerk_Thei%C3%9F)
- Fleuchhaus, P., Schüppler, S., Stemmler, R., Menberg, K., & Blum, P. (19. Februar 2021). Aquiferspeicher in Deutschland. Grundwasser-Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie, S. 123-134. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://link.springer.com/article/10.1007/s00767-021-00478-y>
- Foot, E. (1856): On the heat in the Sun's rays. The American Journal of science and arts. Second Series, Vol. 22. S 377-383

Fourier, J.B. (1824): Remarques Générales Sur Les Températures. Annales de Chimie et de Physique. Band 27, 1824, S. 136–167.

Fraunhofer-Gesellschaft. (01. Oktober 2021). Wärmespeicher für die Energiewende. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von Fraunhofer: <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2021/oktober-2021/waermespeicher-fuer-die-energiewende.html>

GEG. (2020). Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz- GEG).

Hansen, J.E. (2009). Storms of my grandchildren. Bloomsbury Press, New York, USA.

Hintemann, R., Hinterholzer, S., Graß, M., & Grothey, T. (2022). Bitkom-Studie: Rechenzentren in Deutschland 2021 – Aktuelle Marktentwicklungen. Berlin: Borderstep Institut. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-02/10.02.22-studie-rechenzentren.pdf>

Hintemann, R., Hinterholzer, S., Paul, A., & Völzel, C. (06. Juni 2023). Green IT: Abwärme von Rechenzentren clever nutzen. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von heise online: <https://www.heise.de/hintergrund/Green-IT-Abwaerme-von-Rechenzentren-clever-nutzen-9164086.html>

Hirzel, S., Sontag, B., & Rohde, D.-I. C. (2013). Industrielle Abwärmenutzung. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf

Huenges, P., Sperber, E., Egger, J.-B., Noll, F., Kallert, A., & Reuß, M. (2014). Regenerative Wärmequellen für Wärmenetze. Abgerufen am 17. März 2023 von https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/01/th2014_07_03.pdf

IG Zyklus. (2022). Saisonale Wärmespeicherung im Grundwasser. Zürich: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich. Abgerufen am 03. November 2022 von <https://www.topagrar.com/energie/news/mehr-biogas-ohne-flaechenkonkurrenz-neue-vorschlaege-auf-dem-tisch-13204930.html>

IEA (2024). International Energy Agency: CO2 Emissions in 2023. Abgerufen am 26. Januar 2025 von <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>

Institut Wohnen und Umwelt. (01. November 2022). „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>

Janczura, S. (31. März 2023). Fernwärme über die Flusswärmepumpe. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von VDI: <https://www.vdi.de/news/detail/fernwaerme-ueber-die-flusswaermepumpe-in-deutschen-ballungszentren-oft-alternativlos>

Karlsruher Insitut für Technologie. (06. August 2018). Umweltfreundlich kühlen und heizen mit Grundwasserspeichern Geowissenschaftler erforschen Möglichkeiten der Wärme- und Kältespeicherung in Aquiferen. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von Karlsruher Insitut für Technologie: https://www.kit.edu/kit/pi_2018_095_umweltfreundlich-kuhlen-und-heizen-mit-grundwasserspeichern.php

The Keeling Kurve. The Keeling Curve is a daily record of global atmospheric carbon dioxide concentration maintained by Scripps Institution of Oceanography at UC San Diego. Abgerufen am 26. Januar 2025 von: <https://keelingcurve.ucsd.edu/>

KommunalPartner Beteiligungsgesellschaft mbH & Co. KG. (n.a.). Windpark Großglattbach. Von <https://www.kommunalpartner.de/windpark-grossglattbach> abgerufen

Kopernikus-Projekt Ariadne. (11. Oktober 2021). Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/>

Kopernikus-Projekt Ariadne. (Oktober 2021). Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/>

LEIFIphysik. (kein Datum). Spezifische Wärmekapazität. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von LEIFIphysik: <https://www.leifiphysik.de/waermelehre/innere-energie-waermekapazitaet/grundwissen/spezifische-waermekapazitaet>

Linz AG. (2022). LINZ AG für Energie, Telekommunikation, Verkehr und Kommunale Dienste. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://www.linzag.at/portal/de/ueber_die_linzag/konzern/gesellschaften/linz_strom_gas_waerme_gmbh/energieerzeugung/fernheizkraftwerk_linz_mitte#

Lokale Klimaanpassung (2022). Klimasteckbrief Engstingen. Abgerufen am 26. Januar 2025 von https://lokale-klimaanpassung.de/wp-content/uploads/2022/11/08415089_Engstingen_steckbrief.pdf

Mein Eigenheim. (01. September 2023). Austauschpflicht für alte Öl- und Gasheizungen – im Überblick. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://www.mein-eigenheim.de/heizen/austauschpflicht-fuer-oelheizungen.html>

Metcalfe, C. (2023). Heat from an Amazon Data Center Is Warming Dublin's Buildings. Reasons to Be Cheerful. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://reasonstobecheerful.world/data-center-heat-green-energy/>

Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg. (01. Juli 2022). Abfallbilanz 2021. Ressourcen aus unserer kommunalen Kreislaufwirtschaft. Abgerufen am 20. März 2023 von https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Umwelt/Abfallbilanz-2021-barrierefrei.pdf

Mündliche Nachfrage beim Betreiber. Nach dewiki.de. (2023). dewiki.de. Abgerufen am 20. März 2023 von https://dewiki.de/Lexikon/Fernw%C3%A4rmespeicher#cite_note-24

MVV. (kein Datum). R(h)ein mit der Wärme. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von MVV: <https://www.mvv.de/ueber-uns/unternehmensgruppe/mvv-umwelt/aktuelle-projekte/mvv-flusswaermepumpe?category=0&question=>

Neumann, H. (2022). Mehr Biogas ohne Flächenkonkurrenz: Neue Vorschläge auf dem Tisch. Agrar-online. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.topagrar.com/energie/news/mehr-biogas-ohne-flaechenkonkurrenz-neue-vorschlaege-auf-dem-tisch-13204930.html>

Öko-Institut e.V. (2016). Renewability III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Öko-Institut e.V.

Öko-Institut und Fraunhofer ISE. (2022). Durchbruch für die Wärmepumpe. Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-04_DE_Scaling_up_heat_pumps/A-EW_273_Waermepumpen_WEB.pdf

Our World in Data (2024). Annual CO2 Emissions by world region. Abgerufen am 26. Januar 2025 von <https://ourworldindata.org/grapher/annual-co-emissions-by-region>

Pehnt, D. M., Bödeke, J., Arens, M., Jochem, P. D., & Idrissova, F. (2010). Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung. Heidelberg, Karlsruhe: ifeu- Institut für Energie- und Umweltforschung, Fraunhofer Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Nutzung_industrieller_Abwaerme.pdf

PlanEnergi. (Juni 2018). SOLAR DISTRICT HEATING TRENDS AND POSSIBILITIES. Abgerufen am 03. März 2022 von <https://www.solarthermalworld.org/sites/default/files/news/file/2019-02-18/sdh-trends-and-possibilities-iea-shc-task52-planenergi-20180619.pdf>

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut. (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland-2045-langfassung/>

Ramos-Escudero, A., & Bloemendal, M. (2022). Assessment of potential for Aquifer Thermal Energy Storage Systems. Sustainable Cities and Society, 1-18.

RitterXL. (kein Datum). ritter-xl-solar.de. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.ritter-xl-solar.de/anwendungen/waermenetze/stadtwerke-senftenberg/>

Roedel, W., Wagner, T. (2024). Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre. Springer Spektrum Berlin, Heidelberg.

Saisonalspeicher.de. (kein Datum). Projekte in Deutschland. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von Saisonalspeicher.de | Das Wissensportal für die saisonale Wärmespeicherung: <https://www.saisonalspeicher.de/home/projekte/projekte-in-deutschland/berlin/>

Schmidt, T., & Müller-Steinhagen, H. (2004). Die solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit saisonalem Aquifer-Wärmespeicher in Rostock-Ergebnisse nach vier Betriebsjahren. 5. Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen, 8. Geothermische Fachtagung. Landau in der Pfalz. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von <https://docplayer.org/63510749-Die-solar-unterstuetzte-nahwaermeversorgung-mit-saisonalem-aquifer-waermespeicher-in-rostock-ergebnisse-nach-vier-betriebsjahren.html>

Schulz, R., Suchi, E., Öhlschläger, D., Dittmann, J., Knopf, S., & Müller, C. (2013). Geothermie-Atlas zur Darstellung möglicher Nutzungskonkurrenzen zwischen CCS und Tiefer Geothermie. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/Projekte/CO2-Speicherung+Geothermie/Abgeschlossen/Geothermie-Atlas.html

Schüppler, S., Fleuchhaus, P., & Blum, P. (2019). Techno economic and environmental analysis of an Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) in Germany. Geothermal Energy, 1-24. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://geothermal-energy-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s40517-019-0127-6>

SHIP Plants. (2023). ship-plants.de. Abgerufen am 20. März 2023 von <http://ship-plants.info/solar-thermal-plants-map>

Smolaks, M. (2018). EcoDataCenter set to open 2MW facility in Falun, Sweden. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/ecodatacenter-set-open-2mw-facility-falun-sweden/>

Solarthemen Media GmbH. (2021a). solarserver.de. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.solarserver.de/2021/09/10/sonnenfeld-am-schadeberg-thueringens-groesste-solarthermie-anlage-in-betrieb/>

Solarthemen Media GmbH. (2021b). solarserver.de. Abgerufen am 17. März 2023 von <https://www.solarserver.de/2021/11/25/neuer-blog-bautagebuch-einer-solarwaerme-megawatt-anlage/>

Solarthemen Media GmbH. (2021c). Solarthemen Media GmbH. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/solarthermie-in-der-fernwaerme/>

Solrico. (2022). 37 MW solar district heating plant in the Netherlands with outstanding features. Abgerufen am 20. März 2023 von [solarthermalworld.org: https://solarthermalworld.org/news/37-mw-solar-district-heating-plant-in-the-netherlands-with-outstanding-features/](https://solarthermalworld.org/news/37-mw-solar-district-heating-plant-in-the-netherlands-with-outstanding-features/)

Spiegel. (04. August 2021). Der Deutsche Wald schwindet immer schneller. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/trockenheit-bedroht-den-wald-borkenkaefer-zerstoeren-immer-mehr-holz-a-0a516394-f589-491c-9055-8fcb2d20d63>

Stadt Aachen. (kein Datum). Masterplan Green City- Die Maßnahmen des" Sofortprogramms Saubere Luft 2017-2020" für Aachen. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von https://www.aachen.de/de/stadt_buerger/verkehr_strasse/verkehrskonzepte/Green-City-Plan/GreenCityPlan-klein.pdf

Stadtwerke Kiel. (2022). stadtwerke-kiel.de. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.stadtwerke-kiel.de/ueber-uns/kuestenkraftwerk/technik>

Stadtwerke Mühlhausen. (2021). „Sonnenfeld am Schadeberg“- Thüringens größter Solarthermiefeld geht in Betrieb. Abgerufen am 25. Oktober 2023 von <https://www.stadtwerke-muehlhausen.de/Energiewende-Sonnenfeld-am-Schadeberg-Thueringens-groesster-Solarthermiefeld-geht-in-Betrieb>

Statista. (12. Juli 2022). Anzahl der Pelletheizungen in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2022. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171886/umfrage/anzahl-der-pelletheizungen-in-deutschland/>

Stemmler, R., Hammer, V., Blum, P., & Menberg, K. (2022). Potential of low temperature aquifer thermal energy storage (LT-ATES) in Germany. Geothermal Energy, S. 1-25. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://geothermal-energy-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s40517-022-00234-2>

Tagesschau. (03. August 2022). Wie Biogas die Gaskrise mildern könnte. Abgerufen am 20. März 2023 von [tagesschau.de: https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/gaskrise-biogas-biomethan-strom-101.html](https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/gaskrise-biogas-biomethan-strom-101.html)

UBA. (2020). Bioenergie. Abgerufen am 10. August 2021 von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#bioenergie-ein-weites-und-komplexes-feld->

UBA (2024). Trends der Lufttemperatur. Abgerufen am 26. Januar 2025 von: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-lufttemperatur#steigende-durchschnittstemperaturen-weltweit>

UBA (2024)a. Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. Abgerufen am 26. Januar 2025 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>

UNFCCC. (2022). Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF). Abgerufen am 24. Oktober 2023 von <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf>

Waldwissen. (22. Januar 2007). Prognose regionaler Energieholzpotenziale. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von [waldwissen.net: https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/holzenergie/prognose-regionaler-energieholzpotenziale](https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/holzenergie/prognose-regionaler-energieholzpotenziale)

Wärmepumpenatlas.de. (kein Datum). Abgerufen am 25. Oktober 2023 von <http://www.waermepumpenatlas.de/>

Weart, S.R. (2003). The Discovery of global Warming. Harvard University Press (Cambridge USA)

Wikipedia. (2022). Foulum datacenter. Abgerufen am 24. Oktober 2023 von https://da.wikipedia.org/wiki/Foulum_datacenter

Zensus Datenbank. (2011). Gebäude: Baujahr. Abgerufen am 04. April 2019 von Zensus2011: <https://ergebnisse2011.zensus2022.de/datenbank/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1615562464674&auswa>

8 Abbildungen, Tabellen & Abkürzungen

Abbildung 1 Entwicklung der CO ₂ -Konzentration und der globalen Temperaturabweichung. Datenquelle: The Keeling Curve, UBA 2024	7
Abbildung 2 Entwicklung der globalen CO ₂ -Emissionen. Datenquelle: IEA 2024	10
Abbildung 3 Entwicklung der CO ₂ Emissionen in der EU. Datenquelle: Our world in Data (2024).....	10
Abbildung 4 Entwicklung der CO ₂ Emissionen in Deutschland. Datenquelle: UBA 2024a	11
Abbildung 5 Klimasteckbrief Engstingen. Quelle: Lokale Klimaanpassung 2022.	12
Abbildung 6 Territorialprinzip und Bilanzierung der Vorkette nach BSKO am Beispiel des Verkehrssektors	14
Abbildung 7 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern	16
Abbildung 8 Endenergieverbrauch nach Sektoren im Zeitverlauf (2014 - 2021)	17
Abbildung 9 Endenergieverbräuche nach Verbrauchergruppen (2019)	17
Abbildung 10 Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 - 2021)	18
Abbildung 11 Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien vs. Stromverbrauch (Netzbezug) im Zeitverlauf (2014 - 2021)	19
Abbildung 12 Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 - 2021).....	19
Abbildung 13 Energieverbrauch im Wärmesektor nach Energieträgern.....	20
Abbildung 14 Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung.....	21
Abbildung 15 Zubau erneuerbarer Energien im Wärmesektor über den Zeitverlauf (2014 - 2021).....	21
Abbildung 16 Wärmeverbrauch nach Verbrauchergruppen	22
Abbildung 17 Endenergieverbrauch im Verkehr nach Verbrauchergruppen	22
Abbildung 18 Energieverbrauch des Verkehrssektors nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf (2014 - 2021).....	23
Abbildung 19 Endenergieverbrauch nach Antriebsart	23
Abbildung 20 Kommunaler Energieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern	24
Abbildung 21 Treibhausgasemissionen nach Sektoren und Energieträgern	25
Abbildung 22 Emissionen nach Sektoren im Zeitverlauf 2014 – 2021	26
Abbildung 23 Emissionen nach Verbrauchergruppen	26
Abbildung 24 Emissionen nach Verbrauchergruppen im Zeitverlauf 2014 – 2021	27
Abbildung 25 Resultierender Stromverbrauch nach Szenarien in der Gemeinde Engstingen	33
Abbildung 26 Spezifischer Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften sowie Referenzwerte für vergleichbare "gute Bestandsgebäude" und absolutes Einsparpotenzial. *Wert von 2018, da Wasserschaden in 2019.....	35
Abbildung 27 Anzahl jährlich zugebauter Photovoltaikanlagen in der Gemeinde Engstingen. Datenquelle: Marktstammdatenregister.....	36
Abbildung 28 Beispiel der PV-Potenzialberechnung mit Hilfe des Energieatlasses Baden-Württemberg	36

Abbildung 29 Übersicht der Potenzialflächen für PV-Freiflächenanlagen in der Gemeinde Engstingen auf benachteiligten Gebieten und Seitenrandstreifen entlang Bahnstrecken sowie bestehende PV-Freiflächenanlagen. Datenquelle: Energieatlas BW, Openstreetmaps.....	38
Abbildung 30 Landnutzung als Indikator für Eignung landwirtschaftlicher Flächen für Agri-PV. Datenquelle: Thünen-Institut, Openstreetmaps	40
Abbildung 31 Parkplatzflächen ab 650 m ² in Engstingen. Datenquelle: Openstreetmaps.....	41
Abbildung 32 Entwicklung des Photovoltaikausbaus in der Gemeinde Engstingen nach Szenarien	42
Abbildung 33 Übersicht der für die Installation von Windkraftanlagen geeigneten Flächen auf der Gemarkung Engstingen sowie genehmigte Windkraftanlagen. Datenquelle: Energieatlas BW, Openstreetmaps.....	43
Abbildung 34 Vorläufiges Vorranggebiet für Windenergie Bei Engstingen Stand Dezember 2023 aus dem Regionalplan Neckar-Alb Teilregionalplan Windenergie (Entwurf 2023).....	44
Abbildung 35 Potenzielle Flächen Windenergie sowie Standorte und Abstände der geplanten Windkraftanlagen in Engstingen. Quelle: Informationsbroschüre der Gemeinde zum Bürgerentscheid	45
Abbildung 36 Entwicklung des Strombedarfs und der Stromeinspeisung aus Erneuerbaren (Status quo und Zukunftsszenarien 2030 und 2040)	50
Abbildung 37 Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in der Gemeinde Engstingen. Datenquelle: Zensus 2022.....	52
Abbildung 38 Wärmebedarf der Wohngebäude in der Gemeinde Engstingen nach Szenarien	53
Abbildung 39 Spezifischer Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften sowie Referenzwerte für vergleichbare „gute Bestandsgebäude“ und absolutes Einsparpotenzial.....	55
Abbildung 40 Anzahl Ölheizungsanlagen nach Baujahr. Datenquelle: Schornsteinfegerdaten	58
Abbildung 41 Anzahl zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 30 Jahren	59
Abbildung 42 Kumulierte Leistung zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 30 Jahren.....	59
Abbildung 43 Anzahl zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 20 Jahren	60
Abbildung 44 Kumulierte Leistung zu ersetzender Ölheizungsanlagen bei Ersatz nach 20 Jahren.....	61
Abbildung 45 Anzahl Flüssiggasheizungen nach Baujahrperiode. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung	62
Abbildung 46 Feuerstätten Holz nach Baujahr. Quelle der Daten: Schornsteinfegerdaten	63
Abbildung 47 Zubau der BAFA-geförderten biomassebetriebenen Anlagen in der Gemeinde Engstingen. Quelle der Daten: BAFA.....	64
Abbildung 48 Waldfläche mit Staatswald nach Waldeinteilung innerhalb der Gemarkung Engstingen nach Baumart. Quelle der Daten: OpenStreetMaps. Forst BW.....	65
Abbildung 49 Erläuterung verschiedener Methodologien während der Berechnung des Energieholzpotenzials.....	65
Abbildung 50 Aufkommen an Haus- und Sperrmüll, Bio- und Grünabfällen und Wertstoffen (Haushalt) aus öffentlicher Sammlung 2019 – 2022 in kg/EW. Quelle der Daten: Abfallbilanz Baden-Württemberg	67
Abbildung 51 Zubauraten von solarthermischen Anlagen in der Gemeinde Engstingen. Quelle der Daten: BAFA.....	69
Abbildung 52 Zubauraten von BAFA-geförderten Wärmepumpen in der Gemeinde Engstingen. Quelle der Daten: BAFA.	71

Abbildung 53 Prozentuale Anteile der installierten Wärmepumpen in Neubauten und bestehenden Gebäuden in Deutschland (Vergleich). Grundlage der Daten: Absolute Anzahl der Wärmepumpen aus der Studie „Durchbruch für die Wärmepumpe“ von Agora Energiewende.	72
Abbildung 54 Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens in 1 - 2 m Tiefe [W/(m*K)] auf der und um die Gemarkung der Gemeinde Engstingen. Quelle der Daten inkl. Legende: LGRB	73
Abbildung 55 Ertrag und vermiedene Emissionen durch Wärmepumpen im Status quo und den Szenarien	74
Abbildung 56 Strombedarf aus erneuerbaren Energien für das Heizen mit Wasserstoff oder Wärmepumpe unter Angabe der Wirkungsgrade bei Umwandlungsprozessen. Quelle der Daten: Umweltbundesamt.....	80
Abbildung 57 Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im Wohngebäudesektor nach Szenarien.....	81
Abbildung 58 Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im GHD-Sektor nach Szenarien	82
Abbildung 59 Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im industriellen Sektor nach Szenarien.....	83
Abbildung 60 Anzahl der Neuzulassungen von Elektroautos von 2009 bis 2023. Quelle der Daten: Kraftfahrt-Bundesamt. Statista GmbH.....	85
Abbildung 61 Fahrleistung nach Innerorts und Außerorts sowie nach Fahrzeugkategorie auf der Gemarkung Engstingen. Quelle der Daten: ifeu Insitut.....	87
Abbildung 62 Ladesäulen in Engstingen, Screenshot; Bildquelle: Netze BW (Screenshot).....	88
Abbildung 63 Zielvorstellung Radnetz Engstingen. Bildquelle: Radverkehrskonzept Engstingen	89
Abbildung 64 ÖPNV-Wegenetz auf der Gemarkung Engstingen inkl. Bushaltestellen und Carsharing-Standort. Quelle der Daten: OpenStreetMaps.....	90
Abbildung 65 Reaktivierungsstrecken für den Schienenpersonennahverkehr. Bildquelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg	91
Abbildung 66 Ziel-Liniennetz der Regional-Stadtbahn Neckar-Alb. Bildquelle: Zweckverband Regional-Stadtbahn Neckar-Alb.....	92
Abbildung 67 Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor nach Antriebsart im Referenzszenario	93
Abbildung 68 Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor nach Antriebsart im Klimaschutzszenario	94
Abbildung 69 Gesamtemissionen nach Sektoren und Szenarien	96
Abbildung 70 Gesamtemissionen nach Verbrauchergruppen und Szenarien	97
Abbildung 71 Emissionsreduktionspfad bis 2040 für die Gemeinde Engstingen. Grau=Verkehr, Rot=Wärme, Blau=Strom. Hintergrund=Trendszenario, Vordergrund=Klimaschutzszenario.....	98
Abbildung 72 Darstellung des CO2-Restbudgets für die Gemeinde Engstingen (Niveau 2019).....	99
 Tabelle 1 Aussagekraft nach Datengüte (Difu, 2018)	15
Tabelle 2 Indikatoren der Gemeinde Engstingen sowie Bundesdurchschnitt	27
Tabelle 3 Endenergieverbräuche und Emissionen.....	29
Tabelle 4 Effizienzsteigerung der kommunalen Liegenschaften nach Szenarien.....	34

Tabelle 5 Übersicht der geeigneten Gebiete für Freiflächen-PV auf der Gemarkung der Gemeinde Engstingen	38
Tabelle 6 Spannbreite Biogaspotenzial aus Gülle in Engstingen (Richtwerte).....	49
Tabelle 7 Annahme zur Berechnung des Einsparpotenzials von Wohngebäuden	53
Tabelle 8 Sanierung der kommunalen Liegenschaften nach Szenarien.....	55
Tabelle 9 Jährlicher Zuwachs und Energieholzpotenzial nach Herkömmlicher Ausgestaltung und Stammholz PLUS auf der Gemarkung der Gemeinde Engstingen	66
Tabelle 10 Aufkommen an Haus- und Sperrmüll, Bio- und Grünabfällen und Wertstoffen (Haushalt) aus öffentlicher Sammlung 2019 - 2022	68
Tabelle 11 Übersicht zur theoretisch erreichbaren Biomethanmenge aus der Biomüllmenge 2022 der Gemeinde Engstingen.....	69
Tabelle 12 Emissionen im Status Quo und Restemissionen 2040 nach Szenario	96

Abkürzungen

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerk(e)
BICO2BW	Bilanzierung von CO ₂ -Emissionen in Baden-Württemberg
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
E-Fahrzeuge	Elektrofahrzeuge
E-Mobilität	Elektromobilität
EnEV	Energieeinsparverordnung
EW	Einwohner
fm	Festmeter (Raummaß für Rundholz)
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
ha	Hektar
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KEA	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde(n)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Life cycle assessment
LGRB	Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWh	Megawattstunde(n)

N ₂ O	Lachgas
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
SAB	Schwäbische Alb-Bahn
SUV	Sport Utility Vehicle
TABULA	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt