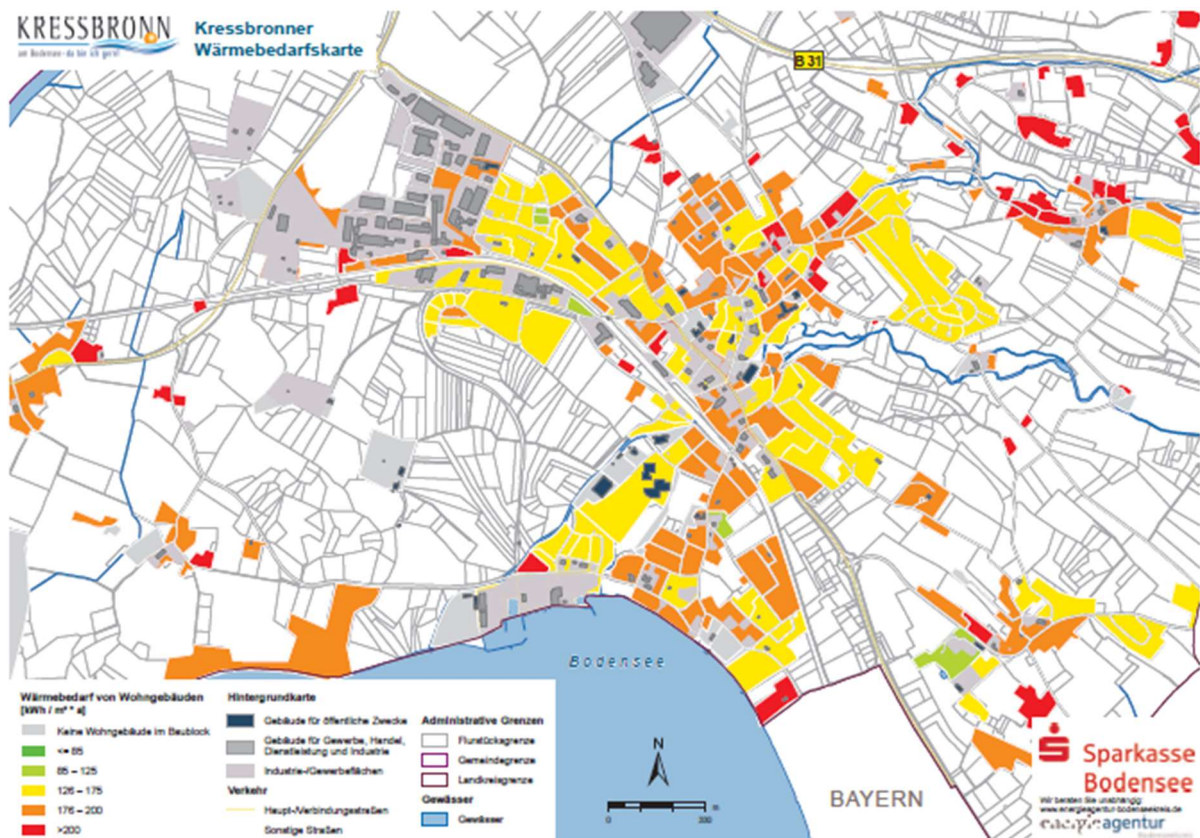


Klimaschutzkonzept Kressbronn a. B.

Besonderer Teil III: Wärmeeinsparung und Wärmeerzeugung



Herausgeber:

Gemeinde Kressbronn a. B.
Hauptstraße 19
88079 Kressbronn a. B.

Stand: Oktober 2023

Az.: 106.6

Inhaltliche Verantwortung: Dr. Thomas Hegel, Sachgebietsleiter Klimaschutz der
Gemeinde Kressbronn a. B.

© Gemeinde Kressbronn a. B.

Das vorliegende Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigungen sind nur nach Rücksprache mit dem Herausgeber gestattet. Die Gemeinde übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben und Hinweise im Dokument.

Inhalt

A. Grundlagen.....	5
I. Der Klimawandel und die Energiewende.....	5
II. Bekenntnis der Gemeinde zum Klimaschutz	6
III. Energiebedarf von Kressbronn a. B.....	6
1. Maßeinheiten zur Ermittlung des Energiebedarfs	6
2. Energiebedarf auf der Gemarkung der Gemeinde.....	7
a) Begrifflichkeiten	7
b) Derzeitiger Gesamtendenergiebedarf	7
c) Derzeitiger Wärmeendenergiebedarf	9
d) Zwischenfazit.....	12
d) Künftiger Wärmeendenergiebedarf.....	12
B. Nutzerverhalten	13
C. Dämmung von Gebäuden	14
D. Möglichkeiten der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien in Kressbronn a. B.....	15
I. Erneuerbare Energien	15
1. Solarenergie.....	16
2. Windenergie	16
3. Wasserkraft.....	16
4. Bioenergie.....	16
5. Geothermie.....	17
II. Wärmeerzeugungsmöglichkeiten in Kressbronn a. B.....	17
1. Fossile Energieträger	17
2. Biomasse.....	17
a) Feste Biomasse – Holz.....	18
b) Gasförmige Biomasse – Biogas	20
3. Prozesswärme.....	21
4. Solarthermie	22
5. Luft-, Erd- und Wasserwärme.....	23
III. Wärmeerzeugungsanlagen zur klimaschonenden Energieerzeugung.....	24
1. Wärmepumpen.....	25
2. Solarthermische Anlagen.....	25
a) Flachkollektoren	25
b) Vakuumröhrenkollektoren.....	26
c) PVT-Systeme.....	26
3. Pyrolyseanlagen.....	26
IV. Wärmespeicher.....	28
V. Wärmeleitungssysteme	29
E. Wärmeplanung für Kressbronn a. B.	29
I. Wärmebedarf.....	30
II. Energieträger, Wärmeerzeugungsanlagen, Speicher und Wärmeleitungssysteme.....	32
III. Optimierung des Wärmeversorgungssystems.....	32
1. Wärmenetzversorgung	32
2. Einzelversorgung von Gebäuden.....	33
IV. Transformationspfad	34
F. Klimaschutz durch Gesetz.....	34
I. Europäische Gesetze	34

II. Bundes-Klimaschutzgesetze.....	34
1. Gebäude Energie Gesetz (GEG)	35
2. Mindesteffizienzstandards für Gebäude (MEPS)	35
3. Wärmeplanungsgesetz	35
III. Landes-Klimaschutzgesetz	36
G. Erforderliche CO ₂ -Emissionsreduzierungen bis 2035	36
H. Umsetzung der erforderlichen CO ₂ -Emissionsreduzierungen bis 2035	37
I. Nutzerverhalten	37
1. Privathaushalte und Gewerbe	37
2. Kommunale Liegenschaften	38
II. Energetische Sanierung von Gebäuden	39
1. Privathaushalte und Gewerbe	39
2. Kommunale Liegenschaften	39
III. Wärmeplan Kressbronn a. B.	41
I. Zusammenfassung und Ziele für die Gemeinde.....	42
J. Strategische Vorgehensweise	43
I. Wärmeplan für Kressbronn a. B.....	43
II. Kommunikation, Beratung und Unterstützung	43
III. Energetische Sanierung der kommunalen Liegenschaften	44

A. Grundlagen

I. Der Klimawandel und die Energiewende

Weltweit ist eine Veränderung des Klimas zu beobachten. Die derzeitige globale Erwärmung wird dabei nach ganz überwiegender wissenschaftlicher Meinung vor allem, aber nicht ausschließlich, durch den Menschen verursacht. Maßgeblich ist danach insbesondere der Ausstoß von Treibhausgasen. Treibhausgase verursachen den Treibhauseffekt. Unter dem Treibhauseffekt versteht man das Reflektieren von Sonnenstrahlen, die auf die Erde treffen, von der Atmosphäre zurück zur Erde. Die Reflektion erfolgt durch Wolken und Gase (sog. Treibhausgase). Grundsätzlich ist dies ein natürlicher Prozess, der die Erde überhaupt erst bewohnbar macht und für das Leben mitverantwortlich ist. Wird jedoch die natürliche Zusammensetzung der Atmosphäre verändert und insbesondere der Anteil der Treibhausgase erhöht, steigert dies den Treibhauseffekt, was wiederum zu einer erhöhten und unnatürlichen Erwärmung der Erde führt. Darunter versteht man dann den menschengemachten Treibhauseffekt.

Zu den Treibhausgasen gehören Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (NO_2) und Wasserdampf (H_2O). Als besonders klimaschädlich und vom Menschen stark beeinflussbar wird von der Wissenschaft die Emission von Kohlenstoffdioxid ausgemacht. Das Treibhausgas wird durch die Industrialisierung, insbesondere die Verbrennung fossiler Kraftstoffe wie Erdöl, Erdgas oder Kohle, aber auch durch den Verlust von Wäldern freigesetzt bzw. nicht ausreichend gebunden. Ursachen für den Ausstoß liegen also in der weltweiten industriellen und landwirtschaftlichen Produktion, Dienstleistungen, Strom- und Wärmeerzeugung oder im Straßen-, Luft- und Wasserverkehr (Mobilität). Die Natur ist selbst nicht in der Lage, das zusätzlich freigesetzte Kohlenstoffdioxid zu binden und unschädlich zu machen. Deshalb ist es Aufgabe des Menschen, den Ausstoß des Treibhausgases zu reduzieren bzw. ein neutrales Verhältnis von CO_2 -Ausstoß und CO_2 -Bindung zu erreichen sowie zusätzlich CO_2 aus der Luft zu binden, um den Klimawandel aufzuhalten oder zumindest abzuschwächen. Das versteht man dann unter Klimaschutz. Da Kohlenstoffdioxid von nahezu allen Staaten und Gesellschaften derzeit im Übermaß ausgestoßen wird, ist Klimaschutz eine weltweite Gemeinschaftsaufgabe.

Klimaschutz ist ein Sammelbegriff für Maßnahmen gegen die globale Erwärmung bzw. den Klimawandel. Unterscheiden muss man dabei in Maßnahmen zur Bindung von bereits ausgestoßenem Kohlenstoffdioxid und Maßnahmen zur Senkung des Ausstoßes selbst. Gebunden werden kann das Treibhausgas durch sogenannte Kohlenstoffsinken. Dazu gehören neben den Ozeanen insbesondere Wälder und Feuchtgebiete. Deshalb kann und muss es eine Aufgabe des Klimaschutzes sein, nicht nur Wälder und Feuchtgebiete zu erhalten, sondern auch den Bestand wieder auszubauen. Maßnahmen zur Reduzierung des Ausstoßes von Kohlenstoffdioxid sind allerdings noch wichtiger und effektiver, weshalb sich der Klimaschutz darauf momentan stark konzentriert. Erforderlich ist mithin den Ausstoß von CO_2 im Bereich der industriellen und landwirtschaftlichen Produktion, des Dienstleistungsgewerbes, des Verkehrs, in Privathaushalten und vor allem im Bereich der Energieerzeugung zu senken. Zur Reduzierung des Ausstoßes gehört mittelbar auch die Einsparung von Energie.

Mit Blick auf den Klimaschutz in der Energieerzeugung wird von der Energiewende gesprochen. Energiewende meint die Umstellung von fossilen auf regenerative

Energieträger. Es geht also um Energieträger, die nachhaltig, erneuerbar und damit auch klimaneutral sind. Zu den erneuerbaren Energien werden insbesondere Bioenergie, Erdwärme, Windkraft, Wasserkraft und Sonnenenergie (Solarthermie und Photovoltaik) gerechnet. Mit dem Ausbau dieser regenerativen Energieerzeugungsmethoden wurde in den letzten Jahren und Jahrzehnten begonnen. Der Ausbaufortschritt ist in Deutschland und auch in Baden-Württemberg noch nicht so weit, dass auf fossile Energieträger oder die Kernkraft ganz verzichtet werden kann. Aus diesem Grund müssen Politik, Wirtschaft und Private gemeinsam mehr in regenerative Energien investieren und den Ausbau voranbringen. Nur so kann die Energiewende auch gelingen. Dabei sind auch die Kommunen gefragt.

II. Bekenntnis der Gemeinde zum Klimaschutz

Die Gemeinde Kressbronn a. B. bekennt sich zum Klimaschutz und zur Energiewende. Mit Beschluss des Gemeinderates vom 23. Juni 2021 ist die Gemeinde dem Klimaschutzpakt des Landes Baden-Württemberg beigetreten. Damit bekennt sich die Gemeinde auch zu den Klimaschutzzielen des Landes und ist damit in der Verpflichtung durch geeignete Maßnahmen auf kommunaler Ebene zum Klimaschutz beizutragen. Die Gemeinde hat in diesem Zusammenhang bereits die Wärme- und Heizeffizienz von kommunalen Liegenschaften durch energetische Sanierungen verbessert und die Energieeffizienz überprüft und optimiert. Auf dem Weg zur Klimaneutralität muss jedoch weiterhin Wärmeenergie eingespart und die Wärmeerzeugung auf regenerative Energiequellen umgestellt werden.

III. Energiebedarf von Kressbronn a. B.

Grundlegend für weitere Überlegungen zur Umsetzung der Energiewende in der Gemeinde und den damit verbundenen Maßnahmen ist die Fragestellung, wie viel Energie derzeit von der Gemeinde benötigt wird.

1. Maßeinheiten zur Ermittlung des Energiebedarfs

Der Energiebedarf wird nach dem internationalen Einheitssystem für physikalische Größen in Watt (W) gemessen. Watt ist dabei die Maßeinheit für Leistung (Energieumsatz pro Zeitspanne). $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{kg} \times \text{m}^2}{\text{s}^3}$. Anders ausgedrückt ist ein Watt gleich ein Joule pro Sekunde.

Als Formel: $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$. Joule (J) ist die Maßeinheit für Energie. Damit wird die Arbeit bemessen, die verrichtet wird, wenn die Kraft von einem Newton über eine Strecke von einem Meter ausgeübt wird. Als Formel ausgedrückt: $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times \text{m}$ oder $1 \text{ W} \times \text{s}$. Newton (N) wiederum ist die Maßeinheit für Kraft. Als Formel ausgedrückt: $1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}}$. Ein Newton bemisst also die erforderliche Kraft zur Beschleunigung eines ruhenden Körpers mit dem Gewicht von einem Kilogramm innerhalb von einer Sekunde auf die Geschwindigkeit von einem Meter pro Sekunde (m/s).

Der Energieverbrauch wird üblicherweise in Wattstunden (Wh) dargestellt. Eine Wattstunde ist die Energiemenge, die bei einer Leistung von 1 W innerhalb einer Stunde (h), das sind 3600 Sekunden, umgesetzt wird. Als Formel: $1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \times 3600 \text{ s}$. Eine Wattstunde entspricht also 3.600 Wattsekunden (Ws) oder 3.600 Joule. Ein größerer Energieverbrauch kann in Kilowattstunden (kWh), Megawattstunden (MWh), Gigawattstunden (GWh) und Terawattstunden (TWh) angegeben werden. Eine Kilowattstunde sind 1.000 Wattstunden ($1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh}$). Eine Megawattstunde sind 1.000 Kilowattstunden ($1 \text{ MWh} = 1.000 \text{ kWh}$). Eine Gigawattstunde sind 1.000 Megawattstunden ($1 \text{ GWh} = 1.000 \text{ MWh}$) oder 1 Mio.

Kilowattstunden (1 GWh = 1 Mio. kWh). Eine Terawattstunde sind 1.000 Gigawattstunden (1 TWh = 1.000 GWh) oder eine Milliarde Kilowattstunden (1 TWh = 1 Mrd. kWh).

2. Energiebedarf auf der Gemarkung der Gemeinde

Die Energieagentur Ravensburg gGmbH hat im September 2019 eine Energie- und CO₂-Bilanz für die Gemeinde Kressbronn a. B. erstellt. Der Aufstellung waren damals 8.693 Einwohner der Gemeinde zu Grunde gelegt. Nach einem Überblick über den Gesamt-Endenergieverbrauch aller Energieträger konzentriert sich die Darstellung auf den Wärmebedarf und dessen Einsparung.

a) Begrifflichkeiten

Bei der Bemessung des Energieverbrauchs oder Energiebedarfs unterscheidet man zwischen Bruttoenergieverbrauch und Nettoenergieverbrauch. Bruttoenergieverbrauch meint die gesamte Energiemenge, die verbraucht wird. Umfasst wird dabei auch diejenige Energie, die unter anderem beim Transport verloren geht oder von den erzeugenden Kraftwerken benötigt wird. Zieht man Letzteres ab, spricht man vom Nettoenergieverbrauch oder auch Endenergieverbrauch. Die Begriffe lassen sich dann auch für die einzelnen Energieträger zur Abgrenzung verwenden.

b) Derzeitiger Gesamtendenergiebedarf

Der Endenergieverbrauch lässt sich nach Energieträgern in Kressbronn a. B. insgesamt wie folgt darstellen:

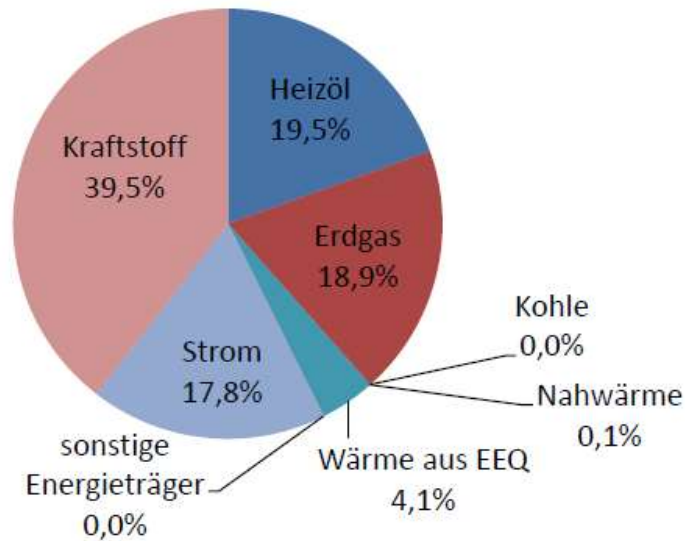
	Energieverbrauch pro Jahr	Anteil in %	Energieverbrauch pro Einwohner
Heizöl	38.880 MWh	19,5 %	4,5 MWh
Erdgas	37.604 MWh	18,9 %	4,3 MWh
Kohle	13 MWh	0,0 %	0,0 MWh
Nahwärme	134 MWh	0,1 %	0,0 MWh
Wärme aus EEQ ¹	8.198 MWh	4,1 %	0,9 MWh
Sonstige Energieträger	15 MWh	0,0 %	0,0 MWh
Strom	35.493 MWh	17,8 %	4,1 MWh
Kraftstoff ²	78.634 MWh ³	39,5 %	9,0 MWh
Gesamt:	198.971 MWh	100,0 %	22,9 MWh

¹ EEQ = Energieeffizienz Quartier.

² z. B. Benzin, Diesel (im Verkehr, Mobilität).

³ In diese Darstellung sind alle Verkehrsbewegungen auf der Gemarkung der Gemeinde einbezogen, einschließlich der B31.

Endenergieverbrauch, aufgeteilt nach Energieträgern 2019



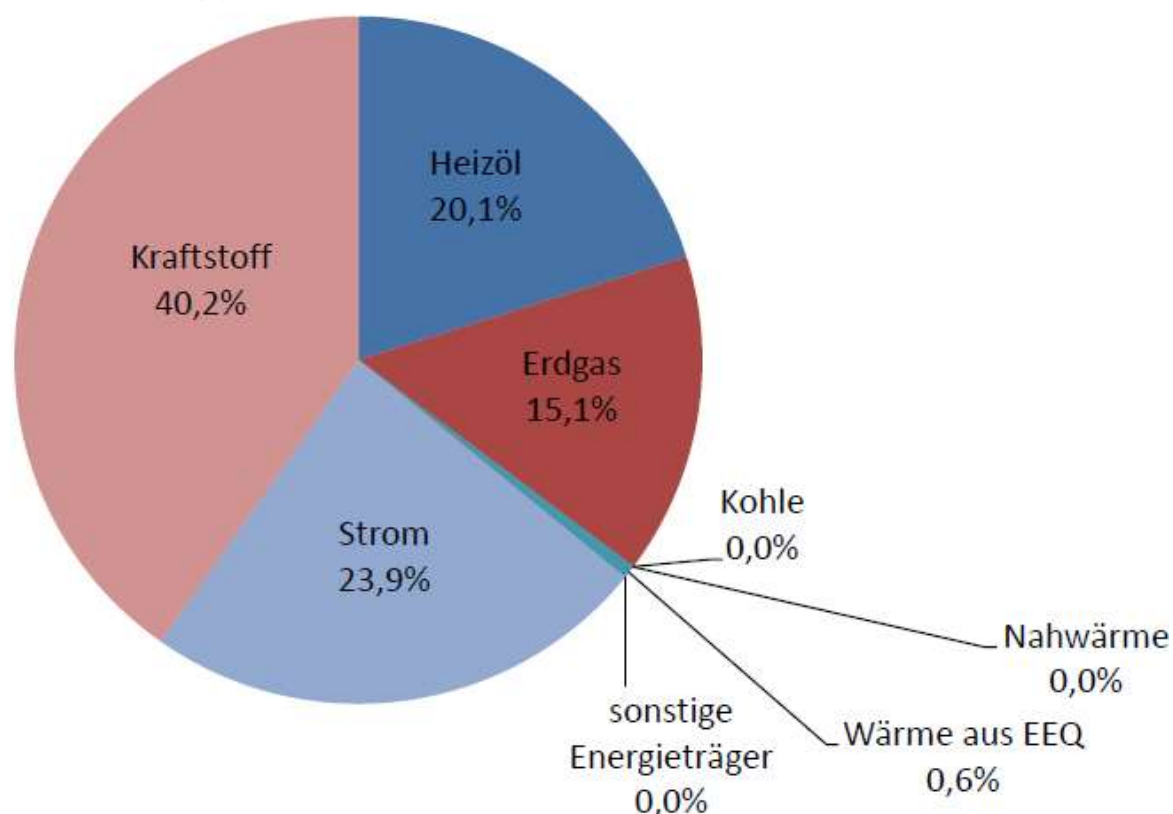
Es lässt sich festhalten, dass der Schwerpunkt des Endenergieverbrauchs in Kressbronn a. B. derzeit mit 84.844 MWh (= 42,6 %) im Bereich der Wärmeerzeugung liegt, dicht gefolgt vom Verkehr mit 78.634 MWh (= 39,5 %). Der Endenergieverbrauch von Strom nimmt derzeit noch mit 35.493 MWh (= 17,8 %) eine untergeordnete Rolle ein.

Anknüpfend an die Endenergieverbräuche der dargestellten Energieträger in Kressbronn a. B. kann diesen folgender CO₂-Ausstoß zugerechnet werden:

	CO ₂ -Ausstoß in Tonnen pro Jahr	Anteil in %	CO ₂ -Ausstoß in Tonnen pro Jahr und Einwohner
Heizöl	12.346 t	6,2 %	1,4 t
Erdgas	9.288 t	4,7 %	1,1 t
Kohle	6 t	0,0 %	0,0 t
Nahwärme	14 t	0,0 %	0,0 t
Wärme aus EEQ	370 t	0,2 %	0,0 t
Sonstige Energieträger	4 t	0,0 %	0,0 t
Strom	14.649 t	7,4 %	1,7 t
Kraftstoff	24.710 t	12,4 %	2,8 t
Gesamt:	61.405 t	100,0 %	7,1 t

Der Gesamt-CO₂-Ausstoß in Kressbronn a. B. beläuft sich auf 61.405 Tonnen pro Jahr oder 7,1 Tonnen pro Einwohner/Jahr. Der Ausstoß verteilt sich mit 24.710 t (= 40,2 %) auf den Verkehr, 22.028 t (= 35,9 %) auf die Wärmeerzeugung und 14.649 t (= 23,9 %) auf den Stromverbrauch.

CO₂-Emissionen 2019



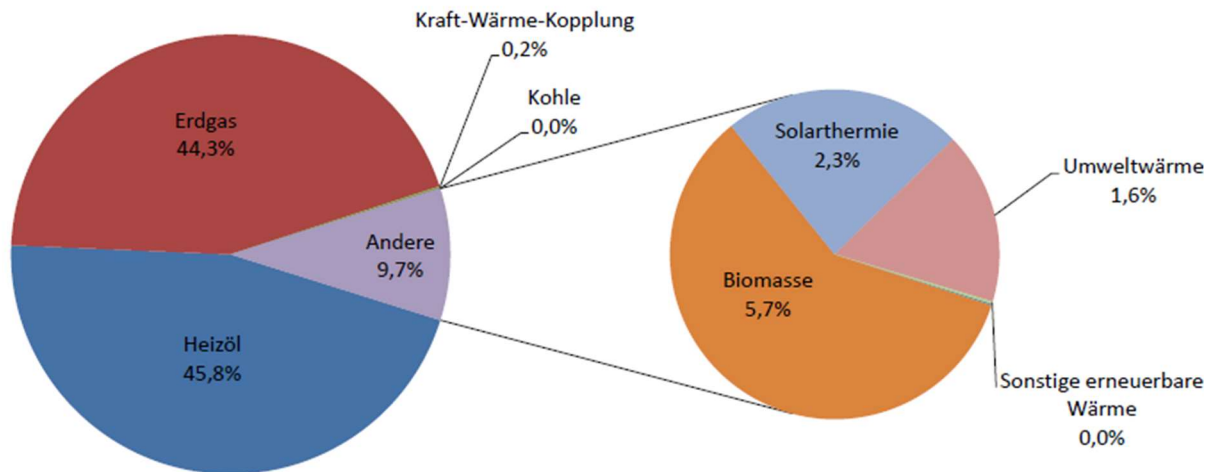
c) Derzeitiger Wärmeendenergiebedarf

Der nachhaltige und nicht nachhaltige Wärmeendenergiebedarf der Gemeinde Kressbronn a. B. stellt sich nach Heizungstechnologie unterteilt folgendermaßen dar:

	Energieverbrauch pro Jahr	Anteil in %	Energieverbrauch pro Einwohner
Heizöl	38.800 MWh	45,8 %	4,5 MWh
Erdgas	37.604 MWh	44,3 %	4,3 MWh
Kraft-Wärme-Kopplung	134 MWh	0,2 %	0,0 MWh
Kohle	13 MWh	0,0 %	0,0 MWh
Sonstige Energieträger	15 MWh	0,0 %	0,0 MWh
Biomasse	4.861 MWh	5,7 %	0,6 MWh
Solarthermie	1.932 MWh	2,3 %	0,2 MWh
Umweltwärme	1.387 MWh	1,6 %	0,2 MWh
Sonstige erneuerbare Wärme	18 MWh	0,0 %	0,0 MWh
Gesamt:	84.844 MWh	100,0 %	9,8 MWh

Die Verwendung von Heizöl mit fast 46 % und Erdgas mit ca. 44 % des Wärmeenergieverbrauchs zeigen ein starkes Übergewicht der nicht nachhaltigen Wärmeerzeugung in Kressbronn a. B. Mit ca. 10 % ist die nachhaltige Wärmeerzeugung noch deutlich ausbaubar.

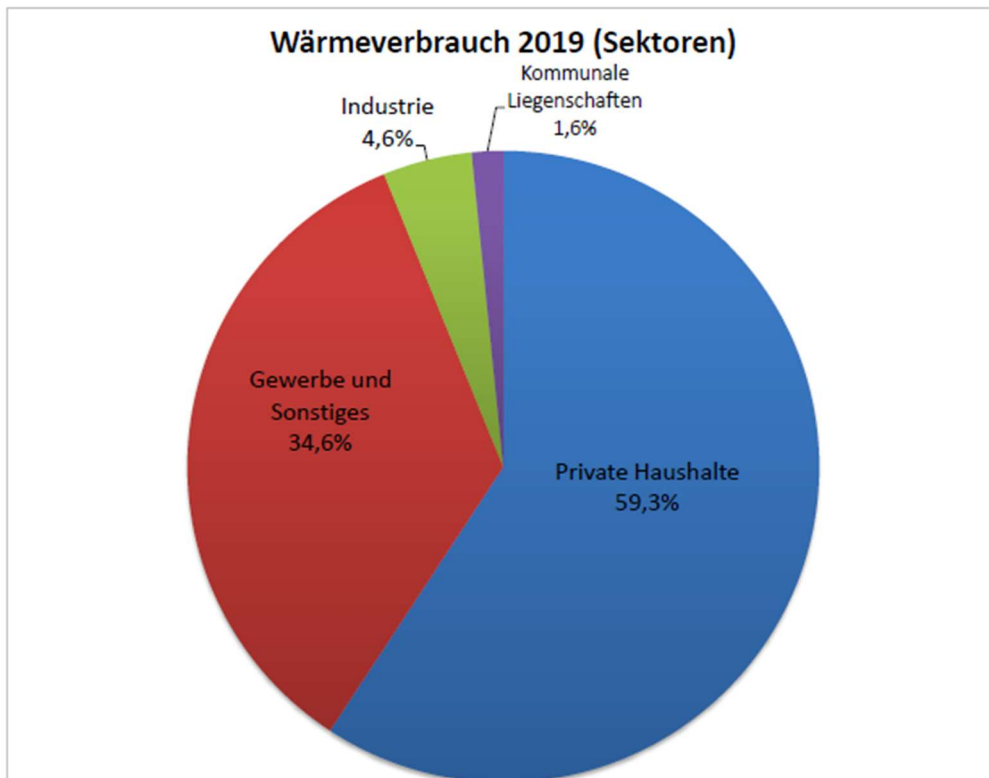
Wärmeverbrauch, nachhaltige Wärmeerzeugung 2019



Der Wärmeendenergiebedarf nach Sektoren ist im Folgenden dargestellt:

	Energieverbrauch pro Jahr	Anteil in %	Energieverbrauch pro Einwohner
Private Haushalte	50.272 MWh	59,3 %	5,8 MWh
Gewerbe und Sonstiges	29.349 MWh	34,6 %	3,4 MWh
Industrie	3.868 MWh	4,6 %	0,4 MWh
Kommunale Liegenschaften	1.365 MWh	1,6 %	0,2 MWh
Gesamt:	84.844 MWh	100,0 %	9,8 MWh

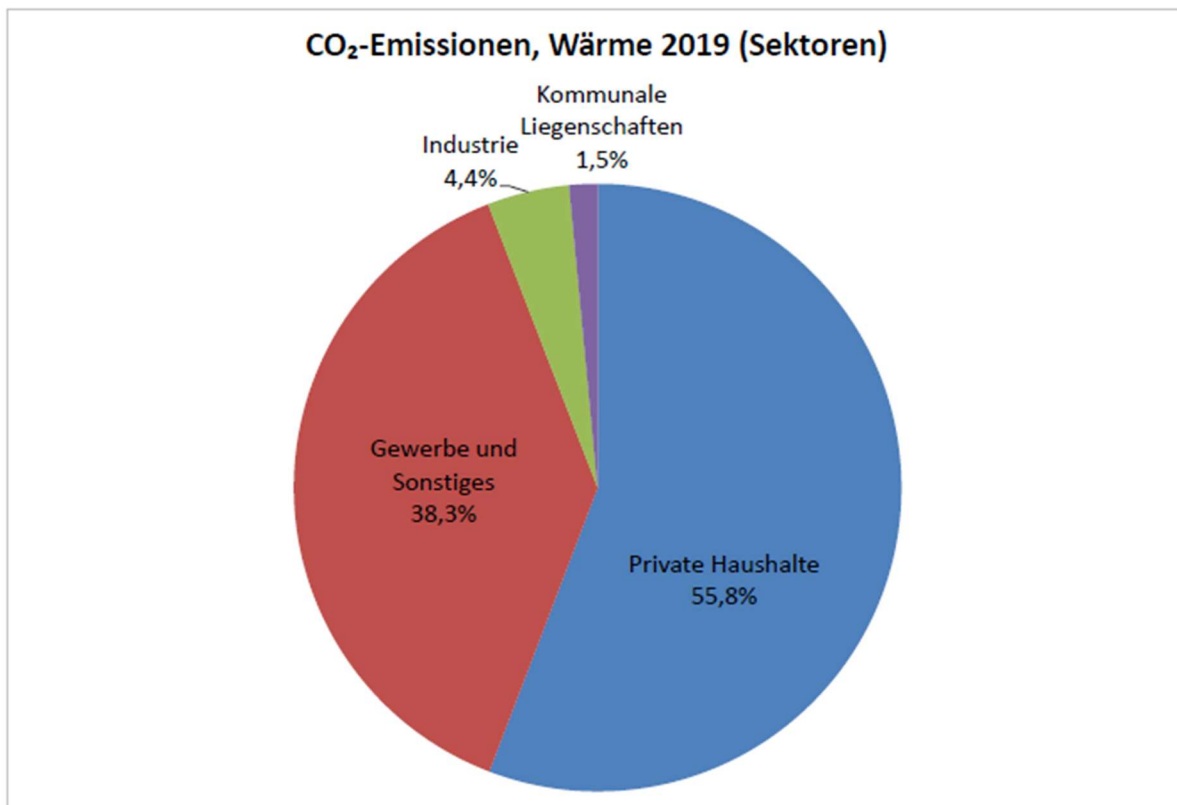
Die privaten Haushalte zeigen mit ca. 59 % den höchsten Wärmeenergiebedarf. Das Gewerbe hat mit ca. 35 % einen deutlich höheren Wärmeenergiebedarf als die Industrie mit ca. 5 %. Die kommunalen Liegenschaften sind mit ca. 2 % im Energieverbrauch nicht entscheidend, jedoch in ihrer Vorbildfunktion bedeutend.



Die CO₂-Emissionen nach Sektoren und pro Einwohner sind der folgenden Tabelle und Grafik zu entnehmen:

	CO ₂ -Ausstoß in Tonnen pro Jahr	Anteil in %	CO ₂ -Ausstoß in Tonnen pro Jahr und Einwohner
Private Haushalte	12.304 t	56,7 %	1,4 t
Gewerbe und Sonstiges	8.448 t	38,9 %	1,0 t
Industrie	963 t	4,4 %	0,1 t
Kommunale Liegenschaften	331 t	1,5 %	0,0 t
Gesamt:	21.715 t	100,0 %	2,5 t

Die CO₂-Emissionen der privaten Haushalte sind mit fast 57 % die Bedeutsamsten und, obwohl Kressbronn a. B. kein ausgeprägter Gewerbe- und Industriestandort ist, haben diese einen gemeinsamen Anteil von ca. 43 % am gesamten durch Wärmebedarf erzeugten CO₂-Ausstoß.



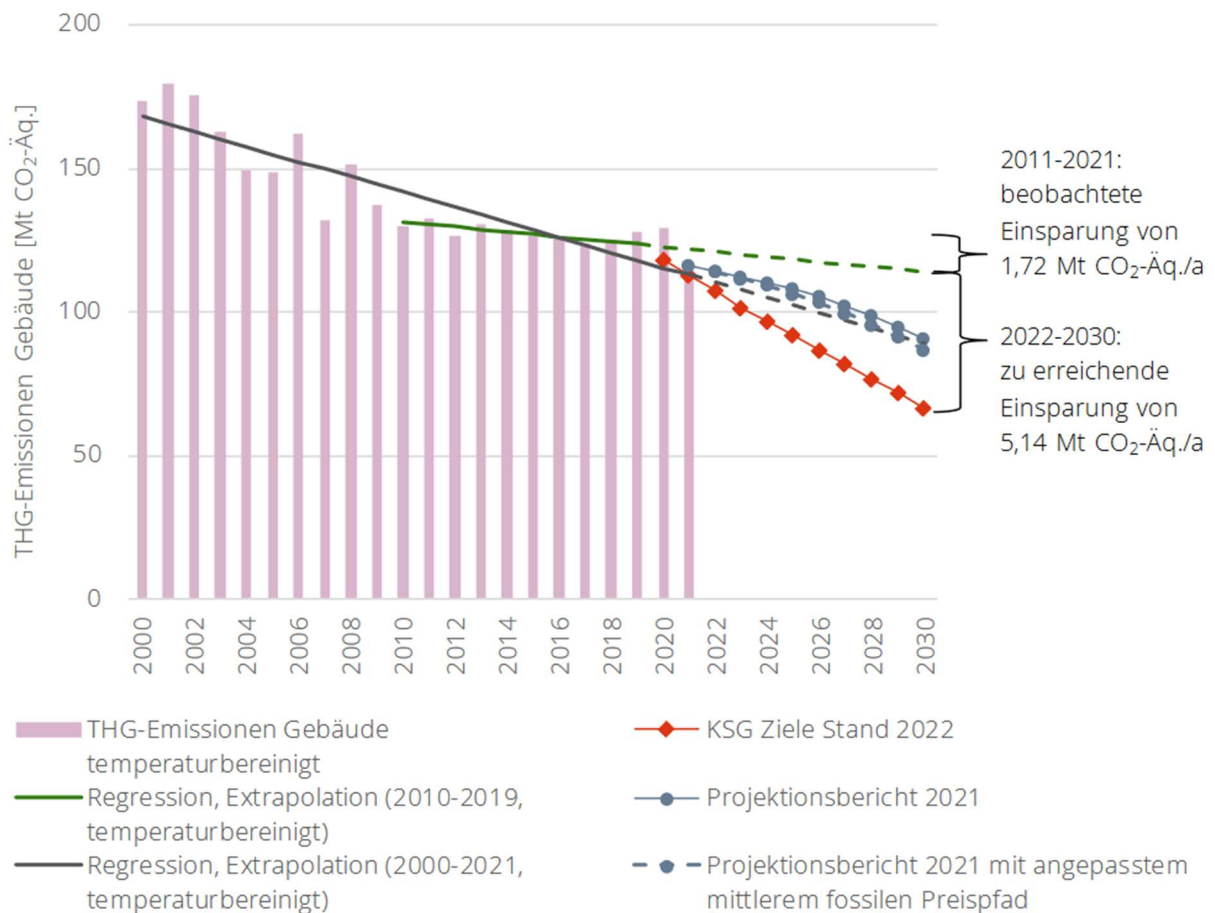
Der Wärmeendenergieverbrauch in Kressbronn a. B. wird zu ca. 90 % aus fossilen Quellen und nur zu ca. 10 % aus nachhaltigen Quellen gedeckt. Die Verursacher sind mit ca. 59 % des Wärmeendenergiebedarfes und ca. 56 % der CO₂-Emissionen die Privathaushalte, während das Gewerbe und die Industrie zu ca. 39 % am Wärmeendenergiebedarf und zu ca. 43 % an den CO₂-Emissionen beteiligt ist. Kommunale Liegenschaften haben daran einen Anteil von ca. 1 %.

d) Zwischenfazit

Zusammenfassend lässt sich anhand der Endenergiebedarfe bezogen auf die verschiedenen Energieträger klar herausstellen, dass der Wärmebedarf und der damit verbundene CO₂-Ausstoß genauso wie der Kraftstoffbedarf im Verkehr eine herausragende Rolle einnimmt, während der Strombedarf derzeit noch nicht im Vordergrund steht. Beim Wärmeverbrauch selbst bilden die privaten Haushalte den Schwerpunkt des Verbrauchs von Energie und des CO₂-Ausstoßes. Das Gewerbe ist jedoch ebenfalls von Bedeutung.

d) Künftiger Wärmeendenergiebedarf

Der Gebäudebereich ist ein zentraler Schauplatz für den Weg zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2035. Mit Blick auf die im Klimaschutzgesetz festgelegten CO₂-Einsparziele hat der Gebäudesektor in Deutschland Nachholbedarf. So haben sich, wie das anschließende Bild des Expertenrates Klima zeigt, die THG-Emissionen in Deutschland von 2011 bis 2021 nur um 1,4 % reduziert. Unterstellt man diese Reduzierung auch für Kressbronn a. B. und schreibt diese bis ins Jahr 2035 fort, so reduzieren sich die THG-Emissionen von ca. 22.000 t CO₂ im Jahr 2019 auf ca. 21.000 t CO₂ im Jahr 2035 für Kressbronn a. B. nur unwesentlich.



Es sind somit erhebliche und zusätzliche Anstrengungen erforderlich, den Wärmeverbrauch und die damit verbundenen CO₂-Emissionen derart zu senken, dass auch im Gebäudesektor die Klimaneutralität bis 2035 erreicht werden kann. Im Fokus stehen hier die Wärmebedarfsreduzierung durch ein geändertes Verhalten der Nutzer von Gebäuden, die Dämmung von Gebäuden und die Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien.

B. Nutzerverhalten

Die Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden beeinflussen entscheidend den Wärmeverbrauch von Häusern; denn sie kleiden sich winter- oder sommergerecht, regeln die Zimmertemperatur bei An- oder Abwesenheit, öffnen Fenster und Türen, sodass Wärme entweichen kann und nutzen große oder kleine Räume. Das Nutzerverhalten von Personen, die Gebäuden bewohnen oder nutzen hat sich dabei in den letzten Jahrzehnten schleichend verändert. So stieg die bewohnte Wohnfläche pro Person und damit auch der Wärmebedarf stetig an: Während eine Person 1990 noch auf durchschnittlich 35 m² Wohnfläche gewohnt hatte, waren es 2021 schon knapp 48 m² pro Person. Ursache hierfür ist der Trend, der sich auch in Zukunft wohl nicht so schnell ändern wird, dass Familienwohnungen oder -häuser nach dem Wegzug der Kinder meist von den Eltern allein bewohnt werden, somit die Quadratmeterzahl und der Wärmebedarf pro Person steigen und die Kinder eigene Wohnungen oder Häuser beziehen, wobei der Wunsch nach größeren Wohnungen ungebrochen ist. Dies erzeugt bedingt durch die zusätzlich größere Wohnung zusätzlichen Wärmebedarf.

Aber auch das Temperaturniveau in den Häusern hat sich im Laufe der Zeit immer weiter erhöht, sodass im Winter in den Häusern bisweilen sommerliche Kleidung getragen wird und die Zimmertemperatur entsprechend erhöht wird.

Das Verhalten von Nutzern kann sich aber auch verändern. Das zeigte die fossile Energiekrise im Herbst und Winter 2022, die dazu führte, dass der Gasverbrauch der Haushalts- und Gewerbekunden deutlich – im Durchschnitt um etwa 15 % – hinter den Durchschnittsverbräuchen der Vorjahre zurückblieb. Zu diesen Einsparungen trug auch das warme Wetter im Herbst bei. Der Einspareffekt auf Grund von Verhaltensänderungen wird auf 8 % geschätzt. Ob dies ein Sondereffekt war oder zukünftig Bestand haben wird, ist derzeit nicht geklärt. Hilfreich war sicherlich der Anreiz für die Bewohner Energiekosten zu sparen. So reduzieren sich die Energiekosten um ca. 12 %, wenn die Wohntemperatur um 2 °C gesenkt wird.

Der Wärmebedarf kann somit durch eine Änderung des Nutzerverhaltens reduziert werden. Dies sollte jedoch nicht einmalig, sondern nachhaltig erfolgen.

Das Verhalten von Menschen orientiert sich an den Prinzipien der einzelnen Menschen oder Menschengruppen. Wenn es teurer wird, geht das zu Lasten des Prinzips „Sparen“ und die Person reagiert und reduziert z. B. die Wohntemperatur, um Heizkosten zu sparen. Wenn man somit die Prinzipien von Menschengruppen kennt, kann man auf diese einwirken und Menschen zum Handeln veranlassen. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Prinzipien von Menschen zu verändern, indem man informiert, die betroffenen Menschen neue Erkenntnisse („Aha-Effekte“) haben, diese Erkenntnisse vertieft werden und sie dann anschließend ihre Prinzipien und ihr Verhalten umstellen.

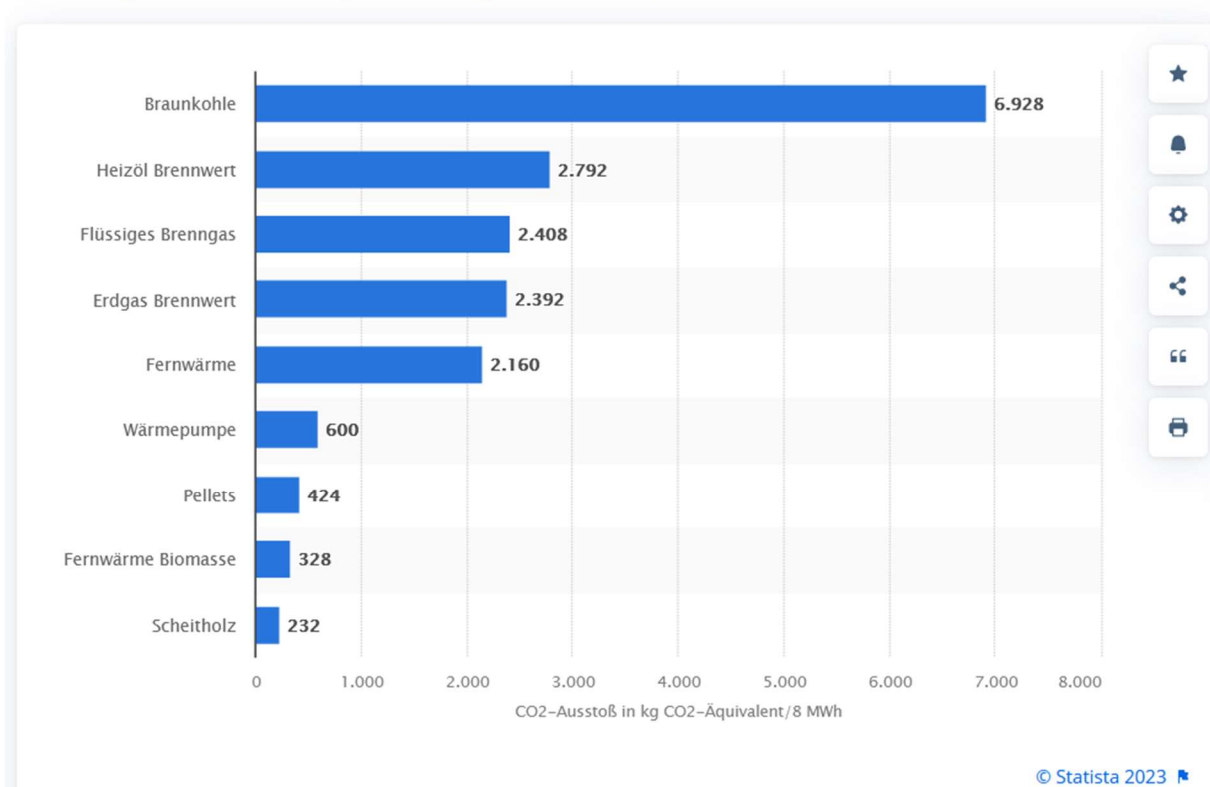
Ziel: Veränderungsbereitschaft, Umsetzungswillen und „Soziale Ansteckung“ zur Wärmebedarfs-, CO₂-Emissionsreduzierung und für den Klimaschutz bei Bürgerinnen und Bürgern, Gewerbetreibenden, Unternehmern und Mitarbeiterinnen werden durch Informationen, Kommunikation, Beratung und Unterstützung kontinuierlich gestärkt.

C. Dämmung von Gebäuden

Eine gute Gebäudedämmung führt bei gleicher Wohntemperatur im Inneren des Gebäudes zu einem geringeren Wärmeverlust durch die Gebäudehülle, Fenster und Bodenplatte nach draußen und somit auch zu einem geringeren Wärmebedarf, da die Wärmeverluste durch Nachheizen immer wieder ausgeglichen werden müssen. Die Wärmedämmung in bestehenden Gebäuden hat mit das größte Potenzial zur Reduktion der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor und wird den flächendeckenden Wärmebedarf bis 2030 um voraussichtlich 10 bis 30 % reduzieren. Der Bedarf für eine Gebäudedämmung ist am größten, wenn ein hoher spezifischer Wärmeverbrauch vorliegt und die CO₂-Emission der Wärmeerzeugungsanlage hoch ist. Der spezifische Wärmeverbrauch (kWh/(m²a)) wird in Kilowattstunden (kWh) pro beheizter Wohnfläche in Quadratmetern (m²) und Jahr (a) gemessen und ist bei einem Wert über 200 kWh/(m²a) als hoch einzustufen. Die CO₂-Emission von Wärmeerzeugungsanlagen lassen sich der folgenden Tabelle entnehmen:

CO₂-Ausstoß nach Heizsystem in Deutschland

(in Kilogramm CO₂-Äquivalent pro 8 MWh)



Bei der Durchführung von Dämmmaßnahmen am Gebäude ist das Wärmedämmmaterial selbst ein zentraler Baustein für den Energiebedarf eines Gebäudes, da es unter den Baustoffen enorme Unterschiede in der Energie- und CO₂-Bilanz gibt. So benötigt beispielweise Polystyrol (EPS), das aus Steinkohle oder Erdöl gewonnen wird, im Vergleich zu einer Zelluloseflockendämmung in der Herstellung dreißigmal so viel Energie. Ähnliches gilt für viele weitere Naturdämmstoffe wie Kork, Hanf, Schafwolle etc. Der Verwendung von Dämmmaterialien mit einer guten Gesamtenergiebilanz, d. h. mit einem geringen Energie- und CO₂-Verbrauch von der Herstellung bis zur Entsorgung, sollte der Vorzug gegeben werden.

Ziel: Reduzierung des Wärmebedarfes von Gebäuden durch den Einsatz von nachhaltigen Dämmstoffen.

D. Möglichkeiten der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien in Kressbronn a. B.

I. Erneuerbare Energien

Im Zeichen des Klimaschutzes steht vor allem der Ausbau der erneuerbaren Energien. Damit sind Energiequellen gemeint, die aus Sicht des Menschen praktisch unerschöpflich sind und keine mengenmäßige Begrenzung aufweisen. Abzugrenzen sind sie von den fossilen Energiequellen (z. B. Erdöl, Erdgas, Propangas, Kohle), die nur in einem bestimmten Umfang zur Verfügung stehen oder eine sehr lange Zeit benötigen, um sich zu regenerieren. Hierzu wird auch die Kernenergie gerechnet, da sie mit der Erzeugung von nicht verwertbarem und

radioaktivem Müll verbunden ist. Zu den regenerativen Energiequellen werden insbesondere Solarenergie, Geothermie (Luft, Erdboden, Wasser), Windenergie, Bioenergie, und Wasserkraft gezählt. Diese Energiequellen eignen sich nach derzeitigem technischen Stand allerdings nicht gleichermaßen gut für jede Energieform. So wird die Geothermie, egal in welcher Form, üblicherweise zur Wärmeengewinnung eingesetzt. Stromerzeugung aus Geothermie ist zwar möglich, aber sehr aufwändig und derzeit eigentlich nur in Großkraftwerken denkbar. Nahezu ausschließlich für die Stromerzeugung werden dagegen Windenergie und Wasserkraft genutzt. Solarenergie und Bioenergie können heute schon sehr gut sowohl für Wärme- als auch für die Stromerzeugung aufbereitet werden.

1. Solarenergie

Unter Solarenergie versteht man die Energie der Sonnenstrahlung. Da Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche nahezu überall vorhanden ist, ist die Solarenergie grundsätzlich eine weitläufig und vielseitig einsetzbare Energieerzeugungsmethode. Unterschieden werden muss insbesondere zwischen Solarthermie und Photovoltaik. Bei der Photovoltaik wird die Solarenergie in elektrische Energie umgewandelt, bei der Solarthermie in Wärme. Zur Wärmezeugung ist der Wirkungsgrad von Solarthermieanlagen höher als der von Photovoltaikanlagen. Die Energie wird direkt in Wärme umgesetzt und muss als solche nicht weiter umgewandelt werden, was wieder mit Energieverlusten verbunden ist. Allerdings wird die Photovoltaik als universellere Nutzung der Sonnenenergie angesehen, da sich elektrische Energie vielseitiger nutzen lässt als Wärme. Deshalb hat sich die Photovoltaik bisher auch durchgesetzt.

2. Windenergie

Windenergie oder Windkraft setzt auf die natürliche Energie des Windes und versucht diese umzuwandeln. Üblicherweise erfolgt dies durch Windkraftanlagen, die umgangssprachlich auch als Windräder bezeichnet werden. Hierbei wird durch den Wind ein Rotor mit einem dahinter angeordneten Generator angetrieben und die dadurch erzeugte elektrische Energie ins Netz eingespeist. Windkraft ist letztlich jedoch nur dort sinnvoll, wo durch entsprechende Wetterbedingungen auch ausreichend Wind zur Verfügung steht. Windkraftanlagen können sowohl auf der Landoberfläche („onshore“) als auch auf Seen und Meeren („offshore“) errichtet werden. Windkraftanlagen sind im Durchschnitt 90 bis 130 m hoch. Bis zu 90 m umfasst der Durchmesser des Rotors. Die Leistung liegt bei onshore-Anlagen bei ca. 2 bis 5 MW.

3. Wasserkraft

Wasserkraft meint die Nutzung der kinetischen Energie (Bewegungsenergie) des Wassers. Mittels einer Wasserkraftmaschine wird die Energie in mechanische Energie und letztlich elektrischen Strom umgewandelt. Wasserkraft ist zwangsläufig an ein stehendes oder ein fließendes Gewässer gebunden. Es gibt verschiedene Arten von Wasserkraftwerken. Im Wesentlichen sind dies Laufwasserkraftwerke, Speicherkraftwerke, Wellenkraftwerke und Gezeitenkraftwerke.

4. Bioenergie

Bioenergie kann als elektrische Energie, Wärme oder als Kraftstoff genutzt werden. Letztlich wird Bioenergie freigesetzt, indem biologische bzw. natürliche Brennstoffe durch Verbrennen Energie freisetzen. Bioenergie ist grundsätzlich standortungebunden einsetzbar. Sie macht dort Sinn, wo sowieso als Abfallprodukte oder in sekundärer Nutzung

entsprechende Biokraftstoffe anfallen. Dies kann zum Beispiel über Biogasanlagen erfolgen, die besonders in der Landwirtschaft zum Einsatz kommen können. Derartige Anlagen werden vorwiegend mit tierischen Ausscheidungen, speziell hierfür angebauten Pflanzen oder Pflanzenabfällen betrieben. Das anfallende Biogas kann dann über ein Blockheizkraftwerk in elektrische Energie und Wärmeenergie umgewandelt oder unter hohem Druck verflüssigt als Kraftstoff eingesetzt werden.

5. Geothermie

Geothermie nutzt die Erdwärme, die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeichert ist. Bei der Tiefen Geothermie wird die Temperatur im Erdinneren und in Tiefen von mehr als 400 Metern genutzt. Bei der Verwendung von Erdwärmesonden, wird die Oberflächenwärme der Erde, die durch Sonneneinstrahlung, Einsickern von Regenwasser oder Grundwasser maßgeblich beeinflusst wird, genutzt. Hierfür werden meist Erdbohrungen zwischen 50 und 100 Metern vorgenommen. Auch Erdwärmekollektoren, bei denen Wasserrohre wie Heizschlangen in einer Tiefe von 1 bis 1,5 Metern verlegt werden, nutzen diese Oberflächenwärme der Erde.

II. Wärmeerzeugungsmöglichkeiten in Kressbronn a. B.

Im Folgenden werden verschiedene Energiequellen zur Wärmeerzeugung analysiert und in Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität von Kressbronn a. B. bewertet.

1. Fossile Energieträger

Fossile Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Propangas und Kohle basieren auf Kohlenstoff, der bei der Verbrennung in CO₂ übergeht, das im Allgemeinen in die Luft entweicht und damit die Hauptursache für den menschengemachten Treibhausgaseffekt ist. Aus diesem Grunde müssen die fossilen Brennstoffe überwiegend durch nachhaltige Energieträger ersetzt werden. Aktuell werden mit Erdöl und Erdgas 90 % des Wärmebedarfes in Kressbronn a. B. gedeckt. Die CO₂-Emissionen von Erdöl liegen bei 325 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde und die von Erdgas bei 250 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde.

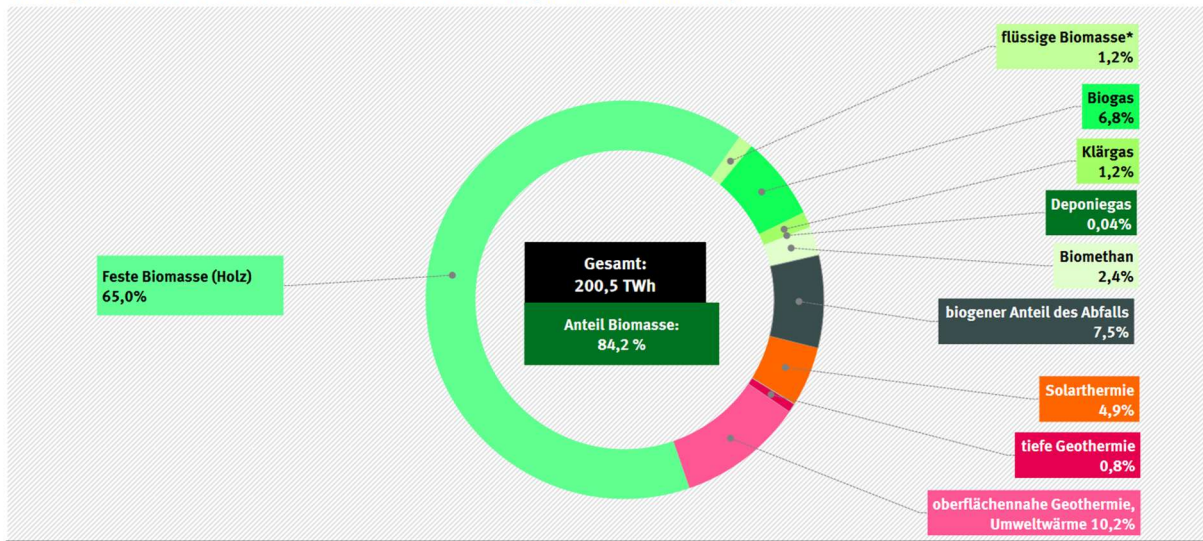
Ziel: Der Ausstieg aus fossilen Energieträgern wie Erdöl und Erdgas muss erfolgen, um die Klimaneutralität zu erreichen.

2. Biomasse

Bioenergie wird aus dem Energieträger Biomasse gewonnen und beinhaltet feste Biomasse (Holz), flüssige Biomasse (Biokraftstoff), Bio-, Klär- und Deponiegase und den biogenen Anteil des Abfalles. Biomasse hat mit 84 % den größten Anteil an der erneuerbaren Energieerzeugung, die in 2022 wiederum einen Anteil von 17,4 % am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte in Deutschland hatte.

Erneuerbare Energie für Wärme und Kälte im Jahr 2022

Endenergieverbrauch aus erneuerbaren Quellen für Wärme und Kälte (einschließlich Fernwärme)



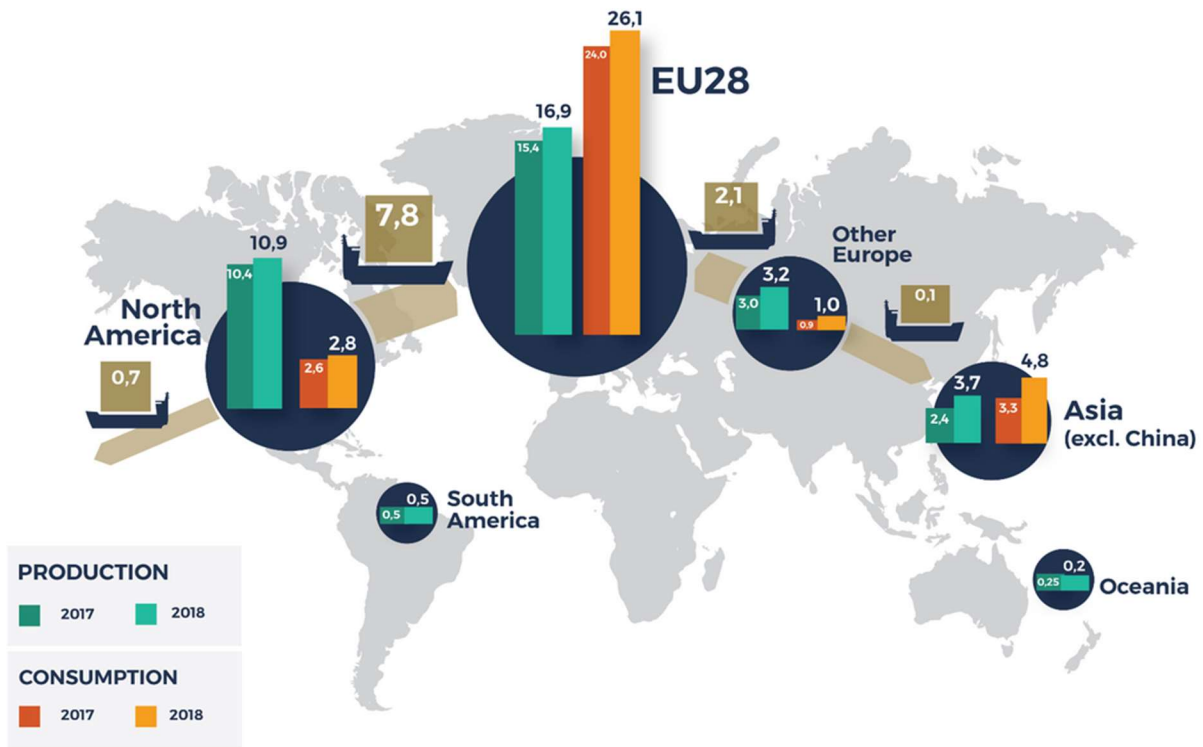
* inklusive Biodieselvebrauch in der Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AGEE-Stat (Stand 03 / 2023)

a) Feste Biomasse – Holz

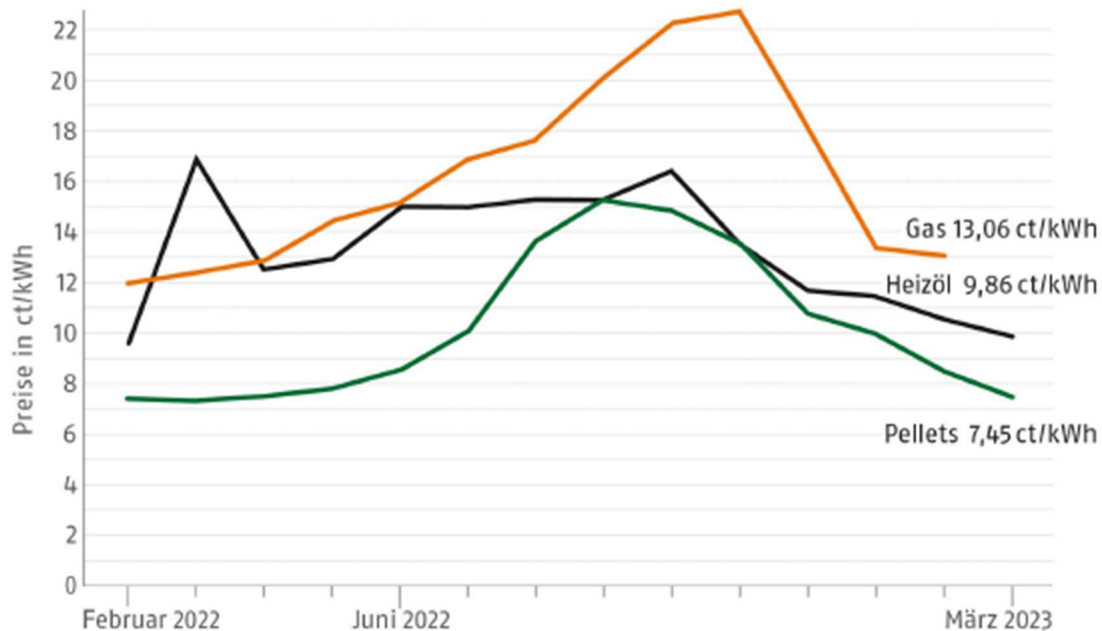
Den größten Teil an der erneuerbaren Wärmeenergieerzeugung hatte Holz mit einem Anteil von 65 %. Man unterscheidet Kleinf Feuerungsanlagen, bei denen Waldholz dominiert von Großfeuerungsanlagen, bei denen überwiegend Altholz eingesetzt wird. Hackschnitzel werden vorrangig in einem regionalen Umkreis von 100 Kilometern vermarktet. Die Verfügbarkeit ist stark von der Art der Nutzung, den Eigenschaften und dem lokalen Potenzial abhängig. Eine langfristige Preisprognose ist angesichts der unsicheren Marktlage, und den Einflussfaktoren wie Schadholzentwicklung, Baukonjunktur und Förderprogrammen sehr unsicher.

Pellets werden aus Restholz und somit im Wesentlichen aus Hackschnitzeln und Sägespänen hergestellt. Der Herstellungsprozess besteht aus folgenden Prozessschritten: zerkleinern, trocknen, Zugabe von geringen Mengen an Binder, Hochdruckpressen. Der größte Verbrauch erfolgt in Europa, während Asien und auch der EU-weit geförderte Einsatz in Kraftwerken das größte Wachstum im Bedarf zeigt. Beide Regionen können ihren Eigenbedarf nicht decken und somit wird ein großer Teil der Pellets aus USA importiert und muss interkontinental transportiert werden:



Quelle: European Pellet Council, Network of Bioenergy Europe.

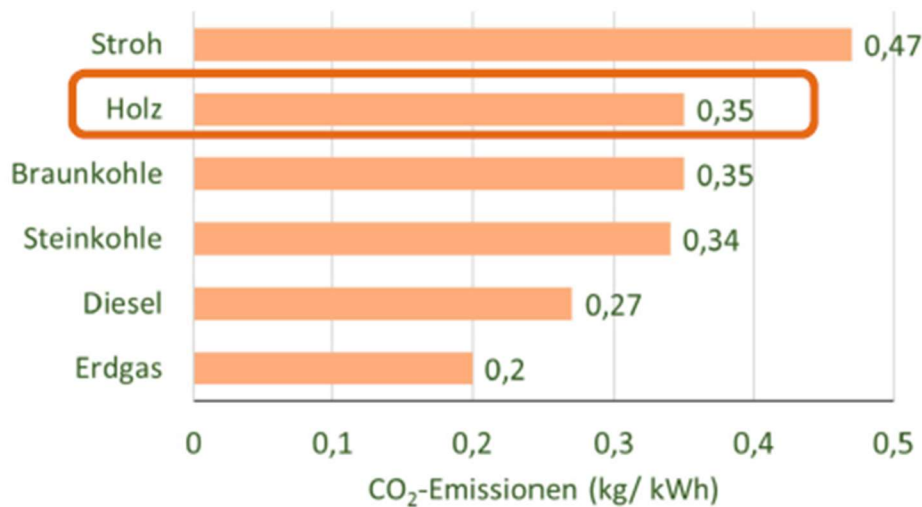
Die Marktpreise sind abhängig von Einflussfaktoren wie Schadhölzentwicklung, Baukonjunktur, Förderprogrammen, internationalen Effekten, da der Preis international gehandelt wird, und folgten in 2022 den Gaspreisen:



Basis: Verbraucherpreise für die Abnahme von 33.540 kWh Gas (Ho), 3.000 l Heizöl EL (Hu: 10 kWh/l) bzw. 6 t Pellets ENplus A1 (Hu: 5 kWh/kg, inkl. MwSt. und sonstige Kosten). Quellen: Deutsches Pelletinstitut GmbH, Brennstoffpiegel (Heizöl- und Erdgaspreise), esyoil (Heizölpreise) © Deutsches Pelletinstitut GmbH, Stand März 2023

Die CO₂-Faktoren, mit denen der CO₂-Ausstoß pro kWh berechnet wird, ist von fester Biomasse (Holz) um den Faktor 10 geringer als von Erdgas und somit gesamthaft um den

Faktor 10 besser als Erdgas. Die reine Verbrennung von Holz emittiert aber ungefähr so viel CO₂ wie Braunkohle:



Quelle: Fachkongress Holzenergie, Herbert Borchert: „Rückblick 2022“.

Bei der Verarbeitung von Bäumen können 60 % für Bretter oder Balken verwendet werden, wobei ca. die Hälfte davon als Abfall anfällt. Das Restholz, das für Hackschnitzel verwendet werden kann, beträgt ca. 30 % und 10 % verrottet im Wald. Somit können 60 % des Baumholzes, d. h. der Abfall von Brettern und Balken (30 %) und das Restholz (30 %), zur Wärmeerzeugung verwendet werden.

Da Holz ähnlich wie Öl ein Kohlenstoffspeicher ist und noch dazu schnell nachwachsend CO₂ aus der Luft bindet, was neben der CO₂-Emissionsreduzierung ab 2050 ein wesentliches Ziel der Bundesregierung ist, sollten Bäume ausschließlich zur stofflichen Nutzung in Form von Brettern und Balken geschlagen werden und nur das Abfall- und Restholz zur Wärmeerzeugung verwendet werden. Grundsätzlich sollte beachtet werden, dass Holz aus möglichst zertifizierter nachhaltiger lokaler Forstwirtschaft stammt.

Bewertung von fester Biomasse (Holz):

Vorteile	Nachteile
Reduziert CO ₂ -Emissionen um den Faktor 10 im Vergleich zu Erdgas	Hohe CO ₂ und Feinstaub-Emissionen bei der Verbrennung (ähnlich Braunkohle)
Attraktive Wirtschaftlichkeit	Volatiler Marktpreis
Lokale Verfügbarkeit	Interkontinentale Transportwege von Pellets

Ziel: Ausschließlich Rest- und Abfallholz aus lokaler und nachhaltiger bzw. zertifizierter Forstwirtschaft sollten zur Wärmeversorgung verwendet werden.

b) Gasförmige Biomasse – Biogas

Biogas ist ein brennbares Gas, das durch Vergärung von Biomasse jeglicher Art entsteht. Ausgangsstoffe sind folgende Materialien:

- vergärbare, biomassehaltige Reststoffe wie Klärschlamm, Bioabfall oder Speisereste
- Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist)
- bisher nicht genutzte Pflanzen sowie Pflanzenteile (Zwischenfrüchte, Pflanzenreste etc)

- gezielt angebaute Energiepflanzen (Nachwachsende Rohstoffe).

Die Vergärung erfolgt in Biogasanlagen unter nahezu Luftabschluss. Dabei setzen Mikroorganismen die in der Biomasse enthaltenen Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette in die Hauptprodukte Methan und Kohlenstoffdioxid um. Das entstehende Biogas kann zur Erzeugung von elektrischer Energie, Wärmeenergie, zum Betrieb von Fahrzeugen oder zur Einspeisung nach Aufbereitung als Biomethan in ein Gasversorgungsnetz eingesetzt werden. Biogas erreicht seinen maximalen Wirkungs- und Versorgungsgrad, wenn es gleichzeitig zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt wird. In der so genannten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) weist es die beste Klimabilanz auf. Der Anbau und die Nutzung von Mais sowie Nahrungsmitteln für Mensch und Tier für Biogasanlagen sind umstritten.

Nach einer umfassenden Biogasaufbereitung kann eine Einspeisung in das Erdgasnetz erfolgen. Hierfür sind folgende Aufbereitungsschritte notwendig: Entschwefelung, Trocknung, CO₂-Abtrennung, Konditionierung (Trockenheit, Druckerhöhung und Heizwert den Erfordernissen anpassen) sowie weitere Reinigungs- und Aufbereitungsschritte. Wegen des hohen technischen Aufwands lohnt sich die Aufbereitung und Einspeisung derzeit nur für überdurchschnittlich große Biogasanlagen. Biogas eignet sich neben der Eigennutzung in der Landwirtschaft auch als Beitrag zu einem Energiemix aus erneuerbaren Energien. Dies, weil es zum einen grundlastfähig ist, das heißt, dass das Biogas im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energieträgern wie Wind oder Sonne kontinuierlich verfügbar ist, zum anderen lassen sich Biomasse und Biogas speichern, wodurch zum Energieangebot in Spitzenzeiten beigetragen werden kann. Eine Alternative ist der Transport von Biogas in Biogasleitungen über Mikrogasnetze. Die Strom- und Wärmeproduktion kann dadurch bei Wärmeverbrauchern stattfinden.

Vorteile	Nachteile
Wärmekosten von Biogas ähnlich denen von Erdgas	Die Nutzung von Nahrungsmitteln für Mensch und Tier für Biogasanlagen ist umstritten
Grund- und spitzenlastfähig	
Sehr hoher Wirkungs- und Versorgungsgrad, bei gleichzeitiger Strom- und Wärmeerzeugung	
Verwendung in Nahwärmenetzen	

Ziel: Biogasanlagen, die nicht mit Nahrungsmitteln für Mensch und Tier betrieben werden, sollten verstärkt genutzt werden.

3. Prozesswärme

Prozesswärme bezeichnet zum einen Wärme, die für technische Verfahren wie Trocknen, Schmelzen oder Schmieden benötigt wird, zum anderen auch Abwärme, die bei Prozessen wie z. B. beim Kühlen von Obst und Lebensmitteln, in Brennerien bei der Metallbearbeitung oder Datenverarbeitung frei wird. Die technisch nicht mehr sinnvoll verwendbare Wärme, die ungenutzte üblicherweise an die Umwelt durch Abwasser, Abgase und Abluft abgegeben wird, kann zum Heizen von Gebäuden verwendet werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Wärmeleitungen vom Prozess zum Verbraucher möglichst kurz sein sollten, da ansonsten hohe Wärmeverluste und Kosten entstehen. Potenziale einzelner Industrien liegen

erfahrungsgemäß bei ca. 20 bis 30 % des eingesetzten Energiebedarfes und können aus der folgenden Tabelle abgeschätzt werden:

Spezifischer Energiebedarf ausgewählter Industriebetriebe				
Erfahrungsgemäß können ca. 20 bis 30% des Energiebedarfs einer Fabrik als Abwärme wiedergewonnen werden				
Industrie	typischer Wärmebedarf		typischer Strombedarf	
	kWh/kg von	kWh/kg bis	kWh/kg von	kWh/kg bis
Energiebedarf je kg Fertigprodukt				
Tuchfabrik	2,78	3,61	0,60	0,80
Weberei	5,83	9,17	0,07	0,15
Feinpapier	4,17	5,28	1,00	1,20
Zellstoff	1,75	2,92	0,30	0,40
Zementwerke	0,83	1,39	0,10	0,18
Zuckerfabrik	2,92	3,47	0,15	0,20
Milchwerke	0,24	0,36	0,02	0,12
Wäschereien	2,78	3,89	0,20	0,30
Kalkbrennerei	1,17	2,33	0,05	0,10
Spiritusbrennereien	4,72	9,44	0,04	0,15

Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt: „Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen“.

Vorteile	Nachteile
Abwärme von Obst-, Lebensmittelkühlanlagen, Brennereien, Metallbearbeitung und Datenverarbeitung, die üblicherweise an die Umwelt abgegeben wird, kann für die Heizung von Gebäuden verwendet werden	Transport der Wärme über große Entfernungen ist aufwändig und kann große Wärmeverluste nach sich ziehen

Ziel: Abwärme aus technischen Prozessen zur Heizung von Gebäuden wird analysiert und möglichst verwendet.

4. Solarthermie

Das Potenzial der Solarenergie und somit auch der Solarthermie ist größer als das aller anderen erneuerbaren Energien zusammen. Dazu kommt, dass Kressbronn a. B. einen vergleichsweise hohen jährlichen Sonnenenergieeintrag im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt aufweist. Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung der Sonnenenergie durch thermische Solaranlagen in nutzbare Wärmeenergie. Hierzu wird eine Platte (Solarkollektor) der Sonnenstrahlung möglichst rechtwinklig direkt ausgesetzt. Unter der Platte sind Wasserrohre z. B. in einer dunklen verschlossenen Umgebung angeordnet, in der die Sonnenenergie direkt in Wärme umgewandelt und an das Wasser in den Wasserrohren abgegeben wird. Diesem erwärmten Wasser, das in einem Kreislauf fließt, wird die Wärme in einem Wärmetauscher entzogen und es fließt anschließend zurück an den Solarkollektor.

Ziel: Die Solarthermie zur Wärmeerzeugung soll genutzt werden.

5. Luft-, Erd- und Wasserwärme

Für die Nutzung der Luft-, Erd- und Wasserwärme kann die Umgebungsluft, Erdwärme aus verschiedenen Tiefen unter der Erdoberfläche, Grund-, Oberflächenwasser aus Seen und Abwasser genutzt werden. Hierbei werden in den meisten Fällen Wasserleitungen derart verlegt, dass das sie durchfließende Wasser die Umgebungstemperatur der Luft, der Erde oder des Wassers annimmt und in einem Wärmetauscher einen Teil davon abgibt. Das hierdurch abgekühlte Wasser wird dann wieder durch die Luft, die Erde oder das Wasser erwärmt und erneut im Kreislauf dem Wärmetauscher zugeführt. Die hierbei über den Wärmetauscher abgeführte Wärme muss anschließend durch eine Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden, damit ausreichend Wärme zum Heizen zur Verfügung steht.

Luft- und Erdwärme steht in Kressbronn a. B. in ausreichendem Maße zur Verfügung und auch die vielen bereits erteilten notwendigen geologischen Gutachten für die Erdwärmenutzung bestätigen dies.

Der Tiefen-Geothermie kommt in Großstadtreionen mit hohem Wärmebedarf und industrieller Prozesswärmenachfrage eine besondere Bedeutung zu. Die regionale Verteilung von möglichen hydrothermalen Reservoiren zur Nutzung durch Tiefen-Geothermie im Norddeutschen Becken (NDB), der Rhein-Ruhr-Region (RRR), dem Oberrheingraben (ORG) und dem Süddeutschen Molassebecken (SMB) mit erhöhten Temperaturen einerseits sowie den Kommunen und Landkreisen mit großen Wärmeverbräuchen andererseits zeigt die folgend Grafik. Die Gemarkung Kressbronn a. B. ist hierin nicht als Potenzialregion ausgewiesen.

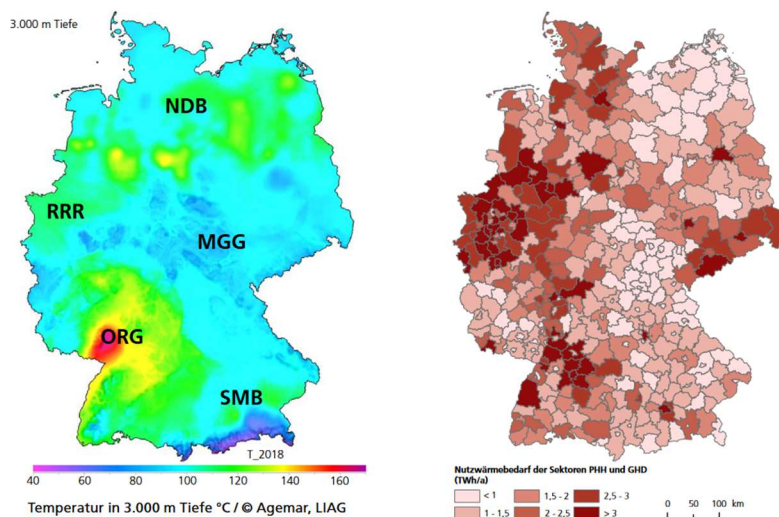


Abbildung 8: Gegenüberstellung des geothermalen Angebots mit Temperaturen in 3.000 m Tiefe (links: verändert nach Agemar / LIAG) und des regionalen Wärmebedarfs in Deutschland (rechts: Eikmeier / Fraunhofer IFAM). Linkes Bild: Temperaturen [°C]; NDB = Norddeutsches Becken, RRR = Rhein-Ruhr-Region, ORG = Oberrheingraben, SMB = Süddeutsches Molassebecken, MGG = Mitteldeutsches Grundgebirge. Rechtes Bild: PHH = Private Haushalte / Wohnungswirtschaft, GHD = Gewerbe / Handel / Dienstleistungen.

Quelle: Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende, Strategiepapier von sechs Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft: „Roadmap tiefe Geothermie für Deutschland“.

Der Nutzung des Grundwassers zur Entnahme von Wärme steht ein sich senkender Grundwasserspiegel entgegen, der eine Wärmeentnahme über viele Jahre nicht gewährleisten kann.

Das Oberflächenwasser des Bodensees eignet sich gut als Wärmeenergiequelle und das Potenzial gilt als sehr groß: Alleine aus dem Bodensee soll sich bei Temperaturschwankungen von $\pm 0,2$ °C eine Wärmeleistung von einem Gigawatt gewinnen lassen. Erste derartige Wärmegewinnungsanlagen wurden am Bodensee bereits in den 1960er-Jahren installiert. In Deutschland sind sie bisher jedoch durch rechtliche Hürden noch nicht verbreitet, während in der Schweiz deutlich mehr Anlagen existieren und die Nutzung politisch vorangetrieben wird.

Wärme kann auch aus dem ungeklärten Abwasser der Kanalisation vor der Kläranlage oder aus dem geklärten Abwasser nach dem Klärprozess gewonnen werden. Der Entzug der Wärme aus dem ungeklärten Wasser hat insbesondere den Nachteil, dass dem Klärprozess Wärme entzogen wird, die im Klärwerk wieder zugeführt werden muss. Deswegen ist die Nutzung des geklärten Abwassers vorzuziehen und hat ein Potential von mehr als 1 Megawatt für Kressbronn a. B.

Nutzung von Luft-, Erd- und Wasserwärme

Vorteile	Nachteile
Luft- und Erdwärme steht in Kressbronn a. B. in ausreichendem Maße zur Verfügung	Geologisches Gutachten für Erdwärmesonden notwendig
	Tiefen Geothermie ist in Kressbronn a. B. nicht zur Wärmegewinnung geeignet
	Eine langfristige Betriebssicherheit bei der Wärmegewinnung aus Grundwasser ist durch das Absinken des Grundwasserspiegels gefährdet
Oberflächenwasser des Bodensees eignet sich gut als Wärmeenergiequelle	Rechtliche Hürden bei der Nutzung der Wärme aus dem Bodensee
Abwasserwärme aus dem geklärten Abwasser der Kläranlage steht mit mehr als 1 Megawatt Leistung zur Verfügung und kann genutzt werden	Die Wärmenutzung aus der Kanalisation vor der Kläranlage ist aufwändiger, störungsanfälliger und hat Rückwirkungen auf den Klärprozess

Ziele:

- Luft- und Erdwärme sollen genutzt werden.
- Die Tiefen Geothermie wird nicht weiter untersucht.
- Wärmegewinnung aus dem Grundwasser wird nicht weiterverfolgt.
- In einem Bündnis mit anderen Gemeinden und Städten wird darauf hingewirkt, verwaltungsrechtliche Hürden für die Nutzung von Bodenseewasser zur Wärmegewinnung abzubauen.
- Die Nutzung von Abwasser aus der Kläranlage zur Wärmeerzeugung wird weiter untersucht.

III. Wärmeerzeugungsanlagen zur klimaschonenden Energieerzeugung

Zu einer nachhaltigen Wärmeerzeugung gehört neben dem nachhaltigen Energieträger auch eine möglichst nachhaltig betriebene Wärmeerzeugungsanlage.

1. Wärmepumpen

Die Wärmepumpe ist eine elektrische betriebene Heizung, in der z. B. die Umgebungswärme der Luft über einen Wärmetauscher zunächst an ein Kreislaufsystem und das darin befindliche Kältemittel Propan übertragen wird, das daraufhin kocht und verdampft. Das entstandene Gas wird mit einem elektrisch angetriebenen Verdichter, der wie eine Pumpe funktioniert, unter Druck gesetzt und dabei erhitzt. Diese erhöhte Temperatur wird nun über einen zweiten Wärmetauscher an das Heizungswasser, mit dem ein Gebäude beheizt wird, übertragen. Dabei wird das Kältemittel abgekühlt und geht wieder in den flüssigen Zustand über. Anschließend wird das Kältemittel wieder der Umgebungswärme ausgesetzt und der Kreislauf startet erneut. Dieses Prinzip ist bei jeder Form von Wärmepumpe das gleiche, egal ob die Energie aus der Luft, dem Wasser oder der Erde gewonnen wird. Interessanterweise lässt sich der Wärmepumpenkreislauf auch umdrehen und so kann dem Heizungswasser auch Wärme entzogen und auf diese Weise die Wohnung gekühlt werden. Der Wirkungsgrad der Wärmepumpe ist im Vergleich mit anderen Heizungssystemen sehr hoch und im besten Fall kann eine Wärmepumpe aus einer Kilowattstunde Strom bis zu vier Kilowattstunden Wärme erzeugen. Dazu ist eine niedrige Vorlauftemperatur der Heizung wesentlich, die jedoch 60 bis 65 °C nicht übersteigen sollte, da ansonsten der Wirkungsgrad massiv abfällt. Stammt der Strom für den Betrieb der Wärmepumpe aus regenerativen Quellen, so liefert die Wärmepumpe einen großen Beitrag zur Dekarbonisierung des Gebäudes, d. h. das Gebäude kann nahezu klimaneutral betrieben werden.

Vorteile	Nachteile
Nahezu klimaneutrale Wärmeerzeugung wenn der Strom aus regenerativen Quellen stammt	Schlechter Wirkungsgrad für Häuser mit sehr hohen Raum- und Heizungs-Vorlauftemperaturen
Zuverlässige Technologie	
Gebäudekühlung im Sommer möglich	

Ziel: Die Umstellung der Gebäudeheizungen auf Wärmepumpen, die mit nachhaltig erzeugtem Strom betrieben werden, ist ein wesentliches Ziel um die Gebäude nahezu klimaneutral zu betreiben.

2. Solarthermische Anlagen

In solarthermischen Anlagen wird Sonnenenergie direkt in nutzbare thermische Energie umgewandelt. Hierzu wird die Sonnenstrahlung aufgefangen (absorbiert) und an ein Medium wie z. B. Wasser übertragen. Dabei wird das Wasser aufgeheizt und kann in einem Kreislauf weiterverwendet werden. Technische Ausführungen wie z. B. Parabolrinnen-Kollektoren und Solartürme, die für Kraftwerke eingesetzt werden, sollen hier nicht betrachtet werden, da sie auf Grund des Flächenbedarfes in Kressbronn a. B. nicht möglich sein werden.

a) Flachkollektoren

Bei Flachkollektoren wird direkt eine flache wärmeabsorbierende Fläche erwärmt, die Wärme gut leitet und mit Röhren durchzogen ist, in denen sich das Wärmeträgermedium, meist ein Wasser-Propylenglycol-Gemisch, in einem Kreislaufsystem befindet. Das Wasser hat im erwärmten Zustand eine durchschnittliche Temperatur von ca. 80 °C. Die nutzbare jährliche Wärmeenergie, die ein Flachkollektor liefert, liegt bei ca. 350 kWh/m². In

Deutschland sind die Flachkollektoren die solarthermischen Anlagen mit der weitesten Verbreitung.

b) Vakuumröhrenkollektoren

Vakuumröhrenkollektoren bestehen aus zwei konzentrisch ineinander gebauten Glasröhren, zwischen denen sich ein Vakuum befindet. Die Strahlungsenergie der Sonne kann hierdurch mit weniger Verlusten an das mit der inneren Röhre verbundene Kreislaufsystem, das überwiegend mit einem Wasser-Glycol-Gemisch gefüllt ist, abgegeben werden. Vakuumröhrenkollektoren haben ca. 20 % höhere Wirkungsgrade als Flachkollektoren, arbeiten bei höheren Temperaturen als Flachkollektoren und sind teurer in der Anschaffung. Um den Wirkungsgrad weiter zu steigern werden zum Teil entspiegelte Spezialgläser eingesetzt, die die gespiegelte und somit nicht nutzbare Strahlung reduzieren und den Wirkungsgrad weiter steigern.

c) PVT-Systeme

PV/T- oder auch PVT-Systeme kombinieren Photovoltaik (PV) mit thermischer (T) Nutzung der Sonnenenergie. Die PV-Zellen haben jedoch mit steigender Temperatur sinkende Wirkungsgrade. Daher sind besonders Niedertemperatursysteme für PVT geeignet. In der Regel wird zwischen der offenen und der abgedeckten PVT-Bauweise unterschieden. Bei ersterer kann Umgebungsluft zwischen Solar- und Thermiemodul einströmen; die Bauweise ist für Solarthermie optimiert. Eine abgedeckte Bauweise ohne Zwischenraum zwischen den Modulen ist dagegen primär auf die Stromgewinnung ausgelegt. Die PVT-Systeme sind den Systemen für den speziellen Einsatz, d. h. den PV-Modulen für die Stromerzeugung und den Kollektoren für die Wärmeerzeugung jedoch im Wirkungsgrad unterlegen.

Vorteile	Nachteile
Flachkollektoren sind bewährte und preiswerte Systeme zur Wärmeerzeugung	
Vakuumröhrenkollektoren haben eine höhere Wärmeleistung und sind teurer als Flachkollektoren	
PVT-Systeme kombinieren Wärme- und Stromerzeugung	PVT-Systeme haben eine vergleichsweise geringere Leistung als Kollektoren oder PV-Module

Ziele: Der Einsatz von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren wird bei der Planung von nachhaltigen Heizungssystemen berücksichtigt.

3. Pyrolyseanlagen

In einer Pyrolyseanlage wird Biomasse, wie z. B. Grünschnitt oder Hackschnitzel in einer nahezu sauerstofffreien Atmosphäre bei Temperaturen zwischen 380 °C und 1.000 °C verkocht. Dabei wird vorwiegend Wasser abgespalten und es entstehen Pflanzenkohle, auch Biokohle genannt, Synthesegas und zusätzliche Wärme. Pflanzenkohle wird als Energieträger, in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer und Trägerstoff für Düngemittel, als Hilfsstoff für die Kompostierung und Nährstofffixierung von Gülle, als Futtermittelzusatz, Nahrungsergänzungsmittel, als Dämmstoff in der Gebäudekonstruktion, in der Abwasser- und Trinkwasserbehandlung, als Abgasfilter, in der Textilindustrie u. a. verwendet. Bei der Verwendung als Bodenverbesserer bzw. Bodenzusatzstoff bleibt der in der Kohle

gespeicherte Kohlenstoff im Boden und wird nicht wieder als CO₂ an die Atmosphäre abgegeben. Der mikrobiologische Abbau der damit im Boden gespeicherten Pflanzenkohle dauert zwischen 2.000 und 4.000 Jahren. Kohlenstoff wird dem Kreislauf aktiv entzogen, die Wärmeerzeugung ist damit CO₂-negativ. Zusätzlich entsteht bei der Pyrolyse Abwärme, die in ein Wärmenetz eingespeist werden kann. Ende April 2021 hat IWB als erstes Energieunternehmen der Schweiz eine solche Anlage in Basel in Betrieb genommen:

So erzeugt eine Tonne Biomasse, wie z. B. Grünschnitt, 1 MWh Fernwärme und 170 kg Pflanzenkohle, die dem Boden zugeführt wird. Der Wert der Pflanzenkohle bemisst sich nicht nur durch den Kaufpreis des Direktabnehmers, sondern auch durch den Wert eines möglichen CO₂ Zertifikates.

Beim speziellen CoAct-Verfahren, das auch die Pyrolyse miteinschließt, wird Aktivkohle hergestellt, die zur Aktivkohlefilterung in der vierten Klärstufe von Klärwerken verwendet werden kann. Damit können Abwässer von Mikroschadstoffen, wie Arzneimittel- und Kosmetikrückständen, Pflanzenschutzmitteln, Schwermetallen und korrosiven Bestandteilen wie Schwefel und Chlor gereinigt werden. Üblicherweise ist Aktivkohle meist fossilen Ursprungs, wird aktuell häufig unter ökologisch und sozial fragwürdigen Bedingungen hergestellt und interkontinental transportiert. Nachhaltige Alternativen sind gewünscht. Deshalb wurde das Forschungsprojekt CoAct „Integriertes Stadt-Land-Konzept zur Erzeugung von Aktivkohle und Energieträgern aus Restbiomassen“ mit der Universität Kassel (Projektleitung und Gesamtkoordination), der Bodensee-Stiftung (Regionale Koordination) sowie weiteren Einrichtungen initiiert. Auch die Kläranlage des Zweckverbands Abwasserreinigung Kressbronn a. B.-Langenargen ist an diesem Projekt beteiligt. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, weist im Kurzbericht zur FuE-Phase nach einer Validierung mehrerer Standorte darauf hin, dass vor allem bei der Kombination des CoAct-Verfahrens mit den Klärprozessen der Kläranlage eine sinnvolle verfahrenstechnische Ergänzung diesen Standort präferiert. In der zweiten Projektphase wird daher vor allem diese Standort-Variante eingehender betrachtet. Die Installation einer wirtschaftlichen Anlage, die im CoAct-Verfahren Aktivkohle für den Eigen- und Fremdverbrauch herstellt, überschüssige Prozesswärme in ein Wärmenetz einspeist und ggf. die Veräußerung von CO₂-Zertifikaten ermöglicht, wäre ein Zugewinn für die Region, zumal das Klärwerk voraussichtlich für das CoAct-Verfahren eine Privilegierung erhalten würde und damit die Auflagen für eine Produktionsanlage geringer ausfallen.

Bewertung des Pyrolyse/CoAct-Verfahrens:

Vorteile	Nachteile
In der Pyrolyse kann Rest-Biomasse (Grünschnitt, Hackschnitzel etc.) verwendet werden	Das CoAct-Verfahren ist unter den derzeitigen Randbedingungen nicht wirtschaftlich darstellbar
Pyrolyse erzeugt überschüssige Prozesswärme, die in ein Wärmenetz eingespeist werden kann	Eine Industrialisierung des CoAct-Verfahrens wird lange dauern, da das Projekt sich noch in der Entwicklungs-Phase befindet
Pyrolyse von Rest-Biomasse erzeugt Pflanzenkohle, die vielfältig eingesetzt werden kann und zusätzlich Kohlenstoff über Jahrtausende im Boden bindet	Eine Privilegierung des Klärwerkes kann voraussichtlich nur für das CoAct-Verfahren ermöglicht werden

Mit der in den Boden eingebrachten Pflanzkohle können voraussichtlich CO ₂ -Zertifikate Erlöst werden	
Das Klärwerk eignet sich gut für den Einsatz des CoAct-Verfahrens	

Ziel: Die Industrialisierung eines wirtschaftlichen CoAct-Verfahrens aus Rest-Biomasse zur Herstellung und zum Verkauf von Aktivkohle, Veräußerung von CO₂-Zertifikaten sowie Nutzung überschüssiger Wärme in einem potenziellen Wärmenetz wird für die Kläranlage Kressbronn a. B.-Langenargen aktiv vorangetrieben.

IV. Wärmespeicher

Die Speicherung von Wärmeenergie wird genutzt, um in Zeiten, in denen Wärmeenergie sinnvollerweise erzeugt werden kann, aber nicht benötigt wird, diese einem Wärmeenergiespeicher zuzuführen. Wenn dann umgekehrt, der Bedarf an Wärmeenergie größer als die sinnvolle Wärmeenergieerzeugung ist, kann aus dem Speicher Wärmeenergie entnommen werden. Dieser Effekt kann genutzt werden, wenn der Wärmeenergieerzeuger von Umgebungsbedingungen wie z. B. vom Sonnenlicht abhängig ist und natürlichen Schwankungen unterliegt. Bei starker Sonneneinstrahlung wird der Speicher gefüllt und bei geringer Sonneneinstrahlung kann dann die Wärme aus dem Speicher entnommen werden. Kleine Wärmespeicher können einen Beitrag zur tageszeitabhängigen Wärmebedarfsglättung liefern. Saisonale Großspeicher speichern Wärmeenergie, die im Sommer in großer Menge erzeugt werden kann und geben diese im Winter zur Beheizung von Gebäuden wieder ab. Sie liefern somit einen Beitrag zur jahreszeitabhängigen Wärmebedarfsglättung. Ein anderer Anwendungsfall sind Marktabhängigkeiten, wie z. B. Preisschwankungen, die geschickt genutzt werden können. In Zeiten in denen z. B. der Strom preiswert zu beziehen ist, kann die Wärmepumpe, die Strom für ihren Betrieb benötigt, den Wärmespeicher füllen und in Zeiten hoher Strompreise abschalten und das Heizungssystem kann die benötigte Wärme dem Speicher entnehmen.

Mit einem Speicher können somit unterschiedliche Schwankungen in der Wärmeerzeugung und im Wärmeverbrauch entkoppelt und das Heizungssystem in vielerlei Hinsicht optimiert werden.

In den Speichern können unterschiedliche Speichermedien verwendet werden, so z. B. Paraffin, bei dem ein Großteil der Wärmeenergie im Phasenübergang von fest zu flüssig gespeichert wird und sich unter anderem auf Grund dessen eine gegenüber einfachen Wassertanks um den Faktor 1,5 höhere Wärmekapazität ergibt. Thermochemische Wärmespeicher, bei denen die Wärme saisonal nahezu verlustfrei chemisch abgebunden und zeitversetzt wieder freigegeben wird, sind derzeit noch im Erprobungsstadium. Der Einsatz von Speichern auf Basis von Wasser hat den Nachteil eines erheblich größeren Platzbedarfes zum Erreichen der gleichen Wärmekapazität. Dieser Nachteil kann sich jedoch bei geschickter Auslegung unter Einbeziehung von passiven Wärmemassen, wie z. B. von Fundamenten oder eingeschlossenen Erdmassen, erübrigen, so dass gerade Wasser aus Kostengründen die meist sinnvollste Lösung zur Wärmespeicherung ist.

Vorteile	Nachteile
Speicher entkoppeln Schwankungen in der Wärmeerzeugung und im Wärmeverbrauch und ermöglichen eine Optimierung des	Die Dimensionierung der Speicher ist aufwändig und hängt von vielen Einflussgrößen auf das gesamte

Heizungssystem in vielerlei Hinsicht	Heizungssystem ab
Wasser und passive Wärmemassen sind meist die sinnvollsten Speichermedien für tageszeitabhängige oder jahreszeitabhängige saisonale Speicher	Saisonale Speicher benötigen viel Platz

Ziel: Der optimale Einsatz von tageszeitabhängigen und jahreszeitabhängigen saisonalen Speichern wird bei der Auslegung von Heizsystemen berücksichtigt.

V. Wärmeleitungssysteme

Nachdem die Wärmeenergie erzeugt und ggf. gespeichert wurde, muss sie anschließend zu den Wärmeverbrauchern geleitet werden. Das Wärmeträgermedium, das zumeist Wasser ist, wird dabei abgekühlt und in einem Kreislauf dem Wärmeenergieerzeuger wieder zugeführt. Innerhalb von Gebäuden dienen Wärmeleitungssysteme zur Verteilung der Wärme von der Heizungsanlage zu Heizkörpern in beheizten Räumen (Einzelversorgung von Gebäuden). Wärmenetze hingegen können Häuser auf benachbarten Grundstücken umfassen oder sich über mehrere Kilometer ausdehnen. Die Abgrenzung zwischen Fern- und Nahwärmenetzen erfolgt fließend. Wärmenetze werden charakterisiert durch die maximal zulässige Temperatur und den maximalen Druck. Die Leistungsfähigkeit von Wärmenetzen bestimmt sich nicht nur durch den Massenstrom des Trägermediums, sondern auch über die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf. In Fernwärmenetzen gibt es Transporttrassen mit zum Teil erhöhten Druck- und Temperaturwerten und einer hydraulischen Trennung zu nachgelagerten Verteilnetzen. Nahwärmenetze können hingegen auf niedrige Temperaturen ausgelegt werden, da man es mit einer überschaubaren Anzahl von Wärmeabnehmern zu tun hat, deren Vorlauf auf niedrige Temperaturen und hohe Auskühlung optimiert werden kann. Die spezifischen Kosten und auch die Wärmeverluste (rund 11 bis 14 %) unterscheiden sich in Nah- und Fernwärmenetzen wenig, da in der Verteilung zum Endkunden, d. h. in den „Kapillaren“, und nicht auf den „Hauptschlagadern“ der Transporttrassen die wesentlichen Investitionen notwendig werden und die überwiegenden Netzverluste auftreten. Wärmenetze auf Basis von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme wie z. B. Prozesswärme und Abwasserwärme spielen eine zentrale Rolle für eine erfolgreiche Wärmewende im Gebäudesektor.

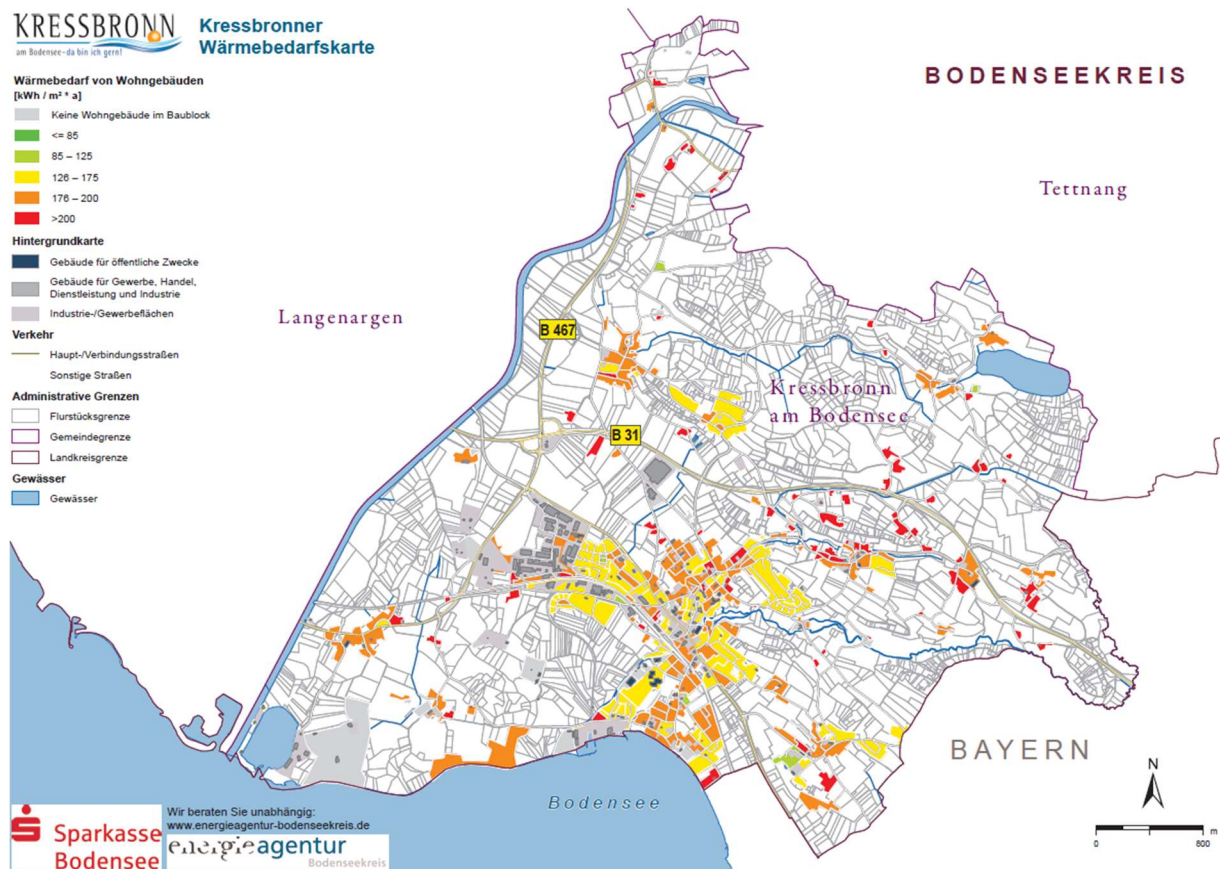
Ziel: Wärmenetze auf Basis erneuerbarer Energien und unter Nutzung unvermeidbarer Abwärme sollen für Kressbronn a. B. untersucht werden.

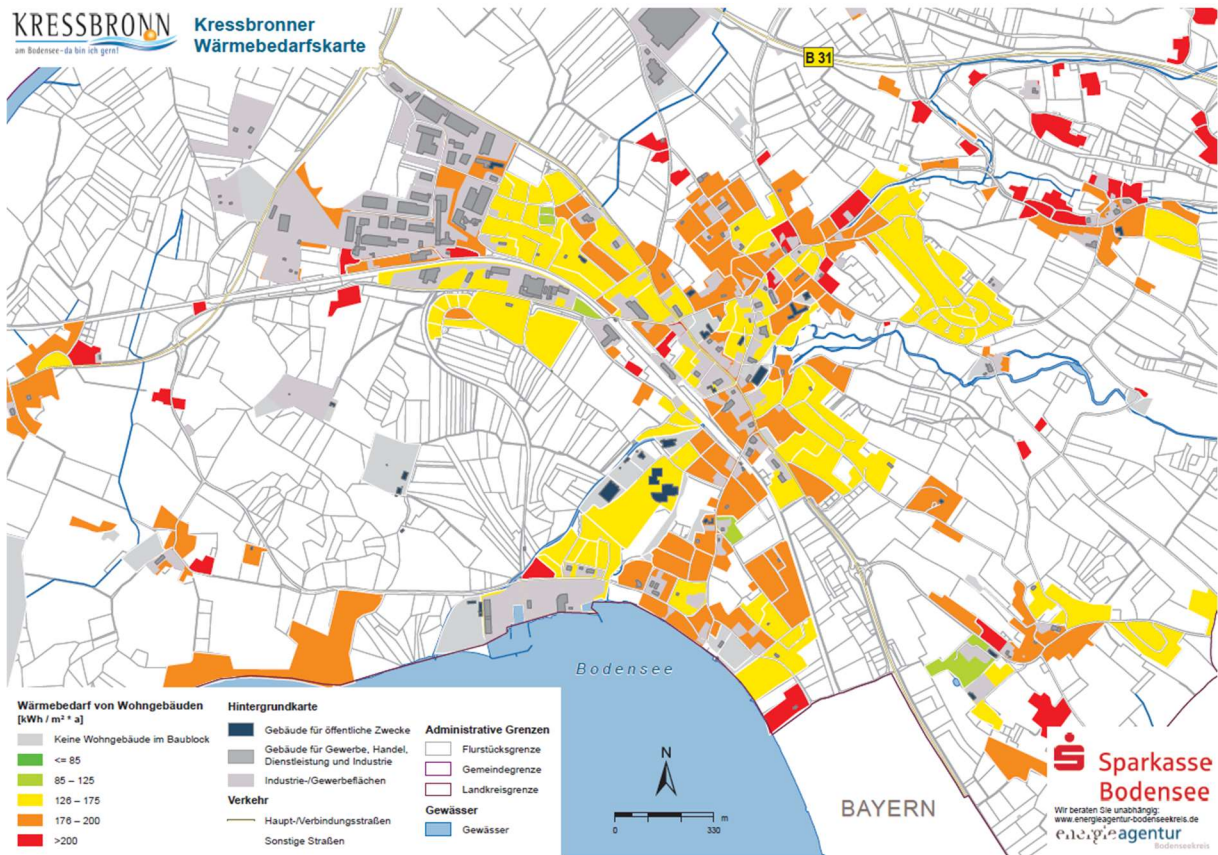
E. Wärmeplanung für Kressbronn a. B.

Der kommunale Wärmeplan ist das zentrale Werkzeug, um eine strategische Grundlage und Entwicklungswege zu finden, um Städte und Gemeinden im Rahmen der Wärmewende zukunftsfähig zu machen. Für die Erstellung eines kommunalen Wärmeplanes werden sämtliche Elemente der Versorgungssysteme auf Häuserebene analysiert. Hierzu gehören der Wärmebedarf, Energieträger, Wärmeerzeugungsanlagen, Speicher und Wärmeleitungssysteme. Daraus wird ein optimales Szenario zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien ausgewählt und der Transformationspfad zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung entwickelt.

I. Wärmebedarf

Erste Erkenntnisse über den Wärmebedarf auf übergeordneter „Baublockebene“ zeigen die Wärmebedarfskarten für Kressbronn a. B. (siehe auch die Anlagen zu diesem Bericht). Sie wurden von der Energieagentur Bodenseekreis mit Unterstützung der Sparkasse Bodensee erstellt. Sie basieren auf dem Erstellungsjahr der Gebäude und berücksichtigen die damals geltenden Dämmvorschriften für die Wärmebedarfsermittlung von Heizung und Warmwasser. Energetische Sanierungsmaßnahmen, die seitdem durchgeführt wurden, sind nicht berücksichtigt. Zur Erhöhung der Genauigkeit werden die von den Bürgern im Jahr 2022 zurückgesandten Umfragekarten verwendet, die zu einer Optimierung der Wärmekarten führen werden. Manche Unplausibilitäten sind bedingt durch Fehler in den Stammdaten.





Aus den Wärmebedarfskarten ist ersichtlich, wo und in welchen Baublöcken welcher Wärmeenergiebedarf besteht und in welchen Ortsteilen der Energiebedarf am größten ist. Da die Wärmeenergie im Allgemeinen über die Straßen zugeführt wird, zeigen die folgenden Wärmedichtekarten (siehe auch die Anlagen zu diesem Bericht) den straßenbezogen zuzuführenden Wärmebedarf:





Zur Erstellung des Wärmeplanes ist es jedoch erforderlich, die Daten gebäudescharf, d. h. für jedes einzelne Gebäude in Kressbronn a. B., zu ermitteln.

II. Energieträger, Wärmeerzeugungsanlagen, Speicher und Wärmeleitungssysteme

Auch die aktuell verwendeten Energieträger, wie Erdgas, Heizöl, Propan, Hackschnitzel, Pellets etc., die damit verbundenen Wärmeerzeugungsanlagen und Speicher, d. h. deren Größe, Alter und Verwendung sowie die existierenden Wärmeleitungssysteme werden im Rahmen der Wärmeplanung gebäudescharf aufgenommen, um daraus gesamthafte und nachhaltige Optimierungspotentiale zu erarbeiten.

III. Optimierung des Wärmeversorgungssystems

Bei der gesamthafte Optimierung aller Teile eines Wärmeversorgungssystems werden aufbauend auf der gebäudescharfen Analyse von Wärmebedarf, Wärmedichte, Energieträger, Wärmeerzeugungsanlage, Speicher und Wärmeleitungssystem zusätzlich alternative Lösungen zur fristgerechten Erreichung einer nachhaltigen Wärmeenergieversorgung gesucht, deren Machbarkeit technologisch und wirtschaftlich geprüft und final ein optimales Szenario ausgewählt.

1. Wärmenetzversorgung

Bei einer hohen lokalen Wärmedichte und möglichst auch einem zusätzlichen lokalen Angebot an Wärmequellen wie Prozesswärme, Wasser- oder Erwärme, hat häufig die Installation eines Wärmenetzes Vorteile. Die Häuser von Straßenzügen oder Ortsteilen können durch eine Wärmeleitung verbunden werden, die relativ geringe Wärmeverluste aufweist und aus einer oder mehreren großen Wärmeerzeugungsanlagen und ggf. auch aus

Großspeichern gespeist wird, die auf Grund ihre Größe deutliche Vorteile gegenüber Kleinanlagen haben.

Bewertung der Wärmenetzversorgung:

Vorteile	Nachteile
Gute Wirtschaftlichkeit bei hoher lokaler Wärmedichte und bei nahe zusammenliegenden Häusern gegeben	Kommunikations- und Überzeugungskonzept potentieller Nutzer und Bürger ist aufwändig und langwierig
Nutzung großer lokaler Wärmequellen wie Kläranlage, Kühlhäuser, Brennereien, Metallbearbeitung und Seewärme möglich	Hohe Investitionen und lange Realisierungszeiträume
Große saisonale Energiespeicher können die Wärme im Sommer für den Winter wirtschaftlich speichern	Wärmeverluste bei zu langen Wärmeleitungen
Technologie-Umstellung der Wärmequellen in Wärmenetzen einfacher, schneller und kostengünstiger möglich als bei vielen Einzelanlagen	Abhängigkeit der Wärmeabnehmer vom Wärmenetzbetreiber
Ermöglicht Wärmeerzeugungs- und Wärmespeicherungstechnologien, die bei Kleinanlagen wirtschaftlich nicht darstellbar sind	
Glättung und somit Reduzierung der Spitzenleistung durch temporär unterschiedlichen Wärmebedarf einzelner Wärmeabnehmern ist möglich	

2. Einzelversorgung von Gebäuden

Bei einer geringen lokalen Wärmedichte, kleinen Häuseransammlungen, großen Entfernungen zu anderen Wärmequellen und Wärmenetzen ist im Allgemeinen die Einzelversorgung von Häusern angebracht. Die Wärmeerzeugungsanlagen und Speicher werden in diesem Fall spezifisch auf das betroffene Gebäude ausgelegt.

Bewertung der Einzelversorgung von Gebäuden:

Vorteile	Nachteile
Unabhängigkeit in den Entscheidungen und bei der Gestaltung der Wärmeversorgung und deren Kosten	Eigenständige und aufwändige Berücksichtigung von gesetzlichen Vorgaben und Förderbedingungen sowie Mitwirkung an der Konzeptionierung der Wärmeversorgung: Wärmeträger, Wärmeerzeugungsanlage, Speicher etc.
Schnelle Installation einer Wärmeerzeugungsanlage und eines Speichers möglich	Relativ große turnusmäßige Investitionen in neue Wärmeerzeugungsanlagen erforderlich
	Eigenständige Organisation und Investition in die Instandhaltung von Schornstein und Wärmeerzeugungsanlage

IV. Transformationspfad

Aufbauend auf dem optimalen Wärmeversorgungssystem wird final der Transformationspfad zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien mit Maßnahmen, Umsetzungsprioritäten und Zeitplan für die nächsten Jahre erarbeitet. Seine Ergebnisse und Handlungsvorschläge dienen als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung.

Ziele:

- Erstellung eines Wärmeplanes für die Gemeinde Kressbronn a. B.
- Erstellung einer auf dem Wärmeplan basierenden Wärmenetzplanung.
- Bedarfsgerechter Um- und Ausbau existierender Wärmenetze.

F. Klimaschutz durch Gesetz

Klimaschutzgesetze sind Rahmengesetze, die vor allem Ziele, Monitoring und die Kontrolle der Zieleinhaltung festlegen. Diese Gesetze bedürfen weiterer Normen und Maßnahmen, um die Ziele auch tatsächlich zu erreichen.

I. Europäische Gesetze

Im Klimaschutzgesetz, dessen Novelle am 18. April 2023 beschlossen wurde, sind bis 2030 eine CO₂-Emissionsreduzierung von 55 % (in Bezug zu 1990) und bis 2050 Klimaneutralität als Ziele vorgegeben. Die Novelle regelte die Ausgabe und Reduzierung der CO₂-Zertifikate neu und nahm weitere CO₂-Emittenten auf, die nun das Recht zum Ausstoß von CO₂ über Zertifikate erwerben müssen. Diese Regelung gilt nun für folgende Emittenten: Energie- und Wärmeerzeugung, energieintensive Industriezweige, Luftfahrt, Schifffahrt und Straßenverkehr. In Deutschland gilt für Kraft- und Heizstoffe bereits seit 2021 das sogenannte Brennstoff-Emissionshandelsgesetz. Für außerhalb der EU gefertigte Waren wurde ein CO₂-Ausgleichsmechanismus festgelegt, der Benachteiligung von Produktion in der EU verhindert und ausländische Produzenten anregen soll, weniger Treibhausgas zu erzeugen. Weiterhin wurde ein Klimasozialfond aufgelegt, der benachteiligten Bürgerinnen und Bürgern sowie Kleinstunternehmen Investitionen in Energiesparmaßnahmen ermöglichen soll. Im Zuge der Novellierung der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) spielen MEPS (Minimum Energy Performance Standards), also Mindesteffizienzstandards für Gebäude, eine zentrale Rolle. Mit der Einführung von MEPS müssen Gebäude ab einem bestimmten Zeitpunkt vorgegebene Mindesteffizienzstandards erfüllen. Erfüllt ein Gebäude diesen Standard nicht, so ist der Eigentümer verpflichtet, das Gebäude bis zu einem festgelegten Zeitpunkt energetisch zu sanieren. Die konkrete Ausgestaltung in Deutschland ist bislang noch offen.

II. Bundes-Klimaschutzgesetze

Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) ist ein deutsches Bundesgesetz, das die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben gewährleisten soll. Es legt fest, dass die Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 65 % unter den Vergleichswert des Jahres 1990 und bis 2040 um mindestens 88 % gemindert werden sollen. Im Jahr 2045 soll Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden. Für verschiedene Wirtschaftssektoren sind bis 2030 pro Jahr Höchstmengen an Emissionen vorgegeben. Die rechtliche Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen in den Bereichen

Energie, Industrie, Verkehr, Gebäude und Landwirtschaft ist für die Erreichung der Klimaschutzziele, für die zukunftsorientierte Entwicklung der deutschen Volkswirtschaft und für ein gutes Leben der Bürgerinnen und Bürger in Deutschland unerlässlich.

1. Gebäude Energie Gesetz (GEG)

Die energetischen Vorgaben für Gebäude sind im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgelegt. Das Gesetz hat die Energieeinsparverordnung (EnEV), sowie das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz (EEWärmeG) abgelöst und deren Inhalte zu einer Vorschrift verbunden. Es gilt seit 1. November 2020 für alle Gebäude, die beheizt oder klimatisiert werden. Seine Vorgaben beziehen sich vorwiegend auf die Heizungs- und Kältetechnik sowie den Wärmedämmstandard des Gebäudes. Durch die am 1. Januar 2023 in Kraft getretene Neufassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) wurde für Neubauten der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf von bisher 75 % des Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes auf 55 % reduziert. Das entspricht einem Heizwärmebedarf von 35 kWh/(m² a) oder einem kfW-Effizienzhaus 55. Viel häufiger als Neubauten kommen Bestandsgebäude vor, die den bundesweiten Energiebedarf daher über eine lange Zeit stärker bestimmen. Für Bestandsgebäude bestehen einige Austausch- und Nachrüstpflichten, die die Eigentümer grundsätzlich zu einem bestimmten Termin erfüllen müssen. Die überarbeitete Version des GEG, die im April 2023 im Bundeskabinett beschlossen wurde, sieht vor, dass ab dem 1. Januar 2024 möglichst jede neu eingebaute Heizung zu 65 Prozent mit erneuerbaren Energien betrieben werden soll. Eine möglichst klimaneutrale Bauweise wird in Deutschland zwar angestrebt, ist aber nicht verbindlich geregelt.

2. Mindesteffizienzstandards für Gebäude (MEPS)

Analog zur Erneuerbare-Energien-Vorgabe für Heizungs- und Kälteanlagen, werden weitere Regelungen zur Energieeffizienz folgen. Im nächsten Schritt stehen hier Mindestenergiestandards für Gebäude an (Minimum Energy Performance Standards – kurz MEPS). Diese werden dazu führen, dass mehr Gebäude saniert werden und künftig weniger Energie verbrauchen. In diesem Rahmen wird die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden im Zentrum der Förderung stehen.

3. Wärmeplanungsgesetz

Auch das Umfeld der Gebäude spielt eine wesentliche Rolle, wenn es um kostengünstige, effiziente und klimafreundliche Lösungen geht, um z. B. Wärmequellen und Wärmeverbrauch intelligent zu verknüpfen. Dies wird umso leichter, je früher eine verlässliche kommunale Wärmeplanung vorhanden ist, in der aufgezeigt wird in welchen Ortsteilen ein Wärmenetz oder hausspezifische Heizungsanlagen sinnvoll sind. Dafür will das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) in gemeinsamer Federführung mit dem Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) in 2023 ein Gesetz für die Wärmeplanung auf den Weg bringen und so Sicherheit und Planbarkeit im Hinblick auf den Wärmenetzausbau und andere Arten der Wärmeversorgung schaffen. Vorgaben für erneuerbare Energien (GEG), Effizienzstandards (MEPS) und kommunale Wärmepläne (Wärmeplanungsgesetz) bilden dann gemeinsam ein stabiles Gerüst für die Wärmewende auf lokaler und nationaler Ebene.

III. Landes-Klimaschutzgesetz

Am 1. Februar 2023 hat der Landtag von Baden-Württemberg das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg verabschiedet. Mit diesem Gesetz wird das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg aus dem Jahr 2013, das in den Jahren 2020 und 2021 novelliert wurde, fortentwickelt. Ergänzend zum Klimaschutz wird hierin die Klimawandelanpassung aufgenommen, die das Bundesverfassungsgericht gefordert hatte. Zentrales Element des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes Baden-Württemberg sind die Klimaschutzziele für die Jahre 2030 und 2040. Sie geben die Richtung für die Klimapolitik des Landes vor. So soll der Treibhausgasausstoß des Landes im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2030 um mindestens 65 Prozent und bis 2040 Netto-Treibhausgasneutralität („Klimaneutralität“) erreicht sein. Das 2030-Ziel wird nun auch für einzelne Sektoren wie zum Beispiel die Energiewirtschaft, Gebäude, Industrie, Landwirtschaft, Landnutzung, Abfallwirtschaft oder den Verkehr durch „Sektor-Ziele“, also konkrete Einsparvorgaben beim Treibhausgasausstoß, handhabbar gemacht:

- Energiewirtschaft: -75 %
- Industrie: -62 %
- Verkehr: -55 %
- Gebäude: -49 %
- Landwirtschaft: -39 %
- Abfallwirtschaft und Sonstiges: -88 %
- Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft: + 4,4 %.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde das Instrument des „Klima-Maßnahmen-Registers“ entwickelt, in dem die Maßnahmen der Landesregierung zum Schutz des Klimas einheitlich, übergeordnet und fortlaufend geführt und bewertet werden. Mit einem regelmäßigen Monitoring überprüft die Landesregierung die Erreichung der Klimaschutzziele. Droht eine Zielabweichung, beschließt die Landesregierung innerhalb von vier Monaten nach Beschlussfassung erforderliche Maßnahmen und unterrichtet hierüber den Landtag. Daneben enthält das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz auch konkrete Maßnahmen für Kommunen, wie z. B. die kommunale Wärmeplanung. Der Wärmeplan ist derzeit ab einer Einwohneranzahl von 20.000 Einwohnern gesetzlich gefordert. Gemeinden, die dieser Pflicht nicht unterliegen, können freiwillig einen Wärmeplan in Auftrag geben, der aktuell umfangreich gefördert wird.

G. Erforderliche CO₂-Emissionsreduzierungen bis 2035

Die fossile Energiekrise im Herbst und Winter 2022 hat gezeigt, dass der Gasverbrauch der Haushalts- und Gewerbekunden verhaltensbedingt um etwa 15 % und saisonbereinigt um 8 % reduziert wurde. Eine nachhaltige Reduzierung des Wärmebedarfes um 10 % ist somit möglich und anzustreben. Dämmmaßnahmen an Bestandsgebäuden werden voraussichtlich den Wärmebedarf um 10 bis 30 % reduzieren. Im Fokus stehen sicherlich die Dämmmaßnahmen, die zum Einsatz von nachhaltigen Wärmeerzeugungsanlagen notwendig sind. Diese werden mit ca. 10 % angenommen. Somit reduziert sich der voraussichtliche Wärmebedarf von Kressbronn a. B. in Summe um 20 % auf 68.000 MWh/a, was zu einem CO₂-Ausstoß von ca. 17.000 t/Jahr führt. Mit einer durchschnittlichen Lebensdauer der Heizungsanlagen von ca. 20 Jahren und der Vorgabe der Bundesgesetze ab 2024 möglichst alle neuen Wärmeerzeugungsanlagen mit mindestens 65 % erneuerbaren Energieträgern auszustatten, werden bis 2035 ca. 60 % der umzustellenden Heizungen in Kressbronn a. B.

erneuert sein. Da dies überwiegend mit strombetriebenen Wärmepumpen erfolgen wird, ergibt sich hieraus mit dem voraussichtlichen Strommix von 2030 eine Reduzierung von ca. 8.400 t der CO₂-Emissionen pro Jahr. Die Umstellung auf Ökostrom oder mit PV-Anlagen erzeugten Strom für den Betrieb der Wärmepumpen kann die CO₂-Emissionen um zusätzlich ca. 1.600 t CO₂ pro Jahr reduzieren. Damit könnten in Summe ca. 10.000 t/Jahr der CO₂-Emissionen reduziert werden. Die verbleibenden 7.000 t CO₂-Emissionen pro Jahr müssen bis 2035 durch einen schnelleren Umstieg auf erneuerbare Energieerzeugung bei hausspezifischen Heizungsanlagen oder Wärmenetzen, eine mehr als 65 % nachhaltige Wärmeerzeugung sowie zusätzlichen dämmtechnisch reduzierten Wärmebedarf erreicht werden.

Ziele (bezogen auf den Wärmebedarf 2019):

- 10 % verhaltensbedingte Wärmebedarfs- und CO₂-Reduzierung
- 10 % Wärmebedarfs- und CO₂-Reduzierung durch Dämmmaßnahmen
- 40 % CO₂-Emissionsreduzierung durch Umstellung der Heizungsanlagen auf nachhaltige Wärmeerzeugung
- 7 % CO₂-Emissionsreduzierung durch die Umstellung auf Ökostrom oder mit PV-Anlagen erzeugten Strom für den Betrieb von Wärmepumpen
- 33 % CO₂-Emissionsreduzierung durch einen schnelleren Umstieg auf erneuerbare Wärmeerzeugung, eine mehr als 65 % nachhaltige Wärmeerzeugung und zusätzliche Gebäudedämmungen

H. Umsetzung der erforderlichen CO₂-Emissionsreduzierungen bis 2035

I. Nutzerverhalten

Um das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer von Gebäuden zu beeinflussen, benötigt es einen Veränderungsprozess, der Ziele, Information und Kommunikation beinhaltet und Veränderungsbereitschaft und Umsetzungswillen erzeugt. Auf Basis von eigenen Erfahrungen, der Erkenntnisse des Projektes „Lokale Strategien zur Klimawandelanpassung (LoKlim)“ der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und mit Unterstützung der Energieagentur Bodenseekreis wurde ein „Kommunikationskonzept Klimaschutz Kressbronn a. B.“ erarbeitet und intern abgestimmt. Ziel ist es zu informieren, Veränderungsbereitschaft, Umsetzungswillen und „Soziale Ansteckung“ für aktiven Klimaschutz zu erzeugen. Zentrale Maßnahmen hieraus wurden auf die einzelnen Zielgruppen der Bürger, Gewerbetreibenden, Unternehmer und die kommunale Verwaltung abgestimmt, werden turnusmäßig mit neuen Erfahrungen überarbeitet und erweitert. Eine zentrale Rolle bei der Begleitung und Durchführung der Einzelmaßnahmen hat die Energieagentur Bodenseekreis.

1. Privathaushalte und Gewerbe

Diese Zielgruppe hat eine sehr große Wirkung auf Klimaschutzaktivitäten. Die Gemeinde kann auf einige Informationsveranstaltungen, Beratungen und Weiterbildungen zurückblicken und plant auch bereits weitere:

- Beim Bürger- und GewerbeForum gab es nicht nur Vorträge, sondern auch Ausstellungen, Informationsmaterial und Gesprächsmöglichkeiten zu aktuellen Themen wie Wärmepumpen, Photovoltaik und Ernährung. An Büchertischen konnte vertiefende Literatur eingesehen und gekauft werden.

- Mit dem Sanierungsmobil von Zukunft Altbau, das bei der Bodan-Areal-Einweihung zwei Tage lang an einem exponierten Platz die Möglichkeit bot, eine Ausstellung zu besuchen und mit einer Energieeffizienzberaterin zu diskutieren, konnte das gesamte Spektrum von Themen für die energetische Sanierung von Bestandsgebäude in Erfahrung gebracht werden.
- Kostenfreie Energieeffizienzberatungen entweder online, im Rathaus oder vor Ort werden angeboten. Bis April 2023 fanden ca. 50 Beratungen im Rathaus oder bei der Energieagentur Bodenseekreis und ca. 10 Vor-Ort-Beratungen bei den Bewohnern bzw. Eigentümern statt.
- Gemeinsam mit den Gemeinden Langenargen und Eriskirch wurde eine Online-Veranstaltung „Energiekosten im Haushalt senken“ durchgeführt.
- Unter dem Motto „Bürger helfen Bürgern“ werden in einem zweistufigen Prozess PV-Scouts ausgebildet, die neben dem Themenkomplex der Photovoltaik auch Wärmekonzepte und Wärmeeinsparmöglichkeiten in Haushalten abdecken.
- In den Schulen werden verschiedene Themen mit den Schülerinnen und Schülern angeboten. Sie sollen durch die Energieagentur zu „Klimabotschaftern“ ausgebildet werden, womit auch die Eltern erreicht werden können.
- In der See-Post werden wöchentlich unter der Rubrik „Klimaschutz und Nachhaltigkeit“ Informationen und Ratschläge zum Klimaschutz, zur Wärmeeinsparung und zum nachhaltigen Leben veröffentlicht.

Für die Werbung werden soziale Medien wie Instagram, WhatsApp, aber auch die Plakatwände der Gemeinde und Printmedien, wie die „Schwäbische Zeitung“ und die See-Post genutzt. Mit dem Handels- und Gewerbeverein Kressbronn e. V. (HGV) findet ein situativer Austausch zu spezifischen Themen statt.

Zusätzlich wird der direkte Kontakt mit den produzierenden Industrieunternehmen vor Ort gesucht um im gemeinsamen Dialog die Umweltaktivitäten zu würdigen, Anregungen zu geben, Leuchtturmprojekte zu finden und zu verbreiten, mit anderen Unternehmen zu vernetzen und zu motivieren, einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität von Kressbronn a. B. zu leisten. Bei den Unternehmensbesuchen stehen folgende Themen auf der Tagesordnung:

- Klimaschutzaktivitäten des Unternehmens
- Wärmeeinsparungen durch Prozessoptimierungen und Mitarbeiter
- Angebot einer gewerblichen kostenfreien Energieeffizienzberatung durch die Energieagentur Bodenseekreis.
- Nutzung gewerblicher Prozesswärme, die zur Nahwärmeversorgung anderer Gebäude genutzt werden kann.
- Photovoltaik-Potenziale zur Stromerzeugung.
- Vernetzung mit anderen Unternehmen, um Erfahrungen aus „Leuchtturmprojekten zum Klimaschutz“ auszutauschen.

Bis April 2023 wurden elf Unternehmensbesuche durchgeführt und weitere sind geplant.

2. Kommunale Liegenschaften

Im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses wurden zusammen mit den Hausmeistern der Liegenschaften, die die Gebäudedetails und deren Nutzung am besten kennen und einer Expertin für Wärmeeinsparung und Klimaschutz der Energieagentur

Bodenseekreis, die für Schulungszwecke beauftragt worden war, die kommunalen Liegenschaften begangen und Maßnahmen zur Wärme- und Energiebedarfsreduzierung sowie zum Klimaschutz aufgenommen, die einerseits kurzfristig und mit geringen Mitteln umgesetzt werden können und andererseits mittelfristig bei zukünftigen Haushaltsplanungen berücksichtigt werden. Das inspirierte auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Verwaltung zu weiteren Vorschlägen und Maßnahmen. Final entstand daraus ein Maßnahmenkatalog, der verfolgt und turnusmäßig aktualisiert wird. Bis April 2023 wurden 37 Maßnahmen erfolgreich abgeschlossen und 48 sind derzeit in Bearbeitung. Einige Beispiele im Folgenden:

- System zum hydraulischer Abgleich und zur Regelung der Zimmertemperaturen in der Nonnenbachschule installiert.
- Reduzierung der Vorlauftemperaturen von Heizsystemen durchgeführt.
- Optimierung von Heizungs- und Lüftungsregelsystemen umgesetzt.
- Austausch alter Heizungspumpen gegen Hocheffizienzpumpen erfolgt.

Informationen an die Verwaltung über den aktuellen Stand der Initiativen zur Wärmeeinsparung und dem Klimaschutz erfolgten auf der Personalversammlung, in persönlichen Gesprächen und über E-Mail.

II. Energetische Sanierung von Gebäuden

Die energetische Sanierung, auch thermische Sanierung, bezeichnet die Modernisierung eines Gebäudes zur Reduzierung der CO₂-Emissionen und der Minimierung des Energieverbrauchs für Heizung, Warmwasser und Lüftung. Hierzu gehört auch die Verbesserung der Dämmung von Dächern, Kellerdecken, Außenwänden und Fenstern bzw. Fensterscheiben.

1. Privathaushalte und Gewerbe

Um zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben des Bundes die Veränderungsbereitschaft, den Umsetzungswillen und die „Soziale Ansteckung“ für notwendige energetische Sanierungen zu generieren, setzt die Gemeinde auf Informationsveranstaltungen, Beratungen wie z. B. die kostenfreie Energieeffizienzberatung durch die Energieagentur Bodenseekreis, Weiterbildungen sowie den Dialog mit Vertretern von Privathaushalten, Gewerbe und Unternehmen. Für den klimafreundlicheren Betrieb der Wärmepumpen mit Strom, aber auch anderer Stromverbraucher, soll in einer gemeinsamen Aktion mit dem Regionalwerk Bodensee den Privathaushalten und dem Gewerbe von Kressbronn a. B. die Möglichkeit gegeben werden, ihre Stromverträge auf den Bezug von Ökostrom umzustellen. Zusätzlich zu den Fördermaßnahmen von Bund und Land sind von der Gemeinde keine weiteren Förderprogramme vorgesehen.

2. Kommunale Liegenschaften

Die Erstellung eines Sanierungsfahrplanes für jede einzelne Liegenschaft ist sehr kostenintensiv, trifft auf Kapazitätsengpässe in den Fachbüros und kostet viel Zeit. Stattdessen wurde in Zusammenarbeit mit der Energieagentur Bodenseekreis basierend auf dem Wärmeverbrauch 2021 und der beheizten Flächen ein spezifischer Wärmeenergieverbrauch in kWh/(m² a) ermittelt und für die kommunal genutzten Gebäude dem Zielwert und dem Grenzwert aus dem European Energy Award (EEA) für die entsprechenden Gebäude gegenübergestellt:

Gebäudetyp	tats.	Wärmeverbrauch Gebäude		IST-Wert	Wärme	
	Verbrauch	kWh/a		kWh/m ² a	kWh/m ² a	
	Wärme	Zielwert	Grenzwert		Zielwert	Grenzwert
Parkschule	484.000	575.167	1.043.517	59	70	127
Hallenbad (Becken 25x8 m)	430.000	232.222	564.222	1935	1.045	2.539
Bauhof mit Wohnung, DRK und Feuerwehr	251.320	226.560	475.776	67	60 (57)	126 (119)
Nonnenbach-Schule	180.000	137.693	219.511	90	69	110
Seesporthalle + Küche Parkschule	200.000	170.100	345.060	82	70	142
Rathaus/Pünlchen	196.530	126.378	218.289	86	55	95
Park Turnhalle	168.000	74.278	150.678	158	70	142
Park Kindergarten	168.000	119.071	200.627	103	73	123
Festhalle	98.736	117.683	214.900	58	69	126
Nonnenbach-Kindergarten	78.746	52.560	88.560	109	73	123
Schlössle (Bücherei) - Museum, 2						
Wohnungen, Kinderbetreuung	70.000	44.462	90.551	129	82	167
Musikschule	62.334	39.013	65.707	91	57	96
Bahnhof mit Laden und Café (Bürgerhaus)	58.563	41.358	86.069	105	74	154
Lände (Bürgerhaus)	48.000	44.318	92.229	80	74	154
Alte Schule Betznau (Schule)	42.613	33.740	57.840	80	63	108
Spielhäusle (Kita)	13.466	9.733	16.400	101	73	123
Feuerwehr		75.027	158.880	#WERT!	68	144
Bücherei (Bibliothek) mit Wärmepumpe		29.056	41.840	#WERT!	50	72

Erläuterungen zur Tabelle:

- In der Tabelle findet man die Gebäude mit dem größten Verbrauch in der oberen Zeile und die mit dem geringsten Verbrauch in den unteren. Gebäude, die den Zielwert nahezu erreichen oder sogar noch unterschreiten, sind „grün“ gekennzeichnet, Gebäude, die den Grenzwert nahezu erreichen oder überschreiten sind mit „rot“ gekennzeichnet.
- Zielwert: 25 % der europaweit ausgewerteten Gebäudekennzahlen erreichen diesen Wert oder sind besser.
- Grenzwert: 50 % der europaweit ausgewerteten Gebäudekennzahlen sind besser oder schlechter.
- Gebäude mit gemischter Nutzung wurden entsprechend gewichtet und abgeschätzt

Basierend auf dieser Tabelle wurden Ursachenanalysen durchgeführt, Heizungssysteme optimiert, hydraulische Abgleiche initiiert, weitere Raumtemperatur-Regelsysteme eingeführt, Dämmmaßnahmen eingeleitet und Maßnahmen für die nächsten Jahre im Rahmen eines Sanierungs-Maßnahmenkatalogs festgehalten, der rollierend überarbeitet wird, die Sanierungsprioritäten widerspiegelt und auch die Basis für die jährlichen Haushaltsplanungen ist.

Für die einzelnen Wohngebäude der Gemeinde wurden ebenfalls die spezifischen Wärmeenergieverbräuche in kWh/(m² a) für 2021 ermittelt und mit der Maßgabe die Zielgröße von < 50 kWh/(m² a) zu erreichen, die folgenden Prioritäten festgelegt und im Sanierungs-Maßnahmenkatalog festgehalten:

Adresse	Spezifischer Wärmeverbrauch [kWh/(m ² *a)]	Prioritäten
Friedhofweg 7	385	1
St. Gallus Str. 52 (Alte Schule Gattnau)	375	1
Jahnweg 7/1	321	1
Bergerstr. 5	300	1
Zehntscheuerstr. 9	273	1
Betznauer Str. 26	268	1
Spitzgartenweg 16	190	2
Hauptstr. 28	172	2
Wohnhäuser im Eichert 5 (Alt und Neu)	157	2
Langenargener Str. 48, OG	139	2
Hirschbergweg 1, 3	130	2
Betzhofer Halde 14 (Alte Schule Betznau)	130	2
Hirschbergweg 5, 7	109	2
Maräzweg 3	106	2
Jahnweg 9	94	2
Hauptstr. 9	0	1
Langenargener Str. 48, EG	0	2
Zehntscheuerstr. 14, 14/1	0	1
Argenstr 82		
Bodan 10 (Match Racing)		3
Bodan 11 (Werft 1919)		3
Nonnenbacherweg 16 (baywa)		1
Seestr. 53 (Kaffee Seegarten)		3

Priorität 1 (Rot): > 200 kWh/(m² a), Priorität 2 (Gelb): 85 bis 200 kWh/(m² a), Priorität 3 (Grün): < 85 kWh/(m² x a).⁴ In Summe sind somit ca. 31 kommunale Gebäude mit „gelb“ und „rot“ bewertet. Das bedeutet, dass bis 2035 ca. drei Gebäude pro Jahr energetisch saniert, neu gebaut oder verkauft werden. Im Rahmen der energetischen Sanierung wird der Fokus für diese Gebäude auf notwendige Dämmmaßnahmen und die Umstellung der Heizanlagen auf erneuerbare Wärmeerzeugungsanlagen gelegt.

III. Wärmeplan Kressbronn a. B.

Über eine energetische Sanierung von Einzelgebäuden hinaus, ist es sinnvoll zu untersuchen, inwieweit ein Wärmenetz oder mehrere kleine Wärmenetze, verbunden mit zentralen Wärmeerzeugungsanlagen, Vorteile für die Wärmeversorgung von privaten Haushalten, Gewerbe und kommunalen Liegenschaften bieten und inwieweit diese Wärmenetze zur Zielerreichung der Klimaneutralität von Kressbronn a. B. beitragen können. Aus diesen Gründen soll ein Wärmeplan für die Gemeinde Kressbronn a. B. erstellt, die daraus

⁴ Bei fehlenden Zahlenwerte wurde aus Erfahrungswerten abgeschätzt und bewertet.

entstehenden Handlungsoptionen eingehend beraten und notwendige Entscheidungen gefällt werden.

I. Zusammenfassung und Ziele für die Gemeinde

Der Wärmebedarf in Kressbronn a. B. hat mit einem Anteil von ca. 40 % an den CO₂-Emissionen einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Erreichung der Klimaneutralität. Die Herausforderung besteht darin, die nahezu gleichermaßen vertretenen Energieträger Heizöl und Erdgas auf eine nachhaltige Wärmeerzeugung, insbesondere in privaten Haushalten und im Gewerbe, umzustellen und die Gebäude derart zu dämmen, dass der Wärmebedarf reduziert und die Gebäude für den Einsatz von nachhaltigen Wärmeerzeugungsanlagen wie z.B. Wärmepumpen vorbereitet werden. Die verhaltensbedingte Wärmebedarfsreduzierung setzt eine Umstellung der Gewohnheiten voraus, ist jedoch kostengünstig und wirkt sofort. Für diese Schwerpunktthemen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen will die Gemeinde mit den kommunalen Liegenschaften und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein Vorbild sein und unterstützt private Haushalte und Gewerbebetriebe mit Beratung und Information. Der Wärmebedarf und die CO₂-Emissionen der Liegenschaften der Gemeinde werden durch einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess und energetische Sanierungsmaßnahmen reduziert und die Wärmeerzeugung auf nachhaltige Wärmeerzeugungsanlagen umgestellt. Mit einem strategischen Wärmeplan für die gesamte Gemeinde Kressbronn a. B. soll herausgefunden werden, in welchen Gemeindeteilen Wärmenetze mit welchen nachhaltigen Wärmeerzeugungs-Technologien sinnvoll installiert werden sollten und wo autonome Wärmeerzeugungsanlagen sinnvoller sind.

Die Gemeinde Kressbronn a. B. orientiert sich an folgenden übergeordneten strategischen Zielen für private Haushalte, das Gewerbe und die kommunale Verwaltung um bis 2035 Treibhausgasneutralität auch im Wärmesektor zu erreichen:

- 10 % verhaltensbedingte Wärmebedarfs- und CO₂-Reduzierung
- 10 % Wärmebedarfs- und CO₂-Reduzierung durch Dämmmaßnahmen
- 40 % CO₂-Emissionsreduzierung durch Umstellung der Heizungsanlagen auf nachhaltige Wärmeerzeugung
- 7 % CO₂-Emissionsreduzierung durch die Umstellung auf Ökostrom oder mit PV-Anlagen erzeugten Strom für den Betrieb von Wärmepumpen
- 33 % CO₂-Emissionsreduzierung durch einen schnelleren Umstieg auf erneuerbare Wärmeerzeugung, eine mehr als 65 % nachhaltige Wärmeerzeugung und zusätzliche Gebäudedämmungen

Die Gemeinde formuliert folgende Zielsetzungen im Einzelnen:

- Veränderungsbereitschaft, Umsetzungswillen und „Soziale Ansteckung“ zur Wärmebedarfs-, CO₂-Emissionsreduzierung und für den Klimaschutz bei Bürgerinnen und Bürgern, Gewerbetreibenden, Unternehmern und Mitarbeiterinnen werden durch Informationen, Kommunikation, Beratung und Unterstützung kontinuierlich gestärkt.
- Reduzierung des Wärmebedarfes von Gebäuden durch den Einsatz von nachhaltigen Dämmstoffen.

- Der Ausstieg aus fossilen Energieträgern wie Erdöl und Erdgas muss erfolgen, um die Klimaneutralität zu erreichen.
- Ausschließlich Rest- und Abfallholz aus lokaler und nachhaltiger bzw. zertifizierter Forstwirtschaft sollten zur Wärmeversorgung verwendet werden.
- Biogasanlagen, die nicht mit Nahrungsmitteln für Mensch und Tier betrieben werden, sollten verstärkt genutzt werden.
- Abwärme aus technischen Prozessen zur Heizung von Gebäuden wird analysiert und möglichst verwendet.
- Die Solarthermie zur Wärmeerzeugung soll weiter untersucht werden.
- Luft- und Erdwärme sollen genutzt werden.
- Die Tiefen-Geothermie wird nicht weiter untersucht.
- Wärmegewinnung aus dem Grundwasser wird nicht weiterverfolgt.
- In einem Bündnis mit anderen Gemeinden und Städten wird darauf hingewirkt, verwaltungsrechtliche Hürden für die Nutzung von Bodenseewasser zur Wärmegewinnung abzubauen.
- Die Nutzung von Abwasser aus der Kläranlage zur Wärmeerzeugung wird analysiert.
- Die Umstellung der Gebäudeheizungen auf Wärmepumpen, die mit nachhaltig erzeugtem Strom betrieben werden, ist ein wesentliches Ziel, um die Gebäude nahezu klimaneutral zu betreiben.
- Der Einsatz von Flach- und Vakuumröhrenkollektoren wird bei der Planung von nachhaltigen Heizungssystemen berücksichtigt.
- Die Industrialisierung eines wirtschaftlichen CoAct-Verfahrens aus Rest-Biomasse zur Herstellung und zum Verkauf von Aktivkohle, Veräußerung von CO₂-Zertifikaten sowie Nutzung überschüssiger Wärme in einem potenziellen Wärmenetz wird für die Kläranlage aktiv vorangetrieben.
- Der optimale Einsatz von tageszeitabhängigen und saisonalen Speichern wird bei der Auslegung von Heizsystemen berücksichtigt.
- Wärmenetze auf Basis erneuerbarer Energien und unter Nutzung unvermeidbarer Abwärme sollen für Kressbronn a. B. untersucht werden.
- Erstellung eines Wärmeplanes für die Gemeinde Kressbronn a. B..
- Erstellung einer auf dem Wärmeplan basierenden Wärmenetzplanung.
- Bedarfsgerechter Um- und Ausbau existierender Wärmenetze.

J. Strategische Vorgehensweise

I. Wärmeplan für Kressbronn a. B.

Eine gebäudescharfe Bestandsaufnahme aller aktuellen Heizungssysteme sowie des prognostizierten Wärmebedarfes in Kressbronn a. B. soll verwendet werden, um die lokal unterschiedlichen technologisch und wirtschaftlich optimalen Wärmenetzlösungen und gebäudespezifischen Lösungen zu ermitteln. Daraus werden Handlungsempfehlungen abgeleitet und die weitere Vorgehensweise im Rahmen eines Transformationspfades vorgeschlagen. Auf dieser Basis können dann Entscheidungen gefällt werden und ggf. die Ausrollung lokaler Wärmenetze erfolgen.

II. Kommunikation, Beratung und Unterstützung

In dem außerordentlich komplexen und herausfordernden Veränderungsprozess, den der Klimawandel und auch der Wärmesektor mit sich bringt, ist es notwendig die

Veränderungsbereitschaft, den Umsetzungswillen, die „Soziale Ansteckung“ in der Gemeinde zu stärken und die Möglichkeiten zu kommunizieren, wie der Wärmebedarf in Gebäuden nachhaltig reduziert sowie den Einsatz nachhaltiger Wärmeerzeugungsanlagen ermöglicht werden kann. Information, Kommunikation, Beratung und Unterstützung der Bürgerinnen und Bürger, Gewerbetreibenden sowie der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind die dazu erforderlichen Mittel, die von der Gemeinde eingesetzt werden.

III. Energetische Sanierung der kommunalen Liegenschaften

Die laufenden energetischen Optimierungen der Liegenschaften werden fortgeführt und notwendige Sanierung in den Haushaltsplänen der kommenden Jahre berücksichtigt. Die Wirksamkeit der Maßnahmen wird durch ein Wärmeverbrauchs-Controlling nachvollzogen und ggf. optimiert.