

Energiekonzept für Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	7
1 Bestandsaufnahme: Wo steht die Energiewende in BW und was haben wir bisher erreicht?	11
1.1 WARUM BRAUCHEN WIR EIN NEUES ENERGIEKONZEPT FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG? WAS IST DIE ZIELSETZUNG? GRUNDSÄTZE DER FINANZIERUNG.	11
1.2 WAS BEDEUTET DIE AKTUELLE KRISENSITUATION FÜR UNSER ENERGIEKONZEPT?	13
1.3 STATUS QUO: WO STEHEN WIR BEI DER ENERGIEVERSORGUNG IM LAND DERZEIT?	14
1.4 DER POLITISCHE RAHMEN IM LAND: WAS HABEN WIR BISHER ERREICHT?	15
2 Rahmenbedingungen auf europäischer und nationaler Ebene	17
3 Übergeordnete Strategien	19
3.1 LEITPLANKEN DER ENERGIEPOLITIK DES LANDES	19
3.2 UNSERE VISION: WIE SOLL DIE ENERGIEVERSORGUNG IN BADEN-WÜRTTEMBERG LANGFRISTIG AUSSEHEN?	23
4 Stromversorgung	27
4.1 STATUS QUO UND ZIELGRÖßEN	27
4.2 ELEKTRIFIZIERUNG UND EFFIZIENTE STROMNUTZUNG	29
4.3 TRANSFORMATION DES KONVENTIONELLEN KRAFTWERKPARKS	31
4.4 AUSBAU DER ERNEUERBAREN STROMERZEUGUNG	33
4.5 BEDEUTUNG DER KWK IM STROMSEKTOR	37
5 Wärmeversorgung	39

5.1	STATUS QUO, HERAUSFORDERUNGEN UND ZIELGRÖßEN	39
5.2	KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG	41
5.3	GEBÄUDEVERSORGUNG: SANIERUNG UND HEIZTECHNOLOGIEN	43
5.4	PROZESSWÄRMEBEREITSTELLUNG	46
5.5	AUSBAU DER ERNEUERBAREN WÄRMEVERSORGUNG.....	48
5.6	AUSBAU UND DEKARBONISIERUNG DER NAH- UND FERNWÄRME	50
6	Gasversorgung und synthetische erneuerbare Energieträger	52
6.1	ZUKÜNFTIGE ROLLE VON ERDGAS.....	52
6.2	WASSERSTOFF UND SYNTHETISCHE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER	54
6.3	BIOGENE GASE	57
7	Infrastrukturen.....	60
7.1	STROMNETZE	60
7.2	FLEXIBILITÄTSOPTIONEN	61
7.3	ERDGAS- UND WASSERSTOFFNETZE	63
7.4	WÄRMENETZE.....	65
7.5	AUSLANDSBEZIEHUNGEN	66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Endenergieverbrauch in Baden-Württemberg im Jahr 2021 nach Energieträgern und Sektoren (Quelle: StaLa 2023, PJ = Petajoule)	15
Abbildung 2: Zielwerte zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und des Anteils erneuerbarer Energien auf Grundlage des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“	26
Abbildung 3: Entwicklung der Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa 2023) 28	
Abbildung 4: Ziele für den Stromsektor in Baden-Württemberg bis 2030	29
Abbildung 5: Notwendiger Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten auf Grundlage des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“	34
Abbildung 6: Mittlerer jährlicher Bruttozubau von PV-Anlagen nach Segmenten (auf Grundlage des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“)	35
Abbildung 7: Endenergieverbrauch privater Haushalte zur Raumwärme- und Warmwasserbereitung in Baden-Württemberg (je Einwohner (EW)).....	40
Abbildung 8: Ziele für den Wärmesektor in Baden-Württemberg bis 2030	41
Abbildung 9: Ziele für den Gassektor in Baden-Württemberg bis 2030	52

Abkürzungsverzeichnis

BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BW	Baden-Württemberg
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EU	Europäische Union
EU ETS	Europäisches Emissionshandelssystem
EW	Einwohner
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GJ	Gigajoule
GTP	Gasnetzgebietstransformationsplan
GW	Gigawatt
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
IEKK	Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IPCEI	Important Project of Common European Interest, Wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse
KEA	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
kg	Kilogramm
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KMR	Klima-Maßnahmen-Register
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
m ²	Quadratmeter
Mio.	Millionen
MW	Megawatt
MW/a	Megawatt pro Jahr
NEP	Netzentwicklungsplan
NET	Neckar-Enztal-Leitung
ORC	Organic Rankine Cycle
P2H	Power-to-Heat, Strom zu Wärme
PJ	Petajoule

PtL	Power-to-Liquid
PV	Photovoltaik
refuels	Erneuerbar erzeugte Kraftstoffe
SAF	Sustainable Aviation Fuels (nachhaltige Flugkraftstoffe)
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SEL	Süddeutsche Erdgasleitung
StaLa	Statistisches Landesamt
TENP	Trans-Europa-Naturgas-Pipeline
THG	Treibhausgasemissionen
TWh	Terawattstunden
TWh/a	Terawattstunden pro Jahr
VfEW	Verband für Energie- und Wasserwirtschaft
VKU	Verband kommunaler Unternehmen

Management Summary

1 HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Mit der Zielvorgabe der Netto-Treibhausgasneutralität bis 2040 hat sich Baden-Württemberg einen ambitionierten klimapolitischen Rahmen gesetzt. Eine Einhaltung wird nur mit einer grundlegenden nachhaltigen Umgestaltung der Energieversorgung möglich sein. Das vorliegende Energiekonzept für Baden-Württemberg bildet das Fundament für die strategische Ausrichtung der Energiepolitik des Landes und enthält die wesentlichen Zielsetzungen, Transformationspfade und Schlüsselstrategien für die Sicherstellung eines umweltverträglichen, zuverlässigen und bezahlbaren Energiesystems. Das Energiekonzept ist damit eine konzeptionelle Ergänzung zum Klima-Maßnahmen-Register des Landes, in dem die zur Erreichung der Klimaschutzziele notwendigen Maßnahmen fortlaufend weiterentwickelt und dokumentiert werden. Das Energiekonzept fokussiert daher auf die strategische Ebene und enthält keine konkreten Maßnahmen. Es bietet, auch vor dem Hintergrund der derzeitigen Unsicherheiten infolge des Ukrainekriegs, sowohl politischen Entscheidungsträgern als auch allen anderen Stakeholdern, die die Energiewende in Baden-Württemberg begleiten und umsetzen, eine zentrale Orientierungshilfe. Eine wesentliche Grundlage für das Energiekonzept ist das vom Umweltministerium in Auftrag gegebene Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“.

2 ÜBERGEORDNETES LEITBILD

Bei der Festlegung der strategischen Ausrichtung der Energiepolitik orientiert sich das Land an klaren Leitlinien. Im Mittelpunkt steht hier das energiepolitische Zielviereck aus Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit. Angesichts der zunehmenden Komplexität des Energieversorgungssystems wird zudem eine integrierte Systembetrachtung mit expliziter Berücksichtigung der Rückkopplungen und Wechselwirkungen herangezogen. Auch die Förderung von Innovationen hat für das Gelingen der Energiewende eine große Bedeutung.

Auf dieser Grundlage lassen sich diese übergeordneten Zielindikatoren ableiten:

- **Energieeffizienz steigern mit dem Ziel „efficiency first“:** Als Indikator kann hier die Reduktion des Endenergieverbrauchs herangezogen werden. Es wird auf die Ergebnisse des Forschungsvorhabens Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2024 - Teilbericht Sektorziele 2030 verwiesen.
- **Ausbau der erneuerbaren Energien:** Steigerung des erneuerbaren Anteils am Endenergieverbrauch auf 50 Prozent bis 2030 und fast 90 Prozent bis 2040.

- **Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft** zur Deckung des mittel- und langfristigen Bedarfs an klimaneutralen Energieträgern in der Industrie, dem Verkehr sowie in der Strom- und Fernwärmeversorgung.
- **Aus- und Umbau verlässlicher Infrastrukturen**, insbesondere im Bereich der Strom- und Wärmenetze, der Umwidmung bestehender Gasnetze und beim Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur auf der Basis einer integrierten Netzplanung.

3 STROMVERSORGUNG

Die Sicherstellung einer klimaneutralen Stromversorgung bildet vor dem Hintergrund der Sektorenkopplung und der zunehmenden Nachfrage nach CO₂-freiem Strom im Wärme- und Verkehrsbereich ein zentrales Element der Energiewende. Für das Energiekonzept wurden drei wesentliche Handlungsfelder identifiziert, die mit Zielsetzungen und Schlüsselstrategien hinterlegt sind:

- Im Zentrum der **Transformation des konventionellen Kraftwerkparks** steht der im Koalitionsvertrag adressierte Einsatz des Landes für einen Kohleausstieg bis 2030, unter Berücksichtigung der Versorgungssicherheit (vergleiche Koalitionsvertrag Seite 25). Mit dem Kohleausstiegsgesetz ist deutschlandweit das Ende der Kohleverstromung bis spätestens 2038 verbindlich geregelt. Insofern setzt sich das Land für geeignete Rahmenbedingungen ein, um das hohe Niveau an Versorgungssicherheit und ein bezahlbares Preisniveau weiterhin sicherzustellen, insbesondere auch durch den Zubau flexibler, wasserstofffähiger Gaskraftwerke. Im Bereich der KWK-Anlagen geht es insbesondere um eine Stärkung der Systemdienlichkeit.
- Beim **Ausbau der erneuerbaren Energien** wird für 2030 ein Anteil von 80 Prozent an der Bruttostromerzeugung als Zielmarke gesetzt. Auf Bundesebene müssen hierzu insbesondere lohnenswerte Anreizstrukturen und ein verlässliches Investitionsumfeld sichergestellt werden. Auf Landesebene bestehen die zentralen Aufgaben in der Verfahrenserleichterung sowie der Sicherstellung der ausreichenden Flächenverfügbarkeit unter Berücksichtigung agrarstruktureller Belange, insbesondere der Schonung hochwertiger landwirtschaftlicher Produktionsflächen.
- Um die **Elektrifizierung** als wichtige Dekarbonisierungsoption auch im Wärme- und Industriebereich voranzubringen, setzt sich das Land auf Bundesebene insbesondere für wettbewerbsfähige Energiepreise, die den notwendigen Transformationsprozess unterstützen, ein. Gleichzeitig müssen angesichts des steigenden Strombedarfs die Anstrengungen für eine **effiziente und flexible Stromnutzung** auf allen Ebenen weitergeführt und verstärkt werden.

4 WÄRMEVERSORGUNG

Sowohl zur Erfüllung der Klimaziele des Landes als auch zur Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern muss die Beschleunigung der Wärmewende stärker im Fokus stehen. Im Zentrum steht dabei die **Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung**.

Inhaltlich werden die folgenden Zielsetzungen und Schlüsselstrategien verfolgt:

- Sowohl bei der Gebäude- als auch der Prozesswärme muss besonders betont werden, die **Energieeffizienz zu steigern** mit dem Ziel „efficiency first“. Bis 2030 wird eine Reduktion des Gebäudewärmebedarfs um mindestens 10 Prozent angestrebt.
- Zur **Stärkung der erneuerbaren Energien** im Wärmebereich soll insbesondere der Ausbau der Wärmepumpe möglichst breit unterstützt werden. Doch auch der Ausbau der tiefen Geothermie, Solarthermie und Großwärmepumpen soll beschleunigt werden, unter anderem - im Rahmen der verfügbaren finanziellen Mittel und Ressourcen - durch eine Stärkung der Förderkulissen. Ergänzt wird dies durch die Nutzung regenerativer Energiequellen biologischen Ursprungs und von Abwärmepotenzialen. Insgesamt soll der Anteil der erneuerbaren Energien (einschließlich Abwärme) an der Wärmeversorgung bis 2030 auf mindestens 50 Prozent ansteigen.
- Eine wesentliche Dekarbonisierungsstrategie besteht im **Ausbau der netzgebundenen Wärmeversorgung**. Bis 2030 soll die Fernwärmeerzeugung in Baden-Württemberg um mindestens 35 Prozent erhöht werden, bei gleichzeitiger Reduzierung des fossilen Anteils an der Fernwärmeversorgung um 50 Prozent. Hier will das Land unter anderem die Betreiber der großen Fernwärmesysteme in Baden-Württemberg bei der Entwicklung tragfähiger Dekarbonisierungskonzepte unterstützen.

5 GASVERSORGUNG UND SYNTHETISCHE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

Gasförmige Energieträger, erneuerbar erzeugte Kraftstoffe und Derivate werden auch in einem nachhaltigen Energiesystem eine bedeutende Rolle einnehmen. Zur Gestaltung des stufenweisen Übergangs von fossilen zu erneuerbar erzeugten Energieträgern fokussiert das Land insbesondere auf die folgenden Handlungsfelder:

- Während Erdgas in der Strom- und Fernwärmeversorgung vor dem Hintergrund von Atom- und Kohleausstieg weiterhin eine wichtige Brückenfunktion einnimmt, wird im (dezentralen) Wärme- und Industriebereich schon jetzt eine **deutliche Reduktion des Erdgasbedarfs** angestrebt.

- Zeitgleich forciert das Land schon heute den **Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft** in Baden-Württemberg. Dazu gehören geeignete Rahmenbedingungen für die Schaffung einer umfassenden Wasserstoffinfrastruktur, Förderprogramme und Leuchtturmprojekte im Land sowie die Unterstützung beispielsweise von „Important Projects of Common European Interest“ in Baden-Württemberg, gemeinsam mit dem Bund. Grundlagen sind die Wasserstoff-Roadmap des Landes und der Fortschrittsbericht 2023.
- **Erneuerbar erzeugte Kraftstoffe (reFuels)** sind insbesondere im Luft- und Schwerlastverkehr und bei der Transformation der Industrie und im Raffineriebereich von Bedeutung. Hierzu gilt es auch, die Transformation der Mineralölinfrastruktur in Baden-Württemberg zu unterstützen. Grundlage ist die Roadmap reFuels BW.
- Bei den **biogenen Gasen** gilt es insbesondere, deren **Flexibilisierungspotenzial** als Ergänzung zu den anderen fluktuierenden erneuerbaren Energien durch geeignete Rahmenbedingungen auf Bundesebene zu stärken.

6 INFRASTRUKTUREN

Der dynamische Ausbau der Netzinfrastrukturen ist eine der wesentlichen Grundlagen für die Energiewende und bildet damit einen der Schwerpunkte der energiepolitischen Aktivitäten des Landes. Dazu gehören:

- Die aktive **politische Unterstützung aller für das Land notwendigen Stromnetzausbauvorhaben**, insbesondere eine transparente und abgestimmte Planung des Netzausbaus auf Verteilnetzebene.
- Stärkung der Rahmenbedingungen auf Bundesebene **zur Bereitstellung von Flexibilitäten** und einer raschen **Digitalisierung** der Energiewirtschaft.
- Unterstützung der **Transformation der Gasinfrastruktur**, insbesondere eines raschen Aufbaus der Wasserstoffinfrastruktur und eines frühzeitigen Anschlusses an ein nationales und europäisches Wasserstoffnetz durch Schaffung eines klaren regulatorischen Rahmens auf EU- und Bundesebene und der erforderlichen Investitionsanreize.
- Deutliche **Beschleunigung des Ausbaus der Wärmenetze**, unter anderem mit Maßnahmen zur Reduktion von Netzanschlusskosten, zum Erhalt von Biomasseanlagen sowie zur vereinfachten und beschleunigten Genehmigung kalter Nahwärmenetze.

Die Realisierung finanzwirksamer Maßnahmen steht unter Haushaltsvorbehalt beziehungsweise erfolgt im Rahmen einer nachhaltigen Finanzpolitik - vergleiche Ziffer 1.1 der Konzeption.

1 Bestandsaufnahme: Wo steht die Energiewende in BW und was haben wir bisher erreicht?

1.1 WARUM BRAUCHEN WIR EIN NEUES ENERGIEKONZEPT FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG? WAS IST DIE ZIELSETZUNG? GRUNDSÄTZE DER FINANZIERUNG.

Wir stehen in der Energieversorgung vor enormen Herausforderungen. Zum einen sind die Auswirkungen des Klimawandels schon jetzt, auch in Baden-Württemberg, immer spürbarer, sodass wir die nachhaltige Transformation unseres Energiesystems weiter vorantreiben müssen. Zum anderen zeigt der völkerrechtswidrige Krieg Russlands gegen die Ukraine, dass wir unsere Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen aus sicherheitspolitischen und wirtschaftlichen Gründen so schnell wie möglich beenden müssen. Zudem müssen wir trotz der Herausforderungen eine sichere und bezahlbare Energieversorgung sicherstellen. Die Lösung kann letztlich nur in einer noch rascheren und entschlosseneren Umsetzung der Energiewende liegen – mit einem dynamischen Ausbau der erneuerbaren Energien sowie der Energieinfrastrukturen, einem verstärkten Fokus auf die Energieeffizienz und dem Einsatz von Wasserstoff.

Bereits mit dem Landes-Klimaschutzgesetz von 2013 und dem Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK) von 2014 hatten wir uns in Baden-Württemberg ambitionierte Ziele für den Klimaschutz gesetzt und umfangreiche Strategien und Maßnahmen für deren Erreichung erarbeitet. Mit der Novelle des Landes-Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021 wurden die Klimaschutzziele für Baden-Württemberg deutlich angehoben. Bis zum Jahr 2040, und damit fünf Jahre schneller als auf Bundes- und zehn Jahre schneller als auf EU-Ebene, müssen wir im Land die Netto-Treibhausgasneutralität erreichen. Bis 2030 soll, gegenüber dem Referenzjahr 1990, bereits eine Minderung des Treibhausgasausstoßes um mindestens 65 Prozent erreicht werden. Um angesichts der kurzen noch zur Verfügung stehenden Zeit bis 2030 die Flexibilität und Umsetzungsgeschwindigkeit bei der Ergreifung neuer Emissionsminderungsmaßnahmen zu erhöhen, wurde das bisher alle fünf Jahre fortzuschreibende IEKK zu einem permanent erweiterbaren Klima-Maßnahmen-Register (KMR) weiterentwickelt. Das KMR enthält die konkreten Klimaschutzmaßnahmen des Landes, unterteilt nach den jeweils betroffenen Sektoren – Energiewirtschaft, Gebäude, Industrie, Verkehr, Abfallwirtschaft, Landwirtschaft sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF).

Neben den konkreten Maßnahmen bedarf es jedoch zusätzlich eines konzeptionellen Fundaments, das die grundlegende strategische Ausrichtung unserer Energiepolitik darlegt.

Das vorliegende Energiekonzept soll daher die wesentlichen Pfade und Strategien für den Übergang zu einem Versorgungssystem aufzeigen, das die klimapolitischen Zielsetzungen erfüllt, aber auch resilient gegenüber externen Belastungen ist und damit eine sichere und bezahlbare Versorgung gewährleistet. Es umfasst dabei zum einen langfristige Ziele für den Energiebereich, beispielsweise zum Ausbau der erneuerbaren Energien, der Steigerung der Energieeffizienz oder dem Einsatz von Wasserstoff und erneuerbar erzeugten Kraftstoffen (reFuels), betrachtet aber auch übergeordnete Zieldimensionen wie die Versorgungssicherheit, die Wettbewerbsfähigkeit und die Sozialverträglichkeit. Zum anderen werden für die verschiedenen Handlungsfelder grundlegende Transformationspfade und Schlüsselstrategien aufgezeigt, die mit der Einhaltung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele in Baden-Württemberg kompatibel sind. Das Energiekonzept bildet damit die Leitlinie für die künftige Entwicklung der Energieversorgung in Baden-Württemberg und ist eine wesentliche Grundlage für das KMR, in dem die für die Umsetzung der strategischen Vorgaben des Energiekonzepts notwendigen Maßnahmen fortlaufend weiterentwickelt werden. Daher enthält das Energiekonzept keine konkreten Maßnahmen für die Landesebene und ist auch nicht als verbindliche Vorfestlegung für konkrete Maßnahmen zu verstehen. Der Fokus der Betrachtung liegt auf dem Strom- und Wärmebereich – hier werden Zielvorgaben und Schlüsselstrategien formuliert. Gleichzeitig muss hervorgehoben werden, dass das Energiekonzept die Entwicklung des gesamten Energiesystems im Blick hat. Das heißt, dass die künftigen Energiebedarfe aller Sektoren, auch des Verkehrs- und Industriesektors, mitbetrachtet werden. Das Thema natürliche und technische CO₂-Senken ist ein wesentliches Klimaschutzthema, wird aber im Energiekonzept nicht behandelt. Zeitlich konzentriert sich das Energiekonzept insbesondere auf den Zeitraum bis 2030, die wesentlichen Transformationspfade bis zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2040 werden jedoch mitgedacht.

Das Energiekonzept richtet sich damit zum einen an politische Entscheidungsträgerinnen und –träger im Land, insbesondere auch auf der kommunalen Ebene. Zum anderen soll das Konzept eine Orientierungshilfe für alle Stakeholder sein, die die nachhaltige Transformation unseres Energiesystems begleiten und umsetzen. Dazu zählen die großen und kleineren Energieversorger, Projektierer von Energieanlagen, Bürgerenergiegesellschaften, Netzbetreiber, die Unternehmerschaft, das Handwerk und alle interessierten Bürgerinnen und Bürger.

Die wesentliche Grundlage für dieses Energiekonzept ist das vom Umweltministerium in Auftrag gegebene Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“¹, zu dem ein Teilbericht im Juni 2022 veröffentlicht wurde. Darin wird ein konsistentes Energieszenario entwickelt, mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis

¹ ZSW, ifeu, Öko-Institut e.V., Fraunhofer ISI, HIR Hamburg Institut Research: „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040 – Teilbericht: Sektorziele 2030.“ Stuttgart, 2022.

2040 und unter Berücksichtigung der technischen, wirtschaftlichen und energiepolitischen Rahmenbedingungen.

Die Realisierung finanzwirksamer Maßnahmen erfolgt im Rahmen einer nachhaltigen Finanzpolitik. Ein solcher erfordert auch einen verantwortungsvollen, generationengerechten Umgang mit den finanziellen Ressourcen. Für neue Maßnahmen oder die Verstetigung von Maßnahmen wird daher zunächst Spielraum durch Umschichtung im Rahmen vorhandener Ressourcen geschaffen. Es ist außerdem Sache des jeweils zuständigen Ressorts, zu prüfen, ob die jeweiligen Maßnahmen - soweit Kommunen berührt sind - Konnexität auslösen und bei Bedarf die entsprechenden Folgerungen zu ziehen. Die Bereitstellung von Ressourcen bleibt dem Haushaltsgesetzgeber vorbehalten und wird in den jeweiligen Haushaltsaufstellungsverfahren unter Berücksichtigung der haushaltspolitischen Rahmenbedingungen entschieden.

Alle im Energiekonzept angesprochenen Förder- und Finanzierungsbedarfe stehen unter einem Finanzierungsvorbehalt. Die Entscheidung über zukünftige Mehrausgaben bleibt dem Haushaltsgesetzgeber vorbehalten. Das Energiekonzept begründet keine haushaltsrechtliche, rechtliche oder politische Zwangsläufigkeit und daraus ergibt sich für ein späteres Haushaltsaufstellungsverfahren auch keine präjudizierende Wirkung oder ein Vorrang gegenüber anderen Maßnahmen.

1.2 WAS BEDEUTET DIE AKTUELLE KRISENSITUATION FÜR UNSER ENERGIEKONZEPT?

Der völkerrechtswidrige Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine und die damit einhergehenden Embargos und sonstigen Einschränkungen beim Import von Energieträgern aus Russland führen zu erheblichen Veränderungen in der Energieversorgung unseres Landes. Zum einen müssen Bürgerinnen und Bürger ebenso wie die Wirtschaft einen starken Anstieg der Energiepreise für Energieträger und Strom bewältigen. Zum anderen besteht nach wie vor die reale Gefahr von Knappheitssituationen, insbesondere bei Erdgas. Hinzu kommen weiterhin stark gestiegene Preise bei Materialien und Investitionsgütern, die für die weitere Umsetzung der Energiewende benötigt werden. Auch das Investitionsumfeld hat sich angesichts der stark steigenden Zinsen deutlich verändert.

Es ist daher klar, dass seit Februar 2022 ein Schwerpunkt der Energiepolitik auf der kurzfristigen Krisenbewältigung lag. Diesbezüglich ist auf Landes-, EU- und Bundesebene viel passiert, mit einer Diversifizierung der Lieferquellen, Vorgaben zur Gasspeicherung sowie Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Stromsektor. Darüber hinaus wurden mit Blick auf die hohen Energiepreise mehrere Maßnahmenpakete zur Entlastung der Bürgerinnen und Bürger sowie der Wirtschaft verabschiedet, insbesondere die verschiedenen Preisbremsen und Nothilfen.

Wir befinden uns in einer Zeit erheblicher Ungewissheit, was die weitere Entwicklung der Energieversorgung angeht. Wir dürfen jedoch trotz der derzeitigen Krisensituation die mittelfristigen Herausforderungen für eine umwelt- und landwirtschaftsverträgliche, klimaneutrale, sichere, bezahlbare und wettbewerbsfähige Energieversorgung nicht aus den Augen verlieren. Wir wollen daher mit dem Energiekonzept eine klare und robuste strategische Grundlage für unsere mittel- und langfristige Energiepolitik bereitstellen.

1.3 STATUS QUO: WO STEHEN WIR BEI DER ENERGIEVERSORGUNG IM LAND DERZEIT?

Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs gibt ein umfassendes Bild zum Stand der Energieversorgung in Baden-Württemberg. Er beinhaltet den gesamten Energieverbrauch im Land einschließlich des Energieeinsatzes in den Umwandlungssektoren (vor allem Strom- und zentrale Wärmeerzeugung) sowie aller Umwandlungs- und Transportverluste. Zwischen 2010 und 2021 ist der Primärenergieverbrauch in Baden-Württemberg um rund 18 Prozent gesunken. Da zeitgleich die baden-württembergische Wirtschaft weiter gewachsen ist, konnte die Energieproduktivität, also das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zum Energiebedarf, in diesem Zeitraum deutlich gesteigert werden. Auch die Bevölkerungszahl unseres Landes ist seit 2010 weiter angestiegen, sodass der Primärenergieverbrauch pro Kopf bis 2021 um 20 Prozent reduziert werden konnte. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Energieverbrauch 2021 noch nicht wieder das Vorkrisenniveau von 2019 erreicht hat. Zwischen 2010 und 2019 betrug der Rückgang des Primärenergieverbrauchs lediglich 8 Prozent. Bezüglich des Energieträgermix wird der Energieverbrauch in Baden-Württemberg weiterhin von fossilen Energieträgern dominiert, mit einem Anteil von 34 Prozent der Mineralöle, gefolgt von 22 Prozent Erdgas und 11 Prozent Kohle. Der Beitrag der erneuerbaren Energien konnte in den letzten Jahren kontinuierlich gesteigert werden, ihr Anteil am Primärenergieverbrauch erreichte 2019 knapp 15 Prozent, 2021 rund 16 Prozent.

Der Endenergieverbrauch zeigt den Einsatz der Energieträger in den Verbrauchssektoren Verkehr, Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie private Haushalte (siehe Abbildung 1). Hier zeigt sich insbesondere eine deutliche Abhängigkeit von Mineralölprodukten (mit einem Anteil von 38 Prozent im Jahr 2021) und ein weiterhin hoher Anteil von Erdgas mit 23 Prozent, insbesondere aufgrund der Nutzung zur Wärmebereitstellung in Gebäuden und der Industrie. Der Stromverbrauch war, infolge von Effizienzanstrengungen, zwischen 2010 und 2021 leicht rückläufig und trägt derzeit rund 21 Prozent zum Endenergieverbrauch bei. Der Anteil der erneuerbaren Energien (einschließlich des erneuerbaren Anteils am Strom- und Fernwärmeverbrauch) am Endenergieverbrauch ist seit 2010 von 11,6 Prozent auf knapp 17 Prozent in 2021 gestiegen.

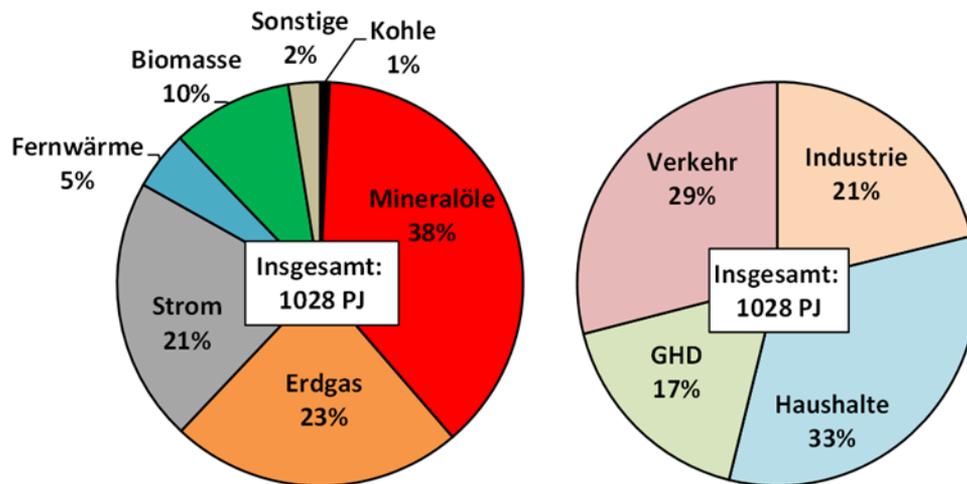


Abbildung 1: Endenergieverbrauch in Baden-Württemberg im Jahr 2021 nach Energieträgern und Sektoren (Quelle: StaLa 2023, PJ = Petajoule)

Insgesamt zeigt sich, dass trotz der Fortschritte bei der Nutzung erneuerbarer Energieträger vor allem in der Stromerzeugung (siehe Unterkapitel 4.1) noch erhebliche Anstrengungen zur Reduzierung des fossilen Energieträgereinsatzes im gesamten Energiesystem von Nöten sind. Hierzu muss nicht nur der Ausbau der erneuerbaren Energien weiter vorangetrieben, sondern auch Effizienzanstrengungen weiter verstärkt und die Stromerzeugung- und der -verbrauch stärker synchronisiert werden.

1.4 DER POLITISCHE RAHMEN IM LAND: WAS HABEN WIR BISHER ERREICHT?

Baden-Württemberg will als eine der europaweit führenden Wirtschaftsregionen eine Vorreiterrolle beim Klimaschutz einnehmen und zeigen, dass der ambitionierte Weg zur Klimaneutralität unter Wahrung und Stärkung unseres modernen Wirtschaftsstandorts gelingt.

Bereits 2013 hat Baden-Württemberg als eines der ersten Länder verbindliche Klimaschutzziele in einem eigenen Klimaschutzgesetz gesetzlich verankert. Durch fortlaufende Novellierungen haben wir nun mit dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) eines der modernsten und fortschrittlichsten Klimaschutzgesetze in Deutschland.

Auch wenn wir in der Energie- und Klimapolitik eng an Vorgaben auf europäischer und nationaler Ebene gebunden sind, setzen wir im Land schon seit längerem eigene Impulse für eine wirkungsvolle Umsetzung der Energiewende. Dazu gehören unter anderem folgende Punkte:

- Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien durch Einführung einer PV-Pflicht bei Neubau und grundlegender Dachsanierung sowie bei offenen Parkplätzen mit mehr als 35 Stellplätzen, Vorgabe eines Landesflächenziels für Wind- und PV-

Freiflächenanlagen und zahlreiche Verbesserungen im Planungsregime durch die Task Force zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien.

- Unterstützung der Wärmewende, unter anderem durch das Erneuerbare-Wärme-Gesetz oder die Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung.
- Zahlreiche Beratungs- und Förderangebote zur Steigerung der Energieeffizienz, beispielsweise durch das Informationsprogramm Zukunft Altbau, die regionalen Energieagenturen, das Landesförderprogramm Klimaschutz-Plus, die Kompetenzstellen der KEA oder die 12 Kompetenzstellen für Ressourceneffizienz.
- Vorbereitung des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft auf Basis der Wasserstoff-Roadmap des Landes mit der Plattform H2BW als zentrale Anlaufstelle, dem interdisziplinär besetzten Beirat Wasserstoff sowie verschiedenen Förderprogrammen.
- Rahmensetzung für eine Transformation im Kraftstoffbereich durch die Roadmap reFuels BW und für den Hochlauf von erneuerbar erzeugten Kraftstoffen (reFuels) und Sustainable Aviation Fuels (SAF). Sicherung der Versorgung mit erneuerbar erzeugten Kraftstoffen, insbesondere Kerosin.
- Stärkung der Teilhabe der Gesellschaft und Unternehmerschaft an der Energiewende, beispielsweise durch das Klimabündnis Baden-Württemberg (Klimaschutzvereinbarung mit Unternehmen) und die Unterstützung von Bürgerenergiegenossenschaften.
- Förderung der Weiterentwicklung des Biogasanlagenbestands entsprechend der Biogasstrategie Baden-Württemberg. Neben der systemdienlichen und flexiblen Energiebereitstellung und der Einspeisung von Biomethan in das Erdgasnetz erzeugen Biogasanlagen wertvolle Synergieeffekte in der Landwirtschaft, unter anderem als Drehscheibe für biogene Roh- und Nährstoffe.

2 Rahmenbedingungen auf europäischer und nationaler Ebene

Bei der Weiterentwicklung des Energiekonzepts für Baden-Württemberg muss die Einbettung des Landes in den energie- und klimapolitischen Rahmen auf europäischer und nationaler Ebene berücksichtigt werden. Auf EU- und Bundesebene werden wesentliche Weichenstellungen vorgenommen, die auch den Fortgang der Energiewende in unserem Land grundlegend mitbestimmen.

Im Mittelpunkt der europäischen Klima- und Energiepolitik steht die Mitteilung zum „European Green Deal“ von 2019, mit dem zentralen Ziel die EU bis 2050 zum ersten treibhausgasneutralen Staatenbund zu machen. Die mittel- und langfristigen Klimaschutzziele, eine THG-Minderung um 55 Prozent bis 2030 gegenüber 1990 und die Klimaneutralität bis 2050, wurden 2021 im ersten europäischen Klimagesetz verankert. Zur Erreichung dieser anspruchsvollen Zielvorgaben werden derzeit im Rahmen des „Fit for 55“-Pakets die zentralen klima-, energie-, gebäude- und verkehrsbezogenen Rechtsvorschriften überarbeitet. Die Vorschläge der EU-Kommission beinhalten unter anderem eine Verschärfung der Minderungsziele im europäischen Emissionshandelssystem (EU ETS) und der nationalen Reduktionsziele außerhalb des ETS sowie die Schaffung eines eigenständigen Handelssystems für Emissionen des Gebäude- und Straßenverkehrssektors. Hinzu kommt eine Anhebung der Zielvorgaben zum Ausbau der erneuerbaren Energien und der Steigerung der Energieeffizienz, insbesondere im Gebäudebereich. Im Wasserstoffbereich werden auf EU-Ebene ambitionierte Ziele vorgegeben (unter anderem 40 GW Elektrolyseleistung bis 2030) und die Schaffung eines einheitlichen Rahmens für einen Wasserstoffmarkt angestrebt.

Als Reaktion auf die Verwerfungen an den Energiemärkten infolge des Ukraine-Kriegs hat die Europäische Kommission im Mai 2022 zudem den „REPowerEU-Plan“ vorgelegt. Mit dem Ziel, die Abhängigkeit von russischen Energieimporten zu reduzieren, werden hier unter anderem zusätzliche Maßnahmen zur Energieeinsparung und raschen Umsetzung der Energiewende vorgeschlagen, die teilweise über die bisherigen Vorgaben aus dem „Fit for 55“-Paket hinausgehen. Darüber hinaus wird auf EU-Ebene derzeit an Vorschlägen zur Reform des Strommarktdesigns gearbeitet.

Auf Bundesebene wurden durch eine Novellierung des Bundes-Klimaschutzgesetzes 2021 die Minderungsziele verschärft. Vorgegeben ist seither eine Reduktion des THG-Ausstoßes um 65 Prozent bis 2030 gegenüber 1990 und das Erreichen der Netto-THG-Neutralität bis 2045. Bereits zu Beginn des Jahres 2021 startete der nationale Brennstoffemissionshandel (BEHG), der eine CO₂-Abgabe auf fossile Energieträger, die in den Sektoren Wärme und Verkehr eingesetzt werden, erhebt und damit das Emissionshandelssystem auf EU-Ebene ergänzt.

Zur Erreichung der ambitionierten Klimaschutzziele sind auf Bundesebene verschiedene Maßnahmen geplant. Dazu gehören unter anderem das Vorziehen des auf 2038 vereinbarten Kohleausstiegs idealerweise auf 2030 sowie verschiedene Maßnahmen zur Beschleunigung des Erneuerbaren-Ausbaus mit Zielwerten für 2030 in Höhe von 80 Prozent am Bruttostromverbrauch und 50 Prozent am Wärmebedarf. Zum Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung wurden bereits verschiedene Maßnahmenpakete, insbesondere zur Erhöhung der Ausschreibungsmengen, der Verbesserung der Flächenverfügbarkeit und Beschleunigung der Genehmigungsverfahren beschlossen. Im Wärmebereich wurde durch die Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zum 1. Januar 2023 bereits eine Verschärfung der Effizienzstandards im Neubaubereich umgesetzt. In einer erneuten Novellierung zum 1. Januar 2024 wurden verschärfte Anforderungen für die Nutzung erneuerbarer Energien eingeführt – mit umfassenden Übergangsfristen und einer engen Verzahnung mit der auf Bundesebene geplanten kommunalen Wärmeplanung. Mit dem Energieeffizienzgesetz wird zudem ein sektorenübergreifender rechtlicher Rahmen zur Steigerung der Energieeffizienz mit verpflichtenden Energieeinsparungen geschaffen. Im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie will die Bundesregierung bis 2030 eine Elektrolyseleistung von 10 GW erreichen. Zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit im Stromsektor soll zeitnah eine Kraftwerksstrategie auf den Weg gebracht und im Rahmen der „Plattform Klimaneutrales Stromsystem“ Ansätze zur Weiterentwicklung des Strommarktdesigns erarbeitet werden.

Die erfolgreiche Umsetzung des Energiekonzepts für Baden-Württemberg ist maßgeblich davon abhängig, inwieweit auf EU- und Bundesebene ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen und geeignete Rahmensetzungen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit sowie zur Sicherstellung bezahlbarer und wettbewerbsfähiger Preise verabschiedet werden. Baden-Württemberg wird sich daher weiterhin aktiv dafür einsetzen, dass Bund und EU entsprechende Rahmenbedingungen schaffen.

3 Übergeordnete Strategien

3.1 LEITPLANKEN DER ENERGIEPOLITIK DES LANDES

Als Grundlage für die Energiepolitik in Baden-Württemberg bedarf es klarer Leitlinien, an denen sich die Strategien und Maßnahmen in den einzelnen Sektoren ausrichten können. Dazu gehört in erster Linie das energiepolitische Zielviereck aus Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit/Akzeptanz.

- In der Dimension **Umweltverträglichkeit** kommt insbesondere dem Klimaschutz, dem wir mit unseren ambitionierten Klimazielen Rechnung tragen, eine überragende Rolle zu. Die ambitionierten Ziele gehen zum einen auf das Klimaabkommen von Paris 2015 zurück. Dort haben sich die Staaten auf eine Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius, möglichst auf 1,5 Grad Celsius verständigt. Unterstützt wird das Pariser Klimaabkommen auch durch den Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom Frühjahr 2021, in dem eine besondere Verpflichtung des Staates zur Berücksichtigung der Auswirkungen auf künftige Generationen auch bei aktuellen Entscheidungen festgestellt wurde. In diesem Sinne hat Baden-Württemberg im Jahr 2021 seine Klimaschutzziele deutlich angehoben. Wir setzen dabei auf das Prinzip „vermeiden vor verringern vor versenken“, entsprechend § 3 KlimaG BW. Wirksamen Maßnahmen zur Reduktion des Ausstoßes von CO₂ sowie weiterer Treibhausgase kommt deshalb eine besonders große Bedeutung zu. Doch auch andere Aspekte, wie die Emission von Luftschadstoffen oder Belange des Naturschutzes und des Flächenschutzes, müssen bei der Entwicklung von energiepolitischen Strategien Berücksichtigung finden.
- Die **Sicherheit der Energieversorgung** muss auch in Zukunft auf hohem Niveau gewährleistet werden. In der Stromversorgung muss vor dem Hintergrund von Atom- und Kohleausstieg die grundlegende Umstrukturierung der Erzeugung hin zu einem großen Anteil fluktuierender, dezentraler Erneuerbarer-Anlagen durch den Aufbau einer verlässlichen und intelligenten Strominfrastruktur begleitet werden. Dies betrifft insbesondere die Absicherung über ausreichend gesicherte und flexible Leistung sowie einen zügigen Ausbau der Stromnetze, auch grenzüberschreitend zu den Nachbarländern. Angesichts der geopolitischen Entwicklungen und des völkerrechtswidrigen Angriffskriegs in der Ukraine hat die Frage einer sicheren Erdgasversorgung und der Vermeidung der Abhängigkeit von Importen erheblich an Bedeutung gewonnen und muss in der klima- und energiepolitischen Ausrichtung des Landes künftig stärker berücksichtigt werden. Hier muss insbesondere eine stärkere Diversifizierung der Lieferquellen angestrebt werden. Und auch bei der Wärmebereitstellung muss angesichts der notwendigen Umstellung der Fernwärmeerzeugung in kohlebasierten Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) und

möglicher Einschränkungen bei der Gasversorgung dem Aspekt der Versorgungssicherheit unter Einbeziehung aller nichtfossilen und nicht-nuklearen leistungsfähigen Technologien ein stärkeres Gewicht eingeräumt werden. Auch beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft muss das Thema Versorgungssicherheit frühzeitig mitgedacht werden, um eine möglichst hohe Diversifizierung bei den Lieferländern, unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien sowie Verlässlichkeit und Stabilität mit einer Bevorzugung von Demokratien, sicherstellen zu können. Zudem wird es auch in Zukunft Bereiche geben, die nicht ohne flüssige Energieträger auskommen, zum Beispiel der Luftverkehr, oder in denen reFuels zur Sicherung der Resilienz dienen wie bei der Polizei. Auch im Kraftstoffbereich muss eine Transformation erfolgen, wie sie in der Roadmap reFuels skizziert wird. Insgesamt muss betont werden, dass Baden-Württemberg auch in Zukunft ein Energieimportland bleiben wird. Auch wenn wir durch den regionalen Ausbau der erneuerbaren Energien die eigene Versorgung stärken können, werden wir dauerhaft Energieträger importieren. Das Ziel einer Energieautarkie ist nicht erstrebenswert. Zukünftig müssen wir aber in allen Bereichen verstärkt auf eine Diversifizierung der Quellen achten und damit die **Resilienz** unseres Versorgungssystems stärken. Dies gilt nicht nur für die verschiedenen Energieträger, sondern auch für die für ein nachhaltiges Energiesystem notwendige Anlagentechnik und den damit verbundenen Rohstoffbedarf. Darüber hinaus müssen künftig verstärkt neue Herausforderungen durch die notwendige Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels berücksichtigt werden (siehe hierzu auch die Fortschreibung der Anpassungsstrategie des Landes).

- Die dritte Zieldimension **Wirtschaftlichkeit** beinhaltet, dass Energie auch in Zukunft für alle Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen bezahlbar bleiben und die **Wettbewerbsfähigkeit** unseres starken Wirtschaftsstandorts sichergestellt werden muss. Wir setzen uns daher für Energiekosten ein, mit denen Unternehmen im Baden-Württemberg im internationalen Standortwettbewerb erfolgreich sein können. Neben dem Fokus auf Kosteneffizienz müssen wir dabei darauf achten, ein möglichst robustes System zu schaffen, das auch in Krisensituationen nicht zu unzumutbaren Preisschwankungen führt. Wir müssen unsere Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger schnellstmöglich reduzieren. Der starke Anstieg der Energiepreise stellt sowohl Bürgerinnen und Bürger als auch unsere Wirtschaft vor erhebliche Herausforderungen. Kurzfristige Entlastungsmaßnahmen, die vor allem die besonders betroffenen Bevölkerungsgruppen und Unternehmen stützen müssen, sind daher von essentieller Bedeutung. Mittel- und langfristig können wir uns besser vor plötzlichen Preissprüngen schützen, wenn wir verstärkt auf Energieeffizienz, den Einsatz erneuerbarer Energiequellen und weitere Diversifizierung der Lieferquellen setzen.

- Gleichzeitig müssen wir bei der Umsetzung der Energiewende auf die **Sozialverträglichkeit** achten. Für eine wirtschaftliche Umsetzung der Energiewende ist es einerseits essentiell, dass das Preissystem die CO₂-Intensität der verschiedenen Energieträger korrekt widerspiegelt und dadurch frühzeitig Anreize für klimaschonende Investitions- und Einsatzentscheidungen setzt. Gleichzeitig ist klar, dass die Energiewende einen enormen Investitionsbedarf auslöst und weder Bürgerinnen und Bürger noch die Wirtschaft von den Kosten überfordert werden darf. Das Land Baden-Württemberg setzt sich daher dafür ein, die soziale Dimension der Energiewende weiterhin in den Fokus zu stellen. Beim Blick auf die Kosten muss allerdings auch berücksichtigt werden, dass umso höhere und immer weiter steigende Kosten für die Bewältigung von klimabedingten Schäden zu erwarten sind, je später die Energiewende und die Treibhausgasneutralität weltweit erreicht werden. Zudem kann die Energiewende nur Erfolg haben, wenn die Transformation von einer **breiten gesellschaftlichen Akzeptanz** begleitet wird. Eine hohe allgemeine Zustimmung zur Energiewende, wie sie in Umfragen immer wieder bestätigt wird, führt nicht automatisch auch zur Unterstützung des Ausbaus von Energieanlagen in der eigenen Umgebung. Zur Lösung solcher Konfliktsituationen setzen wir im Land schon seit längerem auf Transparenz und gesellschaftliche Teilhabe. Nur wenn ausreichend Informations- und Dialogformate zur Verfügung stehen, können wir ein gemeinsames Verständnis für die notwendigen Schritte zur Umsetzung der Energiewende schaffen. Die Projektierer sprechen sich daher für eine transparente und frühzeitige Kommunikation zu allen Planungsschritten aus. Darüber hinaus stärkt das Land Möglichkeiten, mit denen sich Bürgerinnen und Bürger direkt an Energiewendeprojekten vor Ort beteiligen können, beispielsweise über Bürgerenergiegesellschaften oder Energiegenossenschaften. Auch breitere finanzielle Teilhabemodelle, beispielsweise bei Windenergieprojekten, können die Akzeptanz stärken. Hier spielt auch die Stärkung der Kommunen eine wichtige Rolle, die für die lokale Umsetzung von Energiewendevorhaben entscheidend sind.

Des Weiteren wird in der Zukunft eine **integrierte Systembetrachtung** an Bedeutung gewinnen. Durch Faktoren wie die zunehmende Dezentralität und die Dargebotsabhängigkeit vieler erneuerbarer Energieträger erhöht sich schon heute die Komplexität unseres Energiesystems. Daher wird es künftig noch wichtiger sein, die Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen den einzelnen Sektoren mitzudenken. Dies wird besonders deutlich an den sogenannten „Sektorkopplungstechnologien“, bei denen die Sektoren Wärme und Verkehr durch den verstärkten Einsatz von erneuerbarem Strom enger mit dem Stromsektor verzahnt werden. Die Sektorkopplung ist jedoch nicht nur auf den verstärkten Einsatz von erneuerbarem Strom beschränkt. Vor allem ab 2030 werden auch strombasierte Gase, also synthetische Gase wie Wasserstoff oder synthetisches Methan, die mittels Elektrolyse hergestellt werden, eine immer wichtigere Rolle spielen. Die

Sektorkopplungstechnologien stellen dabei nicht nur eine wesentliche Dekarbonisierungsoption in den Sektoren Industrie, Wärme und Verkehr dar, sondern stellen auch wertvolle nachfrageseitige Flexibilisierungspotenziale zur Verfügung. Insgesamt wird es daher künftig von großer Bedeutung sein, nicht nur den Nutzen einzelner Technologien für die Energiewende getrennt zu bewerten, sondern deren Zusammenspiel im Gesamtsystem stärker zu beleuchten und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten besser zu nutzen. Zudem müssen aufgrund der langen Lebensdauer der Technologien im Energiebereich mögliche Lock-in Effekte in klimaschädliche Investitionen frühzeitig verhindert werden.

Bei der fortschreitenden Integration volatiler, dezentraler Erzeugungseinheiten auf der einen Seite und Sektorkopplungstechnologien auf der anderen Seite spielt auch die **nachhaltige Digitalisierung** eine zunehmend wichtige Rolle. Nur durch eine intelligente Verknüpfung aller Stakeholder (Erzeuger, Versorgungsunternehmen, Netzbetreiber und Verbraucher) können ein hohes Maß an Versorgungssicherheit gewährleistet, eine effiziente Abstimmung von Erzeugung und Verbrauch sichergestellt und neue Geschäftsmodelle geschaffen werden. Gleichzeitig muss angesichts des steigenden Energieverbrauchs für digitale Technologien auf möglichst energieeffiziente Anwendungen gesetzt werden.

Für das Gelingen der Energiewende sind **Innovationen** unverzichtbar. Die Neu- und Weiterentwicklung der notwendigen Technologien durch die Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Land spielt eine entscheidende Rolle. Baden-Württemberg verfügt mit einem landesweiten Netzwerk beispielsweise aus Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Landesagenturen über eine gute Ausgangsposition, die es weiter zu stärken gilt. Auch industriepolitisch bietet die Bereitstellung und Produktion der Energiewendetechnologien großes Potenzial für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg. Das Land unterstützt zudem den Auf- und Umbau von Produktionskapazitäten in wichtigen Zukunftstechnologien der Speicher- und Wasserstofftechnologien beispielsweise gemeinsam mit dem Bund im Rahmen von europäischen IPCEI-Projekten.

Zusätzlich muss das Land für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende **übergeordnete Rahmenbedingungen**, wie insbesondere den Fachkräftebedarf oder mögliche Engpässe bei Materialien und Rohstoffen stärker in den Blick nehmen. Hierzu bestehen bereits Ansätze wie beispielsweise vielfältige Maßnahmen zur Fachkräftesicherung oder die Landesstrategie Ressourceneffizienz.

Die vorgestellten Zieldimensionen bilden die wesentliche Grundlage für die Ausrichtung unserer energiepolitischen Strategien und Instrumente. Zusätzlich gilt es, in regelmäßigen Abständen Bilanz zu ziehen und zu überprüfen, ob wir auf dem richtigen Weg zur Zielerreichung sind. Dazu wird das Umweltministerium auch in Zukunft einen **umfassenden Monitoringansatz** verfolgen, dessen Herzstück der jährlich erscheinende Statusbericht zum Energiewende-Monitoring bildet. Auf Maßnahmenebene wird dies durch die jährlichen Sektorberichte zum Klima-Maßnahmen-Register ergänzt. In diesem wird auch das Thema

Versorgungssicherheit in einem eigenständigen Teil des Sektorberichts adressiert. Darüber hinaus erfolgt ein regelmäßiger Abgleich mit Initiativen auf der Bundesebene, wie beispielsweise bei der derzeitigen Erarbeitung einer Systementwicklungsstrategie.

3.2 UNSERE VISION: WIE SOLL DIE ENERGIEVERSORGUNG IN BADEN-WÜRTTEMBERG LANGFRISTIG AUSSEHEN?

Bevor wir die einzelnen Handlungsfelder und Sektoren genauer betrachten, wollen wir uns ein konsistentes und einfach verständliches Leitbild für die mittel- und langfristige Entwicklung der Energieversorgung in Baden-Württemberg vorgeben. Die Festlegung übergeordneter, quantitativer Zielindikatoren erleichtert dabei zudem das Monitoring auf dem Weg zu einem nachhaltigen Energiesystem (siehe Abbildung 2). Grundlage für diese Zielwerte ist der Teilbericht zum Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“. Weitere sektorale Zielgrößen finden sich in den jeweiligen Kapiteln zur Strom-, Wärme- und Gasversorgung.

Klar ist, dass eine Transformation zu einem klimaneutralen Energiesystem nur bei einer deutlichen Steigerung der Energieeffizienz möglich ist. Wir setzen daher stark darauf, die Energieeffizienz zu steigern mit dem Ziel „efficiency first“, womit auch dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit und Bezahlbarkeit der Energieversorgung Rechnung getragen werden kann. Als Indikator kann hier eine weitere Reduktion des gesamten Endenergieverbrauchs herangezogen werden - entsprechend der Ergebnisse des Forschungsvorhabens Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2024 - Teilbericht Sektorziele 2030. Nach 2030 müssen die Anstrengungen zur Bedarfssenkung auf hohem Niveau fortgesetzt werden, mit dem Ziel, dass im Jahr 2040 35 Prozent weniger Energie verbraucht wird als in 2019 – trotz weiterhin positiver Wirtschaftsentwicklung. Wir müssen also eine weitere Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch erreichen und die die Stromerzeugung- und den -verbrauch stärker synchronisieren. Dabei ist klar, dass der Fokus nicht allein auf einer Steigerung der Energieeffizienz liegen kann. Insgesamt muss eine nachhaltige Lebensweise stärker im gesellschaftlichen Bewusstsein verankert werden.

Zeitgleich müssen wir unseren immer noch hohen Verbrauch an fossilen Energieträgern schrittweise durch erneuerbare Energieträger ersetzen. Deren Anteil am Endenergieverbrauch soll 2030 bereits rund 50 Prozent erreichen, im Vergleich zu 17 Prozent im Jahr 2021. Darin enthalten ist auch der erneuerbare Anteil am Strom- und Fernwärmeverbrauch sowie die aus erneuerbarem Strom erzeugten synthetischen Gase². Bis 2040 muss zur Einhaltung des Netto-

² Für den erneuerbaren Anteil am Stromimport werden Zahlen des Impact Assessments zur [Mitteilung COM \(2020\) 562 final „Mehr Ehrgeiz für das Klimaziel Europas bis 2030“](#) herangezogen. Darin enthalten sind verschiedene Szenarien, mit denen die Klimaziele auf europäischer Ebene erreicht werden können. Demnach steigt der erneuerbare Anteil an der Stromerzeugung in der EU auf 65 Prozent bis 2030 sowie 85 Prozent bis 2050.

Treibhausgasneutralitätsziels dann eine weitgehende Deckung des Endenergieverbrauchs über erneuerbare Energien erfolgen.

Beim Ausbau der erneuerbaren Energien dominiert die Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie. Bei Biomasse sehen wir bei der Stromerzeugung aufgrund von Nutzungskonkurrenzen und Nachhaltigkeitsaspekten im Gegensatz zur Wärmeversorgung künftig kaum Steigerungspotenziale.

Neben einem Fokus auf Elektrifizierung in den Endverbrauchssektoren besteht gleichzeitig auch langfristig ein Bedarf an gasförmigen und flüssigen Energieträgern, die flexibel insbesondere in den Bereichen, in denen eine Elektrifizierung nicht oder nur zu hohen Kosten möglich ist, eingesetzt werden können. Hierzu zählen wir insbesondere den Industriesektor, bestimmte Bereiche des Verkehrs- und Agrarsektors sowie Back-up Kapazitäten in der Strom- und Fernwärmeversorgung. Eingesetzt werden soll hier langfristig regenerativ erzeugter Wasserstoff sowie weitere Derivate. Deshalb verfolgen wir mit Hochdruck den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft und die grüne Transformation der Raffinerie und Mineralölinfrastruktur in Baden-Württemberg.

Diese grundlegende Transformation unseres Energiesystems erfordert zudem den weiteren raumverträglichen Auf- und Ausbau verlässlicher Infrastrukturen. Maßnahmen zur Netzverstärkung sollen dabei vor dem Neubau (unter Inanspruchnahme neuer Trassen) Vorrang haben und linienhafte Infrastrukturen zur Minimierung von Flächeninanspruchnahme gebündelt werden. Baden-Württemberg profitiert sowohl bezüglich der Versorgungssicherheit als auch der Kosteneffizienz von der engen Einbettung in das europäische Energiesystem. Wir unterstützen daher auch zukünftig den Ausbau der Stromnetze – sowohl auf Übertragungsnetzebene, insbesondere zum Transport der erneuerbaren Potenziale von Nord- nach Süddeutschland, als auch auf Verteilnetzebene zur Integration der vielen dezentralen Erzeugungs- und neuen Verbrauchseinheiten wie Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge. Doch auch das Gasnetz muss an die Herausforderungen der Zukunft angepasst und die Anbindung Baden-Württembergs an ein zukünftiges europäisches Wasserstoffnetz bis 2030 realisiert werden. Im Zusammenhang mit diesem Themenfeld ist auch das sogenannte Carbon Management, insbesondere der Aufbau einer CO₂-Infrastruktur, verstärkt in den Fokus zu nehmen. Die Landesregierung erarbeitet dazu ein Positionspapier. Zudem ist es sinnvoll, die unterschiedlichen Infrastrukturen aufeinander abgestimmt zu betrachten. Zu berücksichtigen ist auch die Rekultivierung oder Renaturierung nach Beendigung von Maßnahmen zur Erzeugung, Speicherung und Leitung von Energie im Außenbereich.

Insgesamt wird deutlich, dass das Ambitionsniveau der in diesem Konzept dargestellten Zielsetzungen und Transformationspfade in allen Bereichen sehr hoch ist. Dieser Ehrgeiz verbunden mit einem hohen Tempo ist jedoch erforderlich, um eine Erfüllung der Klimaschutzziele zu ermöglichen, die überhaupt nur zu erreichen sind, wenn alle vorgesehenen Schritte konsequent umgesetzt werden. Dies bedeutet für alle Sektoren einen

sehr hohen Investitions- und Finanzierungsbedarf, bei dem auch die aktuellen ökonomischen Rahmenbedingungen, insbesondere das hohe Zinsniveau berücksichtigt werden müssen.

Auf Bundesebene wurden in letzter Zeit mehrere Studien zu den Finanzierungsanforderungen der Energiewende veröffentlicht³. Auch wenn die errechneten Kostengrößen teilweise unterschiedliche Teilbereiche umfassen und vom Endergebnis her stark variieren, wird deutlich, dass das Thema Finanzierung künftig an Bedeutung gewinnen wird. Dabei müssen alle Beteiligten ihren Beitrag dazu leisten, insbesondere die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass sich private Investitionen in die Energiewende lohnen.

Gleichzeitig muss verhindert werden, dass die ohnehin im Industrieländervergleich hohen Energiekosten in Deutschland für Wirtschaft und Bürgerinnen und Bürger weiter steigen. Zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit ist deshalb insbesondere wichtig, dass die notwendigen Investitionen zu gesamtwirtschaftlich optimalen Kosten umgesetzt werden, mit dem Ziel Wachstum, Wohlstand und Arbeitsplätze im Land zu erhalten und auszubauen.

Der hohe Investitionsbedarf kann in der Regel nicht aus den laufenden Einnahmen der Unternehmen bestritten werden. Zudem sind Optionen zur Aufstockung des Eigenkapitals oder zusätzlichen Kreditaufnahme häufig nicht gegeben, vor allem bei kommunalen Energieunternehmen. Zusätzlich müssen auch die aktuellen ökonomischen Rahmenbedingungen, insbesondere das hohe Zinsniveau sowie hohe Materialkosten, berücksichtigt werden.

Daher sollten sowohl auf Bundes- als auch Landesebene unterstützende Maßnahmen zur Erweiterung des Finanzierungsvolumens für die Energiewende diskutiert werden. Öffentliche Mittel werden allein bei weitem nicht ausreichen, um die notwendigen Investitionsvolumina anzureizen. Demzufolge müssen insbesondere geeignete Maßnahmen zur verstärkten Mobilisierung von zusätzlichem privaten Kapital in den Fokus genommen werden.

Gleichzeitig muss betont werden, dass der reine Blick auf die Investitionskosten zu kurz greift – dem hohen Investitionsbedarf stehen wesentliche Mehrwerte gegenüber, insbesondere Ersparnisse bei Kosten für Energieträger und Emissionszertifikate, eine Modernisierung der Infrastruktur und des Wirtschaftsstandorts, regionale Wertschöpfungspotenziale sowie eine höhere Lebensqualität für die Bürgerinnen und Bürger. So hat etwa eine Anfang 2024 von PwC Deutschland veröffentlichte Studie⁴ gezeigt, dass die Gesamtkosten in einem Szenario mit beschleunigten Klimaschutzmaßnahmen im Vergleich zu einem „Weiter-wie-bisher“-Szenario langfristig sogar niedriger ausfallen können.

³ Siehe unter anderem:

- [Deloitte, BDEW, VKU \(2023\): Kapital für die Energiewende – Positionspapier.](#)
- [EWI \(2023\): Investitionen der Energiewende bis 2030 - Investitionsbedarf im Verkehrs-, Wohngebäude und Stromsektor.](#)
- [McKinsey & Company \(2024\): Zukunftspfad Stromversorgung.](#)
- [PwC \(2024\): Beschleunigte Investitionen in den Klimaschutz lohnen sich.](#)
- [EY, BDEW \(2024\): Fortschrittsmonitor 2024 Energiewende.](#)

⁴ Siehe: [PwC \(2024\): Beschleunigte Investitionen in den Klimaschutz lohnen sich.](#)

An den anstehenden Gesprächen auf unterschiedlicher Ebene und in verschiedensten Formaten zwischen allen Beteiligten über diesen gesamten Themenkreis der Finanzierung der Energiewende wird sich die Landesregierung engagiert, offen und konstruktiv beteiligen.

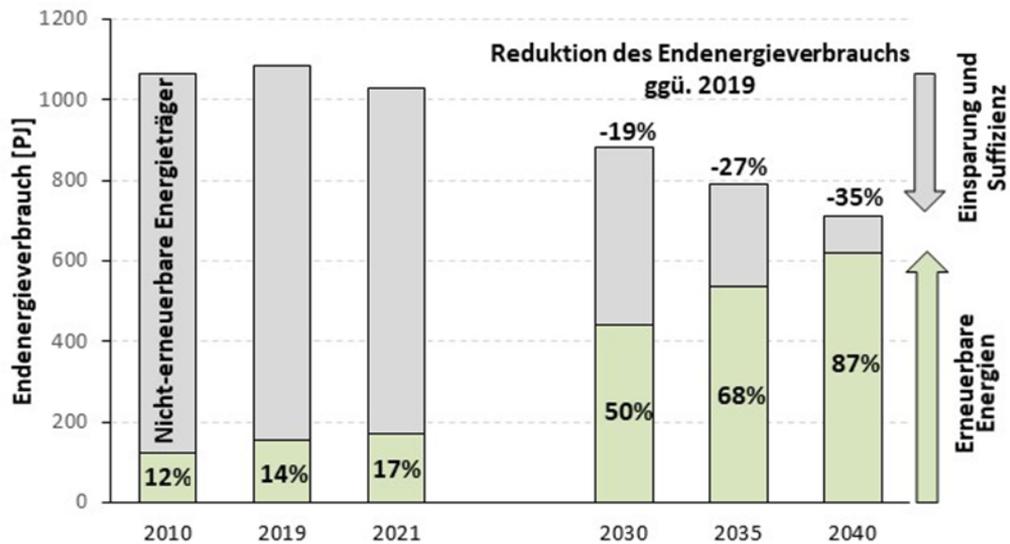


Abbildung 2: Zielwerte zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und des Anteils erneuerbarer Energien auf Grundlage des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“⁵

⁵ Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei dieser Darstellung um die aggregierten Daten handelt. Im Forschungsvorhaben Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040 - Teilbericht Sektorziele 2030 wird die Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren untergliedert, sodass beispielsweise im Industriesektor eine Reduzierung des Endenergieverbrauchs bis 2030 um rund vier Prozent gegenüber 2019 zugrunde gelegt wird.

4 Stromversorgung

4.1 STATUS QUO UND ZIELGRÖßEN

In der Stromerzeugung spiegelt sich die Energiewende in Baden-Württemberg am deutlichsten wider (siehe Abbildung 3). Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung ist von knapp 17 Prozent in 2010 auf 36 Prozent in 2021 gestiegen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass gleichzeitig die gesamte Stromerzeugung in Baden-Württemberg, insbesondere mit der Abschaltung des Kernkraftwerks Philippsburg 2 Ende 2019, in den letzten Jahren rückläufig war.

Der Ausbau der Windenergie ist besonders in den Jahren 2016 und 2017 mit 119 beziehungsweise 123 Neuanlagen deutlich vorangekommen – dann allerdings im Zuge der Einführung von Ausschreibungen sowie mit Blick auf die Flächenverfügbarkeit und Zielkonflikte mit anderen Fachbelangen wieder eingebrochen. Den größten Beitrag zur erneuerbaren Stromerzeugung in Baden-Württemberg liefert mit über 6 TWh die Photovoltaik. 2010 basierte noch beinahe die Hälfte der Stromerzeugung im Land auf Kernenergie, deren Anteil bis 2021 auf weniger als ein Viertel zurückgegangen ist und im April 2023 mit der Stilllegung des Kernkraftwerks Neckarwestheim II vollständig beendet wurde. Die rückläufige Erzeugung aus Kernkraft wurde bis 2018 durch höhere Beiträge der Kohleverstromung ausgeglichen. In den Jahren 2019 und 2020 war jedoch auch hier, insbesondere infolge der steigenden Zertifikatspreise im europäischen Emissionshandel, ein Rückgang zu beobachten. Infolge der steigenden Gaspreise kam es jedoch bereits 2021 zu einem erneuten merklichen Anstieg der Kohleverstromung, die 2022 wieder etwa auf dem Niveau von 2018 lag. Der jährliche Beitrag von Erdgas zur Stromerzeugung in Baden-Württemberg ist mit rund 3 bis 4 TWh vergleichsweise gering und dient vor allem der Versorgung von Spitzenlasten.

Die Bedeutung der Stromimporte hat angesichts der insgesamt sinkenden Erzeugung bei einem nur leicht rückläufigen Stromverbrauch in den letzten Jahren zugenommen. Baden-Württemberg ist traditionell ein Stromimportland und profitiert von der engen Einbettung in den europäischen Strommarkt (siehe Kapitel 4 3).

Die Transformation in der Stromerzeugung wirkt sich auch auf die verfügbaren Kapazitäten aus. Hier spielt vor allem die gesicherte Leistung, also die jederzeit zur Verfügung stehende Erzeugungskapazität, eine wesentliche Rolle. Unter Berücksichtigung der Netzreserve war die gesicherte Leistung in Baden-Württemberg in den letzten zehn Jahren weitgehend konstant. Die Vollendung des Atomausstiegs im Frühjahr 2023 sowie der geplante Kohleausstieg werden jedoch künftig zu einem merklichen Rückgang der gesicherten Leistung führen. Bisher ergeben sich keinerlei Hinweise auf eine Verschlechterung der Versorgungssicherheit in Deutschland und Baden-Württemberg: der SAIDI (System Average Interruption Duration

Index), der die durchschnittliche ungeplante Unterbrechungsdauer der Stromversorgung (> 3 Minuten) der Endkunden wiedergibt und damit als Kennzahl für die Netzqualität herangezogen werden kann, liegt auf einem konstant niedrigen Niveau.

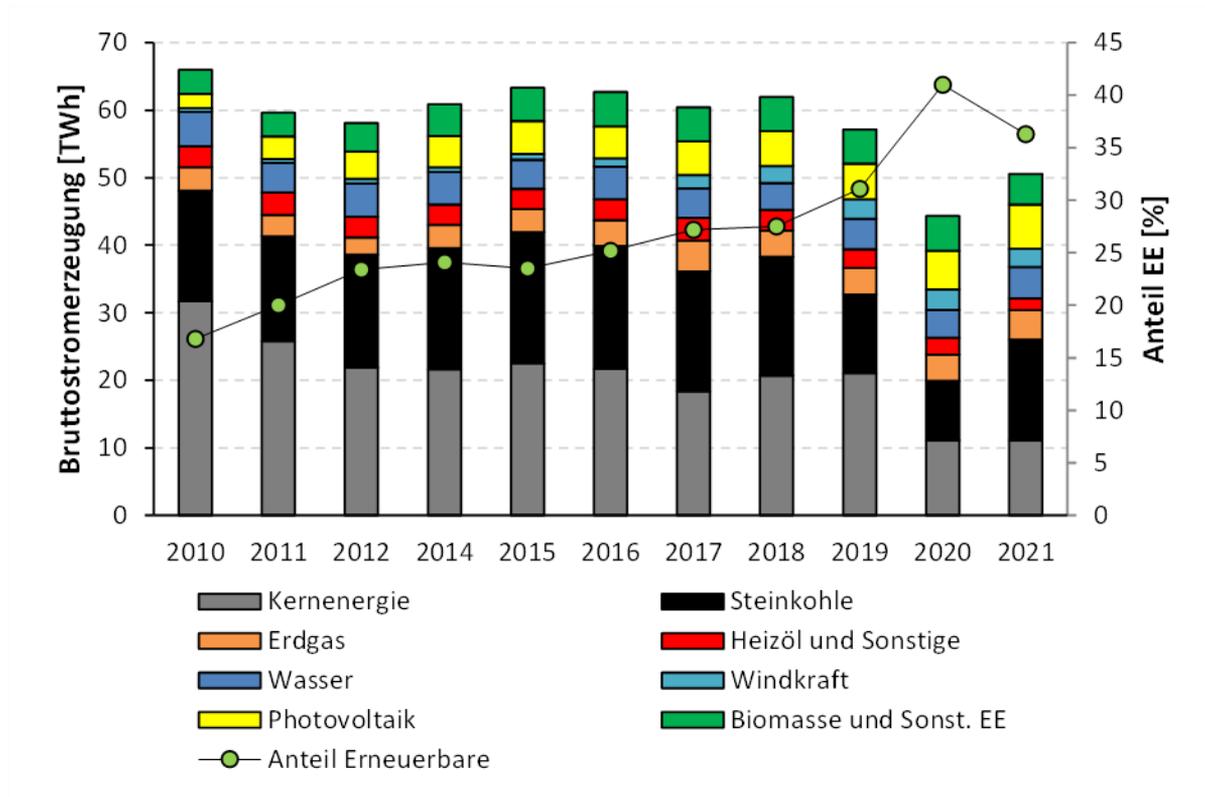


Abbildung 3: Entwicklung der Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg (Quelle: StaLa 2023)

Eine klimaneutrale Stromversorgung bildet ein zentrales Ziel der Energiewende, da CO₂-frei erzeugter Strom auch zunehmend benötigt wird, um die Emissionen in den Sektoren Wärme, Industrie und Verkehr zu senken. Die zentralen Zielgrößen für die nachhaltige Transformation der Stromversorgung in Baden-Württemberg bis 2030 sind in Abbildung 4 dargestellt.



Abbildung 4: Ziele für den Stromsektor in Baden-Württemberg bis 2030

4.2 ELEKTRIFIZIERUNG UND EFFIZIENTE STROMNUTZUNG

Ein direkter Einsatz erneuerbarer Energieträger ist in vielen Verbrauchsbereichen nicht möglich. Daher kommt der Elektrifizierung eine bedeutende Rolle zu. Im Wärmebereich erfolgt eine verstärkte Nutzung von Wärmepumpen – sowohl in der zentralen Fernwärmerzeugung über Großwärmepumpen als auch in der Einzelobjektversorgung. Auch in der Industrie können Hochtemperatur-Wärmepumpen bis zu einem Temperaturbereich von circa 150 Grad Celsius einen Beitrag zur Prozesswärmebereitstellung liefern. In noch höheren Temperaturbereichen (bis 1000 Grad Celsius) können Elektrodenkessel für eine effiziente Wärmebereitstellung genutzt werden, wobei hier langfristig eine mögliche Konkurrenz mit Wasserstoffanwendungen zu erwarten ist. Anforderungsbereichsübergreifend kann der Einsatz von Biomasse als lastfähige und etablierte Anwendungstechnologie einen Beitrag für eine diversifizierte Bereitstellung von klimaverträglicher (Prozess-)Wärme leisten. In der Übergangszeit ist im Industriebereich auch mit dem Einsatz hybrider Systeme zu rechnen, also der Ergänzung der bestehenden fossilen Prozesswärmebereitstellung durch eine Wärmepumpe oder einen Elektrodenkessel, die dann insbesondere in Zeiten niedriger Strompreise zum Einsatz kommen können. Im Straßenverkehrssektor wird Strom langfristig zum dominierenden Energieträger werden.

Insgesamt ist, auf Grundlage der Ergebnisse zum Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“, mit einem Anstieg des gesamten Stromverbrauchs in Baden-Württemberg um 20 bis 25 Prozent (ausgehend von 72 TWh in 2019 auf rund 90 TWh) bis 2030 und um mehr als 50 Prozent bis 2040 (auf rund 110 TWh) auszugehen. Damit wird bereits 2030 rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs über Strom bereitgestellt, 2040 soll es mehr als die Hälfte sein.

Dieser Verbrauchsanstieg erhöht den Druck auf die notwendige breitgefächerte Transformation auf der Erzeugungsseite und auf die Stromnetze. Erneuerbar erzeugter Strom wird also auch in Zukunft ein knappes Gut bleiben und sollte daher möglichst effizient eingesetzt werden. Es bestehen bei vielen „klassischen“ Stromanwendungen nach wie vor erhebliche Effizienzpotenziale, die es gilt vollumfänglich auszuschöpfen. Dies betrifft zum einen Geräte und Prozesstechnologien in privaten Haushalten und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Hier muss insbesondere in Bereichen, die zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen werden, wie IKT-Anwendungen (= Informations- und Kommunikationstechnologien, insbesondere Rechenzentren) oder Klimatisierung, auf möglichst energieeffiziente Technologien gesetzt werden (siehe hierzu auch die Landesstrategie Green IT). Insgesamt streben wir im Bereich der „klassischen“ Stromanwendungen künftig einen rückläufigen Stromverbrauch an. Zudem sind auch im Industriebereich noch weitere Stromeinsparungen möglich, insbesondere bei Querschnittstechnologien, wie Motoren oder der Druckluftherzeugung oder aber auch durch Änderungen in den Produktionsprozessen und -abläufen, die den insgesamt deutlich ansteigenden Strombedarf in der Industrie etwas abmildern können. Zur Hebung der unternehmerischen Effizienzpotenziale ist immer eine gesamtheitliche Betrachtung zielführend. Nur durch ein optimiertes Zusammenspiel im Gesamtsystem können die vorhandenen Effizienzpotenziale ausgeschöpft werden. Nicht zuletzt muss auch die öffentliche Hand alle Mechanismen aktivieren, um zukünftig weniger Strom zu verbrauchen.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Elektrifizierung voranbringen

Um zu gewährleisten, dass sich elektrische Technologien sowohl im Wärme- als auch im Industriebereich durchsetzen, brauchen wir bezahlbare und wettbewerbsfähige Energiepreise, die den Transformationsprozess voranbringen. Hierzu müssen sich die ökologischen Folgekosten der Nutzung fossiler Energieträger, also insbesondere die THG-Schadenskosten, in den Energiepreisen zunehmend widerspiegeln. Diesbezüglich wurden auf Bundesebene mit der Abschaffung der EEG-Umlage und der Einführung der CO₂-Bepreisung über den Brennstoffemissionshandel bereits die richtigen Signale gesetzt. Doch nach wie vor besteht eine vergleichsweise hohe Kostenbelastung im Strombereich infolge hoher Zertifikatspreise im europäischen Emissionshandel und der

Stromsteuer. Daher ist eine sektorenübergreifende Angleichung der CO₂-Preise anzustreben, um faire Wettbewerbsbedingungen zwischen den Energieträgern zu schaffen. Um langfristig bezahlbare Strompreise zu gewährleisten, muss insbesondere der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung (siehe Kapitel 4.4. für Schlüsselstrategien und Akteure) forciert werden. Dabei muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass die Verfügbarkeit von klimaneutral erzeugtem Strom künftig noch stärker zu einem Standortfaktor werden kann.

- **Energieeffizienz steigern mit dem Ziel „efficiency first“**

Da aufgrund der Elektrifizierung ein stark steigender Strombedarf erwartet wird, sollten die Anstrengungen zur effizienten Nutzung elektrischer Energie in Haushalten, Gebäuden und Unternehmen weitergeführt und verstärkt werden. Dazu muss auf EU- und Bundesebene ein ambitionierter Rahmen, insbesondere über das Energieeffizienzgesetz vorgegeben und für entsprechende Fördermaßnahmen auf allen Ebenen gesorgt werden. Gleichzeitig müssen soziale und wirtschaftliche Belange im Blick behalten werden. Für die Umsetzung der sich daraus ergebenden Effizienzverpflichtungen werden auf Landesebene die notwendigen Strukturen geschaffen. Darüber hinaus stellt das Land umfassende Informations- und Beratungsangebote zur Identifizierung und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen bereit.

4.3 TRANSFORMATION DES KONVENTIONELLEN KRAFTWERKPARKS

Der konventionelle Kraftwerkspark in Baden-Württemberg steht vor tiefgreifenden Veränderungen. Nach Vollendung des Kernenergieausstiegs ist unser Land, das derzeit über die zweitgrößten Steinkohlekapazitäten in Deutschland verfügt, auch stark von dem für 2038 vereinbarten Ausstieg aus der Kohleverstromung betroffen, der laut Koalitionsvertrag der Bundesregierung idealerweise bis 2030 vollzogen werden soll. Angesichts der aktuellen Versorgungslage bei Erdgas wird die Steinkohle in den nächsten Jahren in unserer Strom- und Fernwärmeversorgung weiterhin eine gewichtige Rolle einnehmen. Dennoch setzen wir uns beim Bund weiter für einen vorgezogenen Kohleausstieg bis 2030 in Baden-Württemberg ein, unter Berücksichtigung der Versorgungssicherheit. Nur so können wir unsere ambitionierten Klimaziele erreichen. Die Entscheidung fällt aber letztlich auf Bundesebene. Gleichzeitig müssen wir alles daransetzen, das hohe Level an Versorgungssicherheit auch in Zukunft zu gewährleisten. Daher muss geprüft werden, inwieweit es nötig sein wird, fossile Kraftwerke über die nächsten Jahre hinaus als Reserve zur Verfügung zu halten, einschließlich Bereitstellung und Vorratshaltung der zum Betrieb notwendigen Energieträger.

Das bedeutet jedoch auch, dass wir mittel- und längerfristig nicht vollständig ohne Erdgas als Brückentechnologie auskommen werden. Sowohl in der Stromversorgung als auch in den großen Fernwärmenetzen, die derzeit über Steinkohle versorgt werden, fungieren Gaskraftwerke als flexibler Backup, dessen Einsatzzeiten spätestens ab 2030 allmählich

zurückgehen werden. Aus Effizienzgründen sollte künftig die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme weitestgehend genutzt werden. Dabei ist klar, dass alle zukünftig zugebauten Kapazitäten „H₂-ready“, also bereit für eine Umstellung auf 100 Prozent Wasserstoff, sein müssen. Bis 2030 halten wir zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit bei außer Betrieb gehender kohlebasierter KWK-Kapazität eine Zunahme der gasbasierten Stromerzeugungskapazitäten (KWK-Anlagen und Kondensationskraftwerke) in Baden-Württemberg auf mindestens 5 GW für notwendig, im Vergleich zu den 2,6 GW im Jahr 2023. Diese Zielgröße steht auch im Einklang mit den Vorgaben des Netzentwicklungsplans Strom von 2021 (Szenario 2035 B) und dem Monitoring der Versorgungssicherheit der Bundesregierung. Um diesen Zubau ausreichend flexibler und gesicherter Leistung bis 2030 zu gewährleisten, bedarf es möglichst zeitnah eines geeigneten Investitionsrahmens, an dem die Bundesregierung derzeit mit der Kraftwerksstrategie arbeitet. Darüber hinaus müssen auf Bundesebene Anpassungen im Strommarktdesign angestoßen werden, die sicherstellen, dass auch langfristig zu jedem Zeitpunkt ausreichende flexible Kraftwerkskapazitäten zur Verfügung stehen. Das Land begleitet beide Prozesse auf Bundesebene intensiv und setzt sich für die Belange zur Sicherung der Versorgungssicherheit und wettbewerbsfähige Energiepreise in Baden-Württemberg ein.

Baden-Württemberg profitiert dabei von der engen Einbindung in den europäischen Strommarkt. Durch den grenzüberschreitenden Stromaustausch ergeben sich – gegenüber der theoretischen Situation eines autarken Strommarkts – erhebliche Kosten- und Effizienzvorteile, da nicht im Land selbst die notwendige Kapazität für eine vollständige Residuallastdeckung vorgehalten werden muss. Denn durch den grenzüberschreitenden Stromaustausch werden der Anbieterwettbewerb gefördert, die Netzsicherheit gestärkt, kurz- und langfristige Ausgleichsmöglichkeiten von Angebots- und Nachfrageschwankungen erweitert und Preisunterschiede minimiert. Dies unterstreicht die Wichtigkeit des Ausbaus der Stromnetzinfrastruktur (siehe Kapitel 7.1). Gleichzeitig muss Baden-Württemberg natürlich einen Beitrag zur Vorhaltung flexibler Kraftwerkskapazität leisten, der sich im angestrebten Ausbau der flexiblen Gaskapazitäten auf mindestens 5 GW bis 2030 widerspiegelt.

Während im Industrie- und Gebäudesektor bereits bis 2030 ein deutlicher Rückgang der Erdgasnutzung erreicht werden sollte, müssen wir uns in der Stromerzeugung also auf einen vorübergehenden, moderaten Anstieg des Erdgaseinsatzes bis 2030 einstellen. Angesichts der derzeitigen geopolitischen Situation ist es jedoch umso wichtiger den Umstieg auf klimaverträgliche Energieträger wie Wasserstoff möglichst schnell einzuleiten und bis spätestens 2040 vollständig abzuschließen. Wasserstoff in der Strom- und Fernwärmeversorgung bleibt dabei eine Backup-Option zur Ergänzung der erneuerbaren Erzeugung in Zeiten mit hoher Residuallast. Die sinnhafte Kombination mit dezentralen Biomasseanlagen zur Abdeckung von Spitzenlasten kann hier ein wichtiges Standbein der Versorgungssicherheit gerade auch für den ökonomisch und gesellschaftlich bedeutenden Ländlichen Raum Baden-Württembergs bilden.

Im Rahmen der Biogasstrategie sollen die Biogasanlagen bei der Transformation hin zu einer systemdienlichen Erzeugung unterstützt werden, um die begrenzten Potenziale möglichst effizient einzusetzen. Der Einsatz von Reststoffen, Bioabfällen, Wirtschaftsdüngern und biodiversitätsfördernden Substrate soll forciert werden. Ebenso soll eine Einbindung in das Bioökonomie-Konzept erfolgen. Zudem sollte die Integration von bestehenden und geplanten Biogasanlagen als potenzielle Wärmelieferanten geprüft und in der kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt werden.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Kohleausstieg bis 2030 erreichen

Auf Bundesebene muss möglichst zeitnah der gesetzliche Rahmen vorgegeben werden, um den Ausstieg aus der Kohleverstromung möglichst bis zum Jahr 2030 umzusetzen und dabei weiterhin das hohe Niveau der Versorgungssicherheit und ein bezahlbares Preisniveau zu gewährleisten. Auf dieser Grundlage obliegt es den Kraftwerksbetreibern, geeignete Konzepte für die jeweiligen Kraftwerksstandorte zu entwickeln. Auf Landesebene wollen wir sie dabei eng begleiten und unterstützen. Aufgabe des Landes ist dabei insbesondere die Sicherstellung geeigneter Rahmenbedingungen, die den Kohleausstieg bis 2030 ermöglichen, wie zum Zubau flexibler Back-up-Kapazitäten (siehe nächste Schlüsselstrategie) sowie zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Erzeugung und der Stromnetze (siehe Kapitel 4.4. und 7.1)

- Versorgungssicherheit mit flexiblen Gaskapazitäten absichern

Für einen geeigneten Investitionsrahmen für flexible und wasserstofffähige Backup-Kapazitäten bedarf es Anpassungen im Strommarktdesign. Diese müssen auf EU- und Bundesebene entwickelt und umgesetzt werden. Die Landesregierung setzt sich für Instrumente ein, die die ausreichende Verfügbarkeit gesicherter und flexibler Kraftwerksleistung sicherstellen und insbesondere regionale Steuerungsmechanismen mit Blick auf Süddeutschland enthalten. Zur zeitnahen Umsetzung der jeweiligen Fuel Switch- oder Neubauprojekte muss eine rasche Bearbeitung der jeweiligen Genehmigungsverfahren durch die zuständigen Behörden sichergestellt werden. Ebenso müssen die Kraftwerksbetreiber die jeweiligen Standortkommunen frühzeitig in die Planungen einbeziehen.

4.4 AUSBAU DER ERNEUERBAREN STROMERZEUGUNG

Die erforderliche rasche Senkung der Treibhausgasemissionen ist nur über eine massive Forcierung des Ausbaus der erneuerbaren Stromerzeugung in Baden-Württemberg und deutschlandweit erreichbar. Auf Grundlage des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und

„klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ streben wir bis 2030 einen erneuerbaren Anteil an der Bruttostromerzeugung von circa 80 Prozent an. Bis 2040 soll die Stromerzeugung in Baden-Württemberg nahezu vollständig erneuerbar erfolgen, einschließlich eines begrenzten Beitrags erneuerbaren Wasserstoffs zur Absicherung der fluktuierenden Erzeugung.

Dies ist nur mit einem neuen Ambitionsniveau beim Ausbau der erneuerbaren Energien möglich. Basierend auf einem Sockel der Stromerzeugung aus Wasserkraft und Biomasse, der in den kommenden Jahren zumindest konstant bleiben soll, wird der Ausbau der erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung im Wesentlichen auf Windenergie und Photovoltaik basieren (siehe Abbildung 5). Der Einsatz von nachhaltig erzeugter Biomasse soll etabliert bleiben und stärker zur flexiblen Deckung der Residuallast beitragen. Die tiefe Geothermie soll künftig bei der Wärmeversorgung einen deutlich steigenden Beitrag leisten, ihre Bedeutung in der Stromerzeugung wird voraussichtlich jedoch gering bleiben.

Bei der Windenergie wurde insbesondere in den Jahren 2014 bis 2016/2017 ein dynamischer Ausbau im Land realisiert. Daran muss in Zukunft angeknüpft werden, indem der jährliche Zubau bis 2027 linear auf 700 MW ansteigt und auf diesem Niveau bis 2040 verbleibt. Bis 2030 soll eine Gesamtleistung von 6,1 GW und bis 2040 von 12,1 GW installiert sein (im Vergleich zu knapp 1,7 GW in 2021).

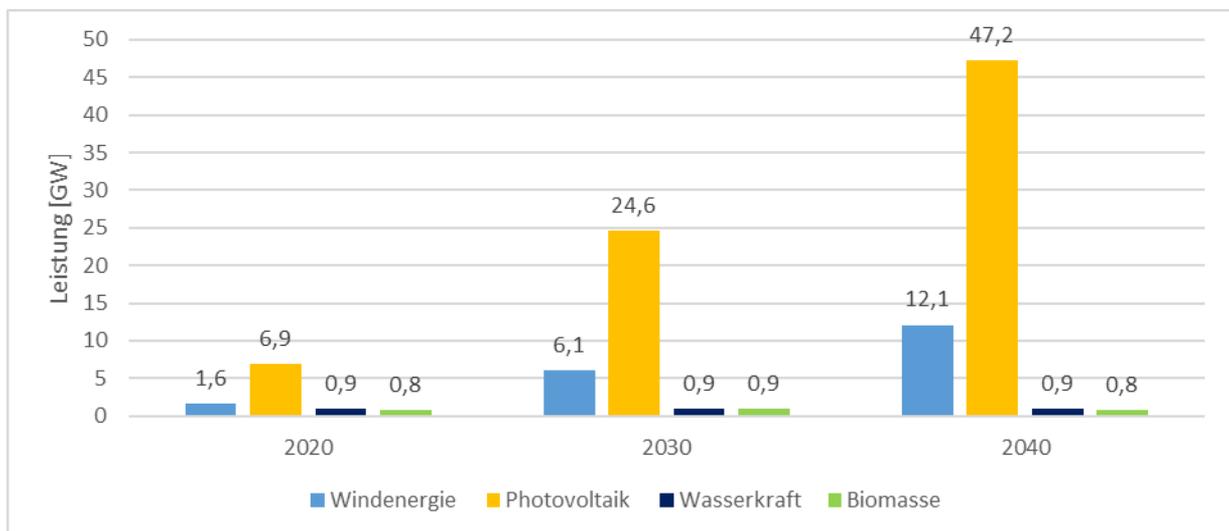


Abbildung 5: Notwendiger Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten auf Grundlage des Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“

Bei der Photovoltaik zeichnet sich derzeit wieder eine Steigerung der Zubauraten ab. Bis 2030 soll eine installierte Leistung von rund 24,6 GW erreicht werden. Um dieses ambitionierte Ziel zu realisieren, muss sich der PV-Zubau auf Dachflächen sehr kurzfristig enorm erhöhen, um nahezu eine Verdopplung des jährlichen Zubaus gegenüber den Jahren 2019 – 2021 und ab 2026 mehr als eine Verdreifachung des aktuellen Ausbaus zu erreichen (siehe Abbildung 6). Bisher sind nur 12 Prozent der Dachflächen genutzt. Der PV-Zubau auf Dachflächen wird durch die bereits geltende PV-Pflicht für Neubauten sowie Dachsanierungen erheblich vorangetrieben. Sie greift beim Neubau eines Wohn- oder Nichtwohngebäudes und

Parkplätzen ab einer Anzahl von 35 Stellplätzen sowie bei grundlegenden Dachsanierung von Bestandsgebäuden. Der Effekt der bestehenden PV-Pflicht kann beim Neubau von Wohngebäuden auf eine Größenordnung von 70 bis 140 Megawatt sowie bei Nichtwohngebäuden von 100 bis 480 Megawatt installierte Leistung pro Jahr zusätzlich geschätzt werden. Vor diesem Hintergrund könnte im Rahmen eines Prüfauftrags eruiert werden, inwiefern der Ausbau von PV-Anlagen auf Bestandsgebäuden vorangetrieben werden kann, um die Zubauraten weiter signifikant zu erhöhen und den Ausbau gleichzeitig so auszugestalten, dass dieser sowohl technisch machbar als auch bezahlbar bleibt. Zudem ist der Abbau rechtlicher und bürokratischer Hürden, die vielfach auf Bundesebene entschieden werden, entscheidend, um den Einsatz von PV auch auf vermieteten Gebäuden anzureizen. Der vor Ort erzeugte PV-Strom dient sowohl zur Eigenstromnutzung (etwa 1/3 ohne Speicher; bis zu 2/3 mit Speicher beziehungsweise zum Laden eines E-Fahrzeuges) und Überschusseinspeisung ins Stromnetz. Beim Betrieb einer Wärmepumpe vor Ort kann besagte Eigenstromnutzung damit auch einen Deckungsbeitrag zum wärmebedingten Strombedarf liefern.

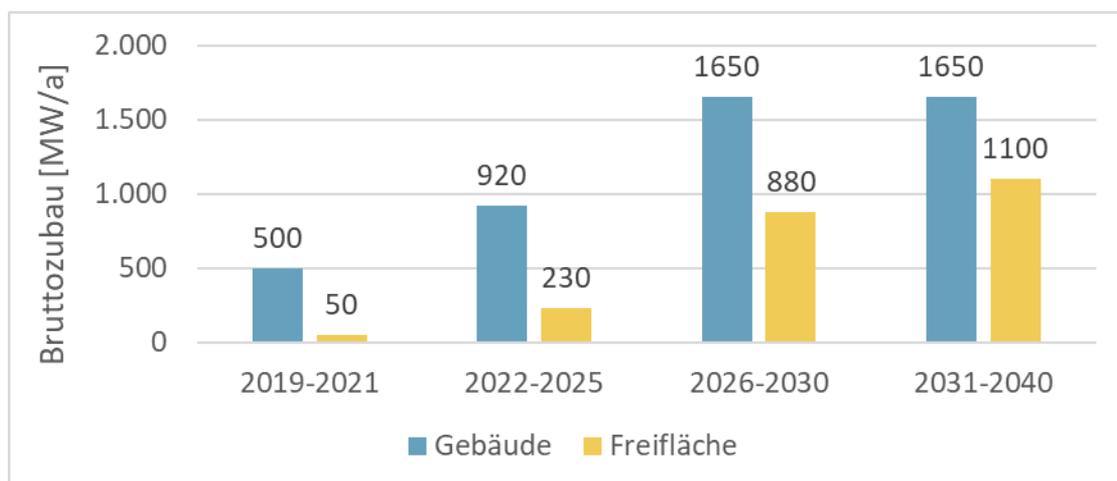


Abbildung 6: Mittlerer jährlicher Bruttozubau von PV-Anlagen nach Segmenten (auf Grundlage des Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“)

Für einen flächenschonenden Ausbau der Photovoltaik sind Mehrfachnutzungen von Flächen sinnvoll. Wir setzen uns für die Ausschöpfung aller hier vorhandenen Potenziale ein. Der vorgesehene enorme Anstieg der installierten Leistung auf der Freifläche lässt sich jedoch nur realisieren, wenn konventionelle Anlagen in großem und bisher nicht dagewesenen Umfang, unter Berücksichtigung konkurrierender Belange, raumverträglich zugebaut werden. Insbesondere ist dabei auf eine Schonung besonders hochwertiger landwirtschaftlicher Produktionsstandorte zu achten. Ergänzend dazu soll die integrative und multifunktionale Nutzung der Photovoltaik durch Floating-PV (schwimmende Anlagen auf Flächen künstlicher oder erheblich veränderter Gewässer) und Agri-PV (gleichzeitigen Nutzung von Flächen für die landwirtschaftliche Produktion und die PV-Stromproduktion) zunehmend zum Einsatz kommen.

Laut Forschungsvorhaben „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ werden bis 2040 für den Windenergieausbau etwa 1,5 Prozent und für den Photovoltaikausbau etwa 0,5 Prozent der Landesfläche erforderlich sein. Bei der Windenergie umfasst der Großteil davon die Abstandsflächen zwischen den Anlagen, welche weiterhin land- beziehungsweise forstwirtschaftlich nutzbar sind. Um die Flächenneuanspruchnahme so gering wie möglich zu halten, sollten Flächen verstärkt mehrfach genutzt und Windparks und Photovoltaikanlagen soweit technisch realisierbar gemeinsam errichtet werden.

Um den nötigen Ausbau der Windenergie, Photovoltaik und auch der anderen erneuerbaren Energien zu beschleunigen, hat die Landesregierung im Oktober 2021 eine Task Force eingerichtet. Im Juni 2023 wurde die Arbeit der Task Force beendet. Durch zahlreiche Maßnahmen wurde der Weg für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und die Bereitstellung von Flächen geebnet. Langfristige Maßnahmen werden außerhalb der Task Force weiterverfolgt.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Investitionen in erneuerbare Erzeugungskapazitäten anreizen

Für die ambitionierten Zubaupfade benötigen die Volumenträger Windenergie und Photovoltaik lohnenswerte Anreizstrukturen und ein verlässliches Investitionsumfeld. Die Rahmenbedingungen werden insbesondere durch den Bund (EEG) und die EU (Beihilferecht) gesetzt. Das Land wird sich stetig für die erforderlichen Rahmenbedingungen unter Berücksichtigung der Randbedingungen in Süddeutschland einsetzen.

- Verfahrenserleichterung und Restriktionsabbau

Um die Ausbauziele zu erreichen, muss der Ausbau der erneuerbaren Energien in allen Bereichen einfacher und dynamischer gestaltet werden. Dafür ist erforderlich, dass die gesellschaftliche Akzeptanz nicht nur auf abstrakter, sondern auch auf der konkreten Ebene vor Ort gesteigert wird, Verfahren schneller und effizienter durchgeführt, Restriktionen in großen Umfang abgebaut und die erforderlichen Flächen raumverträglich mit entsprechenden Puffern bereitgestellt werden. Die von der Landesregierung von Oktober 2021 bis Juni 2023 eingesetzte Task Force zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien leistete dafür wichtige Beiträge. Es ist jedoch dringend notwendig, diese Bemühungen weiterzuführen, an den Zielen zu spiegeln und weitere Möglichkeiten der Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien zu eruieren und umzusetzen. Dies erfordert Anstrengungen der gesamten Landesregierung und Landesverwaltung. Wichtig ist darüber hinaus die Einbindung der Landkreise und Kommunen und der dortigen Unternehmen, Bürgerinnen und Bürger

sowie ein ständiger Dialog mit den umsetzenden Projektierern. Es bedarf insgesamt erheblicher gesamtgesellschaftlicher Anstrengungen.

- **Flächenverfügbarkeit sicherstellen**

Zur Abdeckung der energiewirtschaftlichen Ausbaubedarfe und zur Erreichung der Klimaschutzziele für Baden-Württemberg besteht eine zentrale Aufgabe darin, die Flächenverfügbarkeit für Erneuerbare-Energien-Anlagen in Baden-Württemberg sicherzustellen. Die Standort- und Flächensicherung für Erneuerbare-Energien-Anlagen erfolgt durch die Träger der Landes-, Regional- und Bauleitplanung in Abwägung mit anderen wichtigen Belangen. Zur Steigerung der tatsächlichen Verfügbarkeit bedarf es einer umfassenden Akzeptanz in der Gesellschaft und bei den einzelnen Eigentümerinnen und Eigentümern, geeignete Flächen auch für eine Realisierung von Anlagen tatsächlich zur Verfügung zu stellen.

- **Anlagenbestand erhalten**

Die bestehende Anlagenleistung im Bereich Biomasse und Wasserkraft soll bestehen bleiben und bei ökologischer Verträglichkeit maßvoll ausgebaut werden. Ältere erneuerbare Energieanlagen sollten sofern machbar modernisiert oder andernfalls weiterbetrieben werden. Biomasseanlagen zur Stromerzeugung sollten dabei, wo sinnvoll möglich, als KWK-Anlagen betrieben werden. Der Bund muss dafür die notwendigen Rahmenbedingungen für den wirtschaftlichen Weiterbetrieb sicherstellen. Landespolitik und Verwaltung werden sich für einen Abbau von Hindernissen für den Weiterbetrieb / die Modernisierung einsetzen.

4.5 BEDEUTUNG DER KWK IM STROMSEKTOR

KWK-Anlagen leisten durch die Nutzung der bei der Stromerzeugung entstehenden Abwärme einen erheblichen Beitrag zur Primärenergieeinsparung. Schon heute erfolgt in einem Großteil der fossilen Erzeugungsanlagen in Baden-Württemberg eine Wärmeauskopplung. Künftig muss das Ziel sein, einerseits die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme weitestgehend zu nutzen und andererseits eine konkurrierende Stromerzeugung gegenüber EE-Anlagen zu verhindern.

Gleichzeitig ist zu beachten, dass langfristig auch die KWK-Kapazitäten möglichst treibhausgasneutral betrieben werden. Hier bestehen mögliche Limitierungen für einen Zubau insbesondere durch die eingeschränkte Verfügbarkeit von klimaneutralen Brennstoffen, wie Biomasse und synthetische Gase.

KWK-Anlagen werden künftig verstärkt flexibel zeit- und leistungsgesteuert betrieben, um ein optimales Zusammenspiel von KWK mit Strom- und Wärmespeichern, aber auch mit PV- und Windenergie-Anlagen sowie insbesondere mit Wärmepumpen und E-Mobilität zu erreichen und auch dem Stromnetz und der Versorgungssicherheit zu dienen. Gegenüber dem

bisher meist wärmegeführten Betrieb werden KWK-Anlagen durch veränderte wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen sowie die erheblich reduzierten Vollbetriebsstunden künftig vermehrt strommarktgeführt und stromnetzdienlich gefahren. Bei hohem Dargebot von EE-Strom wird damit ein konkurrierender Betrieb von KWK-Anlagen vermieden. Dies setzt voraus, dass die Wärme aus KWK-Anlagen in (Fernwärme-)Systeme eingespeist wird, die über weitere Wärmequellen (Großwärmepumpen, Abwärme, Wärmespeicher, P2H-Anlagen) verfügen, um die Strom- und Wärmeversorgung optimieren zu können. Insofern können große KWK-Anlagen die Anforderungen an die Systemdienlichkeit leichter erfüllen.

In den nächsten Jahren ist angesichts des Wegfalls großer Stromerzeugungskapazitäten und eines begrenzten Ersatzes von Kohle- durch Erdgas-KWK-Kapazitäten ein leichter Anstieg der KWK-Stromerzeugung absehbar. Langfristig ist jedoch auf Grundlage des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ mit einem rückläufigen Beitrag der KWK in der Stromerzeugung zu rechnen. Insbesondere bei der Biomasse und der Abfallverwertung wird künftig eine größere Bedeutung in der Wärmeerzeugung zu Lasten der Stromerzeugung in KWK-Anlagen gesehen. Bei den verbleibenden Gas-KWK-Kapazitäten muss nach 2030 auf eine sukzessive Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff und einen entsprechend begrenzten Beitrag zur Spitzenlastdeckung geachtet werden.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Stärkung der Systemdienlichkeit

Um gegenüber dem bisher meist wärmegeführten Betrieb einen strommarktgeführten und stromnetzdienlichen Betrieb von KWK-Anlagen insbesondere in Verbindung mit Wärmepumpen, Wärmespeichern, Stromspeichern und Power to Heat-Anlagen zu erreichen, sollten auf Bundesebene die wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen entsprechend angepasst werden. Auch Anpassungen des Förderregimes, etwa über das KWKG müssen auf Bundesebene geprüft werden, insbesondere im Hinblick auf die Sicherstellung eines verlässlichen Investitionsrahmens bis 2030.

Als Investoren und Betreiber von KWK-Anlagen sind Industrie, Handwerk, Wohnungswirtschaft, Kommunen, Energieversorger und die staatliche Hochbauverwaltung gefordert. Das Land unterstützt dabei mit Beratungs- und Förderangeboten.

5 Wärmeversorgung

5.1 STATUS QUO, HERAUSFORDERUNGEN UND ZIELGRÖßEN

Die Wärmeversorgung umfasst die Versorgungsaufgaben Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser für private Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie die Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie. Zuwächse sind künftig bei der Bereitstellung von (Prozess-)Kälte zu erwarten. Die hierfür notwendigen Energiebedarfe werden ebenfalls in diesem Kapitel berücksichtigt, nehmen aber im Vergleich zum Wärmebedarf auch zukünftig eine untergeordnete Rolle ein. Insgesamt sind Wärme- und Kälteanwendungen für fast die Hälfte des Endenergiebedarfs in Baden-Württemberg verantwortlich. Gleichzeitig beträgt der Anteil von erneuerbaren Energien an der Bereitstellung von Endenergie zur Wärmeversorgung aktuell circa 15 Prozent und weist in den letzten Jahren nur leichte Steigerungsraten auf. Während im Neubau überwiegend erneuerbare Energien (vor allem Solarthermie und Wärmepumpen) zur Bereitstellung von Wärme zum Einsatz kommen, dominieren im Bestand nach wie vor dezentrale Öl- und Gasheizungen.

Auch die Verbesserung der Energieeffizienz der Wärmeversorgung im Gebäudebereich erfolgt nur langsam (siehe Abbildung 7). Der Gesamtendenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung ist, bei nennenswerten witterungsbedingten Schwankungen, über die Jahre weitgehend konstant geblieben, was auf die gegenläufige Wirkung von spezifischen Effizienzsteigerungen (pro Quadratmeter Wohnfläche) einerseits und die gestiegene Bevölkerung sowie die Zunahme bei der pro-Kopf-Wohnfläche andererseits zurückzuführen ist.

Diese geringen Fortschritte lassen sich im Gebäudesektor auf zwei zentrale Aspekte zurückführen: zum einen die geringe Austauschdynamik und zum anderen die Vielzahl der Akteure, die aktiviert werden müssen. Gleichwohl sollten graue Emissionen berücksichtigt und deshalb in einer Ökobilanz auch Lebenszyklusanalysen einbezogen werden, die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus aus der Errichtung, Instandhaltung, Sanierung und dem Rückbau sowie aus dem Betrieb des Gebäudes oder eines Quartiers ermitteln. Ökobilanzen zeigen neben dem reinen Gebäudebetrieb auch den ökologischen Wert bestehender und verbleibender Gebäudestrukturen.

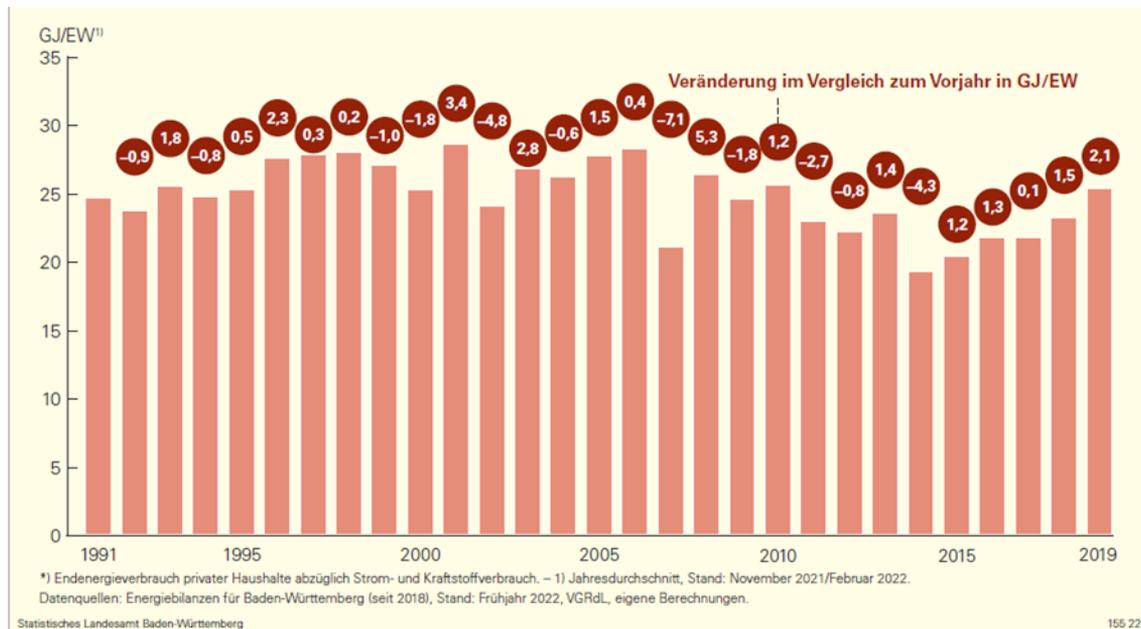


Abbildung 7: Endenergieverbrauch privater Haushalte zur Raumwärme- und Warmwasserbereitung in Baden-Württemberg (je Einwohner (EW))

Mehr als ein Drittel des Endenergieverbrauchs für die Wärmebereitstellung benötigt die Industrie, größtenteils für Prozesswärme, aber auch für Raumwärme und Warmwasser. Wärme wird bei vielen Prozessen benötigt. Insbesondere die Zementindustrie, die Papierindustrie, die Glas- und Keramikindustrie, die Metallerzeugung und -bearbeitung, die Nahrungs- und Futtermittelindustrie sowie die Chemie- und die Fahrzeugindustrie haben in Baden-Württemberg besonders hohe Prozesswärmebedarfe. Das Temperaturniveau der einzelnen Prozesse ist sehr unterschiedlich, zwischen 40 Grad Celsius und weit über 1000 Grad Celsius. Dort bestehen auch nach wie vor hohe Potenziale zur Nutzung von Abwärme, insbesondere über die Firmengrenzen hinweg mittels Wärmenetzen. Das Abwärmekonzept Baden-Württemberg enthält wichtige Maßnahmen, um diese Potenziale zu heben.

Bislang werden lediglich 4 bis 6 Prozent der Prozesswärme aus erneuerbaren Energien erzeugt. Hier besteht insofern noch ein erhebliches Ausbaupotenzial. Ein zentrales Hemmnis für den Einsatz von erneuerbaren Energien in der Prozesswärme ist das häufig sehr hohe Temperaturniveau (teilweise über 1000 Grad Celsius).

Um eine deutliche Reduktion des Wärmebedarfs der Industrie zu erreichen, sind Effizienzmaßnahmen unverzichtbar. Der Brennstoffeinsatz für die Erzeugung von Prozesswärme ist in Baden-Württemberg inzwischen zu einem Großteil auf Erdgas umgestellt. Eine zentrale Herausforderung wird sein, das Erdgas durch erneuerbare Energien zu ersetzen. Zudem sollte der Brennstoffeinsatz möglichst effizient sein und eine Mehrfachnutzung unvermeidbarer Abwärme wo immer möglich realisiert werden.

Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende ist zentral für die Erreichung der klimapolitischen Ziele des Landes. Hierfür werden im Rahmen des Energiekonzepts die folgenden Ziele für das Jahr 2030 vorgegeben (siehe Abbildung 8).

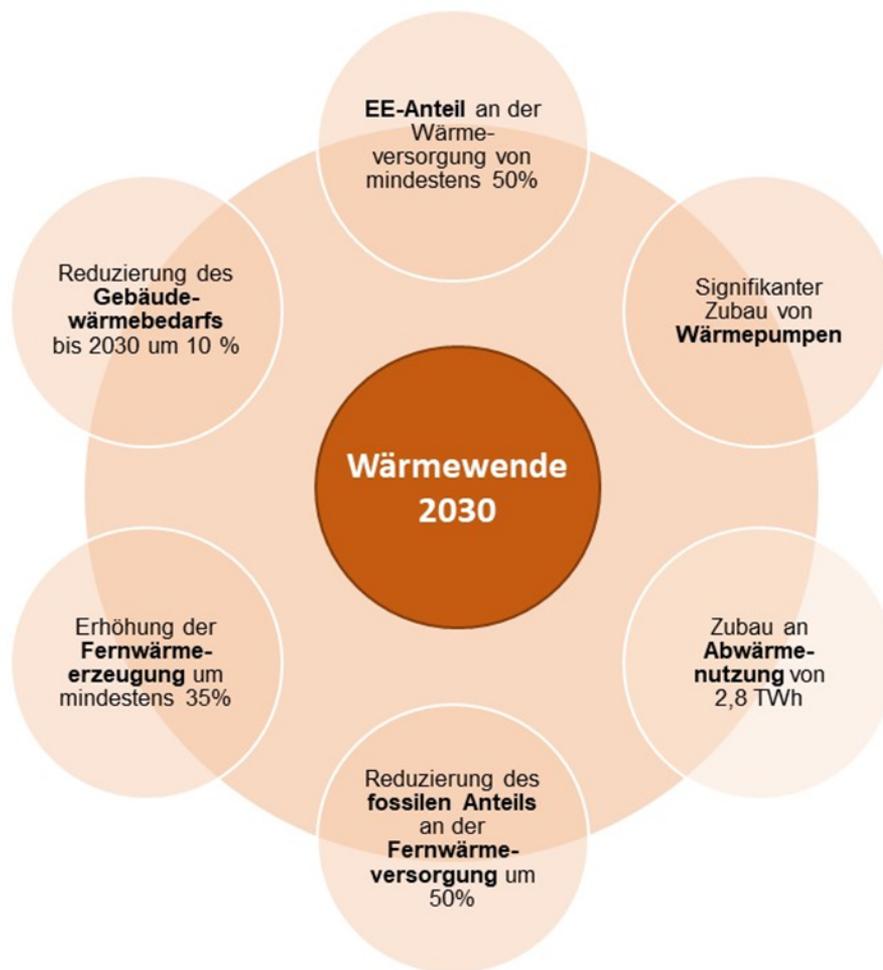


Abbildung 8: Ziele für den Wärmesektor in Baden-Württemberg bis 2030

5.2 KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

Um die Transformation zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung sicherzustellen, bedarf es einer übergeordneten Strategie, an der sich die vielen kleinteiligen Investitionsentscheidungen unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten ausrichten können. Dafür wollen wir uns an einigen grundlegenden Leitlinien orientieren. Klar ist, dass für eine treibhausgasneutrale Wärmebereitstellung gleichzeitig die Energieeffizienz des Gebäudebestands und der Wärmebereitstellung gesteigert und die Wärmebereitstellung selbst vollständig auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden müssen.

Bis 2030 streben wir auf Grundlage der Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ eine weitere Reduktion des Endenergiebedarfs für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser um rund 10 Prozent an, bis zum Jahr 2040 müssen es mindestens 25 Prozent sein. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Wärmeversorgung soll bis 2030 auf mindestens 50 Prozent steigen. Zur verstärkten Nutzung der erneuerbaren Energien im Gebäudewärmebereich wird die Elektrifizierung der Wärmeversorgung über Wärmepumpen hinzukommen. Unterstützt und erleichtert wird dies durch einen hohen Einsatz von PV auf und an Gebäuden (siehe Kapitel 4.4). Ein gleichzeitiger Ausbau der netzgebundenen

Wärmeversorgung ermöglicht die Nutzung verschiedenster erneuerbarer Quellen (Solarthermie, Geothermie, Abwasserwärme, Abwärme, Biomasse), leistet einen Beitrag zur Sektorenkopplung (Großwärmepumpen, Power-to-heat, Einsatz von erneuerbaren Gasen in Gas-KWK-Anlagen) und kann zudem eine wichtige Speicherfunktion bereitstellen. Die Integration von Biogasanlagen als Wärmequelle sollte geprüft und in der kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt werden.

Aufgrund der langen Investitionszyklen müssen heute getroffene Investitionsentscheidungen auf allen Ebenen zu dieser übergeordneten Strategie passen. Die Grundlage für eine zielgerichtete Vorgehensweise bildet die kommunale Wärmeplanung, mit der auf Basis einer Analyse lokaler Bedarfe und Potenziale erneuerbarer Energien eine lokale Strategie für die Transformation der Wärmeversorgung erstellt wird. Alle an dieser Transformation beteiligten Akteure erhalten dadurch Orientierung und valide Entscheidungsgrundlagen und Lock-in Effekte werden vermieden. Kommunen stehen heute gleichzeitig vor einer Vielzahl an Aufgaben, so etwa neben dem Klimaschutz auch der Klimawandelanpassung. Viele dieser Aufgaben können sich gegenseitig unterstützen, wenn sie zusammengedacht werden. Durch eine Integrierte Entwicklungsplanung kann es gelingen, den Aufwand für einzelne Maßnahmen zu reduzieren. Damit könnte die Erstellung kommunaler Wärmepläne idealerweise parallel zu der Erarbeitung oder Fortschreibung integrierter Entwicklungsplanungen in den Kommunen erfolgen. Dann kann der für die Wärmewende notwendige Bau von Verteilernetzen und Hausanschlüssen, der in der Regel mit umfangreichen Erdarbeiten verbunden ist, gegebenenfalls mit dem Umbau des öffentlichen Raums zugunsten Nachhaltiger Mobilitätskonzepte, grün-blauer Infrastrukturen und Breitbandausbau verbunden werden, wodurch Synergien entstehen können. Die Zusammenschau dieser kommunalen Wärmeplanungen ermöglicht wiederum landesweiten Akteuren eine zielgerichtete Infrastrukturplanung, erlaubt die zielgerichtete Ausgestaltung von Förderprogrammen und gibt Hinweise auf Überarbeitungsbedarfe an gesetzlichen Rahmenbedingungen.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung

Das Land hat vorausschauend mit der klaren Regelung der kommunalen Wärmeplanung im Klimaschutzgesetz sowie mit der Verpflichtung für Stadtkreise und Große Kreisstädte den Grundstein für eine systematische Planung der Wärmewende in den Kommunen geschaffen und unterstützt die Kommunen weiterhin bei der Erstellung der Pläne. Nachdem die ersten Wärmepläne für die verpflichteten Städte über 20.000 Einwohnern vorliegen, liegt es an den Kommunen, diese in alle kommunalen Planungsvorgänge zu integrieren und im Bereich der dezentralen Wärmeversorgung die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer einzubeziehen. Maßnahmen im Bereich der

zentralen, netzgebundenen Wärmeversorgung müssen durch die (kommunalen) Energieversorger eingeleitet werden. Das Land prüft hier weitere Unterstützungsmöglichkeiten bei der Umsetzung von Maßnahmen, die sich aus der kommunalen Wärmeplanung ergeben (insbesondere über eine Ausweitung der Beratungsangebote der KEA-BW und der regionalen Energieagenturen). Das Land hat das Gesetzgebungsverfahren zum Wärmeplanungsgesetz des Bundes intensiv begleitet und wird nach Vorliegen des verbindlichen Rechtstextes die erforderlichen Anpassungen und Umsetzungsmaßnahmen rasch vornehmen. Mit dem neuen Gesetz des Bundes werden in Zukunft alle Kommunen in den Prozess der Wärmeplanung bis spätestens Mitte 2028 einbezogen. Für kleinere Kommunen wird ein vereinfachtes Verfahren etabliert werden.

5.3 GEBÄUDEVERSORGUNG: SANIERUNG UND HEIZTECHNOLOGIEN

Im integrierten Energiesystem werden Gebäude zukünftig auch vor dem Hintergrund ihrer Speicherpotenziale sowie der Wechselwirkung mit den Bereichen Energieerzeugung und Energieverteilung, Verkehr und Industrie eine zunehmend wichtige Rolle spielen.

Dabei ist die langfristige Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands nur möglich, wenn wir einen klaren Fokus darauf legen, die Energieeffizienz zu steigern mit dem Ziel „efficiency first“. Deutliche Steigerungen in der Sanierungstätigkeit setzen eine attraktive und wirksame Förderung, technische Machbarkeit, Bezahlbarkeit sowie Verfügbarkeit von Fachkräften und Baustoffen voraus. Die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden muss für die Eigentümerinnen und Eigentümer umsetzbar sowie bezahlbar sein. Ergänzend wird zu prüfen sein, inwieweit hierzu es ordnungsrechtlicher Vorgaben bedarf, beispielsweise hinsichtlich Auslösetatbeständen für Sanierung und Wärmeversorgung. Daraus entstehende Folgen sollten durch Ausweitung der Förderung abgedeckt werden. Um die begrenzt zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen möglichst effektiv einzusetzen, müssen Fördermittel anhand der spezifischen Einsparkosten (Investitionskosten pro eingespartem Kilogramm CO₂ und kWh pro Quadratmeter) wenn möglich über alle Lebenszyklusphasen hinweg fokussiert und im Privatbereich sozial differenziert eingesetzt werden. Aus Sicht der Landesregierung ist eine Überprüfung und Weiterentwicklung unter Berücksichtigung auch von Wirtschaftlichkeit und Wirksamkeit der Neubaustandards anzustreben. Gleiches gilt für den Bereich der Sanierung. Die Sanierung von Einzelbauteilen im Bestand sollte gemäß einem individuell zugeschnittenen Konzept zu einer möglichst großen Steigerung der Energieeffizienz des gesamten Gebäudes beitragen. Bei der Zielerreichung und Austauschvorgaben sind die Lebensdauer der einzelnen Bauteile im Blick zu behalten, um eine nachhaltige Modernisierung im Gebäudebereich zu erreichen. Kulturdenkmale nach dem Denkmalschutzgesetz sind hiervon ausgenommen. Insgesamt sollten im Bereich des Neubaus und der Sanierung Ansätze zur Lebenszyklusanalyse stärker berücksichtigt werden.

Auch in Zukunft werden im Gebäudebereich unterschiedliche Heizungstechnologien zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ zeigen, dass langfristig der Ausbau von Wärmepumpen und von Wärmenetzen den größten Beitrag zum Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestands leisten können. Doch auch andere klimaneutrale Versorgungsoptionen, wie zum Beispiel solarthermische Anlagen und Biomassefeuerungen, können die Wärmewende unterstützen.

Auf Grundlage der Szenarioergebnisse im oben genannten Forschungsvorhaben streben wir an, bis zum Jahr 2030 die Zahl der Öl- und Gasheizungen in signifikantem Umfang zu reduzieren, immer unter Beachtung der technischen Lebensdauer der Heizungssysteme.

Die Umstiegsgeschwindigkeit von fossilen Verbrennerheizungen auf nicht fossile Wärmetechnologien wollen wir deutlich erhöhen. Damit sollen bis zum Zieljahr 2040 insbesondere Wärmepumpen oder der Anschluss an ein Wärmenetz neben anderen Technologien in einem Großteil der Gebäude die Wärmeversorgung sicherstellen. Während Wärmenetze vor allem, aber nicht ausschließlich in urbanen Ballungsräumen noch erhebliche Ausbaupotenziale aufweisen, birgt die dezentrale Wärmebereitstellung über Wärmepumpen insbesondere in von Ein- und Zweifamilienhäusern dominierten Siedlungsstrukturen Chancen. Beide Technologien sind heute marktreif und können flächendeckend zum Einsatz kommen. Für eine vollständige Marktdurchdringung sind im Bereich der Wärmenetze massive Investitionsförderungen notwendig.

Gleichzeitig gilt es, die gesetzlichen Rahmenbedingungen für einen sukzessiven Umstieg der erdgasgebundenen Wärmeversorgung in Gasverteilernetzen hin zu nicht fossilen Wärmetechnologien anzupassen. Letzteres unterstützt auch den Wechsel im dezentralen Bereich von Erdgasbrennwertgeräten auf Wärmepumpen. Da diese vor allem im privaten Sektor zum Einsatz kommen werden, müssen Eigentümerinnen und Eigentümer über Funktionsweise, Einsatzmöglichkeiten, Anwendungsbereiche und mögliche Limitationen dieser Technologie aufgeklärt und evtl. durch finanzielle Unterstützung auch zum vorgezogenen Austausch der Wärmeerzeuger animiert werden. Dabei sind auch Hemmnisfaktoren zu adressieren und es ist über Lösungsmöglichkeiten aufzuklären. Dazu gehört wo sinnvoll, auch der mittlerweile mögliche Einsatz von Wärmepumpen in wenig sanierten Bestandsgebäuden. Der Lärmschutz insbesondere bei Luft-Wärmepumpen kann durch Anhebung der Qualitätsstandards sowie der Aufstellung von lärmgeminderten Anlagen gewährleistet werden.

Das Potenzial an nachhaltiger Biomasse ist insgesamt begrenzt. Beim Einsatz in der Gebäudewärmeversorgung ist grundsätzlich eine Verwendung in Wärmenetzen gegenüber Einzelfeuerungen vorzuziehen, insbesondere aufgrund der verbesserten Abgasreinigung. Biomasse-Einzelfeuerungen können aber insbesondere in ländlichen Regionen, wo die Biomasse regional bezogen werden kann, eine ergänzende Rolle in der Wärmeversorgung

spielen. Zusätzlich leisten auch solarthermische Dachanlagen weiterhin einen unterstützenden Beitrag zur Wärmewende.

Biobasierte Energieträger oder synthetisch erzeugte, klimaneutrale Brennstoffe könnten einen limitierten Beitrag, insbesondere bei dem geringen Anteil von Gebäuden, die auch 2040 noch mit Gas oder Öl beheizt werden, leisten. Jedoch ist hier insbesondere fraglich, ob sich langfristig Anwendungsoptionen zu vertretbaren Kosten ergeben werden. Auch mit der Nutzung von Wasserstoff in der dezentralen Wärmeversorgung ist angesichts der hohen Kosten der Umstellung der dezentralen Erdgasinfrastruktur auf Wasserstoff wohl nur in Ausnahmefällen zu rechnen.

Unabhängig vom zum Einsatz kommenden Wärmeerzeugungssystem müssen die Vorlauftemperaturen in den Gebäuden nach Möglichkeit reduziert werden, was in vielen Fällen auch im Bestand mit nur gering investiven Maßnahmen und ohne Komforteinbußen durchführbar ist. Dies erhöht die Effizienz der Wärmeverteilung und erleichtert die Integration erneuerbarer Energiequellen.

Aufgrund des existierenden und sich weiter verschärfenden Fachkräftebedarfs ist eine deutliche Steigerung der Sanierungsrate und des Austausches der Heizungssysteme eine zentrale Herausforderung. Hier müssen innovative Ansätze sowie zum effizienteren Einsatz der knappen Ressource Facharbeitskraft entwickelt werden wie beispielsweise die serielle Sanierung mit hohem Vorfertigungsgrad oder Plug-and-Play-Wärmepumpen. Durch die hohen Anforderungen an die einzelnen Bauteile wird sichergestellt, dass die Sanierung von Gebäuden oder einzelner Bauteile jedenfalls zielkompatibel sind.

Das Land Baden-Württemberg wird sich auf Bundesebene für zielorientierte Reformen des Ordnungsrechts einsetzen und beabsichtigt, Förderprogramme des Bundes wo möglich und sinnvoll durch Landesförderungen zu ergänzen. Die etablierte Beratungsstruktur auf Landes- und kommunaler Ebene wird weiter ausgebaut damit Bürgerinnen und Bürger niederschweligen Zugang zu Informationen rund um die Gebäudesanierung und Heizungstechnik erhalten können. Der Fokus der Landesaktivitäten wird dabei auf den Gebäudebestand und dabei insbesondere auf die energetisch schlechtesten Gebäude gelegt, da diese den Endenergieverbrauch dominieren. Ebenso bedarf es des Ausbaus einer umfassenden und anbieterunabhängigen Energieberatung in Baden-Württemberg für private Haushalte, um bei der Umstellung auf Energiesysteme ohne fossile Brennstoffe angesichts des erheblichen Beratungsbedarfs für Verbraucherinnen und Verbraucher im Einzelfall zielführende und wirtschaftlich tragbare Lösung finden zu können.

Um ihrer Vorbildwirkung gerecht zu werden, müssen Land und Kommunen ihre Liegenschaften möglichst schnell und möglichst umfassend energetisch sanieren. So besteht auch die Chance, durch die ermöglichten Kosteneinsparungen nach erfolgter Sanierung frühzeitig von der positiven Auswirkung auf die öffentlichen Haushalte zu profitieren.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- **Energieeffizienz steigern mit dem Ziel „efficiency first“**

Auch im Gebäudebereich ist es weiterhin wichtig, die Energieeffizienz zu steigern mit dem Ziel „efficiency first“. Hier sind wir auf die Bundesebene bezüglich einer Weiterentwicklung des Ordnungsrechts angewiesen, wobei Ansätze zur Lebenszyklusanalyse stärker berücksichtigt werden sollen. Ambitionierte Vorgaben müssen dann von umfassenden Förderangeboten begleitet werden. Hier prüft das Land mögliche Ergänzungen der Förderprogramme auf Bundesebene, insbesondere bezüglich einer sozial differenzierten Förderung. Zudem stellt das Land umfassende Beratungsangebote für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer sowie Investoren zur Verfügung.

- **Ausbau klimaneutrale Heizungsoptionen**

Ein ambitionierter Hochlauf von klimaneutralen Heizungsoptionen im Gebäudebereich ist insbesondere von der Rahmensetzung auf Bundesebene abhängig. Auf Landesebene ist ein enger Austausch mit Vertreterinnen und Vertretern von Baueigentümern und Mietern, Wohnungswirtschaft, Handwerk, Fachplanern und Architekten notwendig um die ehrgeizigen Zielvorgaben gemeinsam umsetzen zu können und mögliche Engpässe, auch bezüglich des Fachkräftebedarfs, zu adressieren. Hierbei soll auf Landesebene zudem ein starker Fokus auf die nötige Erweiterung der Anwendungsbreite von Wärmepumpen (insbesondere auf Mehrfamilienhäuser) gelegt werden.

- **Etablierung eines Niedertemperaturstandards**

Viele Heizungssysteme auf Basis von erneuerbaren Energien (insbesondere Wärmepumpen) brauchen eine niedrigere Vorlauftemperatur (maximal 55 Grad Celsius), um effizient zu funktionieren. Dabei ist in den meisten Fällen keine Vollsanierung notwendig, um Bestandsgebäude auf solche „Niedertemperatur“-Anwendungen vorzubereiten. Häufig genügen bereits einige gezielte Maßnahmen um einen sinnvollen Einsatz von erneuerbaren Heizungssystemen zu gewährleisten. Das Land will die Diskussionen zur Festlegung eines solchen „Niedertemperaturstandards“ voranbringen und steht dazu in engem Kontakt mit Wissenschaft, Wohnungswirtschaft, Handwerk et cetera.

5.4 PROZESSWÄRMEBEREITSTELLUNG

Um Prozesswärme im Hochtemperaturbereich von über 1000 Grad Celsius klimaverträglich zu erzeugen, stellen Strom aus erneuerbaren Energiequellen und synthetische Gase eine vielversprechende Möglichkeit dar. Die umfängliche Nutzung von Biomasse in der Prozesswärmebereitstellung ist durch die verfügbaren Potenziale an nachhaltiger Biomasse zwar begrenzt, kann jedoch einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Zudem steht

über allem der Ansatz, die Energieeffizienz zu steigern mit dem Ziel „efficiency first“, um insgesamt den Endenergiebedarf möglichst zu reduzieren und eine bestmögliche Effizienz zu erreichen.

Der Elektrifizierung der Prozesswärme wird eine Schlüsselrolle zugewiesen. Bis zu einem Temperaturniveau von 100 Grad Celsius können hier vor allem vermehrt Solarthermie und/oder (Hochtemperatur-) Wärmepumpen eingesetzt werden. Die Erzeugung von Wärme auf noch höherem Temperaturniveau mittels Wärmepumpen ist technisch ebenfalls möglich. Es bedarf jedoch noch technologischer Entwicklungen, um auch diesen Prozess wirtschaftlich und energieeffizient darstellen zu können. Für höhere Temperaturen können mittelfristig auch verstärkt Elektrodenkessel (oftmals in hybriden Konzepten) Verwendung finden.

Als klimaneutrales Gas kann, insbesondere ab 2030, Wasserstoff und weitere Derivate zum Einsatz kommen, der mittels Elektrolyse unter Einsatz von erneuerbarem Strom gewonnen wird. Hier erfolgt eine Konzentration der Nutzung auf Branchen mit hohen Bedarfen an Hochtemperaturwärme – in Baden-Württemberg insbesondere die chemische Industrie, die Zementindustrie sowie die Metallerzeugung und -verarbeitung. Im Sinne des unter 3. formulierten Leitgedankens der primären Vermeidung kann durch eine Fokussierung auf natürliche Baustoffe und Systeme, wie beispielsweise Holzbau, in diesem Zusammenhang durch die Substitution klimaintensiver Baumaterialien auf Basis von Zement und Stahl sowohl zur Reduzierung des Energiebedarfs bei der Herstellung beitragen, als auch ein Beitrag zum klimapositiven Aufbau eines Kohlenstoffspeichers im Immobilienbestand geleistet werden.

Aus dem sehr hohen Prozesswärmebedarf resultieren umgekehrt auch weitreichende Potenziale zur Nutzung von unvermeidbarer Abwärme. Diese muss vermehrt zur Wärmebereitstellung genutzt werden. Abhängig vom Temperaturniveau kann die Abwärme, die nicht innerhalb des Unternehmens genutzt werden kann, direkt in ein Wärmenetz eingespeist oder mittels Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Durch solche Kaskaden an Nutzungen kann die insgesamt zu erzeugende Wärmemenge deutlich reduziert werden. Mit Hilfe des Landeskonzepts Abwärme Baden-Württemberg soll die Nutzung von Abwärme deutlich gesteigert werden. Das Landeskonzept enthält dementsprechend Potenziale, Ziele und Maßnahmen. Ziel ist es, Abwärme zu einem relevanten Energieträger auszubauen. Angestrebt wird bis 2030 ein Zielwert von 2,8 TWh mehr genutzter Abwärme, das bedeutet einen Anteil am prozessbedingten Wärmeverbrauch in 2030 von über 30 Prozent. Dazu werden verschiedene Unterstützungsbausteine im Bereich Förderung, Information und Beratung umgesetzt. Sämtliche Aktivitäten werden im Kompetenzzentrum Abwärme bei der Umwelttechnik BW gebündelt in Abstimmung mit dem Kompetenzzentrum Wärmewende bei der KEA.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- **Energieeffizienz auch bei der Prozesswärme steigern mit dem Ziel „efficiency first“**
Im Gegensatz zum Gebäudebereich bestehen bei der Prozesswärmebereitstellung keine klaren ordnungsrechtlichen Vorgaben zum Effizienzstandard. Hier sollte auf Bundesebene geprüft werden, inwieweit Vorgaben und Anreize zur Effizienzsteigerung im Prozesswärmebereich erforderlich sind und gegebenenfalls geschaffen werden können. Auf Landesebene können zusätzliche Impulse über Beratungs- und Förderangebote ausgelöst werden.
- **Stärkung der Abwärmenutzung**
Neben der Elektrifizierung und der Nutzung von Wasserstoff zur Prozesswärmeerzeugung, setzt das Land einen besonderen Schwerpunkt bei der verstärkten Nutzung von Abwärmepotenzialen. Auf Grundlage des Abwärmekonzepts BW werden hier verschiedene Beratungs- und gegebenenfalls Förderangebote bereitgestellt. Dabei ist es zusätzlich wichtig, bestehende Abwärmepotenziale in der kommunalen Wärmeplanung zu berücksichtigen. Dabei müssen die Abwärmepotenziale von den Unternehmen bereitgestellt werden, der Bau der notwendigen Wärmenetze obliegt den Kommunen beziehungsweise kommunalen Betrieben. Auf Bundesebene setzen wir uns zusätzlich dafür ein, die Förderung für Technologien zur Nutzung von Abwärme (auch in Wärmenetzen) zu verstetigen.

5.5 AUSBAU DER ERNEUERBAREN WÄRMEVERSORGUNG

Die Potenziale erneuerbarer Wärme sind vielfältig und räumlich unterschiedlich verfügbar. Sie müssen entsprechend mit einer Vielzahl von Ansätzen vorangebracht werden.

Voraussetzung der effizienten Nutzung erneuerbarer Wärme ist die flächendeckende Reduzierung der in den Gebäuden benötigten Vorlauftemperaturen zur Wärmeversorgung (siehe Kapitel 5.3). Dies ermöglicht die Erschließung der großen Solarthermie und der oberflächennahen Geothermie sowie die effiziente Nutzung sowohl von Wärmepumpen im Einzelgebäude, als auch von Großwärmepumpen zur Nutzung von Abwasser- oder Flusswärme.

Viele erneuerbare Wärmequellen sind nur durch Wärmenetze nutzbar. Die tiefe Geothermie bietet in einigen Regionen des Landes, insbesondere entlang des Oberrheingrabens, erhebliche Potenziale und sollte dort unter Betrachtung etwaiger Umweltrisiken möglichst stark ausgebaut werden. Sie bietet den Vorteil ganzjährig gleichmäßiger Verfügbarkeit auf hohem Temperaturniveau bei einem sehr geringen Flächenbedarf. Kombiniert mit einem sogenannten Organic Rankine Cycle (ORC)⁶ kann über eine Dampfturbine zusätzlich

⁶ Der Organic Rankine Cycle ist ein Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmedium als Wasserdampf.

elektrische Energie erzeugt werden. Dabei ist das Temperaturniveau am Kondensator nach Abschluss des Dampfprozesses noch immer hoch genug, um die Wärme in ein Nahbeziehungsweise Fernwärmenetz einzuspeisen. Bezüglich der tiefen Geothermie müssen jedoch Wege eruiert werden, die wirtschaftliche Risiken bei der Erschließung dieser Wärmequelle reduzieren. Des Weiteren ist für die erfolgreiche Eingliederung der tiefen Geothermie eine breite und offene Kommunikation von zentraler Bedeutung. Auf Bedenken in der Bürgerschaft muss frühzeitig eingegangen werden.

Große Solarthermie erfordert geeignete Flächen in ausreichender Größe. Dies sind in der Regel unbebaute Freiflächen, welche zur Vermeidung von Transportverlusten möglichst siedlungsnah liegen sollten. Aber auch Gebäude mit großen Dachflächen – vorzugsweise als Flachdach – kommen als Standorte in Frage. Aufgrund ihrer starken Saisonalität kann die Solarthermie nur in Kombination mit anderen Wärmequellen für die Versorgung eines Netzes zum Einsatz kommen. Große Saisonalspeicher, zum Beispiel in Form von Erdbeckenspeichern, können diese Saisonalität jedoch erheblich reduzieren. Ausgehend von einer Kollektorfläche von derzeit rund 50.000 Quadratmeter setzen wir uns zum Ziel, diese bis 2040 auf über 2 Millionen Quadratmeter auszuweiten.

Zur vermehrten Erschließung der landesweiten großen Abwärmepotenziale und zur Steigerung der Abwärmequote in Wärmenetzen soll die Nutzung unvermeidbarer Abwärme den erneuerbaren Energien gleichgestellt werden.

Zur kommunalen Wärmeversorgung ist zudem die Nutzung von Abwasserwärme sowohl aus dem Kanalnetz als auch aus dem Kläranlagenauslauf mittels Wärmepumpen bei der Erweiterung der Wärmenetze zu berücksichtigen. Allein das ermittelte nutzbare Potenzial von Wärmepumpen am Auslauf von Kläranlagen in Baden-Württemberg beläuft sich auf eine Einspeisekapazität in Wärmenetze von 537 MW und eine Einspeisemenge von bis zu 3,74 TWh/a. Davon lassen sich rund ein Drittel (170 MW beziehungsweise 1,35 TWh/a) in 18 bestehenden größeren Wärmenetzen mit ≥ 50 GWh/a Wärmeabsatz und rund zwei Drittel (370 MW beziehungsweise 2,39 TWh/a) in 240 bestehenden Wärmenetzen mit < 50 GWh/a Wärmeabsatz und / oder Wärmenetzpotenzialgebieten nutzen.

Viele der oben genannten erneuerbaren Wärmequellen können nur durch Kombination mit Wärmepumpen sinnvoll eingesetzt werden. Dezentrale Hausgeräte oder zentrale Großwärmepumpen nutzen elektrische Energie, um die Wärme aus Solarthermie, oberflächennaher Geothermie oder Fluss- und Abwasserwärme auf das benötigte Temperaturniveau zu heben. Vollständig erneuerbar ist dieses Verfahren gleichwohl nur dann, wenn auch der verwendete Strom vollständig erneuerbar zur Verfügung gestellt wird. Der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung ist also auch für eine erneuerbare Wärmeversorgung von größter Bedeutung.

Der Anteil der erneuerbaren Wärmeversorgung liegt derzeit bei lediglich 16,8 Prozent am Gesamtwärmeenergiebedarf von 134,4 TWh. Die Biomasse „Holz“ stellt mit 15,9 TWh den

größten Anteil der erneuerbaren Wärmeversorgung. Der große Vorteil der Biomasse besteht in der natürlichen Speicherbarkeit des Energieträgers. Gleichwohl ist die Verfügbarkeit bei nachhaltiger Nutzung begrenzt. Die zukünftige Nutzung von Biomasse in der Wärmeerzeugung wird daher im Wesentlichen eingegliedert in eine Mehrfachnutzung und in Kombination mit den vorgenannten erneuerbaren Quellen gesehen. Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Biomassenutzung sollte diese nur noch entsprechend ihrer Ökosystemverträglichkeit ausgebaut werden. Nicht zuletzt wegen der derzeitigen Energiekrise trägt die Biomasse jedoch verlässlich zur Versorgungssicherheit bei.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Verfahren beschleunigen und Rahmenbedingungen verbessern

Um der Wärmewende die erforderliche Beschleunigung zu ermöglichen, müssen Verfahren beschleunigt werden und gegebenenfalls verzögernde und hemmende Rahmenbedingungen abgebaut werden. Um dies zu erreichen, müssen Landespolitik, Verwaltung, Projektierer und Kommunen sowie weitere relevante Akteure wie Energieagenturen an einem Strang ziehen, um Abläufe zu optimieren.

- Ausbau der Förderkulisse für erneuerbare thermische Energieerzeugung

Der Bund muss in erster Linie die notwendigen Rahmenbedingungen für ein verlässliches und risikoarmes Investitionsumfeld für erneuerbare Wärmeprojekte kreieren. Dazu muss erneuerbare Wärme entsprechend unterstützt werden. Das Land wird sich gegenüber dem Bund für die Herstellung geeigneter Rahmenbedingungen einsetzen und gegebenenfalls mit eigenen Förderprogrammen die Bundesförderung ergänzen.

- Ausbau tiefer Geothermie, Solarthermie und Großwärmepumpe forcieren

Großen mit erneuerbarer Wärme gespeisten Wärmenetzen kommt bei der Wärmewende eine große Bedeutung zu, da viele Haushalte parallel auf erneuerbare Wärme umgestellt werden. Dafür müssen die erforderlichen Erzeugungsanlagen forciert ausgebaut werden. Das Land will weitere Maßnahmen in den Themenfeldern Akzeptanz und Flächenverfügbarkeit umsetzen, um den Ausbau der tiefen Geothermie, Solarthermie und der Großwärmepumpen zu stärken.

5.6 AUSBAU UND DEKARBONISIERUNG DER NAH- UND FERNWÄRME

Für die nachhaltige Transformation der Wärmenetze ist anzustreben, dass fossil gespeiste Bestandsnetze auf eine erneuerbare thermische Energieerzeugung umgerüstet werden. Bis 2030 streben wir an, die Fernwärmeerzeugung im Land um mindestens 35 Prozent zu erhöhen und gleichzeitig den fossilen Anteil an der Fernwärmeversorgung um rund die Hälfte zu reduzieren. Hierbei gilt zu beachten, dass das Wärmenetz mindestens 80 Prozent der thermischen Energie durch erneuerbare Energien, effiziente Wärmepumpen, industrielle oder

gewerbliche Abwärme, Abwärme aus stromnetzdienlicher hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), meist in einer Kombination der genannten Quellen generieren sollte. Ob dies gesetzlich verankert und/oder über Fördermaßnahmen unterstützt werden sollte, gilt es schnell zu prüfen.

Langfristig ist der Zubau von Großwärmepumpen für die Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung entscheidend. Bis 2030 streben wir hier einen Anteil von mindestens 15 Prozent, bis 2040 von mindestens 25 Prozent an. Auch bei den Anteilen der tiefen Geothermie, der Solarthermie sowie der Abwärmenutzung wollen wir deutliche Steigerungsraten erreichen. Um diese erneuerbaren Energien effizient in bestehende Wärmenetze zu integrieren, müssen als weitere Maßnahmen zur Dekarbonisierung die Vorlauftemperaturen in den Netzen gesenkt und Wärmespeicher errichtet werden, um tages- und jahreszeitliche Schwankungen auszugleichen. Ab 2030 löst Wasserstoff das übergangsweise eingesetzte Erdgas in KWK-Anlagen ab und trägt in begrenztem Maß zur Fernwärmeerzeugung bei.

Der wachsende Anteil volatil erzeugten Stroms aus Sonne und Wind benötigt flexible Kapazitäten zur Deckung der Residuallast (siehe Kapitel 4.5). Um KWK künftig bei reduzierten Vollbenutzungsstunden stromnetzdienlich zu fahren, werden auf der Wärmeseite entsprechende Anpassungen in der Infrastruktur zum Beispiel über Wärmespeicher stattfinden. Wärmenetze bieten dabei gute Voraussetzungen zur Sektorenkopplung. Vor allem in Verbindung mit Wärmespeichern steht zugleich ein bedeutendes Potenzial zur Aufnahme von Wärme aus erneuerbarem Strom, direktelektrisch oder über Wärmepumpen, zur Verfügung. Stromspitzen können so sinnvoll genutzt werden.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- **Tragfähige Konzepte für die Dekarbonisierung der großen Fernwärmesysteme**
Die großen Fernwärmenetze in Baden-Württemberg basieren heute noch zu einem Großteil auf fossilen Energieträgern. Auf Grundlage der bundesrechtlichen Rahmenbedingungen müssen die jeweiligen Betreiber für diese Standorte tragfähige Konzepte für einen Übergang auf erneuerbare Versorgungslösungen (inklusive Verwendung von Abwärme) oder den Einsatz von Wasserstoff entwickeln. Die Landesregierung begleitet und unterstützt diesen Prozess eng.

6 Gasversorgung und synthetische erneuerbare Energieträger

Trotz erheblicher Anstrengungen zur Elektrifizierung werden auch gasförmige und flüssige Energieträger künftig eine bedeutende Rolle in der nachhaltigen Transformation unseres Energiesystems einnehmen. Dazu zählen nach einer Übergangsphase mit Erdgas insbesondere CO₂-freie Energieträger wie erneuerbar erzeugte, synthetische Gase (insbesondere Wasserstoff) und reFuels sowie biogene Gase. Gasförmige und flüssige Energieträger haben den Vorteil, dass sie flexibel in einer Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsgebiete einsetzbar und zudem auch langfristig speicherbar sind. Auch hier wollen wir uns klare Zielgrößen bis 2030 vorgeben (siehe Abbildung 6).

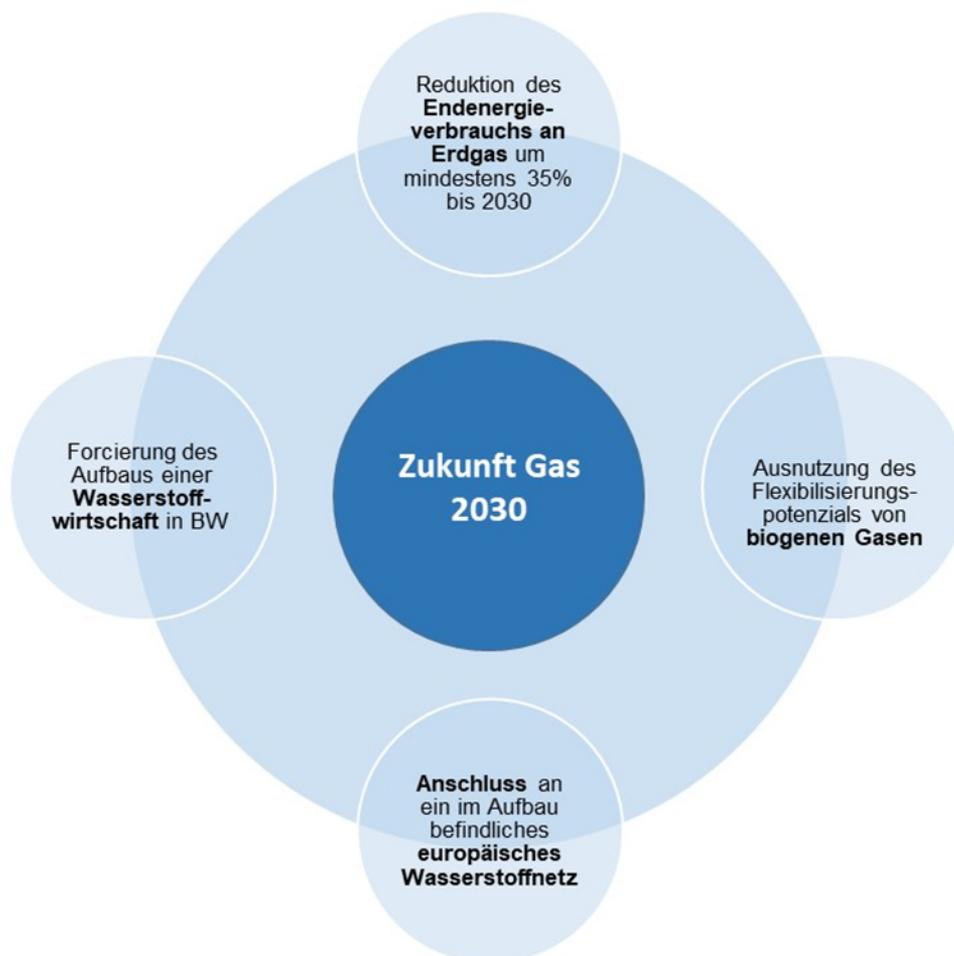


Abbildung 9: Ziele für den Gassektor in Baden-Württemberg bis 2030

6.1 ZUKÜNFTIGE ROLLE VON ERDGAS

Dem Energieträger Erdgas wurde bisher auf dem Weg von einem fossilen zu einem nachhaltigen Energieversorgungssystem eine wichtige Übergangsfunktion zugewiesen. Durch den Ersatz von Kohle in der Stromerzeugung und von Mineralölprodukten in der Wärmeversorgung durch das emissionsärmere Erdgas sollten bereits wesentliche

Emissionseinsparpotenziale gehoben werden. Diese Brückenfunktion gerät nun jedoch aus zwei Richtungen unter erheblichen Druck.

Zum einen begrenzt die notwendige Verschärfung unserer Klimaziele den Zeitraum, in dem Erdgas dem Klimapfad entsprechend eingesetzt werden kann. Hier spielen insbesondere die langen technischen Lebenszyklen in der Energieversorgung eine wichtige Rolle. So hat beispielsweise ein fossiles Heizungssystem, das heute installiert wird, eine Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren und wird damit auch noch 2040, dem Zeitpunkt, zu dem wir den Übergang zu einer treibhausgasneutralen Energieversorgung bereits abgeschlossen haben müssen, noch betrieben. Noch längere Lebenszyklen werden beispielsweise in der Netzinfrastruktur erreicht. Hier besteht also die Gefahr erheblicher Lock-in-Effekte oder „stranded investments“. Dies gilt insbesondere für Bereiche, in denen ein Umstieg auf klimaneutrale Gase, wie regenerativ erzeugten Wasserstoff, kaum möglich oder nur zu hohen Kosten machbar ist.

Wir müssen unsere Abhängigkeit von Energieimporten schnellstmöglich reduzieren, um uns sowohl vor möglichen Versorgungskrisen als auch vor enormen Preissprüngen zu schützen. Dazu gehört auch eine möglichst schnelle Diversifizierung der Bezugsquellen. Auch aus Resilienzgründen sollte jedoch ein Teil des Wasserstoffbedarfs auch über Erzeugung in Baden-Württemberg gedeckt werden.

Der Hauptfokus liegt aber darin, verstärkt Maßnahmen zu ergreifen, um den Erdgasverbrauch in Baden-Württemberg erheblich zu senken. Im Bereich der Wärmeversorgung und dem Industriesektor sehen wir hier bereits bis 2030 deutliche Potenziale durch Effizienzsteigerungen, Elektrifizierung und Umstieg auf emissionsärmere Brennstoffe. Auf Grundlage der Analysen des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ wird bis 2030 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs an Erdgas um 35 Prozent bis 40 Prozent angestrebt (ausgehend von einem Erdgasverbrauch von knapp 230 PJ in 2019).

Anders verhält es sich in der Strom- und Fernwärmeerzeugung. Zur Absicherung der fluktuierenden erneuerbaren Erzeugung brauchen wir gesicherte Erzeugungskapazitäten. Besonders geeignet sind hierfür Gaskapazitäten, die flexibel auf Erzeugungsschwankungen reagieren können und vergleichsweise niedrige Investitionskosten (bei zu erwartenden wenigen Volllaststunden) aufweisen. Zur Bewältigung der akuten Krisensituation ist es durchaus sinnvoll, verstärkt auf bestehende Kohlekapazitäten zurückzugreifen. Gleichzeitig dürfen die langfristigen Anforderungen nicht aus dem Auge verloren werden. Auch in einem treibhausgasneutralen Stromsystem werden langfristig flexible Backup-Kapazitäten benötigt, die dann mit erneuerbaren Gasen, vor allem Wasserstoff, betrieben werden. Diese Kapazitäten brauchen wir in Baden-Württemberg jedoch vor dem Hintergrund von Kernenergie- und Kohleausstieg bereits schon deutlich vor 2030, sodass, wie bereits in Kapitel 4.3 beschrieben, in einer Übergangszeit mit einem steigenden Erdgasverbrauch in der Strom- und

Fernwärmeerzeugung zu rechnen ist. Insgesamt wird jedoch der Primärenergieverbrauch an Erdgas in Baden-Württemberg bis 2030 bereits deutlich zurückgehen.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Reduzierung des Erdgaseinsatzes im Wärmebereich und der Industrie

Eine rasche Reduzierung des Erdgasbedarfs, insbesondere in der Wärmebereitstellung, hilft unsere Versorgungssicherheit zu stärken und unsere Klimaziele zu erreichen.

Wesentliche Schlüsselstrategien hierzu wurden bereits in Kapitel 5 dargestellt. Die Bau- und Immobilienwirtschaft, das Handwerk sowie die Hersteller der Heizungstechnologien übernehmen eine zentrale Aufgabe bei Beratung, Planung und Umsetzung der Maßnahmen. Hieraus ergeben sich auch vielfältige Chancen für sichere Arbeitsplätze und neue Geschäftsmodelle. Das Land ist hierbei insbesondere für die Bereitstellung von Informations- und Beratungsangeboten verantwortlich.

Bezüglich der Bereitstellung von flexiblen und wasserstofffähigen Backup-Kapazitäten siehe Schlüsselstrategie zu Kapitel 4.3.

6.2 WASSERSTOFF UND SYNTHETISCHE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

Wasserstoff kann in vielen Sektoren wie Stromerzeugung, Fernwärme, Industrie, Verkehr, Raffinerien beziehungsweise Erzeugung synthetischer Kraftstoffe Einsatz finden und zeigt damit als Energieträger seine koppelnde Eigenschaft. Gemäß den Ergebnissen des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ zeichnet sich beim Endenergieverbrauch von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen auf Basis von Strom aus erneuerbaren Energien (Power-to-Liquid (PtL)) ein deutlicher Aufwuchs, insbesondere nach 2030, ab. Durch die erwartete eingeschränkte Verfügbarkeit von Wasserstoff und PtL-Kraftstoffen bis 2030 scheint der Einsatz auf rund 4 TWh Wasserstoff und 5 TWh PtL begrenzt. Für 2040 rechnen wir mit einem Bedarf über alle Sektoren von rund 30 TWh Wasserstoff und 8 TWh PtL. Die Untersuchung trifft keine Aussage, ob und inwieweit synthetische Energieträger in Baden-Württemberg (etwa durch Elektrolyse) bereitgestellt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt die Studie „Analyse der aktuellen Situation des H₂-Bedarfs und Erzeugungspotenzials in Baden-Württemberg“ von Prognos und Sphera (im Auftrag der Landesagentur e-mobil BW, 2022). Für das Jahr 2035 wird ein Gesamtbedarf von 16,6 TWh angenommen (davon 9,9 TWh im Umwandlungssektor (Kraftwerke), 4,0 TWh in der Industrie (energetische und stoffliche Nutzung), 1,4 TWh im Verkehr und 1,2 TWh für Beimischung). Beide Untersuchungen basieren auf einer möglichst kosten- und energieeffizienten Erreichung der Klimaschutzziele unter Berücksichtigung möglicher Restriktionen bei der Technologieauswahl. Aufgrund der raschen geopolitischen

und wirtschaftlichen Veränderungen wurde vereinbart, diese theoretisch ermittelten Wasserstoffbedarfe in regelmäßigen Abständen durch Bedarfsabfragen zu ergänzen, zu verifizieren und zu aktualisieren. Im Vergleich zu vorhergehenden Studien und Abfragen ergibt sich aus der aktuellen Bedarfsabfrage (2023), dass sehr viel früher und mittel- und langfristig ein sehr viel höherer Wasserstoffbedarf gegeben ist. Die Gesamtbedarfe liegen demzufolge in 2030 bei 22,7 TWh, in 2035 bei 73,5 TWh und ab 2040 bei 90,7 TWh. Im Vergleich zur letzten Abfrage von terranets vor zwei Jahren hat sich der Bedarf in etwa verdoppelt. Diese Bedarfsmeldung muss angesichts des derzeitigen Erdgasverbrauchs zwischen 70 und 80 TWh pro Jahr als recht hoch angesetzt betrachtet werden. Letztendlich wird die tatsächliche Entwicklung der Wasserstoffnachfrage stark von der Entwicklung der Wasserstoffpreise und der Zahlungsbereitschaft hierfür abhängen.

Wasserstoff findet dabei in unterschiedlichen Bereichen Anwendung. Im Sektor Strom- und Fernwärmeerzeugung dient Wasserstoff insbesondere als flexible Back-up Lösung in „H₂-ready“-Gaskapazitäten zur Absicherung der fluktuierenden Erzeugung und zur Spitzenlastdeckung. Hierfür wird rund die Hälfte des Wasserstoffbedarfs in 2040 veranschlagt. Im Industriebereich wird Wasserstoff voraussichtlich nach 2030 vermehrt zur Prozesswärmebereitstellung im mittleren und Hochtemperaturbereich, aber auch stofflich eingesetzt, in Baden-Württemberg insbesondere in der chemischen Industrie, der Metallherzeugung und -verarbeitung sowie in der Zementherstellung. Diese Anwendungsbereiche wurden in der Bedarfsabfrage bestätigt, es haben jedoch auch weitere Branchen ein erhebliches Interesse am Einsatz von Wasserstoff um ihr Ziel einer klimaneutralen Produktion zu erreichen.

Auch in Raffinerien wird in Baden-Württemberg langfristig ein zusätzlicher Wasserstoffbedarf entstehen insbesondere, wenn diese langfristig verstärkt für die Erzeugung CO₂-freier, synthetischer Energieträger eingesetzt werden. Der Einsatz von erneuerbarem Wasserstoff bei der Raffinerie bietet das Potenzial, CO₂-Emissionen zu senken und wesentlich zum Klimaschutz beizutragen. Neben dem Direkteinsatz wird erneuerbarer Wasserstoff zur Herstellung klimaneutraler Treibstoffe, insbesondere für den Luft- und Seeverkehr benötigt. Die einzige Raffinerie im Land hätte das Potenzial, die vorhandenen Prozessanlagen für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe zu erweitern, um einen wichtigen Beitrag bei der Defossilisierung der Mobilität zu leisten. Dabei ist abzuwägen, ob die Erzeugung von Vorprodukten für grüne synthetische Kraftstoffe wie zum Beispiel Methanol oder Wasserstoff von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen her im Inland attraktiv ist oder ob lediglich die Weiterveredelung von importierten grünen Kraftstoffvorprodukten in bestehenden Raffinerieanlagen im Inland wirtschaftlich tragfähig erfolgen kann. Eine steuerliche Begünstigung von solchen grünen gegenüber fossilen Kraftstoffen und die Einführung entsprechender Beimischungspflichten können hierfür in jedem Fall als förderlich angesehen werden.

Das Oberrheintal stellt zum Beispiel eine wichtige Trasse im europäischen H₂-Netz dar, von dem aus die internationale Anbindungen in den Westen nach Frankreich und nach Süden in die Schweiz erfolgen. Die an dieser Trasse gelegene Raffinerie kann langfristig nicht nur als Wasserstoff-Abnehmer fungieren, sondern auch als Wasserstoff-Speicher und -Erzeuger.

Im Verkehrssektor konzentriert sich der Wasserstoffbedarf in erster Linie auf den Schwerlastverkehr. Auch im Luftverkehr könnte auf Mittelstrecken und bei kleineren Flugzeugen ein Bedarf entstehen, dies zeigen die Erfolge bei der Entwicklung des Exzellenzzentrums Wasserstoff in der Luftfahrt. Für die Langstrecke sind nach heutigem Stand Sustainable Aviation Fuels erforderlich (SAF).

Zur Erreichung der Klimaziele kann langfristig nur grüner, also aus erneuerbaren Energien erzeugter, Wasserstoff eingesetzt werden. Dies muss von Anfang, insbesondere bei Fördermaßnahmen, berücksichtigt werden. Gleichzeitig ist klar, dass vorübergehend auch Wasserstoff aus anderen CO₂-armen Herstellungsmethoden zum Einsatz kommen kann.

Um den ab 2030 massiv zunehmenden Wasserstoffbedarf der verschiedenen Sektoren rechtzeitig decken zu können, muss mit Hochdruck der Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur vorangetrieben werden. Um den Wasserstoffhochlauf zu beschleunigen und grünen Wasserstoff rechtzeitig und in ausreichendem Maße zur Verfügung zu stellen, sollte in einer ersten Phase bis 2030 an dezentralen Standorten die regionale Erzeugung, sogenannte Insellösungen, gefördert werden, bis spätestens 2030 eine Pipelineanbindung an das europäische Netz zur Verfügung steht. Auch weitere großmaßstäbliche Modellregionen, die als regionale und initiale Technologiehubs dienen und in dieser Region die Sektorenkopplung unterstützen, sind verstärkt zu fördern. Gegebenenfalls sollte vorübergehend auch die Versorgung mit Derivaten geprüft werden. Der Ausbau des Pipelinenetzes muss parallel zu den regionalen Lösungen vorangetrieben werden, um Wasserstoff aus anderen Regionen an die Zielorte zu transportieren und die umfassende Wasserstoffversorgung des Landes bis 2040 zu sichern (siehe Kapitel 7.2). Im Zusammenhang mit diesem Themenfeld ist auch das sogenannte Carbon Management, insbesondere der Aufbau einer CO₂-Infrastruktur, verstärkt in den Fokus zu nehmen. Die Landesregierung erarbeitet dazu ein Positionspapier.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Auf- und Ausbau der Wasserstoff-Infrastruktur

Der Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur in Baden-Württemberg ist eine sehr wichtige und zukunftsweisende Aufgabe von wettbewerbs- und standortrelevantem Ausmaß. Auf europäischer Ebene brauchen wir Rahmenbedingungen, die den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft fördern und Investitionsentscheidungen unterstützen, so etwa ausreichend Flexibilität bei der Definition von grünem Wasserstoff und bei Betreiberregelungen. Auf Bundesebene ist ein Gesamtpaket erforderlich, das

Planungssicherheit und Investitionsanreize für den Netzausbau, den Aufbau von Tankstellen und den Bau von Elektrolyseuren auch im Südwesten bietet. Das bundesweit geplante Fernleitungsnetz (Kernnetz) bildet dazu ein entscheidendes Element. Es sieht bis 2032 eine Anbindung Baden-Württembergs an das Wasserstoff-Kernnetz (Pipeline) vor. Die Landesregierung sieht mit Blick auf das Wasserstoff-Kernnetz aber noch Nachbesserungsbedarf der bereits gegenüber dem Bund adressiert wurde. Im nächsten Schritt, d.h. in der regulären Netzentwicklungsplanung ab 2024 für den Zeitraum 2025 bis 2037, muss der zeitnahe weitere Ausbau des Fernleitungsnetzes in Baden-Württemberg, insbesondere entlang der Rheinschiene, erfolgen. Bis zu einer Pipelineanbindung und für Standorte ohne eine solche Anbindung muss eine lokale Erzeugung von grünem Wasserstoff insbesondere durch Elektrolyse (Insellösungen) erfolgen, für die auf Landesebene weiterhin verschiedene Fördermöglichkeiten bereitgestellt werden. Die Fernleitungsnetzbetreiber werden durch die Landesregierung im Rahmen ihrer Möglichkeiten unterstützt. Zudem wird die Installation von Elektrolyseuren angeregt und gefördert. Auch industrielle Großbetriebe wie die Raffinerie können eine Rolle als Wasserstoff-Speicher und -Erzeuger spielen.

- **Gezielte Förderprogramme und Errichtung von Leuchtturmprojekten**

Insbesondere in den Bereichen industriennahe Forschung, Infrastrukturaufbau und Modellregionen (regionale Marktplätze) sollen weitere Umsetzungsbeispiele gefördert und errichtet werden. Mit diesen Projekten insbesondere von Kommunen, Wirtschaftsunternehmen und Forschungseinrichtungen wird die Umstellung auf eine Wasserstoffwirtschaft erprobt und umgesetzt.

- **Umsetzung der IPCEI-Projekte im Land**

Mit Hilfe der „Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI) soll der Markthochlauf für Wasserstofftechnologien unterstützt werden. Es besteht die Chance, den Transformationsprozess mit einem Schwerpunkt im Mobilitätsbereich massiv zu unterstützen und zugleich das Markt- und Arbeitsplatzpotenzial insbesondere für die Automobilindustrie sowie für den Anlagen- und Maschinenbau zu erschließen. Das Land hat ein großes Interesse daran, möglichst viele hochwertige Projekte im Land zu ermöglichen und unterstützt die Antragssteller bei der Umsetzung. Eine Beschleunigung und Vereinfachung der Verfahren ist notwendig.

6.3 BIOGENE GASE

Biomasse ist ein nachwachsender Rohstoff, dessen Verfügbarkeit insbesondere an die Fläche gebunden und daher begrenzt ist. Zudem ist Biomasse ein erneuerbarer Energieträger der mit Blick auf die Eigenschaft der „Speicherung“ zur Abmilderung einer möglichen Gasmangellage beitragen kann. Die bestehenden Biogaskapazitäten können und sollten während einer Gasmangellage befristet zur Erhöhung der Strombereitstellung eingesetzt

werden (und damit Beiträge zur Substitution von Erdgas leisten). Außerhalb von Krisenzeiten kann und sollte Biomasse, wie auch in der „Biogasstrategie Baden-Württemberg“ dargelegt, verstärkt flexibilisiert und systemdienlich genutzt werden.

Aufgrund des begrenzten Vorkommens steht die Kaskaden- oder Koppelnutzung im Fokus einer nachhaltigen Biomassenutzung, was bedeutet, dass die energetische und stoffliche Nutzung in ein gemeinsames Konzept eingebettet ist. Neben der Ressourceneffizienz ist hierdurch eine deutliche Verbesserung der Klimabilanz möglich. Für die Bereitstellung von Biogas heißt das, dass dieses insbesondere aus Rest- und Abfallstoffen, Wirtschaftsdünger sowie aus ökologisch wertvollen Substraten, wie zum Beispiel mehrjährige Wildpflanzen, Klee gras oder Durchwachsener Silphie, gewonnen werden soll. Ziel ist hierbei die Verdoppelung des Reststoffeinsatzes zur Biogaserzeugung. Ebenso soll die Aufbereitung von Biogas zu Biomethan mit anschließender Einspeisung ins Erdgasnetz weiter vorangetrieben werden, um den bestehenden Erdgasbedarf zu bedienen. Für die Vernetzung von mehreren (kleinen) Anlagen mit der Zusammenführung des Rohbiogases an einem Standort zur Aufbereitung und Einspeisung ist eine Unterstützung anzustreben. Auf diesem Weg können auch dezentral energieintensive Betriebe beziehungsweise Gewerbegebiete versorgt werden. Im Sinne einer nachhaltigen Nutzung soll der seit mehreren Jahren auf gleichbleibendem Niveau betriebene Biomasseanbau in Baden-Württemberg für die Erzeugung von Biogas auch weiterhin konstant gehalten werden. Dabei soll ein intelligenter, durchdachter Einsatz von Biogas und der flexible Beitrag für das Energiesystem mehr und mehr in den Vordergrund rücken.

Die Vorteile von Biogas bestehen in seiner Speicherfähigkeit und den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Sein Einsatz soll daher insbesondere Lücken abfedern, welche durch die Transformation des Energiesystems hin zu Technologien mit der besten Klimabilanz und Flächeneffizienz (insbesondere Solar- und Windenergie) nicht abgedeckt sind. Biogasanlagen werden dabei künftig in erster Linie flexibel zur Deckung von Residuallastspitzen eingesetzt und kommen damit insgesamt auf deutlich niedrigere Volllaststunden.

Insbesondere die Aufbereitung von Biogas zu Biomethan eröffnet eine Vielzahl an Anwendungsgebieten. Zu Biomethan aufbereitet kann Biogas direkt in das Gasnetz eingespeist werden, ist in dieser Form langfristig speicherbar und kann Erdgas eins zu eins substituieren. Für dezentrale Teilbereiche der Gasinfrastruktur, welche nicht im Rahmen der Wasserstoff-Roadmap des Landes umgenutzt werden, kann eine Weiternutzung mit Biomethan sinnvoll sein und sollte geprüft werden, um lokale Bedarfe zu decken.

Biomethan kann auch als Kraftstoff eingesetzt werden und in Bereichen, in denen eine Elektrifizierung nicht flächendeckend möglich ist, einen Beitrag zur Defossilisierung des Energiesystems leisten. Beispiele sind hier die Mobilität, insbesondere Luftfahrt, Schiffsverkehr und Logistik, und der energieintensive Industriesektor. Methan dient als Ausgangsstoff für zahlreiche Synthesewege in der chemischen Industrie. Als wichtige

Kohlenstoffquelle wird Biomasse in seiner Form als Biomethan auch hier zum Einsatz kommen. Auch gilt es für dezentrale Standorte eine Bereitstellung von Biomethan vor Ort für den Schwerlastverkehr oder landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen zu prüfen und eine Kombination regenerativer Energieträger (zum Beispiel Methanisierung von CO₂ aus Punktquellen mit grünem Wasserstoff) zu berücksichtigen.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Intelligenter Einsatz der Biomassepotenziale

Biogene Gase werden künftig flexibel als Ergänzung zu den fluktuierenden erneuerbaren Energien eingesetzt. Vor diesem Hintergrund sollte, wo möglich, eine Aufbereitung des Biogases zu Biomethan mit anschließender Einspeisung ins Erdgasnetz erfolgen. Die Rahmenbedingungen muss der Bund über die Förderbedingungen im EEG setzen. Die Landesregierung setzt sich beim Bund für entsprechende Anpassungen der Rahmenbedingungen ein.

7 Infrastrukturen

7.1 STROMNETZE

Der Ausbau der Stromnetze auf allen Spannungsebenen ist eine der vordringlichsten Aufgaben der nächsten Jahre und damit einer der Schwerpunkte der energiepolitischen Aktivitäten des Landes. Dabei geht es zum einen darum, zu gewährleisten, dass Strom zu jeder Zeit und in den erforderlichen Mengen nach Baden-Württemberg importiert werden kann. Zum anderen sind die EE-Anlagen, die im Land neu errichtet werden, sowie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen an die Netze anzuschließen.

Grundlage für den Ausbau und die Ertüchtigung des Höchstspannungsnetzes ist das Verfahren der Netzentwicklungsplanung, das in den §§ 12a bis 12 e EnWG angelegt und von den Übertragungsnetzbetreibern umzusetzen ist. Die Landesregierung unterstützt alle Netzausbauvorhaben, die sich aus diesem Verfahren ergeben, insbesondere den Bau der leistungsstarken Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Leitungen (HGÜ) Ultranet und SuedLink.

Der Ausbaubedarf auf Nieder-, Mittel- und Hochspannungsebene resultiert hauptsächlich aus der dynamisch wachsenden Zahl von Netzanschlussbegehren für EE-Anlagen, Ladeinfrastruktur und Wärmepumpen. Es wird deshalb in den kommenden Jahren für alle Verteilnetzbetreiber notwendig sein, den Ausbau ihrer Netze transparenter als bisher zu planen sowie die Planungen auf regionaler Ebene und mit vorgelagerten und benachbarten Netzbetreibern abzustimmen. Die Landesregierung wird diesen Prozess aktiv begleiten und sich darüber hinaus dafür einsetzen, dass die Verteilnetzbetreiber ihre Anmeldeprozesse für Netzanschlussbegehren standardisieren und digitalisieren.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Politische Unterstützung aller notwendigen Netzausbauvorhaben im Land

Die Landesregierung unterstützt alle Neu- und Umbauvorhaben der Stromnetzbetreiber. Im Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) wird die besondere Bedeutung für den Verteilnetzausbau und damit das überragende öffentliche Interesse an deren Errichtung und Betrieb festgestellt. Für die für Netzausbauvorhaben erforderlichen Genehmigungs- beziehungsweise Antragsverfahren ist es wichtig, dass die zuständigen Behörden über qualifiziertes Personal im erforderlichen Umfang verfügen, damit die Verfahren zügig durchgeführt werden können.

- **Einsatz für den Erhalt einer einheitlichen Stromgebotszone in Deutschland**
Aus Sicht der Landesregierung überwiegen die Nachteile einer möglichen Teilung der einheitlichen deutschen Stromgebotszone mögliche Vorteile bei weitem. Das Land setzt sich daher klar für den Erhalt der einheitlichen Gebotszone ein. Insbesondere müssen auf Bundesebene geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, um eine Teilung zu verhindern (wie ein schneller Netzausbau, Anreize zum netzdienlichen Ausbau von Erzeugungskapazitäten mit regionaler Steuerung und Anreize zur Flexibilisierung der Nachfrage).
- **Transparente und abgestimmte Planung des Netzausbaus auf Verteilnetzebene**
Die Verteilnetzbetreiber Strom machen ihre Netzausbauplanungen transparent und stimmen diese auf regionaler Ebene sowie mit vorgelagerten und benachbarten Netzbetreibern ab. Die Landesregierung begleitet und unterstützt diesen Prozess in Zusammenarbeit mit den Verteilnetzbetreibern, den Stadtwerken sowie den Branchenverbänden (vor allem Verband für Energie- und Wasserwirtschaft (VfEW), Verband kommunaler Unternehmen (VKU) und Plattform Erneuerbare Energien Baden-Württemberg).

7.2 FLEXIBILITÄTSOPTIONEN

Zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit und zur Integration der fluktuierenden Erzeugung ist in einem Versorgungssystem, das mittel- bis langfristig größtenteils auf erneuerbaren Energien basiert, die Bereitstellung von Flexibilitäten, sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite, von zunehmender Bedeutung.

Zur zeitlichen Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch spielen Speichertechnologien eine herausragende Rolle. Baden-Württemberg verfügt über eine beträchtliche Speicherkapazität mit insgesamt acht Pumpspeicherkraftwerken. Zudem verläuft der Ausbau an dezentralen Batteriespeichern, meist in Verbindung mit einer PV-Anlage, sehr dynamisch. Ob Speicher sich auch eignen, um temporär im großen Umfang Netzengpässe auszugleichen, wird von der Landesregierung geprüft. Außerdem wird sich die Landesregierung dafür einsetzen, dass die großen Potenziale der Batterien von Elektrofahrzeugen für Konzepte wie Vehicle to Home⁷ und Vehicle to Grid⁸ genutzt werden können. Langfristig wird auch die längerfristige Speicherung von Strom an Bedeutung gewinnen, wobei noch nicht absehbar ist, welche Technologie sich hierfür durchsetzen wird.

Mittelfristig können zudem flexible Nachfragetechnologien ein erhebliches Flexibilitätspotenzial zur Verfügung stellen. Ein aktives Lastmanagement auf der

⁷ zu Deutsch vom Fahrzeug zum Haus. Hierunter versteht man ein Konzept zur Abgabe von elektrischer Energie aus den Antriebsbatterien von Elektro- und Hybridautos zurück in ein Hausnetz.

⁸ zu Deutsch vom Fahrzeug zum Netz. Hierunter versteht man ein Konzept zur Abgabe von elektrischer Energie aus den Antriebsbatterien von Elektro- und Hybridautos zurück in das Verteilnetz.

Nachfrageseite kann dazu beitragen, Lastspitzen zu vermeiden, Netzausbaubedarf zu vermindern und Schwankungen in der erneuerbaren Erzeugung auszugleichen. Hierfür sind sowohl große industrielle Verbraucher als auch kleine Verbrauchseinheiten, wie Wärmepumpen und Elektroautos geeignet. In diesem Zusammenhang spielt die umfassende nachhaltige Digitalisierung der Energiewirtschaft eine entscheidende Rolle. Sie ist für die Integration der volatilen, dezentralen Erzeugung sowie neuer Sektorkopplungstechnologien unerlässlich.

Dazu gehört auch der Umbau der Stromnetze zu intelligenten Energienetzen. Diese „Smart Grids“ verknüpfen Stromerzeuger, Netzbetreiber, Speicher und Kunden mittels moderner Informations- und Kommunikationstechnologien und helfen, die Netz- und Systemstabilität zu gewährleisten und Erzeugung und Verbrauch aneinander anzupassen. Für die Umsetzung der Energiewende spielen die ganzheitliche und sektorübergreifende Gestaltung des Energiesystems eine zunehmend wichtige Rolle. Die Zusammenarbeit und das interdisziplinäre Verständnis der betroffenen Akteure (Handwerksbetriebe, Wohnungswirtschaft, Automobilwirtschaft, Energiewirtschaft et cetera) gilt es daher lokal, regional und bundesweit zu stärken. Die Landesregierung setzt sich dafür ein, den Hochlauf digitaler Technologien im Energiesystem mit einheitlichen Standards skalierbar und sicher zu gestalten. Hierfür müssen auf Bundesebene ein verlässlicher Rahmen und faire Wettbewerbsbedingungen für alle Flexibilitätsoptionen, einschließlich dem Lastmanagement, geschaffen werden, der zusätzlich deren systemdienlichen Einsatz sicherstellt. Ergänzend strebt die Landesregierung an, die Entwicklung und Anwendung von Smart Grids-Technologien in weiteren Forschungsprojekten und Demonstrationsvorhaben zu fördern.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Bereitstellen von Flexibilitäten

Zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit und zur Integration der fluktuierenden Erzeugung wird es immer wichtiger, Flexibilitäten bereitzustellen, und zwar sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite. Seitens der Bundespolitik müssen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass sich ein entsprechender Markt ausbildet. So müssen insbesondere marktliche Anreize für ein netz- und systemdienliches Verhalten der Netznutzenden geschaffen werden. In diesem Zusammenhang unterstützt das Land zudem Ansätze zur Reform der Netzentgeltssystematik.

- Digitalisierung der Energiewirtschaft, Smart Grids

Die Digitalisierung der Energiewirtschaft und der Umbau der Stromnetze zu intelligenten Netzen (Smart Grids) sind Voraussetzung für die Integration von Flexibilitäten sowie von Sektorkopplungstechnologien und sind gemeinsame Aufgabe

von Energieversorgern, Netzbetreibern, Betreiber von EE-Anlagen, energieintensiven Unternehmen, Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Politik.

7.3 ERDGAS- UND WASSERSTOFFNETZE

Die derzeitige (außen-)politische Lage stellt besondere Herausforderungen an die Planung der Erdgas- und Wasserstoffnetze sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene. So müssen aufgrund der Ukraine-Krise alle bisherigen Gasflüsse und Aufkommensquellen neu bewertet und ein womöglich beschleunigter Hochlauf eines Wasserstoffmarktes berücksichtigt werden. Die Konsultation des Netzentwicklungsplan (NEP) Gas 2022 bis 2032 durch die Fernleitungsnetzbetreiber wurde daher, ohne ein neues Zieldatum zu nennen, verschoben. Dies zeigt, dass derzeit sowohl bei den Planungen für den NEP Gas als auch bei der Planung eines Wasserstoffnetzes vieles im Fluss ist. Insgesamt ergibt dies eine hohe Dynamik bei der Entwicklung von Infrastrukturvorhaben durch Netzbetreiber und Marktteilnehmer. Von elementarer Bedeutung für die Anbindung einer Region an ein Wasserstoffnetz sind dabei Bedarfsanmeldungen aus Industrie, Gewerbe und nachgelagerten Netzbetreibern an die Entwickler dieser Vorhaben.

Baden-Württemberg steht bei der Planung der Entwicklung der Erdgas- und Wasserstoffnetze dabei vor einer besonderen Herausforderung. Die Nachfrage nach Erdgas in Wirtschaftsunternehmen und privaten Haushalten soll in den kommenden Jahren zusätzlich durch H₂-ready Erdgaskraftwerke ergänzt werden (siehe Unterkapitel 4.3). Zur Sicherstellung der mittelfristig noch erforderlichen Versorgung mit Erdgas und der langfristig erforderlichen Orientierung der Infrastruktur an den Klimaschutzziele wird daher weiterhin ein schneller H₂-ready Ausbau des Fernleitungsnetzes und von Verdichterstationen erforderlich sein. Die fertiggestellte Neckar-Enztal-Leitung (NET) sowie die derzeit zum Teil in Planungsverfahren befindlichen Vorhaben zum Bau der Süddeutschen Erdgasleitung (SEL) und zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit der Trans-Europa-Naturgas-Pipeline (TENP) bilden hierbei das Rückgrat.

Zugleich gilt es, Baden-Württemberg so früh wie möglich kostenoptimal an das noch im Planungsstadium befindliche nationale und internationale Wasserstoffnetz anzuschließen, ohne die Versorgungssicherheit mit Erdgas für private Haushalte und Wirtschaftsunternehmen zu gefährden. Die unter anderem von Fernleitungsnetzbetreibern vorangetriebenen Planungen zum Anschluss des baden-württembergischen Fernleitungsnetzes an ein übergeordnetes Wasserstoffnetz und der von Bund und der Landesregierung mit unterstützte Aufbau von regionalen Netzen werden sich hier ergänzen. Zugleich sind sukzessiv Gasleitungen auch im Verteilnetz auf den Transport von Wasserstoff umzustellen, um eine Versorgung von Nachfragern insbesondere aus dem gewerblichen und industriellen Bereich sowie aus der

Energiewirtschaft einschließlich zentraler Wärmeversorger sicherzustellen. Ziel ist es, durch den parallel laufenden zentralen und dezentralen Ansatz für Baden-Württemberg spätestens ab 2030 den Anschluss an ein nationales Wasserstoffnetz zu ermöglichen. Der rechtzeitige Anschluss an das europäische Wasserstoffnetz und die Verfügbarkeit von Wasserstoff wird sich zu einem wesentlichen Standortfaktor für innovative und zukunftsfähige Industrieansiedlungen entwickeln.

Das Erreichen der Klimaneutralität erfordert massive Anstrengungen bei der Transformation der Erdgaswirtschaft in eine Wasserstoffwirtschaft. Voraussetzung hierfür ist das Umwidmen eines großen Teils der Erdgasinfrastruktur in eine Wasserstoffinfrastruktur. Hierbei kann es auch zur Stilllegung von Erdgasleitungen kommen, insbesondere auf der Verteilnetzebene. Für eine wirtschafts- und verbraucherträgliche Gestaltung dieses langjährigen Prozesses sind auf nationaler und auf europäischer Ebene noch die dazu entsprechenden Rahmenbedingungen insbesondere im Bereich der Regulierung zu setzen (insbesondere zu Fragestellungen zum Unbundling, Abschreibungsmodalitäten, Umwidmung beziehungsweise Abwicklung von Gasnetzen et cetera). Die Landesregierung setzt sich dafür ein, dass die Interessen von Baden-Württemberg in die Gesetzgebungsprozesse Eingang finden. Mit dem Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) haben die Verteilnetzbetreiber einen mehrjährigen Planungsprozess zur Transformation der Gasverteilnetze zur Klimaneutralität gestartet.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Schneller H₂-ready Ausbau des Fernleitungsnetzes Gas

Zur Sicherstellung der mittelfristig noch erforderlichen Versorgung mit Erdgas ist der Ausbau der Erdgasleitungen auf Fernleitungsebene weiterhin erforderlich. Die Fernleitungsnetzbetreiber setzen die Vorgaben der Netzentwicklungsplanung Gas um und verwenden dabei nur Komponenten, die eine spätere Umwidmung der Anlagen erlaubt (H₂-ready). Die Landesregierung begleitet und unterstützt die Vorhabenträger bei ihren Projekten.

- Regulatorischer Rahmen für den Umbau der Gasinfrastruktur

Für die Transformation der Gasinfrastruktur brauchen die Netzbetreiber einen klaren regulatorischen Rahmen sowohl was die Umwidmung von Erdgas- zu Wasserstoffleitungen als auch die mögliche Stilllegung einzelner Gasleitungen angeht. Dabei ist zudem eine wirtschafts- und sozialverträgliche Lösung für die Gasnutzenden hinsichtlich der Gefahr deutlich steigender Netzentgelte bei einem Rückgang des Gasverbrauchs anzustreben. Dieser Rahmen muss auf Bundesebene unter enger Einbeziehung der Länder entwickelt werden.

Schlüsselstrategie für den Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur siehe Kapitel 6.2.

7.4 WÄRMENETZE

Damit Wärmenetze die oben skizzierte Rolle einnehmen können, bedarf es eines ambitionierten Ausbaus. Zwar steigt der Wärmeabsatz über Wärmenetze laut den Ergebnissen des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ nur um 55 Prozent bis zum Jahr 2040, da der Wärmeverbrauch der angeschlossenen Einzelgebäude sinken muss. Jedoch bedeutet dies ein Anwachsen der Zahl der Hausanschlüsse um das 2,5-Fache gegenüber dem Stand 2020. Dies wird durch Nachverdichtung in den bestehenden Versorgungsgebieten und Errichtung neuer Wärmenetze erreicht. Kommunale Wärmepläne weisen Eignungsgebiete für diese Nachverdichtung beziehungsweise Neu-Errichtung aus.

Um die Wärmenetze auf eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien auszurichten, bedarf es umfangreicher Investitionen. Prädestiniert für die erneuerbare thermische Energiegenerierung sind die oberflächennahe sowie tiefe Geothermie, die Solarthermie, mit erneuerbarem Strom gespeiste Wärmepumpen, ob groß oder klein und die Biomasse. Bezüglich der Biomasse gilt zu beachten, dass die erneuerbare thermische Energiegenerierung des Wärmenetzes nicht ausschließlich aus Biomasse erfolgen soll. Zudem gilt, dass ein Wärmenetz über einen Energiemix verfügen und nicht abhängig von einem Energieträger sein sollte. Dies gewährleistet die Versorgungssicherheit. Die Wärmeverluste der Wärmeverteilung sollten 20 Prozent der ins Wärmenetz eingespeisten Wärme nicht überschreiten. Zudem sollten die Wärmenetze so dimensioniert und technisch ausgelegt werden, dass diese Rücklauftemperaturen im Jahresdurchschnitt kleiner 45 Grad Celsius ermöglichen. Besonders effizient arbeiten Niedrigtemperatur-Wärmenetze.

NOTWENDIGE SCHLÜSSELSTRATEGIEN UND AKTEURE

- Förderung von Netzanschlusskosten

Der Anschluss an ein Wärmenetz muss von den Netzbetreibern so attraktiv gestaltet werden, dass (potenzielle) Kundinnen und Kunden sich ohne eine Anschlussverpflichtung für den Anschluss an ein Wärmenetz entscheiden. Um dies zu erwirken, ist eine attraktive Preisgestaltung, die Reduktion der Anschlusskosten und Öffentlichkeitsarbeit in Form von Informationsveranstaltungen vor Ort zwischen (potenziellen) Kundinnen und Kunden und Betreibern von Nöten. Ein sinnvolles Instrument zur Reduktion der Anschlusskosten könnte eine auf Landesmitteln basierende Förderung dieser darstellen.

- Erhalt beziehungsweise Repowering der Generierung thermischer Energie aus Biomassebestandsanlagen

Ein Großteil der Wärmenetze im Bestand basiert auf Biomasse. Angesichts der Ausbauziele und der Energiekrise gilt es den Bestand erneuerbarer Energieerzeugung zu

erhalten. Denkbar wäre eine Förderung des Repowering besagter Anlagen gekoppelt an die Bedingung regional beziehungsweise deutschlandweit erzeugte Biomasse zu verwenden.

- **Vereinfachte Umsetzung kalter Nahwärmenetze**

Ein kaltes Nahwärmenetz verfügt über so geringe Vorlauftemperaturen, dass die Rohrleitung des Wärmenetzes als oberflächennaher Erdwärmekollektor fungieren kann. Hierzu muss das Wärmenetz jedoch mit einwandigen Rohrleitungen verlegt werden. Für die erforderliche Risikoabwägung gegenüber dem Gewässer- und Bodenschutz und zur Beschleunigung des Ausbaus kalter Nahwärmenetze ist eine rechtliche Regulierung auf Bundesebene unter Länderbeteiligung zu erarbeiten.

- **Vereinfachungen bei der Zulassung von Wärmenetzen**

Neue Wärmenetze, Erweiterungen und zugehörige Erzeugungsanlagen sollen einfacher und schneller die erforderlichen behördlichen Zulassungen erhalten. Vorhandene Landeskompetenzen beim Genehmigungsregime werden hierzu genutzt.

7.5 AUSLANDSBEZIEHUNGEN

Auch mit der starken Forcierung des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg werden diese perspektivisch den Energiebedarf in Baden-Württemberg nicht decken können. Als Energieimportland muss sich Baden-Württemberg also weiterhin in enger Abstimmung mit anderen Ländern, dem Bund und auf europäischer Ebene für nationale, europäische und globale Energiepartnerschaften und den Rahmen für die Sicherung der benötigten Importmengen einsetzen, um die langfristige Energieversorgung in Form von Import von Strom und grünem Wasserstoff oder anderen synthetischen klimaneutralen Energieträgern sicherzustellen.

Mit seiner zentralen Lage in Europa ist Baden-Württemberg eine wichtige Energiedrehscheibe und profitiert unter anderem von der engen Einbindung in das europäische Stromsystem. Die vielfältigen Möglichkeiten zum Stromaustausch stärken in erster Linie unsere Versorgungssicherheit. Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass durch den grenzüberschreitenden Stromhandel eine sichere Versorgung deutlich kosteneffizienter gewährleistet werden kann, da dadurch weniger gesicherte Leistung im Land bereitgestellt werden muss. Klar ist, dass in dem eng verzahnten europäischen Stromsystem die erzeugungsseitige Herkunft der Stromimporte nach Baden-Württemberg nicht nachvollzogen werden kann. Angesichts der europaweiten Bestrebungen zur Umsetzung der Energiewende ist jedoch davon auszugehen, dass der Anteil der klimaneutralen Erzeugungsarten am Nettostromimport künftig weiter zunimmt. Die Landesregierung setzt sich weiterhin für eine Stärkung des Übertragungsnetzausbaus und des grenzüberschreitenden Stromaustauschs, bei gleichzeitigem Ausbau der flexiblen Back-up Kapazitäten im Land selbst, ein.

Auch bezüglich des Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft muss klar sein, dass ein Großteil des deutschen und somit auch des baden-württembergischen Wasserstoffbedarfes langfristig durch Importe abgedeckt werden muss. Baden-Württemberg wird deshalb neben der Unterstützung des Aufbaus von Erzeugungskapazitäten im Land gezielt den Aus- und Aufbau internationaler Kooperationen (Energiepartnerschaften) für den zusätzlichen Import von Wasserstoff in Abstimmung mit der Bundesebene verfolgen. Bei der Initiierung von Energiepartnerschaften und der Durchführung geeigneter Auslandsaktivitäten und Kooperationen orientiert sich das Land an der Ausrichtung des Bundes. Aktivitäten von zentralen Akteuren im Land (Gasversorger, Großabnehmer, Netzbetreiber) werden in Abstimmung mit dem Bund politisch unterstützt und flankiert.

Neben der Notwendigkeit, baden-württembergische Unternehmen frühzeitig mit Wasserstoff zu versorgen, bieten internationale Märkte enorme Exportpotenziale für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien. Das Umsatzpotenzial lässt sich allerdings nur dann realisieren, wenn es gelingt, baden-württembergische Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien in großem Maße in relevante Zielmärkte zu exportieren und internationale Marktanteile in einem zunehmend kompetitiven Umfeld zu erringen. Neben Potenzial- und Marktanalysen wird das Land das zur Verfügung stehende Instrumentarium im Bereich Außenwirtschaft und Standortmarketing einsetzen.

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Kernerplatz 9

70182 Stuttgart

Tel.: 0711 126-0

Fax: 0711 126-2881

Internet: um.baden-wuerttemberg.de

E-Mail: poststelle@um.bwl.de