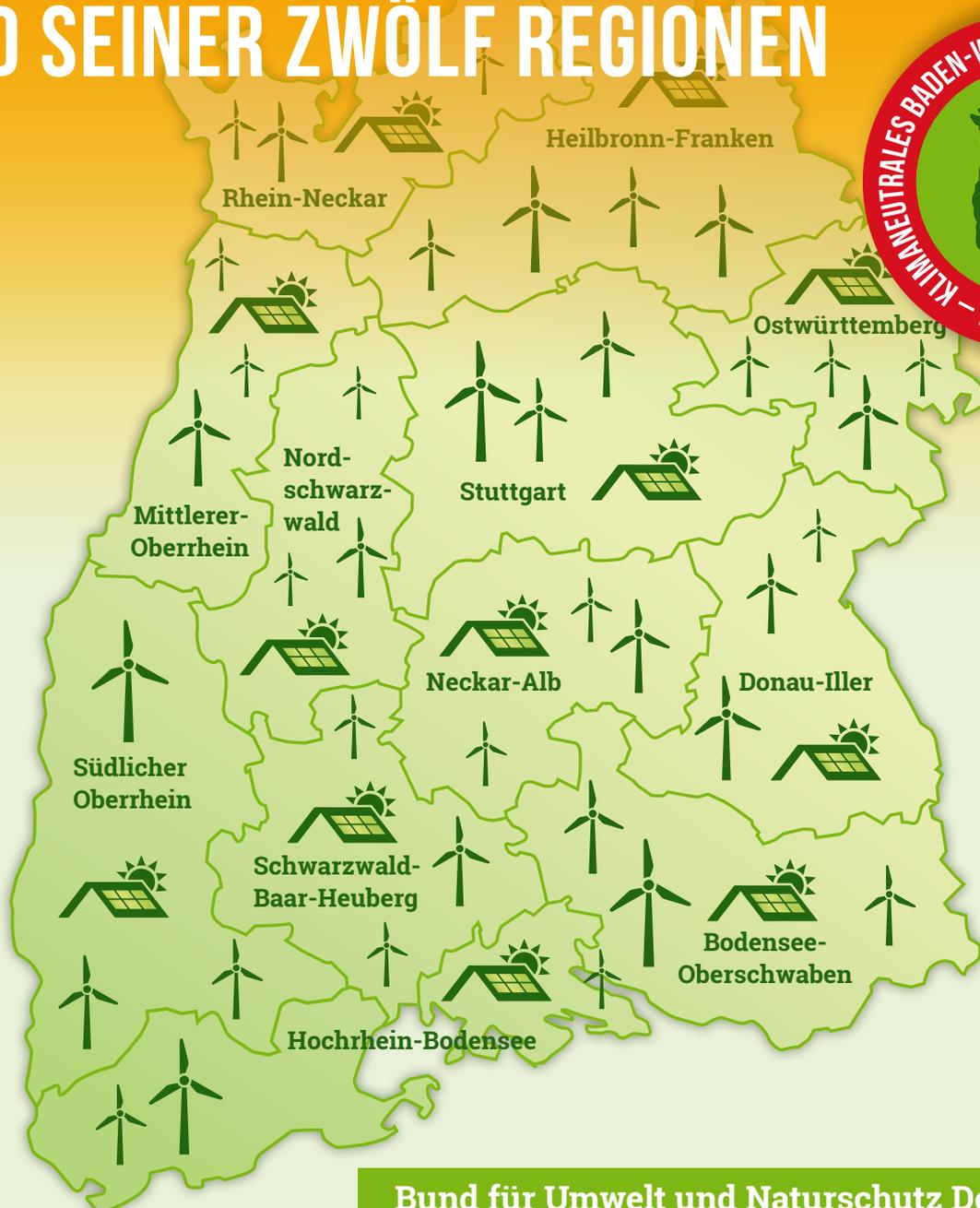


100% KLIMANEUTRALE ENERGIEVERSORGUNG

– DER BEITRAG BADEN-WÜRTTEMBERGS UND SEINER ZWÖLF REGIONEN



Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland

Inhaltsverzeichnis

3 Einleitung

4 Die Szenarien

4 Grundannahmen

6 Strommix

6 Wärmemix

7 Anpassung auf Baden-Württemberg

8 Regionalisierung in Baden-Württemberg

12 Maßnahmen

12 Handlungsfeld: Reduktion des Energieverbrauchs

12 Maßnahme 1: Effizienzmaßnahmen zur Reduzierung des Stromverbrauchs

12 Maßnahme 2: Energetische Gebäudesanierung

13 Maßnahme 3: Etablierung einer suffizienten Lebens- und Wirtschaftsweise

14 Handlungsfeld: Stromversorgung

14 Maßnahme 4: Ausweisung von mindestens drei Prozent der Landesfläche für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen

14 Maßnahme 5: Beschleunigung der Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen

14 Maßnahme 6: Verbesserung der Förderbedingungen für PV- und Windenergieanlagen in Baden-Württemberg

15 Maßnahme 7: Bessere Beteiligung von Kommunen und Anwohner*innen an EE-Anlagen

15 Maßnahme 8: Aufbau einer Infrastruktur für Stromtransport (Netzausbau)

16 Handlungsfeld: Gebäudewärmeversorgung

16 Maßnahme 9: Kommunale Wärmeplanung

16 Maßnahme 10: Wärmepumpen-Offensive

17 Maßnahme 11: Ausbauoffensive für Fernwärmenetze und deren Dekarbonisierung

18 Anhang 1: Zusammenfassung der Maßnahmen entlang der Entscheidungs- und Umsetzungsebenen in Baden-Württemberg

18 Landesregierung Baden-Württemberg

19 Regionalverbände, Regierungspräsidien und regionale Energieagenturen in Baden-Württemberg

19 Kommunen in Baden-Württemberg

20 Anhang 2: Zusammenfassung der Angaben zu Wasserstoff

20 Wasserstoffnachfrage

21 Wasserstoffangebot

22 Produktion und Logistik

Einleitung

Die Europäische Union möchte bis zum Jahr 2050 eine klimaneutrale Wirtschafts- und Lebensweise erreichen. Deutschland ist sogar noch ambitionierter. Nach dem wegweisenden Klimaurteil des Bundesverfassungsgerichts hat Deutschland Klimaneutralität bis 2045 gesetzlich verankert. In Baden-Württemberg schließlich ist das Zieljahr 2040 für Netto-Null-Emissionen.

Unabhängig vom Zieljahr ist klar, dass der Bedarf an Strom aus erneuerbaren Quellen zunehmen wird. Zum einen müssen Kohle-, Gas- und Atomstrom ersetzt werden. Zum anderen nimmt der Strombedarf durch die Elektrifizierung der Sektoren Gebäude, Industrie und Mobilität zu. Und schließlich ist grüner Wasserstoff erforderlich, der ebenfalls mit Grünstrom produziert wird. Dieser Wasserstoff dient einerseits als Energiespeicher für „Dunkelflauten“ und andererseits zur Dekarbonisierung der Stahl- und Chemieindustrie.

Es gibt insgesamt sieben Studien, die Pfade zur Klimaneutralität für Deutschland aufzeigen. Diese wurden ausgewertet mit dem Ziel, „klimaneutrale Zielbilder für Baden-Württemberg“ zu erstellen. Anschließend wurden drei Szenarien aus diesen Studien auf die zwölf Regionen Baden-Württembergs heruntergebrochen. Zusätzlich wurde eine klimaneutrale Fernwärmeversorgung der Regionen modelliert.

Darauf basierend wurden schließlich Maßnahmen abgeleitet für die Handlungsfelder „Reduktion des Energieverbrauchs“, „Stromversorgung“ und „Gebäudewärmeversorgung“.

Da die Studie aufzeigen soll, was für eine „100% klimaneutrale Energieversorgung“ von Baden-Württemberg erforderlich ist, wurden die Bereiche Landwirtschaft und negative Emissionen etwa durch Aufforstung oder die Wiedervernässung von Feuchtgebieten nicht betrachtet. Das Gleiche gilt für den Flugverkehr.



Weitere Studien möglich machen!

Wissenschaftliche Studien sind aufwändig und dementsprechend teuer. Doch sie sind unerlässlich, um Druck auf die Politik zu machen. Helfen Sie uns mit Ihrer Spende!

Spendenkonto

BUND Baden-Württemberg

IBAN: DE64 6925 0035 0004 0881 00

BIC: SOLADES1SNG

Sparkasse Hegau-Bodensee

Die Szenarien

In den sieben Studien wurden drei Szenarien identifiziert, die die Bandbreite der möglichen Pfade hin zur Klimaneutralität abdecken. Diese sind:

- ▶ Das Ariadne-Szenario entspricht dem Szenario „Technologie-Mix“ (Modell REMIND) des Projekts Ariadne
- ▶ Das Agora-Szenario entspricht dem Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ von Agora-Energiewende
- ▶ Das UBA-Szenario entspricht dem Szenario „GreenSupreme“ des Umweltbundesamts (UBA)

Grundannahmen

Ariadne-Szenario

Das Ariadne-Szenario hat den höchsten Strombedarf der drei Szenarien. Insgesamt nimmt der Strombedarf um 90 Prozent zu, während der Primärenergiebedarf um 55 Prozent fällt. Dieser Rückgang verdeutlicht die Effizienzverbesserung durch Elektrifizierung.

Das Ariadne-Szenario hat auch den größten Wärmebedarf der drei Szenarien und deckt diesen als einziges Szenario teilweise mit E-Fuels ab.

Der Strombedarf wird mit einem „ausgewogenen Energiemix“ gedeckt, der zur Kostenoptimierung einen großen Anteil an Onshore-Wind enthält. Das Szenario setzt zudem stark auf Flüssigkraftstoffe (E-Fuels), die sowohl für Fahrzeuge als auch zur Wärmeerzeugung dienen. Diese E-Fuels werden zu einem großen Teil aus Biomasse hergestellt. Zudem werden 150 TWh Wasserstoff und 140 TWh E-Fuels importiert.

Suffizienz, also die Reduktion des Energiebedarfs durch Konsumeinschränkungen wie ein geringerer Fleischkonsum, eine kleinere Wohnfläche oder der Verzicht auf Flugreisen, wird in diesem Szenario nicht berücksichtigt.

Das Szenario geht von einem Rückgang der Bevölkerung in Deutschland von heute 83 Millionen Menschen auf noch 80 Millionen im Zieljahr 2045 aus. Das durchschnittliche Wirtschaftswachstum beträgt 1,1 Prozent pro Jahr.

Agora-Szenario

In diesem Szenario steigt der Strombedarf bis 2045 „nur“ um 46 Prozent, während der Primärenergiebedarf um 61 Prozent sinkt. Dieser Bedarf wird zu einem größeren Teil mit Offshore-Wind gedeckt als in den anderen Szenarien. Das Agora-Szenario ist das einzige, in dem das Ziel der Bundesregierung erreicht wird, die Offshore-Wind-Kapazität auf 70 GW bis 2045 zu steigern.

Der Wärmebedarf ist in diesem Szenario am zweithöchsten. Dieser wird mit einem auffallend großen Teil mit Biomasse gedeckt, etwa durch Pelletheizungen. Es werden rund 170 TWh Wasserstoff und rund 160 TWh E-Fuels importiert.

Das Szenario unterstellt erneut keine Verhaltensänderungen zur Senkung des Energiebedarfs. Auch ein Nachfragerückgang für energieintensive Güter wie Stahl, Zement oder Kunststoffe wird nicht berücksichtigt. Einzig bei der Ernährung geht Agora davon aus, dass der Trend zu einer weniger fleischlastigen Diät anhält.

Das Szenario geht erneut von einem Rückgang der Bevölkerung auf 80 Millionen bis 2045 aus. Gleichzeitig wächst allerdings die Wirtschaft um durchschnittlich 1,4 Prozent pro Jahr.

UBA-Szenario

Das UBA-Szenario setzt im Gegensatz zu den anderen Szenarien stark auf Suffizienz. Außerdem geht es von einer Bevölkerung von nur 72 Millionen Menschen im Zieljahr 2050 aus. Das Wirtschaftswachstum geht bis zum Jahr 2030 auf null zurück und bleibt so bis zum Jahr 2050 – eine Entwicklung, die als „Wachstumsbefreiung“ bezeichnet wird. Das UBA-Szenario berücksichtigt zudem die globale Versorgung mit Rohstoffen. Das UBA geht hier davon aus, dass die globale Nachfrage nach Basis- und Technologiemetallen nicht gedeckt werden kann, wenn in ärmeren Ländern die Nachfrage nach diesen Rohstoffen steigt.

Wie zu erwarten, geht in diesem Szenario der Primärenergieverbrauch am stärksten zurück, um 78 Prozent bis 2050. Gleichzeitig steigt der Strombedarf um 16 Prozent, was der geringsten Zunahme aller Szenarien entspricht. Es werden rund 370 TWh E-Fuels und Wasserstoff importiert. Insgesamt hat das UBA-Szenario den größten Verbrauch an E-Fuels und Wasserstoff. Das Szenario hat den geringsten Wärmebedarf, der ausschließlich mittels Fernwärme und Wärmepumpen gedeckt wird.

Zusammenfassend unterscheiden sich die Szenarien wie folgt:

	Ariadne-Szenario	Agora-Szenario	UBA-Szenario
Zieljahr	2045	2045	2050
Bevölkerung	80 Millionen	80 Millionen	72 Millionen
Wachstum	1,1% pro Jahr	1,4% pro Jahr	0% ab 2030
Primärenergiebedarf	- 55%	- 61%	- 78%
Strombedarf	+ 90%	+ 46%	+ 16%
Wärmebedarf	- 28%	- 35%	- 66%



Download Klimastudie Langfassung
www.bund-bawue.de/klimastudie



Foto: Niklas Dick/BUND BW

Strommix

In allen drei Szenarien wird der Strommix durch Wind- und Solarstrom dominiert. Der Anteil von Biomasse und Wasserkraft ist verschwindend gering, was in Anbetracht des Dürresommers 2022 als sinnvoll erscheint.

Innerhalb des Wind- und Solarstrom-Teils des Strommixes bestehen allerdings durchaus Unterschiede:

- ▶ Das Ariadne-Szenario setzt vor allem auf Onshore-Wind und in einem etwas geringeren Maß auf Photovoltaik (PV). Der Anteil von Offshore-Wind ist dagegen relativ gering.
- ▶ Das Agora-Szenario setzt in etwa gleichen Teilen auf Onshore- und Offshore-Wind sowie auf Photovoltaik. Aus diesem Grund kommt dieses Szenario auf den größten Offshore-Anteil.
- ▶ Das UBA-Szenario schließlich, hat einen auffallend geringen Anteil an Photovoltaik und setzt primär auf Onshore-Wind.
- ▶ Alle Szenarien weisen in der Jahresbilanz Nettostromimporte auf. Im Ariadne-Szenario liegen sie bei 53 TWh (ca. 5 Prozent der Bruttostromnachfrage), im Agora-Szenario bei 22 TWh (ca. 2 Prozent der Bruttostromnachfrage) und im UBA-Szenario bei 43 TWh (ca. 6 Prozent der Bruttostromnachfrage).

Wärmemix

Alle drei Szenarien haben gemeinsam, dass der Wärmebedarf deutlich sinkt, nicht zuletzt durch eine bessere Isolierung der Gebäude. Am deutlichsten sinkt der Bedarf im UBA-Szenario, da hier auch ein Rückgang der Wohnfläche berücksichtigt wird.

Beim Wärmemix unterscheiden sich die Szenarien hingegen stark:

- ▶ Im Ariadne-Szenario ist der Wärmemix durch Strom, gefolgt von Wärmepumpen und Fernwärme, geprägt. Außerdem werden E-Fuels genutzt.
- ▶ Im Agora-Szenario fällt der große Anteil von Biomasse auf, der allerdings auch hier kleiner ausfällt als die Anteile von Strom und Fernwärme. Agora hat zudem das einzige Szenario, in dem Solarthermie eine Rolle spielt.
- ▶ Das UBA-Szenario ist das am wenigsten differenzierte. Hier kommen nur Wärmepumpen, Fernwärme und Strom zum Einsatz.



Anpassung auf Baden-Württemberg

Wie oben erwähnt hat Baden-Württemberg das Ziel, bis zum Jahr 2040 auf Netto-Null-Emissionen zu kommen, während die Szenarien von den Zieljahren 2045 bzw. 2050 ausgehen. Dies bedeutet, dass eine höhere Transformationsgeschwindigkeit erforderlich ist. Ferner betrachten die Szenarien ganz Deutschland und die vorliegende Studie nur ein Bundesland. Daher müssen die Werte für Deutschland mit diversen Verteilschlüsseln auf Baden-Württemberg heruntergebrochen werden. Diese Verteilschlüssel sind sehr heterogen und gehen von der Bevölkerung und dem Fahrzeugbestand bis zur „Fläche für Beeren, Kernobst,

Steinobst und Gemüse“ zur Ermittlung des Potentials von Agri-Photovoltaik. Die auf Baden-Württemberg angepassten und beschleunigten Szenarien heißen dementsprechend Ariadne-Szenario-BW-2040, Agora-Szenario-BW-2040 und UBA-Szenario-BW-2040.

Wenn man den Strombedarf Baden-Württembergs mit dem von Deutschland vergleicht, fällt auf, dass das Bundesland einen deutlich stärkeren Zunahme des Strombedarfs hat und das obwohl „sich in Baden-Württemberg keine Standorte der Primärstahlerzeugung und der Grundstoffchemie befinden“.

	Ariadne-Szenario-BW-2040	Agora-Szenario-BW-2040	UBA-Szenario-BW-2040
Strombedarf Deutschland	+ 90%	+ 46%	+ 16%
Strombedarf Baden-Württemberg	+ 115%	+ 70%	+ 40%

Im Gegensatz zu den Deutschland-Szenarien wird schließlich innerhalb des Blocks „Solarstrom“ in der vorliegenden Studie stärker differenziert. Hier kommt folgender Verteilschlüssel zum Zug: 55 Prozent PV-Dachanlagen, 35 Prozent PV-Freiflächenanlagen, 10 Prozent PV-Sonderanlagen (bestehend aus 5 Prozent Agri-PV auf Sonderkulturen, 2,5 Prozent Agri-PV auf Grünland und 2,5 Prozent PV über Parkplätzen).

Beim Wärmebedarf fällt auf, dass im Ariadne-Szenario-BW-2040 der Bedarfsrückgang in Baden-Württemberg weniger stark ausfällt als in Deutschland. In den beiden anderen Szenarien profitiert das Bundesland hingegen von seiner südlichen Lage:

	Ariadne-Szenario-BW-2040	Agora-Szenario-BW-2040	UBA-Szenario-BW-2040
Wärmebedarf Deutschland	- 50%	- 35%	- 66%
Wärmebedarf Baden-Württemberg	- 34%	- 40%	- 69%

Regionalisierung in Baden-Württemberg

Um die Werte für ganz Baden-Württemberg auf die zwölf Regionen herunterzubrechen, kommen wieder viele, sehr heterogene Verteilungsschlüssel zur Anwendung. Bei der Erzeugung von Windstrom wird so nicht nur das Windpotential berücksichtigt, sondern auch das Kollisionsrisiko windkraftsensibler Vogel- und Fledermausarten. Auch PV-Freiflächenanlagen werden nicht einfach pauschal auf die Regionen verteilt, sondern unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit von „Seitenrandstreifen und Konversionsflächen“ sowie von der Bodenqualität für Freiflächen auf Landwirtschaftsland.

Interessant ist die regionale Verteilung der Wasserstoffkraftwerke: Im Ariadne- und im Agora-Szenario BW-2040 finden sich die meisten Kraftwerke im Raum Stuttgart und in der Region Rhein-Neckar. Hinsichtlich des Transports von Wasserstoff, sollte sich die Landesregierung dafür einsetzen, „dass das in Norddeutschland und in Nordrhein-Westfalen im Aufbau begriffene Wasserstoff-Fernleitungsnetz entlang des Oberrheingrabens und auf der Achse Mannheim / Karlsruhe – Stuttgart – Ulm weitergeführt wird.“

Das Ergebnis der Regionalisierung ist ein Strommix in den verschiedenen Regionen, der sich sowohl stark zwischen den verschiedenen Regionen als auch zwischen den verschiedenen Szenarien unterscheidet.

Große Unterschiede zeigen sich auch bei den Stromimporten und -exporten. In allen drei Szenarien ist Baden-Württemberg ein Stromimporteur. Betrachtet

man aber die einzelnen Regionen zeigen sich große Unterschiede: Acht Regionen importieren Strom, allen voran Stuttgart, und vier Regionen exportieren Strom, allen voran Donau-Iller.

Beim Wärmemix (ohne Fernwärme) hingegen hängt die Zusammensetzung primär von den Annahmen in den verschiedenen Szenarien sowie dem Fernwärmepotential ab, da der Wärmebedarf gemäß Einwohnerzahl auf die Regionen verteilt wurde. Anders bei der Fernwärme: Hier werden auch die unterschiedlichen Potentiale etwa für Tiefengeothermie, Freiflächen-Solarthermie sowie Fluss-, See- und Abwasser-Wärmepumpen abgeschätzt. „Regionen mit größeren Flüssen (v. a. entlang des Rheins) weisen auch ein größeres Potenzial für die Nutzung von Fluss-Wärmepumpen auf. Regionen mit größeren Städten haben hingegen ein größeres Potenzial für Abwasser-Wärmepumpen. See-Wärmepumpen gibt es entlang des Bodensees in den Regionen ‚Hochrhein-Bodensee‘ und ‚Bodensee-Oberschwaben‘.“ Zusätzlich sind insbesondere im Raum Stuttgart Wasserstoff-KWK-Anlagen erforderlich, um den Bedarf an Fernwärme zu decken. Zudem sollen Wärmespeicher in den verschiedenen Regionen gebaut werden, die bis zu zwei Stunden der maximalen Wärmenachfrage abdecken können. Somit ergibt sich wieder ein nach Region und Szenario ausdifferenzierter Mix an Fernwärmetechnologien.

Wie detailliert die Regionalisierung ist, soll anhand der Region Rhein-Neckar im Folgenden gezeigt werden.¹

Die Region Rhein-Neckar verfügt über die folgenden Potentialflächen für Windenergie unter Berücksichtigung des Kollisionsrisikos (KR) mit KR1 „gering“ und KR2 „mittel“ (in ha):

	Geeignet & KR1 oder KR2	Bedingt geeignet & KR1 oder KR2	Potenzialfläche	Flächenanteil in der Region	Anteil in Baden-Württemberg
Rhein-Neckar	6.843	1.199	8.042	3,3 %	7 %

¹ Grafiken für die verschiedenen Regionen und Szenarien sind auch auf der Webseite des BUND Baden-Württembergs zu finden, unter: www.bund-bawue.de/klimastudie



Mit einer Potentialfläche von 3,3 % verfügt die Region Rhein-Neckar in allen Szenarien über genug Platz für Windanlagen und liegt bei deren Nutzung im Mittel von Baden-Württemberg:

	Ariadne-Szenario-BW-2040	Agora-Szenario-BW-2040	UBA-Szenario-BW-2040
Rhein-Neckar	2,8 %	1,4 %	2,0 %
Baden-Württemberg	2,7 %	1,4 %	2,0 %

Die Region Rhein-Neckar verfügt über die folgenden Potentialflächen für PV-Freiflächenanlagen (in ha):

	Seitenrand-streifen und Konversions-flächen	Spezifischer Verteil-schlüssel	Benachteilig-te landwirtschaft-liche Gebiete	Spezifischer Verteil-schlüssel	Kombinierter Verteilschlüs-sel (2 : 1)
Rhein-Neckar	2.252	8 %	540	6 %	8 %

Da hier nicht angegeben ist, welcher Anteil der Region Rhein-Neckar für PV-Freiflächenanlagen geeignet ist, lässt sich nicht direkt überprüfen, ob die Region genug Platz für PV-Freiflächenanlagen hat. Sicher ist nur, dass die Region genau dem Durchschnitt Baden-Württembergs liegt:

	Ariadne-Szenario-BW-2040	Agora-Szenario-BW-2040	UBA-Szenario-BW-2040
Rhein-Neckar	0,4 %	0,4 %	0,2 %
Baden-Württemberg	0,4 %	0,4 %	0,2 %

Und schließlich werden die PV-Dach- und Sonderanlagen mit folgenden Schlüsseln auf die Region Rhein-Neckar verteilt:

	PV-Dach-anlagen	Agri-PV auf Sonderkulturen	Agri-PV auf Grünland	PV-Park-plätze	PV-Sonder-anlagen kombiniert (2 : 1 : 1)
Rhein-Neckar	10 %	7 %	3 %	9 %	6 %

Daraus ergibt sich in den verschiedenen Szenarien folgende Erzeugungskapazitäten (in GW) für Strom in der Region Rhein-Neckar:

Szenario-BW-2040	Wind	PV-Frei-fläche	PV-Dach	PV-Sonder-anlagen	Biomasse	Laufwasser	Wasser-stoff
Ariadne	1,5	1,0	2,2	0,3	0,0	0,0	1,0
Agora	0,8	1,0	2,2	0,3	0,0	0,0	1,5
UBA	1,1	0,4	0,9	0,1	0,0	0,0	0,1
Durch-schnitt	1,1	0,8	1,8	0,2	0,0	0,0	0,9

Mit dem obigen Anlagenpark werden folgende Mengen an Strom erzeugt (in TWh):

Szenario-BW-2040	Wind	PV-Frei-fläche	PV-Dach	PV-Sonder-anlagen	Biomasse	Laufwasser	Wasser-stoff
Ariadne	3,7	0,9	2,0	0,3	0,0	0,1	0,7
Agora	1,9	0,9	2,0	0,3	0,1	0,2	0,8
UBA	2,7	0,4	0,8	0,1	0,1	0,2	0,1
Durch-schnitt	2,8	0,7	1,6	0,2	0,1	0,2	0,5

Diese Stromerzeugung reicht allerdings nicht aus und die Region Rhein-Neckar importiert in allen drei Szenarien mehr als zwei Fünftel des Strombedarfs (in TWh):

Szenario-BW-2040	Stromnachfrage	Stromerzeugung	Stromimporte	Importanteil
Ariadne	12,8	7,4	5,4	42 %
Agora	9,8	5,8	4,0	41 %
UBA	7,8	4,4	3,4	44 %
Durch-schnitt	10,1	5,9	4,3	43 %

Und nun zur Wärmeversorgung: Die Region Rhein Neckar hat im Jahr 2019 für Raumwärme und Warmwasser 5,7 TWh Energie benötigt. Dieser Energiebedarf geht in allen Szenarien deutlich zurück. Der verbleibende Bedarf wird je nach Szenario allerdings aus unterschiedlich gewichteten Quellen gedeckt (in TWh):

Szenario-BW-2040	E-Fuels	Biomasse	Umweltwärme	Strom	Nah- und Fernwärme
Ariadne	0,2	0,5	1,3	0,5	2,4
Agora	0,1	1,4	0,5	1,0	0,5
UBA	0,5	1,4	1,5	0,5	1,4
Durchschnitt	0,3	1,1	1,1	0,7	1,4

Wenn man nun nur die Nah- und Fernwärme betrachtet, hat die Region Rhein Neckar den folgenden Anlagenpark (in GW):

Szenario-BW-2040	Müllverbrennung	Geothermie	Abwärme	Solarthermie	Biomasse	KWK	Wärmepumpe
Ariadne	100	87	42	410	110	601	541
Agora	100	87	42	410	30	1.055	541
UBA	100	87	42	410	110	150	541
Durchschnitt	100	87	42	410	83	585	541

Mit obigem Anlagenpark werden schließlich folgende Energiemengen für die Nah- und Fernwärmeversorgung der Region Rhein-Neckar erzeugt (in GWh):

Szenario-BW-2040	Müllverbrennung	Geothermie	Abwärme	Solarthermie	Biomasse	KWK	Wärmepumpe
Ariadne	764	571	235	146	291	302	364
Agora	783	762	368	254	60	379	782
UBA	451	508	141	40	377	153	25
Durchschnitt	666	614	248	147	243	278	390

Maßnahmen

Die Studie beinhaltet elf Maßnahmen. Diese lassen sich den Handlungsfeldern „Reduktion des Energieverbrauchs“, „Stromversorgung“ und „Gebäudewärmeversorgung“ zuordnen.

Handlungsfeld: Reduktion des Energieverbrauchs

Maßnahme 1: Effizienzmaßnahmen zur Reduzierung des Stromverbrauchs

„Die Entwicklung des Stromverbrauchs setzt sich aus zwei unterschiedlichen Komponenten zusammen: einerseits können Effizienzmaßnahmen den klassischen Stromverbrauch reduzieren. Dies betrifft vor allem Querschnittstechnologien in der Industrie (wie z. B. Pumpen, Kompressoren und Ventilatoren), Beleuchtung und Klimatisierung von Gebäuden, Beleuchtung von Straßen und Denkmälern sowie die typischen Haushaltsgeräte. Andererseits stellt die Elektrifizierung sowohl der Wärmeerzeugung (z. B. über Wärmepumpen) als auch der Mobilität (z. B. über Elektrofahrzeuge) selbst eine Effizienzmaßnahme dar, die dann allerdings den Stromverbrauch erhöht.“

Effizienzmaßnahmen führen oft nicht zu einer Senkung des Stromverbrauchs. Wenn die Wirtschaft wächst, wächst auch der Strombedarf. Zudem sorgen Rebound-Effekte dafür, dass der Strombedarf durch Mehrkonsum steigt.

Das Land und die Kommunen haben zwei Hebel, um den Strombedarf zu senken:

1. Sie können in ihren eigenen Gebäuden die Beleuchtung, Klimatisierung und Beheizung optimieren.
2. Sie können das Thema Energieeffizienz bei den Stromverbrauchern besser verankern, etwa durch eine „Ausweitung des Stromspar-Checks für private Haushalte oder durch die aufsuchende Energie(einspar)beratung für Quartiere“.

Auf Bundesebene sollten Subventionen für fossile Brennstoffe abgebaut und der CO₂-Preis auf ein angemessenes Niveau erhöht werden. Dadurch werden die externen Kosten der Verbrennung fossiler Brennstoffe internalisiert.

Maßnahme 2: Energetische Gebäudesanierung

„Die energetischen Mindestanforderungen für Bestandsgebäude setzt das Gebäudeenergiegesetz (GEG). Der Großteil der finanziellen Breitenförderung kommt ebenfalls aus Bundesprogrammen (v. a. Bundesförderung effiziente Gebäude BEG).“ Das Land ist allerdings für die Umsetzung des GEG verantwortlich. Oft fehlt aber Personal und in kleineren Kommunen auch die Expertise, um den Vollzug sicherzustellen. Daher müssen die Kapazitäten der unteren Bauaufsichtsbehörden ausgebaut und das Personal entsprechend weitergebildet werden.

Land und Kommunen haben zudem eine wichtige Funktion bei der Beratung und Information der Hausbesitzer*innen. Daher sollten die Beratungskapazitäten etwa in den regionalen Energieagenturen ausgebaut werden – von der niederschweligen Einstiegsberatung bis zu einer umfassenden Umsetzungsberatung. Die kommunalen Wärmepläne werden zudem dazu führen, dass die Quartierberatung wichtiger wird. Bei allen Beratungen ist die Fördermittelberatung ein zentraler Aspekt.

Das Land und die Kommunen sollten zudem bei der Sanierung des Gebäudebestands vorangehen und ihre Sanierungsraten steigern. Dafür müssen dann auch die nötigen Mittel bereitgestellt werden.

Der Fachkräftemangel ist ein Hemmnis für die Umset-

zung der Wärmewende. Die Landesregierung sollte sich daher in Berlin dafür einsetzen, dass das Fachkräfte-Einwanderungsgesetz zügig umgesetzt wird.

Maßnahme 3: Etablierung einer suffizienten Lebens- und Wirtschaftsweise

Suffizienzmaßnahmen zielen auf eine Veränderung des Konsumverhaltens ab. Sie sind damit kostengünstig und haben wenige unerwünschte Nebeneffekte wie Biodiversitätsverluste. Trotzdem werden sie in den meisten Studien nicht berücksichtigt, da ihnen eine geringe Wahrscheinlichkeit des Eintretens attestiert wird. Die Studie betrachtet hier zwei Teilbereiche: Mobilität, und Wohnen:

Mobilität

Studien gehen davon aus, dass die Konsumenten eher bereit sind, ihr Mobilitätsverhalten zu ändern als ihre Ernährung oder ihren Bedarf an Wohnraum.

Hier lassen sich drei Teilbereiche unterscheiden:

- 1. Maßnahmen zur Reduktion des Autoverkehrs und Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr:** Hier ist insbesondere der Bund gefragt. Dieser kann den Individualverkehr stärker besteuern, etwa durch eine fahrleistungsabhängige Maut. Zudem kann er die Pendlerpauschale abschaffen oder in ein „Mobilitätsgeld“ umwandeln. Außerdem kann er die steuerliche Bevorzugung von Dienstwagen abschaffen oder zumindest reformieren, sodass eine steuerliche Gleichbehandlung von Dienstwagen und Privatautos gewährleistet ist. Denkbar ist auch die Modifikation des Dienstwagenprivilegs durch eine CO₂-Komponente. Und schließlich kann der Bund im Verkehrswegeplan den öffentlichen Verkehr und den Fahrradverkehr bevorzugen.
Aber auch Länder und Kommunen haben Möglichkeiten den Autoverkehr zu reduzieren: Sie können die Gratismotivität bei der Bewirtschaftung des Parkraums beenden und einen angemessenen

Preis für die Nutzung von öffentlichem Raum verlangen. Dann können sie innerorts Tempo 30 einführen, was insbesondere das Fahrrad attraktiver macht. Des Weiteren können sie den öffentlichen Verkehr attraktiver machen, etwa durch ein landesweites „Neun-Euro-Ticket“. Städte können zudem eine „City-Maut“ einführen, wie in London, wo das zu einer deutlichen Reduktion des Verkehrs geführt hat.

- 2. Maßnahmen zur Reduktion der zurückgelegten Strecken:** Bei der Stadtplanung sollte die „Stadt der kurzen Wege“ als Leitbild dienen. Wie die Pandemie gezeigt hat, ist zudem die Arbeit im Homeoffice für viele möglich. Wenn ein Fünftel der Arbeitstage dort erbracht wird, werden eine Million Tonnen CO₂-Emissionen vermieden. Homeoffice kann von Firmen, Kommunen und vom Land gefördert werden.
- 3. Reduktion des Flugverkehrs:** Unternehmen können den Ersatz von geschäftlichen Flugreisen durch Videokonferenzen fördern. Unterstützend könnte der Bund hier außerdem die Luftverkehrssteuer und die Steuer auf Kerosin erhöhen.

Wohnen

Suffizienz zielt in diesem Bereich auf eine Reduktion der Wohnfläche sowie des Strom- und Wärmebedarfs ab. Hier können die Länder und Kommunen kurzfristig Einsparungen erzielen, indem sie die Temperatur in ihren Liegenschaften absenken. Den Bedarf an Wohnraum zu reduzieren, ist hingegen schwieriger. Paare, deren Kinder ausgezogen sind, haben oft keinen Anreiz, in eine kleinere Wohnung zu ziehen, da dann ihre Miete pro Quadratmeter steigt. Dieses Problem kann durch eine Förderung des Teilens von Wohnraum etwa in Erwachsenen-WGs oder Mehrgenerationen-Häusern zumindest begrenzt werden. Denkbar ist auch die Förderung des Tauschs von Wohnungen. Eine Emissionsreduktion lässt sich schließlich auch durch das Teilen, etwa von Werkzeugen und der Reparatur von Geräten erzielen. Kommunen können dies durch die Förderung von Repaircafés und Tauschbörsen unterstützen.



Handlungsfeld: Stromversorgung

Hier bestehen Wechselwirkungen zwischen der Stromerzeugung, der Stromspeicherung und dem Stromtransport. So muss weniger Strom importiert werden, wenn mehr erneuerbare Energie in Baden-Württemberg erzeugt wird.

Maßnahme 4:

Ausweisung von mindestens drei Prozent der Landesfläche für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen

In Baden-Württemberg muss das Ausbautempo der Windenergie von heute 0,1 GW pro Jahr auf 0,5 bis 0,9 GW gesteigert werden. Das entspricht dem Bau von 3.000 bis 5.000 zusätzlichen Windkraftanlagen, wofür 1,4 bis 2,7 Prozent der Landesfläche benötigt werden. Zudem ist der Bau von PV-Freiflächenanlagen auf 5.000 bis 14.000 Hektar erforderlich, was in etwa 0,2 bis 0,4 Prozent der Landesfläche entspricht. Je nach Szenario werden so insgesamt zwischen 1,8 Prozent (Agora-Szenario-BW-2040), 2,1 Prozent (UBA-Szenario-BW-2040) und 3,1 Prozent (Ariadne-Szenario-BW-2040) der Landesfläche benötigt. Bisher sieht das Klimaschutzgesetz von Baden-Württemberg aber nur die Ausweisung von zwei Prozent der Fläche vor. Dies sollte auf drei Prozent erhöht werden. Zudem sollten die Regionalverbände Teilflächenziele festlegen.

Das Land Baden-Württemberg will außerdem das Potential von Windenergie in staatlichen Wäldern besser nutzen und bis 2030 alle geeigneten landeseigenen Dächer mit PV-Anlagen ausstatten. Die Kommunen sollten sich hier vergleichbare Ziele setzen.

Maßnahme 5:

Beschleunigung der Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen

„In Baden-Württemberg dauert die Genehmigung einer Windenergieanlage im Schnitt 28 Monate. Damit liegt das Land über dem Bundesdurchschnitt, der bei 23 Monaten liegt.“ Hier sollte ein zentraler Datenbestand eingerichtet werden, um die naturschutzrechtliche Prüfung zu beschleunigen. Naturschutzorganisationen können dazu mit ihrer Ortskenntnis beitragen.

Des Weiteren hat Baden-Württemberg eine „Task Force“ zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien eingesetzt. Diese sollte für eine „stärkere Digitalisierung des Verfahrens, die Einrichtung der Stabsstellen Energiewende bei den Regierungspräsidien und die Erstellung eines Verfahrensleitfadens“ sorgen. „Hilfreich wäre zudem auch, wenn die Rechtsgrundlage zum Zeitpunkt der Antragstellung beibehalten bliebe, so dass laufende Verfahren nicht wieder neu begonnen werden müssen.“

Maßnahme 6:

Verbesserung der Förderbedingungen für PV- und Windenergieanlagen in Baden-Württemberg

Hier ist der Bund gefragt. Dieser sollte die Förderung von PV-Anlagen reformieren: „Statt eines PV-Deckels ist eine PV-Hebebühne gefragt.“ Bei der Finanzierung von Windenergieanlagen besteht hingegen weniger Reformbedarf.

Maßnahme 7:
Bessere Beteiligung von Kommunen
und Anwohner*innen an EE-Anlagen

„Verteilungsgerechtigkeit zwischen Anlagenbetreibern, Anwohner*innen und Kommunen beim Ausbau erneuerbarer Energien sollte in Baden-Württemberg durch eine verpflichtende finanzielle Teilhabe angestrebt werden.“ Dadurch wird die Akzeptanz von Windenergie und PV-Freiflächenanlagen verbessert. Dies geschieht bereits in zwei Bundesländern mit dem „Gesetz zur Zahlung einer Sonderabgabe an Gemeinden im Umfeld von Windenergieanlagen in Brandenburg“ und dem „Bürger- und Gemeindenbeteiligungsgesetz in Mecklenburg-Vorpommern“.

Im neuen EEG-Gesetz ist in Paragraf sechs zudem definiert, „dass Anlagenbetreiber Kommunen in einem Radius von 2,5 km anteilig eine finanzielle Teilhabe von 0,2 Cent/kWh anbieten sollen. Stimmen anliegende Kommunen diesem Angebot zu, erhalten sie eine entsprechende Zahlung.“ Durch eine Zweckbindung dieser Zahlungen etwa für akzeptanzfördernde oder gemeinnützige Maßnahmen, könnte der wahrnehmbare Nutzen für Anwohner*innen weiter gesteigert werden. Möglich ist auch eine Beteiligung von Kommunen oder Anwohner*innen an der Finanzierung der Anlagen. Hier ist wieder Mecklenburg-Vorpommern Vorbild dank des „Gesetzes über die Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie Gemeinden an Windparks in Mecklenburg-Vorpommern“. Dieses „verpflichtet Betreiber von Windenergieanlagen zu einem Angebot einer finanziellen Teilhabe an Anwohner*innen und Kommunen in einem Umkreis von 6 km“. Für die Projektbetreiber entsteht dadurch allerdings ein erheblicher Mehraufwand, weswegen sie meist eine vereinfachte Beteiligung der Anwohner*innen und Kommunen aushandeln. Diese Offenheit des Modells aus Mecklenburg-Vorpommern wird unterschiedlichen lokalen Erfordernissen gerecht.

Wichtig ist zudem eine prozedurale Beteiligung der Anwohner*innen. Je nach Region seien hier unterschiedliche Formen denkbar.

Maßnahme 8:
Aufbau einer Infrastruktur für Stromtransport
(Netzausbau)

„Baden-Württemberg ist in den untersuchten Zielszenarien ein Netto-Stromimporteuer in der Größenordnung von 17 TWh pro Jahr (UBA-Szenario-BW-2040), 23 TWh pro Jahr (Agora-Szenario-BW-2040) und 29 TWh pro Jahr (Ariadne-Szenario-BW-2040). Darüber hinaus ist Baden-Württemberg auch Stromtransitland in Richtung Frankreich sowie Schweiz und Italien.“

Insbesondere der Ausbau der Übertragungsnetze stößt aber wiederum auf Akzeptanzprobleme. Daher sollte der Bedarf für den Ausbau reduziert werden, etwa durch Technologieoffenheit und die Abwägung von Alternativen wie „Hochtemperaturleiterseile oder dynamische Netzbetriebsmittel, die die bestehende Netzinfrastruktur besser nutzen können“. Zudem sollte die „Anreizregulierungsverordnung“ überarbeitet und die Beteiligungsprozesse erweitert werden.

Zudem ist „Baden-Württemberg darauf angewiesen, dass es an ein deutschlandweites Wasserstoff-Fernleitungsnetz angeschlossen ist. Die Landesregierung sollte sich daher auf Bundesebene und im Bereich des Netzentwicklungsplans Gas dafür einsetzen, dass das in Norddeutschland und in Nordrhein-Westfalen im Aufbau begriffene Wasserstoff-Fernleitungsnetz entlang des Oberrheingraben und auf der Achse Mannheim / Karlsruhe – Stuttgart – Ulm weitergeführt wird.“

Handlungsfeld: Gebäudewärmeversorgung

Bei der Wärmeversorgung ist die Herausforderung, den Gebäudebestand in nur 20 Jahren zu dekarbonisieren. Das setzt voraus, dass die Fernwärme auf klimaneutraler Wärme beruht, bestehende Öl- und Gasheizungen ersetzt werden und Wärmeverluste durch bessere Isolierung und durch moderne Klimaanlage minimiert werden. In diesem Sektor kommt hinzu, dass die meisten Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele in die Kompetenz des Bundes fallen.

Maßnahme 9: Kommunale Wärmeplanung

Das Klimaschutzgesetz von Baden-Württemberg verpflichtet grössere Städte einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen, der dann alle sieben Jahre überarbeitet wird. Kleiner Orte werden zudem ermutigt ebenfalls solche Pläne zu erstellen. Die Kommunen werden dabei mit „Konnextitätszahlungen“ unterstützt. Diese sind aber zu gering, um personelle Strukturen für die dauerhafte Verankerung dieser neuen Aufgabe aufzubauen oder um Maßnahmen umzusetzen, die der Implementierung der Wärmepläne dienen. Daher sollten diese Zahlungen erhöht werden. Zudem sollten nach und nach auch kleinere Kommunen verpflichtet werden, Wärmepläne zu erstellen.

Die Überprüfung der Pläne obliegt dem zuständigen Regierungspräsidium. Dieser Prüfauftrag sollte weiter konkretisiert werden. Zudem sollte ein Austausch zwischen den Regierungspräsidien initiiert werden, um Flächenbedarfe zu koordinieren, etwa für Freiflächen-Solarkollektoranlagen, Großwärmespeicher oder den Zugang zu Gewässern bei Großwärmepumpen.

Wenn immer mehr Wärmepumpen zum Einsatz kommen, wird die Gasnachfrage zurückgehen und damit

werden Teile des Verteilnetzes für Gas überflüssig. Aber: „Die (Teil-)Stilllegung der Gasverteilnetzinfrastruktur ist in Deutschland regulatorisches Neuland.“ Aus diesem Grund sollten die Länder einen Dialog initiieren, der das Ziel hat, „den Regulierungsrahmen für die Gasverteilnetze an den Zielen der Wärmewende auszurichten. Dabei sollen bestehende Fehlanreize des heutigen Regulierungsrahmens (z. B. Anschlussverpflichtung im Energiewirtschaftsrecht, Konzessionsrecht, Berücksichtigung späterer Stilllegungskosten in den Netzentgelten) beseitigt und Regelungen ergänzt werden, die den Ausstieg aus der Gasversorgung sozial abfedern.“

Maßnahme 10: Wärmepumpen-Offensive

Baden-Württemberg hat im Ländervergleich relativ viele Wärmepumpen. Trotzdem muss der Bau von Wärmepumpen deutlich beschleunigt werden, wenn das Ziel von bundesweit 500.000 zusätzlichen Wärmepumpen pro Jahr erreicht werden soll. Letzteres entspricht einer Vervierfachung der aktuellen Werte.

Heute finden sich die meisten Wärmepumpen in Einfamilienhäusern. Daher sollten Demonstrationsprojekte für bisherige Nischenanwendungen gefördert werden, etwa durch ein Landesförderprogramm. Dies gilt etwa für Quartiere ohne Fernheizung oder Gebäude mit Etagenheizungen.

Wichtig für den Markthochlauf von Wärmepumpen ist zudem ein Regulierungsrahmen für den Ausstieg aus der Gasversorgung. Dabei sollte die Anschlusspflicht an das Erdgasnetz im Energiewirtschaftsgesetz abgeschafft und ein Betriebsverbot für Gas- und Ölkessel ab spätestens 2040 eingeführt werden. Dieses Verbot sollte möglichst früh eingeführt werden, damit Hauseigentümer und die Betreiber von Gasverteilnetzen Planungssicherheit haben.

Maßnahme 11:
Ausbauoffensive für Fernwärmenetze
und deren Dekarbonisierung

In allen Szenarien spielt ein Ausbau der Fernwärmeversorgung eine wichtige Rolle, die zudem dekarbonisiert werden muss. „Zukünftig setzt sich der Energieträgermix in der Fernwärmeversorgung aus Müllverbrennung, Geothermie und Abwärme sowie aus Fluss-, See- und Abwasserwärmepumpen zusammen. Darüber hinaus ergänzen Solarthermieanlagen in Kombination mit einem saisonalen Wärmespeicher die Fernwärmeversorgung. Nur zur Deckung der Spitzenlast im Winter bzw. bei einem unzureichenden Angebot an den zuvor genannten Energieträgern werden Biomasse, Wasserstoff und Elektroheizkessel eingesetzt.“

Gefördert wird die Dekarbonisierung der Fernwärme zukünftig über die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW). Was mit dem landeseigenen Förderprogramm geschieht, ist derzeit hingegen noch offen. Ein Element der BEW sind Dekarbonisierungsfahrpläne für Wärmenetze. Diese müssen mit den kommunalen Wärmeplänen abgestimmt sein.

Fernwärme ist Vertrauenssache, nicht zuletzt beim Preis. Deutschland sollte daher die Einführung einer Preisregulierung prüfen, wie sie bereits in anderen europäischen Ländern existiert. Zudem müssen Anschlusschürden an die Netze beseitigt werden, etwa in der Wärmelieferverordnung (WärmelV).

Um mehr Wärme mit Hilfe von Tiefengeothermie zu gewinnen, sollte eine landesweite Potenzialerhebung erfolgen. Zudem braucht es eine Absicherung des „Fündigkeitsrisikos“.

Die Nutzung der Abwärme der Industrie sollte mit regulatorischen Massnahmen oder mit Anreizen gefördert werden. Dabei sind zwei Aspekte wichtig: Zum einen müssen geeignete Abwärmequellen (Industrieunternehmen) identifiziert und die Abwärmeströme nach

Volumen und Temperaturniveau quantifiziert werden. Zum anderen muss „eine Absicherung des energiewirtschaftlichen Risikos der Abwärmelieferung (Ausfall des Abwärmestroms)“ sichergestellt sein.

Einige Wärmenetze müssen auch komplett neu gebaut werden. Hilfreich wäre hier eine Unterstützung von Genossenschaften, um die Wärmewende institutionell auf eine breite gesellschaftliche Basis zu stellen.



Anhang 1:

Zusammenfassung der Maßnahmen entlang der Entscheidungs- und Umsetzungsebenen in Baden-Württemberg

In diesem Abschnitt werden die zuvor in den einzelnen Handlungsfeldern beschriebenen Maßnahmen noch einmal entlang der Entscheidungs- und Umsetzungsebenen in Baden-Württemberg sortiert dargestellt.

Landesregierung Baden-Württemberg

- ▶ Initiativen und Programme zur Teilung oder zum Tausch von Wohnraum in landeseigenen Liegenschaften
- ▶ Ausweisung von mind. 3 Prozent der Landesfläche für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen (Novellierung des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg) und Etablierung eines geeigneten Verteilschlüssels für Windenergie (vgl. § 3 Windenergieflächenbedarfsgesetz)
- ▶ Flächenfreigabe für Windenergieanlagen auf den Staatswaldflächen
- ▶ Ausstattung aller geeigneten landeseigenen Dächer mit Photovoltaikanlagen sowie Definition von Zwischenzielen für die nächsten Jahre
- ▶ Erstellung einer interaktiven Karte, um die bereits ausgewiesenen Flächen für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen sowie den Ausbau und die Ziele für PV-Dachanlagen auf landeseigenen Gebäuden zu visualisieren und transparent zu machen (z.B. Ergänzung des Energieatlas der LUBW).
- ▶ Beschleunigung der Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen: Häufig müssen Daten für die naturschutzrechtliche Prüfung anlagenspezifisch neu erhoben werden, was zeitintensiv ist. Durch den Aufbau eines entsprechenden Datenbestandes ließe sich an dieser Stelle des Genehmigungsverfahrens Zeit einsparen. Hier können auch die Naturschutzverbände einbezogen werden, die über viel Detailwissen zu den Naturschutzbelangen vor Ort verfügen.
- ▶ Task Force zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien: Neben der Umsetzung der Maßnahmen ist sicherzustellen, dass die Anstrengungen und die implementierten Maßnahmen dauerhaft bestehen bleiben, um auch den mittel- und langfristig notwendigen Ausbau zu gewährleisten. Dafür ist auch eine ausreichende personelle Ausstattung der in den Genehmigungsprozess involvierten Behörden und Gerichte nötig.
- ▶ Auf Bundesebene sicherstellen, dass der PV-Degressionsmechanismus so eingestellt wird, dass er den PV-Ausbau fördert und nicht bremst.
- ▶ Bessere Beteiligung und finanzielle Teilhabe von Kommunen und Anwohner*innen an EE-Anlagen vor Ort: Entwicklung einer landesspezifischen Regelung (z.B. Landesgesetz), basierend auf den Erfahrungen in anderen Bundesländern, wie z.B. Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern.
- ▶ Kommunale Wärmeplanung: Erhöhung der Zahlungen an die Kommunen, um es den Kommunen zu ermöglichen, in den Verwaltungen die für die Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung notwendigen personellen Kapazitäten und Kompetenzen aufzubauen.
- ▶ Sukzessive Ausweitung der Kommunalen Wärmeplanung auf kleinere Kommunen.
- ▶ Ausweitung der Vollzugskapazitäten in den unteren Bauaufsichtsbehörden sowie Weiterbildungsmaßnahmen für das Vollzugspersonal zur Umsetzung des Gebäudeenergiegesetzes.
- ▶ Ausweitung der Beratungskapazitäten sowie die Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen Beratung für die energetische Gebäudesanierung.

- ▶ Schnellere und zielkonforme energetischen Sanierung der landeseigenen Liegenschaften und Bereitstellung der dafür erforderlichen finanziellen Mittel.
- ▶ Die Fachkräfteverfügbarkeit ist momentan eines der größten Hemmnisse für das Gelingen der Wärmewende. Die Landesregierung sollte sich auf Bundesebene u.a. dafür einsetzen, dass Fachkräfte Einwanderungsgesetz zügig und zielstrebig umzusetzen, Berufsankennungsverfahren zu beschleunigen und Ausbildungsordnungen so anzupassen, dass Berufsbilder entstehen, die gezielt auf die Bedürfnisse der Wärmewende zugeschnitten sind.
- ▶ Schaffung eines Regulierungsrahmens für den Ausstieg aus der Gasversorgung in der Gebäudewärmeversorgung, wie z.B. Kippen der Anschlusspflicht ans Erdgasnetz im Energiewirtschaftsgesetz sowie ein Betriebsverbot für Gas- und Ölkessel.
- ▶ Gezielte „Zuförderung“ ausgewählter Technologieoptionen zur Nah- und Fernwärmeversorgung (z.B. Flusswasser-Wärmepumpen, Geothermieeinbindung, saisonale Großwärmespeicher).
- ▶ Erstellung einer landesweiten Potenzialerhebung für die Nutzung von Tiefengeothermie in Nah- und Fernwärmenetzen und Absicherung des Fündigkeitsrisikos bei der Erschließung tiefengeothermischer Wärmequellen.
- ▶ Finanzielle Unterstützung für die Neugründung von Genossenschaftsmodellen in der Nah- und Fernwärmeversorgung, um die Wärmewende auch institutionell auf eine möglichst breite gesellschaftliche Basis zu stellen.

Regionalverbände, Regierungspräsidien und regionale Energieagenturen in Baden-Württemberg

- ▶ Ausweisung von mindestens 3 Prozent der Landesflächen für Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen durch eine koordinierte Erstellung von Teilflächenregionalplänen bzw. durch Unterstützung der Landesregierung bei der Etablierung eines geeigneten Verteilschlüssels für Windenergie (vgl. § 3 Windenergieflächenbedarfsgesetz)

- ▶ Der Prüfauftrag der Regierungspräsidien für Kommunale Wärmepläne sollte weiter konkretisiert werden. Gleichzeitig sollte ein Austausch zwischen den Regierungspräsidien initiiert werden.
- ▶ Ausweitung der Beratungskapazitäten sowie die Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen Beratung für die energetische Gebäudesanierung durch regionale Energieagenturen
- ▶ Einrichtung regionaler Kompetenzzentren, die als Informations-Hub und Vernetzungsportal für den Ausbau von Wärmepumpen in Gebäuden.

Kommunen in Baden-Württemberg

- ▶ Ausweitung des Stromspar-Checks für private Haushalte sowie aufsuchende Energie(einspar)beratung für Quartiere
- ▶ Einführung von Tempo 30 als Regelgeschwindigkeit innerorts.
- ▶ Leitbild „Stadt der kurzen Wege“ in der Stadtplanung
- ▶ Initiativen und Programme zur Teilung oder zum Tausch von Wohnraum in kommunalen Liegenschaften
- ▶ Ausstattung aller geeigneten kommunalen Dächer mit Photovoltaikanlagen sowie Definition von Zwischenzielen für die nächsten Jahre.
- ▶ Schnellere und zielkonforme energetischen Sanierung der kommunalen Liegenschaften und Bereitstellung der dafür erforderlichen finanziellen Mittel.
- ▶ Kommunale Wärmeplanung: Erhöhung der personellen Kapazitäten und Aufbau von Kompetenzen in der kommunalen Verwaltung, die für die Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung notwendig sind.
- ▶ Sukzessive Ausweitung der Kommunalen Wärmeplanung auf kleinere Kommunen.

Anhang 2: Zusammenfassung der Angaben zu Wasserstoff Wasserstoffnachfrage

Der Bedarf an Wasserstoff und E-Fuels ist im Ariadne- und im Agora-Szenario ähnlich hoch. Auffallend ist, dass im UBA-Szenario der kombinierte Verbrauch von Wasserstoff und E-Fuels deutlich höher ist als in den beiden anderen Szenarien. Hier die Werte für ganz Deutschland:

	Ariadne	Agora	UBA*
Stromerzeugung	90 TWh	150 TWh	70 TWh
Produktion E-Fuels	40 TWh	40 TWh	
Industriebedarf	80 TWh	75 TWh	290 TWh
Total	210 TWh	265 TWh	
Zusätzliche E-Fuels	140 TWh	160 TWh	100 TWh
Grand Total	350 TWh	325 TWh	460 TWh

* Das UBA-Szenario unterscheidet nicht zwischen Wasserstoff und E-Fuels.

Aufgrund der Angaben auf Seite 38 (in der Langfassung der Studie) lässt sich der Wirkungsgrad von Wasserstoffkraftwerken bei der Stromerzeugung abschätzen:

	Ariadne	Agora	UBA
Wasserstoff für Stromerzeugung	90 TWh	150 TWh	70 TWh
Erzeugte Strommenge	37 TWh	60 TWh	9 TWh
Wirkungsgrad	41 %	40 %	13 %

Der elektrische Wirkungsgrad von Wasserstoffkraftwerken im Ariadne- und im Agora-Szenario entspricht damit dem auf Seite 77 angegebenen Wert. Auffallend ist aber, dass der elektrische Wirkungsgrad im UBA-Szenario deutlich tiefer liegt. Dies könnte daran liegen, dass im UBA-Szenario nur kleinere Wasserstoffkraftwerke zum Einsatz kommen.

Wie groß die Wasserstoffnachfrage in Baden-Württemberg ist, sagt die Studie nicht explizit. „Da sich in Baden-Württemberg keine Standorte zur Primärstahlerzeugung oder der Grundstoffchemie (z. B. Ammoniaksynthese oder Petrochemie) befinden“ und damit keine stoffliche Nutzung von Wasserstoff erfolgt, kann man den Wasserstoffbedarf aber grob an der mit Wasserstoff erzeugten Fernwärme aus Abbildung 4-19 abschätzen. Bei einem thermischen Wirkungsgrad der Wasserstoffkraftwerke von 40 Prozent benötigt Baden-Württemberg die folgenden Mengen an Wasserstoff:

	Ariadne-Szenario-BW-2040	Agora-Szenario-BW-2040	UBA-Szenario-BW-2040
Mit Wasserstoff produzierte Wärme	4,0 TWh	4,0 TWh	1,0 TWh
Bedarf an Wasserstoff	10,0 TWh	10,0 TWh	2,5 TWh

Diese Werte sind allerdings als grobe Abschätzung zu verstehen, da zumindest im Agora-Szenario „ein Teil der Wasserstoff-Kraftwerke nicht als KWK-Anlage sondern rein für den Strommarkt laufen werden“ und im UBA-Szenario Wasserstoff und E-Fuels nicht aufgeschlüsselt werden.

Wasserstoffangebot

In allen Szenarien ist der Import von Wasserstoff und E-Fuels sehr hoch. Hier die Werte für ganz Deutschland:

	Ariadne	Agora	UBA*
H₂-Import	150 TWh	170 TWh	
H₂- Eigenproduktion	60 TWh	95 TWh	85 TWh
Total	210 TWh	265 TWh	
Import E-Fuels	140 TWh	160 TWh	370 TWh
Grand Total	350 TWh	325 TWh	455 TWh
Importquote	83 %	71 %	81 %

* Das UBA-Szenario unterscheidet nicht zwischen Wasserstoff und E-Fuels.

Gemäß Abbildung 3 – 8 (in der Langfassung der Studie) werden in allen drei Szenarien 3 TWh an Strom für die Produktion von Wasserstoff genutzt. Die Studie weist nicht aus, welchen Wirkungsgrad Elektrolyseure haben. Eine Internetsuche zeigt allerdings, dass der Wirkungsgrad von Elektrolyseuren derzeit zwischen 60 und 80 Prozent liegt. Wenn man vom höheren Wirkungsgrad ausgeht, werden in Baden-Württemberg folglich 2,4 TWh an Wasserstoff produziert. Wenn man vom oben geschätzten Wasserstoffbedarf Baden-Württembergs ausgeht, lässt sich grob der Importbedarf abschätzen: Im Agora- und Ariadne-Szenario muss Baden Württemberg jeweils 7,6 TWh an Wasserstoff importieren und im UBA-Szenario 0,1 TWh. Im UBA-Szenario wäre Baden-Württemberg folglich kaum auf Wasserstoffimporte angewiesen.

Produktion und Logistik

Gemäß Tabelle 3 – 1 (in der Langfassung der Studie) entspricht der Anteil Baden-Württembergs an der einheimischen Wasserstoffproduktion 6 Prozent. Folglich müssen in Baden -Württemberg die folgenden Mengen an Wasserstoff produziert werden:

	Ariadne	Agora	UBA
Eigenproduktion in Deutschland	60 TWh	95 TWh	85 TWh
Anteil Baden-Württemberg	3,6 TWh	5,7 TWh	5,1 TWh

Wenn man wieder von einem Wirkungsgrad der Elektrolyseure von 80 Prozent ausgeht, lässt sich der Strombedarf für Elektrolyseure in Baden-Württemberg berechnen:

	Ariadne-Szenario-BW-2040	Agora-Szenario-BW-2040	UBA-Szenario-BW-2040
H₂-Produktion in BW	3,6 TWh	5,7 TWh	5,1 TWh
80 % Wirkungsgrad	4,5 TWh	7,1 TWh	6,4 TWh

Diese Werte liegen deutlich über den Werten, die in Abbildung 3 – 8 (in der Langfassung der Studie) ausgewiesen sind. Dort entfallen in allen drei Szenarien nur 3 TWh auf Elektrolyseure. Das reicht aber in keinem Szenario für die Herstellung des 6-Prozent-Anteils Baden-Württembergs an der deutschen Wasserstoffproduktion. Das gilt selbst für einen Wirkungsgrad von 100 Prozent. Das legt den Schluss nahe, dass Baden-Württemberg nicht 6 Prozent der deutschen Wasserstoffproduktion abdeckt.



Hinsichtlich der Standorte für die Elektrolyseure schreibt die Studie: „Der Verteilschlüssel für Elektrolyseure basiert auf einer sehr groben und eher indikativ zu verstehenden Abschätzung möglicher Standorte für Onsite-Elektrolyseure. Die Abschätzung sieht Elektrolyseure entlang eines zukünftigen Wasserstofffernleitungsnetzes (z. B. entlang des Oberrheingrabens und von Mannheim kommend durch die Region Stuttgart und weiter nach Ulm) sowie in der Nähe von EE-Stromerzeugungsanlagen (z. B. in der Region Heilbronn-Franken) vor.“

Hinsichtlich des Transports von Wasserstoff, auf den Baden-Württemberg dringend angewiesen ist, führt die Studie zudem weiter aus: „Neben einer ausreichenden Infrastruktur im Bereich der Stromnetze ist Baden-Württemberg auch darauf angewiesen, dass es an ein deutschlandweites Wasserstoff-Fernleitungsnetz angeschlossen ist. Dies ist unter anderem für den Betrieb der Wasserstoff-Kraftwerke essentiell. Die Landesregierung sollte sich daher auf Bundesebene und im Bereich des Netzentwicklungsplans Gas dafür einsetzen, dass das in Norddeutschland und in Nordrhein-Westfalen im Aufbau begriffene Wasserstoff-Fernleitungsnetz entlang des Oberrheingrabens und auf der Achse Mannheim / Karlsruhe – Stuttgart – Ulm weitergeführt wird.“

Bei den Standorten für Wasserstoffkraftwerke ist die Studie in Tabelle 4 – 1 (in der Langfassung der Studie) detaillierter. Der grösste Teil der Kraftwerkskapazität ist im Raum Rhein-Neckar und im Raum Stuttgart zu finden:

	Ariadne-Szenario- BW-2040	Agora-Szenario- BW-2040	UBA-Szenario- BW-2040
Stuttgart	1.240 MWh	1.240 MWh	
Heilbronn-Franken	870 MWh	940 MWh	
Rhein-Neckar	1.275 MWh	1.275 MWh	
Kleine Anlagen	600 MWh	600 MWh	1.000 MWh
Total	3.985 MWh	4.055 MWh	
Unklar	315 MWh	3.045 MWh	
Grand Total	4.300 MWh	7.100 MWh	1.000 MWh

Bei Wasserstoff bleiben somit noch viele Fragen unbeantwortet, wahrscheinlich weil sie für diese Studie „out of scope“ waren. Dazu gehören:

- ▶ Wo kommt der Wasserstoff her, den Deutschland importiert?
- ▶ Ist es realistisch im Jahr 2040 derart grosse Mengen an Wasserstoff zu importieren?
- ▶ Wie gross ist der Wasserstoffbedarf in den drei Szenarien?
- ▶ Was bedeutet dieser Bedarf in Kubikmetern Gas?
- ▶ Ist Baden-Württemberg auch Transitland für Wasserstoff etwa aus Norddeutschland in die Schweiz?
- ▶ Wie muss folglich die Wasserstoffinfrastruktur dimensioniert werden?
- ▶ Und schliesslich: Was kostet der Wasserstoff, den Baden-Württemberg verbrennt?

**Natur und Umwelt
brauchen Schutz.
Wir sind Freundinnen
und Freunde der Erde.**

**Helfen auch Sie mit
und verbreiten Sie
die Klimastudie.**



**Gerne kommen wir auch in Ihre Region und
erläutern die Studie im Rahmen eines
Vortrags oder einer Podiumsdiskussion.
Sprechen Sie uns an!**

**Studie des Öko-Instituts e.V. im Auftrag des
BUND Baden-Württemberg | Oktober 2022**



Kurzfassung erstellt durch den Journalisten Christian Mihatsch.

**Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)
Landesverband Baden-Württemberg e.V.**

Landesgeschäftsstelle
Marienstr. 28
70178 Stuttgart
Fon 0711 62 03 06-0

Ansprechpartner:
Fritz Mielert
fritz.mielert@bund.net

bund.bawue@bund.net
www.bund-bawue.de



**Download Klimastudie Langfassung
www.bund-bawue.de/klimastudie**

