

100% klimaneutrale Energieversorgung – der Beitrag Baden-Württembergs und seiner zwölf Regionen

Studie im Auftrag des BUND Landesverband Baden-Württemberg

Dr. Matthias Koch

Energie-Dialog Baden-Württemberg 2022

Bad Boll, 21.10.2022

Vorgehensweise bei der Erstellung der Studie

- Literaturlauswertung zu klimaneutralen Szenarien für Deutschland
- Regionalisierung
 - Skalierung von Deutschland auf Baden-Württemberg mit Klimaneutralität 2040
 - Regionalisierung von Baden-Württemberg auf seine zwölf Regionen
 - Modellierung der Fernwärmeerzeugung
- Maßnahmenplan für eine klimaneutrale Energieversorgung
- Regelmäßiger Austausch und Diskussion mit dem BUND und dem Projektbeirat

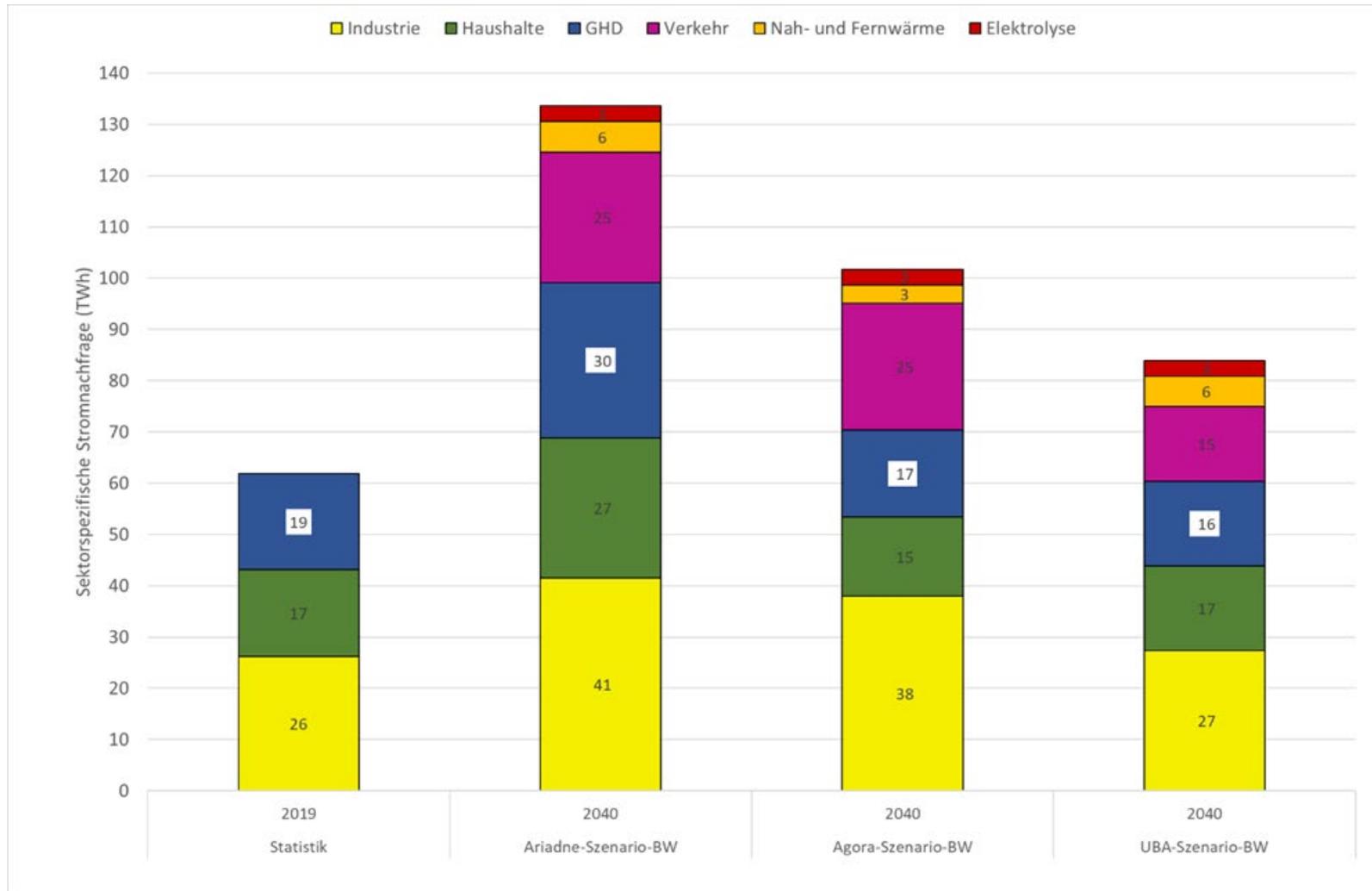
Auswahl der klimaneutralen Szenarien für Deutschland

	Ariadne-Szenario „Technologie-Mix“ (REMIND Modell)	Agora-Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“	UBA-Szenario „GreenSupreme“
Klimaneutralität	2045	2045	2050
Rolle von Suffizienz	keine	keine	Zentraler Bestandteil des Szenarios
Stromverbrauch	1.150 TWh	950 TWh	750 TWh
EE-Mix zur Stromerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> • Wind onshore: 582 TWh • Wind offshore: 114 TWh • PV: 329 TWh 	<ul style="list-style-type: none"> • Wind onshore: 292 TWh • Wind offshore: 239 TWh • PV: 336 TWh 	<ul style="list-style-type: none"> • Wind onshore: 423 TWh • Wind offshore: 132 TWh • PV: 134 TWh
Netto-Stromimporte	53 TWh	22 TWh	43 TWh
Verwendung von Biomasse	v.a. für biogene Kraftstoffe (Verkehr)	v.a. für Wärmeerzeugung (Industrie und Haushalte)	v.a. stoffliche Nutzung
Wasserstoff und E-Fuels	<ul style="list-style-type: none"> • 400 TWh • 73% Import 	<ul style="list-style-type: none"> • 425 TWh • 78% Import 	<ul style="list-style-type: none"> • 455 TWh • 81% Import

Skalierung der Zielszenarien von Deutschland auf Baden-Württemberg

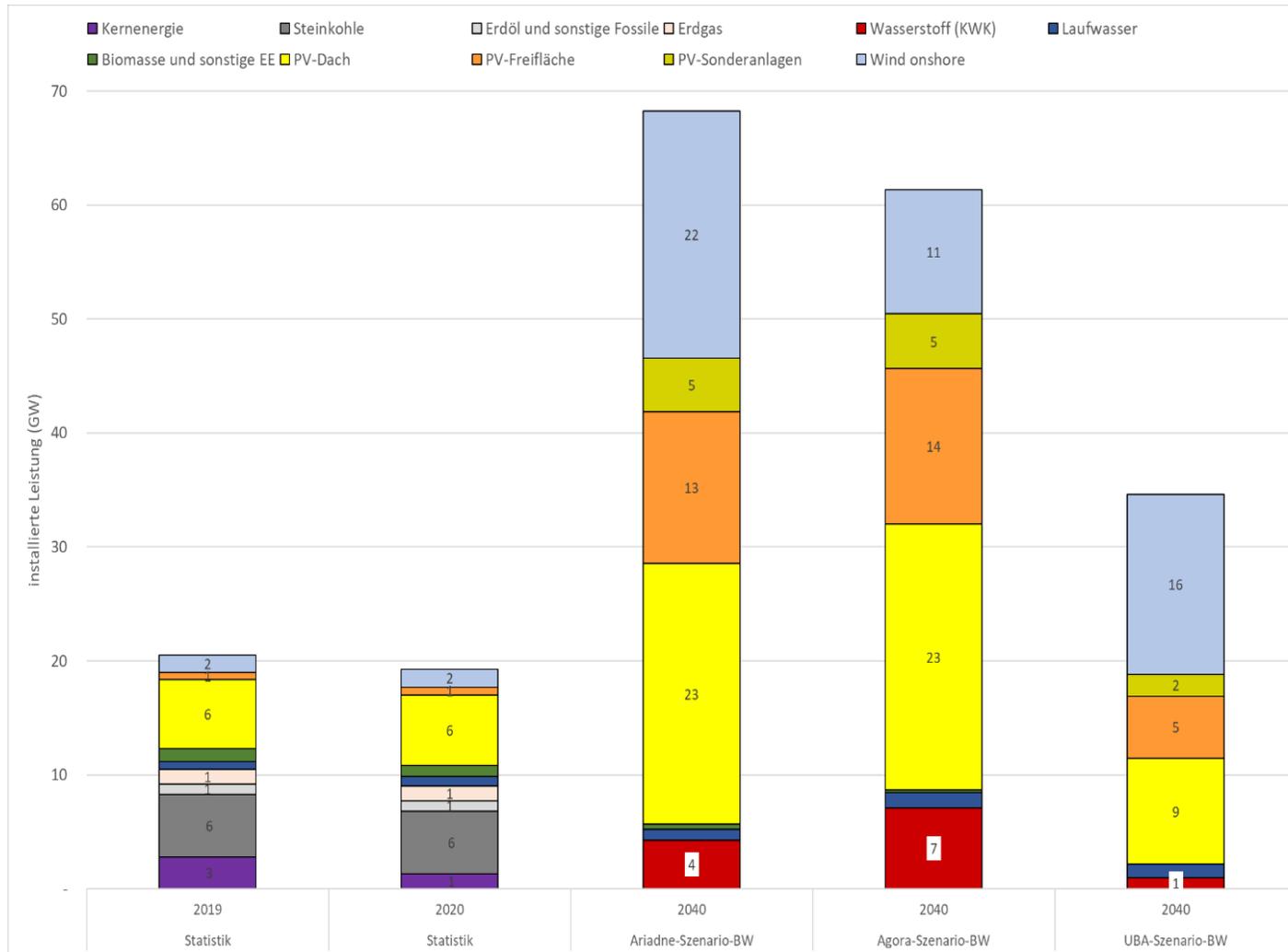
- Beschleunigung der Transformation um 5 bis 10 Jahre (Zieljahr 2045/2050 → 2040)
- Einheitliche Volllaststunden für Wind offshore, Wind onshore und PV
- Neue Szenario-Namen: „Ariadne-Szenario-BW-2040“,...
- Spezifische Verteilschlüssel für Skalierung
 - Energiestatistiken des Landes und des Bundes
 - Deskriptive Kenngrößen, z.B. Anzahl Einwohner, Anzahl Fahrzeuge,...
 - Flächenangaben, z.B. Sonderkulturen, Grünland,...
 - Entwurf des Szenariorahmens für den Netzentwicklungsplan Strom 2037 (Version 2023)
- Plausibilisierung der skalierten Zielszenarien für Baden-Württemberg mit weiteren Szenarien aus der Literatur (z.B. Studie zu Sektorzielen 2030, VfEW Studie zum zukünftigen Stromverbrauch der Industrie,...)

Sektorspezifische Stromnachfrage in Baden-Württemberg



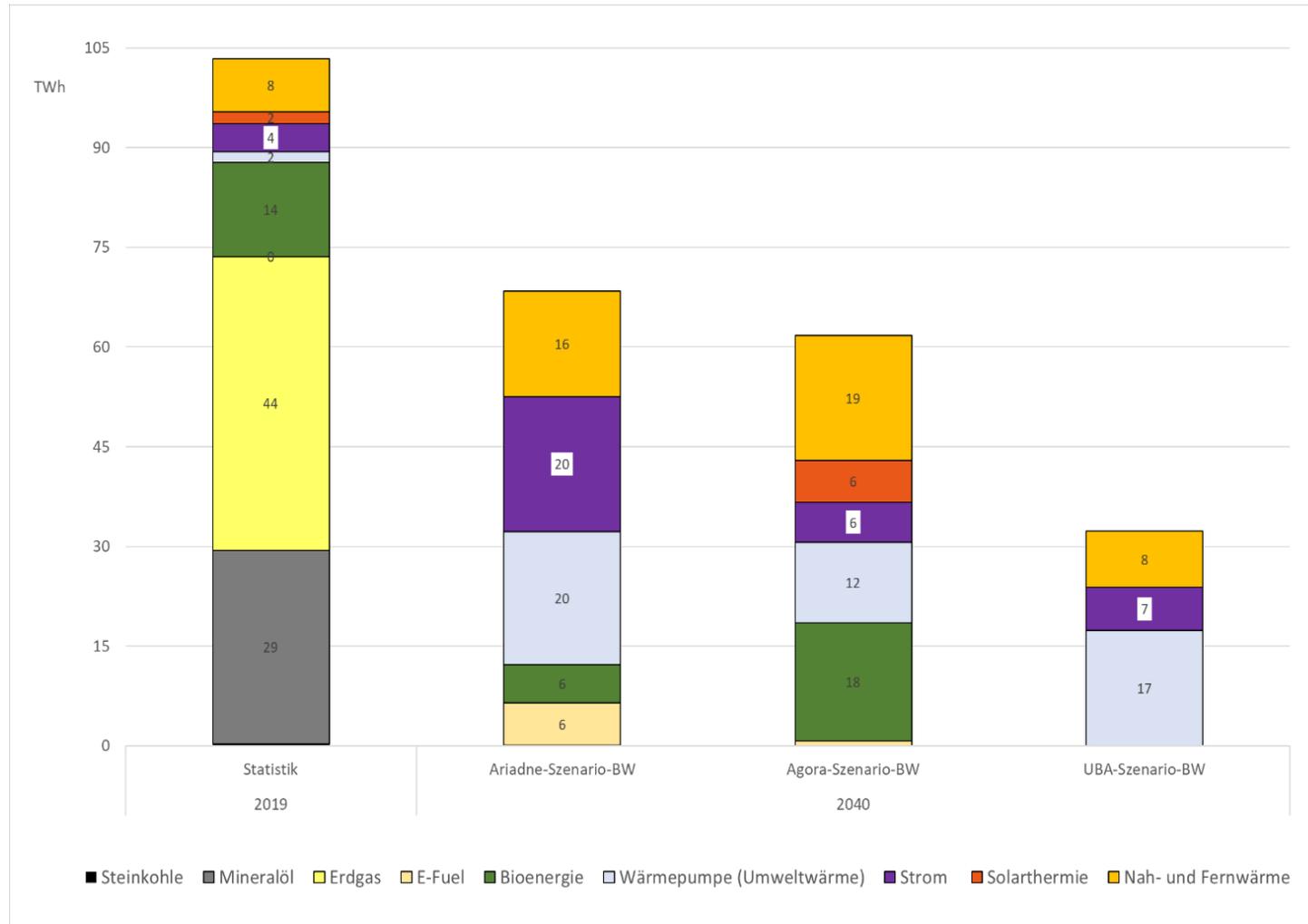
- Entwicklung der Stromnachfrage
 - Erhöhung durch Elektrifizierung
 - Reduktion durch Effizienz und Suffizienz
 - Anstieg von 2019 bis 2040 um 30% bis 110%.
- Suffizienz wird im UBA-Szenario-BW-2040 v.a. sichtbar bei Industrie und Elektromobilität

Stromerzeugungskapazitäten in Baden-Württemberg



- Wind: 11 GW – 22 GW
- PV: 17 GW – 42 GW
 - 55% PV-Dachanlagen
 - 35% PV-Freiflächenanlagen
 - 10% PV-Sonderanlagen
- Erhöhung der aktuell installierten Kapazitäten bei Wind und PV um den Faktor fünf bis zehn!

Wärmenachfrage für Gebäude in Baden-Württemberg

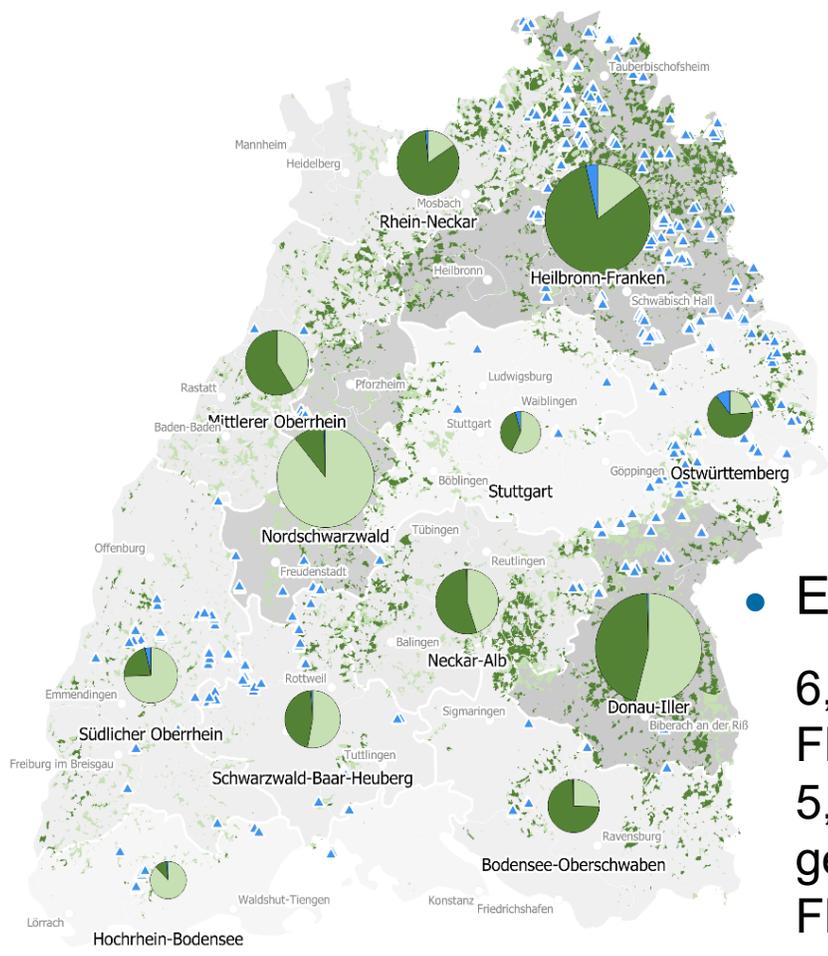


- Reduktion der Wärmenachfrage für Gebäude um 34% bis 69%
- Fernwärmeanteil bei 23% bis 30%
- Anteil Wärmepumpen bei 30% bis 74%
- Suffizienz wird im UBA-Szenario-BW-2040 u.a. erreicht durch geringere Wohnflächen pro Kopf und Absenkung der Raumtemperaturen

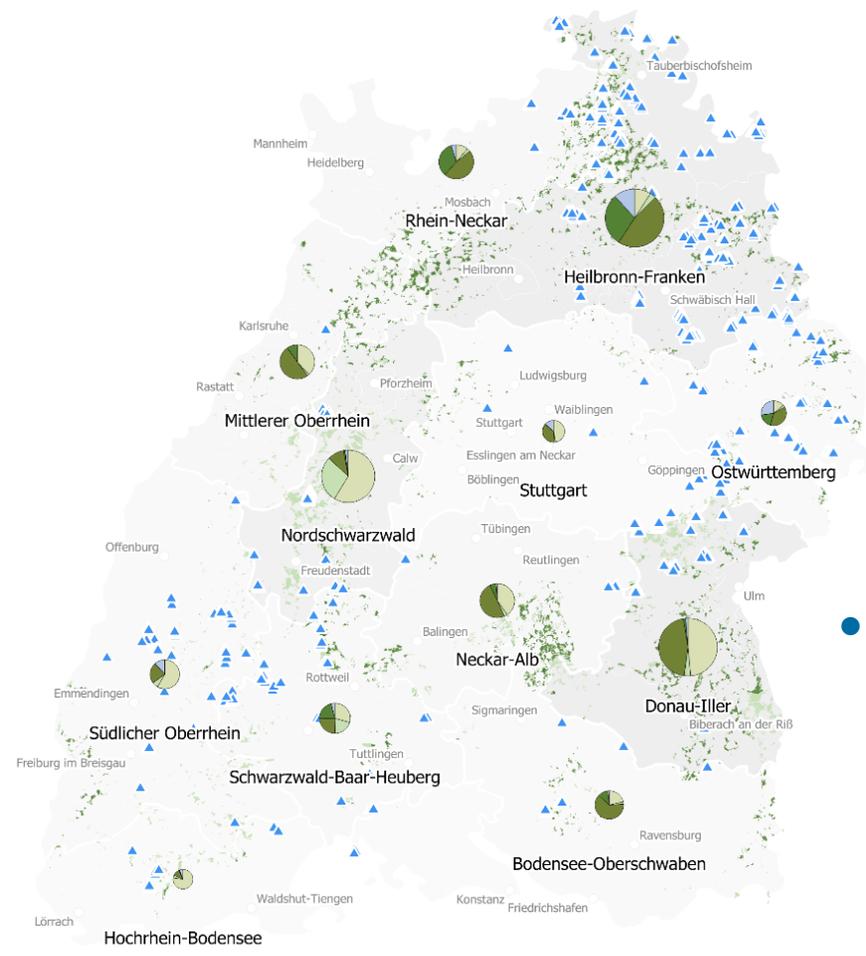
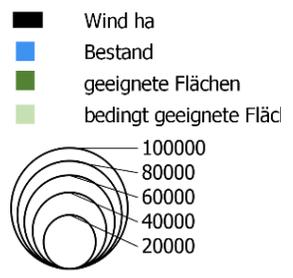
Regionalisierung von Baden-Württemberg auf seine zwölf Regionen

- Spezifische Verteilschlüssel
 - Deskriptive Kenngrößen, z.B. Anzahl Einwohner, Anzahl Fahrzeuge, Anzahl Beschäftigte,...
 - Energieatlas (v.a. Potenzialflächen und EE-Bestand) und Solardachkataster der LUBW
 - Daten zu windkraftsensiblen Vogelarten und Fledermäusen
 - Kraftwerksliste der BNetzA / aus dem NEP
- GIS-gestützte Analysen
 - Verschneidung der Windpotenzialflächen mit Daten zu windkraftsensiblen Vogelarten
 - Verteilschlüssel für Nah- und Fernwärmenetze (Nachfrage und Potenziale zur erneuerbaren Wärmeerzeugung)
 - Visualisierung über Karten und Dokumentation als Tabelle
- Ausweisung der spezifischen Flächenanteile für Wind onshore und PV-Freiflächenanlagen

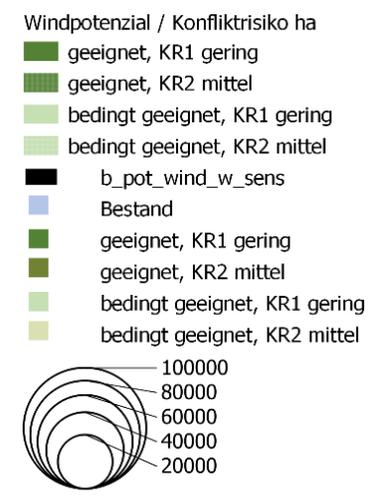
Verteilschlüssel für Windenergie für die zwölf Regionen Baden-Württembergs



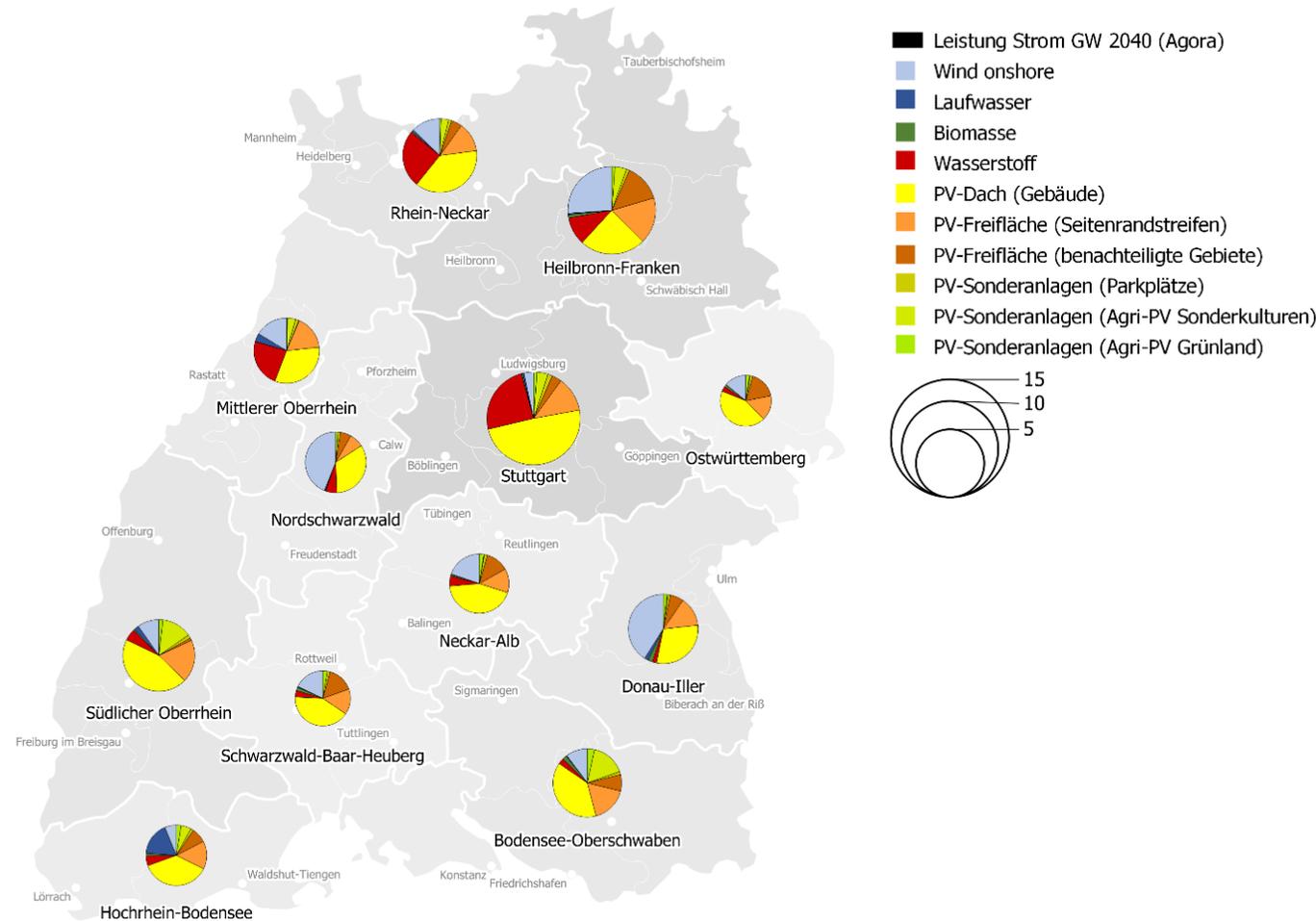
• **Energieatlas:**
6,2% geeignete Flächen und 5,6% bedingt geeignete Flächen



• **Energieatlas & Kriterium Vogelschutz:**
3,3% der Landesfläche



Stromerzeugungskapazitäten in den zwölf Regionen Baden-Württembergs für das Agora-Szenario-BW-2040



- Windgeprägte Regionen sind:
 - Heilbronn-Franken, Donau-Iller und Nordschwarzwald
- PV-geprägte Regionen sind:
 - Stuttgart, Südlicher Oberrhein und Rhein-Neckar (PV-Dachanlagen)
 - Heilbronn-Franken, Stuttgart und Bodensee-Oberschwaben (PV-Freiflächenanlagen)
 - Südlicher Oberrhein und Bodensee-Oberschwaben (Agri-PV)
- Laufwasser v.a. in den Regionen entlang des Rheins

Flächenanteile für Windenergie und PV-Freiflächenanlagen in Baden-Württemberg

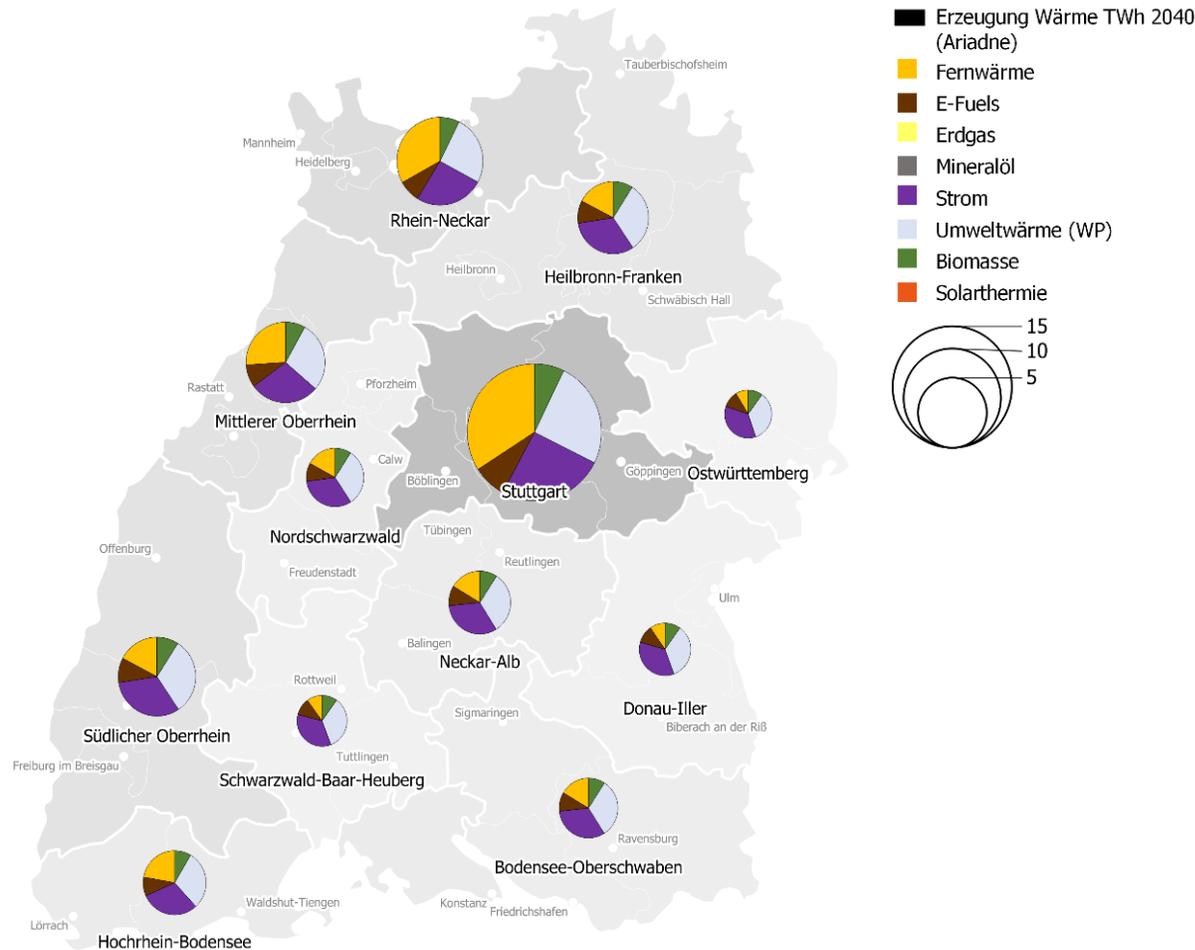
• Windenergie

- Ariadne-Szenario-BW-2040
 - Landesdurchschnitt: 2,7%
 - Minimum: 0,8% (Stuttgart, Hochrhein-Bodensee)
 - Maximum: 6,6% (Donau-Iller) bzw. 6,7% (Nordschwarzwald)
- Agora-Szenario-BW-2040
 - Landesdurchschnitt: 1,4%
 - Minimum: 0,4% – 3,4%
- UBA-Szenario-BW-2040
 - Landesdurchschnitt: 2,0%
 - Bandbreite: 0,6% – 4,9%

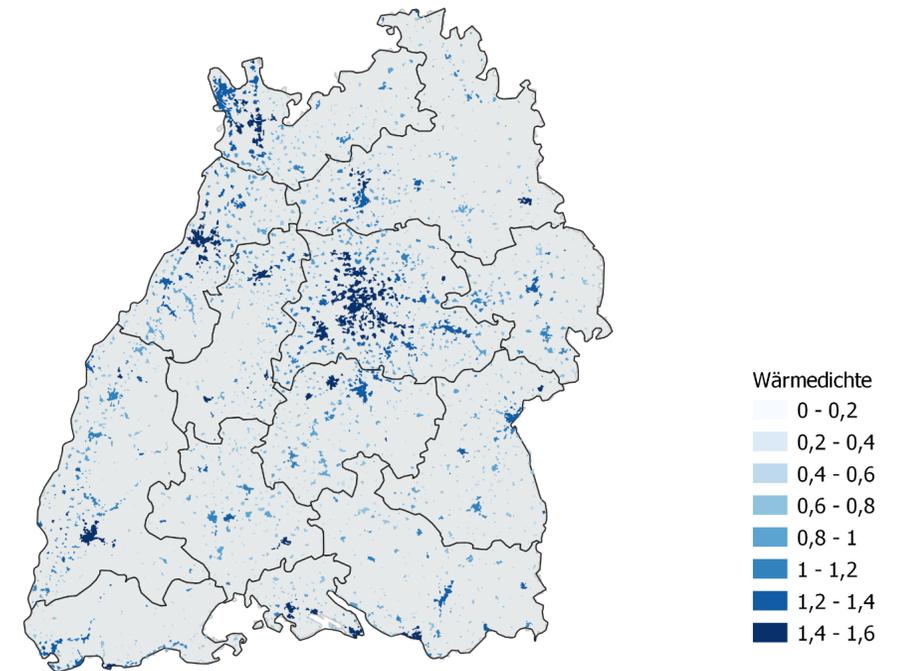
• PV-Freifläche

- Ariadne-Szenario-BW-2040
 - Landesdurchschnitt: 0,4%
 - Minimum: 0,2% (Nordschwarzwald) bzw. 0,3% (Südlicher Oberrhein, Hochrhein-Bodensee)
 - Maximum: 0,5% (Heilbronn-Franken)
- Agora-Szenario-BW-2040
 - Landesdurchschnitt: 0,4%
 - Bandbreite: 0,2% – 0,5%
- UBA-Szenario-BW-2040
 - Landesdurchschnitt: 0,2%
 - Bandbreite: 0,1% – 0,2%

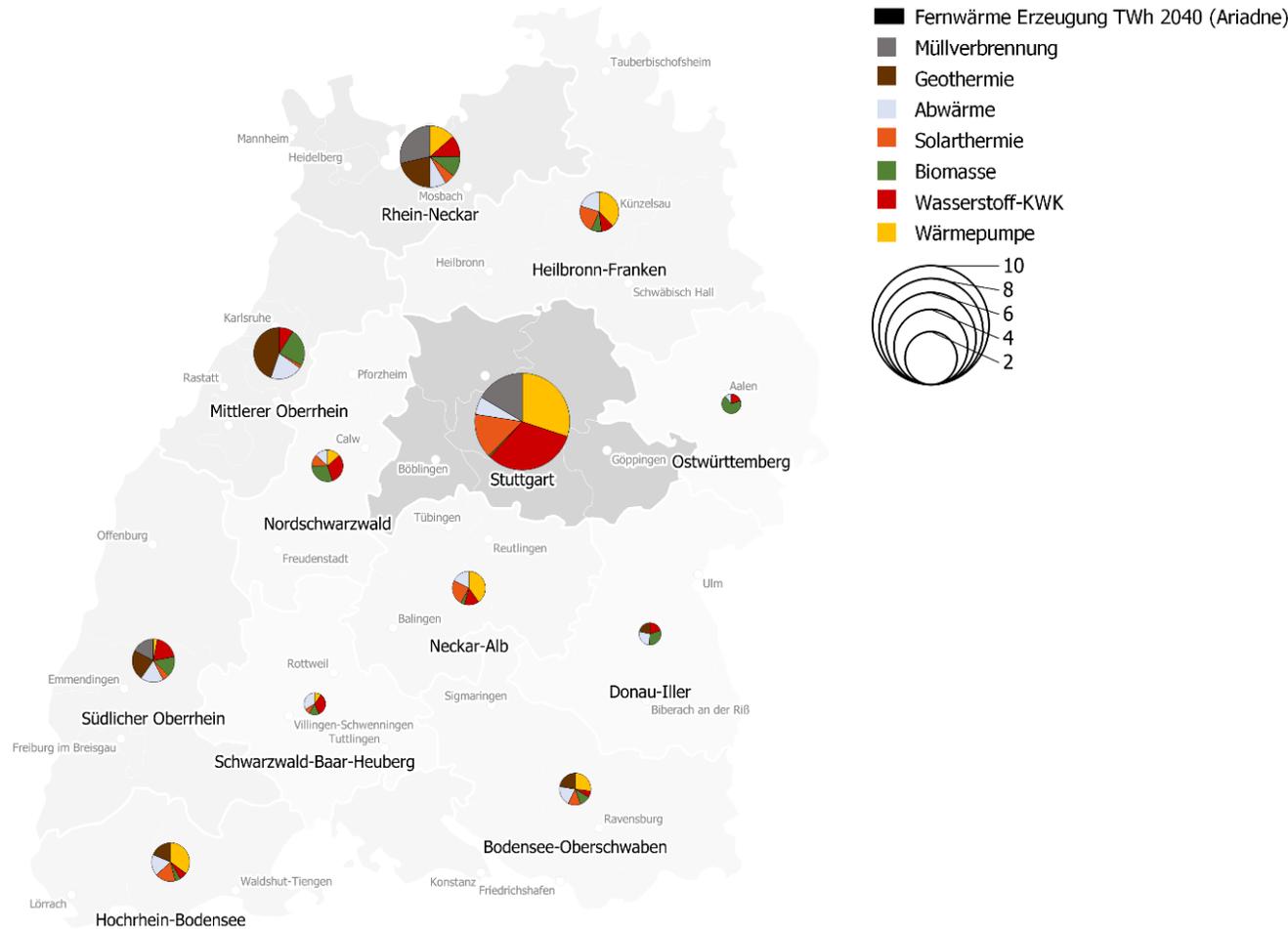
Gebäudewärmeversorgung in den zwölf Regionen Baden-Württembergs für das Ariadne-Szenario-BW-2040



- Verteilschlüssel BW → Regionen:
 - Einwohner
 - Fernwärme anhand Wärmedichte



Fernwärmeversorgung in den zwölf Regionen Baden-Württembergs für das Ariadne-Szenario-BW-2040



- Knapp zwei Drittel der Fernwärmenachfrage ist in den Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar und Mittlerer Oberrhein lokalisiert
- Der klimaneutrale Fernwärme-Mix in BW setzt sich
 - zu rund 50% aus Geothermie, Abwärme, Solarthermie und Müllverbrennung sowie
 - zu rund 50% aus Wasserstoff-KWK, Großwärmepumpen und Biomasse-KWK zusammen.

Ausgewählte Kernbotschaften

- Energieeinsparung ist für das Erreichen von Klimaneutralität ein zentraler Baustein.
- Der Flächenbedarf für Windenergie und PV-Freiflächenanlagen liegt bei 1,8 % bis 3,1 %. Das Landesziel in Höhe von 2 % reicht nicht aus und sollte auf mind. 3 % erhöht werden.
- Die geeigneten Flächen für Windenergie und Photovoltaik sind regional unterschiedlich verteilt. Die Landesregierung sollte zusammen mit den Regionalverbänden ein geeignetes Verfahren entwickeln, um regionalspezifische Flächenziele auszuweisen.
- Zentrale Bestandteile einer klimaneutralen Gebäudewärmeversorgung sind neben der energetischen Gebäudesanierung der Wärmepumpenhochlauf in der Objektversorgung sowie der Aus- und Umbau der Nah- und Fernwärmenetze.
- Wichtig ist die Einbindung erneuerbarer Wärmequellen in die Wärmenetze, insbesondere von Geothermie, Abwärme, Solarthermie und Großwärmepumpen. Den Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar und Mittlerer Oberrhein kommt dabei eine wichtige Rolle zu, da dort knapp zwei Drittel der Wärmenetznachfrage lokalisiert sind.

Ihr Ansprechpartner

Dr. Matthias Koch

Senior Researcher

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71

79017 Freiburg

Telefon: +49 761 45295-218

E-Mail: m.koch@oeko.de

- Download der Studie: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/100-klimaneutrale-energieversorgung-der-beitrag-baden-wuerttembergs-und-seiner-zwoelf-regionen>
- Podcast zur Wärmewende: <https://www.oeko.de/podcast/episode/wie-gelingt-die-waermewende>

Backup

Unsere Kernbotschaften

- Das Ziel, einer klimaneutralen Strom- und Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 zu erreichen, ist sehr ambitioniert und erfordert sowohl auf der Nachfrageseite als auch der Erzeugungsseite eine erhebliche Steigerung und Ausweitung der bisherigen Aktivitäten.
- Eine zentrale Rolle für das Erreichen von Klimaneutralität ist das Thema „Energieeinsparung“, wofür sowohl Effizienzmaßnahmen (z.B. im Bereich der energetischen Gebäudesanierung) als auch Suffizienzmaßnahmen (z.B. durch einen bewussteren Lebensstil) erforderlich sind.
- Für eine klimaneutrale Stromversorgung muss der Ausbau von Windenergie und Photovoltaik massiv erhöht und deutlich beschleunigt werden. Im Vergleich zu den letzten zehn Jahren bedeutet dies für Windenergie und PV-Freiflächenanlagen eine deutliche Steigerung um den Faktor fünf bis zehn.
- Der Flächenbedarf für Windenergie und PV-Freiflächenanlagen liegt in den Zielszenarien für Baden-Württemberg bei 1,8 % bis 3,1 %. Das derzeitige Landesziel in Höhe von 2 % reicht dafür nicht aus und sollte auf mindestens 3 % erhöht werden.

Unsere Kernbotschaften

- Die geeigneten Flächen für Windenergie und Photovoltaik sind dabei regional unterschiedlich verteilt. Die Landesregierung sollte zusammen mit den Regionalverbänden ein geeignetes Verfahren entwickeln, um regionalspezifische Flächenziele auszuweisen.
- Um die Genehmigungsprozesse für Windenergie und PV-Freiflächenanlagen zu beschleunigen, sollten die Empfehlungen der entsprechenden Task Force umgesetzt und verstetigt werden. Zudem sollten die Kommunen finanziell an den Erträgen der bei ihnen angesiedelten EE-Anlagen beteiligt werden.
- Zentrale Bestandteile einer klimaneutralen Gebäudewärmeversorgung sind neben der energetischen Gebäudesanierung der Wärmepumpenhochlauf in der Objektversorgung sowie der Aus- und Umbau der Nah- und Fernwärmenetze. Wasserstoff spielt für eine klimaneutrale Wärmeversorgung lediglich im Bereich der Fernwärmeerzeugung eine Rolle.
- Notwendig ist ein sehr schneller Markthochlauf bei Wärmepumpen. Hierfür ist die anvisierte 65 % Anforderung, nach der ab dem 01.01.2024 bei jedem Heizungstausch mindestens 65 % erneuerbare Wärmeenergien eingesetzt werden müssen, eine wichtige Maßnahme.

Unsere Kernbotschaften

- Im Bereich der Wärmenetze kommt den Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar und Mittlerer Oberrhein eine wichtige Rolle zu, da dort knapp zwei Drittel der Wärmenetznachfrage lokalisiert sind. Wichtig ist dabei die Einbindung erneuerbarer Wärmequellen in die Wärmenetze, insbesondere von Geothermie, Abwärme, Solarthermie und Großwärmepumpen.
- Der Erfolg der Energiewende hängt dabei auch an ausreichend verfügbaren und adäquat qualifizierten Fachkräften. Dies betrifft nicht nur die energetische Gebäudesanierung, sondern auch den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung sowie den Umbau der energiewenderelevanten Infrastrukturen.

Flächenanteile für Windenergie in den zwölf Regionen Baden-Württembergs

Region	Ariadne-Szenario-BW-2040	Agora-Szenario-BW-2040	UBA-Szenario-BW-2040
Stuttgart	0,8 %	0,4 %	0,6 %
Heilbronn-Franken	4,1 %	2,0 %	3,0 %
Ostwürttemberg	1,6 %	0,8 %	1,2 %
Mittlerer Oberrhein	3,2 %	1,6 %	2,3 %
Rhein-Neckar	2,8 %	1,4 %	2,0 %
Nordschwarzwald	6,7 %	3,4 %	4,9 %
Südlicher Oberrhein	1,2 %	0,6 %	0,9 %
Schwarzwald-Baar-Heuberg	2,1 %	1,0 %	1,5 %
Hochrhein-Bodensee	0,8 %	0,4 %	0,6 %
Neckar-Alb	2,7 %	1,3 %	1,9 %
Donau-Iller	6,6 %	3,3 %	4,8 %
Bodensee-Oberschwaben	1,3 %	0,7 %	1,0 %
Baden-Württemberg	2,7 %	1,4 %	2,0 %