

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

Was bedeutet das für Freiburg und die Region Südlicher Oberrhein?

Dr. Matthias Koch
Samstags-Forum Regio Freiburg
Freiburg, 22.04.2023

Agenda

- Hintergrund und Zielstellung der Studie
- Methodisches Vorgehen
- Ergebnisse
 - Szenariorahmen für Baden-Württemberg
 - Regionalisierung für die zwölf Regionen in Baden-Württemberg
- Kernbotschaften und Maßnahmenplan für eine klimaneutrale Energieversorgung

Hintergrund und Zielstellung der Studie

Hintergrund und Zielstellung der Studie

- Hintergrund
 - Studie im Auftrag des BUND Landesverband Baden-Württemberg
 - Bearbeitungszeitraum: Dezember 2021 bis Februar 2023
 - Veröffentlichung der Hauptstudie im Oktober 2022
 - Veröffentlichung einer ergänzenden Kurzstudie im Februar 2023 zu den Auswirkungen des Fachbeitrags Artenschutz der LUBW auf den notwendigen Ausbau der Windenergie in Baden-Württemberg

- Zielstellung der Studie
 - Herunterbrechen von nationalen Studien und Transformationspfaden in Richtung Klimaneutralität auf die zwölf Regionen in Baden-Württemberg.
 - Datengrundlage für eine sinnvolle Debatte vor Ort und zur Einordnung der Regionalpläne.
 - Mindestens ein Szenario soll den Schwerpunkt auf Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen legen.

Bisherige Vorträge und Veröffentlichungen

- Vorträge

- Landespressekonferenz am 5.10.2022 in Stuttgart
- Energie-Dialog Baden-Württemberg am 21.10.2022 in Bad Boll
- Naturschutztage am 6.01.2023 in Radolfzell
- Kommission „Landwirtschaft-Umwelt-Klima-Energie“ des Oberrheinrates am 15.02.2023 in Colmar

- Veröffentlichungen

- Hauptstudie: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/100-klimaneutrale-energieversorgung-der-beitrag-baden-wuerttembergs-und-seiner-zwoelf-regionen>
- Kurzstudie: <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/auswirkungen-des-fachbeitrags-artenschutz-der-lubw-auf-den-notwendigen-ausbau-der-windenergie-in-baden-wuerttemberg-und-seinen-zwoelf-regionen>

Methodisches Vorgehen

Methodisches Vorgehen

- 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 in den zwölf Regionen
- Maßnahmenplan für eine klimaneutrale Energieversorgung
- Regelmäßiger Austausch und Diskussion mit dem BUND und dem Projektbeirat

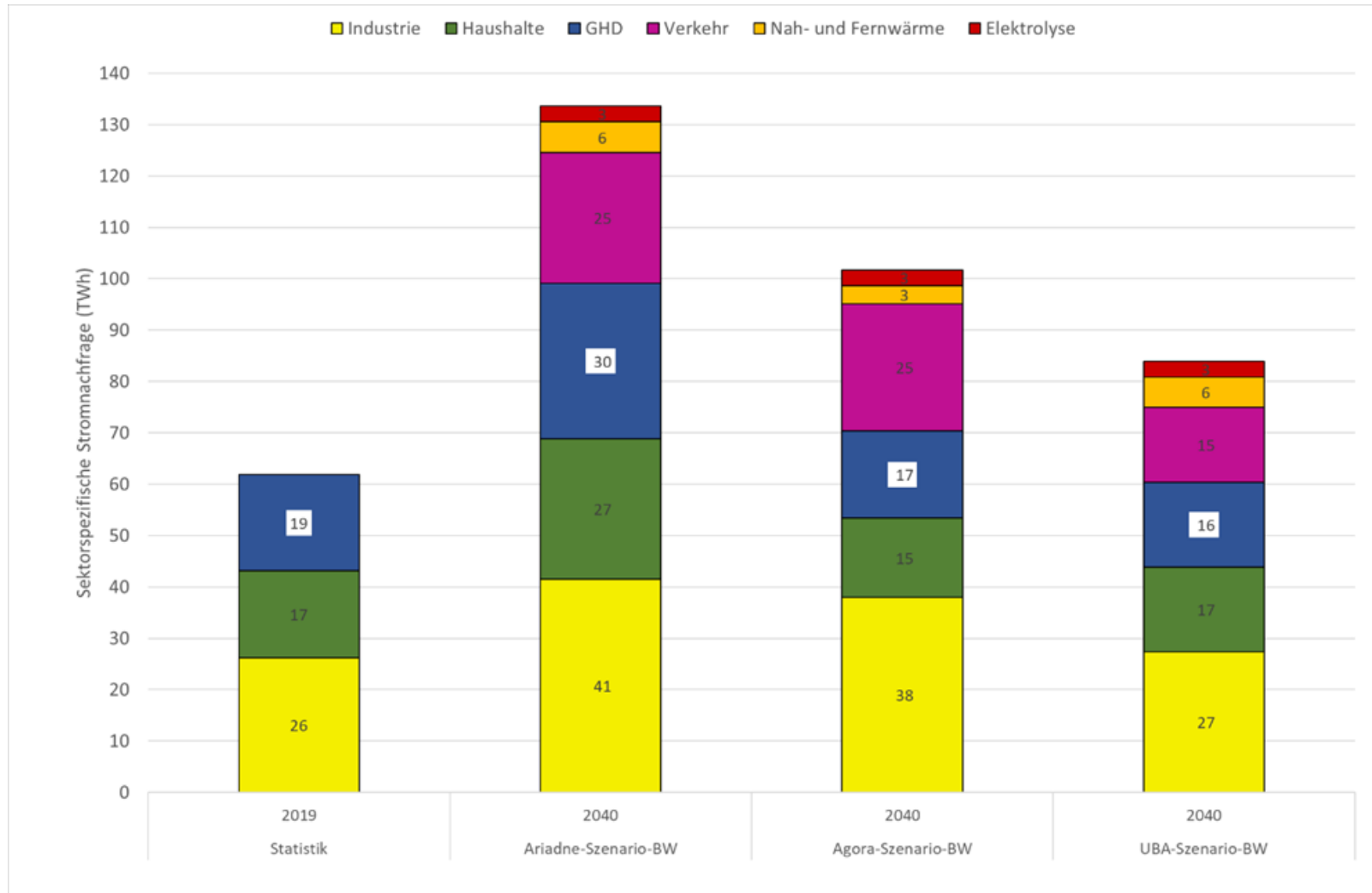
Auswahl der klimaneutralen Szenarien für Deutschland

	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

Ergebnisse

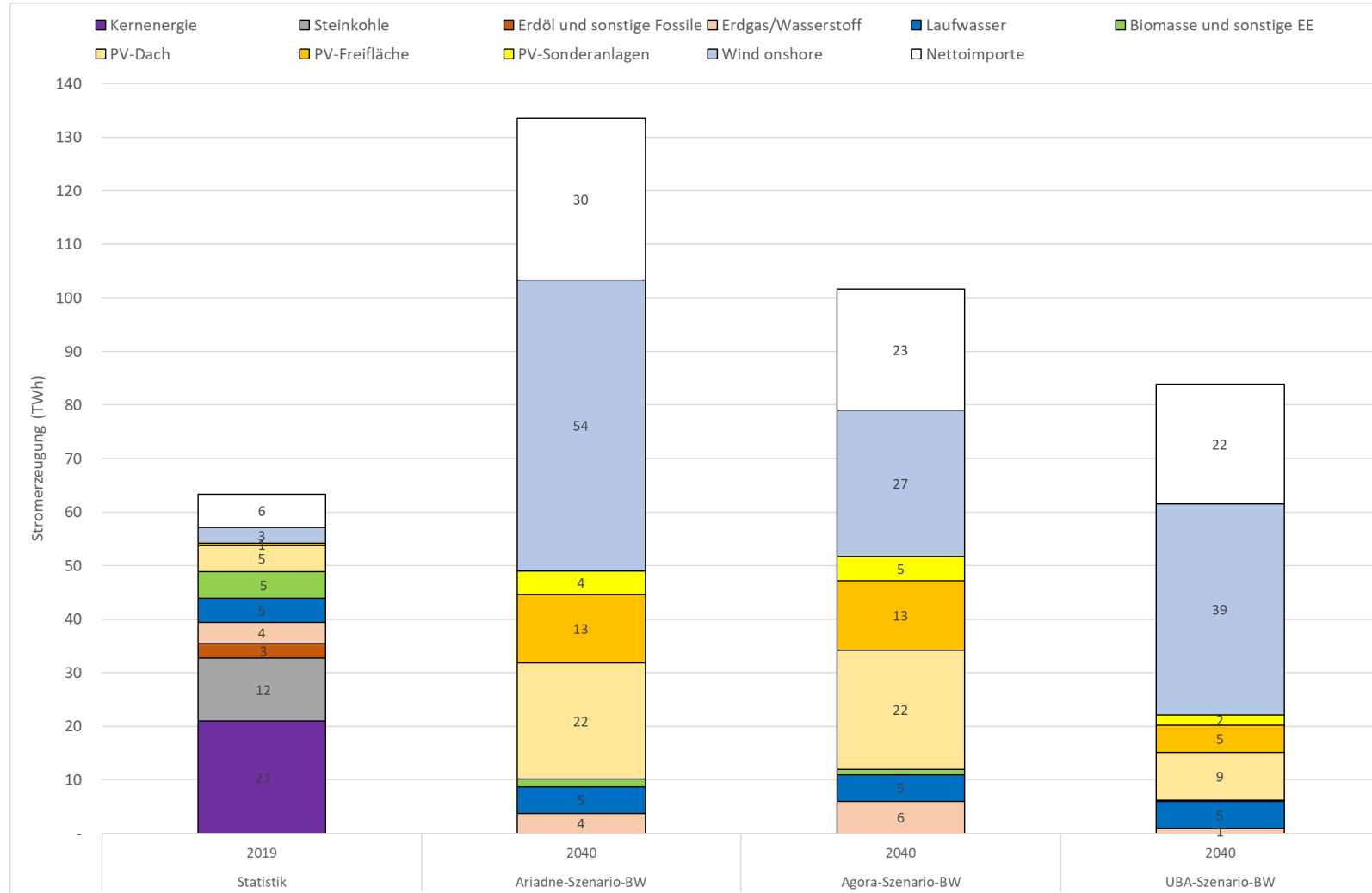
Szenariorahmen für Baden-Württemberg

Sektorspezifische Stromnachfrage in Baden-Württemberg



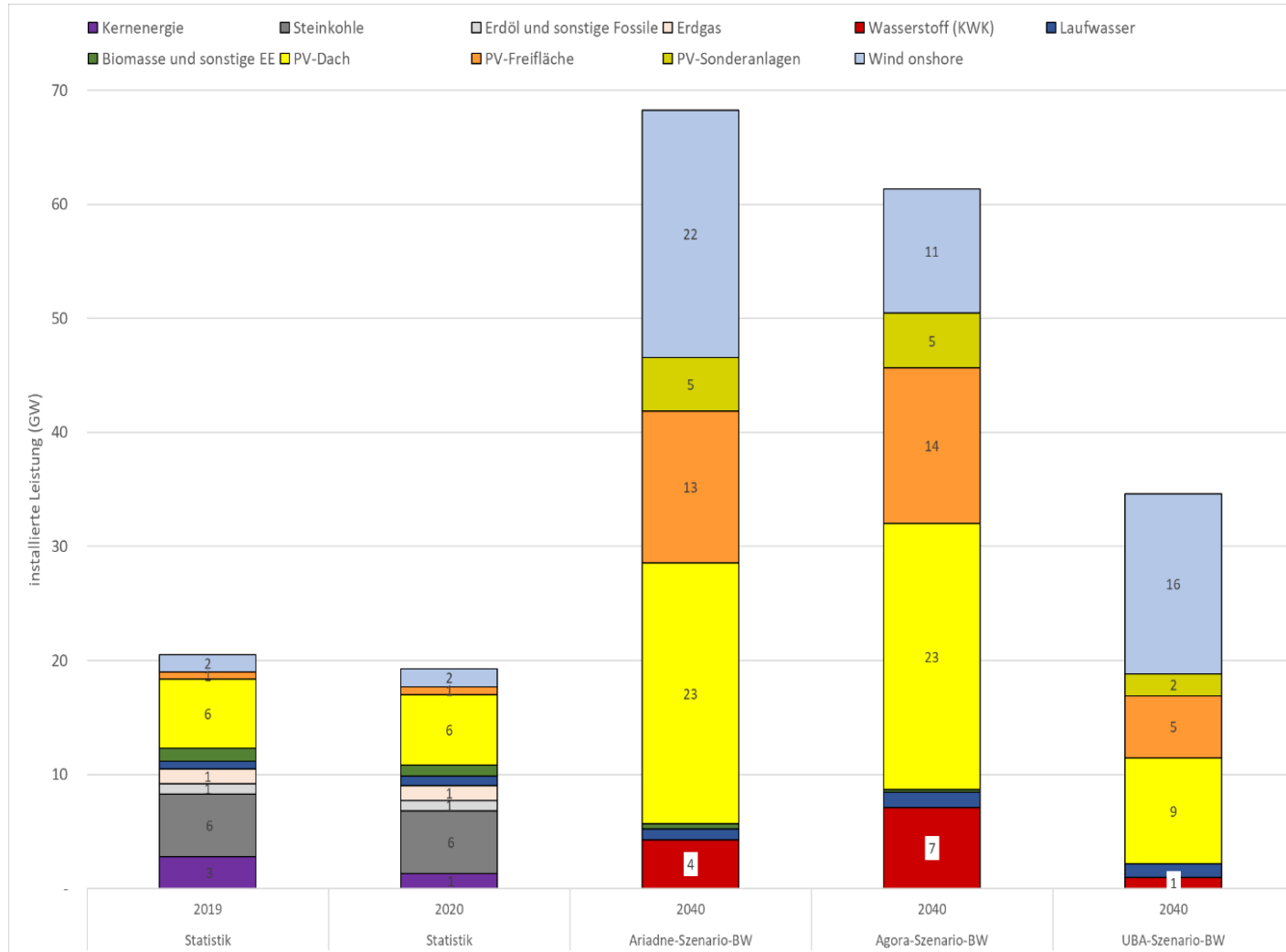
- Entwicklung der Stromnachfrage
 - Erhöhung durch Elektrifizierung
 - Reduktion durch Effizienz und Suffizienz
 - Anstieg von 2019 bis 2040 um 30% bis 110%.
- Suffizienz wird im UBA-Szenario-BW-2040 v.a. sichtbar bei Industrie und Elektromobilität

Energieträgerspezifische Stromerzeugung in Baden-Württemberg



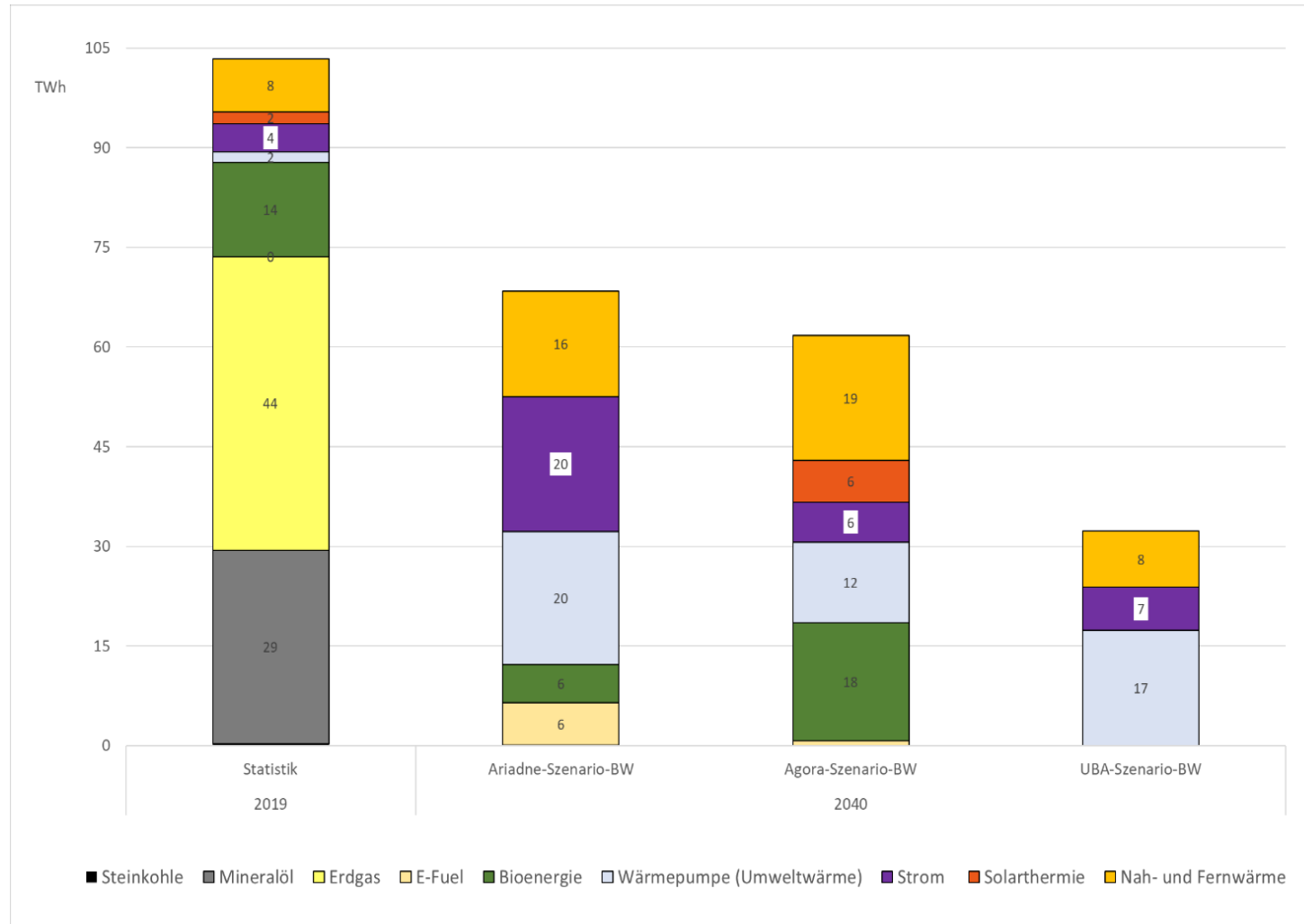
- Wind und PV werden zu den dominierenden Energieträgern zur Stromerzeugung.
- Baden-Württemberg ist auf Stromimporte angewiesen (etwa 30% der Stromnachfrage).
- Wasserstoffkraftwerke sind die teuerste Technologie und werden mit etwa 1000 Volllaststunden betrieben.

Stromerzeugungskapazitäten in Baden-Württemberg



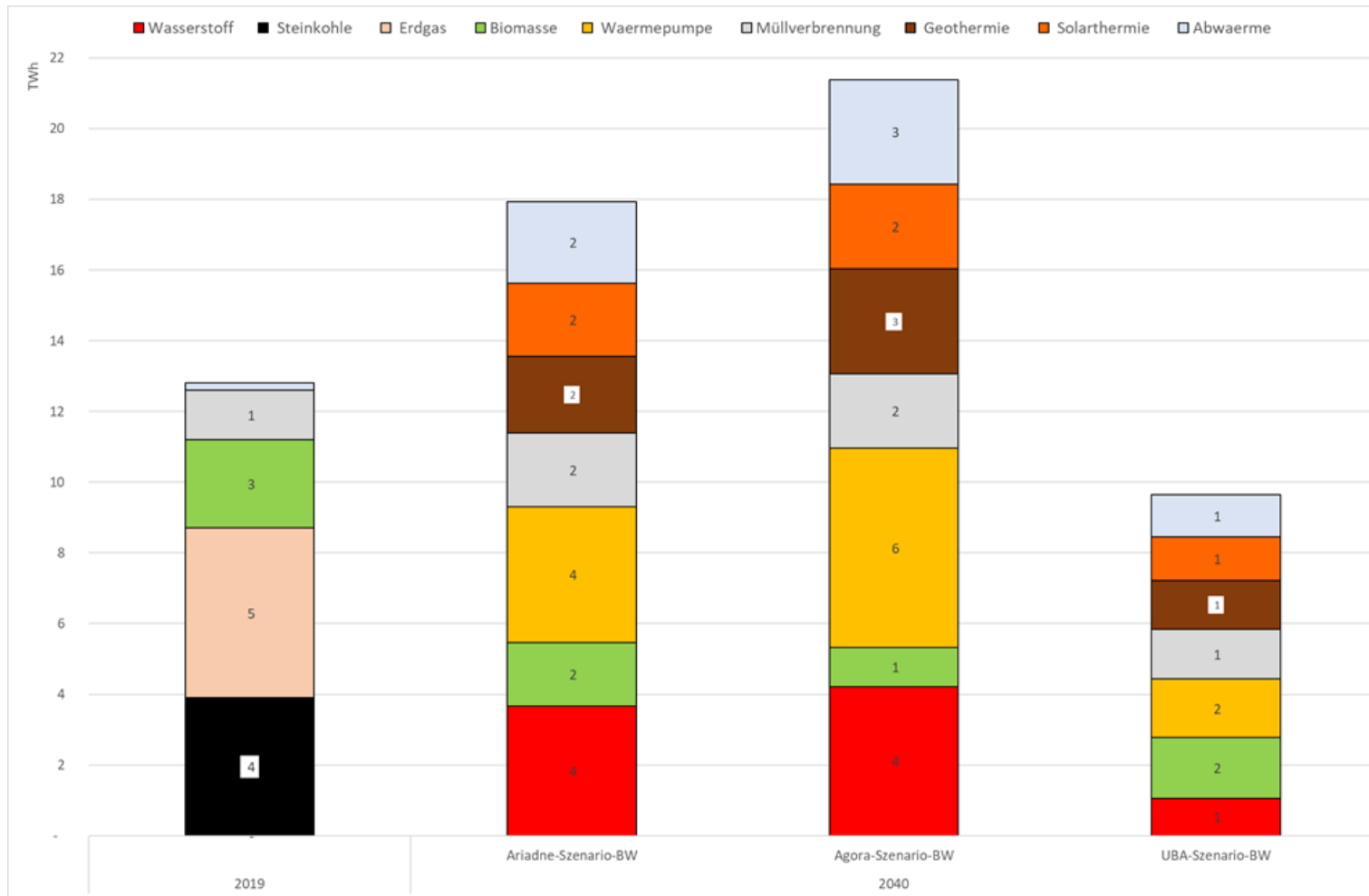
- Wind: 11 GW – 22 GW
- PV: 17 GW – 42 GW
 - 55% PV-Dachanlagen
 - 35% PV-Freiflächenanlagen
 - 10% PV-Sonderanlagen
- Erhöhung der aktuell installierten Kapazitäten bei Wind und PV um den Faktor fünf bis zehn!

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

Energieträgermix der Fernwärmeerzeugung in Baden-Württemberg

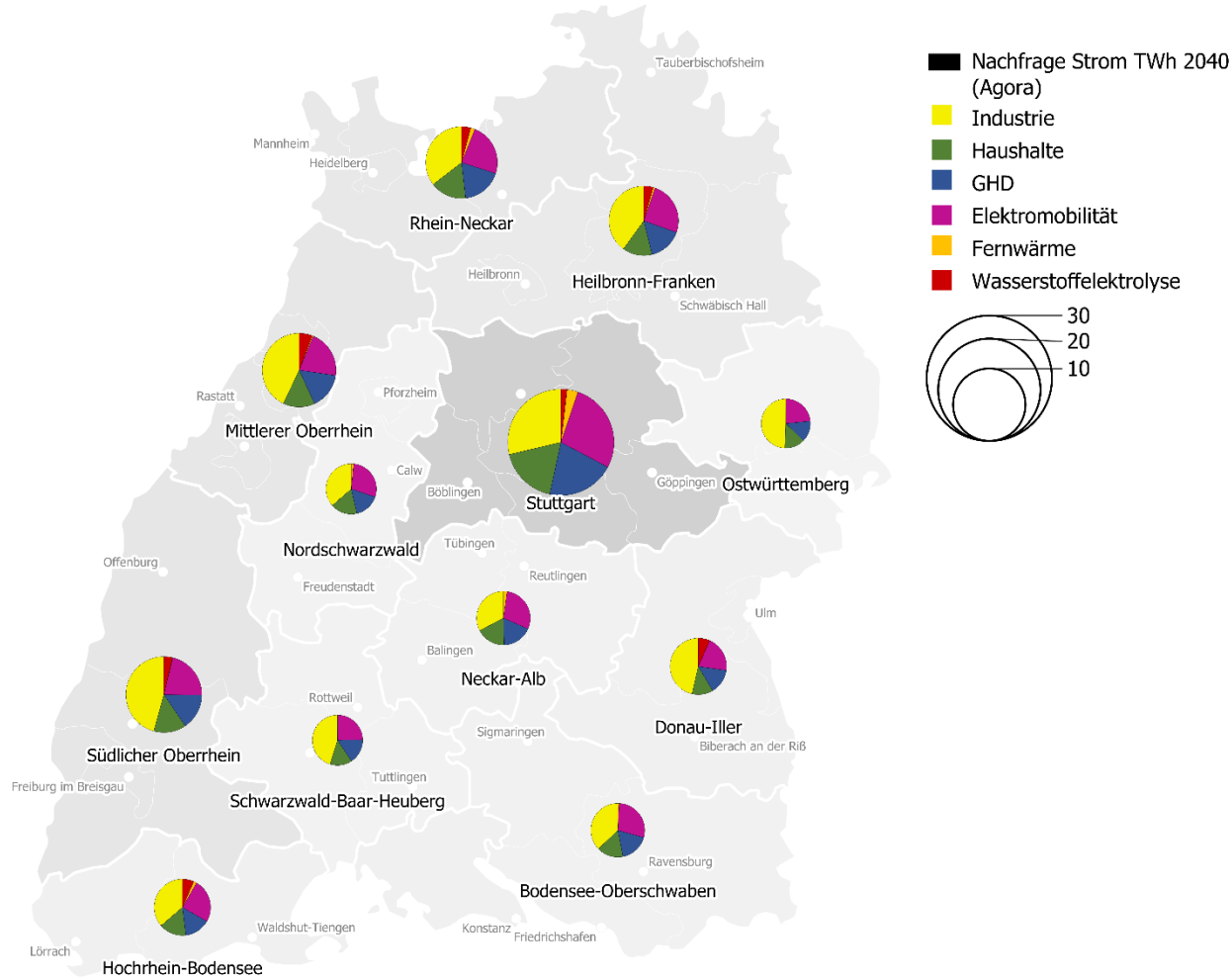


- Steinkohle und Erdgas werden in erster Linie ersetzt durch
 - Abwärme
 - Solarthermie
 - Wärmepumpen
 - Wasserstoff
- Für die Integration von Solarthermie sind saisonale Wärmespeicher erforderlich.

Ergebnisse

Regionalisierung für die zwölf Regionen in Baden-Württemberg

Sektorspezifische Stromnachfrage in den Regionen Baden-Württembergs im Agora-Szenario-BW-2040



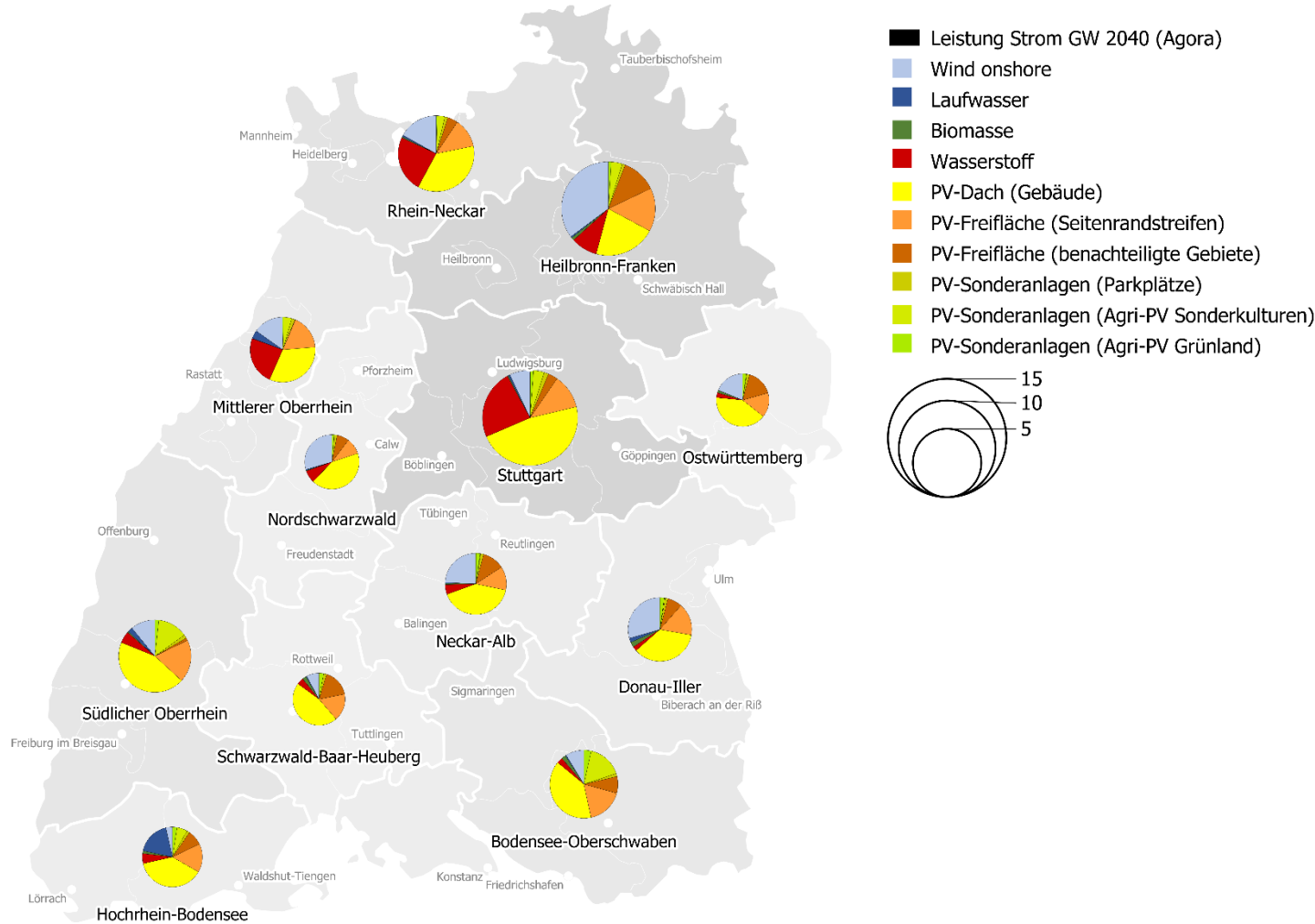
- Regionale Verteilschlüssel

- Industrielle Stromnachfrage 2019
- Erwerbstätige am Arbeitsort 2019
- Bevölkerungsverteilung 2020
- Fahrzeugbestand 2021
- Annahme zu möglichen Standorten für Elektrolyseure
- Modellierung der Fernwärmeerzeugung

- Region Südlicher Oberrhein

- 11 TWh Stromnachfrage
- 11 % Anteil an Baden-Württemberg

Energieträgerspezifische Stromerzeugungskapazitäten in den Regionen Baden-Württembergs im Agora-Szenario-BW-2040



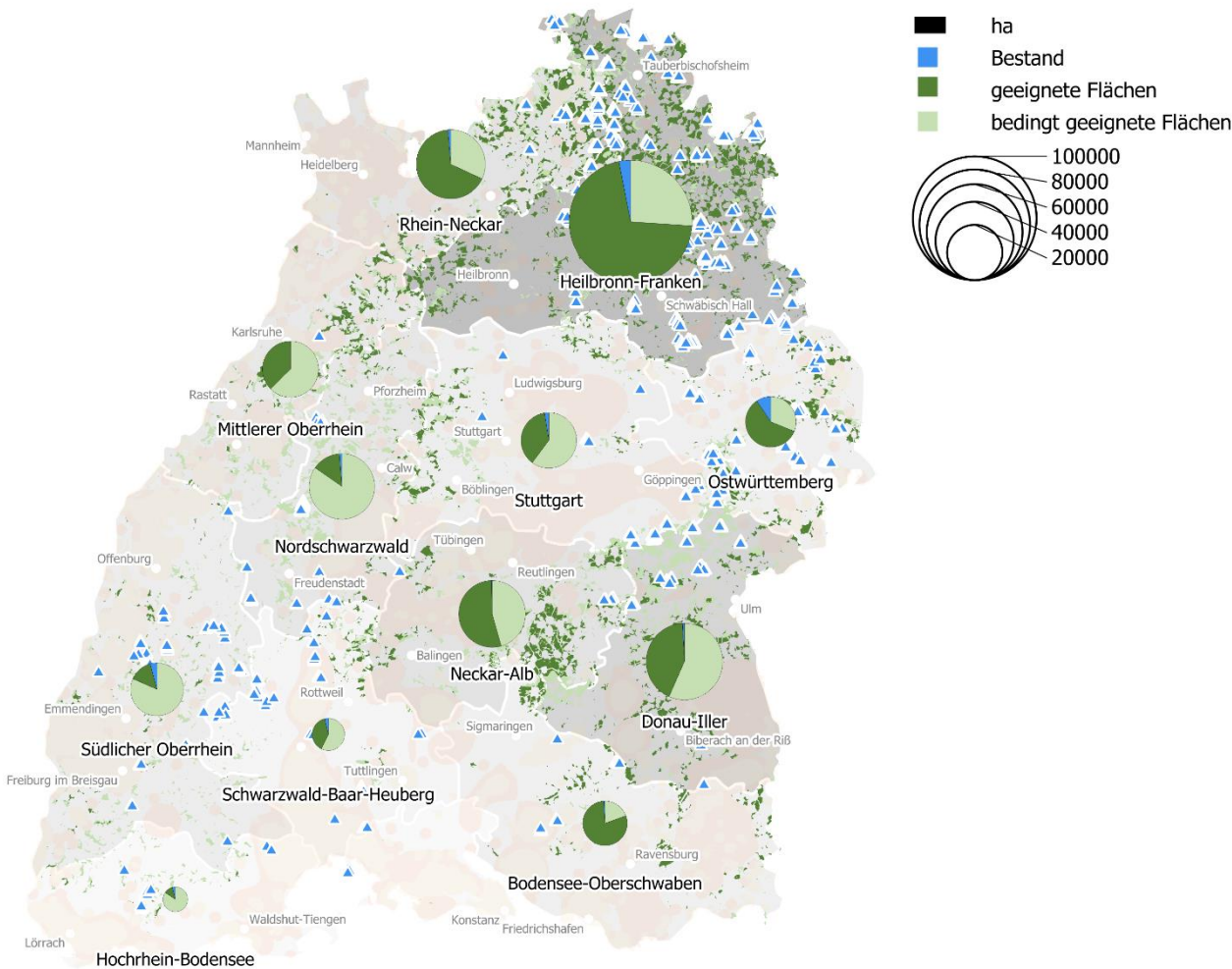
Regionale Verteilschlüssel

- Windpotenzialflächen und Fachbeitrag Artenschutz (Version 2, Kurzstudie)
- Flächen für Seitenrandstreifen, Sonderkulturen, benachteiligte landwirtschaftliche Gebiete,...
- Bestandskraftwerke und Umstellungspläne für H2-ready

Region Südlicher Oberrhein

- Wind: 610 MW (6% von BW)
- PV-Dach: 2500 MW (11% von BW)
- PV-Freifläche: 1100 MW (8% von BW)
- PV-Sonderanlagen: 940 MW (19% von BW)

Potenzialabhängiger Verteilschlüssel für Windenergie für die zwölf Regionen Baden-Württembergs (Version 2, Kurzstudie)



- Datenquellen:

- Windpotenzialflächen aus dem Energieatlas Baden-Württemberg

- 420.000 ha (geeignet und bedingt geeignet)
- 11,8% der Landesfläche

- Fachbeitrag Artenschutz für die Regionalplanung Windenergie

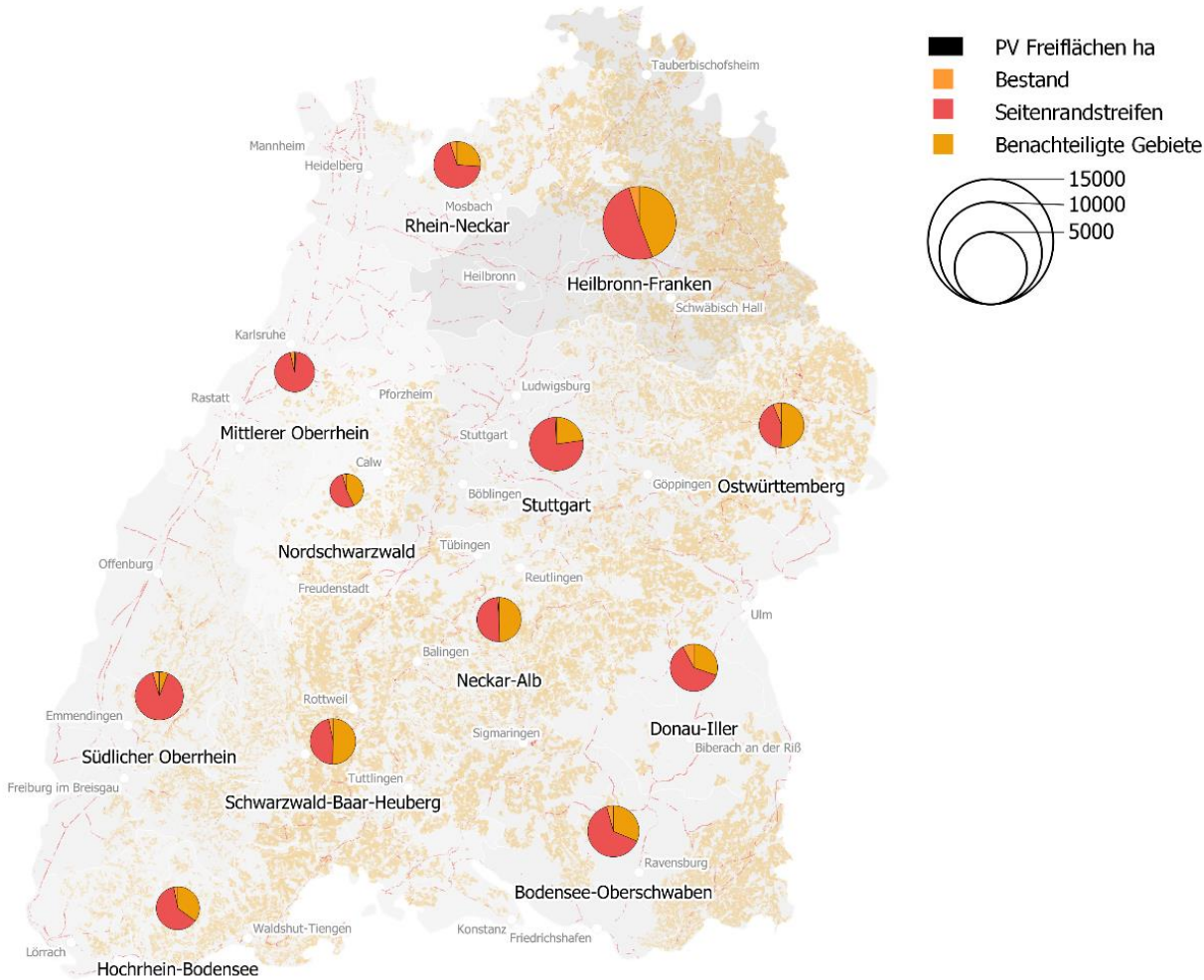
- 1.300.000 ha (Kategorie A und B)
- 36,5% der Landesfläche

- Ergebnis:

- Potenzialabhängiger Verteilschlüssel

- 325.000 ha (77% der Windpotenzialflächen)
- 9,1% der Landesfläche

Potenzialabhängiger Verteilschlüssel für PV-Freiflächenanlagen für die zwölf Regionen Baden-Württembergs



- Seitenrandstreifen und Konversionsflächen
 - 26.700 ha (Energieatlas Baden-Württemberg)
 - 0,75% der Landesfläche

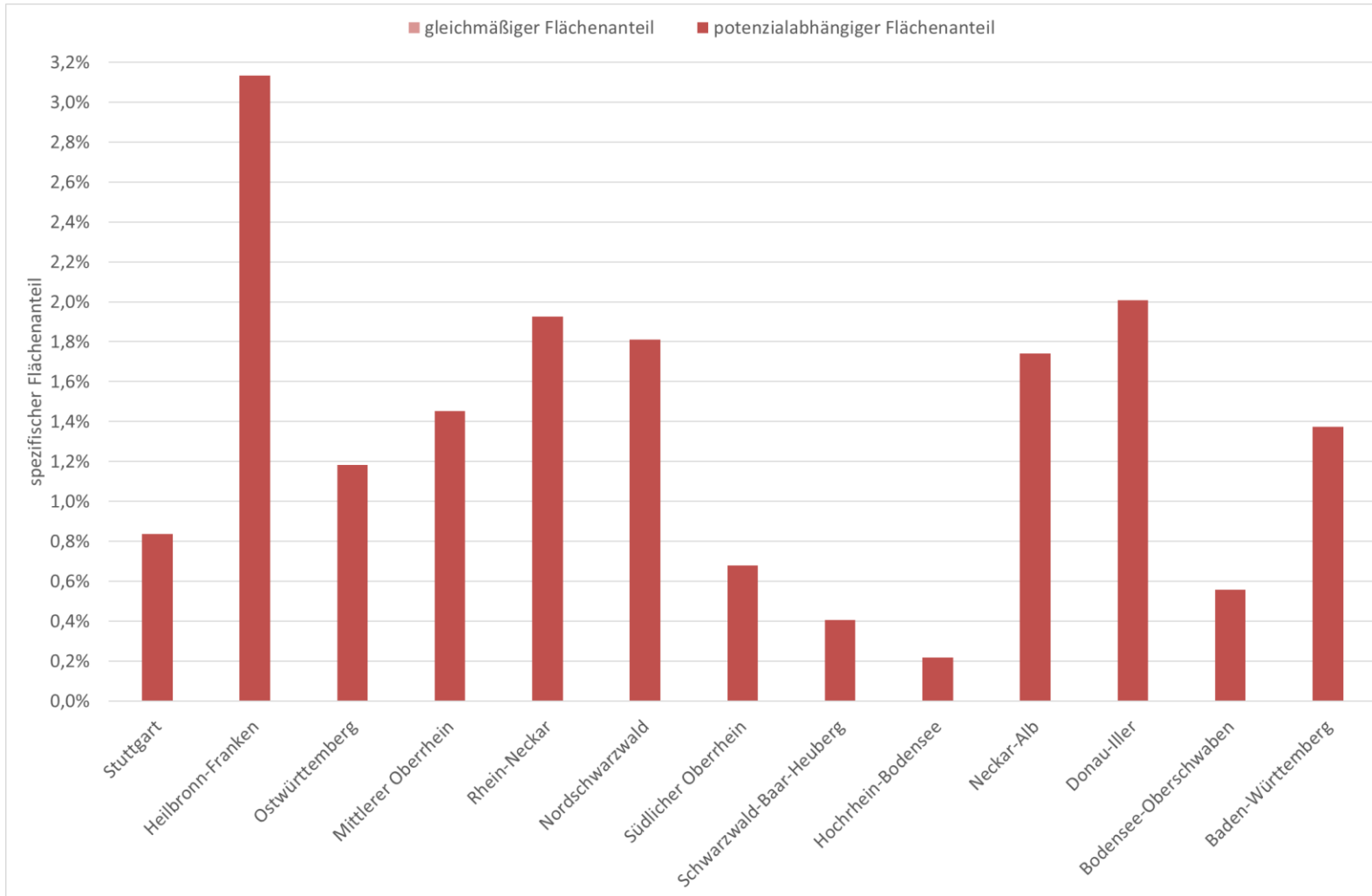
- Benachteiligte landwirtschaftliche Gebiete
 - 500 MW/a (Freiflächenöffnungsverordnung)
 - Max. 9.000 ha im Zeitraum 2022 - 2040
 - 0,25% der Landesfläche

- Gesamtpotenzial: 36 GW
- Bedarf: 14 GW (Agora-Szenario-BW-2040)

Exkurs: Ist eine potenzialabhängige Verteilung von EE-Anlagen „gerecht“?

- Potenzialabhängige Verteilung:
 - Hohes Potenzial bedeutet viele EE-Anlagen.
 - Die Potenzialnutzung ist in allen Regionen gleich.
- In der derzeitigen regionalplanerischen Umsetzung wird der Flächenbeitragswert für Baden-Württemberg (mindestens 1,8 % bis 2032) einheitlich auf alle Regionen Baden-Württembergs übertragen.
- Die regionalen Potenzialunterschiede bleiben unberücksichtigt, so dass in Regionen mit einem geringen Windpotenzial auch wenig effiziente Flächen ausgewiesen werden müssen, während besser geeignete Flächen in Regionen mit einem hohen Windpotenzial ungenutzt bleiben.
- Eine gleichmäßigere Verteilung von EE-Anlagen auf die Regionen Baden-Württembergs führt dazu, dass potenzialschwache Regionen ihre Flächenpotenziale stärker erschließen müssen als Regionen mit hohen Flächenpotenzialen.

Exkurs: Potenzialabhängiger Verteilschlüssel für Windenergie für das Agora-Szenario-BW-2040



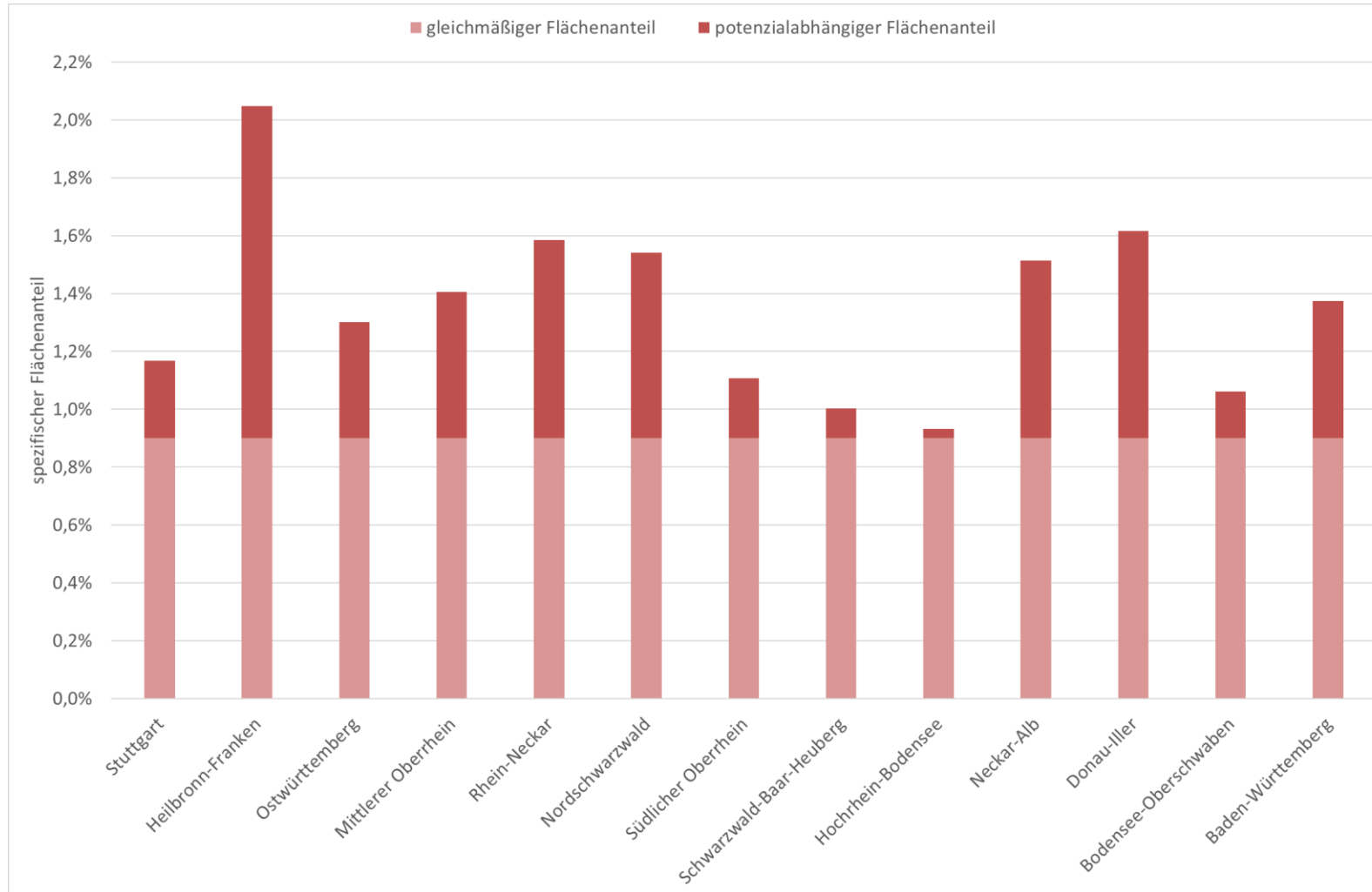
• Potenzialnutzung

- 15% (Hochrhein-Bodensee)
- 15% (Schwarzwald-Baar-Heuberg)
- 15% (Bodensee-Oberschwaben)
- ...
- 15% (Baden-Württemberg)
- ...
- 15% (Rhein-Neckar)
- 15% (Donau-Iller)
- 15% (Heilbronn-Franken)

• Spreizung

- Minimalwert: 0,2%
- Maximalwert: 3,1%

Exkurs: Kombiniertes Verteilschlüssel für Windenergie für das Agora-Szenario-BW-2040



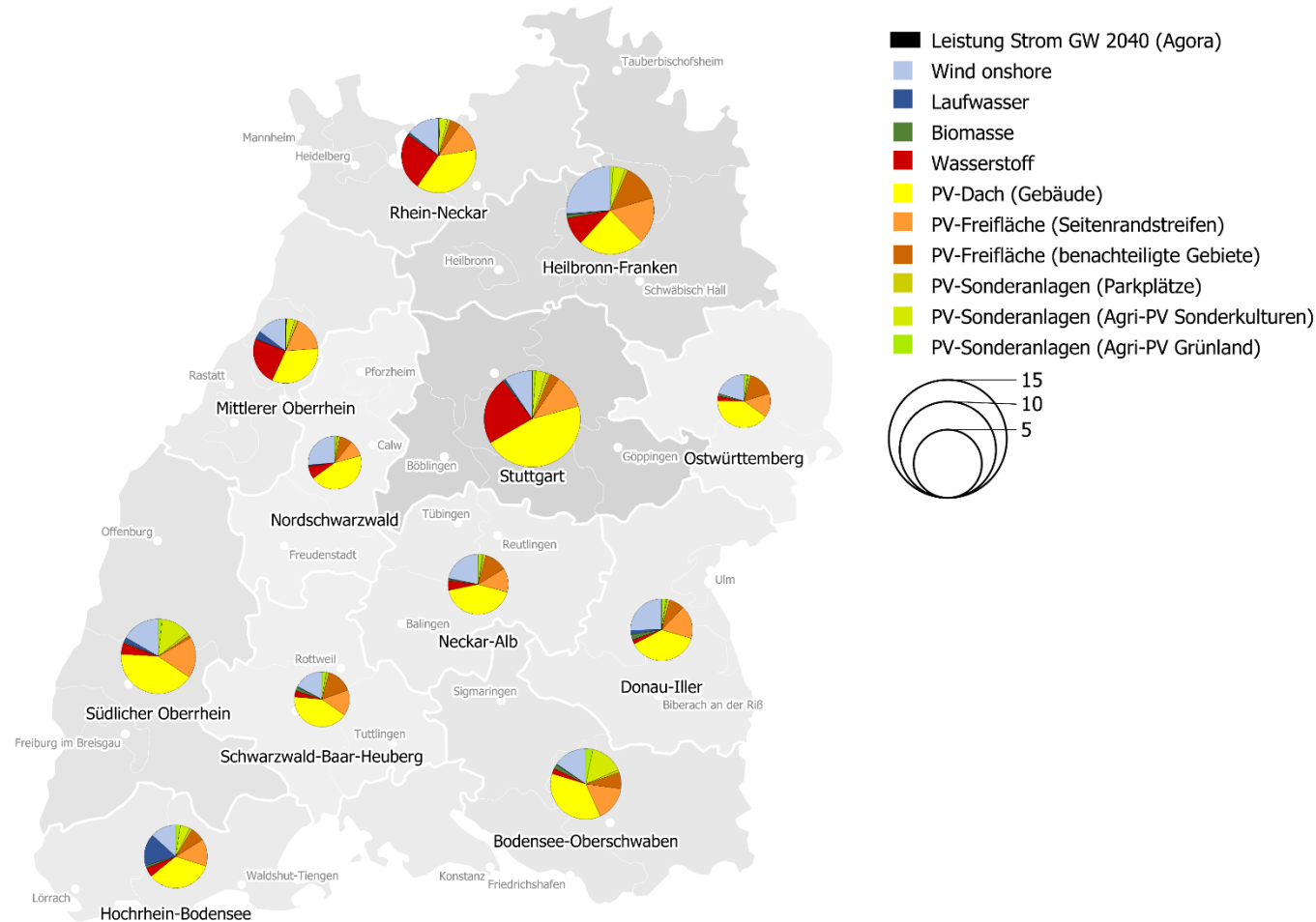
• Potenzialnutzung

- 64% (Hochrhein-Bodensee)
- 37% (Schwarzwald-Baar-Heuberg)
- 29% (Bodensee-Oberschwaben)
- ...
- 15% (Baden-Württemberg)
- ...
- 12% (Rhein-Neckar)
- 12% (Donau-Iller)
- 10% (Heilbronn-Franken)

• Spreizung

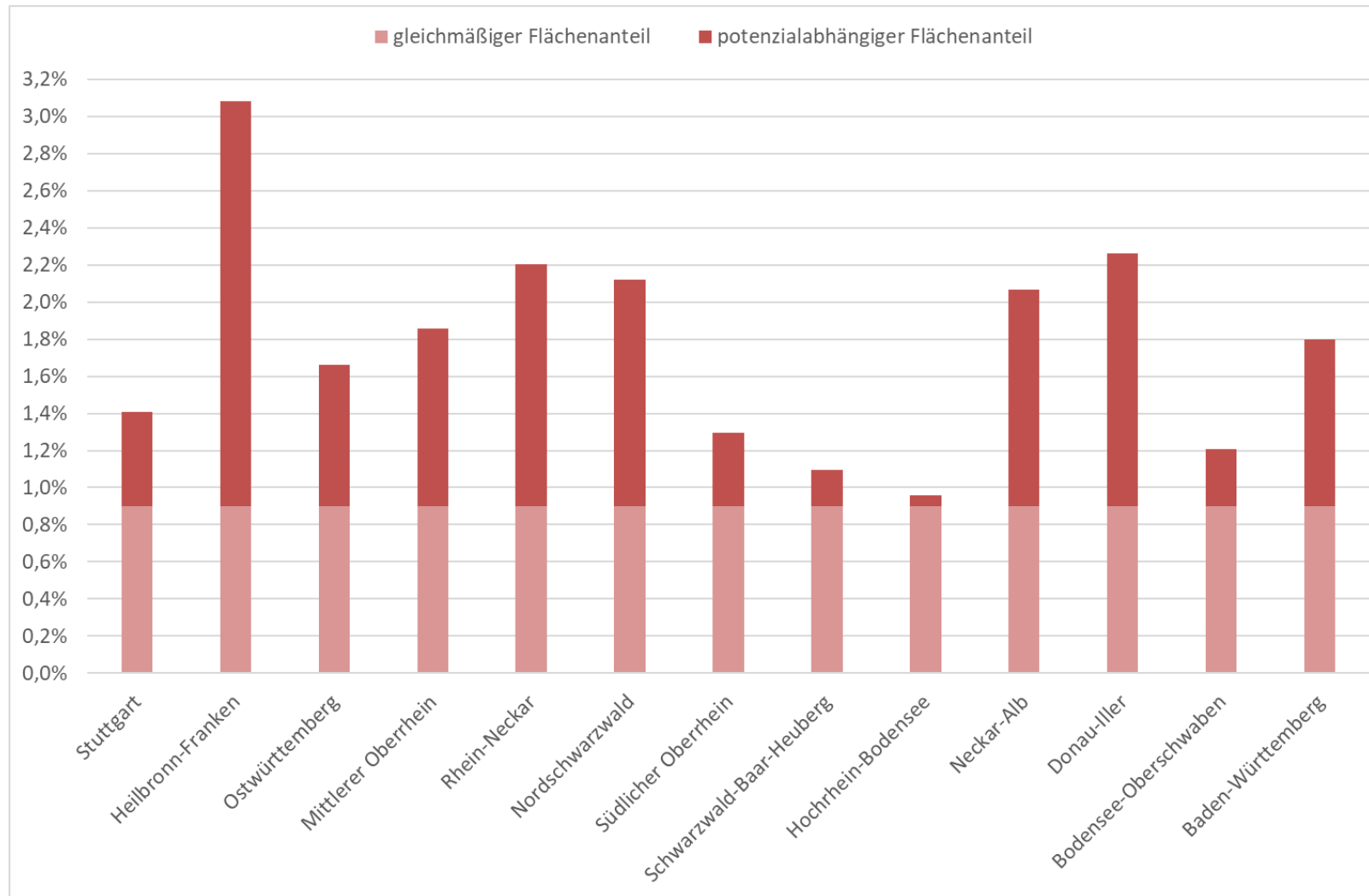
- Minimalwert: 0,9%
- Maximalwert: 2,1%

Exkurs: Energieträgerspezifische Stromerzeugungskapazitäten im Agora-Szenario-BW-2040 mit kombiniertem Verteilschlüssel für Windenergie



- Kombiniertes Verteilschlüssel für Windenergie
 - Zwei Drittel: gleichmäßige Verteilung
 - Ein Drittel: potenzialabhängige Verteilung
- Region Südlicher Oberrhein
 - Wind: 1000 MW (9% von BW)

Exkurs: Kombiniertes Verteilschlüssel für Windenergie für das 1,8% Flächenziel in Baden-Württemberg



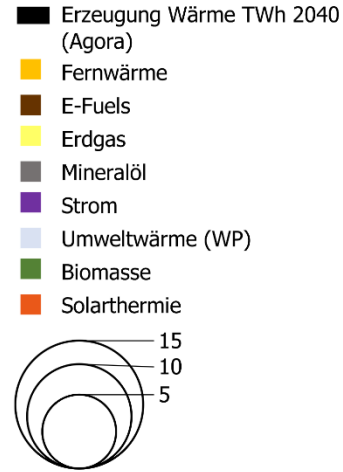
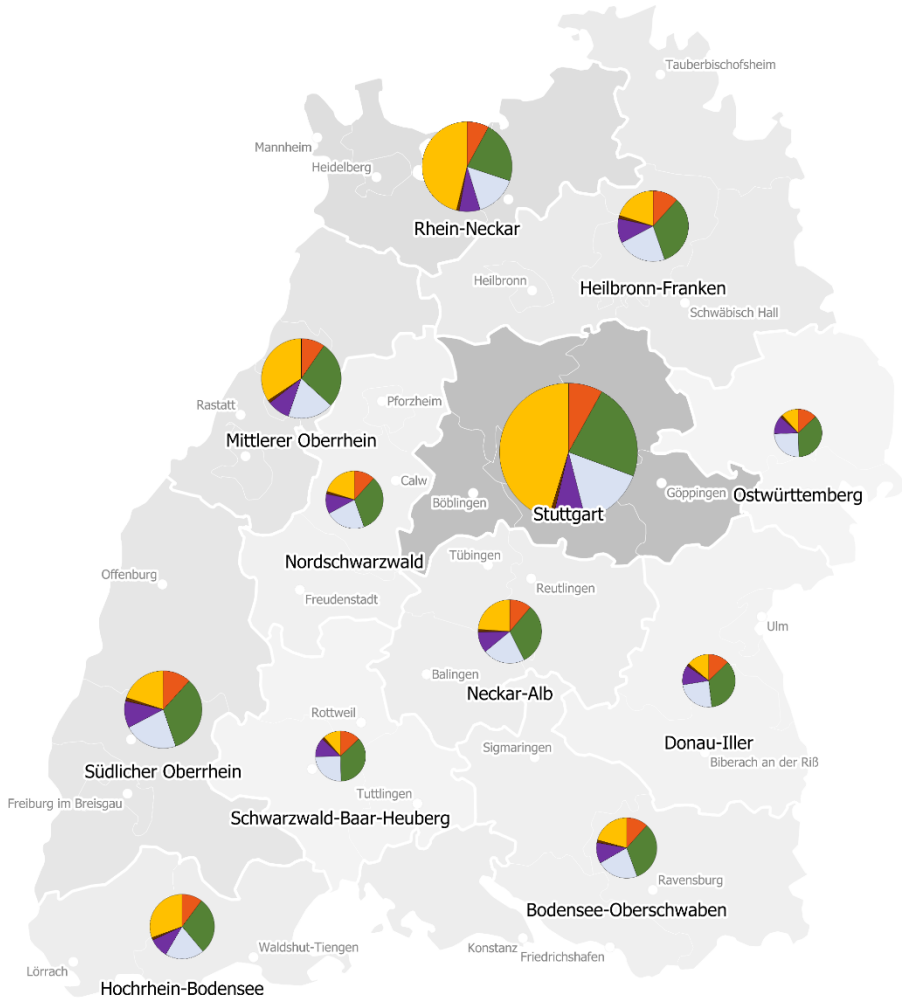
• Potenzialnutzung

- 66% (Hochrhein-Bodensee)
- 41% (Schwarzwald-Baar-Heuberg)
- 33% (Bodensee-Oberschwaben)
- ...
- 20% (Baden-Württemberg)
- ...
- 17% (Rhein-Neckar)
- 17% (Donau-Iller)
- 15% (Heilbronn-Franken)

• Spreizung

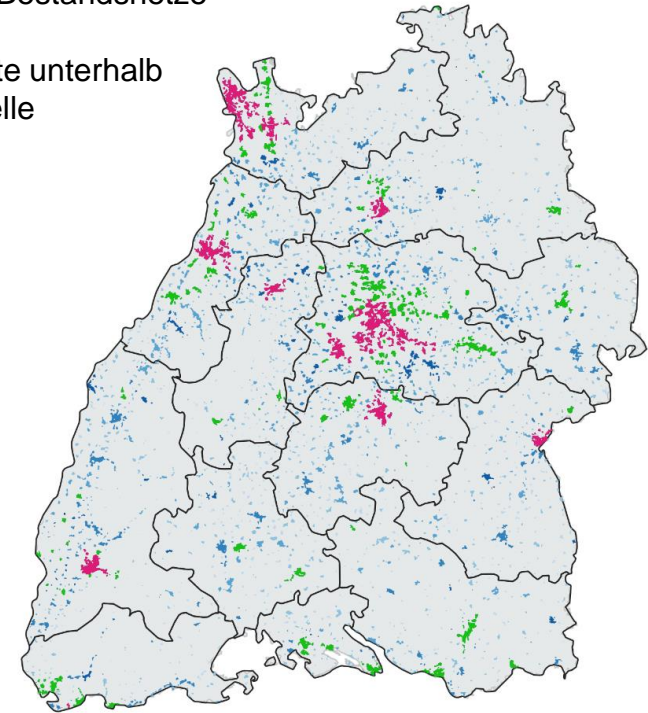
- Minimalwert: 1,0%
- Maximalwert: 3,1%

Wärmeversorgung für Gebäude in den Regionen Baden-Württembergs im Agora-Szenario-BW-2040



Regionale Verteilschlüssel

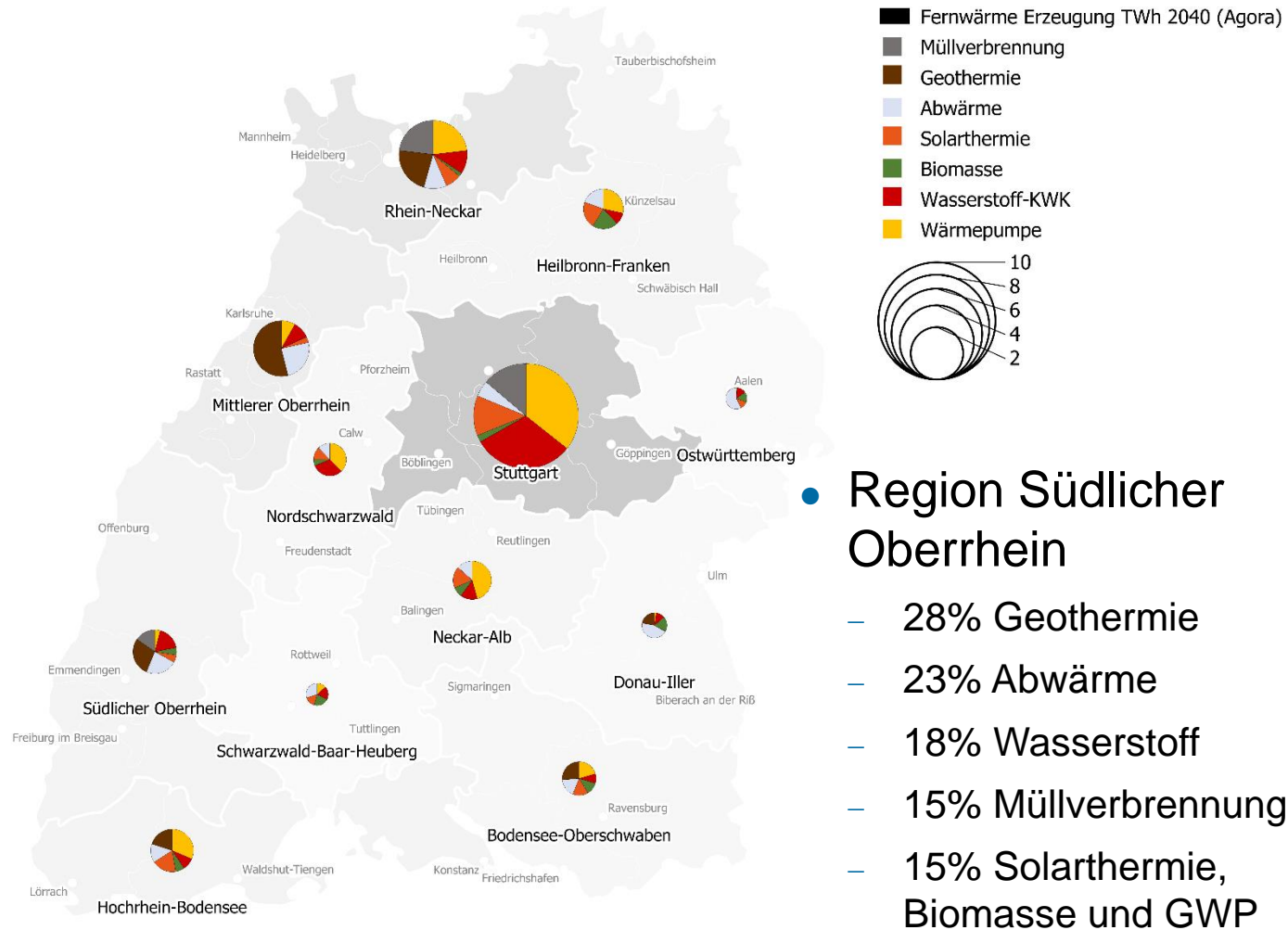
- Bevölkerungsverteilung 2020
- Ausbau der Fernwärmenetze
 - Rot: Verdichtung Bestandsnetze
 - Grün: Neubau
 - Blau: Wärmedichte unterhalb der Ausbauschwelle



Region Südlicher Oberrhein

- 37% Biomasse
- 37% Wärmepumpen
- 22% Fernwärme
- 13% Solarthermie
- 2% E-Fuels

Energieträgerspezifische Fernwärmeerzeugung in den Regionen Baden-Württembergs im Agora-Szenario-BW-2040



- **Region Südlicher Oberrhein**

- 28% Geothermie
- 23% Abwärme
- 18% Wasserstoff
- 15% Müllverbrennung
- 15% Solarthermie, Biomasse und GWP

- **Einsatzreihenfolge der Wärmequellen**

- Müllverbrennungsanlagen
- Geothermie
- Abwärme
- Solarthermie
- Wärmepumpen
- Biomasse-KWK-Anlagen
- Wasserstoff-KWK-Anlagen

- Knapp zwei Drittel der Fernwärmennachfrage ist in den Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar und Mittlerer Oberrhein lokalisiert.

Kernbotschaften und Maßnahmenplan für eine klimaneutrale Energieversorgung

Kernbotschaften und Maßnahmenplan für eine klimaneutrale Energieversorgung

- Das Ziel, eine klimaneutrale 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.
- Ein zentraler Baustein 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 beschleunigt werden (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.

Kernbotschaften und Maßnahmenplan für eine klimaneutrale Energieversorgung

- 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.
- 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.
- 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.

Kernbotschaften und Maßnahmenplan für eine klimaneutrale Energieversorgung

- Der Aus- und Umbau der Wärmenetze beinhaltet auch die Einbindung erneuerbarer Wärmequellen, insbesondere von Geothermie, Abwärme, Solarthermie und Großwärmepumpen. Für ein funktionierendes Zusammenwirken im Jahresverlauf sind zudem noch saisonale Wärmespeicher erforderlich.
- Der Erfolg der Energiewende hängt 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.

Ihre 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

Dr. Veit Bürger

Senior Researcher

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71

79017 Freiburg

Telefon: +49 761 45295-259

E-Mail: v.buerger@oeko.de