

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE

IHK HOCHRHEIN-BODENSEE

STROMSTUDIE FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG

REGIONALAUSWERTUNG
FÜR DEN IHK-BEZIRK HOCHRHEIN-BODENSEE

STROMSTUDIE FÜR BADEN-WÜRTTEMBERG

Regionalauswertung für den IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee

Verena Fluri, Connor Thelen, Bin Xu-Sigurdsson, Cristina Balmus,
Markus Kaiser, Tobias Reuther, Gerhard Stryi-Hipp, Christoph Kost

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg im Breisgau
www.ise.fraunhofer.de

Die zugrunde liegende Studie, „Stromstudie für Baden-Württemberg“ wurde vom Baden-Württembergischen Industrie- und Handelskammertag (BWIHK) beauftragt und vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme von Dezember 2023 bis März 2024 durchgeführt.

Die vorliegende Studie wurde von der IHK Hochrhein-Bodensee beauftragt und stellt eine regionale Auswertung der Daten dar.

Freiburg, April 2024

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung	5
2 Strombedarf im IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee	6
2.1 Heutiger Strombedarf und Entwicklung bis 2040.....	6
2.2 Blick auf die Industriezweige	7
3 Erneuerbare Energien in im IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee	9
3.1 Installierte Leistungen heute	9
3.2 Stromerzeugungspotenziale	9
3.3 Gesamtpotenziale.....	12
4 Langfristige Deckung von Angebot und Nachfrage	14
5 Literaturverzeichnis	15
6 Anhang	16

Abkürzungsverzeichnis

BW	Baden-Württemberg
EE	Erneuerbare Energien
GHD	Gewerbe Handel Dienstleistungen
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
ha	Hektar
IHK	Industrie- und Handelskammer
km	Kilometer
kW	Kilowatt
LKW	Lastkraftwagen
MW	Megawatt
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
PtX	Power-to-X
TWh	Terrawattstunden
W	Watt

Vorbemerkung

In dieser Studie ist mit der Angabe W, kW, MW für PV-Anlagen die Nennleistung Watt peak (Wp, kWp, MWp, GWp) gemeint, auf deren Nennung aus Lesbarkeitsgründen verzichtet wird.

1 Einleitung

Das Land Baden-Württemberg hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2040 klimaneutral zu werden. Um diese ehrgeizigen Klimaziele zu erreichen, sind umfassende Umstellungen von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien erforderlich. Dies wird hauptsächlich durch die Elektrifizierung von Prozessen und die verstärkte Nutzung von Grünstrom realisiert. Der gesteigerte Bedarf an Strom erhöht gleichzeitig die Notwendigkeit des Ausbaus erneuerbarer Energien. Dies gilt besonders vor dem geplanten Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung. Somit muss nicht nur der aktuelle Strombedarf durch grüne Erzeugungskapazitäten ersetzt werden, sondern es müssen zusätzliche Kapazitäten geschaffen werden, um den ansteigenden Bedarf zu decken. Der bisherige Ausbau und die Ausbaugeschwindigkeit von erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg hat noch nicht das erforderliche Ausmaß erreicht, um die Klimaziele zu erreichen.

Das Fraunhofer ISE hat in diesem Kontext für die IHK Baden-Württemberg die Stromversorgungssituation in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2040 untersucht¹. Demnach steigt der Strombedarf in Baden-Württemberg von 64 TWh (2021) auf 108 bis 161 TWh im Jahr 2040. Dies entspricht einer Steigerung von rund 73% bis 156%. Der Sektor Industrie hat daran, neben den Sektoren Verkehr und Haushalt, einen starken Anteil: Bis zum Jahr 2040 wird eine Steigerung des Industriestrombedarfs, je nach Szenario, von 5 bis 65% erwartet.

Um den steigenden Strombedarf klimaneutral und mit verbrauchsnahe Stromerzeugung zu decken, ist der Ausbau der erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg unerlässlich. Die Analyse zeigt, dass das gut verfügbare Potenzial mit rund 300 TWh groß ist, die Umsetzung aber stark von der Bereitschaft, die entsprechenden Flächen zu nutzen, abhängt. Die aktuellen landespolitischen Ziele bedeuten für das Jahr 2040 eine Strommenge von ca. 92 TWh. Diese Strommenge ist allerdings nicht ausreichend, um den steigenden Strombedarf jahresbilanziell zu decken.

Ein entsprechender Zubau an erneuerbaren Energien, selbst auf Basis der aktuellen politischen Zielsetzung, ist höchst herausfordernd. Um wenigstens eine jahresbilanzielle Versorgung sicher zu stellen, müssten die politischen Zielsetzungen weiter verschärft und die Rahmenbedingungen verbessert werden. Die Studie gibt Empfehlungen für verschiedene Akteure zur schnelleren Hebung der Potenziale.

Der vorliegende Bericht gibt in diesem Kontext einen detaillierteren Blick auf den IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee. Beschreibungen zu Annahmen und Methodik sind in der Hauptstudie zu finden. In diesem Bericht werden die Ergebnisse speziell für den IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee mit den Landkreisen Konstanz, Lörrach und Waldshut dargestellt. Dabei werden in Kapitel 2 die Strombedarfe dargestellt, in Kapitel 3 das Potenzial erneuerbarer Energien. Kapitel 4 stellt Strombedarf und Potenziale gegenüber.

¹ Fraunhofer ISE (2024): Stromstudie für Baden-Württemberg – Versorgungssituation bis zum Jahr 2040 <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2024/bw-stromstudie-zeigt-stei-gender-strombedarf-benoetigt-viel-erneuerbare-energien-in-baden-wuerttemberg.html> [1].

2 Strombedarf im IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee

Das folgende Kapitel enthält eine Strombedarfsprojektion für den IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee basierend auf dem Referenzjahr 2021 bis zum Jahr 2040 (Jahr des Ziels Klimaneutralität für Baden-Württemberg) mit Zwischenberechnungen für die Jahre 2025, 2030 und 2035.

Die Projektion beruht auf dem Energiesystemmodell REMod des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesystem [2]. Im Rahmen dieser Studie wurden drei Transformationsszenarien für das deutsche Energiesystem betrachtet²:

- Das Szenario *Basis* trifft technologisch ausgeglichene Maßnahmen und nimmt in den Verbrauchssektoren einen leicht steigenden Nutzenergiebedarf an, entsprechend der vergangenen Entwicklung.
- Das Szenario *Effizienz* nimmt eine effizientere Energienutzung und gesellschaftliche Verhaltensänderungen an, die zu einem sinkenden Nutzenergiebedarf in den Verbrauchssektoren führen. Die technologischen Annahmen entsprechen denen des Szenarios *Basis*.
- Das Szenario *Elektrifizierung* trifft optimistische Annahmen für Technologien (in Bezug auf technische Entwicklung und auch dem tatsächlichen Einsatz), die einer direkten Elektrifizierung in den Verbrauchssektoren entsprechen. Geringe Importmengen und hohe Importpreise für CO₂-neutrale, synthetische Energieträger sind hier zentrale Annahmen, die dazu führen, dass vermehrt auf direkte Elektrifizierung gesetzt wird. Die Entwicklung des Nutzenergiebedarfs entspricht dem Szenario *Basis*.

Der Strombedarf wird für die zukünftigen Jahre für alle Sektoren aus den Transformationsszenarien für Gesamtdeutschland entnommen. Dabei wird zwischen den Sektoren Haushalte, Industrie, GHD und Transport, definiert im Klimaschutzgesetz, und dem Sektor Power-to-X (PtX) unterschieden. Um eine Strombedarfsanalyse auf Landkreisebene für Baden-Württemberg durchzuführen, wird die Strombedarfsprojektion für Deutschland auf die Landkreise des Bundeslands Baden-Württemberg disaggregiert. Die hierfür verwendete Methodik zur Disaggregation des Strombedarfs wird in Kapitel 2.1 der Hauptstudie erörtert.

2.1 Heutiger Strombedarf und Entwicklung bis 2040

In Abbildung 1 ist der projizierte Strombedarf der Region Hochrhein-Bodensee für den Zeitraum von 2021 bis 2040 der drei betrachteten Szenarien dargestellt. Im Referenzjahr 2021 wies die Region, bestehend aus den Landkreisen Konstanz, Lörrach und Waldshut, einen projizierten Gesamtstrombedarf von 3,7 TWh auf. Dieser Bedarf bestand fast zur Hälfte aus der Nachfrage des Industriesektors, der 44% ausmachte. Die Anteile der anderen Hauptsektoren betragen 23% für Gewerbe-Handel- und Dienstleistungssektor, 30% im Haushaltssektor und 3% im Verkehrssektor.

Angesichts des angestrebten Ziels der Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 wird in sämtlichen Szenarien ein erheblicher Anstieg des Strombedarfs erwartet. Im Basisszenario wird eine Steigerung des Strombedarfs der Region Hochrhein-Bodensee auf 8,7 TWh prognostiziert, während im Effizienzzenario von einem Bedarf von 6,2 TWh und im Elektrifizierungsszenario von 9 TWh für das Jahr 2040 ausgegangen werden kann. Dies bedeutet einen Anstieg des Strombedarfs um +69% im Effizienzzenario und bis zu +144% im Elektrifizierungsszenario.

Im Basisszenario steigt der Strombedarf im Sektor Industrie von 1,6 TWh um 65% auf 2,7 TWh, was insbesondere auf die Elektrifizierung der Prozesswärme zurückzuführen ist. Im GHD-Sektor steigt der Strombedarf von rund 0,9 TWh auf etwa 1,2 TWh, was einem Anstieg von 36% entspricht. Im Sektor Haushalte steigt der Strombedarf von 1,1 TWh im Jahr 2021 auf 2,7 TWh im Jahr 2040. Dieser enorme Anstieg von +146% lässt sich durch die starke Elektrifizierung in Bereich der Raumwärme und Warmwasser zurückführen. Auch im Verkehrssektor steigt die

² Die drei Szenarien stammen aus dem Ariadne Projekt [3]. Das Szenario *Basis* diente dort als Grundlage eines Berichts [4] und das Szenario *Elektrifizierung* wird für eine Web-Visualisierung [5] genutzt. Das Szenario *Effizienz* ist ein im Rahmen von Ariadne gerechnetes, bisher unveröffentlichtes Szenario, das auf einer eigenen Studie [2] aufbaut.

Stromnachfrage stark an. Von etwa 0,1 TWh im Jahre 2021 auf 1,9 TWh im Jahr 2040. Dieser enorme Anstieg des Strombedarfs ist auf die weite Verbreitung von batterieelektrischen PKWs und LKWs zurückzuführen.

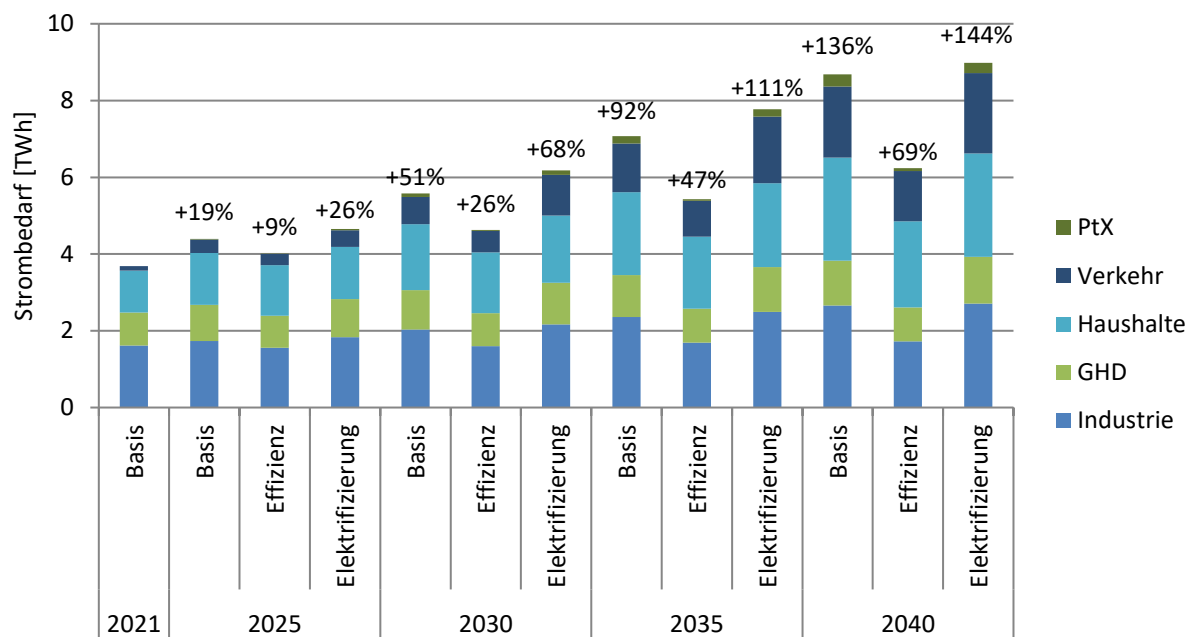


Abbildung 1: Projizierter Strombedarf von 2021 bis 2040 in der Region Hochrhein-Bodensee für die drei Szenarien Basis, Effizienz und Elektrifizierung

Durch die unterschiedlich stark steigenden Strombedarfe in allen Sektoren ändert sich auch die Verteilung zwischen den einzelnen Sektoren deutlich: So haben im Basisszenario die Sektoren Industrie und GHD trotz steigendem Strombedarf im Jahr 2040 nur einen Anteil von 30,6% bzw. 13,4% am Gesamtstrombedarf was eine Minderung von 13 bzw. 10 Prozentpunkten verglichen mit dem Jahr 2021 entspricht. Der Anteil des Haushaltssektors verharret beinahe konstant bei 31% (+1 Prozentpunkt im Vergleich zu 2021). Große Zuwächse am Anteil des Gesamtstrombedarfs erfährt nur der Verkehrssektor. Hier kann bis zum Jahr 2040 mit einem Anstieg des Anteils des Verkehrssektors am Gesamtstrombedarf von etwa 18%-Punkten auf 21% gerechnet werden.

2.2 Blick auf die Industriezweige

In Abbildung 2 ist der Strombedarf der Sektoren Industrie und GHD der Region Hochrhein-Bodensee für das Basisszenario nach Wirtschaftsbranchen aufgeschlüsselt. Es ist erkennbar, dass der Sektor GHD sowohl im Jahr 2021 mit 0,9 TWh als auch im Jahr 2040 mit 2,7 TWh den größten Anteil am Strombedarf der aufgeführten Branchen hat. Dennoch ist der Anstieg mit etwa 36% moderat. Das liegt daran, dass bereits viele Prozesse im Sektor GHD elektrifiziert sind und vergleichsweise wenig Prozesswärme benötigt wird. Somit sind die heutigen Verbräuche von konventionellen Energieträgern zur Wärmeerzeugung gering. Der projizierte Strombedarfsanstieg ist daher in weiten Teilen aus der Elektrifizierung des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasserbedarf zurückzuführen.

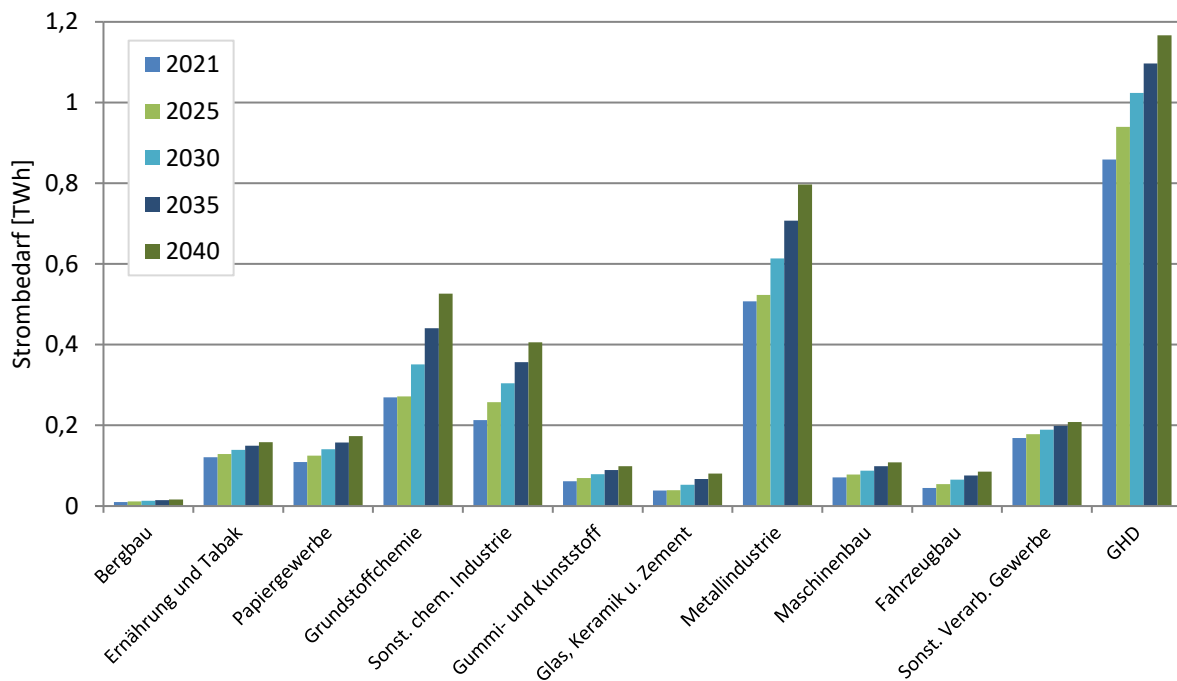


Abbildung 2: Strombedarfsprojektion nach Branchen für die Sektoren Industrie und GHD im Basisszenario für die Region Hochrhein-Bodensee

Auch wenn in den einzelnen Branchen der Industrie der absolute Strombedarf deutlich geringer projiziert wird als im GHD-Sektor, fallen die Strombedarfssteigerung in den Industriebranchen deutlich höher aus. Das ist damit begründet, dass in vielen Industriebereichen große Energiemengen zur Bereitstellung von Prozesswärme aufgebracht werden. Hier muss zur Erreichung der Klimaneutralität im Jahr 2040 eine starke Elektrifizierung der Prozesse stattfinden, bei der insbesondere Wärmepumpen für Niedertemperatur- und Elektrodenkessel für Hochtemperaturanwendungen genutzt werden, wann immer die Wirtschaftlichkeit gegeben ist.

Einen besonders starken Anstieg der Stromnachfrage in der Region Hochrhein-Bodensee verzeichnet die Metallindustrie. Hier wird ein Strombedarfsanstieg zwischen den Jahren 2021 und 2040 von 57% projiziert, was einem Anstieg von 0,29 TWh entspricht. Dies ist in absoluten Zahlen die höchste Bedarfssteigerung einer einzelnen Branche. Den höchsten relativen Anstieg von 110% weist die Branche „Glas, Keramik und Zement“ auf, auch wenn hier der absolute Anstieg mit 0,04 TWh gering ausfällt.

Eine Besonderheit der Region Hochrhein-Bodensee ist der, verglichen mit dem baden-württembergischen Durchschnitt, hohe Strombedarfsanteil der „sonstigen chemischen Industrie“ am Gesamtstrombedarf des Industriesektors. Während die Branche in Baden-Württemberg 2040 einen durchschnittlichen Anteil von etwa 6% am Industriestrombedarf hat, liegt der prognostizierte Wert in der Region Hochrhein-Bodensee bei etwa 15%. Darüber hinaus ist ein Anstieg von 91% von 2021 bis 2040 projiziert, was einem Bedarfsanstieg von knapp 0,2 TWh entspricht.

3 Erneuerbare Energien in im IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee

Im Folgenden werden die Potenziale erneuerbarer Energien für den IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee quantifiziert. Hierzu wurden die Daten des Energieatlas Baden-Württemberg [6] ausgewertet. Die Ergebnisse sind somit konsistent mit anderen Untersuchungen und die Datenbasis ist öffentlich zugänglich und nachvollziehbar. Die Methodik der Auswertung wird in der Hauptstudie in Kapitel 3 beschrieben. Die Potenziale der Geothermie, der Solarthermie und der Umweltwärme werden in diesem Bericht nicht betrachtet, da keine regionalbezogene Untersuchung vorliegt.

3.1 Installierte Leistungen heute

Im Oktober 2023 waren in der Region Hochrhein-Bodensee erneuerbare Energien mit einer Leistung von rund 1.025 MW installiert (siehe Abbildung 3). Der größte Anteil davon waren PV-Aufdachanlagen mit 51% der installierten Leistung. Der Anteil der Wasserkraft betrug 34%. Auf Platz drei stehen PV-Freiflächenanlagen (6%), gefolgt von Biomasse (5%) und Windenergie (4%).

Abbildung 3 zeigt auch die Verteilung der installierten Leistung erneuerbarer Energien in der Region Hochrhein-Bodensee auf Landkreisebene. Waldshut hat mit ca. 430 MW die größte installierte Gesamtleistung, während Lörrach mit knapp 300 MW die geringste installierte Leistung hat. Eine hohe Fokussierung auf PV-Aufdachanlagen findet sich in Konstanz mit 70%. In Waldshut und Lörrach hat Wasserkraft einen starken Anteil mit jeweils 49% und 47%.

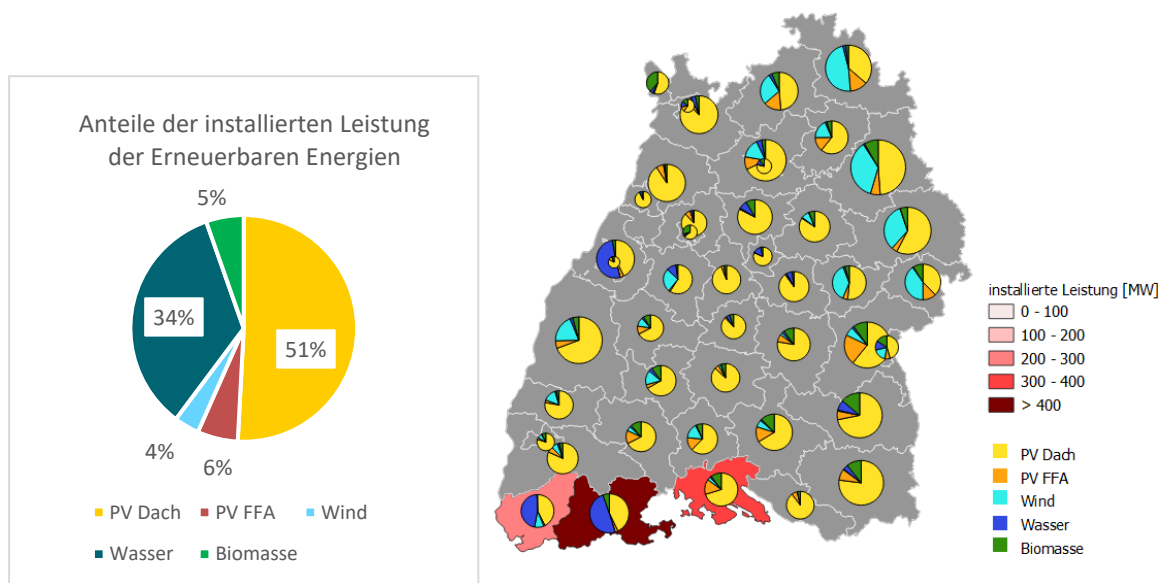


Abbildung 3: Erneuerbare Energien in der Region Hochrhein-Bodensee nach Landkreisen in 2023

3.2 Stromerzeugungspotenziale

PV-Potenziale auf Gebäudedächern

Das PV-Dachpotenzial der Region Hochrhein-Bodensee macht 6% des gesamten Potenzials in Baden-Württemberg aus. Eine Aufteilung der Potenziale der PV-Leistung auf Flach- und Schrägdächer für die Ost-West-Ausrichtung wird für jeden der drei Landkreise in der Region Hochrhein-Bodensee in Abbildung 4 dargestellt.

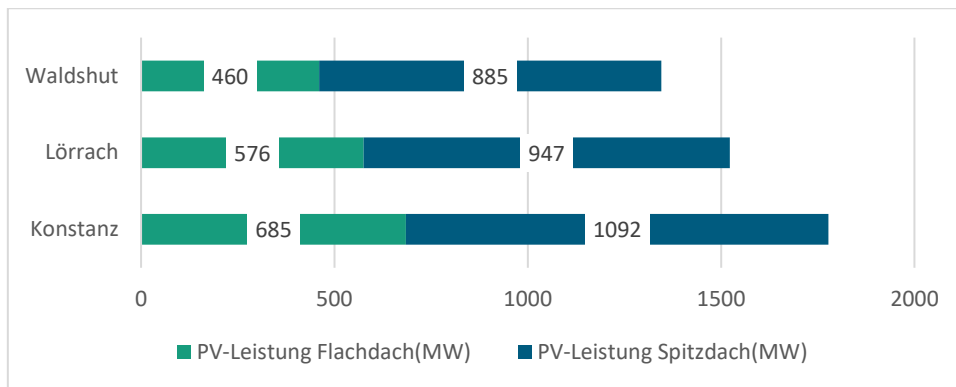


Abbildung 4: Aufteilung des technischen Potenzials der PV-Leistung auf Flach- und Schrägdächern bei Installation der PV-Modulreihen in Ost-West-Ausrichtung nach Landkreisen

Windkraft-Potenziale

Die im Energieatlas BW identifizierte gesamt geeignete Windpotenzialfläche für die Region Hochrhein-Bodensee beträgt 4.747 ha aufgeteilt auf 836 ha generell geeignete Flächen und 3.911 ha bedingt geeignete Flächen. Die gesamt geeignete Windpotenzialfläche entspricht ca. 1,7% der Regionsfläche (275.579 ha). Das Potenzial liegt somit leicht unter der politischen Zielsetzung von 1,8% der Landesfläche. Die geographische Verteilung der geeigneten und bedingt geeigneten Flächen wird in der Abbildung 5 gezeigt.

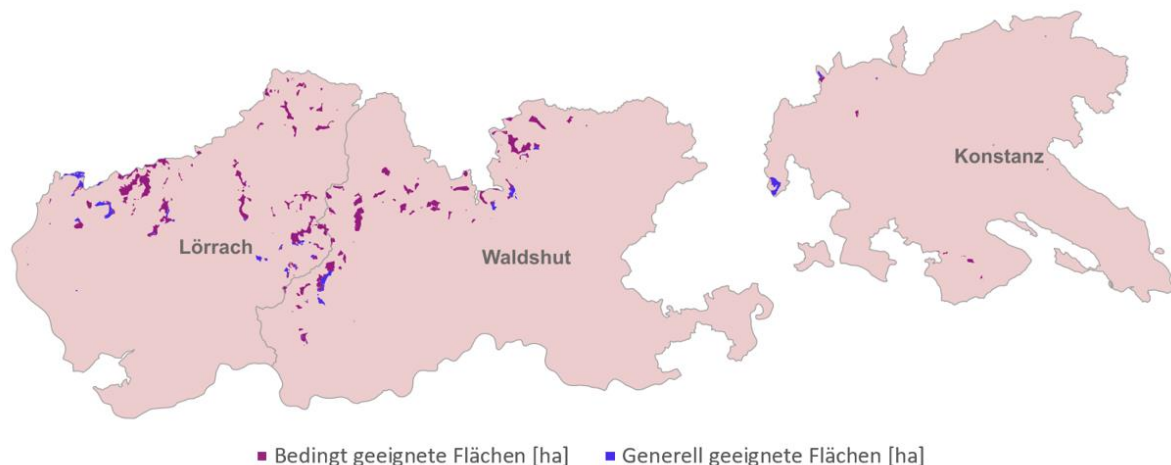


Abbildung 5: Generell und bedingt geeignete Windpotenzialflächen in der Region Hochrhein-Bodensee (eigene Darstellung)

Auf den gesamt geeigneten Windpotenzialflächen für die Region Hochrhein-Bodensee könnten 319 Windkraftanlagen mit einem möglichen Netto-Windstromertrag von ca. 3,3 TWh stehen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Windpotenzialflächen sowie Potenziale an Windkraftanlagen und deren Stromertrag in der Region Hochrhein-Bodensee

Region Hochrhein-Bodensee	Fläche absolut	Fläche in % der Gesamtfläche Hochrhein-Bodensee	Anzahl mögl. Anlagen	Windstromertrag jährlich
	ha	Prozent	-	TWh
Generell geeignete Fläche	836	0,3%	88	0,9
Bedingt geeignete Fläche	3.911	1,4%	231	2,4
Gesamt geeignete Fläche	4.747	1,7%	319	3,3

Sonstige Stromerzeugungspotenziale

PV-Potenziale auf Freiflächen

Die Ermittlung der Flächenpotenziale erfolgte für die Acker- und Grünlandflächen innerhalb von benachteiligten Gebieten, die bestehenden Konversionsflächen und die Seitenrandstreifen entlang von Autobahnen und Schienenstrecken. Im Energieatlas BW wurde für die Region Hochrhein-Bodensee eine Potenzialfläche für PV-Freiflächenanlagen von 57.428 ha ermittelt, die sich auf 29.889 ha bedingt geeignete und 27.539 ha geeignete Flächen aufteilt und insgesamt 21% der gesamten Regionsfläche ausmacht. Für diese gesamt geeigneten Flächen für PV-Freiflächenanlagen (generell geeignete Flächen und bedingt geeignete Flächen) wurde für die Region Hochrhein-Bodensee eine installierbare PV-Leistung von 69 GW errechnet. Auf Landkreisebene aufgeschlüsselte Daten sind in Tabelle 5 im Anhang hinterlegt.

PV-Potenziale im Bereich Parkplatzüberdachungen

PV-Anlagen eignen sich auch als Überdachung von Parkplätzen. Da die Stellplatzflächen üblicherweise bereits versiegelt sind und die solare Parkplatzüberdachung die Nutzung der Stellplätze in der Regel nicht beeinträchtigt, bietet es sich an, auch diese Potenziale zu nutzen. Für die Region Hochrhein-Bodensee wurden 137.958 Stellplätze auf bestehenden Parkplätzen mit mehr als 35 Stellplätzen und ein daraus resultierendes PV-Potenzial von 157 MW ermittelt. Auf Landkreisebene aufgeschlüsselte Daten sind in Tabelle 6 im Anhang hinterlegt.

Biomasse-Potenzial

In der Region Hochrhein-Bodensee beträgt das energetische Potenzial aus Energieholz ca. 412 GWh/a, während das Potenzial aus der Landwirtschaft zur Stromerzeugung (am sinnvollsten in Form von Biogas) bei 231 GWh/a liegt. Eine Aufteilung dieser Potenziale nach Landkreisen in der Region Hochrhein-Bodensee kann Tabelle 7 im Anhang entnommen werden.

Wasserkraftpotenzial

Das vorhandene Wasserkraftpotenzial in Baden-Württemberg wird schon gut ausgenutzt, Ausbaupotenziale bestehen in relativ geringem Umfang. In einer detaillierten Potenzialanalyse aus den Jahren 2015 und 2016, auf die der Energieatlas BW sich bezieht, wurden sowohl die Ausbaupotenziale an bereits für die Wasserkraft genutzten Standorten als auch die Neubaupotenziale an bislang genutzten und noch nicht genutzten Standorten untersucht. Laut dieser Potenzialanalyse gibt es in der Region Hochrhein-Bodensee 199 installierbare kleine Wasserkraftanlagen (bis 1 MW Leistung) mit einem möglichen Jahresstromertrag von 95 GWh/a. Auf Landkreisebene aufgeschlüsselte Daten sind in Tabelle 8 im Anhang hinterlegt.

3.3 Gesamtpotenziale

Eine Übersicht der gut verfügbaren Potenziale für die Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien in der Region Hochrhein-Bodensee, die in den vorigen Kapiteln vorgestellt wurden, ist in Tabelle 2, nach Landkreisen aufgelistet, dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht der Potenziale für die Stromerzeugung aus erneuerbare Energien nach Landkreisen in der Region Hochrhein-Bodensee

Landkreis	PV Dachanlagen	PV-Freifläche 2% der Landesfläche	PV Parkplätze	Windkraft auf generell geeigneten Flächen	Energieholz	Biogas	Kleine Wasserkraft (große Wasserkraft nicht berücksichtigt)	Summe
	<i>GWh/a</i>	<i>GWh/a</i>	<i>GWh/a</i>	<i>GWh/a</i>	<i>GWh/a</i>	<i>GWh/a</i>	<i>GWh/a</i>	<i>GWh/a</i>
Konstanz	1.749	1.991	63	113	89	150	14	4.169
Lörrach	1.488	1.963	41	462	138	3	46	4.141
Waldshut	1.331	2.753	37	305	185	78	35	4.724
Region Hochrhein-Bodensee	4.568	6.707	141	880	412	231	95	13.034

Tabelle 3 stellt außerdem die ermittelten gut verfügbaren Potenziale und die aktuellen politischen Ziele zur Potenzialausnutzung gegenüber. Dabei wurde für PV-Freiflächen nicht das technische Potenzial, sondern das Potenzial auf 2% der Landesfläche und für die Windkraftanlagen nur das Potenzial auf generell geeigneten Flächen aufgelistet, die deutlich kleiner sind als die technischen Potenziale. Zum Vergleich sind die aktuellen politischen Zielsetzungen der Landesregierung Baden-Württemberg, soweit vorhanden, dargestellt bzw. die Angaben von Studien zur Klimaneutralität.

Die Zielsetzung von 1,8 GW PV-Leistung auf Dächern entspricht einer Potenzialausnutzung von ca. 40%, bei PV-Freiflächen entspricht die Vorgabe von 1,3 GW nur 20% des 2% Potenzials. Für PV-Parkplatzüberdachungen wird von 50% Potenzialausschöpfung ausgegangen. Bei der Windkraft wird vom aktuellen Ziel der Nutzung von 1,8% der Landesfläche ausgegangen, dies entspricht einem Stromerzeugungspotenzial in Baden-Württemberg von ca. 32 TWh, das über das Potenzial auf generell geeigneten Flächen auf die Landkreise verteilt wurde. Die Stromerzeugung aus fester Biomasse (Holz) geht zwar vom gleichen Holzeinschlag wie heute aus, allerdings mit einem deutlich erhöhten KWK-Anteil in dessen Nutzung. Biogas bleibt unverändert zur heutigen Erzeugung. Für die Wasserkraft wird eine volle Ausschöpfung des technischen Potenzials angenommen, das etwa 11% höher als die heutige Wasserkraftnutzung ist.

Tabelle 3: Gut verfügbare Potenziale zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und aktuelle politische Zielsetzung zur Potenzialausnutzung in der Region Hochrhein-Bodensee

Potenzialart	Gut verfügbare Potenziale		Politische Ziele bzw. Studienziele		Politische Zielsetzung Baden-Württemberg bzw. getroffene Annahmen
	Installierte elektrische Leistung	Stromerzeugung	Installierte elektrische Leistung	Stromerzeugung	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	
PV-Dachpotenzial	4,6	4,6	1,8	1,7	ca. 40% Potenzialausnutzung [9]
PV-Freiflächen 2% Landesfläche	6,6	6,7	1,3	1,3	16,6 GW Freiflächenanlagen für gesamt Baden-Württemberg [7]
PV-Parkplatzüberdachung	0,2	0,1	0,1	0,1	Annahme: 50% Pot.-Ausschöpfung
Windpotenzial auf generell geeignete Flächen		0,9		0,2	1,8% der BW-Landesfläche [8], entsprechend 32 TWh, verteilt auf Landkreisebene über generell geeignete Flächen
Feste Biomasse		0,4		0,4	Gleichbleibende Gesamtmenge Holzeinschlag, Erhöhung KWK
Biogas		0,2		0,2	Gleichbleibende Menge
Wasserkraft groß klein		1,5 0,1		1,5 0,1	aktuelle Menge ([9], [10]) Studie BW klimaneutral 2040 [11]
Summe		14,5		5,5	

4 Langfristige Deckung von Angebot und Nachfrage

Abbildung 6 zeigt den Strombedarf im IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee heute und die Ergebnisse für das Jahr 2040. Im Vergleich dazu sind die aktuelle politische Zielsetzung sowie das gut verfügbare Potenzial dargestellt. Die Windenergiemengen bei der aktuellen politischen Zielsetzung entsprechen 32 TWh für Baden-Württemberg (entsprechend 1,8% der Landesfläche), und sind anhand der generell geeigneten Flächen auf die Landkreise verteilt. Außerdem wird angenommen, dass rund 40% des maximalen PV-Dachpotenzials genutzt wird und rund 0,4% der Fläche für PV-Freiflächenanlagen (in Anlehnung an die Sektorziele 2040 Baden-Württemberg [7]). Es wird davon ausgegangen, dass die Stromerzeugung aus Wasserkraft und Biomasse sich nur geringfügig erhöht. Ein Ausbau von Photovoltaik und Windkraft in dieser Größenordnung ist ambitioniert, doch selbst mit diesen Strommengen kann die errechnete Stromnachfrage in 2040 von 6,2 bis 9,0 TWh nicht gedeckt werden. Ein Importsaldo von 0,7 bis 3,4 TWh würde verbleiben. Das gut verfügbare Potenzial liegt mit 14,5 TWh jedoch über der Stromnachfrage in 2040.

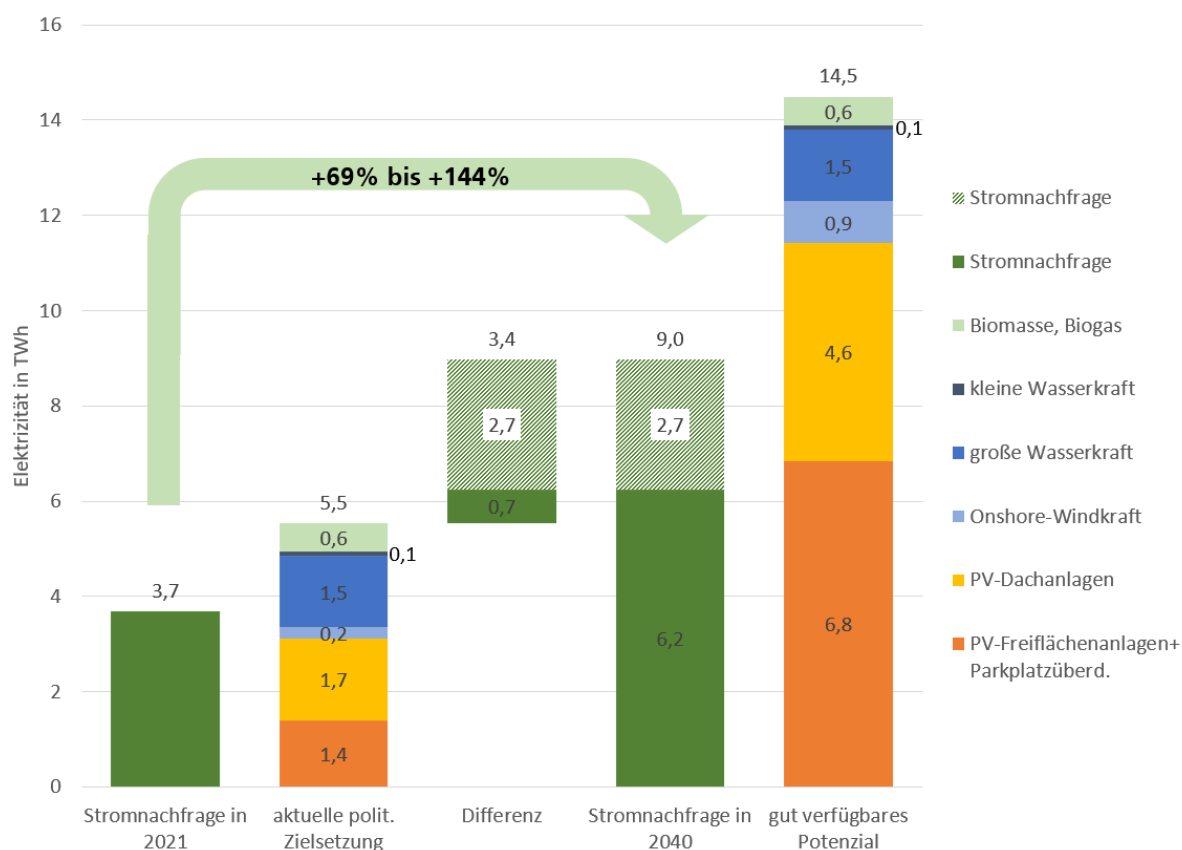


Abbildung 6: Gegenüberstellung von Stromnachfrage (die Bandbreite repräsentiert die Szenarien Effizienz bis Elektrifizierung) und gut verfügbarem Potenzial³ in 2040 für den IHK-Bezirk Hochrhein-Bodensee

³ 2% der Landesfläche für PV-Freiflächenanlagen, Windkraft nur auf generell geeigneten Flächen. Das technische Potenzial erneuerbarer Energien liegt deutlich höher als das gut verfügbare Potenzial.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Fraunhofer ISE und IHK Baden-Württemberg, Hg., "Stromstudie für Baden-Württemberg: Versorgungssituation bis zum Jahr 2040", Jan. 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ihk.de/karlsruhe/fachthemen/energie/aktuellesenergie/bw-stromstudie-strombedarf-steigt-6043064>.
- [2] Julian Brandes, Markus Haun, Daniel Wrede, Patrick Jürgens, Christoph Kost, Hans-Martin Henning, "Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem: Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. Update November 2021: Klimaneutralität 2045", Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem-Update-Klimaneutralitaet-2045.pdf>.
- [3] *Ariadne Projekt*. [Online]. Verfügbar unter: <https://ariadneprojekt.de/> (Zugriff am: 14. Dezember 2023).
- [4] G. Luderer *et al.*, "Deutschland auf dem Weg aus der Gaskrise", 2022.
- [5] F. Bartels, C. Auer, F. Benk, G. Luderer und D. Soergel, *Ariadne Transformation Tracker*. [Online]. Verfügbar unter: <https://tracker.ariadneprojekt.de/de/> (Zugriff am: 14. Dezember 2023).
- [6] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, *Energieatlas Baden-Württemberg*. [Online]. Verfügbar unter: www.energieatlas-bw.de/ (Zugriff am: 10. Dezember 2023).
- [7] ZSW, ifeu, Öko-Institut und Fraunhofer ISI, Hamburg Institut, "Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040: Teilbericht Sektorziele 2030", 2022.
- [8] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, *Windenergie und Klimaschutz - eine untrennbare Verbindung: Wind-an-Land-Gesetz*. [Online]. Verfügbar unter: <https://klimaschutz-land.baden-wuerttemberg.de/windkraft> (Zugriff am: 10. Dezember 2023).
- [9] Energieagentur Landkreis Lörrach GmbH, Hg., "Klimaschutzkonzept Landkreis Lörrach", 2018.
- [10] Landkreis Waldshut, Hg., "Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Landkreis Waldshut", Juli 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.landkreis-waldshut.de/fileadmin/user_upload/Aemter_und_Eigenbetriebe/Umweltamt/Klimaschutz/2022-07-20_IEKK_LANDKREIS_WALDSHUT.pdf.
- [11] J. Nitsch und M. Magosch, "Baden-Württemberg klimaneutral 2040: Erforderlicher Ausbau der Erneuerbaren Energien", 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://erneuerbare-bw.de/fileadmin/user_upload/pee/Startseite/Magazin/Projekt/PDF/20211027_Studie_EE-Ausbau_fuer_klimaneutrales_BW.pdf. Zugriff am: 12. Dezember 2023.
- [12] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, *Wasserkraftpotenzial auf Gebietsebene: Daten- und Kartendienst der LUBW*. [Online]. Verfügbar unter: https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/projekte/api/processingChain?repositoryItemGlobalId=energie_wasser.Ermitteltes+Wasserkraftpotenzial.energie%3Aeebw_wasser_pot_gebietsebene.sel&conditionValuesSetHash=A9B99DD&selector=energie_wasser.Ermitteltes+Wasserkraftpotenzial.energie%3Aeebw_wasser_pot_gebietsebene.sel&sourceOrderAsc=false&offset=0&limit=2147483647 (Zugriff am: 10. Dezember 2023).

6 Anhang

Im nachfolgenden findet sich der Strombedarf des Sektors Industrie aufgeschlüsselt nach verschiedenen Branchen für die Land- und Stadtkreise des IHK-Bezirks Hochrhein-Bodensee. Des Weiteren Strombedarfe und die EE-Potenziale nach Landkreisen in Tabellenform dargestellt.

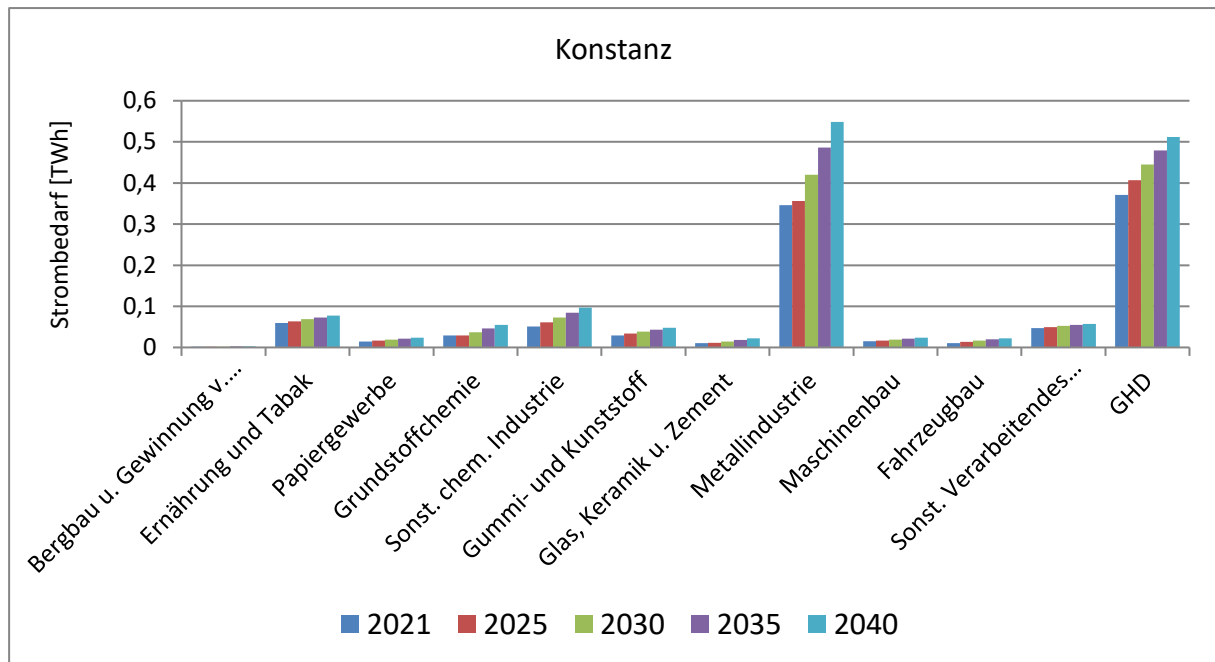


Abbildung 7: Industriestrombedarf nach Branchen für den Landkreis Konstanz im Basisszenario

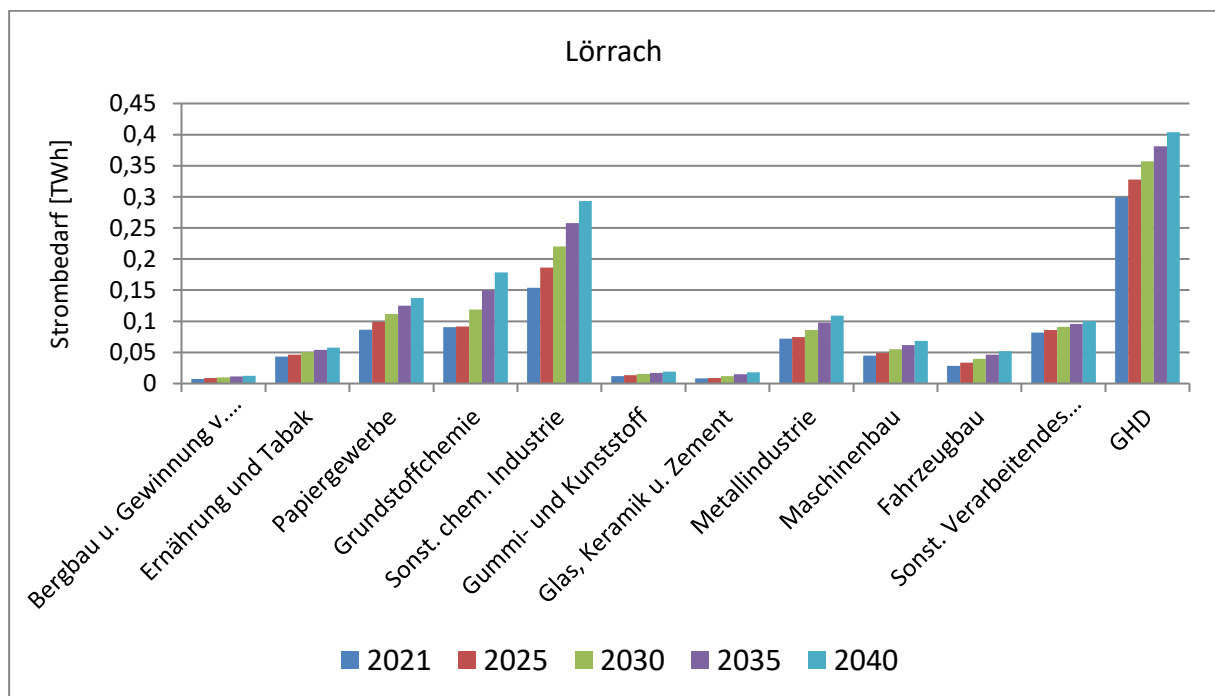


Abbildung 8: Industriestrombedarf nach Branchen für den Landkreis Lörrach im Basisszenario

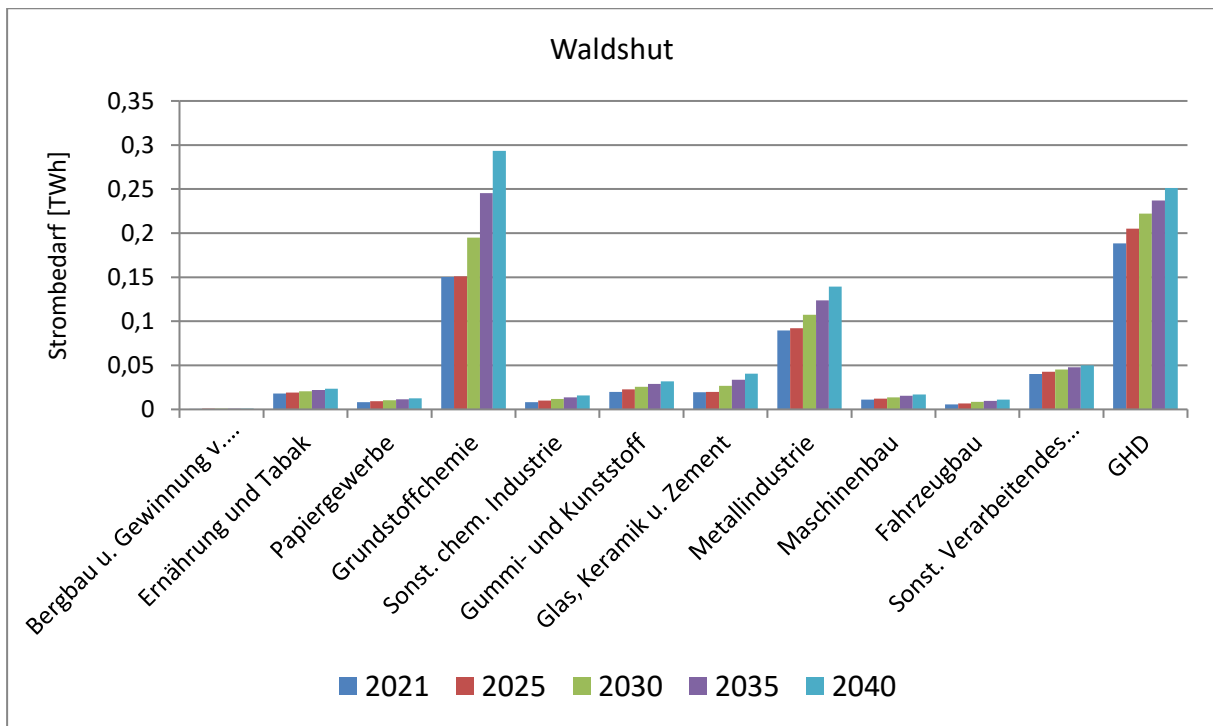


Abbildung 9: Industriestrombedarf nach Branchen für den Landkreis Waldshut im Basisszenario

Tabelle 4: Windkraftpotenziale je Landkreis

Landkreis	Windkraftpotenziale							
	Geeignete Windpotenzialfläche	Bedingt geeignete Windpotenzialfläche	Gesamt geeignete Windpotenzialfläche	Mögliche Windkraftanlagen in geeigneten Flächen	Mögliche Windkraftanlagen in bedingt geeigneten Flächen	Mögl. Netto-Stromertrag in geeigneten Flächen	Mögl. Netto-Stromertrag in bedingt geeigneten Flächen	Mögl. Netto-Stromertrag in gesamten geeigneten Flächen
	ha	ha	ha	Anzahl	Anzahl	GWh	GWh	GWh
Konstanz	141	97	238	12	11	113	97	210
Lörrach	436	2.076	2.512	46	122	462	1.296	1.759
Waldshut	259	1.738	1.997	30	98	305	1.022	1.327
Region Hochrhein-Bodensee	836	3.911	4.747	88	231	880	2.415	3.296
Baden-Württemberg	220.492	199.325	419.817	12.034	8.045	124.957	85.409	210.366

Tabelle 5: Potenziale der PV-Leistung und des Solarstromertrags für PV-Freiflächenanlagen nach Landkreisen in der Region Hochrhein-Bodensee (Vergleich mit Baden-Württemberg)

Landkreis	Generell geeignete Fläche	Bedingt geeignete Fläche	Gesamte geeignete Fläche	Installierbare PV-Leistung	Solarstrom-ertrag jährlich
	ha	ha	ha	GW	TWh
Konstanz	8.613	8.324	16.937	20,3	20,3
Lörrach	1.478	6.863	8.341	10,0	10,0
Waldshut	17.448	14.702	32.150	38,6	38,6
Region Hochrhein-Bodensee	27.539	29.889	57.428	69	69
Baden-Württemberg	384.913	304.510	689.423	827	827

Tabelle 6: PV-Potenzial auf bestehenden Parkplätzen ab 35 Stellplätzen nach Landkreisen in der Region Hochrhein-Bodensee (Vergleich mit Baden-Württemberg)

Landkreis	Fläche des Landkreises	Gesamtfläche Parkplätze	Anzahl Stellplätze	Potenzial PV-Leistung
	ha	m ²		MW
Konstanz	81.798	1.542.446	61.698	70
Lörrach	80.666	1.005.151	40.206	46
Waldshut	113.115	901.342	36.054	41
Region Hochrhein-Bodensee	275.579	3.448.939	137.958	157
Baden-Württemberg	3.574.783	57.569.028	2.302.764	2.615

Tabelle 7: Verteilung des Energieholz- und Biogas-Potenzials nach Kreisen in der Region Hochrhein-Bodensee

Landkreis	Energieholz	Biogas	Summe
	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Konstanz	89	150	239
Lörrach	138	3	141
Waldshut	185	78	263
Region Hochrhein-Bodensee	412	231	643

Tabelle 8: Installierbare kleine Wasserkraftanlagen bis 1 MW Leistung in der Region Hochrhein-Bodensee (Stand: 2015/2016, Quelle: Energieatlas Baden-Württemberg [12]) (Vergleich mit Baden-Württemberg)

Landkreis	Installierbare kleine Wasserkraftanlagen nach Potenzialanalyse 2015/2016		
	Anzahl	Leistung in MW	Stromertrag in GWh/a
Konstanz	23	4	14
Lörrach	86	14	46
Waldshut	90	10	35
Region Hochrhein-Bodensee	199	28	95
Baden-Württemberg	1.775	289	963