

Photovoltaik-Potential im Industriegebiet Donautal, Ulm.

Michael Hiete | Janina Funke

**Reallabor „Klima Connect
Industriegebiet Donautal“**

Gefördert durch das baden-württembergische
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und
Kunst (MWK)

Gefördert von:



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST

Zusammenfassung

Dieser Bericht analysiert das Photovoltaik-Potential im Ulmer Industriegebiet Donautal auf Basis vorhandener Potentialstudien:

Angesichts eines global steigenden Primärenergieverbrauchs und den Umwelt- und Klimawirkungen, die mit der Nutzung fossiler Brennstoffe einhergehen, ist die Nutzung erneuerbarer Energien global und lokal von großem Interesse. Basierend auf Daten einer Photovoltaik-Potentialanalyse wird das Potential für Photovoltaik im Industriegebiet Donautal analysiert. Es werden hierbei sowohl Dach-, als auch Parkplatz- und Fassadenflächen betrachtet. Trotz einiger Limitationen zeigt die Analyse, dass ein relevanter Anteil des Elektrizitätsverbrauchs im Industriegebiet Donautal durch Photovoltaikanlagen gedeckt werden könnte. Um dieses Potential zu heben, sind entsprechende Investitionen notwendig. Auf Hemmnisse für diese Investitionen wurde nicht eingegangen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	<i>Ausbauziele Erneuerbare Energien</i>	<i>4</i>
1.2	<i>Solarpflicht</i>	<i>4</i>
1.3	<i>Erkennen von Potentialen</i>	<i>6</i>
2	Methodik und Vorgehen	6
2.1	<i>Forschungsobjekt: Industriegebiet Donautal</i>	<i>6</i>
2.2	<i>Datengrundlage</i>	<i>7</i>
2.3	<i>Daten der PV-Potentialanalyse von Greenventory</i>	<i>7</i>
2.4	<i>Vergleich der Greenventory-Analyse mit den öffentlichen Daten des Solaratlas BW</i>	<i>11</i>
3	Diskussion und Limitation	12
4	Schlussfolgerungen	15
5	Literaturverzeichnis.....	16
	Kontakt	18

1 Einleitung

Eine global wachsende Bevölkerung verbunden mit Wirtschaftswachstum haben zu einem starken Anstieg des Primärenergieverbrauchs geführt. Ein Großteil des starken Anstiegs des Primärenergieverbrauch entfällt auf fossile Brennstoffe (Abbildung 1).

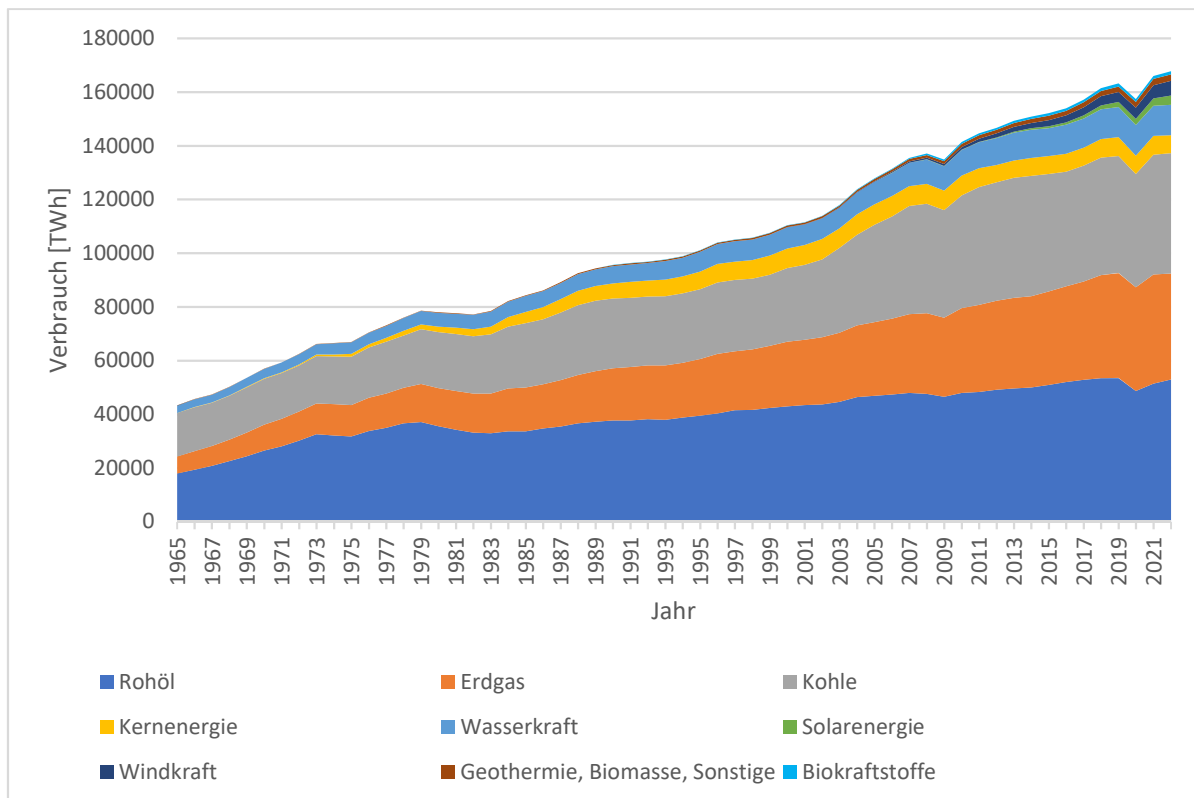


Abbildung 1: Globaler Primärenergieverbrauch nach Quelle (Eigene Darstellung, Daten von Energy Institute 2023).

Dieser hohe Anteil an fossilen Brennstoffen führt aber zu Problemen, gerade für unsere Umwelt und unsere Gesundheit. Durch die Verbrennung dieser Stoffe werden Luftschadstoffe und Treibhausgase (THG) freigesetzt. Diese Gase führen zu Luftverschmutzung, Klimaerwärmung und letztlich zu Schäden in Ökosystemen und für die menschliche Gesundheit. Des Weiteren sind diese Energieressourcen begrenzt (Olabi und Abdelkareem 2022; Sampaio und González 2017).

Aus diesem Grund werden andere nachhaltigere Energiequellen benötigt, die die Energienachfrage decken und gleichzeitig den CO₂-Ausstoß reduzieren. Der Weltklimarat IPCC hebt in seinem AR6 Synthesis Report EU die Erneuerbaren Energien, allen voran Solar- und Windenergie, als besonders kostengünstige Technologien im Bereich Energie hervor (Lee et al. 2023). In diesem Report wird der Fokus im weiteren Verlauf auf Solarenergie bzw. Photovoltaikanlagen gelegt.

1.1 Ausbauziele Erneuerbare Energien

Der Handlungsbedarf, die Energienachfrage mit Erneuerbaren Energien möglichst emissionsarm zu decken, ist auch in der Politik erkannt worden. Zur Reduzierung der THG-Emissionen hat z. B. die EU ein gemeinsames Ausbauziel für erneuerbare Energien festgelegt. Dieses Ziel wurde im letzten Jahr noch einmal angepasst und erhöht. So wurde der Anteil an erneuerbare Energien am Energiebedarf für 2030 auf 45 % festgelegt. Dafür müssen in der EU jedes Jahr Anlagen (Photovoltaik und Windkraft) mit mehr als 100 Gigawatt Leistung installiert werden (Willuhn 2023). Für Photovoltaik allein sieht die EU ein Ziel von 592 Gigawatt Wechselstromleistung (740 Gigawatt Gleichstromleistung) bis 2030 vor (Santos 2022).

Auch in einzelnen Ländern wurden Ziele beschlossen. So sieht Deutschland einen Anteil von 80 % Erneuerbaren Energien am Bruttostrombedarf bis 2030 vor (Bundesregierung 2024). Im Bereich Photovoltaik hat die Bundesregierung das Ziel formuliert, dass bis 2030 Solaranlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 215.000 MW installiert sein sollen (Bundesregierung 2024). Im Jahr 2023 wurden Anlagen mit einer Leistung von 14.100 MW installiert. Auch die Ausbaugeschwindigkeit in Deutschland steigt, so wurden 2023 fast doppelt so viele Anlagen installiert wie 2022 (Bundesnetzagentur 2024).

Deutschland möchte bis 2045 treibhausgasneutral sein, die Europäische Union 2050 (Die Bundesregierung 2022; Europäischer Rat 2023). Das Bundesland Baden-Württemberg hat im Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) mit einer Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 ein noch ambitionierteres Ziel (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2023b). Um das zu erreichen hat Baden-Württemberg auch eigene Ausbauziele für PV ausgegeben. So sollen bis 2030 24,6 MW installiert werden (Photovoltaik-Netzwerk BW 2024). Auf der Webseite der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg: *Karten- und Datendienst LUBW 4.0* kann der Ausbau der PV in Baden-Württemberg verfolgt werden. Dort können auch Zahlen für die einzelnen Stadt- und Landkreise eingesehen werden. So wurden 2023 im Stadtkreis Ulm beispielsweise 12 MW neu installiert. Der bisherige Bestand 2022 lag bei 64 MW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2024a).

1.2 Solarpflicht

Wie im vorherigen Abschnitt erwähnt, gibt es sowohl EU- als auch deutschlandweite Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien, auch speziell im Bereich Photovoltaik. Um diese Ziele zu erreichen, können verschiedene politische Instrumente genutzt werden wie Förderungen,

erleichterte Baugenehmigungen oder auch Ordnungsrecht (Olabi und Abdelkareem 2022). Eine EU-weite Solarpflicht für alle Mitgliedsländer existiert zwar nicht, steht aber zur Diskussion (Santos 2022). Auch in Deutschland gibt es keine einheitliche Solarpflicht, aber einige Bundesländer haben eine PV-Pflicht beschlossen. Diese Pflichten gelten teilweise nur für Neubauten von Nichtwohngebäuden, teilweise aber auch für Neubauten von Wohngebäuden oder Dachsanierungen. Diese Regelungen wurden in den meisten Fällen schrittweise eingeführt, beginnend mit Nichtwohngebäuden (Mindt 2023). Eine Übersicht über Solarpflichten in den einzelnen Bundesländern enthält Tabelle 1.

Tabelle 1: Auflistung der Solarpflichten in den einzelnen Bundesländern (eigenen Darstellung nach (Mindt 2023)).

Keine Solarpflicht	<ul style="list-style-type: none"> • Brandenburg (noch nicht; geplant für öffentliche Gebäude und Parkplätze) • Mecklenburg-Vorpommern • Saarland (Pflicht für öffentliche Gebäude wird diskutiert) • Sachsen • Sachsen-Anhalt • Thüringen
Solarpflicht Neubau Nichtwohngebäude	<ul style="list-style-type: none"> • Baden-Württemberg (seit 1.1.22) • Bayern (seit 1.3.23 Industrie, seit 1.5.23 alle Nichtwohngebäude) • Berlin (PV muss mind. 30 % der Fläche bedecken, Dachfläche muss größer als 50 m² sein) • Hamburg (seit 1.1.23) • Hessen (für landeseigene Gebäude und Parkplätze) • Niedersachsen (seit 1.1.23 für überwiegend gewerblich genutzte Gebäude mit mehr als 75 m²) • Nordrhein-Westfalen (seit 1.1.23 für öffentliche Liegenschaften, seit 1.1.24 für gewerbliche Neubauten) • Rheinland-Pfalz (gewerbliche Neubauten mit mehr als 100 m²) • Schleswig-Holstein (seit 1.1.23)
Solarpflicht Neubau Wohngebäude	<ul style="list-style-type: none"> • Baden-Württemberg (seit 1.5.22) • Berlin (je nach Größe andere Anforderungen) • Bremen (ab 1.7.25, muss mind. 50 % der Dachfläche bedecken) • Hamburg (seit 1.1.23) • Niedersachsen (ab 1.1.25) • Nordrhein-Westfalen (ab 1.1.25)
Solarpflicht Neubau Parkplätze	<ul style="list-style-type: none"> • Baden-Württemberg (seit 1.1.22, Parkplätze ab 35 Stellplätzen) • Rheinland-Pfalz (für neue Überdachungen von gewerblichen Parkplätzen mit mind. 50 Plätzen) • Schleswig-Holstein (Parkplätze ab 100 Stellplätzen)
Solarpflicht Dachsanierung Bestandsgebäude	<ul style="list-style-type: none"> • Baden-Württemberg (seit 1.1.23) • Bayern (ab 1.1.25 bei allen Nichtwohngebäuden) • Berlin (bei einer Fläche von mehr als 50 m²) • Bremen (ab 1.7.24) • Hamburg (ab 1.1.25) • Nordrhein-Westfalen (seit 1.1.24 öffentliche Liegenschaften, ab 1.1.26 private und gewerbliche Gebäude) • Schleswig-Holstein (seit 1.1.23 bei Sanierung von mind. 10 % der Dachfläche von Nichtwohngebäuden)

1.3 Erkennen von Potentialen

Die Verwendung von Sonnenenergie zur Erzeugung von elektrischer Energie birgt viele Vorteile. Mit der Sonneneinstrahlung wird eine kostenlose Energiequelle genutzt, die, im Gegensatz zu fossilen Energiequellen, quasi unerschöpflich ist. Außerdem amortisiert sich eine Photovoltaikanlage energetisch rasch und die Elektrizität aus dieser Anlage ist weitgehend treibhausgasneutral. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Planungssicherheit und Unabhängigkeit von steigenden Energiepreisen. Dieser Punkt hat in den letzten Jahren, vor allem durch politische Geschehnisse, stark an Bedeutung gewonnen. Im Gegensatz zu anderen Energieerzeugungen, ist eine PV-Anlage auch sehr leise bei der Elektrizitätserzeugung und gut skalierbar. Die leichte Installierbarkeit, Langlebigkeit und die Möglichkeit vorhandene, versiegelte Flächen wie Dächer oder Parkplätze zu nutzen, erhöht zudem die Attraktivität der Anlagen (Sampaio und González 2017; Haustec.de 2023).

Durch die Möglichkeit kleinere versiegelte Flächen wie Dächer zu nutzen, können auch private Haushalte oder Unternehmen ihre Elektrizität in Teilen oder ganz selbst produzieren und einen Teil zur Bewältigung der Energiekrise beitragen. Wird Baden-Württemberg betrachtet, ergab eine Analyse der geeigneten Dachflächen, dass potenziell eine Leistung von 61,5 GW installierbar sei (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2024b). Große Potentiale zeigen sich vor allem bei industriellen Gebäuden. In der Analyse wurde festgestellt, dass zwar ca. 60 % der nutzbaren Gebäude Wohngebäude sind und nur ca. 10 % industriell genutzt, letztere aber flächenbezogen einen deutlich größeren Anteil aufweisen. Das liegt daran, dass die Dachflächen pro Gebäude dort deutlich größer sind (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2024b). Im weiteren Bericht wird der Fokus auf die PV-Potentialbestimmung des Industriegebiets Donautal in Ulm gelegt.

2 Methodik und Vorgehen

2.1 Forschungsobjekt: Industriegebiet Donautal

Bei dem ausgewählten Untersuchungsgebiet handelt es sich um ein, im Südwesten des Ulmer Stadtgebiets gelegenes Industrie- und Gewerbegebiet. Es handelt sich hierbei um eines der größten Industriegebiete in Baden-Württemberg (Kultur und Schule 2010). Auf etwa 350 ha Fläche sind dort ca. 20.000 Arbeitnehmer in rund 200 Unternehmen beschäftigt. Das Industriegebiet beherbergt hauptsächlich Branchen wie Metallbearbeitung, Maschinen- und Nutzfahrzeugbau, Logistik, Nahrungsmittelverarbeitung, Pharma und Baustoffe, was einen hohen Elektrizitätsverbrauch induziert (Industriegebiet Donautal - Universität Ulm 2023). Im Jahr 2020

lag der Elektrizitätsverbrauch bei rund 226 GWh (Daten SWU). Abbildung 2 zeigt das untersuchte Gebiet mit seinen Gebäudeumrissen.



Abbildung 2: Gewerbegebiet Donautal mit Gebäudeumrissen dargestellt in OpenStreetMap.

2.2 Datengrundlage

Die Darstellung des Photovoltaikpotentials im Donautal fußt auf Daten einer Photovoltaikpotentialanalyse des StartUps Greenventory aus dem Jahr 2022. In dieser Analyse wurde das Potential der Dächer, Fassaden und Parkplätze dargestellt. Entsprechend kann das gesamte PV-Potential des Donautals bestimmt werden. Die Daten wurden in QGIS graphisch ausgewertet.

Zum Abgleich wurden zusätzlich noch Daten aus dem Energieatlas Baden-Württemberg ausgewertet. Bei dem Energieatlas BW handelt es sich, um ein öffentlich zugängliches, kostenloses Webtool, bei dem einzelne Gebäude ausgewählt und hinsichtlich ihres PV-Potential analysiert werden können (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2024b). Dieses Tool gibt aber nur die PV-Potentiale der Dächer an, weshalb auch nur bei dem Potential der Dachflächen ein Vergleich gezogen werden kann.

2.3 Daten der PV-Potentialanalyse von Greenventory

Aus der Greenventory-Analyse wurden die Daten zur maximalen Leistung (kWp) und dem generierten Ertrag (kWh) der Dächer ausgelesen. In Abbildung 3 sind die Dachflächen dargestellt.

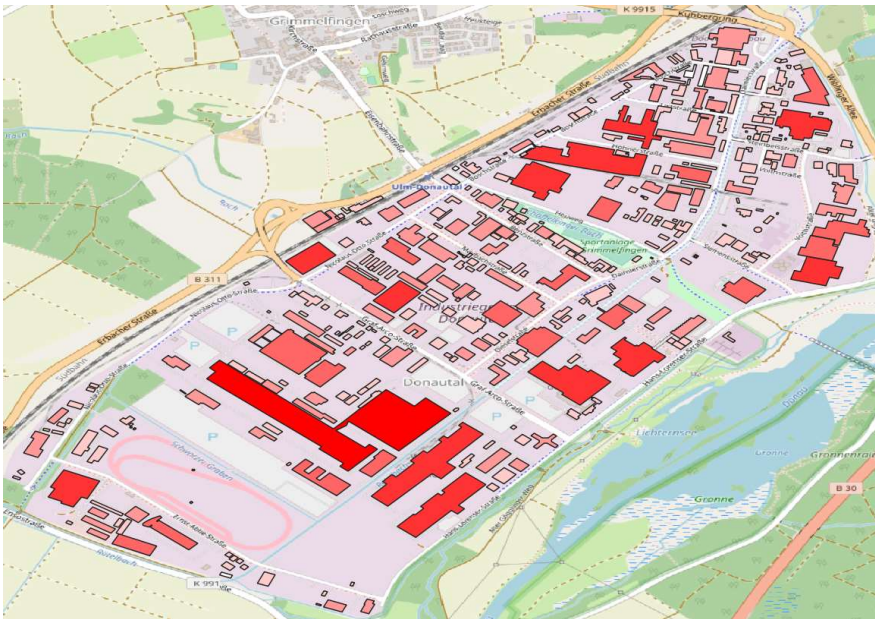


Abbildung 3: Darstellung der Dachflächen nach Leistung (dunkleres Rot = höhere Leistung pro Dach) dargestellt in OpenStreetMap.

Es ergibt sich hierbei eine maximale Leistung von 73.141 kWp, die auf den Dachflächen installiert werden könnte. Diese Leistung könnte laut Analyse einen Ertrag von 73.757.746 kWh bzw. 73,76 GWh generieren. Ausgehend von dem Potential der Dachflächen könnten in diesem Fall ca. 32,2 % des Elektrizitätsverbrauchs von 2020 (225,846 GWh) gedeckt werden. Es sei dabei angemerkt, dass die Leistung pro Fläche PV-Modul durch technischen Fortschritt beständig zunimmt.

Dasselbe Vorgehen wird auch mit den Parkplatzflächen durchgeführt. Abbildung 4 zeigt die vorhandenen Parkflächen und mögliche Leistung in kWp.

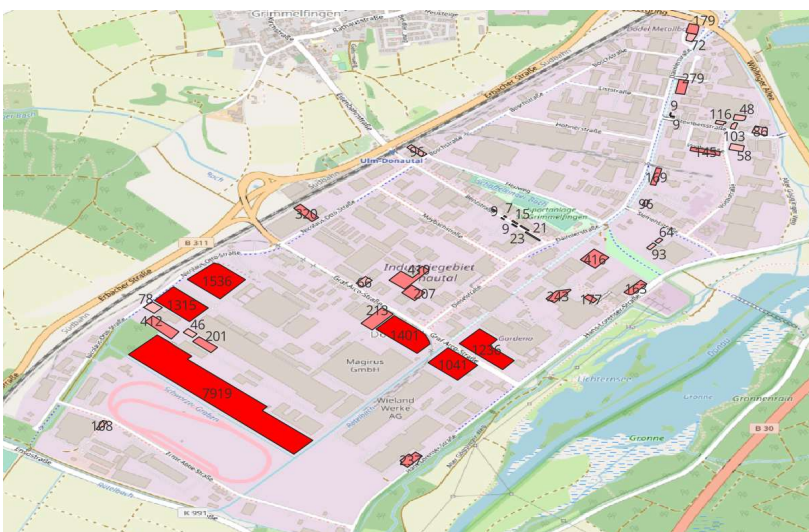


Abbildung 4: Darstellung der Parkplatzpotentiale nach Leistung (hell nach dunkel) dargestellt in OpenStreetMap.

Die Analyse zeigt, dass auf den Parkplätzen insgesamt eine Leistung von 19.464 kWp installiert werden könnte. Dies könnte einen Ertrag von 19.548.789 kWh liefern. Werden nur die Parkflächen betrachtet, diese aber vollständig mit PV belegt, könnten 8,66 % des Gesamtelektrizitätsverbrauchs gedeckt werden. Werden Dachflächen und Parkflächen zusammen betrachtet, können ca. 41,31 % des Elektrizitätsverbrauchs von 2020 gedeckt werden. In Tabelle 2 sind die bisherigen Ergebnisse dargestellt.

Tabelle 2: Darstellung der möglichen Leistung und des resultierenden Ertrags für Dach- und Parkplatzflächen des Donautals.

	Installierbare Leistung kWp	Berechnete Elektrizitätserzeugung kWh	Berechnete Elektrizitätserzeugung GWh
Dachflächen	73.141	73.757.746	73,76
Parkflächen	19.464	19.548.789	19,55
Gesamt	92.505	93.306.535	93,01

Im letzten Schritt wird das Potential der Fassaden betrachtet. Der Greenventory PV-Analyse nach könnte an den Fassaden insgesamt eine Leistung von 77.042 kWp installiert werden. Die Berechnung des Elektrizitätsertrags der Fassaden erwies sich als schwieriger als bei den Dächern und Parkplätzen. Um hier einen jährlichen Ertrag (kWh) berechnen zu können, mussten weitere Annahmen getroffen werden. Für das Verhältnis Fenster/Wand nahm Greenventory einen Wert von 0,3 an. Zur Berechnung des möglichen Ertrags wurden zuerst alle gegebenen Daten aus der Auswertungsdatei extrahiert. Zu den angegebenen, verfügbaren Daten der Fassaden gehören: Azimut-Winkel, Modulneigungswinkel, kWp-Maximum, Einstrahlung (kWh/m²*a) und die maximale Anzahl Module. Des Weiteren wurden noch die Daten der PV-Performance (kWh/kWp) der jeweiligen Gebäude aus der Analyse der Dächer aufgenommen.

Im ersten Schritt wurde aus dem angegebenen Azimut-Winkel und dem Modul-Neigungswinkel, die prozentuale Ertragserwartung gegenüber der optimalen Ausrichtung bestimmt. Dieser Wert wurde aus der unten gezeigten Abbildung 5 abgelesen. Für die Zwischenwerte wurde angenommen, dass die Werte zwischen den aufgeführten Angaben linear und gleichmäßig abnehmen.

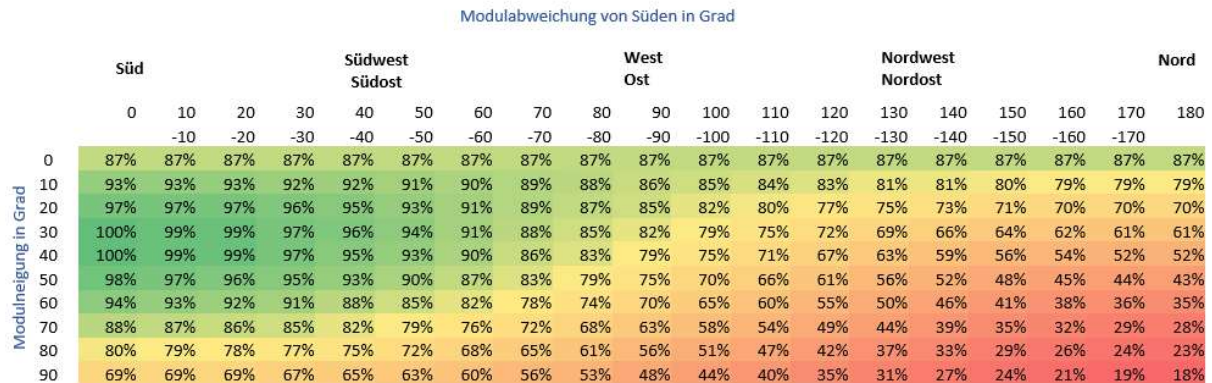


Abbildung 5: Darstellung der prozentualen Ertragsersparnis gegenüber der optimalen Ausrichtung (Eigene Darstellung in Anlehnung an Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2023).

Im nächsten Schritt wurden zwei Berechnungsvariationen formuliert und Annahmen definiert. In der ersten Variation wird die Annahme getroffen, dass bei optimaler Ausrichtung sich pro kWp= installierter Leistung 1000 kWh Elektrizität pro Jahr erzeugen lassen. Dieser Wert wird mit der von Greenventory bestimmten kWp-Leistung der Fassaden verrechnet. Dieser errechnete Wert ergibt den jährlichen Ertrag bei optimaler Ausrichtung. Um dann die Platzierung der Module miteinzuberechnen, wird der optimale jährliche Ertrag mit der prozentualen Ertragsersparnis verrechnet, die aus Azimut und Modulneigungswinkel bestimmt wurde.

Die zweite Variante ist eine leichte Abwandlung davon. In dieser Variante wird anstatt der Annahme, dass sich aus 1 kWp =1000 kWh Elektrizität erzeugen lassen, die PV-Performance (kWh/kWp) der Dachflächen verwendet. Auch dieser Wert wird mit der installierbaren Leistung (kWp) der Fassaden und dann mit der prozentualen Ertragsersparnis verrechnet. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse beider Varianten aufgeführt.

Tabelle 3: Möglicher Ertrag der Fassaden-PV im Donautal.

Potential Fassade	Variante 1	Variante 2
Ertrag (kWh)	36.287.287	36.142.264
Deckung Gesamtstromverbrauch (%)	16,07	16

Es wird im weiteren Verlauf die Variante 2 präferiert, da hierfür die wenigsten Annahmen getroffen werden mussten. Das Ergebnis zeigt, dass die Fassaden einen Anteil von 16 % des Gesamtelektrizitätsverbrauchs decken könnten. Das Gesamtpotential von Dachflächen, Parkplätzen und Fassaden würde eine Deckung von 57,31 % ermöglichen.

In Tabelle 4 sind alle auf Basis der Greenventory-Analyse ermittelten Daten zusammengefasst. Es lässt sich damit darstellen, dass auf Dachflächen, Parkplätzen und Fassaden im Industriegebiet Donautal insgesamt eine Photovoltaikleistung 169.647 MWp installiert werden könnten, die einen Ertrag von ca. 12.945 GWh liefern würden. Dies wäre ein Ertrag, der ca. 57,3 % des Gesamtelektrizitätsverbrauchs des Donautals von 2020 decken könnte.

Tabelle 4: Gesamtpotential des Donautals.

	Maximale Leistung (kWp)	Maximaler Ertrag (kWh)
Dachflächen	73.141	73757746
Parkflächen	19.464	19548789
Fassaden (1.2)	77.042	36.142.164
Gesamt	169.647	129.448.699

2.4 Vergleich der Greenventory-Analyse mit den öffentlichen Daten des Solaratlas BW

Um einen Vergleichswert zu den Greenventory-Werten zu erhalten, wurde nach einer anderen Quelle gesucht. Hier wurde die öffentlich zugängliche Plattform der LUBW verwendet (Abb. 6) (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2024b).

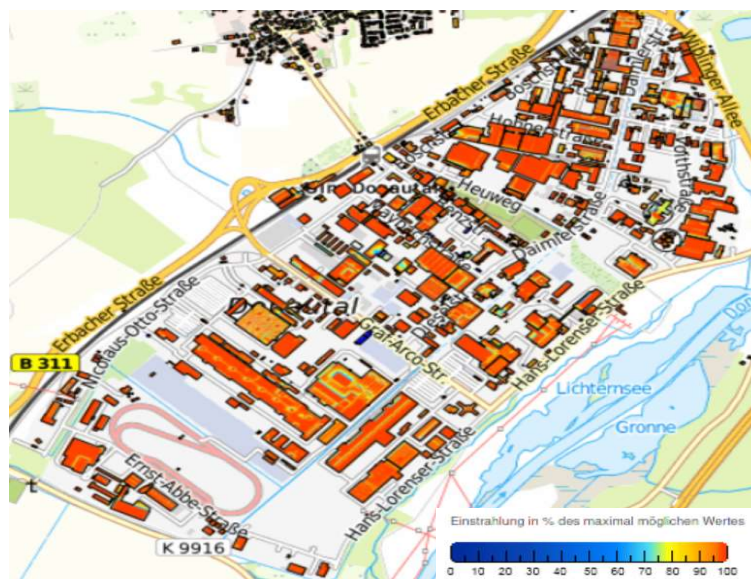


Abbildung 6: Darstellung des Industriegebiets Donautal im Solaratlas der LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2024b).

In diesem Solaratlas können die Potentiale der Dächer analysiert werden. Es wurden die Angaben zur max. installierbaren PV-Leistung (kWp), zum maximalen jährlichen Ertrag (kWh) und zur PV-Performance (kWh/kWp) jedes Gebäudes extrahiert. Laut dem Energieatlas könnte im Donautal eine PV-Leistung von 69.329,4 kWp installiert werden, womit 67.446.940 kWh generieren könnten. Damit ließen sich 29,9 % des Elektrizitätsverbrauchs im Industriegebiet Donautal im Jahr 2020 angenommen, mit PV decken. In Tabelle 5 werden die Ergebnisse der Greenventory-Analyse mit denen des Solaratlas verglichen.

Tabelle 5: Vergleich der PV-Potentiale der Greenventory- Analyse mit dem Solaratlas.

	Greenventory PV- Potentialanalyse (Dachflächen)	Solaratlas LUBW	Abweichung absolut	Abweichung relativ
kWp	73.141	69.404	3.811,6	5,21 %
kWh	73.757.746	67.530.634	6.310.806	8,56

Es ist zu erkennen, dass es bei der maximal installierbaren Leistung (kWp) einen Unterschied von ca. 5,2 % gibt. Wird der maximale Ertrag betrachtet, gibt es einen Unterschied von fast 8,6 %. Dieser erhöhte Unterschied zwischen kWp und kWh lässt sich eventuell auf unterschiedliche Annahmen bei der Performance (kWh/kWp) oder andere methodische Unterschiede bzw. Annahmen zurückführen.

3 Diskussion und Limitation

Die erhaltenen Ergebnisse geben einen ersten Überblick über das vorhandene PV-Potential im Donautal. Während Photovoltaik bisher im Industriegebiet Donautal kaum auf Fassaden oder Parkflächen installiert wurden, ist dieses bei Dachflächen anders. Hier wurden bereits einzelne Dächer belegt, so dass das noch zu hebende PV-Potential kleiner als das berechnete Potential ausfallen dürfte. Wie viel PV zurzeit im Industriegebiet Donautal verbaut ist, kann aus diesen Analysen nicht abgelesen werden. Ein genauer Prozentsatz für den Ausschöpfungsanteil müsste durch Befragungen oder eigene Drohnenflüge bestimmt werden. In einer kleinen Befragung der größeren Unternehmen im Donautal gaben von 14 Firmen 10 an eine PV-Anlage zu besitzen. Zwei davon gaben keinen genauen Wert der installierten kWp an. Die anderen Antworten zeigen, dass bei den anderen acht Firmen allein schon insgesamt 3874,41 kWp PV installiert sind. Das ist ca. 5,3 % des Potentials der Dächer (ausgehend von der Greenventory-Potentialanalyse). Eine weitere Firma gab an in diesem Jahr (2024) eine PV-Anlage mit 1,4 MWp installieren zu wollen.

Damit würde der Prozentsatz der realisierten Potentiale auf ca. 7,2 % steigen. Da sich insgesamt ca. 200 Firmen im Donautal befinden, wird der Prozentsatz insgesamt deutlich höher liegen, aber niedriger als es das Zahlenverhältnis der Unternehmen annehmen lässt, da bei der Befragung vornehmlich größere Unternehmen mit entsprechend auch meist größeren Dachflächen teilgenommen haben. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gibt an, dass bis Ende 2022 7,6 GW auf Dachanlagen (Achtung: Gewerbe- und Wohngebäude) in Baden-Württemberg installiert waren. Insgesamt gibt es in Baden-Württemberg ein Gesamtdachflächenpotential von 61,5 GW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2023a). Damit wurde in etwa 12,4 % des technisch vorhandenen Potentials an Dachflächen in Baden-Württemberg schon ausgeschöpft (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2023a; Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg 2024b). Desweiteren könnte ein Teil der Dachflächen auch für Solarthermie genutzt werden. Diese Flächen stehen dementsprechend auch nicht für Photovoltaik zur Verfügung. Prinzipiell lässt sich anhand der Analysen also nur das theoretische Gesamtpotential darstellen, nicht aber wie viele Flächen tatsächlich noch für PV nutzbar sind.

In dem Bericht wurde zusätzlich das PV-Gesamtpotential der *Dachflächen* im Donautal verglichen. Es wurde kein systematischer Vergleich der PV-Potentiale auf Einzelgebäudeebene durchgeführt. In einer kurzen Stichprobe wurde jedoch festgestellt, dass die Unterschiede auf Gebäudeebene teilweise beträchtlich sein können. Um herauszufinden, wie hoch diese Unterschiede sind und wie diese zustande kommen, müssten weitere Analysen und Methodikvergleiche durchgeführt werden.

Ein weiterer Punkt der durch diese Analysen nicht abgedeckt wird, ist die tatsächliche zeitliche Verteilung von Elektrizitätsverbrauch und -erzeugung sowie von Einspeisung und Eigenverbrauch. Generell ist die Solarenergie großen Schwankungen in der Erzeugung unterlegen, insbesondere im Tages- und Jahresverlauf (Hofierka und Kaňuk 2009). So ist die Energieerzeugung im Winter deutlich geringer als im Sommer. Wenn im Sommer dadurch eine hohe Stromproduktionen mit einem geringen Eigenverbrauch zusammenfällt, kommt es zu hohen Einspeisungen in das Stromnetz. Dadurch kann das Stromnetz überlastet werden. Aus diesem Grund sollte die erzeugte Elektrizität möglichst im Eigenverbrauch genutzt werden (Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2023).

Bei dem betrachteten Gebiet handelt es sich um ein Industriegebiet. Das bedeutet, dass auch teilweise an Wochenenden und Feiertagen kaum bzw. deutlich geringere Mengen an elektrischer Energie verbraucht werden als an Werktagen. In Abb.7 Ist ein geschätzter

Gesamtelektrizitätsverbrauch im Donautal abgebildet. Hierfür wurden die Lastgänge von 11 Unternehmen vor Ort verwendet und auf den benötigten Verbrauch in 2020 hochskaliert. Es sind gut die Unterschiede zwischen Werktagen und Wochenenden erkennbar. Um zu erkennen, ob die gesamte erzeugte Menge Elektrizität gleich vor Ort genutzt werden könnte, müssten weitere Analysen, vor allem mit simulierten Kurven der Elektrizitätserzeugung durchgeführt werden.

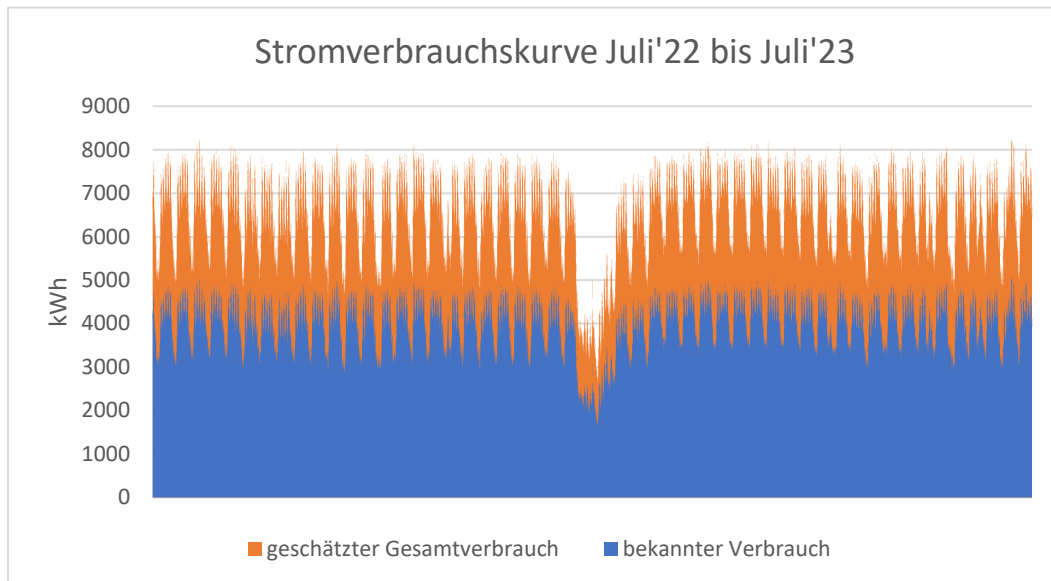


Abbildung 7: Geschätzte Elektrizitätsverbrauchskurve im Industriegebiet Donautal, hochskaliert anhand einiger bekannter Lastkurven von dort ansässigen Unternehmen (Juli'22 bis Juli'23).

Zusätzlich muss beachtet werden, dass jedes Unternehmen getrennt betrachtet werden muss. So gibt es im Donautal z. B. einige Logistik-Unternehmen. Diese besitzen oftmals große Gebäude mit großen Dachflächen. Dort könnte, bezogen auf den aktuellen Elektrizitätsverbrauchs des Unternehmens, demnach viel Photovoltaikleistung installiert und damit auch verhältnismäßig viel Elektrizität erzeugt werden. Dementsprechend könnte nicht die gesamte erzeugte Elektrizitätsmenge vom Unternehmen selbst abgenommen werden. Dadurch müsste ein Teil dieser Elektrizität in das Netz eingespeist werden. Es muss darauf geachtet werden, dass das Netz diese zusätzliche Elektrizitätsmenge aufnehmen kann und nicht überlastet wird. Hier müssten weitere Simulationen zu den Netzkapazitäten anfertigen werden und gegebenenfalls über einen Netzausbau nachgedacht werden. Andererseits ist zu erwarten, dass durch Elektrifizierung des Fuhrparks der Elektrizitätsverbrauch im Logistik-Unternehmen ansteigt. Würde zukünftig Wasserstoff als Energieträger für schwere LKW eingesetzt, käme ggf. die Installation eines Elektrolyseurs vor Ort oder unter Ausnutzung von Skaleneffekten im Industriegebiet Donautal in Frage.

4 Schlussfolgerungen

Trotz aller Limitationen und Abweichungen zwischen den beiden Studien kann die Auswertung aufzeigen, dass im Gebiet des Industriegebiets Donautal ein beträchtliches Potential für Photovoltaik besteht. Gerade auch das PV-Potential der Parkplätze und Fassaden sollte nicht unterschätzt werden. Bei Fassaden-PV sind aber geringere Wirkungsgrade und bei Parkplatz-PV im Allgemeinen im Vergleich zu Dachflächen höhere Ausgaben für die Installation zu berücksichtigen. Durch die Photovoltaikpflicht bei einer Neuanlage von Parkflächen mit einer Mindestkapazität von 35 Parkplätzen in BW zeigt sich, dass das Potential auch von der Politik erkannt wurde (Baden-Württemberg.de 2021). Im Industriegebiet Donautal ist aber aufgrund der Begrenzung durch ein Naturschutzgebiet kaum eine weitere Ausdehnung und damit Neuanlage einer Parkfläche möglich. Die Ausstattung der bisherigen Parkflächen mit Photovoltaik liegt im Ermessen der Unternehmen. Unternehmer müssen dementsprechend Vorteile für den Bau von Photovoltaik erkennen, aber da Unternehmen auch vor allem wirtschaftlich denken (müssen), müssen ökonomische Aspekte mitbedacht werden. Da die Ausgaben für Dachanlagen pro erzeugter Elektrizitätsmenge niedriger als für Parkplatz- und Fassaden-PV sind, werden Unternehmen wahrscheinlich vorrangig erst einmal diese Potentiale ausbauen. Die Ausgaben für Parkplatzanlagen liegen zurzeit z. B. etwa 50 % höher als bei Dachanlagen, was vor allem an dem Tragwerk liegt (Gordt 2023).

Ob Dach-, Parkplatz- oder Fassaden-PV, die Hauptsache ist, dass Unternehmen und auch Privatpersonen anfangen, sich mehr mit diesem Thema zu beschäftigen, damit der Ausbau der Erneuerbaren Energien weiter voranschreitet. Laut IPCC ist es nach wie vor möglich, die globale Erwärmung entsprechend des Übereinkommens von Paris auf 1,5 °C bis zum Jahr 2100 zu begrenzen. Dafür ist allerdings eine sofortige globale Trendwende mit tiefgreifenden Treibhausgasminderungen in allen Weltregionen und Sektoren nötig (Lee et al. 2023). Für Unternehmen können neben der reinen Rentabilität von PV-Anlagen auch softe Aspekte eine relevante Rolle spielen, z. B. Image, Zufriedenheit der Mitarbeitenden usw.

5 Literaturverzeichnis

Baden-Württemberg.de (2021): Photovoltaik-Pflicht für alle Neubauten ab 2022. Online verfügbar unter <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/photovoltaik-pflicht-fuer-alle-neubauten-ab-2022>, zuletzt aktualisiert am 09.01.2024, zuletzt geprüft am 09.01.2024.

Bundesnetzagentur (2024): Zubau Erneuerbarer Energien 2023. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/20240105_EEGZubau.html, zuletzt aktualisiert am 11.01.2024, zuletzt geprüft am 11.01.2024.

Bundesregierung (2024): So läuft der Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/ausbau-erneuerbare-energien-2225808>, zuletzt aktualisiert am 10.01.2024, zuletzt geprüft am 10.01.2024.

Die Bundesregierung (2022): Klimaschutzgesetz: Klimaneutralität bis 2045 | Bundesregierung. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>, zuletzt aktualisiert am 05.02.2024, zuletzt geprüft am 05.02.2024.

Energy Institute (2023): Statistical Review of World Energy. Online verfügbar unter <https://www.energyinst.org/statistical-review>, zuletzt aktualisiert am 30.01.2024, zuletzt geprüft am 30.01.2024.

Europäischer Rat (2023): Ein europäischer Grüner Deal. Online verfügbar unter <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/green-deal/>, zuletzt aktualisiert am 05.02.2024, zuletzt geprüft am 05.02.2024.

Gordt, Antonia (2023): Warum Solar-Module auf Parkplätzen. Photovoltaik Netzwerk Baden-Württemberg (Präsentation Solar Parken).

Haustec.de (2023): Warum Unternehmen in eigene Photovoltaik investieren sollten, 28.11.2023. Online verfügbar unter <https://www.haustec.de/energie/pv-module/warum-unternehmen-eigene-photovoltaik-investieren-sollten>, zuletzt geprüft am 10.01.2024.

Hofierka, Jaroslav; Kaňuk, Ján (2009): Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools. In: *Renewable Energy* 34 (10), S. 2206–2214. DOI: 10.1016/j.renene.2009.02.021.

Industriegebiet Donautal - Universität Ulm (2023). Online verfügbar unter <https://www.uni-ulm.de/mawi/reallabor-klima-connect/klima-connect/hintergrund/industriegebiet-donautal/>, zuletzt aktualisiert am 26.10.2023, zuletzt geprüft am 26.10.2023.

Kultur und Schule (2010): Kultur und Schule. Online verfügbar unter <https://www.kultur-und-schule-bw.info/locations/view/id/5489/>, zuletzt aktualisiert am 26.10.2023, zuletzt geprüft am 26.10.2023.

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024a): Arbeitsmappe: Ausbau und Potential der Photovoltaik - Daten- und Kartendienst der LUBW 4.0. Online verfügbar unter https://umweltdaten.lubw.baden-wuerttemberg.de/workbooks/302yt6w4Toa4mOn4TDIu,hash=9vVMHQIzzAOKm3cp3jgc8Qm_zNWkG8NHoWIZ44DRqxR28TizStPcB7uwVhhjK9fikl1gcdXj9fdGIGST/worksheets/LtM3EDpx1oCVRdD3-WYf?embeddingTargetId=m-energie-sonne-dashboard-ausbau&embeddingTargetId=m-energie-sonne-dashboard-ausbau, zuletzt aktualisiert am 19.01.2024, zuletzt geprüft am 19.01.2024.

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2024b): Solarpotenzial auf Dachflächen - Energieatlas. Online verfügbar unter <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen>, zuletzt aktualisiert am 23.01.2024, zuletzt geprüft am 23.01.2024.

Lee, Hoesung; Calvin, Katherine; Dasgupta, Dipak; Krinner, Gerhard; Mukherji, Aditi; Thorne, Peter W. et al. (2023): IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf, zuletzt geprüft am 19.01.2024.

Mindt, Anika (2023): Solarpflicht: Übersicht über alle Bundesländer in 2023/2024, 19.12.2023. Online verfügbar unter <https://www.enpal.de/photovoltaik/solarpflicht>, zuletzt geprüft am 11.01.2024.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023a): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2022. Online verfügbar unter https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Erneuerbare-Energien-2022-barrierefrei.pdf, zuletzt geprüft am 09.01.2024.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023b): Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-bw/klimaschutz-und-klimawandelanpassungsgesetz-baden-wuerttemberg>, zuletzt aktualisiert am 23.01.2024, zuletzt geprüft am 23.01.2024.

Olabi, A. G.; Abdelkareem, Mohammad Ali (2022): Renewable energy and climate change. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 158, S. 112111. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112111.

Photovoltaik-Netzwerk BW (2024): Photovoltaik-Ausbau in Baden-Württemberg | Photovoltaik-Netzwerk BW. Online verfügbar unter <https://www.photovoltaik-bw.de/themen/photovoltaik-ausbau-in-baden-wuerttemberg>, zuletzt aktualisiert am 18.01.2024, zuletzt geprüft am 18.01.2024.

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH (2023): LEITFADEN PHOTOVOLTAIK. Online verfügbar unter https://www.saena.de/download/broschueren/BEE_Leitfaden_Photovoltaik.pdf, zuletzt geprüft am 29.01.2024.

Sampaio, Priscila Gonçalves Vasconcelos; González, Mario Orestes Aguirre (2017): Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74, S. 590–601. DOI: 10.1016/j.rser.2017.02.081.

Santos, Beatriz (2022): EU-Kommission will Photovoltaik-Pflicht für öffentliche und gewerbliche Gebäude bis 2025 und für Wohngebäude bis 2029. Online verfügbar unter <https://www.pv-magazine.de/2022/05/18/eu-kommission-will-photovoltaik-pflicht-fuer-oeffentliche-und-gewerbliche-gebäude-bis-2025-und-fuer-wohngebäude-bis-2029/>, zuletzt aktualisiert am 18.05.2022, zuletzt geprüft am 11.01.2024.

Willuhn, Marian (2023): Ministerrat der EU beschließt höheres Erneuerbaren-Ausbauziel von 45 Prozent bis 2030. Online verfügbar unter <https://www.pv-magazine.de/2023/06/19/ministerrat-der-eu-beschliesst-hoeheres-erneuerbaren-ausbauziel-von-45-prozent-bis-2030/>, zuletzt aktualisiert am 19.06.2023, zuletzt geprüft am 11.01.2024.

Kontakt

Professor Dr. Michael Hiete

Professur für Wirtschaftskemie
Institut für Theoretische Chemie
Universität Ulm
Helmholtzstraße 18, Raum E22
89081 Ulm

Tel.: +49 (0) 7 31 - 50 30711
E-Mail: michael.hiete@uni-ulm.de