Innerörtliche Photovoltaik-Freiflächen-Analyse 2024

Autoren: Philip Bayer-Schahn, Gemeinde Denzlingen

Diana Sträuber, Gemeinde Denzlingen

DENZLINGEN

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung zum Themenkomplex Photovoltaik 3
1.1 Überblick zu der Bedeutung des Photovoltaikausbaus für Denzlingen 3
1.2 Bereits geschaffene Voraussetzungen 3
1.3 Herausforderungen beim Photovoltaikausbau 4
2. Potentialabschätzung innerörtlicher Freiflächen 4
2.2 Photovoltaikpotential gemeindeeigener Parkplätze und großer privater Parkplätze 5
2.3 Vergleich von Parkplatz-PV mit weiteren möglichen Installationsarten von Photovoltaik innerorts 7
2.4 Gegenüberstellung der Photovoltaik-Potentiale mit den geschätzten benötigten Mengen an Strom im Jahr 2035 9
3. Schlussfolgerung und Empfehlung 10

1. Einleitung zum Themenkomplex Photovoltaik

1.1 Überblick zu der Bedeutung des Photovoltaikausbaus für Denzlingen

Im Rahmen des kommunalen Bestrebens zur Erreichung der Klimaneutralität stellt der Ausbau von Photovoltaikanlagen in Denzlingen einen unverzichtbaren Hebel dar. Darüber hinaus kann die Neugestaltung der Energieinfrastruktur zu einer generationenübergreifenden, dauerhaften Stabilisierung der Energiepreise der Einwohner führen und zugleich zur lokalen Wertschöpfung beitragen.

Die folgenden drei Schlüsselziele lassen sich daraus zusammenfassen:

1. Das Erreichen der bilanziellen Klimaneutralität bis zum Jahr 2035
2. Förderung einer in großen Teilen dezentralen Energieversorgung ohne fossile Energien zur Absicherung gegen Rohstoffkrisen (Resilienz, gewisse Teil-Autarkie)
3. Daraus folgt Preisstabilität und eine Stärkung der lokalen Wertschöpfung

Notwendigkeit einer innerörtliche Freiflächenanalyse
Die Doppelnutzung versiegelter innerörtlicher Flächen ist grundsätzlich naheliegend und sinnvoll.
Darüber hinaus ist es für die Koordination des Ausbaus von Photovoltaikanlagen im großen Maßstab zum Erreichen der kommunalen Ziele notwendig, einen groben Überblick über die innerörtlichen Ausbaupotentiale zu ermitteln.
Die Flächen im Außenbereich wurden bereits 2022 durch die Studie von Greenventory analysiert und bewertet.
Für eine langfristige Ausbaustrategie ist es erforderlich, das gesamte Gemeindegebiet zu betrachten und daraus zu priorisierende Schlüsselmaßnahmen festzulegen.

1.2 Bereits geschaffene Voraussetzungen

Die Gemeinde Denzlingen hat bereits bedeutende Maßnahmen zur Erreichung der Klimaneutralität und einer unabhängigen Energieversorgung beschlossen. Zu diesen Maßnahmen zählen:

- Re-Kommunalisierung des Stromnetzes in Partnerschaft mit einem lokalen, kooperierenden Netzbetreiber
- Bereits 2011 wurden sämtliche kommunalen Gebäude auf ihre Photovoltaik-Tauglichkeit hin geprüft und entsprechend mit Photovoltaik-Anlagen ausgestattet. Bis zum heutigen Stand befinden sich 20 Photovoltaikanlagen auf den Dächern kommunaler Gebäude mit einer installierten Leistung von rund 700 kWp. Derzeit ist eine PV-Anlage mit etwa 160 kWp auf der Ruth-Cohn-Schule im Bau.
- Gründung der mitgliederstarken Bürger-Energiegenossenschaft im Jahr 2011
- Seit dem Jahr 2020 unterstützt ein lokales Klimaschutzförderprogramm Maßnahmen zu Balkon-PV und Photovoltaik-Vollbelegung von Dachflächen den Zubau an Solarstrom in der Gemeinde
- Durchführung von Machbarkeitsstudien für Nahwärmenetze
- Planung zwei konkreter Nahwärmenetze

- Gewinn des Landes-Förderwettbewerbs „Auf dem Weg zur Klimaneutralität“ und damit z.B. die Möglichkeit zur Umsetzung von Pilotprojekten innovativer Photovoltaik-Anwendungsbereiche wie Fassaden-PV

1.3 Herausforderungen beim Photovoltaikausbau

Aufgrund des Mangels an alternativen regenerativen Energiequellen im Gemeindegebiet ist der Ausbau von Photovoltaikanlagen von besonderer Bedeutung, denn ohne diesen ist das Erreichen der Klimaneutralitätsziele nicht möglich.
Um hier entscheidende Fortschritte zu erzielen, bedarf es skalierbarer Konzepte[1] sowie wirksamer Einzelmaßnahmen, insbesondere durch die Realisierung von ausgewählten Großprojekten wie Solarparks. Für die erfolgreiche Umsetzung sind vorrangig ökonomisch tragfähige Strategien notwendig.
Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein erheblicher Zubau von Photovoltaikanlagen je nach Anwendungsbereich das Orts- oder Landschaftsbild deutlich verändern kann.
Der langfristige erfolgreiche Ausbau von Photovoltaikanlagen kann nur in enger Verzahnung mit dem Netzausbau, der Integration von Speichertechnologien und der Sektorenkopplung[2] nachhaltig gestaltet werden.
Darüber hinaus führen sich ändernde gesetzliche Rahmenbedingungen für den Ausbau von Photovoltaikanlagen stellenweise zu Verunsicherungen im Markt.
Aus Sicht der Fachabteilung Klimaschutz wird die dynamische Entwicklung auch große Chancen mit sich bringen; die in laufende Planungen flexibel integriert werden müssen.

4. Potentialabschätzung innerörtlicher Freiflächen

Die Ergebnisse der Potentialabschätzung haben nicht den Anspruch auf höchste Präzision, sondern sollen als Entscheidungshilfe für die darauf aufbauende Photovoltaik-Strategie dienen. Die Ergebnisse sind einer von mehreren Bausteinen für die Ausarbeitung, welche Bereiche des Photovoltaikausbaus künftig priorisiert bearbeitet werden. Aufgrund begrenzter Kapazitäten wird es notwendig sein, sich auf die wirksamsten Ausbaupotentiale zu konzentrieren und Anwendungsbereiche mit geringerem Potential erst dann in den Fokus zu nehmen, wenn die Schlüsselmaßnahmen bereits voranschreiten.

[1] ***Skalierbare Konzepte*** sind Ansätze, Systeme oder Modelle, die flexibel und anpassbar sind, um mit wachsendem Umfang oder steigender Komplexität umzugehen, ohne dabei an Effizienz oder Leistungsfähigkeit zu verlieren. Solche Konzepte sind darauf ausgelegt, sich dynamisch weiterzuentwickeln und sowohl in kleiner als auch in großer Form erfolgreich zu funktionieren.
[2] ***Sektorenkopplung*** bezeichnet die Integration und Verknüpfung der Energieversorgung in den Bereichen Strom, Wärme, Verkehr und Industrie, um eine effiziente Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern. Das Ziel ist es, den Energieverbrauch in allen Sektoren durch Technologien wie Elektroautos, Wärmepumpen oder Power-to-X (heat, gas) flexibler und nachhaltiger zu gestalten, wodurch die Dekarbonisierung und Energiewende unterstützt werden.

2.2 Photovoltaikpotential gemeindeeigener Parkplätze und großer privater Parkplätze

Die Flächen aller kommunalen Parkplätze wurden mithilfe von WEBGIS (auf Geodaten spezialisierte Webapplikation) vermessen (siehe Anlage 1) und in einer Tabelle (siehe Anlage 2) erfasst.

Zur Entscheidung, ob eine nähere Betrachtung eines Parkplatzes angebracht ist, sind die Netzanschlussbedingungen von Bedeutung. Ein neuer Transformator kostet je nach Größe zwischen 100.000 und 140.000 Euro. In der Analyse hat sich gezeigt, dass die wirtschaftliche Darstellbarkeit einer Investition in einen neuen Transformator stark vom möglichen Eigenverbrauch abhängt, so dass dieser ähnlich wichtig ist wie die Netzanschlussbedingungen. Daher wurden diese beiden Parameter in der Anlage 2 zusammengefasst, um die Übersichtlichkeit zu verbessern.

Die Entscheidung, bereits ab einer Parkplatzgröße von 700 Quadratmetern die Überdachung mit PV-Anlagen zu prüfen, basiert auf einer sorgfältigen Prüfung der Potenziale. Die landesweite Regelung sieht bei Neubau ab 35 Stellplätzen (etwa 800 - 1.000 m²) eine PV-Pflicht vor. Grundsätzlich gilt, je größer die PV-Anlagen, desto besser verteilen sich durch Skaleneffekte die Kosten für Planung, Installation und Wartung. Aus wirtschaftlichen Erwägungen wird daher nachfolgend eine Mindestgröße von 700 m² Parkplatzfläche empfohlen.

Auch der Baumbestand ist bei innerörtlichen Freiflächen neben den rein wirtschaftlichen Parametern ein relevanter Faktor in der Betrachtung. Bäume bieten zahlreiche Vorteile: Sie binden CO_2, kühlen die Umgebung, reduzieren den Hitzeinsel-Effekt, fördern die Artenvielfalt und verbessern das Mikroklima sowie das Wohlbefinden der Bürger. Zudem mindern sie durch die Wasseraufnahme der Wurzeln Überschwemmungen, filtern Schadstoffe und tragen zur Verbesserung der Luftqualität bei.

Neben den gemeindeeigenen Parkplätzen wurden auch die größten privaten Parkplätze vermessen und in das theoretische Gesamtpotential miteinberechnet. Da hier nicht über den Kopf der Eigentümer hinweg entschieden werden kann, wurde zu diesem Zeitpunkt auf eine detaillierte Bewertung verzichtet. Aus fachlicher Sicht ist eine nachträgliche Bebauung der privaten Parkplätze mit PV aufgrund der hohen Kosten pro kWp eher unwahrscheinlich, sondern es werden stattdessen wahrscheinlich eher die für den Eigenverbrauch potenziell nutzbaren Dachflächen der Unternehmen genutzt.

Der Abschätzung des Flächenpotentials und der darauf installierbaren PV-Leistung liegen folgende Annahmen zugrunde:

Bei Photovoltaik-Parkplatzüberdachungen könnte die installierte Leistung in Denzlingen aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung theoretisch bei bis zu 1,2 MWp pro Hektar liegen. Da jedoch Fahrgassen, Zufahrten und die Tragkonstruktion Platz beanspruchen, lässt sich nicht die gesamte Fläche mit PV-Modulen belegen. Dieser Effekt gleicht den höheren Ertrag aus, sodass die Faustregel von ca. 1 MWp pro Hektar und etwa 1 GWh Stromerzeugung pro Jahr eine verlässliche Orientierung ist.

Es ist festzuhalten:
1 Hektar (ha) Fläche → 1 Megawattpeak (MWp) → 1 Gigawattstunde (GWh) pro Jahr.

	Fläche	Installierbare Leistung
Theoretisches Gesamtpotential kommunale Parkplätze	35.400 m²= 3,5 Hektar	3,5 MWp
Summe der 4 größten Privatparkplätze	1,7 Hektar	1,7 MWp
Theoretisches Gesamtpotential	5,2 Hektar	Summe 5,2 MWp
Theoretisches Gesamtpotential kommunale Parkplätze	3,5 Hektar	3,5 MWp
… reduziert sich durch harte Aussschlusskriterien (Abriss, Sicherheitsaspekte bei der Feuerwehr) auf:	26.500 m²= 2,6 Hektar	2,6 MWp
… reduziert sich weiter bei Fokussierung auf kommunale Flächen größer 700 m² (theoretisches technisches Potential)[3]	24.000 m²= 2,4 Hektar	2,4 MWp
… reduziert sich weiter bei Fokussierung auf Flächen ohne Bäume bzw. wenigen Bäumen (technisch realisierbares Potential):	4.250 m² 0,4 Hektar	0,4 MWp

Tabelle 1: variierende PV-Potentiale auf innerörtlichen Freiflächen je nach angelegten Kriterien

Im Einzelfall sind die Flächen noch detailliert zu prüfen nach folgenden Aspekten:

- Abwägung des Konfliktpotentials
- Ausreichende Transformatorenleistung vor Ort
- Eigenverbrauch
- Wasserleitungen
- Etc.

[3] Im Gemeinderatsantrag der Freien Wähler vom 12.09.2023 sollten Parkplätze ab 35 Stellplätzen geprüft werden. Dies wurde als ungefähre Größenordnung zur Festlegung des Ausschlusskriteriums angesetzt.

2.3 Vergleich von Parkplatz-PV mit weiteren möglichen Installationsarten von Photovoltaik innerorts

Im Folgenden werden die innerörtlichen PV-Potentiale auf Parkplätzen weiteren möglichen Installationsarten von PV innerorts gegenübergestellt. Ein wichtiger Faktor ist hierbei die wirtschaftliche Darstellbarkeit**,** kurz ausgedrückt in Kosten pro kWp. Die Kosten für die Installation von Photovoltaikanlagen werden üblicherweise auf Basis der Leistung in Kilowatt-Peak (kWp) berechnet. Freiflächenphotovoltaik kostet derzeit beispielsweise ca. 500-700 Euro pro kWp, Dachanlagen ca. 1.000-1.200 Euro pro kWp und nachträglich installierte Photovoltaiküberdachung von Parklätzen ca. 1.500-2.500 Euro pro kWp. Dieser Wert beeinflusst maßgeblich die Amortisationszeit der PV-Anlage. Ein weiterer wichtiger Parameter ist der Eigenverbrauch. Durch die Integration von Speichertechnologie und die Berücksichtigung von intelligenter Sektorenkopplung, also der Verbindung von Strom, Wärme und Mobilität, kann der Eigenverbrauchsanteil über den normalen Strombedarf hinaus optimiert werden.

Unter den Punkten „Pro“ und „Contra“ wird im Folgenden jeweils ein komprimierter Überblick über die erforderlichen Abwägungen für die jeweiligen Einsatzgebiete von Photovoltaik gegeben.

1. **Parkplatz-PV:**
    - **Kosten**: ca. 1.500 bis 2.500 EUR pro kWp
    - **Theoretisches Gesamtpotential:** 5,2 MWp
    - **technisch realisierbares Potential** kommunaler Flächen (jeweils größer als 700 m², geringer Baumbestand): 0,4 MWp (3 Parkplätze)
    - **Pro**: doppelte Nutzung versiegelter Flächen, mögliche Synergie zur Ladeinfrastruktur
    - **Contra**: hohe Kosten pro kWp, i.d.R. Konflikt mit Baumbestand, ggf. Ästhetik und Ortsbild

2. **Dachanlagen (Privathäuser, Gewerbe):**
    - **Kosten:** ca. 1.000 bis 1.200 EUR pro kWp
    - **Theoretisches Potential:** ca. 52 MWp laut Energieatlas Baden-Württemberg[4] → Davon bereits belegt (Marktstammdatenregister Q1 2025)→ 10,6 MWp
    - **realisierbares Potential (Schätzwert):** maximal 50% des theoretischen Potentials = 26 MWp (verschiedene Studien bewegen sich zwischen 30% und 55%)
    - **Pro:** großes Ausbaupotential, i.d.R. geringe Kosten pro kWp
    - **Contra:** oftmals individuelle, persönliche Gründe, warum keine PV-Anlage gebaut wird (Liquidität, Alter, Dachstatik, vertrauensvolle Beratung, etc.)

3. **Balkonkraftwerke**
    - **Kosten**: ca. 500-1.000 Euro pro kWp
    - **Technisch theoretisches Potential (Schätzwert):** ca. 7.000 Haushalte → 25% von ca. 7.000 Haushalten technisch realisierbar = 1.750 Haushalte→ 1.750 x 800 Watt = 1.400.000 Watt = 1.400 kWp = 1,4 MWp
      Bisheriger Zubau: 0,17 MWp (Marktstammdatenregister Q1/2025)
    - **Realisierbares Potential (reiner Schätzwert):** ca. 1/3 des technisch theoretischen Potentials → ca. 0,5 MWp
    - **Pro:** einfache Installation (Plug & Play), günstige Stromerzeugung, jeder kann an der Energiewende teilhaben, gutes Potential (Nutzung von 25% der Balkone in Deutschland entsprächen etwa einer Leistung von 9 AKWs)
    - **Contra:** Ausrichtung des Balkons bedingt sehr den Ertrag, optische Veränderung des Ortsbilds ist Geschmackssache, können in Einzelfällen blenden

4. **Fassadenanlagen:**
    - **Kosten:** ca. 1.500 bis 2.500 EUR pro kWp
    - **Potential:** sehr aufwendig und kostenintensiv zu ermitteln, bedarf intensiver Abstimmung
    - **Pro:** viel theoretische Potentialfläche, hoher Wirkungsgrad im Winter, dadurch ggf. bessere saisonale Verteilung der Stromproduktion
    - **Contra:** hohe Kosten pro kWp, weniger Ertrag als auf dem Dach, aufwendige Montage durch spezielle Befestigungssystemen, ästhetische Auswirkung aufs Ortsbild, häufig Verschattung durch Umgebung, technologisch noch deutliche Verbesserungen in der Solarzellenforschung zu erwarten (z.B. Folien)

[4] **https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflaechen/pv-potentiale-auf-gebietsebene**

5. **Besondere Anwendungen:** Zu erwähnen sind spezielle oder Sonderanwendungen, wie die Nutzung von Photovoltaik (PV) an Infrastruktureinrichtungen, Lärmschutzwänden, Zäunen oder auf Spielplätzen. Diese Themen werden beobachtet, jedoch ist das Potential nach dem aktuellen Stand der Technik zu gering, um es in dieser Analyse als wesentlichen Faktor zur Erreichung der Klimaziele näher zu betrachten.

2.4 Gegenüberstellung der Photovoltaik-Potentiale mit den geschätzten benötigten Mengen an Strom im Jahr 2035

		Strommenge
Strombedarf allgemein[5]	43	GWh
Strombedarf für Wärme[6]	17	GWh
Strombedarf für elektr. Mobilität *(Differenz Strombedarf gesamt abzüglich Strombedarf allgemein und Strombedarf Wärme)*	10	GWh
Geschätzter Strombedarf gesamt im Jahr 2035[7] *(angenommene Steigerung von durch Sektorenkopplung, Gewerbe- und Siedlungserweiterung)*	70	GWh

theoretisches PV-Potential in MWp		Bereits installierte Leistung in MWp
Dachflächenpotential[8]	52	10,6
Freiflächen Außenbereich[9]	565	0
Freiflächen innerorts (kommunale Parkplätze, alle Größen)	3,5	0
Freiflächen innerorts (gewerblich, die größten 4 Parklätze)	1,7	0
Balkon-PV	1,4	0,17
Summe	623,6	10,77

[5] ICLEI 2021: CO2-Bilanz, THG-Reduktionspotentiale und Szenarien für die Gemeinde Denzlingen, S. 7 f.
[6] endura kommunal 2024: Fachgutachten kommunale Wärmeplanung Denzlingen, S. 59
[7] Agora Energiewende, Prognos, Consentec (2022): Klimaneutrales Stromsystem 2035. Wie der deutsche Stromsektor bis zum Jahr 2035 klimaneutral werden kann., S. 35
[8] https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflaechen/pv-potentiale-auf-gebietsebene, abgerufen Okt 2024
[9] Greenventory 2022: Bewertung der Potentiale für Freiflächen-Photovoltaik-Anlagen in Denzlingen, Gemeinderatssitzung am 27.9.2022, TOP 4

Geschätztes technisch realisierbares PV-Potential in MWp		Bereits installierte Leistung in MWp
Dachflächen (50% Solaratlas)	max. | 26	10,6
Freiflächen Außenbereich (Anschluss an Stromnetz technisch möglich bei entsprechenden Investitionen)	90	0
Kommunale Freiflächen innerorts (3 Parkplätze, jeweils größer als 700 m², geringer Baumbestand):	0,4	0
Gewerbliche Freiflächen innerorts (1/3 des theoretischen Gesamtpotentials angenommen)	0,5	0
Balkon-PV (1/3 des theoretischen Gesamtpotentials angenommen)	0,5	0,17
Summe	**117,4**	**10,77**

5. Schlussfolgerung und Empfehlung

Die Identifizierung von geeigneten Parkplätzen zur Photovoltaiküberdachung gestaltet sich unter den derzeitigen Rahmenbedingungen als sehr schwierig. So sinnvoll die Doppelnutzung versiegelter Flächen für Photovoltaikanlagen auch sein mag, so herausfordernd gestaltet sich bei näherer Betrachtung deren Umsetzung. Insbesondere die Abholzung innerörtlicher Baumbestände für ein vergleichsweise geringes realisierbares Flächenpotential von maximal etwa 2-3 % des Ausbauziels, bei gleichzeitig hohen Kosten pro Kilowattpeak, sollte sorgfältig abgewogen werden.

Darüber hinaus amortisieren sich nachträglich installierte Photovoltaiküberdachung von Parkplätzen in der Regel nur bei einem ausreichenden Eigenverbrauch und ab einer bestimmten Anlagengröße. Aus dem Austausch mit anderen Kommunen ging hervor, dass dies selbst für Parkplätze zutrifft, die unter Inanspruchnahme der Förderung aus dem Jahr 2023 realisiert wurden.

Der Parkplatz neben der Ballsporthalle in der Jahnstraße wird derzeit von der Rathausverwaltung geprüft, und anschließend ein entsprechendes Konzept vorgestellt.
Für den Parkplatz beim FC Denzlingen wird auf Grund des fehlenden Eigenverbrauchs vor Ort ein Konzept benötigt, das mögliche Synergieeffekte in den Bereichen Mobilität oder Wärme einbezieht. Bisher konnte kein Projektkonzept mit einem interessierten Investor gefunden werden

Die in dieser Analyse ermittelten innerörtlichen Potenziale werden detailliert mit den Potenzialen auf Freiflächen in einer umfassenden Photovoltaik-Ausbaustrategie verknüpft. Ziel ist es, Schlüsselmaßnahmen zu definieren, mit denen Denzlingen die Energiewende möglichst effizient gestalten kann.