








Photovoltaik-Potenziale der Schweiz

Reichen die Dächer zur Umsetzung der Energiestrategie oder braucht es Freiflächen?
Eine Einordnung von Prof. Dr. Christof Bucher, August 2022

Photovoltaik (PV) ist die einzige Technologie zur Stromerzeugung, die in der Schweiz rasch und in grossen Mengen neu gebaut werden kann. PV-Anlagen sind praktisch überall sinnvoll, wo die Sonne scheint. Ob eine PV-Anlage gross oder klein ist, hat keinen Einfluss auf ihren Wirkungsgrad und nur einen untergeordneten auf die Stromgestehungskosten. Trotzdem gibt es grosse Unterschiede zwischen den möglichen Anlagentypen. In diesem Dokument werden die wichtigsten miteinander verglichen.

Typ der Anlage	Technisches Potenzial
 <p>Dächer PV-Anlagen auf Dachflächen sind die wichtigste und meist günstigste Anlagenkategorie – heute wie vermutlich auch in Zukunft. Alle relevanten Zubaussenarien sehen Dachflächen als wichtigsten PV-Markt an.</p>	<p>Würden alle Dächer voll belegt, läge das Potenzial weit über 100 TWh/a. Realistische Studien gehen von ca. 50 TWh/a aus [1], davon rund 25 % im Winterhalbjahr [2]. Deutlich geringere Potenziale nehmen andere, meist ältere Studien an [3], die z. T. nur Süddächer berücksichtigen.</p>
 <p>Fassaden PV-Anlagen an Fassaden sind aus ästhetischen Gründen oft anspruchsvoller als PV-Anlagen auf Dächern. Nebst den Kosten dämpfen Hürden im Bewilligungsprozess die Zubaurate von PV-Anlagen an Fassaden.</p>	<p>Potenzialschätzungen für Fassadenanlagen sind mit grossen Unsicherheiten behaftet, da nicht die Flächen, sondern deren Eignung (technisch, ästhetisch) das Potenzial limitieren. Die umfangreichste Studie geht von 17 TWh/a aus [1], davon dürften 40 %-50 % ins Winterhalbjahr fallen.</p>
 <p>Infrastruktur Infrastruktur wird stark zweckgebunden betrieben und war deshalb bisher nicht im Fokus für PV-Anlagen. Von Lärmschutzwänden über Bahndämme bis zu Parkplätzen sind die Möglichkeiten aber sehr umfangreich.</p>	<p>Das Potenzial wird von EZS in [4] auf 9-11 TWh/a geschätzt, ist teilweise aber schwer zu erschliessen. Diverse Flächen sind stark geneigt und weisen deshalb einen hohen Winterstromanteil auf. Das Potenzial von PV auf Infrastrukturbauten ist heute erst marginal ausgenützt.</p>
 <p>Alpin Kontrovers und verlockend sind PV-Anlagen in den Bergen, oberhalb der typischen Nebelgrenze. So umstritten ihre Akzeptanz ist, so anerkannt ist ihr theoretischer Nutzen für die Winterstromversorgung (siehe nächste Seite).</p>	<p>Das Potenzial von «solarem Alpenstrom» wird in «Alpenstrom Jetzt!» auf 41 TWh/a geschätzt [5]. Diese Zahl ist mit Vorsicht zu geniessen, denn die Annahmen sind naturgemäss willkürlich (z. B. < 500 m Abstand zu einer Strasse, nur Flächen > 5000 m², Standorte von 800 bis 2700 m ü. M.).</p>
 <p>Freifläche Freiflächenanlagen werden auch von der PV-Branche nur dann seriös in Betracht gezogen, wenn sie nicht in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion stehen.</p>	<p>Realistische Potenzialschätzungen sind wie bei den alpinen Anlagen schwierig zu erstellen. Das BfS weist für die Schweiz 14'525 km² Landwirtschaftsfläche aus, was vollbelegt rund 2000 TWh/a Strom produzieren könnte. 1 % davon würde in der Jahresbilanz die AKW der Schweiz ersetzen.</p>
 <p>Agri-PV Die Kombination von PV und Landwirtschaft führt zu einer erhöhten Flächennutzung. Per Definition will Agri-PV Synergien nutzen, z. B. indem PV-Module als Witterungsschutz (Hagel, Regen, Sonne) eingesetzt werden.</p>	<p>Die ZHAW schätzt das Potenzial für Agri-PV auf 10-18 TWh/a ein. Die zugrundeliegenden Annahmen werden als Prozentzahlen verschiedener Flächen geschätzt und müssen in der Praxis erhärtet werden.</p>
 <p>Schwimmende PV-Anlagen International werden schwimmende PV-Anlagen insb. auf künstlichen Wasserreservoirs in Äquatornähe gebaut, wo sie die Verdunstung reduzieren. Der Weltmarkt befindet sich in einem rasanten Wachstum.</p>	<p>Das Potenzial in der Schweiz dürfte eher anekdotischer Natur sein, da aus gesellschaftlichen Gründen nur ein Bruchteil der laut BfS 1422 km² stehenden Gewässer (vollbelegt rund 200 TWh/a) für die PV-Nutzung infrage kommt.</p>

Wie viel PV braucht die Energiewende in der Schweiz?

Je nach Szenario geht man heute von rund 30 TWh/a bis 50 TWh/a aus, Tendenz steigend [6]. Das sind rund 20-30 m² pro Kopf. Davon sind heute bereits rund 3.5 TWh/a resp. 10 % installiert, und jedes Jahr kommen derzeit 0.5-1 TWh/a neu dazu [7], [8].

Welche PV-Anlagen produzieren Winterstrom?

Alle PV-Anlagen produzieren Winterstrom (Abbildung 1), wobei alpine PV-Anlagen pro PV-Modul deutlich mehr Winterstrom produzieren als der heutige Anlagenpark. Auch der heutige Anlagenpark (hochskaliert auf den möglichen Zielwert von 40 GWp) liefert jedoch 900 MWh im Januar und über 10 TWh im Winterhalbjahr (Tabelle 1). Dies ist etwas mehr als das Speichervolumen der Schweizer Stauseen. Immer dann, wenn die Stauseen ihren tiefsten Füllstand aufweisen, sind die PV-Anlagen im Schweizer Mittelland nahe am Produktionsmaximum.

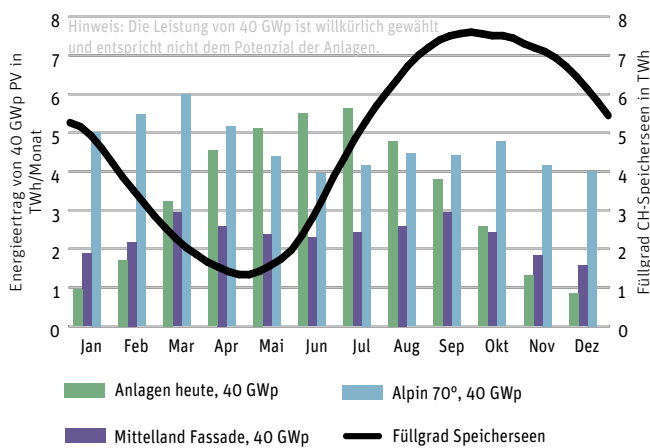


Abbildung 1: Monatliche Produktion verschiedener Anlagentypen unter der Annahme von 40 GWp installierter Leistung je Anlagentyp (Quellen: Einstrahlung nach Meteonorm V8, Füllgrad Stauseen nach [9]).

	Anlagen heute, 40 GWp*	Mittelland Fassade, 40 GWp*	Alpin 70°, 40 GWp*
Januar	0.9 TWh	1.9 TWh	5.0 TWh
Dez-Feb	3.5 TWh	5.6 TWh	14.5 TWh
Okt-Mar	10.6 TWh	12.8 TWh	29.4 TWh

Tabelle 1: Winterstromanteil verschiedener Anlagentypen (Quellen: Einstrahlung nach Meteonorm V8, Anlagen heute nach [2]). *Leistungen entsprechen nicht den Potenzialen.

Warum weichen verschiedene Potenzialstudien so stark voneinander ab?

Die Faustregel «5 m² PV-Module leisten im Labor 1 kW und erwirtschaften in der Schweiz 1000 kWh/a» gilt plus/minus ca. 10 % für Dachanlagen im Schweizer Mittelland und wird von keiner Studie angezweifelt. Grosse Unterschiede basieren meist auf unterschiedlichen Annahmen bezüglich der verfügbaren Flächen. Pessimistische Studien nehmen teilweise an, dass PV-Anlagen nur auf Süddächern gebaut werden können.

Welche Flächen sind am besten geeignet?

Alpine PV-Anlagen produzieren mit Abstand am meisten Winterstrom (Tabelle 1), sind aber am teuersten. Anlagen auf Dächern im Schweizer Mittelland sind am günstigsten, produzieren aber am wenigsten Winterstrom. Infrastruktur-PV-Anlagen liegen bezüglich beider Aspekte oft in der Mitte. Das Potenzial aller Anlagenkategorien (mit Ausnahme der schwimmenden Anlagen) ist relevant. Um die Ziele der Energiestrategie zu erreichen, scheint es deshalb sinnvoll, den Weg für alle Kategorien zu ebnen, Anreize für einen raschen Zubau zu schaffen und die Privatwirtschaft die effizientesten Potenziale finden und erschliessen zu lassen.

Fazit

- PV kann die Schweiz in der Jahresbilanz ohne die Bebauung neuer Flächen mit Energie versorgen. Die Winterstromversorgung kann PV allein nicht sicherstellen, doch sie liefert einen wertvollen Beitrag.
- Dank PV sind die Stauseen im Winter noch besser gefüllt. Bei den tiefsten Pegeln im April produziert PV bereits nahe am monatlichen Ertragsmaximum.
- Realistisch betrachtet, ist mit keiner der vorgestellten Flächenkategorien allein die Energiewende zu schaffen. Genauso ist aber keine (ausser den Dächern) unverzichtbar.
- Solarstromüberschuss kann zur Verhinderung der Überlastung der Stromnetze technisch einfach abgeregelt – oder aber dezentral für neue Businessmodelle verwendet werden.

Referenzen (alle im August 2022 abgerufen)

- [1] Das Schweizer PV-Potenzial basierend auf jedem Gebäude: https://www.researchgate.net/publication/332013577_Das_Schweizer_PV-Potenzial_basierend_auf_jedem_Gebäude
- [2] Winterstromstudie BFE: <https://opendata.swiss/de/dataset/studie-winterstrom-aus-photovoltaik-produktionsprofile-aller-schweizer-gemeinden>
- [3] Potential for Building Integrated Photovoltaics: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/rep7_04.pdf
- [4] Solarstrom auf Infrastrukturanlagen und Konversionsflächen: https://f.hubspotusercontent40.net/hubfs/7195893/Studie%20InfraSolaire_Endbericht.pdf
- [5] «Alpenstrom jetzt!»: <https://www.kulturen-der-alpen.ch/downloads>
- [6] Power Switcher: <https://powerswitcher.axpo.com/>
- [7] Statistik Sonnenenergie: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10986>
- [8] Energieia: <https://energieiaplus.com/2022/04/05/von-rekord-zu-rekord-photovoltaik-boomt-in-der-schweiz/>
- [9] Füllgrad Stauseen: https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/ogd/17/ogd17_fuellungsgrad-speicherseen.csv