

Potenzial des Solarstroms in der Gemeinde



Ausgangslage

Die Ansichten über das Potenzial der Photovoltaik im Gebäudepark gehen weit auseinander. Die Extreme reichen von „vernachlässigbar“ bis „Vollversorgung“. Die Wahrheit dürfte irgendwo dazwischen liegen. Das Potenzial kann auf verschiedenen Stufen erfasst werden. Eine grobe Abschätzung vermittelt eine Grössenordnung zur Bedeutung des solaren Anteils an der zukünftigen Energie- und Stromversorgung. Eine Zahl allein sagt jedoch noch nicht aus, wo und wie das Potenzial erschlossen werden kann. Genauere Analysen oder ein Inventar bieten eine Grundlage für konkrete Umsetzungsmassnahmen. Allgemein gilt: je konkreter der Gebäudepark hinsichtlich seines solaren Potenzials erfasst und genutzt wird, desto bedeutsamer wird die Rolle der Gemeinde. Schliesslich geht es um die längerfristige Nutzung einer der wichtigsten einheimischen Ressourcen.

Fragestellungen

- Welchen Beitrag kann die Photovoltaik zur Energieversorgung auf kommunaler / regionaler Ebene leisten?
- Wie bestimmt sich das Solarstrompotenzial in der Gemeinde?
- Wie schlüsselt sich das Potenzial innerhalb des Gebäudeparks und zwischen den Regionen auf?
- Wie statisch respektive dynamisch sind der Gebäudepark und das entsprechend nutzbare Potenzial?

Zielvorstellung

Grundlegende Fragestellungen und Fakten sollen den Begriff und die Bedeutung des Solarstrompotenzials klären. Ausgesuchte Fallstudien zeigen, wie das Potenzial in der Gemeinde oder Region bestimmt werden kann. Vereinfachte Faustregeln erlauben eine Grobabschätzung des Solarstrompotenzials. Detailliertere Analysen bieten die Grundlage für eine sinnvolle Erschliessungsstrategie des Potenzials auf lokaler Ebene.

Inhalt und Aufbau

Die moderne Gesellschaft hat die Landschaft stark urbanisiert. Wohnen, Arbeit sowie Mobilität und Freizeit haben einen hohen Bedarf an Energie und Flächen. Die Siedlungsfläche weitet sich in der Schweiz um einen Quadratmeter pro Sekunde aus. Die Photovoltaik bietet die Chance, die überbauten Flächen multifunktional zu nutzen. Die klassischen Stätten des Energieverbrauchs können inskünftig durch Erzeugung von Solarstrom einen wichtigen Teil zur Energieversorgung beitragen.

Unter Berücksichtigung von Technologie, Gebäudearchitektur, Sonneneinstrahlung und Schutzwürdigkeit der Bauten (Denkmalpflege, Ortsbildschutz) können geeignete Flächen für die Solarstromproduktion ausgeschieden werden. Im Gegensatz zur wärmetechnischen Nutzung der Solarenergie (z.B. Solar-

kollektoren für Warmwasser) ist die unmittelbare Verwendung der Energie beim Erzeuger nicht notwendig, da die gewonnene Elektrizität ins Stromnetz eingespielen werden kann.

Allein auf geeigneten Dachflächen kann ein beachtlicher solarer Anteil an der Stromversorgung geleistet werden: Photovoltaikanlagen könnten in der Schweiz Solarstrom im Umfang von einem Viertel des derzeitigen Elektrizitätsendverbrauchs erzeugen. Die Erfassung der lokalen (solaren) Ressourcen und Potenziale ist ein wichtiger Baustein für die nachhaltige Entwicklung in der Raum- und Energieplanung. Mögliche Ansätze, einfache Faustregeln und konkrete Beispiele zeigen, wie das lokale Solarstrompotenzial geschätzt und / oder genauer analysiert werden kann. Das Potenzial wird unter fünf Gesichtspunkten betrachtet.

- I. Sonneneinstrahlung - Bestimmung der solar geeigneten Flächen
- II. Architektur der Gebäude - Bestimmung der architektonisch geeigneten Flächen
- III. Technologie - Bestimmung der Solarstromproduktion
- IV. Weitere Faktoren - Bestimmung des erschliessbaren Potenzials
- V. Fallstudien
- VI. Faustregeln

Die Sonne ist *die* Energiespenderin für die Erde. Global entspricht eine halbe Stunde Sonneneinstrahlung in etwa dem Energieverbrauch der Menschheit während eines Jahres. Das Potenzial ist also theoretisch sehr gross und die heutige Technologie macht es dem Menschen möglich, diese schier unerschöpfliche Quelle vermehrt zu nutzen und unter anderem direkt in Strom umzuwandeln.

Es ist zwar richtig, dass die verschiedenen Gebiete unterschiedlich viel Sonnenenergie erhalten. Es wäre aber nicht richtig, daraus vereinfachte Schlussfolgerungen betreffend Sonnenenergienutzung zu ziehen. Erstens halten sich die Unterschiede in Grenzen. Selbst die sonnigste Wüste auf der Erde erreicht „nur“ etwa die doppelte Einstrahlung des schweizerischen Mittels von rund 1200 kWh pro m² und Jahr. Innerhalb des schweizerischen Siedlungsgebiets variiert die Einstrahlung lediglich um ± 10%. Einzig die sehr hoch gelegenen Berggebiete verzeichnen ein stärkeres Plus von 20 bis 30%. Hier stellt sich aber zweitens die Frage, ob und wie die Sonnenenergie im Hochgebirge oder in der Wüste genutzt werden kann angesichts einer praktisch inexistenten Infrastruktur.

Die eingestrahlte Sonnenenergie ist in praktisch allen Siedlungsgebieten eine wertvolle und gut verfügbare Energiequelle (s. Abb. 1). Für die konkrete Nutzung ist es vor allem wichtig, die lokalen Einstrahlungsverhältnisse in technologischer und architektonischer Hinsicht zu berücksichtigen. Die Menge der Einstrahlungsenergie hängt insbesondere von der Ausrichtung (Himmelsrichtung und Neigungswinkel) der solaraktiven Fläche ab. Für einen maximalen Energieertrag über ein Jahr hinweg soll die solaraktive Fläche i.d.R. a) gegen Süden ausgerichtet und b) gemäss Breitengrad geneigt sein. Für die Schweiz heisst dies, dass die Modulfläche idealerweise a) südwärts gerichtet ist und b) eine Neigung von rund 45° aufweist. Auf Grund des hohen Anteils diffusen Lichts in Mitteleuropa ist für die meisten dicht besiedelten Regionen die ideale Neigung tiefer und liegt zwischen 25° bis 40°. Vor allem aber erlauben diese (diffusen) Strahlungsverhältnisse, dass von dieser idealen Anordnung teilweise ziemlich stark abgewichen werden kann, ohne dass dies zu inakzeptablen Ertragseinbussen führt. Leicht geneigte Flächen nach Ost und West erreichen immer noch gute bis hohe Solarerträge.

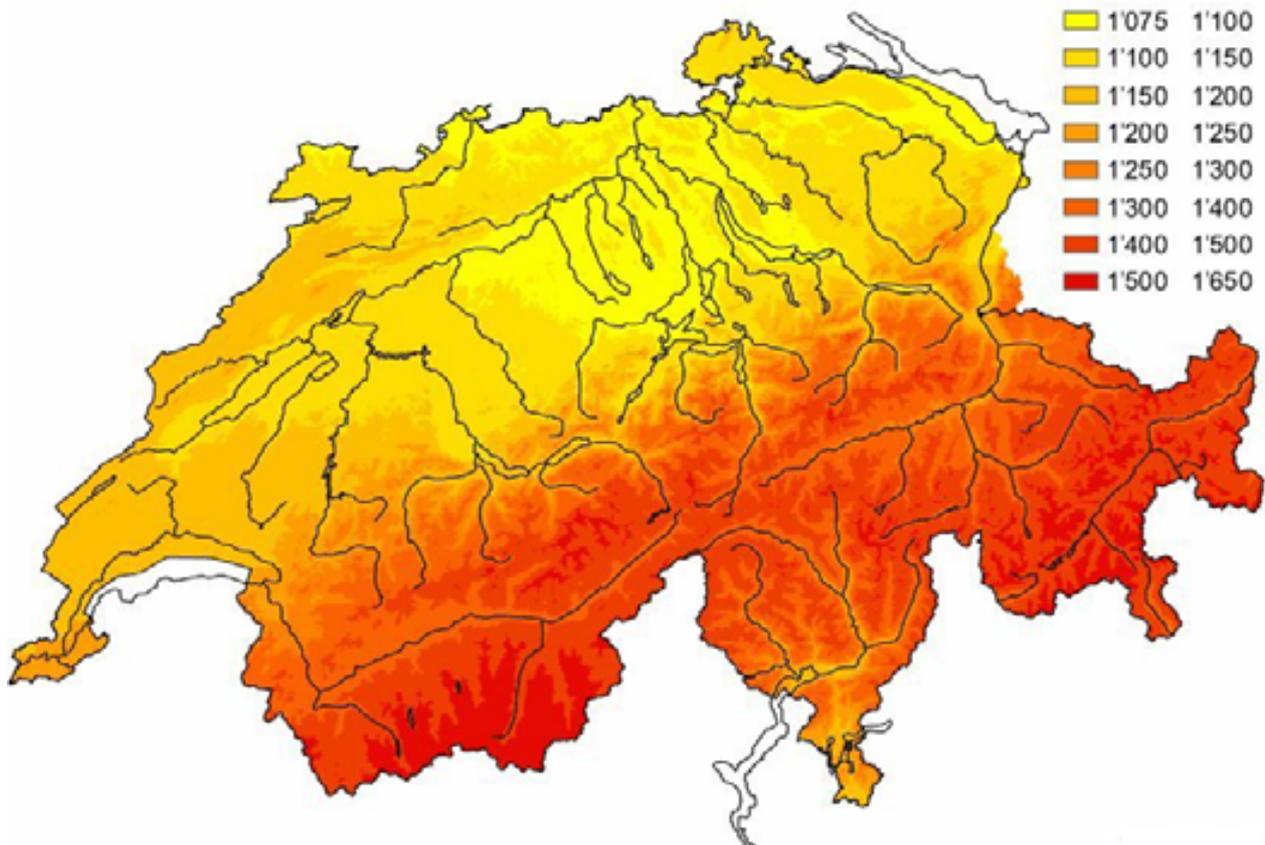


Abbildung 1: **Schweizer Sonneneinstrahlungskarte.** „Der Himmel ist tolerant.“ Die Solarenergie (in kWh pro m² und Jahr) verteilt sich recht gleichmässig über die stark besiedelten Gebiete der Schweiz. Die Jahresstrahlungssummen weisen zwischen den Siedlungsgebieten (mit über 80% der Bevölkerung) nur geringfügige Unterschiede von ±5% auf. Die Westschweiz und das Tessin erreichen rund 1200 kWh pro Jahr und Quadratmeter (Gebiete in oranger Farbe), während das Wirtschaftsdreieck Basel-Bern-Zürich rund 1100 kWh pro Jahr und Quadratmeter erreicht (Gebiete in sattgelber Farbe). Überdurchschnittliche Einstrahlungsbedingungen haben insbesondere die inneralpinen Täler mit rund 1300 kWh pro Jahr und Quadratmeter (Gebiete in sattoranger Farbe). Quelle: Plot/Daten Meteornorm

Zu Recht wird hier oft von „Der Himmel ist tolerant.“ gesprochen (s. Abb. 2).

- Eine horizontale Fläche beispielsweise erreicht in weiten Teilen der dicht besiedelten Gebiete der Schweiz immer noch einen hohen Energieertrag von annähernd 90% der maximalen Jahreseinstrahlung.
- Bei geneigten Dächern erzielen nicht nur strikt südausgerichtete Flächen einen hohen Solarertrag von über 90%. Bei einer Neigung von 25° weisen selbst Flächen mit einer Ausrichtung nach Ost-südost respektive West-südwest einen hohen Solarertrag auf.
- Bei südausgerichteten Dächern erreichen Flächen mit einer Neigung bis zu rund 60° einen hohen Solarertrag.

Aus Sicht der Sonneneinstrahlung können die geeigneten Flächen in zwei Solarertragskategorien eingeteilt werden.

- Hoher Solarertrag: Flächen mit einer jährlichen Solareinstrahlung von über 90% des lokalen Maximums (Solarkriterium von 90%)
- Guter Solarertrag: Flächen mit einer jährlichen Solareinstrahlung von 80% bis 90% des lokalen Maximums (Solarkriterium von 80%)

Die Unterteilung in hohe und gute Solarerträge ist nicht nur aus energetischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll: die mögliche Produktion ist ungefähr proportional zur Einstrahlung. Diese Solarkriterien können mit einem Solarprogramm für jeden Ort und für die Hauptelemente der Gebäudehülle (Dach, Fassade) individuell berechnet werden.

Die Anwendung der Solarkriterien ermöglicht eine lokal angemessene Erfassung und Einteilung der geeigneten Flächen in zwei einfache und praktische Solarertragskategorien. Häufig werden die Flachdachflächen separat aufgeführt, da auf Flachdächern mehr Spielraum für die Installation der Solarmodule besteht. Beispielsweise können die Module geneigt aufgestellt und gegen Süden ausgerichtet werden, um den Solarertrag zu optimieren. Damit ergeben sich letztlich drei solare Güteklassen für geeignete Dachflächen: eine Unterscheidung zwischen Schrägdachflächen mit hohem und gutem Solarertrag sowie die separate Erfassung der Flachdachflächen.

Beim Solarertrag spielt die Verschattung eine spezielle Rolle. Diese vermindert nicht nur die eingestrahlte Energie, sondern wirkt sich aus technischen Gründen überproportional negativ auf die erzeugbare Menge an Solarstrom aus (s. Thema „Architektur und Entwurfsprozess“).

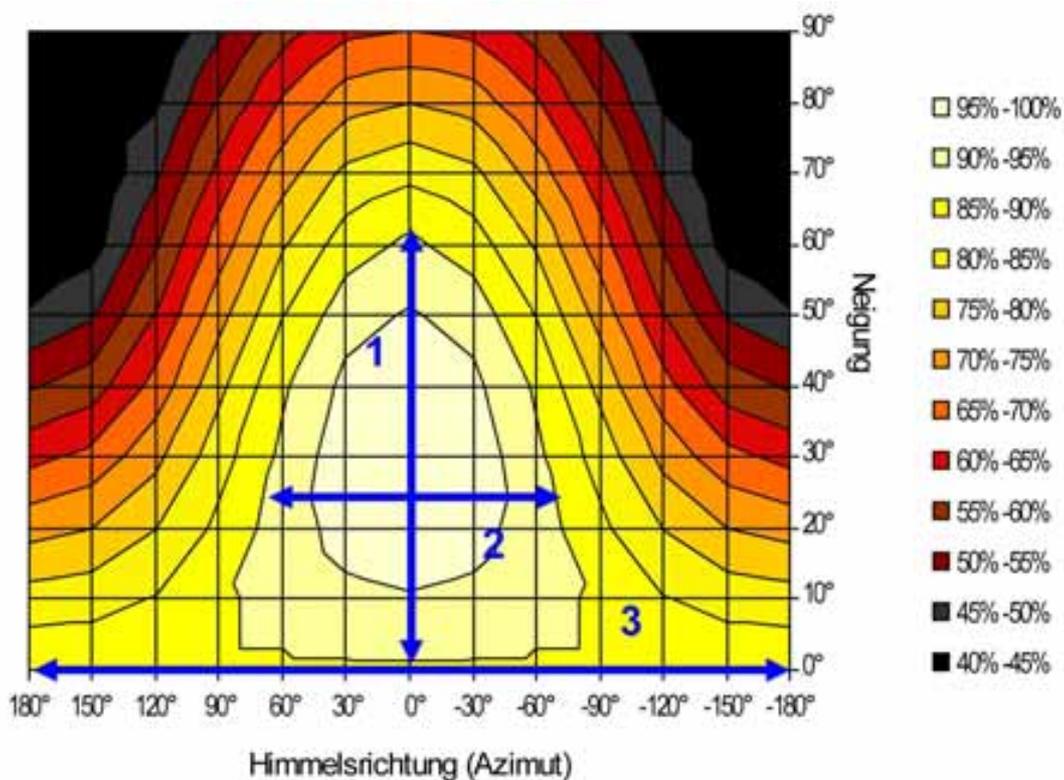


Abbildung 2: **Relativer Solarertrag am Beispiel Genf.** Jährliche Einstrahlung in % des Maximums für den Standort Genf-Cointrin, dargestellt in Abhängigkeit der Himmelsrichtung (0° Azimut = Süd) und Neigung (0° = horizontal; 90° = vertikal). Der hellgelbe Bereich umfasst die Flächen mit hohem Solarertrag von über 90% des Maximums. Die blaue Achse 1 zeigt, dass eine südlich ausgerichtete Fläche den hohen Ertrag mit einem Neigungswinkel zwischen 2° und 62° erreicht. Die Achse 2 steckt die Spannweite von West-südwest (67°) bis Ost-südost (-67°) ab, in der eine um 25° geneigte Dachfläche ebenfalls das hohe Solarertragskriterium erfüllt. Der sattgelbe Bereich umfasst die Flächen mit gutem Solarertrag von 80 bis 90% des Maximums. Quelle : ScanE Genève / NET, St. Ursen, Rohdaten Meteororm, Bern

Bei der Bestimmung und Erschliessung des Solarstrompotenzials soll nicht nur das Kriterium des maximalen Solarertrags berücksichtigt werden. Im Vordergrund stehen architektonisch und ästhetisch überzeugende Lösungen, zumal der „Himmel tolerant“ ist und einem weiten Spektrum von Flächen viel Sonnenschein schenkt. Aus solar-architektonischer Sicht werden für die Eignungsabschätzung Faktoren wie Struktur und Nutzung der Gebäudehülle, Verschattung durch Aufbauten, Nachbargebäude und Vegetation (s. Tab.1) sowie Denkmalpflege und Ortsbildschutz bewertet. Die Bestimmung der architektonisch geeigneten Flächen wirft häufig viele Fragen auf. Welche Dachflächen können neben Gauben und Kaminen noch sinnvoll für die Solarenergie genutzt werden? Wie stark ist die solare Nutzung wegen der Verschattung durch das benachbarte Gebäude beeinträchtigt? Wie wird der wandelnden Dachlandschaft beim Flächenpotenzial Rechnung getragen?

Auf die vielfältigen Fragen können zwei eher grundsätzliche Feststellungen eine erste Antwort geben. Einerseits bietet eine konservative Schätzung ein akzeptableres Bild zum Potenzial, zumal auf absehbare Zeit für die Photovoltaik kein Mangel an geeigneten Flächen bestehen dürfte. Andererseits zeigen diese kritischen Punkte Chancen für ein erhöhtes Potenzial. So empfiehlt es sich aus photovoltaischer Perspektive, unnötige Verschattungsobjekte im Süden zu vermeiden (z.B. Kamine, objektnahe hoch wachsende Bäume). Architektur und Planung können hier das Potenzial wesentlich beeinflussen (s. hierzu auch Themen „Raumplanung und Siedlungsentwicklung“ und „Architektur und Entwurfsprozess“).

Die Bestimmung der solar-architektonischen Eignung ist der anspruchsvollste Teil einer Potenzialabschätzung. Eine sehr genaue Analyse des ästhetisch überzeugenden und technisch einwandfreien Potenzials erfordert den Einbezug der relevanten Akteure und Experten (z.B. Überprüfung der Tragfähigkeit und Dichtigkeit des Daches). Ein solcher Aufwand lohnt sich beispielsweise im Falle eines ausgewählten Inventars geeigneter Flächen für Solarprojekte. Für eine Gesamtschau des lokalen Gebäudeparks genügen vereinfachte Erhebungen mit einer approximativen Bestimmung der geeigneten Flächen. Eine solche Gesamtschau bietet eine gute Grundlage für eine Strategie zur Nutzung der Solarenergie im lokalen Rahmen.

Für die kommunale Planung erweist sich die Referenz zur Gebäudegrundfläche besonders nützlich, da diese Grössen meist statistisch oder in Geografischen Informationssystemen erfasst sind. Mit der Indexierung der verschiedenen Potenzialstufen (Dachfläche mit guter Orientierung / Solareinstrahlung minus architektonisch ungeeignete Flächen minus Verschattung) kann das Potenzial anschaulich aggregiert und verglichen werden. Tabelle 1 resümiert die Angaben zu den verschiedenen Eignungsstufen und Reduktionsfaktoren.

Die nachfolgenden Abbildungen illustrieren einige methodische und architektonische Fragestellungen zum Flächenpotenzial. Abbildung 3 skizziert eine Typologie zur Erfassung der vielfältigen Dachlandschaft. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen Luftbilder – Luftbilder sind eine besonders wertvolle Informationsquelle für die Erhebung architektonischer Daten darstellen. Die Abbildungen 6 bis 13 stehen für konkrete Situationen sowie für Teilaspekte der Diskussion um die architektonische Eignung von Gebäudeflächen zur photovoltaischen Nutzung.

Tabelle 1: Solar-architektonische Referenzgrössen. Die Referenz ist die Gebäudegrundfläche (Index 1,00). Die verschiedenen Eignungsstufen (gute Orientierung, keine Beeinträchtigung durch Aufbauten und Verschattung) werden indexiert. Beim Beispiel der grösseren öffentlichen Gebäude im Kanton Genf reduziert sich das Flächenpotenzial durch Aufbauten um rund 45%. Weitere 19% der verbleibenden Fläche kann solar nicht genutzt werden wegen der Verschattung durch benachbarte Gebäude und Bäume. Quelle: Service Cantonal de l’Energie Genève

Solar-architektonisches Flächenpotenzial	Reduktionsfaktoren	Abzug	Fläche	Index
Gebäudegrundfläche			1'888'400 m ²	1,00
Dachfläche mit guter Orientierung			1'447'921 m ²	0,77
	Aufbauten	44,8%		
Dachfläche mit guter Orientierung + Architektur			799'517 m ²	0,42
	Verschattung	18,6%		
Potenziell solar nutzbare Dachfläche			650'546 m ²	0,34

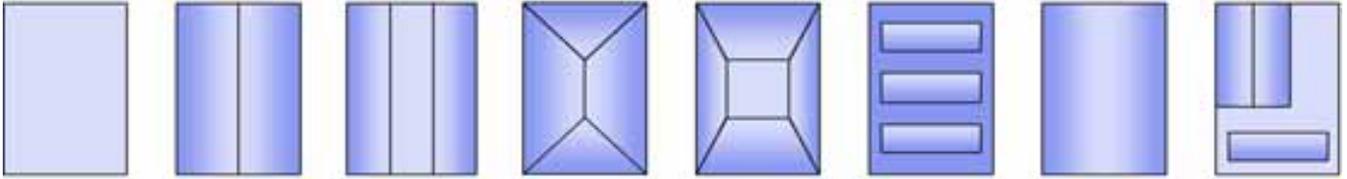


Abbildung 3: **Vielfältige Dachlandschaft.** Wie viele Flachdächer oder Schrägdächer gibt es im Gebäudepark? Häufig sind in einer Region selbst die grundlegenden Informationen zur Dachlandschaft nicht bekannt. Die Erfassung der Dachform ergibt bereits ein klareres Bild zur Dachlandschaft und zum solaren Anwendungspotenzial. Die Abbildung zeigt schematisch acht Dachtypen: Flachdach, Satteldach, Satteldach mit flachem First, Walmdach, Walmdach mit flachem Giebel, Sheddach, Runddach, Dach mit verschiedenen Formen.



Abbildung 4: **Solarpotenzial im Blickfeld.** Wie kann das Potenzial erfasst werden? Gebäudestatistiken, Katasterpläne und Luftbilder sind die wichtigsten Quellen zur Abschätzung des Potenzials. Die solar-architektonische Eignung der Dächer wird durch Interpretation der statistischen Gebäudedaten und der Luftbilder ermittelt. Die Abbildung zeigt die Gemeinde Plan-les-Quates (GE). Das Genfer Geografische Informationssystem (GIS) bietet eine komfortable Grundlage zur Ermittlung der notwendigen Daten. Rot eingezeichnet sind die öffentlichen Gebäude mit mehr als 300 m² Gebäudegrundfläche. Quelle: Service d'Information du Territoire Genevois.



Abbildung 5: **Öffentliche Gebäude im Visier.** Luftbilder und Orthophotos (entzerrte Luftbilder) mit guter Auflösung ermöglichen eine Einschätzung der solar-architektonischen Eignung der Dächer. Die Abbildung zeigt eine Auswahl analysierter Schulgebäude im Kanton Genf. Quelle: Service d'Information du Territoire Genevois.. Info: <http://www.sitg.ch>



Abbildung 6: **Potenzial gut auf die Reihe gebracht.** Trotz der zahlreichen Aufbauten auf dem Flachdach ist mittels einer angepassten Anordnung die Installation einer grösseren Photovoltaikanlage möglich. Die Anlage befindet sich auf dem Büro- und Lagergebäude Gasser in Chur und weist eine Leistung von 90 kWp auf. Quelle: R. Hächler, Chur



Abbildung 7: **Oberlichter doppelt genutzt.** Oberlichter können je nach Betrachtung als nutzbare oder nicht-nutzbare Flächen betrachtet werden. Das Lokdepot am Bahnhof Bern hat bei Renovationsarbeiten die „Aufbauten“ Oberlichter zur Solarstromerzeugung genutzt. Die semi-transparenten Module lassen ausreichend Licht in die Arbeitshalle. Quelle: Atlantis Energie, Bern



Abbildung 8: **Dach-Flächenpotenzial im Grossformat.** Auf der Zentrale der Transports Publics Genevois (TPG) steht mit 154 kW Leistung eine der grössten Photovoltaikanlagen der Schweiz. Mit den geneigten Modulflächen wird der Solarertrag erhöht. Dies bedingt jedoch einen grösseren Abstand zwischen den Modulreihen, um Verschattung zu vermeiden. Quelle : Sunwatt Bio Energie, Genève

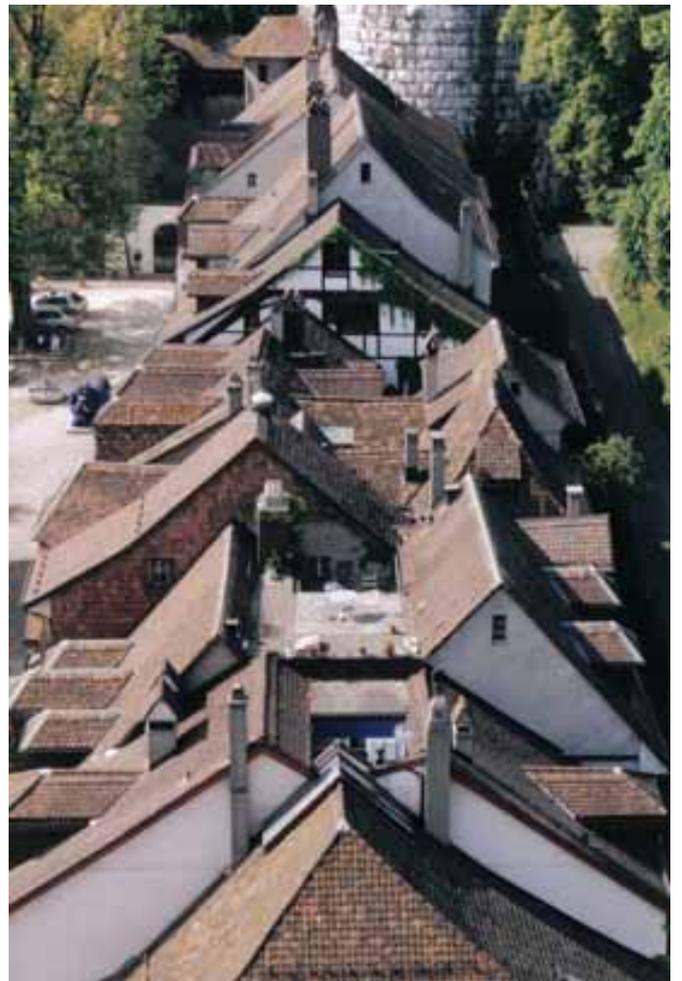


Abbildung 9: **Schutzwürdigkeit versus Potenzial.** Wenn auch solar-architektonisch die eine oder andere Fläche als geeignet ausgeschieden werden könnte, so dürfte die Photovoltaik wegen der hohen Schutzwürdigkeit des Gebäudekomplexes auf Widerstand stossen. In Solothurn können weitaus interessantere Flächen zum geeigneten Potenzial zugerechnet werden. Quelle : M. Gutschner, Freiburg i.Ue.



Abbildung 10: **Fassaden-Flächenpotenzial im Breitformat.** Eine langgezogene publikumswirksame Fassadenfläche ist beim Energiepark West in Satteins (Österreich) anzutreffen. Die Bauherrschaft setzt auf eine markante Fassade. Ein bedeutsames Fassadenflächenpotenzial findet sich bei Industrie- und Grosswohnbauten. Quelle : Stromaufwärts, Österreich



Abbildung 11: **Fassade mit viel Sonne, aber nicht für Solarstrom.** Die Saanezugewandte Fassade in der Altstadt Freiburgs i.Ue. zeigt gegen Süden und böte aus rein solarer Sicht ein gutes Potenzial. Hingegen ist das nutzbare Potenzial praktisch gleich null auf Grund der schutzwürdigen und feingliedrigen Fassade. Quelle : M. Gutschner, Freiburg i.Ue.



Abbildung 12: **Neubau Doppelfamilienhaus mit annähernd flächendeckender Anlage.** 10 kW Photovoltaikanlage. Die Dachfläche in Bäretswil (ZH) ist mit einer 10 kW Photovoltaikanlage gut genutzt. Die verbleibenden kleinen Flächen bei den Kaminen werfen jedoch ein paar technische und ästhetische Fragen auf. Quelle : Enecolo, Mönchaltorf



Abbildung 13: **Aufbauten werfen Schatten aufs Flächenpotenzial.** Solararchitektonisch ungeeignet ist diese Fläche für die Photovoltaik. Zu viele Aufbauten brauchen nicht nur entsprechende Flächen, sondern beeinträchtigen durch Schattenwurf wesentlich die photovoltaische Nutzung. Quelle : M. Gutschner, Freiburg i.Ue.

III. Technologie – Bestimmung der Solarstromproduktion

Je nach verwendeter Solarzellen-Technologie können gegenwärtig 6% bis 16% der eingestrahelten Energie in Solarstrom umgewandelt werden. Als Faustregel können 10% angenommen werden. Das heisst beispielsweise für eine horizontale Fläche in Genf, dass aus der jährlich eingestrahelten Energie von rund 1200 kWh pro Quadratmeter Solarzellenfläche rund 120 kWh Solarstrom erzeugt werden können. Die effektiv produzierte Strommenge hängt naturgemäss von einer grösseren Zahl technischer, physikalischer und meteorologischer Faktoren ab.

Für die architektonische Integration stehen verschiedene Technologien und Systeme mit unterschiedlichem Erscheinungsbild, Format und Farbe zur Verfügung.

Solarzellen werden in der Regel als Module zusammengefasst und in / auf die Gebäudehaut montiert. Solarzellen können aber auch direkt in Isolationsglas eingefasst und als semitransparente Fläche in Dach oder Fassade genutzt werden. Die Dünnschicht Zelltechnologie erlaubt es auch, die solaraktive Fläche auf verschiedene Materialien aufzutragen. Somit können beispielsweise Kunststoffdichtungsbahnen zusätzlich Solarstrom erzeugen. Photovoltaik kann also vielfältig mit verschiedenen Baumaterialien und Formen kombiniert werden. (mehr Beispiele im Thema „Architektur und Entwurfsprozess“). Sowohl der technische Wirkungsgrad wie auch die Palette an architektonischen Integrationslösungen werden in Zukunft noch weiter steigen.

Nebst solar-architektonischen Gründen spielen weitere, vorwiegend wirtschaftliche, rechtliche und ästhetische Faktoren eine wichtige Rolle bei der Bestimmung des erschliessbaren Potenzials. Beispielsweise sind der Nachfrage durch die relativ hohen Kosten von photovoltaischen Systemen und Solarstrom auf dem Markt Grenzen gesetzt (s. Thema „Finanzierung und Marketing“). Auch volle Wettbewerbsfähigkeit bedeutet noch lange nicht, dass auf jedem grundsätzlich geeigneten Dach eine Solarstromanlage errichtet wird. Ein Blick auf die vielfältige Dachlandschaft zeigt, wie unterschiedlich Geschmack und Ästhetik nur schon bei der Dachgestaltung sind. Auf diese wirken unter anderem rechtliche Vorschriften ein.

Für gewisse Zonen und Objekte bestehen Vorschriften, die eine Integration einer Solaranlage beeinträchtigen oder gänzlich untersagen (s. auch Thema „Raumplanung und Siedlungsentwicklung“). Ein weiterer bedeutsamer Faktor zur Bestimmung des erschliessbaren Potenzials stellt die Laststruktur des Netzes und die Möglichkeiten zur kurz- und mittelfristigen Speicherung von Strom dar. Auf absehbare Zeit (25 Jahre) dürfte sich hier jedoch für die Photovoltaik keine Beeinträchtigung ergeben. Zudem ist mit Veränderungen und Anpassungen im Stromsektor zu rechnen, die sich unter anderem auf Grund der Anforderungen der sicheren und nachhaltigen Versorgung ergeben dürften.

V. Fallstudien

Studien neueren Datums verdeutlichen Umfang und Streuung des Solarstrompotenzials in der Schweiz.

Das erste Beispiel aus dem *Kanton Freiburg* zeigt,

- welches Potenzial im bereits bestehenden Gebäudepark vorhanden ist,
- welche Gebäudekategorien welchen Anteil am Potenzial haben und
- welche Bedeutung das Solarstrompotenzial im Energieplan respektive bei der Nutzung der lokalen Energieträger für die Stromproduktion einnehmen könnte.

Das zweite Beispiel aus der *Stadt Zürich* zeigt ebenfalls,

- welches Potenzial im bereits bestehenden Gebäudepark vorhanden ist, fokussiert aber auch auf
- das dynamische Potenzial im Gebäudepark, d.h. auf die potenziell nutzbaren Gebäudeflächen, die von Neu- oder Umbau oder Sanierungsarbeiten betroffen sind.

Das dritte Beispiel aus dem *Kanton Genf* hebt bei öffentlichen Gebäuden hervor,

- wie die Potenzialflächen grössenmässig verteilt sind und für welche Solaranlagen sie geeignet sind und
- wie die potenziell interessanten Objekte näher ermittelt und für die konkrete Nutzung zugänglich werden können.

Die Beispiele ermöglichen darüber hinaus einen *Stadt - Land - Vergleich* zwischen der stark urbanisierten Stadt Zürich und dem vergleichsweise ländlichen Kanton Freiburg. Dieser Vergleich lässt ebenfalls einige allgemeinere Schlussfolgerungen zum Solarstrompotenzial in Schweizer Gemeinden zu. Unter anderem können Faustregeln zur Einschätzung des Solarstrompotenzials in anderen Teilen der Schweiz abgeleitet werden

Solarstrompotenzial im Kanton Freiburg

Der Kanton Freiburg weist ein sehr grosses Potenzial für die photovoltaische Nutzung aus. Auf den geeigneten Flächen mit einem hohen Solarertrag (90% des möglichen Maximums) könnte Solarstrom im Umfang von einem Drittel des gegenwärtigen Stromendverbrauchs produziert werden. Vom ausgewiesenen Potenzial einheimischer Energieträger ist dieser Anteil annähernd drei Siebtel (s. Tab. 3). Der potenzielle Umfang der Solarstromproduktion auf rund 50% des gegenwärtigen Stromendverbrauchs, wenn zusätzlich die Flächen mit einem guten Solarertrag (80 bis 90% des möglichen Maximums) berücksichtigt werden.

Das Solarstrompotenzial ist auf unterschiedlichsten Gebäude-(nutzungs)typen zu finden. Grössere Anteile mit rund je einem Sechstel haben die Wohngebäude (mit bis zu vier Wohnungen) und - nicht zuletzt wegen umfassender Flachdachflächen - die Industrie- und Gewerbegebäude (s. Tab. 2). Die Aufschlüsselung des Potenzials nach Gebäudetypen und Eigentumsstruktur erlaubt eine klarere Schwerpunktsetzung (Ziele, Zielgruppen, Vorgehen, Anlagentypen, etc.) für eine weitergehende Strategie. Dies trifft auf lokaler Ebene noch verstärkt zu, da der Gebäudepark und die Eigentumsstruktur teilweise stark vom schweizerischen Durchschnitt abweichen können.

Solarstrompotenzial im Kanton Freiburg - Nutzbare Dachflächen und Energieplan zur Nutzung der einheimischen Energieträger für die Stromproduktion

Im Kanton Freiburg (rund 250'000 EinwohnerInnen und 100'000 Gebäude mit über 19 km² Grundfläche) finden sich rund 5,6 km² solar-architektonisch geeignete Dachflächen mit einem hohen Solarenergieertrag (90% der maximalen Jahresstrahlungssumme), die potenziell photovoltaisch genutzt werden könnten. Davon fallen je 0,5 bis 1 km² auf die Kategorien der Gebäude mit öffentlichem und administrativem Charakter, Wohnhäuser bis 4 Wohnungen, landwirtschaftlichen Nutzgebäuden, landwirtschaftlichen Wohngebäuden, Handelsgebäude, Industrie- und Gewerbegebäude und Nebenbauten (s. Tab. 2).

Weitere rund 3,3 km² Dachflächen, also 8,9 km² gesamthaft, erreichen mindestens 80 % des Solarenergieertrags einer bestorientierten Fläche. Somit kommen auf 100 m² Freiburger Gebäudegrundfläche rund 30 m² Dachfläche mit hohem Solarertrag (über 90%) und weitere 20 m² Dachfläche mit gutem Solarertrag (80 bis 90%).

Auf den 5,6 km² Dachflächen mit hohem Solarertrag (über 90%) kann mit heutiger Technologie elektrische Energie von rund 560 GWh, auf den 3,3 km² mit gutem Solarertrag (80 bis 90%) weitere 300 GWh jährlich erzeugt werden. Allein auf den sehr gut geeigneten Dachflächen könnten demnach rund ein Drittel des gegenwärtigen jährlichen Stromverbrauchs im Kanton Freiburg bereitgestellt werden. Werden alle Dachflächen berücksichtigt, die mindestens einen guten Solarertrag von über 80% erreichen, dann könnte Strom im Umfang von fast der Hälfte des gegenwärtigen Strombedarfs photovoltaisch produziert werden. Info: <http://www.fr.ch/ste>. Quelle: Amt für Verkehr und Energie Kanton Freiburg. Daten zum Gebäudepark und Stromverbrauch Stand 1998

Tabelle 2: *Nutzbaren Dachflächen für die Solarstromproduktion und ihre Verteilung auf die Gebäudetypen im Kanton Freiburg.* Quelle: Amt für Verkehr und Energie Kanton Freiburg, Rohdaten aus 1998

Gebäudetyp	Anzahl Gebäude	Nutzbare Fläche in m ² mit hohem Solarertrag (90% bis 100%)	Anteil in %	Nutzbare Fläche in m ² mit gutem und hohem Solarertrag (80% bis 100%)	Anteil in %
Gebäude mit öffentl.-admin. Charakter	2'927	510'744	9%	620'576	7%
Wohngebäude (bis 4 Wohnungen)	37'405	983'153	17%	2'251'150	25%
Wohngebäude (über 4 Wohnungen)	1'963	242'863	4%	268'192	3%
Wohn- und Geschäftsgebäude	1'919	179'825	3%	330'076	4%
Landwirtschaftliche Wohngebäude	7'960	554'913	10%	1'537'596	17%
Landwirtschaftliche Nutzgebäude	8'505	676'126	12%	1'029'963	12%
Gebäude der Verkehrsinfrastruktur	959	109'962	2%	118'447	1%
Handelsgebäude	1'750	517'628	9%	517'628	6%
Industrie- und Gewerbegebäude	3'548	989'234	18%	1'090'791	12%
Gebäude des Gastgewerbe	317	50'209	1%	57'722	1%
Nebenbauten	24'764	829'965	15%	1'057'181	12%
Alle Gebäude	92'017	5'644'624	100%	8'879'321	100%

Energieträger	Heutige einheimische Produktion in GWh/a	Zusatzpotenzial einh. Produktion in GWh/a	Gesamtpotenzial einh. Produktion in GWh/a	In % des Verbrauchs
Wasserkraft	627,00	59,0	686,0	41,0
Photovoltaik	0,02	560,0	560,0	33,5
Windkraft	0,00	16,0	16,0	1,0
Abfälle	9,00	70,0	79,0	4,7
Abwasserreinigungsanlagen	3,30	3,3	0,2	
Total Elektrizität	639,32	705,0	1'344,3	80,4

Solarstrompotenzial in der Stadt Zürich

Die Stadt Zürich weist auf Grund des hohen Urbanisierungsgrades ein absolut sehr grosses Solarstrompotenzial auf, die ausgeschiedene Fläche beträgt je nach Solarkriterium 2,7 bis 4,8 km². Sie dürfte schweizweit die Gemeinde mit der grössten Potenzialfläche sein. Relativ gesehen ist der Beitrag eher tief, aber immer noch beträchtlich: auf der geeigneten Fläche

könnte Solarstrom im Umfang von 10 bis 16 % des gegenwärtigen Stromverbrauchs produziert werden.

Das besonders interessante dynamische Flächenpotenzial (Dachflächen, die neu oder umgebaut oder saniert werden) ist beachtlich (s. Tab. 4). Hier ergeben sich wertvolle Synergien, indem die Installation einer Photovoltaikanlage mit Neu-, Um- oder Sanierungsbauten gekoppelt wird.

Tabelle 4: *Solarstrompotenzial auf den Dächern der Stadt Zürich.* Quelle: ewz; Rohdaten aus 1997

Kennzahlen zum Gebäudepark und Solarstrompotenzial in der Stadt Zürich	
<i>Grunddaten</i>	
Bevölkerung	rund 360'000
Gebäudegrundfläche	10,7 km ²
Bruttodachfläche	13,7 km ²
Anzahl Gebäude (oberirdisch)	rund 47'000 Gebäude
Elektrische Energie	2,6 TWh/a
<i>Photovoltaik-Flächenpotenzial</i>	
Flächen mit hohem Solarertrag (über 90%)	2,7 km ²
Flächen mit gutem Solarertrag (80 bis 90%)	2,1 km ²
<i>Jährliche Dynamik im Gebäudepark</i>	
Dachflächen von Neubauten mit hohem Solarertrag (über 90%)	20'000 m ²
Dachflächen von Neubauten mit gutem Solarertrag (80 bis 90%)	10'000 m ²
Dachflächen von Umbauten mit hohem Solarertrag (über 90%)	6'000 m ²
Dachflächen von Umbauten mit gutem Solarertrag (80 bis 90%)	5'000 m ²
Dachflächen von Sanierungen mit hohem Solarertrag (über 90%)	24'000 m ²
Dachflächen von Sanierungen mit gutem Solarertrag (80 bis 90%)	9'000 m ²
<i>Energetische Wertung</i>	
Energie von Flächen mit hohem Solarertrag (über 90%)	0,27 TWh
Energie von Flächen mit gutem Solarertrag (80 bis 90%)	0,17 TWh
Anteil der elektrischen Energie von Flächen mit hohem Solarertrag (über 90%)	10 %
Anteil der elektrischen Energie von Flächen mit gutem Solarertrag (80 bis 90%)	6 %
Anteil der elektrischen Energie von Flächen mit hohem und gutem Solarertrag (80 bis 100%)	16 %

Durchschnittlich ergeben sich beim dynamischen Potenzial jährlich photovoltaisch geeignete Dachflächen von:

- 20'000 bis 30'000 m² auf Neubauten
- 6'000 bis 11'000 m² auf Umbauten
- 24'000 bis 33'000 m² auf Sanierungsbauten.

Solarstrompotenzial im Kanton Genf

Der Kanton Genf hat das Solarpotenzial auf öffentlichen Gebäuden untersuchen lassen. Die Analyse der öffentlichen Gebäude mit einer Grundfläche von über 300 m² zeigt verschiedene Ergebnisse:

- Statistisch ergibt sich pro 3 m² Gebäudegrundfläche rund 1 m² solarenergetisch nutzbare Dachfläche (s. Tab. 1).
- Bei den Reduktionsfaktoren fallen vor allem Dachaufbauten (45 %) und Verschattung (19 %) ins Gewicht (Tab. 1). Die Schutzwürdigkeit ist zwar bedeutsam, häufig haben aber Schutzobjekte bereits wegen komplexerer Dachstrukturen ohnehin ein reduziertes Flächenpotenzial.
- Das photovoltaische Potenzial ist bei öffentlichen Gebäuden bedeutend grösser als das solarthermische Potenzial.
- Hauptgründe für das eher bescheidene solarthermische Potenzial sind der relativ geringe Warmwasserverbrauch (z.B. Verwaltungsgebäude) und die häufig aufwändigen Anschlüsse der Solarkollektoren an die bestehende Warm- oder Heizwasseranlage (z.B. Verlegen langer Leitungen notwendig). Einige der solarthermisch interessantesten Flächen und Anwendungen werden bereits genutzt, wie z.B. öffentliche Freibäder.

Das „dynamische“ Flächenpotenzial in der Stadt Zürich macht also wesentlich mehr aus als der heutige gesamtschweizerische Photovoltaikmarkt (rund zwei MW) derzeit an Flächen jährlich in Anspruch nimmt. Der Anteil der Stadt Zürich an der gesamtschweizerischen Gebäudefläche macht weniger als 2,5% aus.

- Das vergleichsweise bedeutsame Potenzial bei der Photovoltaik erklärt sich dadurch, dass der Solarstrom einfach ins Netz eingespeist werden kann. Damit können die Potenzialflächen theoretisch uneingeschränkt solar genutzt werden.
- Die untersuchten öffentlichen Gebäude haben einen hohen Flachdachanteil von rund 50 %. Knapp ein Viertel der Objekte hat ein Satteldach, rund ein Zehntel besitzt ein Walmdach.
- Die ausgeschiedenen Potenzialflächen betragen zu rund zwei Dritteln zwischen 100 und 1000 m² und erlauben Anlagen mittlerer Grösse (von 10 bis 100 kW). Zur Erinnerung: eine Anlage von 10 kW Leistung erlaubt auf Jahresbasis eine Stromproduktion, die dem Endverbrauch von zwei bis drei Durchschnittshaushalten entspricht.
- Rund jedes zehnte Flachdachgebäude und jedes zwanzigste Schrägdachgebäude weist ein Potenzial von über 1000 m² aus. Darauf lassen sich Grossanlagen von über 100 kW Leistung installieren.

Tabelle 5: Auszug aus dem Inventar der öffentlichen Gebäude zur photovoltaischen Nutzung. Die Gebäude sind zuerst mittels Luftbilder auf ihr Solarpotenzial untersucht worden. Gebäude mit einer geschätzten Bruttonutzfläche von über 1000 m² sind in einem zweiten Schritt detaillierter untersucht und inventarisiert worden. Das Inventar erlaubt eine gezielte Nutzung durch private Dritte oder die öffentliche Hand (einzelne Daten anonymisiert). Quelle: Service Cantonal de l'Energie Genève

Code (Verwaltungsnummer)	Baujahr	Renovation (ausgeführt / vorgesehen)	Dachtyp	Eignung	Bruttonutzfläche in m ²	Installierbare Modulfläche in m ²	Installierbare Leistung in kW	Jahresertrag in MWh pro Jahr
1_347B	1970	-	Flachdach	***	4558	4103	492	453
2_555C	1965	1999	Flachdach	**	2955	2659	319	294
3_774U	1982	-	Flachdach	*	1013	912	109	101
4_321A	1962	2005	Flachdach	***	3427	2840	341	314
5_121D	1977	-	Satteldach	***	9903	5745	689	634
6_434A	-	2006	Flachdach	**	4051	3646	437	402

Die Potenzialangaben ermöglichen eine zielgerichtete Selektion der Dächer zur solaren Nutzung. Ein Katalog zeigt beispielsweise auf, welche Gebäude welches Potenzial haben. Für die unmittelbare Nutzung der Dachflächen ist es wichtig, die Qualität (z.B. Tragfähigkeit, Dichtigkeit) zu kennen. Genau diese Qualität untersuchen der Kanton Genf und einige Gemeinden bei ihren eigenen Gebäuden, für die ein grosses

Flächenpotenzial ausgeschlossen worden ist. Es entsteht ein wertvolles Inventar (s. Tab. 5). Mit einem Inventar können die Behörden rechtzeitig geeignete Dachflächen zur Verfügung stellen respektive auf geeignete Flächen hinweisen. Dadurch kann beispielsweise bei anfallenden Renovationsarbeiten die Installation einer Solaranlage optimal berücksichtigt werden.

Abbildung 14: **Datenblatt der inventarisierten Gebäude.** Nach einer ersten Abschätzung sind rund 50 Gebäude des Département de l'Aménagement, de l'Équipement et du Logement (DAEL) des Kantons Genf genau analysiert worden. Die Analyse betrifft die technische Machbarkeit einer Installation auf dem Gebäudedach. Erfasst werden die Qualität des Dachs, die mögliche Dimensionierung, die Placierung der Module, die Verlegung der Kabel und Einrichtung weiterer technischer Geräte sowie die Angaben zu Kontaktpersonen. Eine besonders wichtige Information ist das Jahr einer erfolgten oder vorgesehenen Renovation. Einerseits ermöglicht dies ein zeitgerechtes und budgetoptimiertes Vorgehen (Abstimmung der Renovations- und Installationsarbeiten). Andererseits sollten für die voraussichtliche Lebensdauer des Photovoltaiksystems von 25 bis 30 Jahren keine Dacharbeiten notwendig sein, die eine Demontage der Anlage bedingten. Abgebildet ist das Datenblatt einer Schule (einzelne Daten anonymisiert). Quelle: Service Cantonal de l'Énergie Genève

Référence 4_321A	Surface utilisable brute Facteur d'utilisation FUP Surface de capteurs	3427 m² 83% 2840 m²	Puissance installable Facteur d'utilisation FUE Energie annuelle	341 kWc 92% 314 MWh
Etat	Constr. 1962	Rénov. 2005	Type A	Revet Bitume
Evaluation XXX	Très favorable Toits plats 42 ans, très mauvais état Profiter de la rénovation nécessaire (et reconstruction bât. de liaison) pour faire une intégration Très faibles ombrages d'arbres le matin sur bât. A			
Localisation Bâtiment Adresse	Ecole Chemin de Sousse 8			
Propriétaire Commune Agent sur place Responsable technique	Exampel Florentin Meyer Florence Delagection - DAEL Tél. 022 788 33 44 Tél. 022 422 11 33 078 998 17 77 Gestion : DAEL			
Toiture Description	Couloir principal: Couverture bituminée, bombée, mauvais état (cloques) Bât. Classes: Couverture 2 pans sur classes, incl 6°, bituminées, couloir en contrebas 2 Salles de Gym Couverture bituminée, mauvais état (fuites)			
Dimensions	Couloir principal	Larg 4.9 m	Long 74.0 m	Surf 363 m ² 92%
	2 Bât. Classes:	Larg 21.0 m	Long 58.5 m	Surf 1229 m ² FUP 78%
	2 Salles de Gym	Larg 13.2 m	Long 23.0 m	Surf 304 m ² FUP 92%
Orientation	Pans inclinés 6° :	Orientation 68°E - 110°W		Surf. Tot. 3427 m² FUP 83%
Charge admissible	Couvertures bitumées sur béton			Surf. Nette utilisable 2840 m ²
Obstacles proches Obstacles environnants	Arbres à l'Est, ombrages faibles le matin (plus d'effet après 8:30 en août)			
Dates bâtiment Dates Toiture Réfections prévues	Construction 1962 Nombreuses réparations (nombreuses fuites), mais pas de réfection globale Démolition/Reconstruction du bâtiment Nord Extension classes prévue pour 2005			
Installation, BOS Local technique Connexion au réseau	Chemins de câbles partout, salles de gym ? Puissance compteur kW			
Visite effectuée par Date Photos disponibles	X. Pert 18.08.2004			
Plan grossier des bâtiments	<p>Salle de Gym #1 13,2 x 23 m² Salle de Gym #2 13,2 x 23 m² Aula et secrétariat</p> <p>Couloir nord de liaison - 74 x 4.9 m²</p> <p>Couloir en contrebas, 4.6 m</p> <p>Toitures classes Inclin 6° Larg 8.2 m Long 58.5 m</p> <p>Bâtiment classes 14° W 22° W sud</p>			

Urbanisierte Gebiete zeichnen sich nicht nur durch hohe Nutzung von Flächen und Energie aus, sondern weisen auch ein beträchtliches Solarstrompotenzial aus. Auf den solar-architektonisch geeigneten Gebäudeflächen kann Solarstrom im Umfang von rund einem Viertel des gegenwärtigen Stromendverbrauchs produziert werden. Weitere Gebäudeflächen (z.B. Fassaden) und Anwendungen (Infrastrukturen) erweitern darüber hinaus das Solarstrompotenzial. Städtischere Gebiete können absolut gesehen auf vielen Flächen viel Solarstrom produzieren, wie das Beispiel der Stadt Zürich zeigt. Der potenzielle Solaranteil an der Stromversorgung ist jedoch – relativ zu Einwohnerzahl und Stromverbrauch - eher unterdurchschnittlich.

Ländlichere Gebiete weisen relativ gesehen einen überdurchschnittlich hohen potenziellen Solaranteil aus. Ländliche Gebiete haben im Vergleich zu städtischen Gebieten gemäss Arealstatistik etwa doppelt so viel Gebäudearealfläche pro Kopf (s. Tab. 6). Dies ist denn der Hauptgrund dafür, dass pro Kopf mehr (geeignete) Flächen verfügbar sind und genutzt werden können (s. Beispiel des Kantons Freiburg). Weitere Unterschiede sind unten im Kasten und in der Tabelle 7 aufgeführt. Zwei Hauptfolgerungen können gezogen werden. Erstens weisen die ländlichen Gebiete ein überdurchschnittliches Potenzial auf. Zweitens können generell urbanisierte Gebiete gerade über die Photovoltaik bedeutsam zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft beitragen.

Unterschiede des Solarstrompotenzials zwischen ländlichen und städtischen Gebieten

Ländliche Gebiete zeichnen sich durch eine eher geringe Bevölkerungsdichte und tiefe Energienutzungsintensität aus. Dies bedingt, dass die photovoltaische Energieproduktion in ländlichen Gebieten im Vergleich zu städtischen Gebieten üblicherweise einen deutlich grösseren Beitrag zur Strombedarfsdeckung (50% für den Kanton Freiburg, 16% für die Stadt Zürich) leisten kann. Ein Vergleich zwischen der Stadt Zürich und des eher ländlichen Kantons Freiburg illustriert dies.

Die Energieintensität in der Stadt Zürich fällt rund 250 % höher aus. Während die Stadt Zürich einen Absatz an elektrischer Energie von rund 243 kWh pro Quadratmeter Gebäudegrundfläche aufweist, beträgt dieser für den Kanton Freiburg 99 kWh pro Quadratmeter Gebäudegrundfläche. Gleichfalls lassen sich pro StadtzürcherIn durchschnittlich rund 30 m² Gebäudegrundfläche berechnen. Der Kanton Freiburg weist pro EinwohnerIn rund 82 m² Gebäudegrundfläche aus. Weitere verhältnismässig wichtige Faktoren sind die solararchitektonische Eignung der Gebäudeflächen und die jährliche Sonneneinstrahlungsenergie (s. Tab. 7). Info: <http://www.fr.ch/ste>; <http://www.ewz.ch>

Tabelle 6: *Siedlungs- und Gebäudearealfläche in ländlichen und städtischen Gebieten. Quelle: Arealstatistik 1992/1997*

Siedlungs- und Gebäudearealfläche	Siedlungsfläche in m ² pro Kopf	Davon: Gebäudearealfläche in m ² pro Kopf
Schweiz gesamt	396,8	195,6
Ländliche Gebiete	654,3	303,9
Städtische Gebiete	302,7	156,0

Tabelle 7: *„Stadt-Land-Vergleich“ betreffend ausgewählte Faktoren für das Solarstrompotenzial. Quelle: Amt für Verkehr und Energie Kanton Freiburg / ewz*

Faktoren	Stadt Zürich	Kanton Freiburg
Jährlicher Absatz an elektrischer Energie in Bezug auf die Gebäudegrundfläche	243 kWh / m ²	99 kWh / m ²
Verfügbare Gebäudegrundfläche pro EinwohnerIn	30 m ² / EinwohnerIn	82 m ² / EinwohnerIn
Verhältnis „ Geeignete Dachfläche mit hohem Solarertrag (90%) / Gebäudegrundfläche“ (ohne Denkmalpflegefaktor)	0,25 m ² / 1 m ²	0,30 m ² / 1 m ²
Jährliche Einstrahlungsenergie auf optimal orientierter Fläche	1167 kWh / m ²	1250 kWh / m ²
Verhältnis „ Jährliches Solarstromproduktionspotenzial (80%) / jährlicher Stromendverbrauch“ (in Prozent)	1 / 6 (16%)	1 / 2 (50%)



Abbildung 15: Ausgewählte Gebiete typischer Siedlungsstrukturen aus der Stadt Freiburg i.Ue. Quelle (unbearbeitetes Bild): Edilité de Fribourg

Tabelle 8: **Potenziale und Siedlungsstrukturen an typischen Beispielen in der Stadt Freiburg i.Ue.** Die verschiedenen Siedlungsstrukturen werden typisierend beschrieben. Das Solarpotenzial zeigt die typische Bandbreite des solaren Deckungsgrads (Solarstromproduktionspotenzial im Vergleich zum gebäudeinternen Elektrizitätsverbrauch auf Jahresbasis). Quelle: NET, St.Ursen

Siedlungsstruktur	A Wohnzone mit kleineren Gebäuden	B Wohnzone mit grösseren Gebäuden	C Industrie- und Gewerbezone	D Zentrum / Kernzone	E Altstadt / Kernzone
Gebäude	Einfamilien- und kleinere Mehrfamilienhäuser	grosse, hohe Mehrfamilienhäuser	grosse, breite Gebäude	mittelgrosse bis grosse Gebäude (sehr variabel)	mittelgrosse Gebäude mit Tiefe
Anordnung	locker	sehr locker	flächig, locker	dicht	sehr dicht
Dachausformung	meist einfach ausgeformtes Schrägdach (v.a. Satteldach, auch Walmdach)	meist einfach ausgeformtes Flachdach, auch wenig steiles Schrägdach	Flachdach, Sheddach, seltener Schrägdach	Flach- und Schrägdach, oft stark beansprucht	Schrägdach, feingliedrig bis verschachtelt
Dachpotenzial	*** sehr gross	*** gross bis sehr gross	*(**) variabel	* eher bescheiden	(*) sehr bescheiden
Fassadenpotenzial	* bescheiden	*** sehr gross	* bescheiden bis mittelmässig, punktuelle Publizität!	* bescheiden, aber hohe Publizität	- quasi null (Schutzwürdigkeit)
Solarpotenzial	50 bis 150%	30 bis 70%	10 bis 100%	0 bis 30%	0 bis 10%

Die Erfassung des lokalen Solarstrompotenzials berücksichtigt Einstrahlungsverhältnisse, Architektur und Schutzwürdigkeit der Gebäude sowie Technologie.

Die Gemeinde kann mit der Analyse des Potenzials zwei grundsätzliche Ziele verfolgen. Zum Beispiel:

- Gesamtschau zur Festlegung einer Strategie im Rahmen eines Energie Sachplans oder Marketings. Der geschätzte Erhebungsaufwand pro Gebäude beträgt rund zwei bis drei Minuten. Dank der Informationen zum eigenen Gebäudepark kann die Strategie den lokalen Verhältnissen angepasst werden.
- Inventur der solar nutzbaren Gebäude (z.B. Inventar öffentlicher Bauten mit geeigneten Dächern) mit Angaben zur technischen Realisierbarkeit von Solaranlagen. Der Erhebungsaufwand pro Gebäude(datenblatt) beträgt rund zwei bis drei Stunden.

Die Fallstudien aus Freiburg, Zürich und Genf zeigen exemplarisch die Möglichkeiten und Bedeutung des Solarstrompotenzials auf den Dächern in ihren Territorien. Trotz der grossen örtlichen Unterschiede lassen sich konservative Faustregeln für eine allgemeine Grobabschätzung des Solarstrompotenzials ableiten. Eine erste Faustregel nimmt als Bezugsgrösse die EinwohnerIn, die zweite Faustregel bezieht sich auf die Gebäudegrundfläche.

- Pro EinwohnerIn stehen 10 m² geeignete Dachfläche mit hohem Solarertrag (90% der maximalen Einstrahlungsenergie) zur Verfügung.
- Auf 10 m² Dachfläche können jährlich rund 1000 kWh produziert werden.
- Die mögliche Solarstromproduktion beträgt annähernd ein Sechstel des Stromverbrauchs.
- Bei zusätzlicher Nutzung weiterer Flächen mit gutem Solarertrag (80 bis 90% der maximalen Einstrahlungsenergie) steigt die gesamte mögliche Solarstromproduktion auf rund einen Viertel des Stromverbrauchs.

Eine weitere, etwas progressivere Faustregel besagt, dass auf 100 m² Gebäudegrundfläche rund 40 m² Dachfläche sowie 15 m² Fassadenfläche mit gutem Solarertrag kommen. Über die Schweiz gemittelt lässt dies theoretisch eine Solarstromproduktion zu, die einem Drittel des Stromverbrauchs entspricht. Die höhere Stromproduktion ergibt sich vor allem durch die zusätzliche Berücksichtigung der Fassadenflächen.

Darüber hinaus können im Siedlungsgebiet häufig weitere bedeutsame Infrastrukturflächen ausgeschieden werden. Die Nutzung dieser Flächen zur Solarstromproduktion entspricht ebenfalls den strengen Kriterien zur ökologischen und nachhaltigen Stromproduktion gemäss naturemade star.

Das erwiesenermassen grosse Flächenpotenzial stellt in naher Zukunft kaum eine Grenze für die Ausbreitung des Solarstroms dar. Wo lokal ausserordentliche Faktoren das Potenzial des Solarstroms beschränken, besteht in der Regel die Möglichkeit, in einem Netzverbund Solarstrom zu beziehen. Derzeit beschränken vor allem ökonomische Faktoren die Nutzung des Potenzials. In Zukunft jedoch wird die optimale Ausschöpfung des Photovoltaikpotenzials noch verstärkt von der Architektur, Raumplanung und Siedlungsentwicklung beeinflusst. Vorschriften und Entscheidungen für Bauten und Räume von heute wirken sich auf die Nutzung der Ressource Sonnenenergie von morgen aus.

Die Auseinandersetzung mit dem lokalen Solarpotenzial bringt also nicht nur materielle Ergebnisse wie ein Inventar oder eine strategische Gesamtschau, sondern sensibilisiert darüber hinaus die Betroffenen für die Möglichkeiten der Solarenergie. Im besten Fall wird das Flächenpotenzial aktiv genutzt oder zur Verfügung Dritter gestellt. Im zweitbesten Fall wird durch einfache Massnahmen das Potenzial nicht unnötig verbaut hinsichtlich einer langfristig nutzvollen Erschliessung des Potenzials.

Impressum

Herausgeber: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern, <http://www.admin.ch/bfe>

Realisation und Layout: NET Nowak Energie & Technologie, CH-1717 St. Ursen, <http://www.netenergy.ch>

Veröffentlichung April 2006