

Das Photovoltaik-Potential im Gebäudepark der Stadt Zürich

Zusammenfassung der Analyse des Flächenpotenzials und
der wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Indikatoren

Marcel Gutschner, Stefan Nowak
Oktober 1998

Das Photovoltaik-Potential im Gebäudepark der Stadt Zürich

Zusammenfassung

*Stefan Nowak und Marcel Gutschner
NET Nowak Energie & Technologie AG
Waldweg 8, 1717 St. Ursen
Tel. 026 494 00 30, Fax 026 494 00 34
Email: marcel.gutschner@netenergy.ch*

Einleitung

Mit der vorliegenden Studie wurde das Photovoltaik Potential auf Gebäuden in der Stadt Zürich zum ersten Mal umfassend ermittelt und sowohl nach dem möglichen Solarertrag wie auch bezüglich weiteren, für die Umsetzung relevanten Parameter (technologische und wirtschaftliche Entwicklung, Hemm- und Förderfaktoren sowie Eigentümerstruktur, usw.), analysiert. Dabei gelangte ein neuer Ansatz zur Anwendung, welcher wesentlich differenziertere Aussagen ermöglicht, als dies bisher der Fall war. Nachdem dieser Ansatz auf Landesebene erarbeitet wurde, konnte er für städtische Gebiete stark verfeinert und damit erstmals in seiner vollen Vielfalt eingesetzt werden. Das vorliegende Instrumentarium erlaubt flexible, vollständige und nach unterschiedlichen Gesichtspunkten differenzierte Aussagen.

Zielsetzung

Das Ziel dieser Studie war die Analyse des photovoltaischen Potentials im stadtzürcherischen Kontext. Im ersten Teilbericht wurde das Photovoltaik-Flächenpotential ermittelt. Schwerpunkte des zweiten Berichts sind die Untersuchungen der technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen sowie eine nähere Betrachtung der Hemm- und Förderfaktoren im konkreten Umfeld, um daraus letztlich Aussagen zu möglichen Erschliessungsszenarien zu formulieren. Im dritten Teil wird eine energetische Bewertung des Photovoltaik-Potentials vorgenommen.

Methodik

Auf der methodischen Ebene konnte ein Instrumentarium zusammengestellt werden, welches es erlaubt, auf effiziente Weise relevante und präzise Daten zur Ermittlung des photovoltaischen ertragskriterium-differenzierten Flächenpotentials zu erheben. Das Ertragskriterium stellt ein objektives Mass für die energetische Eignung der zur Verfügung stehenden Flächen dar und charakterisiert damit beliebig ausgerichtete Flächen quantitativ (siehe auch Resultate). Genau wie die lokal variierenden Sonneneinstrahlungsverhältnisse und Gebäudestruktur muss jedoch auch das Instrumentarium ausreichend flexibel sein, um die lokal erhältlichen Datenträger und -erzeuger optimal zu integrieren.

Der Ansatz basiert auf mehreren Datenbanken und Hilfsmitteln. Gebäudezählungsdaten, Gebäudeversicherungsstatistiken, Bodennutzungsstatistiken, digitalisierte Katasterpläne, Solarprogramme und weitere tragen dazu bei, einerseits eine umfassende und detaillierte Datenbank unter funktionalen, quantitativen, morphologischen und solaren Aspekten zusammenzustellen, andererseits eine Daten- und Extrapolationsstruktur aufzubauen, welche das Arbeiten auf der Ebene des Einzelobjekts bis hin zur Landesebene ermöglicht.

Für die Stichprobe in der Stadt Zürich wurde mit einer repräsentativen Auswahl von 2452 Gebäuden gearbeitet, was 5.2 % des oberirdischen Gebäudebestandes entspricht. Diese Stichprobe wurde mit

den oben beschriebenen Verfahren auf redundante Weise erfasst, sodass sie als zuverlässige Grundlage zur Hochrechnung herangezogen werden kann.

Resultate Flächenpotential

Die Untersuchungen im städtischen Gebäudepark ergeben ein beachtliches photovoltaisches Flächenpotential. Von den bestehenden Dachflächen werden rund ein Drittel aufgrund von Dachaufbauten wie Gauben, Schornsteine, Terrassen, Velux, etc. und rund ein Fünftel aufgrund von Verschattung als ungeeignet betrachtet und deshalb nicht als photovoltaisches Flächenpotential aufgeführt. Die verbleibenden Dachflächen werden nach ihrem Solarenergieertrag differenziert. Der Solarenergieertrag wird mit dem Mass des Ertragskriteriums erfasst. Dieses gibt an, welchen Anteil eine Fläche von der maximalen Jahresstrahlungssumme einer bestorientierten Fläche erreicht. Der maximale Solarenergieertrag findet sich in der Stadt Zürich auf einer südorientierten, um etwa 30° geneigten Fläche. Eine Dachfläche mit einem Ertragskriterium von 0,9 weist demnach 90 % dieses maximalen Solarenergieertrags auf. Im Rahmen dieser Studie werden nur die Flächen mit einem höheren Solarenergieertrag (mindestens 80 % des maximalen Solarenergieertrags) näher betrachtet.

Die Gebäudegrundfläche der Stadt Zürich beträgt rund 10,7 km², was einer Bruttodachfläche von 13,7 km² entspricht. Davon stehen rund 2,7 km² Dachflächen mit einem hohen Solarenergieertrag (90 % der maximalen Jahresstrahlungssumme) potentiell der photovoltaischen Nutzung zur Verfügung. Dieses Flächenpotential befindet sich zu rund zwei Dritteln in der Wohnzone, zu rund einem Sechstel in der Industriezone und zu rund einem Achtel in der Kernzone. Unter den Gebäudekategorien weisen die Mehrfamilienhäuser das grösste Flächenpotential auf - rund 1 km². Weitere rund 2,1 km² Dachflächen, also 4,8 km² gesamthaft, erreichen 80 % des Solarertrags einer bestorientierten Fläche.

Anders formuliert: Auf 100 m² Stadtzürcher Gebäudegrundfläche kommen rund 25 m² Dachfläche mit dem hohen Ertragskriterium von 0,9 oder 45 m² Dachfläche mit dem Ertragskriterium von 0,8.

Gliederung der Resultate

Dieses Flächenpotential wird feiner differenziert nach Gebäudearten, Bauperioden, Zonenarten, Dachformen, Grössen kategorien und nach weiteren relevanten Gesichtspunkten unterschieden. Es steht somit ergiebige statistisches Material zur Verfügung, welches als Grundlage für weitere technologiebezogene und ökonomische, aber auch rechtliche und ästhetische Betrachtungen dient

So wird beispielsweise gezeigt, dass die Mehrfamilienhäuser mit 38% (1,75 km² bei Ertragskriterium 0,8) den weitaus grössten Anteil des Photovoltaik-Flächenpotentials einnehmen. Zum Flächenpotential mit dem hohen Ertragskriterium 0,9 leisten die Flachdächer einen vergleichsweise weit grösseren Beitrag als die Schrägdächer.

Technisches und wirtschaftliches Potential

Ausgehend vom Photovoltaik-Flächenpotential, welches die für Photovoltaikanwendungen im Prinzip verfügbaren Gebäudeflächen quantifiziert, werden zwei weitere Potentialbegriffe benützt: Das technische Potential beschreibt das zu einem gegebenen Zeitpunkt durch die existierenden technischen Lösungen erschliessbare Potential. Dieses Potential folgt dem technischen Fortschritt und vergrössert sich zusehends. Es unterliegt aber ebenso dem subjektiven Aspekt der ästhetisch zufriedenstellenden Lösung und kann somit nicht exakt quantifiziert werden. Da komplexe Dachstrukturen bereits ausgeschieden wurden, kann angenommen werden, dass für die Mehrheit der möglichen Integrationsvarianten bereits heute mindestens eine oder mehrere Lösungen angegeben werden können. Mindestens die Hälfte der Fläche dürfte damit mit heutiger Technik erschliessbar sein.

Das wirtschaftliche Potential beschreibt darüber hinaus dasjenige Potential, welches zusätzlich einer Wirtschaftlichkeitsüberlegung standhält. Dabei müssen nebst einer rein energetischen Betrachtung auch weitere Werte berücksichtigt werden (Umwelt, Image, Zukunftstechnologie, usw.). In der Stadt Zürich liegt mit der vom EWZ betriebenen Solarstrombörse ein Finanzierungsmodell vor, welches aufgrund seiner Amortisation über die produzierte Energie zu kostendeckenden Preisen führt und damit auch als wirtschaftlich betrachtet werden kann. Das entsprechende Potential ist damit direkt durch die Nachfrage nach Solarstrom gegeben.

Hemm- und Förderfaktoren

Der Umfang und die Nutzungsintensität des photovoltaischen Potentials hängt nicht nur von technologischen und wirtschaftlichen Entwicklungen, sondern gleichfalls stark von rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Dies trifft in besonderem Masse für eine junge Energietechnologie zu, die in wichtigen Bereichen der Energiewirtschaft noch nicht kompetitiv ist.

Im rechtlichen Bereich sind in Zürich allgemein keine übermässig beeinträchtigenden Faktoren für die photovoltaische Nutzung auszumachen. Die sonnenenergieanlagen-relevanten Vorschriften können vielmehr als grosszügige Regelung eingestuft werden. In der konkreten Praxis ergeben sich fallweise Schwierigkeiten, die in erster Linie in der Ästhetik anzusiedeln sind.

Allgemein kann bei den entscheidenden Ämtern der Stadt Zürich eine zunehmende Akzeptanz für Solaranlagen ausgemacht werden. Die Solaranlagen können aber letztlich wie andere Dachaufbauten nicht einer ästhetischen Beurteilung entbehren. Von der gebäudeintegrierten Photovoltaik wird (vermehrt) Sensibilität für die Gestaltung verlangt.

Die Gegenüberstellung von Hemm- und Förderfaktoren zeigt, dass keine wesentliche stadt-zürcherisch-spezifische Hemmfaktoren ausgemacht werden können. Die fortschrittliche und weit bekannte Solarstrombörse, die gut ausgebaute Energieberatung und die grundsätzlich gegenüber der Photovoltaik wohlwollende Gesetzesgrundlage stellen wesentliche Förderfaktoren dar. Diese und weitere positive Faktoren begünstigen potentiell ein erfolgreiches Marketing.

Zielgruppen

Hemm- und Förderfaktoren müssen akteuren-spezifisch betrachtet werden. Für die Photovoltaik können verschiedene Zielgruppen definiert und charakterisiert werden. Gestützt auf die Eigentümer- und Gebäudeparkstruktur können fünf Zielgruppen gebildet werden. Die vorhandene Potentialfläche wurde ertragskriterium-differenziert den verschiedenen Zielgruppen zugeordnet. Dabei dominiert die Gruppe der Grosswohnmobilieneigentümer deutlich.

- | | | |
|-----------------|-----------------------------------------|------|
| • Zielgruppe 1: | Kleininvestoren | 17 % |
| • Zielgruppe 2: | Grosswohnmobilieneigentümer | 43 % |
| • Zielgruppe 3: | Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen | 19 % |
| • Zielgruppe 4: | öffentliche Hand | 16 % |
| • Zielgruppe 5: | Non-Profit-Organisationen | 5 % |

Die Potentialfläche kann jedoch nicht als einziges Kriterium für eine Prioritätenliste zur Klassifizierung der Zielgruppen verwendet werden. Vielmehr müssen die zielgruppen-inhärenten Spezifitäten (Motivations- und Entscheidungsstrukturen, Zugang zu Investitionskapital, etc.) berücksichtigt werden, wie sie für die einzelnen Zielgruppen skizziert werden. Angesichts der vorerst reichlich vorhandenen Potentialflächen ist ein punktuell, zielgruppen-orientiertes Vorgehen im Rahmen von Marketing- und Vermittlungsstrategien ratsam.

Dynamik

Der Gebäudepark ist kein statisches Phänomen sondern einem stetigen Wandel unterworfen. Für die Integration von Photovoltaik-Anlagen sind die dynamischen Vorgänge im Gebäudepark von besonderem Interesse, könnte die Realisierung von Photovoltaik-Anlage mit Neu- und Umbauten

und Dachsanierungen zusammenfallen. Werden die im Rahmen der Solarstrombörse bisher installierte Modulfläche von knapp 4'000 m² als Vergleichswert herangezogen, so zeigt sich, dass allein durch die Gebäudeparkdynamik eine beachtliche Potentialfläche erfasst wird.

Im Rahmen von Neubauten ergibt sich jährlich ein photovoltaisches Flächenpotential von aufgerundet 20'000 m² mit dem hohen Ertragskriterium von 0,9 und weiteren 10'000 m² mit dem Ertragskriterium von 0,8.

Bei Umbauten kann jahrweise ein photovoltaisches Flächenpotential von rund 6'000 m² mit dem hohen Ertragskriterium von 0,9 und weiteren rund 5'000 m² mit dem Ertragskriterium von 0,8 berechnet werden.

Das photovoltaische Flächenpotential beträgt im Rahmen von Dachsanierungsfällen jährlich rund 24'000 m² für das hohe Ertragskriterium von 0,9 und weiteren rund 9'000 m² für das Ertragskriterium von 0,8. Die Flächenangaben im Bereich der Sanierungen stellen einen oberen Wert dar, fallen Sanierungen oft mit Umbauten zusammen.

Energetische Bewertung

In der Stadt Zürich werden jährlich rund 2,6 TWh elektrische Energie abgesetzt (Wert 1997). Bei einer totalen Gebäudegrundfläche von 10,7 km² und einer Einwohnerzahl von 360'000 kommt man auf eine spezifische Fläche von 30 m² Gebäudegrundfläche pro Einwohner. Dabei bleibt der Pendlerstrom in die Stadt unberücksichtigt. Dieser Wert liegt rund zweimal tiefer als im schweizerischen Durchschnitt und belegt die hohe Einwohnerdichte in städtischen Verhältnissen. Bezüglich der Energieintensität liegen die Verhältnisse ähnlich: Pro km² Gebäudegrundfläche werden rund 250 GWh elektrische Energie konsumiert, also knapp zwei mal mehr als im schweizerischen Durchschnitt oder gar rund 250 % mehr als im verhältnismässig stark rural geprägten Kanton Freiburg.

Betrachtet man nun die als gut (Ertragskriterium = 80 %, 2,1 km²) bis sehr gut (Ertragskriterium = 90%, 2,7 km²) ausgeschiedenen Flächen, so lässt sich mit heutiger Technik auf diesen Flächen eine photovoltaische Energieproduktion von 0,44 TWh errechnen: Die besten Flächen (Ertragskriterium = 90%) entsprechen somit rund 10 % des heutigen Bedarfs an elektrischer Energie (0,27 TWh), die guten Flächen (Ertragskriterium = 80 %) nochmals rund 6 % (0,17 TWh). Dabei muss betont werden, dass diese Flächen strengen Kriterien genügen. Weniger geeignete Flächen bleiben ebenso noch unberücksichtigt wie die Nutzung von Fassaden.

Handlungsmöglichkeiten

Die technologischen und wirtschaftlichen Entwicklungen werden massgeblich weltweit geprägt. Es ist augenscheinlich, dass die Schweiz allein darauf nicht wesentlich Einfluss nehmen kann. Für den Standort Zürich ist gezeigt worden, dass heute eindeutig die Nachfrage nach Solarstrom die obere Grenze des wirtschaftlichen Potentials bildet. Eine bessere Ausschöpfung des beträchtlichen photovoltaischen Potentials ergibt sich insbesondere durch eine erfolgreiche Marketingstrategie.

Durch das Hervorheben der spezifizierten Potentialflächen zeigt die Studie verschiedene Ansätze zur Erschliessung des photovoltaischen Potentials auf. Auf der Angebotsseite kann beispielsweise im Zusammenhang mit der Gebäudeparkdynamik die photovoltaische Potentialfläche durch integrierende Planung um ein Mehrfaches gesteigert werden. Dadurch kann in der Regel zugleich eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Hierfür kann im Rahmen von Marketing- und Vermittlungsstrategien ein *informatives und organisatorisches Zusammenführen* der (auch institutionellen) Akteure bei den Behörden und in der Privatwirtschaft in Betracht gezogen werden.

Aufgrund der Struktur der Zielgruppen ist zudem zu überlegen, inwiefern diese in das Marketing zur *Erhöhung der Nachfrage* einbezogen werden können. Es stellt sich deshalb die Frage, ob unter den identifizierten Zielgruppen mit günstigen Indikatoren solche gefunden werden können, welche

ihreseite durch die Erhöhung der Nachfrage nach Solarstrom einen Nutzen ziehen können. Damit wäre eine sinnvolle Ergänzung der EWZ-Strategie gegeben, welche Multiplikatorcharakter hätte.

Die Resultate auf einen Blick

<i>Grunddaten</i>	
Gebäudegrundfläche	10,7 km ²
Bruttodachfläche	13,7 km ²
Anzahl Gebäude (oberirdisch)	47000 Gebäude
Elektrische Energie	2,6 TWh/a
<i>Stichprobe</i>	
Umfang der Stichprobe	2450 Gebäude
<i>Photovoltaik-Flächenpotential</i>	
Flächen mit KE*=0.9	2,7 km ²
Flächen mit KE*=0.8	2,1 km ²
<i>Jährliche Dynamik im Gebäudepark</i>	
Dachflächen von Neubauten mit KE*=0.9	20'000 m ²
Dachflächen von Neubauten mit KE*=0.8	10'000 m ²
Dachflächen von Umbauten mit KE*=0.9	6'000 m ²
Dachflächen von Umbauten mit KE*=0.8	5'000 m ²
Dachflächen von Sanierungen mit KE*=0.9	24'000 m ²
Dachflächen von Sanierungen mit KE*=0.8	9'000 m ²
<i>Energetische Wertung</i>	
Energie von Flächen mit KE*=0.9	0,27 TWh
Energie von Flächen mit KE*=0.8	0,17 TWh
Anteil der elektrischen Energie mit Flächen von KE*=0.9	10%
Anteil der elektrischen Energie mit Flächen von KE*=0.8	6%
Oder: Gute Flächen entsprechen einer elektrischen Energie von 16%	

*KE: Ertragskriterium (KE =1,0: maximaler Energieertrag, KE=0,9: 90% des maximalen Ertrags, usw.)