Solare Siedlungsentwicklung
Raumplanung mit der Sonne

energieschweiz

Ausgangslage

Die Siedlungsstrukturen widerspiegeln gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen. Die Raumplanung ist herausgefordert, unter Berücksichtigung der verschiedenen Bedürfnisse optimale Voraussetzungen für die Siedlungsentwicklung zu schaffen. Im Zusammenhang mit der nachhaltigen Entwicklung gewinnen die Aspekte der Energieeffizienz und Solarenergie an Bedeutung. Lokale Behörden spielen eine wesentliche Rolle bei der Schaffung günstiger Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung.

Fragestellungen

- Welche grundsätzlichen Möglichkeiten bieten sich für die Photovoltaik in den verschiedenen Siedlungsstrukturen der Schweiz?
- Wie kann die Raumplanung die Siedlungsmerkmale aus Sicht der Solarenergie erfassen und bewerten?
- Wie kann die Raumplanung die Prinzipien der Energieeffizienz und Solarenergie gewinnbringend umsetzen?
- Welche (raum)planerische und gestalterische Möglichkeiten gibt es in der Theorie und in der Praxis?

Zielvorstellung

Die Raumplanung und Siedlungsentwicklung umfasst eine Vielzahl von Faktoren und Kriterien. Es ist daher nicht einfach, Aufmerksamkeit für die Grundsätze der Energieeffizienz und Solarenergie zu wecken. Es gibt jedoch einige einfache Prinzipien und einschlägige Erfahrungen, wie die Raumplanung diese Grundsätze wirksam nutzen kann. Die Siedlungsentwicklung kann dadurch von erhöhter Lebensqualität, Nachhaltigkeit und Effizienz profitieren. Die Raumplanung und ihre Umsetzung auf lokaler Ebene spielt eine Schlüsselrolle, da sie heute die Entwicklung und Ausgestaltung für einen langen Zeithorizont festlegt.

Inhalt und Aufbau

In der gebauten Umwelt haben sich unterschiedlichste Siedlungsstrukturen herausgebildet. Das solare Potenzial ist eng mit der Siedlungsstruktur verknüpft. Mittels raumplanerischer Massnahmen kann die Siedlungsentwicklung im Allgemeinen und das solare Potenzial im Speziellen optimiert werden.
Im ersten Kapitel werden die typischen Möglichkeiten für die Photovoltaik in ausgewählten Siedlungsstrukturen aus der Stadt Freiburg i.Ue. veranschaulicht.

Der eher technische mittlere Teil behandelt die Schnittstellen zwischen Raumplanung und Grundsätze der Energieeffizienz und Solarenergie. Einzelne solar-morphologische und soziokulturelle Merkmale und Kriterien werden erläutert.
Schliesslich runden Fallstudien und Faustregeln sowie Beispiele realisierter Solarsiedlungen das Thema ab.

I. Photovoltaische Möglichkeiten in den verschiedenen Siedlungsstrukturen
II. Sky View Faktoren (ersichtlicher Himmel)
III. Abstände zwischen den Bauten
IV. Kompaktheit – Verhältnis von Umfassungsfläche zu Bauwerksvolument (A/V)
V. Gebäude- und Fassadenhöhe
VI. Dachprofile
VII. Reflexionsverhalten an Oberflächen und Verglasungsanteil
VIII. Ästhetik
IX. Denkmalpflege und Bautradition
X. Fallstudien und Faustregeln
XI. Realisierte Solarsiedlungen

Titelbild: Stadt Freiburg aus der Vogelperspektive. Quelle: Edilité de Fribourg

Die photovoltaischen Möglichkeiten in den verschiedenen Siedlungsstrukturen werden für die verschiedenen Siedlungsstrukturen umschrieben. Fünf ausgewählte Ausschnitte aus der Stadt Freiburg i.Ue. stehen stellvertretend für die häufig vorkommenden Siedlungstrukturen in der Schweiz.

- Wohnzone mit kleineren Gebäuden
- Wohnzone mit grösseren Gebäuden
- Industrie- und Gewerbezone
- Zentrum / Kernzone
- Altstadt / Kernzone

Wohnzone mit kleineren Gebäuden: Einfamilienhäuser und kleinere Mehrfamilienhäuser in relativ lockerer Anordnung bestimmen das Siedlungsgebiet nördlich des Guintzet. Die Mehrheit der Dächer ist schräg (vor allem Satteldach, ebenfalls Walmdach und Kreuzdach), wodurch die Sonneneinstrahlungsverhältnisse auf demselben Dach sehr unterschiedlich ausfallen. Die Dachflächen und insbesondere die Fassadenflächen können von Verschattung betroffen sein, wobei vor allem heranwachsende Bäume zum „Problem" werden können. Der Solaranteil an der Stromversorgung kann sehr hoch sein, da pro Person und Stromverbrauch sehr viel Fläche vorhanden ist. 30 Quadratmeter geeignete Fläche ermöglichen bereits die Produktion von Strom im Umfange des Endverbrauchs eines durchschnittlichen Schweizer Haushalts. Zudem sind die BewohnerInnen häufig ebenfalls die EigentümerInnen des Gebäudes, was eine zusätzliche Motivation und Vereinfachung für die Installation einer Solaranlage bedeutet.

Abbildung 1: ***Wohnzone mit kleineren Gebäuden in den Quartieren Jura und Gambach.*** *Quelle: Edilité de Fribourg.*

Wohnzone mit grösseren Gebäuden: Das Gebiet im Quartier Schoenberg ist geprägt von mehr- und vielstöckigen, voluminösen und oft hohen Gebäuden mit grossen Abständen voneinander. Die Dächer sind häufig einfach geformt (Flachdach, leicht geneigtes Satteldach) und weisen meist günstige Einstrahlungsverhältnisse wegen der weniger hohen Verschattungsobjekte auf. Dank der grosszügigen Abstände zwischen den Gebäuden und dank der Höhe der Gebäude sind die Fassaden wenig beeinträchtigt durch Schatten und bieten sich deshalb gut für die Solarstromgewinnung an.

Abbildung 2: ***Wohnzone mit grösseren Gebäuden am Schoenberg.*** *Quelle: Edilité de Fribourg.*

Industrie- und Gewerbezone: Der Gebäudepark im ersichtlichen Teil der Quartiere Beaumont und Pérolles besteht aus meist grösseren, teils höheren Bauten. Die Dachflächen sind eher flach, ihre solare Eignung variiert stark zwischen den verschiedenen Nutzungsarten. Viele Gebäude haben eine einfache, kaum genutzte Dachfläche; andere Gebäude weisen eine grosse Anzahl von Objekten (Aufbauten, Leitungsrohre, Sheds, Lichtluken, etc.) auf, die die Solarstromgewinnung teilweise erschweren. Die Fassadenflächen sind häufig einfach und theoretisch gut zu erschliessen. Im positiven Falle kann eine Solaranlage publikumswirksam platziert werden. Im negativen Fall sollte auf Grund der geringen Bodenhöhe und des allfälligen Risikos durch Verschattung und Vandalismus eher von einer Installation abgesehen werden.

Abbildung 3 : ***Industrie- und Gewerbezone im Beaumont und Pérolles Quartier.*** *Quelle: Edilité de Fribourg.*

Zentrum / Kernzone: Das Zentrum zeichnet sich durch hohe Siedlungs- und Nutzungsdichte aus. Die Gebäude können von sehr unterschiedlicher Statur sein, ihnen ist aber gemeinsam, dass die Fassadenflächen häufig verschattet und die Dachflächen intensiv genutzt werden durch Aufbauten, Terrassen, etc. Hingegen bietet sich gerade hier bei Gebäuden mit entsprechender Sonneneinstrahlung ein besonders wertvolles Potenzial für publikumswirksame Anlagen.

Abbildung 4: ***Kernzonen in der Nähe des Bahnhofs.*** *Quelle: Edilité de Fribourg.*

Altstadt / Kernzone: Der meist kompakte Gebäudepark in der Altstadt weist häufig eine relativ homogene Gebäudehöhe auf, was die solare Nutzung grundsätzlich begünstigt. Hingegen sind die Dachflächen selber meist stark verschachtelt (verschiedene Dachformen) und teilweise mit einer bedeutenden Anzahl von Objekten (Fenster, Kamine, Terrassen, etc.) bestückt. Auf Grund der engen Gebäudeabstände und der feingliedrigen Gestaltung der Fassaden eignen sich die Fassadenflächen kaum für die Solarstromnutzung. Bereits die solararchitektonischen Merkmale dieser Zone schränken die photovoltaisch Nutzung stark ein. Augenscheinlich verringern Ortsbildschutz und Denkmalpflege noch mehr die Möglichkeiten für die Photovoltaik.

Abbildung 5: ***Altstadt mit Burg- und Auquartier.*** *Quelle: Edilité de Fribourg.*

Verschiedene Merkmale helfen, die Siedlungsgebiete in Bezug auf die Solarstromgewinnung hin zu beschreiben und zu bewerten.

Solar-morphologische Merkmale erfassen beispielsweise Volumen und Anordnungen der Bauten. Sie beschreiben vor allem geometrische Eigenschaften von Gebäuden, Überbauungen und Siedlungen mit Bezug auf die Sonneneinstrahlung, Verschattung und Lichtreflexion.

Sozio-kulturelle Merkmale betreffen Bautradition sowie Akzeptanz durch Gesellschaft und Behörden. Sie sind also eher nicht-technische Faktoren wie die Akzeptanz durch Gesellschaft und Behörden oder die Vereinbarkeit mit der Baukultur, Gesellschaft und Behörden.

Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung der relevanten Merkmale, die in der Folge detaillierter beschrieben werden.

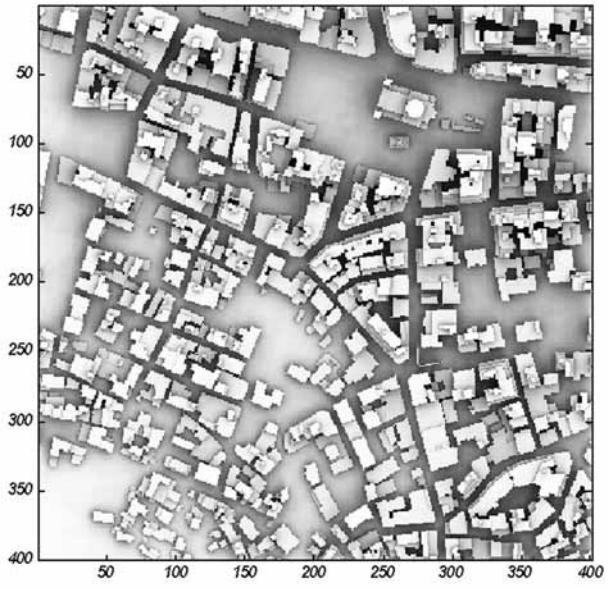
Tabelle 1: ***Zusammenstellung der solar-morphologischen und sozio-kulturellen Merkmale und Faktoren.***

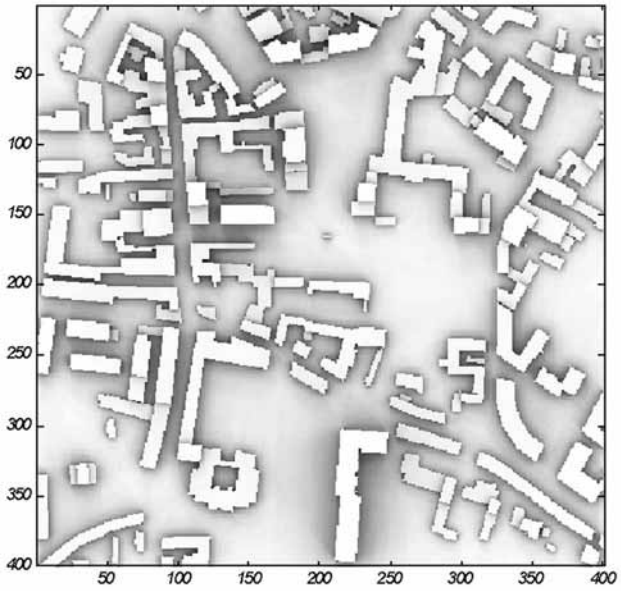
Solar-morphologische Merkmale und Faktoren	Sozio-kulturelle Merkmale und Faktoren
• Bautendichte • Bautenhöhen • Bautenformen • Bautenvolumen • Ausrichtung (Himmelsrichtung und Neigung) • Aufbauten und Verschattung • Lichtreflexion	• Traditionen in Planung und Bau bei bestehenden und neuen Gebäuden • Planungsvorschriften und Baubeschränkungen • Historische und kulturelle Were

II. Sky View Faktoren (ersichtlicher Himmel)

Die Volumen und Abstände der Bauten beeinflussen nicht nur das Erscheinungsbild, sondern wirken sich ebenfalls auf die Licht- und Einstrahlungsverhältnisse der urbanen Gebiete aus. Mittels sogenannter „Sky View Faktoren“ werden die Anteile des „ersichtlichen Himmels“ aller einzelner Punkte eines ausgewählten Perimeters berechnet. Dadurch entsteht letztlich ein einfaches und aussagekräftiges Bild über die Wirkungen der Bauten auf die Licht- und Einstrahlungsverhältnisse.
Diese Faktoren werden zur Bildinterpretation städtischer Luftaufnahmen herangezogen und erlauben grundlegende Aussagen über die räumlichen Gegebenheiten.

Starke Unterschiede in den Grautönen deuten auf grosse Höhenunterschiede zwischen Gebäude und Strassen hin: je dunkler der Grauton, desto tiefer die Strassenschlucht. Eine hohe Varianz der Grautöne auf Dächern zeigt rauhe Strukturen an, d.h. je mehr Grautöne auf den Dächern auftreten, um so „rauher“ ist die Dachlandschaft. Bauten mit weiten Abständen zueinander, beispielsweise entlang von breiten Strassen, Parks oder Plätzen, eignen sich besonders für fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen. Dichtere Strukturen hingegen sind eher prädestiniert für dachintegrierte Systeme.





Abbildungen 6 und 7: ***Sky View Faktoren bilden Gesamteindruck.*** *Die Abbildungen veranschaulichen die nutzbaren Potenziale für die Städte Athen (GR, Abbildung links)) und Grugliasco (I, Abbildung rechts)). In Athen gibt es grosse Flächen für dachintegrierte Photovoltaikanlagen, jedoch nur wenige unverschattete Fassaden. Die Aufnahme Grugliascos deutet zusätzlich auf ein grosses Potenzial für fassadenintegrierte Systeme an hohen, freistehenden Gebäuden hin. Quelle: The Martin Centre, Grossbritannien*

III. Abstände zwischen den Bauten

Die Bautendichte - hier ausgedrückt durch das Verhältnis von Abstand und Höhe (A/H) – hat häufig einen stärkeren Einfluss auf den Ertrag fassadenintegrierter Solarstromanlagen als die Sonnenausrichtung der Fassade (s. Abb. 8). Den geringsten Ertrag liefert wie erwartet eine Nord–Süd verlaufende Fassade. Interessanterweise kann eine Fassade entlang einer diagonalen Strasse in Südwest–Nordost-Richtung einen besseren solaren Ertrag aufweisen als eine solare Fassade mit exakter Südausrichtung. Das zeigt wiederum, dass die genaue Sonnenausrichtung weniger kritisch ist als das Verhältnis von Abstand und Höhe (A/H) beziehungsweise die Bautendichte. Diese Toleranz bei der Ausrichtung erhöht grundsätzlich den Spielraum bei der Planung von Solarstromanlagen.

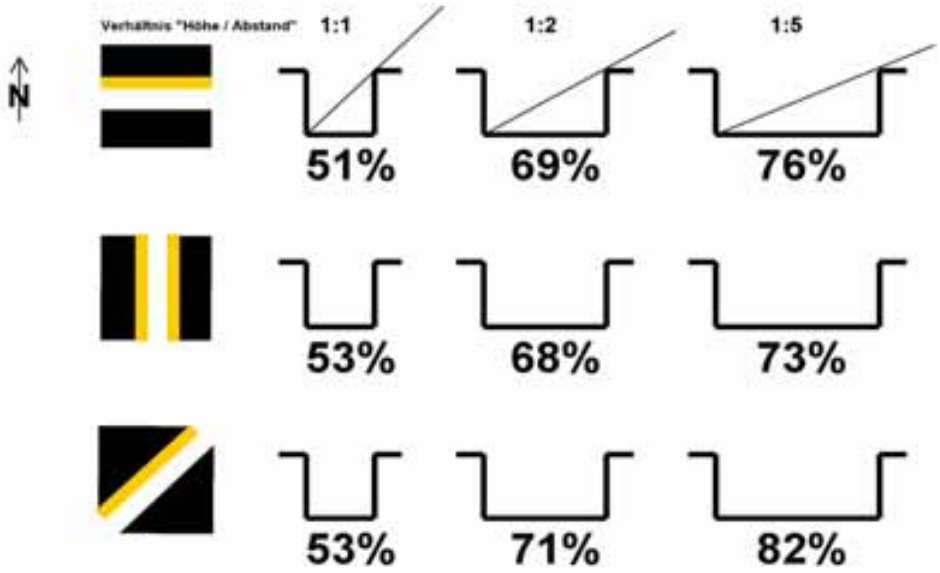


Abbildung 8: ***Solareinstrahlung auf Fassaden bei verschiedenen Bautendichten.*** *Der Einfluss auf den Ertrag fassadenintegrierter Solarstromanlagen durch die Bautendichte - hier ausgedrückt durch das Verhältnis von Abstand und Höhe (A/H) – ist für einen Ort auf 44° nördlicher Breite und bei klarer Strahlungsbedingungen dargestellt. Quelle: Energy Research Group, Grossbritannien*

IV. Kompaktheit – Verhältnis von Umfassungsfläche zu Bauwerksvolumen (A/V)

Je höher (und schlanker) ein Gebäude ist, desto grösser ist das Verhältnis von Umfassungsfläche zu Bauwerksvolumen (oder Aussenfläche zu Volumen A/V), d.h. desto mehr Oberfläche weist ein Gebäude pro Volumen aus. Umgekehrt weist ein weniger hohes und breites Gebäude ein eher tieferes Aussenflächen / Volumen - Verhältnis (A/V) aus. Höhere Werte beim Aussenflächen / Volumen - Verhältnis (A/V) deuten also auf ein grosses Potenzial für fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen hin, während geringere Werte auf grössere zusammenhängende Dachflächen mit grösserem Potenzial für dachintegrierte Anwendungen hinweisen. Das britische Martin Centre hat für einzelne europäische Städten die Aussenflächen / Volumen - Verhältnisse (A/V) und Bodenbedeckungsgrade (BBG) berechnet (s. Abb. 9 bis 16).

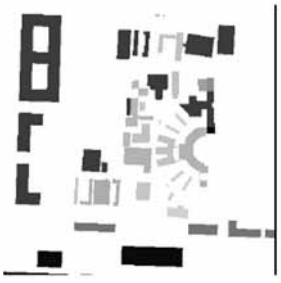


Abbildung 9: West Cambridge (GB)
BBG 20%; A/V 0,27

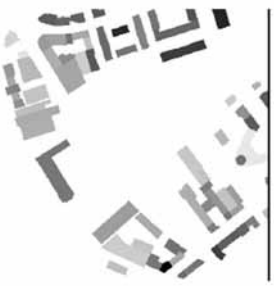


Abbildung 10: Freiburg i.Ue. (CH)
BBG 21%; A/V 0,24

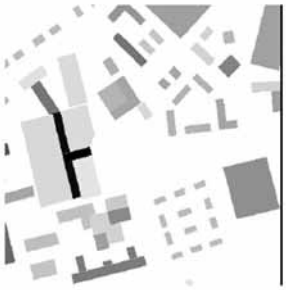


Abbildung 11: Trondheim (N) aktuell
BBG 29%; A/V 0,23

Abbildung 12: Trondheim (N) Vorschlag
BBG 36%; A/V 0,14

Abbildung 13: Athen (GR) Altstadt
BBG 49%; A/V 0,31

Abbildung 14: Athen (GR) City
BBG 51%; A/V 0,25

Abbildung 15: Grugliasco (I) Altstadt
BBG 30%; A/V 0,35

Abbildung 16: Grugliasco (I) modern
BBG 19%; A/V 0,28

Raumplanerische und bauliche Vorschriften beeinflussen wesentlich die Gebäudehöhen. Gebiete mit ähnlich hohen Gebäuden bieten gute Standorte für dachintegrierte Photovoltaikanlagen. Gebiete mit sehr unterschiedlichen Gebäudehöhen weisen häufig geeignete Fassadenflächen auf, z.B. an unbeschatteten Fassaden hoher Gebäude. Das Potenzial an geeigneten Fassadenflächen hängt markant von der Siedlungsstruktur und Gebäudeform ab.

Bei identischer Ausnützungsziffer (überbaute Gebäudegrundfläche zu Perimetergesamtfläche) zeigen sich deutliche Unterschiede. Eine regelmässige Anordnung von Gebäuden des Typs „Terrassenhaus“ führt zu einem höheren Anteil von (südlich ausgerichteten) Fassaden mit hoher Solareinstrahlung. Dieser Anteil ist bei dichtgereihten Gebäuden des Typs „Pavillon“ besonders niedrig.

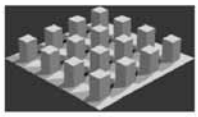
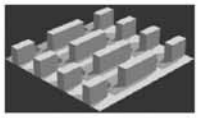
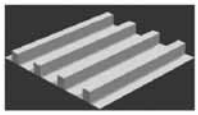
Urban area Plot ratio = 1.7	View	Climate	% of facade area with annual irradiation ≥800 kWh m^{-2}
Pavilion-Court		Athens	**30 %**
		Torino	17 %
		Fribourg	6 %
		Cambridge	2 %
		Trondheim	7 %
Pavilion		Athens	**24 %**
		Torino	13 %
		Fribourg	4 %
		Cambridge	1 %
		Trondheim	6 %
Slab		Athens	**39 %**
		Torino	23 %
		Fribourg	7 %
		Cambridge	2 %
		Trondheim	9 %
Terrace		Athens	**50 %**
		Torino	38 %
		Fribourg	11 %
		Cambridge	2 %
		Trondheim	14 %

Abbildung 17: ***Die Potenziale für fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen in unterschiedlichen Anordnungen gängiger Gebäudemodelle****. Alle Anordnungen weisen jeweils dieselbe Bebauungsdichte von 1:7 auf. Die Fassadenflächen können beispielsweise mittels eines bestimmten absoluten Grenzwerts für die jährliche absolute Mindesteinstrahlung festgelegt (hier 800 kWh pro m² Fassadenfläche) beurteilt werden. Von Interesse sind die Anteile zwischen den verschiedenen Gebäude- und Siedlungsformen am jeweils selben Standort (und nicht etwa der Vergleich zwischen den verschiedenen Standorten). Für alle betrachteten Standorte erreicht der Terrassentyp den höchsten Anteil an Flächen, die das Kriterium von 800 kWh pro m² erfüllen. Den geringsten Anteil erreicht der Pavillontyp. Für Freiburg i.Ue. resultieren hier Anteile von 11 % respektive 4 %. Quelle: R. Compagnon, EIF Fribourg*

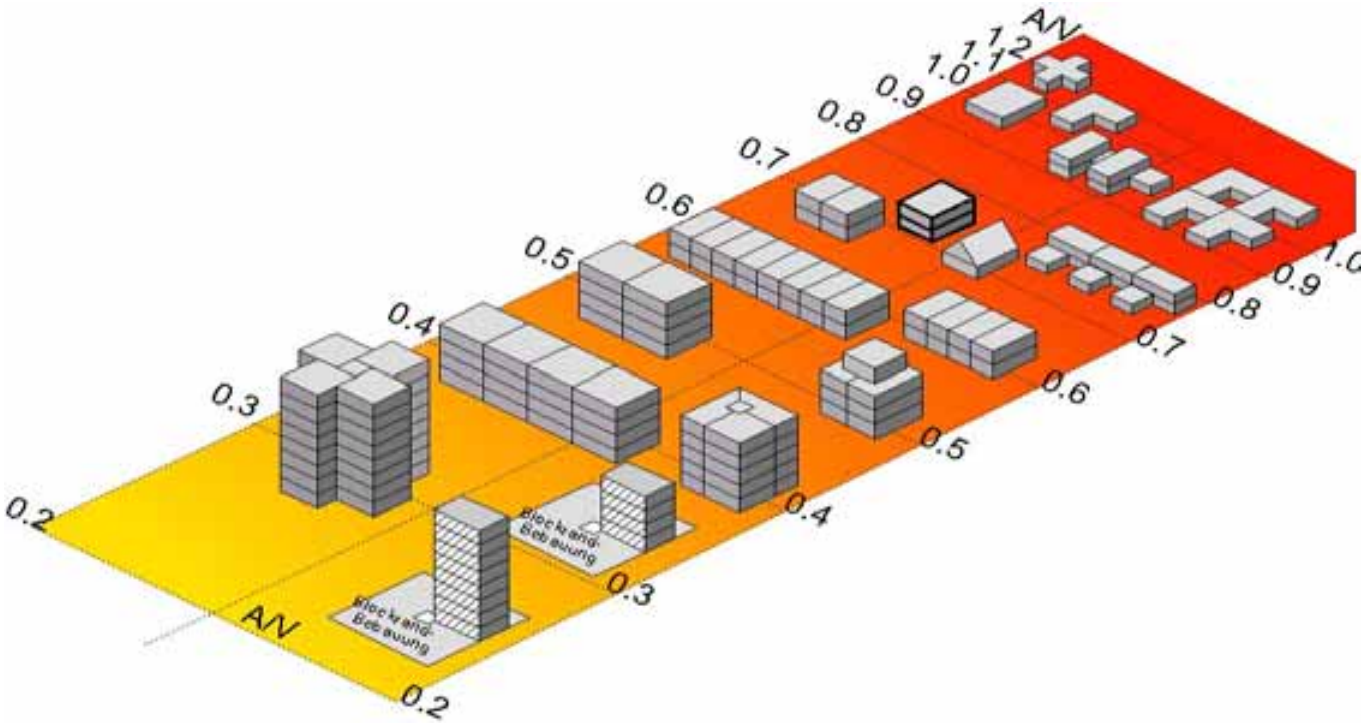


Abbildung 18: ***Zusammenstellung verschiedener Oberflächen – Volumenverhältnisse (A/V).*** *Quelle: Solarfibel / Goretzki. 2002 Solarbüro für energieeffiziente Stadtplanung Dr.-Ing.Peter Goretzki, Stuttgart, www.gosol.de; aus: Solarfibel-städtebauliche Maßnahmen, Hrsg. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg.*

VI. Dachprofil

Flachdächer ermöglichen im Prinzip grösstmögliche Flexibilität für die Ausrichtung der Installationen hinsichtlich einer maximalen Energieausbeute. Allerdings sind lokal unterschiedliche Grundzüge des Ortsbildes zu berücksichtigen. Fallweise müssen die Modulreihen streng nach den vorherrschenden Linien ausgerichtet werden oder die Module müssen in einem niedrigen Anstellwinkel montiert sein.

Schrägdächer legen in der Regel die Ausrichtung sowohl in der Himmelsausrichtung als auch Neigung vor. Dadurch fällt die solare Energieeinstrahlung für die verschieden ausgerichteten Dachflächen sehr unterschiedlich aus. In den meisten dicht besiedelten Gebieten der Schweiz ist der Himmel sehr „tolerant“ und ein weites Spektrum an Schrägdachflächen erhält einen guten Solarertrag (s. „Solarstrompotenzial“).

*Abbildung 19: **Flaches Dachprofil.** Flachdachbauten in Villars-sur-Glâne (FR). Quelle: M. Gutschner Fribourg i.Ue.*

*Abbildung 20: **Spitzes Dachprofil.** Steile Satteldächer in der Altstadt von Landshut (Deutschland). Quelle: M. Gutschner Freiburg i.Ue.*

VII. Reflexionsverhalten an Oberflächen und Verglasungsanteil

Unterschiedliche Materialien kommen in überbauten Gebieten zusammen. Helle Fassaden reflektieren deutlich mehr Licht als dunkle Dachziegel (Albedoeffekt). Gesamthaft führt das reflektierte Licht letztlich zu einer Erhöhung des Anteils der diffusen Strahlung. Dies wiederum erweitert in der Regel das Spektrum der Gebäudeflächen mit einem guten Solarertrag.

In der urbanen Architektur sind seit einigen Jahrzehnten vermehrt Glasfassaden anzutreffen. Bei Gebäuden mit einem hohen Anteil von Glasflächen können Photovoltaikelemente als Sonnenschutzelemente integriert werden. Semitransparentes Solarglas oder Sonnenschutzblenden helfen mit, den Licht- und indirekt den Wärmeeintrag ins Gebäudeinnere wirkungsvoll zu regulieren.

*Abbildung 21: **Photovoltaik- und Glasfassade.** Die Photovoltaikanlage hat im Vergleich zu den Glasfassaden am beim Hauptbahnhof Freiburg i.B. (Deutschland) eine ruhige Oberfläche. Quelle: M. Gutschner Freiburg i.Ue.*

*Abbildung 22: **Mit Glas und Photovoltaik eine besondere Atmosphäre schaffen**. Die Empfangshalle des IPS Medienhauses in Meckenheim (Deutschland). Quelle: Saint Gobain Glass Solar*

VIII. Ästhetik

Material und Energie haben die Architektur schon immer beeinflusst. Traditionelle und neue Baumaterialien sowie der „Energiehaushalt“ bestimmen häufig die Bauform und das Erscheinungsbild. Mit der Photovoltaik gibt es ein Novum in der Architektur: Photovoltaikelemente stehen gleichzeitig für Gebäudehülle und Stromgewinnung. Die traditionelle und neue Solararchitektur wird dadurch um die Stromkomponente erweitert und erhält dadurch einen entscheidenden Impuls.
Photovoltaikanlagen werden im Allgemeinen nach ihren ästhetischen Aspekten beurteilt. Es gibt zwei grundlegende architektonische Integrationsansätze:

a) Entweder wird die Multifunktionalität gebäudeintegrierter Photovoltaik hervorgehoben,
b) oder sie wird versteckt.
Beide Varianten sollten gesamtheitlich abgewogen zu einer optimalen Integration von Solaranlagen in ihre Gebäudeumgebung führen. Im ersten Fall bereichert die Photovoltaik die Architektur. Sie bietet modernes Design und neu gewonnene Nachhaltigkeit in einem und steht gleichzeitig für Fortschritt und Verantwortungsbewusstsein. Photovoltaik kann im zweiten Fall dort „diskret“ integriert werden, wo ihre Erscheinung aus anderen Interessen dezent gehalten werden soll.

IX. Denkmalpflege und Bautradition

Denkmalschutz und nachhaltige moderne Energietechnologien schliessen sich nicht aus. Die Integration von Photovoltaikelementen in ältere und / oder denkmalgeschützte Gebäude stellt aber besondere Anforderungen an Architektur, Planung und Umsetzung (s.“Architektur und Entwurfsprozess“).

Abbildung 23: ***Dach- und Fassadenlandschaft mit besonderer Schutzwürdigkeit.*** *Eine allseits zufrieden stellende Integration von Solaranlagen ist für die exponierten Gebäudeflächen im Burgquartier in Freiburg i.Ue praktisch unmöglich. Die Schutzwürdigkeit wird höher bewertet als die Stromgewinnung. Quelle: M. Gutschner Freiburg i.Ue.*

Abbildung 24: ***Moderne Kirche unter Solarstrom.*** *Tituskirche in Basel weist eine Solaranlage mit 12 kW aus. Diese ist mit rahmenlosen Modulen aufs Schieferdach montiert. Quelle: Holinger Solar, Bubendorf*

Abbildung 25: ***Marktgebäude mit Photovoltaik.*** *Lielahti Markt in Tampere Finnland. Quelle: Naps Systems Oy, Finnland*

Die Raumplanung und Siedlungsentwicklung wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Die oben ausgeführten solarmorphologischen Indikatoren können den Ist-Zustand der überbauten Gebiete hinsichtlich der photovoltaischen Eignung beschreiben. Diese Indikatoren sind aber auch für langfristige und umsichtige Raumplanung und Siedlungsentwicklung nützlich. Insbesondere helfen sie, den Weg zur Nutzung wichtiger natürlicher Ressourcen wie die Sonnenenergie nicht zu verbauen, sondern zukünftigen Generationen offen zu halten.

Die solar-energetischen Kriterien bieten damit eine Orientierung. Ein nachhaltiger Soll-Zustand für einen Lebensraum mit hoher Qualität schliesst Energieeffizienz und eine optimale Nutzung von Solarenergie mit ein.

Die lokalen Behörden haben verschiedene Möglichkeiten, die Siedlungsentwicklung günstig zu beeinflussen, z.B.

- Raumplanerische und bauliche Vorschriften können direkt oder indirekt (z.B. Ausnützungsziffer, Bautenhöhe, -tiefe und -abstände) ortsangepasste solar-energetische Kriterien und einfache solar-architektonische Grundsätze aufgreifen.
- Im Rahmen der Energieplanung können solare Zonen ausgeschieden werden. In diesen Zonen können lokale Regelungen nicht nur zu einer effizienteren und nachhaltigeren Bausubstanz und Energienutzung, sondern gleichfalls zu hoher Lebensqualität beitragen.

Für einzelne Gebäude wie auch grössere Überbauungen stehen aus solarenergetischer Sicht folgende Kriterien und Grundsätze im Vordergrund:

- Kompaktheit der Baukörper(struktur): Optimierung der Aussenfläche / Volumen - Verhältnisse (A/V)
- Orientierung der (Haupt) Fassaden mit Wohn- und Arbeitsräumen: Optimierung der passiven und aktiven Nutzung der Solarenergie, insbesondere Verminderung des solaren Verlustes gegenüber idealer Orientierung für passive Nutzung
- Gestaltung des Daches: Optimierung der Ausformung der Dachaussenfläche (Orientierung und Neigung) sowie Optimierung der passiven und aktiven Nutzung der Solarenergie, insbesondere Verminderung des solaren Verlustes gegenüber idealer Orientierung für aktive Nutzung
- Verschattung durch Gebäude, Vegetation und Topographie: Optimierung der Abstand / Höhen - Verhältnisse sowie Optimierung der Verschattungsverhältnisse, d.h. der Verminderung von verschattungsbedingten Verluste

Zwei Beispiele (s. übernächste Seite) illustrieren einzelne Umsetzungsmöglichkeiten. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass kompakt genutzte Flächen und einheitliche Dachhöhen ideale Voraussetzungen für dachintegrierte Photovoltaikanlagen bilden. In weniger kompakten Überbauungsstrukturen mit sehr unterschiedlichen Gebäudehöhen empfehlen sich fassadenintegrierte Systeme.

Bestimmungen zu Solaranlagen aus dem Vollzugsordner Energie im Kanton Zürich

Solaranlagen können in Zürich bewilligungsfrei erstellt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

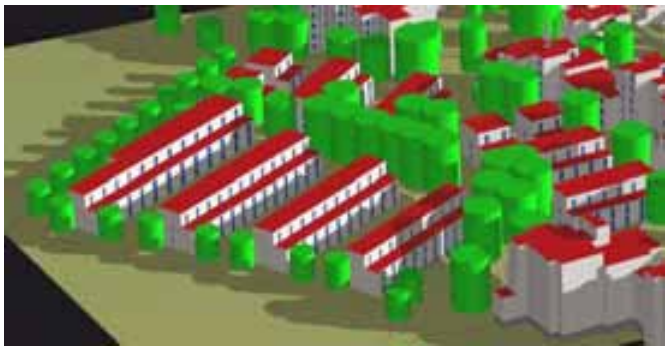
- die Anlage muss auf einem Dach realisiert werden;
- das betreffende Gebäude muss in einer Bauzone, ausgenommen Kernzone, stehen und darf nicht im Geltungsbereich einer anderen Schutzanordnung oder eines Ortsbild- oder Denkmalschutzinventars liegen;
- die Fläche der Solaranlage darf 35 m^2 nicht überschreiten und muss zusammenhängend sein (keine Aufteilung in Teilflächen);
- die Anlage darf die übrige Dachfläche um höchstens 10 cm überragen.

Info: http://www.energie.zh.ch

Abbildung 26: ***Ausgewählte Gebiete typischer Siedlungsstrukturen aus der Stadt Freiburg i.Ue.*** *Quelle (unbearbeitetes Bild): Edilité de Fribourg*

Tabelle 2: ***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 Elektrizitätsendverbrauch auf Jahresbasis). Quelle: NET, St.Ursen*

Siedlungs-struktur	A Wohnzone mit kleineren Gebäuden	B Wohnzone mit grösseren Gebäuden	C Industrie- und Gewerbezone	D Zentrum / Kernzone	E Altstadt / Kernzone
Gebäude	Einfamilien- und kleinere Mehr-familienhäuser	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
Dachaus-formung	meist einfach ausgeformtes Schrägdach (v.a. Satteldach, auch Walmdach)	meist einfach ausgeformtes Flachdach, auch wenig steiles Schrägdach	Flachdach, Shed-dach, seltener Schrägdach	Flach- und Schrägdach, oft stark beansprucht	Schrägdach, feingliedrig bis verschachtelt
Dachpotenzial	*** sehr gross	*** gross bis sehr gross	*(**) variabel	* eher bescheiden	(*) sehr bescheiden
Fassaden-potenzial	* bescheiden	*** sehr gross	* bescheiden bis mit-telmässig, punk-tuelle Publizität!	* bescheiden, aber hohe Publizität	- quasi null (Schutzwürdigkeit)
Solarpotenzial	50 bis 150%	30 bis 70%	10 bis 100%	0 bis 30%	0 bis 10%



*Abbildungen 27 und 28:**Optimierungsbeispiel für solar- und energieeffiziente Planung.** Die topographische Situation ist durch einen ca. 6% nach Osten abfallenden Hang und eine südlich und östlich angrenzende 3-8 geschossige Bebauung gekennzeichnet. Die ursprüngliche Planung (links) sieht 2 1/2 geschossige Reihenhäuser mit 8,5m Tiefe bei einem Gebäudeabstand von rund 12-13 m mit darunter liegender Tiefgarage vor. Dieser Planungsansatz führt zu einer sehr starken gegenseitigen Verschattung der Gebäude, welche auch die Besonnungsqualiät in den Wintermonaten erheblich beeinträchtigt. Infolge des ungünstigen Querschnitts weisen die Gebäude zudem einen weit überdurchschnittlichen Wärmeverlust auf. Der Optimierungsansatz (rechts) beinhaltet die Vergrösserung der Gebäudeabstände bei gleichzeitiger Erhöhung der zulässigen Gebäudetiefe auf 12 m, wodurch die Anzahl der Zeilen von 4 auf 3 reduziert wird, sowie eine Optimierung der Höhenentwicklung der Gebäude. Im Ergebnis kann hierdurch, unter Beibehaltung der Wohnfläche, a) der solare Verlust um über 50 % vermindert, b) der Heizwärmebedarf um über 40 % vermindert (bei unveränderten U-Werten und Luftwechselraten) und c) die Besonnungsdauer der Erdgeschosse im Winter bis zu verachtfacht werden. Aus photovoltaischer Perspektive ergeben sich mehr nutzbare Flächen und ein höherer Solarstromertrag, obschon das vorliegende Beispiel hinsichtlich des Wärmebedarfs (und Lichtqualität) und nicht explizit für die Solarstromgewinnung optimiert worden ist. Quelle: Solarfibel / Goretzki. 2002 Solarbüro für energieeffiziente Stadtplanung Dr.-Ing.Peter Goretzki, Stuttgart, www.gosol.de; aus: Solarfibel-städtebauliche Maßnahmen, Hrsg. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg.*

XI. Realisierte Solarsiedlungen

Bereits sind einige Solarsiedlungen mit Photovoltaik realisiert worden. Erfahrungen haben insbesondere die nördlichen Nachbarn in Deutschland, den Niederlanden, Dänemark und Grossbritannien gesammelt (s. untenfolgende Abbildungen). Bei Neubau oder Sanierungen von Siedlungen bieten sich für Photovoltaik gute Chancen:

- Grossflächige Anwendung mit einem hochwertigen Erscheinungsbild der Gebäudedächer und –fassaden
- Günstige System-, Planungs- und Montagekosten dank grossen Stückzahlen
- Hohe technische Effizienz (allenfalls mit spezifischen Befestigungssystemen und rationellen Montagesystemen)

*Abbildungen 29: **Solar als Verkaufsargument.** Titelblatt des Verkaufs- und Werbedokuments der Bedzed Solarsiedlung in Grossbritannien. Die Photovoltaik ist nicht nur Teil der Energieversorgung der Null(fossil)energiehäuser, sondern Teil des Marketings und modernen nachhaltigen Lebensstils. Die solaren Appartements stehen in Beddington im Grossraum London. Quelle und Information: http://www.bedzed.org.uk*

Abbildungen 30 bis 32: ***Wohnen und Arbeiten in solaren Appartements.*** *Aufnahmen der Fassade und des Dachs sowie die Übersichtsaufnahme zeigen das solare Design der Null(fossil)energiehäuser in Beddington (GB). Quelle: Bill Dunster Architects*

Abbildungen 33 bis 35: ***Siedlungsbau mit der Sonne.*** *Mehrere hundert Gebäuden (Einfamilienhäuser, Kindergarten, etc.) sind beim Bau der Siedlung Nieuwland in Amersfoort (NL) mit einer Photovoltaikanlage versehen worden. Dank der integrierten Planung sind die verschiedenen Anforderungen und Bedürfnisse gut aufeinander abgestimmt. Quelle: Ecofys, Niederlande*

Abbildungen 36 bis 38: ***Nullemissionshäuser in der Sonnenstadt Heerhugowaard (NL).*** *Die „Stad van der Zon" (Stadt der Sonne) in Heerhugowaard umfasst eine grosse Neuüberbauung mit 1410 Häusern, die nach den Grundsätzen von „Nullenergie – Nullemission" gebaut werden. Die Photovoltaik ist von Beginn an in der Planung mit berücksichtigt worden und bildet einen Eckstein der Stromversorgung. Insgesamt werden hier 2,45 MW Solarleistung in die neue Siedlung integriert.*

Info: http://www.heerhugoward.nl. Quelle: C. Bakker, Niederlande

Abbildungen 39 bis 41: ***50 Solarsiedlungen in Nordrhein-Westphalen (D).*** *Das bevölkerungsreichste Bundesland Deutschlands, Nordrhein-Westphalen, verfolgt mit dem Programm „50 Solarsiedlungen" eine Steigerung der Lebensqualität und der energetischen Nachhaltigkeit. Die ersten Erfahrungen sind in einem Planungsleitfaden zusammengetragen und jede Solarsiedlung wird anschaulich dokumentiert. Info und Quelle: Programm 50 Solarsiedlungen, http://www.50-solarsiedlungen.de*

Abbildung 42: ***SOL – Sonnenenergie für bestehende Siedlungen in Dänemark.*** *Dänemarks SOL Programme stehen für eine Auswahl und kommerzielle Umsetzung verschiedener günstiger Standardanlagen für bestehende Wohnbauten. Es ist kein wirkliches Solarsiedlungsprogramm, dennoch ist es ein zentrales Anliegen, in ausgewählten Gebieten - im Bild Braedstrup (Jütland, DK) - die Solartechnologie verdichtet und standardisiert anzuwenden. Das erste Programm (SOL-300) umfasste 300 Anlagen, das Nachfolgeprogramm (SOL-1000) strebt die Installation von 1000 Anlagen an. Trotz der etwas beschränkteren Integrationsmöglichkeiten der Standardanlagen in die bereits bestehenden Wohngebäude, findet das Programm grossen Anklang bei der Bevölkerung und Behörde. Info: http://www.sol300.dk / http://www.sol1000.dk. Quelle: Energimidt Dänemark*

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