

## UMWELT UND PLANUNG



Univ.-Prof. Arch. DI Dr.  
Martin Treberspurg, BOKU Wien  
Initiator der Serie „Umwelt und  
Planung“

## ANALYSE UND BEWERTUNG DER ENERGETISCHEN, ÖKONOMISCHEN UND ARCHITEKTONISCHEN QUALITÄT URBANER SOLARENERGIEBAUTEN

M. Amtmann(a), A. Lechner(b), T. Mach(c), T. Selke(d)

(a) Austrian Energy Agency, Wien

(b) Institut für Gebäudelehre, TU Graz

(c) Institut für Wärmetechnik, TU Graz

(d) Austrian Institute of Technology, Wien

Die Knappheit fossiler Energieträger und das damit verbundene Sinken der Wirtschaftlichkeit fossiler Wärmebereitstellung verschärft die Notwendigkeit des Einsatzes erneuerbarer Energieträger, die bis dato nur in unzureichendem Maße genutzt werden. Zur Zeit sind wir Zeugen einer „Zeitenwende“, wie Sabine Kraft sie beschreibt und in der es darum geht, am Anfang einer langen Umbruchphase eine neue Form des gesellschaftlichen Stoffwechsels mit der Natur zu finden.<sup>1</sup> Der Gebäudesektor ist einerseits einer der Hauptemittenten von CO<sub>2</sub> und verbraucht andererseits einen hohen Anteil an Fläche, die nicht mehr für den Anbau von energetisch nutzbarer Biomasse eingesetzt werden kann. Es ist daher erforderlich, Gebäude nicht nur so energieeffizient wie möglich zu gestalten und zu betreiben, sondern die verbauten Flächen auch so effektiv wie möglich für die Energieumwandlung zu nutzen. Die Erforschung des thermischen Verhaltens einzelner Gebäude ist dabei durchaus nicht mehr neu. Solarthermie wird seit jeher zur Beheizung von Gebäuden genutzt. Der heutige Stand der Technik macht es möglich, selbst in Mitteleuropa 50 % und mehr des Warmwasser- und Heizbedarfs von Wohnbauten über thermische Kollektoren aus Solarenergie zu decken. Doch was bedeutet effiziente Nutzung regenerativer Energie im urbanen Maßstab? Wie funktioniert das Zusammenspiel von Energiegewinnung und -verbrauch in dieser Dimension? Ist die Bezeichnung Plus-Energie automatisch mit Solarstromproduktion und -überschuss am Standort verbunden, oder kann man auch mit thermisch betriebenen Solarsystemen „überproduzieren“ und diesen Ertrag verwenden oder einspeisen?

### Haus der Zukunft Plus – Solarenergie Urban

Diese Fragestellungen bearbeiten die Austrian Energy Agency, die Technische Universität Graz, das Austrian Institute of Technology und die Dr. Ronald Mischek ZT

<sup>1</sup> Sabine Kraft: Zeitenwende, archplus 184, 2007, 24ff.

GmbH gemeinsam im 2009 gestarteten Projekt „Solarenergie Urban“, mit Forschungsförderung aus der Programmlinie Haus der Zukunft Plus.<sup>2</sup> Das Vorhaben wird in enger Anbindung an den Task 41 „Solar Energy and Architecture“ des Programms „Solar Heating and Cooling“ der International Energy Agency durchgeführt. Das Projekt basiert auf einer starken interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen ExpertInnen aus Architektur, Baupraxis, der Wirtschaftlichkeitsanalytik und der thermisch-energetischen Gebäude- und Systembewertung, um die Fragestellungen im Sinne der Nachhaltigkeit umfassend behandeln zu können:

- Energetische Analyse der urbanen Randbedingungen (Verschattungsanalysen, Verfügbarkeit der Hüllflächen, saisonale Deckungsbeiträge, etc.)
  - Energetische und bautechnische Analyse und Bewertung der Nutzbarkeit und Integrationsfähigkeit solarer Energiequellen an urbanen großvolumigen Gebäuden
  - Analyse von Lebenszykluskosten und Erträgen im Verhältnis von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieaufwand
  - Vergleichende Bewertung der architektonisch attraktiven Integration unterschiedlicher Solartechnologien
- Als Ergebnis des Projektes wird anhand von vier konkreten „Case-Stories“ ein Manual mit energetischen, konstruktiven und architektonischen Planungsleitlinien für ArchitektInnen und Produktentwickler erstellt und weiters ein Tool zur energetischen und ökonomischen Bewertung unterschiedlicher thermischer Solartechnologien in der frühen Planungsphase entwickelt.

### Entwerfen von Szenarien – Herausforderungen aus energetischer und städtebaulicher Sicht

Die Nutzung von Solartechnologien bei Bestandsgebäuden und im städtischen Umfeld stellt eine besondere Herausforderung dar. Eine Möglichkeit, der Komplexität ganzer städtischer Strukturen zu begegnen, liegt in der Suche nach typischen, sich oft wiederholenden Erscheinungsformen. Ausgehend von vier realen mehrgeschoßigen Wohnbauten an den Standorten

<sup>2</sup> Haus der Zukunft Plus ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) abgewickelt.

Wien und Graz werden Szenarien für die energetische Bewertung im städtebaulichen Umfeld definiert. Analysiert werden eine Gründerzeit-Blockrandbebauung, eine Wohnanlage aus den 1970er Jahren sowie zwei Neubau-Wohnanlagen, um Typologien unterschiedlicher Baualterklassen zu erfassen.<sup>3</sup>

Für die Simulation wurden die realen Wohnbauten in einer geeigneten Simulationsumgebung modelliert und zu unterschiedlichen Szenarien bezüglich Orientierung, Verschattung, Dämmstandard und Integration aktiver Solarthermie kombiniert.

| ATTRIBUTE                                | AUSPRÄGUNGEN   |
|--|--|
| Att. 1<br>ORIENTIERUNG<br>STRASSENFASADE | Süd Ost West Nord  |
| Att. 2<br>VERSCHATTUNG<br>STRASSENFASADE | keine vorhanden  |
| Att. 3<br>NUTZUNGSART<br>GEBÄUDE         | Wohnen Büro  |
| Att. 4<br>WÄRMESCHUTZ<br>GEBÄUDEHÜLLE    | unsaniert eingeschränkt san. hochwertig san.                       |
| Att. 5<br>LAGE DER<br>KOLLEKTOREN        | Strassendach(DS) Strassenfassade(F) Hofdach(DH) DS + F DS + F + DH |
| Att. 6<br>ART DER<br>KOLLEKTOREN         | integriert vorgesetzt Röhren                                       |

Abb.1: Basisattribute der Variantenstudie, Institut für Wärmetechnik / TU Graz

In einem ersten Arbeitsschritt wurde eine detaillierte Verschattungsanalyse mit der Software ECOTECT durchgeführt, um die verfügbare Sonnenenergie für ausgewählte Fassaden- und Dachflächen unter Berücksichtigung der Eigen- und Fremdverschattung im urbanen Kontext zu berechnen. Im zweiten Arbeitsschritt wurde der Jahresheizwärmebedarf HWB [kWh/m<sup>2</sup>a] einzelner Wohneinheiten mittels dynamischer Gebäudesimulation (ENERGYPLUS) bestimmt. Die so generierten Lastzeitreihen für Heizen und Warmwasserbereitstellung wurden für die nachfolgende Simulation der solarthermischen Anlage verwendet (TRNSYS). Die thermische Simulation des Gesamtsystems von fassaden- und dachintegrierten solaren Kombianlagen ermöglicht eine energetische Bewertung des Anlagenverhaltens und zeigt den solaren Deckungsbeitrag für Heiz- und Warmwasserbedarf auf.

Es werden dabei Szenarien mit Zusatzdämmung der Gebäudehülle, sowohl mit Flachkollektoren als auch mit Vakuumröhren-Kollektoren untersucht. Lösungsansätze

<sup>3</sup> Gründerzeit-Blockrandbebauung: Radetzkystraße, 8010 Graz; Wohnanlage aus 1973: Berlinerring 33, 8047 Graz; Neubau-Wohnanlage LeoC: Leopoldauerstraße 147, 1210 Wien-Floridsdorf; und Neubau-Wohnanlage Rudolf Bednar Park: Leystraße, 1020 Wien-Leopoldstadt.

mit Vakuumröhren-Kollektoren sind insbesondere hinsichtlich architektonisch anspruchsvoller Einbindungen noch wenig erforscht, bieten jedoch aufgrund ihrer Struktur und ihrem rund 35 % höheren Ertrag<sup>4</sup> große gestalterische und energetische Potenziale.

Erste Ergebnisse der „Gründerzeit-Case-Story“ zeigen, wie angenommen, die große Bedeutung der Ausrichtung der Kollektoren für den Anteil der nutzbaren Solarwärme sowie der Vorlauf- bzw. Rücklauftemperaturen im Vergleich zwischen unsaniert von 90/70° C zu saniert von 55/40° C für die Effizienz der eingesetzten Kollektorfläche. Für die Gründerzeit-Blockrandbebauung sind 50 % solarer Deckungsgrad das erreichbare Maximum, und zwar ausschließlich im sanierten Zustand, mit idealer Ausrichtung und sehr großen Kollektorflächen und Speichervolumina.

Fassaden haben grundsätzlich eine kleinere jährliche Solareinstrahlung als Dächer, kommen aber bei genügend verfügbaren Südfächen ebenfalls für den Einsatz von thermischen Sonnenkollektoren in Frage, da vor allem der Ertrag im Winter wesentlich ist.

Die vorläufigen Ergebnisse der Untersuchungen unterstützen die These, dass sich die Definition „Null-Energie-Gebäude“ nicht auf isolierte Gebäude beschränken kann, sondern dass die Systemgrenze um die örtlichen Gegebenheiten bezüglich Angebot an erneuerbaren Energieträgern und hinsichtlich des Nachfrageprofils zu erweitern ist. Hier stellt sich jedoch die Frage nach der Standardisierung der Methode und der Machbarkeit der praktischen Umsetzung.

### Solarbilanz Tool – Herausforderung aus energetischer und ökonomischer Sicht

Aufbauend auf den Ergebnissen der energetischen Bewertung der vier „Case-Stories“ wird ein Tool (siehe Abb.2) für die energetische Bilanzierung erstellt. Damit sollen ArchitektInnen eine energetische Jahresbilanz

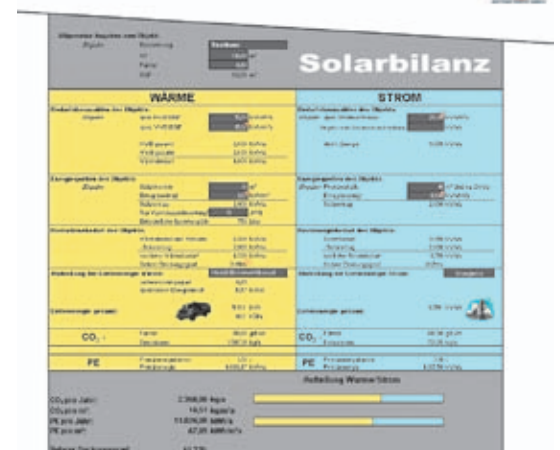


Abb.2: „Solarbilanz“ Tool für die energetische Bilanzierung, Forschungsbereich Energiesysteme / AEA

<sup>4</sup> Julia von Mende, Marion Soldan: Solarthermie, archplus 184, 2007

und eine erste Abschätzung der für die Solarnutzung erforderlichen Flächen bereits in der frühen Planungsphase durchführen können – was bisher aus Ressourcengründen im Allgemeinen nicht geschah. Zusätzlich wird ein Kostenmodul implementiert, das die Gegenüberstellung der Investitions- und Betriebskosten von erneuerbaren Energiesystemen mit den erzielbaren finanziellen Erträgen ermöglicht.

#### Herausforderungen aus architektonischer und konstruktiver Sicht

„Die Sonne einzuführen als eine verpflichtende Aufgabe des Architekten“ verstand Le Corbusier in der „Charta von Athen“ insofern, als dass er in seinen architektonischen Konzepten versuchte, eine optimale Verknüpfung von Gebäude und Umwelt zu entwickeln. Die Stütze dient beispielsweise nicht mehr rein ihrer strukturellen Aufgabe, sondern wird zum Verschattungselement. Solartechnologien nicht ausschließlich zur Warmwasserbereitung und Stromerzeugung als Energiebereitstellungssystem zu betrachten, sondern gleichzeitig auch als architektonisches Gestaltungselement einzusetzen, wird vermehrt unter dem Schlagwort „Gebäudeintegration“ angesprochen. Dabei kommen Photovoltaiksysteme und thermische Solarmodule im Gebäude als multifunktionale Komponenten zur Anwendung und werden ein integraler Bestandteil des gesamten architektonischen Entwurfs.

Im Projekt Solarenergie Urban werden sowohl Kriterien für architektonische Qualität als auch – entlang der vier bearbeiteten „Case-Stories“ – Leitlinien zur Bewertung der Integration unterschiedlicher Solartechnologien/Produkte in der frühen Planungsphase erarbeitet. Die Bewertung der architektonischen Qualität wird dabei in zwei Schritten vorgenommen, die diese zugleich methodisch exemplifizieren: Erstens durch Varianten- bzw. Szenarienbildung – also ein iteratives und vergleichendes Verfahren, das der Arbeit in der Entwurfsabteilung eines Architekturbüros entspricht. Zweitens durch die mehrfach motivierte (interdisziplinär durch die Projektbeteiligten), nachvollziehbare Entscheidung für ein Szenario, das dann auch ausführlich erläutert, berechnet und visualisiert wird.

Grundlegende Entscheidungen für solarenergetische Aspekte stehen immer schon am Beginn von Entwurfsarbeiten – i.e. topographische und städtebauliche Aspekte wie Baukörperpersuierung, Gebäudeorientierung, Lage von Erschließungs- im Gegensatz zu Aufenthaltsräumen etc.

Da es in den hier untersuchten Fällen um Fragen nach dem Zusammenspiel von baulichem Bestand und solartechnischer Nachrüstung geht, markiert das Projekt auch die Bedeutung, die hochwertigen Visualisierungstechniken für den Entscheidungsprozess (zumal im denkmalgeschützten Bereich) zukommt. Dass die Kompetenz der Architektur auch als „Bildproduzentin“ nicht alleine im Aufzeigen von Bandbreiten an Möglichkeiten, sondern in der eindeutigen Entscheidung für eine – im je spezifischen Fall – gestalterisch motivierte und überzeugende Variante liegt, ist evident. Um diese Entscheidung aber treffen zu können, muss sie als reguläres Verfahren eines Entwurfsprozesses in Varianten visualisiert werden können. Hier liegt ein wesentlicher, medientechnischer Aspekt der Architekturproduktion im Bereich von CAAD-Software, die mit entsprechend aktuellen Bibliotheken von Herstellern verknüpft werden sollte. Um nämlich Solarthermie als Baukörper-, Fassaden-, Brüstungs- und Dachelemente in den Alltag der Entwurfsprozesse zu bringen, ist die Einbindung in ein digitales 3-D-Modell mitsamt hochwertigen Visualisierungstools erforderlich. Nur durch den Umstand, dass sie ganz sprichwörtlich ins Blickfeld der Architektur bzw. des Entwurfsalltags geraten, dass Licht-, Material-, und Oberflächenwirkungen von Produkten und Produktde-sideraten detailgetreu am Bildschirm wiedergegeben werden können, eröffnet sich den Entwerfenden auch der aktive gestalterische Zugriff auf eine Palette an Ausdrucks- und Gestaltungsformen, die sich integral zu architektonischer Qualität verdichten können.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Vgl. hierzu IEA Task 41 – Solar Energy and Architecture. Subtask B – Methods and Tools for Solar Design

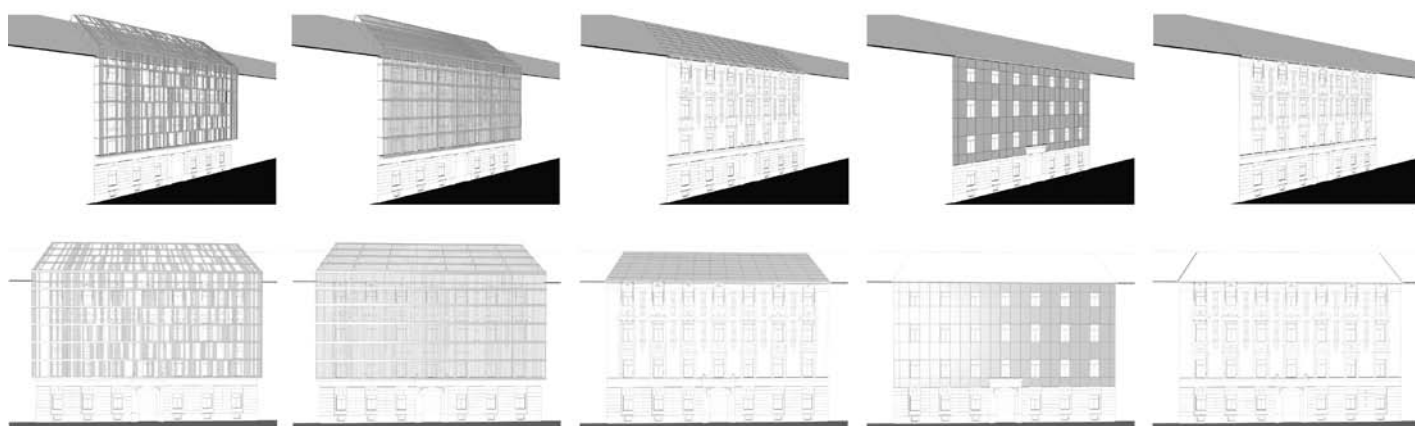


Abb.3: Ansichten und Perspektiven der verschiedenen Szenarien, Institut für Gebäudelehre / TU Graz



Abb.4: „Case-Story“ Radetzkystraße: Ein Detail der ausgewählten Lösung mit Vakuumkollektoren, Institut für Gebäudelehre / TU Graz

Das Einnehmen einer architektonischen Haltung ist nicht nur gefordert, wenn der Anspruch an „mehr“ als „nur“ technische Nachrüstung bzw. ökonomische und energetische Effizienzsteigerung gestellt wird. Damit im Fall von Sanierung und technischer Nachrüstung von architektonischer Qualität gesprochen werden kann, muss in der Gestaltung eine Motivation sichtbar werden. Diese kann sowohl durch Bezüge zum Bestand hergestellt werden

als auch durch die gestalterische Abstandnahme von jeglichem Bezug zum Bestand. Die sinnliche Intelligenz sucht nach einer Motiviertheit der Erscheinung, die nach einem ersten Eindruck – sei dieser überraschend oder auch konventionell – jedenfalls nach dem Zusammenspiel (homogenisierend, heterogenisierend) der bei der Gestaltung zum Einsatz kommenden Materialien, Elemente und Formen sucht. Die Stringenz dieses

harmonisierenden oder auch kontrastierenden Zusammenspiels kann im gelungenen Fall als architektonische Qualität und im besten Fall als elegante Lösung überzeugen. „Eleganz ist eine Steigerung von Effizienz. Elegant ist die Lösung eines Problems, wenn sie nicht nur den kürzesten Weg einnimmt, sondern nebenbei auch noch andere Probleme löst.“<sup>6</sup>

#### Ausblick

Wie die 2010 zum zweiten Mal vergebenen Staatspreise für Architektur und Nachhaltigkeit eindrucksvoll belegen, sind die rechnenden und gestaltenden Sphären der am Bau von Gebäuden beteiligten Parteien „versöhnbar“. So wie die ausgezeichneten Gebäude Vorschläge für den gestalterisch motivierten Einsatz liefern, sollen auch im Projekt Solarenergie Urban möglichst konkrete Hinweise für die Produktentwicklung und planerische Integration von Solarthermie gegeben werden. Für Architekten und Immobilienentwickler werden die vier Szenarien so aufbereitet, dass dennoch keiner einheitlichen Ästhetik bzw. allgemein verbindlichen Regeln und Normativitätsansprüchen Vorschub geleistet wird. Architektur braucht keine Gestaltungsregeln, sondern Möglichkeits(spiel)räume, in denen sie immer wieder neue architektonische Qualitäten entwickeln kann. Denn wie unter dem Aspekt der höchsten wirtschaftlichen und energetischen Effizienz gebaut werden könnte, ist technisch relativ einfach zu beantworten. Den Anspruch auf Behaglichkeit, gestalterische Angemessenheit und Qualität – eben auch in der Integration von Solaren Systemen – jedoch mit Nachhaltigkeitskriterien zur Deckung zu bringen, ist genuin der Architektur vorbehalten.

Letztendlich geht es ja nicht darum, unter dem Aspekt des Energiesparens die beste Performance zu erreichen, sondern um Raumqualität und sinnliche Wahrnehmung, die zwar bei den klimatischen Faktoren anfängt, sich aber nicht darauf beschränkt.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Georg Franck: Verblasste Feinheit. In: *werk, bauen+wohnen*, 97/64. Jg. (5/2010), S. 42-45, hier 43

<sup>7</sup> Vgl. Sabine Kraft, Julia von Mende, Agnes Katharina Müller, ad. *archplus* 184, 2007: „Außerdem – und das ist zentral – geht es nicht nur um die energetische Performance, sondern um Aufenthaltsqualität und sinnliche Wahrnehmung, die zwar bei den klimatischen Faktoren anfängt, sich aber nicht darauf beschränkt.“



Abb.5: „Case-Story“ Radetzkystraße: Aufnahme des Ist-Zustands der straßenseitigen Fassade und Fotomontage einer Gestaltungsvariante mit Vakuum- Röhrenkollektoren, Institut für Gebäudelehre / TU Graz

#### Projektdaten

|  |  |
|--|--|
| Förderprogramm   | Programm „Haus der Zukunft Plus“   |
| Projektlaufzeit  | 1.10.2009 - 31.09.2011   |
| Tool und Projektdokumentation mit Projektende verfügbar unter: | <a href="http://www.energyagency.at">http://www.energyagency.at</a>  |
| Projektleitung   | DI Maria Amtmann<br>Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency<br>Mariahilfer Straße 136<br>1150 Wien<br><a href="mailto:maria.amtmann@energyagency.at">maria.amtmann@energyagency.at</a>   |
| Projekt- und Kooperationspartner                               | DI Tim Selke, AIT – Austrian Institute of Technology<br>Dr. Thomas Mach, TU Graz, Institut für Wärmetechnik<br>Dr. Andreas Lechner, TU Graz, Institut für Gebäudelehre<br>DI Sophie Grünewald, TU Graz, Institut für Gebäudelehre<br>DI Beatrice Unterberger, Dr. Ronald Mischek ZT GmbH |