

Solarenergie Urban

Analyse und Bewertung der energetischen, ökonomischen und
architektonischen Qualität urbaner Solarenergiebauten

M. Amtmann, A. Lechner, T. Mach, T. Selke, B. Unterberger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

23/2012

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Solarenergie Urban

Analyse und Bewertung der energetischen, ökonomischen und architektonischen Qualität urbaner Solarenergiebauten

DI Maria Amtmann, Ing. Thomas Barth (AEA)

Univ.-Prof. DI Dr. Gerhard Faninger (IFF, Uni Klagenfurt)

DI Susanne Gosztanyi, DI Tim Selke, DI (FH) Florian Stift
(AIT)

DI Lorenz Griendl, DI Dr. Richard Heimrath,
DI Dr. Thomas Mach (IWT, TU Graz)

DI Sophie Grünewald, DI Dr. Andreas Lechner (IGL, TU Graz)

Ing. Peter Jacob (Mischek Bauträger Service GmbH)

DI (HTL) Emanuel Mairinger, DI Beatrice Unterberger
(Dr. Ronald Mischek ZT GmbH)

Wien, Dezember 2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	9
Abstract	12
1 Einleitung.....	15
1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik	15
1.2 Schwerpunkte der Arbeit	17
1.3 Methodische Vorgehensweise	17
1.4 Architektonische Qualität und städtisches Wohnen	21
2 Ergebnisse aus den Case Stories	26
2.1 Überblick über die Musterbauvorhaben	26
2.2 Über alle Szenarien gleich bleibende Annahmen der Systemsimulationen	26
2.3 Neubau – Geschoßwohnbau urbaner Randbezirk	31
2.4 Neubau – Geschoßwohnbau dichte Verbauung	44
2.5 Sanierung – freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre	54
2.6 Sanierung – Gründerzeithaus in Blockrandbebauung.....	72
3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Ergebnisse der Case Stories	82
3.1 Architektonische Aspekte gebäudeintegrierter Solarthermie.....	82
3.2 Schlussfolgerungen betreffend energetische Erträge und Deckungsgrade	86
3.3 Schlussfolgerungen aus bautechnischer und bauphysikalischer Sicht	87
4 Markt- und Realisierungspotenziale	90
5 Fazit und Ausblick	91
6 Literaturverzeichnis	92
7 Abbildungs- / Tabellenverzeichnis.....	95
8 Anhang	97
8.1 Überblick über kontaktierte Industrieunternehmen.....	97
8.2 Tools zur schnellen Abschätzung von relevanten Energie-, CO ₂ - und Kostenkennwerten.....	99
8.3 Projektkooperationen	108

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Der Gebäudesektor ist einerseits einer der Hauptemittenten von CO₂ und verbraucht andererseits einen hohen Anteil an Fläche. Es erscheint daher sinnvoll, Gebäude nicht nur so energieeffizient wie möglich zu errichten, sondern darüber hinaus auch die verfügbaren Gebäudeflächen so effizient 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 einen hohen Anteil des Warmwasser- und Heizwärmebedarfs von Wohnbauten über thermische Kollektoren aus Solarenergie zu decken. Doch was bedeutet effiziente Nutzung regenerativer Energie im urbanen Maßstab?

Inhalte und Zielsetzungen

Folgende Fragestellungen und deren Beantwortung sind Gegenstand des Projekts: Wie groß sind die Auswirkungen der urbanen Verschattung auf die Solarernte? Wie wirkt sich der Energiestandard der Gebäude auf den solaren Deckungsgrad aus? Was sind die energetischen, architektonischen und bautechnischen Kriterien für den Einsatz solarthermischer Systeme in mehrgeschoßigen urbanen Wohngebäuden?

Methodische Vorgehensweise

Anhand von vier Case Stories urbaner Mehrgeschoßwohnbauten, die beispielhaft für weit verbreitete Gebäudetypen gewählt wurden, werden folgende Aspekte für den Einsatz solartechnischer Systeme untersucht:

- Energetische Analyse der urbanen Randbedingungen (Verschattungsanalysen, Verfügbarkeit der Hüllenflächen, saisonale Deckungsbeiträge, etc.)
- Analyse und Bewertung der architektonisch relevanten Aspekte
- Bautechnische Analyse und Bewertung der Nutzbarkeit und Integrationsfähigkeit
- Auslegung und Simulation der thermischen Solaranlagen
- Zielgruppengerechte Aufbereitung von Planungshilfen für die frühe Planungsphase von urbanen Solarenergiebauten mit Fokus auf Neubau und Sanierung von großvolumigen urbanen Wohnbauten

Das Projekt basiert auf einer starken interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen ExpertInnen aus Architektur, Baupraxis, Wirtschaftlichkeitsanalytik und der thermisch-energetischen Analytik, um die Fragestellung im Sinne der Nachhaltigkeit umfassend behandeln zu können.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projekts werden in Form von vier Case Stories durch eine ausführliche Darstellung der analysierten Fallbeispiele und in den Schlussfolgerungen dokumentiert:

- Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen an fassadenintegrierte Solarthermiekollektorsysteme
- Planungsgrundlagen für urbane Solarenergiebauten für den Neubau und die Sanierung von großvolumigen Wohnbauten anhand vier konkreter Case Stories (architektonische, energetische, bautechnische, bauphysikalische und baurechtliche Kriterien)

Darüber hinaus wurde ein Tool zur energetischen und ökonomischen Bewertung unterschiedlicher thermischer Solartechnologien in der frühen Planungsphase entwickelt.

Schlussfolgerungen

Hochwertige Grün- und Freiraumgestaltung in qualitativ dichten, d.h. auch mit möglichst funktionsgemischten Erdgeschoßbereichen ausgestatteten und an öffentliche Verkehrsmittel angebundenen Wohnformen im städtischen Umfeld sind unabdingbare Voraussetzung nachhaltiger Wohnformen. Mit dem Einsatz solarthermischer Systeme in den vier gewählten Case Stories konnten solare Deckungsgrade (SD-Wert) von über 70 % erreicht werden. Es konnte simulationstechnisch gezeigt werden, dass auch im urbanen Umfeld die Möglichkeit besteht, eine durch passive und aktive Solarthermie dominierte Wärmeversorgung von Gebäuden zu bewerkstelligen.

Dies kann jedoch nur erreicht werden, wenn großflächige Kollektorflächen und große Speichervolumina in die Gebäudestruktur hocheffizienter Gebäude integriert werden können. Aus gestalterisch-architektonischer Sicht lässt sich die solare Energiegewinnung dabei auf zwei Bereiche konzentrieren: Zum einen als normativ-generische Standardoption, die aufgeständerte Kollektoren auf – so eben vorhandenen – Flachdächern vorsieht und damit im Allgemeinen wenig gestaltungsrelevant wird. Und zum anderen die Erweiterung solarthermisch aktiver Flächen in den Dach- bzw. Fassadenbereich, die unmittelbar und hochgradig in vorhandene oder zu entwerfende Erscheinungsbilder eingreifen.

Der Einsatz von Dachkollektoren ist dabei als erste Option zu sehen, da diese für den Einsatz im städtebaulichen Umfeld bestens geeignet sind und keine bis wenig Verschattung der Kollektorflächen auftritt. Die Integration von Fassadenkollektoren in eine städtebauliche Situation kann, aufgrund der Verschattung durch umliegende Gebäude, in sehr geringen solaren Deckungsgraden enden und muss daher situationspezifisch durch Verschattungsanalysen bereits bestehender, aber auch möglicher Verschattungen vorab bewertet werden. Für das Erreichen gestalterisch solider Lösungen sind bei dieser Option zudem die Integration in den Entwurfsprozess und dessen iterative Entscheidungsfindungen, Abschätzungen, vergleichende Studien und Visualisierungen unabdinglich. Wie die vier Case Stories aufzeigen, lassen sich konkrete Gestaltungsqualitäten in diesem Ansatz nur im ebenso konkreten Projektzusammenhang ausarbeiten.

Neben den Richtlinien zur passiven Sonnenergienutzung lässt sich für die gebäudeintegrierte Solarthermienutzung aus gestalterischer Hinsicht jedenfalls noch die prinzipielle Unvereinbarkeit mit historischen Fassadencharakteren konstatieren bzw. die wesentlich schlüssiger gestalterisch handzuhabende Integration je deutlicher, scharfkantiger und klarer konturierter sich (zeitgenössische) Gebäudekubaturen- und -elemente eines Entwurfs mit den aktiven Flächen verbinden lassen. Der mehrfach motivierte Einsatz aktiver Elemente – als solarthermischer Kollektor und zugleich als Brüstungs- oder Absturzsicherungselement, als semitransparentes Fensterparapet, als Sonnenschutz, als Überdachung etc. – ist vielversprechend und zukunftsweisend.

Die Entwicklung von Objekt- und Visualisierungsdatenbanken für den aktiven Zugriff der Entwurfsabteilungen auf vorhandene oder mögliche Produkt- und Gestaltungsbandbreiten wäre ein wichtiger Schritt zur breiteren gestalterischen Auseinandersetzung durch die Architektur.

Unter technisch-energetischen Gesichtspunkten ist die Identifizierung von Abnehmern produzierter Überschusswärme als eines der Aufgabengebiete der nächsten Jahre zu sehen. Je größer der solare Ertrag gegenüber dem Verbrauch ausfällt, umso größer fällt auch die Überproduktion des Solarsystems aus. Kann im urbanen Raum ein Abnehmer für eine derartige synergetische Beziehung gefunden werden, dann steigt damit schlagartig die energietechnische und wirtschaftliche Effektivität der solarthermischen Systeme mit hohen Deckungsgraden.

Projektumfeld

Das vorliegende Projekt wurde in enger Kooperation mit dem IEA SHC TASK 41 (Solar and Architecture) und dem COMET-Projekt MPPF (Multifunctional Plug & Play Facade) durchgeführt.

Abstract

Starting point / Motivation

The building sector is one of the major CO₂-emittents on the one hand and on the other hand consumes a large share of space. In this context it is reasonable to plan and construct buildings in the most energy-efficient way, in order to keep energy consumption during utilisation as low as possible, and at the same time to use the building shell for energy production in an optimal way.

The investigation of the thermal performance of individual buildings is certainly not new. Solar thermal energy has always been used to heat buildings. The current state of technology makes it possible to cover, even in Central Europe, a high amount of the hot water and heating demand of residential buildings by using solar thermal collectors. But what means efficient use of renewable energy in the urban scale?

Content and objectives

The project tries to answer the following questions: Which amount of the annual demand for heating and hot water supply can be covered by solar thermal systems in the urban area? How big are the effects of urban shading on the solar fraction? How do the energy standards of the buildings effect the solar fraction? What are the energetic, architectural and structural criteria for the implementation of solar thermal systems in multi-storey urban residential buildings?

Methodical approach

Based on four case stories of urban multi-storey residential buildings, the following aspects of solar technical systems have been examined by different professional disciplines:

- Energy analysis of urban conditions (shading analysis, availability of building envelope area, seasonal solar fractions, etc.)
- Analysis and assessment of the architectural aspects
- Constructional analysis and evaluation of usability and integration capabilities
- Dimensioning and simulation of solar thermal systems
- Targeted preparation of planning tools for the early planning phase of urban solar energy buildings focusing on the construction or rehabilitation of large-scale urban residential buildings

The project is based on a strong interdisciplinary collaboration between experts in architecture, construction practices, profitability analysis, the thermal and energy analysis in order to treat the questions in terms of sustainability comprehensively.

Results

The results of the project are documented in form of four case stories by a detailed description of the analysed example buildings and in the conclusions.

- Building physics and engineering requirements of façade-integrated solar thermal collector systems
- Design principles for urban solar energy buildings for the construction or rehabilitation of large-scale residential buildings using four specific case stories (architectonical, energetic, construction, building construction, physics and legislation criteria)

Furthermore a tool for energetic and economic assessment of different solar thermal technologies in the early planning phase was developed.

Conclusions

High-quality green and urban area design in dense living areas with function-mixed ground floor areas, closely tied to public transport, are a precondition of sustainable living. With the use of solar thermal systems in the four selected case stories, a solar fraction of more than 70% can be reached. So it could be shown in the simulations that even in the urban area passive and active solar heat supply of buildings is possible.

However, this high solar fraction can only be achieved if large collector areas and large storage volumes can be integrated into the building structure of highly efficient buildings. From the architectural view, the solar energy gains can be focused on two areas: on the one hand as a normative-generic standard option, which provides elevated panels on – if available – flat roofs, and for this in general small design changes are necessary. On the other hand, the extension of active solar thermal areas in the roof or façade area which intervene directly and profoundly in existing and future appearances.

The use of roof panels can be seen as a first option in the urban environment because little shading of the collector occurs. The integration of facade panels can result in a very low degree of solar coverage in an urban situation. A situation-specific shading analysis of the already existing but also potential shadowing should be evaluated in advance. Furthermore for the achievement of solid designed solutions, for this option the integration into the development process and its iterative decision-making, assessments, comparative studies and visualizations is essential. As the four case stories show, specific design qualities in this approach only can be elaborated with an equally specific project context.

In addition to the guidelines for passive solar energy use, from a design point, the principal incompatibility with historic façade characters can be stated. Design coherent integration of active areas can be realized much better in more sharp-edged, and clearly contoured (contemporary) building cubatures. The multiple motivated use of active elements – for example as a solar thermal collector and also as a parapet - as semitransparent window parapet, as sun protection, as roofing etc.- is very promising and forward-looking.

The development of object and visualization data banks for the active access for the design departments to these existing or potential product and design scopes would be an important step for a wider design discourse by the architecture. Under technical-energetic aspects the identification of additional customers of the produced heat from the thermal collectors has to be seen as one of the challenges of the next years. The larger the solar gains compared to the consumption, the larger is the overproduction of the solar system. Can a business partner for this surplus energy be found even a successful business model can be developed. In any way the technical and economic efficiency of solar thermal systems rises abruptly when the produced amount of solar energy is not limited to the specific demand of the building.

Project context

This project is conducted in close cooperation with the IEA SHC TASK 41 (Solar and Architecture) and the project MPPF (Multifunctional Plug & Play Facade).

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik

Zero-Carbon-Emission-Gebäude bzw. Plus-Energie-Gebäude werden in Österreich seit einiger Zeit thematisiert. Der Gebäudesektor ist einerseits einer der Hauptemittenten von CO₂ und verbraucht andererseits einen hohen Anteil an Fläche. Es erscheint daher sinnvoll, Gebäude nicht nur so energieeffizient wie möglich zu errichten, sondern darüber hinaus auch die verfügbaren Gebäudeflächen so effizient wie möglich für die Energieumwandlung zu nutzen.

Der heutige Stand der Technik macht es möglich, selbst in Mitteleuropa einen hohen Anteil des Warmwasser- und Heizwärmebedarfs von Wohnbauten (freistehende Einfamilienhäuser) über thermische Kollektoren aus Solarenergie zu decken. Doch welche solaren Deckungsanteile am Jahreswärmebedarf können für Heizen und für die Warmwasserbereitstellung im urbanen Umfeld erreicht werden? Was bedeutet effiziente Nutzung solarer Wärme im urbanen Maßstab und wie verändert sich dadurch das Erscheinungsbild des städtischen Raums?

Im Sommer 2009 wurde das Projekt Solarenergie Urban zur Beantwortung dieser Fragestellung begonnen. Dieses Vorhaben wird in enger Anbindung mit dem IEA Task 41 *Solar Energy and Architecture* des *Implementing Agreement on Solar Heating and Cooling* durchgeführt. Ziel des IEA SHC Task 41 ist es, die Vereinbarkeit von energetischer Optimierung und qualitativ hochwertiger Architektur von Gebäuden zu zeigen. Ebenso besteht eine enge Anbindung am COMET-Projekt MPPF (Multifunctional Plug&Play Facade). Neben einer Reihe anderer Zielsetzungen wird im Projekt MPPF der Ansatz verfolgt, solarthermische Kollektoren in vorgefertigte Fassadenkonstruktionen zu integrieren.

Solartechnologien zur Warmwasserbereitung und Strombereitstellung mittels Sonnenenergie wurden in den letzten Jahren immer häufiger genutzt, im urbanen Kontext werden sie jedoch noch wenig eingesetzt und meist beschränkt sich ihre Anwendung hier auf die Installation von Sonnenkollektoren am Dach. Solartechnologien auch für durchschnittliche Bauaufgaben – insbesondere für den städtischen Wohnbau – selbstverständlich und gestalterisch solide handhabbar zu machen, muss daher das Ziel sein. Die architektonisch attraktive Gebäudeintegration soll zur Akzeptanzsteigerung für solare Energiesysteme führen und zu deren Marktdurchdringung beitragen.

Da den gestalterischen Vorteilen von Photovoltaik-Technologien bei der Gebäudeintegration ein relativer Stillstand in der Weiterentwicklung architektonisch qualitätsvoller integrierbarer Solarthermie-Lösungen gegenübersteht, wird der Schwerpunkt dieses Projekts auf diese in puncto höherwertiger Gestaltung noch deutlich unterrepräsentierte thermische Solarenergie-nutzung gelegt.



Abbildung 1: „Solaria“ – Quelle: Roadmap 2050: A practical guide to a prosperous, low-carbon Europe, Volume 3, Graphical Narrative (© OMA/AMO)¹

Die Nutzung von Solartechnologien bei Bestandsgebäuden und im städtischen Umfeld stellt aus mehreren Gründen eine besondere Herausforderung dar. Im vorliegenden Projekt wurden vier mehrgeschoßige Wohnbauten im urbanen Umfeld auf das gestalterische, technische und wirtschaftliche Potenzial der Gebäudeintegration von solarthermischen Systemen untersucht und bewertet. Zunächst wurden mittels thermisch-dynamischer Simulation ausgewählte Mehrfamilienhäuser (MFH) sowohl in Stadtrandlage als auch in zentraler Lage hinsichtlich der für sie möglichen Solarenergieerträge durch eine bauliche Integration von Solarkollektoren untersucht. In weiterer Folge wurden die in Frage kommenden Gebäudeflächen dieser MFH einer Analyse unterzogen, inwieweit sie für eine architektonische Integration der Sonnenkollektoren in die Gebäudehülle geeignet wären, d. h., ob die durch Simulation ermittelten solaren Erträge mit architektonisch guten Lösungen realisiert werden könnten. Im Anschluss daran wurden für diese Lösungen unterschiedliche Systemkonfigurationen erstellt und mittels Solarsystemsimulation evaluiert.

Für positiv bewertete Solarsystemkonfigurationen wurden im nächsten Schritt bautechnische Einbindungsvorschläge erarbeitet. Schon bei konventionellen Gebäudehüllen ist die Komplexität der Planung nicht zu unterschätzen. Bei einem Entwurf mit solarthermischen Fassadenkollektoren erfährt sie eine weitere Steigerung. Es sind zusätzlich Kollektorherstellereangaben, solarthermische Vorgaben der Haustechnik sowie dieses Thema betreffende baurechtliche Vorgaben und Normen zu berücksichtigen. Bei letzteren ist zu bedenken, dass aufgrund der aktuell noch geringen Erfahrung mit Fassadenkollektoren im großvolumigen Wohnbau behördenseitig tlw. noch keine eindeutigen Aussagen vorliegen.

¹ http://www.roadmap2050.eu/attachments/files/Volume3_FullBook.pdf (02.07.2011)

Ergebnis des Projekts sind einerseits die im Zuge der vier untersuchten Case Stories und in diesem Bericht erläuterten Planungsgrundlagen für den Einsatz von solarthermischen Energiesystemen im großvolumigen Geschosswohnbau und andererseits die Entwicklung eines „Solarbilanz“-Planungstools für die frühe Planungsphase. Dieses Tool soll es ArchitektInnen ermöglichen, bereits in der frühen Planungsphase eines Gebäudes Lebenszykluskostenanalysen und CO₂-Grobbilanzen unterschiedlicher Varianten von Solarthermie- und Photovoltaikintegration zu ermitteln und zu bewerten.

1.2 Schwerpunkte der Arbeit

Im vorliegenden Projekt wurden vier mehrgeschoßige Wohnbauten (4 Case Stories – Fallstudien) im urbanen Umfeld an den Standorten Wien (Geschosswohnbau Randbezirk und Geschosswohnbau dichte Verbauung) und Graz (Gründerzeithaus, Wohnhochhaus aus den 1970er Jahren) auf das gestalterische, technische und wirtschaftliche Potenzial der Gebäudeintegration von solarthermischen Systemen untersucht und bewertet. Wesentliche Ziele der Untersuchungen waren:

- Identifikation geeigneter Gebäudehüllenflächen zur Integration von solaren Energiesystemen aus Sicht der Architektur, Bautechnik und ganzjährigen Verfügbarkeit solarer Einstrahlung
- Ermittlung des solaren Deckungsbeitrags am Jahreswärmebedarf für Heizen und Warmwasserbereitstellung
- Identifikation geeigneter Solarsystemkonfigurationen zur Erreichung hoher solarer Deckungsbeiträge größer 50 Prozent
- Entwicklung von Tools zur energetischen und ökonomischen Bewertung unterschiedlicher thermischer Solartechnologien in der frühen Planungsphase
- Architektonische Kriterien und Entwurfsaspekte sowie die Visualisierungen von architektonischen Varianten solarthermischer Integration
- Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen fassadenintegrierter Solarthermiekollektorsysteme
- Entwicklung von Planungsgrundlagen für urbane Solarenergiebauten für den Neubau und die Sanierung von großvolumigen Wohnbauten anhand von vier konkreten Case Stories.

1.3 Methodische Vorgehensweise

1.3.1 Arbeitsmethodik

Basierend auf der Forschungsförderung aus der Programmlinie Haus der Zukunft plus arbeiteten die Österreichische Energieagentur, die Technische Universität Graz (Institut für

Gebäudelehre und Institut für Wärmetechnik), das Austrian Institute of Technology und die Dr. Ronald Mischek ZT GmbH gemeinsam an diesem Forschungsprojekt. Die Ergebnisse werden in Form von Case Stories, also ausführlichen Fallanalysen der untersuchten Gebäude dargestellt. Anhand der Case Stories können die notwendigen Planungsschritte für die Umsetzung urbaner Solarenergiebauten beispielhaft dargestellt werden. Die Analyse der wurde in vier Teilberichten² dokumentiert, die in diesem Ergebnisbericht zusammengefasst wurde:

- Kurzbericht zur Definition des Gebäudetyps – Beschreibung der Case Stories, Amtmann M., Grünewald S., Lechner A., Unterberger B.
- Energietechnische Bewertung - Verschattungsanalysen und thermische Gebäudesimulation, Selke, T., Stift, F.
- Entwurfsaspekte „Solarenergie Urban“ und Visualisierungen der Case Stories, Lechner, A., Grünewald S.
- Energietechnische Bewertung – Systemsimulation, Mach, T., Heimrath, R.
- Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen, Analyse der bauphysikalischen und bautechnischen Anforderungen an die Integration von beispielhaften Solarthermiesystemen in Gebäudefassaden, Mischek GmbH ZT, Dr. Ronald
- Aufarbeitung der Erkenntnisse über die bauphysikalischen und bautechnischen Lessons learned anhand der vier Case Stories, Mischek GmbH ZT, Dr. Ronald

Die im Anhang beschriebenen Gebäudebewertungstools wurden im Rahmen eines Werkvertrags gemeinsam mit dem Institut für Interventionsforschung und Kulturelle Nachhaltigkeit an der Universität Klagenfurt entwickelt. Diese interdisziplinäre Zusammenarbeit erlaubte es, das Themenfeld aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Perspektiven zu untersuchen.

1.3.2 Verschattungsanalysen und thermische Gebäudesimulation

Eine Voraussetzung der energetischen Bewertung solarthermischer Systeme im mehrgeschoßigen Wohnbau ist die Berechnung von Jahreswärmebedarfsprofilen auf Basis von Stundenwerten. Dazu wird einerseits der Heizwärme- und Warmwasserwärmebedarf sowie andererseits die verfügbare Solarstrahlung auf verschiedenen Flächen der Gebäudehülle zu jeder Stunde im Jahr quantifiziert.

Im ersten Arbeitsschritt wurde daher eine detaillierte Verschattungsanalyse mit einer geeigneten Simulationsumgebung durchgeführt. Dazu erfolgte eine 3D-Modellierung der Gebäude in der Software ECOTECT³. Die Kubatur der umgebenden Gebäude wurde vereinfacht und geeignete Flächenraster für die sonnenzugewandten Gebäudefassaden definiert. Ergebnis der Verschattungsanalyse sind einerseits Stundenwerte der Solarstrahlung [kWh/m²] pro

² siehe 'Begleitende Berichte' Literaturverzeichnis

³ Autodesk Ecotect Analysis – <http://www.autodesk.com/>

Geschoß unter Berücksichtigung der Eigen- und Fremdverschattung im urbanen Raum und andererseits visuelle Darstellungen des Schattenwurfs für ausgewählte Zeiten am Tage.

Zur Berechnung der Stundenwerte für den Heizwärmebedarf der vier Wohnbauten wurden im nächsten Arbeitsschritt die Geometriedaten, die bauphysikalischen Parameter der Gebäudekonstruktionen sowie die Ergebnisse der Verschattungsanalyse in das Gebäudemodell der Simulationsumgebung EnergyPlus⁴ eingepflegt. Weiters wurden thermische Gebäudezonen, Nutzerprofile und Betriebszeiten der Heizung mit entsprechenden Temperatursollwerten ebenso wie der Warmwasserwärmebedarf definiert und modelliert.

In Abhängigkeit der Qualität der thermischen Gebäudehülle der jeweiligen mehrgeschoßigen Wohnbauten wurden im dritten Arbeitsschritt in Absprache mit den Projektpartnern unterschiedliche Szenarien hinsichtlich der Attribute „Wärmeschutz Gebäudehülle“, „Verschattung der Wohnbauten durch Nachbargebäude“, und „Orientierung der Gebäude“ definiert. Die dynamische Gebäudesimulation generierte Lastzeitreihen für den Heizwärmebedarf, die als Eingangsdaten für die nachfolgende Modellierung der solarthermischen Systemsimulationen dienten.

1.3.3 Architektonische und gestalterische Bandbreiten

Der architektonische Beitrag fokussiert zum einen auf prinzipiellen Kriterien für architektonische und räumliche Qualitäten städtischer Wohnformen und der Integration solartechnischer Systeme, zum anderen auf dem Aufzeigen von Bandbreiten an gestalterischen Möglichkeiten anhand von architektonischen Varianten solartechnischer Systeme die für die vier Case Stories jeweils erarbeitet wurden.

Die Frage nach architektonischer Qualität stellt sich immer als Möglichkeitsform, die unter gegenwärtigen Ein- und Beschränkungen (der derzeit am Markt befindlichen Produkte und deren Charakteristika, der baugesetzlichen Rahmenbedingungen und der ökonomischen Faktoren) sehr schnell an die Grenzen des Durchführbaren stößt. Der gestalterische Spielraum für solarthermische Fassadenintegration ist unter gegenwärtigen Bedingungen insbesondere im Bereich der Sanierung sehr klein.

Die Beurteilung und Abschätzung der Gestaltungsqualität gebäudeintegrierter solartechnischer Systeme – der jeweilig neuen Gebäudecharaktere – wurde mittels hochwertiger 3D-Visualisierungen ermöglicht. Diese Visualisierungen konnten die vorgeschlagenen architektonischen Varianten nicht nur als fotorealistische Studien bezüglich ihrer Licht-, Material-, und Oberflächenwirkungen darstellen, sondern geben auch Auskunft über mögliche gestalterisch motivierte Wünsche an Produkthersteller bzw. Produktdesiderate detailgetreu wieder. Erst durch das Einbeziehen solarthermischer Elemente bzw. „Wunschprodukte“ in den Entwurfs- und Visualisierungsprozess eröffnet sich der Architektur die Möglichkeit, aktiven, gestalterischen Zugriff auf eine Palette an Ausdrucks- und Gestaltungsformen zu erhalten, die je Projekt individuell zu entwickeln sind.

⁴ EnergyPlus - <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

1.3.4 Systemsimulationen

Die in den Verschattungsanalysen und thermischen Gebäudesimulationen erarbeiteten Heizwärmebedarfsprofile wurden durch Anforderungsprofile zur Brauchwarmwasserbereitstellung ergänzt, um vollständige Jahresverläufe zum Wärmebedarf der Vergleichsgebäude in den einzelnen Szenarien zu erhalten. Die Szenarien wurden einerseits durch die Auswahl von architektonischen Varianten der Case Stories und andererseits durch die unterschiedlichen Attribute „Wärmeschutz Gebäudehülle“, „Kollektortyp“, „Kollektorausrichtung“, „Kollektor- und Gebäudeverschattung“ und „Kollektorposition“ definiert. Die thermischen Anlagensimulationen der solaren Kombianlagen wurden in der Simulationsumgebung TRNSYS umgesetzt. 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 Warmwasserwärmebedarf auf.

Als Ergebnis der Anlagensimulation stehen je Szenario die Jahresverläufe aller wesentlichen Werte der Energiebilanz (Temperaturen, Massenströme bzw. Wärmemengen) des Solar-systems zur Verfügung. Die über alle Szenarien gleich bleibenden Annahmen werden im Kapitel 2.2 näher beschrieben.

1.3.5 Bautechnische Analyse

In diesem Arbeitsschritt wurden die jedenfalls zu beachtenden bauphysikalischen und bautechnischen Fragestellungen betreffend die Integration von Solarthermiesystemen in die Fassade beispielhaft vertieft. Dies erfolgte für die vom Architekturpartner entworfenen und vom Projektteam (insbesondere nach architektonischen und bautechnischen Gesichtspunkten) ausgewählten solarthermischen Fassadenvarianten in Form der vier Case Stories.

1.3.6 Energetische Bilanzierung, CO₂-Bilanzierung und Lebenszyklusbewertung von Gebäuden

Zielsetzung für die Entwicklung eines Bewertungstools für Gebäude war es, Planern in der frühen Entwurfsphase eine Bewertung der Energieversorgung (Wärme und Strom) mit hoher Energie-Effizienz sowie von Stromsparenden Elektrogeräten und mit einem hohen Beitrag Erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung (Solarwärme, Biowärme, Umweltwärme) und Stromversorgung (Solarstrom/PV) zu ermöglichen.

Die Herausforderung bei der Erarbeitung der Tools für Gebäudebilanzierungen und Bewertungen bestand darin, einerseits Indikatoren und Kennzahlen zu definieren, welche die Messung der Zielerreichung tatsächlich ermöglichen, und andererseits mit möglichst wenig Aufwand für die Datenerfassung bzw. Datenbereitstellung zuverlässige Ergebnisse zu erzielen. Dafür wurde das WLC (whole life cycle) Tool in mehreren Schritten entwickelt und für die Ermittlung der Energiebilanz mit den Berechnungsmethoden für den Energieausweis (OIB- und PHPP-Verfahren) abgestimmt sowie mit Praxisdaten überprüft. Das Bewertungstool wurde an 12 bereits realisierten Solarenergie (PV und/ oder Solarthermie) Projekten getestet, für diese Tätigkeiten waren Energieausweise vorhanden.

Die Kenngrößen zur Bewertung der Wärmeversorgung von Gebäuden (inklusive Heizungssystem) beziehen sich auf energetische, umweltbezogene und wirtschaftliche Kriterien. Die energetischen Daten der Projekte wurden mit Rücksprache der Architekten Treberspurg, Reinberg und Kaltenecker zusammengefasst und die Ergebnisse der WLC Bewertung mit den messtechnischen Daten verglichen.

Das entwickelte Tool soll die Methoden zur Ausstellung des Energieausweises für Wohngebäude nicht ersetzen, der Projektbearbeitung im Anfangsstadium aber die Möglichkeit bieten, unter Verwendung von Planungsdaten unterschiedliche Konzepte über eine Variantenanalyse nach den Kriterien der „Nachhaltigkeit“ und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

Aufbauend auf dem WLC Tool wurde eine Variante entwickelt, um die Eingabe der Daten stark zu erleichtern. Mit dem Solarbilanz - Tool konnte ein Planungswerkzeug geschaffen werden, mit welchem es möglich ist, ohne großen Ressourceneinsatz und technischen Kenntnisse zu erwartende Erträge, Flächen und Kosten unterschiedlicher Solartechnologien abschätzen zu können (Beschreibung Tools siehe Anhang 8.2).

1.4 Architektonische Qualität und städtisches Wohnen

Die Frage nach Kriterien für architektonische Qualität ist notorisch schwierig. Zum einen, weil architektonische Qualitäten in unterschiedlichen Maßstabsebenen räumlicher Gestaltung unterschiedlichen Kriterien unterliegen⁵, zum anderen, weil bei der Frage nach architektonischer Qualität unweigerlich die Ästhetik mit ins Spiel kommt – und mit der Ästhetik die Verwicklung in Fragen nach dem Geschmack.⁶ „Qualität ist ein relativer Begriff. Relativ ist jedoch etwas anderes als willkürlich. Dass sie relativ ist, heißt, dass Qualität an Bedingungen gebunden ist. Es sind diese Bedingungen, aus denen sich Kriterien für Qualität entwickeln lassen. „Kriterien für Qualität zu entwickeln heißt nicht, Qualität in Regeln einzufangen.“ (Franck, 2002) Wie können diese Bedingungen artikuliert werden? Architektonische Qualität als Ambition und Eigenschaft von Architektur lässt sich nur im Bezug zur Geschichte der Architektur, zu ihren wiederkehrenden Themen- und Aufgabenstellungen beschreiben. Auch wenn rechtliche, technische, ökonomische und auch ökologische Aspekte seit jeher auf die Architektur einwirken, bleibt für die architektonische Qualität in erster Linie eine überzeugende Antwort auf eine (immer wieder offene) Frage nach der *angemessenen* Gestaltung einer baulichen Aufgabenstellung maßgeblich.

⁵ Gestaltung(squalität) auf der Ebene des Städtebaus oder der Freiraumplanung bedeutet etwas grundsätzlich anderes als auf der Ebene eines einzelnen Objekts bzw. eines Gebäudes, obwohl diese beiden Maßstäbe immer in Bezug zu einander stehen werden.

⁶ Geschmack ist landläufig subjektiv, weshalb Fragen nach dem Geschmack im Allgemeinen auch als wenig theoriefähig gelten. Theoretische Ernsthaftigkeit im Feld der Architekturtheorie meidet daher meist das subjektive Gelände des Geschmacks (des Stils etc.). Geschmackspräferenzen sind durchwegs sozial konstruiert und keineswegs eine „rein subjektive“ bzw. „frei verfügbare“ Quelle an Ausdrucks-, Kultur- und (Selbst-)Darstellungsformen auch wenn die Architektur von den vermeintlich schnelleren Trends und Moden etwas entkoppelt scheint, da es ungleich größere Kapital- und Zeiteinsätze zu ihrer Hervorbringung bedarf.

Architektinnen und Architekten greifen bei ihren Vorschlägen auf ihre praktische Erfahrung, auf typologische Konventionen, auf ihre Einschätzung nach der Angemessenheit formaler oder typologischer „Innovationen“, auf historisches Wissen und eben auf die Kenntnisse aus den Lehren der Klassiker zurück. Architektonische Qualität produzieren zu können setzt also Wissen (um die Architektur) – und sei es das „tacit knowledge“ durch Jahre der praktischen Erfahrung, der Auseinandersetzung mit Möglichkeiten und Unmöglichkeiten von Bauaufgaben – und die Kenntnis der „Klassiker“ in gewisser Hinsicht voraus.

Und „Klassiker“ zeichnet für Georg Franck ihre gestalterische Motiviertheit bzw. Sinnfälligkeit – das Gegenteil von Beliebigkeit – aus, die als zentrale Eigenschaft eines Bauwerks die Brücke zur Baukunst schlägt: „Der Eindruck der Beliebigkeit weicht, wenn derjenige der Motiviertheit gewinnt. Motiviert ist nicht gleich zwingend, aber doch eine Vorstufe zu „notwendig“. Es geht im Fall der Architektur um keine logische oder kausale Zwangsläufigkeit, sondern um möglichst fraglose Sinnfälligkeit. Die Lösung muss den Sinnen einleuchten, nicht unbedingt dem Verstand, denn die Wahrnehmung merkt mehr, als der Verstand versteht. Der Verstand muss allerdings mitspielen, wenn es ums wissentliche und willentliche Lösen von (Entwurfs-) Problemen geht. Beispielgebend sind daher Bauten, die zeigen, wie man bewusst und gezielt – nämlich strategisch – mit dem Ziel umgehen kann, Beliebigkeit zu tilgen.“ (Franck, 2009, 14)

Dazu lässt sich ergänzen, dass architektonische Qualität durchaus etwas mit dem ebenso rationalen wie dringlichen Gebot der „Nachhaltigkeit“ zu tun hat. Ein kurzer Blick auf Baugeschichte, Denkmalschutz und Monumentalbaukunst zeigt uns, dass architektonische Qualität kein ästhetischer Aspekt ist, der angesichts von Klimawandel, Energie-, Ressourcenknappheit und Katastrophenbedrohungen ein Luxus- oder Dekorations-Problem darstellen würde. Im Gegenteil – höchste Effizienz, Renditeprogrammierung und geringe Erhaltungskosten sind allesamt aufwendige Teil- und Planungsaspekte eines Gebäudes, das ohne Nachfrage – Begehren, das auch maßgeblich durch die ästhetische Qualität des Gebäudes geweckt werden muss – niemanden zu (planerischen, finanziellen, etc.) Mehraufwendungen motivieren wird. Die Ambition, „nachhaltig“ zu bauen, muss mit dem prinzipiellen Anspruch an Architektur höchstmöglicher Qualität ident sein.

1.4.1 Städtische Dichte und Nachhaltigkeit

Solarenergie Urban setzt sich zum Ziel zu untersuchen, ob und wie sich energetische Optimierungsmaßnahmen und qualitative Gestaltungsansprüche vor allem bei Wohnobjekten im Kontext städtischer Dichte vereinbaren lassen.

Wenn also das Spektrum der Integrationsmöglichkeiten solarer Energiesysteme für die Architektur als Einzelobjekt eindeutig gestalterisch relevant ist und im überzeugenden Fall auch zur Steigerung der Akzeptanz für solare Energiesysteme und damit zur Marktdurchdringung von gebäudeintegrierten solaren Energiesystemen wesentlich beitragen wird, so gilt es, die Relevanz dieses „Gebäudehüllenaspekts“ (vgl. Kuhnert, 2010, 75) nicht zu Ungunsten der Frage nach der Zukunftsfähigkeit des jeweiligen Siedlungszusammenhangs zu vernachlässigen. Denn die besondere Herausforderung, architektonisch und städtebaulich

hochwertige, dichte und (möglichst) funktionsgemischte Gebäudetypologien zu entwickeln bzw. Bestandsquartiere und -blöcke in diesem Sinne weiter-, um- und auszubauen – gilt es als Verständnis von nachhaltigem Bauen zu forcieren. Nicht nur für architektonisch motivierte Vernunft ist ohne den urbanen Zusammenhang keine Nachhaltigkeit möglich.⁷

Als Synthese von technologisch-ingenieurmäßigem Handeln und gesellschaftspolitischen und wertbasierten Ansprüchen gilt es für die Architektur, die zentralen Fragen nach Qualitäten im urbanen Zusammenhang vor allem einer maßstäblich differenzierten Reihung zu unterziehen.



Abbildung 2: Vervielfältigung von Außenräumen, Quelle: © Wohnbaugenossenschaft wagnis eG

Nach architektonischer Qualität in der Integration von Solarenergie zu fragen, bedeutet unmittelbar auf der Ebene des Einzelobjekts anzusetzen. Für die gestalterische Qualität ist aber das Zusammenspiel von so unterschiedlichen Themen und Maßstäben wie Quartiers- und Parzellendichte – Garant oder „Verunmöglichungsfaktor“ für Qualitäten der Freiraumgestaltung und des öffentlichen Raums –, Quartiersinfrastruktur und öffentliche Verkehrsanbindung, wohntypologische Vielfalt bzw. typologischer Mix bis hin zu Aspekten der einzelnen Wohneinheiten, die im Zusammenspiel die Atmosphäre eines räumlichen Gebildes prägen.

⁷ Gegenwärtig leben und arbeiten in Mitteleuropa etwa zwei Drittel der Bevölkerung in Siedlungsstrukturen, die mit den Begriffen „Sprawl“, „urbane Peripherie“, Agglomeration, Zwischenstadt (Thomas Sieverts) oder urbane Landschaft beschrieben werden. Im Zusammenhang mit den Themenkreisen Dichte, Durchmischung und (vor allem) Ökologie wird ein zeitgemäßer Umbau der Zwischenstadt – der verstädterten Landschaften – unausweichlich. Vgl. Thomas Sieverts: Die verstädterte Landschaft – die verlandschaftete Stadt – Zu einem neuen Verhältnis von Stadt und Natur, in: Wolkenkuckucksheim, 4. Jg., Heft 2, 2000 unter (04.07.2011): <http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/Wolke/deu/Themen/992/Sieverts/sieverts.html>

Denn für die Qualität städtischen Wohnens ist Atmosphäre letztlich jener Begriff, der das Zusammenspiel der für die architektonische Qualität verantwortlichen Faktoren umschreibt.

Die Ausführungen zu Solarthermie im Rahmen des „Solarenergie Urban“-Projekts verstehen sich demgemäß im Zusammenhang mit behutsamer (Nach-)Verdichtung und gleichzeitiger Attraktivitätssteigerung (in allen Maßstabsbereichen) von Bestands- und Neubauwohnbauten: „Insbesondere die energetisch bedeutsame Umgestaltung und Verbesserung bestehender Siedlungsstrukturen bedarf eines behutsamen und individuell angepassten Vorgehens, das durch stringent formulierte Zertifikatsanforderungen kaum gefasst werden kann. Auch die enormen gesellschaftspolitischen Herausforderungen wie die soziale Integration, die Attraktivitäts- und Funktionssteigerung des öffentlichen Raumes, die Entflechtung von Nutzungskonflikten oder die Verbesserung von Aufenthaltsqualität für alle Bevölkerungsgruppen können Gebäude-Zertifikate nur unzureichend abbilden. Es ist jedoch absehbar, dass zukunftsweisende technische Lösungen wie Passivhäuser und Elektromobilität, die Auswirkungen auf Energiekonsum, Gestaltung und Lebensstil haben, die individuellen und kollektiven Verhaltensweisen unserer Gesellschaft tiefgreifend verändern werden. Genau diese Änderungen werden unsere Stadtquartiere der Zukunft prägen“ (Keßling, 2011, 88).

1.4.2 Architektonische Qualität und Gestaltung: Motiviertheit vs. Beliebigkeit

Natürlich ist das Einnehmen einer architektonischen Haltung für die technische Nachrüstung bzw. ökonomische und energetische Effizienzsteigerung (landläufig „Dämmung“) nicht notwendig. Aus technisch-ökonomischer Sicht ist die Erscheinung – gar die „schöne Gestalt“ – irrelevant. Und eigentlich auch hinderlich, denn damit von einer (technischen) Nachrüstung mit architektonischer Qualität gesprochen werden kann, müsste in der Gestaltung eine Motivation fühlbar werden, die eben nicht (nur) auf den ersten Blick nachvollziehbaren Herleitungen entspringt: „Die ästhetische Gestaltung hat großen Einfluss auf die allgemeine Akzeptanz von Solaranlagen, wie inzwischen durch entsprechende Studien und Befragungen bewiesen wurde. Solaranlagen sollten deshalb nicht allein als technologische Elemente verstanden werden, die man Gebäuden lediglich hinzufügt, sondern ganz bewusst als architektonische Gestaltungselemente eingesetzt werden.“⁸

Es gibt für die Integration von Solarthermie und PV keine typologischen Referenzen (i. e. tradierte Methoden bzw. Klassiker und daraus ableitbare Gestaltungsgrundsätze), die man studieren, transformieren oder zeitgenössisch interpretieren könnte. Im Gegenteil: Die Möglichkeit, Kollektoren mit einem gewissen Winkel und Ausrichtung auf und an Gebäudehüllen anzubringen, stellt das (moderne) Problem der Beliebigkeit in den Raum. Wie jede Technologie ist auch diese zweckoffen einsetzbar und stellt Bedeutungen erst durch den Kontext ihres Einsatzbereichs her. Genauer: Kollektoren können „hier“, aber auch ganz woanders angebracht werden – solange sie eben in dieser Himmelsrichtung und mit diesen Neigungen orientiert sind, ist ihre örtliche Positionierung aus technischer Sicht beliebig. Und damit ist der Umstand beschrieben, um den sich die Gestaltungsambitionen drehen müssen,

⁸ http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar_Grundlagen-der-Gestaltung_165746.html (01.07.2011)

wenn sie architektonisch integriert werden sollen, denn: „Weder schön noch hässlich ist das Beliebige. Beliebigkeit ist das große Problem der zeitgenössischen Architektur. Die Architektur ist ein Massenprodukt. Die Landschaften sind verbaut. Überall stehen Häuser, Hallen, Garagen herum. Und sie sind alle – fast alle – von austauschbar gleichgültiger Gestalt. Sie könnten genau so gut – wenn nicht sogar besser – anders sein. Der Siedlungsbrei, der Länder und Kontinente überzieht, kennt nur ein Gesetz der Formbildung: das der wachsenden Entropie. Alles ist austauschbar und damit beliebig. Dies, nicht das mitunter Hässliche, ist es, worunter das Verlangen nach Schönheit heute am meisten leidet.“ (Franck, 2009, 14)

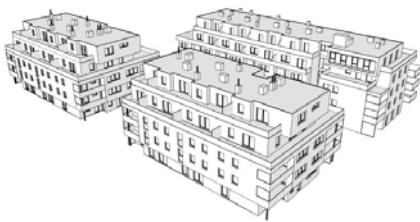
Das „Motiviertsein“ der Erscheinung (im Allgemeinen und nicht nur im Fall solarthermischer Nachrüstung) ist aber erst im Zusammenspiel mit dem Bestand (dem Kontext) erkennbar. Gerade im Rahmen der energetisch bedeutsamen Sanierung und Verbesserung bestehender Siedlungsstrukturen bedarf es je nach Objekt und Siedlungszusammenhang behutsamer und individuell angepasster Vorgehensweisen. Bezüge zum Bestand können dabei hergestellt werden, aber auch die gestalterische Distanzierung von jeglicher Bezugnahme zum Bestand ist eine mögliche Gestaltungsstrategie. Die Stringenz, Vielschichtigkeit und/oder Stimmigkeit des Eindrucks eines solchen (harmonisierenden oder auch kontrastierenden) Zusammenspiels ist für die Erzeugung des Eindrucks gestalterischer Qualität jedenfalls der maßgebliche Parameter.

Wie die Architektin Maria Cristina Munari in ihrer Dissertation ausführt, stimmen Architekten in der Beurteilung der gestalterischen Qualität von solarthermischer Integration in Gebäuden in hohem Maße überein und unterscheiden sich deutlich von den Urteilen von Ingenieuren. (vgl. Munari Probst, 2008, S. 46) Mit großer Eindeutigkeit sind die als gelungen befundenen Integrationen als klar konturierte Lösungen stimmig im Baukörper- bzw. Gliederungskonzept verteilt, ausgewogen proportioniert und geometrisch plausibel. Es sind also nicht nur die Modulform und -größe, die Oberflächentexturen und Absorberfarben der Kollektoren selbst, sondern die Beziehung bzw. das Verhältnis dieser Elemente zum Gesamtgebäude, die die architektonische Qualität beeinflussen.

2 Ergebnisse aus den Case Stories

2.1 Überblick über die Musterbauvorhaben

Im Projekt wurden vier mehrgeschoßige Wohnbauten (4 Case Stories) im urbanen Umfeld an den Standorten Wien und Graz (Gründerzeithaus, Wohnhochhaus aus den 1970er Jahren, Geschoßwohnbau Randbezirk und Geschoßwohnbau dichte Verbauung) untersucht:



Neubau Geschoßwohnbau urbaner Randbezirk



Neubau Geschoßwohnbau dichte Verbauung



Wohnhochhaus der 1970er Jahre



Gründerzeithaus in Blockrandbebauung

Abbildung 3: Visualisierung der mehrgeschossigen Wohnbauten der Case Stories

2.2 Über alle Szenarien gleich bleibende Annahmen der System-simulationen

Eine Möglichkeit, der Bewertung komplexer städtischer Strukturen zu begegnen, liegt in der Suche nach typischen, sich oftmals wiederholenden Erscheinungsformen. Die grundsätzlichen Möglichkeiten zur thermischen Sanierung und Integration von Solarsystemen können auf einen Satz von Attributen zurückgeführt werden. Ausgehend von der Auswahl an Ausprägungen werden Bewertungsszenarien definiert, wobei jedes Szenario aus dem Vergleichsgebäude selbst und einer Kombination verschiedener Ausprägungen der Attribute zusammengesetzt ist. Dies erlaubt, für beliebige Ausprägungen eines Gebäudetypus durch die Auswahl der entsprechenden Kombination an Ausprägungen Bewertungsergebnisse für unterschiedliche Integrationsvarianten solarthermischer Systeme bereitzustellen.

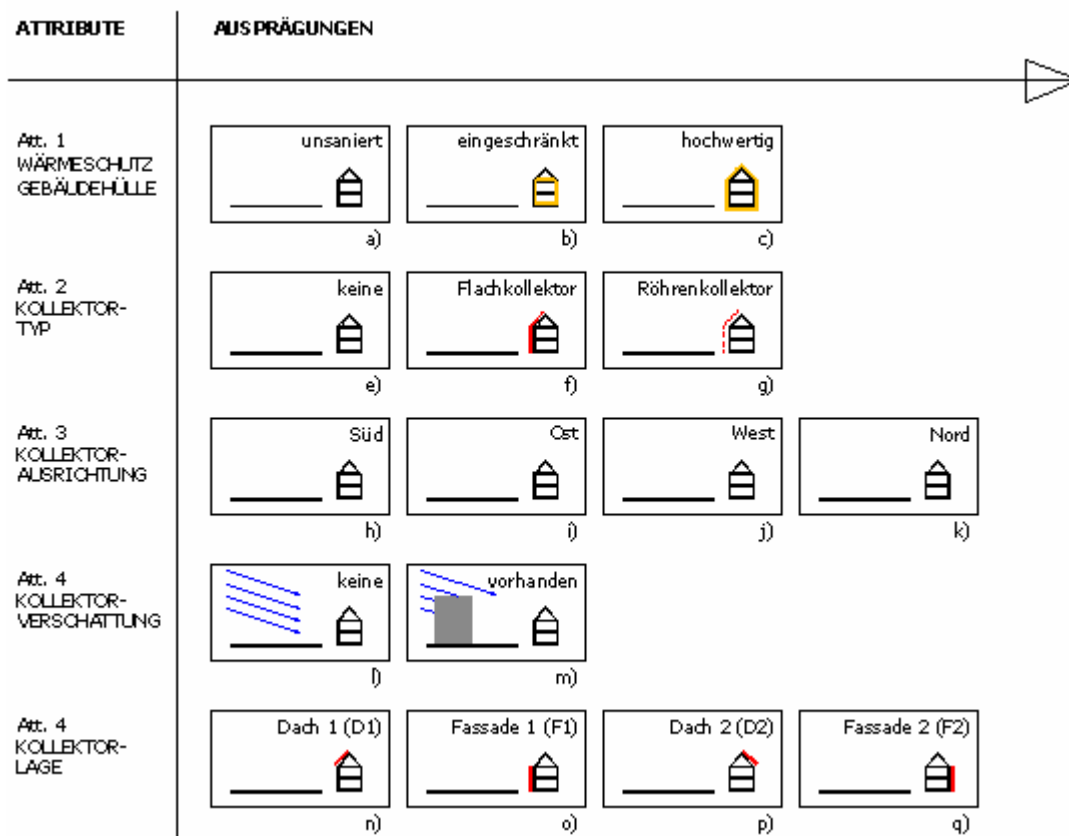


Abbildung 4: Auf städtebaulicher Betrachtungsebene relevante Attribute einer Integration solarthermischer Anlagen und deren mögliche Ausprägungen

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Szenarien werden in dieser Studie Vereinfachungen vorgenommen, um die Anzahl der Szenarien zu beschränken⁹. In Bezug auf die Ausprägung der Attribute werden für sämtliche Szenarien folgende Annahmen getroffen:

- Als Nutzungsart des Gebäudes wird „Wohnnutzung“ angenommen.
- Die für die Simulation gewählte thermische Solaranlage besteht aus einem Zweileiternetz mit dezentralen Wärmeübergabestationen je Wohnung und einem zentralen Energiespeicher, in den sowohl die Kollektorfelder als auch ein Pelletskessel einspeisen. Damit handelt es sich um eine so genannte teilsolare Raumheizung, die sowohl den Warmwasserbedarf als auch die Raumheizung solar decken kann. Der Betrieb der Solaranlage erfolgt im Low-Flow-Betrieb und kann somit sofort ein nutzbares hohes Temperaturniveau zur Verfügung stellen. Die Einspeisung der solar erzeugten Wärme in den Energiespei-

⁹ Die Case studies erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind beispielhaft zu verstehen. Sie bieten Hilfe bei der Strukturierung der energetischen, bauphysikalischen und bautechnischen Fragestellungen im Zuge der Detailabklärung von solarthermischen Anlagen an Fassadenebenen.

cher erfolgt über so genannte Schichtladelanzen.¹⁰ Dadurch werden Energieverluste minimiert und eine Nachheizung durch den Kessel hinausgezögert.

- Die Speichergröße der Solaranlage wird jeweils an die Größe der Kollektorfelder angepasst. Je Quadratmeter Absorberfläche werden 70 l Speichervolumen bei einem Vakuumröhrenkollektor, beziehungsweise 50 l Speichervolumen bei der Verwendung eines Flachkollektors angesetzt. Je nach Szenario werden die entsprechenden Volumina addiert.
- Der Brauchwarmwasserbedarf ermittelt sich anhand der Wohnungen bzw. der Personen je Gebäude. Je Person wird in Anlehnung an die statistische Auswertung einer Vielzahl von Mehrfamilienhäusern in [Heimrath, 2004] ein Bedarf von 40,7 l/Pers mit 45 °C zugrunde gelegt. Dieser Bedarf ist stark von der Nutzung der Wohnung abhängig. Zur Generierung derartiger Lastfiles in 6-min-Schritten wird das Programm DHWcalc Jordan [Jordan, 2003] genutzt. In folgender Tabelle wird der jeweils angenommene Brauchwarmwasserbedarf in Liter je Tag und als Energiemenge (WWB) dargestellt:

	Wohnungen	Personen	Warmwasserbedarf	
	-	-	l/d m. 45 °C	kWh/a
Neubau Geschoßwohnbau urbaner Randbezirk	20	54	2210	29138
Neubau Geschoßwohnbau dichte Verbauung	29	90	3663	52016
Wohnhochhaus der 1970er	48	119	4835	68547
Gründerzeithaus in Blockrandbebauung	6	18	724	10655

Tabelle 1: Warmwasserbedarf für die betrachteten Gebäude

- Für die beiden unterschiedlichen Kollektortypen Flachkollektor und Vakuumröhrenkollektor wurden zwei gängige Produkte gewählt und deren Kenndaten der Simulation hinterlegt. Zudem wird für die Brüstungsmontage noch eine Sonderbauform eines teilweise transparenten Flachkollektors genutzt. Die wichtigsten Eckdaten nach der EN 12975 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren“ sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

¹⁰ Dabei wird das von der Sonne im Kollektor erwärmte Wasser zum Wärmespeicher geführt, in dem sich meist zwei Ladelanzen befinden. An diesen Lanzen sind in verschiedenen Höhen Klappen angeordnet, durch die das erwärmte Wasser austreten kann. Durch natürlichen Auftrieb steigt das Wasser im Rohr nach oben und schichtet sich seiner Temperatur entsprechend ein.

		Flachkollektor	Röhrenkollektor	Brüstungskollektor
η_0	-	0.8430	0.8330	0.8977
a_1	$\text{WK}^{-1}\text{m}^{-2}$	3.4800	1.0700	6.8108
a_2	$\text{WK}^{-2}\text{m}^{-2}$	0.0150	0.0034	0.0976
c_p	$\text{JK}^{-1}\text{m}^{-2}$	8020	5826	6010
Bruttofläche	m^2	2.750	2.498	0.744
Aperturfläche	m^2	2.519	1.799	0.699
Absorberfläche (Abs.)	m^2	2.503	1.715	0.394
Verhältnis Brutto/Abs.	-	0.910	0.687	0.530

Tabelle 2: Kennwerte der in den Simulationen hinterlegten Kollektortypen¹¹

Die Wärmeabgabe an die Wohnungen erfolgt über eine Wärmeübergabestation, die zum einen die Wärmeabgabeflächen (Radiator und Fußbodenheizung) mit Wärme versorgt und zum anderen auch die Warmwasserbereitstellung im Durchflussprinzip bewerkstelligt. Diese Wärmeübergabestationen gewährleisten minimale Rücklauftemperaturen in den Energiespeicher und somit eine maximale Effizienz der Sonnenkollektoren. Die Warmwasserbereitung erfolgt mit 45 °C Vorlauftemperatur, die zumindest notwendige Temperaturdifferenz am Wärmetauscher beträgt 5 K, womit sich als minimal zur Verfügung stehende Temperatur an der Wärmeübergabestation 50–52 °C ergeben. Die Sollvorlauftemperatur der Raumheizung ist von der Dimensionierung der Radiatoren und von der thermischen Qualität des Gebäudes abhängig. Grundsätzlich zeigt sich, dass die Sollvorlauftemperatur umso geringer gewählt werden kann, je besser ein Gebäude gedämmt ist. In der nachfolgenden Tabelle sind die zugrunde gelegten Temperaturpaare angeführt.

	Baustandard (Wärmeschutz)	T_{vorl} [°C]	$T_{\text{rückl}}$ [°C]
Neubau Geschoßwohnbau urbaner Randbezirk	Standardausführung (Bestand)	55	40
	Hochwertige Ausführung	36	26
Neubau Geschoßwohnbau dichte Verbauung	Standardausführung (Bestand)	55	40
	Hochwertige Ausführung	36	26
Wohnhochhaus der 1970er	unsaniert (Bestand)	90	70
	eingeschränkte Sanierung	55	40
	hochwertige Sanierung	36	26
Gründerzeithaus in Blockrandbebauung	unsaniert (Bestand)	90	70
	eingeschränkte Sanierung	55	40
	hochwertige Sanierung	36	26

Tabelle 3: Gewählte Sollvorlauftemperatur (T_{vorl}) und Sollrücklauftemperatur ($T_{\text{rückl}}$) bei einer Normaußentemperatur von -13 °C

¹¹ SPF, 2011: Dynamic Collector Tests, <http://www.solarenergy.ch/> und ISE, 2011: Frauenhofer ISE, Dynamische Kollektortests, <http://www.kollektortest.de/>

Als Ergebnis der Anlagensimulation stehen je Szenario die Jahresverläufe aller wesentlichen Werte der Energiebilanz (Temperaturen, Massenströme bzw. Wärmemengen) des Solar-systems zur Verfügung. Als Grundlage der Bewertung der einzelnen Szenarien werden folgende zentrale, auf die Jahresbilanz bezogene Kennwerte generiert:

HWB [MWh/a]

Der Heizwärmebedarf ist jene errechnete Nutzenergiemenge, die einem Gebäude pro Jahr zuzuführen ist, um die gewünschte Innentemperatur aufrechtzuerhalten.

WWB [MWh/a]

Der Warmwasserwärmebedarf ist jene errechnete Nutzenergiemenge, die einem Gebäude pro Jahr zuzuführen ist, um den Warmwasserbedarf mit gewünschter Vorlauf-temperatur abzudecken.

HEB [MWh/a]

Der Heizenergiebedarf ist jener errechnete Energiemenge, die einem Gebäude pro Jahr zuzuführen ist, um den Warmwasserwärmebedarf (WWB) und den Heizwärmebedarf (HWB) sowie alle auftretenden Verluste des Heizungssystems abzudecken. Dieser Endenergiebedarf ist ohne den Anteil dargestellt, den die Solaranlage liefern kann – also jene Energiemenge, die der Kessel bereitstellen muss.

BGF [m²]

Jene Bruttogrundfläche, die vom konditionierten Brutto-Volumen umschlossen wird.

IG_K [MWh/a]

Die Globalstrahlung auf die gesamte installierte Kollektorfläche, dargestellt als Jahressumme der auf alle angenommenen Kollektorfelder eingestrahelten Solarenergie.

Q_Sol [MWh/a]

Jene Energiemenge, die von der installierten Solaranlage an den Energiespeicher abgegeben wird und für die Abdeckung des HWB und WWB genutzt werden kann.

SE [kWh/m²a]

Der spezifische Ertrag beschreibt die jährliche Energiemenge, welche von einem Quadratmeter Kollektorfläche dem Energiespeicher zugeführt wird. Der SE wird häufig als wesentliche Kenngröße für die Leistungsfähigkeit von Solarsystemen angegeben. Für die richtige Interpretation desselben müssen zudem die Dimensionierung der Anlage (sprich der solare Deckungsanteil SD) sowie die Systemverluste herangezogen werden.


SD [%]

Der solare Deckungsgrad ist die gebräuchlichste Bewertungsziffer für eine thermische Solaranlage. Mit diesem wird der solare Anteil am gesamten thermischen Energiebedarf beschrieben. Hierbei findet die folgende Definition Anwendung, wobei die Energiemengen sich auf die Systemgrenze Speicher beziehen:

$$SD = 1 - \frac{\text{Zusatzenergie}}{\text{Energiebedarf}}$$

2.3 Neubau – Geschößwohnbau urbaner Randbezirk

2.3.1 Kurzbeschreibung

	
LEO C	
Adresse	Leopoldauerstraße 151b , 21. Bezirk/Floridsdorf, Wien
Bauträger	EGW-Heimstätte und Wiener Heim Wohnungsgesellschaft GmbH ¹²
Architekt	Architekten Paul Huck und Andreas Klos
Baujahr	Baubeginn Anfang 2010, Bezug Frühjahr 2011
Anzahl Wohnungen	Gesamt: 53, untersuchtes Gebäude: 20
Orientierung	Die Wohnungen sind Ost-West orientiert.
Konstruktion	Massivbauweise mit raumhohen Fertigteilelementen, Stahlreduktion (ca. 20%) in Fertigteilproduktion durch elementspezifische Stahlmattenherstellung, Biobeton in Außenwänden
BGF	2.220 m ²
HWB Neubau	40,4 kWh/m ² a
Gestalterische Qualitäten	<p>Es wurde ein autofreier und kindgerechter Freiraum mitten durch das Grundstück geschaffen, der als Ort der Begegnung und Kommunikation dient.</p> <p>Durch die Rücksprünge des dritten und vierten Obergeschoßes um die jeweilige Balkontiefe hinter den Fassadenkörper verringern sich die Fassadenhöhen. Die Baumassen sind in ihrem dreidimensionalen Erscheinungsbild vor allem durch ihre abwechslungsreiche Fassadengliederung an die umgebende kleinteilige Bebauung angepasst.</p> <p>Alle Wohnungen im Erdgeschoß haben eine Loggia und zusätzlich einen Garten. In den oberen Geschoßen ist jeder Wohnung (mindestens) eine Loggia zugeordnet.</p>

¹² Mischek Bauträger, Ungargasse 64-66, 1030 Wien, www.mischek.at

2.3.2 Ergebnisse der Verschattungsanalysen und Gebäudesimulationen

✓ Aufgrund der Süd-Nord-Anordnung der Längsachse spielt die Verschattung der mehrgeschoßigen Wohnhäuser durch die Nachbargebäude insbesondere für die West- und Ostfassaden eine Rolle.

21. Juni		21. Dezember	
08:00 Uhr		09:00 Uhr	
12:00 Uhr		12:00 Uhr	
18:00 Uhr		15:00 Uhr	

✓ Die ermittelten Jahressummen der verfügbaren Solarstrahlung an der Südfassade des mittleren Gebäudes bewegen sich zwischen 505 kWh/m²a für das Erdgeschoß und 668 kWh/m²a für das vierte Obergeschoß. Auf die horizontale Dachfläche wirken pro Jahr 1115 kWh/m²a Solarstrahlung.

✓ Für die Szenarienberechnung wurden hinsichtlich des Wärmeschutzes der Gebäudehülle und Verschattung durch Nachbargebäude vier unterschiedliche Szenarien definiert: „Bestand“, „hochwertiger Wärmeschutz“, „verschattet“ (Verschattung durch Nachbargebäude), „unverschattet“ (freistehendes Gebäude).

✓ Für die thermische Qualität der Gebäudehülle nach „Bestand“ ergibt sich für das gesamte Gebäude ein spezifischer HWB von 37,56 kWh/m²BGFa (bezogen auf 2.220 m² BGF) für die freistehende Variante und 38,96 kWh/m²BGFa bei Verschattung durch Nachbargebäude. Wird hochwertiger Wärmeschutz modelliert, so resultiert der spezifische HWB mit dem Wert 21,80 kWh/m²BGF für das unverschattet freistehende Gebäude. Die Verschattung durch die Nachbargebäude bewirkt eine Erhöhung des HWB von 3,7 % bis zu 5,6 % je nach Wärmeschutzstandard der Gebäudehülle. Die solaren passiven Gewinne werden durch die Verschattung reduziert.

2.3.3 Entwurfsaspekte und architektonische Varianten

Folgende Entwürfe der solarthermischen Systemintegration werden vorgeschlagen:



Abbildung 5: Architektonische Varianten: Neubau – Geschoßwohnbau urbaner Randbezirk

✓ **Variante 1 „Vakuurröhren-Screen“:** Szenario 1 schlägt Vakuurröhren an den südlichen Schmalseiten der Gebäudekörper vor. Mit dieser vorgehängten, schild- oder schirmartigen („Screen“) Konstruktion kann ein eigenständiges räumliches Objekt geschaffen werden, das sich deutlich von den Baukörpern abhebt. Die Form der Integration der solarthermischen Technologie ist hier vielmehr eine Addition – die Anfügung eines zusätzlichen, neuen Objekts, das gestalterisch vom Bestand auch im wörtlichen Sinn Abstand nimmt, wie eine eigenständige, objektartige Installation wirkt und eine eigenständige räumliche Schicht definiert. Diese neue räumliche Ebene ließe sich auch zum Zwecke des Sonnenschutzes bzw. der Absturzsicherung verwenden. Das Abstandnehmen von gestalterischen Bezügen zum Bestand wird durch die halbgeschoßige Teilung der Elemente noch verstärkt. Der Eindruck eines technischen Objekts – etwa eines „Sonnenkraftwerks“ – bestimmt den Charakter der Erscheinung. Dieser ist aber durch die hohe Anzahl an Einzelelementen feingliedrig und hoch strukturiert und lässt durch Spiegelungen, Brechungen und Reflexionen der Glasröhren und möglicher Niro-, bzw. Aluminiumblenden zu unterschiedlichen Licht- und Tageszeitbedingungen vielschichtige visuelle Erscheinungsformen erwarten.¹³

✓ **Variante 2 Integrierte Flachkollektoren:** In dieser Variante erscheinen die Kollektorflächen als Rasterung des südlichen Fassadenteils, welche die Fenstergröße und Lage aus dem Entwurf übernimmt. Diese Lösung ist sicherlich die einfachste, was sich aber zugleich in der Qualität der Erscheinung negativ abzeichnet: Dass eine Fensteröffnung völlig gleichwertig neben den Fassadenelementen steht, forciert den Eindruck der Beliebigkeit. Gestalterisch ist diese Variante also eindeutig die schwächste Variante.

✓ **Variante 3 Geschoßhoch integrierte Flachkollektoren:** Mit geschoßhoch in die Fassade integrierten Kollektoren lässt sich zwar weniger Kollektorfläche als in Szenario 2 realisieren, mit den raumhohen Elementen ergibt sich aber ein großzügiger Raster, der der südseitigen Fassade eine eindeutige Fläche zur Integration zuweist. Diesem Großformat an Kollektorelementen wird durch französische Fenster entsprochen, die den Innenräumen wesentlich mehr Belichtung verschaffen könnten. Diese Variante ist gestalterisch wesentlich motivierter als Variante 2, eigenständige Prägnanz und Eindringlichkeit von Variante 1 sind hier aber zugunsten eines Eingehens auf gestalterische Besonderheiten des Bestands und des Spiels mit vorhandenen Elementen naturgemäß geringer. Das macht diese Gestaltung deutlich ruhiger und vielleicht auch – im Kontext eines Wohnsiedlungsbaus – angemessener.

☺ ☞	Variante 1: Architektonisch interessant, aber exalziert und aufwendig
☹	Variante 2: Architektonisch weniger interessant, vorhersehbarer Entwurf
☺	Variante 3: Architektonisch interessant, angemessen und vielschichtig.

☞ Für diese Variante wurde die bautechnische Anbindung sowie die bauphysikalischen und baurechtlichen Fragestellungen überprüft.

¹³ Hinweis: Die Vakuurröhren-Screens mit gleichmäßigem Röhrenabstand stellen vor offenbaren Fenstern hinsichtlich des 2. Fluchtwegs bzw. der Anleiterbarkeit ein Problem dar und können, wenn der Fluchtweg laut Fluchtwegskonzept über Fenster geführt wird, nicht realisiert werden.

2.3.4 Energetische Erträge und Deckungsgrade

Die thermische Systemsimulation zur Bewertung der solaren Erträge und Deckungsgrade beruht auf einer Reihe von Annahmen, welche in Tab. 4 in den Spalten 1 bis 5 überblicksartig angegeben und im begleitenden Bericht „Energietechnische Bewertung – Systemsimulation“ [Heimrath et al. 2011] ausführlich dargestellt sind. Es wurden die Varianten mit Röhrenkollektoren und Flachkollektoren berechnet. Spalte 6 zeigt die mittels thermischer Gebäudesimulation ermittelten Werte des Heizwärmebedarfs, Spalte 7 die ermittelten Bedarfs- werte für Brauchwarmwasser und die Spalten 8 bis 12 die Ergebnisse der Anlagensimulation.

ANNAHMEN					ERGEBNISSE							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
Wärmeschutz Gebäudehülle	Kollektortyp	Kollektorausrichtung	Kollektor- und Gebäudeverschattung	Kollektorposition	HWB MWh/a	WWB MWh/a	HEB MWh/a	IG_K MWh/a	Q_Sol MWh/a	SE kWh/m²a	SD %	
Att. 1	Att. 2	Att. 3	Att. 4	Att. 5								
SZ01	Standard	kein	Süd	keine	-	83.4	29.1	145.5	-	-	-	
SZ02	Standard	kein	Süd	vorh.	-	86.5	29.1	148.7	-	-	-	
SZ03	hochwert.	kein	Süd	keine	-	48.4	29.1	107.7	-	-	-	
SZ04	hochwert.	kein	Süd	vorh.	-	51.1	29.1	110.4	-	-	-	
SZ05	Standard	Flachkollektor	Süd	keine	D	83.4	29.1	110.5	230.7	40.2	586	27.7%
SZ06			Süd	keine	F	83.4	29.1	127.1	240.4	23.7	332	16.0%
SZ07			Süd	keine	D+ F	83.4	29.1	100.7	471.1	49.9	360	33.9%
SZ08			Süd	keine	D	86.5	29.1	113.1	230.7	40.9	596	27.6%
SZ09			Süd	vorh.	F	86.5	29.1	130.3	240.4	23.8	334	15.8%
SZ10			Süd	vorh.	D+ F	86.5	29.1	102.9	471.1	50.8	367	33.8%
SZ11	Standard	Röhrenkoll.	Süd	keine	D	83.4	29.1	101.0	242.8	49.7	497	34.4%
SZ12			Süd	keine	F	83.4	29.1	128.2	153.0	22.7	361	15.3%
SZ13			Süd	keine	D+ F	83.4	29.1	90.9	395.8	58.6	360	40.4%
SZ14			Süd	keine	D	86.5	29.1	103.5	242.8	50.4	504	34.2%
SZ15			Süd	vorh.	F	86.5	29.1	131.5	153.0	22.7	362	15.0%
SZ16			Süd	vorh.	D+ F	86.5	29.1	93.1	395.8	59.5	365	40.3%
SZ17	hochwert.	Flachkollektor	Süd	keine	D	48.4	29.1	72.5	230.7	40.3	588	38.0%
SZ18			Süd	keine	F	48.4	29.1	88.4	240.4	24.5	343	22.9%
SZ19			Süd	keine	D+ F	48.4	29.1	63.8	471.1	49.3	355	45.7%
SZ20			Süd	keine	D	51.1	29.1	75.0	230.7	40.7	594	37.4%
SZ21			Süd	vorh.	F	51.1	29.1	91.1	240.4	24.6	345	22.4%
SZ22			Süd	vorh.	D+ F	51.1	29.1	65.9	471.1	49.9	360	45.2%
SZ23	hochwert.	Röhrenkoll.	Süd	keine	D	48.4	29.1	64.5	242.8	48.5	485	45.9%
SZ24			Süd	keine	F	48.4	29.1	89.9	153.0	23.0	366	21.4%
SZ25			Süd	keine	D+ F	48.4	29.1	56.0	395.8	56.5	347	53.2%
SZ26			Süd	keine	D	51.1	29.1	66.9	242.8	48.9	489	45.1%
SZ27			Süd	vorh.	F	51.1	29.1	92.8	153.0	23.0	366	20.9%
SZ28			Süd	vorh.	D+ F	51.1	29.1	58.0	395.8	57.3	352	52.5%

Tabelle 4: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse: Neubau – Geschößwohnbau urbaner Randbezirk

✓ **Wärmeschutz der Gebäudehülle:** In Szenario 01 wird für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 83,4 MWh/a ausgewiesen. Bezogen auf eine Bruttogeschossfläche von 2.220 m²

ergibt sich ein spezifischer Heizwärmebedarf (HWB) von 37,56 kWh/m²a. Die Verbesserung des Wärmeschutzes auf „hochwertig“ in Kombination mit Annahme einer kontrollierten Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung in Szenario 03 senkt den jährlichen Heizwärmebedarf auf 48,4 MWh/a. Bezogen auf die Bezugsfläche von 2.220 m² ergibt sich ein spezifischer Heizwärmebedarf von 21,80 kWh/m²a.

✓ **Kollektortyp:** Vergleicht man den solaren Deckungsgrad in Szenario 05 (SD = 27,7 %) mit dem solaren Deckungsgrad in Szenario 11 (SD = 34,4 %), so ist zu erkennen, dass die Röhrenkollektoren einen höheren Wirkungsgrad als die Flachkollektoren aufweisen. Da die Absorberfläche der Flachkollektoren größer ist als die Absorberfläche der Röhrenkollektoren, kann dies auf die höhere Leistungsfähigkeit der Röhrenkollektoren zurückgeführt werden. Diese Tendenz ist in verschiedenen Vergleichen mit Kollektorflächen auf dem Dach (D) festzustellen, so auch in den Szenarien mit einem hochwertigen Wärmeschutz, wie z. B. im Vergleich von Szenario 17 (SD = 38,0 %) mit Szenario 22 (SD = 45,9 %). Vergleicht man hingegen die Szenarien mit ausschließlich Fassadenkollektoren, so zeigt sich, dass die solaren Deckungsgrade der Fassadenkollektoren aus Flachkollektoren geringfügig höher liegen als die Fassadenkollektoren mit Röhrenkollektoren. Dies kann z. B. im Vergleich von Szenario 18 (SD = 22,9 %) mit Szenario 21 (SD = 22,4 %) betrachtet werden. Die Ursache dafür liegt in den architektonischen Vorgaben zur Integration der möglichen Kollektorfläche, die deutlich mehr Flachkollektorfläche als Röhrenkollektorfläche ausweist. Kommen jedoch Dach- und Fassadenkollektoren gemeinsam zum Einsatz (D+F), dann wird der Flächenvorteil der Flachkollektoren in der Fassade durch die höhere Leistungsfähigkeit der Röhrenkollektoren egalisiert. Dies ist z.B. im Vergleich von Szenario 22 (SD = 45,2 %) mit Szenario 28 (SD = 52,5 %) erkennbar.

✓ **Kollektorausrichtung:** Aufgrund der inneren Funktionsteilung des angenommenen Gebäudes, die eine Ost- bzw. Westausrichtung der Hauptfassaden verlangt, wird das Gebäude in den Szenarien nicht gedreht. Dadurch sind auch die Kollektoren immer nach Süden gerichtet (Spalte 3). Durch die fehlende Variation kann über die Auswirkung der Kollektorausrichtung keine spezifische Aussage getroffen werden.

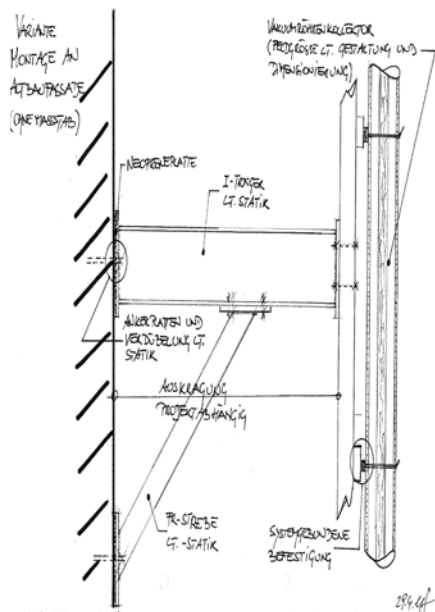
✓ **Kollektor- und Gebäudeverschattung:** In der vorliegenden Gebäudekonstellation tritt weder eine Auswirkung der umliegenden Gebäude auf die Dachkollektoren, noch eine Beeinträchtigung der Einstrahlung auf die Fassadenkollektoren auf. Die geringfügige Beeinflussung des solaren Deckungsgrades durch Verschattung ist auf verringerte passive Gewinne an den Hauptfensterfronten zurückzuführen und beispielsweise im Vergleich des Heizwärmebedarfes in Szenario 1 (unverschattet / HWB = 83,4 MWh/a) mit dem Heizwärmebedarf in Szenario 2 (verschattet / HWB = 86,5 MWh/a) abzulesen. Die Auswirkung auf den solaren Deckungsgrad ist kleiner als ein Prozent.

✓ **Kollektorposition:** Im vorliegenden Gebäude auf Grundlage der Konstellation führt der Einsatz von Fassadenkollektoren zu einem solaren Deckungsgrad von SD = 15,0 % in Szenario 15 bis zu einem solaren Deckungsgrad von SD = 22,9 % in Szenario 18. Der Einsatz von Dachkollektoren führt zu einem solaren Deckungsgrad von SD = 27,6 % in Szenario 08 bis zu einem solaren Deckungsgrad von SD = 45,9 % in Szenario 23.

2.3.5 Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen

☞ **Kurzbeschreibung:**

System	Solarthermiekollektor, z. B.: Vakuumröhrenkollektoren mit Sammlerkasten am oberen Ende des Kollektorfeldes
Industriepartner	Einsiedler Solartechnik GmbH (A), Vakuumröhrenkollektoren
Wandaufbau Gebäudehülle (von innen nach außen):	Spachtelung 15 cm Stahlbeton-Fertigteil-Bauweise 20 cm WDVS (EPS) (0,5 cm) Deckschicht



Montage von VAKUUMKOLLEKTORSEN
SENKRECHT (ANGEWINKELT) IN
FASSENDEBENE

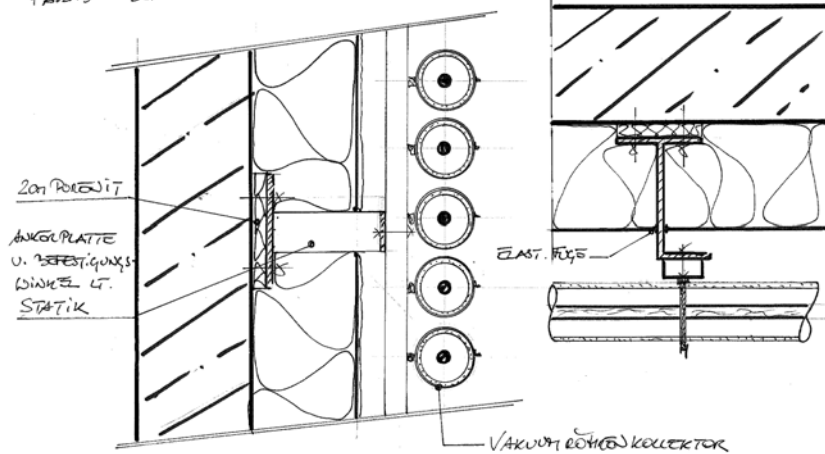


Abbildung 6: Detailskizze: Vorgesetzter Vakuumröhrenkollektor Neubau

Wärmeschutz:

✓ Was ist bei der Wahl der Außenwandkonstruktion zu beachten?

Grundsätzlich kann der Wärmetransport über Strahlung, Konvektion und Wärmeleitung erfolgen. Die Außenwandkonstruktion sollte daher so konzipiert werden, dass eine Minimierung der Energieverluste stattfindet. Der Aufbau der Außenwand sowie die Befestigungsmittel des Kollektors sind dementsprechend zu optimieren. Die Eignung der tragenden Außenwand für die Kollektorbefestigung ist statisch nachzuweisen.

Konkrete Variante: Die Außenwandkonstruktion ist unter Berücksichtigung von baurechtlichen, statischen und bauphysikalischen Vorgaben für die Montage von Kollektorfeldern geeignet.

✓ Welche Außenwandaufbauten sind besonders für die Montage geeignet?

Grundsätzlich sind alle statisch ausreichend dimensionierten und bauphysikalisch sowie bautechnisch richtig ausgeführten Wandaufbauten für die Montage geeignet. Jedenfalls nötig sind Vor-Ort-Kontrollen mit detaillierten Zustandserhebungen der Außenwandaufbauten. Es ist jedoch zu beachten, dass durch die Anordnung einer integrierten Kollektoranlage an der Außenseite einer Außenwand die Vorgaben eines "idealen Wandaufbaues" in bauphysikalischer Hinsicht nicht mehr vollständig eingehalten werden können.

"idealer Wandaufbau": Keine durchgehenden Einbauten und Hohlräume von innen nach außen und von außen nach innen, raumseitig höherer Dampfdiffusionswiderstand als auf Außenseite, nach außen schlechter wärmeleitend, nach innen besser wärmespeichernd.

Konkrete Variante: Die Montage im konkreten Fall kann sehr einfach und komfortabel erfolgen, da die massive Außenwand einen "idealer" Wandaufbau durch ihre hohe Masse als Befestigungsgrund und hohen Dampfdiffusionswiderstand darstellt.

✓ Sind für die vorgesetzten Kollektorfelder und den dahinter liegenden Bauteil andere als die normgemäßen klimatischen Randbedingungen zu berücksichtigen?

Ja, die klimatischen Randbedingungen verändern sich hinsichtlich der Reduktion von direkter Sonneneinstrahlung (Blendschutz), Erhöhung des Streiflichtanteiles, Verwirbelung des anströmenden Windes, Konzentration des Schlagregeneintrags auf die Befestigungspunkte.

Konkrete Variante: Durch die vorgesetzte Montage reduzieren bzw. konzentrieren sich die Witterungseinflüsse an den Kollektorfeldern. Speziell bei den Befestigungspunkten an der Außenwand ist auf eine fachgerechte Ableitung des Regenwassers zu achten. Ansonsten können ungewünschte Verschmutzungen oder Schäden im Außenputz entstehen.

Wärmebrücken

✓ Welchen Einfluss hat die Befestigung auf die Wärmeverluste durch Wärmebrücken?

Die relative Änderung der Transmissionswärmeverluste ist weitgehend unabhängig vom Material der Gebäudewand (leichte/schwere Bauweise). Der zusätzliche Einfluss der Befestigungselemente bei vorgesetzten Konstruktionen (Screen), zur Fixierung des Rahmens auf der Gebäudewand, ist gering.

Konkrete Variante: Bei vorgesetzten Konstruktionen entstehen durch die punktförmigen Befestigungspunkte die zu berücksichtigenden Wärmebrücken. Der Einfluss der Wärmebrücken ist bei der Montage auf einer ungedämmten Außenwand nicht relevant.

✓ **Gibt es die (mind.) nötige Rohrdämmstärke für die thermisch aktiven Leitungen?**

Eine Mindest-Rohrdämmstärke, gem. ÖNORM M 7580, von 30 mm ist vorgeschrieben. Als Faustregel gilt: Rohrdurchmesser = Dämmstärke.

Konkrete Variante: Alle Verbindungsleitungen zwischen den Kollektoren sind mit 30 mm vom Hersteller gedämmt, Leitungen in das Gebäude sind mit 30 mm Dämmung vorgeschrieben.

Sommerlicher Wärmeschutz

✓ **Welche Parameter sind für eine Potentialabschätzung der Abschattungswirkung im Vergleich zu herkömmlichen Abschattungssystemen maßgeblich?**

Lage und Neigung, verwendete Materialien beim Kollektor und Außenbauteil (Reflexionen, Transmission), Abmessungen Kollektorfelder, Größe-, und Montageabstand der Kollektorfelder / Vakuumröhren und Distanz zum Außenbauteil.

Konkrete Variante: Bei der Ausführung eines vorgesetzten Screens ist der Abminderungsfaktor Sonnenschutz F_c (früher: z-Wert) eines Kollektorfeldes vergleichbar mit einer stark lichtdurchlässigen Innenjalousie (Siehe ÖNORM B 8110-3:2011, Tabelle E.3 – Richtwerte für Sonnenschutzeinrichtungen – Jalousien).

Stagnationsfall

✓ **Mit welchen thermischen Belastungen ist im Stagnationsfall zu rechnen?**

Im Stagnationsfall wird in Abhängigkeit von der Dauer der maximalen Stillstandstemperaturen und der Distanz von dem Kollektor ein Aufheizen des angrenzenden Außenbauteils stattfinden. Wesentlich ist aus bauphysikalischer Sicht dabei: der Kollektortyp, die Einbausituation des Kollektors, die Zeit der max. Temperaturen im System, die Umgebungstemperatur, die Umgebungsreflexionen, die Ausrichtung (Himmelsrichtung). Durch die kurze Dauer der max. Temperaturen und die Art der Montage ist bei Funktionstauglichkeit aller Sicherheitseinrichtungen keine Gefährdung gegeben. Trotzdem sollte das Eintreten dieses Falles durch eine optimierte Abstimmung der Anlagengröße zur Abnehmermenge minimiert werden, da es im Stagnationsfall zu einer hohen Belastung der Anlage (Drucksteigerung) und des Füllmediums (Kältemittels) kommt.

Konkrete Variante: Bei dem gewählten Kollektortyp werden die Stillstandstemperaturen mit 240 °C zuzüglich Umgebungstemperatur vom Hersteller angegeben.

Feuchteschutz

Feuchtigkeit in der Außenwand soll tunlichst vermieden werden, da meist Schimmelbildung und die Zerstörung der Bausubstanz in kürzester Zeit die Folge sind. Diese Feuchtigkeitsanreicherungen in der Außenwand können durch verschiedene Ursachen entstehen: Baurestfeuchte, speziell in der Massivbauweise, eindringende Feuchtigkeit von außen – durch Regen, Bauschaden, etc., eindringende Feuchtigkeit von innen – durch Diffusion und unkontrollierte Luftströmungen. Feuchte Baustoffe leiten die Wärme besser, daher wird die Wärmedämmwirkung geringer.

✓ **Sind durch die vorgesezten Kollektorfelder für das dahinter liegende Bauteil andere als die normgemäßen feuchteschutztechnischen Randbedingungen zu berücksichtigen?**

Bei vorgesezten Kollektorfeldern ist je nach Ausbildung mit zumeist nur geringfügigen Änderungen der feuchteschutztechnischen Randbedingungen zu rechnen. Besonderes Augenmerk ist auf die Befestigungspunkte der Kollektorunterkonstruktion zu legen (dichte Einbindung!).

Konkrete Variante: Auf eine entsprechende Entwässerung der Kollektorunterkonstruktion ist besonderes Augenmerk zu legen.

Schallschutz

✓ **Wodurch können Schallquellen entstehen?**

Durch die Profilierung von Kollektoren wird die Windangriffsfläche erhöht. Es können im ungünstigsten Fall aerodynamische Schallquellen entstehen.

Konkrete Variante: Es gab diesbezüglich bisher keine negativen Erfahrungen vom Hersteller. Zur Ermittlung der tatsächlichen schallschutztechnischen Einflussgrößen wäre die Vermessung von Testfassaden nötig.

Brandschutz

Die Anordnung und Ausführung der Kollektorfelder ist unter Berücksichtigung der Fluchtwegssituation, eventuell erforderlicher Sicherheitseinrichtungen und der Leitungsführung mit den jeweils rechtsgültigen Schutzziele (OIB-Richtlinien, TRVBs und länderspezifischen Gesetzen und Vorgaben) im Brandschutzkonzept entsprechend zu berücksichtigen und in der Ausführung umzusetzen.

✓ **Welche brandschutztechnischen Anforderungen sind einzuhalten?**

Die Kollektoren und Befestigungsmaterialien sind aus nicht brennbaren Materialien der Brandschutzklasse A1 zu fertigen. Für alle Fassadenvarianten ist die ÖNORM B 3806, Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten (Baustoffen), einzuhalten.

Konkrete Variante: Erstgespräche mit den zuständigen Behörden haben ergeben, dass – speziell bei der Anordnung vorgesezter Kollektorfelder – hohe Standards zum Schutz der darunter befindlichen Personen und Rettungskräfte erforderlich sind. Terrassen, Loggien und Balkone werden fast immer als zweiter Rettungsweg herangezogen. Es wird in diesen Bereichen unabdingbar sein, mögliche ausfließende Flüssigkeiten (Transportmedien) aufzufangen oder in vorgesehene Sammelbehälter abzuleiten. Die daraus resultierenden Maßnahmen müssen gemeinsam mit den zuständigen Behörden und Vertretern der Rettungskräfte erarbeitet werden. Es gibt diesbezüglich derzeit keine vergleichbaren Erfahrungen. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, Hersteller und Verarbeiter mit einzubeziehen.

✓ **Erfolgt durch die Kollektorfassade eine Einschränkung des 2. Rettungsweges?**

In der Regel nicht, wenn aus den mit den Behörden und allen Beteiligten erarbeiteten Grundlagen entsprechende planerische Vorkehrungen getroffen werden. Die Erstellung eines Brandschutzkonzeptes in der Planungsphase, unter Berücksichtigung von z. B. Rettungsöffnungen in der Kollektorebene, mechanischen Schutzvorkehrungen, Haltegriffen etc. ist nötig.

Konkrete Variante: Es darf durch den vorgesezten Kollektor-Screen zu keiner Einschränkung des 2. Rettungsweges (wie z. B. über eine anleiterbare Fensteröffnung je Aufenthaltsraum – Genaues siehe das jeweilige Brandschutzkonzept) kommen. Zur Umsetzung dieser Anforderung ist die Ausbildung von geschoßweisen Rettungsöffnungen notwendig. Genaue Lage und Ausführung dieser Rettungsöffnungen sind im Brandschutzkonzept festzulegen.

✓ **Erfolgt durch die Kollektorfassade eine Verstärkung des Brandes?**

Dies ist nicht zu erwarten, da die verbauten Baustoffe schwer- oder nicht-brennbar sind und auch die Trägermedien in den Kollektoren in der Regel nicht entflammbar sind. Besonders ist das bei der Kollektorwahl hinsichtlich der Kollektorrückwände zu beachten.

Konkrete Variante: Nein, da alle gewählten Baustoffe schwer- oder nicht-brennbar sind.

✓ **Was passiert im Schadensfall der Konstruktion?**

Bei Beschädigung der Konstruktion durch äußere mechanische Einwirkung können Gläser zu Bruch gehen oder Leitungen zum Bersten gebracht werden. Beim Leitungsbruch würden die Flüssigkeiten mit einer Temperatur von bis zu 140 °C in Form von Dampf austreten, kondensieren und abtropfen. Für diese Fälle sind entsprechende Konzepte zum Schutz der Umgebung, wie oben beschrieben, mit den zuständigen Behörden zu erarbeiten.

Konkrete Variante: Bei dem ausgewählten Vakuumkollektor kann ein Schadensfall durch Umwelteinflüsse wie Hagel ausgeschlossen werden, da dieses System über einen entsprechenden Nachweis und Prüfbericht über die ausreichende Widerstandsfähigkeit verfügt. Für darüber hinausgehende Schadensfälle sind im Vorfeld mit den zuständigen Behörden Konzepte zum Schutz der Umgebung zu erarbeiten.

✓ **Welche Maßnahmen sind für einen sicheren Zugang in das Gebäude für die Rettungskräfte zu treffen?**

Da die Anwendungen von großflächigen Fassadenkollektorfeldern (über ganze Fassaden bzw. Fassadenteilen) im mehrgeschoßigen Wohn- und Nichtwohnbau noch nicht etabliert sind, gibt es speziell in Wien seitens der Magistratsabteilungen 37, 37B und 39 keine offizielle Stellungnahme über einzuhaltende Schutzziele und daraus resultierende Planungs- bzw. Baumaßnahmen. Sie sind im einzelnen Anwendungsfall projektspezifisch mit den zuständigen Behörden zu klären.

Konkrete Variante: Fluchtwege im Bereich der Vakuumröhren sind laut Behörde grundsätzlich möglich, da die Oberflächentemperatur der Borsilikatröhre maximal ca. +10° der Außentemperatur beträgt. Eine Montage besonders im städtischen Bereich wird durch erhöhte Sicherheitsauflagen jedoch erschwert. Unter den vorgesezten Kollektorfeldern muss ein wannenartiges Schutzdach errichtet werden, welches die Menge der Flüssigkeit (Trägermedium) vollständig aufnehmen oder in dafür vorgesehene Behälter ableiten kann. Ferner muss es Schutz vor herabfallenden Teilen der Konstruktion (Splitter) bieten. Ein Anleiterschutz zur Schonung der Konstruktion ist ebenfalls erforderlich. Diese Anleiterpunkte sind mit der Feuerwehr festzulegen.

Baurechtliche Aspekte

Bei großvolumigen Neubauprojekten ist die Anordnung solcher vorgesetzten Screens auf eigenem Grund möglich. Eine entsprechende Anlagenplanung mit all ihren Erfordernissen wird von der Entwurfsphase des Projektes an empfohlen. Speziell die Vorgaben aus den länderspezifischen Bauordnungen und gültigen Normen sind, am Beispiel Wien, mit folgenden Stellen abzuklären:

- MA 37 – Baupolizei - Baurechtliche Aspekte
- MA 19 – Stadtbildpflege - Eingliederung in das Stadtbild
- MA 68 – Feuerwehr - Brandschutzkonzept
- MA 37B – Baupolizei Abt. Brandschutz - Brandschutztechnische Belange
- MA 28 – öffentliche Flächen - Fundierung und Bauteile über öff. Gut
- MA 48 – Müllabfuhr - wenn eventuell die Entsorgung des Mülls und die Zufahrt für die Fahrzeuge beeinträchtigt wird.
- MA39 – Akkreditierte Prüfanstalt
- Gemeindeamt, Bürgermeister

Statik

Da es sich im konkreten Fall um einen Neubau handelt, können die folgenden Erfordernisse gut vorbereitet und in der Planung berücksichtigt werden.

✓ Für die Variante Schutzvordach am öffentlichen Gut gilt: Die Dimension der Fundierung und deren Positionierung sind nach den jeweiligen statischen Erfordernissen herzustellen. Es sind Punktfundamente herzustellen, welche im Bereich des öffentlichen Gutes in den Gehsteig oder Fahrbahnbereich zu integrieren sind. Diese Einbauten dürfen die Benutzer der Parkstreifen, Straßen und Gehwege nicht gefährden oder einschränken. Eine Abklärung mit den zuständigen Behörden sowie die Verkehrsrechtsverhandlung sind rechtzeitig notwendig.

✓ Für die Variante Schutzvordach ganz oder teilweise über öffentlichem Gut, Verankerung auf eigenem Grundstück gilt: Die Verankerung des Vordaches kann entweder über Punktfundamente erfolgen, welche die senkrechten Lasten inkl. der auskragenden Belastungen (Aufnahme des Momentes und der auf das Fundament wirkenden Zugkräfte) aufnehmen. Es kann eine zusätzliche Rückhängung am Gebäude erforderlich sein. Diese Rückhängungen sind auf jeden Fall thermisch getrennt auszuführen, um eine Wärmebrücke zu vermeiden.

✓ Für die Verankerungen im aufgehenden Mauerwerk gilt: Die Verankerungen am Gebäude richten sich nach der Wahl des Materials der Außenwand. Es kann Beton, Ziegel, Schalbeton- bzw. Mantelbetonsteinmauerwerk, Holzbauweise zur Ausführung kommen. Je nach vorhandenem Material für die Außenwand und seinen Eigenschaften ergeben sich die Anzahl und Größe der Befestigungspunkte. Als rechnerischer Ansatz für den Statiker sind die Größe der solarthermischen Flächen, Gewichtsangaben zum gefüllten System, der Abstand zum Gebäude und die Lage des Gebäudes wichtig. Je nachdem, ob das Gebäude durch eng anstehende Nachbarbauwerke/-bauteile gegen Wind abgeschirmt wird oder ob es

in exponierter bzw. freistehender Lage anzutreffen ist. Die auftretenden Windlasten an der Kollektorkonstruktion sind dabei eine wichtige Bemessungsgrundlage. Aus der Summe der Faktoren und den bauphysikalisch erforderlichen Vorgaben dimensioniert der Statiker die notwendigen Befestigungspunkte und Kollektorkonstruktion.

Montage

Im konkreten Fall werden im ersten Arbeitsschritt die Stützenkonstruktionen auf den entsprechenden Fundierungen für die Wannens- und Schutzkonstruktion über dem Gehsteigbereich errichtet. Anschließend werden die Wandanker versetzt. Eventuell sind Dachfixierungspunkte bei Schrägdächern bzw. Verankerungen bei Umkehrdächern notwendig. Bei Umkehr- und Warmdachaufbauten ist auf eine thermische Trennung der Befestigungspunkte zu achten. Es werden hierfür auf der Wärmedämmung Fundamentplatten nach statischen Erfordernissen hergestellt, welche bei der Bemessung der Deckenkonstruktion der letzten Geschoßdecke berücksichtigt werden müssen. Auf diesen Verankerungsgründen wird die Primärtragkonstruktion für die Kollektoren befestigt. Die Kollektoren werden danach mit den Befestigungsschienen und -elementen montiert. Werden diese Befestigungspunkte an den Loggiendecken angeordnet, so müssen diese in der Konstruktion der Deckenbewehrung bzw. die eingeleiteten Lasten bei der statischen Dimensionierung berücksichtigt werden.

Leitungsführung

Die Hauptleitungen werden entsprechend wärmegeklämt und gesammelt zu einem zentral gelegenen Technikraum geführt. In diesem Technikraum befindet sich zumeist die Speicherzentrale, welche entsprechend der Anzahl der Wohneinheiten dimensioniert ist. Von dieser Speicherzentrale erfolgt die mögliche Einbindung zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung und wohnungsweisen Verteilung zu den Abnehmern. Eine Variante dazu ist die geschoßweise Einleitung in das Gebäude der gedämmten Sammelleitung durch die Fassade. Hier wird geschoßweise die Hauptsammelleitung zu jeder Wohnung geführt. Bei jeder Wohneinheit befindet sich eine Einzelanschlusssstelle mit einer autonomen Zählung. Diese Ausführungsvariante ist im großvolumigen Wohnungsgeschoßbau regelungstechnisch schwierig einzuregulieren und unwirtschaftlich in der Herstellung und Betrieb, siehe dazu ÖNORM EN 12975-1 und -2, ÖNORM EN 1268-1 und ÖNORM EN 4126-1.

Arbeitssicherheit – Wartung, Instandhaltung, Reparatur

Die errichteten Kollektorfelder müssen für Wartung, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten jederzeit zugänglich sein. Es sind entsprechende Absturzsicherungen, mittels Sicherungspunkten und Wartungsstegen, in den Unterlagen für spätere Arbeiten (gem. Baustellenkoordinationsgesetz) zu planen und herzustellen, siehe dazu ÖNORM EN 12975-1 und -2 und ÖNORM H 5195. Die Durchführung der Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten kann auch mittels eines Hubsteigers erfolgen. Eine baurechtlich und statisch entsprechende Aufstellfläche für den Hubsteiger ist zu berücksichtigen. Ein wichtiger und nicht zu vernachlässigender Faktor ist die Sicherung der Wartungszugänge gegen Benutzung durch unbefugte Dritte. Dies kann durch einen versperrbaren Leiteraufstieg oder einen ausreichend hoch angesetzten Einstieg erfolgen.

2.4 Neubau – Geschößwohnbau dichte Verbauung

2.4.1 Kurzbeschreibung

	
BEDNAR PARK	
Adresse	Leyerstraße – Schweidlgasse – Krakauer Strasse 2. Bezirk/Leopoldstadt, Wien
Bauträger	Wiener Heim Wohnbaugesellschaft GmbH
Architekt	Atelier Hayde
Baujahr	Baubeginn Nov 2010, geplante Fertigstellung Sommer 2012
Anzahl Wohnungen	Gesamt: 92, untersuchtes Objekt: 29
Orientierung	Die Wohnungen der 2 kleineren Baukörper sind Ost-West orientiert.
Konstruktion	Stahlbeton-Fertigteile-Bauweise, WDVS 16 cm
BGF	3.294 m ²
HWB Neubau	27,2 kWh/m ² BGFa
Gestalterische Qualitäten	<p>Der östliche Teil des Grundstücks hat direkten Bezug zum Park, der Übergang wurde offen gestaltet. Alle Wohnungen im Erdgeschoß haben eine Terrasse und zusätzlich einen Garten. In den oberen Geschoßen ist jeder Wohnung eine Loggia zugeordnet, die über den Wohnraum zu erreichen ist.</p> <p>Die Aufteilung der Grundrisse der unterschiedlichen Wohnungstypologien ist ähnlich. Der Wohnraum und die Zimmer sind an den Außenwänden angeordnet und natürlich belichtet und belüftet. Die Küchen stehen in direktem Kontakt mit dem Außenraum, teilweise sind sie sogar mit Loggia verbunden.</p>

2.4.2 Ergebnisse der Verschattungsanalysen und Gebäudesimulationen

✓ Aufgrund der dichten Verbauung spielt die Verschattung des mittleren Wohnhauses durch die Nachbargebäude eine bedeutende Rolle.

21. Juni		21. Dezember	
08:00 Uhr		09:00 Uhr	
12:00 Uhr		12:00 Uhr	
18:00 Uhr		15:00 Uhr	

✓ Die ermittelte Jahressumme der verfügbaren Solarstrahlung an der Süd-Fassade des mittleren Wohnhauses beträgt 675 kWh/m²a für das sechste Obergeschoß. Für das Erdgeschoß sinkt dieser Wert auf 616 kWh/m²a ab. Auf die horizontale Dachfläche wirken pro Jahr 1116 kWh/m²a Solarstrahlung.

✓ Szenarien: Die Wärmeschutzausprägung „Bestand“ berücksichtigt die ausgeführten Baukonstruktionen, die Ausprägung „hochwertiger Wärmeschutz“ beinhaltet Konstruktionen der Gebäudehülle mit U-Werten, wie sie für Passivhäuser gewählt werden. Es wurde einerseits die Ausrichtung der Wohnhausfassaden „Nord/Süd“ modelliert und andererseits wurde die Ausrichtung „West-Ost“ abgebildet und durchgerechnet.

✓ Die Berechnungsergebnisse hinsichtlich Jahresheizwärmebedarf beziehen sich allein auf das mittlere Gebäude der drei Wohnhäuser. Für die thermische Qualität der Gebäudehülle „Bestand“ ergibt sich ein spezifischer HWB von 27,20 kWh/m²BGFa für die Fassadenorientierung „Nord-Süd“ und bei Annahme eines hochwertigen Wärmeschutzes vermindert sich der spezifische HWB auf 15,00 kWh/m²BGFa. Die Orientierung der Gebäudefassaden hat keine signifikante Auswirkung auf den HWB.

2.4.3 Entwurfsaspekte und Architektonische Varianten

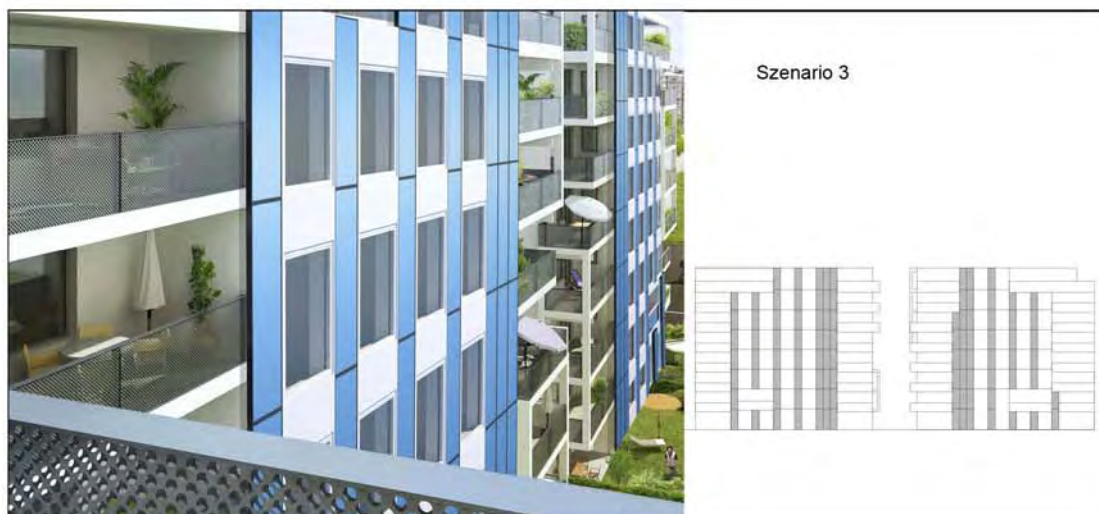
Folgende Entwürfe der solarthermischen Systemintegration werden vorgeschlagen:



Perspektive und Dachdraufsicht M 1:1000 Szenario 1 Vakuumröhrenkollektoren als Loggia-Überdeckung



Perspektive und Ansicht M 1:1000 Szenario 2 mit brüstungsintegrierten Flachkollektoren



Perspektive und Ansicht M 1:1000 Szenario 3 mit geschosshohen Flachkollektoren

Abbildung 7: Architektonische Varianten: Neubau – Geschoßwohnbau dichte Verbauung

✓ Bei diesem Projekt ist in einem ersten Schritt die Möglichkeit gegeben, auf den Flachdächern Kollektoren aufzustellen, die kaum einsehbar sind. Damit wären pro Gebäude rund 120 m² Kollektorfläche realisierbar.

✓ **Variante 1: Vakuumröhren-Screen als Überkopfverglasung**

In der ersten Variante werden die Loggien im obersten Geschoß mit Vakuumröhren überdeckt. Ohne Beeinträchtigung der Fassade bzw. der Architektur lässt sich dadurch ein Sonnenschutz installieren, der sowohl eine unterschiedliche Dichte an Elementen anbieten könnte, als auch – als variables System – nachträglich angebracht bzw. abgeändert werden könnte. Diese Lösung verbindet die Nutzung einer vorhandenen, klar definierten räumlichen Zone mit partiellem Sonnenschutz als Überkopfverglasung. Diese mehrfach funktionale Determinierung vermindert nicht nur den Eindruck von Beliebigkeit, sondern erzeugt eine schlüssige Nutzung und Definition einer ohnehin vorhandenen klar konturierten räumlichen Zone und löst dadurch ein wesentliches Kriterium für architektonische Qualitäten solarthermischer Gebäudeintegration ein: die mehrfache Motiviertheit.

✓ **Variante 2: Brüstungsintegrierte Flachkollektoren**

In der zweiten Variante werden brüstungsintegrierte Röhrenkollektoren vorgeschlagen. Ebenso wie in Variante 1 greift dieser Entwurf nicht in den bestehenden Fassadencharakter ein. Zwar werden die Brüstungsflächen dadurch etwas deutlicher betont, der grundsätzliche Charakter der Fassade bleibt aber erhalten. Wie in Variante 1 ergibt sich auch für diese Variante eine doppelte Funktion – Geländer und Solarkollektor in einem Element –, die deutlich den Eindruck von Beliebigkeit tilgt.

✓ **Variante 3: Geschoßhoch integrierte Flachkollektoren**

Die dritte Gestaltungsvariante versucht, innerhalb des Maßstabs des Gesamtgebäudes Solarthermie in die Fassaden zu integrieren. Die großformatigen geschoßhohen Fassadenkollektoren werden der Lage und erhöhten Größe der Fensterflächen gemäß mit einem großformatigen Raster angepasst. Die Fensterelemente ermöglichen dadurch höheren Lichteinfall und unterscheiden sich von den Kollektoren durch die Lage in der Fassadenebene wie auch durch die Ausführung. Dadurch wird die Fassade zu einem Zusammenspiel aus drei Gestaltungselementen (Verglaste Flachkollektoren, Loggien und Fensteröffnungen) im Gegensatz zu der aus zwei Elementen komponierten Fassade (Loggien und Lochfassade).

☺ ➡	Variante 1: Architektonisch interessant, zurückhaltend und mehrfach motiviert
☺ ➡	Variante 2: Architektonisch interessant, zurückhaltend und mehrfach motiviert
☹	Variante 3: Da die Ausgewogenheit der ursprünglichen Fassade mit fassadenintegrierten Flachkollektoren nicht erhalten werden kann, wird durch einen neuen Raster aus Kollektor- und Fensteröffnungsflächen ein Widerpart zu den flankierenden Loggien erzeugt, der äußerst markant in Erscheinung tritt.

➡ Für diese Variante wurde die bautechnische Anbindung sowie die bauphysikalischen und baurechtlichen Fragestellungen überprüft.

2.4.4 Energetische Erträge und Deckungsgrade

Die thermische Systemsimulation zur Bewertung der solaren Erträge und Deckungsgrade beruht auf einer Reihe von Annahmen, welche in der Tab.5 in den Spalten 1 bis 5 überblicksartig angegeben und im begleitenden Bericht „Energietechnische Bewertung – Systemsimulation“ [Heimrath et al. 2011] ausführlich dargestellt sind. Es wurden die Varianten mit Röhrenkollektoren und Flachkollektoren berechnet. Die Spalte 6 zeigt die mittels thermischer Gebäudesimulation ermittelten Werte des Heizwärmebedarfes, die Spalte 7 die ermittelten Bedarfswerte für Brauchwarmwasser und die Spalten 8 bis 12 die Ergebnisse der Anlagensimulation.

	ANNAHMEN					ERGEBNISSE						
	(1) Wärmeschutz Gebäudehülle	(2) Kollektortyp	(3) Kollektorausrichtung	(4) Kollektor- und Gebäudeverschattung	(5) Kollektorposition	(6) HWB MWh/a	(7) WWB MWh/a	(8) HEB MWh/a	(9) IG_K MWh/a	(10) Q_Sol MWh/a	(11) SE kWh/m²a	(12) SD %
	Att. 1	Att. 2	Att. 3	Att. 4	Att. 5							
SZ01	Standard	kein	Süd	inhärent	-	89.6	52.0	167.7	-	-	-	-
SZ02			West		-	86.5	52.0	164.5	-	-	-	-
SZ03	hochwert.	kein	Süd	inhärent	-	49.4	52.0	125.0	-	-	-	-
SZ04			West		-	48.4	52.0	124.0	-	-	-	-
SZ05	Standard	Flachkollektor	Süd	inhärent	D	89.6	52.0	118.8	260.0	51.2	651	30.0%
SZ06			Süd		F	89.6	52.0	137.7	340.4	32.3	314	18.7%
SZ07			Süd		D+ F	89.6	52.0	106.7	600.4	64.4	355	36.9%
SZ08			West		D	86.4	52.0	127.2	238.6	39.8	506	23.3%
SZ09			West		F	86.5	52.0	139.5	312.4	27.3	265	15.8%
SZ10			West		D+ F	86.5	52.0	118.7	551.0	49.2	271	28.1%
SZ11	Standard	Röhrenkoll.	Süd	inhärent	D	89.5	52.0	132.0	121.4	37.6	692	21.8%
SZ12			Süd		F	89.5	52.0	158.8	143.9	10.7	166	5.6%
SZ13			Süd		D+ F	89.5	52.0	128.0	265.3	42.3	357	24.3%
SZ14			West		D	86.4	52.0	128.9	126.7	37.5	691	22.2%
SZ15			West		F	86.5	52.0	154.6	150.1	11.5	179	6.2%
SZ16			West		D+ F	86.5	52.0	125.8	276.8	41.3	349	24.2%
SZ17	hochwert.	Flachkollektor	Süd	inhärent	D	49.4	52.0	75.8	260.0	51.4	655	40.7%
SZ18			Süd		F	49.4	52.0	93.7	340.4	33.4	325	26.2%
SZ19			Süd		D+ F	49.4	52.0	64.6	600.4	63.9	352	49.5%
SZ20			West		D	48.4	52.0	85.8	238.6	40.6	517	31.8%
SZ21			West		F	48.4	52.0	98.1	312.4	27.9	271	21.7%
SZ22			West		D+ F	48.4	52.0	77.5	551.0	49.8	274	38.1%
SZ23	hochwert.	Röhrenkoll.	Süd	inhärent	D	49.4	52.0	88.8	121.4	38.0	701	29.9%
SZ24			Süd		F	49.4	52.0	114.9	143.9	11.6	180	8.4%
SZ25			Süd		D+ F	49.4	52.0	83.9	265.3	43.4	366	34.0%
SZ26			West		D	48.4	52.0	87.9	126.7	37.9	698	30.1%
SZ27			West		F	48.4	52.0	113.8	150.1	11.5	179	8.5%
SZ28			West		D+ F	48.4	52.0	84.5	276.8	41.8	353	32.9%

Tabelle 5: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse: Neubau – Geschößwohnbau dichte Verbauung

✓ **Wärmeschutz der Gebäudehülle:** In Szenario 01 wird für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 89,6 MWh/a ausgewiesen. Bei einer Bezugsfläche von 3.294 m² Bruttogrundfläche ergibt sich ein spezifischer Heizwärmebedarf (HWB) von 27,20 kWh/m²BGFa. Die

Verbesserung des Wärmeschutzes auf „hochwertig“ in Kombination mit Annahme einer kontrollierten Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung im Szenario 3 senkt den jährlichen Heizwärmebedarf auf 49,4 MWh/a. Für die Bezugsfläche von 3.294 m² ergibt sich ein spezifischer Heizwärmebedarf (HWB) von 15,00 kWh/m²BGFa.

✓ **Kollektortyp:** Bei der Interpretation der Performance der unterschiedlichen Kollektortypen ist zu beachten, dass die durch die Architektur vorgegebenen Flächen an Flachkollektoren, Brüstungskollektoren und Röhrenkollektoren gestalterisch motiviert sehr unterschiedliche Größenordnungen aufweisen und sich somit einem direkten Vergleich entziehen. Somit kann grundsätzlich nur die Lösung als Ganzes und nicht die spezifische Leistungsfähigkeit bewertet werden. Besonders auffallend ist die geringe Leistungsfähigkeit der Brüstungskollektoren. Dies ist in den Szenarien, in denen ausschließlich Brüstungskollektoren zum Einsatz kommen, gut abzulesen (SZ12: SD = 5,6%, SZ15: SD = 6,2%, SZ24: SD = 8,4 %, SZ27: SD = 8,5 %). Erklärbar ist dies durch den geringen Anteil von Aperturfläche pro Kollektorfläche des eingesetzten Brüstungskollektors.

✓ **Kollektorausrichtung:** Die Auswirkung der Kollektorausrichtung auf den solaren Deckungsgrad ist in einem hohen Ausmaß von der Wahl des Kollektortyps abhängig. Bei den Szenarien mit Flachkollektoren ist eine deutliche Abhängigkeit von der Ausrichtung zu erkennen. So zeigt beispielsweise Szenario 17 (südausgerichtet) einen solaren Deckungsgrad von SD = 40,7 % und Szenario 20 (westgerichtet) einen solaren Deckungsgrad von SD = 31,8 %). Ebenso gilt dies für Szenarien, in denen Flachkollektoren am Dach und in der Fassade zum Einsatz kommen. Vergleicht man die Szenarien, in denen nur die Röhrenkollektoren am Dach zum Einsatz kommen, dann zeigt sich aufgrund der Ausrichtung beinahe keine Auswirkung. Vergleiche dazu Szenario 11 (SD = 21,8%) mit Szenario 14 (SD = 22,2%) und Szenario 23 (SD = 29,9%) mit Szenario 26 (SD = 30,1%). Dies erklärt sich durch die horizontale Lage der Röhrenkollektoren, die weitgehend richtungsunabhängig ist. Bei der Kombination aus horizontalen Röhrenkollektoren am Dach und Brüstungskollektoren zeigt sich ein ähnliches Bild, da die richtungsunabhängige Performance der horizontalen Röhrenkollektoren die dominierende Größe darstellt.

✓ **Kollektor- und Gebäudeverschattung:** Die Kollektor- und Gebäudeverschattung wird in dieser Fallstudie nicht variiert und in sämtlichen Szenarien auf „inhärent“ gestellt. Eine Interpretation ist demnach nicht möglich.

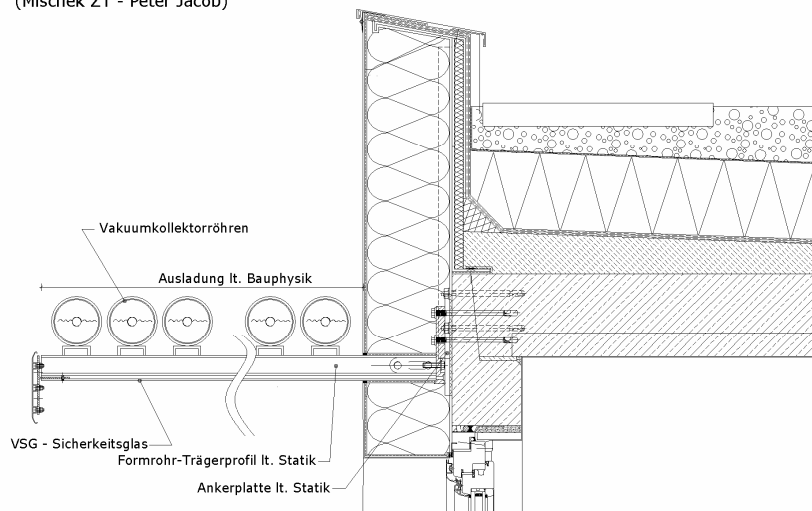
✓ **Kollektorposition:** Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass in der gewählten Konfiguration die Dachflächen (D) sowohl in der Ausprägung Flachkollektor als auch in der Ausprägung Röhrenkollektor eine dominierende Rolle in der Auswirkung auf den SD-Wert besitzen. Auffallend ist, dass eine Kombination (D+F) aus Dachflächenkollektoren (D) und Fassadenkollektoren (F) eine eher geringe Verbesserung gegenüber den Szenarien mit ausschließlich Dachkollektoren aufweist. Vergleiche z. B. Szenario 5 (D) mit SD = 30,0 % mit Szenario 7 (D+F) mit SD = 36,9 %. Dies ist einerseits auf die eher geringe Performance der Fassaden- bzw. Brüstungskollektoren zurückzuführen und andererseits auf die durch eine Kombination von Dach- und Fassadenkollektoren stark erhöhte Überproduktion in warmen und strahlungsreichen Perioden des Jahres.

2.4.5 Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen

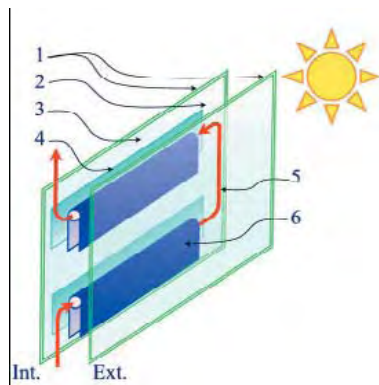
☞ Kurzbeschreibung:

System	System 1: Vakuumröhrenkollektoren mit Sammlerkasten am oberen Ende des Kollektorfeldes, System 2: transparenter Flachkollektor
Industriepartner	Einsiedler Solartechnik GmbH (A), Vakuumröhrenkollektoren Robinson Sun (F), transparente Solarthermiekollektoren
Wandaufbau Gebäudehülle (von innen nach außen):	Spachtelung 18 cm Stahlbeton-Fertigteildeckbauweise 16 cm WDVS (EPS) (0,5 cm) Deckschicht

Beispiel einer Vakuumröhrenmontage auf Vordachkonstruktion:
(Mischek ZT - Peter Jacob)



- 1 Weißglas ESG oder VSG
- 2 Edelgasfüllung
- 3 Beschichtung
- 4 Reflektorspiegel
- 5 Rohrleitung



Beispiel: Robin Sun - Element als Geländerfüllung

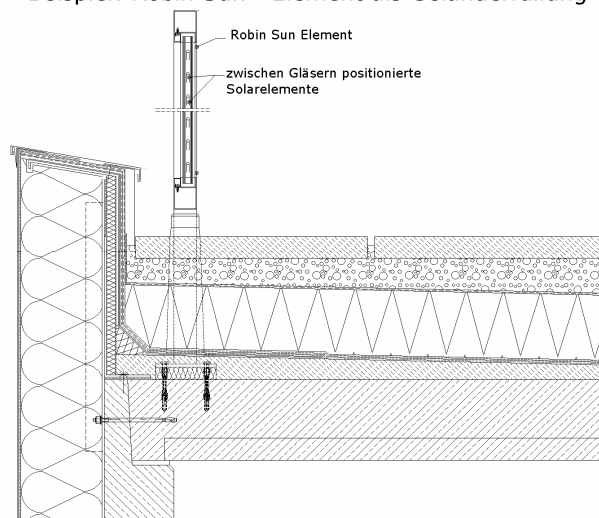


Abbildung 8: Detail: Vakkumröhrenmontage auf Vordachkonstruktion und transparenter Flachkollektor als Brüstungselement

Bauphysikalische und baurechtliche Rahmenbedingungen: *Siehe 2.3.5*

Wärmebrücken: *Siehe 2.3.5*

Sommerlicher Wärmeschutz: *Siehe 2.3.5*

✓ **Welche Parameter sind für eine Potentialabschätzung der Abschattungswirkung im Vergleich zu herkömmlichen Abschattungssystemen maßgeblich?**

Lage und Neigung, verwendete Materialien beim Kollektor und Außenbauteil (Reflexionen, Transmission), Abmessungen Kollektorfelder, Größe-, und Montageabstand der Kollektorfelder / Vakuumröhren und Distanz zum Außenbauteil.

Konkrete Variante: Bei der Ausführung eines vorgesetzten Screens ist der Abminderungsfaktor Sonnenschutz F_c (früher: z-Wert) eines Kollektorfeldes vergleichbar mit einer stark lichtdurchlässigen Innenjalousie (Siehe ÖNORM B 8110-3:2011, Tabelle E.3 – Richtwerte für Sonnenschutzeinrichtungen – Jalousien).

Bei der Geländerausführung ist eine Abschattungswirkung kaum bis nicht gegeben.

Stagnationsfall: *Siehe 2.3.5*

Feuchteschutz: *Siehe 2.3.5*

Schallschutz: *Siehe 2.3.5*

Brandschutz: *Siehe 2.3.5*

✓ **Welche brandschutztechnischen Anforderungen an das Brandverhalten sind einzuhalten?**

Die Kollektoren und Befestigungsmaterialien sind aus nicht brennbaren Materialien der Brandschutzklasse A1 zu fertigen. Für alle Fassadenvarianten ist die ÖNORM B 3806, Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten (Baustoffen), einzuhalten.

Konkrete Variante: Erstgespräche mit den zuständigen Behörden haben ergeben, dass – speziell bei der Anordnung beider Systeme als Geländer- und / oder Vordachkonstruktion – hohe Standards zum Schutz der darunter befindlichen Personen und Rettungskräfte erforderlich sind. Terrassen, Loggien und Balkone werden fast immer als zweiter Rettungsweg herangezogen, zumal sich gefährdete Personen auf diesen bis zum Eintreffen der Feuerwehr ins Freie retten können, von Rauchgasen verschont bleiben und sich bemerkbar machen können. Es wird bei Vordachkonstruktionen in diesen Bereichen unabdingbar sein, mögliche ausfließende Flüssigkeiten (Transportmedien) aufzufangen oder in vorgesehene Sammelbehälter abzuleiten. Im Falle der Geländerfüllung muss ebenfalls die Möglichkeit von flüssig oder dampfförmig austretenden Trägermedien in Betracht gezogen werden. Daraus resultierende Maßnahmen müssen gemeinsam mit den zuständigen Behörden und Vertretern der Rettungskräfte erarbeitet werden. Es gibt diesbezüglich derzeit keine vergleichbaren Erfahrungen. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, Hersteller und Verarbeiter mit einzubeziehen.

✓ Erfolgt durch die Kollektorfassade eine Einschränkung des 2. Rettungsweges?

In der Regel nicht, wenn aus den mit den Behörden und allen Beteiligten erarbeiteten Grundlagen entsprechende planerische Vorkehrungen getroffen werden. Die Erstellung eines Brandschutzkonzeptes in der Planungsphase, unter Berücksichtigung von z.B. Rettungsöffnungen in der Kollektorebene, mechanischen Schutzvorkehrungen, Haltegriffen, etc. ist nötig.

Konkrete Variante: Erstgespräche mit den zuständigen Behörden haben ergeben, dass es zu keiner wie immer gearteten Einschränkung des 2. Rettungsweges kommen darf. Ein statisch dimensionierter Anleiterschutz ist jedenfalls vorzusehen, damit es zu keiner Beschädigung des Kollektors beim Anleitern kommen kann. Weiters ist bei der Positionswahl der Kollektorfelder auf ein eventuelles Austreten von heißem Wasser zu achten. Entsprechend markierte Schutzzonen für Personen und Rettungskräfte sind zur Gewährleistung des zweiten Rettungsweges zu berücksichtigen. Ferner ist das Bruchverhalten des Kollektorglases nachzuweisen. Schutzziele und daraus resultierende Maßnahmen sind projektspezifisch mit den zuständigen Behörden zu klären.¹⁴

Baurechtliche Aspekte:

Bei großvolumigen Neubauprojekten ist die Anordnung solcher Geländer- oder Vordachkonstruktionen im Bereich der Loggien, Laubengänge und Terrassen möglich. Eine entsprechend Anlagenplanung mit all ihren Erfordernissen wird von der Entwurfsphase des Projektes empfohlen. Speziell die Vorgaben aus den länderspezifischen Bauordnungen und gültigen Normen sind, am Beispiel Wien, mit folgenden Stellen abzuklären:

- MA 37 – Baupolizei - Baurechtliche Aspekte
- MA 19 – Stadtbildpflege - Eingliederung in das Stadtbild
- MA 68 – Feuerwehr - Brandschutzkonzept
- MA 37B – Baupolizei Abt. Brandschutz - Brandschutztechnische Belange
- MA39 – akkreditierte Prüfanstalt
- Gemeindeamt, Bürgermeister

Folgende Gesetze und Richtlinien sind dabei zu berücksichtigen:

- (länderspezifische) Bauordnungen
- OIB – Richtlinie
- TRVBs
- ÖNORMEN
- Verordnungen
- Arbeitnehmerschutz
- BauKG (Bauarbeitenkoordinationsgesetz)

¹⁴ In Wien gilt diesbezüglich u. a. die Verordnung „Glas im Bauwesen“, welche unter Glasfassaden bzw. verglasten Fassaden Schutzzonen oder Vordachkonstruktionen verlangt.

Statik:

✓ Vakuumröhrenkollektoren – Variante Geländerausführung: Durch das geringe Gewicht der Vakuumröhren ist keine erhebliche Verstärkung der statischen Dimensionierung der Geländerkonstruktion notwendig. Derzeit können die Hersteller von Vakuumröhren keine Nachweise über den „stumpfen Stoß“ (Sicherheit gegen Durchfallen einer Person) vorlegen.

Daher muss hinter dem Kollektorfeld in einer zweiten Ebene eine Geländerausfüllung, z.B. Grippgitter, Streckmetall etc., eingeplant und ausgeführt werden. Dies bedeutet, dass im statischen Nachweis eine volle Geländerausfüllung angesetzt werden muss. Zusammenfassend sind für die statischen Nachweise folgende Einflussgrößen zu berücksichtigen: Geländehöhe (Erhöhung bei Absturzhöhe < 12,0m), Windlast für volle Füllung, Anordnung Geländer, Befestigung der Steher auf einem Dämmmaterial (Vorgabe Bauphysik).

✓ Vakuumröhrenkollektoren – Variante Vordachausführung: Durch die Notwendigkeit des Schutzes der Personen unter der Vordachkonstruktion gegen herabfallende Splitter und / oder abtropfende Flüssigkeit, muss unter den Vakuumkollektoren eine vollflächige dichte Konstruktion errichtet werden. Dies bedeutet einen beträchtlichen Gewichtszuwachs. Für die statischen Nachweise folgende Einflussgrößen zu berücksichtigen: Auskragungslänge der Vordachkonstruktion, Gewicht der eigentlichen Tragkonstruktion (Schwerter, Streben), Gewicht der Kollektoren (gefülltes System), Gewicht der Unterkonstruktion (je nach Materialwahl), Wind- und Schneelast. Befestigung der Träger auf thermischen Trennungen, die Dicke und Auswahl der Dämmung wird von der Bauphysik vorgegeben.

✓ Transparente Solarthermie-Kollektoren (System Robin Sun) – Variante Geländerausführung: Bei diesem System ergibt sich eine erhebliche Gewichtserleichterung gegenüber der Verwendung von Vakuumröhren, da die Kollektorverglasung zwar ein etwas höheres Eigengewicht gegenüber anderen Glasfüllungen hat, jedoch keine zusätzlichen Sicherheitsvorkehrungen notwendig sind, welche das Gewicht der Kollektorfelder maßgeblich erhöhen. Zusammenfassend sind für die statischen Nachweise folgende Einflussgrößen bei der Geländervariante zu berücksichtigen: Geländehöhe (Erhöhung bei Absturzhöhe < 12,0m), Gewicht der Kollektoren inkl. Gewicht der Rahmenkonstruktion (Profile), Windlast für volle Füllung, Anordnung Geländer, Befestigung der Steher auf einem Dämmmaterial (Vorgabe Bauphysik).

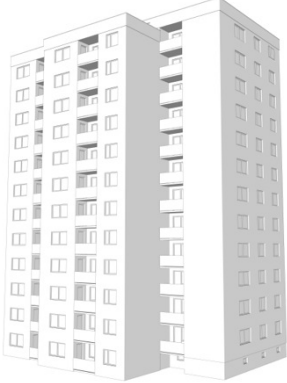
✓ Transparente Solarthermiekollektoren (System Robin Sun) – Variante Vordachausführung: Zusammenfassend sind für die statischen Nachweise folgende Einflussgrößen bei der Vordachvariante zu berücksichtigen: Auskragungslänge der Vordachkonstruktion, Gewicht der eigentlichen Tragkonstruktion (Schwerter, Streben), Gewicht der Kollektoren inkl. Gewicht der Rahmenkonstruktion (Profile), Wind- und Schneelast. Befestigung der Träger auf thermischen Trennungen, die Dicke und Auswahl der Dämmung wird von der Bauphysik vorgegeben.

Montage: *Siehe 2.3.5*

Arbeitssicherheit – Wartung, Instandhaltung, Reparatur: *Siehe 2.3.5*

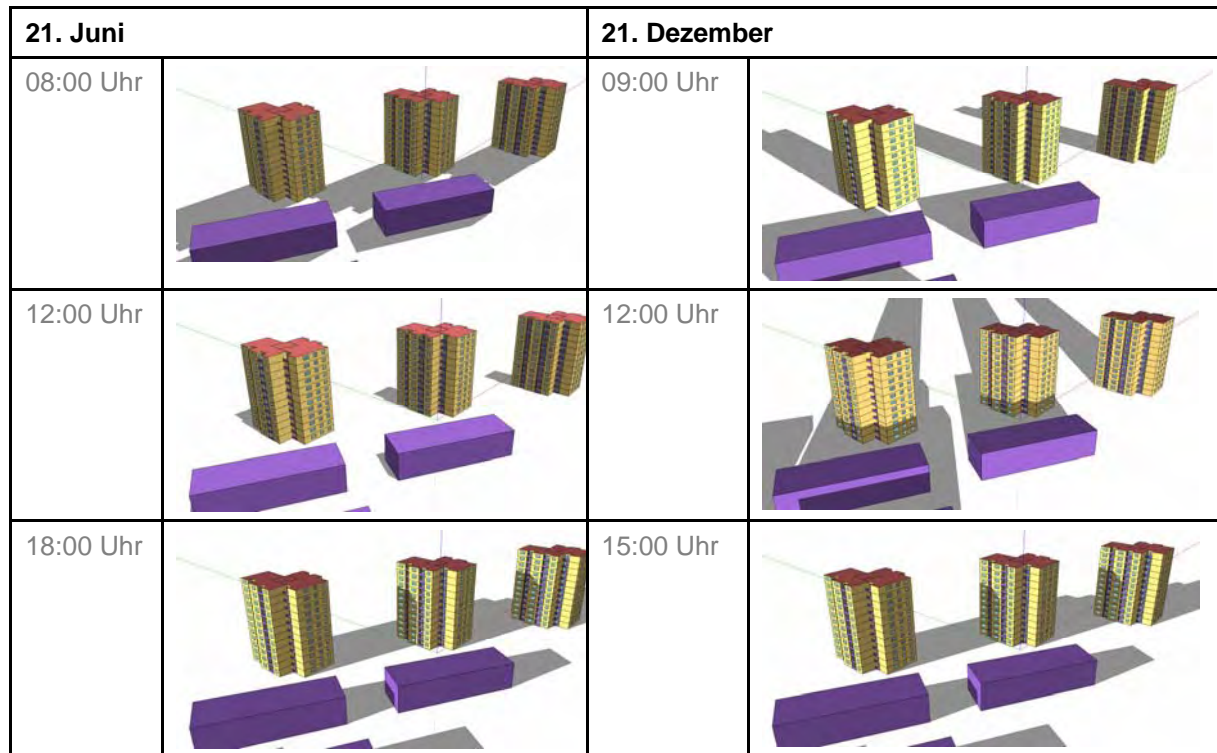
2.5 Sanierung – freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre

2.5.1 Kurzbeschreibung

	
BERLINER RING	
Adresse	Berliner Ring, Waltendorf, Graz
Bauträger	GWS
Architekt	Eigenplanung
Baujahr	1970
Anzahl Wohnungen	Die größte Wohnsiedlung Graz, der „Berliner Ring“, umfasst 54 Gebäude mit über 700 Wohnungen, 3 mehrgeschoßige Wohngebäude wurden im Projekt beispielhaft untersucht.
Orientierung	Die Wohnungen sind Ost-West orientiert.
Konstruktion	Kern der Gebäude ist ein betonierter Kern, in dem sich der Aufzug befindet. Die Wände bestehen aus 30 cm Mantelbeton und außenliegenden Holzwolleplatten. Es wurden Holzverbundfenster eingebaut, diese sind mittlerweile durch Kunststofffenster ausgetauscht worden.
BGF	5.000 m ²
HWB Bestand	71,25 kWh/m ² BGFa
Gestalterische Qualitäten	Die gestalterische Ambition der Gebäude lässt sich mit „Bauwirtschaftsfunktionalismus“ trefflich umschreiben. Konsequente Wiederholung der immer gleichen Baukörper. Dementsprechend reduziert sind Form und Gliederung nur durch eingeschnittene Balkone gegeben. Die Attika tritt durch die differenzierte Materialwahl besonders von der Fassade hervor. Mittlerweile wurden die Fenster unterschiedlich ausgetauscht und Balkone teilweise geschlossen.

2.5.2 Ergebnisse der Verschattungsanalysen und Gebäudesimulationen

✓ Aufgrund der Gebäudehöhe von 12 Geschossen ist die Verschattung der in einer West/Ost-Achse angeordneten Hochhäuser untereinander zu berücksichtigen.



✓ Die ermittelten Jahressummen der verfügbaren Solarstrahlung ausgewählter Fassadenflächen mit Südorientierung bewegen sich zwischen 343 kWh/m²a und 690 kWh/m²a. Die Südfassade im Erdgeschoß des mittleren Wohnhochhauses kann 630 kWh/m²a Solarstrahlung aufweisen, während für das oberste Geschoß mit gleicher Orientierung 690 kWh/m²a zur Verfügung stehen. Die horizontale Dachfläche wird mit 1108 kWh/m²a besonnt.

✓ Für die Szenarienberechnung werden drei Wärmeschutzausprägungen berücksichtigt: „unsaniertes Bestand“, „eingeschränkter Wärmeschutz“ und „hochwertiger Wärmeschutz“. Weiters wurde im Falle der freistehenden Wohnhochhäuser die Hauptachse der drei Wohnhochhäuser in Nord-Süd- und West-Ost-Orientierung variiert. Die Verschattung durch umliegende Nachbargebäude wurde mitgerechnet.

✓ Die Ergebnisdarstellung bezieht sich allein auf das mittlere freistehende Wohnhochhaus. Für den unsanierten Bestand variiert der spezifische HWB von 44,2 kWh/m²BGFa für die mittleren Geschoße bis hin zu 172,6 kWh/m²BGFa für das Erdgeschoß. Ein hochwertiger Wärmeschutz der Gebäudehülle bewirkt im Vergleich zum Bestand eine Reduzierung des HWB um Faktor 7 auf knapp 9 kWh/m²BGFa.

2.5.3 Entwurfsaspekte und architektonische Varianten

Folgende Entwürfe der solarthermischen Systemintegration werden vorgeschlagen:



Perspektive, Detailausschnitt und Ansicht M 1:1000 Szenario 1 mit raumhoch fassaden-und fensterintegrierten (Parapete) Flachkollektoren



Perspektive, Detailausschnitt und Ansicht M 1:500 Szenario 2 mit Vakuumröhren-Screen

Abbildung 9: Architektonische Varianten 1,2: Freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre



Perspektive, Detailausschnitt und Ansicht M 1:500 Szenario 3 mit fassadenintegrierten, schuppigen Flachkollektoren

Abbildung 10: Architektonische Variante 3: Freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre

✓ Auch bei diesem Projekt bieten sich in einer ersten Überlegung die Flachdächer der zwölfgeschoßigen Punkthochhäuser für aufgeständerte Flachkollektoren an, die rund 168 m² Kollektorfläche pro Gebäude zur Verfügung stellen könnten.

✓ **Variante 1:** Geschoßhoch fassadenintegrierte und fensterintegrierte Flachkollektoren: Mit geschoßhoch in die südliche Hauptfassadenfläche sowie als semitransparente Parapetflächen in die Fenster integrierten Flachkollektoren lassen sich in dieser Variante zwei gestalterische Motivationen erkennen. Erstens eine Betonung der neuen – in der Breite zwar gleichen, aber durch die semitransparenten Parapete in diesem Kontext ungewöhnlichen – Fenster. Diese unterscheiden sich zwar von den Modulen durch Lage in der Ebene und der Ausführung, stehen aber der restlichen Fassadenfläche aus Flachkollektoren (inkl. Dämmung und Wetterschicht) nur noch als ein gestaltungsrelevantes Element gegenüber. Und zweitens wirkt die binäre Logik dieser Gestaltung letztlich konsequenter, als diese im Bestand strukturell impliziert ist. Diese Variante präzisiert die kühle Rationalität des Bestandes.

✓ **Variante 2:** „Vakuurröhren-Screen“: Variante 2 treibt die Affirmation der nüchternen Logik aus Szenario 1 in eine andere Richtung, indem Vakuurröhren an den südlichsten Fassadenseiten des Gebäudekörpers vorgehängt werden, ohne die dahinter liegenden Fensteröffnungen zu verändern. Die Inkonsequenz der Lochfassade (unterschiedliche Fensterformate) wird durch diese vorgehängte, schild- oder schirmartige Raumschicht („Screen“) in ein vielschichtiges optisches Spiel feiner Überlagerungen aufgelöst. Durch die Anfügung dieses

eigenständigen und großen Objekts wird die Anzahl der nun als Elemente der Fassade vorhandenen Objekte in Richtung des „mathematisch Erhabenen“ – der „großen Zahl“ – erhöht. Ein spezifisch „technisches“ Objekt aus unzähligen Einzelelementen, die in keiner ähnlich gearteten Form im bestehenden Baukörper vorkommen, erzeugen erst den technisch-rationalen Ausdruck, den man Bauten dieser Zeit eigentlich gerne unterstellt. Die große Zahl an Einzelobjekten des „Screens“ wird durch die halbgeshoßige Teilung der Elemente noch erhöht und die dahinter liegenden zwölf Geschoße werden dadurch multipliziert. Diese Gestaltung betont den monolithischen Charakter des Gebäudes, überzeichnet ihn und stattet ihn mit einem technischen Objekt aus, das durch die hohe Anzahl an Einzelelementen feingliedrig und hoch strukturiert erscheint. Durch Spiegelungen, Brechungen und Reflexionen der Glasröhren und möglicher Niro-, bzw. Aluminiumblenden zu unterschiedlichen Licht- und Tageszeitbedingungen können vielschichtige visuelle Erscheinungsformen erwartet werden¹⁵.

✓ **Variante 3:** Fassadenintegrierte, geschuppte Flachkollektoren: Bei dieser Integration von fassadenintegrierten Kollektoren in alle südlichen Fassadenflächen wird der Ansatz von Variante 1 konsequent weitergetrieben, indem er alle südlichen Fassadenflächen mit einem System und damit Raster überzieht und gleichzeitig die Fensterflächen in Position und Größe konsequent vereinheitlicht. In dieser Variante erscheinen die Kollektorflächen als Rasterung des südlichen Fassadenteils, die Fenstergröße und Lage nicht mehr aus dem Bestand übernehmen, sondern diese zugunsten des Kollektorrasters vereinheitlichen. Die hohe Anzahl an Flachkollektoren wird durch eine schuppenartige Überlappung der Elemente zusätzlich betont. Durch die leichte Neigung der Kollektoren ergibt sich ein wesentlich differenzierteres Spiel an Spiegelungen, Reflexionen, die die Erwartungshaltung gegenüber einer flächenbündigen, planaren Fassade bei Weitem übertreffen. Auch Variante 3 nimmt die Gestaltungslogik des Bestands ernst und arbeitet dessen kühle Rationalität erst heraus, indem es konsequent die vorhandenen Elemente (Fenster, Fassadenfläche) vereinheitlicht und durch die Rücksprünge noch zusätzlich differenziert.

☺ ☞	Variante 1: Hier ist die Integration als semitransparente Parapete eine gute Lösung.
☺	Variante 2: Eine starke, technische Geste, vielleicht auch zuviel an „High-Tech“ für einen bauwirtschaftsfunktionalistischen Wohnturm, aber in jedem Fall ein eindrucksvolles Sinnbild techno-ökologischer Rationalität.
☺	Variante 3: Architektonisch sehr interessant, da es radikal und konsequent die Logik des Gebäudes herausarbeitet und durch Beschränkung auf eine einzige Anomalie – die überraschende Schuppung der Kollektorflächen – ein ungewöhnliches und neues Fassadenbild erzeugt.

☞ Für diese Variante wurde die bautechnische Anbindung sowie die bauphysikalischen und baurechtlichen Fragestellungen überprüft.

¹⁵ Hinweis: Die Vakuumröhren-Screens mit gleichmäßigem Röhrenabstand stellen vor offenbaren Fenstern hinsichtlich des zweiten Fluchtwegs bzw. der Anleiterbarkeit ein Problem dar und können, wenn der Fluchtweg laut Fluchtwegskonzept über Fenster geführt wird, nicht realisiert werden.

2.5.4 Energetische Erträge und Deckungsgrade

Die thermische Systemsimulation zur Bewertung der solaren Erträge und Deckungsgrade beruht auf einer Reihe von Annahmen, welche in Tab. 6 in den Spalten 1 bis 5 überblicksartig angegeben und im begleitenden Bericht „Energietechnische Bewertung – Systemsimulation“ [Heimrath et al., 2011] ausführlich dargestellt sind. Es wurden die Varianten mit Röhrenkollektoren und Flachkollektoren berechnet. Die Spalte 6 zeigt die mittels thermischer Gebäudesimulation ermittelten Werte des Heizwärmebedarfes, die Spalte 7 die Bedarfswerte für Brauchwarmwasser und die Spalten 8 bis 12 die Ergebnisse der Anlagensimulation.

ANNAHMEN					ERGEBNISSE							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
Wärmeschutz Gebäudehülle	Kollektortyp	Kollektorausrichtung	Kollektor- und Gebäudeverschattung	Kollektorposition	HWB MWh/a	WWB MWh/a	HEB MWh/a	IG_K MWh/a	Q_Sol MWh/a	SE kWh/m²a	SD %	
Att. 1	Att. 2	Att. 3	Att. 4	Att. 5								
SZ01	unsaniert	kein	Süd	inhärent	-	356.2	68.5	498.3	-	-	-	-
SZ02			West		-	351.0	68.5	492.6	-	-	-	-
SZ03	eingeschr.	kein	Süd	inhärent	-	132.3	68.5	238.8	-	-	-	-
SZ04			West		-	130.5	68.5	237.0	-	-	-	-
SZ05	hochwert.	kein	Süd	inhärent	-	46.8	68.5	148.3	-	-	-	-
SZ06			West		-	45.7	68.5	147.3	-	-	-	-
SZ07	eingeschränkt saniiert	Flachkollektor	Süd	inhärent	D	131.3	68.5	170.4	341.8	72.1	664	30.5%
SZ08			Süd		F	132.3	68.5	174.7	733.4	67.4	291	28.2%
SZ09			Süd		DS+F	132.3	68.5	138.1	1075.2	105.1	309	43.5%
SZ10			West		D	129.6	68.5	186.6	250.0	54.5	502	22.9%
SZ11			West		F	130.5	68.5	193.2	536.5	47.3	204	19.4%
SZ12			West		DS+F	130.5	68.5	166.7	786.5	74.5	219	30.5%
SZ13	eingeschränkt saniiert	Röhrenkoll.	Süd	inhärent	D	131.8	68.5	150.2	355.4	91.5	582	38.9%
SZ14			Süd		F	132.3	68.5	161.7	525.2	80.1	346	33.8%
SZ15			Süd		DS+F	132.3	68.5	115.4	880.6	127.4	328	53.4%
SZ16			West		D	130.1	68.5	168.6	260.0	72.0	458	30.3%
SZ17			West		F	130.5	68.5	185.9	384.2	54.6	236	22.5%
SZ18			West		DS+F	130.5	68.5	150.1	644.1	91.5	236	37.7%
SZ19	hochwertig saniiert	Flachkollektor	Süd	inhärent	D	46.8	68.5	81.9	341.8	71.8	661	49.5%
SZ20			Süd		F	46.8	68.5	85.2	733.4	67.1	290	45.9%
SZ21			Süd		DS+F	46.8	68.5	55.4	1075.2	98.8	290	66.3%
SZ22			West		D	45.7	68.5	97.4	250.0	55.8	514	38.3%
SZ23			West		F	45.7	68.5	102.2	536.5	48.9	211	33.0%
SZ24			West		DS+F	45.7	68.5	78.0	786.5	74.2	218	49.6%
SZ25	hochwertig saniiert	Röhrenkoll.	Süd	inhärent	D	46.8	68.5	65.9	355.4	86.8	552	59.9%
SZ26			Süd		F	46.8	68.5	73.3	525.2	78.9	341	54.3%
SZ27			Süd		DS+F	46.8	68.5	41.9	880.6	112.3	289	76.1%
SZ28			West		D	45.7	68.5	80.8	260.0	71.4	454	49.0%
SZ29			West		F	45.7	68.5	96.2	384.2	55.2	239	37.4%
SZ30			West		DS+F	45.7	68.5	65.8	644.1	87.4	225	58.5%

Tabelle 6: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse: Freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre

✓ **Wärmeschutz der Gebäudehülle:** In Szenario 01 wird für das Gebäude ein jährlicher Heizwärmebedarf von 356,2 MWh/a ausgewiesen. Bezogen auf eine Bruttogrundfläche von 5.000 m² ergibt sich für das unsanierte Gebäude ein spezifischer Heizwärmebedarf (HWB) von 71,25 kWh/m²a. Die Verbesserung des Wärmeschutzes auf „eingeschränkt saniert“ in

Szenario 03 reduziert den Heizwärmebedarf auf 132,3 MWh/a (entspricht 26,46 kWh/m²BGFa). Die Annahme „hochwertig saniert“ führt, in Kombination mit Annahme einer kontrollierten Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung, in Szenario 05 zu einem jährlichen Heizwärmebedarf von 46,8 MWh/a (entspricht 9,36 kWh/m²BGFa).

✓ **Attribut 2: Kollektortyp:** Da die von der architektonischen Gestaltung zur Verfügung gestellten Kollektorflächen für die Kollektortypen ähnlich groß ausfallen, kommt der höhere Wirkungsgrad der Röhrenkollektoren zum Tragen. Durchgehend durch alle Szenarien werden durch den Einsatz der Röhrenkollektoren höhere solare Deckungsgrade erreicht. Dies kann z. B. an Szenario 7 abgelesen werden, das mit Flachkollektoren am Dach einen solaren Deckungsgrad von SD = 30,5 % erreicht, wogegen in Szenario 13 mit Röhrenkollektoren auf dem Dach ein solarer Wirkungsgrad von SD = 38,9 % erreicht werden kann. Diese Tendenz zeigt sich ebenso in mit Fassadenkollektoren ausgestatteten Szenarien. Beispielsweise erreicht der Einsatz von Flachkollektoren in der Fassade in Szenario 20 einen solaren Deckungsgrad von SD = 45,9 % und der Einsatz von Röhrenkollektoren in der Fassade im vergleichbaren Szenario 26 einen solaren Deckungsgrad von SD = 54,3 %.

✓ **Attribut 3: Kollektorausrichtung:** Die Ausrichtung des Gebäudes zeigt im passiven Bereich, aufgrund der ähnlichen Gestaltung der transparenten Flächen an den Fassaden, nur eine äußerst geringe Sensitivität auf die Ausrichtung. So liegt der Heizwärmebedarf in Szenario 01 mit Südausrichtung mit 356,2 MWh/a sehr eng am Heizwärmebedarf von Szenario 02 (Westausrichtung mit HWB = 71,25 kWh/m²BGFa). Dies ist ebenso im Vergleich von Szenario 03 (Südausrichtung mit HWB = 26,46 kWh/BGFm²a) mit Szenario 04 (Westausrichtung mit HWB = 26,10 kWh/m²BGFa) und im Vergleich von Szenario 05 (Südausrichtung mit HWB = 9,36 kWh/m²BGFa) mit Szenario 06 (Westausrichtung mit HWB = 9,14 kWh/m²BGFa) erkennbar. Im Gegensatz dazu zeigt die eingesetzte Solarthermie deutliche Auswirkungen auf die Ausrichtung. Szenarien, in denen die Kollektorflächen nach Süden ausgerichtet sind, zeigen einen deutlich höheren solaren Deckungsgrad als Szenarien, in denen der Kollektor nach Westen ausgerichtet ist. Dies ist sowohl beim Einsatz von Flachkollektoren als auch beim Einsatz von Röhrenkollektoren deutlich abzulesen und gilt für die Dachfläche ebenso wie für die Fassadenfläche oder deren Kombination. (vgl. Szenario 08 mit 11 oder Szenario 14 mit 17).

✓ **Kollektor- und Gebäudeverschattung:** Die Kollektor- und Gebäudeverschattung wird in dieser Fallstudie nicht variiert und in sämtlichen Szenarien auf „inhärent“ gestellt. Eine Interpretation ist demnach nicht möglich.

✓ **Kollektorposition:** Die Kombination mit den von der Architektur zur Verfügung gestellten Kollektorflächen in Verbindung mit den Wirkungsgraden der eingesetzten Systeme führt zu der Situation, dass der Beitrag der Dachkollektorflächen leicht über dem Beitrag der Fassadenflächen liegt. Unter der Annahme einer hochwertigen Sanierung führt dies in Szenario 25 bei Einsatz von Dachkollektoren zu einem solaren Deckungsgrad von SD = 59,9 % und in Szenario 26 bei Einsatz von Fassadenkollektoren zu einem solaren Deckungsgrad von SD = 54,3 %. Die Kombination von Dach- und Fassadenkollektoren führt in Szenario 27 zu einem solaren Deckungsgrad von SD = 76,1 %.

2.5.5 Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen

☞ Kurzbeschreibung:

System	Großflächenkollektoren in variablen Einheiten und Rahmenkonstruktionen
Industriepartner	Sonnenkraft (A), SOLTEC- Austria (A), GREENoneTEC (A) (Speziell für die „Geschuppte Solarfassade“: Fa. Deutsch (A), System Detiga ¹⁶).
Wandaufbau Gebäudehülle (von innen nach außen):	Stahlbeton- Skelett-Bauweise 30 cm Mantelbeton gespachtelt (2,5 cm) Holzwollebauplatten (1,5 cm) Außenputz Variante 1: hinterlüftet, Variante 2: nicht hinterlüftet

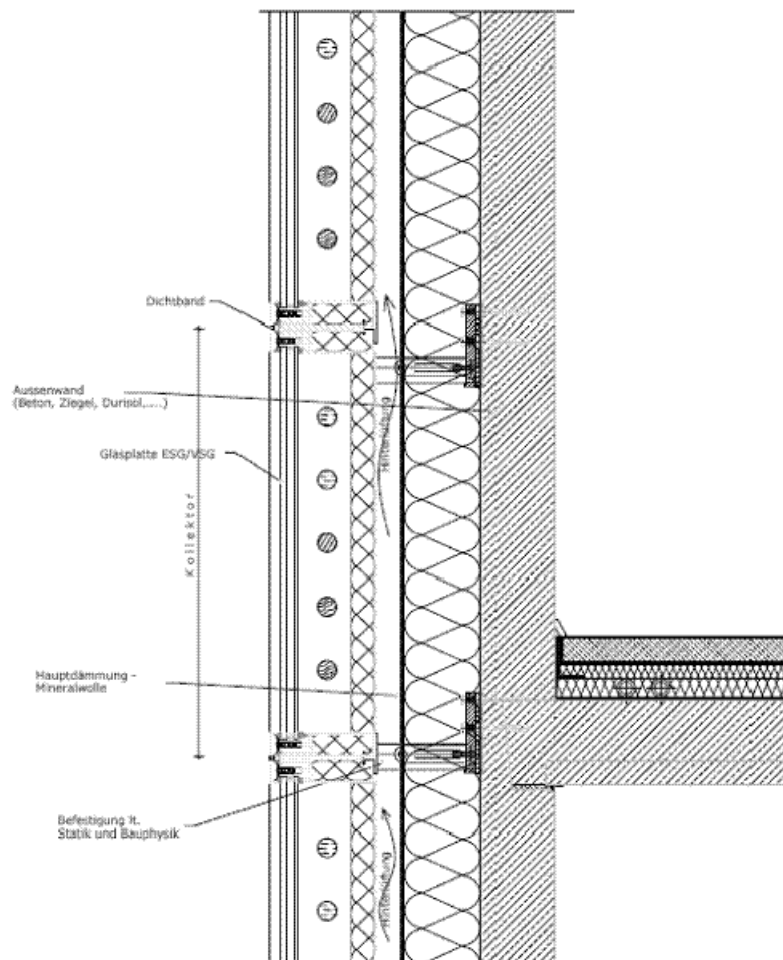


Abbildung: Detail: Großflächenkollektor

¹⁶ System Detiga – vorausgesetzt, dass zukünftig (neben dem vorhandenen Detiga-Dachelement) die Entwicklung eines systemgleichen Fassadenelementes seitens Detiga erfolgt. Bisher war dies aus Kapazitätsgründen nicht möglich. Diese Variante konnte daher auch hier nicht näher untersucht werden.

Wärmeschutz:

✓ Was ist bei der Wahl der Außenwandkonstruktion zu beachten?

Grundsätzlich kann der Wärmetransport über Strahlung, Konvektion und Wärmeleitung erfolgen. Die Außenwandkonstruktion sollte daher so konzipiert werden, dass eine Minimierung der Energieverluste stattfindet. Der Aufbau/die Materialwahl der Außenwand, des Kollektors und von dessen Befestigungsmitteln sind dementsprechend zu optimieren. Die Eignung der tragenden Außenwand für die Kollektorbefestigung ist statisch nachzuweisen.

Derartige Außenwandaufbauten der 1970er Jahre sind grundsätzlich gut für integrierte Flachkollektoren geeignet. Seitens Statik sind geeignete Befestigungspunkte und -abstände unter Berücksichtigung der Kollektorherstellereangaben festzulegen. In Abstimmung mit dem Baudetailplaner werden vom Bauphysiker die thermischen (U-Wert, Transmissionswärme) und hygrischen (Dampfdiffusionsverhalten) Nachweise des neuen Aufbaus berechnet und optimiert.

Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: Die Montage des Kollektors erfolgt nicht hinterlüftet. Es wird keine Feuchtigkeits-Trennlage direkt auf den bestehenden Außenputz aufgebracht. Bei einer nicht hinterlüfteten Ausführung sind keine thermischen Trennungen der Befestigungspunkte erforderlich. Bei großflächigen Kollektorfeldern, $> 5 \text{ m}^2$, ist eine Feuchtigkeits-Simulationsberechnung empfohlen. Wesentlich ist dabei die Wahl des Materials der Rückwand des Kollektors zu berücksichtigen.

Variante 2) Kollektor hinterlüftet, mind. 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: Die Montage des Kollektors erfolgt hinterlüftet. Es wird eine mind. 80 mm dicke Wärmedämmung mit einer bauphysikalisch dimensionierten Windbremse am Gebäude (Mindestwärmeschutz) angebracht. Zwischen Kollektorrückwand und Windbremse wird eine 30 mm (mind. 20 mm) große Hinterlüftung ausgeführt. Bei dieser Ausführung sind thermische Trennungen der Befestigungspunkte unbedingt erforderlich. Eine Feuchtigkeits-Simulationsberechnung wird zur Dimensionierung der Dampfbremse innen und der Windbremse außen empfohlen. Für die Befestigungspunkte sind die thermischen Trennungen statisch und bauphysikalisch zu dimensionieren und in den bauphysikalischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei der zweiten Variante werden z. B. Purenit- Elemente 600 mm / 1.200 mm vorgeschlagen.

✓ Kommt es durch den integrierten Kollektor samt Befestigungsmittel zu erhöhten Transmissionswärmeverlusten?

Die relative Änderung der Transmissionswärmeverluste ist weitgehend unabhängig vom Material der Gebäudeaußenwand (leichte / schwere Bauweise). Der zusätzliche Einfluss von punktförmigen, thermisch getrennten Befestigungselementen zur Fixierung des Rahmens auf der Gebäudeaußenwand ist gering. Die durch die Befestigungsmittel entstehenden Wärmebrücken haben örtlich einen Einfluss auf die Wärmeverluste, die inneren Oberflächentemperaturen der Wand werden jedoch nur gering beeinflusst.

✓ **Kommt es durch den Kollektor zu einer Verbesserung des U-Wertes der Außenwand?**

(Siehe Literatur: AEE INTEC, Fassadenkollektoren – Energie aus der Fassade, Punkt 2.1 Auswirkungen von Wärmebrücken, Seminartagungsband, 1.3.2002, 8010 Graz)

Konkrete Variante: Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: Durch die direkt auf die Außenwand angebrachten Kollektoren ist – in Abhängigkeit von der Kollektordämmung – eine minimale lokale Verbesserung feststellbar. Bei dem gewählten Kollektortyp ist die Rückwand mit Mineralwollplatte 50 mm, und der Rand mit Mineralwollvlies 9 mm gedämmt.

Variante 2) Kollektor hinterlüftet, mind. 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: Bei der Wärmebrückensimulation wurde die Fassadendämmung mit 160 und 200 mm als WDVS und hinterlüftet angesetzt. Der äquivalente U-Wert des 16 cm FDPL beträgt der U-äqu = 0,253 W/m²K, anstelle 0,19 W/m²K und 20 cm WDVS beträgt der U-äqu = 0,218 W/m²K, anstelle 0,165 W/m²K.

Die vorgeschlagene thermische Trennung wurde für die punktförmigen Wärmebrücken bei 20 cm WDVS mit einem Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi=0,053$ dimensioniert, bei 16 cm FDPL hinterlüftet mit $\Psi=0,063$, bei 16 cm FDPL hinterlüftet, mit nicht durch die Fassade durchlaufender Befestigungspunkte, mit $\Psi=0,055$. Die 2-dimensionale Wärmebrückensimulation erfolgte stationär.¹⁷

✓ **Welche Außenwandaufbauten sind besonders für die Montage geeignet?**

Grundsätzlich sind alle statisch ausreichend dimensionierten und bauphysikalisch sowie bautechnisch richtig ausgeführten Wandaufbauten für die Montage geeignet. Jedenfalls nötig sind Vor-Ort-Kontrollen mit detaillierten Zustandserhebungen der Außenwandaufbauten.

Konkrete Variante: Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk ohne Fassadendämmung bzw. lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: In Verbindung mit einem integrierten, nicht hinterlüfteten Fassadenkollektor ohne Fassadendämmung ist bezüglich der Dampfdiffusion Vorsicht geboten. Durch die dampfdichte Schicht des Kollektors (Material der Kollektorrückwand) an der kalten Außenseite kann sich im Bauteilinneren Kondensat ansammeln. Ein Austrocknen kann – wenn überhaupt – jetzt nur stark vermindert nach außen und entsprechend den Ergebnissen der Feuchtigkeits-Simulationsberechnung aufbauabhängig nach innen stattfinden. Wesentlich dabei ist, die Wahl des Materials der Rückwand des Kollektors zu berücksichtigen. Die nicht hinterlüftete Kollektorvariante ist bezüglich der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren für eine bauschadenfreie Ausführung bedeutend aufwendiger und riskanter als das Anbringen einer Fassadendämmung hinter dem Kollektor oder einer hinterlüfteten Montage der Kollektoren. Die Variante Kollektor nicht

¹⁷ Dabei ist zu beachten, dass es sich hier um rechnerische Werte handelt. Zur Ermittlung der in der Realität auftretenden Werte wäre die Vermessung einer Testfassade – mit und ohne Kollektor – über mehrere Jahre nötig. FDPL – Fassaden-Dämm-Platte, WDVS - Wärmedämmverbundsystem

hinterlüftet, ohne Fassadendämmung wird dementsprechend nicht (!) zur Ausführung empfohlen. Eine hinter dem Kollektor durchlaufende Fassadendämmung ist – entsprechend den bauphysikalischen Anforderungen – nötig.

Variante 2) Kollektor hinterlüftet, mind. 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: Im konkreten Fall in Verbindung mit einem integrierten hinterlüfteten Fassadenkollektor mit Fassadendämmung, sind bezüglich der Dampfdiffusion bei uneingeschränkter Funktion der Hinterlüftungsebene (mind. 30 mm empfohlen) keine weiteren Maßnahmen zu treffen.

✓ **Sind für die vorgetzten Kollektorfelder und den dahinter liegenden Bauteil andere als die normgemäßen klimatischen Randbedingungen zu berücksichtigen?**

Ja, die klimatischen Randbedingungen verändern sich hinsichtlich der Reduktion von direkter Sonneneinstrahlung (Blendschutz), Erhöhung des Streiflichtanteiles, Verwirbelung des anströmenden Windes, Konzentration des Schlagregeneintrags auf die Befestigungspunkte.

Konkrete Variante: Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: Entfall von direkter Sonneneinstrahlung = Reduktion der Austrocknung der Außenwand. Im Stagnationsfall wird in Abhängigkeit von der Dauer der maximalen Stillstandstemperaturen ein Aufheizen des angrenzenden Außenbauteils stattfinden. Da die maximalen Temperaturen im Sommer auftreten und auch hier der Bedarf an sommerlichem Wärmeschutz am größten ist, wird eine mind. 80 mm dicke Fassadendämmung hinter dem Kollektor empfohlen. Bei dem gewählten Kollektortyp werden die Stillstandstemperaturen mit 180 °C zuzüglich Umgebungstemperatur vom Hersteller angegeben. Die tagsüber hohen Temperaturen im Kollektor treiben die Feuchtigkeit nach innen in Richtung des Raumes.

Variante 2) Kollektor nicht hinterlüftet, ohne Dämmung und 2) Kollektor hinterlüftet, 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: Die Reduktion des direkten Windeinflusses hat zur Folge, dass das hinter dem Kollektor liegende Bauteil nicht mehr so stark auskühlen kann. Die Reduktion des direkten Schlagregeneintrages wirkt sich positiv auf das Rücktrocknungsverhalten des Gesamtwandaufbaues aus. Auf eine entsprechende Entwässerung im Kopplungsbereich der Kollektoren ist besonderes Augenmerk zu legen. Der ausgewählte Kollektortyp verfügt weiters noch über eine Sekundär-Entwässerung.

✓ **Kommt es durch den Kollektor zu einer Verbesserung des U-Wertes der Außenwand?**

In Abhängigkeit von Art und Qualität der gewählten Befestigungsmittel und Dämmung des Kollektors und Fassade ist eine leichte Zunahme der Transmissionswärmeverluste zu erkennen. Dies ist das Resultat des im Vergleich zum opak gedämmten Bereich etwas schlechteren Wärmedurchgangskoeffizienten im Kollektorbereich. Dieser Effekt klingt mit zunehmender lateraler Entfernung (Dämmdicke hinter Kollektor) von der Position des Kollektors ab. (Siehe Literatur AEE INTEC, Fassadenkollektoren – Energie aus der Fassade, Punkt 2.2 Wärmedurchgang, Seminartagungsband, 1.3.2002, 8010 Graz)

Simulationsberechnungen zeigen, dass sich der fassadenintegrierte Kollektor auch im Winter positiv auf die Reduktion der Transmissionswärmeverluste auswirkt. Auch außerhalb der Zeiten, in denen der Kollektor vom Medium durchflossen wird, also an strahlungsarmen Tagen, wirkt er durch die direkte Integration als „passiv solares“ Element. In einer Periode strahlungsintensiver Wintertage wird je nach

Wandaufbau ein effektiver U-Wert erreicht, der um bis zum 90 % unter dem statischen U-Wert liegt. In einer Periode strahlungsarmer Tage wird noch eine Reduktion des U-Werts bis zu 45 % erreicht.

Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: siehe oben. Zur abschließenden Klärung sind detaillierte Untersuchungen erforderlich.

Variante 2) Kollektor hinterlüftet, mind. 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: siehe oben. Zur abschließenden Klärung sind detaillierte Untersuchungen erforderlich.

✓ **Ist die Rückwand des Kollektors zum dahinterliegenden Bauteil zu dämmen?**

Ja, die Rückwand des Kollektors sollte mit mind. 80 mm eines temperaturbeständigen Dämmmaterials (Steinwolle) mit einer empfohlenen Wärmeleitfähigkeit von $< 0,035 \text{ W/(mK)}$, ausgeführt werden. Auf eine hohlraumfreie Ausführung ist dabei besonderes Augenmerk zu legen.

Konkrete Variante: Bei dem vorgeschlagenen Kollektortyp, SONNENKRAFT Fassadenkollektor IFK, ist die Rückwand mit Mineralwollplatte 50 mm und der Rand des Kollektors mit Mineralwollvlies 9 mm vom Hersteller gedämmt.

Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: Bei der direkten Montage der Kollektoren auf die Außenwand sind wesentliche Einflussfaktoren des Wärme- und Feuchtigkeitsschutzes für eine bauschadensfreie Ausführung zu berücksichtigen. Die Variante Kollektor nicht hinterlüftet, ohne Fassadendämmung, wird nicht zur Ausführung empfohlen. Eine hinter dem Kollektor durchlaufende Fassadendämmung wird empfohlen.

Variante 2) Kollektor hinterlüftet, mind. 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: Es wird eine mind. 80 mm starke Wärmedämmung mit einer bauphysikalisch dimensionierten Windbremse (Siehe Kapitel Winddichtheit) am Gebäude (Mindestwärmeschutz) sowie eine mind. 30 mm tiefe Hinterlüftung zwischen Kollektorrückwand und Windbremse empfohlen.

Wärmebrücken

✓ **Entstehen Wärmebrücken an der Außenwand durch die Befestigung des integrierten Kollektors?**

Durch die Anbringung von Befestigungsmitteln für die Kollektoren entstehen materialbedingte Wärmebrücken. Die Auswirkung von stoffbedingten Wärmebrücken ist umso größer, je unterschiedlicher die Wärmeleitfähigkeit benachbarter Stoffe ist. Entscheidend für den Einfluss dieser Wärmeverluste durch Befestigungsmittel ist die Qualität der Befestigungsmittel, die Qualität der thermischen Trennungen und die Anzahl dieser Befestigungspunkte.

Konkrete Variante: Bei Großflächenkollektoren in variablen Einheiten entstehen durch die punktförmigen Befestigungspunkte die größten Wärmebrücken. [Siehe Begleitender Bericht: Mischek ZT GmbH, 2011]

✓ **Unterscheiden sich mit der Bauweise auch die Einflussgrößen von Wärmebrücken?**

Im Holzbau ist der Einfluss der Wärmeverluste durch die Befestigung sehr gering. Im Massivbau ist auf eine entsprechende thermische Trennung zwischen Halterung und Bauteil zu achten. Thermisch getrennte Profilsysteme werden empfohlen.

Konkrete Variante: Es gab keine Vergleichsuntersuchung mit einem Holzbau im Forschungsprojekt.

✓ **Gibt es die (mind.) nötige Rohrdämmstärke für die thermisch aktiven Leitungen?**

Eine mind. Rohrdämmstärke, gem. ÖNORM M 7580, von 30 mm ist vorgeschrieben. Als Faustregel gilt: Rohrdurchmesser = Dämmstärke.

Konkrete Variante: Alle Verbindungsleitungen zwischen den Kollektoren sind mit 30 mm vom Hersteller gedämmt, Leitungen in das Gebäude sind mit 30 mm Dämmung vorgeschrieben.

Winddichtheit

✓ **Was ist bei der Planung und Ausführung betreffend Winddichtheit zu beachten?**

Der Anschluss zur Wärmedämmung der Fassade ist so zu konstruieren, dass keine unkontrollierten Luftbewegungen hinter dem Kollektor entstehen können. Die Luftdichtheit des Kollektors selbst ist herstellerabhängig.

Konkrete Variante: Bei dem vorgeschlagenen Kollektortyp ist im gekoppelten Einbau (Großflächenkollektoren) der Kopplungsstoß bereits herstellerseitig mit einer Systemdichtung (siehe Beilage Produktinformationen, Typ IFK) winddicht und schlagregensicher ausgeführt.

Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: Zusätzlich sind die Randabschlüsse der Kollektoren zur Fassade hin mittels eines Anschlussprofils dauerhaft winddicht und schlagregensicher herzustellen.

Variante 2) Kollektor hinterlüftet, mind. 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: Bei dieser Ausführung werden bei ordnungsgemäßer Ausführung alle Anforderungen der Winddichtheit erfüllt.

✓ **Was ist bei der Montage der Winddichtfolie (= Winddichte Ebene) zu beachten?**

Sorgfältige Einbindung aller Durchdringungen und Bahnenstöße unter Berücksichtigung von Längendehnungsreserven aufgrund starker Temperaturschwankungen. Bei unmittelbarem Abdichten an heißen Medienleitungen sind entsprechend temperaturbeständige Materialien zu verwenden.

Sommerlicher Wärmeschutz

✓ **Welche Parameter sind für eine Potentialabschätzung der Abschattungswirkung im Vergleich zu herkömmlichen Abschattungssystemen maßgeblich?**

- Lage und Neigung,
- Verwendete Materialien beim Kollektor und Außenbauteil (Reflexionen, Transmission),
- Abmessungen Kollektorfelder,
- Größe-, und Montageabstand der Kollektorfelder / Vakuumröhren und
- Distanz zum Außenbauteil.

Konkrete Variante: Bei der Ausführung eines vorgesetzten Screens ist der Abminderungsfaktor Sonnenschutz F_c (früher: z-Wert) eines Kollektorfeldes vergleichbar mit einer stark lichtdurchlässigen Innenjalousie (Siehe ÖNORM B 8110-3:2011, Tabelle E.3 – Richtwerte für Sonnenschutzeinrichtung – Jalousien).

Stagnationsfall

✓ Mit welchen thermischen Belastungen ist im Stagnationsfall zu rechnen?

Bei der Untersuchung der thermischen Belastungen im Stagnationsfall sind insbesondere die maximalen Temperaturen an der Außenseite des Fassadenrahmens von Interesse. Die maximale Temperatur an der Rahmenaußenseite tritt mit ca. 100 °C etwas unterhalb der Absorberebene auf. Beim Einsatz eines Wärmedämmmaterials im WDVS mit geringerer Temperaturbeständigkeit, wie beispielsweise Polystyrol, wäre damit die Grenze der thermischen Belastbarkeit des Dämmmaterials erreicht. Wird der Absorber vom Rahmen seitlich thermisch entkoppelt, erreicht die maximale Temperatur an der Rahmenaußenseite nur noch ca. 50 °C. Eine Verringerung der Rahmenbreite von 50 auf 30 mm führt bei der Verbundlösung zu einem Anstieg der maximalen Temperatur an der Rahmenaußenseite von 80 °C auf ca. 100 °C. Damit würde der Einsatz von Polystyrol für die unmittelbar an den Rahmen grenzende Wärmedämmung ausscheiden. Der Einsatz von Steinwolle wird für diese Anwendungen empfohlen. Sollte eine Verbundlösung (Absorber / Rahmenverbund) ausgeführt werden und gleichzeitig die Rahmenbreite minimiert werden, ist zumindest in dem unmittelbar an den Rahmen grenzenden Bereich (ca. 50 mm breit) eine stagnationsfeste Dämmung (> 100 °C) vorzusehen.

Konkrete Variante: Bei dem gewählten Kollektortyp werden die Stillstandstemperaturen mit 200 °C zuzüglich Umgebungstemperatur vom Hersteller angegeben. Wesentlich sind aus bauphysikalischer Sicht dabei der Kollektortyp (Absorber, Farbe, Material Rückwand, Glas, etc.), die Einbausituation des Kollektors, die Zeit der maximalen Temperaturen im System, die Umgebungstemperatur, die Ausrichtung (Himmelsrichtung), die Kollektor- und die Fassadendämmung. Durch die kurze Dauer der maximalen Temperaturen, Phasenverschiebung und die Art der Montage ist, bei Funktionstauglichkeit aller Sicherheitseinrichtungen, keine Gefährdung gegeben. Trotzdem sollte das Eintreten dieses Falles durch eine optimierte Abstimmung der Anlagengröße zur Abnehmermenge minimiert werden, da es im Stagnationsfall zu einer hohen Belastung der Anlage (Drucksteigerung) und des Füllmediums (Kältemittels) kommt. Da die maximalen Temperaturen im Sommer auftreten und auch hier der Bedarf an sommerlichem Wärmeschutz am größten ist, wird eine mind. 80 mm dicke Fassaden-Dämmung hinter dem Kollektor empfohlen. Zur abschließenden Klärung sind jedoch detailliertere Untersuchungen erforderlich. [Stillstanduntersuchungen siehe begleitender Bericht: Mischek ZT GmbH, 2011]

Feuchteschutz

✓ Sind durch die vorgesetzten Kollektorfelder für das dahinter liegende Bauteil andere als die normgemäßen feuchteschutztechnischen Randbedingungen zu berücksichtigen?

Ja, der Schlagregeneintrag für das Außenbauteil wird verändert. Auf eine entsprechende sekundäre Entwässerung ist besonderes Augenmerk zu legen. Bei integrierten Kollektorflächen in der Fassade treiben die tagsüber hohen Temperaturen im Kollektor die Feuchtigkeit nach innen in Richtung des Raumes. Somit ist die Gefahr einer möglichen Schimmelbildung größer als bei den üblichen Wand-

aufbauten. Durch den Feuchtigkeitstransport kommt es zu Kondensationszonen im Außenwandaufbau. Neben der Kondensation im Wandinneren im Winter kommt es im Sommer wiederum zu einer Rücktrocknung (Verdunstung) der Wassermenge. Diese Bilanz ist mittels einer Feuchtigkeits-Simulationsberechnung zu vergleichen und entsprechende bauphysikalische Maßnahmen zu planen und auszuführen.

Konkrete Variante: Die Reduktion des direkten Schlagregeneintrages wirkt sich positiv auf das Rücktrocknungsverhalten des Gesamtwandaufbaues aus. Diese reduzierte Menge des Schlagregeneintrages stellt die Grundlage für den Datensatz zur Feuchtigkeits-Simulationsberechnung dar. Auf eine entsprechende Entwässerung im Kopplungsbereich der Kollektoren ist besonderes Augenmerk zu legen. Der ausgewählte Kollektortyp verfügt weiters noch über eine Sekundär-Entwässerung.

Variante 1) Kollektor nicht hinterlüftet, Bestandsmauerwerk lt. der bauphysikalischen Anforderung gedämmt: Durch die dampfdichte Schicht des Kollektors (Material der Kollektorrückwand) an der kalten Außenseite kann sich im Bauteilinneren Kondensat ansammeln. Ein Austrocknen kann jetzt jedoch nur vermindert nach außen und, entsprechend den Ergebnissen der Feuchtigkeits-Simulationsberechnung, produktabhängig, nach innen stattfinden. Einen wesentlichen Einfluss hat dabei auch die Materialwahl der Kollektorrückwand.¹⁸ Ob es zu Schäden kommen kann, hängt zudem von der Dichtheit des Kollektors ab.

Variante 2) Kollektor hinterlüftet, mind. 80 mm Fassadendämmung, Windbremse: Im konkreten Fall, in Verbindung mit einem integrierten, hinterlüfteten Fassadenkollektor mit Fassadendämmung, sind bezüglich der Dampfdiffusion bei uneingeschränkter Funktion der Hinterlüftungsebene (mind. 30 mm empfohlen) keine weiteren Maßnahmen zu treffen.¹⁹ Je nach Aufbau kann es entscheidend sein, welche Kollektorrückwand und welche Dämmstoffe zum Einsatz kommen. Die Feuchtigkeitswerte in der Hinterlüftungsebene hängen von den Feuchtezuständen innerhalb des Kollektors (Messwerte zw. 20 und 60% rel. Feuchte) sowie dem Diffusionswiderstand der Kollektorrückwand ab (Holz oder Alu). [Simulationen siehe begleitender Bericht, Mischek ZT GmbH, 2011]

✓ Ist eine Trocknungsbehinderung des Außenbauteils zu berücksichtigen?

Ja, denn integrierte Kollektoren verhindern das übliche Abtrocknen nach außen. Bei der Errichtung von fassadenintegrierten Kollektoranlagen besonders im Holzriegelbau, ist auf entsprechend trockene Baumaterialien zu achten. Die Anordnung einer Wandheizung wird prinzipiell als positiv bewertet. Hingegen sollte auf Fliesen im Bereich des integrierten Fassadenkollektors verzichtet werden.

¹⁸ Um die Feuchtevorgänge näher zu untersuchen, erfolgten für mehrere Varianten Feuchtigkeits-Simulationsberechnungen [siehe begleitender Bericht Mischek ZT GmbH, 2011]. WUFI ("Wärme und Feuchte instationär") ist ein Simulationsprogramm zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen. Das hauptsächliche Anwendungsgebiet ist die Prognose möglicher Feuchteschäden oder feuchtebedingter Wärmeverluste unter natürlicher Wettereinwirkung.

¹⁹ Um die Feuchtevorgänge näher zu untersuchen, erfolgten für mehrere Varianten Feuchtigkeits-Simulationsberechnungen [siehe begleitender Bericht Mischek ZT GmbH, 2011].

Konkrete Variante: Bei der gewählten Variante eines Kollektors mit Aluminiumgehäuse sind die oben dargestellten Trocknungsbehinderungen des Außenbauteiles in der Feuchtigkeits-Simulationsberechnung zu berücksichtigen.

✓ **Ist ein Monitoring des Feuchte- und Temperaturverhaltens im dahinter liegenden Bauteil empfehlenswert?**

Ja, Temperatur und Feuchtefühler in den kritischen Kollektorfeldern sind sehr empfehlenswert.

Konkrete Variante: Ein Monitoringkonzept wird bei der Umsetzung des Demonstrationsprojektes – insbesondere bei einer nicht hinterlüfteten Variante – dringend empfohlen.

✓ **Wie kann ich als Planer, betreffend Feuchteschutz im Außenwandbauteil, eine bauschadensfreie Konstruktion gewährleisten?**

Durch eine optimale Abstimmung der Dampfsperre/-bremse mit der Gesamtkonstruktion, mittels einer Feuchtigkeits-Simulationsberechnung.

Schallschutz *Siehe 2.3.5*

Brandschutz

✓ **Welche brandschutztechnischen Anforderungen sind einzuhalten?**

Die Kollektoren und Befestigungsmaterialien sind aus nicht brennbaren Materialien der Brandschutzklasse A1 zu fertigen. Für alle Fassadenvarianten ist die ÖNORM B 3806, Anforderungen an das Brandverhalten von Bauprodukten (Baustoffen), einzuhalten.

Konkrete Variante: Die brandschutztechnischen Anforderungen den Kollektor betreffend werden vom Hersteller eingehalten. Die verwendeten Befestigungsmittel und Dämmstoffe sind mittels Prüfzeugnis bzw. Datenblatt nachzuweisen.

✓ **Erfolgt durch die Kollektorfassade eine Einschränkung des 2. Rettungsweges?**

In der Regel nicht, wenn aus den mit den Behörden und allen Beteiligten erarbeiteten Grundlagen entsprechende planerische Vorkehrungen getroffen werden. Die Erstellung eines Brandschutzkonzeptes in der Planungsphase, unter Berücksichtigung von z. B. Rettungsöffnungen in der Kollektorebene, mechanischen Schutzvorkehrungen, Haltegriffen, etc. ist nötig.

Konkrete Variante: Es darf zu keiner Einschränkung des zweiten Rettungsweges kommen. Schutzziele und Maßnahmen sind projektspezifisch mit den zuständigen Behörden zu klären.

✓ **Erfolgt durch die Kollektorfassade eine Verstärkung des Brandes? Siehe 2.3.5**

✓ **Was passiert im Schadensfall der Konstruktion? Siehe 2.3.5**

✓ **Welche Maßnahmen sind für einen sicheren Zugang in das Gebäude für die Rettungskräfte zu treffen? Da die Anwendungen von großflächigen Fassadenkollektorfeldern im mehrgeschoßigen Wohn- und Nichtwohnbau noch nicht etabliert sind, gibt es speziell in Wien seitens der Magistratsabteilungen 37, 37B und 39 keine offizielle Stellungnahme über die einzuhaltenden Schutzziele und daraus resultierende Planungs- bzw. Baumaßnahmen. Sie sind im einzelnen Anwendungsfall projektspezifisch mit den zuständigen Behörden zu klären.**

Konkrete Variante: Ein statisch dimensionierter Anleiterschutz ist jedenfalls vorzusehen, damit es zu keiner Beschädigung des Kollektors beim Anleitern kommen kann. Weiters ist bei der Positionswahl der Kollektorfelder durch entsprechende Sicherheitsabstände auf ein eventuelles Austreten von heißem Wasser zu achten. Entsprechend markierte Schutzzonen für Personen und Rettungskräfte sind zur Gewährleistung des zweiten Rettungsweges zu berücksichtigen. Ferner ist das Bruchverhalten des Kollektorglases nachzuweisen. Bei Großanlagen über öffentlichem Gut ist die Notwendigkeit eines Schutzdaches mit den Behörden abzuklären. Schutzziele und daraus resultierende Maßnahmen sind projektspezifisch mit den zuständigen Behörden zu klären. In Wien gilt diesbezüglich u. a. die Verordnung „Glas im Bauwesen“, welche unter Glasfassaden bzw. verglasten Fassaden Schutzzonen oder Vordachkonstruktionen verlangt.

Baurechtliche Aspekte

Bei großvolumigen Neubauprojekten ist die Anordnung solcher integrierter Kollektorfelder sehr einfach möglich. Eine entsprechende Anlagenplanung mit all ihren Erfordernissen wird von der Entwurfsphase des Projektes empfohlen. Speziell die Vorgaben aus den länderspezifischen Bauordnungen und gültigen Normen sind, am Beispiel Wien, mit folgenden Stellen abzuklären:

- MA 37 – Baupolizei - Baurechtliche Aspekte
- MA 19 – Stadtbildpflege - Eingliederung in das Stadtbild
- MA 68 – Feuerwehr - Brandschutzkonzept
- MA 37B – Baupolizei Abt. Brandschutz - Brandschutztechnische Belange
- MA 28 – Öffentliche Flächen - Fundierung und Bauteile über öff. Gut
- MA 48 – Müllabfuhr - wenn eventuell die Entsorgung des Mülls und die Zufahrt für die Fahrzeuge beeinträchtigt wird.
- MA39 – Akkreditierte Prüfanstalt
- Gemeindeamt, Bürgermeister

Folgende Gesetze und Richtlinien sind dabei zu berücksichtigen:

- (Länderspezifische) Bauordnungen
- OIB – Richtlinie
- TRVBs
- ÖNORMEN
- Verordnungen
- Arbeitnehmerschutz
- BauKG (Bauarbeitenkoordinationsgesetz)

Statik

Die Verankerungen in den Außenwänden erfolgen in einer neuen bzw. in einer bestehenden – Bausubstanz, hierzu sind die Angaben eines Statikers heranzuziehen. Zusammenfassend

sind für die statischen Nachweise folgende Einflussgrößen zu berücksichtigen: Windlast für volle Füllung, Befestigung der Unterkonstruktion auf thermischen Trennungen, die Dicke und Auswahl der Dämmung wird von der Bauphysik vorgegeben, Gewicht der eigentlichen Tragkonstruktion (Schwerter, Streben), Gewicht der Kollektoren (gefülltes System), Gewicht der Unterkonstruktion (je nach Materialwahl).

Die Befestigung der Kollektorfelder erfolgt an den Befestigungsankern mittels systemgebundenen Halterungen, welche von jedem Hersteller spezifisch zu den Kollektoren geliefert werden (Ankerschienen, Klemmen, Klipse, etc.). Die Anzahl der Befestigungspunkte ist mit dem Statiker abzuklären, da sich diese auch nach der Distanzierung von der tragenden Außenwand richtet und diese wiederum in Abhängigkeit zur Dämmstärke steht.

Montage

Im konkreten Fall erfolgt die Montage durch systemgebundene Verankerungssysteme in der Außenwand. Liegt eine vollständige und freigegebene Ausführungs- und Detailplanung vor, kann mit der Montage der Unterkonstruktion begonnen werden. Im konkreten Fall werden im ersten Arbeitsschritt die Stahlbauarbeiten für die Unterkonstruktion errichtet. Anschließend werden die Befestigungspunkte mit thermischen Trennungen an der Außenwand versetzt. An diesen Verankerungsgründen wird die Primärtragkonstruktion für die Kollektoren befestigt. Die Kollektoren werden danach mit den zum System gehörenden Befestigungsschienen und -elementen im letzten Arbeitsschritt montiert.

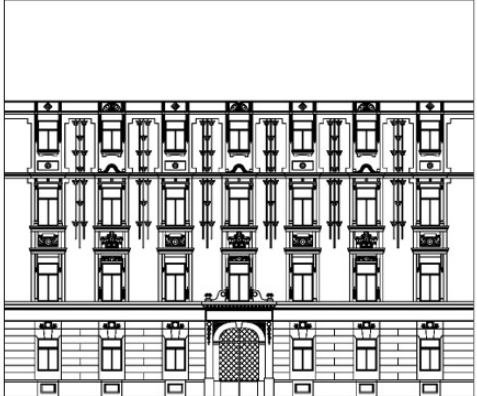
Leitungsführung *Siehe 2.3.5*

Arbeitssicherheit – Wartung, Instandhaltung, Reparatur

Die errichteten Kollektorfelder müssen für Wartung, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten jederzeit zugänglich sein. Da die Kollektorfelder regelmäßig auf ihre Funktionstauglichkeit hin kontrolliert und gewartet, einzelne Kollektoren getauscht und Reinigungsarbeiten bei zunehmender Verschmutzung notwendig werden, sind entsprechende Absturzsicherungen, mittels Sicherungspunkten, in den Unterlagen für spätere Arbeiten (gem. Baustellenkoordinationsgesetz) zu planen und herzustellen. Siehe dazu ÖNORM EN 12975-1 und -2 und ÖNORM H 5195. Die Durchführung der Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten kann auch mittels eines Hubsteigers erfolgen. Eine baurechtlich und statisch entsprechende Aufstellfläche für den Hubsteiger ist zu berücksichtigen. Ein wichtiger und nicht zu vernachlässigender Faktor ist die Sicherung der Wartungszugänge gegen Benutzung durch unbefugte Dritte. Dies kann durch einen versperrbaren Leiteraufstieg oder einen ausreichend hoch angesetzten Einstieg erfolgen. Wesentlich sind dabei folgende Gegebenheiten zu berücksichtigen: Im Bereich von Loggien ist die Verwehrung von unbefugtem Zutritt durch den Schutz des Privatbereiches des Wohnungseigentümers bzw. Mieters sicherzustellen. Bei Mietwohnungen kann vom Hauseigentümer auch ein Zugang über die Wohnung als zumutbar erachtet werden. Dieser Umstand erleichtert die Vorgaben für die Wartung, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten.

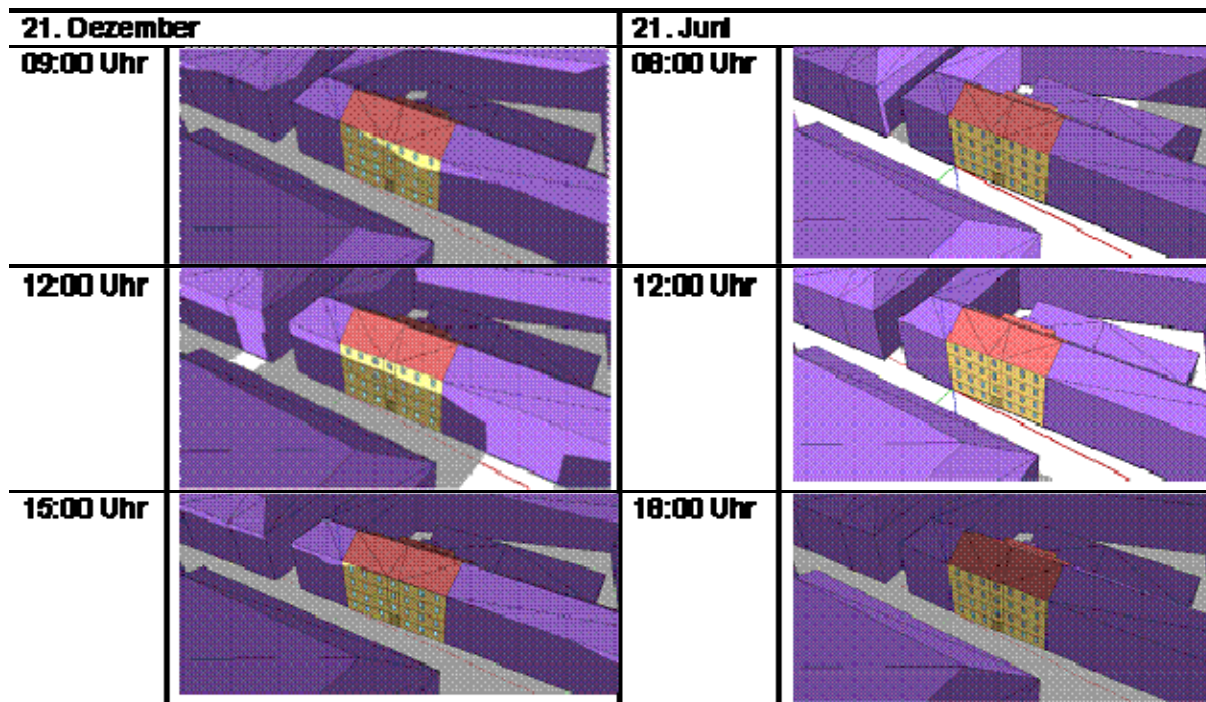
2.6 Sanierung – Gründerzeithaus in Blockrandbebauung

2.6.1 Kurzbeschreibung

	
RADETZKY STRASSE	
Adresse	Radetzkystrasse 16, Graz
Gebäudeeigentümer	Stadt Graz
Baumeister	Franz Xaver Aichinger
Baujahr	1840
Anzahl Wohnungen	6
Orientierung	Wohnungen sind Nord-Süd orientiert
Konstruktion	Ziegel Mauerwerk verputzt, Wienerstockfenster aus Holz mit verputzten Rollokästen an der Außenfassade, Grazerstock mit Balkenstock im Innenhof
BGF	1.429 m ²
HWB Bestand	138,4 kWh/m ² a
Gestalterische Qualitäten	Alle Räume liegen an Außenwänden und sind natürlich belichtet und belüftet. Die Wohnungen weisen jedoch unterschiedliche Wohnqualitäten auf. Einige Einheiten haben noch die Toiletten am Gang, teilweise wurden in den Wohnungen zu einem späteren Zeitpunkt Sanitäranlagen eingebaut.

2.6.2 Ergebnisse der Verschattungsanalysen und Gebäudesimulationen

✓ Die Hauptfassade der Blockrandbebauung ist einerseits zur Straßenseite orientiert und andererseits nach Süden ausgerichtet. Insbesondere im Winter wird diese Fassade von den Nachbargebäuden stark verschattet.



✓ Die ermittelten Jahressummen der verfügbaren Solarstrahlung der Südfassade bewegen sich zwischen 498 kWh/m²a und 1235 kWh/m²a. Die Hausfassade mit Ausrichtung zum Innenhof erntet deutlich weniger Solarstrahlung und die Werte liegen zwischen 215,3 kWh/m² für das Erdgeschoß und 715,3 kWh/m² für das nach Norden ausgerichtete Dach.

✓ Für die Szenarienberechnung werden drei Wärmeschutzausprägungen berücksichtigt: „unsaniert“, „Wärmeschutz eingeschränkt“, „hochwertiger Wärmeschutz“. Weiters sind im Falle der innerstädtischen Blockrandbebauung die Orientierung der Südfassade und die Verschattung durch umliegende Nachbargebäude kombiniert worden. Es wurden 18 Kombinationen der verschiedenen Ausprägungen berechnet.

✓ Die berechneten Werte zum HWB für das Gesamtgebäude variieren von 119,16 kWh/m²BGFa bis 18,4 kWh/m²BGFa in Abhängigkeit von der Wärmeschutzausprägung, Verschattung durch umliegende Bauten und von der Orientierung der Straßenfassade.

2.6.3 Entwurfsaspekte und Architektonische Varianten

Folgende Entwürfe der solarthermischen Systemintegration werden vorgeschlagen:



Abbildung 11: Architektonische Varianten: Gründerzeithaus in Blockrandbebauung

✓ **Variante 1 – Flachkollektoren als Dachfläche:** Die einfachste Integration von Solarthermie lässt sich mit Flachkollektoren als südseitige Dachhaut realisieren. Damit wären rund 223 m² Kollektorfläche (Hofgebäude ca. 170 m²) realisierbar. Die Kollektoren erzeugen das Bild einer gerasterten aber dennoch homogenen Dachfläche und werden inklusive Dämmung und Wetterschicht montiert. Die Fassade des denkmalgeschützten Gebäudes bleibt unberührt. Allerdings widerspricht diese Lösung, wie auch die unter Variante 2 und 3 beschriebenen Ansätze allesamt dem Umstand, dass die Adresse Radetzkystraße im „Schutzgebiet 1 – Innere Stadt“ des Grazer Altstadterhaltungsgesetzes liegt. Graz ist neben Salzburg die einzige Landeshauptstadt von Österreich, deren Altstadt seit 1974 durch ein Altstadterhaltungsgesetz geschützt ist. Das Haus Radetzkystraße 16 wird im Rahmen eines weiteren aus den Mitteln des Klima- und Energiefonds geförderten und im Rahmen des Programms „Neue Energien 2020“ durchgeführten Forschungsprojektes eingehend bearbeitet werden, das sich speziell dem problematischen Zusammenhang von Denkmalschutz und Sanierung widmet (Vgl. Grazer Energieagentur, 2011).

✓ **Variante 2 – Flachkollektoren als Lochfassade:** Die Variante fassadenintegrierter Kollektoren mit ca. 247 m² Kollektorfläche führen wir als informatives Beispiel an. Die Rasterung der Fassade durch die Elemente inkl. Dämmung und Wetterschicht lässt sich der reichlich vorhandenen denkmalgeschützten Fassade des Bestandes nicht ernsthaft gegenüberstellen. Die rein stellenwertige Differenz der damit erzeugten Lochfassade ließe auch mit allerhöchster Material-, Detail- und Ausführungsqualität kaum eine argumentierbare Position gegenüber dem Bestand erzeugen und ignoriert nicht nur das Altstadterhaltungsgesetz, sondern auch den Denkmalschutz.

✓ **Variante 3 – Vakuumröhren-Screen:** Der dritte und sicherlich interessanteste Gestaltungsvorschlag sieht eine vorgehängte Fassade aus Vakuumröhren mit rund 2256 Laufmetern Vakuumröhrenkollektoren vor. Damit wird ein eigenständiger Gebäudeteil produziert, der eine neue räumliche Ebene erzeugt. Die Geschoßteilung wird optisch erhöht, indem Kollektoren in der Höhe halber Geschoße ausgeführt werden. Dass hier nachträglich ein Objekt angebracht wird, ist ganz deutlicher Grundausdruck dieser Gestaltung. Weiters kann das Feld durch dichtere und losere Setzung der Röhren ein an einen Barcode erinnerndes grafisches Muster erzeugen, wodurch ein weitere, eigenständige Struktur den Kontrast zu vorhandenen Gestaltungsmerkmalen erhöht. Der Eindruck der Unabhängigkeit des „technischen“ Solarschirms wird dadurch noch verstärkt und im Gegensatz zur vorhandenen Fassade herausgearbeitet. Der Gesamtcharakter des Gebäudes wird gänzlich geändert. Das erzeugt jedoch einen spannenden Kontrast aus dem filigranen, technischen Gerät, das ebenso feingliedrig und aufwendig wie die vorhandene Fassadengestaltung dieser gegenüber steht. Auch eine Beleuchtung der historischen Fassade durch in die Verblendungen des Screens integrierte LEDs wäre denkbar.²⁰

²⁰ Hinweis: Die Vakuumröhren-Screens mit gleichmäßigen Röhrenabstand stellen vor offenbaren Fenstern hinsichtlich des 2. Fluchtwegs bzw. der Anleiterbarkeit ein Problem dar und können, wenn der Fluchtweg laut Fluchtwegskonzept über Fenster geführt wird, nicht realisiert werden.

2.6.4 Energetische Erträge und Deckungsgrade

Die thermische Systemsimulation beruht auf einer Reihe von Annahmen, welche in der Tabelle 7 in den Spalten 1 bis 5 überblicksartig angegeben und im begleitenden Bericht „Energietechnische Bewertung – Systemsimulation“ [Heimrath et al., 2011] ausführlich dargestellt sind. Es wurden die Varianten mit Röhrenkollektoren und Flachkollektoren berechnet. Spalte 6 zeigt die mittels thermischer Gebäudesimulation ermittelten Werte des Heizwärmebedarfes, Spalte 7 die ermittelten Bedarfswerte für Brauchwarmwasser und die Spalten 8 bis 12 die Ergebnisse der Anlagensimulation.

ANNAHMEN					ERGEBNISSE							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
Wärmeschutz Gebäudehülle	Kollektortyp	Kollektorausrichtung	Kollektor- und Gebäudeverschattung	Kollektorposition	HWB MWh/a	WWB MWh/a	HEB MWh/a	IG_K MWh/a	Q_Sol MWh/a	SE kWh/m²a	SD %	
Att. 1	Att. 2	Att. 3	Att. 4	Att. 5								
SZ01 SZ02 SZ03 SZ04 SZ05 SZ06	unsaniert	kein	Süd	keine	-	170.3	10.7	207.8	-	-	-	-
			West		-	173.3	10.7	211.0	-	-	-	-
			Nord		-	169.4	10.7	206.9	-	-	-	-
			Süd		-	179.4	10.7	217.6	-	-	-	-
			West		-	180.3	10.7	218.6	-	-	-	-
			Nord		-	176.7	10.7	214.8	-	-	-	-
SZ07 SZ08 SZ09 SZ10 SZ11 SZ12	eingeschränkt saniert	kein	Süd	keine	-	109.3	10.7	133.9	-	-	-	-
			West		-	112.5	10.7	137.4	-	-	-	-
			Nord		-	108.8	10.7	133.5	-	-	-	-
			Süd		-	116.2	10.7	141.1	-	-	-	-
			West		-	117.6	10.7	142.6	-	-	-	-
			Nord		-	114.1	10.7	138.9	-	-	-	-
SZ13 SZ14 SZ15 SZ16 SZ17 SZ18 SZ19 SZ20 SZ21 SZ22 SZ23 SZ24 SZ25 SZ26 SZ27 SZ28	unsaniert	Röhrenkollektor	Süd	keine	DS	170.3	10.7	153.4	326.8	57.4	490	26.7%
			Süd		F	170.2	10.7	153.9	430.2	57.4	372	26.5%
			Süd		DS+F	170.3	10.7	123.8	757.0	87.6	323	41.3%
			West		DS	173.2	10.7	174.4	295.7	40.4	345	17.5%
			West		DH	173.2	10.7	172.3	295.7	42.3	361	18.5%
			West		F	173.2	10.7	186.6	389.2	28.9	187	11.5%
			West		DS+DH+F	173.3	10.7	144.1	980.5	72.4	186	32.1%
			Nord		DH	169.4	10.7	152.4	270.5	57.3	489	26.8%
			Süd		DS	179.3	10.7	161.6	300.3	58.8	502	26.2%
			Süd		F	179.3	10.7	177.2	395.3	44.4	288	18.9%
			Süd		DS+F	179.3	10.7	140.9	695.7	80.6	297	35.9%
			West		DS	180.3	10.7	180.3	272.8	42.0	358	17.7%
			West		DH	180.2	10.7	177.6	272.8	44.5	380	19.0%
			West		F	180.2	10.7	202.2	359.0	20.8	135	7.4%
West	DS+DH+F	180.3	10.7	152.5	904.5	71.4	184	30.6%				
Nord	DH	176.7	10.7	158.6	256.3	58.9	503	26.7%				
SZ29 SZ30 SZ31 SZ32 SZ33 SZ34 SZ35 SZ36 SZ37 SZ38 SZ39 SZ40 SZ41 SZ42 SZ43 SZ44	eingeschränkt saniert	Röhrenkollektor	Süd	keine	DS	109.3	10.7	85.8	326.8	51.7	442	36.8%
			Süd		F	109.3	10.7	83.7	430.2	54.2	351	38.4%
			Süd		DS+F	109.3	10.7	60.7	757.0	78.1	288	56.0%
			West		DS	112.5	10.7	104.1	295.7	37.3	318	24.7%
			West		DH	112.5	10.7	102.3	295.7	38.9	332	26.1%
			West		F	112.5	10.7	112.5	389.2	29.4	191	18.5%
			West		DS+DH+F	112.5	10.7	78.4	980.5	65.1	167	43.7%
			Nord		DH	108.8	10.7	85.3	270.5	51.7	442	36.9%
			Süd		DS	116.2	10.7	91.3	300.3	53.4	455	36.1%
			Süd		F	116.2	10.7	101.6	395.3	43.5	282	28.6%
			Süd		DS+F	116.2	10.7	74.9	695.7	71.1	262	48.0%
			West		DS	117.6	10.7	108.2	272.8	38.3	327	24.7%
			West		DH	117.6	10.7	105.7	272.8	40.7	347	26.5%
			West		F	117.6	10.7	124.4	359.0	22.3	144	13.0%
West	DS+DH+F	117.6	10.7	83.8	904.5	64.7	167	42.0%				
Nord	DH	114.1	10.7	89.1	256.3	53.4	456	36.7%				

Tabelle 7: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse: Gründerzeithaus in Blockrandbebauung

ANNAHMEN					ERGEBNISSE						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Wärmeschutz Gebäudehülle	Kollektortyp	Kollektorausrichtung	Kollektor- und Gebäudeverschattung	Kollektorposition	HWB MWh/a	WWB MWh/a	HEB MWh/a	IG_K MWh/a	Q_Sol MWh/a	SE kWh/m²a	SD %
Att. 1	Att. 2	Att. 3	Att. 4	Att. 5							

SZ45	hochwertig saniiert	kein	Süd	keine	-	26.4	10.7	46.2	-	-	-	
SZ46			West		-	29.1	10.7	49.0	-	-	-	
SZ47			Nord		-	26.3	10.7	46.1	-	-	-	
SZ48			Süd		-	29.9	10.7	49.8	-	-	-	
SZ49			West		-	31.2	10.7	51.2	-	-	-	
SZ50			Nord		-	28.6	10.7	48.5	-	-	-	
SZ51	unsaniert	Flachkollektor	Süd	keine	DS	170.2	10.7	156.2	592.2	53.4	352	24.4%
SZ52			Süd		F	170.2	10.7	167.1	625.7	42.9	268	19.1%
SZ53			Süd		DS+F	170.3	10.7	137.6	1217.8	73.5	236	33.6%
SZ54			West		DS	173.2	10.7	179.7	535.7	33.5	221	13.9%
SZ55			West		DH	173.2	10.7	178.5	535.7	34.5	228	14.5%
SZ56			West		F	173.1	10.7	192.5	566.1	20.5	128	7.7%
SZ57			West		DS+DH+F	173.3	10.7	162.7	1637.5	53.8	116	22.1%
SZ58			Nord		DH	169.3	10.7	155.4	490.1	53.1	351	24.4%
SZ59			Süd		DS	179.2	10.7	164.3	544.2	54.8	362	24.0%
SZ60			Süd		F	179.2	10.7	190.1	575.0	29.7	186	11.9%
SZ61			Süd		DS+F	179.3	10.7	153.1	1119.2	68.0	218	29.3%
SZ62			West		DS	180.2	10.7	185.3	494.2	35.4	234	14.4%
SZ63			West		DH	180.2	10.7	183.9	494.2	36.7	242	15.1%
SZ64			West		F	180.2	10.7	207.0	522.2	13.4	83	4.2%
SZ65			West		DS+DH+F	180.3	10.7	168.8	1510.6	55.2	119	22.0%
SZ66			Nord		DH	176.6	10.7	161.3	464.5	55.0	363	24.5%
SZ67	hochwertig saniiert	Flachkollektor	Süd	keine	DS	26.4	10.7	17.3	592.2	33.9	224	66.4%
SZ68			Süd		F	26.4	10.7	17.6	625.7	33.4	208	65.9%
SZ69			Süd		DS+F	26.4	10.7	9.7	1217.8	43.7	140	84.4%
SZ70			West		DS	29.1	10.7	28.5	535.7	25.1	165	43.5%
SZ71			West		DH	29.1	10.7	27.5	535.7	26.1	173	45.7%
SZ72			West		F	29.1	10.7	33.4	566.1	19.2	120	32.4%
SZ73			West		DS+DH+F	29.1	10.7	20.6	1637.5	36.9	80	61.0%
SZ74			Nord		DH	26.3	10.7	17.2	490.1	33.9	224	66.7%
SZ75			Süd		DS	29.9	10.7	19.5	544.2	35.1	232	64.4%
SZ76			Süd		F	29.9	10.7	27.2	575.0	26.6	166	47.5%
SZ77			Süd		DS+F	29.9	10.7	14.3	1119.2	42.4	136	75.7%
SZ78			West		DS	31.2	10.7	30.1	494.2	25.6	169	42.9%
SZ79			West		DH	31.2	10.7	28.8	494.2	27.0	178	45.7%
SZ80			West		F	31.2	10.7	38.8	522.2	15.0	94	24.2%
SZ81			West		DS+DH+F	31.2	10.7	22.4	1510.6	37.0	80	59.0%
SZ82			Nord		DH	28.6	10.7	18.6	464.5	34.7	229	65.3%

Tabelle 8: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse: Gründerzeithaus in Blockrandbebauung

✓ **Wärmeschutz der Gebäudehülle:** In Szenario 01 wird für das Gebäude ein Heizwärmebedarf von 170,3 MWh/a ausgewiesen. Bezogen auf eine Bruttogeschossfläche von 1.429 m² ergibt sich für das unsanierte Gebäude ein spezifischer Heizwärmebedarf von 119,20 kWh/m²BGFa. Die Verbesserung des Wärmeschutzes auf „eingeschränkt saniert“ in Szenario 07 reduziert den Heizwärmebedarf auf 109,3 MWh/a (entspricht 76,48 kWh/m²BGFa). Die Annahme „hochwertig saniert“ führt, in Kombination mit Annahme einer kontrollierten Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung, im Szenario 45 zu einem jährlichen Heizwärmebedarf von 26,4 MWh/a (entspricht 18,47 kWh/m²BGFa).

✓ **Kollektortyp:** Da der Kollektortyp nur im unsanierten Zustand variiert wurde, kann die Auswahl des Kollektortyps nur für das unsanierte Gebäude diskutiert werden. Die von der

architektonischen Bearbeitung zur Verfügung gestellten möglichen Kollektorflächen führen dazu, dass mit Röhrenkollektoren ein etwas höherer Deckungsgrad erreicht werden kann. Vergleiche dazu beispielsweise Szenario 13 (Röhrenkollektoren Straßendach: SD = 26,7 %) mit Szenario 51 (Flachkollektoren Straßendach: SD = 24,4 %).

✓ **Kollektorausrichtung:** Die Ausrichtung des Gebäudes zeigt im passiven Bereich nur eine äußerst geringe Sensitivität auf die Ausrichtung. So liegt der Heizwärmebedarf (HWB) im Szenario 01 mit Südausrichtung bei 170,3 MWh/a und damit sehr eng am HWB im Szenario 2 (173,3 MWh/a) mit Westausrichtung. Sogar Szenario 03 zeigt mit einer Nordausrichtung und einem HWB von 169,4 MWh/a nur eine geringe Abweichung dazu. Die Erklärung dafür liegt einerseits in den verhältnismäßig geringen Glasflächenanteilen der Straßenfassade mit zudem hohen Leibungstiefen und andererseits an der Hoffassade, die im Falle einer Nordorientierung der Straßenfassade nach Süden ausgerichtet ist. Vergleicht man im unsanierten Gebäude den solaren Deckungsgrad von Szenario 13 (SD = 26,7%) mit dem solaren Deckungsgrad in Szenario 16 (SD = 17,5 %), so zeigt sich jedoch die Richtungsabhängigkeit der solarthermischen Kollektorfelder ganz deutlich. Die Tendenz, dass die nach Süden gerichteten Kollektorfelder einen deutlich höheren solaren Deckungsgrad als die nach Westen gerichteten Kollektorfelder ermöglichen, zieht sich durch alle Szenarien, ungeachtet des Kollektortyps oder der Sanierungsqualität.

✓ **Kollektor- und Gebäudeverschattung:** Grundsätzlich sind die Auswirkungen von Verschattungen durch umliegende Bebauung in zwei Bereiche zu unterteilen. Einerseits werden die passiven Wärmeeinträge durch transparente Gebäudeoberflächen (Fenster bzw. Fenstertüren) verringert und andererseits kann sich eine Verringerung der Einstrahlung auf aktive Solarsysteme ergeben. Die Auswirkung der Verschattung auf die passiven Solargewinne sind an den Unterschieden im Heizwärmebedarf zu erkennen. So steigt beispielsweise der Heizwärmebedarf von 170,30 MWh/a aus Szenario 01 bei Annahme einer Verschattung durch die umliegende städtebauliche Struktur auf 179,4 MWh/a in Szenario 04. Diese Auswirkungen können ebenso beim eingeschränkt sanierten Gebäude (Vergleich von Szenario 07 mit 10) und beim hochwertig sanierten Gebäude (Vergleich von Szenario 45 mit 48) erkannt werden. Die Auswirkungen von Verschattungen sind in den Szenarien mit aktiver Solarthermie auch an den Werten des solaren Deckungsgrades ablesbar. Hiervon sind die Szenarien mit Dachkollektoren naturgemäß weniger betroffen als die Szenarien mit Fassadenkollektoren, die zum Teil hohe Einstrahlungseinbußen beinhalten.

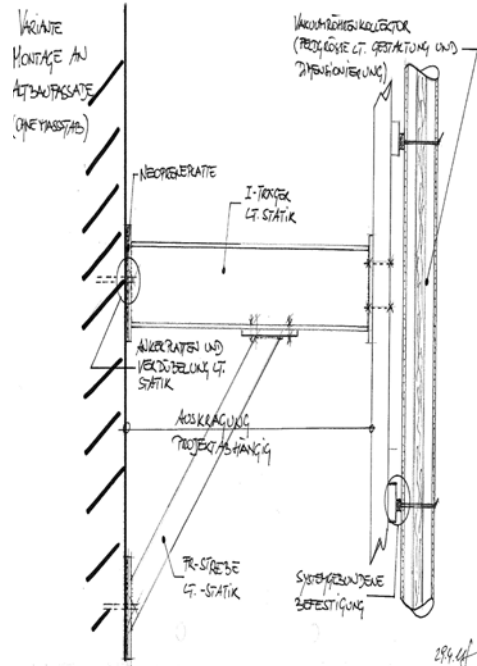
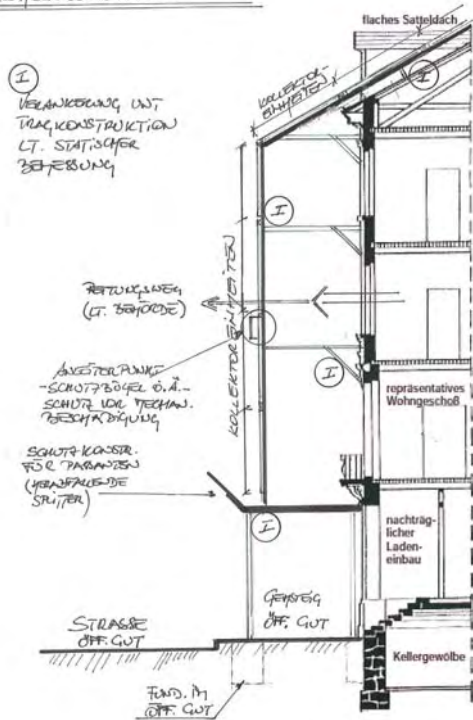
✓ **Kollektorposition:** Im hochwertig sanierten Gebäude kann allein durch das Flachkollektorfeld am Straßendach (DS) in Szenario 67 ein solarer Deckungsgrad von SD = 66,4 % erreicht werden. Unter Annahme einer unverschatteten Fassade könnte durch einen Fassadenkollektor (F) wie in Szenario 68 ein solarer Deckungsgrad von SD = 65,9 % erreicht werden. Die Kombination dieser beiden Maßnahmen (DS+F) erreicht einen solaren Deckungsgrad von SD = 84,4 %. Hier ist zu erkennen, dass durch die Kombination beider Maßnahmen schon sehr hohe Überproduktionen in der strahlungsreichen Jahresphase vorhanden sein müssen. Eine zusätzliche Erweiterung der Kollektorfläche durch Einbeziehung des Hofdaches, jedoch unter Annahme einer Westausrichtung, würde hingegen, so wie in Szenario 73 gezeigt, einen geringeren solaren Deckungsgrad von SD = 61,0 % ergeben.

2.6.5 Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen

☞ Kurzbeschreibung:

System	Vakuurröhrenkollektoren mit Sammlerkasten am oberen Ende des Kollektorfeldes
Industriepartner	Einsiedler Solartechnik GmbH (A), Vakuurröhrenkollektoren
Wandaufbau Gebäudehülle	38 cm Ziegelmauerwerk, verputzt

System-Schnitt
"SCREEN"
BEFESTIGUNG VON VORGESETZTEN
RÖHRENKOLLEKTOR



25.24

Montage von Vakuurröhrenkollektoren
senkrecht (angebündelt) in
Panzerverklebung

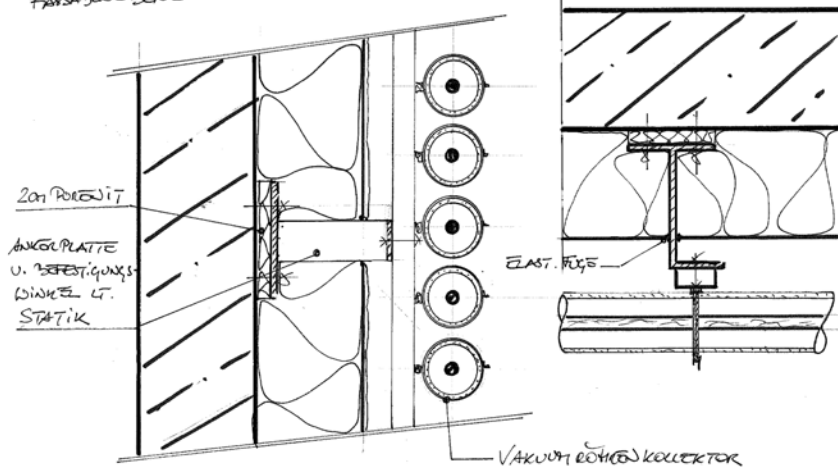


Abbildung 12: Detailskizze: Vorgesetzter Vakuurröhrenkollektor Altbau

Wärmeschutz:

✓ Was ist bei der Wahl der Außenwandkonstruktion zu beachten?

Grundsätzlich kann der Wärmetransport über Strahlung, Konvektion und Wärmeleitung erfolgen. Die Außenwandkonstruktion sollte daher so konzipiert werden, dass eine Minimierung der Energieverluste stattfindet.

Konkrete Variante: Vorab ist die Schadensfreiheit sowie die statische Belastbarkeit des verputzten Bestandsziegelmauerwerks zu befunden. Entsprechend der baurechtlichen, statischen und bauphysikalischen Eignungsfähigkeit sind eventuell nötige Sanierungsschritte festzustellen und umzusetzen.

✓ Welche Außenwandaufbauten sind besonders für die Montage geeignet?

Grundsätzlich sind alle statisch ausreichend dimensionierten und bauphysikalisch sowie bautechnisch richtig ausgeführten Wandaufbauten für die Montage geeignet. Jedenfalls nötig sind Vor-Ort-Kontrollen mit detaillierten Zustandserhebungen der Außenwandaufbauten.

Konkrete Variante: Ein Bestandsziegelmauerwerk ist, vorbehaltlich der Erfüllung der baurechtlichen, statischen und bauphysikalischen Vorgaben, grundsätzlich für die Montage von vorgesetzten Röhrenschirmen geeignet. Seitens Statik sind geeignete Befestigungspunkte und -abstände unter Berücksichtigung der Kollektorherstellerangaben festzulegen und, wo nötig, statische Verstärkungen vorzusehen.

✓ Sind für die vorgesetzten Kollektorfelder und den dahinter liegenden Bauteil andere als die normgemäßen klimatischen Randbedingungen zu berücksichtigen?

Siehe 2.3.5

Wärmebrücken *Siehe 2.3.5*

Sommerlicher Wärmeschutz *Siehe 2.3.5*

Stagnationsfall *Siehe 2.3.5*

Feuchteschutz *Siehe 2.3.5*

Schallschutz *Siehe 2.3.5*

Brandschutz *Siehe 2.3.5*

Baurechtliche Aspekte

Bei innerstädtischen Bestandsobjekten, meist kleinen Bauplätzen (Baulücken), steht die Konstruktion auf öffentlichem Gut. Daraus resultieren rechtliche Parameter – Bauordnungen, Anfahrtschutz, Sicherheit der Passanten, ev. Stellflächenverlust, Verkehrssicherheit, Reflexionen (Blendschutz), zusätzliche erforderliche Flächen bei Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten für Hubsteiger. Die Konstruktion ist mit allen zuständigen Behörden im Vorfeld abzuklären. Speziell die Vorgaben aus den länderspezifischen Bauordnungen und gültigen Normen sind, am Beispiel Wien, mit folgenden Stellen abzuklären:

Speziell die Vorgaben aus den länderspezifischen Bauordnungen und gültigen Normen sind, am Beispiel Wien, mit folgenden Stellen abzuklären:

- MA 37 – Baupolizei >> Baurechtliche Aspekte
- MA 19 – Stadtbildpflege >> Eingliederung in das Stadtbild unter Berücksichtigung von Denkmalschutz, Ensembleschutz, etc.
- MA 68 – Feuerwehr >> Brandschutzkonzept
- MA 37B – Baupolizei Abt. Brandschutz >> Brandschutztechnische Belange
- MA 28 – Öffentliche Flächen >> Fundierung und Bauteile über öff. Gut
- MA 48 – Müllabfuhr >> wenn eventuell die Entsorgung des Mülls und die Zufahrt für die Fahrzeuge beeinträchtigt wird.
- MA39 – Akkreditierte Prüfanstalt
- Gemeindeamt, Bürgermeister

Statik *Siehe 2.3.5*

Der Zustand der alten Bausubstanz ist hier ein wichtiger Faktor.

Montage *Siehe 2.3.5*

Leitungsführung *Siehe 2.3.5*

Arbeitssicherheit – Wartung, Instandhaltung, Reparatur *Siehe 2.3.5*

3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Ergebnisse der Case Stories

3.1 Architektonische Aspekte gebäudeintegrierter Solarthermie

Mit der Einschränkung der architektonischen Gestaltungsfrage auf die Nachrüstung mit gebäudeintegrierter Solarthermie sollte in den Case Stories einerseits den Gründen für den Mangel an gestalterisch vielfältigem Einsatz bestehender Produkte (vgl. auch Munari Probst, 2008) nachgegangen und andererseits mögliche Entwurfsvarianten aufgezeigt werden.

Für den solarenergetischen Gebäude-Entwurf relevant ist zunächst die prinzipielle Unterscheidung in unmittelbare (passive) und mittelbare (aktive) Prinzipien solartechnischer Nutzung. Unmittelbar wirken sich hinsichtlich eines niedrigen Energiehaushalts die sinnvolle Grundrissorganisation, die in eine kompakte Baukörperform mündet, ebenso geeignete Material(schichten)- und Fassadenausbildungen und die sinnvolle Ausbildung passiver Solarbauteile aus (s. etwa Treberspurg 1999, 73-78). Aktive Beiträge zum Energiehaushalt eines Gebäudes fließen in die Entwurfsarbeit in Form von solarthermischen und photovoltaischen Technologien ein. Diese technischen Objekte ändern den Charakter eines Gebäudes – sowohl im Neubau als auch in der Sanierung – wesentlich. Ihre Integration lässt sich naturgemäß in stilistisch „modernerer“ Gebäuden wesentlich stimmiger bewerkstelligen, als das im Zusammenhang mit historischer Bausubstanz der Fall sein kann.

✓ Welche methodischen Aspekte sind für den Entwurf gebäudeintegrierter Solartechnologien wesentlich?

Wie die Forschungen über Entwurfsmethoden zeigen (vgl. etwa Jormakka 2008, 81), gibt es keine verbindlichen Kriterien, nach denen „ein“ Entwurf angegangen werden sollte. Es gibt je nach Entwurfsaufgabe eher geeignete und weniger geeignete Zugänge. Welche methodischen Aspekte sind also für den Entwurf gebäudeintegrierter Solartechnologien wesentlich? Hier gilt es die Unterscheidung zwischen Neubau und Sanierung zu bedenken.

Im Bereich des Neubaus lässt sich die Bauaufgabe „städtischer Wohnbau“ auf relevante Entwurfsmethoden im Bereich des Studiums von „Typologien“, „Freiraumgestaltungen“ einschränken. Denn wie auch immer letztlich eine stilistische Ausführung (Materialien, Oberflächen, Details) erfolgt, liegen hier die wesentlichen architektonischen Grundaufgaben: Freiraum (bzw. Städtebau, Grünraumgestaltung, Durchwegung, ruhender Verkehr etc.), Typologie (Wohnung, Erschließung, passive Solarbauteile) und Fassade verdeutlichen, dass sich die Aufgabe der gestalterisch hochwertigen Integration von Solarthermie nicht von der gesamten Aufgabenstellung – des architektonischen Entwurfs städtisch-dichter Wohnformen – trennen lässt. Mit großer Eindeutigkeit sind die als gelungen befundenen Integrationen als klar konturierte Lösungen stimmig im Baukörper- bzw. Gliederungskonzept verteilt, ausgewogen proportioniert und geometrisch plausibel.

Im Bereich der Sanierung bzw. technischen Nachrüstung steht den Kollektoren aber ein vorhandener Fassaden- und Gebäudecharakter gegenüber, dessen Abänderung mehrfache Fragen nach Angemessenheit (hinsichtlich Erträgen, Kosten, Aufwand, neuem Charakter, tatsächlicher Verbesserung der Gestaltungsqualität etc.) aufwirft.

✓ **Welche Kriterien beeinflussen die gestalterische Vielfalt für eine anspruchsvolle Integration von Solarthermie?**

Es sind die Charakteristiken der derzeit am Markt befindlichen solarenergetischen Produkte, die direkte Auswirkung auf die formale Qualität architektonischer Integration haben. Denn für die Integration an sich – die Möglichkeiten, Kollektorflächen in Fassaden zu integrieren – sind es bauseitig nur zwei wesentliche Kriterien, die gestaltungsrelevant werden: Erstens der Anteil an Öffnungen (Fenster und Türen) und zweitens das Verhältnis dieser Öffnungen im Zusammenspiel mit Eck-, Erker-, Balkon- bzw. Loggiaausbildungen im jeweilig relevanten südlichen Bereich der Fassadenflächen.

Die beeinflussenden Kriterien sind:-

- Größe und Positionierbarkeit von Kollektoren
- Material der Kollektoren und deren Oberflächentextur
- Farbe der Absorber und Kollektorgläser
- Form und Größe von Modulen
- Art der Verbindung und Befestigung von Elementen
- Verschmutzung der Kollektorgläser
- Kondensat in den Kollektorgläsern

Für eine gelungene architektonische Integration lässt sich sagen, dass alle diese Charakteristiken in einem motivierten Verhältnis zu einem je spezifischen Gesamtentwurf stehen müssen (Vgl. Munari Probst, 2008, 47).

✓ **Wie lässt sich Solarthermie in die Gebäudehülle integrieren?**

Solarthermische Kollektoren werden entweder auf der Gebäudehülle appliziert oder in sie integriert. Die applizierende „Auf-Montage“, das „Drauf-Schrauben“ ist sicher die einfachste Methode und kann bei der Nachrüstung bestehender Gebäude sinnvoll sein, wenn kein Austausch von Teilen der Gebäudehülle erforderlich ist. Für eine gestalterisch befriedigende Gebäudeintegration müssten aber die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen konstruktiven und strukturell relevanten Teile berücksichtigt werden, insofern sie als transparente und/oder opake Teile, als bewegliche und/oder starre Teile, als mehr- und/oder einschichtige Bauteile in den Entwurf einfließen können. Die oft eingeschränkte gestalterische Flexibilität der Produkte wird hier zu einem wesentlichen Entwurfsfaktor.

Insbesondere Flachkollektoren sind mit ihrem mehrschichtigen Aufbau gut geeignet, einen Teil der Gebäudehülle konstruktiv vollwertig zu ersetzen, wenn die Wärmedämmung hinter

dem Absorber die Gebäudedämmung übernimmt oder ergänzt, bzw. die Glasabdeckung verglast oder auch der Absorber unverglaster Flachkollektoren die wasserdichte Wetterhaut des Gebäudes bilden. Diese doppelte Motivation des Einsatzes – Multifunktionalität – bietet unter Umständen auch Möglichkeiten zur Kostenersparnis, insbesondere bei Neubauten oder bei Sanierungsfällen, bei denen die Gebäudehülle ohnehin zur Gänze erneuert werden muss.

Vakuum-Röhrenkollektoren sind weniger für eine Rolle als integraler Bestandteil der eigentlichen Gebäudehülle geeignet, können jedoch auch als Teil einer Balkonbrüstung, Absturzsicherung oder Verschattungselement verwendet werden.

✓ **Welche prinzipiellen Möglichkeiten zur An- und Unterbringung solarthermischer Technologien bei Gebäuden gibt es ?**

Schematische Lösung: Wir bezeichnen die Aufstellung von Kollektoren auf Flachdächern als „schematisch“ oder auch „generisch“, da diese in den meisten Fällen für die Erscheinung eines Gebäudes wenig relevant ist und daher für den Entwurf mit einer „schematischen Stellfläche“ gelöst werden kann. Wo immer möglich, sollte diese Lösung verfolgt werden, da sie einfach, bewährt und unproblematisch ist, da sie keine zusätzlichen Gestaltungsthemen in den Entwurf bringen.



Abbildung 13: Schemazeichnung und Beispiel von Solarkollektoren auf Flachdach.

Integrierte Lösung: Für die Integration von Solarthermie in die Fassade und/oder ins Dach werden die konstruktiven Systemeigenschaften der Produkte relevant, insofern deren gestalterische Flexibilität maßgeblich die Qualität der Erscheinung bestimmt. Auch wenn Flachkollektoren mit ihrem mehrschichtigen Aufbau gut geeignet sind, einen Teil der Gebäudehülle konstruktiv zu ersetzen, da sie etwa mittels der Wärmedämmung hinter dem Absorber die Gebäudedämmung ersetzen oder ergänzen und die Produktoberflächen auch die wasserdichte Wetterhaut des Gebäudes bilden können, ist bei dieser Variante das gestalterische Zusammenspiel mit dem gesamten Entwurf/Gebäude wesentlich.



Abbildung 14: Schemazeichnung und Beispiel von Integrierter Lösung.

Additive Lösung: Als „additiv“ bezeichnen wir jene im Zusammenhang mit Vakuum-Röhrenkollektoren gegebenen Möglichkeiten zur Erzeugung einer eigenständigen räumlichen Schicht (im Dach und/oder Fassadenbereich) bzw. zur freien Aufstellung am Grundstück.



Abbildung 15: Schemazeichnung und Beispiel von Additiver Lösung.

Die Wahl der jeweiligen Möglichkeiten sind eng an das Gebäude, den Entwurf geknüpft, da eine gelungene Integration eine Stimmigkeit bzw. mehrfach motivierte Gestaltung nur im je einzelnen Fall produzieren kann. Darauf weisen auch die Case Stories hin, deren Gestaltungsabsichten sich immer auf den – in diesen Fällen – vorhandenen Gebäudekontext beziehen, auf ihn reagieren und erst dadurch absichtsvolle und motivierte Lösungen erzielen können.

3.2 Schlussfolgerungen betreffend energetische Erträge und Deckungsgrade

✓ Welche solaren Deckungsgrade konnten bei den vier untersuchten Projekten erreicht werden?

Mit dem Einsatz solarthermischer Systeme in den vier gewählten Beispielgebäuden können erhebliche Mengen an Wärme zur Heizung und Warmwasserbereitung aufgebracht werden. Der solare Deckungsgrad gibt den Anteil am gesamten thermischen Energiebedarf des Gebäudes an, der durch aktive Solarthermie gewonnen werden kann.

Neubau Geschößwohnbau
urbaner Randbezirk
28 Integrationsszenarien
SD = 15,0 % bis 53,2 %



Neubau Geschößwohnbau
dichte Verbauung
28 Integrationsszenarien
SD = 5,6 % bis 49,5 %



Wohnhochhaus der
1970er Jahre
30 Integrationsszenarien
SD = 19,4 % bis 76,1 %



Gründerzeithaus in Block-
randbebauung
82 Integrationsszenarien
SD = 4,2 % bis 84,4 %



Abbildung 16: Vergleichsgebäude mit Darstellung der solarthermischen Integration und Bandbreiten der ermittelten solaren Deckungsgrade (SD in %).

Der Einsatz von Dachkollektoren ist für den Einsatz im städtebaulichen Umfeld bestens geeignet, da keine bis wenig Verschattung der Kollektorflächen auftritt. Die Integration von Fassadenkollektoren in eine städtebauliche Situation kann, aufgrund der Verschattung durch umliegende Gebäude, in sehr geringen solaren Deckungsgraden enden. Dem Einsatz von Fassadenkollektoren im städtischen Umfeld sollte immer eine Verschattungsanalyse vorausgehen.

✓ **Was ist bei einer Kombination von Dach- und Fassadenkollektoren in Hinblick auf die energietechnische Effektivität und Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen?**

Bei einer Kombination ist zu beachten, dass der solare Deckungsgrad der einzelnen Komponenten nicht einfach summiert werden kann. Die Kombination führt immer zu einem deutlich geringeren solaren Deckungsgrad als die Summe der Deckungsgrade beider Einzelmaßnahmen, da die „Überproduktion“ in strahlungsreichen Zeiten zunimmt, in Folge die Effektivität der Versorgung des Gebäudes deutlich abnimmt und damit die Wirtschaftlichkeit ebenso deutlich sinkt. Dies trifft dann zu, wenn die Bilanzierung nur über das Gebäude selbst getroffen wird. Wird die Systemgrenze weiter gesetzt und kann innerhalb der Systemgrenze ein Abnehmer der „Überproduktion“ gefunden werden, so steigt damit schlagartig die energietechnische Effektivität des solarthermischen Systems und ebenso die Wirtschaftlichkeit.

3.3 Schlussfolgerungen aus bautechnischer und bauphysikalischer Sicht

Für alle vier Varianten könnten am österreichischen Markt geeignete Kollektorensysteme, inkl. Befestigungsmittel, gefunden werden.

Die zwei Neubauvarianten bieten einen systematischen Ansatz für neue architektonische Entwürfe und Konzepte. Die gestalterisch hochwertige Integration von Solarthermie wird zu einem Teilbereich des architektonischen Entwurfs. Im Bereich der Sanierung bzw. technischen Nachrüstung steht den Kollektoren aber ein vorhandener Fassaden- und Gebäudecharakter gegenüber, dessen Abänderung Fragen nach mehrerlei Angemessenheiten aufwirft und eine eingehende Prüfung des Bauplatzes, Gebäudes und seiner Umgebung bedingen.

✓ **Welche (bautechnischen inkl. baurechtlichen) Parameter sind zu überprüfen?**

- Ausrichtung des Baukörpers (Himmelsrichtung): Berechnung und Simulation der Sonneneinstrahlung auf Ertrag.
- Abstand zu Nachbargebäuden, Nachbarbauteilen (auf eigenem Grund): Verschattungen durch gegenüberliegende Gebäude und Bäume
- Statische Eignung des Baukörpers: Punktlasten, Gesamtbelastung etc.
- Verkehrstechnische Machbarkeit: für die Errichtung der Schutzeinrichtung (Parkplätze, Gehwegbreiten)

- Bewegungsfreiheit für die Rettungskräfte, unter anderem Feuerwehrezufahrten bei großvolumigen Anlagen mit entsprechenden Aufstellflächen.

Da sich bei den Sanierungsvarianten eine wesentliche Änderung des architektonischen Erscheinungsbildes ergibt, wird dies bei gut erhaltenen Gründerzeit- oder Jugendstilgebäuden in der Regel zu Konflikten mit der Stadtbildpflege und dem Denkmalschutz führen.

✓ Welche Aspekte sind aus bauphysikalischer Sicht zu berücksichtigen?

Wärmeschutz: Die relative Änderung der Transmissionswärmeverluste des Gebäudes ist von dem Zusammenspiel zwischen Kollektorart, Art der Montage (hinterlüftet oder nicht hinterlüftet) und der zusätzlich angebrachten Gebäudedämmung abhängig. Weitgehend unabhängig sind sie vom Material der Gebäudeaußenwand und davon, ob eine leichte oder schwere Bauweise gewählt wird. Wird bei der Integration der Kollektorfelder auf eine Hinterlüftung verzichtet, dann ist zu beachten, dass es zu einem erheblichen sommerlichen Wärmeeintrag in den Innenraum kommen kann. Dies kann außerhalb der Heizperiode zu hohen Innenoberflächentemperaturen und einer Beeinträchtigung der thermischen Behaglichkeit oder zu höheren Kühlleistungen führen.

Wärmebrücken: Der Einfluss von punktförmigen, thermisch getrennten Befestigungselementen zur Fixierung des Rahmens auf der gedämmten Gebäudeaußenwand ist bei allen Varianten gering. Die durch die Befestigungsmittel entstehenden Wärmebrücken haben örtlich einen Einfluss auf die Wärmeverluste, die inneren Oberflächentemperaturen der Wand werden jedoch nur gering beeinflusst.

Luftdichtheit / Winddichtheit: Der Anschluss zur Wärmedämmung der Fassade ist so zu konstruieren, dass keine unkontrollierten Luftbewegungen hinter dem Kollektor entstehen können. Die Luftdichtheit des Kollektors selbst ist herstellerabhängig. Aktuell gibt es diesbezüglich noch keine Richtlinien oder Vorgaben.

Sommerlicher Wärmeschutz: Bei der Ausführung einer vorgesetzten Konstruktion ist der Abminderungsfaktor Sonnenschutz z-Wert (zukünftig: F_c) eines Kollektorfeldes vergleichbar mit einer Innenjalousie (Siehe ÖNORM B 8110-3:1999, Tabelle 7 – Richtwerte für Abminderungsfaktor z von Abschattungsvorrichtungen).

Stagnationsfall: Bei Funktionstauglichkeit aller Sicherheitseinrichtungen ist durch die kurze Dauer der maximalen Temperaturen, Phasenverschiebung und die Art der Montage keine Gefährdung für die BewohnerInnen gegeben. Trotzdem sollte das Eintreten dieses Falles durch eine optimierte Abstimmung der Anlagengröße zur Abnehmermenge minimiert werden, da es im Stagnationsfall zu einer hohen Belastung der Anlage (Drucksteigerung) und des Füllmediums (Kältemittels) kommt.

Feuchtigkeitsschutz: Es ist insbesondere in Verbindung mit einem integrierten, nicht hinterlüfteten Fassadenkollektor ohne Fassadendämmung bezüglich der Dampfdiffusion im Außenwandbauteil Vorsicht geboten. Durch die dampfdichte Schicht des Kollektors (Material der Kollektorrückwand) an der kalten Außenseite kann sich im Bauteilinneren Kondensat ansammeln. Ein Austrocknen kann nur vermindert nach außen und entsprechend den

Ergebnissen der Feuchtigkeits-Simulationsberechnung, produktabhängig, nach innen stattfinden. Je nach Aufbau ist es entscheidend, welche Kollektorrückwand und welche Dämmstoffe zum Einsatz kommen.

Schallschutz: Durch die Profilierung von Kollektoren werden die Windangriffsflächen erhöht. Es können im ungünstigsten Fall aerodynamische Schallquellen entstehen. Bisher gab es jedoch diesbezüglich keine negativen Erfahrungen der befragten Hersteller. Prüfstellung und Messtechniker sprechen von ungünstigen Einzelfällen. Zur Ermittlung der tatsächlichen schallschutztechnischen Einflussgrößen (ab wann sich eine gewisse Kollektorprofilierung schalltechnisch negativ auswirken kann) wäre die Vermessung von Testfassaden nötig.

Brandschutz: Erstgespräche mit den zuständigen Behörden haben ergeben, dass es zu keiner wie immer gearteten Einschränkung des zweiten Rettungsweges kommen darf. Ein statisch dimensionierter Anleiterschutz ist jedenfalls vorzusehen, damit es zu keiner Beschädigung des Kollektors beim Anleitern kommen kann. Weiters ist bei der Positionswahl der Kollektorfelder auf ein eventuelles Austreten von heißem Wasser zu achten. Entsprechend markierte Schutzzonen für Personen und Rettungskräfte sind zur Gewährleistung des zweiten Rettungsweges zu berücksichtigen. Ferner ist das Bruchverhalten des Kollektorglases nachzuweisen. Schutzziele und daraus resultierende Maßnahmen sind projektspezifisch mit den zuständigen Behörden zu klären.

4 Markt- und Realisierungspotenziale

Während sich für gebäudeintegrierte Photovoltaik bereits der Terminus GIPV bzw. BIPV (= Building Integrated Photovoltaics) etabliert hat (vgl. Krippner 2009, 4) – nicht zuletzt weil Produkt- und Gestaltungsbandbreiten von Photovoltaik-Technologien den Ersatz konventioneller Fassadenelemente (Brüstungen, Sonnenschutz, Überkopfverglasungen, transluzente Gläser und Fassadenplatten etc.) wesentlich vorangetrieben haben – wirkt die Solarthermie im Bereich anspruchsvollerer Integration deutlich unterrepräsentiert, obwohl sie zweifelsohne ein zentrales Element zukünftiger, dezentraler Energieversorgung werden wird. Der Grund dafür liegt keineswegs auf der Hand, denn die technisch und ökonomisch hervorragend entwickelten aktiven solarthermischen Systeme zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung wären hierbei von zentraler Bedeutung:

„Unter den ausgereiften Solartechnologien verdienen vor allem aktive solarthermische Systeme zur Warmwasserbereitung und Raumheizung eine Schlüsselrolle. Ihre erwiesene hohe Effizienz, die geringen Kosten und kurzen Amortisationszeiten machen sie eigentlich zu einer nahe liegenden Option für energieeffiziente Gebäude. Warum wird das Potenzial der Solarthermie dann, verglichen etwa mit der Photovoltaik, noch relativ wenig genutzt? Die vergleichsweise höhere Förderung der Photovoltaik ist sicher ein Grund hierfür. Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass solarthermische Systeme als gestalterisch unattraktiv gelten. Ganz anders die Photovoltaik: Sie ist dank geringer Dicken und variabler Dimensionen der Module, der großen Bandbreite an Farben und Texturen, der filigranen Verkabelung und des leichten Gewichts inzwischen gut für die Gebäudeintegration geeignet. Darüber hinaus ist es einfach, eine PV-Anlage zu dimensionieren und zu positionieren, da die Stromerzeugung unabhängig vom Bedarf eines Gebäudes oder der lokal verfügbaren Speicherkapazität erfolgen kann. Bei der Solarthermie ist dies weit weniger der Fall. Glücklicherweise werden derzeit sowohl bei der gestalterischen als auch bei der technischen Integrierbarkeit Fortschritte gemacht.“ Die zwei Haupthindernisse für gestalterisch hochwertige gebäudeintegrierte Solarthermie (GIST) liegen Munari Probst und Roecker zufolge in der schwierigen Dimensionierbarkeit der Anlagen mit ihren wechselseitigen Abhängigkeiten von Kollektortechnik, Ausrichtung und Energiebedarf, sowie im Mangel an gestalterischer Vielfalt bestehender Produkte (Vgl. Munari Probst, 2008, 73–76).

Es sind die Charakteristiken der derzeit am Markt befindlichen solarenergetischen Produkte, die direkte Auswirkung auf die formale Qualität architektonischer Integration haben. Die Architektur und Bauwirtschaft wird in den kommenden Jahren nicht nur gefordert sein, den übel beleumundeten Bauwirtschaftsfunktionalismus der 60er, 70er und 80er Jahre des letzten Jahrhunderts energetisch zu verbessern, sondern ihn vor allem auch gestalterisch attraktiver zu machen.

5 Fazit und Ausblick

Klimaschutz und Ressourcenschonung gehören zweifellos zu den wichtigsten Aufgaben der Gegenwart und der Zukunft. Dem Baubereich kommt aufgrund des hohen Material- und Energieverbrauchs eine besondere Bedeutung zu. Das führt zu einem hohen Informationsbedarf bei Architekten und Planern, denn in Zukunft wird vor allem derjenige am Markt bestehen, der die notwendigen Kenntnisse in den unterschiedlichen Bereichen des nachhaltigen Bauens besitzt, die zentralen Fragestellungen erkennt und diese auch umzusetzen weiß.

Die Entwicklung von Objekt- und Visualisierungsdatenbanken für den aktiven Zugriff der Entwurfsabteilungen auf diese vorhandenen oder möglichen Produkt- und Gestaltungsbandbreiten wäre ein wichtiger Schritt zur breiteren gestalterischen Auseinandersetzung durch die Architektur.

Die solarenergetischen Technologien greifen – sofern sie sich nicht auf aufgeständerte solarthermische Kollektoren auf Flachdächern beschränken, die durch Attikahochzüge im Normalfall zumeist nicht einsehbar sind, – massiv ins Erscheinungsbild eines Gebäudes ein. Sie ändern nicht nur den Charakter des jeweiligen Gebäudes, sondern verändern auch den städtischen und ländlichen Raum, in dem sie sich befinden. Wie mit jeder anderen technischen Neuerung in der Baugeschichte ist gestalterische Qualität und das motivierte Einfließen in architektonische Konzepte erst durch intensive Auseinandersetzung zu erzielen. Je mehr Architekten sich der Solarthermie (in der Praxis und interdisziplinären Forschung) annehmen, desto größer wird auch die Qualität an gebäudeintegrierter Solarthermie werden, weil nur diese Berufsgruppe unter allen Beteiligten und ExpertInnen die Verantwortung für die gestalterisch motivierte Erscheinung übernehmen kann.

Grundsätzlich ist (nicht nur) für Großobjekte generell eine rechtzeitige, abgestimmte – integrale – Planung durch ein unabhängiges, Solarthermie-erfahrenes Ingenieurbüro zu empfehlen. Eine Solaranalyse mit einer bauphysikalisch, bautechnisch und haustechnisch fundierten Beurteilung ist die Grundlage für eine wirtschaftlich erfolgreiche Solaranlage und sichert gegen Fehlentscheidungen ab.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Nutzung von Sonnenenergie ist der zeitliche Unterschied zwischen dem solaren Gewinn im Sommer und dem maximalen Wärmebedarf im Winter. Kann innerhalb der Systemgrenze ein Abnehmer der „Überproduktion“ gefunden werden, so steigt damit schlagartig die energietechnische Effektivität des solarthermischen Systems und ebenso die Wirtschaftlichkeit. D.h., zukünftig werden lokale Verbundlösungen für solarthermische Systeme, die über die Systemgrenze eines einzelnen Gebäudes gehen, wichtig. Die energietechnische Effektivität und die Wirtschaftlichkeit hängen demnach an der Frage, ob für die Überproduktion, also Wärme, die im Gebäude selbst nicht verbraucht wird, ein Abnehmer gefunden werden kann. Die Intensität, mit der diese Vernetzung umgesetzt werden kann, wird entscheidend sein, ob sich solarthermische Systeme mit einem hohen solaren Deckungsgrad in der Zukunft durchsetzen werden können.

6 Literaturverzeichnis

AEE Intec, Handout zum Vortrag GREENoneTEC: (nachhaltigwirtschaften FORNE): „Systemtechnische und bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung“ (2002)

AEE Intec, Seminarband HdZ, bmvit: „Fassadenkollektoren – Energie aus der Fassade“ (Seminar 1.3.2002)

Amtmann, M. et al.: Analyse und Bewertung der energetischen, ökonomischen und architektonischen Qualität urbaner Solarenergiebauten, in: Architekturjournal „wettbewerbe“ (297/298), S. 12–15, 35. Jahrgang / NR.3, Juni/Juli 2011

Bergmann, I. Handout zum Vortrag (AEE Intec): „Integration von thermischen Fassadenkollektoren in die Gebäudehülle“ (17.3.2006)

Bittner, B. (AEE Intec) Handout zum Vortrag: „Energie der Sonne, Thermische Solaranlagen und Photovoltaik“ (28.5.2008).

Böhme, G.: Atmosphäre. Frankfurt/M: Suhrkamp 1995.

Colomina, B.: Media as Modern Architecture. In: Anthony Vidler (ed.): Architecture between Spectacle and Use. Williamstown/MA: Sterling and Francine Clark Art Institute 2008.

Einsiedler, Firmen Produktfolder EKS-Vakuum Röhrenkollektoren

Energie Schweiz: „Sanieren mit Sonnenenergie“ (Sept. 2002)

Faninger, G., Begleitender Bericht „Solarenergie Urban“: Energieeinsatz in Gebäuden für Wärme und Strom, Bewertungskriterien und Bewertungs-Tool, (HdZplus, 2011)

Fink Ch. (AEE Intec), Breidler J. (AEE Intec): „Solar Systeme im Objektbau – Ein Leitfaden zur Planung, Umsetzung und Betriebsführung“ (Neue Energien 2020)

Franck, G., Franck, D.: Qualität – Von der poetischen Kraft der Architektur, in: Der Architekt, Januar/Februar 2002, S. 42–47

Franck, G.: Bauen in der verbauten Welt, in: Architekturpreis Beton 09 – Betonsuisse & Institut für Geschichte und Theorie der Architektur ETHZ, Zürich 2009, S.14–15.

Franck, D., Franck, G.: Architektonische Qualität. München: Carl Hanser Verlag 2008.

Gebäudeintegrierte Photovoltaik. OTTI - Orientierungsseminar, 3. März 2009. Kloster Banz, Staffelstein. Tagungsband. Regensburg 2009.

Geissler, S. et al.: Planung von Plus-Energie Gebäuden auf der Basis einer optimierten Nutzung der Gebäudeflächen für Energiebereitstellungstechnologien, in: Tagungsband 2. Symposium Aktiv-Solarhaus Luzern 22.-23. Sep 2010, S.74-81. Regensburg: Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), ISBN 978-3-941785-13-7

Grazer Energieagentur: DenkMALaktiv – Sanierung alter, denkmalgeschützter Gebäude auf Aktivhausstandard. Graz 2011 (Abgerufen am 01.08.2011 unter [http://www.grazer-
ea.at/cms/projekte/denkmalaktiv/content.html](http://www.grazer-
ea.at/cms/projekte/denkmalaktiv/content.html)).

Hagemann, I.B.: Gebäudeintegrierte Photovoltaik. Architektonische Integration der Photovoltaik in die Gebäudehülle. Köln 2002.

Heimrath, R., Mach, T.: Begleitender Bericht M2.3 Solarenergie Urban: Energietechnische Bewertung – Systemsimulation, (HdZplus, 2011)

Heimrath, R.: Simulation, Optimierung und Vergleich solarthermischer Anlagen zur Raumwärmerversorgung für Mehrfamilienhäuser, Dissertation an der TU Graz, 2004.

Herzog, T., Krippner, R., Lang, W.: Fassaden Atlas. Edition Detail. München (u.a.) 200 (insb. S. 287-311)

ISE, 2011: Fraunhofer ISE, Dynamische Kollektortests, <http://www.kollektortest.de/>

Jordan, U.: DHWcalc: Werkzeug zur Generierung von Trinkwasser-Zapfprofilen auf statistischer Basis, Version 1.10, Universität Kassel, 2003.

Jormakka, K.: Basics Design Methods, Berlin Basel Boston: Birkhäuser 2008.

Kaltenbrunner, R.: Werte guter Baukunst, in: Zeno 3/09, S. 36–37.

Keßling, B.; Reimoser, C.: Nachhaltige Stadtentwicklung – in ein Zertifikat fassbar?, in: Detail Green (01/11), S. 84–89.

Krippner, R.: Die Gebäudehülle als Wärmeerzeuger und Stromgenerator, in: Schittich, Ch. (Hg.): Gebäudehüllen. München (u.a.) 2/2006, S. 46-59.

Krippner, R.: Solartechnik im Spannungsfeld von innovativer Gebäudehülle und energetischer Sanierung. Schittich, Christian (Hg.): Solares Bauen. München (u.a.) 2003, S. 26–37.

Krippner, R.: Ökologie vs. Ästhetik? DBZ- Deutsche Bauzeitschrift, 48. Jg., 9/2000, 114–118.

Krippner, R.: Zum Stand der Gebäudeintegrierten Solartechnik. In: Gebäudeintegrierte Solartechnik – Solarenergie und Architektur. Aus den Wettbewerben des SeV. Hrsg.: Solarenergieförderverein Bayern e. V. München 05/2009, S. 4–9

Kuhnert, N. et al.: Smart Material Houses, insbesondere „Die neue Bedeutung der Gebäudehülle“ in: Haus der Zukunft, Arch+ 198/199, Mai 2010, S. 74–77.

Lechner, A., Grünwald, S.: Begleitender Bericht M3.1 Solarenergie Urban: Entwurfsaspekte „Solarenergie Urban“ und Visualisierungen der Case Studies, (HdZplus, 2011)

Mach, T., Heimrath, R., Selke, T., Stift, S., Grünwald, S., Lechner, A.: Aktive solarthermische Systeme in der Sanierung von Blockrandbebauungen der Gründerzeit, 21. Symposium Thermische Solarenergie, OTTI, Kloster Banz, Bad Staffelstein, Posterbeitrag F1, Tagungsband S. 478–483, 11. bis 13. Mai 2011

Mischek GmbH ZT, Dr. Ronald: Begleitender Bericht M2.1 Solarenergie Urban: Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen, Analyse der bauphysikalischen und bautechnischen Anforderungen an die Integration von beispielhaften Solarthermiesystemen in Gebäudefassaden, (HdZplus, 2011)

Mischek GmbH ZT, Dr. Ronald: Begleitender Bericht M3.2 Solarenergie Urban: Bauphysikalische und bautechnische Case Studies, Aufarbeitung der Erkenntnisse über die bauphysikalischen und bautechnischen Lessons learned anhand der vier Case Studies, (HdZplus, 2011)

Munari Probst, M. C.: Architectural integration and design of solar thermal systems. Dissertation EPFL, no 4258, Lausanne 2008.

Munari Probst, M. C.: Roecker Ch.: Architectural integration of solar thermal system, Detail Green, vol.01/10, pp. 42–45, 2010.

Munari Probst, M. C., Horvat, M.: Barriers and Needs for Building Integration of Solar Thermal and Photovoltaics. In: EuroSun 2010, Graz, 2010. Online: <http://infoscience.epfl.ch/record/162426/files/eurosun.farkas.mcmp.10pdf.pdf> (01.09.2011)

Rupprecht, M.: Tätigkeitsbericht 2009. In: Amt der Steiermärkischen Landesregierung A9 – Kultur (Hrsg.): 2009 –Tätigkeitsbericht des Grazer Altstadtanwaltes, Graz 2009, S. 6–9. (Abgerufen am 01.08.2011 unter: http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10006795_150268/d0f5d681/TB2009GAA.pdf)

Schneider, R. (Paradigma Deutschland GmbH), Handout zum Vortrag: Fachbeitrag „TOP 2010/20, Solarthermie in der Fassade: Vakuumröhrenkollektoren integriert in transparente Fassadensysteme (28.10.2010)

Selke, T., Stift, F.: Begleitender Bericht Solarenergie Urban: Energietechnische Bewertung-Verschattungsanalysen und thermische Gebäudesimulation, HdZ Plus, 2011

Solarthermische Anlagen. Leitfaden. DGS – Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie. Berlin 8/2008.

SPF, 2011: Dynamic Collector Tests, <http://www.solarenergy.ch/>

Sonnenkraft, Firmen Produktfolder Fassadenkollektor IFK

Steiner, D.: Promotional Architecture. In: Maggie Toy (Hg.): Fashion + Architecture (=AD – Architectural Design: Fashion + Architecture. Vol. 70/6 12/2000), London: John Wiley & Sons 2000, S. 20–23

Treberspurg, M.: Neues Bauen mit der Sonne – Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage, Wien, New York: Springer 1999.

Treberspurg, M.: Neues Bauen mit der Sonne, Wien/New York: Springer 1999 (2. Aufl.)

Zwerder, M. (Sto AG) et al.: Abschlussbericht zum Verbundforschungsvorhaben „Fassadenintegration von Kollektor- und TWD-Modulen mit wärmedämmenden Formteilen“, Mai 2004.

7 Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: „Solaria“ – Quelle: Roadmap 2050: A practical guide to a prosperous, low-carbon Europe, Volume 3, Graphical Narrative (© OMA/AMO)	16
Abbildung 2: Vervielfältigung von Außenräumen, Quelle: © Wohnbaugenossenschaft wagnis eG.....	23
Abbildung 3: Visualisierung der mehrgeschossigen Wohnbauten der Case Stories	26
Abbildung 4: Auf städtebaulicher Betrachtungsebene relevante Attribute einer Integration solarthermischer Anlagen und deren mögliche Ausprägungen.....	27
Abbildung 5: Architektonische Varianten: Neubau – Geschoßwohnbau urbaner Randbezirk33	
Abbildung 6: Detailskizze: Vorgesetzter Vakuumröhrenkollektor Neubau	37
Abbildung 7: Architektonische Varianten: Neubau – Geschoßwohnbau dichte Verbauung...46	
Abbildung 8: Detail: Vakkumröhrenmontage auf Vordachkonstruktion und transparenter Flachkollektor als Brüstungselement.....	50
Abbildung 9: Architektonische Varianten 1,2: Freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre	56
Abbildung 10: Architektonische Variante 3: Freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre	57
Abbildung 11: Architektonische Varianten: Gründerzeithaus in Blockrandbebauung	74
Abbildung 12: Detailskizze: Vorgesetzter Vakuumröhrenkollektor Altbau.....	79
Abbildung 13: Schemazeichnung und Beispiel von Solarkollektoren auf Flachdach.	84
Abbildung 14: Schemazeichnung und Beispiel von Integrierter Lösung.	85
Abbildung 15: Schemazeichnung und Beispiel von Additiver Lösung.....	85
Abbildung 16: Vergleichsgebäude mit Darstellung der solarthermischen Integration und Bandbreiten der ermittelten solaren Deckungsgrade (SD in %)......	86
Abbildung 17: Ganzheitliche Bewertung der Wärmeversorgung von Gebäuden	100
Abbildung 18: Screenshot 1 (Solarbilanz)	106
Abbildung 19: Screenshot 2 (Kostenbilanz)	107
Abbildung 20: Die multifunktionale Testfassade am Bürogebäude der FIBAG (Hans Höllwart Forschungszentrum für integrales Bauwesen	110

Tabellen:

Tabelle 1: Warmwasserbedarf für die betrachteten Gebäude.....28

		Flachkollektor	Röhrenkollektor	Brüstungskollektor
η_0	-	0.8430	0.8330	0.8977
a_1	$\text{WK}^{-1}\text{m}^{-2}$	3.4800	1.0700	6.8108
a_2	$\text{WK}^{-2}\text{m}^{-2}$	0.0150	0.0034	0.0976
c_p	$\text{JK}^{-1}\text{m}^{-2}$	8020	5826	6010
Bruttofläche	m^2	2.750	2.498	0.744
Aperturfläche	m^2	2.519	1.799	0.699
Absorberfläche (Abs.)	m^2	2.503	1.715	0.394
Verhältnis Brutto/Abs.	-	0.910	0.687	0.530

Tabelle 2: Kennwerte der in den Simulationen hinterlegten Kollektortypen29

Tabelle 3: Gewählte Sollvorlauftemperatur (T_{vorl}) und Sollrücklauftemperatur ($T_{\text{rückl}}$) bei einer Normaußentemperatur von -13 °C 29

Tabelle 4: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse:
Neubau – Geschoßwohnbau urbaner Randbezirk35

Tabelle 5: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse:
Neubau – Geschoßwohnbau dichte Verbauung48

Tabelle 6: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse:
Freistehendes Wohnhochhaus der 1970er Jahre59

**Tabelle 7: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse:
Gründerzeithaus in Blockrandbebauung76**

Tabelle 8: Zusammensetzung der Bewertungsszenarien und Bewertungsergebnisse:
Gründerzeithaus in Blockrandbebauung77

8 Anhang

8.1 Überblick über kontaktierte Industrieunternehmen

✓ Im Zuge der Bearbeitung wurden entsprechende Industrieunternehmen kontaktiert und um fachlichen Input ersucht.

✓ Eine wesentliche fachliche Unterstützung zu Spezialfragen bei Vakuumröhrenkollektoren erfolgte höchst engagiert seitens der Firma Einsiedler Solartechnik GmbH, A-4631 Krenglbach, www.einsiedler-solar.at, die sich seit 20 Jahren auf derartige Anwendungen spezialisiert hat.

Vorrangig wurden Anlagen im Einfamilienhausbereich umgesetzt – insbesondere Geländerbrüstungs- und Dachanlagen. Im Fassadenbereich konnten erst wenige kleinere Anlagen realisiert werden. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass die bei Vakuumröhren grundsätzlich geringeren nötigen Flächen im Einfamilienhausbereich zumeist am Dach oder auch bei südseitig ausgerichteten Balkonen vorhanden sind.

Die Umsetzung von Anlagen im mehrgeschoßigen Wohnbaubereich scheiterte bis jetzt insbesondere an den gegenüber Flachkollektoren höheren Investitionskosten. Grundsätzlich besteht jedoch Interesse, auch hier Anlagen zu verwirklichen. Je nach Anwendung müssten dann entsprechende Belastungstests (Durchschlagstest etc.) für die nötigen Prüfzeugnisse erfolgen.

Ein Vorteil des Vakuumröhrenkollektors gegenüber dem Flachkollektor liegt in der geringeren nötigen Fläche bei gleicher Leistung. Dies ist zumeist bei südlich ausgerichteten Fassaden (wo zumeist die solargeeignete Fläche durch Loggien etc. bedeutend reduziert wird) wesentlich. Weitere Vorteile sind z.B. die je nach Röhrenabstand variierende Transparenz des Kollektorfeldes, die geringere Oberflächentemperatur im Betrieb und die Möglichkeit, Einzelröhren relativ leicht zu tauschen.

Seitens der Industrie wären die untersuchten Varianten technisch jedenfalls möglich – sinnvollerweise modulartig aufgebaut.

Hemmend wirken sich die höheren Investitionskosten von Vakuumröhrenkollektoren aus. Bei Varianten, die nicht direkt an der Fassade, sondern mit einem gewissen Abstand davor montiert werden, entstehen weiters relevante Mehrkosten durch die nötige und zumeist statisch aufwendige Unterkonstruktion.

✓ Für Fragen zu den Brüstungs- und Vordachvarianten mit dem System Robin Sun erfolgten Herstellerinputs seitens der Firma Robin Sun, F.67000 Straßburg, www.robinsun.com.

Die Technologie besteht aus einem teiltransparenten Solarthermie-Kollektor, integriert in eine Zweifachverglasung. Bei Ausführung als Wärmeschutzglas kann es als teiltransparentes Fenster oder Vorhangfassade eingesetzt werden. Als Geländerelement, z. B. bei Loggien, wäre eine derartige Ausführung bei einer möglichen späteren Loggienschließung

sinnvoll. Andernfalls kann die Ausführung auch ohne Wärmeschutzfunktion zwischen den statisch notwendigen Glasqualitäten erfolgen (Anforderungen an die Verglasungen im Geländerbereich beachten!).

Neben der architektonischen Qualität ist die Multifunktionalität als relevanter Systemvorteil hervorzuheben. Jedoch müssten vor einem großflächigen Einsatz im mehrgeschoßigen Wohnbau auch bei diesem System noch weiterführende Prüfzeugnisse eingeholt werden. Bisher wurde das Robins Sun System insbesondere bei kleineren Wohngebäuden eingesetzt.

✓ Bezüglich der geschuppten Solarthermiefassade sollte eine Fassadenausbildung entsprechend dem vorliegendem Dachelemente-System Detiga erfolgen. In der Laufzeit des vorliegenden Forschungsprojektes war dies jedoch seitens des Herstellers aus zeitlichen Gründen leider in keiner Form möglich. Auch konnte keine unterstützende Begleitung einer ersten Weiterentwicklung durch die Fachabteilungen zugesagt werden. Seitens des Herstellers besteht jedoch grundsätzliches Interesse, zukünftig die vorliegenden Dachmodule für die Fassade weiterzuentwickeln.

In Folge wurde die Solarthermiefassade dieses Musterbauvorhabens mit integrierten Flachkollektoren weiterbearbeitet. Hierzu erfolgten Abstimmungsgespräche u.a. mit der Firma Sonnenkraft, Technikabteilung (Forschungszentrum SolarCap).

Die Flachkollektoren sind sowohl direkt auf, als auch mit Hinterlüftung vor die Fassade zu montieren – theoretisch auch ohne Wärmedämmung, wovon jedoch vom bauphysikalischen Standpunkt abgeraten wird. Bei Sonnenkraft werden bei Fassadenanlagen grundsätzlich die Gehäuse aus Aluminium gefertigt. Seitens der Bauphysik wurde jedoch auch eine Variante mit Holzrahmen betreffend des Feuchteverhaltens simuliert, da diese ebenfalls am Markt erhältlich sind.

8.2 Tools zur schnellen Abschätzung von relevanten Energie-, CO₂- und Kostenkennwerten

8.2.1 Bewertungskriterien und Bewertungsschema der Wärmeversorgung:

Nach Energieeinsatz und CO₂-Emission zählt der Gebäudesektor zu dem wichtigsten Bereich für energieeffiziente Maßnahmen und für die Reduktion der energiebedingten und umweltrelevanten CO₂-Emissionen: Um 30% des Energieeinsatzes in Österreich entfallen auf Raumwärme und Warmwasser und die Wärmeversorgung von Gebäuden trägt mit etwa 17% zu den umweltrelevanten CO₂-Emissionen in Österreich bei.

Für den Gebäudebereich existieren markterprobte Techniken zur Steigerung der Energieeffizienz (Wärmedämmung der Gebäudehülle, energieeffiziente Heizungstechniken, stromsparende Haushaltsgeräte) und es bieten sich gute Voraussetzungen für den Einsatz erneuerbarer, lokal verfügbarer Energieträger zur Wärmeversorgung (über thermische Solaranlagen, biogene Heizungstechniken, Wärmepumpen mit Nutzbarmachung von Umweltwärme) und zur Stromversorgung (über solarelektrische Anlagen – Photovoltaikanlagen) an. Insbesondere im Gebäudebereich lässt sich das „Win-Win“-Prinzip optimal umsetzen: Vorteile für Hauseigentümer und Mieter, Beitrag zur Versorgungssicherheit, Beitrag zum Umweltschutz, Unterstützung der Energiepolitik bei der Umsetzung des *Kyoto-Zieles* und Vorteile für die österreichische Wirtschaft durch Schaffung neuer und zukunftssicherer Arbeitsplätze.

Mit Wärmeschutzmaßnahmen an der Gebäudehülle und mit effizienten Heizungstechniken mit Nutzung erneuerbarer Energieträger lässt sich der Brennstoffeinsatz für Raumwärme und Warmwasser gegenüber heute üblichen Gebäuden („Standard-Gebäude“ mit konventioneller Heizungstechnik) beträchtlich reduzieren: bis zu 80% Reduktion an Brennstoffen und CO₂-Emission. Aber auch im Bereich des Stromeinsatzes in einem Haushalt (Haushaltsgeräte und Beleuchtung) lassen sich mit markterprobten energieeffizienten Geräten Strom-Einsparungen von über 50% erreichen, und dies ohne Komfortverlust.

Die zwei Säulen für „Nachhaltige“ Gebäude sind *Energieeffizientes Gebäude* und *Nachhaltiges Energiesystem*; Die Maßnahmen zur Reduktion des Energieeinsatzes und der damit verbundenen Verminderung umweltrelevanter Emissionen müssen überlegt und gezielt gesetzt werden. Grundsätzlich gilt, dass Gebäude und Wärmeversorgung als Einheit betrachtet werden müssen. Als Grundlage für eine Entscheidung in Planung, Ausführung und Betrieb müssen Kriterien für die Bewertung von energieeffizienten und umweltverträglichen Maßnahmen vorgegeben werden, in Verbindung mit einem transparenten Bewertungsschema.

Die Kenngrößen zur Bewertung der Wärmeversorgung von Gebäuden (inklusive Heizungssystem) beziehen sich auf Energetische, Umweltbezogene und Wirtschaftliche Kriterien.

Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.

Abbildung 17: Ganzheitliche Bewertung der Wärmeversorgung von Gebäuden

✓ **Energetische Bewertung der Wärmeversorgung:** Die Energetische Bewertung der Wärmeversorgung von Gebäuden (Raumwärme und Warmwasser) bezieht sich auf Heizwärmebedarf, Heizenergiebedarf und Brennstoffeinsatz. Aus der Heizenergie wird die Primärenergie abgeleitet.

✓ **Umweltbezogene Bewertung der Wärmeversorgung:** Die Umweltbezogene Bewertung der Wärmeversorgung bezieht sich auf die aus der Heizenergie abgeleitete energiebedingte, umweltrelevante CO₂-Emission, jeweils bezogen auf die gesamte Energiekette von Aufbringung, über Transport und Verarbeitung bis zum Einsatz des Energieträgers. Die Umrechnung aus der Heizenergie erfolgt über den *CO₂-Faktor* (Umweltrelevante CO₂-Äquivalent-Emission in g CO₂/kWh_{end}).

✓ **Wirtschaftliche Bewertung der Wärmeversorgung:** Die Wirtschaftliche Bewertung der Wärmeversorgung von Gebäuden kann nach betriebswirtschaftlichen Kriterien und nach volkswirtschaftlichen Kriterien erfolgen. Bei der betriebswirtschaftlichen Bewertung werden Aspekte des Umweltschutzes, der Versorgungssicherheit, der Risiken, der Wertschöpfung, der Nachhaltigkeit etc. nicht berücksichtigt. Eine volkswirtschaftliche Bewertung führt zu einer gesamtheitlichen Bewertung von Energiesystemen. Diese hat zu berücksichtigen: Kosten/Nutzen-Verhältnis, Volkswirtschaftliche Kriterien (*Umwelt, Nachhaltigkeit, Import, Wertschöpfung etc.*), Versorgungssicherheit (*Verfügbarkeit, Preisentwicklung*), Risiken (*Betriebssicherheit, Gefahrenpotential etc.*), Lebensqualität (*Komfort, Umwelt, Unabhängigkeit etc.*). Die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist eine Vergleichsmethode: Es werden zwei oder mehrere Energiesysteme unter vergleichbaren Randbedingungen und betriebswirtschaftlichen Kriterien miteinander verglichen. Da die Randbedingungen mit Vor- und Nachteilen verschiedener Energiesysteme nicht gleich sind, kann eine wirtschaftliche Bewertung keine eindeutige Aussage treffen. Die wirtschaftliche Bewertung ist nur eine von mehreren Auswahlkriterien.

In der Praxis ist die **betriebswirtschaftliche Bewertung** von Energiesystemen für den Investor bzw. Betreiber von größerem Interesse, die volkswirtschaftliche Bewertung dient als Entscheidungsgrundlage für energiepolitische Entscheidungen bzw. Maßnahmen. Als Rechenmethoden stehen zur Verfügung: *Statische Methoden* (ohne Berücksichtigung von zeitabhängigen Kostenfaktoren: nur Kapitalkosten, Energiekosten und Betriebskosten im 1. Jahr) und *Dynamische Methoden* (mit Berücksichtigung zeitabhängiger Kostenfaktoren). Anfallende Kosten beziehen sich auf Planungskosten, Errichtungskosten (abzüglich Förderungen und zuzüglich Bankzinsen), jährliche Betriebskosten (Brennstoffkosten & sonstige im Betrieb anfallende Kosten), Wartungs- und Erneuerungskosten, Abbruch- und Entsorgungskosten. Zeitabhängige Kostenfaktoren beziehen sich auf die Finanzierungskosten der Inves-

titionen (*Fremd- und Eigenfinanzierung, realer Diskontsatz*), die Entwicklung der Energiekosten, der Inflationsrate, der Betriebskosten, und der Reparatur- und Erneuerungskosten, jeweils bezogen auf den Betrachtungszeitraum.

Von besonderem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung sind einerseits die angenommene Lebensdauer für Komponenten und Systeme der Heizungsanlage und andererseits der Betrachtungszeitraum (Abschreibungszeit). Mit der statischen Methode wird die Amortisationsdauer des im Betrieb kostengünstigeren Energiesystems, mit jedoch höheren Investitionskosten ermittelt. Die dynamische Methode führt zu den mittleren jährlichen Gesamtkosten (über den Betrachtungszeitraum), zu Annuitäten und zu den Barwerten der Gesamtkosten. Für die betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung von Energiesystemen nach der Dynamischen Amortisationsmethode steht die ÖNORM M 7140 zu Verfügung. Für eine wirtschaftliche Bewertung eines Energiesystems bieten sich die auf die Lebensdauer der Anlagenteile bezogenen Jahres-Investitionskosten mit den Jahres-Betriebskosten (Brennstoff, Wartung, Erneuerung, etc) an.

Für Investitionskosten können keine einheitlichen Preise angegeben werden. Diese hängen von dem Objekt und von der Systemauslegung mit unterschiedlicher Strategie (für Regelung, Speicherung, Raumheizung mit oder ohne Warmwasserbereitung) ab. Bei Vorliegen eines verbindlichen Angebotes ermöglicht das Bewertungsmodell eine wirtschaftliche Bewertung der in Betracht gezogenen Heizungssysteme auf der Grundlage der aktuellen Brennstoff-/Strom-Preise vorzunehmen. Änderungen in der Preisentwicklung der in Betracht gezogenen Energieträger können im Rahmen einer Variantenanalyse zur Risikoabschätzung herangezogen werden. Für die Wirtschaftlichkeit von Pelletskessel, Wärmepumpen und Solaranlagen sind auch finanzielle Förderungen durch die Öffentliche Hand (z.B. im Rahmen der Wohnbauförderung über die Bundesländer) von Bedeutung.

Für eine **volkswirtschaftliche Bewertung** der Wärmeversorgung sind die „Externen Kosten“ von Bedeutung. Externe Kosten sind Kosten, die nicht vom Verursacher (Produzent, Käufer bzw. Nutzer), sondern von der Allgemeinheit (d.h. aus den Steuer- bzw. Abgabeneinnahmen der öffentlichen Hand) getragen werden müssen. Verursacht werden diese Kosten durch Schäden, die durch Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Produkten entstehen. Als Maßzahlen für den Beitrag von Produkten / Dienstleistungen zu den genannten Umwelteffekten werden die so genannten Ökopoteniale herangezogen. Die erforderlichen Ökopoteniale sind sowohl in Bezug auf Definition als auch Berechnungsmethodik internationaler Stand der Technik, die entsprechenden Datenbanken werden laufend erweitert und aktualisiert. Die Ableitung der Externen Kosten der Wärmeversorgung erfolgt aus dem Brennstoffeinsatz, bezogen auf den Energieträger: *Faktor für Externe Kosten* (Euro/kWh_{end}). Mit „Externen Kosten“ kann eine *Betriebswirtschaftliche* Bewertung in eine *Volkswirtschaftliche* Bewertung übergeführt werden.

✓ **Stromeinsatz in Gebäuden:** Der Stromeinsatz in Haushalten bezieht sich einerseits auf den Hilfsstrom zum Antrieb der Heizungsanlage und andererseits für Haushaltsgeräte sowie TV, Radio, PC und Beleuchtung. *Hilfsstrom für Heizungsanlagen* betrifft den Antrieb der Umwälzpumpen im Heizungssystem sowie für Regelung und Steuerung. Für Heizungssys-

teme mit Warmwasserheizung wird der Einsatz an Hilfsstrom vergleichbar sein. Bei Luft-Heizungen (Passiv-Häuser) kommt allerdings der im Vergleich zu Warmwasser-Heizungen höhere Strombedarf für die Luftumwälzung hinzu - insbesondere bei kontrollierter Wohnraumlüftung auch außerhalb der Heizsaison. Bei solarthermischen Anlagen ist der Strom für den Antrieb der Umwälzpumpe im Kollektorkreis und bei externen Wärmetauschern auch der Umwälzpumpe im Speichersystem zu beachten. Der Strombedarf für die Wärmezufuhr und die Regelung von Wärmepumpen ist in der Arbeitszahl der Wärmepumpe berücksichtigt. Aus dem Stromeinsatz werden über den bezogenen Strom Primärenergie, umweltrelevante CO₂-Emission und Externe Kosten abgeleitet.

8.2.2 WLC - Bewertungstool für Gebäude

Das Tool dient zur vereinfachten Berechnungen von solartechnischen Maßnahmen in der Entwurfsphase und wurde in mehreren Schritten entwickelt, um unterschiedliche Berechnungsansätze (Energieausweis, PHPP) zu integrieren und vergleichbare Ergebnisse zu den herkömmlichen Berechnungsmethoden zu bekommen. Das Tool wurde an 12 Projekten getestet für die Energieausweise vorhanden waren. Die energetischen Daten der Projekte wurden mit Rücksprache der Architekten Treberspurg, Reinberg und Kaltenecker zusammengefasst und die Ergebnisse der WLC Bewertung mit Ergebnissen messtechnischer Daten verglichen. Die Ergebnisse kommen nahe an die Ergebnisse der PHPP Berechnung heran. 7 der 12 Projekte wurden mit PHPP berechnet. Es ergibt sich bei der Berechnung mit dem WLC Tool hinsichtlich HWB Werte ein Delta von etwa +-1 max. 2. (Abhängigkeit von Annahme der Wärmerückgewinnungsgrade)

✓ **Zielsetzung** des Bewertungs-TOOL für Gebäude ist die Bewertung der Energieversorgung (Wärme und Strom) von Gebäuden zur Unterstützung der (Vor-) Planung von Wohngebäuden mit hoher Energie-Effizienz (Wärmeschutz des Gebäudes, effiziente Wärmeversorgung für Heizung und Warmwasser) sowie von Stromsparenden Elektrogeräten (Umwälzpumpen, Ventilatoren, Haushaltsgeräte, Beleuchtung) und mit einem hohen Beitrag Erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung (Solarwärme, Biowärme, Umweltwärme) und Stromversorgung (Solarstrom/PV). Das Bewertungstool wurde bei der Ermittlung der Energiebilanz auf die Berechnungsmethoden für den Energieausweis (OIB- und PHPP-Verfahren) abgestimmt und mit Praxisdaten geprüft. Das Bewertungstool soll die Methoden zur Ausstellung des Energieausweises für Wohngebäude nicht ersetzen, der Projektbearbeitung im Anfangsstadium aber die Möglichkeit bieten, unter Verwendung von Planungsdaten unterschiedliche Konzepte über eine Variantenanalyse nach den Kriterien der „Nachhaltigkeit“ und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

✓ **Struktur der Eingabe:** Die Berechnung basiert auf einer EXCEL-Datei. Die Eingabedaten betreffen allgemeine Projektdaten, Daten zum Klima, Gebäude und Heizungssystem sowie zu Elektrogeräten. Die Daten zur Bewertung werden in der Reihenfolge der Datenblätter eingegeben und von den folgenden Datenblättern direkt übernommen. Die Zellen mit den Eingabedaten sind farblich unterlegt.

Eingabedaten zum Heizungssystem, zur Warmwasserbereitung, zu den meteorologischen Daten werden als *Defaults* ausgewiesen, können aber von dem Projektanten geändert werden. Dies betrifft auch die Konversionsfaktoren für Primärenergie, CO₂-Emission und Externe Kosten. Grundsätzlich gilt, dass die Annahmen zur Berechnung mit dem Ergebnis ausgedruckt werden müssen.

✓ **Methodik der Berechnung:** Das Bewertungs-TOOL wird an dem Objekt „Mehrfamilien-Passivhaus Wien-Schellenseegasse“ illustriert.

- Projektdaten: Enthalten Angaben zum Gebäude, zum Heizungssystem, zum Standort, zum Bauherrn/Eigentümer, Architekten/Planer, Haustechnik, Monitoring und Betreuung/Datenauswertung.
- Gebäudedaten: Angaben zu der Gebäudehülle mit Flächen der Bauteile und zugeordneten U-Werten. Glasflächen von Außenfenstern werden nach Orientierung mit Angabe der Glasfläche, U-Wert und g-Wert ausgewiesen.
- Wärmebedarf für Warmwasser: Eingabedaten betreffen den täglichen Warmwasserbedarf sowie auch die Wassermenge zur Vorwärmung von Haushaltsgeräten (Waschmaschine, Geschirrspüler, Warmwasser in der Küche).
- Wärmeerzeuger: Angaben zu dem Wärmeerzeuger mit Jahresnutzungsgrad (Heizkessel) bzw. Jahresarbeitszahl (Wärmepumpe). *Defaults* für Nutzungsgrade und Jahresarbeitszahlen werden nach vorliegenden Betriebsdaten vorgeschlagen.
- Solarthermische Anlage: Die Solaranlage wird beschrieben und die Kollektorfläche und der spezifische Wärmeertrag des Kollektors (Jahresertrag bezogen auf Kollektorfläche) werden eingegeben. *Defaults* werden nach Betriebsdaten ausgewiesen.
- Stromeinsatz im Gebäude: Hilfsstrom zum Antrieb des Heizungssystems und Stromeinsatz für Haushaltsgeräte und Beleuchtung. Gegebenenfalls zusätzliche Stromheizung und Monitoring. Eingabedaten werden auf der Basis derzeit am Markt angebotener Stromsparender Geräte angeboten.
- Photovoltaik-Anlage: Eingabedaten für Solarzelle, installierte Leistung (kW_{peak}) sowie angenommener Jahresstromertrag (kWh/kW_{peak}).

✓ **Ergebnisse der Berechnung:**

- Heizwärmelast: Die Heizwärmelast wird über die Transmissions-, Lüftungs-, Interne Wärmelast und Solarlast ermittelt. Angaben sind zu der Erdreichtemperatur, den Reduktionsfaktoren zur Transmissionswärmelast und Solarlast sowie zur spezifischen Wärmelast (Interne Wärmelast) und zur Solarleistung zu treffen. Der Wert für die spezifische Wärmelast ist vorzugeben: 1,6 bis 2,5. Im Tool wird von 2,1 W/m² ausgegangen.
- Transmissionswärmeverlust: Der Transmissionswärmeverlust wird aus den Gebäudedaten und Klimadaten ermittelt. Angaben zu den Reduktionsfaktoren für Gebäudeteile werden vorgegeben. Keine weiteren Eingabedaten erforderlich.

- Lüftungswärmeverlust: Die Berechnung des Lüftungswärmeverlusts erfolgt über den Luftwechsel und den Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage – sofern vorhanden. Keine Eingabedaten erforderlich.
- Interner Wärmegewinn: Der Wert für die spezifische Wärmelast ist vorzugeben. Im Tool wird von 2,1 W/m² ausgegangen.
- Passive Solarwärme: Die Passive Solarwärme über Außenfenster wird über die solaren Strahlungsdaten auf die vertikale Fläche – und gegebenenfalls auch horizontale Fläche - nach Orientierung ermittelt. Im TOOL sind Strahlungsdaten für Wien, Graz, Klagenfurt und Salzburg enthalten. Eingabedaten beziehen sich auf Abschattungs- und Verschmutzungsfaktoren sowie Strahlungsverluste über nicht direktem Strahlungseinfall. Defaults werden vorgegeben. Abminderungsfaktoren werden bezogen auf den Standort angesetzt.
- Wärmebilanz Gebäude: Im Berechnungsblatt werden die Wärmeverluste und die nutzbaren Wärmegewinne berechnet und daraus der Heizwärmebedarf ermittelt.
- Heizenergie/Endenergie: Eingabedaten betreffen die Wärmeverluste im Heizungssystem (Rohrleitungen, Speicher), getrennt für Raumheizung und Warmwasser, sowie Ausweis des Energieträgers zur Abdeckung der Heizenergie: Die Heizenergie/Endenergie ist dem Energieträger/Wärmeerzeuger zuzuordnen.
- Primärenergie, CO₂-Emission und Externe Kosten: Die Konversionsfaktoren werden festgelegt und in den folgenden Berechnungen Heizung und Warmwasser sowie für den Stromeinsatz übernommen.
- Wirtschaftliche Bewertung des Heizungssystems: Die Investitionskosten für Heizkessel, Wärmepumpe und thermische Solaranlage werden mit der zu erwartenden Lebensdauer von Komponenten/Subsystemen ausgewiesen und die Jahreskosten der Investition ermittelt. Mit den Betriebskosten (Brennstoff, Wartung) im ersten Betriebsjahr ergeben sich die Jahreskosten der Wärmeerzeugung („Statische“ Berechnung der Wirtschaftlichkeit). Kostendaten werden vorgegeben, sollten aber für ein konkretes Projekt den Angeboten entnommen werden. Auch Förderungen sind bei den Investitionskosten zu berücksichtigen.
- ✓ **Zusammenfassende Bewertung:** Die zusammenfassende Bewertung bezieht sich auf Baukörper und Heizungssystem und wird in einem Energieausweis zusammengefasst. Sofern Betriebsdaten und/oder ein Energieausweis vorliegen, erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse. Die Bewertung des Objektes führt zu den folgenden Ergebnissen:
 - Heizwärmebedarf, kWh/(m², Jahr): 9,33 (Standort) bzw. 8,12 (Referenzklima).
 - Brennstoffeinsatz für Heizung und Warmwasser:
 - 56.814 kWh/Jahr bzw. 29,94 kWh/(m², Jahr). Als Brennstoff kommt Erdgas zum Einsatz.

- Der Anteil Erneuerbarer Energie an der Wärmeaufbringung beträgt 17,43 %/Jahr und der Anteil von Solarstrom am gesamten Stromeinsatz im Gebäude 39,14 %/Jahr.

Die Ergebnisse der Bewertung stimmen gut mit den Ergebnissen der Berechnung nach Energieausweis PHPP überein und werden durch erste Betriebsdaten bestätigt.

8.2.3 Solarbilanz Tool:

Mit der Entwicklung des Solarbilanztools konnte ein Planungswerkzeug geschaffen werden, um Gebäudeplaner in der frühen Planungsphase dabei zu unterstützen, ohne großen Ressourceneinsatz zu erwartende Erträge, Flächen und Kosten unterschiedlicher Solartechnologien abschätzen zu können. Primäre Zielgruppe sind Architekten, für die es möglich sein wird, ohne spezifische technische Kenntnisse die Planung des Einsatzes von aktiven Solar-komponenten zu konkretisieren. Unter der Prämisse, ein simples Tool für die schnelle Abschätzung von Solarthermie- und Photovoltaikerträgen umzusetzen, ergeben sich natürlich auch Einschränkungen in der Präzision der Potential- und Kostenberechnung. Zwar wird durch die manuelle Eingabemöglichkeit für Messwerte bzw. Kostenvoranschläge und Verbräuche eine genaue Berechnung ermöglicht, die genauen Dateninformationen sind aber in der frühen Planungsphase zumeist noch nicht vorhanden.

Das Tool wurde technologie-neutral aufgebaut, d.h. es gibt keine Auswahlmöglichkeit für verschiedene Arten von Solar-/PV-Modulen, sondern die Eingabe des erzielbaren Ertrages erfolgt manuell in den von den Herstellern üblicherweise angegebenen Größenordnungen. Dadurch ist das Tool auch für künftige Wirkungsgradsteigerungen oder technische Neuentwicklungen jederzeit ohne Anpassungen weiter verwendbar. Das Solarbilanz-Tool ist in der Version 1.0 zum Download freigegeben: <http://www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/solarenergie-urban.html>

✓ Folgende Werte werden vom Tool berechnet:

- Berechnung von Heiz- und Warmwasserwärmebedarf
- Berechnung von Strombedarf
- Berechnung von solarthermischem und photovoltaischem Potential
- Berechnung von CO₂-Ausstoß und Primärenergieverbrauch
- Berechnung von Lebenszykluskosten
- Investitionskostenabschätzungen
- Berechnung externer Kosten

✓ **Berechnung von Heiz- und Warmwasserwärmebedarf:** Mittels Eingabe des (erwarteten) Heizwärme- und Warmwasserbedarfs lt. Energieausweis (oder alternativer Heizwärme- und Warmwasserbedarfs bzw. Warmwasserverbrauchsabschätzung) und der Nutzfläche des Gebäude, errechnet das Solarbilanz-Tool den Heizwärme- und Warmwasserbedarf des

den CO₂-Ausstoß und Primärenergieverbrauch der gewählten Systeme für das spezifische Gebäude (siehe Abb.18 Markierung 4).

Zusätzlich wurde ein Kostenmodul implementiert, das die Gegenüberstellung der Investitions- und Betriebskosten von erneuerbaren Energiesystemen mit den erzielbaren finanziellen Erträgen ermöglicht:

Allgemeine Angaben zum Objekt:		Testhaus	
Eingabe:	Bezeichnung	NF	130,00 m ²
		Faktor	0,80
		BGF	162,50 m ²

WÄRME		STROM	
Investitionskosten Wärmeerzeugung:		Investitionskosten Stromversorgung:	
Eingabe:	Solarthermie	0,0 m ²	0,0 kWp
	Investitionskosten real	0 I	0 I
	Investitionskosten (Schätzung)	0 I	0 I
Eingabe:	Sonstige Wärmelieferung	0 I	0 I
	Investitionskosten real	0 I	0 I
	Investitionskosten (Schätzung)	3.028 I	3.000 I
	Summe Investitionskosten	3.028 I	3.000 I
Kapitalgebundene Kosten:		Kapitalgebundene Kosten:	
Eingabe:	Solarthermie	0 I/a	0 I/a
	Sonstige Wärmelieferung	238 I/a	136 I/a
	Hypothekenzinssatz	2,125%	2,125%
	Summe Kapitalkosten	238 I/a	136 I/a
Betriebsgebundene Kosten:		Betriebsgebundene Kosten:	
Eingabe:	Solarthermie	0 I/a	0 I/a
	Sonstige Wärmelieferung	91 I/a	30 I/a
	Summe betriebsgebundene Kosten	91 I/a	30 I/a
Verbrauchsgebundene Kosten:		Verbrauchsgebundene Kosten:	
Eingabe:	Verbrauch	8.450,00 kWh	3.250,00 kWh
	Einkaufspreis	0,07 I/kWh	0,11 I/kWh
Eingabe:	Verkaufspreis	0,00 I/kWh	0,00 I/kWh
	Summe verbrauchsgebundene Kosten	592 I/a	564 I/a
Externe Kosten:		Externe Kosten:	
	CO ₂ pro Jahr	2.628 kg/a	23 kg/a
	CO ₂ Kosten	35,00 I/Tonne CO ₂	35,00 I/Tonne CO ₂
	Summe der externen Kosten	92 I/a	1 I/a

Gesamtkosten Wärme	920 I/a
Gesamtkosten Strom	730 I/a
Gesamtkosten pro Jahr	1651 I/a
Externe Kosten	93 I/a

Quellen:
 Jahresnutzungsgrade gemäß Tool von Univ. Prof. Dr. Faninger, CO₂-Faktoren gemäß OIB 6 Entwurf (Wasserkraft, Kernkraft, Ökostrom, Kohlekraft aus EN15603)
 Primärenergiefaktoren gemäß OIB 6 Entwurf (Gesamt); Energieinhalt der Energieträger gemäß Recknagel et al, 07/08
 Kapitalgebundene Kosten entsprechend Annuitätenmethode, Hypothekenzinssätze: Marktübersicht, Stand Jan. 2011.
 Betriebsgebundene Kosten entsprechend der Instandhaltungsrates aus ONORM M 1140 bzw. für PV und Solarthermie auf Basis IE Leipzig (2009): Vollkostenvergleich Heizsysteme 2009.
Infos zu externen Kosten
 Lechner, R.; Sutter, P. (2004): Exccoco - Berechnungstool Externe Kosten im Hochbau, Handbuch Version 1.0 - Stand 23.12.2004. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Wien.
 Europäische Kommission: Projektreihe Externe Kosten, Dokumentation auf <http://www.externE.info>
 ONORM M 1140 (2004):
 Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach der erweiterten Annuitätenmethode - Begriffsbestimmungen, Rechenverfahren, Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
 In ExternE kommen zwei Kostenermittlungsansätze zur Anwendung:
 (1) Beim Schadenskostenansatz wird der durch die externen Effekte verursachte Schaden (z. B. Materialschäden an Wohngebäuden) bestimmt und monetär bewertet.
 (2) Beim Vermeidungskostenansatz stehen nicht die Kosten des verursachten Schadens im Vordergrund, sondern die Kosten der Prophylaxe.
 ExternE verfolgt primär den Schadenskostenansatz. Nur wenn Schadenskosten grobe Unsicherheitsbandbreiten aufweisen, greift man auf Vermeidungskosten zurück.
 Für die "globale Erwärmung" beispielsweise werden die Opportunitätskosten zur Erreichung des Kyotoziels angesetzt.
 ExternE rechnet mit Vermeidungskosten für die globale Erwärmung von 19 I pro Tonne CO₂. Dies entspricht den Kosten, die zur Erreichung des Kyotoziels anfallen.
 Ambitioniertere Ziele, wie etwa die Stabilisierung der CO₂-Emissionen auf einem Niveau von 2°C über dem vorindustriellen Niveau, würden Opportunitätskosten von 35 I pro Tonne CO₂ bedeuten.

Abbildung 19: Screenshot 2 (Kostenbilanz)

✓ **Berechnung von Lebenszykluskosten:** Die jährlichen Kosten im Lebenszyklus der Anlage(n) werden im Kostenbilanz-Teil des Tools berechnet. Dazu werden Investitionskosten, kapitalgebundene, betriebsgebundene und verbrauchsgebundene Kosten berücksichtigt. (siehe Abb.18 Markierung 1)

✓ **Investitionskostenabschätzung:** Stehen dem Benutzer keine Investitionskosten, z. B. durch einen Kostenvoranschlag zur Verfügung, so schätzt das Solarbilanztool diese selbstständig für den Benutzer ab. (siehe Abb.18 Markierung 2)

✓ **Berechnung externer Kosten:** Der errechnete CO₂-Ausstoß führt gemeinsam mit einer Eingabe der Kosten pro Tonne CO₂-Ausstoß (z.B. durch Emissionshandel) zur Berechnung der externen Kosten. Auch hier gibt es in einem Kommentarfeld Hilfestellung für den Benutzer. (siehe Abb.18 Markierung 2)

8.3 Projektkooperationen

Das Projekt „Solarenergie Urban“ wird in enger Kooperation mit dem IEA SHC TASK 41 (Solar and Architecture) und dem Projekt MPPF (Multifunctional Plug&Play Facade) durchgeführt.

IEA SHC TASK 41

IEA Solar Heating and Cooling Programme

Task 41: Solar energy and architecture

The vision - and the opportunity - is to make architectural design a driving force for the use of solar energy

Context: A combination of making buildings more energy-efficient and using a larger fraction of renewable energy is a key issue to reduce the non-renewable energy use and greenhouse gas emissions.

Solar energy use can be an important part of the building design and the building's energy balance to a much higher extent than it is today. Cleverly used, active and passive solar energy systems can contribute both to the energy supply and to high quality architecture.

Due to the large size of solar energy systems in relation to the scale of the building envelope, the architectural quality of their integration has a major impact on the final architectural quality of the building.

Goals: The main goal is to help achieving high quality architecture for buildings integrating solar energy systems: on one hand by improving the qualifications of the architects, their communications and interactions with engineers, manufacturers and clients; on the other hand by enhancing manufacturers' awareness on building integration issues.

Criteria will be defined and guidelines proposed for all the actors in the field, architects, collector and façade/roof manufacturers, clients and public bodies (municipalities, city planners). Through various interactions with all these actors, the results of this task should largely contribute to increase the architectural quality of the products and of the integrations.

SUBTASKS

Subtask A focuses on architectural integration of active solar energy products and systems since these are the least developed products for building envelope integration.

Subtask B is focused on methods and tools for architects to use in the early design stage. The use of the building envelope to achieve a good balance of both active and passive solar utilisation will be considered.

Subtask C concentrates on concepts for architectural integration through case studies for buildings as well as for urban areas. Subtask C also condenses the results into communication guidelines, with support from Subtask A and B.

Scope: The Task covers both residential and non-residential buildings, new and existing buildings and single buildings as well as whole urban areas.

Outcomes: Brochures, case studies and different guidelines for architects, tool developers and solar product developers.

Duration: May 2009 to April 2012

Participating countries:

Australia (prel.)	Norway
Austria	Portugal
Belgium	Republic of Korea (prel.)
Canada	Singapore (prel.)
Denmark	Spain
Germany	Sweden
Italy	Switzerland



Photo: EPFL-LESO
Solar Woods, residential building
Beat Kämpfer Architects, Switzerland

Subtask A: Criteria for Architectural Integration

Leaders: Maria Cristina Munari Probst and Christian Roecker, Switzerland

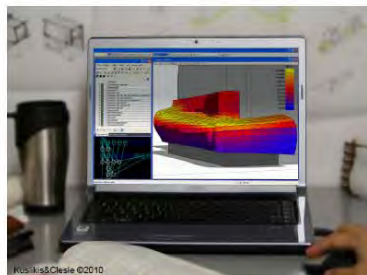


Photo: KUS-4-35-Cleale ©2010

Subtask B: Methods and Tools

Leaders: Marie-Claude Dubois and Miljana Horvat, Canada



Photo: Daniel Matos
Solar XXI, office building
Architects: Pedro Cabrita and Isabel Diriz, Portugal

Subtask C: Concepts, Guidelines and Case Studies

Leader: Olaf Bruun Jørgensen, Denmark

Operating Agent

Maria Wall
Energy and Building Design
Lund University, Lund, Sweden
e-mail: maria.wall@ebd.lth.se

www.iea-shc.org/task41



MPPF – Multifunctional Plug&Play Facade (K-Comet Projekt)

Das Projekt MPPF (Multifunctional Plug&Play Facade) wurde im April 2009 im Rahmen der Programmlinie COMET (Competence Centers for Excellent Technologies) gestartet. Ein Konsortium aus drei wissenschaftlichen Institutionen und elf Unternehmen arbeitet in einem fünfjährigen Programm daran, bisherige Funktionalität vorgefertigter Fassadenelemente um Energie umwandelnde Technologien (Solarthermie, PV) und gebäudetechnische Funktionen

(wie z. B. Wärme-, Kälteeinbringung, Lufterbringung, Beleuchtung, Wasser-, Strom- und IT-Versorgung) zu erweitern. Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines entsprechenden neuartigen Fassadenstandards, das Aufzeigen von Lösungen, wie dieser Standard erfüllt werden kann, und die Konstruktion und die rechnerische und messtechnische Evaluation entsprechender Prototypen. Der zu entwickelnde Standard soll sich zudem durch eine erhöhte Plug & Play-Tauglichkeit, d.h. eine Verringerung des bauseitigen Montageaufwandes, sowie durch weitere Zusatzqualitäten, wie z. B. eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegenüber extremen Klimaerscheinungen, auszeichnen.



**Abbildung 20: Die multifunktionale Testfassade am Bürogebäude der FIBAG (Hans Höllwart
Forschungszentrum für integrales Bauwesen**

Weitere Informationen: www.mppf.at