



AUSTRIAN ENERGY AGENCY

# **Austrian Energy Agency**

## **Planungsgrundlagen- Solarenergienutzung im urbanen Raum**

**9. Photovoltaik - Fachtagung  
Maria Amtmann**

# Solarenergienutzung im urbanen Raum

---

- **Urbanisierung:** Schauplatz der (nachhaltigen) Entwicklung der nächsten Jahre sind die Städte.
- **EPBD Recast:** Gebäude als Teile der städtischen Infrastruktur sollen möglichst wenig Energie verbrauchen und gleichzeitig Energie bereitstellen.
- **Flächenkonkurrenz:** Die Effizienz der Flächennutzung insgesamt muss verbessert werden, die Gebäudehülle wird zum Energieumwandler.

# Solarenergie Urban

## Inhalte und Projektteam

---

- Was bedeutet effiziente Nutzung von Solarenergie im Urbanen Maßstab? Wie hohe **solare Deckungsanteile** am Jahreswärmebedarf können für Heizen und für die Warmwasserbereitstellung im urbanen Umfeld erreicht werden?
- Welche sind die **energetischen, architektonischen und bautechnischen Kriterien** zur Umsetzung solarthermischer Systeme an mehrgeschossigen urbanen Wohngebäuden?
- Projektteam:
  - A** AEA Austrian Energy Agency
  - P1** AIT Austrian Institute of Technology
  - P2** TU Graz, Institut für Wärmetechnik
  - P3** TU Graz, Institut für Gebäudelehre
  - P4** Dr. Ronald Mischek ZT GmbH

# Solarenergie Urban

## Methodische Vorgehensweise

---

- **Schwerpunkt Solarthermie, 4 „Case studies“**

Energetische Analyse der urbanen Randbedingungen  
(Verschattungsanalysen, Stundenwerte d. Solarstrahlung,..)



Bewertung architektonische Aspekte und Variantenbildung



Auslegung und Simulation der thermischen Solaranlagen



Bautechnische und bauphysikalische Lösungen



- **Bewertungstool für die frühe Planungsphase,  
Planungsgrundlagen ( -> Input Produktentwicklung)**

# Solarenergie Urban

## Architektonische Qualität und gebäudeintegrierte Solarthermie

---



„Solaria“, Roadmap 2050(© OMA/AMO)

# Solarenergie Urban

## 4 „Case Studies“

---

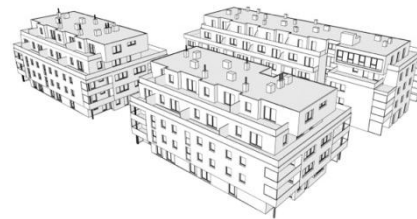
### Altbau

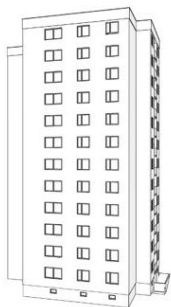
Gründerzeithaus    Wohnhochhaus 70er



### Neubau

urbaner Randbezirk    dichte Verbauung

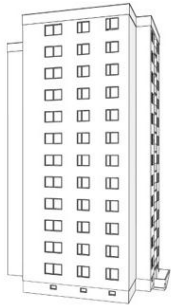




## Wohnhochhaus der 1970er Jahre Verschattungsanalysen und Energiesimulationen

- Solarstrahlung Süd Differenz Geschoße: 343 – 690 kWh/m<sup>2</sup>a
- Bsp: HWB mittleres Geschoß 44 kWh/m<sup>2</sup>a, EG 173 kWh/m<sup>2</sup>a,
- Hochwertiger Wärmeschutz Reduzierung HWB Faktor 7

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



# Wohnhochhaus der 1970er Jahre Architektonische Varianten

■ **Dach:** 168 m<sup>2</sup> Kollektorfläche

■ **Fassade:** Variante 1



Variante 2

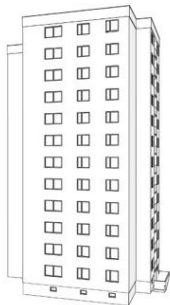


Variante 3



IGL/TU Graz 2011





## Wohnhochhaus der 1970er Jahre Energetische Erträge und Deckungsgrade

|      |   | HWB  | SD       |      |       |       |
|------|---|------|----------|------|-------|-------|
| SZ07 | eingeschränkt saniert<br>Flachkollektor | Süd  | inhärent | D    | 131.3 | 30.5% |
| SZ08 |   | Süd  |          | F    | 132.3 | 28.2% |
| SZ09 |   | Süd  |          | DS+F | 132.3 | 43.5% |
| SZ10 |   | West |          | D    | 129.6 | 22.9% |
| SZ11 |   | West |          | F    | 130.5 | 19.4% |
| SZ12 |   | West |          | DS+F | 130.5 | 30.5% |
| SZ13 | eingeschränkt saniert<br>Röhrenkoll.    | Süd  | inhärent | D    | 131.8 | 38.9% |
| SZ14 |   | Süd  |          | F    | 132.3 | 33.8% |
| SZ15 |   | Süd  |          | DS+F | 132.3 | 53.4% |
| SZ16 |   | West |          | D    | 130.1 | 30.3% |
| SZ17 |   | West |          | F    | 130.5 | 22.5% |
| SZ18 |   | West |          | DS+F | 130.5 | 37.7% |
| SZ19 | hochwertig saniert<br>Flachkollektor    | Süd  | inhärent | D    | 46.8  | 49.5% |
| SZ20 |   | Süd  |          | F    | 46.8  | 45.9% |
| SZ21 |   | Süd  |          | DS+F | 46.8  | 66.3% |
| SZ22 |   | West |          | D    | 45.7  | 38.3% |
| SZ23 |   | West |          | F    | 45.7  | 33.0% |
| SZ24 |   | West |          | DS+F | 45.7  | 49.6% |
| SZ25 | hochwertig saniert<br>Röhrenkoll.       | Süd  | inhärent | D    | 46.8  | 59.9% |
| SZ26 |   | Süd  |          | F    | 46.8  | 54.3% |
| SZ27 |   | Süd  |          | DS+F | 46.8  | 76.1% |
| SZ28 |   | West |          | D    | 45.7  | 49.0% |
| SZ29 |   | West |          | F    | 45.7  | 37.4% |
| SZ30 |   | West |          | DS+F | 45.7  | 58.5% |

**Röhrenkollektoren  
höhere Wirkungsgrade**

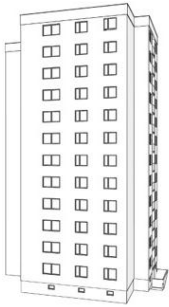
**passiver Bereich  
Orientierung keine  
Auswirkung- Ausrichtung  
Kollektor wesentlich**

**Bsp: Röhrenkollektor  
hochwertige Sanierung**

**Dach 59,9 %**

**Fassade 54,3 %**

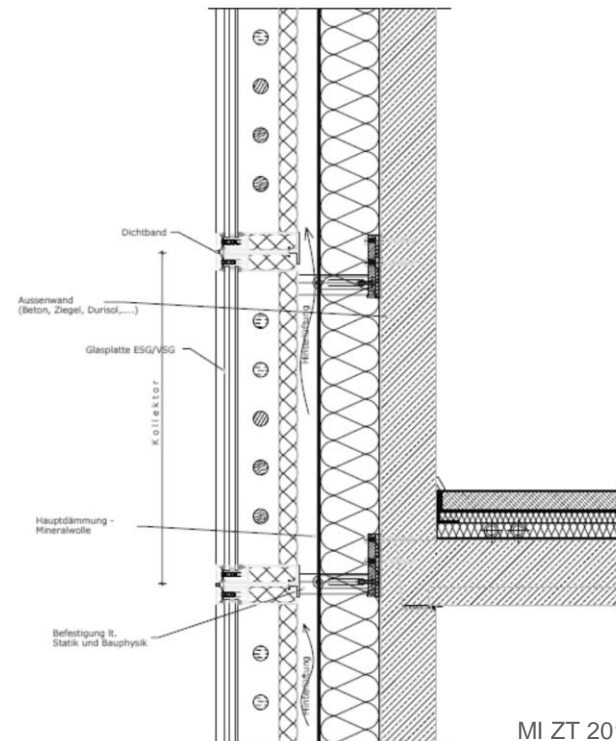
**D + F: 76,1 %**



# Wohnhochhaus der 1970er Jahre

## Bauphysikalische und bautechnische Anforderungen

- ✓ Wärmeschutz
- ✓ Wärmebrücken
- ✓ Winddichtheit
- ✓ Sommerlicher Wärmeschutz
- ✓ Stagnationsfall
- ✓ Feuchteschutz
- ✓ Schallschutz
- ✓ Brandschutz
- ✓ Baurechtliche Aspekte
- ✓ Statik
- ✓ Montage
- ✓ Wartung, Reparatur



MI ZT 2011



## Geschoßwohnbau dichte Verbauung Verschattungsanalyse / Energiesimulation

- Bsp Solarstrahlung: S/W Fassade 6.OG: 387 kWh/m<sup>2</sup>a, horizontal: 1131 kWh/m<sup>2</sup>a
- HWB: Bestand 32 kWh/m<sup>2</sup>a, hochwertiger Wärmeschutz 18 kWh/m<sup>2</sup>a

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



## Geschoßwohnbau dichte Verbauung Architektonische Varianten

■ Dach: 120 m<sup>2</sup> Kollektorfläche

■ Fassadenvarianten: Variante 1



Variante 2



Variante 3



IGL/TU Graz 2011



## Geschoßwohnbau dichte Verbauung Energetische Erträge und Deckungsgrade

|      |           |                |      |          | HWB  | SD   |
|------|-----------|----------------|------|----------|------|------|
| SZ05 | Standard  | Flachkollektor | Süd  | inhärent | D    | 89.6 |
| SZ06 |           |                | Süd  |          | F    | 89.6 |
| SZ07 |           |                | Süd  |          | D+ F | 89.6 |
| SZ08 |           |                | West |          | D    | 86.4 |
| SZ09 |           |                | West |          | F    | 86.5 |
| SZ10 |           |                | West |          | D+ F | 86.5 |
| SZ11 | Standard  | Röhrenkoll.    | Süd  | inhärent | D    | 89.5 |
| SZ12 |           |                | Süd  |          | F    | 89.5 |
| SZ13 |           |                | Süd  |          | D+ F | 89.5 |
| SZ14 |           |                | West |          | D    | 86.4 |
| SZ15 |           |                | West |          | F    | 86.5 |
| SZ16 |           |                | West |          | D+ F | 86.5 |
| SZ17 | hochwert. | Flachkollektor | Süd  | inhärent | D    | 49.4 |
| SZ18 |           |                | Süd  |          | F    | 49.4 |
| SZ19 |           |                | Süd  |          | D+ F | 49.4 |
| SZ20 |           |                | West |          | D    | 48.4 |
| SZ21 |           |                | West |          | F    | 48.4 |
| SZ22 |           |                | West |          | D+ F | 48.4 |
| SZ23 | hochwert. | Röhrenkoll.    | Süd  | inhärent | D    | 49.4 |
| SZ24 |           |                | Süd  |          | F    | 49.4 |
| SZ25 |           |                | Süd  |          | D+ F | 49.4 |
| SZ26 |           |                | West |          | D    | 48.4 |
| SZ27 |           |                | West |          | F    | 48.4 |
| SZ28 |           |                | West |          | D+ F | 48.4 |

**Variante nur Brüstungs-  
kollektoren: geringe  
Leistungsfähigkeit**

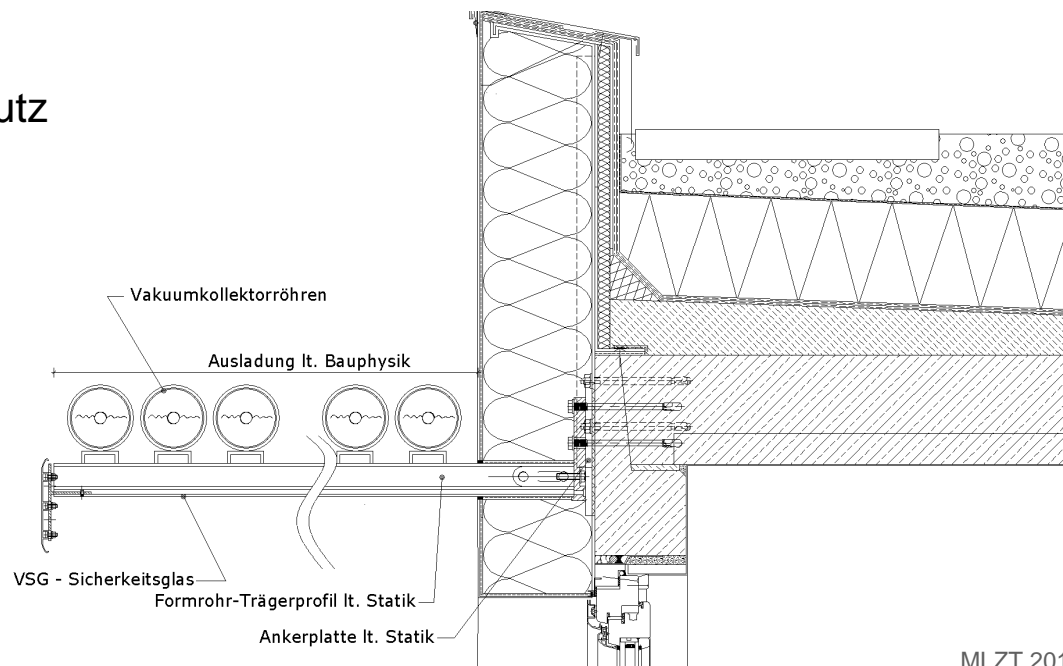
**Abhängigkeit  
Kollektorausrichtung-  
Kollektortyp**

**Bsp: Kombination D+F  
geringe Verbesserung**



## Geschößwohnbau dichte Verbauung Bauphysikalische / bautechnische Anforderungen

- ✓ Wärmeschutz
- ✓ Wärmebrücken
- ✓ Winddichtheit
- ✓ Sommerlicher Wärmeschutz
- ✓ Stagnationsfall
- ✓ Feuchteschutz
- ✓ Schallschutz
- ✓ Brandschutz
- ✓ Baurechtliche Aspekte
- ✓ Statik
- ✓ Montage
- ✓ Wartung, Reparatur



MI ZT 2011

# Solarenergie Urban

## Zusammenfassung \_ Ergebnisse Systemsimulation

### Altbau

### Neubau

Gründerzeithaus

Wohnhochhaus 70er

urbaner Randbezirk

dichte Verbauung

SD 4-84 %

SD 19-76%

SD 15-53%

SD 6-50%



IGL/TU Graz 2011

# Solarenergie Urban

## Output/ Nutzen

---

### ■ Planungsgrundlagen (Handbuch)

- ✓ Analyse der urbanen Randbedingungen
- ✓ Architektonische Entwurfsaspekte und Varianten
- ✓ Bandbreiten der solaren Deckungsgrade
- ✓ baurechtliche Rahmenbedingungen
- ✓ bautechnische und bauphysikalische Aspekte
- ✓ ökonomische Bewertung

### ■ Bewertungstool für die frühe Planungsphase



# Solarenergie Urban

## Solarbilanz Tool

(1) Randbedingungen

(2) Strombedarf

(3) Solarthermisches/  
Photovoltaik Potenzial

(4) CO<sub>2</sub> Ausstoß und  
Primärenergiebedarf

AUSTRIAN ENERGY AGENCY

## Solarbilanz

| Allgemeine Angaben zum Objekt: |            | Testhaus |                |
|--------------------------------|------------|----------|----------------|
| Eingabe:                       | Bauschwang |          |                |
|                                | NF         | 130,00   | m <sup>2</sup> |
|                                | Faktor     | 0,80     |                |
|                                | BGF        | 162,50   | m <sup>2</sup> |

| WÄRME                                 |                        | STROM                                 |                    |
|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| <b>Bedarfskennzahlen des Objekts:</b> |                        | <b>Bedarfskennzahlen des Objekts:</b> |                    |
| Eingabe:                              | spez. HV/B BGF         | 15,00                                 | kWh/m <sup>2</sup> |
|                                       | spez. VV/B BGF         | 15,00                                 | kWh/m <sup>2</sup> |
|                                       | HV/B gesamt            | 2.438                                 | kWh/a              |
|                                       | VV/B gesamt            | 2.438                                 | kWh/a              |
|                                       | VV/B-Alternativ        | 0                                     | kWh/a              |
|                                       | VV/B-Alternat          | 0                                     | kWh/a              |
|                                       | VV/B-bedarf            | 4.875                                 | kWh/a              |
|                                       | Personen               | 0                                     | Personen           |
|                                       | Liter/Person*Tag       | 0                                     | Liter/Person*Tag   |
|                                       | Temp.Spreizung         | 0                                     | Temp.Spreizung     |
|                                       | Elektr. Stromverbrauch | 20,00                                 | kWh/a              |
|                                       | Elektr. Energie        | 3.250                                 | kWh/a              |

| Energiequellen des Objekts: |                         | Energiequellen des Objekts: |    |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|----|
| Eingabe:                    | Solarthermie Dach       | 0                           | 0  |
|                             | Ertragsrichtung Dach    | 0                           | 0  |
|                             | Modellneigung           | 0                           | 0  |
|                             | Solarthermie Fassade    | 0                           | 0  |
|                             | Ertragsrichtung Fassade | 0                           | 0  |
|                             | Modellneigung           | 0                           | 0  |
|                             | Ertrag Dach             | 30                          | 30 |
|                             | Ertrag Fassade          | 0                           | 0  |
|                             | Solarrtrag              | 0                           | 0  |
|                             | Photovoltaik Dach       | 0                           | 0  |
|                             | Ertragsrichtung Dach    | 0                           | 0  |
|                             | Modellneigung           | 0                           | 0  |
|                             | Photovoltaik Fassade    | 0                           | 0  |
|                             | Ertragsrichtung Fassade | 0                           | 0  |
|                             | Modellneigung           | 0                           | 0  |
|                             | Ertrag Dach             | 30                          | 30 |
|                             | Ertrag Fassade          | 0                           | 0  |
|                             | Solarrtrag              | 0                           | 0  |

| Restwärmebedarf des Objekts: |                                 | Restenergiebedarf des Objekts: |       |
|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------|
|                              | Nur Warmwasserbereitung         | N                              | J/N   |
|                              | Erforderliche Speicherkapazität | 0                              | Liter |
|                              | Wärmebedarf inkl. Verluste      | 6.338                          | kWh/a |
|                              | - Solarrtrag                    | 0                              | kWh/a |
|                              | restlicher Wärmebedarf          | 6.338                          | kWh/a |
|                              | Solarer Deckungsgrad            | 0,00%                          |       |
|                              | Strombedarf                     | 3.250                          | kWh/a |
|                              | - Solarrtrag                    | 0                              | kWh/a |
|                              | restlicher Strombedarf          | 3.250                          | kWh/a |
|                              | Solarer Deckungsgrad            | 0,00%                          |       |

| Abdeckung der Lieferenergie Wärme: |                            | Abdeckung der Lieferenergie Strom: |        |
|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------|
|                                    | Wärme (Erdwärmepumpe)      | Wasserkraft                        |        |
|                                    | Jahresnutzungsgrad         | 0,75                               |        |
|                                    | spezifischer Energiegehalt | 10,57                              | kWh/t  |
|                                    | Lieferenergie gesamt       | 8.450                              | kWh/a  |
|                                    |                            | 793                                | l Öl/a |
|                                    | CO <sub>2</sub> Faktor     | 311,00                             | gkWh   |
|                                    | Emissionen                 | 2.627,95                           | kg/a   |
|                                    | PE Primärenergiefaktor     | 1,23                               |        |
|                                    | Primärenergie              | 10.393,50                          | kWh/a  |
|                                    | CO <sub>2</sub> Faktor     | 7,00                               | gkWh   |
|                                    | Emissionen                 | 22,75                              | kg/a   |
|                                    | PE Primärenergiefaktor     | 1,50                               |        |
|                                    | Primärenergie              | 4.875,00                           | kWh/a  |

| Aufteilung Wärme:Strom               |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| CO <sub>2</sub> pro Jahr:            | 2.651 kg/a              |
| CO <sub>2</sub> pro m <sup>2</sup> : | 16 kg/m <sup>2</sup> a  |
| PE pro Jahr:                         | 15.269 kWh/a            |
| PE pro m <sup>2</sup> :              | 94 kWh/m <sup>2</sup> a |
| Solarer Deckungsgrad Wärme:          | 0,00%                   |
| Solarer Deckungsgrad Strom:          | 0,00%                   |

# Solarenergie Urban

## Solarbilanz Tool

(1) Jährliche Kosten im Lebenszyklus

(2) Abschätzung Investitionskosten

(3) Berechnung externer Kosten

| Allgemeine Angaben zum Objekt:            |                                 | Testbaue                                   |                                 | Kostenbilanz                  |  |
|---|---------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|--|
| <i>Eingabe:</i>                           | Bezeichnung                     |  |                                 |                               |  |
|   | NF                              |  | 130,00 m <sup>2</sup>           |                               |  |
|   | Faktor                          |  | 0,80                            |                               |  |
|   | BGF                             |  | 162,50 m <sup>2</sup>           |                               |  |
| WÄRME                                     |                                 | STROM                                      |                                 |                               |  |
| <b>Investitionskosten Wärmeerzeugung:</b> |                                 | <b>Investitionskosten Stromversorgung:</b> |                                 |                               |  |
| <i>Eingabe:</i>                           | Solarkernis                     | 0 m <sup>2</sup>                           | Photovoltaik                    | 0,0 kWh/p                     |  |
|   | Investitionskosten real         |  | Investitionskosten real         |                               |  |
|   | Investitionskosten (Schätzung)  | 0 l  | Investitionskosten (Schätzung)  | 0 l                           |  |
| <i>Eingabe:</i>                           | Sonstige Wärmlieferung          |  | Sonstige Stromlieferung         | 0                             |  |
|   | Investitionskosten real         |  | Investitionskosten real         |                               |  |
|   | Investitionskosten (Schätzung)  | 3.028 l                                    | Investitionskosten (Schätzung)  | 3.000 l                       |  |
|   | Summe Investitionskosten        | 3.028 l                                    | Summe Investitionskosten        | 3.000 l                       |  |
| <b>Kapitalgebundene Kosten:</b>           |                                 | <b>Kapitalgebundene Kosten:</b>            |                                 |                               |  |
| <i>Eingabe:</i>                           | Solarkernis                     | 0 l/a                                      | Photovoltaik                    | 0 l/a                         |  |
|   | Sonstige Wärmlieferung          | 238 l/a                                    | Sonstige Stromlieferung         | 136 l/a                       |  |
|   | Hypothekenzinssatz              | 2,125%                                     | Hypothekenzinssatz              | 2,125%                        |  |
|   | Summe Kapitalkosten             | 238 l/a                                    | Summe Kapitalkosten             | 136 l/a                       |  |
| <b>Betriebsgebundene Kosten:</b>          |                                 | <b>Betriebsgebundene Kosten:</b>           |                                 |                               |  |
|   | Solarkernis                     | 0 l/a                                      | Photovoltaik                    | 0 l/a                         |  |
|   | Sonstige Wärmlieferung          | 31 l/a                                     | Sonstige Stromlieferung         | 30 l/a                        |  |
|   | Summe betriebsgebundene Kosten  | 31 l/a                                     | Summe betriebsgebundene Kosten  | 30 l/a                        |  |
| <b>Verbrauchgebundene Kosten:</b>         |                                 | <b>Verbrauchgebundene Kosten:</b>          |                                 |                               |  |
| <i>Eingabe:</i>                           | Verbrauch                       | 8.450,00 kWh                               | Verbrauch                       | 3.250,00 kWh                  |  |
|   | Einkaufspreis                   | 0,00 l/kWh                                 | Einkaufspreis                   | 0,07 l/kWh                    |  |
| <i>Eingabe:</i>                           | Verkaufspreis                   | 0,00 l/kWh                                 | Verkaufspreis                   | 0,38 l/kWh                    |  |
|   | Summe verbrauchgebundene Kosten | 592 l/a                                    | Summe verbrauchgebundene Kosten | 564 l/a                       |  |
| <b>Externe Kosten:</b>                    |                                 | <b>Externe Kosten:</b>                     |                                 |                               |  |
|   | CO <sub>2</sub> pro Jahr        | 2.628 kg/a                                 | CO <sub>2</sub> pro Jahr        | 23 kg/a                       |  |
|   | CO <sub>2</sub> Kosten          | 35,00 l/Tonne CO <sub>2</sub>              | CO <sub>2</sub> Kosten          | 35,00 l/Tonne CO <sub>2</sub> |  |
|   | Summe der externen Kosten       | 92 l/a                                     | Summe der externen Kosten       | 1 l/a                         |  |
| Gesamtkosten Wärme                        |                                 | 920 l/a                                    |                                 |                               |  |
| Gesamtkosten Strom                        |                                 | 730 l/a                                    |                                 |                               |  |
| <b>Gesamtkosten pro Jahr</b>              |                                 | <b>1651 l/a</b>                            |                                 |                               |  |
| <b>Externe Kosten</b>                     |                                 | <b>93 l/a</b>                              |                                 |                               |  |

[www.energyagency.at/gebäude-raumwärme/aktuelle-projekte/solarenergie-urban.html](http://www.energyagency.at/gebäude-raumwärme/aktuelle-projekte/solarenergie-urban.html)

# IEA – SHC Solar Energy and Architecture

---

- Solartechnologien sind nicht nur Energiebereitstellungssysteme sondern gleichzeitig auch architektonische Gestaltungselemente
- Architekten nehmen eine Schlüsselrolle ein
  
- **IEA Task 41:** architektonisch gute Lösungen mit Solartechnologien
- Projektdauer: Mai 2009 - April 2012
- <http://www.iea-shc.org/task41/index.html>

---

**Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!**

maria.amtmann@energyagency.at

[www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/solarenergie-urban.html](http://www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/solarenergie-urban.html)

[www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/solar-heating-and-cooling.html](http://www.energyagency.at/gebaeude-raumwaerme/aktuelle-projekte/solar-heating-and-cooling.html)