

## Projekt ESG ÖKOPARK - Linz, Kartouschweg

### 1. Präambel

Die Linzer Elektrizitäts-, Fernwärme und Verkehrsbetriebe AG - kurz ESG - als Energieversorgungsunternehmen und Dienstleister sieht Ihre Aufgaben nicht nur in der sicheren Versorgung ihrer Kunden mit Energie, sondern auch in der Energieforschung. Diese Zielsetzung hat im Zusammenhang mit sparsamer Energieanwendung zum Projekt "ESG - Ökopark" geführt.

Als Pilotprojekt für die Anwendung neuer Energietechniken und alternativer Energieformen wurden drei mehrgeschoßige Wohnobjekte mit gleichem Grundriss - errichtet von der Gemeinnützigen Industrie Wohnungsgenossenschaft (GIWOG) - ausgewählt. Die Wohnbauten wurden mit unterschiedlichen Wärmedämmsystemen wie Vollwärmeschutz oder Solarfassade ausgestattet. Planungspartner für die Solarfassade, die Heizungs-, Warmwasser- und Wohnungslüftungsanlage war das Linzer Energieinstitut, das für die Projektbeurteilung in der Planungsphase eine Simulationsrechnung durchführte. Sämtliche, durch das Pilotprojekt entstandenen Mehrkosten übernimmt die ESG.

Die Datenauswertung wird durch das Institut für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universitäten Innsbruck, Klagenfurt und Wien wissenschaftlich betreut.

### 2. Projektausführung

#### 2.1 Technische Daten

##### Haus Kartouschweg 2:

- Außenwände:  
30 cm Ziegelmauerwerk + 10 cm Vollwärmeschutz (Nord-, West-, Ostseite)  
U-Wert = 0,25W/m<sup>2</sup>K
- Außenwand Südseite:  
30 cm Ziegelmauerwerk + 8 cm Solarfassade  
U-Wert = 0,50W/m<sup>2</sup>K statisch effektiv bis 0,1 W/m<sup>2</sup>K möglich
- Decke gegen unbeheizten Dachraum:  
U-Wert = 0,14 W/m<sup>2</sup>K
- Boden über unbeheiztem Keller  
U-Wert = 0,30 W/m<sup>2</sup>K
- Fenster mit Wärmeschutzverglasung  
U-Wert = 1,6 W/m<sup>2</sup>K
- Heizlast:  
23.230 Watt nach ÖNORM M 7500.  
Für die Berechnung der Heizlast wird für den Solarfassadenteil U-Wert = Vollwärmeschutz angenommen.
- Loggien:  
Aus Schallschutzgründen Ausführung als Wintergarten, unbeheizt.
- Heizanlage:  
Verteilssystem: Fußbodenheizung mit maximaler Vorlauftemperatur von 35°.  
Wärmequelle: Wärmepumpe mit Grabenkollektor, solarunterstützt.

- Warmwasserbereitung:  
35 m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren, elektrische Zusatzerwärmung mit 3 x 800 Liter Speichervolumen.
- Wohnungslüftung:
- Mechanische Be- und Entlüftungsanlage mit regenerativer Wärmerückgewinnung für 0,5 - 0,8fachen Luftwechsel pro Stunde, aufgestellt im Dachraum.

#### Haus Kartouschweg 4:

- Außenwände:  
wie Haus 2, jedoch ohne Solarfassade.
- Alle anderen Bauteile:  
wie Haus 2.
- Heizanlage:  
Radiatorenheizsystem mit maximaler Vorlauftemperatur von 70° C bei einer Außentemperatur von minus 13° C mit Fernwärmeübergabestation und Fernwärmeboiler, ganzjährig über Heizsystem mit einer Vorlauftemperatur von mindestens 60° C verfügbar.
- Heizlast:  
23.300 Watt nach ÖNORM M 7500.

#### Haus Kartouschweg 6:

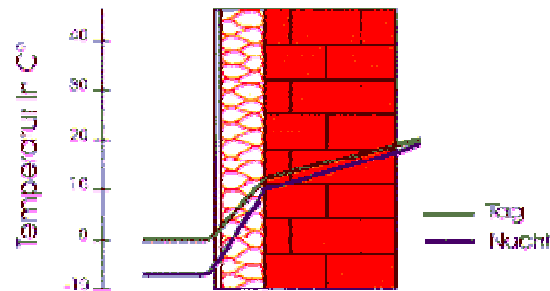
- Außenwände Süd-, Ost- und Westseite:  
Solarfassade (wie Südseite von Haus 2)
- Außenwand Nordseite:  
Vollwärmeschutz
- Alle anderen Bauteile:  
wie Haus 2
- Heizanlage:  
Radiatorenheizsystem mit maximaler Vorlauftemperatur von 70° C bei einer Außentemperatur von minus 13° C mit Fernwärmeübergabestation.  
Warmwasserbereitung mit 150 Liter-Elektroheißwasserspeicher, Warmwassertemperatur maximal 50° C, elektrische Verfügbarkeit 24 Stunden täglich.
- Heizlast:  
22.650 Watt nach ÖNORM M 7500.

## 2.2 Solarfassade und ihre Wirkungsweise

Die Solarfassade vereinigt zwei energetische Vorteile: Dämmwirkung wie bei anderen Dämmstoffen und Nutzung der solaren Einstrahlung. Das Sonnenlicht fällt durch eine Glasscheibe auf und in eine Wabe aus Karton und wird dort in Wärme umgewandelt. Die Kartonwabe mit Hohlräumen leitet einen Großteil der absorbierten Wärme in die Wand. Die Gebäudewand dient als Pufferspeicher und bewirkt eine zeitverzögerte Abgabe der Wärme in den Raum. Die Solarfassade arbeitet, wenn genügend solare Einstrahlung vorhanden ist, auch bei Temperaturen unter 0° C. In den Nachtstunden verhindert die Kartonwabe ein Auskühlen der Wand. Die Wabe wirkt dabei wie eine herkömmliche Wärmedämmung. Über die gesamte Heizperiode betrachtet, erreicht die Solarfassade einen U-Wert von ca. 0 bis 0,15 W/m<sup>2</sup>K, je nach Anzahl der einstrahlenden Sonnenstunden.

Die Solarfassade führt in den Sommermonaten nicht zur Überhitzung der Räume, da durch den steileren Einfallswinkel der Sonnenstrahlung im Sommer die Eindringtiefe der Strahlung in die Wabe sehr gering ist und zudem die guten Dämmeigenschaften der Kartonwabe zum Tragen kommen. Bei diesem System sind keine Abschattungseinrichtungen erforderlich.

Wand mit herkömmlicher Wärmedämmung



Wand mit Solarfassade

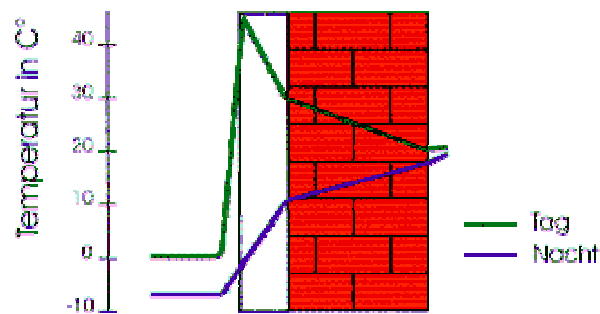


Abbildung 1: Temperaturverlauf an einem sonnigen Wintertag

### 3. Simulationsrechnung

Für die genaue Untersuchung und Simulationsrechnung wurde das Objekt Kartouschweg 2 mit den Komponenten Solarfassade, Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung, Solarthermie für Warmwasser und Raumheizung sowie die Wärmepumpe mit Erdkollektor als Teilsolarspeicher herangezogen. Da bei Gebäuden mit geringem Heizenergiebedarf interne Wärmequellen entscheidende Beiträge zur Raumerwärmung bilden, wurden in der Simulationsrechnung folgende Wärmeabgaben, die zu Energieumsätzen führen, berücksichtigt:

- Energieumsatz von Personen
- die Wärmeabgabe elektrisch versorgter Systeme wie beispielsweise Licht, TV, usw.
- Abwärme diverser Küchengeräte
- Abwärme von Dusche, Bad, Warmwasser, usw.

Die entsprechenden Wärmeströme werden an die Raumluft oder über die Oberfläche der Objekte abgegeben. Diese Wärmeabgaben in jedem Einzelfall exakt zu

modellieren, würde einen unverhältnismäßig hohen Aufwand bedeuten und können zudem je nach Gerätetyp sehr unterschiedlich sein.

Problematisch sind auch Annahmen zum Zeitverlauf der internen Wärmequellen. Eine messtechnische Erfassung ist zwar in einem genutzten Gebäude möglich, aber sehr aufwendig. Der Zeitverlauf ist zudem stark vom Verhalten der jeweiligen Nutzer abhängig. Beim hier ausgewerteten Modell des Simulationsprogrammes "TRNSYS" wird von einer standardisierten Annahme ausgegangen.

#### 4. Haustechnik - Anlagenbeschreibung

##### 4.1 Solaranlage

Die in 35 m<sup>2</sup> thermischen Solarkollektoren erzeugte Solarwärme wird grundsätzlich in die Wärmeverbraucher Fußbodenheizung und Warmwasserbereitung eingebracht.



Abbildung 2: Solaranlage

Das Brauchwarmwasser wird in drei Speichern zu je 800 Liter gepuffert. Temperaturangebote, die nicht für Heizung und Warmwasser ausreichen, werden bei Heizbetrieb durch die Wärmepumpe genützt und regenerieren in weiterer Folge den Erdkolektor der Wärmepumpe.

**Priorität bei Heizbetrieb (Winter):**

- 1.) Heizung
- 2.) Warmwasser
- 3.) Wärmepumpe
- 4.) Erdkolektor

**Priorität Warmwasser (Sommer):**

- 1.) Warmwasser
- 2.) Erdkolektor

Als Zusatznutzen kann über den Solarsolekreis die Frischluft der Lüftungsanlage vorgewärmt werden. Der solare Deckungsgrad für Warmwasser wurde mit ca. 50%, für Heizung mit ca. 17% vorausberechnet.

##### 4.2 Wärmepumpe

Zur effizienten Solarnutzung im Heizungsbereich ist ein Niedertemperatursystem, im Haus Kartouschweg 2 eine Fußbodenheizung, installiert. Nachdem erfahrungsgemäß der solare Deckungsgrad in der Größenordnung von 10% liegt, wurde als zusätzliches Heizsystem eine Wärmepumpenanlage mit Scroll-Verdichter eingebaut. Für den Erdreichabsorber wurde ein Grabenkollektor mit geringem Platzbedarf gewählt. 1000 Laufmeter Kupferrohr entziehen dem Erdreich Wärme und speichern in umgekehrter Betriebsweise Solarenergie fast kostenlos.

Elektrische Anschlussleistung der Wärmepumpe: 3,55 kW.

Heizleistung bei Sole/0, Wasser/40: 12,80 kW.



Abbildung 3: Wärmepumpe

Folgende Betriebsergebnisse des Wärmepumpeneinsatzes rechtfertigen die Anwendung von Wärmepumpen-Heizsystemen:

- Praxistest einer Wärmepumpe mit Scroll-Verdichter (Lebensdauer, Laufruhe, Widerstandsfähigkeit)
- Kombination Wärmepumpe mit direkter Solarnutzung im Heizungsbereich
- Kombination Wärmepumpe mit indirekter Solarenergienutzung
- Temperaturerhöhung des Solekreislaufs vor der Wärmepumpe oder Energiezwischenspeicher im Erdreich.
- Geforderter Zielwert: Jahresarbeitszahl 4,5.

#### 4.3 Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung - Zentrales, mechanisiertes Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung

Niedrigenergiehäuser im mehrgeschoßigen Wohnbau mit einer Energiekennzahl von weniger als 50 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr (Heizung) erfordern eine bestimmte Dichtheit der Gebäudehülle, Fenster und Türen. Bei energetisch optimierten Gebäuden, wie auch beim Haus Kartouschweg 2, wurde die Dichtheitsanforderung von  $n_{L50} < 1 \text{ h}^{-1}$ ) gestellt.

Dieser Wert ist für den wirtschaftlich, sinnvollen Einsatz einer Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung notwendig. Das Lüftungssystem mit Regenerativ-Energietauscher wurde beim Projekt ESG-Ökopark erstmals im mehrgeschoßigen Wohnbau eingesetzt. Die Funktionsweise ist sehr einfach. Die vom Regenerativ-Energietauscher angesaugte Luft (ca. 600 m<sup>3</sup>/h Volumenstrom) wird über Filter gereinigt, mit Abwärme aus der Abluft beheizt und durch den Zuluftventilator den Wohn- und Schlafräumen zugeführt.

Die aus Bad, Küche und Schlafräumen abgesaugte Abluft wird vom Abluftventilator über den, im vorhergehenden Zyklus entwärmten Akkumulator (Wärmetauscher) geführt, abgekühlt und über das Dach ausgeblasen. Der Temperaturwirkungsgrad liegt zwischen 85% und 95% bei unterschiedlichen Außentemperaturbereichen. Im nachstehenden Schema sind 2 Betriebszyklen dargestellt.

### 5. Mess- und Regelanlagen

270 Messpunkte werden vom "Digital Data Controllsystem Unigr" (DDC) erfasst und online an die Datenzentrale in der Museumstraße weitergeleitet. In auswählbaren Zeitabständen dynamisch erfasste Daten über Temperaturen, Wassermengen,

<sup>\*)</sup>  $n_{L50}$  ist der Luftwechsel eines Gebäudes infolge von Leckstellen in der Gebäudehülle bei einer mechanisch erzeugten Druckdifferenz von 50 Pascal zwischen innen und außen. Dieser muss pro Stunde kleiner als 1 sein

Wärmemengen, und Solareinstrahlung ermöglichen eine Betriebsoptimierung während und nach der Heizungsperiode. Der gemessene Energieverbrauch wird vorausgegangenen Rechenwerten gegenübergestellt und entsprechend auf die Normdaten relativiert.

## 6. Projektziel

- Projektziel für das Haus Kartouschweg 2 war eine optimierte Energiekennzahl für Heizwärmeverbrauch von 30 - 40 kWh/m<sup>2</sup>.
- Die Jahres-Arbeitszahl der Wärmepumpe sollte größer als 4 sein.
- Der Temperaturreckgewinnungsgrad der Be- und Entlüftungsanlage sollte über 85% liegen.
- Der solare Deckungsgrad der Warmwasserbereitung sollte mindestens 50% erreichen.
- Ein Wirtschaftlichkeitsnachweis einzelner Systeme, getrennt nach Komponenten, sollte erbracht werden, und zwar für:
  - Solaranlage für Warmwasser
  - Wärmepumpe für Heizung
  - Solarfassade für passive Solarenergiegewinnung
  - Wohnungslüftung mit Bewertung der zurückgewonnenen Heizwärme
- Untersuchung des Benutzerverhaltens von Single-Wohnungen und Wohnungen mit Durchschnittsfamilien.

## 7. Erste Ergebnisse ÖKOPARK

Der Energieverbrauch in Wohnobjekten ist sehr stark vom Verhalten der Bewohner abhängig. Der ESG-ÖKOPARK besteht aus drei flächengleichen Häusern mit 24 Mietwohneinheiten.

- Haus Kartouschweg 2: 9 Wohneinheiten mit Wohnnutzflächen von 50 - 57 m<sup>2</sup>
- Haus Kartouschweg 4: 9 Wohneinheiten mit Wohnnutzflächen von 50 - 57 m<sup>2</sup>
- Haus Kartouschweg 6: 6 Wohneinheiten mit Wohnnutzflächen von 66 - 95 m<sup>2</sup>

Bei der Schlüsselübergabe erhielten die Mieter detaillierte Informationen über das Projekt. Die Bewohner des Hauses Kartouschweg 2 wurden speziell über richtiges Verhalten in Objekten mit Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung beraten. Während und nach Ende der ersten Heizperiode wurden Gespräche mit den Mietern geführt, da sich die Überschreitung der Simulationsrechenwerte bereits abzeichnete.

Aufgrund eines höheren Wärmebedürfnisses in weiblichen Single-Haushalten konnte keine wesentliche Reduktion des Heizwärmeverbrauches erreicht werden. Durch umfangreiche Beratungsarbeit und weitere zusätzliche Information wird versucht, durch verändertes Nutzerverhalten den Energieverbrauch zu minimieren.

### 7.1 Solarfassade

#### Haus Kartouschweg 2:

Solarfassade Süd-Seite

Eine Bewertung der Solarfassade ist durch unterschiedliche Energieverbräuche in den Wohnungen vorerst nicht möglich.

Durch ungleiches Benutzerverhalten und durch fallweises Beheizen der aus Schallschutzgründen verglasten Loggien ist bisher gegenüber den an der Nord-

West-Seite gelegenen Wohnungen kein passiver Solareffekt nachweisbar. Intensive Beratung soll künftig die Mieter zu energiebewusstem Verhalten anregen und so die Vorteile einer Solarfassade und deren Effizienz aufzeigen.

### **Haus Kartouschweg 6:**

Solarfassade Süd-, Ost- und West-Seite

Aus dem Vergleich Heizwärmeverbrauch zwischen Haus Kartouschweg 4 (Vollwärmeschutz allseitig) und dem Haus Kartouschweg 6 ergibt sich für die Solarfassade ein Heizwärmegewinn von ca. 17 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr bezogen auf die Nettogeschoßfläche. Voraussetzung für diese Betrachtung ist gleiches Benutzerverhalten in den beiden Objekten. Für eine wirtschaftliche Untersuchung sind Basiswerte (Normwerte) zu definieren. Der Raumgewinn durch geringere Dämmstoffdicke sollte der Solarfassade gutgeschrieben werden.

### **7.2 Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung**

Für die Funktion einer Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung ist das Geschlossenhalten der Fenster Grundvoraussetzung. Darauf wurden die Wohnungsmieter wiederholt hingewiesen. Aus den Wohnungsablufttemperaturen ist allerdings ersichtlich, dass diese Vorgabe nicht immer eingehalten wurde. Mit einer Antriebsenergie von 1.013 kWh elektrisch wurden 4.899 kWh thermisch den Wohnungen rückgeführt.

Die Betriebsweise der Lüftungsanlage ist noch zu optimieren, um den ca. 50%igen Lüftungswärmeverlust dem Objekt wieder zuzuführen (eine höhere Luftwechselzahl - größer 0,5 - ergibt einen höheren Rückgewinnungsfaktor).

### **7.3 Solaranlage (Kartouschweg 2)**

Der spezifische Wärmeertrag für 1996 liegt bei 415,66 kWh/m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Von 14.548 kWh eingestrahelter Wärme wurden

- 6.975 kWh (48%) zur Warmwasserbereitung
- 2.485 kWh (17,1%) für die Heizung
- 5.068 kWh (34,9%) zur Wärmeregenerierung des Erdkollektors und
- 20 kWh zur Vorwärmung Lüftung eingesetzt.

Der Solaranteil der Warmwasserbereitung beträgt 33,2%, der Raumheizung 6,7%.

### **7.4 Wärmepumpe (Kartouschweg 2)**

Die Wärmeabgabe der Wärmepumpe von 41.436 kWh<sub>th</sub> teilt sich in

- 29.701 kWh<sub>th</sub> (71,7%) für Heizung
- 8.823 kWh<sub>th</sub> (21,3%) für Warmwasser und
- 2.822 kWh<sub>th</sub> (7,0%) für Lüftungsnachwärme auf.

Bei einem Stromeinsatz von 12.460 kWh für Wärmepumpen-Aggregat und Soleumwälzpumpe ergibt sich eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl von 3,33. Gegenüber der Simulationsrechnung liegt die Jahresarbeitszahl niedriger.

### 7.5 Gegenüberstellung der Objekte Kartouschweg 2 / 4 / 6 beim Heizwärmeverbrauch (einschließlich Wintergarten)

Das Haus Kartouschweg 2 weist den geringsten Heizwärmeverbrauch auf, gefolgt von Haus 6 und Haus 4. Das Haus Kartouschweg 4 als Vergleichshaus ohne Solarfassade und ohne Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung zeigt daher, dass nur mit sehr viel Mehraufwand an eingesetzter Technologie und bauphysikalischen Maßnahmen geringere spezifische Heizwärmeverbräuche zu erreichen sind.

	Netto-Geschoßfläche Heizwärmeverbrauch		Brutto-Geschoßfläche Heizwärmeverbrauch		Heizwärmeverbrauch Brutto-Geschoßfläche gradtagsbereinigt	
Haus2	491,2 m <sup>2</sup>	67,6 kWh/m <sup>2</sup> /a	575,4 m <sup>2</sup>	57,7 kWh/m <sup>2</sup> /a	53,7 kWh/m <sup>2</sup> a	100%
Haus4	491,2 m <sup>2</sup>	86,9 kWh/m <sup>2</sup> /a	575,4 m <sup>2</sup>	74,1 kWh/m <sup>2</sup> /a	69,0 kWh/m <sup>2</sup> a	128%
Haus6	464,1 m <sup>2</sup>	74,9 kWh/m <sup>2</sup> /a	544,5 m <sup>2</sup>	63,8 kWh/m <sup>2</sup> /a	59,4 kWh/m <sup>2</sup> a	111%

**Ansprechpartner :**

Ernst Bruckmüller

Tel. 0732/7801-3385

Fax: 0732/7801-153385

E-Mail: [E.bruckmueller@esglinz.co.at](mailto:E.bruckmueller@esglinz.co.at)