

ENDBERICHT

ERGEBNISSE ENERGIEBILANZ UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Wien, März 2010

FORSCHUNGSPROJEKT

EVALUATION DER SOLARCITY LINZ PICHLING

(Projekt Eval-solarCity)

Finanzierung: Land Oberösterreich, Abteilung Wohnbauförderung
Stadt Linz
12 gemeinnützige Wohnbauträger der solarCity Linz Pichling:
BRW, EBS, EIGENHEIM LINZ, FAMILIE, GIWOG, GWB, GWG,
LEBENSÄÄUME, NEUE HEIMAT, VLW, WAG, WSG

Projektteam:

Projektleiter: Univ.-Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg

Projektmitarbeiter: DI Roman Smutny

DI Dr. Ulla Ertl-Balga

DI Christoph Neururer MSc

Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen,
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau,
Department für Bautechnik und Naturgefahren,
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU),
Peter-Jordan Straße 82, A-1190 Wien

Projektpartner sozialwissenschaftliche Evaluierung:

Ass. Prof. MMag. Dr. Josef Lins, Johannes Kepler Universität Linz

Projektlaufzeit: 03.2007 - 03.2010



Informationen über die solarCity Linz Pichling:

Buch „solarCity Linz Pichling. Nachhaltige Stadtentwicklung“

TREBERSPURG, M., STADT LINZ (Hrsg.) (2008) solarCity Linz Pichling. Nachhaltige Stadtentwicklung. Wien: Springer.

Stadt Linz

Stadtteilbüro solarCity Pichling
Familienzentrum Pichling
Heliosallee 84
4030 Linz
E-Mail: solarcity@mag.linz.at
Homepage: <http://www.linz.at/leben/4701.asp>

Universität für Bodenkultur Wien

Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen
Peter Jordan Straße 82
1190 Wien
Univ.-Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg, E-Mail: martin.treberspurg@boku.ac.at
DI Roman Smutny, E-Mail: roman.smutny@boku.ac.at
DI Dr. Ulla Ertl-Balga, Email: ulla.ertl@boku.ac.at
DI Christoph Neururer MSc: christoph.neururer@boku.ac.at

INHALTSVERZEICHNIS

<u>1</u>	<u>EINLEITUNG</u>	<u>4</u>
<u>2</u>	<u>METHODIK</u>	<u>4</u>
<u>3</u>	<u>RESULTATE</u>	<u>5</u>
3.1	VERGLEICH MIT DEM OBERÖSTERREICHISCHEN DURCHSCHNITT	5
3.2	SOLL-IST-VERGLEICH RAUMHEIZUNG (NUTZHEIZENERGIE)	6
3.3	SOLL-IST-VERGLEICH SOLARER DECKUNGSGRAD DER WARMWASSERBEREITUNG	8
3.4	WÄRMEBILANZ	10
3.5	STROMVERBRAUCH	13
3.6	PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH, NICHT ERNEUERBAR	15
3.7	TREIBHAUSGASEMISSIONEN	17
3.8	ENERGIEKOSTEN	18
<u>4</u>	<u>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN</u>	<u>20</u>
4.1	STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ UND EINSPARUNG VON TREIBHAUSGASEMISSIONEN	20
4.2	PLANUNG UND FÖRDERUNG VON KLIMASCHONENDEN GEBÄUDEN	21
<u>5</u>	<u>LITERATUR</u>	<u>25</u>

1 Einleitung

In Österreich wurde im Jahr 2005 die solarCity Pichling auf Initiative der Stadt Linz mit 1.298 Wohnungseinheiten von zwölf verschiedenen gemeinnützigen Wohnbauträgern fertig gestellt. In diesem neuen Stadtteil leben nun ca. 2.700 Menschen (Stand Jänner 2007). Die zentrale Zielsetzung war, ein europäisches Musterbeispiel für eine nachhaltige Stadterweiterung zu realisieren.

Hintergrund des Forschungsprojektes war die Fragestellung, ob durch die getroffenen Entscheidungen und umgesetzten Maßnahmen während der Planungs- und Umsetzungsphase, die angestrebten Planungsziele erreicht werden konnten. Dafür wurde ein interdisziplinäres Nachhaltigkeits-Monitoring durchgeführt. Schwerpunkt des Forschungsprojektes war eine detaillierte Analyse der Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen der Wohngebäude der solarCity um daraus Schlussfolgerungen und Empfehlungen für zukünftige Siedlungsplanungen abzuleiten.

Die sozialwissenschaftliche Evaluierung wurde vom Soziologen Ass. Prof. MMag. Dr. Josef Lins von der Johannes Kepler Universität Linz geleitet, mit dem Ziel die Wohnzufriedenheit der BewohnerInnen der solarCity zu erheben. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden in einem separaten Dokument zusammengefasst.

2 Methodik

Für die Analyse der Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen der solarCity-Wohngebäude wurde eine Datenbank der gebäudetechnischen Parameter und der Verbrauchszahlen erstellt. Es wurden ca. 65.000 Energieverbrauchsdaten und ca. 10.300 gebäuderelevante Daten ausgewertet und die folgenden Ergebnisse dokumentiert:

- Detaillierte Analyse und Vergleich des geplanten Energiebedarfs und des gemessenen Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser für zwei Heizsaisonen 01.05.2006 bis 30.04.2008.
Die Verbrauchswerte wurden auf reale Klimabedingungen und eine Raumlufttemperatur von 22 °C umgerechnet. Die Klimadaten stammen von der Messstation Linz-Mitte der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik).
Die Bedarfswerte stammen aus den Energieausweisen und wurden auf Nutzheizenergiekennzahl pro Bruttogrundfläche umgerechnet. Die Energieausweise der Passivhäuser wurden mittels PHPP (Passivhausprojektierungspaket) berechnet. Alle anderen Gebäude wurden laut ÖN EN 832 berechnet.
- Detaillierte Analyse des Stromverbrauchs von 01.05.2006 bis 30.04.2008
- Abschätzung des Beitrags zur Energieversorgungssicherheit (Primärenergieverbrauch) und zum Klimaschutz
- Vergleich der Performance unterschiedlicher Haustechniksysteme
- Einfluss der Kompaktheit der Baukörper, des Wärmedämmungsgrades und des Anteils erneuerbarer Energieträger auf die Energieperformance
- Effektivitätsanalyse ausgewählter Maßnahmen

Eine detaillierte Beschreibung der methodischen Vorgehensweise ist dem Anhang „Methodik Energiebilanz und Treibhausgasemissionen“ nachzulesen.

3 Resultate

Die Planungsziele für die Energieeffizienz der solarCity wurden vom Gesamtprojekt deutlich eingehalten!

Die Wohnhausanlagen der solarCity stellen ein wegweisendes Projekt für die Verbreitung von energieeffizientem Bauen dar. Einzelne Gebäude (Passivhäuser und Niedrigstenergiehäuser) demonstrieren eindrucksvoll, welche weiteren Optimierungspotenziale bestehen. Im Detail ergab die Evaluation der Energiebilanz und Treibhausgasemissionen der solarCity für die Untersuchungsperiode 01.05.2006 bis 30.04.2008 zusammengefasst folgende Resultate:

3.1 Vergleich mit dem oberösterreichischen Durchschnitt

Abbildung 1 zeigt, dass die Wohngebäude der solarCity zum Zeitpunkt der Einreichung (2001 bis 2003) deutlich energieeffizienter als der oberösterreichische Durchschnitt waren:

- Die eingereichte Nutzheizenergiekennzahl aller Wohngebäude der solarCity liegt um $9 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ unter der mittleren Nutzheizenergiekennzahl von großvolumigen oberösterreichischen Wohnbauten derselben Errichtungsperiode.
- Die dadurch reale **Einsparung an Wärme** für Raumheizung beträgt etwa **1.800 MWh/a**, bei Annahme von vergleichbaren Randbedingungen des Energieverbrauchs (betreffend Verteilverlusten und Mehrverbrauch). Umgerechnet bewirkt diese Energieeinsparung:
 - **Einsparung** von etwa **1.300 MWh/a** an nicht erneuerbarer **Primärenergie**
 - **Einsparung** von etwa **380 Tonnen CO₂-Äquivalente** pro Jahr an **Treibhausgasemissionen**
 - **Einsparung** von etwa **86.000 EURO/a** an **Energiekosten**.
- Bei Ausführung aller Wohngebäude der solarCity in Passivhausstandard bzw. Niedrigstenergiehausstandard würde die jährliche Einsparung an Fernwärme bei etwa 6.100 MWh/a bzw. 2.900 MWh/a liegen. Dies entspricht einer Einsparung von 1.300 Tonnen bzw. 630 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr an Treibhausgasemissionen.

Die Wohngebäude der solarCity waren zum Zeitpunkt der Einreichung (2001 bis 2003) Pionierprojekte und Wegbereiter für eine Verbreitung des energieeffizienten Bauens in Oberösterreich. Die engagierte Novellierung der Wohnbauförderung 2005 und 2007 bewirkte, dass die mittlere Nutzheizenergiekennzahl großvolumiger Wohnbauten in Oberösterreich erfolgreich gesenkt wurde und erstmals im Jahr 2007 unter dem Mittelwert der solarCity Wohngebäude lag.

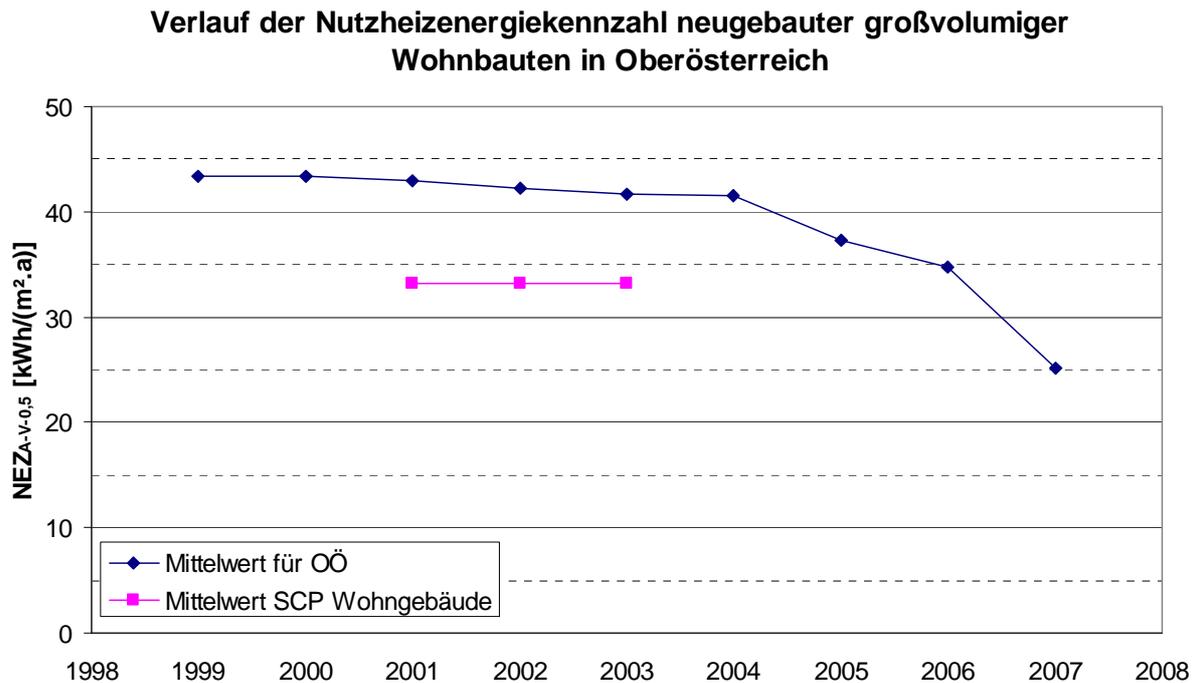


Abbildung 1: Eingereichte Nutzheizenergiekennzahlen ($NEZ_{A-V-0,5}$) in Oberösterreich für Mehrfamilienhäuser (Neubau). Mittelwerte für Oberösterreich und für die solarCity-Wohngebäude [Quelle: Medieninfos des Landes OÖ zu Pressekonferenzen von LR Keplinger am 26.06.2006 und 05.02.2008].

3.2 Soll-Ist-Vergleich Raumheizung (Nutzheizenergie)

Die Bedarfskennzahl der Energieausweisberechnung (nach EN 832 oder Passivhaus Projektierungspaket (PHPP)) wurde der Energiemenge, welche der konditionierten Gebäudehülle zum Zwecke der Raumheizung zugeführt wird (Verbrauchskennzahl) gegenübergestellt. Prinzipiell können diese zwei Kennzahlen nicht miteinander verglichen werden, da grundsätzliche Unterschiede in den Randbedingungen und betrachteten Energieflüssen für die Ermittlung dieser Kennzahlen bestehen. Die Differenz der beiden Kennzahlen kann jedoch verwendet werden, um die kumulativen Auswirkungen der realen Randbedingungen im Vergleich zu den Standardbedingungen der Bedarfsberechnung zu bewerten (siehe auch ÖN EN 15603:2008).

Ergebnisse und Vergleiche:

- Der reale mittlere Nutzheizenergieverbrauch der gesamten solarCity liegt bei etwa $42 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$.
 ► **Damit wurde die Zielsetzung laut Projektvertrag 1999 erreicht.**
- Für einzelne Wohnhausanlagen liegt der reale Nutzheizenergieverbrauch im Bereich von 24 bis $63 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ auf. Das effizienteste Gebäude erreicht einen Wert von etwa $11 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$.
- Der reale Nutzheizenergieverbrauch der gesamten solarCity liegt etwas höher als der geplante Nutzheizenergiebedarf: Mittlerer Mehrverbrauch von $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ (siehe Abbildung 2).

- Im Anhang „Kurzfassung Masterarbeit Neururer“ wurde der Vergleich zwischen geplantem Heizwärmebedarf und gemessenen Verbrauch für ausgewählte Gebäude genauer untersucht. Wesentliche Ursachen für einen Mehrverbrauch sind einerseits höhere reale Raumtemperaturen als in der Berechnungsnorm (23°C statt 20°C) und andererseits werden manuelle Verschattungen zuwenig berücksichtigt. Diese sind insbesondere bei Passiv- und Niedrigstenergiegebäuden relevant, da hier die passiven solaren Wärmegevinne eine höhere Rolle spielen.
- Den höchsten Mehrverbrauch von 15 kWh/(m²_{BGF}.a) weist die Gruppe der Niedrigenergiehäuser ohne Komfortlüftungsanlage (NEH o. K-Lü) auf (siehe Abbildung 3).
- Bei Passivhäusern liegt der Mehrverbrauch unter dem Durchschnittswert der solarCity. Der reale Nutzheizenergieverbrauch von Passivhäusern liegt etwa 70 % unter den Zielsetzungen der solarCity. Verglichen mit Niedrigstenergiehäusern und Niedrigenergiehäusern mit Komfortlüftungsanlage verbrauchen die Passivhäuser nur etwa ein Drittel der Nutzheizenergie. In Abbildung 3 ist ein deutlicher Sprung im Heizwärmeverbrauch vom Passivhaus zum Niedrigstenergiehaus zu erkennen.

3.3 Soll-Ist-Vergleich solarer Deckungsgrad der Warmwasserbereitung

Ergebnisse und Vergleiche:

- Der tatsächliche mittlere solare Deckungsgrad der gesamten solarCity liegt bei 35 %.
► **Damit wurde die Zielsetzung laut Projektvertrag 1999 (mind. 34%) erreicht.**
- Der mittlere Ertrag von Wohnhausanlagen mit Solaranlage liegt bei etwa 9 kWh/(m²_{BGF}.a). Die dadurch realisierte Einsparung an Fernwärme für die Warmwasserbereitung beträgt etwa 1.000 MWh/a.
► **Daher tragen die Solaranlagen der solarCity Wohnbauten deutlich zur Gesamtenergieeffizienz bei.**
- Umgerechnet bewirkt diese Energieeinsparung:
 - Einsparung von etwa 770 MWh/a an nicht erneuerbarer Primärenergie.
 - Einsparung von etwa 220 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr an Treibhausgasemissionen.
 - Einsparung von etwa 49.000 EURO/a an Energiekosten.
- Die solaren Deckungsgrade der einzelnen Wohngebäude und der einzelnen Wohnhausanlagen weisen deutliche Unterschiede von mind. 8 % bis max. 59 % auf.
- Wohngebäude mit Solaranlagen, die nachträglich optimiert wurden, besitzen deutlich höhere solare Deckungsgrade.
- Die Nutzung aktiver Solarthermie im Wohnbau wurde in den letzten Jahren in Oberösterreich stark forciert. Heute würde der empfohlene solare Deckungsgrad für energieeffiziente Mehrfamilienhäuser bei 50-70 % liegen, also bei nahezu dem doppelten Wert der solarCity.

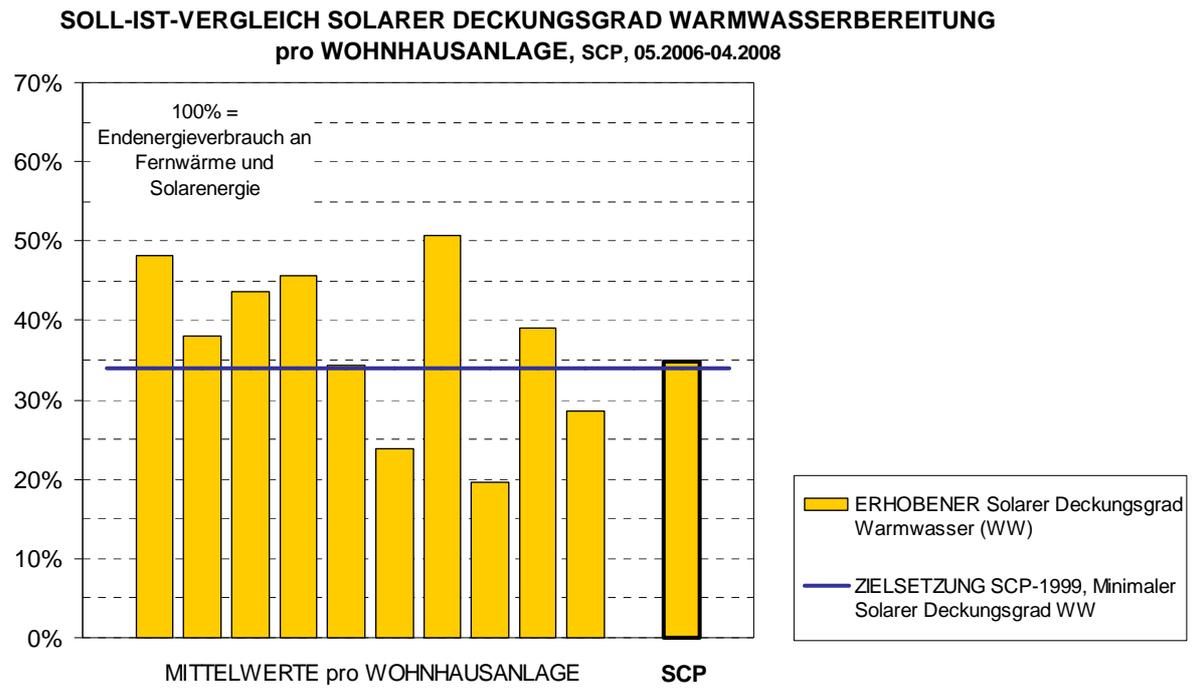


Abbildung 4: Soll-Ist-Vergleich solarer Deckungsgrad für die Warmwasserbereitung. Anonymisierte Auswertung pro Wohnhausanlage und Mittelwert der gesamten solarCity.

3.4 Wärmebilanz

Für die Wärmebilanzen und Wärmeflussdiagramme wurde die gelieferte Endenergie - Fernwärme und Solarertrag – dem Nutzenergieverbrauch für Raumheizung und Warmwasser gegenübergestellt. Der dargestellte Nutzenergieverbrauch ist die an die Wohnungen gelieferte Energiemenge exklusive gebäudeinterner Verteilverluste, also geringfügig niedriger als der Heizwärmebedarf. Die Energieflüsse entsprechen dem realen Verbrauch und wurden nicht mit Klimafaktoren oder Geometriefaktoren umgerechnet. Daher bestehen Unterschiede zu den Werten aus Abbildung 2 und 3.

Ergebnisse und Vergleiche:

- Die mittleren Anlagenverluste für Raumheizung und Warmwasserbereitung¹ der gesamten solarCity liegen bei 22 kWh/(m²_{BGF}.a) (siehe Abbildung 5). Davon entfallen etwa 2 kWh/(m².a) auf Speicherverluste.
- Die mittleren Anlagenverluste für Raumheizung und Warmwasserbereitung pro Wohnhausanlage weisen eine Bandbreite von 15 bis 42 kWh/(m²_{BGF}.a) auf. Dabei nehmen die höchsten Anlagenverluste einen Anteil von 43 % am Gesamtwärmeverbrauch ein, der somit einen dominierenden Anteil bildet (siehe Abbildung 6).
- Die mittleren Anlagenverluste für Raumheizung und Warmwasserbereitung liegen bei allen Wohnhausanlagen höher als ihr Nutzwärmeverbrauch der Warmwasserbereitung, im Mittel um 8 kWh/(m²_{BGF}.a) darüber.
- Die mittleren Anlagenverluste für Raumheizung und Warmwasserbereitung der einzelnen Energieeffizienzklassen weisen untereinander deutliche Unterschiede von mind. 19 bis max. 34 kWh/(m²_{BGF}.a) auf. Dabei sind die mittleren Anlagenverluste der Energieeffizienzklassen der Passivhäuser, Niedrigenergiehäuser ohne Komfortlüftungsanlage und Energiesparhäuser am geringsten.
- Die Anlagenverluste für Raumheizung und Warmwasserbereitung haben für die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes eine große Bedeutung. Energieeffizientes Bauen muss Verluste reduzieren und daher den bislang wenig beachteten Bereich der Verteilverluste verstärkt Aufmerksamkeit entgegen bringen bzw. relevante Planungsziele einführen.
- Die Wärmeflussdiagramme und Wärmebilanzen (siehe Abbildungen 5-8) bieten eine wichtige Grundlage um Empfehlungen für die Verbesserung der Energieeffizienz abzugeben. Die folgenden Prioritäten für die Steigerung der Energieeffizienz können abgeleitet werden:
 1. Reduktion der Transmissionsverluste
 2. Reduktion der Verteilverluste
 3. Steigerung des Solarertrags

¹ Gesamten Verteil- und Speicherverluste für Raumheizung und Warmwasserbereitung gemessen und teilweise berechnet.

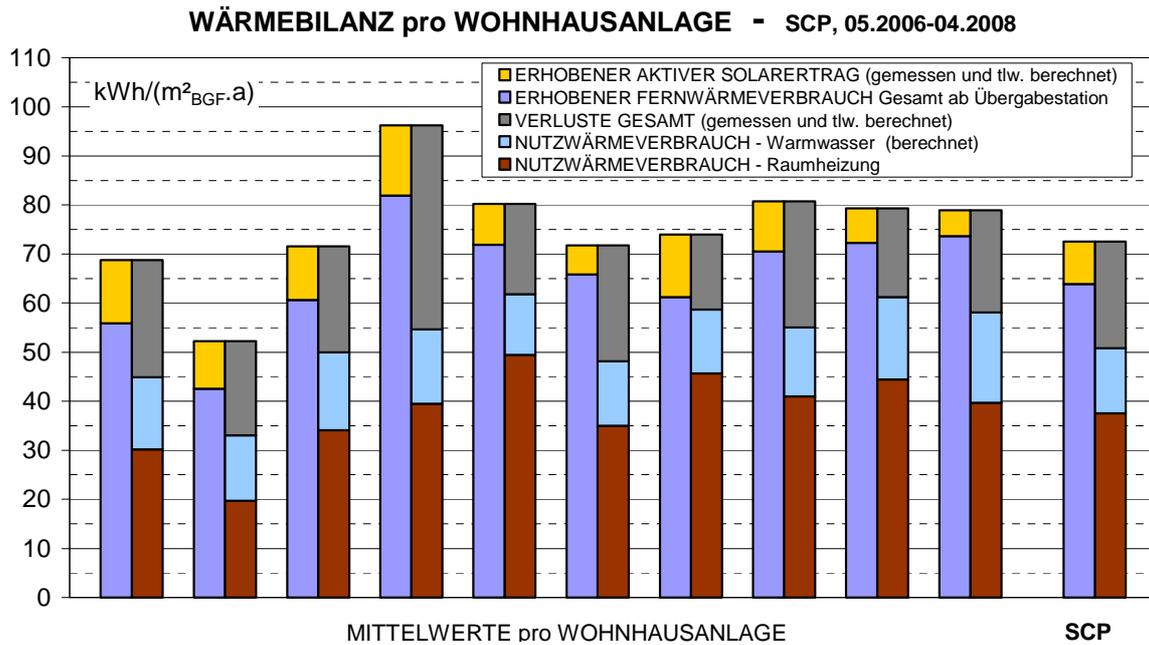


Abbildung 5: Wärmebilanz. Anonymisierte Auswertung pro Wohnhausanlage und Mittelwert der gesamten solarCity. Bezeichnung „Verluste gesamt“ entspricht den gesamten Verteil- und Speicherverlusten für Raumheizung und Warmwasserbereitung.

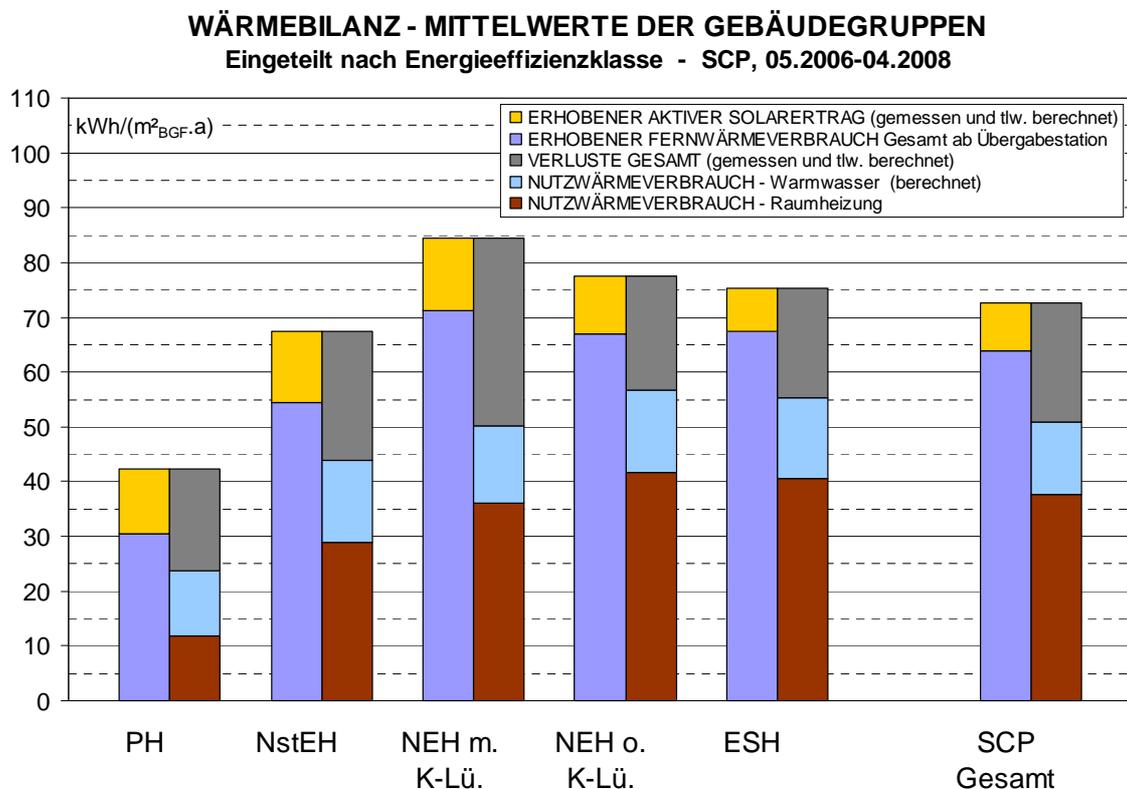


Abbildung 6: Wärmebilanz. Anonymisierte Auswertung der Mittelwerte der einzelnen Energieeffizienzklassen (Passivhäuser, Niedrigstenergiehäuser, Niedrigenergiehäuser mit und ohne Komfortlüftungsanlage, Energiesparhäuser) und der Mittelwert der gesamten solarCity. Bezeichnung „Verluste gesamt“ entspricht den gesamten Verteil- und Speicherverlusten für Raumheizung und Warmwasserbereitung.

Die Wärmeflussdiagramme zeigen eine detaillierte Wärmebilanz. Zusätzlich zu den Messwerten wurden hier die passiven solaren Gewinne und internen Gewinne aus der Energieausweisberechnung dargestellt. Diese Gewinne werden bei der Passivhausprojektierung (PHPP) deutlich konservativer berechnet als bei Energieausweisberechnung nach ÖN EN 832.

Die Wärmeverluste durch Abwasser wurden grob abgeschätzt mit dem Wert des Nutzenergieverbrauchs an Warmwasser. Dabei wurde berücksichtigt, dass vom genutzten Warmwasser ein Teil der Wärme an den Raum abgegeben wird und daher die Abwasserwärmeverluste niedriger liegen. Diese Reduktion wird jedoch kompensiert durch zusätzliche Abwasserwärmeverluste aus Elektrogeräten (E-Herd, Geschirrspüler und Waschmaschine).

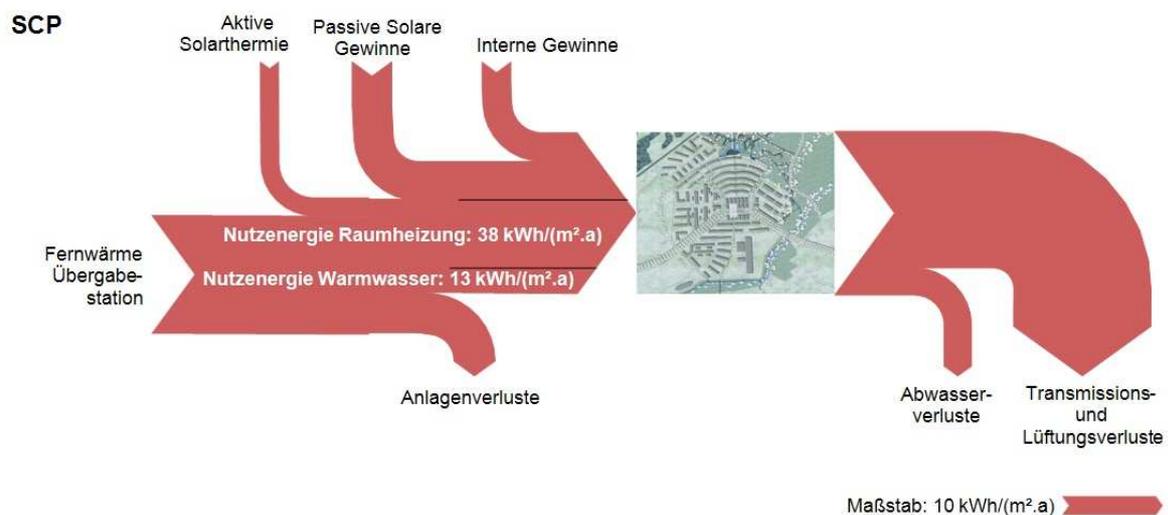


Abbildung 7: Sankey-Diagramm – Darstellung der mittleren Wärmeflüsse der solarCity-Wohngebäude pro Bruttogeschoßfläche.



Abbildung 8: Sankey-Diagramm – Darstellung der Wärmeflüsse des Passivhauses GIWOG Haus 1 pro Bruttogeschoßfläche.

3.5 Stromverbrauch

Ergebnisse und Vergleiche:

- Der mittlere Stromverbrauch für Gebäude und Wohnungen der gesamten solarCity beträgt $33 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$. Davon entfallen auf die Allgemeinbereiche der Gebäude $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ und auf die Wohnungen $27 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$.
- Der mittlere Stromverbrauch von Gebäuden und Wohnungen pro Wohnhausanlage weist eine Bandbreite von 27 bis $42 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ auf. Die Unterschiede des Stromverbrauchs der Wohnungen resultieren unter anderem aufgrund der unterschiedlichen Haustechnikanlagen (kontrollierte Lüftung, elektrische Warmwasserbereitung).
- Der mittlere Stromverbrauch von Gebäuden und Wohnungen pro Energieeffizienzklasse (Passivhaus bis Energiesparhaus) liegt annähernd auf gleichem Niveau.
- Wohnhausanlagen ohne Komfortlüftungsanlage und ohne elektrische Warmwasserbereitung haben im Mittel einen Stromverbrauch von $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$. Die Wohnhausanlage mit dem höchsten Stromverbrauch für Wohnungen ($40 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$) verfügt über eine elektrische Warmwasserbereitung. Zwei weitere Wohnhausanlagen die einen deutlich höheren Wohnungs-Stromverbrauch aufweisen ($31 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$) verfügen über eine kontrollierte dezentrale Wohnraumlüftungsanlage. Es existieren jedoch auch Gebäude mit kontrollierter dezentraler Wohnraumlüftungsanlage, die einen mittleren oder auch niedrigeren Stromverbrauch der Wohnungen aufweisen.
- Gebäude mit kontrollierten Wohnraumlüftungsanlagen (Komfortlüftung) verbrauchen nicht unbedingt mehr Strom oder mehr Primärenergie als Vergleichsgebäude. Entscheidend für den Energieverbrauch von Lüftungsanlagen sind die Qualität des Konzepts, die Qualität der Ausführung (insbesondere die Effizienz der Ventilatoren) und die Qualität der Wartung (Intervall der Filterreinigung).
- Bei einem Vergleich des Lüftungsstromverbrauchs von Passivhäusern mit konventionellen Gebäuden oder Niedrigenergiehäusern ist zu beachten, dass in den meisten Wohngebäuden ebenfalls eine Lüftungsanlage für Bad, WC und Küche eingebaut ist und dass diese Lüftungsanlage meistens eine geringere Energieeffizienz aufweist als die optimierten Lüftungsanlagen für Passivhäuser. Messungen des Niedrigenergie-Baukörpers des Studentenheims Burse in Wuppertal zeigten, dass der Stromverbrauch für die bedarfsabhängige Lüftung der Sanitärräume $2,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$ bzw. $1,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ beträgt [ENGELMANN et al., 2008] und damit auf einen vergleichbaren Niveau liegt wie der erwartete Lüftungsstromverbrauch von Passivhäusern.
- Aus bisherigen Messdaten anderer österreichischer Wohnhausanlagen kann ein üblicher Stromverbrauch von $3\text{-}6 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ für Komfortlüftungsanlagen abgeleitet werden. Bei ungünstig eingestellten Anlagen kann dieser Wert auch deutlich höher liegen. [TREBERSPURG et al., 2009]
- Der Stromverbrauch der Passivhäuser zeigt, dass Gebäude mit Komfortlüftungsanlagen vergleichbar viel (oder sogar weniger) Strom verbrauchen wie konventionelle Wohngebäude (siehe Abbildung 10).

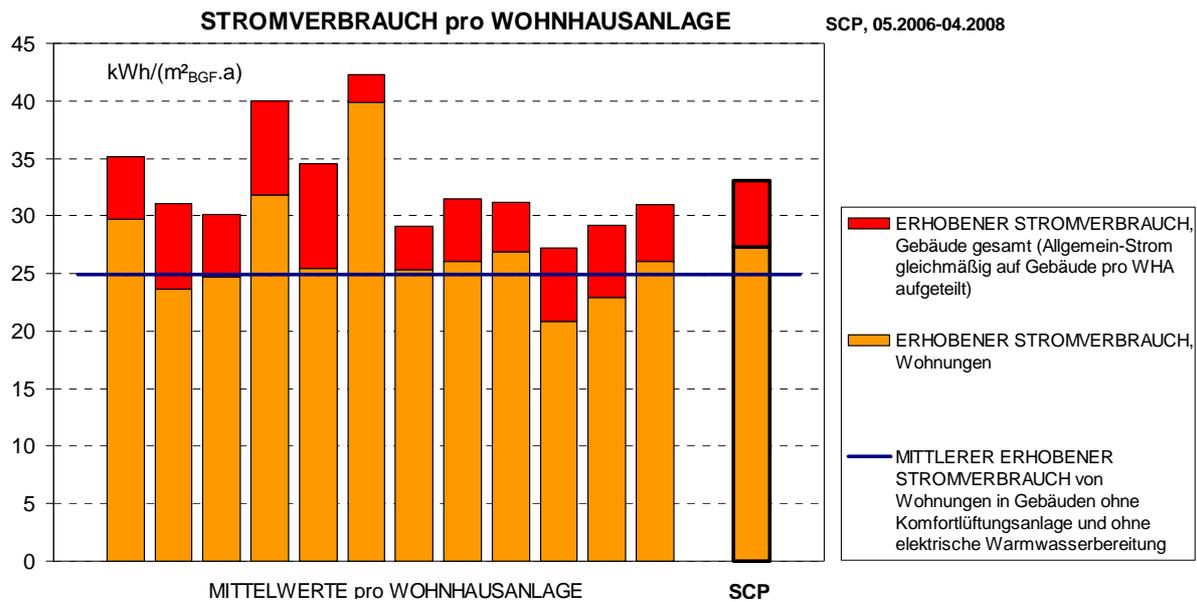


Abbildung 9: Stromverbrauch. Anonymisierte Auswertung pro Wohnhausanlage und Mittelwert der gesamten solarCity.

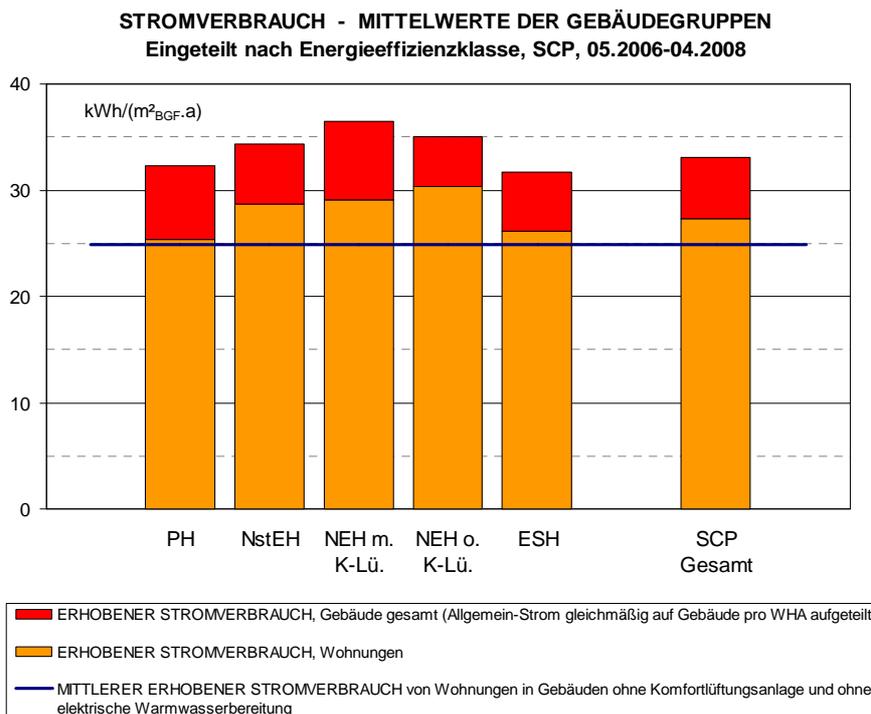


Abbildung 10: Stromverbrauch. Anonymisierte Auswertung der Mittelwerte der einzelnen Energieeffizienzklassen (Passivhäuser, Niedrigstenergiehäuser, Niedrigenergiehäuser mit und ohne Komfortlüftungsanlage, Energiesparhäuser) und der Mittelwert der gesamten solarCity.

Wie Abbildung 10 zeigt, liegt der Wohnungsstromverbrauch der Niedrigenergiehäuser ohne Komfortlüftungsanlage höher als der Wert für Niedrigenergiehäuser mit Komfortlüftungsanlage. Die Ursache hierfür ist, dass einige Gebäude das Warmwasser dezentral elektrisch aufbereiten und dieser Umstand weit deutlicher ins Gewicht fällt - Mehrverbrauch von etwa 15 kWh/(m²_{BGF.a}) - als das Vorhandensein einer Komfortlüftungsanlage.

3.6 Primärenergieverbrauch, nicht erneuerbar

Ergebnisse und Vergleiche:

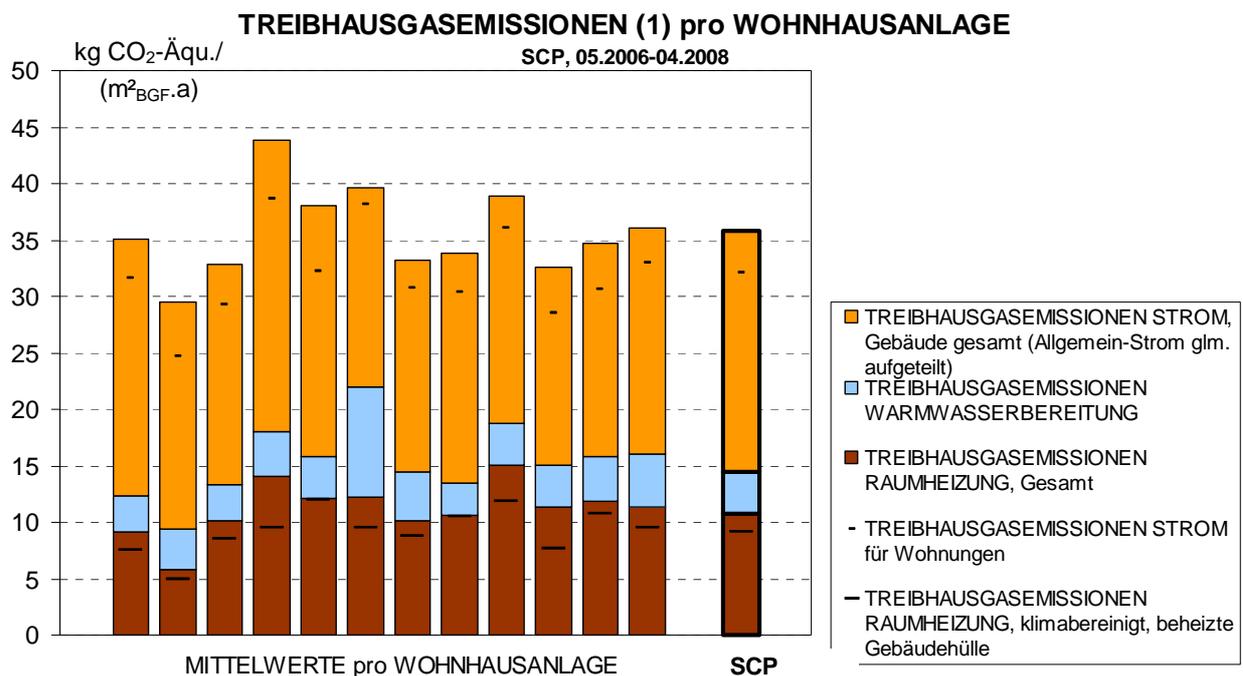
- Der mittlere, nicht erneuerbare Primärenergieverbrauch für Strom, Raumheizung und Warmwasserbereitung der gesamten solarCity beträgt $138 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})^2$. Davon entfallen auf den Stromverbrauch 64 %, der somit den nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauch dominiert, weil die Gebäude bereits sehr engagierte Zielsetzungen betreffend Energieeffizienz haben – Fernwärme ist hinsichtlich Primärenergie bereits ein sehr günstiger Energieträger.
- Der nicht erneuerbare Primärenergieverbrauch durch Raumheizung und Warmwasserbereitung beträgt im Mittel etwa ein Drittel des gesamten nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauchs und zeigt große Unterschiede zwischen Niedrigenergiehäusern ($62 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$), Niedrigstenergiehäusern ($42 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$) und Passivhäusern ($24 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$).
- Die Warmwasserbereitung mit elektrischer Energie führt zu einem deutlich höheren nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauch ($40 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$), als die Warmwasserbereitung mit Fernwärme und Solarthermie (im Mittel $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$). Dies verdeutlicht, dass elektrische Warmwasserbereitung eine wesentlich größere Rolle spielt als der Einsatz von Komfortlüftungsanlagen.
- Der Zielwert für Passivhäuser liegt bei $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a})$ bezogen auf die Energiebezugsfläche nach PHPP (Nettonutzfläche). Das entspricht etwa einem Wert von $102 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ pro Bruttogeschossfläche. Dieser Zielwert beinhaltet den Stromverbrauch für Haushalte jedoch nicht den Strom für Allgemeinbereiche wie beispielsweise die Beleuchtung und Belüftung der Tiefgarage. Zieht man diesen Zielwert als Vergleichswert heran, konnten die Passivhäuser diesen Wert im Mittel erfüllen.
- Summa summarum zeigt Abbildung 12 deutlich die bessere Performance der Passivhäuser hinsichtlich Primärenergieverbrauch im Vergleich der Energieeffizienzklassen.

² Primärenergiefaktoren: Fernwärme 0,76 kWh/kWh; Strom 2,65 kWh/kWh; Solarertrag: 0,048 kWh/kWh [UBA, 2007]

3.7 Treibhausgasemissionen

Ergebnisse und Vergleiche:

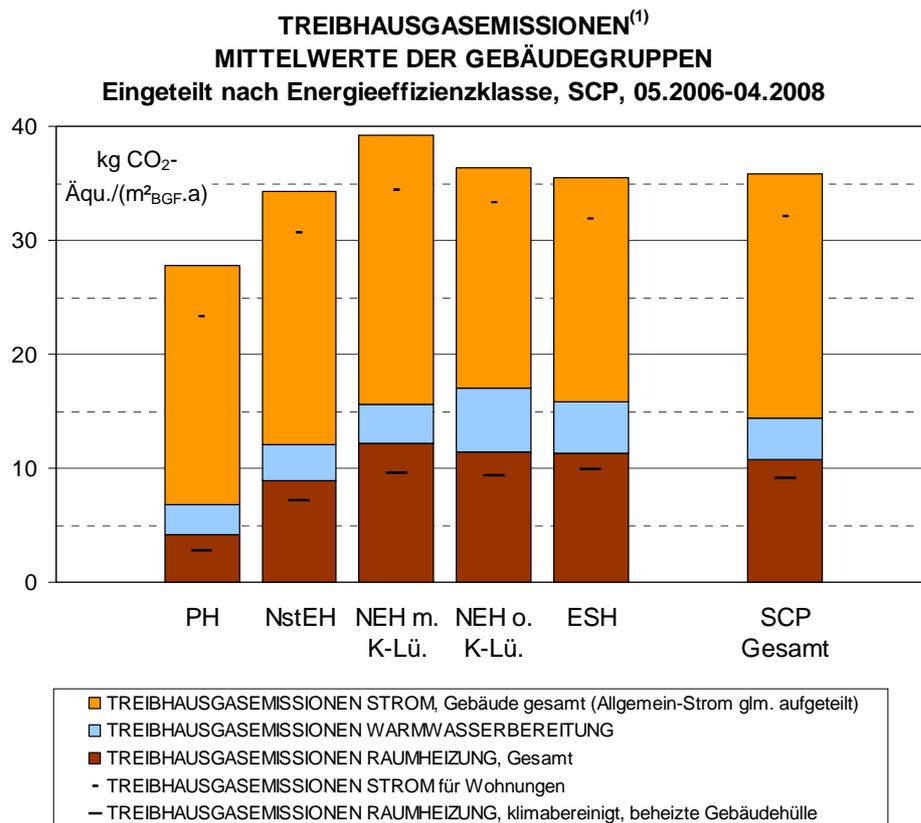
- Die mittleren Treibhausgasemissionen für Strom, Raumheizung und Warmwasserbereitung der gesamten solarCity betragen $36 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{BGF.a}})^3$. Davon entfallen auf den Stromverbrauch 60 %, der somit die Treibhausgasemissionen dominiert.
- Die Treibhausgasemissionen durch Raumheizung und Warmwasserbereitung betragen im Mittel etwa ein Drittel der gesamten Treibhausgasemissionen und zeigen große Unterschiede zwischen Niedrigenergiehäusern ($17 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{BGF.a}})$), Niedrigstenergiehäusern ($12 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{BGF.a}})$) und Passivhäusern ($7 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{BGF.a}})$).
- Die Warmwasserbereitung mit elektrischer Energie führt zu deutlich höheren Treibhausgasemissionen ($10 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{BGF.a}})$) als die Warmwasserbereitung mit Fernwärme und Solarthermie (im Mittel $4 \text{ kg CO}_2\text{-Äqu.}/(\text{m}^2_{\text{BGF.a}})$). Dies verdeutlicht, dass elektrische Warmwasserbereitung eine wesentlich größere Rolle spielt als der Einsatz von Komfortlüftungsanlagen.
- Summa summarum zeigt Abbildung 14 auch hier die bessere Performance der Passivhäuser hinsichtlich Treibhausgasemissionen im Vergleich der Energieeffizienzklassen.



(1) Faktoren: Fernwärme 0,217 kg/kWh, Strom 0,647 kg/kWh; Solarertrag: 0,017 kg/kWh [UBA, 2007].

Abbildung 13: Treibhausgasemissionen. Anonymisierte Auswertung pro Wohnhausanlage und Mittelwert der gesamten solarCity.

³ Treibhausgasemissionsfaktoren: Fernwärme 0,217 kg/kWh, Strom 0,647 kg/kWh; Solarertrag: 0,017 kg/kWh [UBA, 2007].



(1) Faktoren: Fernwärme 0,217 kg/kWh, Strom 0,647 kg/kWh; Solarertrag: 0,017 kg/kWh [UBA, 2007].

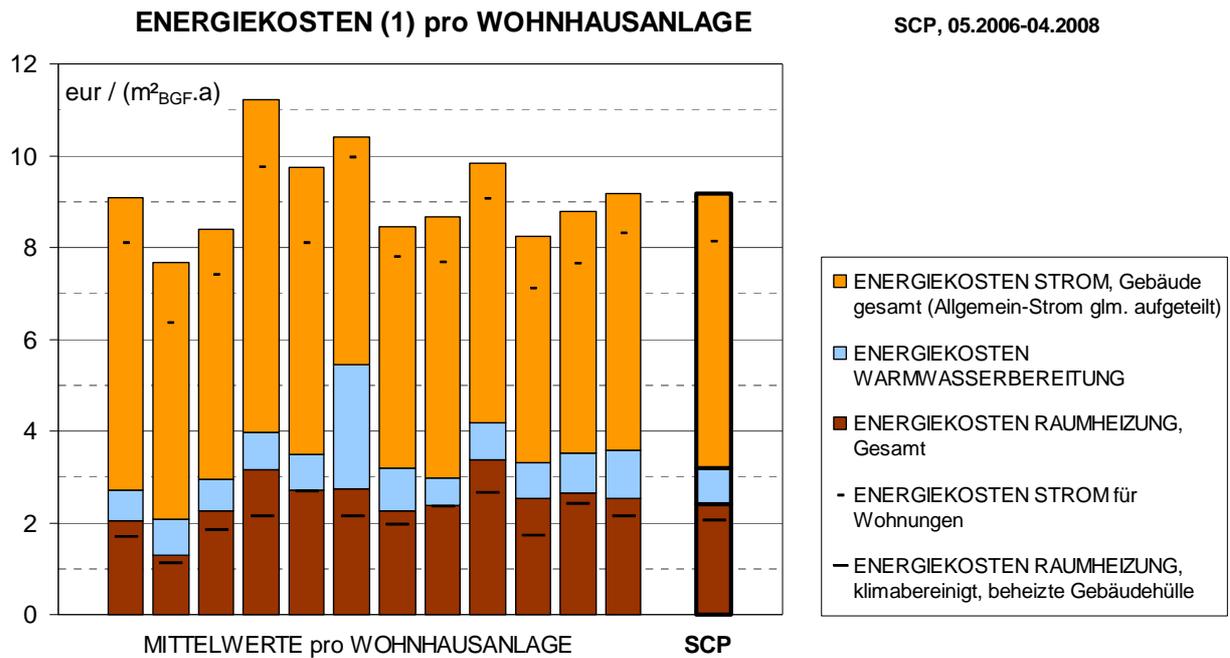
Abbildung 14: Treibhausgasemissionen. Anonymisierte Auswertung pro Mittelwert der einzelnen Energieeffizienzklassen (Passivhäuser, Niedrigstenergiehäuser, Niedrigenergiehäuser mit und ohne Komfortlüftungsanlage, Energiesparhäuser) und Mittelwert der gesamten solarCity

3.8 Energiekosten

Ergebnisse und Vergleiche:

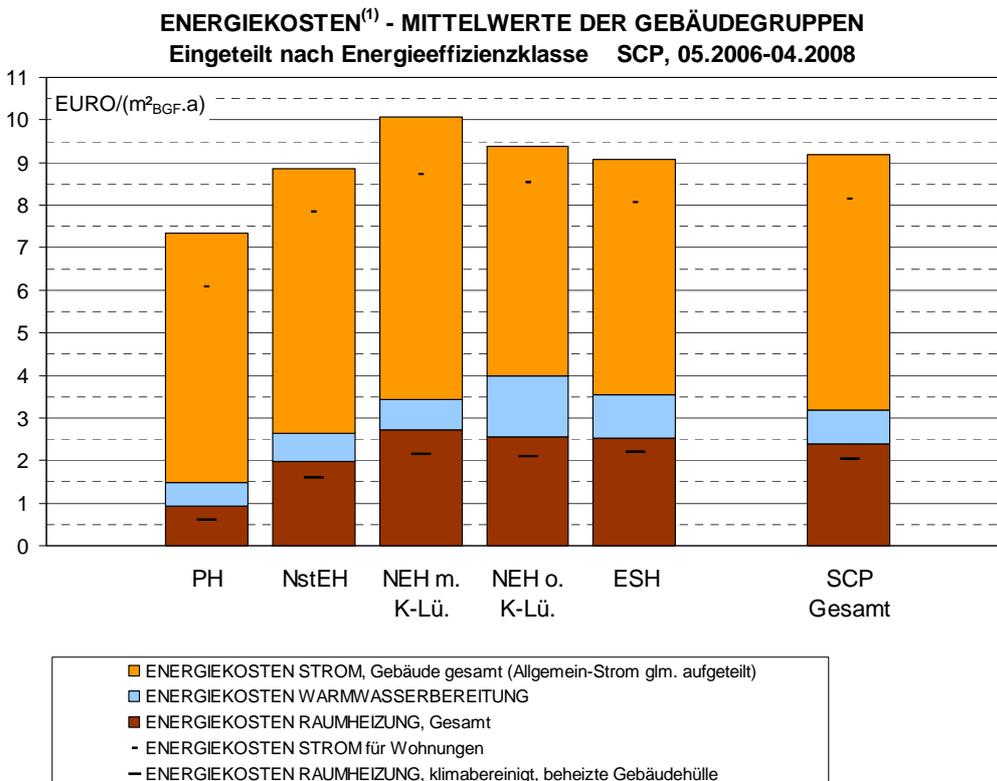
- Die mittleren Energiekosten für Strom, Raumheizung und Warmwasserbereitung der gesamten solarCity betragen 9,2 EURO/(m²_{BGF}.a)⁴. Davon entfallen auf den Stromverbrauch 6 EURO/(m²_{BGF}.a), der somit die Energiekosten dominiert.
- Die Energiekosten der Raumheizung und Warmwasserbereitung betragen im Mittel etwa ein Drittel der gesamten Energiekosten und zeigen große Unterschiede zwischen Niedrigenergiehäusern (4,0 EURO/(m²_{BGF}.a)), Niedrigstenergiehäusern (2,6 EURO/(m²_{BGF}.a)) und Passivhäusern (1,5 EURO/(m²_{BGF}.a)).
- Die dezentrale Warmwasserbereitung mit elektrischer Energie führt zu deutlich höheren Energiekosten (2,7 EURO/(m²_{BGF}.a)) als die Warmwasserbereitung mit Fernwärme und Solarthermie (im Mittel 0,8 EURO/(m²_{BGF}.a)). Dies verdeutlicht, dass elektrische Warmwasserbereitung eine wesentlich größere Rolle spielt als der Einsatz von Komfortlüftungsanlagen.

⁴ Energiekostenfaktoren: Fernwärme 48,48 EURO/MWh, Strom 181,1 EURO/MWh. Mittlere Gesamtpreise inkl. Steuern und Netznpreis [Quelle: Linz AG und e-control].



(1) Faktoren: Fernwärme 48,48 EURO/MWh, Strom 181,1 EURO/MWh. Mittlere Gesamtpreise inkl. Steuern und Netzkosten [Quelle: Linz AG und e-control].

Abbildung 15: Energiekosten inkl. Steuern und Netzkosten. Anonymisierte Auswertung pro Wohnhausanlage und Mittelwert der gesamten solarCity.



(1) Faktoren: Fernwärme 48,48 EURO/MWh, Strom 181,1 EURO/MWh. Mittlere Gesamtpreise inkl. Steuern und Netzkosten [Quelle: Linz AG und e-control].

Abbildung 16: Energiekosten inkl. Steuern und Netzkosten. Anonymisierte Auswertung pro Mittelwert der einzelnen Energieeffizienzklassen (Passivhäuser, Niedrigstenergiehäuser, Niedrigenergiehäuser mit und ohne Komfortlüftungsanlage, Energiesparhäuser) und Mittelwert der gesamten solarCity.

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

4.1 Steigerung der Energieeffizienz und Einsparung von Treibhausgasemissionen

Aus der Auswertung der Energieverbrauchsdaten können Schlussfolgerungen für mögliche Optimierungspotenziale hinsichtlich Energieeffizienz, Beitrag zum Klimaschutz und Nutzungskomfort abgeleitet werden. Die einzelnen Maßnahmen wurden aus den Resultaten der Wärmebilanz und der Bewertungen des Endenergieverbrauchs abgeleitet.

– Reduktion des Stromverbrauchs

Die Gebäude der solarCity sind hinsichtlich Raumheizung und Warmwasser durch engagierte Planungsziele und den Einsatz von Fernwärme bereits sehr effizient. Daher dominiert der Anteil des Stromverbrauchs die Primärenergiebilanz und Treibhausgasemissionen (siehe Abbildungen 11-14). Für die zukünftige Gebäudeplanung sind möglichst alle Ansatzpunkte für eine effektive Verbrauchsreduktion von elektrischer Energie auszuschöpfen. Der Einsatz von elektrischer Energie für die direkte Beheizung und Warmwasserbereitung ist unbedingt zu vermeiden. Bei der Planung und Ausführung von Wärmepumpen, Umwälzpumpen und Lüftungsanlagen ist eine maximale Energieeffizienz anzustreben. Gebäude mit kontrollierten Wohnraumlüftungsanlagen (Komfortlüftung) verbrauchen nicht unbedingt mehr Strom oder mehr Primärenergie (siehe Abbildung 10). Entscheidend für den Energieverbrauch von Lüftungsanlagen sind die Qualität des Konzepts (kurze Lüftungsleitungen, niedrige Luftgeschwindigkeiten, wenig Umlenkungen, usw.), die Qualität der Ausführung (insbesondere die Effizienz der Ventilatoren) und die Qualität der Wartung (Filterreinigung und Filtertausch). Es wird empfohlen, die Rohrlängen von Lüftungsanlagen zu minimieren, was beispielsweise durch dezentrale oder semizentrale Lüftungssysteme erreicht werden kann. Eine weitere Empfehlung für die Reduktion des Endenergieverbrauchs an elektrischer Energie ist die gezielte Förderung von Photovoltaikanlagen.

– Reduktion der Transmissionsverluste

Bei einem durchschnittlichen Wohngebäude der solarCity beträgt die Summe aus Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten etwa das Dreifache der Anlagenverluste und etwa das Fünffache der Abwasserwärmeverluste (siehe Abbildung 7). Auch bei den Passivhäusern der solarCity ist die Summe aus Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten der bedeutendste Wärmefluss (siehe Abbildung 8). Die Lüftungswärmeverluste betragen bei allen Wohngebäuden der solarCity etwa ein Viertel bis ein Drittel der gesamten Wärmeverluste (Transmissions- und Lüftungswärmeverluste). Bei Wohnhausanlagen mit Komfortlüftung (mit Wärmerückgewinnung) liegt der Anteil der Lüftungswärmeverluste an den gesamten Wärmeverlusten noch einmal deutlich niedriger. Daher sind die Transmissionsverluste der wichtigste Ansatzpunkt um die Wärmebilanz zu optimieren.

– **Verluste der Wärmeverteilung minimieren**

Die Verteilverluste für Raumheizung und Warmwasserbereitung liegen im Durchschnitt in der solarCity bei etwa $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ und haben daher für die Gesamtenergieeffizienz der Gebäude eine hohe Bedeutung (siehe Abbildung 7). Bei Passivhäusern liegen die Anlagenverluste etwa $3 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ unter dem Durchschnittswert der solarCity, jedoch deutlich über dem Nutzheizenergieverbrauch für die Raumheizung von Passivhäusern (siehe Abbildung 8). Energieeffizientes Bauen muss Verluste reduzieren und daher den bislang wenig beachteten Bereich der Verteilverluste verstärkt Aufmerksamkeit entgegen bringen bzw. dafür relevante Planungsziele einführen. Dabei sollten Verteilverluste durch entsprechende Vorgaben an die Überdämmung von Rohrleitungen und Anschlüssen reduziert werden. Eine Arbeitsgruppe des Freiburger ISE (Solares Bauen) führte als diesbezügliche Planungs-Empfehlung die 200%-Regel ein, was bedeutet, dass die Dämmstärke der Verteilrohre mindestens dem doppelten Wert des Durchmessers entsprechen soll. Dieselbe Empfehlung wird auch in den Passivhausrichtlinien (z.B. PHPP-Berechnung) ausgesprochen.

Allgemein ist zu empfehlen, die Verteilleitungen möglichst intensiv zu dämmen und kurz zu halten sowie wenn möglich in beheizten Bereichen zu führen.

Die Art der Aufbereitung und der Verteilung des Warmwassers hat besonders in großvolumigen Gebäuden einen bedeutenden Einfluss auf die Energieeffizienz, da die Verluste etwa ein Drittel bis über die Hälfte des Endenergieverbrauchs für die Warmwasserbereitung betragen können. Insbesondere außerhalb der Heizperiode sind diese Verluste möglichst niedrig zu halten, da diese ansonsten die Sommertauglichkeit verschlechtern.

– **Aktive Solarerträge steigern**

Es wird empfohlen, einen solaren Deckungsgrad von mindestens 50-70 % für die Warmwasserbereitung anzustreben. Bei Zwei-Leitersystemen für die Wärmeverteilung kann auch eine teilsolare Raumheizung relativ einfach umgesetzt werden. Dazu können beispielsweise fassadenintegrierte Solarkollektoren verwendet werden, die einen höheren Ertrag in der Heizsaison und weniger Überschüsse im Sommer mit sich bringen. Wichtig ist auch, dass die Betriebsergebnisse der Solaranlagen regelmäßig (z.B. alle zwei bis drei Jahre) überprüft werden. Durch Nachjustierungen der Anlagen können in der Regel zusätzliche Ertragssteigerungen erzielt werden.

4.2 Planung und Förderung von klimaschonenden Gebäuden

Für die Primärenergieeffizienz und den Treibhausgasausstoß von Gebäuden haben der Energieverbrauch und die Energieversorgung (Art des Energieträgers und Effizienz der Energieumwandlung) einen wesentlichen Einfluss. Allerdings kann die Energieversorgung durch den Gebäudeplaner nur beschränkt gesteuert werden. Dies kann jedoch auf kommunaler bzw. regionaler Ebene positiv beeinflusst werden, wie dies beispielsweise in der Stadt Linz der Fall ist.

1. **Klimaschutz durch schonenden Umgang mit elektrischer Energie**

Der Verbrauch an elektrischer Energie hat eine höhere relative Wachstumsrate als der Gesamtenergieverbrauch. Elektrische Energie kann als „wertvolle“ oder „hochwertige“ Energie bezeichnet werden, da sie in vielen Bereichen (Beleuchtung, Kommunikation, EDV, usw.) praktisch nicht ersetzbar ist. Ihre Kosten und der ökologische Rucksack lie-

gen aber deutlich höher als bei fossilen oder biogenen Energieträgern. Durch die hohe Wachstumsrate und den hohen Treibhausgasfaktor bewirkt der Stromverbrauch eine stetige Steigerung der Treibhausgasemissionen. Aufgrund des steigenden Stromverbrauchs werden zusätzliche Kraftwerke benötigt.

Wie anhand der solarCity gezeigt wurde, können im Rahmen der Bauplanung sehr effektive Maßnahmen gesetzt werden um den Energieverbrauch für Beheizung und Warmwasser zu minimieren. Es bestehen jedoch wenige Ansatzpunkte um den Verbrauch an Haushaltsstrom zu reduzieren. Für die zukünftige Gebäudeplanung sind möglichst alle Ansatzpunkte für eine effektive Verbrauchsreduzierung von elektrischer Energie auszuschöpfen.

Die wichtigsten Strategien für eine effektive Verbrauchsreduzierung von elektrischer Energie im Gebäudebereich sind:

- Vermeidung des Einsatzes von elektrischer Energie für die direkte Beheizung und Warmwasserbereitung.
- Konsequente Verfolgung von Stromsparkonzepten für den Haushaltsbereich (Contracting, verbindliche Nutzung von Energiespargeräten z.B. Geschirrspüler und Waschmaschinen mit Warmwasseranschluss, Vermeidung von Standby-Verbrauch, etc.).
- Nutzung von Photovoltaik. Dies ist durch entsprechende Fördermodelle zu unterstützen.
- Sicherstellung der Sommertauglichkeit unter Berücksichtigung von anerkannten Klimaszenarien für das Jahr 2050 (mögliche Erhöhung der Länge von extremen Hitzeperioden auf das Vierfache) um die Verwendung von Klimaanlage zu vermeiden. Wird dies nicht berücksichtigt, besteht die Gefahr, dass die Klimaschutzerfolge in der Heizsaison durch einen erhöhten Treibhausgasausstoß in der Kühlsaison teilweise kompensiert werden.
- Forschung und Entwicklung für die effektive Reduktion des Stromverbrauchs in Gebäuden.

2. Energieversorgung durch Fernwärme

Die Primärenergie- und Treibhausgasfaktoren der Fernwärmeerzeugung in Linz sind durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und durch den Bau eines neuen Biomasse-Heizkraftwerks in den letzten Jahren stark gesunken.

Die Fernwärme ist im urbanen Bereich ein geeigneter Energieträger, nicht nur für konventionelle Gebäude oder Niedrigenergiehäuser, sondern auch für Passivhäuser. Denn Passivhäuser weisen einen deutlich konstanteren Fernwärmeverbrauch während des Jahres auf als konventionelle Gebäude oder Niedrigenergiehäuser, bei denen höhere Unterschiede des Fernwärmeverbrauchs in den Sommermonaten verglichen mit den Wintermonaten auftreten. Daher bewirken Passivhäuser eine effizientere Auslastung der Fernwärme.

Nachteilig für fernwärmeversorgte Wohnanlagen in Passivhausstandard sind jedoch die Kosten für die individuelle Abrechnung (inkl. Messgeräte und deren Eichung, usw.). Bei Einsatz von Wärmemengenzählern können die Messkosten mehr als die Hälfte der Abrechnungskosten für die Beheizung betragen. Daher wäre zu überlegen, ob bei fernwärmeversorgten Passivhaus-Wohnanlagen nicht andere Abrechnungsmodelle (z.B.

nach Wohnnutzfläche) angewandt werden sollten. Dies betrifft die gesetzliche Regelung durch das Heizkostenabrechnungsgesetz.

3. Effizienzsteigerung durch Monitoring

Nach Inbetriebnahme eines Gebäudes erfolgt häufig keine Überprüfung der energietechnischen Planungs- und Zielwerte. So werden in der Betriebsführung falsche regelungstechnische Einstellungen oder Defekte oft lange Zeit nicht bemerkt. Dem Betreiber fehlen dazu in der Regel geeignete Analyseinstrumente.

Wie auch in anderen Forschungsprojekten festgestellt wurde (z.B. laufende Monitoring-Projekte des BMVIT-Impulsprogramms Haus-der-Zukunft), kann durch ein Energie-Monitoring von Gebäuden der Nutzungskomfort erhöht werden, eine beträchtliche Menge an Energie eingespart werden und auch damit verbundene Treibhausgasemissionen reduziert werden. Der primäre Ansatz für diesbezügliche Maßnahmen ist die Optimierung der Regelung.

4. Rahmenbedingungen für die Planung und Förderung von Passivhaus-Bauten

Das Passivhauskonzept ist ein umfassendes Konzept für eine optimale Gesamtenergieeffizienz und hohe Behaglichkeit in Gebäuden. Die Definition des Passivhauskonzepts laut Passivhausinstitut Darmstadt beruht auf einer hohen thermischen Behaglichkeit und der Beheizbarkeit durch Nachheizen des hygienisch notwendigen Frischluftvolumenstroms. Als Rahmenbedingung für die Wahl des Energieträgers ist ein Zielwert für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf angegeben.

Die Passivhäuser der solarCity demonstrieren eindrucksvoll, welche weiteren Optimierungspotenziale hinsichtlich Energieeinsparung möglich sind. Allerdings wird in der derzeit üblichen Planung von Passivhäusern, die zentrale Zielsetzung meist auf die Erreichung des Grenzwerts für den Heizwärmebedarf ($HWB \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a})$) und nicht auf die Erreichung des Grenzwerts für den Primärenergiebedarf ($PEB \leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a})$) gelegt. Dies kann dazu führen, dass ein Niedrigstenergiehaus mit Solaranlage eine bessere Primärenergieeffizienz aufweist als ein Passivhaus ohne Solaranlage. Auch eine ungünstige Wärmeverteilung (für Warmwasser und Heizung) im Passivhaus kann die Primärenergieeffizienz unter das Niveau eines Niedrigstenergiehauses mit effizientem Verteilkonzept drücken. Daher ist das Konzept für Passivhäuser ganzheitlich umzusetzen, um die gewünschten Zielsetzungen (Schonung von Energieressourcen, Reduktion der Abhängigkeit von Energieimporten und Klimaschutz) möglichst effektiv zu erreichen. Die Gesamtenergieeffizienz und die Treibhausgasemissionen sind zu berücksichtigen.

Die Beschränkung auf die Kennzahl Heizwärmebedarf (Nutzenergie-Heizung / pro m^2 Bruttogeschossfläche) ist für die Umsetzung eines ganzheitlichen Konzepts für Passivhäuser zu wenig. Es ist daher notwendig neben dem Heizwärmebedarf weitere Energiekennzahlen zu berücksichtigen, die auch in der OIB Richtlinie 6 [OIB, 2007a] festgelegt sind:

- Heizenergiebedarf (HEB): Endenergiebedarf für Heizungs- und Warmwasserversorgung, der sich zusammensetzt aus dem Heizwärmebedarf, dem Nutzenergiebedarf für Warmwasser (WWWB), den Verlusten (für Erzeugung, Verteilung und Speicherung) sowie dem Hilfstechneenergiebedarf für Heizungs- und Warmwasseranlagen im Gebäude (HTEB). Diese Kennzahl entspricht für Wohngebäude der Endenergiebedarfs-Kennzahl (EEB) laut OIB Leitfaden 2.6 [OIB, 2007b] und ist für jedes neue Wohngebäude nachzuwei-

sen. Zusätzlich zum HEB sollten die Anteile der einzelnen Energieträger am HEB ausgewiesen werden, um eine direkte Vergleichbarkeit mit den Verbrauchsdaten zu ermöglichen.

- Endenergiebedarf an elektrischer Energie (HEBel.E, EEBel.E): Menge an elektrischer Energie aus dem Stromnetz, die dem Heizsystem und allen anderen energietechnischen Systemen zugeführt werden muss um den Heizwärme- und Warmwasserwärmebedarf decken zu können. Es ist zu prüfen, ob und mit welcher Methodik weitere Strombedürfnisse innerhalb des Gebäudes in diese Kennzahl integriert werden können.
- Primärenergiebedarf (PEB; KEA Kumulierter Energieaufwand) und Treibhausgasemissionen (CO₂; CO₂-Ä.) die aus dem Heizenergiebedarf (HEB) resultieren, unter Berücksichtigung aller vorgelagerten Prozesse (z.B. Gewinnung, Aufbereitung und Transport von Energieträgern). Es ist zu prüfen, ob und mit welcher Methodik weitere Energiebedürfnisse innerhalb des Gebäudes in diese Kennzahl integriert werden können. Die CO₂-Kennzahl zeigt, wie gut das Klimaschutz-Ziel erreicht wurde. Es wird empfohlen, bei allen geförderten Gebäuden im außenliegenden Eingangsbereich diese Kennzahl als „Klimaschutz-Ausweis“ anzubringen und dies im Rahmen der Förderungsbedingungen verpflichtend festzulegen. Für die Berechnung dieser Kennwerte sind die zwei obigen Kennzahlen, die Anteile der Energieträger am HEB und die entsprechenden PEB- und CO₂-Faktoren nötig. Die Faktoren sollten den europäischen Strommix (UCPTE) berücksichtigen und politisch festgelegt werden und können der [ÖN EN 15603, 2008] oder der Datenbank GEMIS entnommen werden [UBA, 2007].

Die Berechnungsmethodik dieser Energiekennzahlen wurde im Rahmen der Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) teilweise durch den OIB Leitfaden [OIB, 2007b] und darin angeführte Ö-Normen festgelegt. Da diese Energiekennzahlen künftig flächendeckend für fast alle Neubauten und Sanierungen zu berechnen sind, besteht kein oder kaum planerischer Mehraufwand, wenn diese Kennzahlen im Rahmen der Förderung vorgeschrieben werden.

Die Gegenüberstellung der Bedarfskennwerte zu den Verbrauchskennwerten zeigte, dass die früher übliche Berechnungsmethodik der Bedarfskennzahlen (EN 832) für energieeffiziente Wohngebäude nur eingeschränkt aussagekräftig ist. Die Methodik liefert verlässlichere Ergebnisse für Gebäude mit Heizwärmebedarfswerten von etwa 40-50 kWh/(m²_{BGF}·a) oder darüber. Hingegen bestehen größere Abweichungen zu realen Verhältnissen, je kleiner der Heizwärmebedarf wird.

5 Literatur

BEDNAR, T., HÖFER, T., DREYER, J. *Cost-efficient lowest-energy multifamily houses in Vienna - Part 1: Design strategies*. Proceedings of the Nordic Symposium on Building Physics 2008. Copenhagen, 2008

ENGELMANN, P., VOSS, K., SMUTNY, R., TREBERSPURG, M. (2008) „*Studentisches Wohnen im Passivhaus. Analyse von vier realisierten Studentenwohnheimen*“ Proceedings der 12. Passivhaustagung, 11.-13.04.2008 in Nürnberg. Passivhausinstitut, Darmstadt.

IWU (2006) *Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren von Energieträgern. Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und – versorgungen auf der Grundlage von GEMIS*. 16.02.2006. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. Online (letzter Zugriff: 18.09.2008):
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf.

LANDESINITIATIVE ZUKUNFTSENERGIEN NRW (2002) *Planungsleitfaden 50 Solarsiedlungen in Nordrhein-Westfalen*. Düsseldorf.

OIB (2007a) *OIB – Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Ausgabe April 2007. Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien

OIB (2007b) *OIB – Leitfaden. Energietechnisches Verhalten von Gebäuden*. Ausgabe Version 2.6, April 2007. Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien.

ÖNORM EN 832 (1999). *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs - Wohngebäude*. 1999-07-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.

ÖNORM EN 15603 (2008). *Energieeffizienz von Gebäuden - Gesamtenergieverbrauch und Festlegung der Energiekennwerte*. 2008-07-01. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.

REINTHALER, E., BRUCK, M, LECHNER, R., AMESBERGER, G., KOBLMÜLLER, M. (2005) *LES! – Linz entwickelt Stadt! Kriterien für eine nachhaltige Stadtentwicklung*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 05/2005. Programmlinie Haus der Zukunft. Wien: BMVIT.

TREBERSPURG, M., SMUTNY, R., ERTL-BALGA, U., GRUENNER, R., NEURURER, C., (2010) *Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien*. Wiener Wohnbauforschung, MA50

UBA - UMWELTBUNDESAMT (2007) *GEMIS-Österreich. Gesamt Emissions Modell Integrierter Systeme für Österreich*. Version 4.42. CD-ROM. Institut für angewandte Ökologie e.V. (Öko-Institut), Freiburg, Umweltbundesamt Wien. November 2007.