

Jahresbericht 2002

Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen

Autor Sven Kropf
beauftragte Institution ETH Zürich
Adresse ETH Zentrum, WET, 8092 Zürich
E-mail, Internetadresse kropf@hbt.arch.ethz.ch, www.airflow.ethz.ch
BFE Vertrags-Nummer 80'065
Dauer des Projekts (von - 1.1.2001 - 31.12. 2003
bis)

ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt zielt auf eine Optimierung der Hinterlüftung von schindelartig angeordneten PV-Modulen auf Dächern und an Fassaden und beinhaltet Vorstudien für mögliche Nutzungsarten der gewonnenen Warmluft.

2002 wurde eine Pilot- und Demonstrationsanlage am Obstweg 12 in Steinhausen ZG realisiert. In einer Feldmessung wurde diese von April bis Oktober 2002 ausgemessen. Die bei der Kühlung der PV-Module gewonnene Warmluft wird in den Keller des Einfamilienhauses geleitet und unterstützt die Luft/Wasser-Wärmepumpe bei der Warmwasser-Aufbereitung.

Zur Untersuchung von diversen Fallbeispielen wurde ein dynamisches Simulationsmodell entwickelt und an Hand der Feldmessungen validiert.

Projektziele

Die Integration der Photovoltaik Elemente in die Gebäudehülle ist notwendig für die grossmassstäbliche Solarstromproduktion. Die dabei anfallende Wärme soll aus technischen Gründen abgeführt werden, was günstige Synergien mit der Wärmenutzung für das Gebäude ermöglicht.

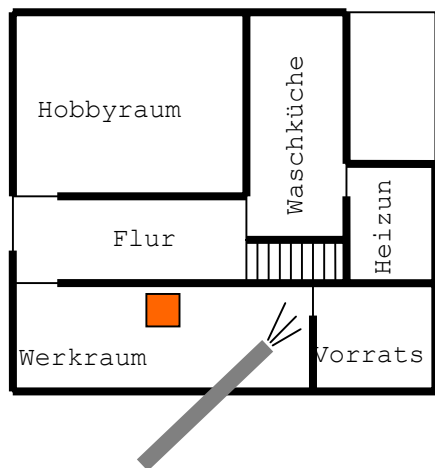
Aufgrund der Charakteristik der anfallenden Wärmegewinne sollen geeignete Nutzungsarten für den Wärmehaushalt des Gebäudes definiert werden. Die als günstig erkannten Nutzungsarten können Rückwirkungen auf die Optimierung des PV/thermischen-Gebäudehüllenteils haben. Generell gilt es, das PV-System bezüglich des Wärmeübergangs durch Hinterlüftung (effiziente Kühlung der Photovoltaik), des Energieaufwandes zur Hinterlüftung (Ventilatorleistung) und der für den Wärmebedarf des Gebäudes nutzbaren Wärme unter Berücksichtigung der entstehenden Kosten zu optimieren.

Ziele für das Berichtsjahr:

1. Die Programme zur Bestimmung der einzelnen Aufwände und Erträge sind festgelegt und das genaue Vorgehen für die Vergleichsrechnungen ist definiert.
2. Für den PV/T-Luftkollektor wurde ein NMF-Modell entwickelt und mit der Feldmessung des P&D-Projektes validiert. Dieses Modell wird es ermöglichen, mit dem Gebäudesimulations-programm IDA die zu untersuchenden Referenzsysteme zu beschreiben und die erforderlichen Werte zu berechnen.
3. Die Resultate der Kosten-Nutzen-Berechnungen liegen vor. Dieses Ziel ist neu auf nächstes Jahr terminiert.
4. Mindestens ein P&D-Projekt wird beim BFE eingereicht. Seit Mai dieses Jahres ist die P&D-Anlage in Steinhausen in Betrieb. Das Projekt wurde nicht vom BFE, sondern von der Fachhochschule Zentralschweiz und von der Gemeinde Steinhausen finanziell unterstützt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Feldmessung



Seit Juni 2002 läuft die Feldmessung am PV/T-Dach des Geräteschuppens im Garten des Einfamilienhauses am Obstweg 12 in Steinhausen. Im Keller des Einfamilienhauses steht eine Öl-Zentralheizung mit integrierter Warmwasser-Aufbereitung. Ausserhalb der Heizperiode wird der Boilerinhalt mittels eingebauter Luft/Wasser-Wärmepumpe erwärmt. Die Wärme wird dabei der Raumluft im Keller entzogen, was im Sommer zu Temperaturen von bis zu lediglich 12°C und damit zu Feuchtigkeitsproblemen führte.

Fig. 1: Kellergeschoss

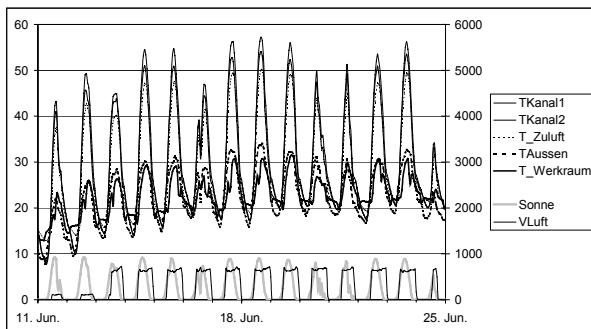
Um dieses Problem zu entschärfen, suchte man nach einer Möglichkeit, die Eingangstemperatur der Wärmepumpe zu erhöhen, was einerseits zu einem geringeren Stromverbrauch für die Warmwasser-Aufbereitung und andererseits zu wärmerer und trockenerer Luft im ganzen Kellergeschoss führt.

Die benötigte Wärme für die Zuluft der Wärmepumpe wird heute mittels idealer Hinterlüftung den Photovoltaik-Ziegeln entzogen, welche auf dem Dach des Geräteschuppens im Garten der Liegenschaft montiert wurden.

Die Hinterlüftung der PV-Ziegel sorgt gleichzeitig für eine Kühlung der Solarzellen und damit für einen erhöhten elektrischen Wirkungsgrad.

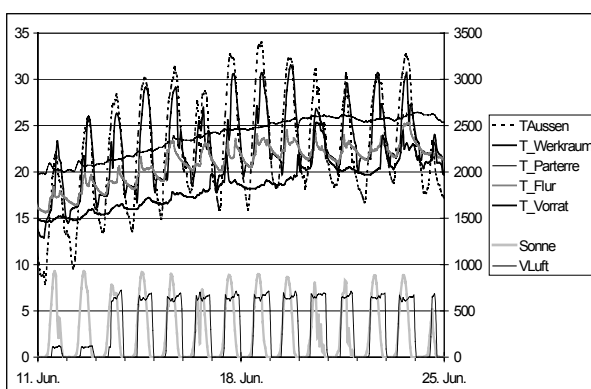


Figur 2: Zuluftfassung für WP im Geräteschuppen



Grafik 1: Lufttemperaturen im PV/T-System

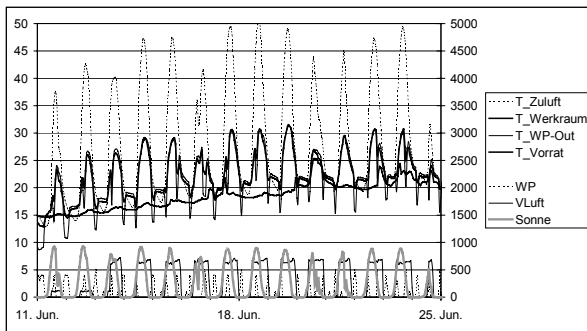
Während der Hitzeperiode Mitte Juni (34°C Tagesspitze) stieg die Lufttemperatur unter dem Dachgiebel (TKanal) auf 55°C und beim Zutritt in den Werkraum (T_Zuluft) auf 50°C. Im Werkraum selber erreichte die Raumtemperatur (T_Werkraum) 30°C und leicht darüber.



Grafik 2: Raumtemperaturen

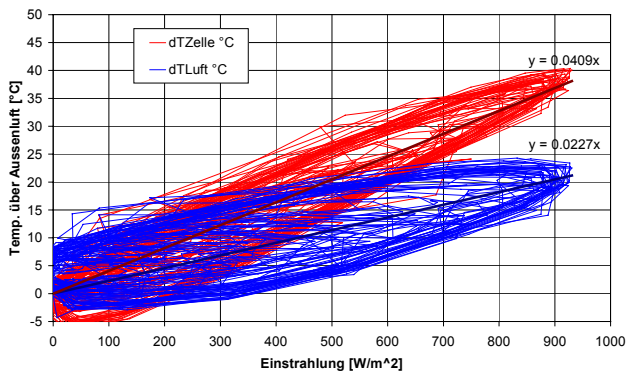
Die Wärme musste zum Teil dem Werkraum wieder abgeführt werden. Die Tür zum Flur und die Haustür vom Flur nach draussen blieben dazu über Mittag offen, währenddem die Tür zum Vorratskeller geschlossen blieb. Damit wurde erreicht, dass der restliche Teil des Kellergeschosses (T_Flur und

T_Vorratskeller) nicht im gleichen Masse aufgeheizt wurde, so dass die Temperaturen immer unter denjenigen im Parterre (T_Parterre) lagen. Am 20. Juni blieb die Tür zum Vorratskeller zwecks Luftwechsel offen - die Auswirkungen sind im Diagramm klar ersichtlich.



Grafik 3: Lufttemperaturen im WP-System

Die Wärmepumpe-Austrittstemperatur (T_{WP-Out}) folgt der Werkraum-Temperatur, solange die Wärmepumpe nicht in Betrieb ist. Während des Betriebes fällt sie kurzzeitig ab und zieht die Werkraum-Temperatur ein wenig mit sich. Wegen dem Stromtarif läuft die Wärmepumpe vor allem morgens oder abends. Ein Betrieb am Nachmittag wäre punkto Stromverbrauch und Temperaturverlauf im Werkraum interessanter.



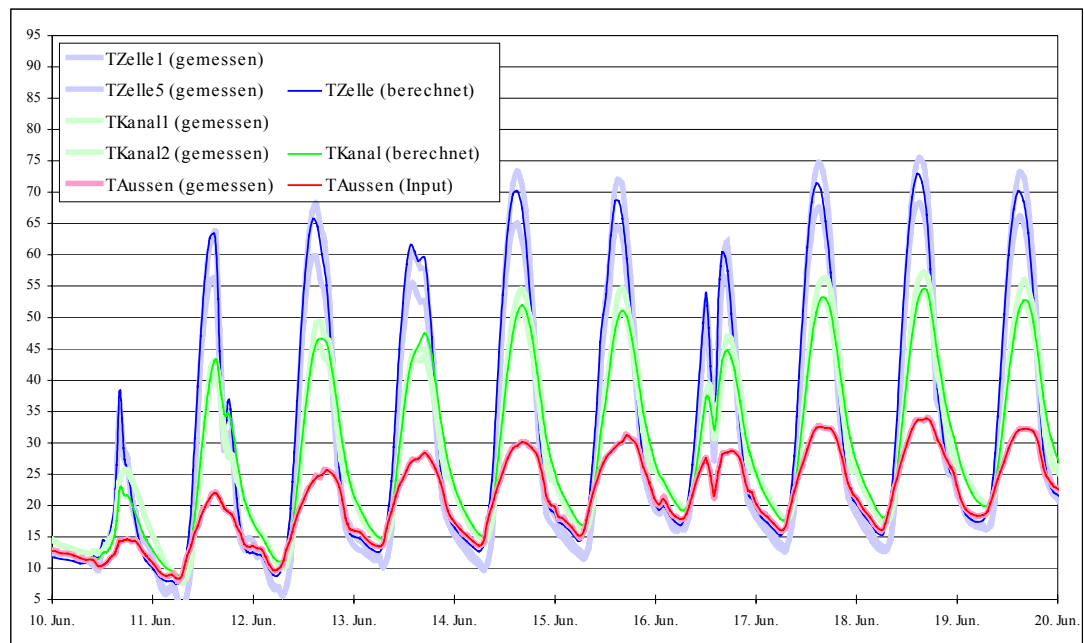
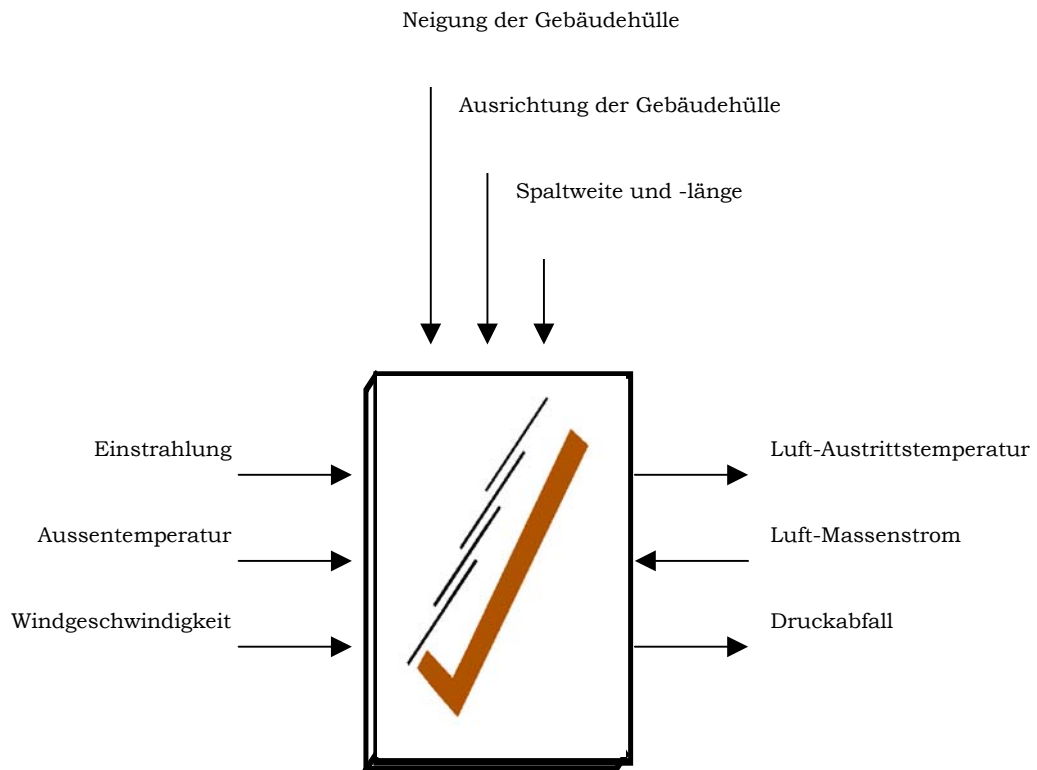
Grafik 4: Übertemperatur - Einstrahlung

Wie bei der Auswertung der Labormessungen zeigt auch diese Grafik den Verlauf der Übertemperaturen in Abhängigkeit der Einstrahlung. Es sind 50 Tagesverläufe während den Monaten Juni/Juli übereinander gezeichnet, was die Reproduzierbarkeit des Kurvenverlaufes illustriert. An sonnigen Tagen liegt das Tagesmaximum der Zelltemperatur nur 18 K über derjenigen der Lufttemperatur im Dachgiebel. Der Höchstwert für die Zelltemperatur am 18. Juni betrug 75°C (anstelle 95°C ohne Hinterlüftung).

Modellierung

Das NMF-Format ("neutral modelling format") erlaubt es, dynamische physikalische Vorgänge mittels Differentialgleichungen zu beschreiben, ohne sich um die Lösung dieser Gleichungen kümmern zu müssen. Dies ist später die Aufgabe des IDA-Solvers. Das Modell des PV/T-Luftkollektors kann mit den Modellen des Gebäudesimulationsprogrammes IDA-ICE ("Indoor Climate and Energy") verknüpft werden.

Figur 3: Das physikalische Modell des PV/T-Luftkollektors:



Grafik 5. Validierung des Modells - Vergleich Messung und Simulation:

Nationale Zusammenarbeit

Viele verschiedene Institute wurden und werden für das Projekt zu Rate gezogen:

Luftstömungssimulationen: Air&Climate, Institut für Hochbautechnik, ETH Zürich.

Feldversuch: Prüfstelle HLK (Heizung, Lüftung, Klima), HTA Luzern.

Gebäudesimulationen: Zentrum für interdisziplinäre Gebäudetechnik, HTA Luzern.

Referenzsysteme: Erdwärmespeicher: LEEE-TISO, SUPSI Canobbio.

Wärmepumpen: Institut für Energie, FHBB Muttensz.

Referenzhäuser: AEU GmbH, Robert Hastings, Wallisellen.

Internationale Zusammenarbeit

Referenzsysteme: IEA Solar Task 28 "Sustainable Solar Housing"

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Die Feldmessungen bestätigen die Praxistauglichkeit des Systems. Mit den Feldversuchen wurde eine Grundlage für eine weitere Optimierung geschaffen. Diese soll in einen engen Zusammenhang mit einer geplanten Nutzung der Warmluft gebracht werden.

Das dynamische Simulationsmodell für den Wärmeertrag der Komponente wurde erfolgreich validiert. Hiermit besteht eine gute Grundlage für die Berechnung des Nutzungsgrades in der bevorstehenden letzten Projektphase.

Referenzen

- [1] S. Kropf: **Multifunktionale Gebäudehülle: Wetterschutz, PV und Luftkollektor**, Schlussbericht BFE Projekt-Nr. 29943, September 1999.
- [2] S. Kropf: **PV/T-Schiefer - Messresultate**, Nationale PV-Tagung, Mai 2002.
- [3] S. Kropf: **PV/T-Schiefer - Entwicklung einer neuen Gebäude-Komponente: Messung - Modellierung - Simulation**, Statusseminar, September 2002.