

# **Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zur Wärmeversorgung von Objekten mit niedrigem Energiebedarf**

**Dipl.-Ing. Kurt Könighofer,**  
**JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung**  
**Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Padinger,**  
**JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung**

## **Kurzfassung**

Ziel des Projektes war es, Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zu erstellen, die in Objekten mit niedrigem Energiebedarf eingesetzt werden können. Betrachtet wurden Mehrfamilienwohnbauten und Bürobauten.

Einerseits handelte es sich dabei um technische Fragestellungen, die in Form von technischen Parametern zu beantworten sind: Es wurde festgestellt, welche Heizanlagen bereits am Markt sind und wie noch zu entwickelnde Biomassefeuerungen gestaltet werden müssen, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen.

Andererseits handelt es sich um eine sozialwissenschaftliche Fragestellung: Hierzu wurden die Meinungen und die Einstellungen derjenigen, die mit der Heizanlage in ihrem täglichen Leben konfrontiert sind, untersucht.

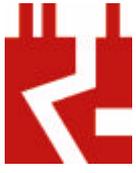
Die Bearbeitung erfolgte durch ein multidisziplinäres Team bestehend aus Technikern und Soziologen. Die inhaltlichen Schwerpunkte waren die Erstellung einer Marktübersicht, die Befragung der Nutzer (Bewohner, Wohnbauträger und Heizungsbetreuer), die Simulationsrechnungen zum Wärmebedarf der untersuchten Gebäude und die Festlegung von Anforderungsprofilen. Energieexperten, Heizanlagenhersteller und Wohnbauträger wurden mittels Workshops eingebunden.

Als Ergebnisse liegen nun Anforderungsprofile vor:

- Geringer Bedienungsaufwand, geringe Lärm- und Schmutzmissionen sowie größtmögliche Betriebssicherheit und hoher Automatisierungsgrad.
- Optimierung in Bezug auf Wirkungsgrad und Emissionen für Betriebszustände, in denen der Wärmebedarf des Gebäudes unter 30% der Heizlast liegt, unter Berücksichtigung eines Taktbetriebs.
- Häufigkeit der Takte möglichst klein, das heißt, das Verhältnis zwischen „Brennzeit“ und „Pausenzeit“ möglichst groß halten; im allgemeinen Ausstattung mit einem Pufferspeicher.
- Brauchwassererwärmung im Sommer durch Einsatz einer zusätzlichen Wärmequelle (z. B. Solaranlage).
- Die Feuerungsanlagen sollen für eine möglichst große Bandbreite von Brennstoffen geeignet sein.
- Die Biomassefeuerungen soll so konzipiert werden, dass eine kostengünstige Serienfertigung von Standardkomponenten erreicht wird.

Damit lässt sich folgender Forschungsbedarf ableiten:

- Anlagenkonzepte für unterschiedliche Brennstoffe („Multifuel-Konzepte“).
- Neue Auslegungsstrategie für Feuerungen in Bezug auf Teillastverhalten.
- Messprogramm von Teillastzuständen hinsichtlich Wirkungsgrade und Emissionen.
- Einfache Rechenhilfe zur Auslegung von optimierten Pufferspeichern.



# Haus der Zukunft

---

---

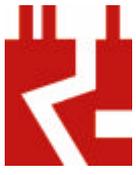


## Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen

Kurt Könighofer  
Reinhard Padinger

Joanneum Research  
Institut für Energieforschung

Eine Initiative des 



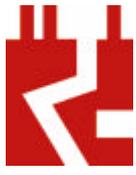
# Projektorganisation

---

---



- **Kooperationspartner**
  - ✂ JOANNEUM RESEARCH: Kurt Könighofer, Reinhard Padinger
  - ✂ IFZ: Jürgen Suschek-Berger
  - ✂ TU Graz - IWT: Wolfgang Streicher, Thomas Mach
- **Bearbeitungszeitraum: 01/2000 – 03/2001**
- **Finanzierung im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ (1. Ausschreibung)**
- **Bericht verfügbar:**  
<http://www.hausderzukunft.at/>



# Projektbeschreibung



- **Welchen Energiebedarf haben Häuser der Zukunft?**
  - ✂ Simulation von Referenzbauten
- **Sind Biomassefeuerungen dafür geeignet?**
  - ✂ Aktuelle Marktsituation, Befragung der Nutzer (Wohnbauträger, Bewohner, Heizungsbetreuer)
- **Was müssen (Biomasse)Feuerungen können?**
  - ✂ Ableitung von Anforderungsprofilen



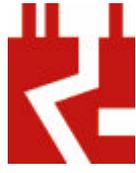
## Projekthinhalte (1)

---

---



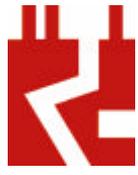
- **Analyse der Nutzererfahrungen durch**
  - Sekundäranalyse bestehender Befragungen und
  - zusätzliche Befragung für fehlende Aspekte
- **Festlegung von Referenzbauten durch**
  - Charakterisierung der Wärmebedarfsdeckung (Raumwärme- und Warmwasserversorgung) und
  - aus den Erfahrungen bestehender bzw. geplanter Niedrigenergiebauten



## Projekthinhalte (2)



- **Simulationsrechnungen mit TRNSYS**
- **Ableitung der Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen für Niedrigenergiebauten**
  - Leistungsanforderungen
  - Jahresdauerlinien
  - Vollastbetriebsstunden

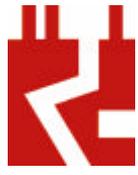


# Die wichtigsten Ergebnisse (1)



- **Aus der Nutzerbefragung:**

- ~~geringer Bedienungsaufwand~~
- ~~geringe Lärm- und Schmutzmissionen~~
- ~~größtmögliche Betriebssicherheit~~
- ~~hoher Automatisierungsgrad~~
- ~~Eignung für möglichst große Bandbreite von Brennstoffen~~

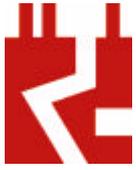


## Die wichtigsten Ergebnisse (2)

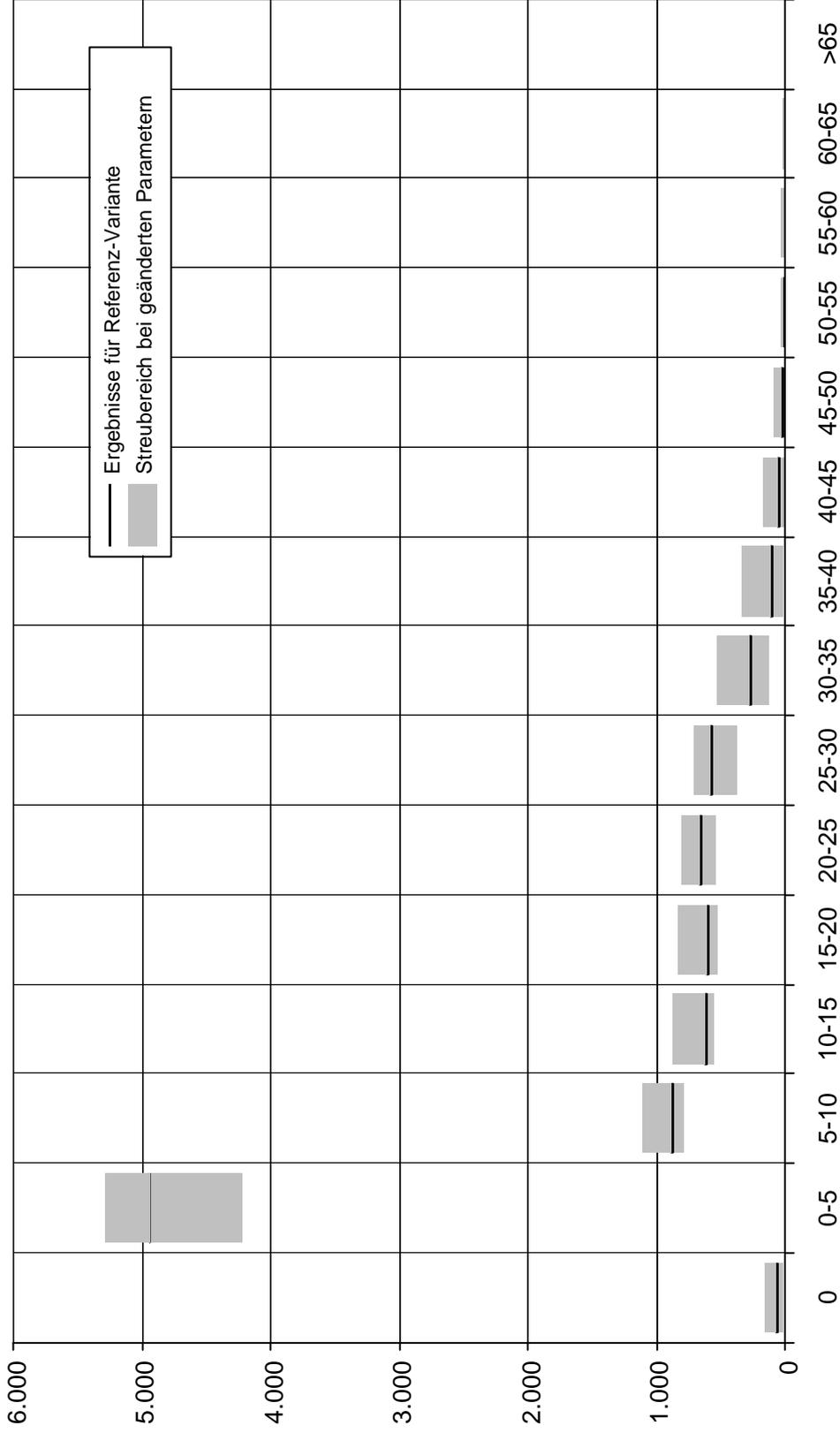


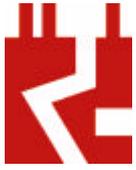
- **Technische Anforderungen:**

- ✍ Optimierung in Bezug auf Wirkungsgrad und Emissionen für Wärmebedarf des Gebäudes unter 30% der Heizlast und unter Berücksichtigung eines Taktbetriebs.
- ✍ Häufigkeit der Takte möglichst klein halten; im allgemeinen Ausstattung mit einem Pufferspeicher.

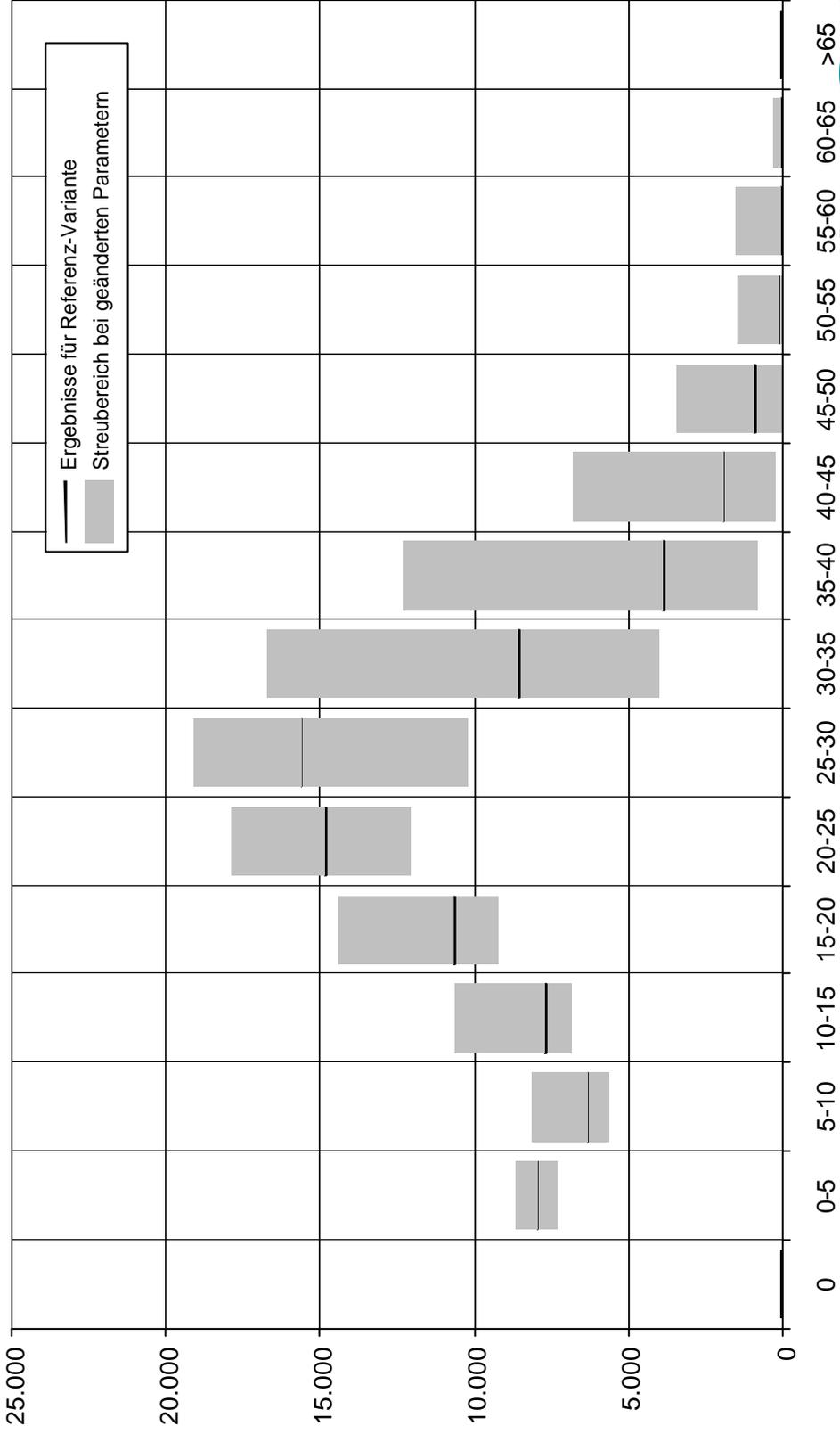


# Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs



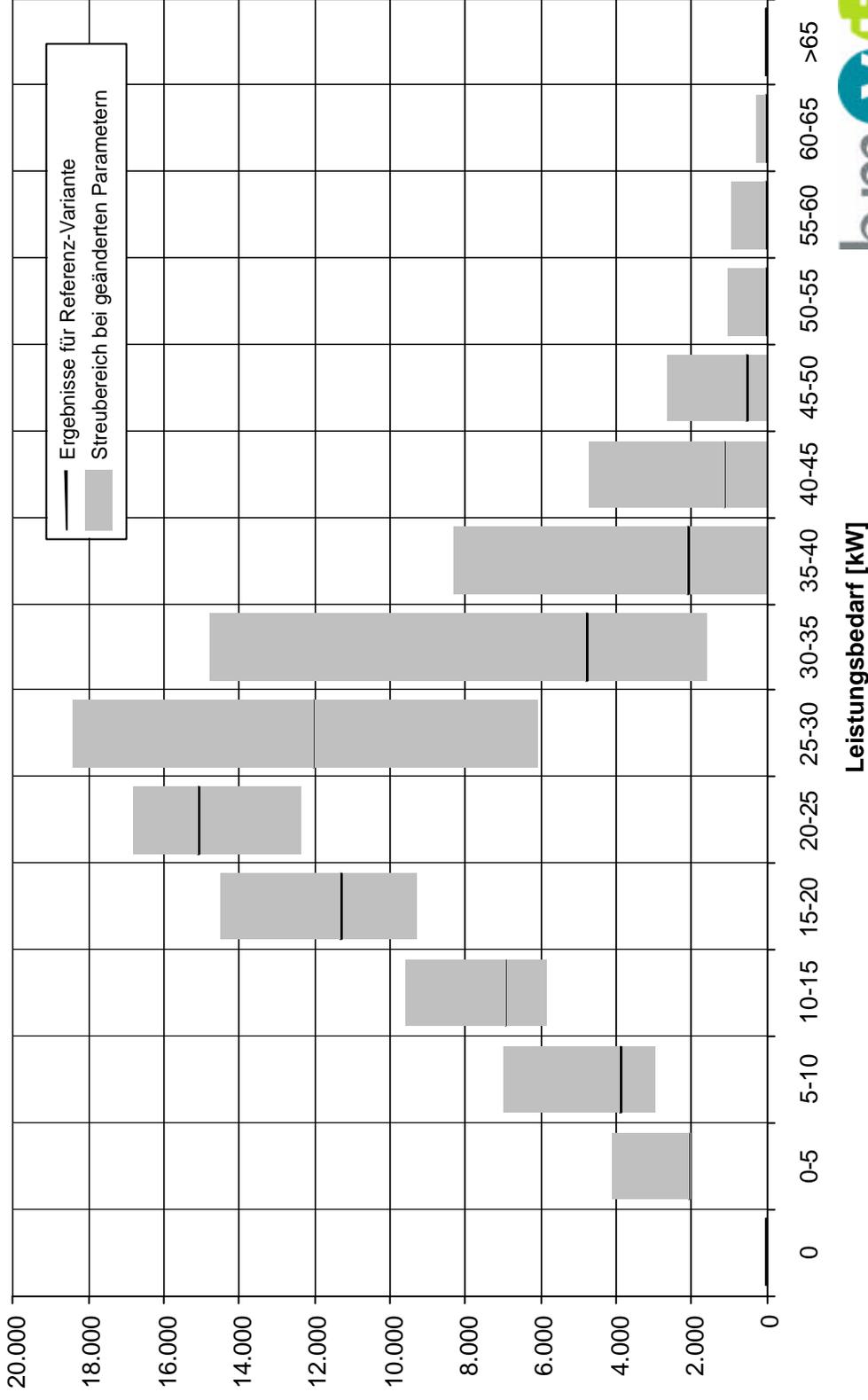


# Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung Leistungsspektrum des Wärmebedarfs



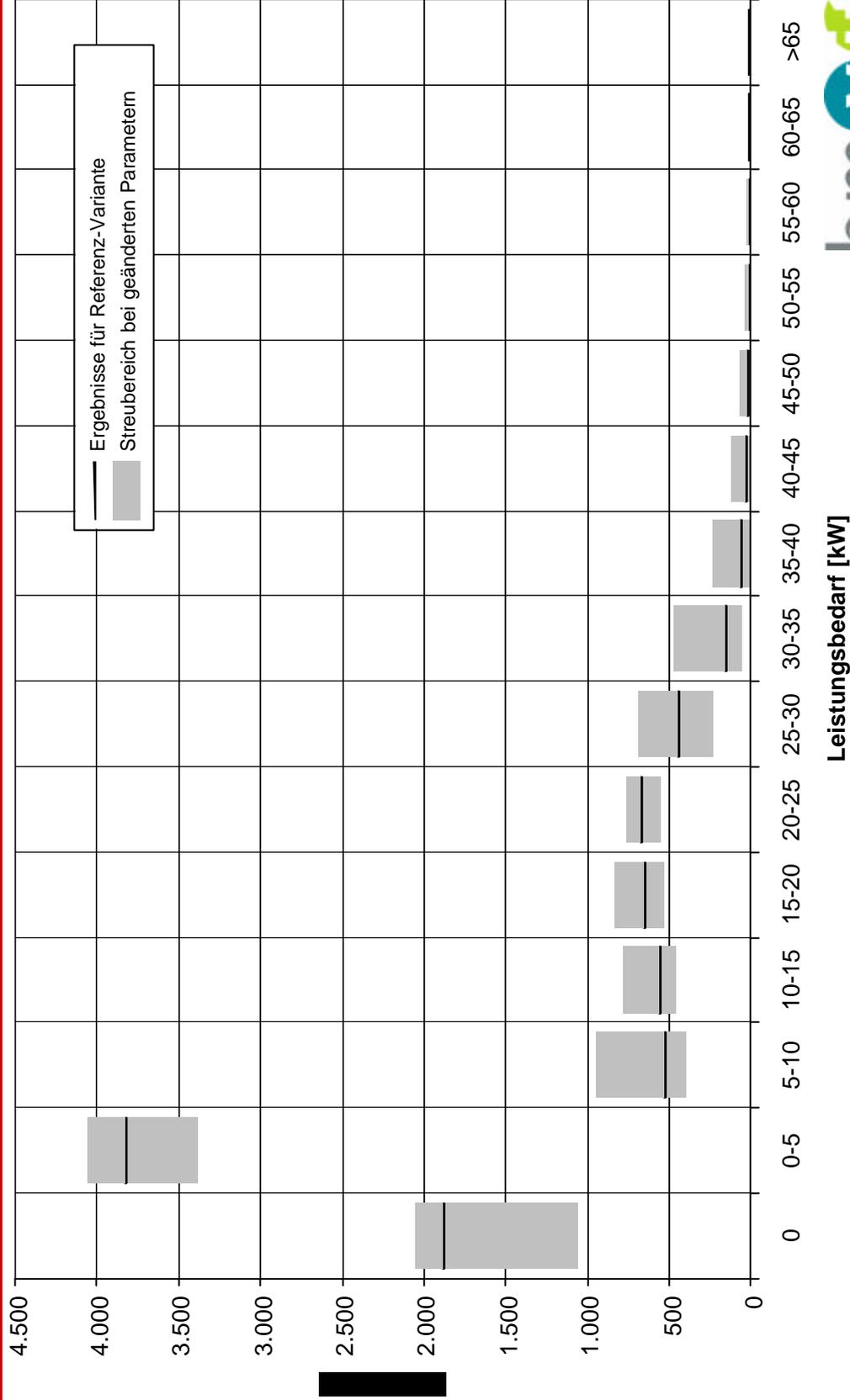


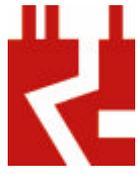
# Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung Leistungsspektrum des Wärmebedarfs





# Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs



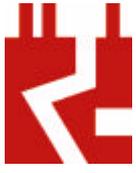


## Die wichtigsten Ergebnisse (3)



- **Sonstige Anforderungen:**

- ✗ Brauchwassererwärmung im Sommer durch Einsatz einer zusätzlichen Wärmequelle (z. B. Solaranlage).
- ✗ Die Biomassefeuerungen soll so konzipiert werden, dass eine kostengünstige Serienfertigung von Standardkomponenten erreicht wird.



# Empfehlungen



-  **Kostengünstige Serienfertigung von Biomassefeuerungen.**
-  **Anlagenkonzepte für unterschiedliche Brennstoffe (“Multifuel-Konzepte”)**
-  **Neue Auslegungsstrategie für Feuerungen in Bezug auf Teillast-verhalten**
-  **Ergänzung mit erneuerbaren Energieträgern für Brauchwassererwärmung im Sommer.**

# Biomassefeuerungen – Optimierte Regelungstechnik

Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Padinger,  
JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung

Die Nutzung von Biomasse, zur Erzeugung von Raumwärme gehört zu den wichtigsten Elementen des „nachhaltigen Wirtschaftens“. Voraussetzung für den Einsatz dieses Energieträgers sind optimierte Verbrennungsanlagen mit hoher Effizienz und geringen schädlichen Emissionen. Aufgrund der aktuellen Einschätzung der Bedeutung der Biomasse in der Raumwärmeversorgung ist zu erwarten, dass automatisch beschickte Biomassefeuerungen bei der Beheizung des „Hauses der Zukunft“ eine wichtige Rolle spielen werden. Im größeren Leistungsbereich (ab etwa 300 kW) sind bereits automatisch beschickte Feuerungsanlagen mit hoher Effizienz und geringen Emissionen verfügbar. Diese Anlagen sind verfahrenstechnisch optimiert und mit fortschrittlichen, emissionsgeführten Regelungssystemen ausgestattet. Die dabei eingesetzten Techniken zur Verbrennungsoptimierung sind jedoch für den Einsatz in kleineren Feuerungsanlagen im Allgemeinen zu teuer. Darüber hinaus erfüllen diese Techniken im Allgemeinen nicht die spezifischen Anforderungen von Gebäuden mit niedrigem Leistungsbedarf. Es bestand somit der Wunsch, an den Bedarf des „Hauses der Zukunft“ angepasste und optimierte Biomassefeuerungen mit einem Regelungssystem, das sowohl in Hinblick auf die Verbrennungsregelung an sich wie auch in Hinblick auf die Regelung des gesamten Heizsystems den Anforderungen des „Hauses der Zukunft“ entspricht, zu entwickeln. Ziel des Projekts war daher die Durchführung grundlegender Untersuchungen zum Einsatz einer solchen Regelung für Kleinfeuerungsanlagen als Basis für eine Produktentwicklung, die in einem nachfolgenden Entwicklungsvorhaben erfolgen soll.

Dieses Ziel konnte erreicht werden.

Die entwickelte Regelung erfüllt folgende Anforderungen:

- Optimierende Verbrennungsregelung mit ständiger Kontrolle der Verbrennungsgüte nach dem Vorbild der Regelung von Großfeuerungsanlagen und
- Leistungsregelung unter optimaler Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen des „Hauses der Zukunft“.

Die Regelung ist grundsätzlich für automatisch beschickte Holzhackgut- oder Pelletfeuerungen wie auch für Stückholzfeuerungen geeignet. Sie weist in Bezug auf die Stellglieder (Brennstoffzuführungseinrichtungen, Ventilatoren, Mischventile, etc.) eine hohe Flexibilität auf und ist geeignet, verschiedene Regelungsprogramme zu

Seite 6 Regelungstechnik für die Hausheizung der Zukunft

speichern, die an die spezifischen Bedingungen verschieden ausgeführter Feuerungen angepasst sind. Sie hat den Charakter einer „Black Box“, an die verschiedene Feuerungen und Komponenten der Hausheizung angeschlossen werden können, und die schließlich mit Hilfe ihrer eingespeicherten Programme die optimale Regelung von Heizsystemen für das „Haus der Zukunft“ übernimmt.

Das Projekt umfasste die folgenden Arbeitsschritte:

- Anpassung von vorhandenen Einrichtungen zum Aufbau eines Regelungs-Versuchsstandes für verschiedene Versuchsfeuerungsanlagen mit programmierbarer Wärmesenke („Gebäudesimulator“),
- Test und Optimierung der Verbrennungsregelung anhand einer ausgewählten Feuerungsanlage,
- Test und Optimierung der Leistungsregelung anhand eines simulierten Referenzgebäudes und

- Zusammenstellung von Empfehlungen für die optimale Ausführung der Heizungsregelung für das „Haus der Zukunft“.

Die Ergebnisse des Projekts sind experimentell überprüfte Erkenntnisse über Möglichkeiten der Regelung von Feuerungen für die Beheizung des „Hauses der Zukunft“ und zwar in Bezug auf

- größtmögliche Effizienz der Gebäudeheizung,
- geringst mögliche Schadstoffemissionen,
- Eignung für Feuerungsanlagen mit unterschiedlichen Verbrennungstechniken und
- Eignung für verschiedene Wohn- und Bürobauten.

Die Ergebnisse liegen in Form einer Projektdokumentation vor. Darüber hinaus kann die Funktion der Regelung im Labor demonstriert werden.



# Haus der Zukunft

---

---

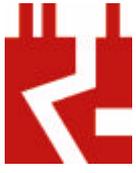


## Untersuchungen zur Regelung von Biomasse-Feuerungen zur emissions- und effizienzoptimierten Beheizung von Wohn- und Bürobauten

**Reinhard Padinger**

Joanneum Research

Institut für Energieforschung



# Anforderungen an die Regelung

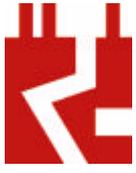


- Anforderung 1:

Optimierende Verbrennungsregelung mit ständiger Kontrolle der Verbrennungsgüte nach dem Vorbild der Regelung von Großfeuerungsanlagen

- Anforderung 2:

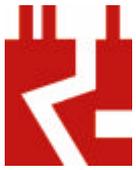
Leistungsregelung unter optimaler Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen des „Hauses der Zukunft“



# Projektbeschreibung

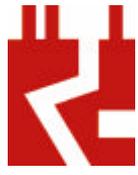


- **Ziel:**
  - Entwicklung einer optimierten Regelung für Biomassefeuerungen
- **Arbeitsschritte**
  - Aufbau eines Regelungs- Experimentiersystems mit Versuchsf Feuerungsanlage und regelbarer Wärmesenke („Gebäudesimulator“)
  - Test und Optimierung der Verbrennungsregelung
  - Test und Optimierung der Leistungsregelung
  - Zusammenstellung von Empfehlungen für die optimale Ausführung der Heizungsregelung für das „Haus der Zukunft“

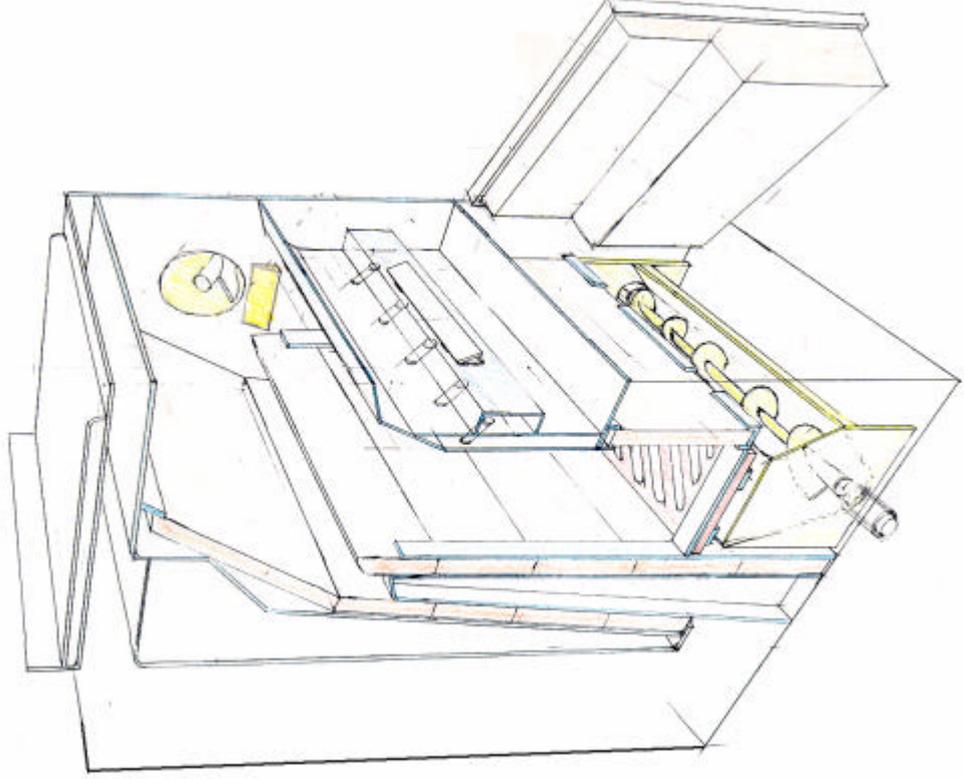


# Firestar (Fa. Herz)

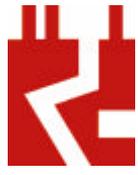




# Umgebaute Feuerung

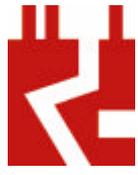


Eine Initiative des **bmwvrt**



# Regelungs-Experimentiersystem mit 50 kW- Hackgutfeuerung

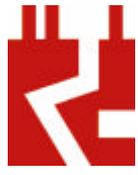




# Programmierbare Wärmesenke



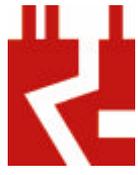
Eine Initiative des **bmwvrt**



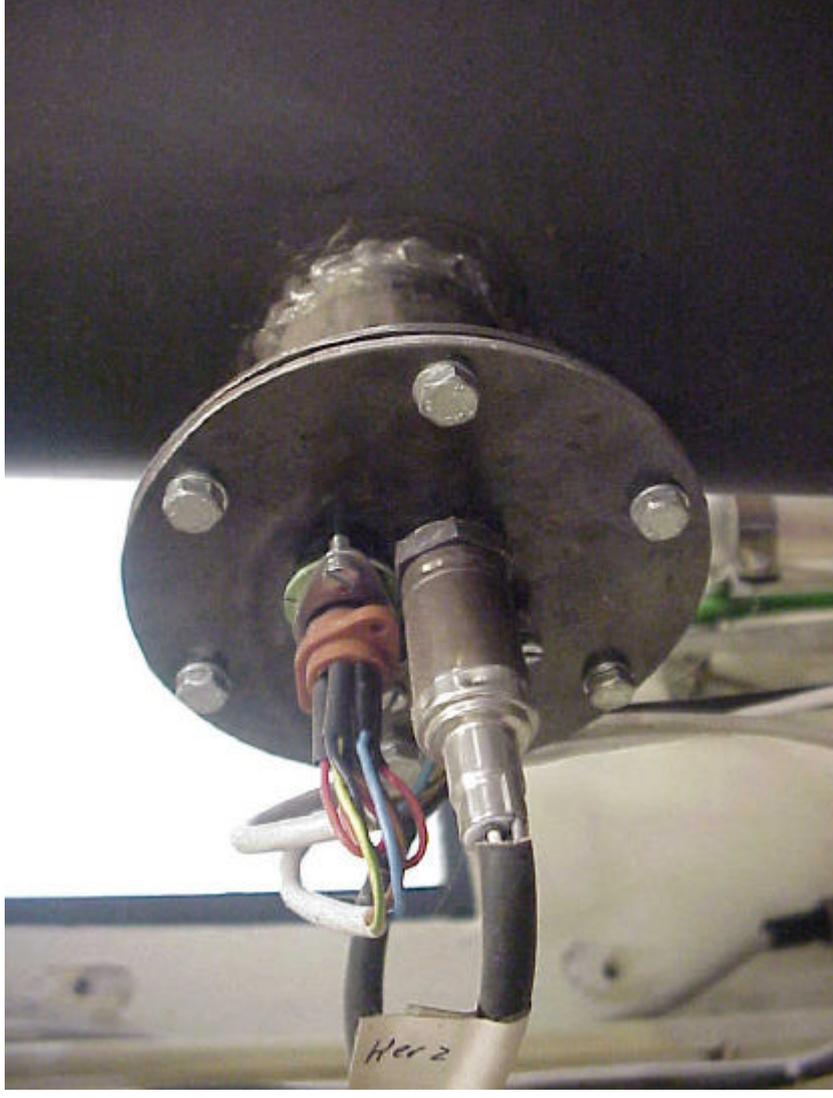
# CO-Sensor



Eine Initiative des **bmwvrt**

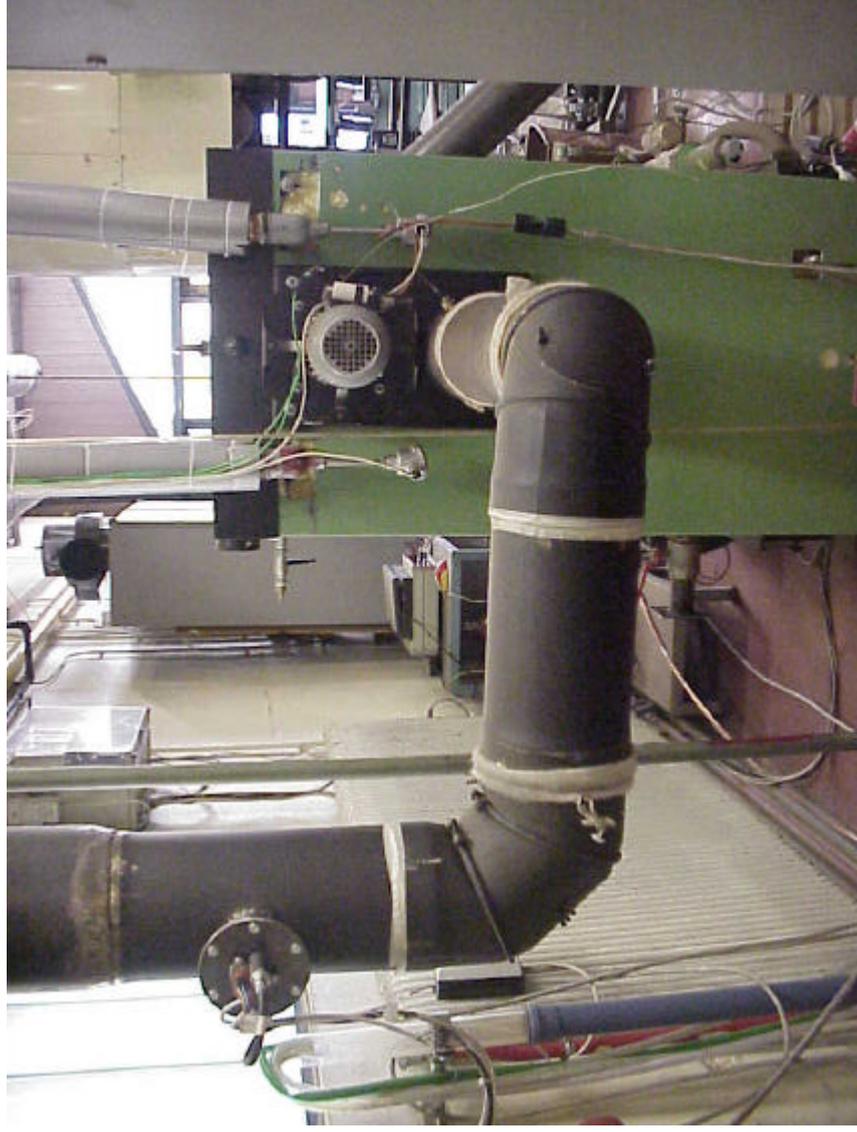


## CO-Sensor (oben), Lambda-Sonde (unten)





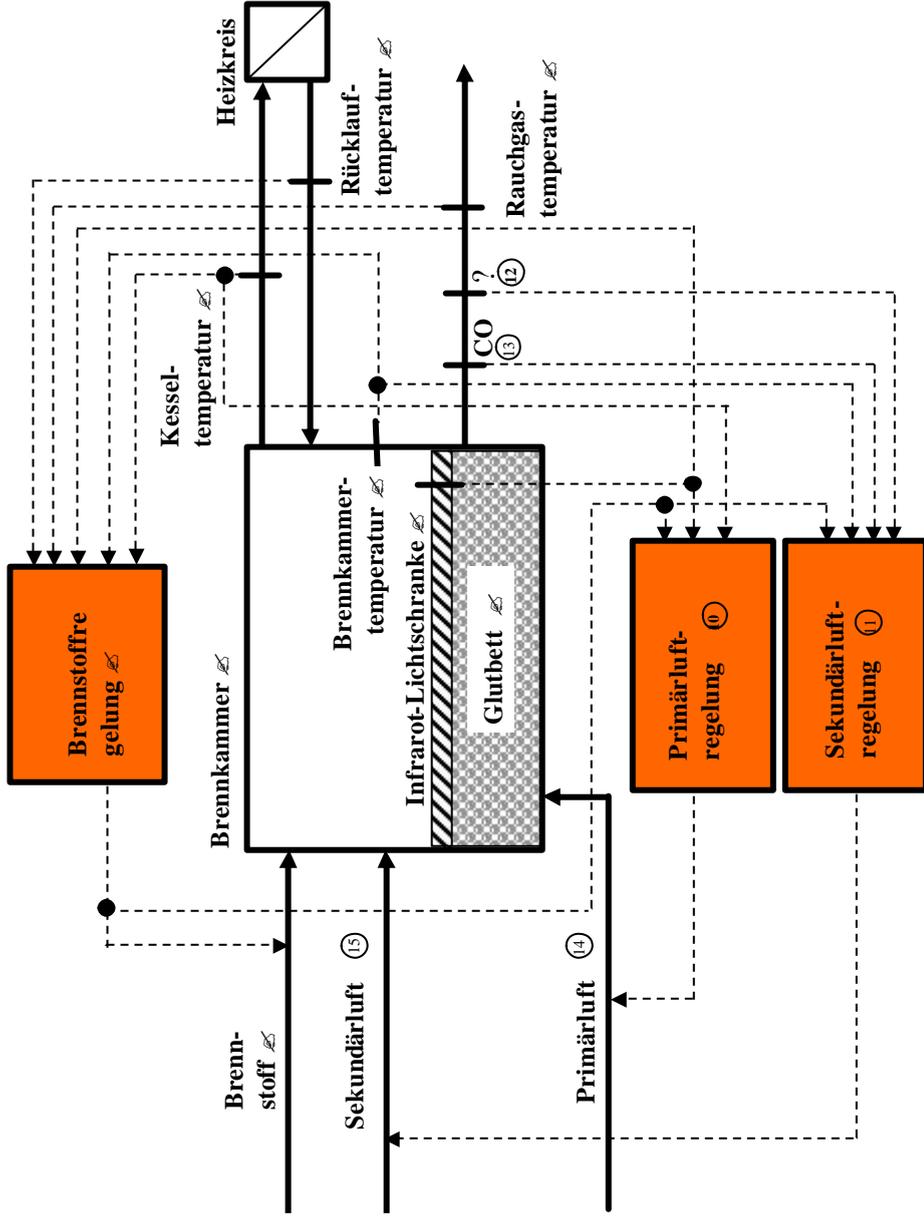
# Versuchsfeuerung

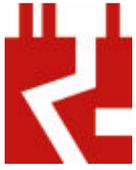


Eine Initiative des **bmwvrt**

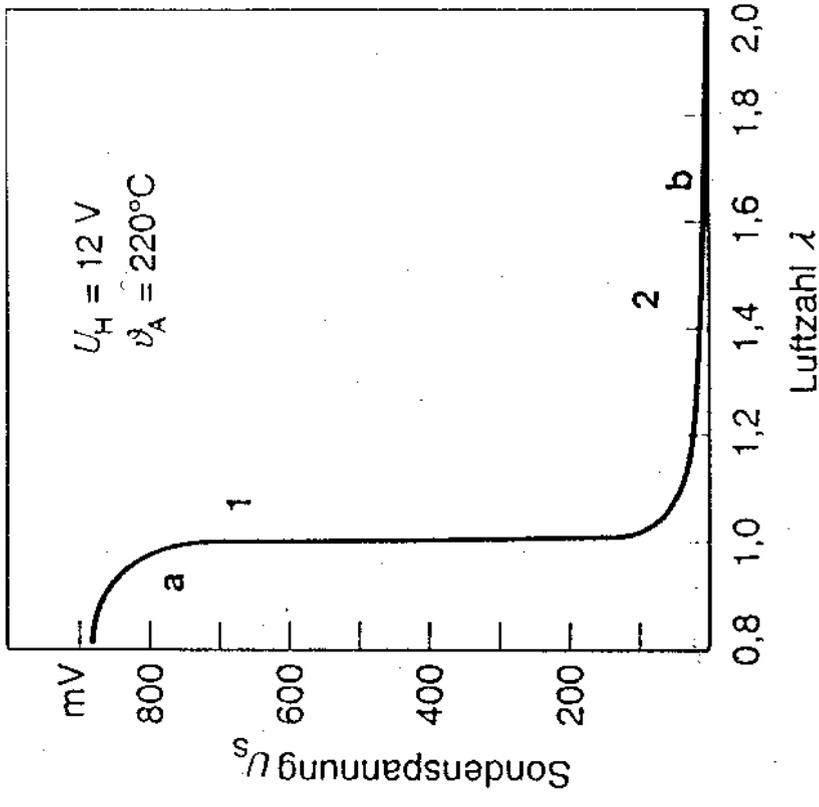


# Regelschema





# Charakteristik einer Lambda-Sonde (Bosch LSM11, Herstellerangabe)



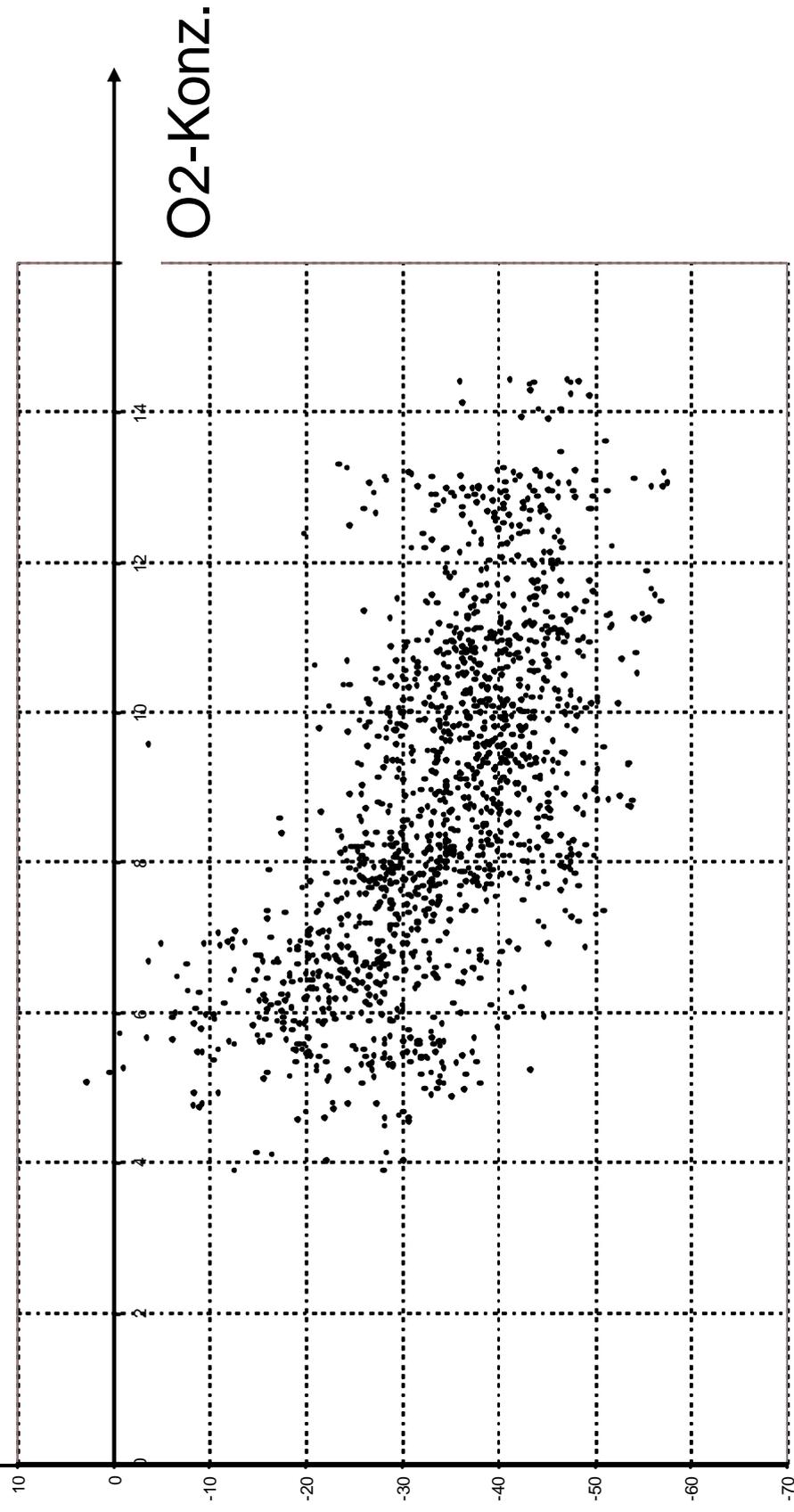


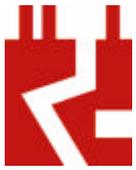
# Lambda-Sonde im praktischen Betrieb einer Feuerung (Bosch LSM11)



Lambda

Signal der Lambdasonde (mV) in Abhängigkeit vom Restsauerstoffgehalt (O<sub>2</sub>)  
Lauf 120 (10:30 ... 14:30), P = 45 kW, W = 32 %



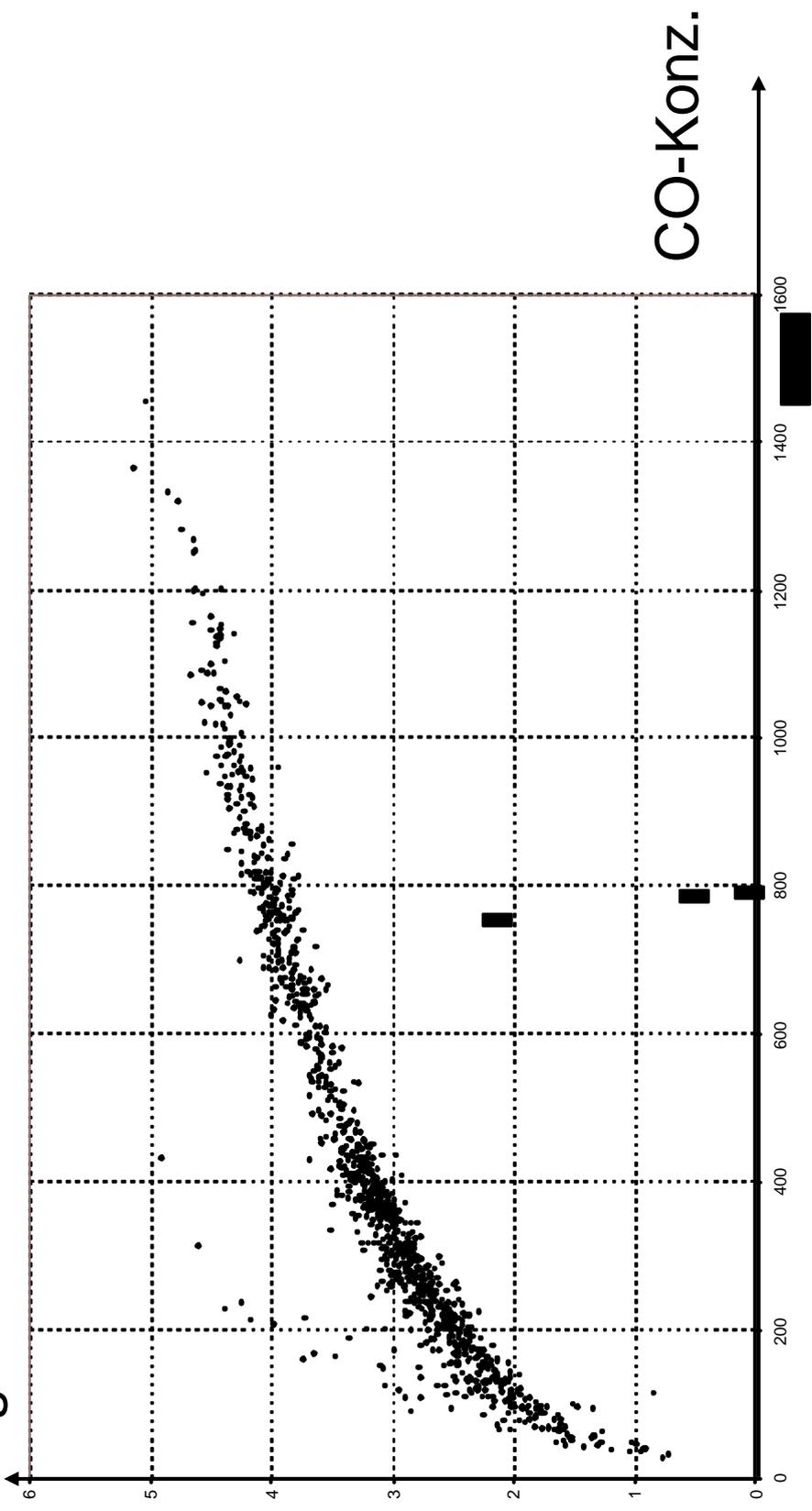


# Charakteristik eines CO-Sensors



CO-Signal

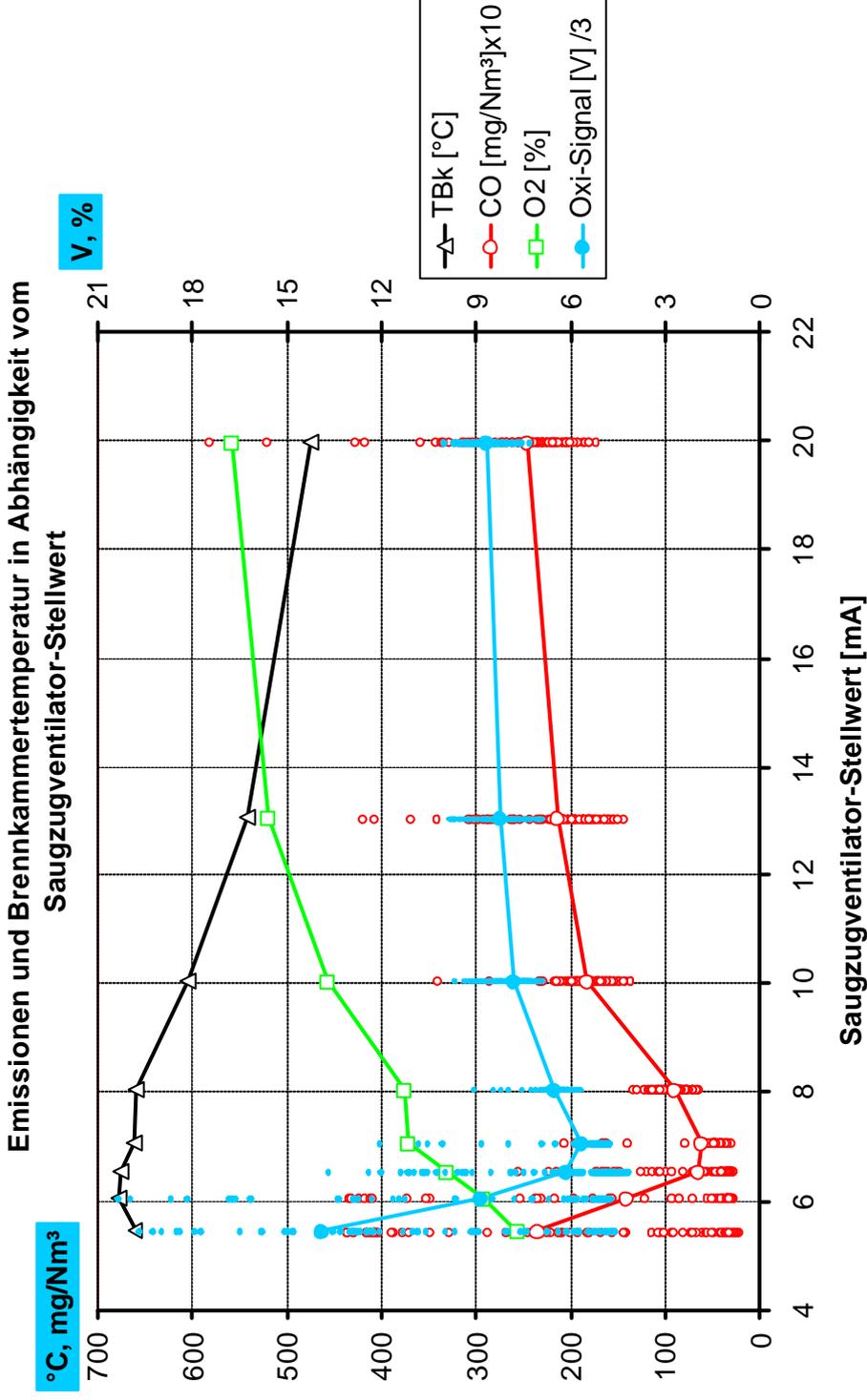
Signal der Oxi-Sonde (V) in Abhängigkeit von der CO-Konzentration (ppm)  
Lauf 120 (11:30 ... 14:30), P = 45 kW, W = 32 %



Eine Initiative des 

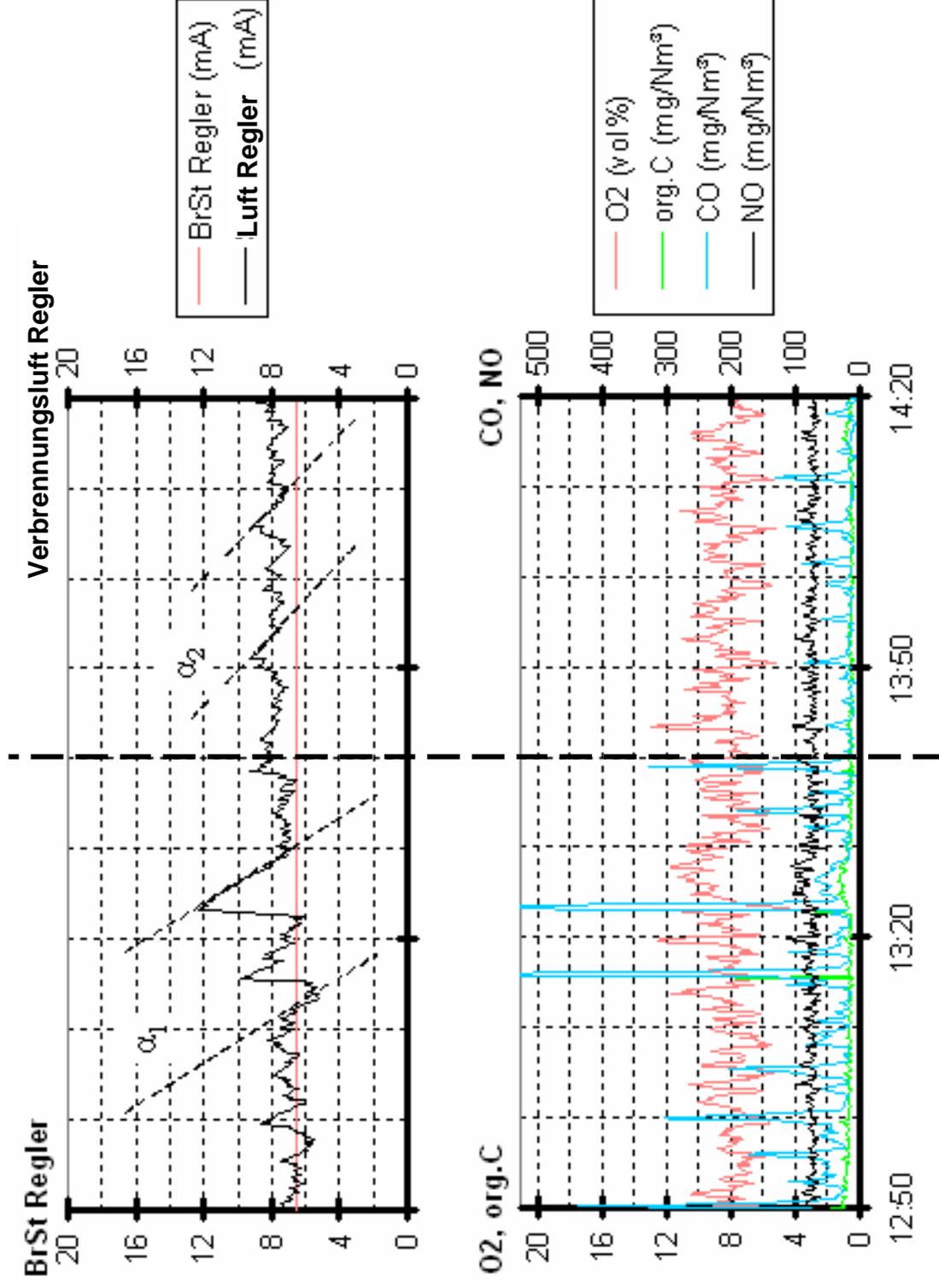


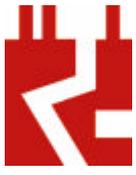
# Charakteristik der Versuchsfeuerungsanlage



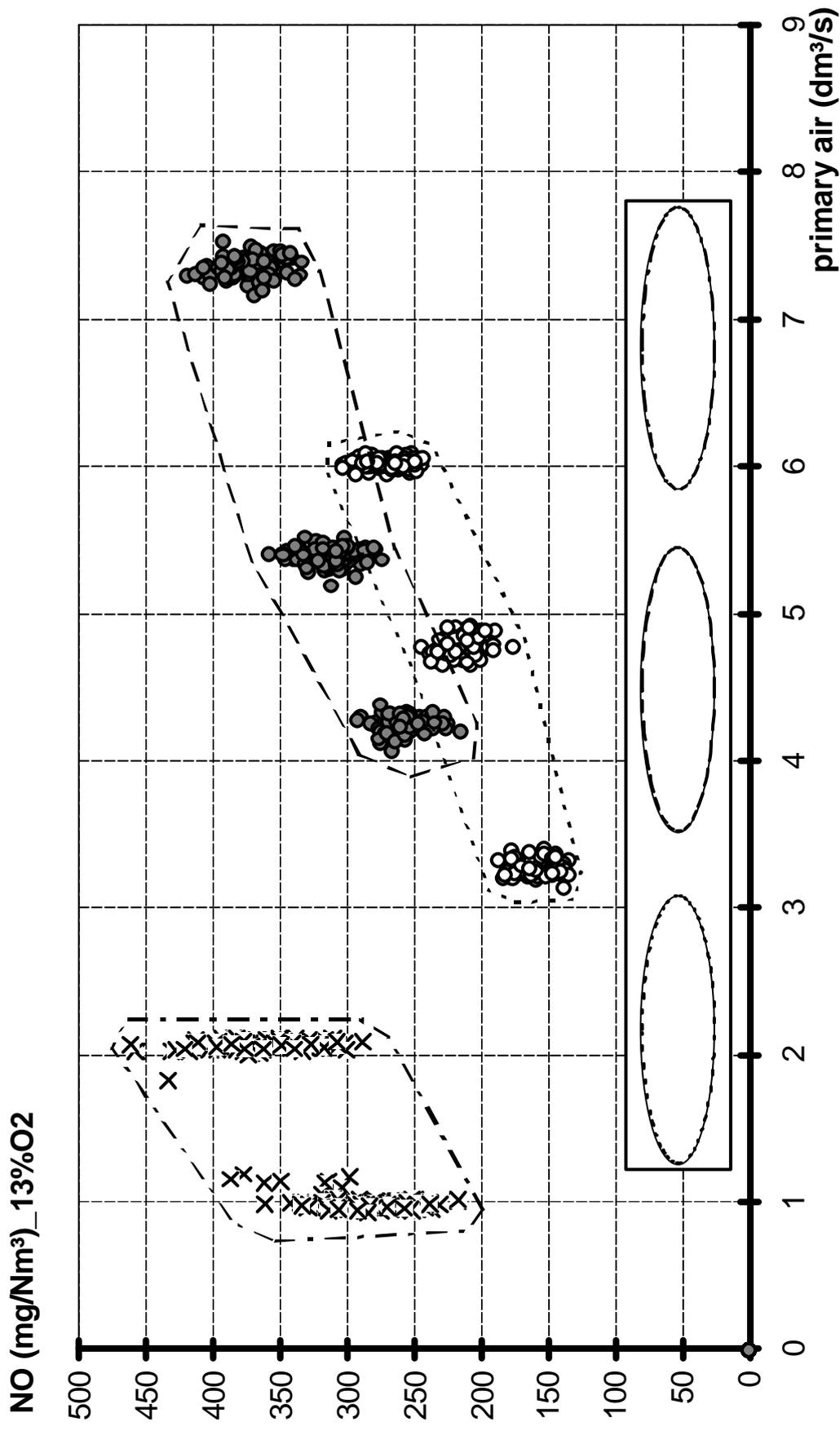


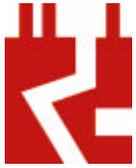
# Verbrennungsregelung über CO-Konzentration



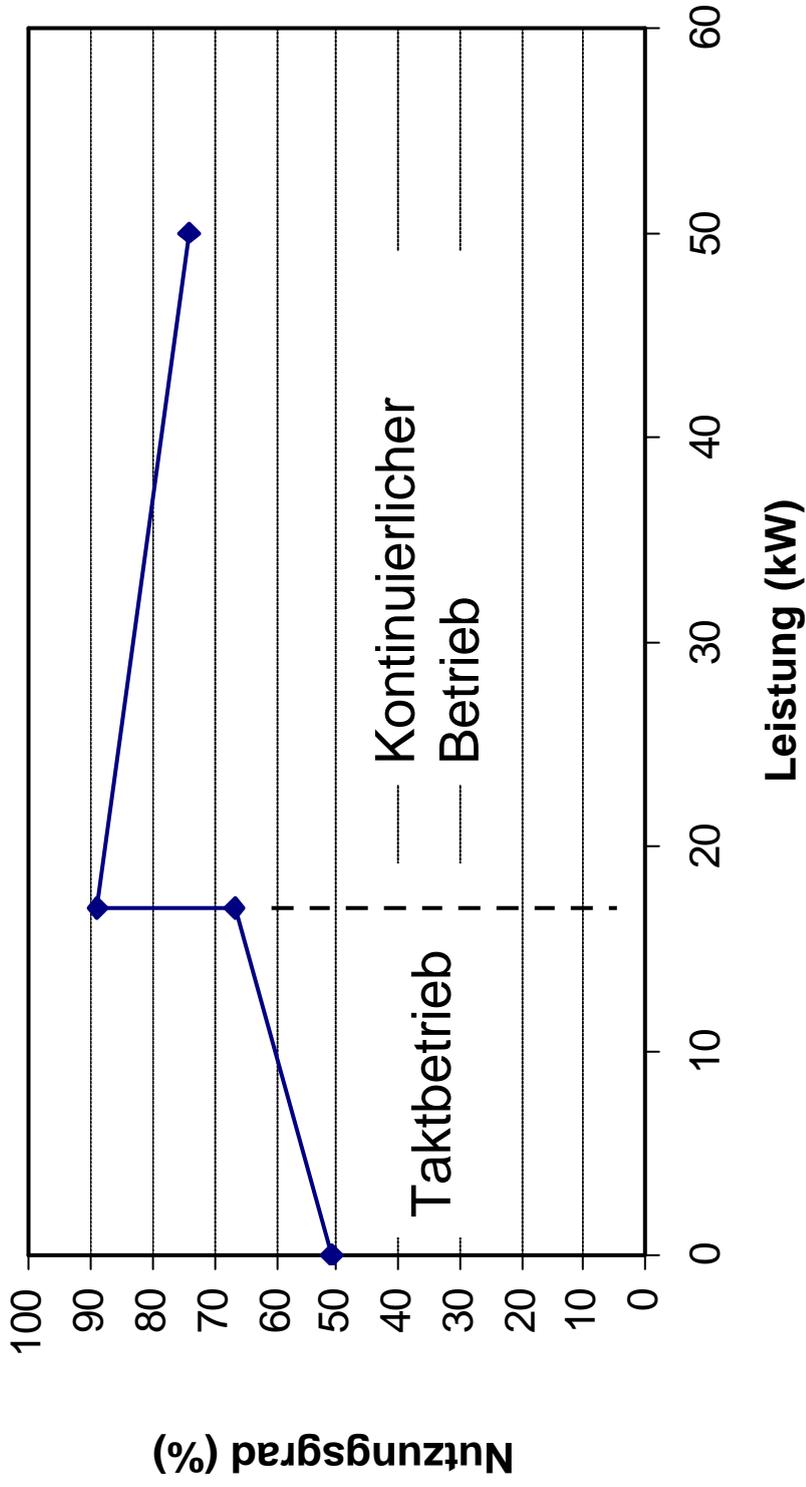


# NO-Minimierung durch Glutbett-Höhensteuerung mittels Primärluft



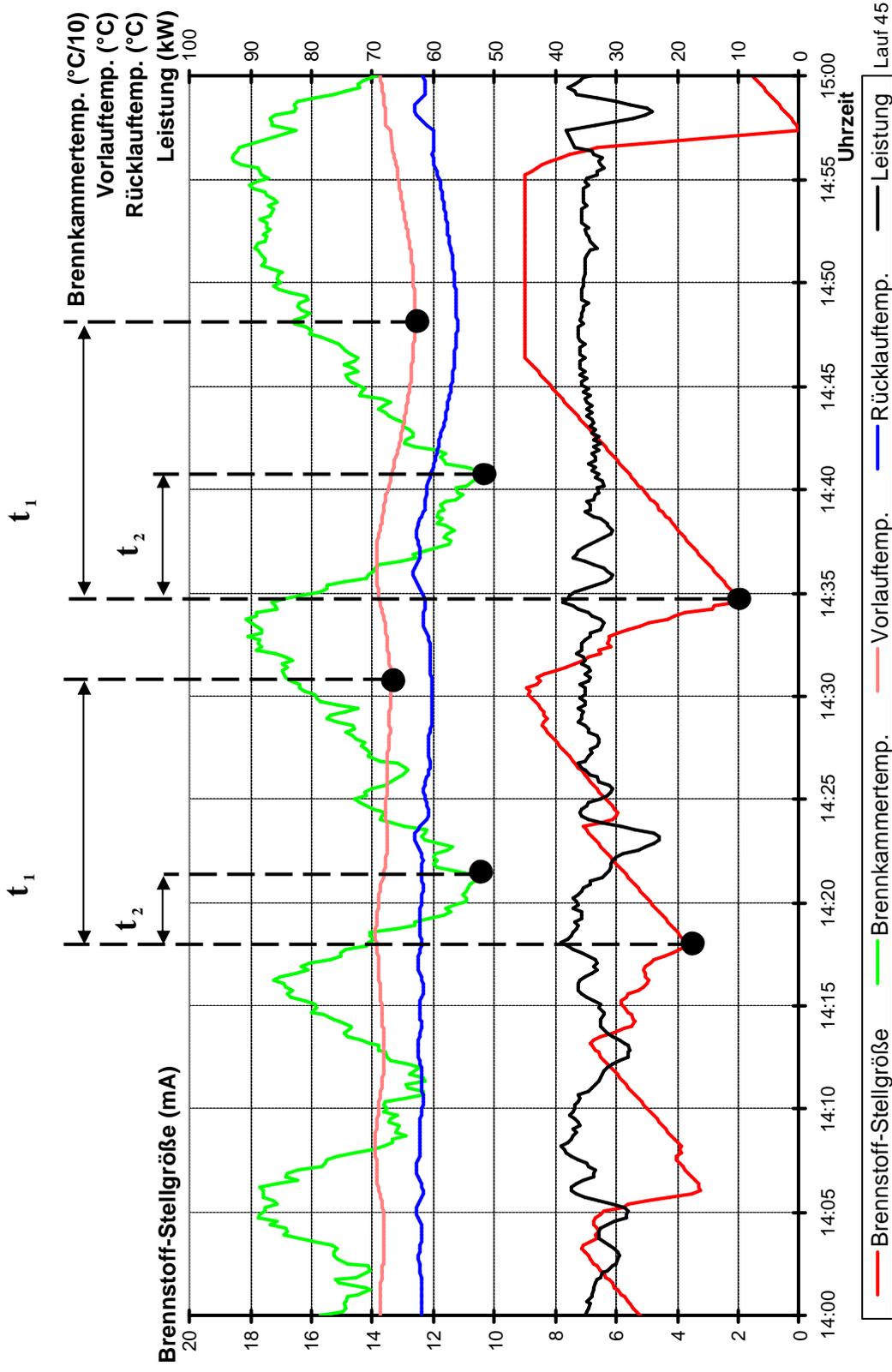


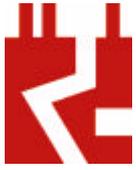
# Wirkungsgrad einer Biomassefeuerung bei Teillastbetrieb



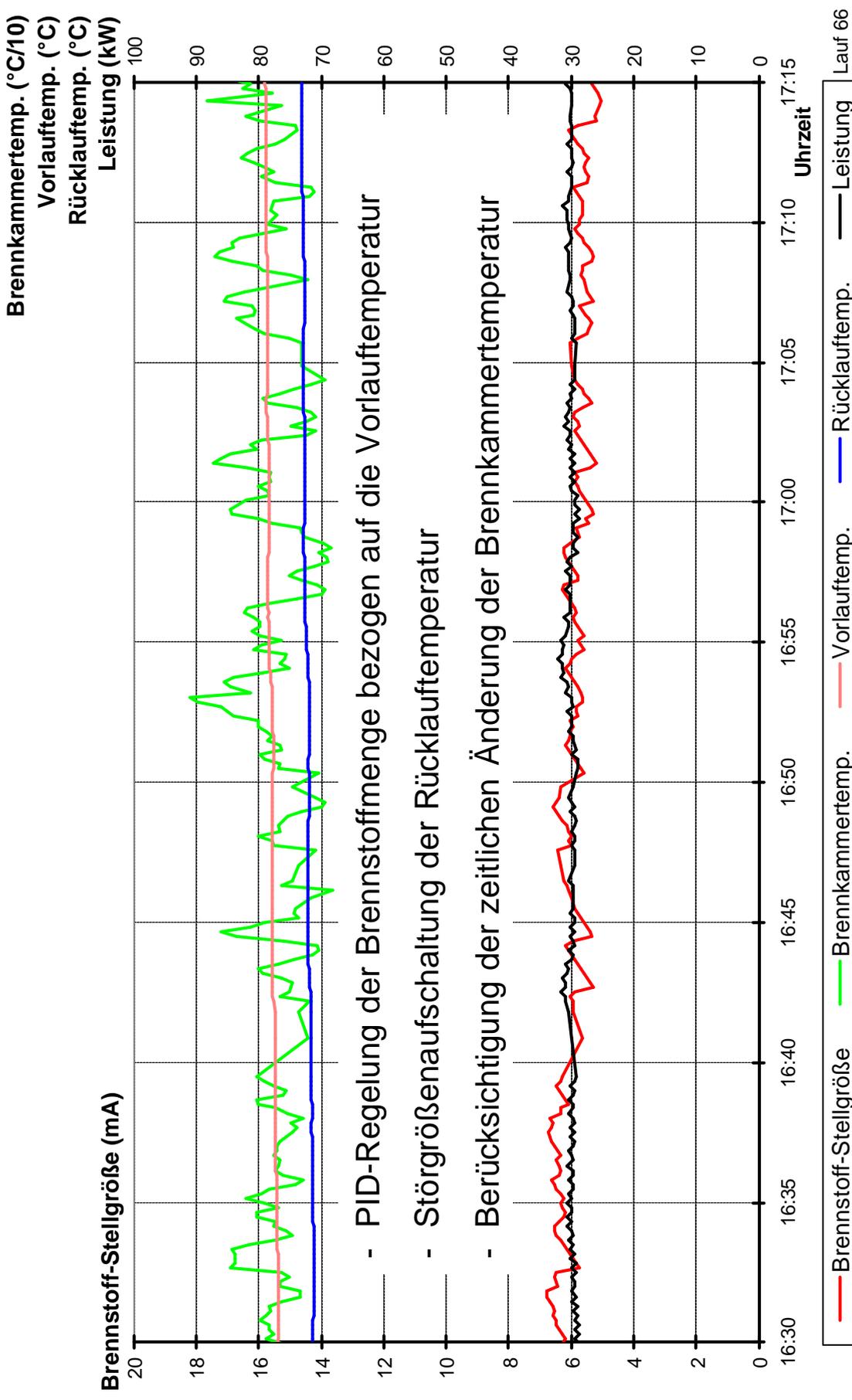


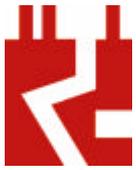
# Probleme bei Leistungsregelung über die Brennstoffmenge





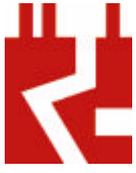
# Optimierte Leistungsregelung über die Brennstoffmenge





# SPS-Steuerung





# Schlussfolgerungen



- **Schlussfolgerungen in Bezug auf optimierte Verbrennungsregelung**
  - Regelung der Sekundärluft über CO-Sensor in Hinblick auf die Minimierung der Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen
  - Einstellung eines möglichst hohen Glutbetts durch Primärluftsteuerung zur Minimierung der NOx Emissionen
- **Schlussfolgerung in Bezug auf optimierte Leistungsregelung**
  - PID-Regelung der Kesseltemperatur mit Berücksichtigung der Rücklauftemperatur im Sinne einer „Störgrößenaufschaltung“ sowie mit Berücksichtigung des zeitlichen Gradienten der Brennkammertemperatur.

# Verringerung des Energieeinsatzes im „Haus der Zukunft“ durch Nutzung innovativer Informationstechnologien

Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Padinger,  
JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung  
Dipl.-Ing. Dr. Peter Puschnig,  
Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz

## Ziele

Die Ziele des Projekts bestanden in der Analyse der Möglichkeiten, den Energieeinsatz im „Haus der Zukunft“ durch Nutzung innovativer Informationstechnologien zu verringern sowie in der Bewertung der Möglichkeiten im Hinblick auf technische Brauchbarkeit, praktische Einsetzbarkeit, Fragen des Datenschutzes und Kosten.

## Motivation

Die Motivation zur Verringerung des Energieeinsatzes im Haus der Zukunft ist durch die Notwendigkeit des Klimaschutzes im Wege der Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger und durch den Wunsch nach bestmöglicher Ökonomie im Sinne der Verbraucher begründet.

## Inhalte und Methodik

Das Projekt wurde in 4 Arbeitsschritten durchgeführt

- 1) Erhebung und Charakterisierung der energetisch relevanten Komponenten und Systeme unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten der Informatik und der Bussysteme  
In diesem Arbeitsschritt wurden die energetisch relevanten Komponenten des Hauses der Zukunft in Bezug auf die Schnittstellen für den Eingriff innovativer Informationstechnologien sowie in der Untersuchung der Möglichkeiten, innovative Informationstechnologie zur Durchführung eines Energiemanagements für das „Haus der Zukunft“ einzusetzen, untersucht.
- 2) Internes Energie-Management des Hauses der Zukunft  
In diesem Arbeitsschritt wurden die Möglichkeiten der energetisch optimierenden Einflussnahme auf die relevanten Komponenten des Hauses der Zukunft durch innerhalb des Hauses installierte bzw. wirkende innovative Informationstechnologie untersucht.
- 3) Externes Energie-Management des Hauses der Zukunft  
In diesem Arbeitsschritt wurden die Möglichkeiten der energetisch optimierenden Einflussnahme auf die relevanten Komponenten des Hauses der Zukunft aus der Entfernung untersucht.
- 4) Gesamtkonzept zur Minimierung des Energiebedarfs des Hauses der Zukunft  
In diesem Arbeitsschritt wurde unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitsschritte ein Gesamtkonzept zur Minimierung des Energiebedarfs des Hauses der Zukunft erstellt.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Komponente der Haustechnik mit der größten Relevanz in Bezug auf die Verringerung des Energieeinsatzes mit Hilfe von Informationstechnologie ist die Heizanlage bzw. die zu ihr gehörenden Komponenten. Die Absenkung des Sollwertes der Raumtemperatur während der Abwesenheit der Bewohner ist die wichtigste Maßnahme hierzu.

Durch eine entsprechende Fernsteuerung des Heizsystems kann der Sollwert der Raumtemperatur entsprechend den An- und Abwesenheitszeiträumen erreicht werden.

Die Wirksamkeit dieser Maßnahme hängt vor allem von folgenden Parametern ab:

- \* Klimatische Randbedingungen
- \* Bauart des Gebäudes, insbesondere die Wärmedurchgangszahl und das Wärmespeichervermögen der Wände
- \* Dauer der Temperaturabsenkung

Für den beispielhaft betrachteten Fall eines Einfamilienhauses unter in Österreich geltenden klimatischen Bedingungen wurden in Modellrechnungen folgende Ergebnisse erzielt (alle angegebenen Zahlenwerte sind gerundet und sollen an dieser Stelle lediglich einen Einblick in die Größenordnung vermitteln):

- \* Die Absenkung der Sollwertes der Raumtemperatur ist bereits bei einer Dauer von nur wenigen Stunden sinnvoll. Die „Nachtabsenkung“ von 21 auf 15 °C beispielsweise bringt im Jahresmittel eine Verringerung des Energieeinsatzes bei einem Gebäude in Leichtbauweise (Holzständerleichtbau) um mehr als 10 %. Bei Gebäuden in Massivbauweise (Stahlbetonbau mit Polystyrol-Dämmung) beträgt die Verringerung ca. 7 %. Im „Wochenendhaus“ wird durch Temperaturabsenkung während der Wochentage eine Verringerung des Energieeinsatzes im Jahresmittel um mehr als 20 % erreicht.
- \* Auch bei nicht periodischer Abwesenheit kann der Energieeinsatz durch Temperaturabsenkung erheblich verringert werden. Die Absenkung des Sollwertes der Raumtemperatur von 21 auf 5 °C während eines „1-wöchigen Urlaubs“ bringt im Fall des Leichtbaus um bis zu 60 %, im Fall des Massivbaus um rund 23 % an Verringerung des Energieeinsatzes in dieser Periode. Während eines „3-wöchigen Urlaubs“ können durch Absenkung des Temperatur-Sollwertes im Fall des Leichtbaus ca. 75 %, im Fall des Massivbaus ca. 40 % der eingesetzten Energie vermieden werden.

Die zur Umsetzung der obigen Maßnahmen geeigneten innovativen Informationstechnologien sind zu einem gewissen Teil Stand der Technik. Insbesondere werden die für das „Interne Energiemanagement“ des Hauses der Zukunft benötigten Anlagen bereits seit längerem in den „Smart-Homes“ eingesetzt. Auch „Externes Energiemanagement“ ist heute mit handelsüblichen Komponenten realisierbar, zum Beispiel eine manuell über Mobiltelefon steuerbare Feuerung. Auch die automatische energetisch optimierende Einflussnahme auf die Haustechnik in Abhängigkeit von der Entfernung des Benutzers (z. B. über eine GPS unterstützte Datenübertragung) ist derzeit bereits möglich steckt allerdings noch in den „Kinderschuhen“. Die Kosten der Nutzung solcher Methoden sind im Verhältnis zum Nutzen der oben genannten Einsparungsmöglichkeiten gering.

Die zusammenfassende Empfehlung an Planer und Nutzer lautet daher, die Möglichkeiten der energetischen Optimierung des Hauses der Zukunft mit Hilfe innovativer Informationstechnologie gezielt zu nutzen.



# Haus der Zukunft

---

---



## Verringerung des Energieeinsatzes im „Haus der Zukunft“ durch Nutzung innovativer Informationstechnologien

**Reinhard Padinger**

Joanneum Research, Institut für Energieforschung

**Peter Puschnig**

TU-Graz, Institut für Wärmetechnik





## Ziele



- **Analyse der Möglichkeit, den Energieeinsatz im Haus der Zukunft durch Nutzung innovativer Informationstechnologie zu verringern**
- **Bewertung verschiedener innovativer Informationstechnologien**
  - Technische Brauchbarkeit
  - Praktische Einsatzbarkeit
  - Datenschutz
  - Kosten



# Projekthinhalte



- **Arbeitsschritte**
  - Erhebung und Charakterisierung der energetisch relevanten Komponenten und Systeme unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten der Informatik und der Bussysteme
  - Internes Energie-Management des Hauses der Zukunft
  - Externes Energie-Management des Hauses der Zukunft
  - Gesamtkonzept zur Minimierung des Energiebedarfs des Hauses der Zukunft



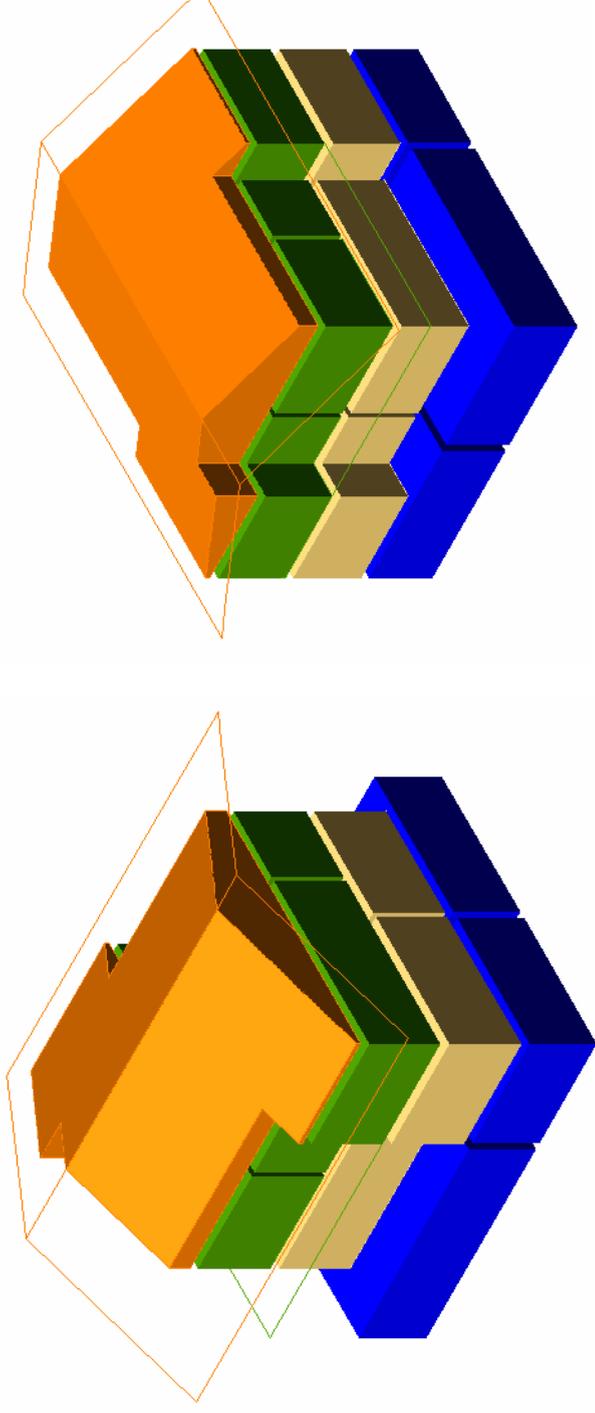
# Energetisch relevante Komponenten



- **Heizanlage:**
  - Absenkung des Sollwertes der Raumtemperatur wann immer möglich
  - Wirkung ist abhängig von:
    - Klimatische Randbedingungen
    - Bauart des Gebäudes (Wärmedurchgangszahl, Wärmespeichervermögen)
    - Dauer der Temperaturabsenkung
- **Klimaanlage**
  - Absenkung der Luftwechselrate wann immer möglich
- **Beleuchtung, Solarkollektoren  
Wärmerückgewinnungssysteme etc.**
  - Abschaltung bei Wegfall des Bedarfs



# Modellrechnungen der TU-Graz, Institut für Wärmetechnik



- **Modellgebäude – Ausführungsvarianten:**

- Holzständerleichtbau
- Ziegelbau HLZ 38 ohne zusätzliche Wärmedämmung
- Ziegelbau HLZ 38 mit zusätzlicher Wärmedämmung 10 cm mit Stahlbetondecken und Ziegelinnenwänden
- Massivholzbau System Thoma (17,6 cm) mit 10 cm Flachsdämmung
- Stahlbetonbau mit Polystyrolämmung und Ziegelinnenwänden





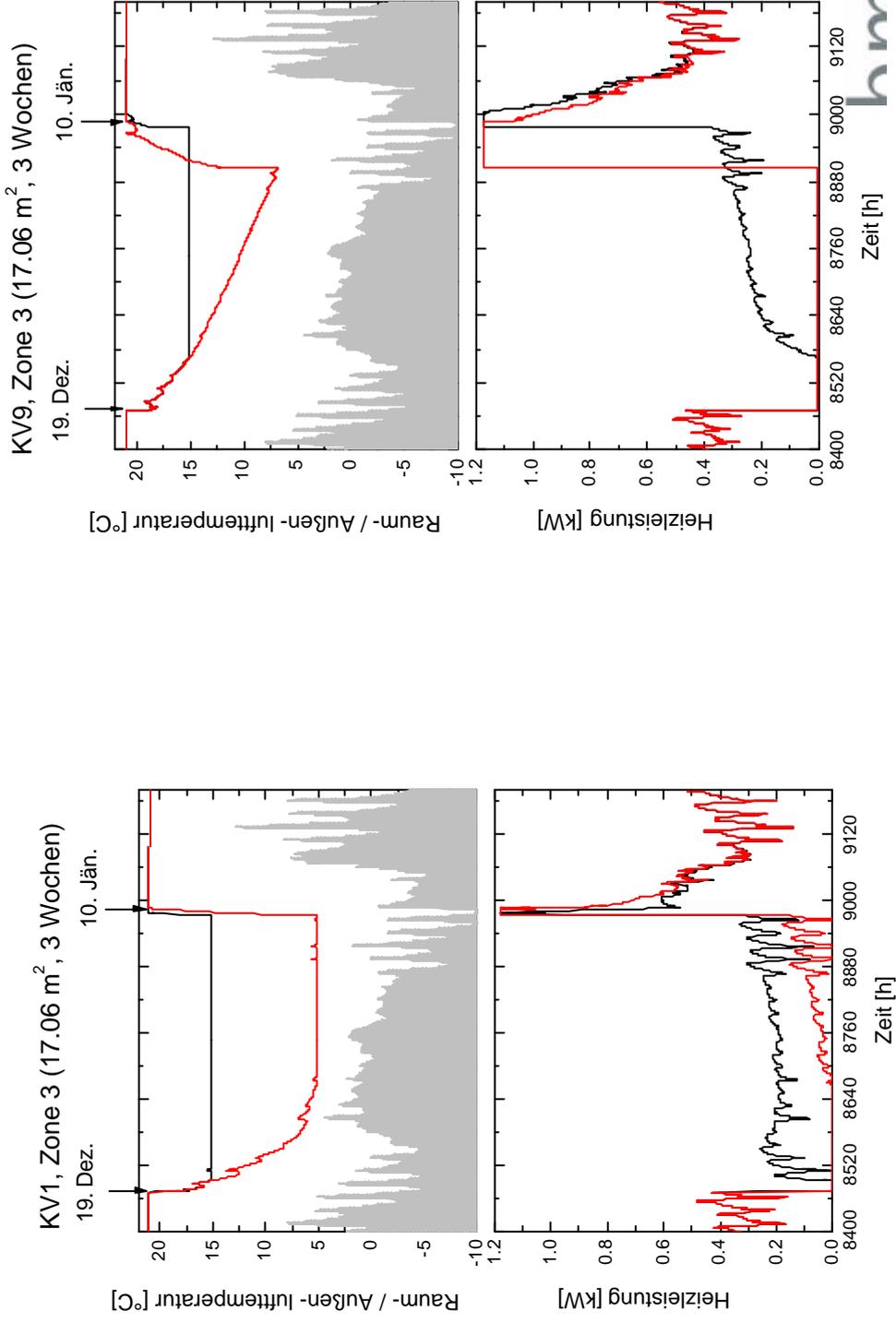
# Untersuchte Fälle von Absenkung des Sollwertes der Raumtemperatur



- ✘ „Nachtabsenkung“ (Dauer der Absenkung 7 Stunden, ohne red. Lüftung)
  - 15 °C
- ✘ „Tagesabsenkung“ (Dauer 11 Stunden, mit red. Lüftung)
  - 15 °C
- ✘ „Arbeitsdomizil“ (Dauer der Absenkung 2 Tage, mit red. Lüftung)
  - 15 °C
- ✘ „Wochenendhaus“ (Dauer der Absenkung 5 Tage, mit red. Lüftung)
  - 15 °C
- ✘ „Einwöchiger Urlaub (Dauer der Absenkung 7 Tage, mit red. Lüftung)
  - 15 °C
  - 5 °C
- ✘ „Dreiwöchiger Urlaub (Dauer der Absenkung 21 Tage, mit red. Lüftung)
  - 15 °C
  - 5 °C



# 3-wöchiger Urlaub, 5 °C



**Holzständer-Leichtbau**

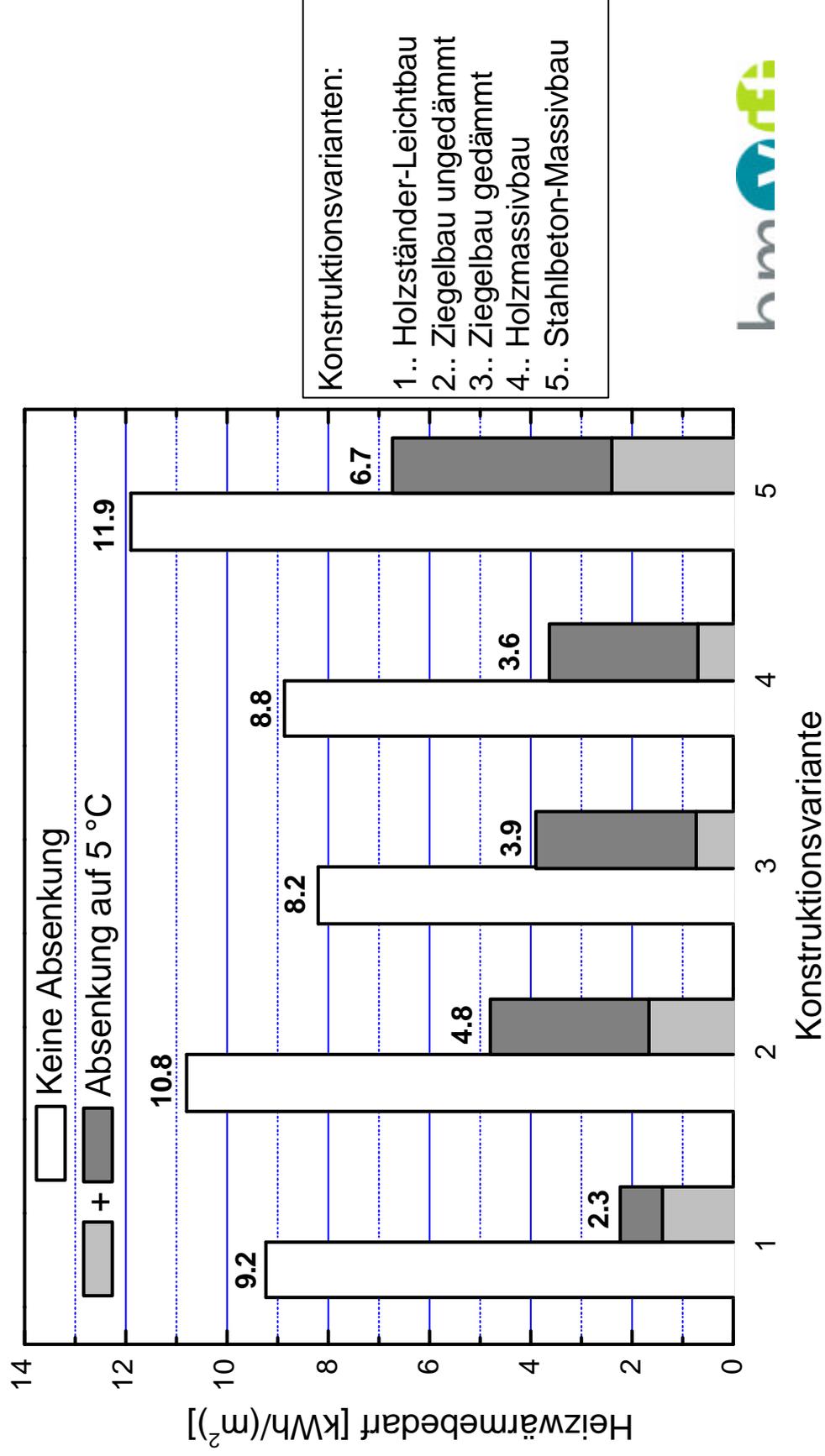
**Stahlbeton-Massivbau**



# Heizwärmebedarf 3-wöchiger Urlaub, 5°C

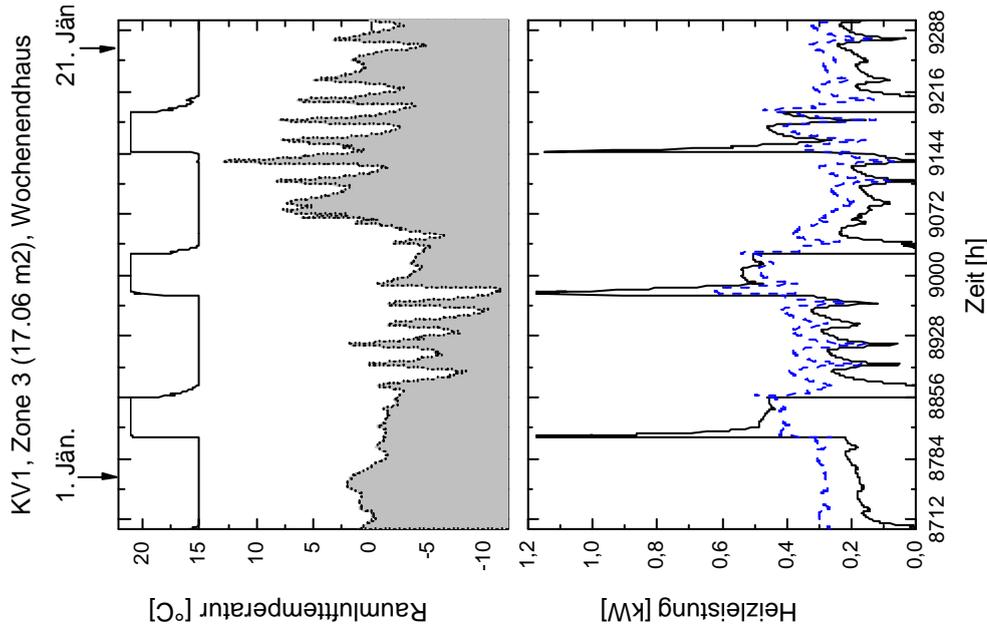


Szenario: "Dreiwöchiger Urlaub"

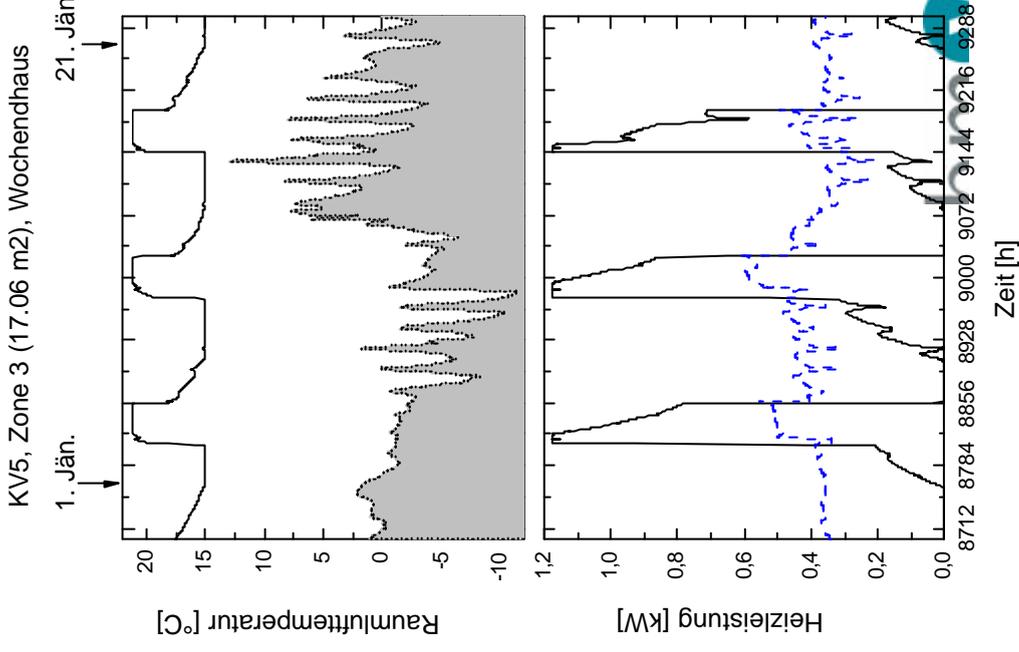




# „Wochenendhaus“ 15 °C



Holzständer-Leichtbau

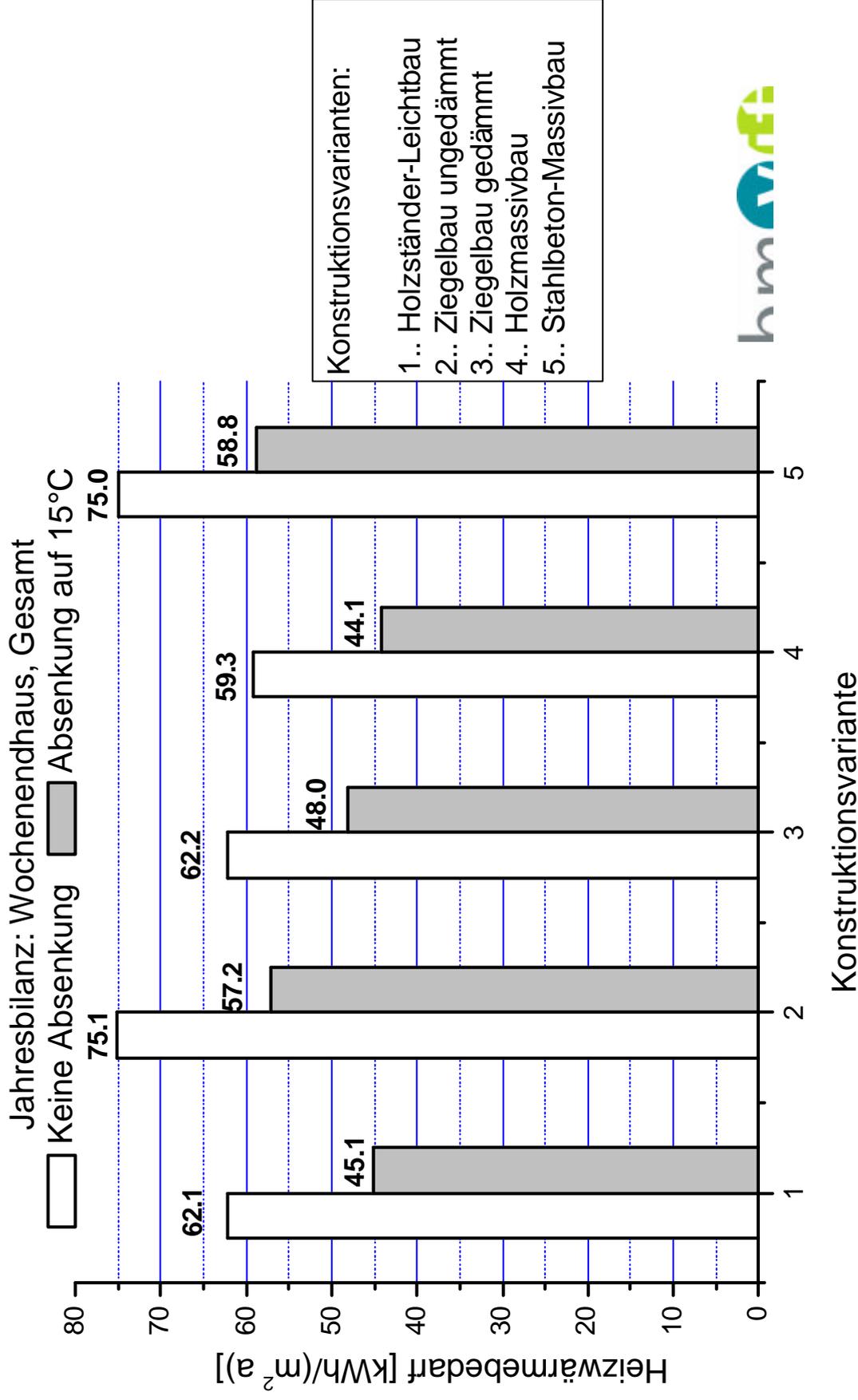


Stahlbeton-Massivbau



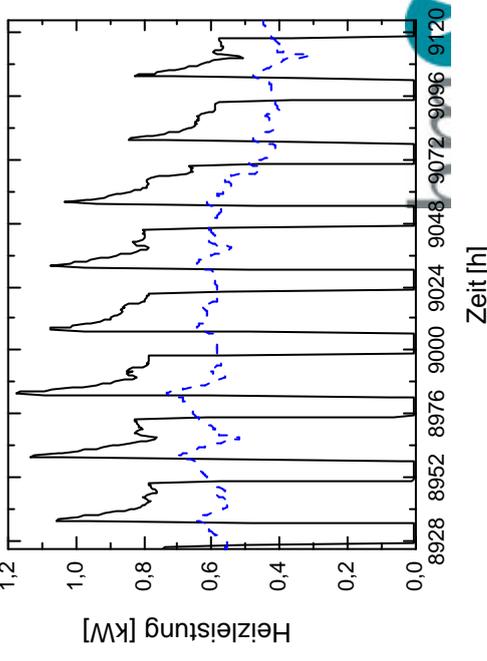
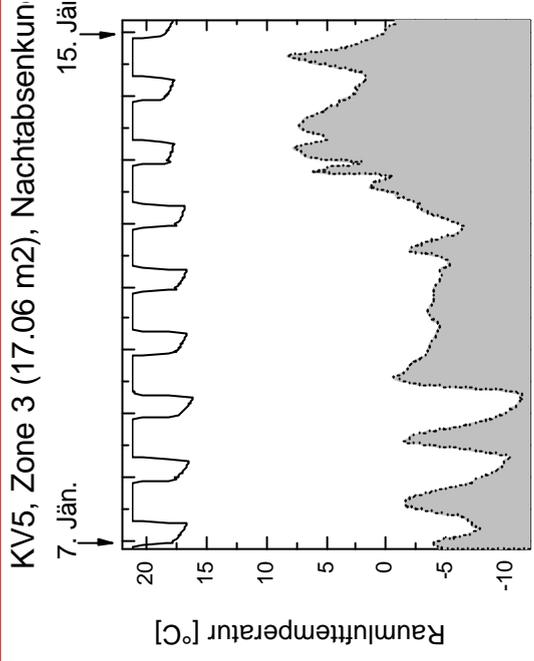


# Heizwärmebedarf Wochenendhaus, 15 °C (Jahresbilanz)





# „Nachtabsenkung“ 15 °C



**Stahlbeton-Massivbau**

**Holzständer-Leichtbau**



Zeit [h]  
8928 8952 8976 9000 9024 9048 9072 9096 9120

Zeit [h]  
8928 8952 8976 9000 9024 9048 9072 9096 9120

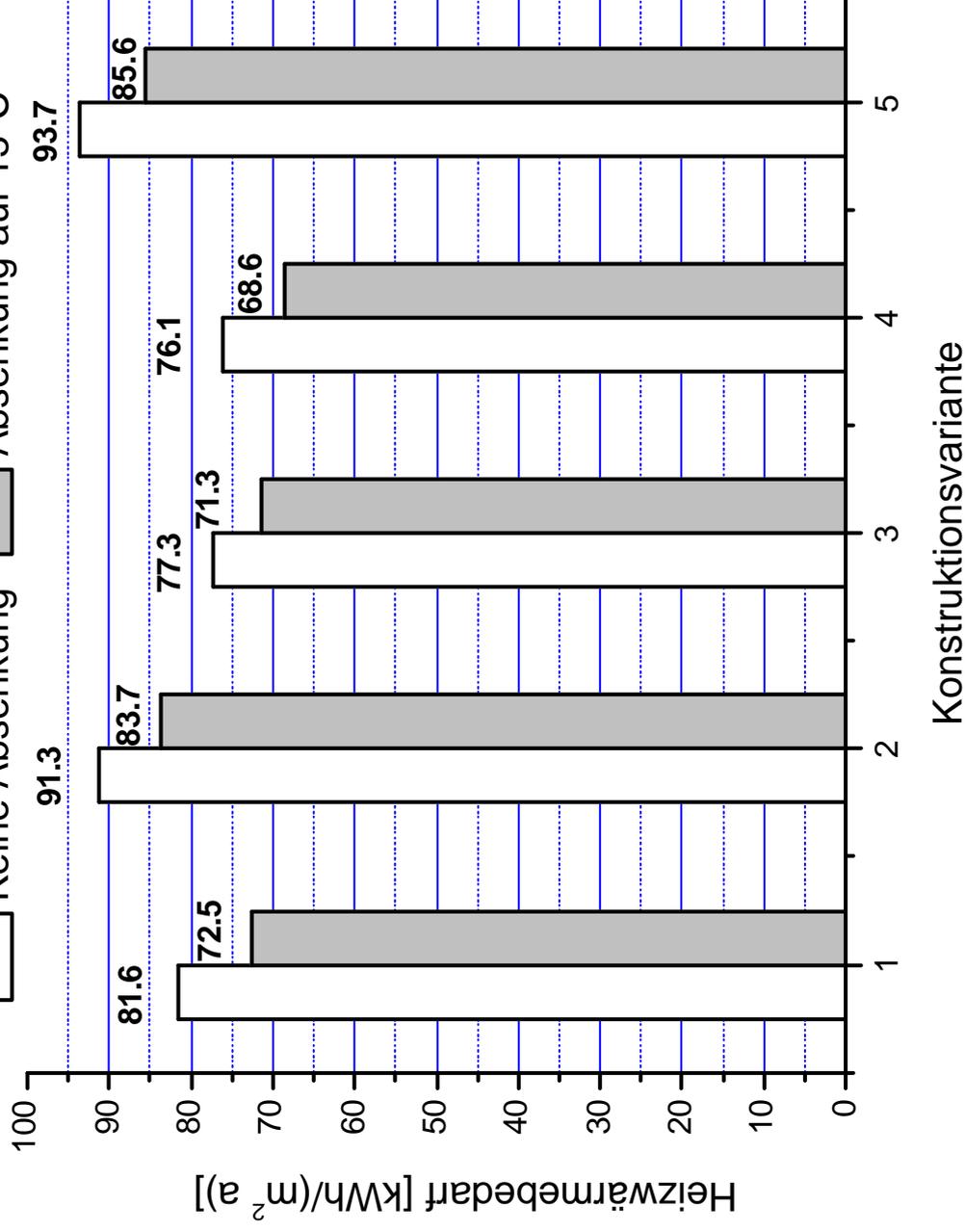


# Heizwärmebedarf Nachtabsenkung, 15 °C (Jahresbilanz)



Jahresbilanz: Nachtabsenkung, Gesamt

□ Keine Absenkung    ■ Absenkung auf 15°C



Konstruktionsvarianten:

- 1.. Holzständer-Leichtbau
- 2.. Ziegelbau ungedämmt
- 3.. Ziegelbau gedämmt
- 4.. Holzmassivbau
- 5.. Stahlbeton-Massivbau





# Energiemanagement



- **Internes Energiemanagement**
  - Manuelles Schalten
  - Programmierung
  - Bewegungsmelder
- **Externes Energiemanagement**
  - Manuelles Schalten über Mobiltelefon und Short Message (SMS)
  - Automatisches Schalten über Mobiltelefon und Short Message in Verbindung mit Location Awareness
    - Location Awareness mittels Mobilfunknetz („Handymasten“, LBS)
    - Location Awareness mittels Global Positioning Systems (GPS)





# Schlussfolgerungen



## ~~☒~~ Einsatz innovativer Informationstechnologie kann den Energieeinsatz im „Haus der Zukunft“ wesentlich verringern:

- Temperaturabsenkung bei Abwesenheit der Benutzer
  - „Nachtabsenkung“: - 7 bis - 10 % (Jahresmittel)
  - „Wochenendhaus“: -13 bis - 20 % (Jahresmittel)
  - „1-wöchiger Urlaub“: - 23 bis - 60 % (Bezogen auf die Abwesenheitsdauer)
  - „3-wöchiger Urlaub“: - 40 bis - 70 % (Bezogen auf die Abwesenheitsdauer)
- Absenkung der Lüftungsrate bei Abwesenheit der Benutzer
- Abschalten von Energieverbrauchern bei Abwesenheit der Benutzer
- Optimierte automatische Betätigung von Abschattungssystemen etc.

## ~~☒~~ Geeignete innovative Informationstechnologien

- Leitsysteme für die Haustechnik in Bus-Technologie („Smart Homes“)
- Mobiltelefon
  - Manuelle SMS
  - Automatische SMS über Location Awareness mit „Handymasten“ (LBS)
  - Automatische SMS über Location Awareness mit Global Positioning Systemen (GPS)



# Wohnraumlüftungsanlagen in der Praxis Aktuelle Ergebnisse aus einer Evaluierung in Österreich

E. Blümel, A. Greml\*, W. Leitzinger\*\*, R. Kapferer\*\*\*

AEE INTEC, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE  
Institut für Nachhaltige Technologien  
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf  
Tel.: +43-3112 / 5886 - 0, Fax: DW - 18  
e-Mail: [e.bluemel@aee.at](mailto:e.bluemel@aee.at)  
Internet: [www.aee.at](http://www.aee.at)

\*) FHS KufsteinTirol  
Andreas Hofer Str. 7, A-6330 Kufstein  
Tel.: +43-5372 / 71819 – 125, Fax: DW – 104  
e-Mail: [andreas.greml@fh-kufstein.ac.at](mailto:andreas.greml@fh-kufstein.ac.at)  
Internet: [www.fh-kufstein.ac.at](http://www.fh-kufstein.ac.at)

\*\*) arsenal research; Faradaygasse 3, A-1030 Wien  
[wolfgang.leitzinger@arsenal.ac.at](mailto:wolfgang.leitzinger@arsenal.ac.at)

\*\*\*) Energie Tirol; Adamgasse 4, A-6020 Innsbruck  
[roland.kapferer@energie-tirol.at](mailto:roland.kapferer@energie-tirol.at)

## Kurzfassung

Der Einsatz von Wohnraumlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ermöglicht eine ausreichende Frischluftzufuhr bei gleichzeitiger Reduktion der Lüftungswärmeverluste und ist somit sowohl aus lufthygienischer als auch energetischer Sicht von besonderer Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung im Wohnbau. Mechanische Wohnraumlüftungskonzepte mit Wärmerückgewinnung gehören jedoch noch nicht zur Standardausrüstung im Wohnungsbau und dementsprechend besteht teilweise Unsicherheit und Skepsis über die technische Qualität der Anlagen. Aus diesem Grund wurden innerhalb des vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie finanzierten Projektes „Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungsanlagen“ über 90 Wohnraumlüftungsanlagen in ganz Österreich auf ihre Qualität untersucht. Ziel des Projektes war es, Probleme und gute Lösungen bei derzeit realisierten Anlagen aufzuzeigen, Verbesserungsansätze für bestehende Anlagen und Optimierungspotenzial für neue Anlagen zu erarbeiten.

Um die gewünschten Ergebnisse in einer möglichst strukturierten Form zu erhalten, wurde die Evaluierung in drei Bereiche unterteilt:

- Auswertung der subjektiven Nutzerwahrnehmung der Anlagenqualität
- quantitative Analyse, wie viele der untersuchten Anlagen einzelne Qualitätskriterien erfüllen bzw. nicht erfüllen
- qualitativen Analyse, in der gute Lösungen bzw. einzelne Fehler und Mängel aufgezeigt werden

Einer der wesentlichen Arbeiten für eine objektive Anlagenbeurteilung und zukünftige Qualitätssteigerung von Wohnraumlüftungsanlagen war dabei die Erstellung eines umfassenden Kataloges von Qualitätskriterien. So wurden letztendlich 55 Qualitätsmerkmale ausgearbeitet und deren Bedeutung und Hintergründe erläutert. Diese können auch bei zukünftigen Anlagen als Leitfaden für die Anlagenauslegung bzw. Ausführung verwendet werden.

Die Evaluierung zeigte, dass die Anlagenbesitzer zum größten Teil mit ihren Anlagen sehr zufrieden waren, auch wenn teilweise Mängel zum Vorschein kamen. Die Lüftungsgeräte bieten dabei in den wenigsten Fällen Anlass zur Kritik, da durchwegs hochwertige Geräte eingebaut sind. Die Probleme der Anlagen liegen meist in der allgemeinen Konzeption, in der unzureichenden Auslegung von Anlagenkomponenten und in steuerungstechnischen Bereichen. Als häufigstes offensichtliches Problem wurde die Schallproblematik genannt, wobei diese meist aus dem Zusammenspiel mehrere Fehler (zu kleine Schalldämpfer, zu hohe Anlagendruckverluste, falsch eingestellte Ventile, etc.) herrührt bzw. Maßnahmen zur Lärmreduktion neue, nicht immer merkbare Probleme verursacht (z.B. unzulässige Reduktion der Luftmengen).

Als positiv ist anzumerken, dass eine Weiterentwicklung in der Lüftungsbranche klar sichtbar ist, d.h. neue Anlagen(komponenten) sind deutlich besser als ältere.

## **1. Einleitung**

In den letzten Jahren geht der Trend im Wohnbau eindeutig in Richtung Niedrigenergiehaus- bzw. Passivhausstandard. Dabei werden die für ein thermisch behagliches Raumklima erforderlichen Werte durch einen hohen Dämmstandard der opaken und transparenten Außenflächen, sowie durch eine wärmebrückenfreie und luft- bzw. winddichte Gebäudehülle erreicht.

Eine dauerhaft gute Raumluftqualität bzw. eine ausreichende Frischluftzufuhr bei gleichzeitiger Reduktion der Lüftungswärmeverluste ist in der Regel nur über mechanische Wohnraumlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sicherzustellen.

Da diese Konzepte im Wohnungsbau jedoch noch nicht zur Standardausrüstung gehören und dementsprechend Desinformation bzw. Unsicherheit und Skepsis über die technische Qualität der Anlagen besteht, sollte anhand einer systematischen Untersuchung die Qualität von derzeit in Betrieb befindlichen Anlagen ermittelt werden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen können mögliche Verbesserungen für zukünftige Wohnraumlüftungsanlagen (Gesamtkonzepte, Anlagenteile, Regelungen, etc.) bzw. von bereits ausgeführten Anlagen vorangetrieben werden.

## 2. Technische Evaluierung von Wohnraumlüftungsanlagen

Österreichweit wurden 92 Anlagen untersucht. Die geografische Verteilung aller gemessenen Anlagen ist in Abbildung 1 ersichtlich. Auf den Einfamilienhausbereich entfielen in Summe 80 Anlagen (51 zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung und 29 Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung und Abluftwärmepumpe), die restlichen 12 Anlagen befanden sich im Mehrfamilienhaussektor. Diese unterteilen sich wiederum in 5 dezentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG), 4 dezentrale Zu- und Abluftanlagen mit WRG und zentralem Zu- und Abluftstrang sowie 3 zentrale Abluftanlagen mit Zuluftelementen in der Außenwand.

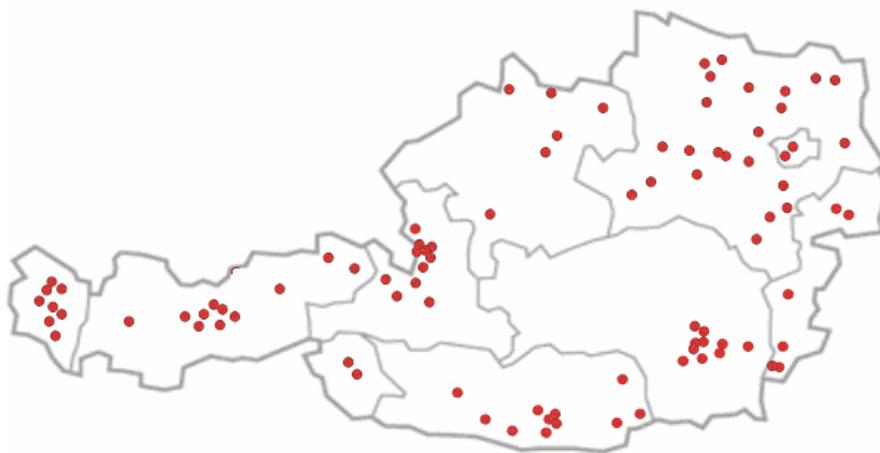


Abbildung 1: Geografische Darstellung der untersuchten Anlagen

### 2.1 Schwerpunkte der Untersuchung

Die Dokumentation und Analyse der Lüftungsanlagen basiert im wesentlichen auf folgenden drei Schwerpunkten:

- Allgemeine Daten zum Gebäude und zur Lüftungsanlage / Auswertung der Fragebögen, die vorab an die Anlagenbesitzer versendet wurden:  
Die Fragebögen enthalten allgemeine Daten zum Gebäude (Wohnnutzfläche, Baujahr, Standort, etc.), subjektive Meinungen der Anlagenbesitzer (Beweggründe für den Einbau einer Anlage, Bewertung der eigenen Anlage, etc.), allgemeine Fragen (Gerätetyp, Verfügbarkeit von Planungsunterlagen, Zugänglichkeit zur Anlage etc.) und technische Fragen zur Lüftungsanlage (Art der Anlage, Rohrmaterial, Filterqualität, Kanalführung, etc.).
- Qualitative Analyse der Anlagen / Auswertung der messtechnisch erfassten Daten (Temperatur, relative Feuchte, Volumenstrom, Druckdifferenzen, Schallpegel):  
Hier wurde im ersten Schritt vor Ort das gesamte Lüftungssystem von der Außenluft-Ansaugung bis in den Raum (Zuluftstrang) bzw. vom Raum bis zum Fortluftauslass

(Abluftstrang) messtechnisch erfasst. Im zweiten Schritt wurde auf Basis der gemessenen Werte eine Bewertung für einzelne Lüftungskomponenten durchgeführt.

- Quantitative Analyse der Anlagen / Auswertung der nicht messbaren Daten:  
Die Analyse der nicht messbaren Größen erfolgte vor Ort zum einen durch eine persönliche Aufnahme (Gesamtkonzept, Qualität der Anlagenteile, Regelungskonzept, Schall- und Wärmedämmung, Luftverteilung und Raumdurchströmung, etc.) und zum anderen durch ein Gespräch mit dem Anlagenbesitzer, das primär subjektive Einschätzungen (Regelung der Anlage, Betriebsstufe der Lüftungsanlage, Filtertausch-Intervall, etc.) zum Inhalt hatte.

## 2.2 Qualitätskriterien

Innerhalb des Projektes wurde ein Beurteilungssystem bzw. Kriterienkatalog für Lüftungsanlagen ausgearbeitet, in dem qualitativ zu erfassende Bereiche (z.B. Ansaugsituation, Rohrleitungsführung, etc.) und quantitativ zu erfassende Parameter (z.B. Zuluftmengen in Zu- und Abluftbereichen, Temperaturen am Lüftungsgerät, etc.) aufgelistet sind. Der insgesamt 55 Qualitätskriterien umfassende Kriterienkatalog kann in Zukunft auch für die Planung bzw. Ausschreibung von Wohnraumlüftungsanlagen herangezogen werden.

Die Qualitätskriterien für die Wohnraumlüftungsanlagen gliedern sich in folgende vier Hauptkategorien:

- Allgemeine Dimensionierung (ausreichende Mindestluftmenge, Temperatur am Einströmventil, keine Beeinträchtigung der Lüftungsanlage durch Dunstabzüge oder Feuerstätten, etc.)
- Ansaugung / Fortluft / Erdreichwärmetauscher (unbelastete Frischluft-Ansaugung, ausreichender Erdreichwärmetauscher, etc.)
- Lüftungsgerät / Wärmetauscher (Filterqualität, Stromeffiziente Lüftungsgeräte, Volumenstromregelung, Wärmerückgewinnungsgrad, etc.)
- Kanalnetz (geringer Druckabfall im Rohrnetz, geeignete Zu- und Abluftventile, fachgerechte Einregelung der Lüftungsanlage, etc.)

Grundsätzlich sollen durch die einzelnen Kriterien die folgenden übergeordneten Ziele bei einer Wohnraumlüftung erreicht werden:

1. Ausreichender, gesicherter Luftwechsel
2. Hohe Luftqualität (gefiltert, nicht von der Straßenseite,...)
3. Thermischer Komfort (z.B. keine Zugerscheinungen)
4. Hoher Schallschutz (Schutz vor Außenlärm, keine innere Lärmübertragung)
5. Geringer Energiebedarf (hohe Wärmerückgewinnung, niedriger Strombedarf)
6. Einfache Bedienung
7. Dauerhafte Technik

## 2.3 Auswertung nach den Qualitätskriterien

Nachfolgend werden die untersuchten Lüftungsanlagen anhand einiger Bewertungskriterien auszugsweise analysiert. Die gesamte Auswertung (Endbericht) ist auf der Webseite [www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at) unter „Technischer Status von Wohnraumlüftungen“ einzusehen bzw. downzuloaden.

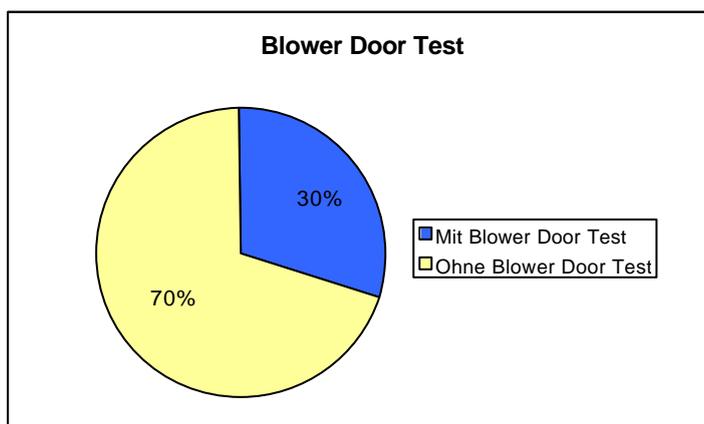
Mit den Anlagenbesitzern sowie den Installationsunternehmen wurde vereinbart, bei Veröffentlichung der Ergebnisse eine anonymisierte Darstellung zu wählen. Aus diesem Grund wurden die Messobjekte weder mit Namen genannt, noch dem Standort zugeordnet.

### 2.3.1 Luftdichte Gebäudehülle

Voraussetzung	Anforderung
Luftdichte Gebäudehülle	Maximal 1facher Luftwechsel beim Blower Door Test nach EN ISO 13829

Ob die Gebäude über eine geprüfte luft- bzw. winddichte Gebäudehülle verfügen, hängt primär von den Förderbestimmungen der einzelnen Bundesländer ab. In Bundesländern, in denen die Prüfung der Luftdichte eine Voraussetzung für die zusätzliche Förderung einer Wohnraumlüftung darstellt, wird diese meist auch entsprechend durchgeführt. In den anderen Bundesländern stellte die Prüfung der Luft- und Winddichtheit mit einem Blower Door Test primär eine zusätzliche Kostenbelastung dar. Es wurde daher meist darauf verzichtet, ohne im Detail zu wissen, welche Nachteile (mögliche Bauschäden, unnötige Energieverluste) ein undichtes Gebäude mit sich bringen kann.

Bei den durchgeführten Blower Door Tests lagen die meisten Gebäude bei einem  $n_{50}$  – Wert



von 0,45 bis 1,5  $h^{-1}$ , d.h. bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen Gebäudeinnerem und -äußerem stellt sich ein 0,45 bis 1,5facher Luftwechsel ein.

Abbildung 2: Aufteilung der Anlagen mit und ohne Blower Door Test (Basis: 92 Anlagen)

### 2.3.2 Mindestluftmengen

Die Bandbreite der absoluten Luftmengen bei der Normalbetriebsstufe der Lüftungsgeräte liegt bei den Einfamilienhäusern im Bereich von 120 m<sup>3</sup>/h bis 280 m<sup>3</sup>/h. Bei den Lüftungsanlagen im Geschosswohnbau sind sie mit 25 m<sup>3</sup>/h bis 80 m<sup>3</sup>/h deutlich geringer.

Qualitätskriterium 1	Anforderung
Mindestluftwechsel pro Person bei Normalbetriebsstufe für die gesamte Wohnung	Mindestens 30 m <sup>3</sup> /Person

Der personenbezogene Mindestvolumenstrom von 30 m<sup>3</sup>/h und Person wird nahezu bei allen Einfamilienhaus-Anlagen (EFH-Anlagen) in der Normalbetriebsstufe erreicht bzw. deutlich überschritten. Dieses Ergebnis untermauert auch die von den EFH-Bewohnern mehrheitlich als „sehr gut“ beschriebene Luftqualität. Die Anlagen im Geschosswohnbau liefern, analog zu den Gesamtluftmengen deutlich niedrigere Werte und auch niedrigere subjektive Zufriedenheitsgrade hinsichtlich der Luftqualität.

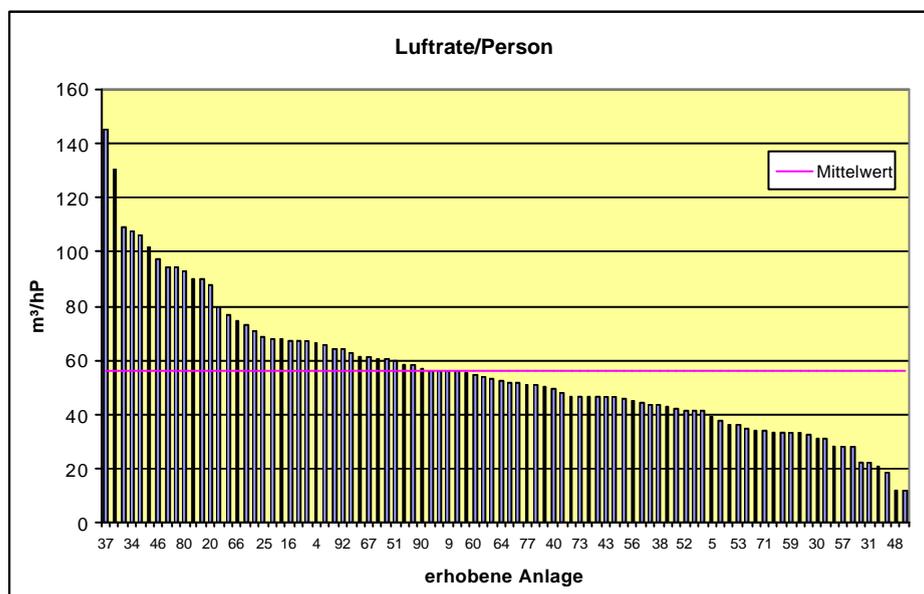


Abbildung 3: Frischluftvolumenstrom pro Person bei Normalbetriebsstufe (Basis: 92 Anlagen; Die rosa Linie stellt den Mittelwert über alle untersuchten Anlagen dar.)

Qualitätskriterium 3a – 3d	Anforderung
Mindestzuluftvolumenströme für einzelne Räume bei Normalbetriebsstufe für die Rohrdimensionierung (die tatsächliche Luftmenge kann dann auf die aktuellen Verhältnisse angepasst werden)	a) Wohnzimmer: 60 m <sup>3</sup> /h
	b) Schlafzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h
	c) Kinderzimmer: 50 m <sup>3</sup> /h (Zwei Kinder)
	d) Kinderzimmer: 25 m <sup>3</sup> /h (Ein Kind)

Schlafräume werden in den meisten Fällen luftmengenmäßig deutlich vernachlässigt. Die für Schlafräume von Eltern geforderten 50 m<sup>3</sup>/h werden nur bei wenigen Anlagen erreicht. Der Grund liegt nach Auskunft der Bewohner meist an der zu hohen Schallbelastung in der Nacht, die eine Drosselung der Luftmenge erfordert.

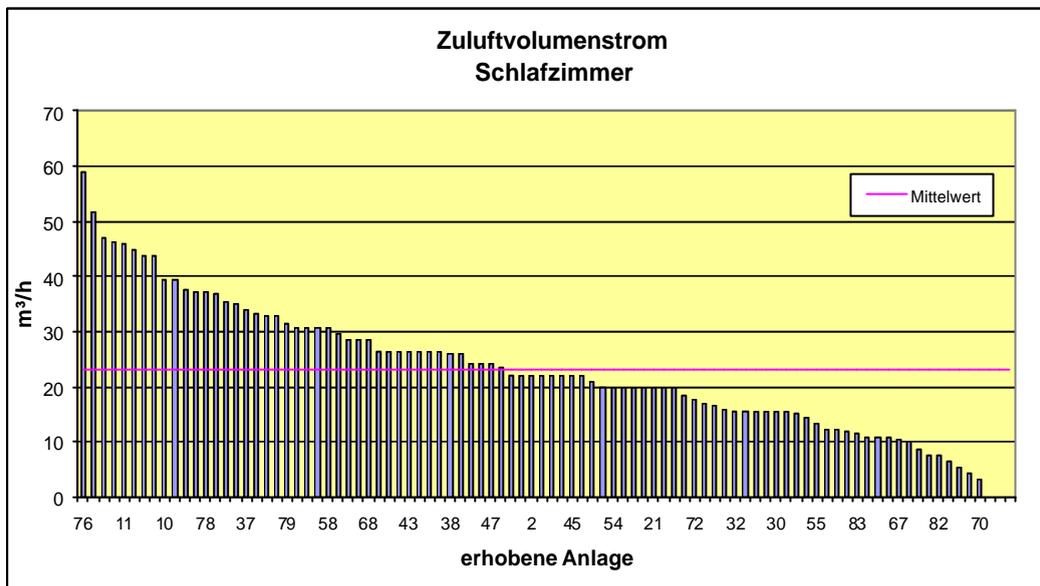


Abbildung 4: Erhobene Zuluftvolumenströme im Schlafzimmer bei Normalbetriebsstufe (Basis: 92 Anlagen; Die rosa Linie stellt den Mittelwert über alle untersuchten Anlagen dar.)

### 2.3.3 Ansaugsituation

Qualitätskriterium 14	Anforderung
Frischluftansaugung mit geringem Druckverlust, Schutz vor Schnee und Regen, Kleintieren bzw. entsprechender Filterung bei Anlagen mit EWT	a) Wirksamer Schutz vor Regen (Schnee)
	b) Ansaugung mit Vogel- und Fliegengitter
	c) Filterqualität vor einem EWT zumindest F5
	d) Druckverlust max. 15 Pa, mit Filter max. 25 Pa

Bei den Frischluftansaugungen selbst findet man die vielfältigsten Varianten. Von professionellen Lösungen über „Bastellösungen“ bis hin zu reinen Provisorien. Im Folgenden werden ein paar Beispiele für sehr gute, professionelle Lösungen von Frischluftansaugungen und einige weniger gut geeignete Lösungen dargestellt.

Positive Lösungen:



Abbildung 5: Frischluftansaugung – Ansaugfilterkasten mit Feinstaubfilter F6 in Taschenfilterausführung



Abbildung 6: Frischluftansaugung mit freistehendem Lamellenhut mit Ringfilter G4



Abbildung 7: Frischluftansaugung – Ansaugfilterkasten mit Feinstaubfilter F6 in Taschenfilterausführung

Sparlösungen bzw. Langzeitprovisorien:



Abbildung 8 a - c: Frischluftansaugungen werden sowohl bei der Installation (Investition) als auch bei der Wartung oft stiefmütterlich behandelt

### 2.3.4 Erdreichwärmetauscher (EWT)

Die wesentlichste Aufgabe des EWT ist die Eisfreihaltung der Wärmerückgewinnung in den Wintermonaten. Monitoring an bereits realisierten Anlagen sowie wissenschaftliche Arbeiten an dieser Thematik ermöglichen es, mittlerweile die wesentlichen Einflussgrößen zu bewerten bzw. Richtwerte für die Dimensionierung von EWT im Einfamilienhausbereich anzugeben:

**Rohrmaterial:** PE (Polyethylen), PP (Polypropylen)

**Wärmetechnische Anforderungen:** Das Rohr sollte eine möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Größeren Einfluss hat die Beschaffenheit des Erdreichs. Dieses kann den Energieertrag um bis zu 40% reduzieren.

**Verlegetiefe:** Je größer die Verlegetiefe ist, umso günstigere Temperaturniveaus herrschen im Erdreich für den EWT Betrieb. Die Investitionskosten steigen jedoch. Das beste Kosten / Nutzen -Verhältnis wird im Einfamilienhausbereich in der Regel bei Tiefen zwischen 1,5 und 2,0 m erreicht.

**EWT-Länge:** Richtwert für den Einfamilienhausbereich: rund 30 m

**EWT-Durchmesser:** in Abhängigkeit des Volumenstroms, Richtwerte: DN 150, DN 200

**Strömungstechnische Anforderungen:** Die Druckverluste im EWT sollten möglichst niedrig gehalten werden. In der Praxis hat sich ein Richtwert von rund 15 Pa bewährt.

**Verlegung:** im Gefälle (2%) verlegen, damit ein Abfließen des Kondensats möglich ist

Die Evaluierung der 92 Anlagen ergab folgende Erkenntnisse im Bezug auf den EWT:

- Bei rund 70% der Anlagen war ein EWT installiert.
- Die oben genannten Auslegungsrichtlinien wurden in der Regel eingehalten.
- Bei einzelnen Anlagen wurde auf eine Verlegung im Gefälle „vergessen“.
- Die Wasserdichtheit wurde in der Regel vor dem Hinterfüllen der Grube nicht geprüft.
- Die Hinterfüllung wurde meist mit dem vorhandenen, teilweise ungeeignetem Material (Bauschutt) durchgeführt.
- Rohrdurchführungen ins Haus wurden meist nachträglich gebohrt und nicht von vornherein vorgesehen.
- Ein ordnungsgemäßer Kondensatablauf wurde des öfteren nicht berücksichtigt.

### 2.3.5 Lüftungsgerät

Die Lüftungsgeräte selbst stellten in dieser Evaluierung kein besonderes Problemfeld dar. Durchwegs sind eher hochwertige Geräte eingebaut. Wenn es Probleme gab, dann lagen diese in den Bereichen Konstantvolumenstromregelung, Stromeffizienz und innere Dichtheit von Kunststoffwärmetauschern. Auszugsweise wird auf die Stromeffizienz des Lüftungsgerätes näher eingegangen.

Qualitätskriterium 21a, 21b	Anforderung
Geringe Stromaufnahme bzw. hohes elektrisches Wirkungsverhältnis <sup>1</sup> der Anlage bei Nennvolumenstrom und reinen Filtern.	a) Leistungsaufnahme max. 0,45 W/(m <sup>3</sup> /h) für Zu- und Abluftanlagen bzw. elektrisches Wirkungsverhältnis größer 12 (Mittelwert bei 100 Pa externer Druckdifferenz - TZWL Prüfpunkte)
	b) Elektrisches Wirkungsverhältnis größer 63 bei einem Lüftungsgerät mit Luft-Luft-Wärmepumpe (Mittelwert bei 100 Pa externer Druckdifferenz - TZWL Prüfpunkte)

Da nicht immer neue Ersatzfilter zur Hand waren, mussten einige Anlagen mit verschmutzten Filtern gemessen werden, was das Ergebnis negativ beeinflusst hat. Bei den als „mangelhaft“ beurteilten Anlagen, waren ein zu hoher Druckabfall im Rohrnetz bzw. die Verwendung von Wechselstromventilatoren die ausschlaggebenden Gründe. Insgesamt lag der Schnitt der gemessenen Geräte knapp unter 0,45 W/m<sup>3</sup>/h. Sehr gute Anlagen schafften auch Werte unter 0,30 W/m<sup>3</sup>/h. Teilweise sogar mit EWT. Die drei Anlagen mit der höchsten Leistungsaufnahme von 0,7 bis 1,4 W/m<sup>3</sup>/h waren alle mit Wechselstrommotoren ausgerüstet.

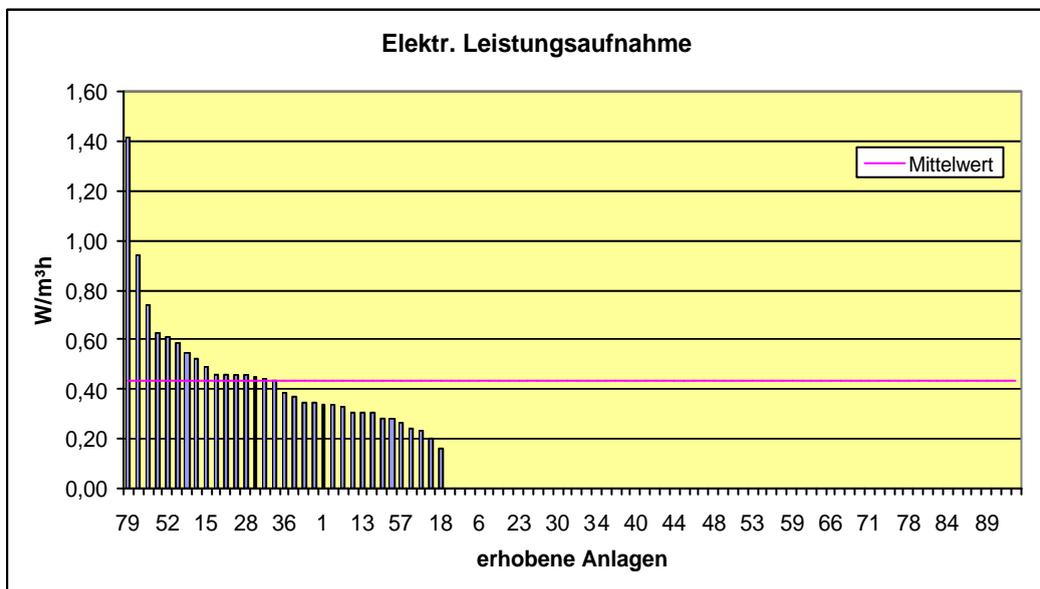


Abbildung 9: Elektr. Leistungsaufnahme der Gesamtanlage

<sup>1</sup> Das elektrische Wirkungsverhältnis ist der Quotient aus der vom Wohnungslüftungsgerät realisierten Enthalpiestromsteigerung und der von ihm verbrauchten elektrischen Leistung.

### 2.3.6 Ausreichende Filter für Zu- und Abluft

Qualitätskriterium 28	Anforderung
Ausreichende Filterqualität im Zuluftstrang	Zuluft zumindest F6 nach DIN EN 779
Qualitätskriterium 29	Anforderung
Ausreichende Filterqualität im Abluftstrang	Abluft zumindest G4 nach DIN EN 779
Qualitätskriterium 30a, 30b	Anforderung
Erinnerung an Filterwechsel im Wohnraum, sowie einfacher Austausch der Filter.	a) Automatische Anzeige für Filterwechsel
	b) Der Filterwechsel sollte ohne jegliches Werkzeug von Laien durchgeführt werden können.

Ergebnis der Erhebung ist, dass auf der Zuluftseite nur etwa 15% der Anlagen die auch in der ÖNORM H 6038 geforderte Filterqualität von F6 einhalten und auf der Abluftseite etwa 60% der Anlagen eine Filterqualität von G4 erreichen. Die Filter zeigten sich dabei eher von der „schmutzigen“ Seite, wobei sehr klar zwischen Geräten mit und Geräten ohne Anzeige für den Filterwechsel unterschieden werden konnte. Anlagen mit Filteranzeige wiesen deutlich geringe Verschmutzungsgrade auf.

Positive Beispiele:



Abbildung 10: Lüftungsgerät mit Taschenfiltern auf der Zu- und Abluftseite



Abbildung 11: Lüftungsgerät mit einer Kombination aus Matten- und Kassettenfilter im Zuluftstrang (rechts) sowie einem einfachen Mattenfilter in Abluftbereich (links)

## Negative Beispiele:



Abbildung 12: Verschmutzter Taschenfilter



Abbildung 13: Verschmutzte Ventilfilter in Taschenfilterausführung

### 3. Zusammenfassung

Die Evaluierung zeigte, dass die Anlagenbesitzer zum größten Teil mit ihren Anlagen sehr zufrieden waren, auch wenn teilweise Mängel zum Vorschein kamen. Die Lüftungsgeräte bieten dabei in den wenigsten Fällen Anlass zur Kritik, da durchwegs hochwertige Geräte eingebaut sind. Die Probleme der Anlagen liegen meist in der allgemeinen Konzeption, in unzureichenden Anlagenkomponenten und in steuerungstechnischen Bereichen.

Als Zusammenfassungen der häufigsten Probleme in der Anlagenkonzeption können folgende Punkte genannt werden:

- Ungeprüfte Gebäudevoraussetzungen (nur bei einem Drittel der Objekte mit Wohnraumlüftungsanlagen wurde eine Luftdichtheitsprüfung durchgeführt)
- Häufigstes Problem bei den Anlagen sind Lärmprobleme (falsche Dimensionierung der Rohr-, Filter- bzw. Ventilquerschnitte oder fehlender Schalldämpfer).
- Um die Lärmprobleme zu reduzieren, werden häufig die Luftmengen auf ein hygienisch nicht zulässiges Maß reduziert.
- Die Luftführung in den Wohnungen ist bei einigen Anlagen unzureichend.
- Die Einregulierung der Luftmengen wird sehr oft nicht entsprechend durchgeführt.
- Die mögliche Beeinflussung von Feuerstellen im Wohnraum durch Lüftungsanlagen wurde häufig nicht beachtet.
- Dunstabzugshauben werden häufig nicht schlüssig in das Lüftungskonzept integriert
- Die Überströmöffnungen werden oft sehr stiefmütterlich behandelt

Zu den häufigsten Problemen einzelner Anlagenkomponenten zählen:

- Mangelhafte Luftansaugung mit zu hohem Druckverlust
- Kein Kondensatablauf beim Erdwärmetauscher bzw. Lüftungsgerät
- Ungenügende Dämmung der kalten und warmen Rohre
- Zu geringe Filterqualität und schlechte Wartung der Filter (meist nur G3/G4 Filter)
- Anlagen ohne Konstantvolumenstromregelung sind nur selten ausbalanciert
- Keine Anzeige für Filterwechsel im Wohnraum
- Fehlende bzw. ungenügende Geräte- bzw. Telefonieschalldämpfer
- Ungenügende Rohrquerschnitte (zu hohe Luftgeschwindigkeiten)
- Ungeeignetes Verrohrungsmaterial (flexible Schläuche)
- Falsche bzw. zu kleine Ventile (z. B. reine Abluftventile für die Zuluft)

#### **4. Weitere Informationen**

Detaillierte Projektinformationen sowie den gesamten Endbericht finden Sie unter

[www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung](http://www.fh-kufstein.ac.at/wohnraumlueftung)

[www.hausderzukunft.at](http://www.hausderzukunft.at)

bzw. können bei den Beitragsautoren kostenlos angefordert werden.

# Behagliche Nachhaltigkeit – Untersuchung zu Behaglichkeit und Erholungswert von Passivhäusern

DI Dr. Bernhard Lipp, IBO, Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie

## Motivation, Inhalt, Ziele, Methoden

Das Passivhaus ist als besonders energieeffizienter Baustandard bekannt. Weniger bekannt ist, dass dieses

Konzept konsequent aus Behaglichkeits- und Wohnhygienekriterien abgeleitet wurde. Das Komfortargument ist aber für den Marktdurchbruch dieses Konzepts von eminenter Bedeutung. Passivhäuser werden allerdings meist nicht als „Behaglichkeitshäuser“ sondern als „Häuser ohne Heizung“ verkauft. Viele potentielle Passivhauskunden schrecken davor zurück, in einem Haus zu wohnen, welches nur mit einer Zuluftheizung beheizt werden kann. Sie wünschen sich eine fühlbare Wärmequelle, wie z.B. eine Wandheizung oder einen kleinen Ofen. Auch manche BewohnerInnen von Passivhäusern äußern solche Wünsche, nicht weil es im Passivhaus zu kalt wäre, sondern weil ein besonderes Wärme-, Behaglichkeits- oder Sicherheitsbedürfnis damit befriedigt werden kann. Komfortlüftungsanlagen sind integrativer Bestandteil jedes Passivhauses, sie sorgen bei der sehr luftdichten Bauweise des Passivhauses für ausreichenden Luftwechsel und garantieren damit eine gute Raumluftqualität. Der Vergleich von Messergebnissen zur Luftqualität mit und ohne Lüftungsanlage in Schlafräumen tragen bei vielen Bauherrn wesentlich zur Entscheidung für die Komfortlüftungsanlage und damit auch oft für das Passivhaus bei. Für einen Markterfolg des Passivhausstandards müssen neben den viel besprochenen Betriebskosten- und Ökologieargumenten, die für das Passivhauskonzept sprechen, auch die Komfortargumente gefestigt werden. Dafür müssen Befürchtungen über mögliche Komfortprobleme in Passivhäusern empirisch bestätigt oder entkräftet werden. Im Falle einer (auch teilweisen) Bestätigung ist der Gewinn ein Entwicklungsstimulus für den Passivhausstandard und seine zentralen technischen Komponenten wie Fenster und Lüftungsanlagen. Im Falle einer Entkräftung der Befürchtungen durch die Ergebnisse ist der Gewinn ein erstklassiges Marketinginstrument.

Dieses Forschungsprojekt beschäftigte sich mit zwei Fragen zur Behaglichkeit und zum Gesundheits- bzw. Erholungswert von Passivhäusern:

Frage 1: Erleben BewohnerInnen von Passivhäusern einen Komfortunterschied, wenn ihr Haus a) nur über Zuluft oder b) wenn es zusätzlich mit anderen Wärmeabgabesystemen (Wand-, Deckenheizungen usw.) beheizt wird?

Lassen sich wahrgenommene (aber auch evt. nicht wahrgenommene!) Unterschiede physiologisch und/oder psychologisch erfassen?

Frage 2: Komfortlüftungsanlagen bieten mit geringen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen und geringer Staubbelastung erhöhte Raumluftqualität. Hat die bessere Raumluftqualität Auswirkungen auf die Schlafqualität und damit auf die wichtigste Erholungsphase der untersuchten PassivhausbewohnerInnen? Können die Auswirkungen durch Vergleich der Schlafqualität bei a) laufender Komfortlüftung und b) abgestellter Komfortlüftung und geschlossenen Fenstern (Standardfall im Winter bei Häusern ohne mech. Lüftung) nachgewiesen werden?

Ziel des Forschungsprojektes war die Behaglichkeits- bzw. Bedürfnisoptimierung von Passivhauskomponenten (Heizungskonzepten, Heizungskomponenten, Regelungs- und Steuerungskomponenten, Komfortlüftungsanlage) durch Einbeziehung der Messergebnisse der Behaglichkeitsuntersuchungen sowie der durch Interviews erhobenen Bedürfnisse und Erfahrungen von PassivhausbewohnerInnen im Bezug auf die Behaglichkeit.

Weiters sollte der Erholungsvorteil durch kontrollierte Wohnraumlüftung anhand von Untersuchungen der Schlafqualität nachgewiesen werden: Die Ergebnisse des Vergleichs der Schlafqualität mit und ohne Schlafrüftung sollten die Wichtigkeit und Bedeutung der Komfortlüftungsanlage für die Luftqualität bzw. Erholungsfähigkeit unterstreichen.

Schließlich sollte der Stellenwert des Konstrukts „Behaglichkeit“ im Rahmen der Kaufentscheidung des Endverbrauchers bzw. im Adaptionsprozess von Neuprodukten dargestellt werden.

Die physiologischen Nachweise wurden über die Messung und Auswertung der Herzfrequenzvariabilität mit miniaturisierten EKG-Messgeräten ("Heartman") geführt: In einer thermisch behaglichen Umgebung wird die Temperaturregulation des Körpers nur über den Blutkreislauf durchgeführt. Die beste Chance, Behaglichkeit physiologisch zu messen, ist somit durch die Bestimmung des Zustandes des Blutkreislaufes bzw. des Autonomen Nervensystems gegeben.

Die psychologischen Nachweise wurden durch Fragebögen sowie ein offenes Focus Group Interview und dessen qualitative Analyse geführt. Die Durchführung des Focus Group Interviews mit den BewohnerInnen von Passivhäusern, die gleichzeitig die Versuchspersonen der physiologischen Untersuchungen darstellten, verfolgte das Ziel, die Erfahrungen der Interviewten in Bezug auf die Behaglichkeit von Passivhäusern im Gespräch und in der Interaktion zu erheben und aufbauend darauf, das Konstrukt Behaglichkeit fassbar zu machen. Die sich daraus ableitbaren marketingrelevanten Aspekte waren primäres Ziel der Erhebung.

### **Ergebnisse und Schlussfolgerung**

Die physiologischen Untersuchungen ergaben, dass die in den Passivhäusern untersuchten unterschiedlichen Heizungssituationen keine signifikante Änderung in der autonomen Thermoregulation der Versuchspersonen hervorrufen. Sowohl die reine Zuluftheizung als auch Flächenheizungssysteme (Wandheizung) oder Heizung durch Pelletszimmeröfen erreichten im Passivhaus eine Raumklimasituation, die von den Versuchspersonen sowohl subjektiv (erhoben durch Fragebögen) als auch in der objektiven physiologischen Messung als gleichwertig behaglich und den Kreislauf gleich beanspruchend eingestuft wurde. Die aus den Untersuchungen gefolgerte Aussage ist keine statistisch abgesicherte Aussage, da der Versuchsumfang der vorgenommenen Untersuchungen zu klein war. Sie ist als Hinweis, als Trend für die physiologische Wirkung von thermisch behaglichem Raumklima zu verstehen. Die physiologischen Messungen zeigen in einem Längsschnitt, dass die Methode, wie auch bei vorangegangenen Untersuchungen in ähnlichem Versuchsdesign gezeigt werden konnte, für Behaglichkeitsuntersuchungen geeignet und richtungsstabil ist. Das Ergebnis der Untersuchungen gilt nur für das Passivhaus, das, bedingt durch die gute Wärmedämmung, relativ hohe Oberflächentemperaturen gewährleistet.

Unabhängig davon, welches Heizsystem verwendet wird, muss damit in jedem Fall die individuelle Vorzugsraumtemperatur der BewohnerInnen erreicht werden können, auch wenn diese Temperatur 25°C betragen sollten. Das Lüftungsheizungssystem hat jedoch den Nachteil, dass sich die Luftmenge nicht unabhängig von der Heizleistung regulieren lässt. Dies kann zu trockener Luft führen, da man die Luftmenge im Winter – auf Grund der erforderlichen Heizlast – auch bei Abwesenheit von Personen nicht reduzieren kann. Weiters lässt sich raumweise Temperaturregelung bei der Zuluftheizung nur mit großem Aufwand realisieren. Für die Planung ist es absolut wichtig, die Kundenwünsche optimal zu erfüllen.

Wenn die Planung und die genauen Berechnungen zeigen, dass die individuellen Vorzugstemperaturen auch mit der ausschließlicher Lüftungsnachheizung erreicht werden können, der Wunsch der Bauherrin/des Bauherrn nach einem zusätzlichen Heizsystem aber bestehen bleibt, sollte diesem Wunsch nachgekommen werden.

Aus den Schlafuntersuchungen konnten aufgrund unzureichender CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in den Schlafräumen vorerst keine Rückschlüsse auf die Auswirkung schlechter Raumluftqualität auf die Schlafqualität gezogen werden. Einzelbeispiele von jenen Untersuchungen, bei denen ein nachweisbarer Unterschied in den CO<sub>2</sub>-Konzentrationen vorlag, zeigten allerdings Unterschiede in der nächtlichen Erholung. Für differenziertere Aussagen und eindeutige Schlussfolgerungen auf mögliche Auswirkungen unterschiedlicher Schlafräumlüftungssituationen auf die Schlafqualität und den Erholungswert des Schlafes reicht die vorgenommene EKG-Strukturanalyse nicht aus.

Da aus den psychologischen Befragungen anhand von Schlafragebögen jedoch eindeutig hervorgeht, dass von den Versuchspersonen subjektiv die Schlafqualität und die Schlaferholung bei guter Schlafräumbelüftung besser beurteilt wird, sollten weiterführende Untersuchungen angestellt werden. Es ist denkbar, die Untersuchungen mit einem mobilen Schlaflabor vorzunehmen, um die Schlafqualität anhand der unterschiedlichen Schlafphasen genauer zu differenzieren: dadurch könnte die Schlafqualität in Abhängigkeit von Raumklima und Schadstoffen beurteilt werden. Es sind diesbezüglich auch bereits erste Voruntersuchungen im Gange, die neben der Herzfrequenzvariabilität, aufgezeichnet wie in den präsentierten Untersuchungen mittels HeartMan, auch das EEG (Elektroenzephalogramm) der Versuchspersonen im Schlaf aufzeichnen. Von der dadurch genaueren Untersuchung der unterschiedlichen Schlafphasen werden konkretere Aussagen zur Schlafqualität erwartet.

Ein wesentliches Anliegen der Studie war es, herauszuarbeiten, welche Auswirkungen unterschiedliche Heizungssysteme auf die Behaglichkeit und das Wohlfühlen der BewohnerInnen von Passivhäusern haben.

Im Rahmen des Focus Group Interviews wurde daher auch erörtert, ob und wie die EigentümerInnen ihre Passivhäuser heizen. Die TeilnehmerInnen waren sich einig, dass es auf Grund ihrer Wärme- und Temperaturansprüche grundsätzlich nicht möglich wäre, ihre Häuser ausschließlich über die Lüftungsanlage zu heizen. Niemand wollte riskieren, keine Zusatzheizung einzubauen, vor allem in extrem kalten Wintern könnte die Lüftungsanlage allein keine, ihren Komfortansprüchen genügend hohe Raumtemperatur gewährleisten. Daher waren vor allem der Sicherheitsgedanke und die Angst davor, womöglich im Nachhinein doch noch eine Heizung einbauen zu müssen, für den Einbau einer Zusatzheizung ausschlaggebend.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Art der Heizung aus Sicht der Befragten eindeutige Auswirkungen auf das Wohnklima und die Behaglichkeit eines Hauses und damit auf das Wohlfühlen seiner BewohnerInnen hat. Die TeilnehmerInnen wählten aus diesem Grund ihre Heizungssysteme ganz bewusst aus und ließen sich dabei nach eigenen Angaben stark vom Einfluss der Heizung auf die Raumatmosphäre leiten. Dies trifft ebenso für eine Wandheizung wie für einen (Pelletszimmer-) Ofen zu.

Eine Wandheizung überzeugte die BewohnerInnen vor allem wegen der rundum von allen Wänden gleichermaßen wohlig abstrahlenden Wärme; ein (Pelletszimmer-)Ofen ist für die BewohnerInnen hauptsächlich wegen der sichtbaren Flammen, welche eine behagliche Atmosphäre erzeugen, ausgewählt worden.

Die Lüftungsanlage wird von den BewohnerInnen von Passivhäusern einheitlich als Hauptargument und wichtigstes Verkaufsargument gesehen. Die Lüftungsanlage ist wesentlich dafür verantwortlich, dass das Passivhaus überhaupt funktioniert und dass es seine ihm eigenen Qualitäten – vor allem auch in Hinblick auf die Faktoren Behaglichkeit, Wohnkomfort und Wohnqualität sowie Wohlfühlen – entfalten kann.

# Solare Kombianlagen im europäischen Vergleich

## Ergebnisse der IEA SHC Task 26

Werner Weiß<sup>1)</sup>, Jean-Marc Suter<sup>2)</sup> und Thomas Letz<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> **AEE INTEC**, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, Institut für Nachhaltige Technologien, A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Tel.: +43-3112-5886 17  
E-mail: [w.weiss@ae.at](mailto:w.weiss@ae.at)

<sup>2)</sup> Suter Consulting, CH-3000 Bern, P.O. Box 130, 16, Schweiz  
Tel.: +41-31-3500004, E-mail: [suter@email.ch](mailto:suter@email.ch)

<sup>3)</sup> ASDER, F-73230 Saint Alban-Laysse, 299 Rue du Granier, Frankreich  
Tel.: +33-479858850, E-mail: [thomas.letz@asder.asso.fr](mailto:thomas.letz@asder.asso.fr)

## 1 Einleitung

Task 26 war ein IEA Forschungsprojekt im Rahmen des „Solar Heating and Cooling Program“, an dem sich 26 Experten und 11 Solartechnikunternehmen aus 9 europäischen Ländern und den USA beteiligten. Im Rahmen der Task 26 wurden Systeme zur solaren Warmwasserbereitung und Raumheizung (Solare Kombianlagen) in den teilnehmenden Ländern systematisch erfasst, verglichen und auf ihre Eignung in verschiedenen Anwendungsbereichen sowie unter verschiedenen Rahmenbedingungen und klimatischen Bedingungen untersucht. Auf Basis dieser Erhebungen und Bewertungen wurden die Systeme für Anwendungen in Ein- und Mehrfamilienhäusern weiterentwickelt und optimiert.

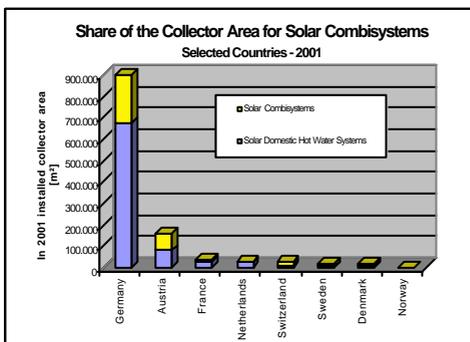
Weiters wurden im Rahmen des Projektes einheitliche Klassifizierungs- und Bewertungsverfahren für Solare Kombianlagen entwickelt. Diese dienten als Grundlage für die Erarbeitung von Vorschlägen zur internationalen Standardisierung von Systemtests.

## 2 Das Potenzial für solare Raumheizung

Die Zuwachsraten bei der installierten Kollektorfläche für solare Brauchwassererwärmung seit Mitte der 80er Jahre haben gezeigt, dass thermische Solaranlagen ausgereift und technisch zuverlässig sind.

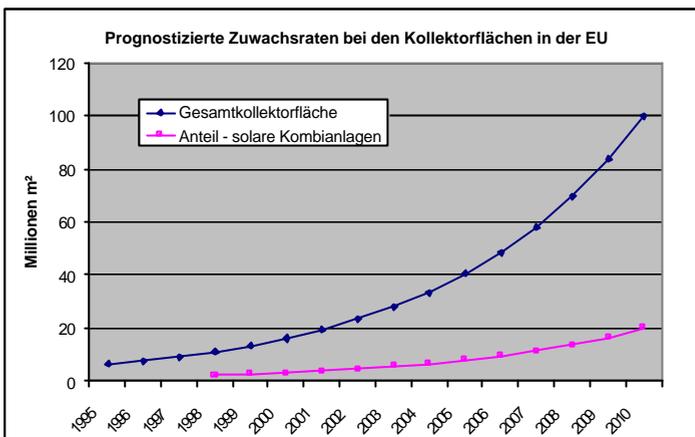
Abb. 1: Anteil der installierten Kollektorfläche an solaren Warmwasser- und Raumheizungsanlagen in ausgewählten Ländern [7]

Parallel zur zunehmenden Verbreitung von solaren Warmwasseranlagen wurden ab 1990 auch Systeme zur solaren Raumheizung entwickelt und erprobt. Der Marktanteil dieser Kombianlagen (Warmwasser und Raumheizung) an



der installierten Kollektorfläche betrug in Österreich 1998 bereits 50% [6]. Ähnliche Zuwachsraten sind auch in anderen europäischen Ländern zu verzeichnen. Geht man von den im Weissbuch der Europäischen Kommission bis 2010 erwarteten jährlichen Zuwachsraten von 20% bei thermischen Kollektoren aus, so ist bei konservativer Abschätzung davon auszugehen, dass mindestens 20% der installierten Kollektorfläche in solaren Kombianlagen eingesetzt werden. D.h., dass in den Mitglieds-ländern der EU in den kommenden 10 Jahren im Durchschnitt jährlich 120.000 Solare Kombianlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von 1,9 Millionen m<sup>2</sup> installiert werden.

Abb. 2: Von der Europäischen Kommission prognostizierte Zuwachsraten bei thermischen Sonnenkollektoren und möglicher Marktanteil für Solare Kombianlagen bis 2010 [10]



### 3 Systemlösungen

In diesem Kapitel werden einige, der im Rahmen der Task 26 dokumentierten Systeme vorgestellt, die sich schon in zahlreichen realisierten Anlagen bewährt haben. Die unterschiedlichen technischen Systemlösungen, Anlagengrößen und die damit verbundenen Einsparmöglichkeiten konventioneller Energie sind teilweise auf die sehr verschiedenen Rahmenbedingungen in den einzelnen Ländern zurückzuführen.

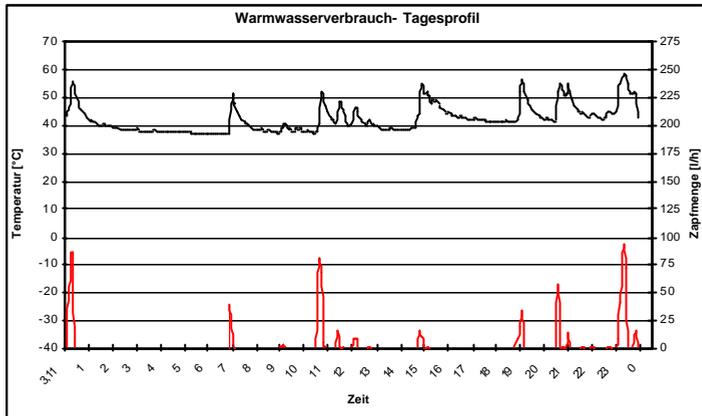
#### 3.1 Systemanforderungen

Im Gegensatz zu Solaranlagen zur Warmwasserbereitung werden an Solare Kombianlagen wesentlich komplexere Anforderungen gestellt, da sie zwei Abnehmer versorgen müssen, die über den Jahresverlauf ein sehr unterschiedliches Anforderungsprofil haben. Zudem ist eine Zusatzenergiequelle zu integrieren, welche an Tagen, an denen nicht genügend Solarenergie zur Verfügung steht, die fehlende Wärme bereitstellt.

Der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung ist über das gesamte Jahr, bis auf geringe saisonale Schwankungen, nahezu unverändert. Das Tagesprofil des Warmwasserbedarfs ist geprägt von kurzzeitigen Bedarfsspitzen, gefolgt von längeren Perioden ohne Bedarf. Das Temperaturniveau im Speicher sollte 60°C erreichen, so

dass an den Zapfstellen Wasser mit 55 °C gezapft werden kann und den div. Legi-nellenverordnungen entsprochen wird.

Abb. 3:  
Warmwas-serbedarf in einem Ein-familienhaus:  
Tageszapf-profil



Der Raum-wärmebedarf ist im Ge-gensatz zum Warmwäs-serbedarf geprägt von

sehr großen saisonalen Schwankungen, der zudem a-zyklisch zur solaren Einstrahlung ist. Der Wärmebedarf über die Heizsaison schwankt zwar auch in Abhängigkeit von der Außentemperatur, den passiv solaren Erträgen und den internen Gewinnen eines Gebäudes, ist aber dennoch, verglichen mit dem Warmwasserbedarf relativ kontinuierlich. Das erforderliche Temperaturniveau liegt bei entsprechender Auslegung des Wärmeabgabesystems bei 30 bis 50 °C. Nachteilig sind verglichen mit der Warmwasserbereitung die relativ hohen Rücklauftemperaturen aus dem Heizsystem (25 – 40°C). Je höher diese sind, desto stärker wirkt sich dies auf die Effizienz der Solaranlage aus, da die Heizungsrücklauftemperaturen die Vorlauftemperaturen der Solaranlage ganz wesentlich mitbestimmen.

Voraussetzung für die Entwicklung von effizienten und kostengünstigen Solaren Kombianlagen ist es daher, das System so zu konzipieren, dass der Kollektor über das gesamte Jahr auf dem tiefst möglichen Temperaturniveau betrieben wird und so-wohl der Warmwasser- als auch der Raumwärmebedarf auf unterschiedlichem Tem-peraturniveau zeitgleich mit möglichst geringem Nachheizbedarf aus der Zusatzheiz-quelle bereitgestellt werden kann.

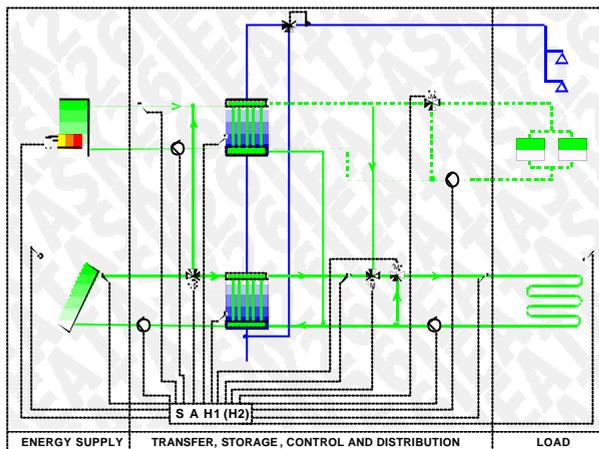
### 3.2 Systemlösungen

Um diese Systemanforderungen zu erfüllen, wurden sehr unterschiedliche System-konzepte entwickelt, die neben den an die Anlagen gestellten technischen Kriterien sehr häufig auch von anderen, nicht technischen Rahmenbedingungen wie Verfüg-barkeit von Platz zur Unterbringung von Speichern oder länderspezifischen Bau-traditionen geprägt sind.

Als wesentliche Unterscheidungsmerkmale von solaren Kombianlagen erweisen sich der Umgang mit dem Wärme- und Speichermanagement sowie die unterschiedliche hydraulische und regelungstechnische Einbindung der Zusatzenergie.

### 3.2.1 Speichermassen des Gebäudes als Energiespeicher

Ein einfaches System, das die Speichermassen des Gebäudes, insbesondere den Estrich der Fußbodenheizung zur Speicherung der Solarwärme für Heizzwecke nutzt, hat vor allem in Frankreich eine größere Verbreitung gefunden. Zur Speicherung des Warmwassers wird ein spezieller, aus einem Vorwärm- und einem Nachheizteil bestehender Speicher mit einem Volumen von 300 bis 500 Liter eingesetzt. Dieser Speicher erfüllt mehrere Funktionen. Er dient der Speicherung des Warmwassers, zugleich als Wärmetauscher zwischen Solar- und Brauchwasserkreis, und dient als



hydraulische Entkopplung zwischen Solar- und Heizungskreis. Da der Kollektorkreis vom Heizungskreis hydraulisch nicht getrennt ist, wird das Gesamtsystem mit Wärmeträger (Frostschutz) betrieben.

Typische Kollektorflächen für Einfamilienhausanlagen liegen bei diesem System zwischen 10 und 35 m<sup>2</sup>.

Abb. 4: Advanced Direct Solar Floor System, das in Frankreich vertrieben wird.

### 3.2.2 Brauchwasserspeicher als Energiespeicher

Eine anderes, in mehreren europäischen Ländern verbreitetes System ist ein Einspeichersystem, bei dem der Brauchwasserspeicher sowohl für die Speicherung des Warmwassers als auch zur Speicherung der Heizenergie dient. Bei diesen Systemen wird die Raumwärme mittels in den Speicher integrierten Glattrohrwärmetauschern ausgekoppelt. Da es sich dabei um relativ kleine Anlagen mit typischen Speichergrößen zwischen 300 und 800 Liter und Kollektorflächen zwischen 5 und 15 m<sup>2</sup> handelt, ist die zu erzielende Heizenergieeinsparung entsprechend gering.

Abb. 5: Einspeichersystem: Brauchwasserspeicher mit Wärmeauskopplung für die Raumheizung (Dänemark)

Ein vom Prinzip her ähnliches System kommt aus den Niederlanden. Der Warmwasserspeicher bildet eine Kompakteinheit in welche ein Gasbrenner direkt integriert ist. Dieser geht automatisch in Betrieb, wenn die erforderliche Temperatur im oberen Speicherbereich unterschritten wird.

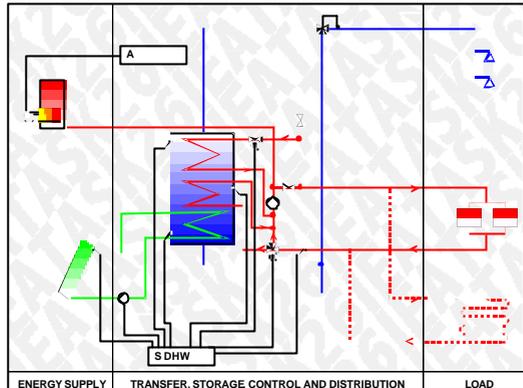
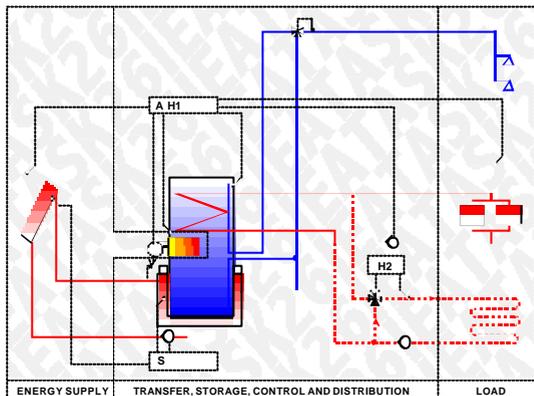


Abb.6: Einspeicher- Drainback-System: Brauchwasserspeicher mit integriertem Gasbrenner. Die Wärmeauskopplung erfolgt über einen innenliegenden Glattrohrwärmetauscher (Niederlande)

Diese Anlage wird als Drainback-System betrieben. D.h. der Kollektorkreis wird mit Wasser und nicht wie in Mittel- oder auch Nordeuropa üblich, mit Frostschutz gefüllt. Ist keine ausreichende Temperaturdifferenz zw i-

schen Kollektor und Speicher vorhanden, so wird die Pumpe abgestellt und damit der Kollektorkreis entleert. Mit dieser Strategie wird sowohl dem Einfrieren der Anlage im Winter als auch dem Überhitzen der Anlage im Sommer wirksam begegnet.

Der Warmwasserspeicher mit einer Speicherkapazität zwischen 250 und 650 Liter ist im unteren Bereich mit einem Doppelmanteltank umgeben. Dieser dient sowohl als Wärmetauscher für den Solarkreis als auch als Drainback Reservoir.



### 3.2.3 Heizungsspeicher als Energiespeicher

Bei diesen Systemen dient anstatt des Brauchwasserspeichers der Heizungsspeicher als Energiespeicher. Dies hat vor allem Kostenvorteile, da Heizungsspeicher (Pufferspeicher) wesentlich kostengünstiger herzustellen sind als Warmwasserspeicher, an die sehr hohe hygienische Anforderungen gestellt werden. Zudem ergeben sich bei dieser Lösung keine Legionellenprobleme, da kein Brauchwasser gespeichert wird.

Abb. 7: Einspeichersystem – Der Heizungsspeicher dient als Energiespeicher. Die Warmwasserbereitung erfolgt über zwei in Serie geschaltete innenliegende Wärmetauscher.

Auch hier wurden unterschiedliche Systeme entwickelt. Wesentlicher Unterschied ist dabei die Kompaktheit. Bei einem in Schweden angebotenen System (Abbildung 7) sind der Kessel zur Bereitstellung der Zusatzenergie und der Heizungsspeicher getrennt.

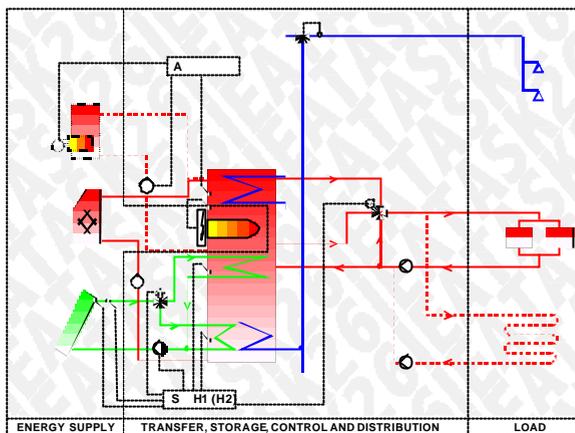
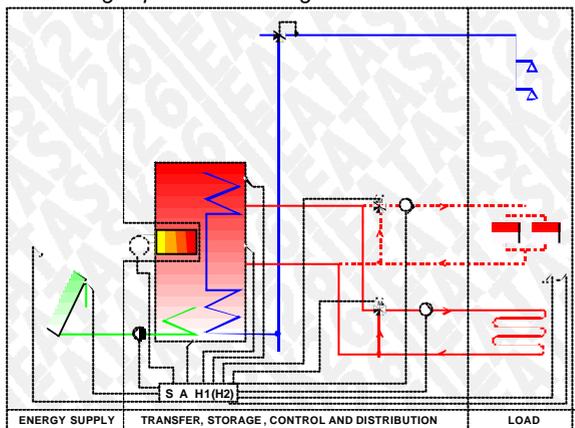


Abb. 8: Einspeichersystem: Heizenergiespeicher mit integriertem Gas- oder Ölbrenner. Die Warmwasserbereitung erfolgt über zwei in Serie geschaltete innenliegende Wärmetauscher. Das System wird in der Schweiz und in etwas modifizierter Form in Finnland angeboten.

Ähnlich wie bei dem unter Punkt 3.2.2 vorgestellten niederländischen System, zeichnen sich die am weitesten entwickelten Systeme durch die Kompaktheit der Speicher/Brenner-

Einheit aus. Wie Abbildung 8 zeigt, sind auch hier Kompakteinheiten am Markt, bei denen der Gas- oder Ölbrenner in den Heizenergiespeicher integriert ist. Die Warmwasserbereitung erfolgt über zwei in Serie geschaltete innenliegende Wärmetauscher. Das System wird in der Schweiz und in etwas modifizierter Form in Finnland angeboten.



### 3.2.4 Tank in Tank-Systeme

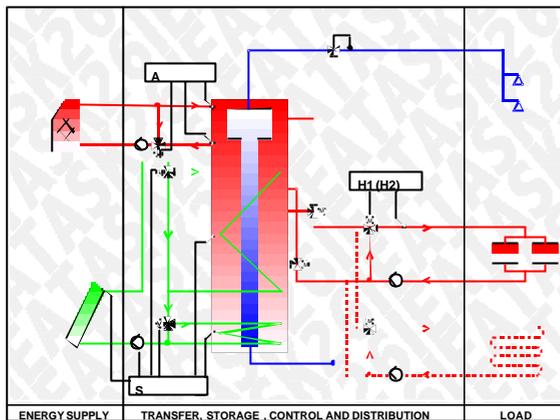
Bei Tank in Tank-Systemen sind ein oder mehrere Brauchwasserspeicher in einen Heizungsspeicher eingebaut. Die Wärmeübertragung von solar erzeugter Wärme zum Heizungswasser erfolgt über einen oder zwei innenliegende Glattrohrwärmetau-

scher. Werden zwei Wärmetauscher in Verbindung mit einem Drei-Wege -Ventil verwendet, so wird eine geschichtete Beladung des Speichers ermöglicht.

Diese Systeme sind in sehr unterschiedlichen Größen gefertigt. Abbildung 9 zeigt ein großes Tank in Tank System, das für hohe solare Deckungsgrade konzipiert ist.

Die Speichergröße kann hier einige tausend Liter betragen. Die Kollektorflächen variieren zwischen 20 und 50 m<sup>2</sup>.

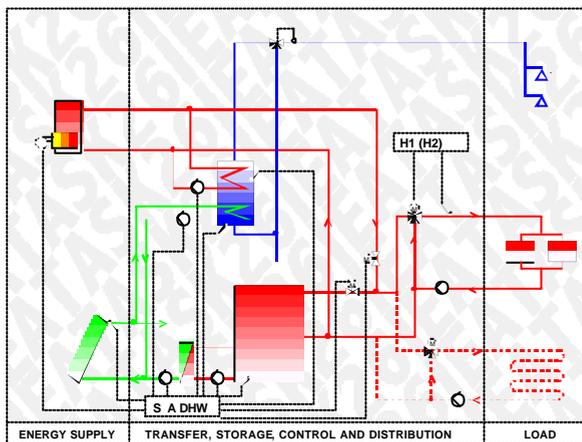
Abb. 9: Tank in Tank System für hohe solare Deckungsgrade



### 3.2.5 Zweispeichersysteme

Zweispeichersysteme sind vor allem in Österreich weit verbreitet. Sowohl für das Brauchwasser, wie auch für die Speicherung der Heizenergie steht je ein Speicher zur Verfügung. Um den Kollektor während der Heizperiode auf einem möglichst niedrigen Temperaturniveau betreiben zu können und einen möglichst hohen solaren Ertrag zu erreichen, wird die Solarwärme dem jeweils kälteren Speichermedium zugeführt. Im Sommerhalbjahr wird vorrangig der Brauchwasserspeicher geladen.

Abb. 10: Zweispeicheranlage im Speicher-Parallelbetrieb



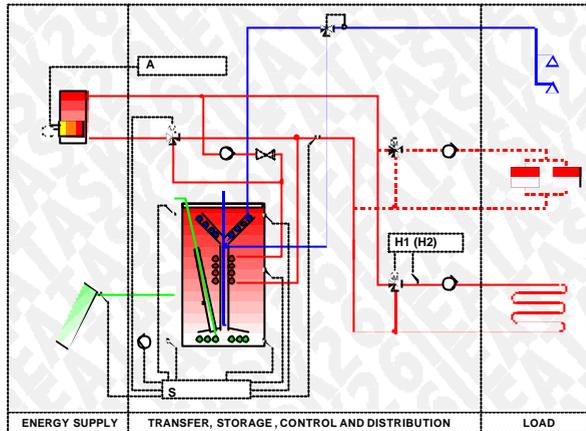
Die Heizenergie kann dem Wärmeabgabesystem – in Abhängigkeit vom Kesseltyp - entweder direkt vom Heizkessel oder aus dem Heizungsspeicher zugeführt werden. Der Vorteil von Zweispeichersystemen liegt in der großen Flexibilität, da dafür alle handelsüblichen Speicher aller Größen verwendet werden können. Damit kann die

Anlage auf unterschiedliche Kesselerfordernisse oder gewünschte solare Deckungsgrade leicht angepasst werden.

### 3.2.6 Systeme mit Schichtenspeichern

Der wachsende Markt für Solare Kombianlagen hat zur Entwicklung spezieller Speicher für diesen Anwendungsbereich geführt. Diese Speicher zeichnen sich insbesondere durch die Möglichkeit der geschichteten Be- und teilweise auch Entladung aus. Die temperaturorientierte Be- und Entladung kann entweder durch Ventile oder durch speziell entwickelte Schichtenlader oder Wärmetauscher erfolgen.

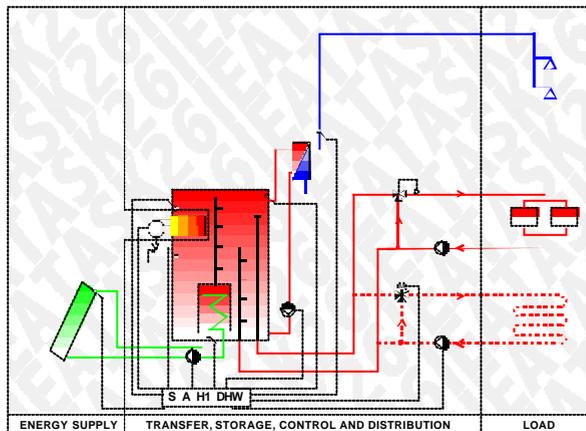
Abb. 11: System mit drucklosem Speicher und thermosyphonisch betriebenen Wärmetauschern



Stellvertretend für diese Systeme werden hier zwei Anlagentypen deutscher Hersteller vorgestellt. In Abbildung 11 ist ein System dargestellt, das mit Hilfe von drei thermosyphonisch betriebenen Wärmetauschern und Schichtenladern, die geschichtete Be- und Entladung

ohne Verwendung einer zusätzlichen Pumpe erlaubt. Die Warmwasserbereitung erfolgt nach dem Durchflussprinzip. Der drucklose Speicher ist aus Polypropylen gefertigt.

Abb. 12: Kompaktanlage mit speicherintegriertem Gasbrenner und Schichtenladern



In dem in Abbildung 12 dargestellten System übernimmt die kompakte Speichereinheit das gesamte Energiemanagement von bereitgestellter und angeforderter Energie.

In der Speichereinheit integriert sind sowohl ein Gas-Kondensationsbrenner, ein Low-flow-Wärmetauscher in Verbindung mit einem Schichtenlader, zur Einbringung der Solarwärme als auch eine drehzahlgeregelte Pumpe und der Plattenwärmetauscher zur Warmwasserbereitung. Die Leistung des Gasbrenners kann zwischen 5 und 20 kW geregelt werden. Das System wird derzeit in zwei Größen angeboten: 5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und eine 400 Liter Speichereinheit sowie 12 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und eine 750 Liter Speichereinheit.

### 3.2.7 Anlagen für Mehrfamilien- und Reihenhäuser

In Österreich wurde von der AEE INTEC ein System entwickelt, das vor allem für den Einsatz in Reihen- und Mehrfamilienhäusern konzipiert ist. Dabei werden die einzelnen Häuser oder Wohnungen aus einem zentralen Speicher über ein Nahwärmenetz versorgt, das über 22 Stunden des Tages mit einem niedrigen Temperaturniveau (40°C) betrieben wird (Heizungsbetrieb). Zur Warmwasserbereitung wird das gleiche Nahwärmenetz 2 Stunden auf höherem Temperaturniveau (65 - 70 °C) betrieben. In dieser Zeit wird die Heizung weggeschaltet und nur die dezentralen Warmwasserspeicher geladen.

**Weitere Informationen:** <http://www.iea-shc.org>

## 4 Literatur

- [1] Lang, R.W., Jud, T., Paula, M.: Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften, Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Wien, 1999
- [2] Nakicenovic, N., u. a.: Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond, Joint I-ASA-WEC Study, Report 1995, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg 1995
- [3] Langriß, O., Luther, J., Nitsch, J., Wiemken, E.: Strategien für eine nachhaltige Energieversorgung – Ein solares Langfristszenario für Deutschland, Bericht des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. und des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme, Freiburg, Stuttgart, Oktober 1997
- [4] Energie im 21. Jahrhundert, aktuelle Wirtschaftsanalysen 5/1995, Heft 25. Studie der Shell AG. Hamburg 1995
- [5] Johansson, T.B., Kelly, H., Reddy, A.K., Williams, R., Burnham, L.: Renewable Energy Sources for Fuels and Electricity. Islands Press. Washington D.C. 1993
- [6] Faninger, G: Solarmarkt in Österreich, BMWV, 1999
- [7] Proceedings 3<sup>rd</sup> Industry Workshop of Task 26, Stuttgart, October 1999
- [8] Suter, J.M., Letz, T., Weiss, W., Inäbnit, J.: Solar Combisystems in Austria, Denmark, Finland, France, Germany, Sweden, Switzerland, the Netherlands and the USA, Overview 2000, IEA, Bern, 2000
- [9] Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Hrsg.: Heizen mit der Sonne, Handbuch zur Planung und Ausführung von solaren Heizsystemen für Einfamilienhäuser, Gleisdorf, 1997
- [10] European Commission: White Paper for a Community Strategy and a Plan of Action, Brussels, 1998