



## Kostengünstige Niedertemperaturheizung mit Wärmepumpe

---

ZTL-Kurzfassung des Schlussbericht Projektphase 1

W. Betschart, G. Zweifel, M. Wetter

5. März 1997



## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	3
2	Einleitung .....	4
3	Projektziele.....	4
4	Vorgehen.....	5
5	Untersuchte Systeme .....	6
6	Simulationsresultate.....	7
7	Schlussfolgerungen.....	14

## 1 Zusammenfassung

In dem vom Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) in Auftrag gegebenen Projekt soll mittels dynamischen Computersimulationen eine Machbarkeit und Problemanalyse für ein einfaches Heizsystem mit hohem Jahresnutzungsgrad durchgeführt werden. Das Heizsystem soll den Bedarf nach einer kostengünstigen und umweltfreundlichen Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser abdecken. In der abgeschlossenen ersten Projektphase zeigt sich, dass bei Niedrigtemperaturbodenheizungen mit Wärmepumpe Energieausnutzungsgrade von über eins erzielt werden können. Durch die direkte Einbindung der Wärmepumpe ohne Pufferspeicher und Mischventile wird das System hydraulisch und regeltechnisch vereinfacht, unnötige Speicherverluste vermieden und die Investitionskosten gesenkt. Die tiefen Systemtemperaturen führen zu einem ausgeprägten Selbstregelleffekt der Bodenheizung, der zu einem behaglichen Raumklima führt.

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



## 2 Einleitung

Aufgrund des sinkenden Heizenergiebedarfs von Neubauten erhöht sich der Anteil der Gebäude mit kleiner Heizleistung. Für diese Gebäude besteht ein dringender Bedarf, ein kostengünstiges Heizsystem mit hohem Jahresnutzungsgrad zu entwickeln. Ein vielversprechender Lösungsansatz für die Wärmeverteilung ist eine Niedrigtemperaturfussbodenheizung mit einer Vorlauftemperatur  $<30^{\circ}\text{C}$ . Diese tiefen Temperaturen haben zwei massgebende Effekte: Einerseits kommt der Selbstregeleffekt der Fussbodenheizung stark zum tragen und andererseits lassen sich mit Wärmepumpen hohe Jahresnutzungsgrade erzielen.

Da die Fussbodenheizung eine hohe Speicherfähigkeit aufweist, wird die Wärmepumpe ohne Pufferspeicher und Mischventile direkt am Wärmeverteilsystem angeschlossen.



Abb. 1: Südansicht des untersuchten Niedrigenergiehaus

## 3 Projektziele

Das Heizsystem soll energieeffizient und möglichst einfach aufgebaut sein, um einerseits die Investitionskosten zu senken und andererseits mögliche Fehlerquellen zu eliminieren. Folgende Punkte sind von primärem Interesse:

- Wie sollte die Niedrigtemperaturheizung aufgebaut sein?
- Welche Anforderungen muss das Gebäude erfüllen?
- Welcher Regelbereich ist für die Wärmepumpe notwendig?
- Welche Zusammenhänge zwischen dem Gebäudeverhalten, der Anlagendynamik, dem Regelkonzept und der Betriebsstrategie sind für die Erfüllung der massgebenden Zielgrössen relevant?
- Wie wirken sich Störgrössen auf die Behaglichkeit aus? (Sonneneinstrahlung, Temperaturwechsel, Wärmequellen etc.)
- Welche Sperrzeiten durch das Elektrizitätswerk sind tolerierbar?
- Welche Jahresnutzungsgrade ergeben sich für die Wärmeerzeugung?



## 4 Vorgehen

Für die Untersuchungen in diesem Projekt wurde das NOAH-Systemhaus der Dietlikoner Firma A. Piatti AG ausgewählt. Wesentliche Gründe für die Wahl waren die breite Marktakzeptanz dieses Gebäudes sowie die Tatsache eines gleichmässigen, kleinen spezifischen Wärmeleistungsbedarfes und nicht allzu grossflächige Verglasungen. Es handelt sich um ein mittelgrosses Eck-Reiheneinfamilienhaus mit knapp 150 m<sup>2</sup> beheizter Fläche auf drei Geschossen. Der Heizenergiebedarf entspricht der Zielvorgabe des SIA Absenkpfad für das Jahr 2000 (Abb. 2).

Die wichtigsten Kennwerte des Gebäudes sind in Tab. 1 ersichtlich.

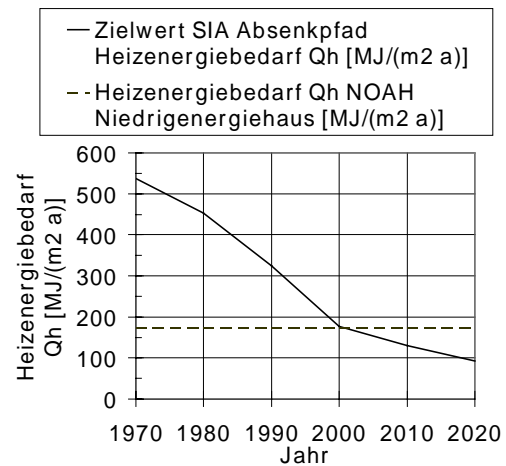


Abb. 2: Gegenüberstellung Heizenergiebedarf NOAH-Niedrigenergiehaus mit SIA-Absenkpfad

Heizleistung (11°C, ohne WW)	3.1 kW
durchschnittliche spez. Heizleistung	22.0 W/m <sup>2</sup>
<u>k-Werte:</u>	
Dach	0.22 W/m <sup>2</sup> K
Aussenwände	0.29 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	1.1 W/m <sup>2</sup> K
Boden gegen unbeheizt	0.25 W/m <sup>2</sup> K

Tab. 1: Kennwerte des untersuchten Gebäudes



## 5 Untersuchte Systeme

Tab. 2 gibt eine Übersicht über die untersuchten Systeme.

Für die angestrebte, kostengünstige Niedrigtemperatur-Wärmepumpenheizung wurde das Haus in den Simulationen als Leichtbau und mit modifizierten Baukonstruktionen auch als Massivbau untersucht.

Die Wärmeabgabe erfolgt durch eine reine Fussbodenheizung mit Auslegungssystemtemperatur 30/25°C (bei -11°C Aussentemperatur), es sind also keine Heizkörper eingesetzt. Die maximale Wärmeleistung der Fussbodenheizung beträgt bei diesen Systemtemperaturen je nach Bodenaufbau 30 bis 40 W/m<sup>2</sup> belegbare Bodenfläche.

Die Wärmepumpe wird bei den Standardvarianten durch eine aussentemperaturabhängige Rücklauf-temperaturregulierung ohne Sonnen und ohne Raumtemperaturfühler ein respektive ausgeschaltet. Die Fussbodenheizung verfügt über keine Thermostatventile. Die hydraulische Schaltung ist in Abb. 3 ersichtlich.

Mittels dynamischen Simulationsrechnungen wurden die Wechselwirkung zwischen Aussenklima, Gebäude und Heizsystem untersucht. Hierzu wurden alle 15 Minuten die Energie und Massenbilanzen des ganzen Systems ins Gleichgewicht gebracht und aufgrund der momentanen Zustände die Wärmepumpe ein oder ausgeschaltet.

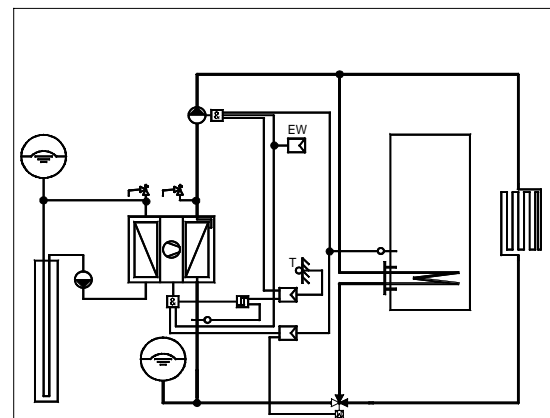


Abb. 3: Schema der Variante F

Grundvariante	Wärmequelle	Gebäudekonstruktion	Regulierung	Warmwasser
A	Luft	Leichtbau	Heizkurve	Warmwasser-Wärmepumpe
B	Luft	Massivbau	Heizkurve	Warmwasser-Wärmepumpe
C	Luft	Leichtbau	Zustandsregler mit Sonnenfühler	Warmwasser-Wärmepumpe
D	Luft	Leichtbau	Zustandsregler ohne Sonnenfühler	Warmwasser-Wärmepumpe
E	Erdwärme	Leichtbau	Heizkurve	Warmwasser-Wärmepumpe
F	Erdwärme	Leichtbau	Heizkurve	Beistellwassererwärmer

Tab. 2: Simulierte Grundvarianten



## 6 Simulationsresultate

### 6.1 Jahresnutzungsgrad (JNG)

Der Jahresnutzungsgrad gibt das Verhältnis an zwischen der Energie, die dem Benutzer direkt zu Gute kommt (Nutzen) und der Energie, die für die Wärmeerzeugung, den Transport der Wärmeträger (Luft, Sole) während des Betriebs sowie die Verlustdeckung der Heizungsanlage aufzuwenden ist (Aufwand). Bei den hier aufgeführten Angaben sind, ausser den Verlusten der Heizleitungen in der Zentrale und der Heizungsumwälzpumpe, immer alle Verluste und Hilfsenergien mitberücksichtigt. Die Vereisung und Abtauverluste sind in den Angaben enthalten. Mit Berücksichtigung der Energie für die Heizungsumwälzpumpe würde sich der Jahresnutzungsgrad um etwa 5% reduzieren.

In Abb. 4 sind die Jahresnutzungsgrade der verschiedenen Wärmepumpenanlagen ohne Warmwasseraufbereitung und Heizungsumwälzpumpe gegenübergestellt. Die Sole/Wasser-Wärmepumpe schneidet klar am besten ab.

Die elektrische Zusatzheizung hat eine Jahresnutzungsgradverschlechterung des Raumheizsystems von 4% zur Folge. Hierzu müssen aber zwei Punkte erwähnt werden: Wird ein falsches Ein und insbesondere Ausschaltkriterium verwendet, so beträgt die Jahresnutzungsgradverschlechterung wesentlich mehr als die erwähnten 4%. Im weiteren läuft die elektrische Widerstandsheizung an kalten Wintertagen, also gerade dann, wenn das Elektrizitätsnetz ohnehin ausgelastet ist.

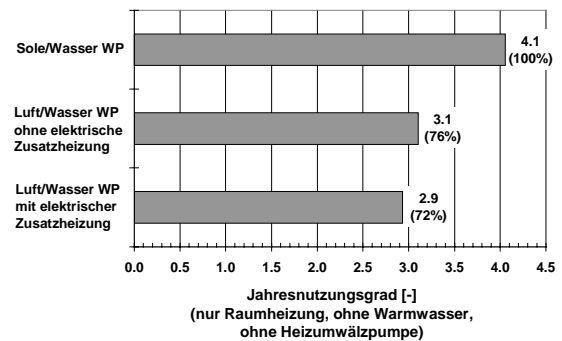


Abb. 4: Jahresnutzungsgrad für Raumheizsysteme (ohne Warmwasser und Heizungsumwälzpumpe, inkl. aller Hilfsenergie)



Bei den Heiz- und Warmwassersystemen schneidet die Sole/Wasser-Wärmepumpe mit separater Warmwasser-Wärmepumpe klar am besten ab (Abb. 5). Die Verbesserung gegenüber der Warmwasserbereitstellung ab Wärmepumpe um 7% ist auf die höhere Quelltemperatur der Warmwasserbereitung zurückzuführen. Die Soletemperatur hat ein Maximum von +4.5°C und liegt somit das ganze Jahr unter der Kellertemperatur von 10°C.

Die auf den ersten Blick tiefen Jahresnutzungsgrade (JNG) erklären sich durch den Umstand, dass Kleinwärmepumpen tiefere COP-Werte aufweisen als grössere Aggregate. Obwohl, soweit verfügbar, die besten in Töss getesteten Klein-Wärmepumpen für den Variantenvergleich verwendet wurden, liegen ihre COP-Werte zwischen 20% und 24% tiefer als die besten Geräte im Leistungsbereich 810 kW.

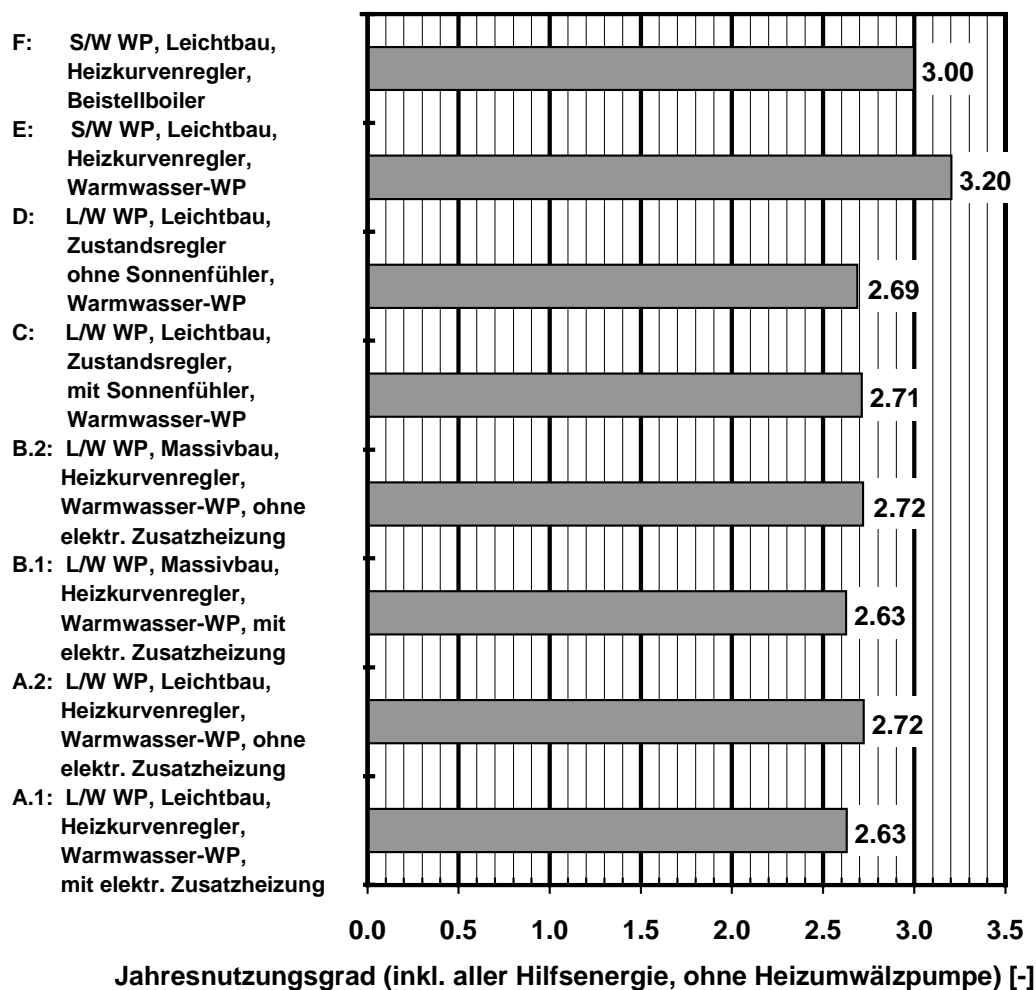


Abb. 5: Jahresnutzungsgrad der Hauptvarianten. (S/W: Sole/Wasser WP; L/W: Luft/Wasser WP.)



Gelänge es, mit Klein-Wärmepumpen die COP-Werte der besten Aggregate zu erreichen, könnte mit der Sole/Wasser-Wärmepumpe (Variante „F“) im Heizbetrieb ein JNG von 5.1 und im kombinierten Heiz-/Warmwasserbetrieb immer noch ein JNG von 4.0 erreicht werden!

Abb. 6 vergleicht den Jahresnutzungsgrad der Wärmesysteme unter der Annahme, dass der benötigte Strom mit einem BHKW erzeugt wird (Variantenerklärung: L/W: Luft/Wasser-WP; S/W: Sole/Wasser-WP / Heizleistung in kW, wobei bei 2.5 kW zusätzlich ein Elektroheizung installiert ist / EB: Elektroboiler; A-WP: Abluftwärmepumpe; BB: Beistellboiler). Aufgrund der Resultate ist klar, dass als zukunftsweisende Lösungen nur die Kombinationen mit Abluft-Wärmepumpe oder mit dem Beistellwassererwärmer in Frage kommen.

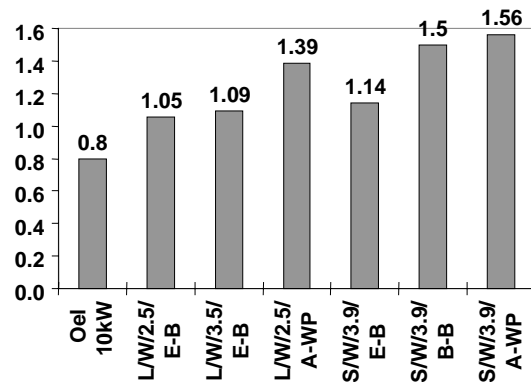


Abb. 6: Jahresnutzungsgrade bei Verwendung von BHKW-Strom für Heizen und Warmwasser. (Ohne Heizungsumwälzpumpe. BHKW 30% Strom, 60% Nutzwärme, 10% Verluste).

## 6.2 Betriebsunterbrechung durch EW-Sperrung

Die Wärmepumpe wird vom EW während 6-7, 11-12 und 22-24 Uhr gesperrt.

Betriebsunterbrüche von einigen Stunden hintereinander sind bei Fussbodenheizungen im Raum nicht spürbar. Aus Behaglichkeitsgründen ist daher nichts gegen Betriebssperren einzuwenden. Eine Verkürzung der Laufzeit wirkt sich aber nachteilig auf die Jahresarbeitszahl aus. Anstelle einer Leistungszufuhr an das Gebäude über 24 h muss nun während einer kürzeren Zeit dem Gebäude die gleiche Energiemenge zugeführt werden. Dies lässt sich bei Vollast nur über eine Erhöhung der Wärmepumpenleistung und der Systemtemperaturen bewerkstelligen. Bei einem Betriebsunterbruch von täglich 4 h ist eine Leistungserhöhung der Wärmepumpe von 20% notwendig. Die Jahresarbeitszahl verschlechtert sich dadurch um 5%.

Der Einsatz eines Wärmespeichers zur Überbrückung der Sperrzeiten ist nicht sinnvoll. Einerseits würden die zusätzlichen Wärmeverluste den Jahresnutzungsgrad auch um etwa 5% verschlechtern, andererseits Erhöhen sich die Investitionskosten um etwa Fr. 3000.-





### 6.3 Nachtabschaltung

Eine Nachtabsenkung oder Abschaltung der Heizungsanlage ist kontraproduktiv. Die mittlere Raumtemperaturabkühlung beträgt bei einer Abschaltung der Heizungsanlage von 20 Uhr bis 6 Uhr nur 0.7 K. Dies führt zu einer theoretischen Senkung der Gebäudewärmeverluste von lediglich 1.5%. Diese 1.5% sind jedoch zu optimistisch geschätzt:

- Um zum Tagesbeginn wieder die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen, müsste in der Realität die Heizungsanlage vor 6 Uhr wieder in Betrieb genommen werden.
- Um das Energiemanko zu decken, muss die Wärmepumpenleistung und die Vorlauftemperatur erhöht werden, was zu einer Verschlechterung der Wärmepumpenleistungszahl (eine Vorlauftemperaturerhöhung von 4 K führt zu einer Leistungszahlverschlechterung von 10%!) und einer Abnahme des Selbstregelleffekts führt.

Aus diesen Gründen ist von einer Nachtabschaltung respektive Nachtabsenkung abzuraten.

### 6.4 Selbstregelleffekt

Unter dem Selbstregelleffekt versteht man die automatische Abnahme der Heizleistung, falls dem Raum Fremdwärme zugeführt wird. Der Selbstregelleffekt ist umso ausgeprägter, je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen Heizmedium und Raumtemperatur ist. Bei den tiefen Arbeitstemperaturen der hier untersuchten Niedrigtemperatur-Fussbodenheizung ist er rund dreimal grösser als bei Heizkörperheizungen (Abb. 7).

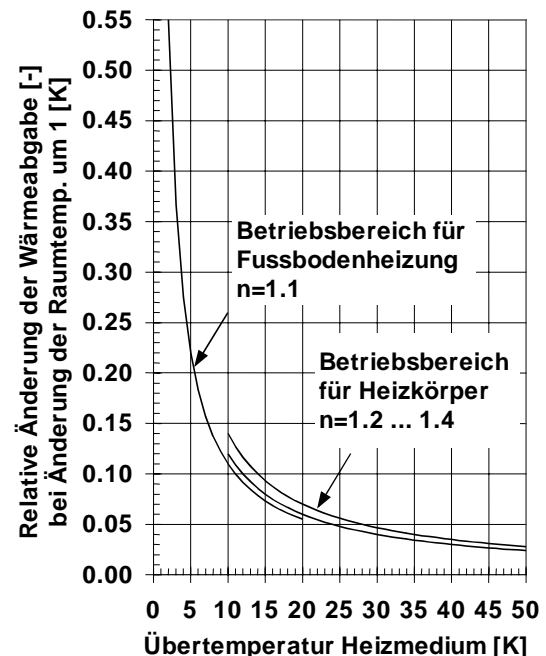


Abb. 7: Selbstregelleffekt von Wärmeabgabesystemen (bei Übertemperaturänderung von 1 K)



Der Temperatur und Wärmestromverlauf an einem für unser Klima typischen Tag ist in Abb. 8 ersichtlich. Die mittlere Heizwassertemperatur beträgt an diesem Tag 23.1°C. Der Wärmefluss an der Bodenoberfläche ist an diesem Tag während zwei Perioden negativ, d.h. es wird während dieser Zeit, trotz dem Heizbetrieb, Energie von oben in die Bodenplatte gespeichert. Der Grund für die Umkehr des Wärmeflusses ist nicht etwa eine Umkehr der Temperaturdifferenz zwischen Raum und Bodenoberfläche, sondern der Strahlungseinfall auf den Boden, hervorgerufen durch den Sonneneinfall

und die radiativen internen Wärmegewinne. Es ist jedoch an dieser Stelle anzumerken, dass die viel diskutierte Temperaturumkehr für die passive Nutzung der Wärmegewinne gar nicht zwingend notwendig ist: Zum einen können Strahlungsgewinne auch bei fortlaufender konvektiver Wärmeabgabe der Bodenheizung gespeichert werden, und zum anderen reicht bereits eine Reduktion der Wärmeabgabe, um interne und externe Wärmegewinne ausnutzen zu können.

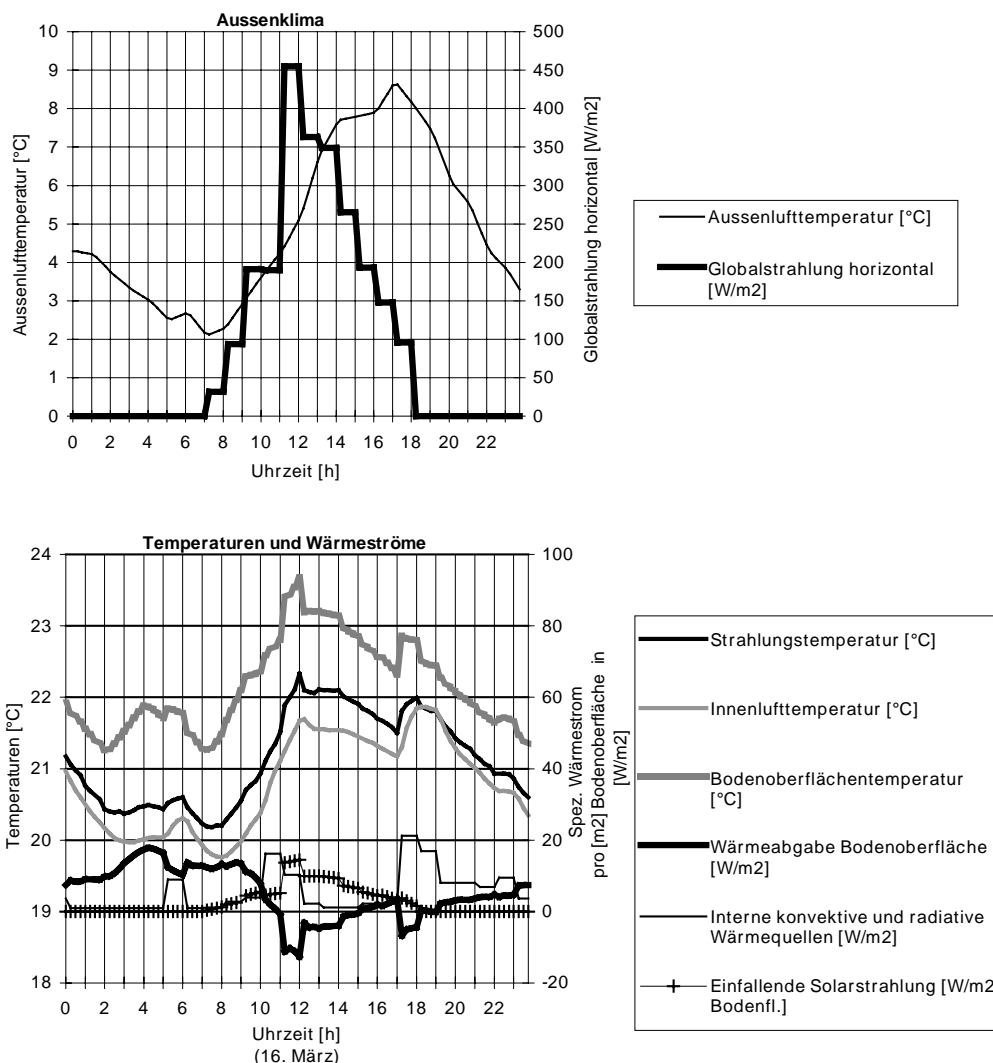


Abb. 8: Wärmeflüsse über 24 h im Falle einer Fussbodenheizung, Wohnen EG Leichtbau



## 6.5 Thermischer Komfort

Um den thermischen Komfort im Gebäude zu beurteilen, werden die Komfortgleichungen nach Fanger herangezogen.

Fanger schlägt vor, für Räume, in denen sich Leute über eine längere Zeit aufhalten, einen PPD-Wert (Predicted Percentage of Dissatisfied) von 6% einzuhalten.

Abb. 9 zeigt die erreichte Anzahl der unzufriedenen Personen für den Leicht- und Massivbau. Beim Leichtbau liegt der PPD-Wert etwas über 6%. Hierzu muss erwähnt werden, dass während der ganzen Simulation nie eine Beschattungseinrichtung betätigt wurde, was den PPD-Wert etwas ansteigen lässt.

Eine Umstellung von Leicht- auf Massivbau ist beim hier untersuchten Gebäude aus Gründen der Behaglichkeit wie auch der Energieeinsparung nicht notwendig. Es muss jedoch ausdrücklich erwähnt werden, dass das Gebäude keine allzu grossen Fensterflächen aufweist. Bei grösseren Fensterflächen und insbesondere bei Solararchitektur ist eine Massenerhöhung des Gebäudes und allenfalls ein Sonnenfühler für die Heizungsregulierung durchaus sinnvoll, wenn nicht sogar notwendig.

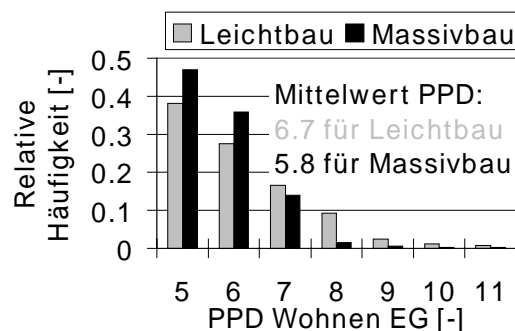


Abb. 9: Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) im Wohnen EG bei Heizkurvenregulierung (Auswertung während ganzer Heizperiode von 7.00-23.00 Uhr)



## 6.6 Heizungsregulierung

Die Wärmepumpe wird über die aussentemperaturabhängige Rücklauftemperaturregulierung nur etwa zwei- bis dreimal täglich eingeschaltet. Die Speicherfähigkeit des Fussbodens ist also völlig ausreichend, um ein Taktbetrieb selbst ohne Pufferspeicher zu verhindern. Wegen der kleinen Übertemperatur des Heizungssystems und der Direkt-schaltung der Wärmepumpe müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Die Schaltdifferenz der Wärmepumpe muss zwischen  $\pm 0.5$  K bis  $\pm 1.0$  K liegen. Ansonsten kann die Raumtemperatur nicht im gewünschten Bereich gehalten werden.
- Die Wärmepumpe muss zwingend über die Rücklauftemperatur ein-/ausgeschaltet werden. Die Verwendung der Vorlauftemperatur würde zu einem Taktbetrieb führen.
- Der Massenstrom über die Fussbodenheizung muss konstant sein (keine Thermostatventile), da sonst die Rücklauftemperatur als Regelgrösse nicht mehr repräsentativ wäre. (Der Selbstregelleffekt reicht zudem völlig aus, um die Raumtemperatur im behaglichen Bereich zu halten.)
- Da sich Messfehler bei diesen tiefen Übertemperaturen stark auswirken, muss der Rücklauf-fühler gut vom Heizmedium umströmt sein (Tauchfühler) respektive satt am Rohr anliegen (Anlegefühler) und wärmege-dämmt sein.

## 6.7 Warmwassertemperatur

Durch eine zu hohe Warmwassertemperatur wird der Endenergieeinsatz massiv verschlechtert. Sinnvoll ist eine Warmwassertemperatur von  $45^{\circ}\text{C}$  mit einmaligem täglichem Aufheizen auf  $55^{\circ}\text{C}$ . Durch dieses Aufheizen wird die Bildung allfälliger Legionellen verhindert. Bei einer konstanten Warmwassertemperatur von  $55^{\circ}\text{C}$  würde sich der Endenergiebedarf des gesamten Heizsystems (Warmwasser und Raumheizung) um 8%, bei konstant  $60^{\circ}\text{C}$  gar um 14% erhöhen (Abb. 10).

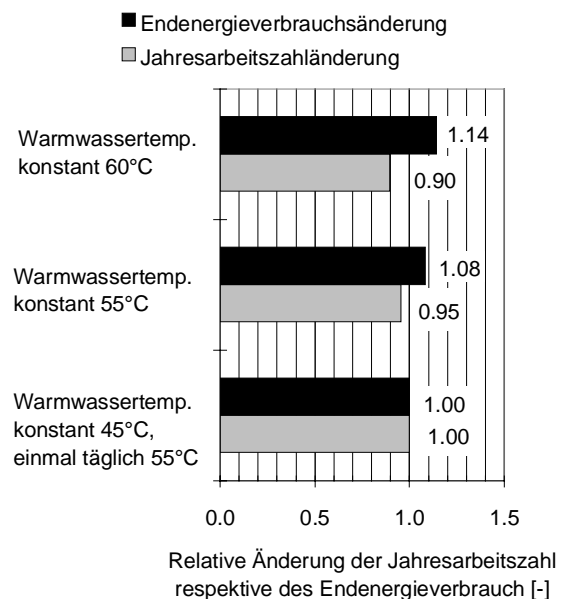


Abb. 10: Relative Jahresarbeitszahl- und Endenergieverbrauchsänderung der Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Beistellwassererwärmer bei verschiedenen Warmwassertemperaturen



## 6.8 Massenstrom Fussbodenheizung

Die Jahresarbeitszahl wird massiv verschlechtert, falls eine zu grosse Umwälzpumpe installiert wird. Eine Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf von 5 K im Vollastpunkt ist anzustreben. Eine um 50% höhere Wassermenge führt bereits zu einer Verschlechterung der Jahresarbeitszahl um 10% (Abb. 11). Eine seriöse Druckverlustberechnung (ohne die zu oft gemachten unnötigen Sicherheitszuschläge) legt die Basis für energieeffiziente Systeme.

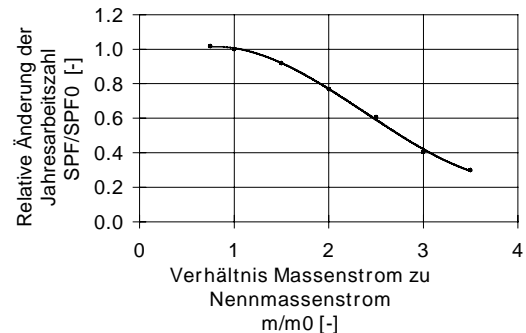


Abb. 11: Relative Änderung der Jahresarbeitszahl Heizsystem (ohne Warmwasseraufbereitung) in Funktion des Heizmedium-Massenstroms Fussbodenheizung

## 6.9 Kosten

Die detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung der INFEL zeigt, dass das entwickelte System kostengünstig im gleichen Bereich wie eine herkömmliche Ölheizung liegt.

# 7 Schlussfolgerungen

## 7.1 Gebäudemasse

Die Speichermasse des Gebäudes ist bei dem hier untersuchten ausgesprochenen Leichtbau gerade genügend gross, um ohne Sonnenfühler ein behagliches Raumklima garantieren zu können. Für Gebäude mit höherem Fensteranteil ist eine Massenerhöhung des Gebäudes und/oder eine Reduktion der Heizmediumtemperatur bei Sonneneinstrahlung (Sonnenfühler) anzuraten. Dadurch wird die tägliche Raumtemperaturschwankung reduziert und die Ausnutzung der freien Wärme (Solargewinne, interne Wärmegewinne) gesteigert.

Durch die Änderung der Gebäudemasse von Leicht- auf Massivbau werden die Raumtemperaturschwankungen etwa um die Hälfte gedämpft.



## 7.2 Einbindung der Wärmepumpe

Die Speicherfähigkeit des Fussbodens reicht vollkommen aus, um die Wärmepumpenheizung ohne Pufferspeicher zu betreiben. Die Wärmepumpe schaltet nicht öfters als drei- bis viermal pro Tag ein. Ein Speicher würde demzufolge nur zu zusätzlichen Wärmeverlusten führen, das Regelkonzept komplizierter gestalten und die Investitionskosten erhöhen.

Es ist notwendig, die Wärmepumpe nach der Rücklauf und nicht nach der Vorlauftemperatur ein- und auszuschalten. Nur so kann die Speicherfähigkeit des Wärmeverteilsystems und des Fussbodens genutzt werden. Bei einer Vorlauftemperaturregulierung würde die Wärmepumpe ständig ein und ausschalten (Takten).

Infolge der tiefen Übertemperatur des Heizsystems gegenüber der Raumtemperatur sind Schaltdifferenzen für die Wärmepumpeneinschaltung und -Ausschaltung von 1 K bis 2 K notwendig.

## 7.3 Systemwahl

Das energetisch optimale System ist die Sole/Wasser-Wärmepumpe mit separater Wassererwärmer-Wärmepumpe. Bei Warmwasseraufbereitung ab der Heizungswärmepumpe muss ein Energiemehrverbrauch von 10% in Kauf genommen werden.

Die Jahresarbeitszahl des Raumheizsystems (ohne Warmwasseraufbereitung) ist um 32% besser, wenn mittels einer Erdsonde Erdwärme anstelle von Luft als Wärmequelle verwendet wird.

Das Projekt „Kostengünstige Niedertemperatur-Heizung mit Wärmepumpe“ wurde im Auftrag des Bundesamts für Energiewirtschaft (BEW) durchgeführt.

Das Projektteam bestand aus Spezialisten verschiedener Fachbereiche. Beteiligt waren:

- INFEL, Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung (Projektleitung und Wirtschaftlichkeitsberechnung)
- Basler + Hofmann AG / DIANE Ökobau (Gebäude)
- Bircher + Keller AG (Fussbodenheizung)
- ETH-Zürich / Institut für Mess und Regeltechnik (Zustandsregler)
- Zentralschweizerisches Technikum Luzern ZTL (TRNSYS Simulation)

Das Projekt wurde von einer Begleitgruppe unterstützt, in der das BEW, ein Architekt, ein Bauträger für Niedrigenergiehäuser, Haustechnikspezialisten und ein Wärmepumpen-Hersteller vertreten waren.

Der Schlussbericht (117 Seiten) kann für Fr. 73.80 (inkl. 2% MWSt.) unter der ENET-Nr. 9655701 bezogen werden bei:

ENET  
Administration und Versand  
Thunstr. 9  
Postfach 142  
3000 Bern 6  
Schweiz  
Tel. +41-31/352 19 00  
Fax +41-31/352 77 56.