

Entwicklung einer Regelung für Flächenheizsysteme zur Minderung der Pumpenergie, zur bedarfsgerechteren Beheizung und zur einfacheren Systemintegration verschiedener Heizflächen

Kurzbericht

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-12-1-084 / SWD-10.08.18.7-13.25)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Kurztitel:	Instationärer Betrieb von Flächenheizsystemen
Gesamtkosten:	172.176,95 €
Anteil Bundeszuschuss:	110.439,41 €
Forschungsinstitution:	Technische Universität Berlin Institut für Energietechnik Fachgebiet Gebäude-Energie-Systeme Hermann-Rietschel-Institut
Projektlaufzeit:	16.07.2013 bis 31.12.2015 (29,5 Monate)
Projektleitung:	Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel
Bearbeitung:	Michael Klemke, M.Sc. Bahar Saeb Gilani, M.Sc.

Anlass / Ausgangslage

In Anbetracht steigenden Hilfsenergiebedarfes zur Wärmeverteilung in Gebäuden wurde das Projekt mit dem Kurztitel „Instationärer Betrieb von Flächenheizungen“ initiiert. Die Projektidee beruht auf der intermittierenden Zufuhr von Wärme.

Der Heizwassermassenstrom und damit der elektrische Energiebedarf kann mit steigender Vorlauftemperatur und zunehmender Temperaturspreizung über die Flächenheizung reduziert werden. Zusätzlich kann die Aufheizzeit nach dem Absenken der Raumtemperatur verkürzt werden.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Ein dünn-schichtiges auf Kapillarrohmatten basierendes und ein konventionelles auf Heizspiralen basierendes Fußbodenheizsystem wurde am thermischen Prüfstand des Institutes aufgebaut und untersucht. Zur Gewährleistung realistischer Randbedingungen wurden im Prüfraum zwei Büroarbeitsplätze errichtet und mittels einer an den Prüfraum angrenzenden Klimakammer Transmissions- und Lüftungswärmeverluste erzeugt (vgl. Abbildung 1). Für einen instationären Betrieb der Flächenheizsysteme wurden im Experiment geeignete Vorlauftemperaturen im Bereich von 40 bis 55 °C und normierte Massenströme zwischen 0,55 und 1 (bezogen auf maximal förderbaren Massenstrom) identifiziert. Das Heizkreiswasser wird von einer frequenzgeregelten Pumpe gefördert. Eine Rücklaufbeimischung findet nicht statt. Der Druckverlust der Heizsysteme ist bei der Variation des Betriebspunkts in den genannten Grenzen näherungsweise nur vom geförderten Massenstrom abhängig.

Die Regelung der Wärmezufuhr erfolgt mittels einer Zweipunktregelung. Führungsgröße der Regelung ist die operative Raumtemperatur im Prüfraum, die in Kopfhöhe zwischen der an die Klimakammer grenzenden Außenwand und den beiden Büroarbeitsplätzen gemessen wird.



Abbildung 1: Aufnahme des Prüfraumes mit zwei Büroarbeitsplätzen

Im Rahmen von Messungen bei stationärer, unregelter Wärmezufuhr wurde eine Referenzbasis für alle folgenden Messungen geschaffen. Ferner wurden der Transmissionswärmeverlustkoeffizient der Außenwand und die Wärmeleitkoeffizienten der Heizestriche und des Teppichbodenbelages messtechnisch ermittelt.

Mittels thermografischer Aufnahmen wurde die Temperatur entlang der Estrichoberfläche bei einer Vorlauftemperatur von 35 °C (vgl. Abbildung 2) untersucht. Beim dünn-schichtigen System erreicht der Estrich nach etwa 15 Minuten und beim konventionellen System nach etwa 120 Minuten eine homogene Temperatur.

In einer dynamischen, thermischen Simulation in der objektorientierten Programmiersprache Modelica wurden beide Flächenheizsysteme und der Prüfraum untersucht. Die Modelle wurden mit experimentellen Daten validiert (vgl. Abbildung 3) und für die Variation konstruktiver Parameter genutzt.

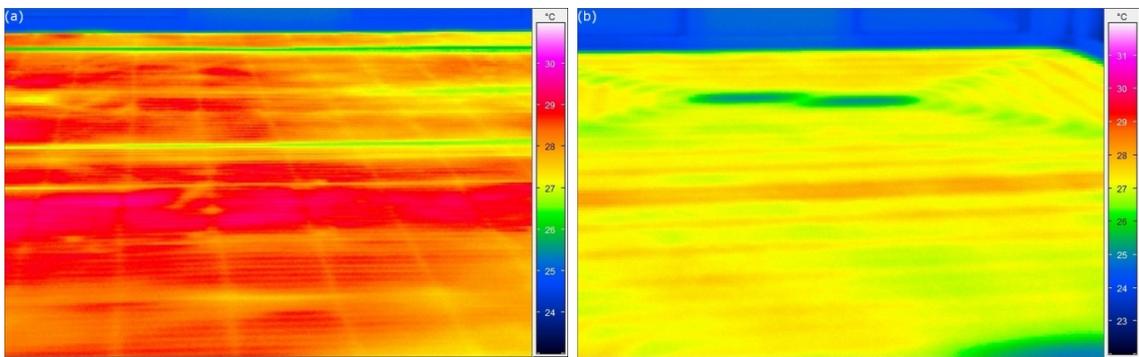


Abbildung 2: Thermografische Aufnahme der Estrichoberfläche des dünn-schichtigen Systems 15 Minuten (a) und des konventionellen Systems 120 Minuten (b) nach Beginn der Wärmezufuhr bei einer Vorlauftemperatur von 35 °C

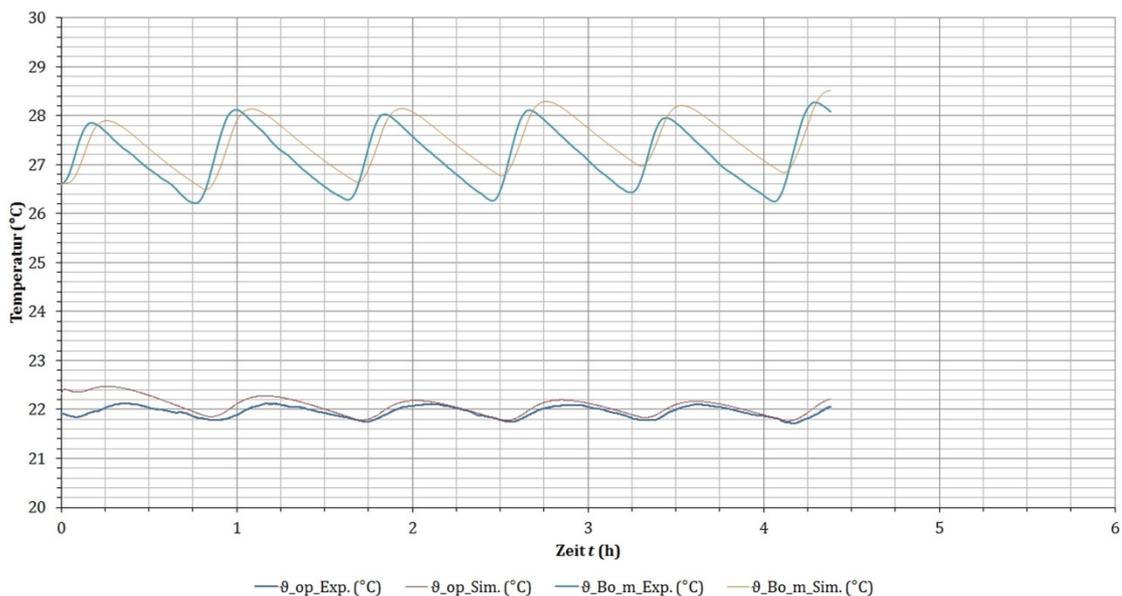


Abbildung 3: Verläufe der operativen Raumtemperatur und der mittleren Fußbodenoberflächentemperatur im Experiment (Exp) und in der Simulation (Sim) bei einer Vorlauftemperatur von 50 °C und einem normierten Massenstrom von 1 beim dünn-schichtigen System

In Abbildung 4 ist der allgemeine kubische Zusammenhang zwischen normierter Leistungsaufnahme und normiertem Massenstrom aufgetragen (Kurve S_{ideal}). Wird die Zirkulationspumpe kontinuierlich geregelt betrieben, so folgt ihre Leistungsaufnahme der Kurve S_{real} . Wird sie intermittierend betrieben, so folgt ihre Leistungsaufnahme den Geraden A bis D – je nach Wärmebedarf und Massenstrom während der Wärmezufuhr. Die Schnittpunkte der Geraden A bis D mit der Kurve S_{real} kennzeichnen den Massenstrom während der Wärmezufuhr.

Entspricht der Massenstrom während des intermittierenden Betriebes dem Massenstrom während des stationären Betriebes bei einer Vorlauftemperatur von 35 °C, so folgt die mittlere normierte Leistungsaufnahme der Geraden A. Wird der während des intermittierenden Betriebes geförderte Massenstrom um den Faktor 0,85 reduziert, so folgt die mittlere normierte Leistungsaufnahme der Geraden B usw. Entspricht die Dauer der Wärmezufuhr der Stillstanddauer zwischen zwei Wärmezufuhrimpulsen, so entspricht der mittlere Massenstrom der Hälfte des Massenstromes während des stationären Betriebes und die mittlere Leistungsaufnahme liegt genau in der Mitte der jeweiligen Geraden.

Mit steigender Vorlauftemperatur nimmt die Temperaturdifferenz über das Flächenheizsystem zu und die mittlere Leistungsaufnahme wird reduziert.

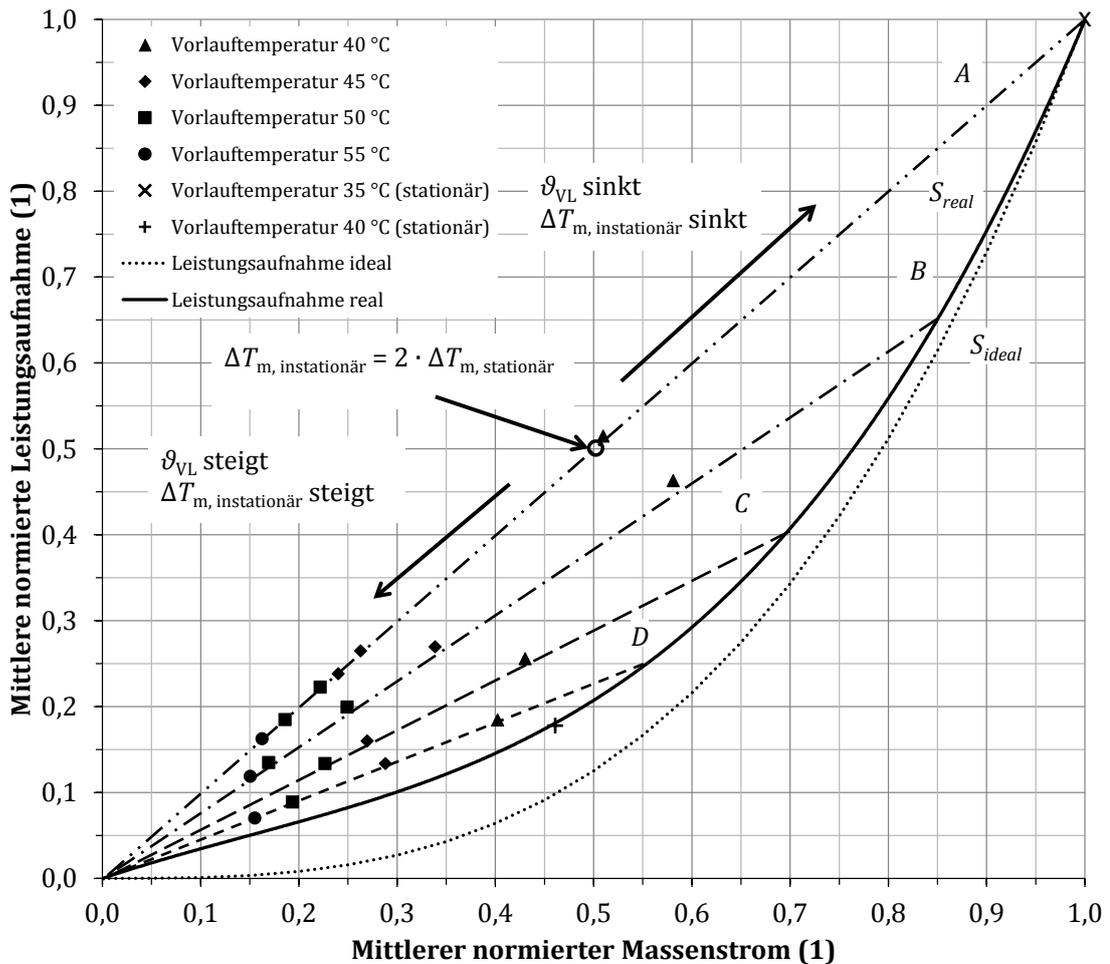


Abbildung 4: Verlauf der normierten Leistungsaufnahme über den normierten Massenstrom bei kontinuierlicher (Kurve S_{real}) und intermittierender Betriebsweise (Geraden A bis D)

Zur Bewertung der Reaktionszeit der Systeme nach einer Temperaturabsenkung wurden experimentelle Aufheizmessungen durchgeführt. Hierfür wurde der Prüfraum auf ca. 16 °C abgekühlt. Anschließend wurde die Zeit gemessen, die benötigt wurde, um die operative Temperatur im Prüfraum von 18 auf 22 °C anzuheben.

Zur Bewertung der Reaktionsfähigkeit der Systeme bei instationären äußeren Bedingungen wurden Ganzjahressimulationen basierend auf dem Wetterdatensatz nach TRY 2011 Region 4 durchgeführt.

Die nach DIN EN 1264 maximal zulässige Oberflächentemperatur von 29 °C wird beim instationären Betrieb des dünn-schichtigen Systems zeitweise überschritten. Erste Probandenversuche führten zur Erkenntnis, dass die veränderliche Fußbodentemperatur subjektiv nicht wahrgenommen wird und keine negativen Auswirkungen auf das thermische Empfinden auftreten.

Fazit

Eine Reduktion des spezifischen Energiebedarfes ist bei beiden untersuchten Systemen erreichbar. Bei einer Erhöhung der Vorlauf-temperatur von 35 auf 50 °C und einer Senkung des Massenstroms um den Faktor 0,7 ist eine Reduktion des spezifischen Energiebedarfes von knapp 88 % beim dünn-schichtigen und von ca. 86 % beim konventionellen System erreichbar.

Die Reaktionszeit des dünn-schichtigen Systems ist erwartungsgemäß kürzer (vgl. Abbildung 5). Bei einer Erhöhung der Vorlauf-temperatur von 35 auf 55 °C kann die Aufheizzeit des Prüf-raumes von 18 auf 22 °C beim dünn-schichtigen System um den Faktor 4,6 und beim konventionellen System um den Faktor 2,6 reduziert werden.

Wird vom bestehenden oder zu errichtenden Wärme-erzeuger eine höhere Vorlauf-temperatur als 35 °C bereitgestellt, kann der Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe reduziert werden. Der Verzicht auf eine Rücklaufbeimischung zur Vorlauf-temperaturregelung ist in Verbindung mit einer instationären Regelung der Wärme-zufuhr grundsätzlich empfehlenswert.

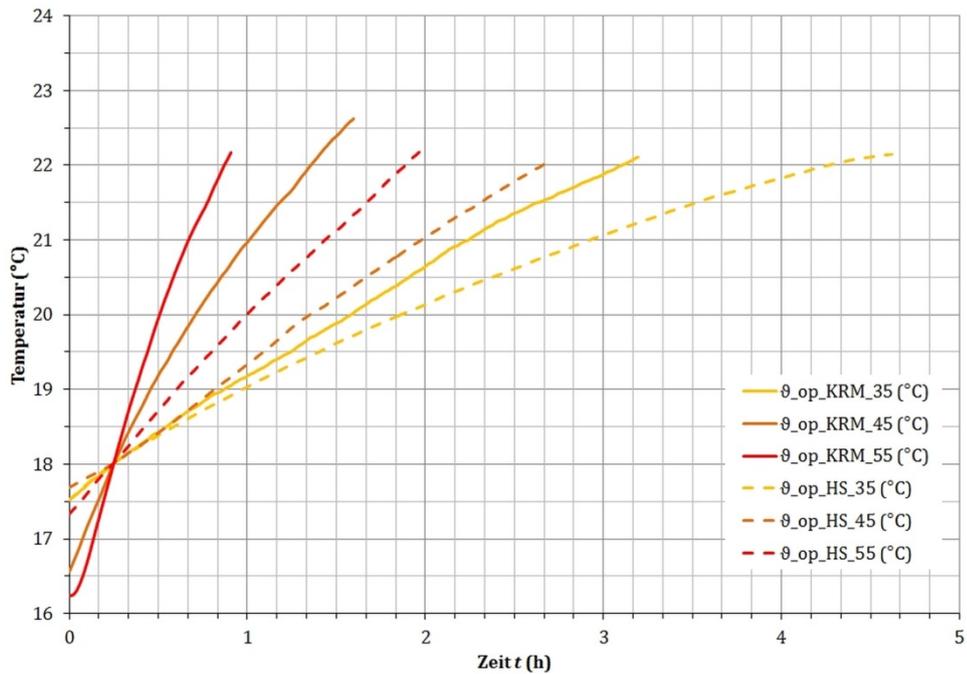


Abbildung 5: Verläufe der operativen Raumtemperatur während der Aufheizmessungen bei unterschiedlichen Vorlauftemperaturen und einem normierten Massenstrom von 1 beim dünn-schichtigen (KRM) und beim konventionellen (HS) System

Impressum

Herausgeber: Technische Universität Berlin,
Hermann-Rietschel-Institut für Gebäudeenergiesysteme,
Marchstr. 4, 10587 Berlin
Verantwortlich: Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel
Autoren: Michael Klemke, M.Sc.
Bahar Saeb Gilani, M.Sc.

Auflage: 1. (2015)

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: II 3-F20-12-1-084 / SWD-10.08.18.7-13.25)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.