

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Gegenwärtige Situation	1
1.2 Entwicklungspotential und Motivation	4
2 Stand von Wissenschaft und Technik vernetzter dezentraler Pumpen in Heizsystemen	7
2.1 Wärmeverteilung (Hydraulik)	9
2.1.1 Mögliche Netzkonfigurationen	16
2.1.2 Hydraulische Schaltungen	18
2.2 Wärmeerzeugung	21
2.2.1 Außentemperaturgeführte Soll-Vorlauftemperatursteuerung	21
2.2.2 Bedarfsgeführte Soll-Vorlauftemperaturregelung	26
2.2.3 Schnellaufheizung	28
2.2.4 Sicherheitsfunktionen	30
2.2.5 Sonderfunktionen	31
2.3 Wärmeübergabe im Raum	32
2.3.1 Raumtemperaturregelung	32
2.3.2 Automatisierung des intermittierenden Betriebes - Zeitplanfunktion	35
2.3.3 Anheiz- und Heiz-Ende-Optimierung	36
2.3.4 Diagnosefunktionen	38
2.3.4.1 Fensterlüftungserkennung	39
2.3.4.2 Informationsrückkopplung zum Nutzer (Feedback-Systeme)	41
2.3.4.3 Erfassung von Verbrauchsäquivalenten / Heizkostenverteilung	41
2.4 Informationsvernetzung	44
2.5 Gesamt-Regelkonzept	46
2.6 Energieeinsparung	47
2.6.1 Einsparung von Antriebsenergie	47
2.6.2 Einsparung von Heizenergie	49
3 Numerische Untersuchungen	53
3.1 Wahl der Untersuchungsmethode	54
3.2 Gekoppelte dynamische Gebäude- und Anlagensimulation	56
3.3 Ermittlung des Einsparpotentials an Heizenergie	58
3.3.1 Einfamilienhaus	58
3.3.1.1 Modellbeschreibung	58
3.3.1.2 Randbedingungen für die energetischen Untersuchungen .	62
3.3.1.3 Numerische Umsetzung ausgewählter Funktionalitäten .	75
3.3.1.4 Simulationsergebnisse (Basisvarianten)	81
3.3.1.5 Vergleich mit Messergebnissen	88
3.3.1.6 Variation von Randbedingungen	90
3.3.1.7 Fazit	116
3.3.2 Andere Gebäudetypen	118
3.3.2.1 Mehrfamilienhaus	118

3.3.2.2	Bürogebäude	122
3.3.3	Vergleichende Betrachtung aller Untersuchungsobjekte	125
3.3.3.1	Wärmeübertragung im Raum	126
3.3.3.2	Wärmeverteilung	128
3.3.3.3	Wärmeerzeugung	130
3.3.4	Fazit	132
4	Weitere Gesichtspunkte	133
5	Zusammenfassung und Ausblick	137
Anhang		149
A	Einfamilienhaus	149
A.1	Modellierung	149
A.2	Simulationsergebnisse	151
B	Mehrfamilienhaus	156
C	Bürogebäude	157