



Markus Arendt
Lars Haupt
André Kremonke
Alf Perschk
Clemens Felsmann

EnOB: KUEHA - Erprobung und Demonstration einer neuartigen Systemlösung zur sommerlichen Raumkühlung unter besonderer Berücksichtigung von Energieeffizienz und Praxistauglichkeit

- Schlussbericht -

Dresden, Juli 2021



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektpartner:



ohra energie
Gas und Strom für die Region.

STAATSBETRIEB IMMOBILIEN-
UND BAUMANAGEMENT
SIB



Freistaat
SACHSEN

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) unter dem Förderkennzeichen 03ET1461A gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Motivation	3
3	Projektvorstellung	11
4	Vorstellung ausgewählter Projektergebnisse	15
4.1	Erreichbare Kühlwirkung von Freien Heizflächen	15
4.1.1	Feldtestanlage „Fröttstädt“ Untersuchungsergebnisse zur Kühlwirkung Freier Heizflächen	21
4.1.2	Pilot- und Demonstrationsanlage „Merkel-Bau“- Untersuchungsergebnisse zur Kühlwirkung Freier Heizflächen	25
4.1.3	Ermittlung der Kühlwirkung Freier Heizflächen unter Nutzung von TRNSYS-TUD	30
4.1.4	Kühlwirkung Freier Heizflächen in Bestandswohngebäuden	35
4.2	Möglichkeiten zur Unterstützung der Kühlwirkung Freier Heizflächen	41
4.2.1	Unterstützung der Kühlwirkung durch Nachtlüftung	41
4.2.2	Unterstützung der Kühlwirkung durch Erhöhung des konvektiven Wärmeüberganges und der Vergrößerung der Wärmeübertragfläche	45
4.3	Heizflächendurchströmung	49
4.3.1	Gewährleistung einer thermisch wirksamen Heizflächendurchströmung	56
4.4	Heizflächenumströmung	57
4.4.1	Untersuchungen in einem Klimaraum	57
4.4.2	Untersuchungen in einem Büroraum	62
4.5	Heizflächenregelung	67
4.5.1	Vermeidung eines gleichzeitigen Heiz- und Kühlbetriebes im Raum	67
4.5.2	Vermeidung einer zu starken Raumauskühlung und/oder einer Beeinträchtigung der Thermischen Behaglichkeit	67
4.5.3	Gewährleistung eines möglichst durchgängigen Kühlbetriebes	69
4.5.4	Anforderungen an die Kältebereitstellung	69
4.5.5	Anforderungen an die Raumtemperaturregeleinrichtung	70
4.6	Zentrale Regelungs- und Steuerungsfunktionen	73
4.6.1	Selbsttätige Freigabe des Kühlbetriebes	73
4.6.2	Notwendigkeit einer Vorlauftemperaturregelung	79
4.6.3	Bereiche von Taupunkttemperaturen und deren Erfassung in realen Gebäuden	80
4.6.4	Umsetzung der Vorlauftemperaturregelung	85
4.7	Kältebereitstellung	89
4.7.1	Abwärmenutzung von BHKW	89
4.7.2	Wärmesenke Erdreich	96
4.7.3	Wärmesenke Prozesskälte-Rücklauf	99
4.7.4	Wärmesenke Grundwasser	100
4.7.5	Investitions- und Verbrauchskosten	113

5	Feldobjekte	129
5.1	Pilot- und Demonstrationsanlage „Merkel-Bau“	129
5.1.1	Gebäudesteckbrief	129
5.1.2	Anlagensteckbrief	130
5.1.3	Monitoring	133
5.2	Feldtestobjekt „Einfamilienhaus“	136
5.2.1	Gebäudesteckbrief	136
5.2.2	Anlagensteckbrief	138
5.2.3	Monitoring	139
5.3	Pilotanlage „Walther-Hempel-Bau“	140
5.3.1	Gebäudesteckbrief	140
5.3.2	Anlagensteckbrief	143
5.3.3	Monitoring	143
5.4	Feldtestanlage „Fröttstädt“	146
5.4.1	Gebäudesteckbrief	146
5.4.2	Anlagensteckbrief	147
5.4.3	Monitoring	151
5.5	Vergleichsanlage „BZW“	153
5.5.1	Gebäudesteckbrief	153
5.5.2	Anlagensteckbrief	153
5.5.3	Monitoring	154
5.6	Feldtestanlage „Dreiseitenhof“	157
5.6.1	Gebäudesteckbrief	158
5.6.2	Anlagensteckbrief	160
5.6.3	Monitoring	162
6	Monitoringwerkzeuge	165
6.1	Messdatenerfassung	165
6.1.1	Sensoren und Aktoren	167
6.1.2	Post-processing	169
6.1.3	Visualisierung	170
6.1.4	Auswertung	171
6.1.5	Import- und Exportfunktionalitäten	173
6.1.6	Zugriffsmöglichkeiten und Zugriffsbeschränkungen	174
6.2	Anwendungsbeispiel: Bewertung der thermischen Situation in einem Institutsgebäude	177
6.2.1	Ausgangssituation in den Aufenthaltsräumen des 2.OG	177
6.2.2	Mögliche und tatsächliche Ursachen für die thermische Situation	186
6.2.3	Zusammenfassende Bewertung der thermischen Situation	190
6.2.4	Zusammenfassende Bewertung der Kühlung über Freie Heizflä- chen im HEM	190
7	Modellbildung	193
7.1	Verwendete Simulationswerkzeuge	193
7.1.1	TRNSYS-TUD	194
7.1.2	POLYSUN	197
7.1.3	GEBSIMU, Solar-Computer, mh-Software, ETU-Simulation	198

7.2	Erstellte Simulationsmodelle	199
7.2.1	Anlagen und Gebäudemodell der Pilot- und Demonstrationsanlage „Merkelbau“ (TRNSYS-TUD)	199
7.2.2	Gebäudemodell der Pilot- und Demonstrationsanlage „Merkelbau“ (GEBSIMU - SolarComputer)	200
7.2.3	Gebäudemodell der Feldtestanlage „Fröttstädt“ (mh-Software)	200
7.2.4	Anlagen und Gebäudemodell der Feldtestanlage „Fröttstädt“ (TRNSYS-TUD)	201
7.2.5	Modell der Wärme- und Kälteerzeugungsanlage der Feldtestanlage „Fröttstädt“ (POLYSUN)	203
7.2.6	Modelle von Typgebäuden zur Analyse des Gebäudebestandes	205
7.3	Analytische Modelle	213
7.3.1	Modellbildung der Heizkörperumströmung	213
7.3.2	Kaltluftseemodell	243
8	Wissenstransfer	255
9	Zusammenfassung	259
	Anhang	269
A	Typgebäude und Simulationsergebnisse zur Kühlwirkung Freier Heizflächen in Bestandswohngebäuden (nach [87])	271
A.1	EZFH1	271
A.2	EZFH2	273
A.3	EZFH3	275
A.4	MFH1	277
A.5	MFH 2	279
A.6	MFH 3	281
A.7	GMH 1	283
A.8	GMH 2	285
B	Ausgewählte Messergebnisse zur Temperaturverteilung - Versuche im Klimaraum	287
C	Auslegung des im Dreiseitenhof verbauten Plattenwärmeübertragers	291

Literatur

- [1] Abdel Fattah, A. ; Buchheim, A. ; Kremonke, A. ; Perschk, A. ; Werdin, H. ; Felsmann, C.: Dezentrales Pumpensystem - Felderprobung / TU Dresden, Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung. 2012. – Forschungsbericht. BMWi 0327486A
- [2] Abdel Fattah, A. ; Kremonke, A. ; Perschk, A. ; Richter, W.: Entwicklung und Einsatz energiesparender dezentraler Heizungspumpen - Systemanalyse der Heizungsanlage / TU Dresden, Institut für Thermodynamik und TGA. 2005. – Forschungsbericht. BMWi 0327294A
- [3] Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH: *Das Almemo-System*. – http://www.ahlborn.com/de_DE/almemo (aufgerufen am 14.02.2018)
- [4] Amtsblatt der Europäischen Union. *VERORDNUNG (EU) Nr. 813/2013 DER KOMMISSION vom 2. August 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Raumheizgeräten und Kombiheizgeräten*. August 2013
- [5] an der Heiden, M.; Muthers, S.; Niemann, H.; Buchholz, U.; Grabenhenrich, L.; Matzarakis, A.: *Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015*. – Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz Ausgabe 5/2019
- [6] Andersen, Karl T. *Kuldenedfald fra kolde flader*. 1995
- [7] Arbonia Management AG: *Objektdatenblatt: Deckensegel*. 2016
- [8] Arbonia Management AG: *Objektdatenblatt: Deckenstrahlprofile-Klix*. 2016
- [9] Arendt, Markus ; Haupt, Lars ; Kremonke, André ; Perschk, Alf ; Wiemann, Stephan ; Felsmann, Clemens: Entwicklung eines vernetzten Systems zur Erfassung, Visualisierung und Auswertung von Messdaten sowie zur Ansteuerung von Aktoren - Teil 1. In: *GI – Gebäudetechnik in Wissenschaft & Praxis* 139 (2018), Nr. Heft 2
- [10] ASHRAE: *Standard 140-2017 - Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs (ANSI Approved)*
- [11] Bar-Cohen, A. ; Rohsenow, W. M.: Thermally Optimum Spacing of Vertical, Natural Convection Cooled, Parallel Plates. In: *Journal of Heat Transfer* 106 (1984), feb, Nr. 1, S. 116–123
- [12] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. *Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland 2020*. Januar 2021
- [13] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. *Gaspreisanalyse Januar 2021 Haushalte*. Januar 2021
- [14] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. *Strompreisanalyse Januar 2021 Haushalte und Industrie*. Januar 2021
- [15] Berndt Energys GmbH & Co.: *Heizen und Kühlen mit Gaswärmepumpen*, 2012
- [16] Berndt Energys GmbH & Co. KG: *Heizen und Kühlen mit Gaswärmepumpen*. – https://eschenfelder-kku.de/fileadmin/user_upload/Energietechnik/ENERSYS_BROSCHUERE_GWP_E1_Serie_2012.pdf (Aufgerufen am 20.04.2021)
- [17] Berndt Energys GmbH & Co. KG. *GASMOTORKÄLTEMASCHINE & GASMOTORWÄRMEPUMPE DIE SYSTEMLÖSER*. 2017
- [18] Berndt Energys GmbH & Co. KG: *PRODUKTKATALOG UND PLANUNGSHILFE*, Oktober 2017
- [19] Bez, Armin: *Kälte durch Wärme erzeugen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Diplomarbeit, 2012

- [20] Bild-Online: *Bis zu 10 Grad Unterschied in Leipziger Stadtteilen*. – <https://www.bild.de/regional/leipzig/leipzig-news/leipzig-bis-zu-10-grad-unterschied-mitten-in-der-stadt-63445980,la=de.bild.html> (aufgerufen am 03.02.2020)
- [21] Blümel, Andreas: *Sommerliche Raumkühlung - Betrachtungen zur Kühllast von Gebäuden*. TU Dresden, Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung. 2019. – Studienarbeit
- [22] Braune, V., Kremonke, A.: *Mit der Ertragsmaximierung des DACHS zu einem ganzjährig angenehmen Raumklima*. März 2021. – Teilnahme am Dachs Award 2020 der SENERTEC Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH
- [23] Buderus: *Welche Kosten verursachen Wärmepumpen?*. – <https://www.buderus.de/de/waermepumpe/kosten> (Aufgerufen am 04.04.2021)
- [24] Buderus: *Handbuch für Heizungstechnik: Arbeitshilfe für die tägliche Praxis*. Buderus, 2002. – Beuth Verlag GmbH
- [25] Buderus: *Planungsunterlage - Kennwerte und Wärmeleistungen von Flachheizkörpern*. Februar 2002
- [26] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: *Merkblatt zu den technischen Mindestanforderungen*, Juli 2020
- [27] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Energieeinsparverordnung - EnEV 2014*. 2014
- [28] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). – <http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Home/home.html> (aufgerufen am 06.03.2018)
- [29] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen / Bundeskartellamt. *Monitoringbericht 2020*. Januar 2021
- [30] Campus Navigator TU Dresden. – <https://navigator.tu-dresden.de/> (aufgerufen am 16.04.2019)
- [31] ClouSet: *ClouSet*. – <https://www.clouset.de> (aufgerufen am 25.04.2021)
- [32] Der Radeburger. – <http://www.rf-fassaden.de/?lang=en&mod=references&id=17> (aufgerufen am 17.03.2018)
- [33] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN 12831 : Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast*. 2003. – Beuth Verlag GmbH
- [34] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung - Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit*. 2006. – Beuth Verlag GmbH
- [35] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 4108 - 2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*. 2013. – Beuth Verlag GmbH
- [36] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN 442-1: Radiatoren und Konvektoren — Teil 1: Technische Spezifikationen und Anforderungen*. 2015
- [37] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN 442-2: Radiatoren und Konvektoren — Teil 2: Prüfverfahren und Leistungsangabe*. 2015
- [38] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 277: Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen - Teil 1: Hochbau*. 2016. – Beuth Verlag GmbH
- [39] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN EN ISO 52016-1: Energetische Bewertung von Gebäuden - Energiebedarf für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbare und latente Heizlasten - Teil 1: Berechnungsverfahren (ISO 52016-1:2017)*. April 2018. – Beuth Verlag GmbH

- [40] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN V 18599 - 10: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten*. 2018. – Beuth Verlag GmbH
- [41] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: *DIN 16798 - 1: Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik*. 2019. – Beuth Verlag GmbH
- [42] Dipl.-Ing. M. Gebhardt, Dr.-Ing. Th. S.: PREISATLAS - Ableitung von Kostenfunktionen für Komponenten der rationellen Energienutzung / Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg Abteilung Thermodynamik: Prof. Dr.-Ing. K. Lucas. 2002. – Forschungsbericht
- [43] DREWAG: *Dresdner Fernwärme*. – https://www.drewag.de/wps/portal/drewag/cms/menu_main/geschaeftskunden/produkte/waerme (Aufgerufen am 07.04.2021)
- [44] DREWAG. *Preisblatt Dresdner Trinkwasser*. Januar 2021
- [45] DWD - Deutscher Wetterdienst. – www.dwd.de (aufgerufen am 15.04.2020)
- [46] DWD - Deutscher Wetterdienst: *Die Städtische Wärmeinsel*. – https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html (aufgerufen am 05.03.2018)
- [47] EAW Energieanlagenbau GmbH Westenfild: *Planungstipps für Absorptionskälteanlagen WEGRACAL*, November 2015
- [48] EAW Energieanlagenbau GmbH Westenfild. *Planungstipps für Absorptionskälteanlagen WEGRACAL*. November 2015
- [49] EAW Energieanlagenbau GmbH Westenfild. *Richtpreisliste WEGRACAL*. Januar 2021
- [50] Eicke-Hennig, Werner: *Elektrowärmepumpe und Umwelt - Wie entscheiden?* / Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt. 2014. – Forschungsbericht
- [51] emcal: *Brutto -Verkaufspreisliste 2020*, Februar 2020
- [52] Fahrenheit: *FAHRENHEIT Kühlsysteme: smart und richtig COOL*. – <https://fahrenheit.cool/produkte/> eCoo 10, eCoo 20, eCoo 30, eCoo 30X, (Aufgerufen am 17.03.2021)
- [53] Fahrenheit: *Technische Daten ADSORPTIONSKÄLTEAGGREGATE & SYSTEMKOMPONENTEN*, Mai 2017
- [54] Felsmann, C.: *Modell des langwelligen Strahlungsaustauschs und Idealer Regler für das TRNSYS-Gebäudemodul TYPE 56 / ITT-TU Dresden*. 1997. – Forschungsbericht
- [55] Felsmann, C.: *Ein Beitrag zur Optimierung der Betriebsweise heizungs- und raumlufttechnischer Anlagen*, Technische Universität Dresden, Diss., 2002
- [56] Fiedler, Eckehard: *Natürliche Lüftung großer Gebäude - Die Auslegung unter Berücksichtigung von Wettereinflüssen*. In: *tab – Das Fachmedium der TGA-Branche* (2010), Nr. 7-8, S. 42–48
- [57] Frohn, B., Ranft, F.: *Natürliche Klimatisierung* / Bd. BauPraxis, Energieagentur NRW, Hrsg., Birkhäuser Verlag, Basel. 2004. – Forschungsbericht
- [58] GFR - Gesellschaft für Regelungstechnik und Energieeinsparung mbH: *WEBVISION 5*. – <https://www.gfr.de/produkte/gebaeudemanagement-webvision-5/> (aufgerufen am 16.04.2019)
- [59] Glasbau im Bestand - Klimaanpassung und Energiegewinnung. – <https://www.detail.de/artikel/glasbau-im-bestand-klimaanpassung-und-energiegewinnung-12267/> (aufgerufen am 17.03.2018)

- [60] Glück, B.: *Strahlungsheizung - Theorie und Praxis*. Berlin : VEB Verlag für Bauwesen, 1981
- [61] Glück, B.: *Zustands- und Stoffwerte; Verbrennungsrechnung*. Berlin : Verlag für Bauwesen, 1991
- [62] Glück, Bernd: *Wärmeübertragung - Wärmeabgabe von Raumheizflächen und Rohren*. Berlin, München : Verlag für Bauwesen, 1989. – ISBN 978-3-345-00310-3
- [63] Glück, Bernd: *Zustands- und Stoffwerte - Wasser, Dampf, Luft ; Verbrennungsrechnung*. Berlin : Marhold, 1991. – ISBN 3-345-00487-9
- [64] Glen Dimplex: *Neuheiten. Preisliste. 2020.*, März 2020
- [65] Gritzki, R.: *Bestimmung der Effektivität nutzerbedingter Fensterlüftung mit Hilfe numerischer Simulationsverfahren*, Technische Universität Dresden, Manuskript, Diss., 2001
- [66] Grundmann, Markus: *Wärmepumpe Wann eine Genehmigung nötig ist.* – <https://www.bauen.de/a/waermepumpe-wann-eine-genehmigung-noetig-ist.html> (aufgerufen am 25.04.2021)
- [67] Guzek, Gero: *Zur Energieeinsparung in Heizungsanlagen durch den hydraulischen Abgleich*. Verlag der Wissenschaften GmbH, 2009. – ISBN 978-3-941298-59-0
- [68] Hartmann, Annett: *Wärme- und Stofftransport in gekrümmten Kanälen beim Übergang von freier zu erzwungener Konvektion*, Lehrstuhl für Thermodynamik Technische Universität München, Diss., 2002
- [69] HAUTECH: *Preisliste 1/2020*, April 2020
- [70] heizsparer.de: *Gasheizung Betriebskosten.* – <https://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/gasheizung/gasheizung-betriebskosten> (Aufgerufen am 12.04.2021)
- [71] Herwig, Heinz: *Boussinesq-Approximation (Boussinesq approximation)*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2000, S. 23–26. – ISBN 978-3-642-56940-1
- [72] Highsoft: *Highcharts.* – <https://www.highcharts.com/about> (aufgerufen am 14.02.2018)
- [73] Hottgenroth Software u. Co. KG: *ETU-Simulation 4.5.3.2 Gebäudesimulation nach dem 2-k Modell der VDI 6007, gekoppelt mit einer dynamischen Anlagensimulation*
- [74] Ingenieurbüro Junge: *Wärmepumpe.* – <http://www.ing-buero-junge.de/html/waermepumpe.html> (Aufgerufen am 28.03.2021)
- [75] Institut Wohnen und Umwelt: *Deutsche Wohngebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden*, Oktober 2015
- [76] INVENSOR GmbH:
INVENSOR LTC 10E PLUS. – <https://invensor.com/produkte/invensor-ltc-10-e-plus/> (aufgerufen am 19.04.2019)
- [77] JeeLabs. – <https://www.digitalsmarties.net/products/jeelink> (aufgerufen am 22.04.2018)
- [78] Kaden, Andreas: *Sommerliche Raumkühlung - Möglichkeiten des Einsatzes von Photobioreaktoren*. Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, TU Dresden, Diplomarbeit, 2019
- [79] Kast, Werner ; Nirschl, Hermann ; Gaddis, Edward S. ; Wirth, Karl-Ernst ; Stichlmair, Johann: *L1 Einphasige Strömungen*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 1221–1284. – ISBN 978-3-642-19981-3
- [80] Kermi GmbH. – www.kermi.de(aufgerufen am 06.03.2018)
- [81] Kermi GmbH. – <https://www.kermi.de/raumklima/produkte/flachheizkoerper/warum-therm-x2-energiesparheizkoerper/>(aufgerufen am 20.04.2021)
- [82] KERMI GmbH: *Technik - therm x2 - Flachheizkörper*. Produktunterlage. 2018

- [83] KKKU CONCEPT GmbH: *Yanmar Gasmotorwärmepumpe Produktkatalog*, Dezember 2013
- [84] Klan, Herbert ; Thess, André: *F2 Wärmeübertragung durch freie Konvektion: Außenströmung*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 757–764. – ISBN 978–3–642–19981–3
- [85] Klan, Herbert ; Thess, André: *F4 Sonderfälle*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 773–776. – ISBN 978–3–642–19981–3
- [86] Kornmacher, Manuel: *Sommerliche Raumkühlung - Untersuchungen in einem Büro-/Verwaltungsgebäude*. Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, TU Dresden, Diplomarbeit, 2018
- [87] Kornmacher, Manuel. *Sommerliche Raumkühlung - Analyse der Möglichkeiten zur Kühlung mit Freien Heizflächen im Bestand*. Beuth Hochschule für Technik Berlin, Masterarbeit. 2021
- [88] Kremonke, A.: *Wärmeabgabe teilbeheizter Fußböden*, Diss., 2000. – Institut für Thermodynamik und TGA, TU Dresden
- [89] Kremonke, A. ; Perschk, A. ; Franke, F.: *Analyse Informatikgebäude / TU Dresden, Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung*. 2019. – Forschungsbericht. Auftraggeber: Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien und Baumanagement NL Dresden II
- [90] Kremonke, A. ; Richter, W.: *Grundlage für die weitere Novellierung der Wärmeschutzverordnung - Einbezug von Wärmepumpen und Blockheizkraftwerken (BHKW) in die Rechenmethode zur Ermittlung des Energiebedarfs Teil1: Energetische Kennwerte von Heizungsanlagen für die Wärmeübergabe im Raum / TU Dresden Forschungsbericht*. 1997. – Forschungsbericht
- [91] Kremonke, Lisa M.: *Entwicklung und Erprobung eines Sensors zur Erfassung der Luft- und Empfindungstemperatur*. 2018. – Komplexe Lernleistung im Fach Physik (KOL); Rudolf Hildebrand Schule - Gymnasium Markkleeberg
- [92] Liu, Ge: *Untersuchung der Betriebsweise einer Kompressionskältemaschine in Verbindung mit einem Kältespeicher am Beispiel des Gebäudekomplexes Zellescher Weg (BZW)*, TU Dresden, Großer Beleg, 2017
- [93] Luo, Xing ; Roetzel, Wilfried: *C5 Wärmeübertragernetzwerke*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 123–132. – ISBN 978–3–642–19981–3
- [94] Malorny, Gina. *Sommerliche Raumkühlung - Betrachtung der Investitionskosten zur Erweiterung von Heizungsanlagen auf den Kühlbetrieb*. Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, TU Dresden, Projektarbeit im Fachpraktikum. 2021
- [95] Märstel, Christian: *Gasmotor Wärmepumpe*. Januar 2021. – <https://www.heizungsfinder.de/waermepumpe/gaswaermepumpe/gasmotor> (Aufgerufen am 03.03.2021)
- [96] MAYA Spa / YAZAKI: *HEISSWASSER - ABSORPTIONSKÄLTEMASCHINEN SERIE WFC UND M*, Oktober 2020
- [97] mh-Software GmbH: mh-Software. – <https://www.mh-software.de> (aufgerufen am 26.04.2019)
- [98] Oertel, Herbert ; Böhle, Martin ; Reviol, Thomas: *Strömungsmechanik*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015
- [99] Ohra Energie GmbH. – www.ohraenergie.de(aufgerufen am 06.03.2018)
- [100] Pazold, M.;Giglmeier, S.;Winkler, M.;Peng, Z.: *Potenzialanalyse zum Einsatz bestehender Heizsysteme zur Raumkühlung*. In: *HLH Bd.71, Nr. 9 S. 22-27* (2020)
- [101] Perschk, A.: *Gebäude-Anlagen-Simulation unter der Berücksichtigung der hygrischen Prozesse in den Gebäudewänden*, TU Dresden, Diss., 2000
- [102] Perschk, A.: *Gebäude und Anlagensimulation - Ein "Dresdner Modell"*. In: *Gesundheitsingenieur* (2010), August, Nr. 4

- [103] Raspberry-Pi-Stiftung:
Raspberry Pi 3 Model B+. –
<https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf> (aufgerufen am 29.04.2019)
- [104] Recknagel, Hermann ; Sprenger, Eberhard ; Albers, Karl-Josef: *Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik*. Bd. 78. Recknagel. Vulkan-Verlag GmbH, November 2017/2018. – ISBN 978–3835673328
- [105] Richter, Lukas. *Sommerliche Raumkühlung - Entwicklung und Erprobung eines analytischen Modells zur Wirkung Freier Heizflächen auf die Luftströmung im Raum*. Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, TU Dresden, Projektarbeit im Forschungspraktikum. 2020
- [106] Richter, W.: *Handbuch der thermischen Behaglichkeit - Sommerlicher Kühlbetrieb*-. Schriftenreihen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2007. – ISBN 978–3–88261–068–0
- [107] Robert Koch-Institut: *Epidemiologisches Bulletin Nr. 23*. – ISSN (Online) 2569-5266, 6. Juni 2019
- [108] Robine, J-M.; Cheung, S. L.; Le Roy, S.; van Oyen, H.; Herrmann, F.R.: *Report on excess mortality in Europe during summer 2003 (EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114)*. – 28 February 2007
- [109] Rogall, A. ; Pampuch, M. ; Horn, D.: Untersuchung vorhandener Heizflächen wie Radiatoren, Konvektoren und Plattenheizkörper auf ihre Verwendbarkeit zur sommerlichen Kühlung im Wohnungsbau. / Bau- und Wohnungsforschung: Band F 2558. Fraunhofer IRB Verlag,. 2011. – Forschungsbericht
- [110] Rouvel, Lothar: *Curriculum Vitae*. – http://www.gebsimu.de/GEBSIMU_5.htm (aufgerufen am 27.04.2019)
- [111] Rouvel, Lothar: *GEBSIMU*. – <http://www.gebsimu.de/> (aufgerufen am 16.04.2019)
- [112] Sanflex, Fa.: *Produktinformation*. Fa. Sanflex
- [113] Schabel, Wilhelm ; Martin, Holger: *G10 Prallströmung*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 841–850. – ISBN 978–3–642–19981–3
- [114] Schade, Lukas: *Herstellerübersicht mehrstufiger Absorber*. – <http://absorptionsmaschine.de> (Aufgerufen am 29.03.2021)
- [115] Schindler, Walter. *Adsorptionskältemaschinen auf dem Vormarsch*. 2012
- [116] Schnyder-Energie GmbH: *climaeasy*. – <https://www.climaeasy.ch> (aufgerufen am 25.04.2021)
- [117] Seidel, P. ; Gritzki, R. ; Haupt, J. ; Rösler, M.: Sommerliche Raumkühlung im Wohnungsbau mittels kombinierter Heiz- Kühlsysteme und gleitend nicht normierter Raumtemperaturen (Temperierungseffekt) / TU Dresden, Professur für Gebäudenergie-technik und Wärmeversorgung. 2013. – Forschungsbericht. BMWI 0327483A
- [118] Seifert, J.: *Zum Einfluss von Luftströmungen auf die thermischen und aerodynamischen Verhältnisse in und an Gebäuden*, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität Dresden, Diss., Oktober 2005
- [119] Seifert, J.: *Ein Beitrag zur Einschätzung der energetischen und exergetischen Einsparpotentiale von Regelverfahren in der Heizungstechnik*. TUpress ISBN: 9783941298545, 2009
- [120] Seifert, J. ; Oschatz, B. ; Schinke, L. ; Buchheim, A. ; Paulick, S. ; Beyer, M. ; Mailach, B: *Instationäre, gekoppelte, energetische und wärmephysiologische Bewertung von Regelungsstrategien für HLK-Systeme* / TU-Dresden. 2016. – Forschungsbericht
- [121] Shang, Yulong: *Betrachtungen zu Kühllasten und sommerlichem Wärmeschutz in Gebäuden*. Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, TU Dresden, Diplomarbeit, 2018

- [122] SIB-Dresden NL II. – https://www.sib.sachsen.de/de/organisation/standorte/dresden_ii/ (aufgerufen am 06.03.2018)
- [123] Siemens Building Technologies: *DESIGO-Gebäudeautomation – flexibel und energieeffizient.* – <https://www.siemens.de/buildingtechnologies/de/de/gebaeudeautomation-hlk/gebaeudeautomationssystem-desigo/seiten/gebaeudeautomationssystem-desigo.aspx> (aufgerufen am 14.02.2018)
- [124] Sigloch, Herbert: *Technische Fluidmechanik.* Springer Berlin Heidelberg, 2014
- [125] Sobotta, Stefan: *Ich habe eine Wasserquelle die konstant 7° warmes Wasser liefert. Wie viel Liter Wasser brauche ich und welche Wärmepumpe, um konstant 25 KW Wärme zu erzeugen?* September 2013. – <https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/darum-waermepumpe/experten/antwort-der-experten/ich-habe-eine-wasserquelle-die-konstant-7-warmes-wasser-liefert-wie-viel-liter-wasser-brauche-ich-und-welche-waermepumpe-um-konstant-25-kw-waerme-zu-erzeugen/> (Aufgerufen am 12.04.2021)
- [126] Solar-Computer GmbH. – <https://www.solar-computer.de> (aufgerufen am 14.02.2018)
- [127] Statistisches Bundesamt: Verbraucherpreisindizes für Deutschland, Lange Reihen ab 1948 / Statistisches Bundesamt. 2021. – Forschungsbericht
- [128] Statistisches Bundesamt (Destatis): *Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden 1969-2019*, Juli 2020
- [129] Stephan, Peter: *B1 Wärme und verschiedene Arten der Wärmeübertragung.* Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 19–22. – ISBN 978–3–642–19981–3
- [130] Tanaka, Tatsuaki: *High Efficiency Small House in Musashino City, Tokyo.* (2017)
- [131] Taubert, Felix: *Sommerliche Raumkühlung - Entwicklung eines Gebäude- und Anlagenmodells mit TRNSYS.* Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, TU Dresden, Diplomarbeit, 2019
- [132] Technische Universität Dresden: *Campus Firewall.* 2018. – <https://tu-dresden.de/zih/dienste/service-katalog/arbeitsumgebung/firewall> (aufgerufen am 14.02.2018)
- [133] TechnoLine. – www.technoline-berlin.de (aufgerufen am 22.04.2018)
- [134] Thess, André: *F1 Wärmeübertragung durch freie Konvektion: Grundlagen.* Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, S. 753–756. – ISBN 978–3–642–19981–3
- [135] TU Dresden, Prof. f. Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung: *EnOB: KUEHA - Erprobung und Demonstration einer neuartigen Systemlösung zur sommerlichen Raumkühlung unter besonderer Berücksichtigung von Energieeffizienz und Praxistauglichkeit.* – Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages (Förderkennzeichen 03ET1461A) www.tu-dresden.de/mw/kueha
- [136] Umweltbundesamt: *Klimaneutraler Gebäudebestand 2050.* Öko-Institut e.V., Freiburg, Februar 2016
- [137] Vaillant GmbH: *Betriebsanleitung: geoTHERM plus; Wärmepumpe mit zusätzlicher Kühlfunktion,* Juni 2011
- [138] velasolaris: *Polysun.* – <https://www.velasolaris.com> (aufgerufen am 25.04.2021)
- [139] Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 6007 Blatt 2: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden - Fenstermodell,* März 2012. – Beuth Verlag GmbH
- [140] Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 2067 Blatt 10: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Energiebedarf für Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten,* September 2013

- [141] Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 2078: Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)*. 2015. – Beuth Verlag GmbH
- [142] Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 6007 Blatt 1: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden - Raummodell*, Juni 2015. – Beuth Verlag GmbH
- [143] Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 6007 Blatt 3: Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden - Modell der solaren Einstrahlung*, Juni 2015. – Beuth Verlag GmbH
- [144] Verein Deutscher Ingenieure: *VDI 6020: Anforderungen an thermisch-energetische Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation*, September 2016. – Beuth Verlag GmbH
- [145] Viessmann. *Wärmepumpen bis 2000 kW VITOCAL PRO*. Juli 2019
- [146] Voß, T.: *Experimentelle und rechnerische Untersuchungen zur Kühlung dezentral belüfteter Gebäude mittels Nachtlüftung unter Berücksichtigung mikroklimatischer Einflüsse.*, Bergische Universität Wuppertal. Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen. Lehrgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung b+tga., Diss., 2016
- [147] WOLF GmbH/Dein Heizungsbauer: *Wartung der Wärmepumpe: Darauf sollten Sie achten.* – (<https://www.dein-heizungsbauer.de/ratgeber/wartung/wartung-waermepumpe/> Aufgerufen am 05.04.2021)
- [148] Xu, He: *Energetische Untersuchung eines Verwaltungsgebäudes*. Professur für Gebäudeenergie-technik und Wärmeversorgung, TU Dresden, Diplomarbeit, 2019