

04.02.2021

Thomas Stark, Jan Heider



© Thomas Ott

Das Mehrfamilienhaus K76 in Darmstadt wird mit Infrarot-Paneelen beheizt und ist Modellbauvorhaben für das Forschungsprojekt IR-Bau.

Das Forschungsprojekt IR-Bau

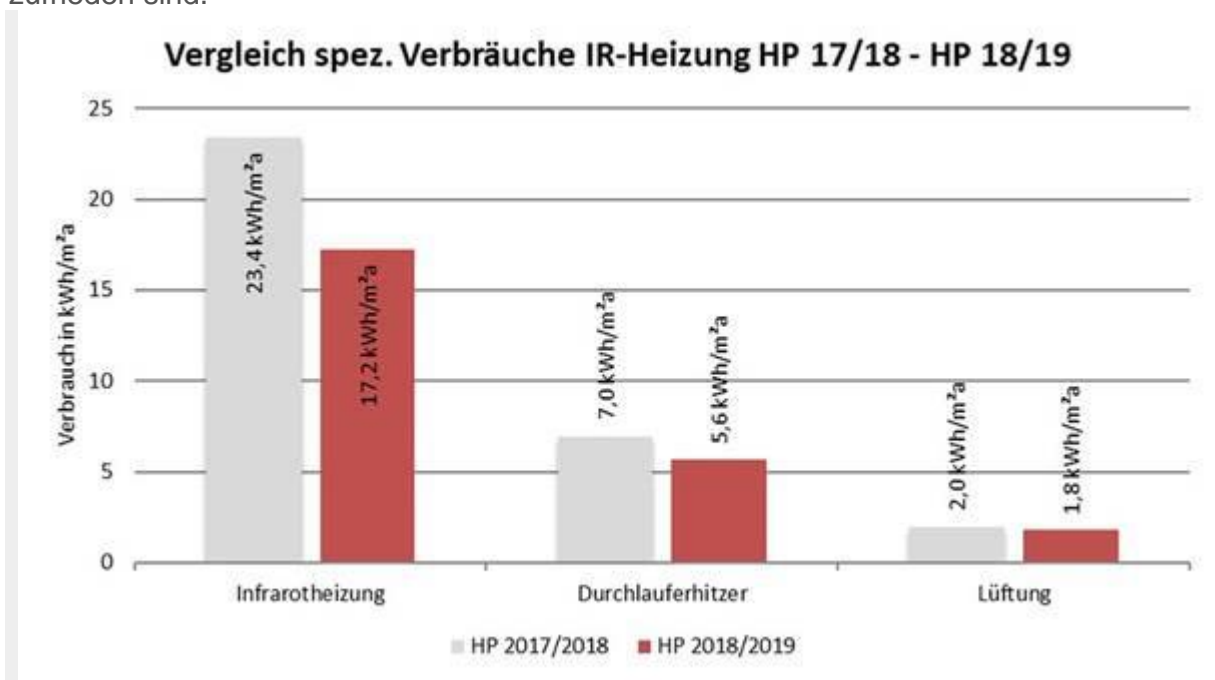
Bisherige Studien zu IR-Heizungen haben hierzu **keine belastbaren Grundlagen** für die Planung in der Baupraxis hervorgebracht. Vor diesem Hintergrund entschloss sich die Hochschule Konstanz, das Forschungsprojekt IR-Bau in Kooperation mit mehreren Projektpartnern durchzuführen. Finanzielle Unterstützung kam vom Innovationsprogramm Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung [9]. Im Rahmen des Projekts wurden **drei Heizsysteme** – Luftwärmepumpe mit Fußbodenheizung, elektrische Fußbodenheizung und Infrarot-Heizung – **messtechnisch untersucht**. Ziel war, zu ermitteln, wie hoch die Differenzen des Stromverbrauchs im Realbetrieb unter Berücksichtigung aller Komponenten sind. Weiterhin wurden am Beispiel eines Pilotprojekts ökologische und ökonomische Vergleichsrechnungen in Form einer Ökobilanz und Lebenszykluskosten über 50 Jahre erstellt. Der vollständige Forschungsbericht und die Ergebnisse der ergänzend durchgeführten Labormessungen sind abrufbar unter bit.ly/GEB2050.

Wissenschaftliche Begleitforschung eines Pilotprojektes

Das **Mehrfamilienhaus K76** mit 16 Wohneinheiten in Darmstadt wurde mit Direktstromheizung geplant und 2017 fertiggestellt. Die Raumerwärmung erfolgt über an den Decken installierten Infrarotheizungen, das Warmwasser wird über lokale

Durchlauferhitzer erwärmt. Jede der Wohneinheiten verfügt über eine dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Auf dem Dach ist eine 36,2-kW_p-PV-Anlage installiert. Geplant und umgesetzt haben das Projekt werk.um Architekten aus Darmstadt, Bauherrschaft und Auftraggeber war die Baugenossenschaft K76. Die rund 1360 m² umfassende Wohnfläche ist in 15 Wohneinheiten mit je 50 bis 120 m² unterteilt. Das Pilotprojekt wurde bereits in GEB 07/08 2019 veröffentlicht ([Im Strom der Wärmewende](#)) und [detailliert beschrieben](#).

Die messtechnischen Ergebnisse über zwei komplette Heizperioden sowie die wesentlichen Kennwerte fassen **Abb. 6 und Abb. 7** zusammen. Eine ergänzende sozialwissenschaftliche Nutzerbefragung zeigte, dass die an der Studie teilnehmenden Bewohner mit der Behaglichkeit und Bedienbarkeit der IR-Heizungen zufrieden bis sehr zufrieden sind.



© HTWG Konstanz

Abb. 6: Vergleich der spezifischen Verbräuche Endenergie Strom Heizperiode 2017/2018 und 2018/2019.

Jahresverbräuche:	EnEV-Berechnung:	HP 2017/2018	HP 2018/2019
Lüftung:	2,6 kWh/(m ² a)	1,9 kWh/(m ² a)	1,8 kWh/(m ² a)
Warmwasser:	14,0 kWh/(m ² a)	6,9 kWh/(m ² a)	5,6 kWh/(m ² a)
Heizung:	20,3 kWh/(m ² a)	23,4 kWh/(m ² a)	17,2 kWh/(m ² a)
IR-Heizung Witterungsbereinigt (IWU)	20,3 kWh/m ² a	25,7 kWh/m ² a	21,2 kWh/m ² a
Summe:	36,9 kWh/(m²a)	34,7 kWh/(m²a)	28,6 kWh/(m²a)

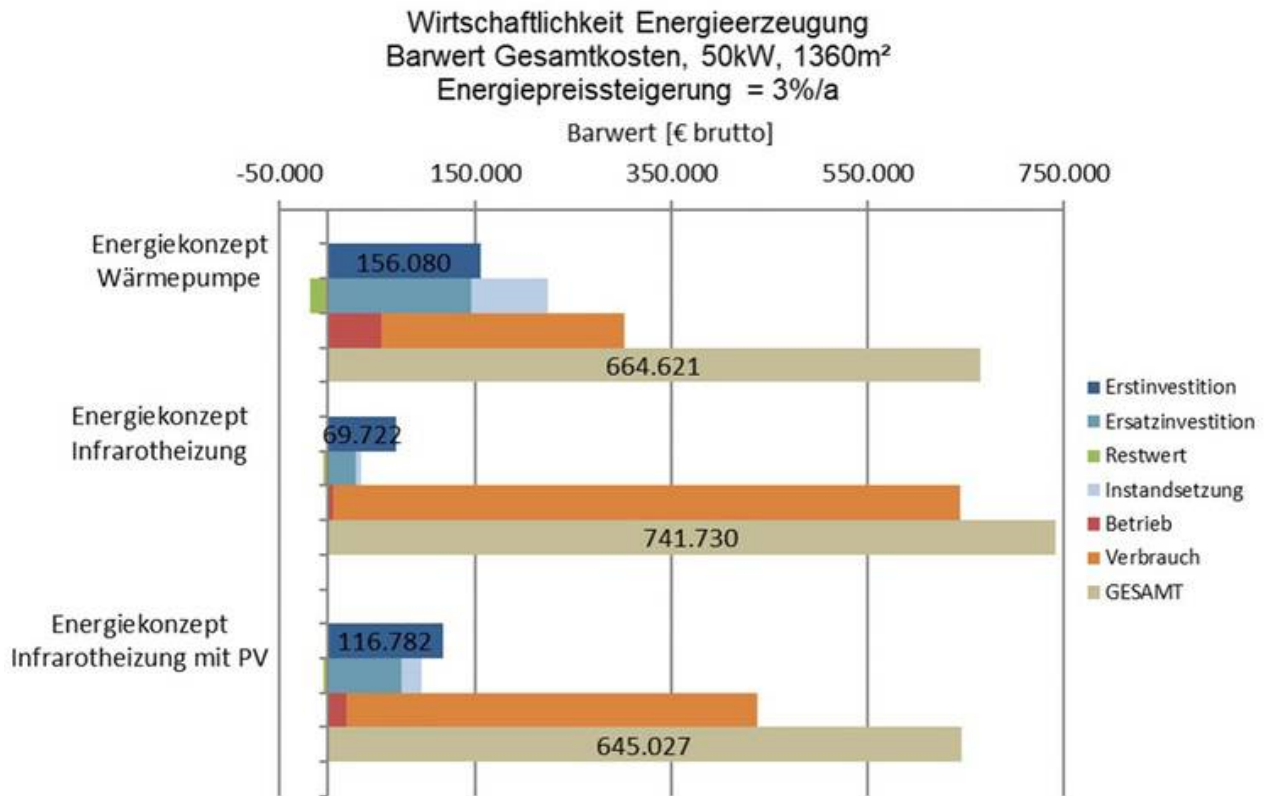
© HTWG Konstanz

Lebenszyklusbetrachtung: Was ist wirtschaftlicher?

Für das Pilotprojekt K76 erfolgte mit Unterstützung des **Projektpartners ee concept** eine ökologische und ökonomische Bilanzierung – nicht nur in Bezug auf das realisierte Energiekonzept, sondern auch hinsichtlich einer alternativ möglichen Wärmepumpenlösung. Die Zeitspanne für die Berechnungen wurde auf **50 Jahre** festgelegt. In die Bilanzierung flossen auch der Austausch von technischen Komponenten und Bauteilschichten aufgrund von altersbedingtem Verschleiß ein. Für den ökologischen Vergleich wurden die Lebenszyklusmodule Herstellung (A1- A3), Instandhaltung (B1-B3) und Betrieb (B6) betrachtet.

Was die ökonomische Bilanzierung der Lebenszykluskosten angeht, zeigt das Projekt K76, dass die IR-Variante trotz hoher Einsparungen bei den Investitionskosten aufgrund der höheren Verbrauchskosten über die betrachteten 50 Jahre zu einem höheren Barwert führt. Hierbei ist jedoch folgender Aspekt zu beachten: Die geringen Investitionskosten setzen bei der Wärmepumpenvariante nicht vorhandene finanzielle Mittel frei, die prinzipiell zur Finanzierung einer regenerativen Stromerzeugung genutzt werden können. So wurde auch beim Projekt K76 entschieden, einen Teil der eingesparten Technikkosten in eine PV-Anlage zu investieren, die auf dem Dach installiert worden ist. Eine solche Variante – IR-System mit PV-Anlage – ergab in einer zweiten Betrachtung günstigere Werte als bei der Wärmepumpenvariante, wenn man den finanziellen Gegenwert des erzeugten Solarstroms einrechnet (**Abb. 8**).

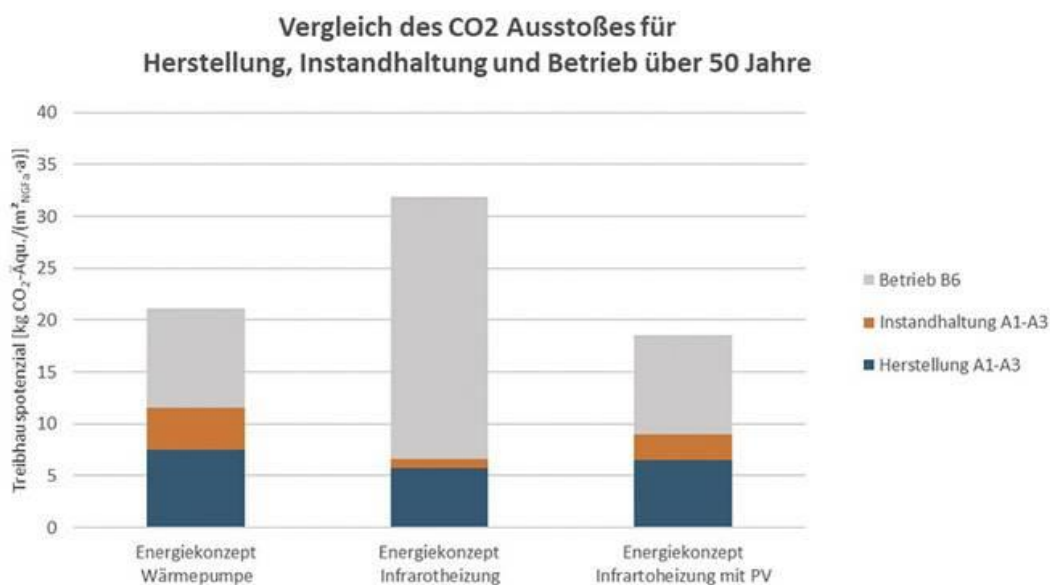
Demzufolge kann es **wirtschaftlicher** sein, **mit einer PV-Anlage Strom zu gewinnen** als in die Mehrkosten für ein Wärmepumpensystem zu investieren. Nicht berücksichtigt sind hierbei allerdings übergeordnete Kosten für das Strommanagement. Natürlich lässt sich auch ein Wärmepumpenkonzept mit einer PV-Anlage kombinieren. Jedoch erhöhen sich somit wieder die Differenzkosten und damit auch das verfügbare Budget für Solarstrom bei der IR-Variante. Limitierender Faktor kann hier dann die zu Verfügung stehende Fläche für den Ausbau von Photovoltaik sein.



© HTWG Konstanz

Abb 8: Vergleich der Wirtschaftlichkeit am Beispiel des Pilotprojektes K76 nach VDI 2067 über 50 Jahre.

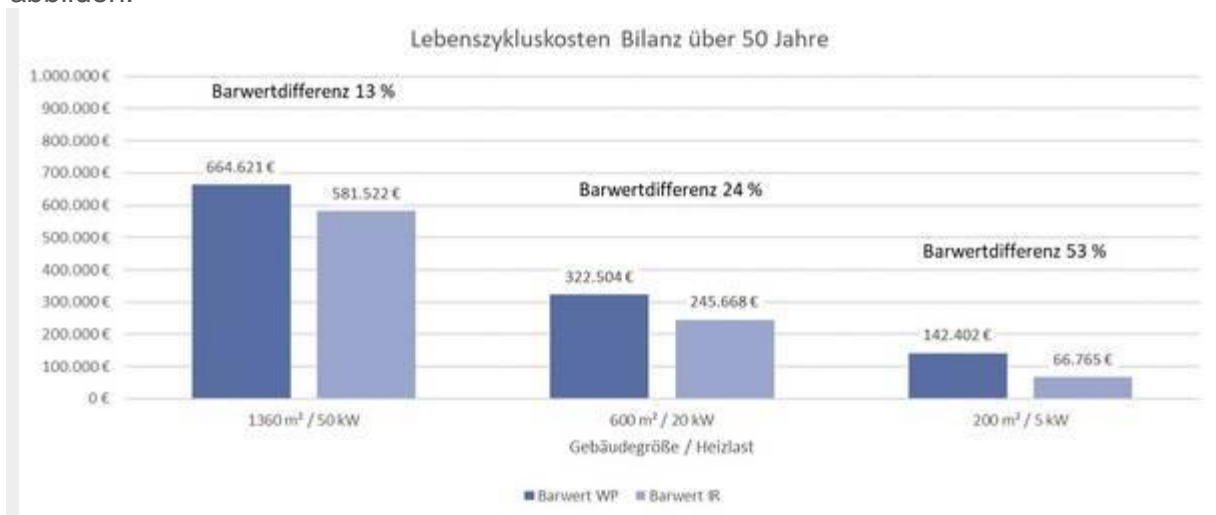
Die ökologische Bilanzierung am Beispiel des Projekts K76 zeigt, dass die geringeren Aufwendungen bei der Herstellung und Instandhaltung des IR-Systems im Betrieb durch den höheren Stromverbrauch überkompensiert werden und einen um rund 50 % höheren Wert erzeugen. Bei Berücksichtigung der solaren Stromerzeugung durch das Photovoltaiksystem analog der ökonomischen Betrachtung ergeben sich in diesem Beispiel in der Summe jedoch geringere Werte und Einsparungen von ca. 15% (siehe **Abb. 9**).



© HTWG Konstanz

Abb. 9: Vergleich der Ökobilanz am Beispiel des Pilotprojektes K76.

Ergänzend zur Analyse des Mehrfamilienhauses K76 wurde im Rahmen einer Parameterstudie untersucht, inwiefern unterschiedliche Teilaspekte die Lebenszykluskosten und die Ökobilanz beeinflussen. Aus **Abb. 10** und **Abb. 11** geht hervor, welche Auswirkungen die Gebäudegröße und die daraus resultierende Heizlast bzw. der Wärmeumsatz haben. Die Berechnungen gehen davon aus, dass die gesamten Differenzkosten zwischen Wärmepumpen- und Infrarotvariante in PV-Systeme investiert werden. Demzufolge wirkt sich die Reduktion der Gebäudegröße sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Hinsicht vorteilhaft auf das IR-System aus. Ein wesentlicher Grund liegt darin, dass sich die Investitionskosten der Infrarot-Heizung im Gegensatz zur Wärmepumpenlösung nahezu linear zur Gebäudegröße bzw. Heizlast abbilden.



© HTWG Konstanz

Abb. 10: Einfluss der Gebäudegröße auf die Wirtschaftlichkeit bei vollem Invest der Differenzkosten WP/IR in den Ausbau einer Photovoltaik-Anlage.



© HTWG Konstanz

Abb. 11: Einfluss der Gebäudegröße auf die Ökobilanz bei vollem Invest der Differenzkosten WP/IR in den Ausbau einer Photovoltaik-Anlage.

1 / 2

Die Kombination mit PV ist die Voraussetzung

Obwohl Direktstromheizungen viele attraktive Eigenschaften aufweisen, sind sie gegenüber Wärmepumpensystemen bislang keine relevante Alternative für die

Gebäudeheizung, weil sie höhere Stromverbräuche aufweisen und folglich bei fossiler Stromerzeugung mehr CO₂ emittieren.

Die in diesem Artikel zusammengefassten Ergebnisse bilden jedoch einen **neuen Ansatz für die Bewertung** von Direktstromheizungen. Koppelt man die Investition in ein Wärmeversorgungssystem mit der Erzeugung regenerativer Energie, stellt sich die Frage, welches Konzept – Nutzung von Anergie oder solare Stromerzeugung – die besseren Kennwerte bezüglich Lebenszykluskosten und Ökobilanz erzielen. Unter der Voraussetzung, dass die eingesparten Herstellungskosten bei der Infrarot-Heizung in wirtschaftlich attraktive und CO₂-freie Stromerzeugung (insbesondere lokale solare Stromerzeugung) investiert werden, kann **vor allem bei kleinen Gebäuden mit geringem Wärmeumsatz** die Kombination Infrarot-Heizung und Photovoltaik vorteilhaft sein. Bei günstigen Randbedingungen übersteigt in dieser Variante der zusätzlich erzeugte Solarstrom deutlich den Mehrverbrauch des Infrarotsystems gegenüber der Wärmepumpenvariante.

Der wesentliche **Nachteil** dieses Ansatzes liegt in der Herausforderung, dass – anders als die Anergie bei einer Wärmepumpenlösung – der Solarstrom den **Energiebedarf für die Direktstromheizung nicht vollständig zeitgleich decken** kann. Dies erfordert intelligente Lösungen für die Stromspeicherung und Netzauslastung, für die es bereits verschiedene Ansätze gibt. Schlussendlich kann man sagen, dass Direktstromheizungen unter bestimmten Randbedingungen – insbesondere bei kleinen Gebäuden mit geringem Wärmeumsatz - eine sinnvolle Lösung für die zukünftige Wärmeversorgung von kleinen Gebäuden sein können. Wird das eingesparte Kapital verbindlich zur regenerativen Stromerzeugung verwendet, können sie auch einen Beitrag zur Transformation der Energieversorgung im Sinne der Energiewende leisten.

Folgeprojekt IR-Bau 2

Ende 2020 startete das Folgeprojekt IR-Bau 2 mit ergänzenden Untersuchungen zum Potenzial von IR-Heizsystemen. Hierbei geht es um die Frage, wie sich die **materialspezifischen und konstruktiven Eigenschaften** von IR-Heizelementen auf die Effizienz im Betrieb auswirken. Weiterhin werden weitere Gebäudetypologien messtechnisch begleitet und analysiert. Auch soll untersucht werden, wie sich die Kombination eines IR-Systems mit Photovoltaik insbesondere im Hinblick auf eigenverbrauchsoptimierte Regelung optimieren lässt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in einem Leitfaden für Planer und Bauherren dokumentiert.

Dieser Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark und Jan Heider M.A. ist zuerst erschienen in GEB 1/2021. Stark lehrt und forscht seit 2008 im Fachgebiet Energieeffizientes Bauen an der HTWG Konstanz. 2003 gründete er das Planungsbüro ee-plan, das 2008 in die ee concept GmbH überging. Heider studierte an der HTWG Konstanz Architektur und arbeitete zwischen 2009 und 2018 in verschiedenen Büros mit Schwerpunkt energieeffizientes Bauen. 2012 nahm er zusammen mit dem Team „Ecolar“ der HTWG als Teamleader für den Energie- und Gebäudetechnikbereich am „Solar Decathlon Europe“ teil. Seit 2015 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Energieeffizientes Bauen bei Prof. Dr. Thomas Stark an der HTWG Konstanz. Von 2017 bis 2019 leitete er das Forschungsprojekt „IR-Bau“