

Vergleich eines Luft-Wasser-Wärmepumpen-Systems mit einem Infrarot-System für Österreich

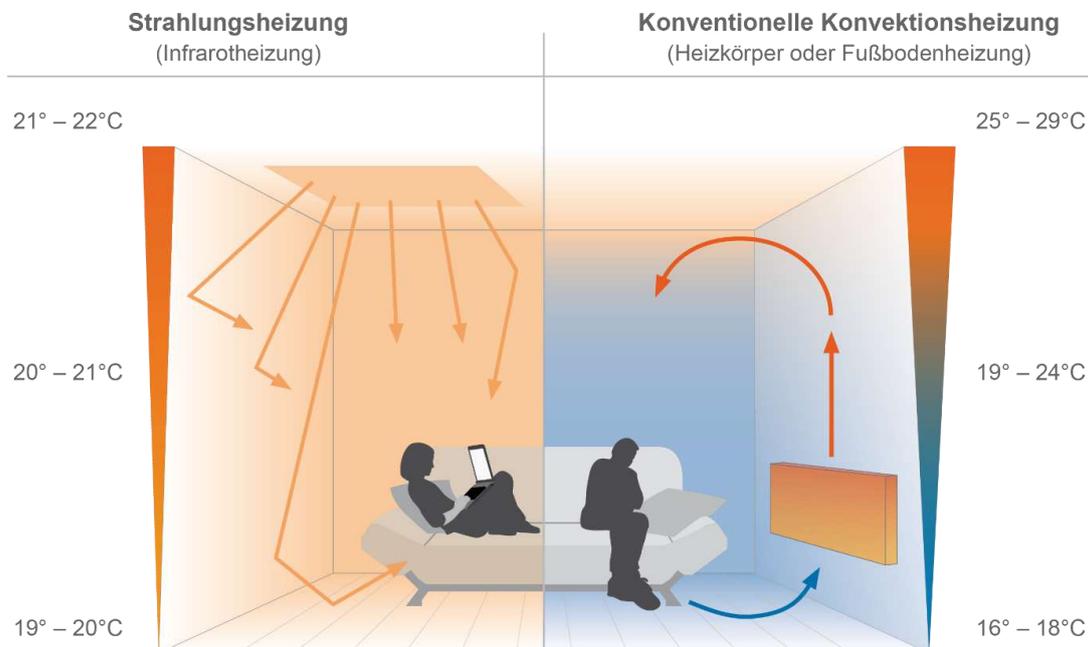


Abbildung 1: Vergleich von Wirkprinzip und Temperaturschichtung. Links Infrarotheizung als Strahlungsheizung, sie erwärmt alle Oberflächen, rechts konventionelle Flüssigkeitsheizung/Konvektionsheizung; sie erwärmt die Luft. Infrarot Wärmestrahlung ist angenehme Strahlungswärme wie vom Kachelofen, es gibt keine Staubaufwirbelung und -ablagerung, sie ist energiesparend wegen niedriger „Wohlfühltemperatur“, es ergeben sich trockene und warme Wände, kein Schimmelproblem, gleichmäßige Wärmeverteilung und der gesamte Raum speichert die Wärmeenergie.

In der Studie „Forschungsprojekt IR-Bau“¹ wurde jeweils ein Raum mit einer Infrarotheizung an der Decke sowie einer Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Fußbodenheizung ausgestattet. Beide Systeme beheizten den Versuchsraum so, dass sie die identische operative Solltemperatur exakt zu halten versuchten. Dabei kam die Studie zu folgendem Ergebnis:

Die Effizienz eines Luft-Wasser-Wärmepumpen-Systems mit Fußbodenheizung ist geringer als erwartet.

Diese geringere Effizienz entsteht durch eine ungenaue Regelung des Systems. Eine Fußbodenheizung ist träge und bringt gerade in den Morgenstunden Wärme in die Speicher-masse des Bodens ein, die nicht notwendig wäre, da zeitversetzt solare Gewinne auftreten und entsprechend zu einer Übertemperaturierung des Raums führen können. Auch der Speicher und das Verteilnetz führen zu Wärmeverlusten.

¹ Quelle: Forschungsprojekt „IR-Bau“; Projektabschlussbericht: Stand: 02/2020; Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.11

Die Übertemperierung erfolgt beim Infrarotheiz-System wesentlich seltener, da die Regelung während des Aufheiz-Prozesses innerhalb kürzester Zeit die Nennleistung bereitstellen und bei Erreichen der Solltemperatur sofort abschalten kann.²

Durch die Erwärmung aller Bauteile über die Oberflächen und die schnelle Reaktionsfähigkeit auf neue Bedingungen, wie die zusätzliche Solarwärme, wird die notwendige Zieltemperatur relativ exakt gehalten.

In der Abbildung 1 werden Wirkungsgrade, von 400 % für die häufig im Neubau eingesetzte Luft-Wasser-Wärmepumpe, 92 % für die Speicherung und 95 % für die Verteilung angesetzt, was zu einem Systemwirkungsgrad der wasserführenden Variante von 350 % führt.

Wichtig zu wissen ist, dass die Effizienz einer Wärmepumpe erheblich von der gewünschten Temperatur abhängt. Für Flächenheizungen sind geringe Temperaturen notwendig. Werden höhere Temperaturen gefordert, zum Beispiel bei zusätzlicher Warmwasser-Produktion sinkt der Wirkungsgrad.

Zur Deckung des Wärmebedarfs wurde bei dem Luft-Wasser-Wärmepumpen-System eine Leistungszahl von 3,5 gemessen. Das bedeutet, dass die Wärmepumpe jeweils 1 kWh elektrischen Strom aufnimmt, um 3,5 kWh Nutzwärme bereitzustellen. Eine Infrarotheizung hatte zur Erfüllung derselben Komfortbedingungen allerdings nicht eine 3,5-fache Stromaufnahme! Sie war nur 2,9-mal so hoch. Der Unterschied von 21 % ($3,5/2,9-1$) ist mit der oben beschriebenen kurzen Reaktionszeit der Infrarotheizung und geringeren Lüftungsverlusten zu begründen.

Fazit der Studie

Bezüglich des Systemvergleichs zwischen einem wasserführenden Heizsystem mit Wärmepumpe, Speicher und Verteilungsnetz sowie einer Infrarotheizung zeigt sich, dass zur Gewährleistung einer definierten operativen Raumtemperatur die Wärmepumpe 38 Prozent mehr Wärme erzeugen muss als die Strahlungsheizung.

Das hat zur Folge, dass der Strombezug der Wärmepumpe etwa ein Drittel und nicht, wie von Herstellern oft argumentiert wird, nur ein Viertel im Vergleich zur Infrarotheizung beträgt.

² Quelle: Auswertung Testcontainer - Winter 2011/12; Firma easyTherm GmbH & TU Graz

Um die getroffenen Aussagen zu verdeutlichen, folgt eine Abbildung, in welcher bei beiden Systemen der Bezugspunkt die Nutzenergie der Infrarotheizung (100 %) darstellt. In Tabelle 1 sind zusätzlich die absoluten Werte ausgewiesen.

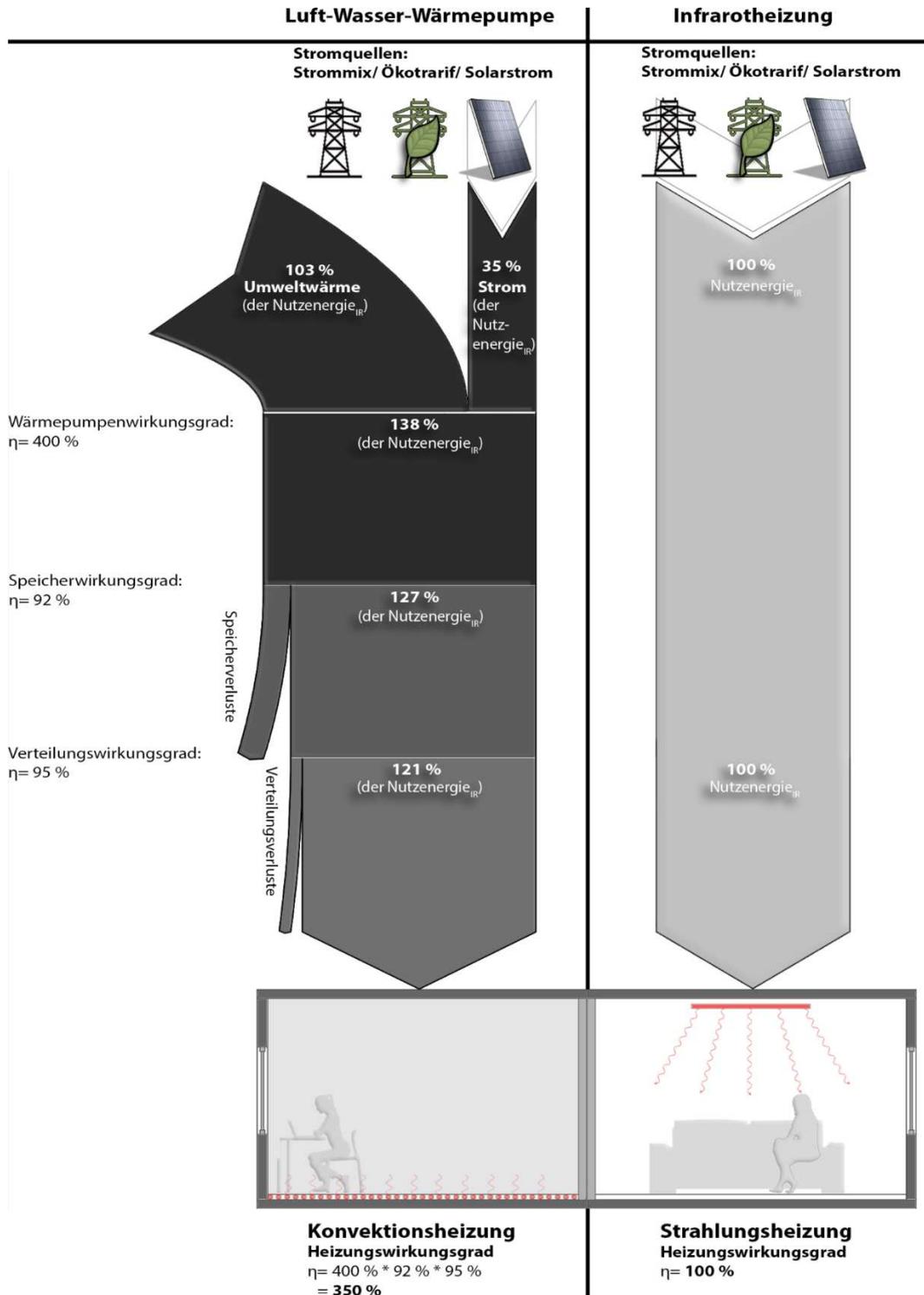


Abbildung 2: Wirkungsgrad-Vergleich zwischen Konvektions- und Strahlungsheizung (mit Laborwerten)

Energetische Betrachtung am theoretischen Beispiel

Es wurde beispielhaft ein Einfamilienhaus mit einer Wohnfläche von 150 m² betrachtet. Dieses hat einen normkonformen Heizwärmebedarf von 4.500 kWh/a, was einem spezifischen Bedarf von 30 kWh/(m²a) und dem Nutzenergiebedarf des Wärmepumpen-Systems entspricht.

Wird die Nutzenergie_{IR} der Strahlungsheizung als Referenzgröße (100 %) angesetzt, so werden 21 % mehr Nutzenergie für die Konvektionsheizung eingesetzt, um die „Wohlfühlbedingung des Nutzers“ zu erreichen. Bei der Nutzung einer Infrarotheizung stellt sich die Behaglichkeit bereits bei einem Einsatz von 3.720 kWh/a bzw. ca. 25 kWh/(m²a) ein, was hier 100 % Nutzenergie entspricht.

Durch die zuvor bestimmten Verluste des wasserführenden Systems, ergibt sich ein zu erzeugender Wärmebedarf von etwa 5.150 kWh/a. Die Wärmepumpentechnologie liefert unter einem relativ geringen Stromeinsatz ein Vielfaches an Umweltwärme. Die Stromaufnahme liegt, in Relation zur Nutzenergie_{IR}, bei 35 % und beläuft sich auf 1.290 kWh/a.

Tabelle 1: Energieeinsatz und Anteil an Nutzenergie_{IR} (mit Laborwerten)

Position	Luft-Wasser-WP	Nutzenergie _{IR} in %	IR-Heizung	Nutzenergie _{IR} in %
Strom eingesetzt	1.290	35	3.720	100
Wärmeenergie erzeugt	5.150	138	3.720	100
Wärmeenergie ausgespeichert	4.740	127	-	-
Wärmeenergie verteilt (Nutzenergie)	4.500	121	3.720	100

Kostenbetrachtung der Systeme

Die Investitionskosten für eine wasserführende Fußbodenheizung, eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ohne Trinkwarmwasserbereitung liegen etwa bei 30.000 €. Der Einbau einer Infrarotheizung ohne dezentrale Warmwasserbereitung fällt mit circa 10.000 € wesentlich niedriger aus.

Die jährlichen Betriebskosten (Service, Wartung, Instandhaltung, Instandsetzung) liegen bei 250 € für das Wärmepumpen-System und bei 25 € für das Infrarot-System.

Setzt man sowohl für die Infrarotheizung als auch für die Wärmepumpe einen in Österreich üblichen Strombezugspreis von 16 Cent/kWh an, so entstehen folgende Heizstromkosten: 206 €/a für die Wärmepumpen-Variante und 595 €/a für die Infrarotheizungs-Variante. Bei einigen Stromanbietern ist es unter bestimmten Umständen möglich bei unterbrechbarer Lieferung für beide Systeme noch günstigere Tarife zu erhalten. Dafür sind Abstimmungen mit Stromanbieter und dem Netzbetreiber notwendig.

Daraus ergeben sich 456 € laufende Gesamtkosten für die Wärmepumpen-Variante und 620 € für die Infrarotheizungs-Variante. Beide liegen 164 € auseinander. Es zeigt sich, dass die höheren Investitionskosten für das technisch aufwendigere System von etwa 20.000 € erst nach sehr theoretischen 122 Jahren durch den geringeren Bezug wieder ausgeglichen werden.

Allerdings ist es so, dass die Betriebsdauer von Wärmepumpen-Systemen eher bei 15 bis 20 Jahren liegt. Eine Infrarotheizung ist ein quasi wartungsfreies System, welches bei Qualitätsprodukten durchaus 30 Jahre und länger funktionstüchtig ist, während Wärmepumpen regelmäßig gewartet werden sollten und Reparaturkosten verursachen.

Selbst in dem theoretischen Fall, dass beide Systeme denselben Nutzenergieeinsatz und dieselben Lüftungsverluste hätten, läge die Amortisationszeit der Wärmepumpe sehr deutlich (um den Faktor 5 bis 7) über ihrer Lebenserwartung; anders ausgedrückt ist das Wärmepumpensystem völlig unrentabel.

In der Abbildung 3 werden beide Varianten monetär verglichen. Kosten werden als Geldscheine und Münzen unterschiedlichen Wertes dargestellt.

Tabelle 2: Kostenvergleich der Heizsysteme (mit Laborwerten)

Position	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Infrarotheizung	Differenz	Einheit
Investitionskosten	30.000	10.000	20.000	€
Heizenergieeinsatz	4.500	3.720	780	kWh/a
Stromtarif	0,16	0,16	0,00	€/kWh
Strombezug	1.290	3.720	2.431	kWh/a
Stromkosten	206	595	389	€/a
Betriebskosten	250	25	225	€/a
Laufende Gesamtkosten	456	620	164	€/a
Amortisationszeit	122	-	-	Jahre

	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Infrarotheizung
Investitionskosten (Geldschein ≈ 5.000 €)		
jährliche Stromkosten (Münze ≈ 50 €/a)		
jährliche Betriebskosten (Münze ≈ 50 €/a)	  Wartung notwendig	  Wartung nicht notwendig
Summe jährliche Kosten (Münze ≈ 50 €/a)		

Abbildung 3: schematische Kostenübersicht (mit Laborwerten)

Ein Blick in die Praxis

In einer Feldstudie zeigte sich, dass die gemessene Effizienz von Wärmepumpen im realen Betrieb nachweislich niedriger ist, als unter Laborbedingungen.³ Ziel der aufgeführten Studie war es, die Leistungszahlen installierter Wärmepumpen-Systeme mit unterschiedlichen Energiequellen über 7 Jahre zu untersuchen. Darunter waren Systeme die Luft, Grundwasser oder Erdwärme nutzen. Für die Luft-Wasser-Wärmepumpen wurde eine durchschnittliche Leistungszahl von 2,8 ermittelt.

Die Ersteller argumentieren, dass Planungs- und Ausführungsfehler zu solch niedrigen Werten geführt haben. Man muss dazu sagen, dass diese Systeme auch Warmwasser erzeugt haben und, wie bereits erwähnt, durch höhere Temperaturen die Leistungszahl geringer ausfällt. Die Verluste für Speicherung und Verteilung sind auch nicht berücksichtigt. Zieht man diese mit in Betracht, liegt der Durchschnitt der Systemjahresarbeitszahl lediglich bei 2,3.

³ Quelle: Feldstudie; Wärme aus der Umwelt auch gut für die Umwelt? Ergebnisse einer siebenjährigen Praxisuntersuchung, Dr. Falk Auer und Herbert Schote (2014)

Je nach Interessengruppe wird die Schwelle, ab der eine Wärmepumpe als energieeffizient gesehen wird zwischen 2,0 (Hersteller und Lobby) und 4,0 (Kritiker) angegeben. Stützt man sich auf die Fördergrenze des BAFA (COP = 3,5), unter der die Geräte nicht als energieeffizient eingestuft werden, so muss festgestellt werden, dass die meisten verbauten und betriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpen nicht als energieeffizient bezeichnet werden können. Auch die Definition der Deutschen Energieagentur (dena) legt eine Leistungszahl von 3,0 fest, um die Bezeichnung „energieeffizient“ zu verwenden.

Auswirkung auf beide Systeme

Setzt man nun den ermittelten durchschnittlichen Wärmepumpenwirkungsgrad von nur 280 % in das Energieflussdiagramm ein, ergibt sich die Abbildung 4. Die Folge davon ist, dass die Wärmepumpe nun etwa die Hälfte des Stroms benötigt, der für eine Infrarotheizung aufgewendet werden muss.

In der folgenden Betrachtung wird die Trinkwarmwasserbereitung mit einbezogen. Es wird mit einer Nutzenergie für die Trinkwarmwasserbereitung von 2.000 kWh gerechnet.

Somit müssen bei dem Wärmepumpen-System 2.000 kWh mehr Nutzenergie verteilt werden, wodurch sich diese auf 6.500 kWh erhöht. Durch die geringere Leistungszahl der Wärmepumpe müssen hier 2.655 kWh/a Strom eingesetzt werden. Entsprechend steigen die Energiebezugskosten. Bei der Infrarot-Variante erhöht sich der Strombezug entsprechend auf 5.720 kWh.

Für das Wärmepumpen-System wird dann mit insgesamt 35.000 € Investitionskosten gerechnet. Bei dem Infrarot-System werden 1.500 € für einen Warmwasserboiler inklusive Zubehör und Installation angesetzt, woraus sich 11.500 € Investitionskosten ergeben.

Die Amortisationszeit sinkt bei dieser Betrachtung auf, ebenso sehr theoretische, 89 Jahre, was jedoch immer absolut unwirtschaftlich ist, weil die Lebenserwartung einer Wärmepumpe um den Faktor 4–6 geringer ausfällt.

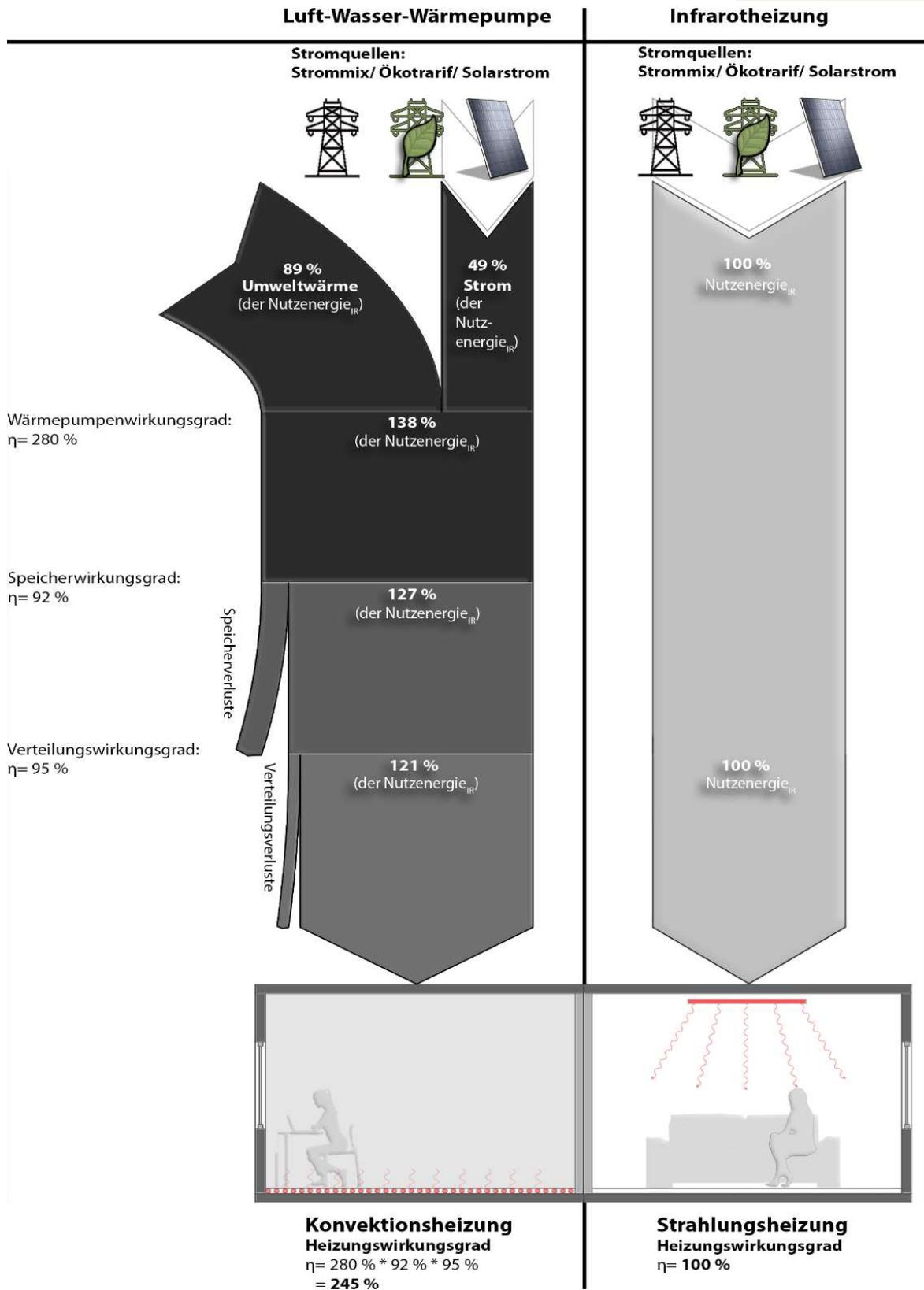


Abbildung 4: Wirkungsgrad-Vergleich zwischen Konvektions- und Strahlungsheizung (mit Feldtest-Werten)

Tabelle 3: Energieeinsatz und Anteil an Nutzenergie_{IR} (mit Feldtest-Werten)

Position	L/W-WP	Nutzenergie _{IR} in %	IR-Heizung	Nutzenergie _{IR} in %
Strom eingesetzt	2.655	46	5.720	100
Wärmeenergie erzeugt	7.435	130	5.720	100
Wärmeenergie gespeichert	6.840	120	-	-
Wärmeenergie verteilt (Nutzenergie)	6.500	114	5.720	100

Tabelle 4: Kostenvergleich der Heizsysteme (mit Feldtest-Werten)

Position	L/W-WP	IR-Heizung	Differenz	Einheit
Investitionskosten mit Trink- warmwasserbereitung	35.000	11.500	23.500	€
Heizenergieeinsatz	4.500	3.720	780	kWh/a
Energie für Trinkwarmwasser	2.000	2.000	0	kWh/a
Stromtarif*	0,16	0,16	0,00	€/kWh
Strombezug	2.655	5.720	3.065	kWh/a
Stromkosten	425	915	490	€/a
Betriebskosten	250	25	225	€/a
Laufende Gesamtkosten	675	940	265	€/a
Amortisationszeit	89	-	-	Jahre

	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Infrarotheizung
Investitionskosten (Geldschein ≈ 5.000 €)		
jährliche Stromkosten (Münze ≈ 50 €/a)		
jährliche Betriebskosten (Münze ≈ 50 €/a)	 Wartung notwendig	 Wartung nicht notwendig
Summe jährliche Kosten (Münze ≈ 50 €/a)		

Abbildung 5: schematische Kostenübersicht (mit Feldtest-Werten)

Fazit und Ausblick

Die Infrarot-Variante ist bei dem Vergleich der Systeme eindeutig die wirtschaftlichere, da die Lebensdauer der Wärmepumpe um Faktoren geringer ausfällt als ihre Amortisationszeit und damit eine Amortisation unmöglich ist.

Wenn die eingesparten Investitionskosten genutzt werden, um das Energiesystem mit einer PV-Anlage und zugehörigem Akku zu erweitern, kann mit der Kombination aus Infrarotheizung, Warmwasserboiler, PV-Anlage und Akku noch wirtschaftlicher agiert werden. Über den Großteil des Jahres wird der Energiebedarf des Hauses kostengünstig mit eigenem Solarstrom abgedeckt. Darüber hinaus stehen in diesem Zeitraum solare Stromüberschüsse zum Laden eines E-Mobiles oder zur Einspeisung zur Verfügung.

In der zuvor erwähnten Studie „Forschungsprojekt IR-Bau“⁴, wurden anhand von Berechnungen ökologische und ökonomische Vorteile eines PV-Infrarot-Systems gegenüber einem Wärmepumpen-Fußbodenheizungs-System prognostiziert.

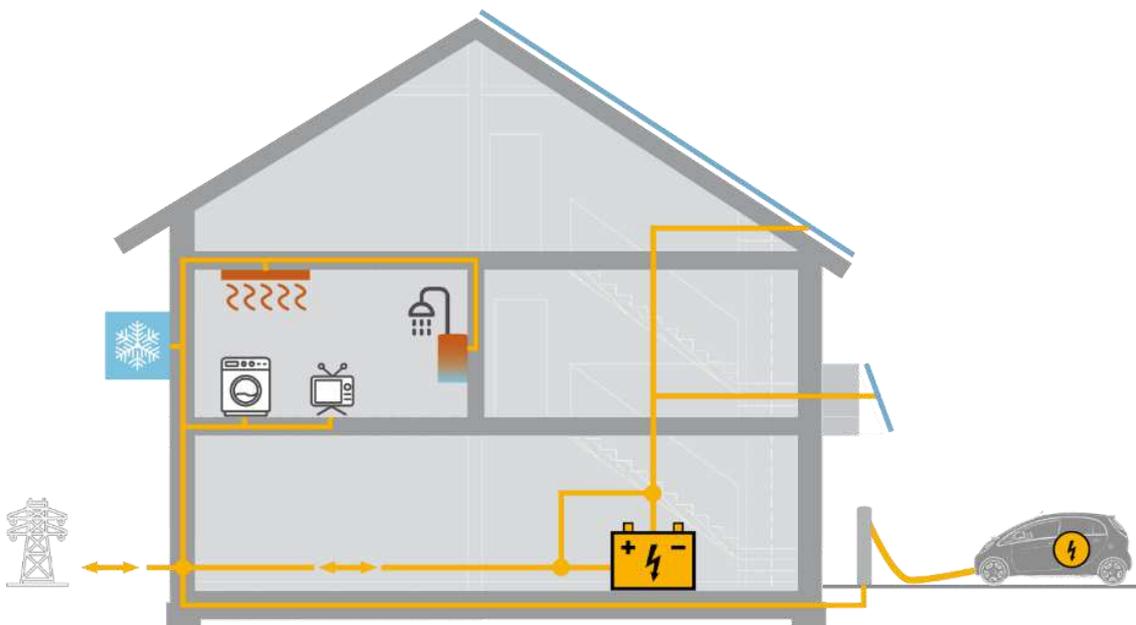


Abbildung 6: Neue Gebäude haben immer weniger Heizwärmebedarf. Deswegen ist in Zukunft eine komplett elektrische und wartungsfreie Energieversorgung des Gebäudes mit Wärme, Warmwasser, Haushalt und E-Auto eine interessante Alternative.

⁴ Quelle: Forschungsprojekt „IR-Bau“; Projektabschlussbericht: Stand: 02/2020;
Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.11