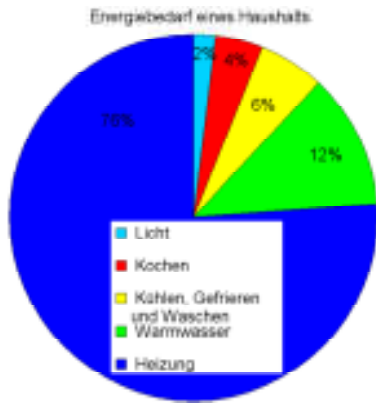


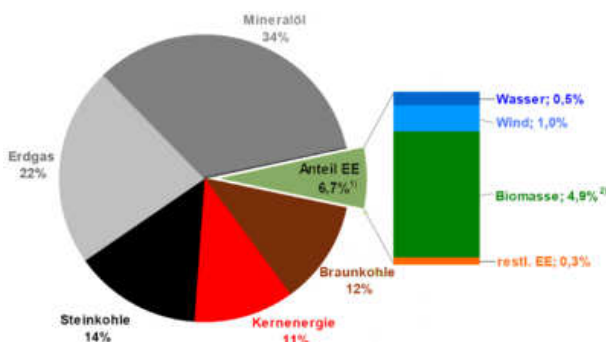
# Auszug aus dem Forschungsprojekt Erneuerbare Energien von Dr.-Ing. Peter Kosack

Projektzeitraum: 1. 10. 2008 bis 30. 4. 2009 Graduate School CVT - Arbeitskreis Ökologisches Bauen - TU Kaiserslautern



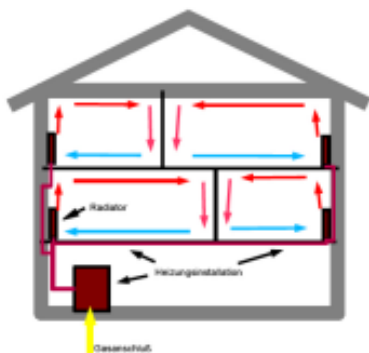
## Grundsätzliche Erläuterung der Aufgabenstellung des Heizens

Das Heizen dient generell dazu, die Innentemperatur von Gebäuden trotz sinkender Außentemperaturen in einem für den Menschen verträglichen oder sogar überlebensfähigen Bereich zu halten. Dies ist in Gegenden nötig, wo die Außentemperaturen deutlich unter 20°C absinken können. Dazu wurde der Begriff der Heizperiode geprägt. Als Heizperiode wird der Zeitraum bezeichnet, in dem die Heizanlage in Betrieb genommen wird, um die Innentemperatur auf einem Richtwert von 20°C zu halten. Bezug ist in Deutschland eine mittlere Außentemperatur von 15°C, die sogenannte Heizgrenze. **Gesetzliche Regelungen zur Heizperiode gibt es nicht, da die Notwendigkeit und Dimensionierung eines Heizungssystems von Klima, geographischer und Höhenlage und anderen Faktoren wie Dämmstandard des Gebäudes abhängig und an jedem Ort verschieden ist.** Im Extremfall ist es sogar möglich, ein Gebäude so gut zu dämmen, dass selbst in Frostgebieten überhaupt kein Heizungssystem benötigt wird und die reine Prozesswärme durch die Nutzung ausreicht. Übliche Dämmstandards, insbesondere im Bestand, liegen jedoch weit darunter. Im Energiebedarf eines Haushalts macht im derzeitigen Durchschnitt die Heizung 76% aus. Es ist also ein Heizsystem nötig, das seine Aufgabe einer Beheizung möglichst nachhaltig, effizient und kostengünstig erfüllt.



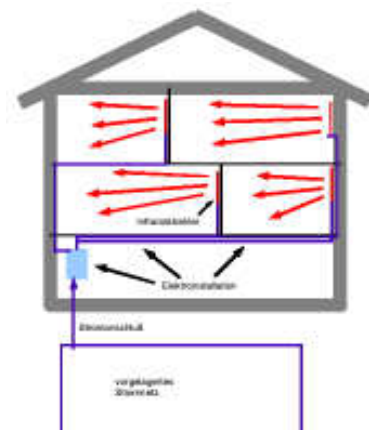
## Primärenergieverbrauch Deutschland

Der Begriff *Nachhaltigkeit* stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft. Er bezeichnet dort die Bewirtschaftungsweise eines Waldes, bei welcher immer nur so viel Holz entnommen wird, wie nachwachsen kann, so dass der Wald nie komplett abgeholzt wird, sondern sich immer wieder in vollem Umfang regenerieren kann. Allgemein ist Nachhaltigkeit die Nutzung eines Systems so, dass dieses System in seinen wesentlichen Strukturen und Eigenschaften erhalten bleibt und sein Bestand sich auf natürliche Weise regenerieren kann. In der Energiewirtschaft erfüllen nur die regenerativen Energiequellen die Bedingungen für Nachhaltigkeit, da sie selbsttätig einen kontinuierlichen, - im übertragenen Sinne nachwachsenden - Energiestrom liefern, der nach menschlichen Maßstäben unendlich ist. **Wegen der Begrenztheit der fossilen Energieträger und der zunehmend negativen Nebenwirkungen ihrer Nutzung wie globale Erwärmung, Umweltverschmutzung, steigende Energiekosten infolge Verknappung und deren sozialen Folgen, ist es notwendig, so schnell wie möglich auf regenerative Energien umzusteigen.** Dies wurde bereits mit dem inter-nationalen Vertragswerk der Agenda 21 auf der „Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen“ (UNCED) in Rio de Janeiro in 1992 beschlossen, das von fast allen Staaten der Welt unterzeichnet wurde.



## Betrachtete Systeme

Das System Gasheizung: Es wird die am meisten verbreitete Struktur einer im Altbau betriebenen zentralen Gasheizung mit zentralem Gasbrenner im unbeheizten Kellerraum, Heizwasserkreisläufen zu den einzelnen Räumen und ventilgeregelten Radiatoren zugrunde gelegt. Prinzipiell sind die Ergebnisse dann auch auf strukturgleiche Ölheizungen übertragbar. Der Primärenergieträger und zugleich Endenergie ist das an das Haus per Gasleitung angelieferte Erdgas. Verluste auf dem Transportweg vom Gaswerk zum Hausanschluß werden vernachlässigt. **Die Nutzenergie ist die an die Luft der Wohnräume abgegebene Wärmeenergie durch Konvektion. Der dabei entstehende Luftstrom erzeugt einen großen Temperaturunterschied zwischen oben und unten im Raum.**



## Das System Infrarotheizung

Es werden Flächen-Infrarotstrahler dezentral ähnlich wie frei aufgehängte Bilder an den Wänden in den Räumen angebracht und über die Elektroinstallation angeschlossen. Alternativ ist auch eine Deckenmontage ähnlich einer Flächenleuchte möglich. Zum System gehört außerdem anteilig das vorgelagerte öffentliche Stromnetz. Der Primärenergieträger ist der im Verbundnetz durchschnittliche Mix an Primärenergieträgern zur Stromversorgung. Nutzenergie ist die an den Wohnraum abgegebene Infrarot-Strahlungsenergie.

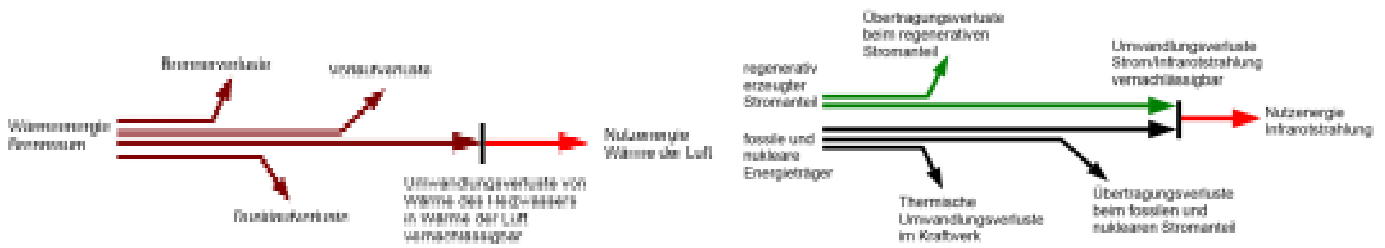
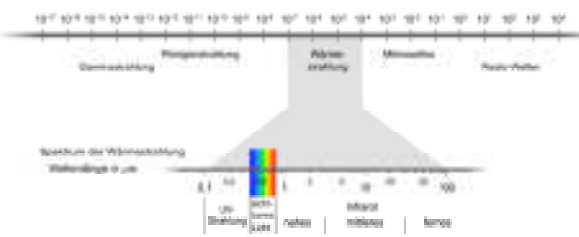
**Der wichtigste Unterschied in beiden Energieflüssen besteht darin, dass bei der Infrarotheizung ab Hausanschluß bis zur Nutzenergieform keine Verluste mehr auftreten. Darüber hinaus ist die Infrarotstrahlung besser geeignet als aufgeheizte Luft, um für eine behagliche Raumtemperierung zu sorgen (Stichwort operative Temperatur).**

### Wärmestrahlung und Infrarotstrahlung

Als Wärmestrahlung bezeichnet man denjenigen Teil aus dem Spektrum der elektromagnetischen Strahlung, die jeder Körper abhängig von seiner Temperatur aussendet, sobald diese von der absoluten Nullpunkttemperatur von 0 K verschieden ist. Als Form der Wärmeübertragung ist sie nicht an Materie gebunden und tritt im Gegensatz zu Wärmeleitung und Konvektion auch im Vakuum auf. Die bekannteste Wärmestrahlung ist die Sonnenstrahlung, die sich in die Bereiche UV-Strahlung, sichtbares Licht und Infrarotstrahlung unterteilen lässt.

### Wärmestrahlung im elektromagnetischen Spektrum

Die spektrale Verteilung der Strahlungsintensität (Plancksches Strahlungsspektrum) ist abhängig von der Oberflächentemperatur des strahlenden Körpers. Je heißer die Körperoberfläche ist, desto höher ist das Intensitätsmaximum und desto weiter verschiebt sich dieses Maximum hin zu kürzeren Wellenlängen.



Der Primärenergieträger Erdgas ist bei seiner Anlieferung am Haus zugleich Endenergie und wird bei der Verbrennung im Brenner in ca. 10 kWh Wärmeenergie pro Kubikmeter Gas umgesetzt. Ein Teil davon gelangt über Wärmetauscher in den Heizwasserkreislauf, der Rest geht als Brennerverluste verloren. Die Rohre des Heizwasserkreislaufs vom Brenner zu den Radiatoren und wieder zurück sind mehr oder weniger isoliert in Wänden und Decken verlegt und wärmen diese von innen auf. Ein kleiner Teil der Wärmeenergie gelangt so direkt über Wände, Decken und Böden in die Räume. Ein weitaus größerer Teil geht jedoch über die Außenwände verloren, da im Winter die Temperaturdifferenz nach außen am größten ist. Außerdem sorgen gerade in Altbauten sogenannte Wärmebrücken für die Auskühlung nach außen. Die Wärmeverluste entstehen sowohl im Vorlauf als auch im Rücklauf des Heizwasserkreislaufs. Mittels Radiatoren wird die verbleibende Wärmemenge als Nutzenergie an die Raumluft abgegeben. **Die gleichzeitig von den Radiatoren abgegebene Strahlungswärme (Infrarotstrahlung) lässt sich vernachlässigen**, da sie nur wenige Prozent der insgesamt abgegebenen Wärmemenge beträgt und letztlich auch die Luft im Raum erwärmt. Über die Konvektion der Raumluft werden die Gegenstände im Raum und die Raumbegrenzungsflächen (Wände, Decken und Böden) erwärmt. In der Regel ist daher die Raumlufttemperatur höher als die Oberflächentemperaturen. In Altbauten, besonders noch solche mit veralteten Brennern, können durch schlechte Isolierung so hohe Verluste auftreten, dass weniger als die Hälfte der Primärenergie als Nutzenergie in der Raumluft übrigbleibt.

### Allgemeines, Zielsetzung der Arbeit

In der Heizperiode 2008/2009 wurde eine Vergleichsmessung zwischen einer Infrarotstrahlungsheizung (kurz: Infrarotheizung) und einer Gasheizung durchgeführt. Zielsetzung war die Bestimmung des Energie- und Energiekostenverbrauchs am konkreten Beispiel und ein daraus abgeleiteter Versuch einer verallgemeinerten Bewertung der Energiebilanz unter ökologischen Gesichtspunkten und der Gesamtkosten für beide Heizungssysteme.

### Motivation und Hintergrund

Der Energiemarkt ist derzeit durch stark ansteigende Kosten für fossile Energieträger gekennzeichnet. Auch der zwischenzeitlich ein-getretene Einbruch in dieser Entwicklung als Folge der weltweiten Finanzkrise muss nach allgemeiner Einschätzung als vorübergehend und als kurze Verschnaufpause betrachtet werden, was sich aktuell auch schon abzeichnet. Unter diesem Preisanstieg leiden insbesondere die Besitzer und Mieter von Altbauten mit entsprechend hohen Heizenergieverbräuchen. Es gibt zwar vielfältige staatliche Anreize zur Sanierung, doch in vielen Fällen fehlen die dafür nötigen finanziellen Mittel. Dies gilt trotz umfangreicher staatlicher Fördermaßnahmen. Als ein möglicher Ausweg wird am Markt die Verwendung von elektrisch betriebenen Infrarotstrahlern angeboten. Das Projekt sollte die prinzipielle Anwendbarkeit und ökonomische wie ökologische Sinnhaftigkeit dieser Lösung am Beispiel überprüfen.

### Einteilung der Heizungssysteme nach Energiequellen

Wegen der ökologischen Aspekte ist es sinnvoll, Heizungssysteme nach den verwendeten Energiequellen für die Umwandlung in Wärme und deren Herkunft einzuteilen.

Physikalisch gesehen haben wir es mit vier verschiedenen Energieformen zu tun:

- Chemische Energie: Festbrennstoffe, Öl, Gas
- Elektrische Energie
- Solarstrahlungsenergie
- (Umwelt-)Wärme

Die Solarstrahlungsenergie und die Umwelt-Wärme sind von sich aus regenerative Energieformen. Bei der chemischen und elektrischen Energie kommt es auf die vorgelagerte Energiequellen an, ob sie regenerativ sind oder nicht. Oft ist die Herkunft auch gemischt. So beträgt der regenerative Anteil in der Stromversorgung mittlerweile mehr als 15% und in die Erdgasleitungen werden regional unterschiedliche, allerdings generell noch geringe Anteile von wenigen Prozent an Biogas

Technische Universität Kaiserslautern Seite 17 / 52 beigemischt. Festbrennstoffe und Öl können vollständig aus Biomasse erzeugt beim Verbraucher angeliefert werden. Da der Übergang zu regenerativen Energien in der Energieversorgung insgesamt ein relativ langsamer Prozess über Jahrzehnte ist, sollte bei der Auswahl eines Heizungssystems auf die möglichst einfache und vollständige Nutzungsmöglichkeit von regenerativen Energien geachtet werden.

## **Einteilung der Heizungssysteme nach Art der Wärmeverteilung**

### **Einzelheizung**

Als Einzelheizung bezeichnet man Heizungen, bei denen die Wärme aus der zugeführten Endenergieform wie Gas, Öl, Holz, Kohle oder Strom erst in den einzelnen Räumen mittels eigenständigen Energiewandlern erzeugt wird. Die Wärmequelle befindet sich also in den einzelnen Räumen und hat den Zweck, die direkte Umgebung, in der sie steht, unabhängig von anderen Räumen zu beheizen. Die Wärmeverteilung findet ebenfalls im gleichen Raum statt. Zu den Einzelheizungen gehören der offene Kamin, geschlossene Öfen wie Kaminöfen, Kachelöfen, Grundöfen, Dauerbrandöfen mit angeschlossenem Öltank und Gas-Einzelöfen mit Gasanschluss direkt im Raum oder elektrisch betriebene Widerstandsheizungen wie Heizlüfter, elektrisch beheizte Radiatoren, Infrarotstrahler (Heizstrahler), Elektro-Fußbodenheizung oder Elektro-speicher-Heizung.

### **Zentralheizung**

Bei der Zentralheizung befindet sich der Energiewandler von Endenergie zu Wärme und damit die Wärmequelle zentral im Gebäude oder im Gebäudekomplex. Die Wärmeenergie muss durch geeignete Medien wie Wasser, Wasserdampf oder heiße Luft zuerst in die einzelnen Räume verteilt werden, dann über Heizkörper oder Heizflächen im Raum. Die am weitesten verbreitete Zentralheizung in Deutschland ist die Gas-Zentralheizung mit Warmwasser als Transportmedium, die so genannte Warmwasserheizung. Weitere sind die Öl-Zentralheizung, die verschiedenen Arten von Wärmepumpenheizungen und die Pelletsheizung. In der vorliegenden Untersuchung wird eine Gas-Zentralheizung mit einem dezentralen Heizungssystem aus Infrarot-Einzelheizungen verglichen.

### **Wärmeübertragungsprinzip in den Wohnraum: Konvektions- und Strahlungsheizung**

In diesem Forschungsbericht wird von Strahlungsheizung gesprochen, wenn der durch Strahlung über die Heizkörper oder Heizflächen in den Raum abgegebene Anteil der Energiemenge über 50% beträgt. Dies wird in der Praxis allerdings nicht oft erreicht (siehe unten). Entsprechend wird von Konvektionsheizung gesprochen, wenn der durch Konvektion über die Heizkörper oder Heizflächen in den Raum abgegebene Anteil der Energiemenge über 50% beträgt. Bei fast allen am Markt erhältlichen Heizungen handelt es sich um Konvektionsheizungen. Jede Form von Heizkörper oder Heizfläche gibt die Wärmeenergie sowohl durch Strahlung als auch durch Konvektion, in meist vernachlässigbarem Anteil sogar zusätzlich durch Wärmeleitung ab. Entscheidend ist das Mischungsverhältnis. Durch falsche oder missverständliche Darstellung in Prospekten, Internetseiten und sonstigen Veröffentlichungen der Heizungsbranche wird oft der Eindruck erweckt, als gäbe es jeweils „reine“ Strahlungs- oder Konvektionsheizungen. Diese sind aber nur im physikalischen Experiment unter großem Aufwand annähernd erreichbar. In der heizungstechnischen Praxis ist das bei weitem nicht der Fall.

### **Anteile Konvektions- und Strahlungsheizung bei verschiedenen Heizkörpern und Heizflächen**

Grundsätzlich ist die Verteilung von Konvektions- und Strahlungsanteil von der Oberflächentemperatur, Oberflächenbeschaffenheit und der Bauform des Heizkörpers abhängig. Forschungsprojekt Vergleichsmessung IR-/Gasheizung, Dr.-Ing. Peter Kosack, Technische Universität Kaiserslautern Seite 18 / 52. Bei der einfachsten Bauform des freistehenden Plattenheizkörpers mit einer Platte, Strahlungsfaktor nahe bei 1 und üblicher Größe von ca. einem halben bis einem Quadratmeter sind bei etwa 60°C bis 70°C Oberflächentemperatur beide Anteile gleich. Bei niedrigeren Oberflächentemperaturen überwiegt der Konvektionsanteil, bei höheren Oberflächentemperaturen der Strahlungsanteil. Bei komplizierteren Bauformen wie Gliederheizkörpern, Stahlrohrradiatoren, Lamellenradiatoren und Plattenheizkörpern aus mehreren Platten und Konvektorblechen nimmt der Konvektionsanteil durch Kamineffekte stark zu und kann selbst bei hohen Vorlauf- und Oberflächentemperaturen von 90°C mehr als 90% betragen. Umgekehrt nimmt bei der einfachen Heizfläche der Strahlungsanteil mit steigender Oberfläche zu. Bei einer Fläche von mehr als 10 Quadratmetern ist deshalb die Gleichheit von Konvektions- und Strahlungswärme schon bei etwa 45°C bis 50°C Oberflächentemperatur erreicht. (Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Oldenbourg Wissenschaft. Vlg; Auflage 68 (1997/98) S. 435 ff und S. 938 ff und S. 836)

### **Besondere Bauformen von Heizkörpern und Heizflächen - Kachelöfen und Kaminöfen**

Kachelöfen und Kaminöfen ohne Luftkanäle sind in Ihrem Abstrahlverhalten dem einfachen Plattenheizkörper am ähnlichsten, die Oberfläche ist durch den quaderförmigen Körper in der Regel größer. Da die Oberflächentemperaturen typisch bei ca. 80°C liegen, ist es die klassische Strahlungsheizung. Bei Kachelöfen und vielen Kaminöfen mit Luftkanälen überwiegt jedoch durch die starken Kamineffekte der Konvektionsanteil.

### **Großflächenheizungen (Decken-, Wand- und Fußbodenheizungen)**

Großflächenheizungen entstehen meist durch in den Verputz von Decken und Wänden oder in den Estrich von Fußböden verlegten flexiblen Heizungsrohren. Man spricht dann jeweils von Decken-Wand- oder Fußbodenheizungen. Durch Wärmeleitung werden die Oberflächen erwärmt und so für eine angenehme mittlere Strahlungstemperatur gesorgt. Die Luft wird überwiegend durch langsame Konvektion erwärmt. Dasselbe gilt, wenn statt wasserdurchflossenen Heizungsrohren elektrisch betriebene Heizleitungen oder Heizfolien verwendet werden. Heizleiste und Großflächenheizungen werden irrtümlich als Strahlungsheizungen bezeichnet, obwohl sie in der Regel weniger als 50% der zugeführten Wärmeenergie oder elektrischen Energie in Form von Strahlung in den Raum abgeben. Gemeint ist mit dieser Bezeichnung ihr Vorteil, dass sie für eine hohe mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung sorgen, da die Raumbooberflächen teils direkt, teils über den Strahlungsanteil und teils über einen Luftschleier aufgewärmt werden. Ideal wäre bei Großflächenheizungen, wenn die gesamten Raumbegrenzungsflächen auf niedrigem Temperaturniveau von etwa 20°C bis 25°C gehalten würden. Das würde führen, dass zwischen Raumbooberflächen und bekleideter menschlicher Körperoberfläche praktisch kein Strahlungsaustausch Forschungsprojekt Vergleichsmessung IR-/Gasheizung, Dr.-Ing. Peter Kosack, Technische Universität Kaiserslautern Seite 19 / 52 stattfindet, weil die Oberflächentemperaturen annähernd gleich sind. Genau das wird als besonders angenehm empfunden. Die von solchen Heizungen abgegebene Wärmeleistung in den Raum geschieht überwiegend durch Konvektion und durch Strahlungsabsorption in die Raumluft.

### **Die Vorteile sind ähnlich wie bei einer echten Strahlungsheizung:**

- kein Platzbedarf für Raumheizkörper im Aufenthaltsbereich
- keine Staubansammlung auf Heizkörpern

- kleiner Temperaturgradient über der Raumhöhe
- geringere Lufttemperatur als bei Konvektionsheizungen, daraus ergibt sich eine physiologisch günstige Erwärmung des Menschen
- kein oder geringer Niederschlag von Feuchtigkeit an Bauteilen, das verhindert Schimmelbildung

### **Die Rolle der Speichermasse für Wärmeenergie in Heizungssystemen.**

Sowohl in Einzelheizungen als auch in Zentralheizungen wird die Wärmeenergie unmittelbar vor ihrer Weitergabe in den Raum im Heizungssystem gespeichert. Je nach Heizungssystem sind diese Speicher in Abhängigkeit von ihrer Masse unterschiedlich groß. Allgemein gilt: Je größer die Masse desto größer der Wärme-speicher. Solche Speichermassen sind das Wasser im Heizkörper und der Heizkörper selbst, Schamottsteine in Kaminöfen und elektrischen Heizungen oder der Estrich bei Fußbodenheizungen. In früheren Zeiten, wo der festbrennstoffbefeuerte Grundofen ein Standard war und es noch keine geregelte Heizungen gab, war eine möglichst große Speichermasse erwünscht. Der Ofen wurde dann nur ein- oder zweimal pro Tag mit Brennstoff beschickt und die Speichermasse sorgte für eine gleichmäßige Wärmeabgabe in den Raum, auch wenn das Feuer im Ofen schon erloschen war. Dies war auch noch bei den später verbreiteten Öl- und Gasheizungen ohne Regelungen und einfachen Ventilen an den Heizkörpern der Fall. Wenn die Weitergabe in den Raum annähernd gleichmäßig mit der Wärmeerzeugung erfolgt, spielt die Größe der Speichermasse keine Rolle. Dies ist bei modernen Heizungssystemen mit Raumtemperaturregelungen und Häusern mit geringem Heizenergiebedarf nicht der Fall. Eine wechselnde Sonneneinstrahlung, das Nutzen zusätzlicher Wärmequellen (z.B. Backofen) oder das Öffnen eines Fensters machen eine schnelle Reaktion der Heizungsregelung notwendig. Der Regler kann aber nur die Wärmezufuhr in den Speicher, nicht aber die Weitergabe von Wärmeenergie aus der Speichermasse in den Raum unterbinden oder zulassen. Für den Fall, dass schnell hochgeheizt werden soll, gibt es bei großen Speichermassen eine starke zeitliche Verzögerung. Bei Fußbodenheizungen, die als Speichermasse den kompletten Estrich aufheizen müssen, kann diese Verzögerung mehrere Stunden betragen. Im umgekehrten Fall, wenn bei zusätzlichem Aufheizen des Raumes, z. B. durch die Aufheizung des Raumes durch die tief stehende Wintersonne über ein Südfenster, die Wärmezufuhr über die Heizung unterbrochen werden soll, kommt es durch das bereits gespeicherte warme Heizungswasser in den Heizkörpern zu einer Überhitzung des Raumes und unnötigem Energieverbrauch. Regelungstechnisch spricht man von Überschwingen und Regelungsträgheit. Eine energiesparende Heizung mit Regler sollte daher entgegen landläufiger Meinung eine möglichst kleine Speichermasse in den Heizkörpern oder Heizflächen haben. Der Pufferspeicher bei Zentralheizungen im Heizungsraum bleibt davon unberührt, da die Wärmeabgabe von dort aus in die Räume unter der Kontrolle der Regelung liegt.

Eine große Speichermasse bei Infrarotstrahlern führt dazu, dass der Strahler jeweils nach jedem Einschalten und nach jedem Ausschalten durch die Regelung lange Zeit im Temperaturbereich zwischen Umgebungstemperatur (Lufttemperatur) und 60°C verbleibt. D.h. man hat es mit langen Aufheiz- und Abkühlzeiten von deutlich über fünf Minuten zu tun, statt idealerweise weniger als eine Minute. In dieser Zeit wirkt der Infrarotstrahler als Konvektionsheizung. Die Vorteile als Infrarotstrahler gehen dann insgesamt bei der Nutzung solcher Strahler umso mehr verloren, je höher die Speichermasse ist. Viele solcher „Infrarotstrahler“ sind deshalb nur Konvektionsheizungen mit erhöhtem Strahlungsanteil. Dies gilt auch für nah an der Wandoberfläche eingebaute elektrische Heizfolien, die zwar gegenüber klassischen Flächenheizungen große Oberflächentemperaturen erreichen, aber die komplette Wand als rückwärtige Speichermasse haben. Insgesamt geben sie weniger als 50% der zugeführten elektrischen Energie als Infrarotstrahlung ab. In der Regel entsteht bei bodennaher Montage zusätzlich durch großflächige Konvektion ein Luftschleier, ähnlich wie bei der Heizleiste.

### **Einordnung der Infrarotheizung**

Als Infrarotheizungen werden Heizungen nach folgender Definition bezeichnet: Es sind Einzelheizungen, oder Strahlungsheizungen, d.h. mehr als 50% reiner Strahlungsanteil der in den Raum abgegebenen Wärmeenergie und das Strahlungsmaximum liegt im Infrarotbereich (auch bei Heizungen, die einen sichtbaren Anteil abstrahlen, d.h. rot glühen). Die abgegebene Strahlung einer Infrarotheizung entspricht der natürlichen Infrarot-Strahlung im Sonnenlicht unterhalb des sichtbaren Bereichs.

### **Dunkelstrahler**

Einen Infrarotstrahler, dessen Strahlungsmaximum im Infrarot-C-Bereich liegt, bezeichnet man als Dunkelstrahler, da es keinen sichtbaren Lichtanteil gibt. Dunkelstrahler gibt es sowohl gas- als auch elektrisch betrieben. Eine besondere Bauform des Dunkelstrahlers ist die elektrisch betriebene Infrarot-Flächenheizung. Ihre Oberflächentemperaturen liegen meist unter 150°C. Die häufigsten beiden Bauformen sind Forschungsprojekt Vergleichsmessung IR-/Gasheizung, Dr.-Ing. Peter Kosack, Technische Universität Kaiserslautern Seite 21 / 52 diejenige aus Blechen mit integrierter Heizwendel und diejenige unter Verwendung von stromdurchflossenen Carbonfolien, die in einem Rahmen aufgehängt sind. Solche Infrarot-Flächenheizungen werden in der vorliegenden Untersuchung verwendet.

### **Verwandte Arbeiten**

Wissenschaftliche Fachliteratur zur Verwendung von Infrarotheizungen im Wohnbereich ist praktisch nicht vorhanden, da die Verwendung als Hauptheizung dort noch unüblich ist. Typische Anwendungsfälle für Infrarotheizungen waren bisher große Zweckgebäude oder halboffene Gebäude wie Fertigungs- und Lagerhallen, Ausstellungs- und Veranstaltungsgebäude, Waschhallen, Sport- und Reithallen, Flugzeughangars, der Agrarbereich mit Ställen oder Gewächshäusern, Kirchen und Fußballstadien. Hauptgrund für die Anwendung war die gezielte Erwärmung von Arbeitsplätzen ohne energieaufwendige komplette Beheizung der Raumluft. Es gibt zwar zahlreiche, auch firmeninterne Untersuchungen zur Verwendung von meist gasbetriebenen Infrarotheizungen in solchen Gebäuden sowie entsprechende Arbeitsplatzuntersuchungen z.B. durch die Berufsgenossenschaften. Die Ergebnisse dieser teils sehr detaillierten Forschungen sind jedoch nur sehr bedingt auf den Wohnbereich übertragbar, da hier ein völlig anderes Nutzungsprofil gilt. Insbesondere lassen sich keine fundierten Aussagen über den Energieverbrauch ableiten. Im Wohnbereich sind außerdem ausschließlich elektrisch betriebene Dunkelstrahler als Hauptheizung verwendbar. Das Gemeinsame in beiden Anwendungsgebieten ist die Vermeidung der Luftaufheizung, die im Wohnbereich tendenziell ähnliche Energieeinsparungen erwarten lassen wie bei Werkgebäuden. Von einer Reihe von Anbietern von Infrarotheizungen für den Wohnbereich gibt es Firmeninterne Untersuchungen über den Energieverbrauch vor und nach der Umrüstung auf Infrarotstrahler. Allerdings wurden in der Regel nur die Endenergieverbräuche verglichen, was nur im direkten Vergleich mit anderen elektrischen Heizungen eine gewisse Aussagekraft hat. Es ist dabei von Einsparungen im Stromverbrauch von bis zu 70% die Rede. Nachteilig ist bei diesen Untersuchungen auch, dass einerseits von einer gewissen Einseitigkeit bei der Auswahl der Objekte ausgegangen werden muss, andererseits können die Werte bei einem Vorher/Nachher-Vergleich prinzipiell durch Verhaltensänderungen der Bewohner und durch unterschiedliche Witterungsverhältnisse verfälscht sein. Die zeitgleiche Messung am gleichen Standort mit vergleichbarem Bewohner Verhalten und gleicher Bausubstanz, wie es in der vorliegenden Untersuchung der Fall ist und die die oben genannten Nachteile vermeidet, ist aus solchen Untersuchungen nicht bekannt.

## Heizen mit Umweltwärme und Strom

**Feldtest Phase 1 von 2006-2008: Normale Wärmepumpensysteme**

**Feldtest Phase 2 von 2009-2013: Innovative Wärmepumpensysteme**

Bei den Bemühungen um eine Energieeinsparung wächst erneut das Interesse an Wärmepumpen. Dabei kommt im Ein- und Zweifamilienhaus zur Zeit nur die Elektro-Wärmepumpe in Frage. Sie kühlt über einen primären Kältekreislauf die Umgebungsluft, das Erdreich oder das Grundwasser ab und hebt ("pumpt") die niedrigen Temperaturen mit Hilfe elektrischer Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau im sekundären Wärmekreislauf zum Heizen oder zur Warmwasserbereitung an (Kühlschrankprinzip mit umgekehrtem Nutzen). Bisherige Felduntersuchungen und Werbeaussagen lassen aber Zweifel darüber aufkommen, ob alle Wärmepumpensysteme geeignet sind, volkswirtschaftlichen Zielen (Einsparung von Primärenergie und Kohlendioxid) und privatwirtschaftlichen Zielen (Einsparung von Geld über die Lebensdauer der Anlage) gerecht zu werden. Die Lokale Agenda 21 - Gruppe Energie in Lahr und die Ortenauer Energieagentur in Offenburg haben es sich deshalb zur Aufgabe gemacht, diese Fragen zu klären. In einem sechsjährigen "Feldtest Elektro -Wärmepumpen" untersucht sie den Stand heutiger Wärmepumpentechnik, deren Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit am Oberrhein.

### Schlussbericht

Zweijähriger Feldtest Elektro – Wärmepumpen am Oberrhein: Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei Erdreich-Wärme-pumpen mit positiver Ökobilanz Kritische Bewertung von Luft-Wärmepumpen Kontakt: Dr. Falk Auer, E-Mail: nes-auer@t-online.de, Tel. 07821 991601 Internet: [www.agenda-energie-lahr.de](http://www.agenda-energie-lahr.de) Leistung Wärmepumpen (1,3 MB – PDF-Datei zum Herunterladen)

### Zusammenfassung

(Kompletter Bericht unter [www.agenda-energie-lahr.de](http://www.agenda-energie-lahr.de) Leistung Wärmepumpen) als PDF-Datei) Einführung In einem zweijährigen „Feldtest Elektro-Wärmepumpen“ untersucht die Lokale Agenda 21 - Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald) in Kooperation mit der Ortenauer Energieagentur in Offenburg den Stand heutiger Wärmepumpentechnik, deren Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit am Oberrhein zwischen Freiburg und Baden-Baden. Dazu ermittelte die Agenda-Gruppe 33 Betreiber mit Luft-, Erdreich- und Grundwasser - Heiz-Wärmepumpen und fünf mit Warmwasser-Wärmepumpen in Ein- und Zweifamilienhäusern. Ziel ist es, nicht nur den Teilnehmern am Projekt, sondern auch den Planern, Energieberatern und Handwerkern verlässliche Daten über die energieeffizientesten Wärmepumpensysteme an die Hand zu geben.

Es gibt **erhebliche Unterschiede** zwischen den Leistungsmessungen auf den Testständen und der Werbung auf der einen Seite und der Ermittlung von Arbeitszahlen unter realistischen Betriebsbedingungen auf der anderen Seite. Die Jahresarbeitszahl JAZ ist definiert als das Verhältnis von jährlich erzeugter Wärme am Ausgang einer Wärmepumpe zum notwendigen Strom an deren Eingang. Je höher die Arbeitszahl, desto energieeffizienter die Wärmepumpe. Die DENA (Deutsche Energie-Agentur) in Berlin und das RWE (Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk) in Essen bezeichnen Elektro-Wärmepumpen als „energieeffizient“, wenn die Jahres-arbeitszahl über 3 liegt und als „nennenswert energieeffizient“, wenn sie über 3,5 liegt.

### Energieeffizienz

Auf der Kaltquellenseite sind **Erdreich-Wärmepumpen** mit Fußbodenheizungen der Spitzenreiter. Im Mittel erreichen sie eine Jahresarbeitszahl JAZ =3,4 (günstigere Erzeuger-Jahresarbeitszahl, gemessen direkt hinter der Wärmepumpe), unter Berücksichtigung der Verluste von Heizungs-pufferspeichern und der Brauchwassererwärmung eine JAZ = 3,1 (System-Jahresarbeitszahl). Zwei Wärme-pumpen übertreffen mit System-Jahresarbeitszahlen von 4,3 und 4,4 sogar deutlich die Werbe-Arbeitszahl von JAZ = 4.

Die **Grundwasser-Wärmepumpen** schneiden im Mittel mit Erzeuger- und System-Jahresarbeitszahlen von 3,2 bzw. 2,9 etwas schlechter ab. Die Gründe dafür sind zu kleine Bohrlöcher, eine zu hohe Nennleistung der Grundwasser-Förderpumpe und verstopfte Wasserfilter. Ein Spitzenwert mit einer System-Jahresarbeitszahl von JAZ = 3,8 ist aber möglich. Schlusslicht bilden die **Luft-Wärmepumpen**. Bei einer Fußbodenheizung beträgt die Erzeuger-Jahresarbeitszahl im Mittel JAZ = 2,8, die System-Jahresarbeitszahl aber nur JAZ = 2,4; und bei Heizkörpern sind es nur noch JAZ = 2,2. Das bedeutet: Fast die Hälfte des Wärmebedarfes eines Hauses für Heizung und Warmwasser muss der hochwertige und teure Strom decken. Die beste der zwölf untersuchten Luft-Wärmepumpen kommt auf eine System-Jahresarbeitszahl von JAZ = 3,0 und erreicht damit nicht das in der Einführung erwähnte Energieeffizienzziel der DENA und des RWE. Deutlich abgeschlagen sind die ebenfalls mit Luft betriebenen kleinen **Warmwasser-Wärmepumpen** mit einer mittleren Jahresarbeitszahl von nur noch JAZ = 2,0. Die niedrigeren Einzelwerte mit einer JAZ = 1,5 betreffen einen geringen, und die hohen Einzelwerte mit JAZ = 2,4 einen hohen Warmwasserverbrauch.

### Ökologie und Gesamtkosten

Unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte, wie Jahresarbeitszahlen und Ausstoß des schädlichen Treibhausgases Kohlendioxid, und ökonomischer Aspekte, also der Betrachtung nicht nur der Investitions-, sondern auch der Betriebskosten, zeigt sich, dass die Erdreich-Wärmepumpen auch im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern am besten abschneiden. Sie verfügen über das beste Preis-Klima - Verhältnis. Erdreich-Wärmepumpen erfordern anfangs zwar höhere Investitionen als Luft-Wärmepumpen, sie kompensieren diese aber durch eine hohe Energieeffizienz und damit verbunden deutlich geringeren Stromkosten.

### Empfehlungen

Sollte nach einer energetischen Altbausanierung und beim Neubau kein Erdgas-Brennwertkessel (geringste Kosten) oder Holzpelletkessel (geringste CO<sub>2</sub>-Emission) in Frage kommen, dann empfiehlt die Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr den Einbau von **Erdreich-Wärmepumpen**, weil sie auch in der Praxis eine ausreichend hohe Energieeffizienz aufweisen. Das Mittel der System-Jahresarbeitszahl beträgt zwar nur SJAZ = 3,1, zwei von dreizehn Erdreich-Wärmepumpen kommen aber auf Spitzenwerte von 4,3- 4,4. Im Mittel ersparen sie der Umwelt knapp 30% des schädlichen Treibhausgases Kohlendioxid gegenüber einem Erdgas-Brennwertkessel; bei den Spitzenwerten sind es sogar 50%.

**Luft-Wärmepumpen** erreichen dagegen im Mittel das Klimaschutzziel bei weitem nicht. Im zentralen Teil Deutschlands und in einem Normaljahr beträgt die System-Jahresarbeitszahl nur etwa SJAZ = 2. Auch die beste Luft-Wärmepumpe -eine von zwölf- kommt mit einer SJAZ = 3,0 nur knapp dem Wert nahe, ab dem die Deutsche Energieagentur und das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk Wärmepumpen als „energieeffizient“ bezeichnen. Frühere und zur Zeit laufende Feldtests sind vergleichbar mit den vorliegenden Ergebnissen. Mit solchen Arbeitszahlen lassen sich die Klimaszutzziele der Bundesregierung und der Europäischen Union, bis zum Jahre 2020 20 bis 40 % Kohlendioxid einzusparen, nicht erreichen. Die Agenda-Gruppe rät deshalb davon ab, Luft-Wärmepumpen zu bewerben, staatlich zu fördern und einzusetzen. Wie die Sonderfälle 1, 3 und 4 zeigen, gilt dieser Rat bedingt auch für Wärmepumpen in Verbindung mit der Wohnraumlüftung und der Abwärme-

nutzung. Hersteller und Handwerker sind jedoch bei den Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpen dazu aufgefordert, mehr als bisher **die Optimierung der Wärmepumpensysteme** im Auge zu behalten und die Komponenten fachgerecht zu planen und einzubauen. Es sind nämlich auch bei den System-Jahresarbeitszahlen Spitzenwerte von über 4 möglich! Das würde einem beachtlichen Teil der Grund- und Erdreich-Wärmepumpen erst einen „nennenswerten“ Umweltvorteil gegenüber konventionellen Heizwärmeerzeugern verschaffen.

## InfraPlus pro und kontra Zentralheizungen

Wärmetechnik	InfraPlus	Elektro	WP L/W	Erdsonde	Ölheizung	Gasheizung	Pellets	Cheminée
Energieträger	Strom	Strom	Strom	Strom	Öl	Gas	Holz	Holz
Abhängigkeit	EW, Solar	EW	EW	EW	Ausland	Ausland	Inland	Inland
Investition	10'000	15'000	25'000	45'000	25'000	25'000	20'000	10'000
Anschlussgebühr	keine							
Lebensdauer	30 Jahre	30 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre	30 Jahre
Teuerung	keine							
Amortisation	5 Jahre	10 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
Subventionen	keine	keine					keine	keine
Installation	Steckdose	Starkstrom	Leitungen	Leitungen	Leitungen	Leitungen	Raum	Raum
Unterhalt	keinen	keinen	Service	Service	Service	Service	Service	keinen
Technikraum	keinen	keinen	ist nötig	ist nötig	ist nötig	ist nötig	Lagerraum	Lagerraum
Wärmeverteilung	Raumkörper	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft
Verteilungsverluste	keine	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft	über Luft
Energiekosten	1'000 / Jahr	2'000 / Jahr						
Wärmebedarf W/m2	31.5 W/m2							
Umweltbelastung	keine	ev. Asbest	Lärm	Bohrung	CO2, Russ, Lärm	CO2	CO2, Russ	CO2, Russ
Wärmeleistung	1kWh=90-95%							
Grauenergieanteil	minimal	mittel	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	gering
Raumklima	optimal	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken	trocken
Raumtemperatur	18°C	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C
Komfort	hoch	gering	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Gesundheit	sehr gut	bekannt	bekannt	bekannt	bekannt	bekannt	bekannt	bekannt
Schimmel	nein	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich

### Vorteile von InfraPlus

#### Kosten - Nutzen

- Kostengünstig
- Energieeffizient
- Einfacher Stromanschluss
- Verbessert die Dämmung
- Keinen Technikraum nötig
- Keine Installationskosten
- Keine Folgekosten
- Lange Lebensdauer
- Schnell amortisiert

#### Umweltfreundlich

- Positive Energiebilanz
- Keine CO2 Emissionen
- Keine Russemissionen
- Keine Lärmmissionen
- Wärme nach Bedarf

#### Gesundheit

- Gleichmässige Raumtemperatur
- Gesundes Raumklima
- Keine Schimmelbildung
- Fördert die Durchblutung
- Hilft bei Allergien