

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Entwicklung von

„Do It Yourself“-Maßnahmen

zur schnellen und andauernden Reduktion des Heizwärmebedarfes
im Allgemeinen und zur Verringerung der Abhängigkeit von fossi-
len Energielieferungen im Speziellen

Ergänzungsheizung mit dem Splitgerät als Do-it-yourself-Maßnahme



Autor: Dr. Jürgen Schnieders, Passivhaus Institut Darmstadt im August 2023



Inhalt

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Einleitung..... | 2 |
| 2 | Einsparpotentiale im Altbau..... | 3 |
| 2.1 | Einsparung an konventioneller Heizung..... | 4 |
| 2.2 | Erreichbare Temperaturen bei Ausfall der Zentralheizung..... | 5 |
| 3 | Erfahrungen aus der DIY-Installation | 7 |
| 3.1 | Einbauort..... | 7 |
| 3.2 | Geräteauswahl | 7 |
| 3.3 | Kosten..... | 8 |
| 3.4 | Förderung..... | 8 |
| 3.5 | Handwerklicher Anspruch | 8 |
| 3.6 | Anschluss..... | 9 |
| 4 | Betriebserfahrungen | 9 |
| 5 | Arbeitszahl und erzielte Einsparung an Erdgas | 11 |
| 6 | Fazit | 13 |
| 7 | Literatur & Referenzen..... | 14 |

1 Einleitung

Mit der Wärmepumpe in Klimasplitgeräten kann nicht nur gekühlt, sondern meist auch geheizt werden. Die Geräte werden millionenfach hergestellt, sie sind deshalb sehr preiswert und überraschend effizient. Es können immer sehr leise Geräte ausgewählt werden. Mit solchen Geräten lässt sich auch im Altbau ein guter Teil der Heizung abdecken.

Heizungswärmepumpen verursachen derzeit noch hohe Investitionskosten. Der rasch wachsende Markt führt zu Engpässen bei Produktions- und Montagekapazitäten, die hohe Förderung erhöht in dieser Marktsituation die Preise weiter. Die technisch beste Lösung, eine Fußbodenheizung in Verbindung mit Sole-Wasser-Wärmepumpe und Erdsonden, ist als Nachrüstung prohibitiv teuer und nicht überall praktikabel.

Ein Splitgerät kann dagegen mit etwas handwerklichem Geschick weitgehend selbst eingebaut werden. Nur für den elektrischen und kältetechnischen Anschluss wird dann ein qualifizierter Fachbetrieb benötigt. Doch auch wenn die Installation komplett an einen Handwerksbetrieb beauftragt wird, ist diese Leistung regelmäßig nicht extrem teuer.

In sehr gut gedämmten Gebäuden wie Passivhäusern oder EnerPHit-Sanierungen sind Splitgeräte sogar als alleiniges Heizsystem geeignet. Im Altbau können sie als Unterstützung eines vorhandenen fossilen Heizsystems nennenswerte Beiträge liefern.

2 Einsparpotentiale im Altbau

Durch eine dynamische Gebäudesimulation wurde untersucht, welchen Beitrag ein Splitgerät bei verschiedenen Wärmeschutzstandards und Nutzungsprofilen leisten kann.

Zu diesem Zweck wurde ein Reihenendhaus mit 120 m² Wohnfläche in einer thermischen Gebäudesimulation mit dem Simulationsprogramm DYNBIL abgebildet. Die Grundrisse des südorientierten Hauses sind in Abbildung 1 dargestellt. Das Gebäude wurde in den fünf verschiedenen Dämmstandards aus Tabelle 1 simuliert.



Abbildung 1: Dieser Grundriss in verschiedenen Dämmstandards wurde verwendet, um den möglichen Beitrag eines Splitgeräts zur Heizung zu ermitteln.

Tabelle 1: Fünf verschiedene Dämmstandards wurden untersucht.

| Dämmniveau | Wand (cm) | Dach (cm) | Kellerdecke (cm) | Luftwechsel gesamt (1/h) | Wärmerückgewinnung (%) |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------------|--------------------------|------------------------|
| Altbau unsaniert | - | - | - | 6 | - |
| Altbau typisch (Stand 2023) | 2 | 4 | 5 | 4 | - |
| Neubau | 8 | 10 | 10 | 2 | - |
| NEH | 15 | 15 | 15 | 1 | 50% |
| Passivhaus | 25 | 30 | 20 | 0.5 | 85% |

Für die Nutzung wurde angenommen, dass ein Paar mit drei schulpflichtigen Kindern das Gebäude bewohnt. Geheizt wird standardmäßig nur zwischen 6 und 22 Uhr und nur in denjenigen Räumen, in denen sich Personen aufhalten. Die Wärmeversorgung erfolgt über eine Zentralheizung mit Heizkörpern in allen Zonen.

Großen Einfluss auf die Ergebnisse hat der Luftaustausch zwischen den Zonen. Das Aufsteigen von Warmluft im offenen Treppenhaus, abhängig von der Temperaturdifferenz, wird berücksichtigt. Ist es im EG ein Grad wärmer als im OG, werden 500 m³/h Luft zwischen beiden Geschossen ausgetauscht.

In der Simulation wird für den Referenzfall angenommen, dass die Innentüren meistens geschlossen sind (mittlerer Luftaustausch 50 m³/h bei 1 K Temperaturdifferenz). Wird dagegen versucht, mit dem Splitgerät im EG zu heizen, werden im Regelfall 300 m³/h bei 1 K (offene Türen) angesetzt, um die Wärme besser im Gebäude zu verteilen.

Die Beheizung durch Raumverbund kann im Altbau zu Schwierigkeiten führen: Sind die indirekt beheizten Räume deutlich kühler, so hat die Luft dort eine höhere relative Feuchte als in den wärmeren Räumen. Dadurch steigt das Risiko, dass sich an schlecht gedämmten Außenbauteilen (Rollladenkasten, Glasrand, Balkonanschluss, Ecken) Schimmel bildet. Im Passivhaus ist dieselbe Situation vollkommen unproblematisch: Die automatische Komfortlüftung sorgt für die richtige Luftfeuchtigkeit, es gibt keine großen Temperaturunterschiede innerhalb der Wohnung, und alle Oberflächen sind warm. In Altbauten sollten Räume nur über offene Türen mitbeheizt werden, wenn sie dann nicht wesentlich kälter als der Rest der Wohnung sind. Gegebenenfalls muss die Zentralheizung parallel mit betrieben werden. Außerdem ist ausreichend zu lüften.

Für das Splitgerät wird eine Heizleistung von 3,5 kW (thermisch) angesetzt. Es befindet sich im großen Wohnbereich im EG. Das Gerät kann in zwei Betriebsmodi verwendet werden, jeweils als Ergänzung zur Zentralheizung:

- minimale Unterstützung: Das Splitgerät ist nur dann eingeschaltet, wenn im EG geheizt werden muss. Es läuft dann mit der erforderlichen Leistung, um die gewünschte Raumtemperatur herzustellen. Nachts und bei Abwesenheit der Bewohner ist das Gerät abgeschaltet.
- maximale Unterstützung: Das Splitgerät läuft 24 Stunden am Tag, um einen möglichst hohen Anteil des Wärmebedarfs liefern zu können. Diese Betriebsweise führt zu einem höheren Heizwärmebedarf, aber einem geringeren Anteil der Zentralheizung.

Die Solltemperatur für die Beheizung mit Splitgerät liegt um 1 K höher als für die Zentralheizung. Dadurch schaltet der Heizkörper im Wohnzimmer im EG sich erst zu, wenn die Leistung des Splitgeräts nicht mehr ausreicht.

2.1 Einsparung an konventioneller Heizung

Bei Gebäuden mit schlechtem Wärmeschutz ist die Heizlast so groß, dass sie durch das Splitgerät nicht immer gedeckt werden kann. Die tagesmittlere Heizlast im unsanierten Altbau mit Einfachverglasung beträgt beispielsweise 14 kW. Selbst in diesem Fall kann der durch die Zentralheizung zu deckende Wärmebedarf jedoch auf im Mittel 50 bis 70% des Wertes des Referenzfalls reduziert werden.

Im Passivhaus ist es sogar möglich, die Beheizung vollständig mit dem Splitgerät zu realisieren. Diese These bestätigen auch Praxiserfahrungen in bewohnten Passivhäusern (vgl. [Feist 2018], [Pallantzas 2018]). Die in Abbildung 2 unten für die Zentralheizung verbleibenden 3 bis 16% des Wärmebedarfs noch zu decken ist durch zeitweilig etwas höhere Solltemperaturen für das Splitgerät leicht möglich.

Mit fortschreitender Verbesserung des Wärmeschutzes, wie es beispielsweise bei einem EnerPHit-Sanierungsplan der Fall ist, werden die möglichen Deckungsanteile durch ein solches Splitgerät immer größer. Im günstigsten Fall kann am Ende der EnerPHit-Standard erreicht werden, und die Heizung mit dem Splitgerät ist dann weitgehend ähnlich wie im Passivhaus möglich.

Ergänzend kann in einem Raum des oberen Geschosses ein zweites Gerät installiert werden – dann ist es möglich, die gesamte Wohnung während des Sommers auch bei fortschreitendem Klimawandel komfortabel kühl zu halten.

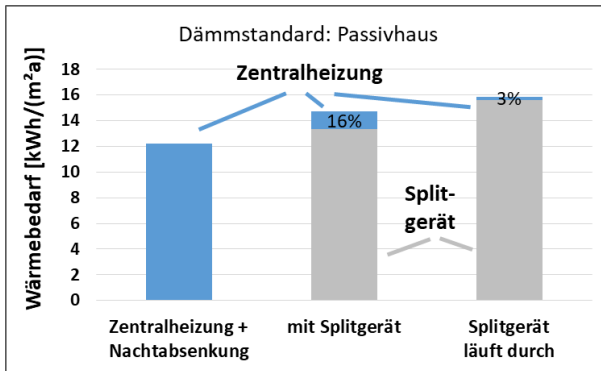
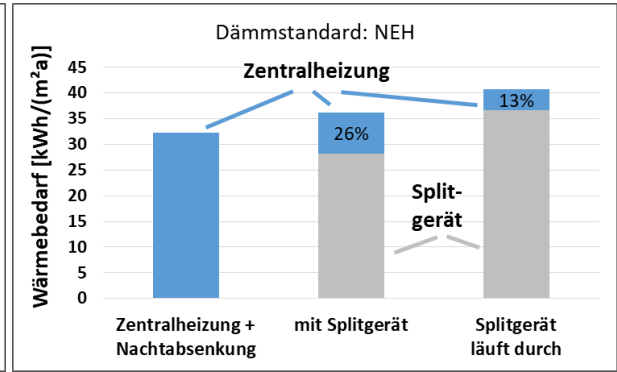
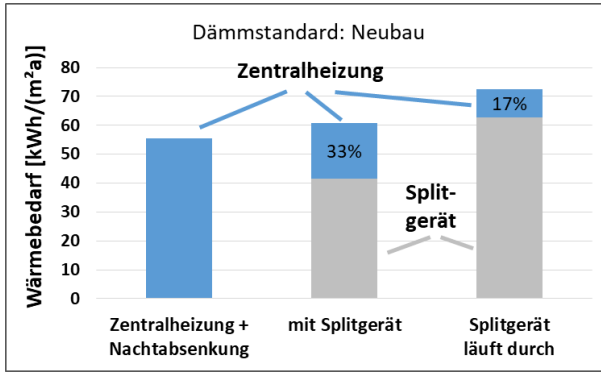
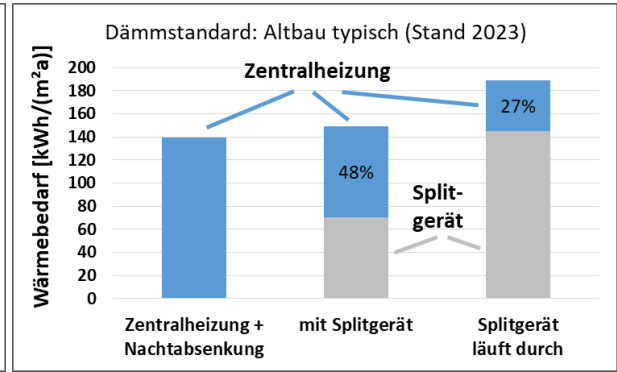
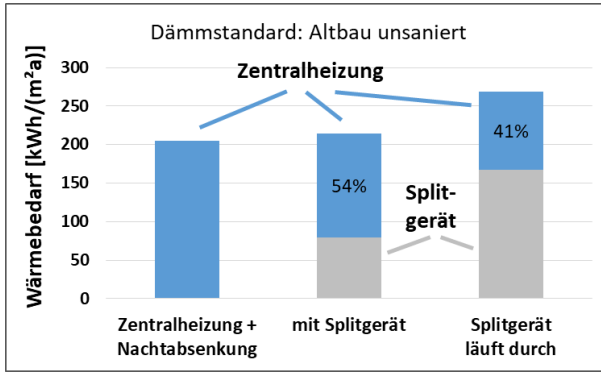


Abbildung 2: Das Splitgerät kann im Altbau bis zu 50% des Wärmebedarfs decken, im Passivhaus ist es sogar als alleinige Heizung geeignet

2.2 Erreichbare Temperaturen bei Ausfall der Zentralheizung

Wie erwähnt ist es möglich, ein Passivhaus allein mit dem Splitgerät im Wohnzimmer auf komfortable Temperaturen zu beheizen. Besonders gut geht das, wenn die Innentüren überwiegend geöffnet bleiben. Ein Beispiel zeigt Abbildung 3: selbst im ungünstigsten Raum, dem nach Norden orientierten Schlafzimmer fast ohne solare Wärmegewinne, sinken die Temperaturen nicht unter 18,5 °C.

Im Gegensatz dazu ist beispielsweise im typischen Altbau nur eine gewisse Unterstützung der Heizung realisierbar. Selbst die Heizlast allein des Wohnzimmers ist so groß, dass sie durch das Splitgerät nicht vollständig gedeckt werden kann. Abbildung 4 zeigt dies für offene, Abbildung 5 für geschlossene Innentüren. Immerhin gelingt es, auch bei extremer Kälte die Temperatur im Wohnzimmer über 10 °C zu halten, während in den Räumen des OG bei geschlossenen Innentüren vereinzelt Frost auftritt.

Ausgehend von einem solchen Fall (typischer Altbau mit nur einem kleinen Splitgerät) können in der Folge mehrere Schritte gegangen werden. Das Objekt kann schrittweise wärmetechnisch verbessert werden, z.B. nach einem EnerPHit-Sanierungsplan. Dadurch verbessert sich der Komfort und der Anteil des Splitgeräts an der Heizwärme erhöht sich. Im Objekt können weitere Splitgeräte eingebaut werden. Dadurch erhöht sich der Gesamtanteil der elektrisch bereitgestellten Wärme. In Kombination dieser Maßnahmen ist letztlich immer eine vollständig elektrische Wärmeversorgung möglich.

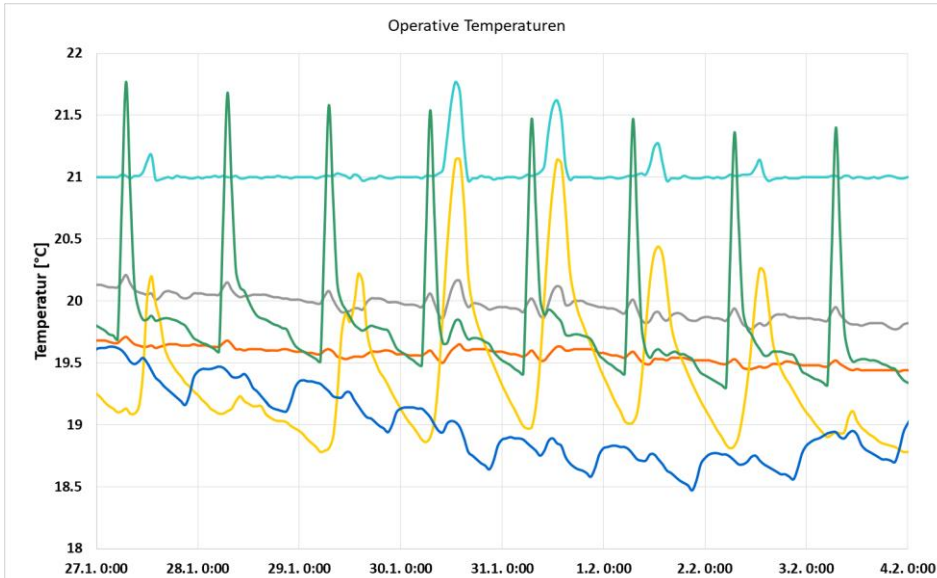


Abbildung 3: Temperaturen in einer Kälteperiode mit Außentemperaturen bis -14 °C. **Passivhaus**, Splitgerät mit maximaler Unterstützung, Innentüren offen, Szenario 4

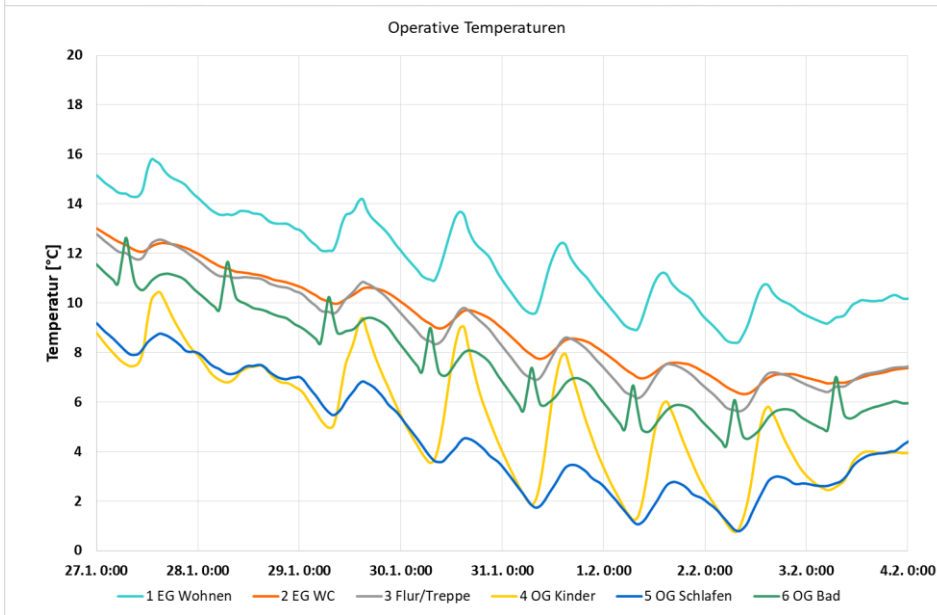


Abbildung 4: Temperaturen in einer Kälteperiode mit Außentemperaturen bis -14 °C. **Typischer Altbau**, Splitgerät mit maximaler Unterstützung, Innentüren offen, Szenario 4

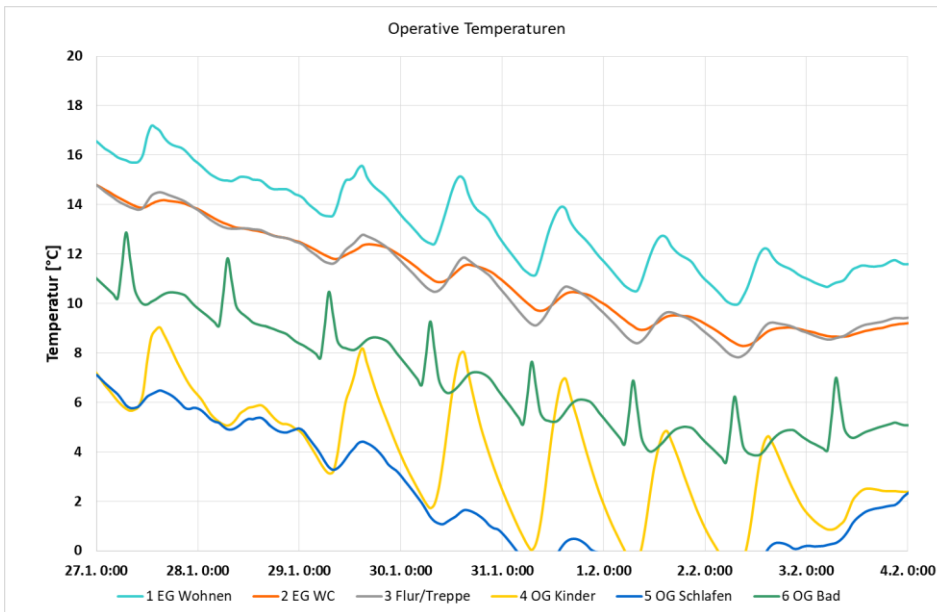


Abbildung 5: Temperaturen in einer Kälteperiode mit Außentemperaturen bis -14 °C. **Typischer Altbau**, Splitgerät mit maximaler Unterstützung, Innentüren **geschlossen**, Szenario 4

3 Erfahrungen aus der DIY-Installation



Versuchsweise wurde im Sommer 2022 ein Splitgerät in Eigenleistung in einem Reihenendhaus in Passivhausbauweise installiert. Einen Schnitt zeigt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** Seit 2022 erfolgt die Beheizung vollständig mit dem Splitgerät. Aus den gewonnenen Erfahrungen lassen sich u.a. die folgenden Hinweise ableiten.

3.1 Einbauort

Das Innenteil ist möglichst im untersten beheizten Geschoss einzubauen. Dann kann überschüssige Wärme aus dem Aufstellraum in die oberen Geschosse aufsteigen. Da warme Luft nach oben steigt, können Räume unterhalb des Aufstellraums nicht nennenswert vom Splitgerät mitbeheizt werden.

Das Außenteil erzeugt Lärm durch den Kompressor und vor allem durch den großen Ventilator. Gerade in reinen Wohngebieten kann es schwierig sein, mit Außenluft-Wärmepumpen die Anforderung der TA Lärm von 35 dB(A) vor dem Fenster der Nachbarn im Nachtbetrieb zu erfüllen. Einen Schallrechner findet man z.B. beim Bundesverband Wärmepumpe unter www.waermepumpe.de. GummifüÙe oder Dämpfungssockel verhindern Körperschallübertragung.

Die Kältemittelleitungen sind im Betrieb warm und auf möglichst kurzem Weg ins zu Gebäude führen, um Wärmeverluste zu vermeiden. Das Außenteil sollte mit der Rückseite zu einer Wand hin installiert werden, damit nicht bei Sturm der Ventilator durch zu hohe Drehzahlen Schaden nimmt.

Das Außenteil darf nicht zu weit vom Innenteil entfernt aufgestellt werden. Je nach Gerät darf die Leitungslänge 15 bis 50 m, der Höhenunterschied zwischen Innen- und Außenteil 5 bis 15 m nicht überschreiten. In der Regel kommen die Geräte bis zu 5 m Kältemittelleitung mit der vorab befüllten Menge an Kältemittel aus.

Im Außenteil entsteht im Heizbetrieb Kondensat, das normalerweise über eine Kondensatleitung abgeführt wird. Wird das Außenteil auf dem Boden aufgestellt, kann das Kondensat versickert werden. Bei Frost ist dann mit Eisbildung zu rechnen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Besteht die Möglichkeit, dass das Gerät (ggf. versehentlich) auch zum Kühlen genutzt wird, benötigt auch das Innenteil einen Kondensatablauf.

3.2 Geräteauswahl

Bei Online-Anbietern finden sich meist mehrere hundert Modelle von Klimaspplitgeräten, sodass die Auswahl eines passenden Geräts den Kunden oder die Kundin bereits vor die Qual der Wahl stellt. Folgende Aspekte können bei der Auswahl eine Rolle spielen:

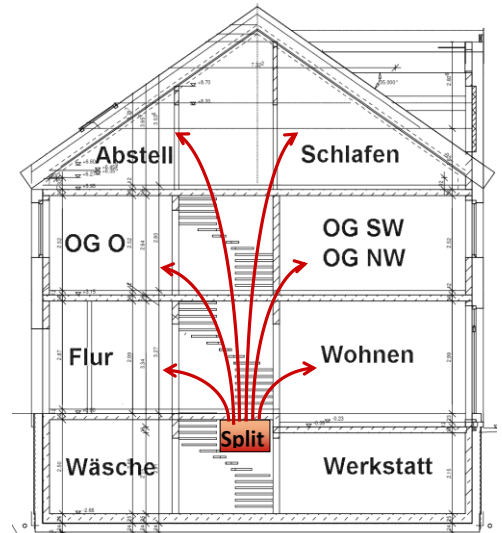


Abbildung 6: Das Splitgerät ist in einem Passivhaus-Reihenendhaus im Keller in der thermischen Hülle installiert. Die im Treppenhaus aufsteigende Wärme beheizt das gesamte Gebäude.



Abbildung 7: Wird das Kondensat nicht per Kondensatleitung abgeführt, kann sich bei Dauerfrost eine größere Eisfläche bilden.



- Kältemittel. Aktuell werden fast alle Geräte mit R32 betrieben, einem FKW mit einem Global Warming Potential (GWP) von 675. Das ist nur etwa ein Drittel des GWP des früher gebräuchlichen Kältemittels R410 A. Gleichzeitig sind Wärmepumpen mit R32 um einige Prozent effizienter als solche mit R410 A. Propan (R290) als Kältemittel hat ein vernachlässigbares GWP, Splitgeräte mit Propan sind in Deutschland aber bisher erst in kleinem Umfang erhältlich. Insgesamt geht der Trend im Bereich der Wärmepumpen zum Propan, dies ist auch die Empfehlung der Autoren.
- Markenhersteller auswählen. Davon kann man sich eine längere Lebensdauer, einen verfügbaren Werkkundendienst und eine bessere Ersatzteilversorgung erhoffen.
- Angemessene Leistung. Die Geräte werden mit typischen Nennleistungen zwischen 2,5 kW und 10 kW (thermisch) gebaut. Die kleinste Leistungsklasse ist auch im Altbau für einen Raum geeignet, im Passivhaus lässt sich auch mit den kleinsten Geräten ein kompakt gebautes Einfamilienhaus beheizen.
- Eignung für kaltes Klima. Je nach Standort treten in Deutschland und Österreich Außentemperaturen weit unter dem Gefrierpunkt auf. Nicht alle Splitgeräte sind darauf ausgelegt, bei Temperaturen unter -10 °C noch die volle Leistung und einen akzeptablen COP zu erbringen. Bei entsprechender Konstruktion des Kältekreislaufs, was mit etwas höherem technischem Aufwand und Mehrkosten von wenigen hundert Euro verbunden ist, steht auch bei -20 oder -25 °C noch die volle Heizleistung zur Verfügung. Gerade dann wird die Leistung auch gebraucht. Mit direktelektrischen Spitzenlastheizungen zu arbeiten wird künftig problematisch sein, da in Spitzenlastzeiten der Strom besonders knapp sein wird. Geräte für kaltes Klima sind z.B. unter der Bezeichnung „Cold Climate“, „ColdRegion“, „Nordic“ o.ä. zu finden.

3.3 Kosten

Die Geräte selbst kosten zwischen 400 und 4000 €, typisch für Markengeräte der kleinsten Leistungsklasse von 2,5 bis 3,5 kW sind Preise von 1000 bis 2000 €. Hinzu kommen u.U. Kleinteile und Werkzeugmiete für einige hundert Euro und der obligatorische Anschluss / Inbetriebnahme durch den Fachbetrieb, der ebenfalls mit ca. 500 € zu Buche schlägt.

3.4 Förderung

Der Einbau von Luft-Luft-Wärmepumpen kann durch das BAFA gefördert werden. 2022 ist es im hier beschriebenen Fall gelungen, trotz Eigenleistungs-Anteil eine Förderung von 35% der förderfähigen Kosten in Höhe von 2100 € (Gerät, kältetechnische Installation, Miete Kernlochbohrgerät) zu erhalten. Die Fördervoraussetzungen ändern sich schnell und sollten bei Interesse an einer Förderung sorgfältig studiert werden. Eine gute Orientierung über die zahlreichen Förderangebote bietet die Online-Fördermittelauskunft der LEA-Hessen: lea.foerdermittelauskunft.de.

3.5 Handwerklicher Anspruch

Innen- und Außenteil einzubauen und die Leitungen zu verlegen erfordert ein mittleres handwerkliches Geschick. Die größte Schwierigkeit kann darin bestehen, einen oder mehrere Wanddurchbrüche mit 70 mm Durchmesser zu erstellen. Sind Werkzeuge und Material vorhanden, lässt sich der eigentliche Einbau in ein bis zwei Tagen erledigen. Vorsicht ist beim Biegen der Kältemittelleitungen geboten, diese dürfen nicht abknicken.

3.6 Anschluss



Die Inbetriebnahme von Splitgeräten muss durch einen dazu berechtigten Fachbetrieb erfolgen, und zwar aus gutem Grund. Bei Laien, auch wenn sie handwerklich geschickt sind, ist das Risiko, dass der Anschluss der Kältemittelleitungen beim ersten Mal nicht dauerhaft dicht wird, Verschraubungen zu stark angezogen werden o.ä. relativ groß.



Ein kleines Splitgerät enthält mindestens 600 g R32, was einem CO₂-Äquivalent von 400 kg entspricht. Würde dieses Gas versehentlich in die Atmosphäre gelangen, entspräche das bei einer Leistungsaufnahme des Geräts von 600 W und einem CO₂-Faktor für Strom von 400 g/kWh etwa 1700 Volllaststunden. Man hätte also mit denselben CO₂-Emissionen das Gerät einen kompletten Winter hindurch betreiben können. Auch der elektrische Anschluss ist Fachleuten vorbehalten.



Kauft man das Gerät bei einem Anbieter, der auch die Inbetriebnahme als Dienstleistung anbietet, ist es relativ leicht, tatsächlich eine Fachkraft für die Inbetriebnahme zu gewinnen. Die Kosten betragen knapp 500 Euro, ein Betrag, der für sich allein für einen Fachbetrieb nicht unbedingt interessant ist.



4 Betriebserfahrungen



Die Innenteile von Splitgeräten sind in der Regel als sogenannte Wandgeräte konzipiert: Knapp unter der Decke installiert, saugen sie von oben die Luft an und blasen sie nach unten wieder aus. Im Heizbetrieb ist das nicht ideal: die ausgeblasene, warme Luft steigt nach oben und wird zum Teil erneut angesaugt, so dass das Gerät mit wärmerer Luft und damit geringerer Leistung und schlechterem COP arbeitet. Außerdem wird die Temperaturschichtung im Raum verstärkt.



Besser für den Heizbetrieb geeignet sind Truhengeräte, die allerdings seltener eingesetzt werden. Dadurch sind sie etwas teurer. Auch die nominale Effizienz ist niedriger.

Ein Eindruck der Relevanz solcher Kurzschlussströmungen lässt sich mit Thermografieaufnahmen gewinnen. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Abbildung 10 zeigen einige solche Aufnahmen.

Es fällt auf, dass die Ansaug- und Ausblastemperaturen auf Stufe 3 und bei leisem Betrieb nahezu identisch sind. Die Regelung begrenzt offenbar die Temperatur am Luftauslass. Das ist nicht nur aus Sicherheitsgründen (heiße Oberflächen) nachvollziehbar, auch die Effizienz würde bei höheren Auslasstemperaturen leiden, und die Drücke im Kältemittelkreislauf würden stark ansteigen.

Aus den Aufnahmen lässt sich folgern, dass die Kurzschlussströmung tatsächlich eine gewisse Rolle spielt. Die ungestörte Lufttemperatur am Ort des Geräts würde ca. 19 °C betragen. Im leisen Betrieb erhöht sich die Kondensationstemperatur durch die Kurzschlussströmung also um ca. 7 K, bei vollem Volumenstrom immer noch um 3 K. Das verringert den COP des Gerätes nennenswert gegenüber dem ohne Kurzschlussströmung möglichen Wert.



Abbildung 8: Splitgeräte saugen die Luft in der Regel unter der Decke an und blasen sie nach unten aus.

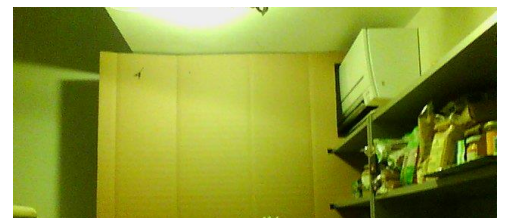


Abbildung 9: Eine Pappe im Luftstrom erlaubt es, die Temperatur der Luftströmungen zu visualisieren.



| | | |
|---|--|--|
| | | |
| <p>Leiser Betrieb Volllast (Solltemperatur 25 °C) Volumenstrom*: 294 m³/h Schalldruckpegel*: 19 dB (A) Heizleistung**: 2,2 kW Temperatur Lufterinlass: 26.2 °C Temperatur Luftauslass: 48.6 °C</p> | <p>Stufe 3 (Standardbetriebsweise im Objekt) Volllast (Solltemperatur 25 °C) Volumenstrom*: 534 m³/h Schalldruckpegel*: 39 dB (A) Heizleistung**: 4,1 kW Temperatur Lufterinlass: 24,3 °C Temperatur Luftauslass: 47,6 °C</p> | <p>Stufe 4 (Maximum) reduzierte Leistung (Solltemperatur 20°C) Volumenstrom*: 774 m³/h Schalldruckpegel*: 45 dB (A) Heizleistung**: 2,0 kW Temperatur Lufterinlass: 22,2 °C Temperatur Luftauslass: 30,2 °C</p> |
| <p>* laut Planungshandbuch ** Abschätzung aus Volumenstrom und Temperaturdifferenz, Genauigkeit ca. 30%</p> | | |

Abbildung 10: Das Temperaturprofil vor dem Splitgerät hängt von der Ventilator-Einstellung ab. Achtung: Die Abbildungen sind verschieden skaliert, die Farben sind daher nicht unmittelbar miteinander vergleichbar. Die Temperaturen schwankten während der Messung leicht, die Ablesegenauigkeit liegt jedoch unter 0,5 K. Vor der Aufnahme konnten die Temperaturen sich jeweils ein bis zwei Stunden einschwingen.

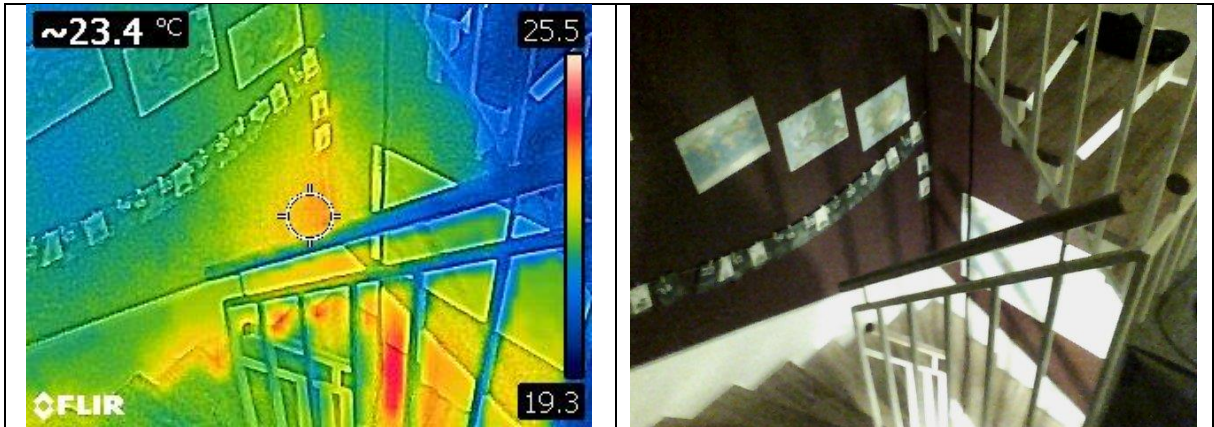


Abbildung 11: Die offenen Treppenstufen im Treppenhaus zwischen EG und OG werden durch die dazwischen aufsteigende Luft erwärmt.



Abbildung 12: Die Treppenstufen sind der wärmste Ort im Haus, was diese Nutzerin zu schätzen weiß.

5 Arbeitszahl und erzielte Einsparung an Erdgas

Die Arbeitszahl eines Splitgeräts lässt sich nur mit relativ großem Aufwand messtechnisch ermitteln, da die Wärmeabgabe des Geräts nicht mit Hilfe gängiger Wärmezähler o.ä. bestimmt werden kann. Im vorliegenden Fall wurde daher eine indirekte Methode gewählt. Das Grundprinzip besteht darin, aus Zählerablesungen in den Vorjahren den Wärmebedarf des Gebäudes bei der monatsmittleren Außentemperatur zu ermitteln und ihn mit dem Stromverbrauch des Splitgeräts ins Verhältnis zu setzen. Das Ergebnis ist eine **effektive Arbeitszahl**, die auch die Art der Wärmeverteilung und den Einfluss des geänderten Heizsystems auf die Nutzung enthält.

Aus den 5 Jahren vom August 2017 bis Juli 2022 ergibt sich die in Abbildung 13 dargestellte Korrelation von monatlichem Heizwärmeverbrauch und Monatsmitteltemperatur am 20 km Luftlinie entfernten Frankfurter Flughafen.

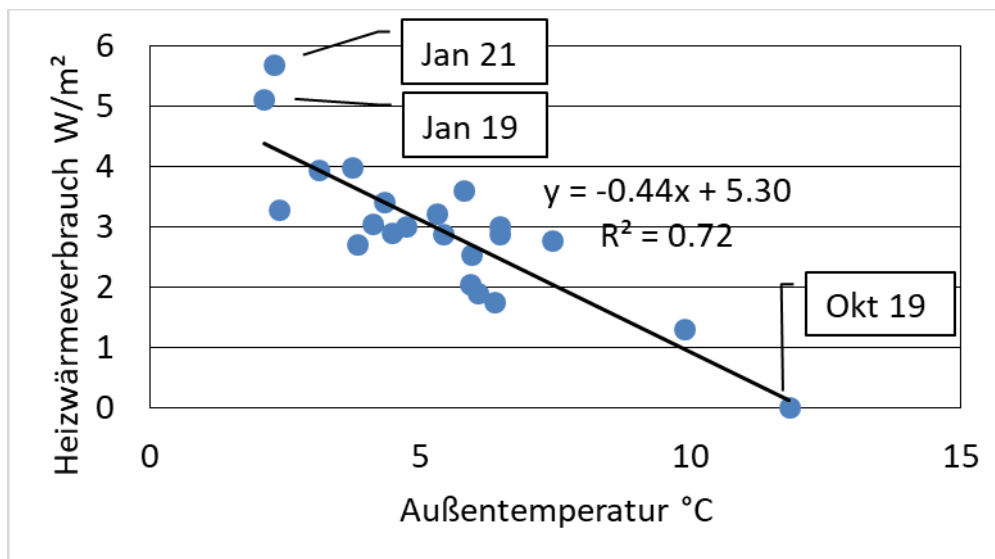
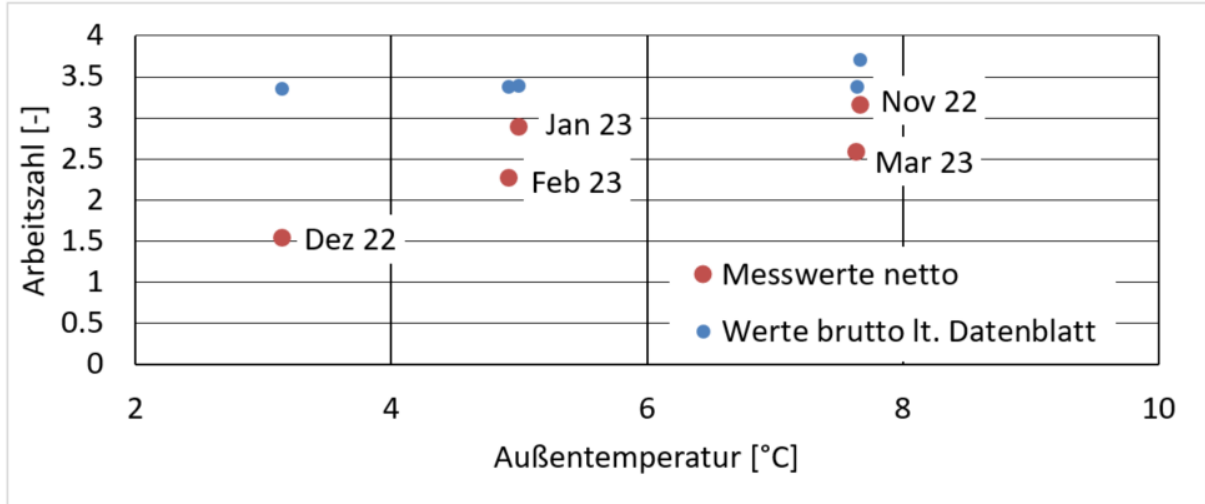


Abbildung 13: Die Monatsmittelwerte der Außentemperatur und des Heizwärmeverbrauchs sind nur mäßig korreliert.

Der steile Anstieg des Heizwärmeverbrauchs bei niedrigen Temperaturen hängt zumindest teilweise mit der gewählten Frostschutzstrategie der Lüftungsanlage zusammen. Im untersuchten Gebäude geht die Lüftungsanlage bei niedrigen Temperaturen in Disbalance mit Abluftüberschuss, um den Wärmeübertrager vor dem Einfrieren zu schützen. Dadurch bleibt die Fortlufttemperatur über 0 °C, aber der Wärmebedarf des Gebäudes steigt bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt überproportional stark an. Diese Strategie wurde ursprünglich gewählt, weil sie geringere Investitionskosten verursachte als ein direktelektrisches Vorheizregister und weil vermutet wurde, dass die Gasheizung mit Heizkörpern den Frostschutz mit geringerem Primärenergieaufwand (berechnet mit den zum Planungszeitpunkt vorliegenden konventionellen Primärenergiefaktoren) gewährleisten kann. In Kombination mit einer Wärmepumpe wird ein effizienterer Frostschutz wichtiger.

Eine erhebliche Unsicherheit der nachfolgenden Auswertung liegt darin, dass die Raumtemperaturen im Gebäude nicht gemessen werden. Es wurde jedoch versucht, ähnliche Raumtemperaturen wie in den Vorjahren zu realisieren. Der Keller innerhalb der thermischen Hülle, wo das Gerät im Treppenhaus installiert ist, war spürbar wärmer als in früheren Jahren, in denen erst ab Höhe EG geheizt wurde. Insgesamt könnte es im Gebäude 1 bis 2 K wärmer als früher gewesen sein.

Die erreichten Netto-Arbeitszahlen zeigt die folgende Grafik. Dort sind zum Vergleich auch die nach Datenblatt zu erwartenden monatlichen Brutto-Arbeitszahlen dargestellt. Für diese wurde gemäß Abbildung 13 für Stundenwerte der Außentemperatur der zugehörige Wärmebedarf ermittelt. Mit dem Datenblatt des Geräts wurde die zugehörige elektrische Leistung bei 21 °C Raumtemperatur bestimmt, wobei eine Korrektur für die Abtauung berücksichtigt wurde. Aus den Monatssummen dieser Werte ergibt sich die zu erwartende Arbeitszahl des Splitgeräts ohne Übergabeverluste, Kurzschlussströmungen etc.



| Monat | Nov 22 | Dez 22 | Jan 23 | Feb 23 | Mar 23 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Außentemperatur [°C] | 7.7 | 3.2 | 5.0 | 4.9 | 7.6 |
| geschätzter Wärmebedarf [kWh/m ²] | 2.0 | 3.9 | 3.1 | 3.2 | 2.0 |
| Stromverbrauch [kWh/m ²] | 0.62 | 2.55 | 1.08 | 1.39 | 0.76 |
| Arbeitszahl netto | 3.2 | 1.5 | 2.9 | 2.3 | 2.6 |
| Arbeitszahl detailliert lt. Datenblatt | 3.7 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 3.4 |

Abbildung 14: Bei niedrigen Außentemperaturen geht die effektive Arbeitszahl deutlich zurück. Es gibt aber auch noch andere wichtige Einflussgrößen.

Über den gesamten Winter 2022/23 ergibt sich eine

effektive Netto-Jahresarbeitszahl von 2,2.

Dieses Ergebnis ist verhältnismäßig enttäuschend. Vor allem das schwache Ergebnis im Dezember ist hierfür verantwortlich. In diesem Monat fielen allein 40% des jährlichen Stromverbrauchs des Splitgeräts an. Die oben erwähnte Frostschutzstrategie der Lüftungsanlage dürfte sich hier negativ ausgewirkt haben.

Einen wesentlichen Anteil am mäßigen Ergebnis hat sicherlich auch die konkrete Einbau- und Betriebs-situation im vorliegenden Fall. Zwei Aspekte spielen hier eine Rolle:

- Die Temperatur am Aufstellort des Splitgeräts muss um einige Grad höher gewählt werden, damit auch die kältesten Räume im Haus ausreichend warm werden. In [Feist 2023] wird für eine ähnliche Konstellation ein Mehrverbrauch von 27% gegenüber einer idealen Heizung ermittelt.
- Der früher unbeheizte Keller wird nun deutlich wärmer. Anhand einer dynamischen Gebäudesimulation kann der Mehrverbrauch auf überraschend hohe weitere 40 Prozentpunkte geschätzt werden, da die Kellertemperaturen während der Heizperiode von zuvor ca. 17 °C auf über 21 °C steigen.

Zu berücksichtigen ist weiterhin, welches Heizsystem durch das Splitgerät ersetzt wird. Für den 2010 eingebauten Gaskessel lässt sich aufgrund der gemessenen Gas- und Wärmeverbräuche ein jahresmittlerer Wirkungsgrad für den Raumheizungsanteil von gerade einmal 74% ermitteln, trotz Optimierungen bei der Inbetriebnahme. Bezugsgröße ist hier – ebenso wie in der Gasrechnung – der Brennwert, nicht der für Wirkungsgradangaben von Brennwertkesseln verwendete Heizwert, mit dem sich Wirkungsgrade von über 100% ergeben.

Mit der oben bestimmten Netto-Jahresarbeitszahl spart jede Kilowattstunde im Splitgerät eingesetzter Strom 3,0 kWh Gas ein. Von den Brennstoffkosten her liegen beide Systeme also zum Berichtszeitpunkt im Mai 2023 etwa gleichauf. Mittelfristig ist damit zu rechnen, dass die Gaspreise schneller als die Strompreise steigen. Die CO₂-Emissionen der Splitlösung sind schon heute deutlich niedriger als diejenigen der Gasheizung.

6 Fazit

Splitgeräte sind eine sehr kostengünstige Möglichkeit, eine Wärmepumpe nachzurüsten und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren. Große Teile der Arbeiten können in Eigenleistung erbracht werden. In Altbauten kann dadurch bis zur Hälfte des Energieverbrauchs einer Zentralheizung abgedeckt werden. Je besser der Wärmeschutz des Gebäudes, umso höher wird der Deckungsanteil des Splitgeräts; im Passivhaus kann es die Beheizung vollständig übernehmen.

Der Wirkungsgrad von Splitgeräten ist vergleichbar mit demjenigen von Luft-Wasser-Wärmepumpen für die Zentralheizung. Durch die weniger zielgerichtete Wärmeverteilung ist das Gesamtergebnis jedoch etwas schlechter. Im direkten Vergleich sparen Splitgeräte schon beim heutigen Strommix CO₂-Emissionen ein.

Die Geräte weisen insbesondere im Heizbetrieb ein hohes technisches Potential der weiteren Verbesserung auf. Wir schätzen es so ein, dass für ein typisches Klima in Deutschland Jahresarbeitszahlen optimierter Geräte von über 3 mittelfristig erreichbar sein sollten. Unsere Untersuchungen geben auch klare Hinweise, wie solche Verbesserungen erreicht werden können.

Ökonomisch ist der Heizbetrieb mit einem solchen Splitgerät auch bei Strombezug zum Haushaltsstromtarif und ohne Eigenversorgungsanteil aus PV schon heute in der gleichen Größenordnung wie der Betrieb eines Gaskessels. Da die Kosten von Strom künftig eher fallende Tendenz, die von Gas jedoch eher steigende Tendenz aufweisen werden, ist die Wärmepumpenlösung von den Betriebskosten her auch langfristig die attraktivere.

Die Investitionskosten für ein einzelnes Splitgerät sind im Vergleich zu jeder Zentralheizungs-Erneuerung sehr niedrig. Das gilt selbst noch für Lösungen, bei denen zwei oder drei Splitgeräte eingesetzt werden.

Den entscheidenden Beitrag zu einer weiteren Kostenreduktion beim Einsatz in einem Altbau kann jedoch die Verbesserung des Wärmeschutzes im Objekt bringen: diese spart einmal direkt Wärmeverluste ein (am Schluss einer schrittweisen Sanierung werden hier üblicherweise rund 75% Einsparung erreicht), führt zweitens zu höherem Komfort wegen der ansteigenden Innenoberflächentemperaturen und drittens zu einem höheren Deckungsanteil der Splitgeräte an der Wärmenachfrage. Viertens ergibt sich so sogar die Möglichkeit, zum Abschluss das Gebäude vollständig mit nur ein bis zwei solcher Splitgeräte zu beheizen; dies würde eine teure Generalsanierung der konventionellen Heizungsanlage ersparen. Insgesamt sind der Aufwand, die Investitionen und die Gesamtkosten bei einem solchen Vorgehen geringer als die oft als alleinige Möglichkeit gesehene Generalsanierung – und der resultierende Gesamtstromverbrauch ist sogar deutlich geringer, ebenso wie die CO₂-Emissionen.

7 Literatur & Referenzen



[Feist 2018] Feist, Wolfgang: Reversible Luft-Luft-Wärmepumpe als Versorgungslösung zur Beheizung und Kühlung: Erste Erfahrungen. In: Feist, Wolfgang (Hrsg.): Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 53: Sommerkomfort - bezahlbar und energieeffizient. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2018.



[Feist 2022] Feist, Wolfgang: Heizen mit dem Klima-Splitgerät? Passivhaus Darmstadt Kranichstein – Experiment zum Heizen und Kühlen aus einer räumlich konzentrierten Quelle. innsbruck university press, 2022, ISBN 978-3-99106-078-9, Online-Publikation <https://www.uibk.ac.at/iup/buecher/9783991060789.html>



[Feist 2023] Feist, Wolfgang, Jürgen Schnieders, Wolfgang Hasper, Sven Huneke: Validierung der Algorithmen für die thermische Gebäudesimulation an Hand von Feld-Messergebnissen. Passivhaus Institut, Darmstadt, März 2023



[Pallantzas 2018] Pallantzas, Stefan: Can a single 2 kW mini-split heat and cool a 100 m² Passive House? In: Tagungsband der 18. Passivhaustagung in München. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2018

[Passipedia 2023] Raumklimageräte für die Heizung. In: Passipedia – die Wissensdatenbank (2010 – 2023), <https://passipedia.de/technik/raumklimageraet> sowie zur Installation https://passipedia.de/technik/installation_eines_splitgeraetes

