



Betriebsoptimierung Bahnstadt Heidelberg 2021

- Kurzfassung -

Durchgeführt im Auftrag des Amts für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie
Heidelberg mit finanzieller Unterstützung des Rats für Nachhaltige Entwicklung

2019-2021

Dipl.-Ing. Wolfgang Hasper

Dipl.-Ing. (FH) Søren Peper

Juli 2021

Passivhaus Institut
Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt, www.passiv.de

1. Übersicht

Die Stadt Heidelberg hat bei der Entwicklung der Bahnstadt den Passivhaus-Standard zur verbindlichen Grundlage gemacht. Eine intensive Qualitätssicherung der Planung wurde durch planungsbegleitende Kontrollen der Energiebilanzrechnungen mit dem Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) und wesentlicher Detailplanungen sowie Wärmebrückenberechnungen durch das Umweltamt der Stadt Heidelberg geleistet. Die Ergebnisse der Verbrauchsdaten zeigen, dass die ambitionierten Ziele tatsächlich auch in der Praxis erreicht wurden [Peper 2016] [Orlik 2019]: Die untersuchten Gebäude der Bahnstadt haben die Anforderungen des Passivhausstandards bereits gut erfüllt.

Diese Qualitätssicherung wurde mit dem vorgelegten Bericht zur Analyse des Betriebsverhaltens erweitert [Hasper/Peper 2021]. Aufgrund der nun mehrjährigen Betriebsdaten, können Aussagen zur Betriebsoptimierung mit dem Ziel weiterer Einsparung von Energie und Betriebskosten erfolgen. Die Auswertungen im Auftrag der Stadt Heidelberg wurden im Rahmen des Projekts „Taten für morgen“ des Rats für nachhaltige Entwicklung finanziell unterstützt [RfN].

Unterschiede bei den Verbrauchskennwerten und der bestellten Wärmeleistung deuten darauf hin, dass durch eine Betriebsoptimierung weiteres Potenzial zur Energie- und Kosteneinsparung in einzelnen Baufeldern genutzt werden kann. Zu prüfen war, ob die vorliegenden Daten eine Optimierung der Anschlusswerte am Fernwärmenetz der Stadtwerke Heidelberg erlauben. Diese wäre auch von den Stadtwerken gewünscht, um das Vorhalten nicht benötigter Leistungsreserven zu minimieren. Die Verlässlichkeit der aus Stichtagsdaten der Wärmezähler gewonnenen Analysen durch zeitlich hochaufgelöste Detailmessungen zu überprüfen, war ein wesentliches Anliegen des Projektes.

2. Ergebnisse

Es wurden zwei Baufelder untersucht, in dem jeweils die Wärmezähler an der zentralen Übergabestelle der Fernwärme mit einem installierten Monitoring-System in 5-minütigen Intervallen erfasst und analysiert wurden (Baufeld 1: Wohnnutzung, ca. 7.850 m² beheizte Fläche. Baufeld 2: Wohnnutzung, ca. 16.525 m² beheizte Fläche). Die Aufzeichnungen wurden vom Oktober 2019 bis zum Frühjahr 2020 (Baufeld 1) sowie vom Juli bis Dezember 2020 (Baufeld 2) durchgeführt. Damit konnten Zeiten mit und ohne Heizungsbetrieb erfasst und beurteilt werden.

Die zeitaufgelöste Erfassung des Wärmebezugs aus dem Fernwärmenetz der Stadtwerke Heidelberg für die beiden Baufelder bestätigt die automatisiert, in den Wärmezählern erfassten Werte für stundenmittlere Maximalleistungen. Diese geben auch die Dynamik des Leistungsbezuges hinreichend gut wieder und können somit auch in den anderen Baufeldern zur Beurteilung der tatsächlich nachgefragten Leistungen herangezogen werden, ohne dort weitere Detailmessungen durchführen zu müssen.

Die effektiv nachgefragten Leistungen liegen in den Spitzen bei ca. 12 W/m² im Sommer und ca. 22 W/m² im Winter. Dies bestätigt auch empirisch die für Passivhäuser berechneten geringen Werte. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die hier vorliegende Versorgung ganzer Baufelder mit nur einem FW-Übergabezähler die Verteilverluste vergrößert (internes Netz wird mit gemessen). Dieser „Sockel“ ist in den Messwerten bereits enthalten und vergrößert die Sicherheit der Leistungsangabe gegenüber einzeln versorgten Objekten. Die von der Stadt Frankfurt veröffentlichten „Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen.pdf“ bestätigen die Ergebnisse der vorliegenden Messungen [Linder 2019] mit einem Zielwert bei der Auslegung von 20 W/m².

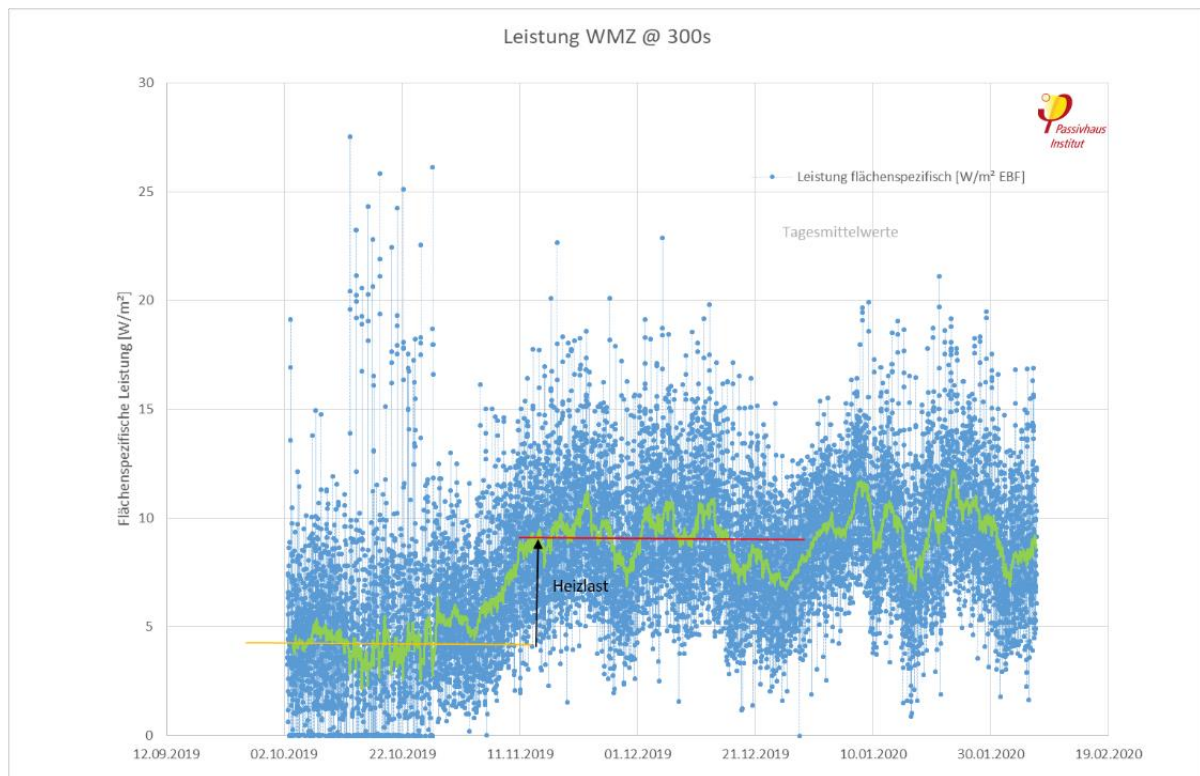


Abb. 1.: Flächenspezifische Leistungsnachfrage mit Passivhaus-typischen Beträgen. Das Diagramm zeigt die Messwerte bezogen auf die gesamte beheizte Wohnfläche des einen Baufeldes. In grün ist der tagesmittlere, gleitende Mittelwert dargestellt.

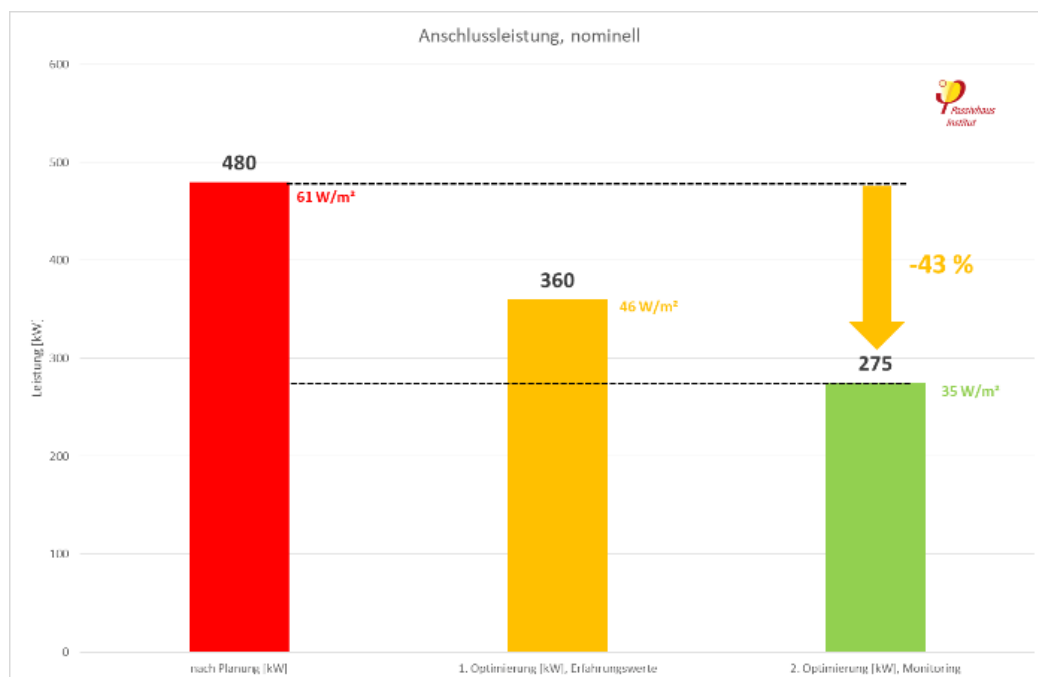


Abb. 2.: Anschlussleistung am Fernwärme-Netz der Stadtwerke Heidelberg eines Baufeldes. Der von der Planung zunächst vorgesehene Wert von 480 kW wurde bereits empirisch auf 360 kW reduziert. Er könnte ohne Einschränkungen weiter reduziert werden bis auf nur 275 kW.

Überkapazitäten für die bereitgestellte Anschlussleistung machen hohe Zahlungen von den Bewohnern nötig, die durch die Anpassung der Anschlüsse an die tatsächlichen Erfordernisse eingespart werden können. Die über den Leistungspreis gebildeten Kosten überstiegen die Kosten des abgerechneten Wärmeverbrauchs. In den untersuchten Baufedern macht das Einsparungen von über 12.000,- bzw. über 30.000,- € pro Jahr aus (Leistungspreis von 61,25 €/kW). Gleichzeitig befreit es die Stadtwerke Heidelberg von der Pflicht unnötige Reservekapazitäten vorzuhalten, was für den Netzbetreiber mit erheblichen Kosten verbunden ist. Ohne Ausbau der Erzeugerkapazität können dann mehr Abnehmer versorgt werden.

2.1. Auslegung der Anschlussleistung Fernwärme

Historisch treten bei Gebäuden mit geringem Wärmeschutz die weitaus größten Leistungen im Winter auf; die Raumbeheizung stellt die dominante Größe bei Leistungsbezug und Jahresarbeit dar. Wie in den aktuellen Messungen ein weiteres Mal deutlich wird, ist dies bei Gebäuden im Passivhaus-Standard nur noch sehr gedämpft zu beobachten. Hier sind die Beträge für die Raumbeheizung auf der einen Seite und der Trinkwarmwasserbereitung auf der anderen hinsichtlich des Leistungsbedarfs und der Jahresarbeit von ähnlicher Größenordnung; vielfach überwiegt sogar die Trinkwarmwasserbereitung (Abb. 1). Dies bedeutet, dass die benötigte Wärmeleistung einen sehr gedämpften Jahresgang aufweist und zudem beträchtliche Teile der Jahresarbeit **außerhalb der Heizperiode** abgerufen werden. **Mehr als die Hälfte der maximalen Gesamt-Leistung** werden für die Warmwasserbereitung inkl. Verteilung in den **Sommermonaten** angefordert.

Es ist bekannt, dass das Verfahren zur Heizlastauslegung nach der Norm DIN EN 13831 für energieeffiziente Gebäude zu einer, in einem wirtschaftlichen Maß, kaum zu rechtfertigenden Überdimensionierung führt. Das an die Gegebenheiten angepasste [PHPP] dagegen, berechnet hier einen realistischen Wert. Zwischen den Berechnungen liegt im ersten Beispiel der Untersuchung ein **Faktor von 2,6**. Ursächlich ist hier der ganz andere Berechnungsansatz im PHPP, der extra für diese energieeffizienten, thermisch trägen und stark von solaren Einflüssen geprägten Gebäude erarbeitet wurde [Bisanz 1999]. Die hieraus folgende Überdimensionierung des Systems und des Fernwärmeanschlusses führt zu überhöhten Investitions- und Betriebskosten und beeinflusst das Regelverhalten ungünstig.

Aufgrund der nicht konstanten Vorlauftemperatur des FW-Netzes (Sommer 75°C anstelle 105°C im Winter; damit 30 K niedriger) ergibt sich ein deutlicher Unterschied aus tatsächlicher Leistungsabnahme und nomineller Anschluss-Kapazität, da sich diese auf die maximale Vorlauftemperatur während der Winterzeit bezieht. Ein Richtwert zur überschlägigen Bestimmung der erforderlichen nominellen Anschlussleistung zu 35 W/m² wurde abgeleitet und erlaubt nun eine einfache Überprüfung der Fernwärme-Anschlüsse. Der Wert darf aber **nicht mit der tatsächlich benötigten Leistung** der Gebäude verwechselt werden. Er stellt jedoch den erforderlichen Wert dar, solange der Versorger im Sommer die Temperaturreduktion realisiert.

In [Hasper/Peper 2021] wurde eine einfache und angemessene Herangehensweise an die Bedarfsanpassung von Fernwärmeanschlüssen in Wohn- und Verwaltungsgebäuden der Bahnstadt Heidelberg gefunden, welche die Sommersituation berücksichtigt. Voraussetzung für das Verfahren sind Gebäude im Passivhausstandard, deren Betrieb durch fachgerechte Inbetriebnahme keine groben Unregelmäßigkeiten aufweist.

Um nachträgliche Optimierungsprozesse abzukürzen sollte die Auslegung der Fernwärmeanschlüsse für neue Passivhaus-Projekte von vorneherein am tatsächlichen Bedarf orientiert werden. Ein möglicher Weg könnte in der Anmeldung von Anschlüssen eine **Begründungspflicht für Anschlüsse** mit mehr als 35 W/m² beheizter Wohnfläche (EBF) sein.

Vereinfachung: Die Anforderung von Fernwärmeanschlüssen über die in seltenen Kälteperioden maximal verfügbare Leistung unterscheidet sich bedeutend von der in Passivhäusern real nachgefragten Leistung. Dies führt vielfach zu Verwirrung und ist für Gebäude-Eigentümer nur schwer verständlich. Es wird daher vorgeschlagen, in Passivhaus-Baugebieten hierfür zukünftig eine andere Systematik anzuwenden: Es könnte die Kapazität eines Anschlusses für die sommerlichen Betriebsbedingungen des Fernwärmenetzes ausgewiesen werden, was einen direkten Vergleich dieser Anschluss-Kapazität mit der im Sommer real nachgefragten Leistung erlauben würde. Um die geringen Raum-Heizlasten in Passivhäusern abzudecken, würde zudem eine vergleichsweise geringe Temperaturerhebung im Winter ausreichen. **Dies könnte Netzverluste weiter senken.**

Zumindest wäre eine Umrechnungshilfe, etwa auf einer Webseite der Stadtwerke, eine hilfreiche Orientierung: Hier könnte die real verfügbare Leistung im Sommer, Herbst und Kernwinter für einen gegebenen Wert der Anschlusskapazität ausgewiesen werden. Dies in absoluten Zahlen und, nach Eingabe einer Bezugsfläche, auch flächenspezifisch. Die Empfehlung von 35 W/m² kann als Vorschlag direkt mit eingearbeitet werden.

Bei der Untersuchung der beiden Baufelder wurde deutlich, dass die Vorschläge aus dem Wärmeversorgungskonzept für die Bahnstadt [ebök 2007] nicht oder nur in sehr geringem Umfang Beachtung gefunden haben. Insbesondere wurden die Möglichkeiten durch den flexiblen Betrieb der Baufeld-internen „Mininetze“ nicht ausgeschöpft. Bei neuen Bauvorhaben und wesentlichen Änderungen an den technischen Anlagen von bestehenden Baufeldern sollte dieses Optimierungspotential genutzt werden.

2.2. Einstellung von Regelparametern anpassen

Wie bei allen Gebäuden ist die Basis einer energiesparenden Betriebsweise eine an das jeweilige Gebäude und deren Nutzung angepasste Einstellung aller Regelparameter für Heizung, Lüftung, und Trinkwarmwasser. Abweichungen bei den Wärmeverbrauchskennwerten einzelner Baufelder deuten auf Optimierungspotenzial durch verbesserte Regeleinstellungen hin. Für Passivhäuser gilt insbesondere, dass der Raum-Heizbetrieb in der Regel erst ab Außentemperaturen unter 12°C beginnt. Bei den untersuchten Baufeldern zeigte sich, dass die Einstellungen im Regelfall schon recht gut an die Nutzung angepasst waren. Hier wurden seitens engagierter Bewohner im Einvernehmen mit der jeweiligen Wohneigentümergeinschaft (WEG) bereits deutliche Verbesserungen gegenüber den Standardeinstellungen bei Betriebsübergabe vorgenommen, beispielsweise das Abschalten von Heizungspumpen abhängig vom tatsächlichen Bedarf. Mit der zusätzlich vorgelegten **Checkliste** in [Hasper/Peper 2021] steht für alle Interessierten eine Handhabe für eine optimierte Einstellung von Regelparametern und für die Nutzung von Gebäuden zur Verfügung. Die Checkliste richtet sich einerseits an engagierte Hausbewohner, Hausmeister, Verwaltungen aber auch an Fachpersonal der Haustechnikgewerke. Mit deren Nutzung können weitere Optimierungen, insbesondere in den Baufeldern mit etwas erhöhtem Verbrauch erreicht werden.

3. Literatur

[Bisanz 1999] Bisanz, C.: Heizlastauslegung im Niedrigenergie- und Passivhaus, 1. Auflage, Darmstadt, Januar 1999 [AkkP49] Dr. Wolfgang Feist (Hrsg.): Energieeffiziente Warmwassersysteme, Protokollband 49 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt 2015

[DIN EN 12831] DIN EN 12831: Heizungssysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast Deutsche Fassung EN 12831; Beuth Verlag; Berlin

[ebök 2007] „Baugebiet Bahnstadt in Heidelberg – Städtebauliches Energie- und Wärmeversorgungs-konzept“, Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte ebök, Tübingen, Olaf Hildebrandt, Andreas Praeffcke, Gerhard Lude und Rosemarie Hellmann, November 2007

[Hasper/Peper 2021] Hasper, W.; Peper, S.: Betriebsoptimierung Bahnstadt Heidelberg. Passivhaus Institut, Darmstadt 2021,

https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E199486790/heidelberg/Objektdatenbank/31/PDF/31_pdf_Betriebsoptimierung%202021%20in%20der%20Passivhaussiedlung%20Heidelberg-Bahnstadt.pdf

[Linder 2019] Linder, M. Hrsg.: Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2019, Stadt Frankfurt a.M. <https://energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen/Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen.pdf>

[Orlik 2019] Orlik, W.: Energie-Monitoring der Jahre 2014 bis 2018 für die Wohngebäude im Passivhaus-Stadtteil Heidelberg-Bahnstadt, Klimaschutz-und Energie-Beratungsagentur Heidelberg –Rhein-Neckar-Kreis gGmbH, Heidelberg 2019, online, https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-1541707986/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/Energie-Monitoring-2014-2018%20in%20der%20Passivhaussiedlung%20Bahnstadt%20_KliBA.pdf

[Peper 2016] Peper, S.: Energie-Monitoring von Wohngebäuden im Passivhaus-Stadtteil Heidelberg-Bahnstadt, Passivhaus Institut, Darmstadt 2016

[PHPP] PassivHaus Projektierungs Paket, Passivhaus Institut, Darmstadt, https://passiv.de/de/04_phpp/04_phpp.htm

[RfN] Ideenwettbewerb „Baukultur, Wohnen und Nachhaltigkeit“ des Fonds Nachhaltigkeitskultur für das Projekt „Bahnstadt – Nach dem Bauen kommt das Leben und Arbeiten im Passivhausstadtteil, <https://www.tatenfuermorgen.de/fond/?fondid=175>