

# **Studentisches Wohnen in Niedrigenergie- und Passivhäusern – Erfahrung aus Bestand und Neubau**

Dipl.-Ing. Peter Engelmann, Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss

Bergische Universität Wuppertal

Fachbereich Architektur, Bauphysik & Technische Gebäudeausrüstung

Pauluskirchstraße 7, 42107 Wuppertal

Tel.: +49 (0) 202 439 4293, Fax: +49 (0) 202 439 4296

engelmann@uni-wuppertal.de

Internet: <http://www.btga.uni-wuppertal.de>

## **Summary**

The student residences "Neue Burse" in Wuppertal, as well as the "Bildungsherberge" of the distance university in Hagen have been realised according to the passive house concept, as retrofit (Wuppertal), or new building respectively (Hagen). The often poor indoor air quality in standard residences, caused by high occupancy density, irregular user-presence and wrong ventilation behaviour have been effectively improved by the use of the ventilation systems. At the same time the primary energy demands were drastically reduced to about 70 to 80 kWh/m<sup>2</sup>a. Problems remain in the control of the central air-heating-system for maximum benefit.

## **Studentisches Wohnen**

Mit rund 180.000 Wohnheimplätzen stellen insgesamt 58 Studentenwerke in Deutschland Wohnraum für Studierende bereit. 2006 lag der Anteil an Studierenden, die in Wohnheimen wohnen bei 11% [SozEr]. In den letzten Jahren wurden einige Wohnanlagen in Passivhaus- Standard gebaut, bzw. mit Passivhauskomponenten saniert. Die Planungsgrundlagen für den Passivhausstandard wurden zunächst für den Wohnungsbau entwickelt, mittlerweile aber auch auf andere Gebäudetypen übertragen (Bürogebäude, Produktionsstätten, Schulen, etc.). Für die Nutzungsform „Wohnheim“ ergeben sich spezielle Anforderungen. Vor allem in den häufig anzutreffenden Einzelapartments findet eine multifunktionale Nutzung der Räume statt. Ein einziges Zimmer dient als Wohn-, Schlaf- und Arbeitsraum. Oft ist eine

Küchenzeile integriert. Durch die fehlende Zonierung und zeitlich wechselnde Nutzung ergeben sich neue Anforderungen an ein Passivhaus.

## Die Neue Burse, Wuppertal

Das Studentenwohnheim „Neue Burse“ des Hochschul- Sozialwerks Wuppertal [HSW] wurde 1977 mit dem Ziel errichtet, für die neu gegründete Bergische Universität schnell ausreichend kostengünstigen Wohnraum zur Verfügung zu stellen. Mit 600 Wohneinheiten, aufgeteilt auf zwei sternförmige Gebäude entstand eines der größten Wohnheime Deutschlands. Bei der ab 1999 durchgeführten Sanierung wurden die ehemaligen Wohngruppen in Einzel- und Zweierapartments umgewandelt. Bei der 2001 fertiggestellten Sanierung des ersten Gebäudes (1.BA) wurde Niedrigenergiestandard erreicht. Beim 2003 sanierten zweiten Bauabschnitt (2. BA) wurde der Wärmeschutz weiter erhöht, und mit Einsatz einer Lüftungsablage mit Wärmerückgewinnung das Passivhaus- Konzept umgesetzt [BINE06].

Die Burse wird mit Fernwärme der örtlichen Stadtwerke versorgt. Die Beheizung des 1. BA erfolgt konventionell über Heizkörper in Zimmer und Bad. Die Lüftung erfolgt über Fenster, sowie eine bedarfsgeführte Abluftanlage. Beim 2. BA erfolgt die Beheizung der Zimmer über zentrale Lüftungsanlagen, die Wärmezufuhr wird Ablufttemperatur geführt geregelt. Im Bad ist zusätzlich ein Heizkörper installiert.

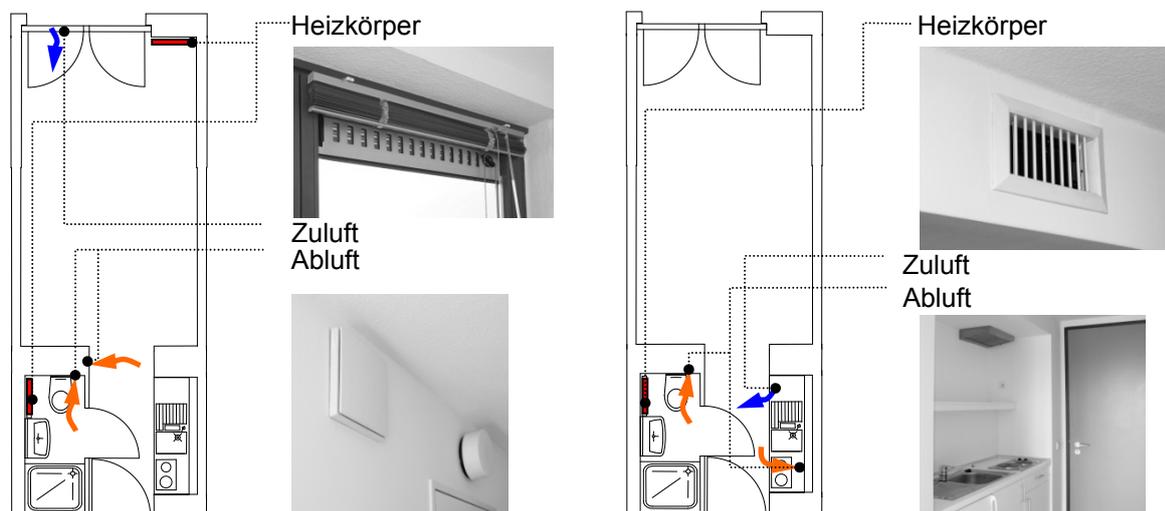


Bild 1: Heizungs- und Lüftungskonzept der beiden Bauabschnitte am Beispiel eines Einzelapartments. Der 1. BA (linkes Bild) verfügt über bedarfsgeführte Abluftventilatoren, Frischluft strömt über Lüftungsschlitze in den Fenstern nach. Der Wohnraum wird über Fenster gelüftet. Im 2. BA (Bild rechts) werden die Apartments dauerhaft be- und entlüftet, jeder Gebäudeflügel verfügt über eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und zentralem Heizregister auf dem Dach, im Bad befindet sich ein Heizkörper. Bildquelle: [acms], [btga]

## Die Bildungsherberge der Fernuniversität Hagen

Das Gebäude wurde errichtet, um Studierenden und Gastdozenten der Fernuniversität eine kostengünstige Unterkunft bieten zu können. Das Gebäude besteht aus 13 Einzelapartments, drei (behindertengerechten) Doppelzimmern, sowie einer Küche / Aufenthaltsraum. Die Bildungsherberge wurde 2002 als Passivhaus fertiggestellt und in Betrieb genommen [WS02] [BH].

Die Zimmer werden über eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung mit Frischluft versorgt, die Beheizung erfolgt ebenfalls über die Zuluft, wobei die Luftheizung in vier Stränge mit eigenen Heizregistern aufgeteilt wurde, um so eine Zonierung übereinander liegender Zimmer zu erreichen (Giebelseite, innenliegende Zimmer, Nordzimmer). Die Regelung der Luftheizregister erfolgt über Thermostatventile, deren Temperaturfühler im jeweiligen Abluftstrang hängt. Der Wärmerückgewinnung vorgeschaltet ist eine Vorwärmung über ein solegeführtes Vorheizregister, das aus einer 90 m tiefen Erdsonde gespeist wird. In den Zimmern sind zusätzlich dezentrale elektrische Heizlüfter installiert, um die Möglichkeit einer individuellen Anhebung der Zimmertemperatur des Apartments zu ermöglichen. Die Bäder verfügen über eine elektrische Fußbodentemperierung.

Die Warmwasserversorgung wird durch eine 30 m<sup>2</sup> große solarthermische Kollektoranlage unterstützt. Der restliche Wärmebedarf konnte aufgrund der geringen zusätzlichen Wärmelasten durch Anschluss an eine vorhandene Kesselanlage in einem benachbarten Verwaltungsgebäude gedeckt werden.

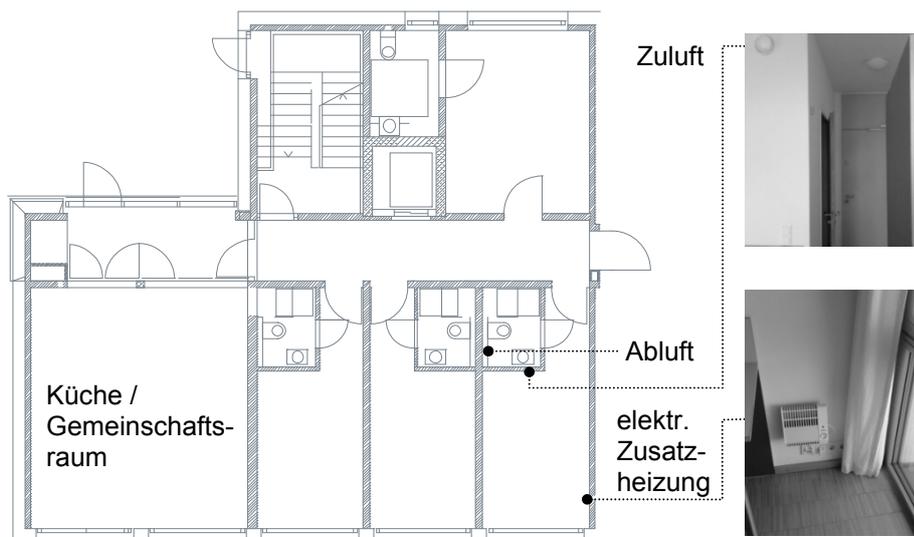


Bild 2: Grundriss des EG der Bildungsherberge, exemplarisch die Be- und Entlüftung eines Zimmers, sowie die elektrische Zusatzheizung zur individuellen Raumtemperaturregelung. Bilder: [W&S], [btga].

## Betriebserfahrungen

Das Wohnheim „Neue Burse“ wird im Rahmen des Förderkonzepts „Energieoptimiertes Bauen“ ([www.enob.info](http://www.enob.info)), Teilbereich „Energetische Verbesserung der Gebäudesubstanz“ (EnSan) seit Mitte 2004 durch ein Monitoring detailliert untersucht. Die Bildungsherberge wird seit Februar 2007 als Vergleichsobjekt evaluiert.

Tab 1: Kenndaten der Vergleichsgebäude

	Burse 1. BA	Burse 2. BA	Bildungsherberge
NGF [m <sup>2</sup> ]	8.420	8.597	417
Wohnplätze	303	323	16
H' <sub>T</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	0,59	0,29	0,28
Lüftung	bedarfsgeführte Abluftanlage,	Zu- und Abluftanlage, WRG ohne Vorwärmung	Zu- und Abluftanlage, WRG mit Vorwärmung
Wärmebereitstellungsgrad spez. elektr. Leistung	p <sub>L</sub> : 0,37 W/(m <sup>3</sup> /h)	η <sub>Anlage, gemessen</sub> : 0,71 p <sub>L</sub> : 0,44 W/(m <sup>3</sup> /h)	η <sub>Anlage, gemessen</sub> : 0,95 p <sub>L</sub> : 0,39 W/(m <sup>3</sup> /h)
Q <sub>h</sub> PHPP [kWh/m <sup>2</sup> a]	68,1	25,0	13,4
Q <sub>h</sub> Messung [kWh/m <sup>2</sup> a] (2006, klimabereinigt)	51,5	39,8	(noch keine vollst. Heizperiode erfasst)
Q <sub>p</sub> Messung [kWh/m <sup>2</sup> a] (2006, klimabereinigt)	80,3	76,8	(noch keine vollst. Heizperiode erfasst)

In Tab 1 sind die Eckdaten der Wohnheime zusammengefasst. Neben dem baulichen Wärmeschutz (Wände und Fenster) unterscheiden sich die Gebäude vor allem durch die eingesetzte Lüftungstechnik. Der angegebene Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung basiert auf Temperaturmessungen der Luftströme und bezieht sich auf das Lüftungsgerät selbst. Beim Wohnheim Burse verringert er sich in Bezug auf die gesamte Anlage zusätzlich durch die Außenaufstellung auf dem Dach. Das Gerät in Hagen ist ebenfalls außerhalb der thermischen Hülle in einem Kriechkeller untergebracht. Ergebnisse der ersten Verbrauchserfassungen im Wohnheim Burse zeigten, dass die ermittelten Bedarfswerte für Heizwärme im NEH eingehalten, bzw. sogar unterschritten wurden, sich im PH jedoch im Vergleich kaum geringere Verbräuche zeigten. Im NEH konnte nachgewiesen werden, dass der geringe Heizwärmeverbrauch aus geringen Lüftungswärmeverlusten resultiert und zu Lasten der Raumluftqualität geht. Unzureichende Fensterlüftung und eine lediglich bedarfsgeführte Abluftanlage zeigten sich auch in hohen gemessenen CO<sub>2</sub> Konzentrationen [EnSan06].

Durch die Zu- und Abluftanlage im PH wird ein Mindestluftwechsel sichergestellt. Der erhöhte Heizwärmeverbrauch lässt sich zu großen Teilen auf konzeptionelle Fehler bei der Heizungs- und Lüftungstechnik und Fehler in der Betriebsführung zurückführen: Ausfälle in der Regelung führten beispielsweise zum Bypass der Wärmerückgewinnung im Winter, im Sommer sorgten laufende Umwälzpumpen im Heizkreis für Verluste. Wesentliche regelungstechnische Fehler wurden als Konsequenz des Monitorings beseitigt [PHT06].

Bild 3 zeigt die gemessenen Tagesmittel der Heizleistung in Abhängigkeit der Außentemperatur. Als theoretische Kennlinie ist der vereinfachte lineare Zusammenhang zwischen benötigter Heizleistung und Außentemperatur als Funktion der Wärmeverluste aus Gebäudehülle und Lüftung aufgetragen:  $q_H = (H_V + H_T) \cdot (T_i - T_a)$ . Die Innentemperatur  $T_i$  basiert auf im Winter gemessenen mittleren Raumlufthtemperaturen von 24°C im NEH, bzw. 23°C im PH. Die tatsächlich benötigte Heizleistung wird reduziert durch innere Quellen  $q_i$ , sowie solare Gewinne  $q_s$ . Innere Quellen wurden über den Stromverbrauch ermittelt und mit Angaben über Nutzung elektrischer Geräte aus einer Nutzerbefragung im Wintersemester 2005/06 abgeglichen. Aufgrund der hohen Belegungsdichte ergeben sich im Jahresmittel innere Quellen von 4,6 W/m<sup>2</sup> aus der Nutzung elektrischer Geräte. Die theoretische Kennlinie verschiebt sich um diesen Betrag parallel nach unten - in der Grafik als gestrichelte Linie.

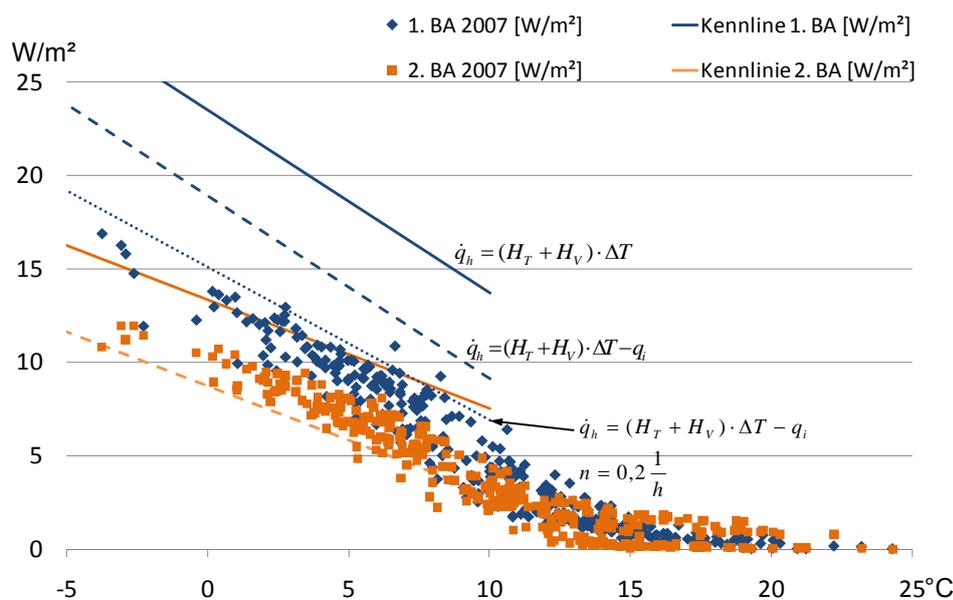


Bild 3: Gemessene Heizkennlinie und theoretische Kennlinie der beiden Bauabschnitte für das Jahr 2007. Im 1. BA sind die realen Wärmeverluste gegenüber der Kennlinie durch geringe Lüftungsverluste stark reduziert. Der verbesserte Wärmeschutz des 2. BA zeigt sich in der geringeren Heizleistung, jedoch erst bei tieferen Außentemperaturen deutlich.

Solare Einträge verringern die Heizleistung weiter, sie zeigen sich i.d.R. durch eine breite Streuung der Messwerte. Die Abweichungen zwischen Messwerten und Kennlinie im NEH sind jedoch weniger auf zusätzliche Quellen, als viel mehr auf geringere Verluste zurückzuführen. In Bild 3 ist für das NEH zusätzlich die Kennlinie eingetragen, die sich ergibt, wenn für den Luftwechsel nur 0,2 1/h angesetzt werden. Beim PH liegen die Messwerte auf, bzw. über der um die inneren Quellen reduzierten Kennlinie. Durch die Lüftungsanlage ist ein Mindestluftwechsel vorgegeben, die tatsächlich auftretenden Verluste sind jedoch größer als die aus den Planungsdaten angesetzten Lüftungs- und Transmissionsverluste. Gründe hierfür liegen in erster Linie in Lüftungsverlusten durch zusätzliche Fensterlüftung in den Zimmern, sowie offen stehender Flurtüren zu den Fluchttreppen aus den belüfteten – und damit beheizten Fluren.

Die inneren Quellen sind abhängig von der Belegung des Wohnheims und unterliegen im Jahresverlauf typischen Schwankungen. Deutlich wird dies z.B. am Verlauf der Warmwasserzapfung (Bild 4). Es gibt einen hohen Anteil Wochenendpendler, die nur unter der Woche im Wohnheim leben. Der höhere Wasserverbrauch während der Semesterferien im 2. BA lässt sich auf Studierende höherer Semester zurückführen. Während im 1. BA der Anteil der Erstsemester hoch ist – 38% wohnen erst weniger als 6 Monate in der Burse, ist der Anteil höherer Semester im 2. BA größer. Damit wächst auch der Anteil an Studenten, die auch über die Semesterferien im Wohnheim bleiben.

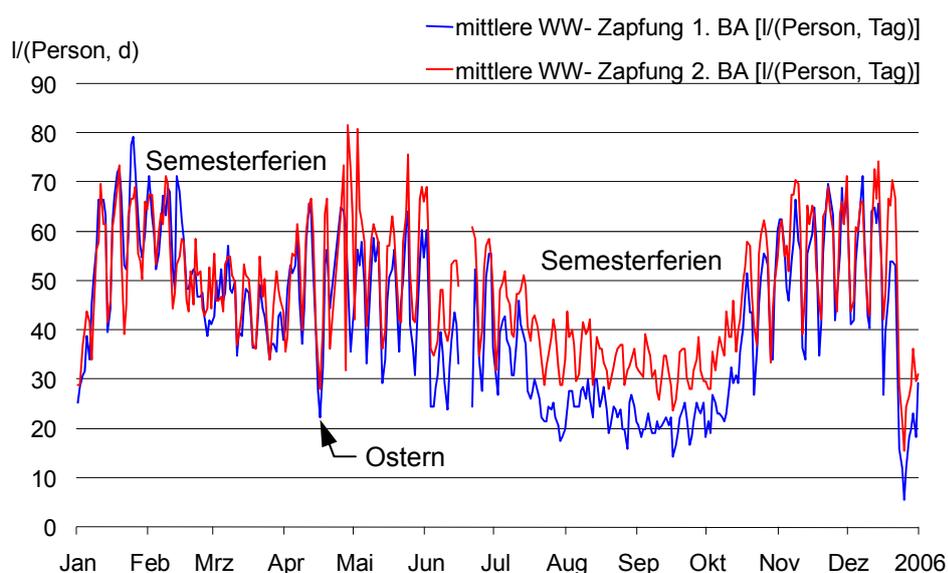


Bild 4: Verlauf der Warmwasserzapfung als Tagesmittelwerte. In den kurzzeitigen Schwankungen ist ein wochenrhythmus deutlich erkennbar, bzw. Feiertage wie Ostern und Weihnachten. Im Gesamtverlauf wird der Ablauf des Semesters deutlich.

## Bildungsherberge Hagen

Durch Kombination aus Luftvorwärmung im Erdreich und WRG wird ein hoher Wärmebereitstellungsgrad bis 95% erreicht. Auch hier haben die Nutzer im Zimmer keinen Einfluss auf die Zuluftheizung – die einzelnen Heizregister der Lüftungsstränge werden im Kriechkeller von Hand eingestellt. Beschwerden von Nutzern über zu kalte Zimmer haben dazu geführt, dass die Ventile vollständig aufgedreht wurden. Dies hat zur Folge, dass in der letzten Heizperiode die Zuluft in einigen Strängen trotz hoher Ablufttemperaturen durchgehend auf ca. 45°C erhitzt wurde – die gleichzeitig gemessene Raumlufttemperatur, sowie die Ablufttemperatur in den Lüftungssträngen lag dennoch im Schnitt bei 23°C. Beobachtungen vor Ort zeigen, dass zu hohe Raumtemperaturen oft über Fensterlüftung „ausgeglichen“ werden. Die Nutzung der elektrischen Zusatzheizungen wird zurzeit messtechnisch erfasst, hierzu liegen noch keine Ergebnisse vor.

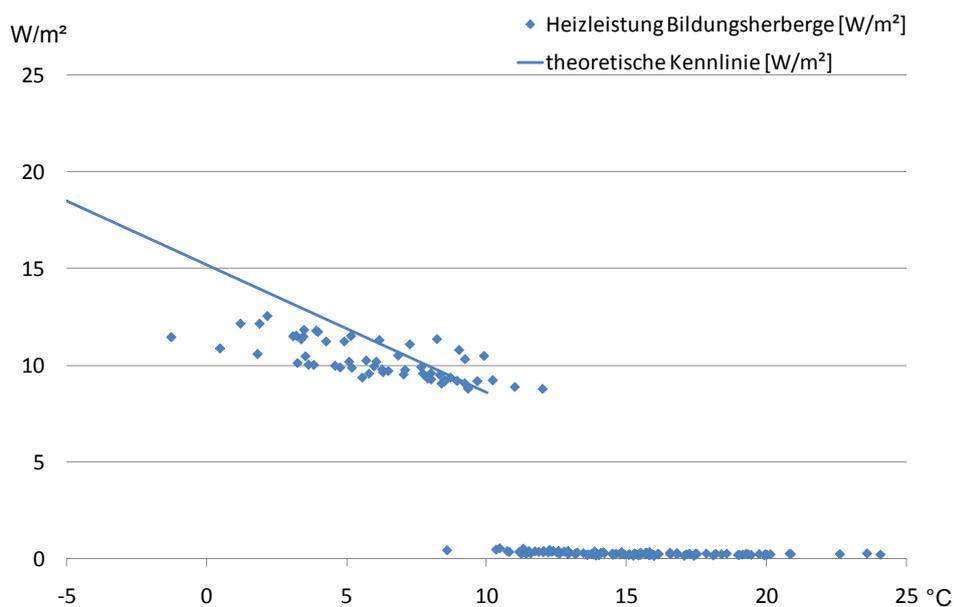


Bild 5: Heizkennlinie der Bildungsherberge Hagen. Die Umwälzpumpe des Heizkreises ist nicht geregelt, sie wird manuell ein- und ausgeschaltet. Sie wurde Mitte Oktober eingeschaltet, seit dem wird nahezu unabhängig von der Außentemperatur Heizwärme eingebracht (bei passivhaustypischer sehr geringer Heizleistung).

Bild 5 zeigt, dass die Heizleistung von der Außentemperatur nahezu entkoppelt ist. Nach einschalten der Pumpe für den Heizkreis wird eine fast konstante Heizwärme eingebracht. Eine Streuung der Messwerte aufgrund solarer Einstrahlung, die bei dem Gebäude bedingt durch eine fast vollständig transparente Südwestfassade zu erwarten wäre, zeigt sich nur wenig.

## Fazit

Bei Problemen mit unzureichenden Luftqualitäten, verstärkt durch hohe Belegungsdichten, stark schwankende Anwesenheitszeiten und unzureichende Fensterlüftung in Wohnheimen können durch Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ausreichende Luftwechsel und damit unkritische Raumluftqualitäten sichergestellt werden, bei gleichzeitiger erheblicher Reduktion der Wärmeverluste. Probleme gibt es bei der Betriebsführung der Zuluftheizung. Zentrale Anlagen ermöglichen zwar eine technisch einfache und kostengünstigere Realisierung, der fehlende individuelle Eingriff wird von den Nutzern allerdings häufig bemängelt, bzw. führt - oft auch aus Unkenntnis - zu problematischem Nutzerverhalten (zusätzliche Fensterlüftung).

Ein weiteres Problemfeld sind die oft unerkannt bleibenden Bereitstellungsverluste im Heizkreis. Falsche Einstellung von Reglern, oder konzeptionelle Fehler im Versorgungsstrang der Heizung werden vom Betriebspersonal oft nicht erkannt und können beispielsweise in Form von Heizbetrieb im Sommer einen wesentlichen Anteil am Jahresheizwärmeverbrauch haben. Dabei zeigt sich die Relevanz einer Kontrolle in den ersten Betriebsjahren, um Fehler zu erkennen bzw. zu beheben und so einen ökologisch und ökonomisch optimalen Betrieb herzustellen, bzw. zu gewährleisten [PHT06].

## Literatur / Quellenangaben:

- [acms] Architektur Contor Müller Schlüter, Wuppertal, [www.acms-architekten.de](http://www.acms-architekten.de)
- [BH] Herberge der Studierendenschaft der FernUniversität Hagen, [www.bildungsherberge.de](http://www.bildungsherberge.de)
- [BINE06] BINE-Informationdienst: "Gebäude sanieren - Studentenwohnheim", BINE-Projektinfo 04/06
- [btga] Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich Architektur, Lehrgebiet Bauphysik und TGA [www.btga.uni-wuppertal.de](http://www.btga.uni-wuppertal.de)
- [EnSan06] Engelmann, P.: "Evaluierung eines Niedrigenergie- und Passivhauses in der Sanierung", 3. EnSan Symposium "Raumluftechnik im Bestand", Stuttgart, März 2006
- [HSW] Hochschul- Sozialwerk Wuppertal, [www.hsw.uni-wuppertal.de](http://www.hsw.uni-wuppertal.de)
- [PHT06] Engelmann, P., Kramp, M.: "Energie und Ökonomie in der Sanierung - das Studentenwohnheim "Neue Burse", Wuppertal", 10. Internationale Passivhaustagung, Hannover, Mai 2006
- [SozEr] Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden in der Bundesrepublik Deutschland 2006, 18te Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerks
- [WS02] Wortmann, R., „Bildungsherberge Hagen – ein Studentenhotel als Passivhaus“, 7. Internationale Passivhaustagung, Hamburg, Februar 2003
- [W&S] Wortmann & Scheerer, Ingenieurbüro für Wärme- und Energietechnik, Bochum [www.wortmann-scheerer.de](http://www.wortmann-scheerer.de)