

# Sanierung eines Bürogebäudes zum Niedrigenergiehaus mit Passiver Kühlung – REB, Remscheid

Prof. Dr.-Ing Karsten Voss, Dipl.-Ing. Peter Engelmann, MSc Daniela Kugel

Bergische Universität Wuppertal, [www.btga.uni-wuppertal.de](http://www.btga.uni-wuppertal.de)

Dipl.-Ing. Michael Müller, Dipl.-Ing. Christian Schlüter,

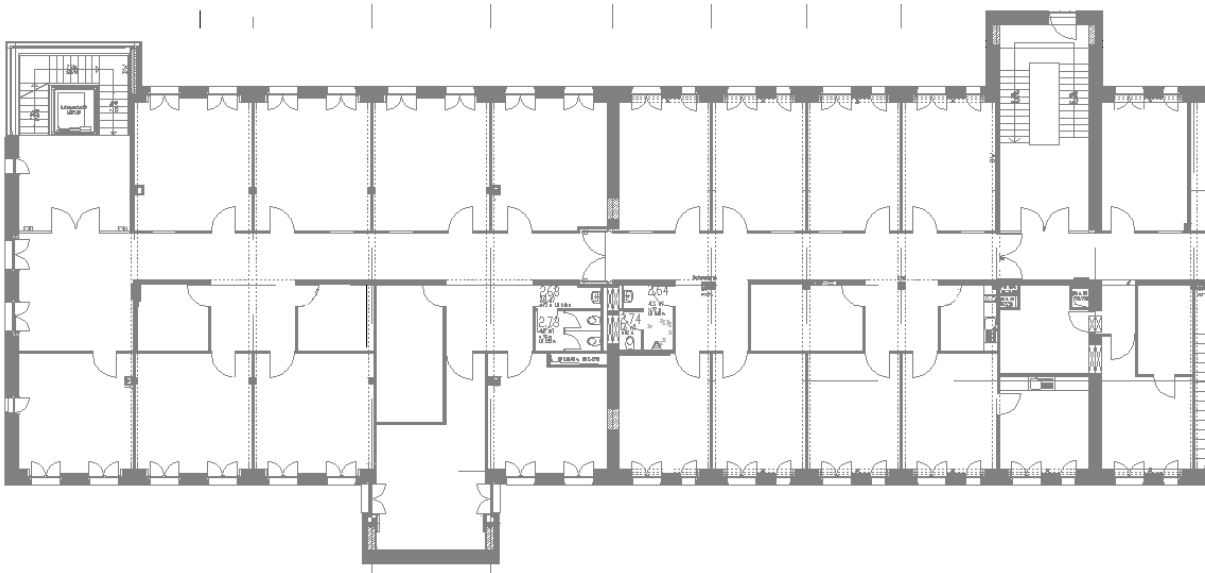
Architektur Contor Müller Schlüter, Wuppertal, [www.acms-architekten.de](http://www.acms-architekten.de)

## 1. Das Gebäude und der Kontext

Der Beitrag stellt die Konzeption und erste Erfahrungen der Sanierung eines typischen Gebäudes der 60er Jahre vor. Das 4-geschossige, 4.600 m<sup>2</sup> große Gebäude in Remscheid wird etwa zur Hälfte als zentrales Verwaltungsgebäude der Entsorgungsbetriebe und als Unterbringung für den dazugehörigen Fuhrpark genutzt. Ähnlich zu vielen anderen Gebäudesanierungen beschränkte sich die Sanierung nicht auf die Mängelbeseitigung und energetische Verbesserung. Eine Sanierung steht oft in Konkurrenz zu einem Neubau. Daher wurden *wesentliche* Verbesserungen in der Nutzungsqualität und dem Erscheinungsbild sowie eine *signifikante* Senkung des Energieverbrauchs und der Betriebskosten erwartet. Mängel im Brandschutz und der öffentlichen Erschließung (nicht Behinderten gerecht) galt es zu beseitigen. Aus Verbrauchsmessungen im Vorfeld der Sanierung war ein Primärenergiekennwert von etwa 440 kWh/(m<sup>2</sup>a) bekannt (Erdgas und Strom, einschließlich Arbeitshilfen, Bezug NGF). Dabei lag allein der Wärmeverbrauch bei rund 370 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der rechnerische Energiekennwert gemäß DIN V 18599 bestätigte diese Zahlen [Riedl, 2005]. Neben dem sehr schlechten baulichen Zustand des Gebäudes waren der ganzjährig hohe Warmwasserverbrauch für den Duschbetrieb (ca. 1.000 l/Tag) sowie regelungstechnische Fehler (Sommerheizbetrieb im den Garagengeschossen) Ursachen des hohen Verbrauchs. Hinsichtlich des sommerlichen Raumklimas waren insbesondere die Verhältnisse im 2. OG auffällig. Für die bereits bei der Erstellung vorgenommene Aufstockung des zunächst 1-geschossig geplanten Gebäudes kam nur eine Leichtbauweise in Frage. Daher fehlte die bauliche Masse zur Dämpfung der Temperaturamplituden.



**Bild 1:** Ansicht der Süd- und Westseiten des Gebäudes vor (links, Quelle: ACMS) und nach der Sanierung (rechts, Quelle: T. Riehle)



**Bild 2:** Beispielhafter Grundriss, 1.OG. Quelle: ACMS, Wuppertal

### 3. Das Maßnahmenpaket

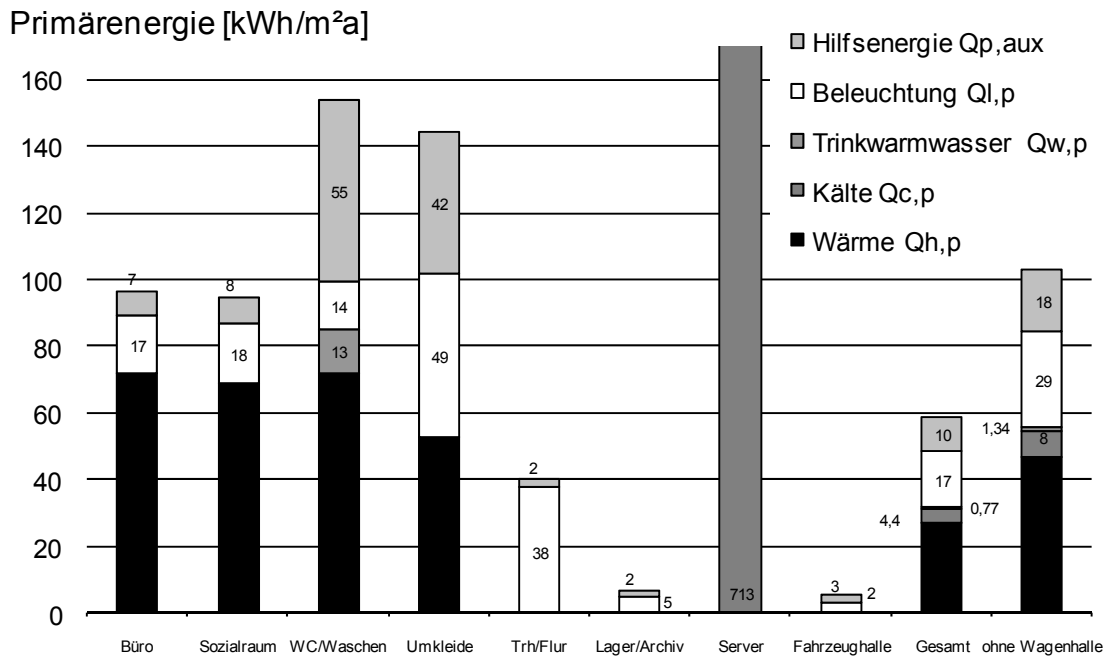
Zur Senkung des Energieverbrauchs auf ein Niveau von etwa  $100 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (Bilanzgrenzen gemäß DIN V 18599) und Verbesserung von Lufthygiene und Raumklima wurden im Rahmen einer intensiven Planung Variantenanalysen durchgeführt [Müller, 2007]. Die 2006 zur Ausführung gekommene Planung beinhaltet unter anderem das in Tabelle 1 aufgeführte Maßnahmenpaket.

**Tabelle 1:** Die Bestandteile der energetischen und raumklimatischen Sanierung

Wärmeschutz	Neue, vorgefertigte Holzleichtbaufassade mit Dämmstärken zwischen 16 und 24 cm und Kunststoff-Mehrfachstegplatten als Außenhaut Luftdichte und wärmebrückenarme Bauweise 2-fach Wärmeschutzglas bzw. Sonnenschutzglas ( $U_g=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) mit wärmegeprägten Abstandhaltern und Holzrahmen ( $U_w=1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ). Zusätzliche Dämmung von Flachdach und Decke zur Wagenhalle
Lüftung	Ventilator unterstützte Lüftung als Abluftanlage in den Bürobereichen. Die Luft strömt dezentral über akustisch bedämpfte Außenluftdurchlasselemente mit automatisch verstell- und verschließbaren Querschnitten nach (1-facher Luftwechsel, automatisch reduziert bei sehr niedrigen Außentemperaturen). Frostfreihaltung der gesamten Wagenhallen durch Einblasen der Abluft aus dem Bürotrakt in die Hallen (Abwärmenutzung). Somit entfallen die gesamte Heizungsinstallation sowie der Energieverbrauch infolge von Heizbetrieb, Zirkulation und Fehlbedienung in den Wagenhallen. Lüftung mit Wärmerückgewinnung für den gesamten Sozialtrakt (KVS).
Wärmeversorgung	Solar unterstützte Trinkwassererwärmung (Duschbetrieb mit ca. 1.000 l/d Warmwasserbedarf) durch eine 30 m <sup>2</sup> große Flachkollektoranlage Nacherwärmung und Raumheizung über einen Gas-Brennwertkessel.
Tageslicht und Beleuchtung	Optimierte Tageslichtnutzung über lichtumlenkende Lamellenjalousien (System Retrolux). Über die Höhe stufenlos angepasster Drehwinkel. Leuchten integrierte, tageslichtabhängige Kunstlichtregelung in den Büros.
Sommerliches Raumklima	Sonnenschutzverglasung (60/40) auf allen Fassaden ohne beweglichen Sonnenschutz (z.B. Nordseite) Ventilator unterstützte Nachtlüftung über regelbare Öffnungsquerschnitte der Außenluftdurchlasselemente in den Fassaden (2-facher-Luftwechsel) PCM Deckenverkleidung im Leichtbaugeschoss (2. OG) zur Erhöhung der Wärmekapazität bei hohen Temperaturen (BASF Micronal, Schmelzpunkt 24°C)
Gebäudeleittechnik	Zentrale Gebäudeleittechnik mit Einbindung sämtlicher TGA-Automatisierungsfunktionen auf der Basis von LON

#### 4. Energiebilanzierung gemäß DIN V 18599

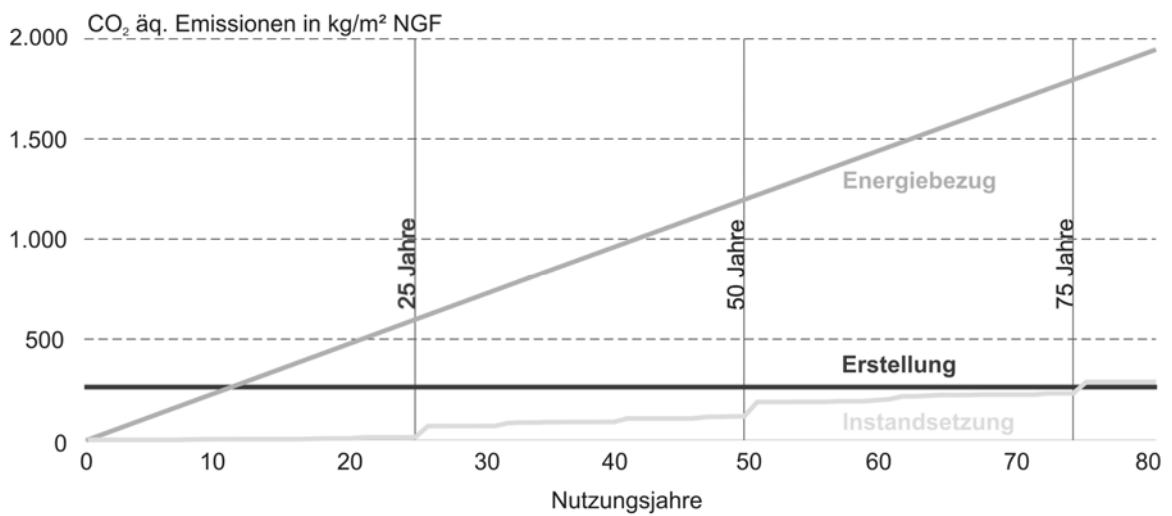
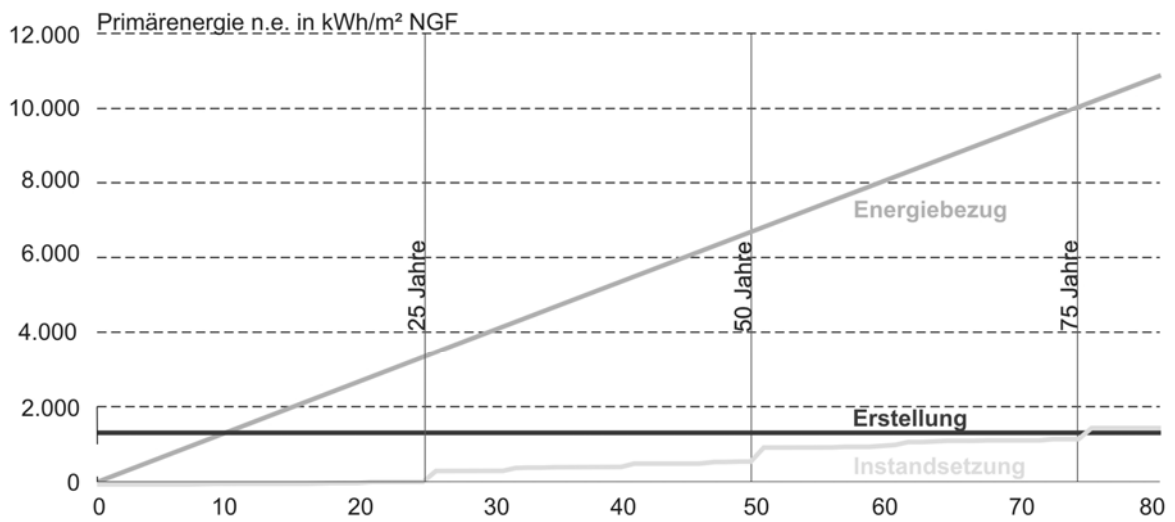
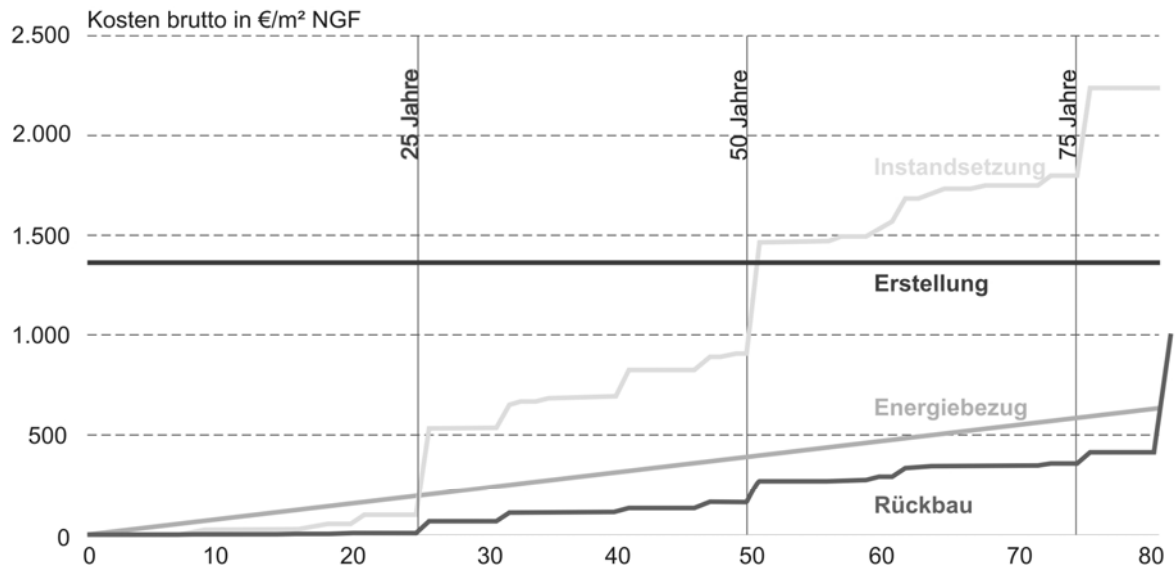
Bild 3 zeigt das Ergebnis der Bewertung der Planung gemäß DIN V 18599. Die Berechnung mit einem 7-Zonen-Modell weisen einen Primärenergiebedarf von etwas über 100 kWh/(m<sup>2</sup>a) aus. Der maximal zulässige Primärenergiebedarf gemäß Referenzgebäudeverfahren von 275 kWh/(m<sup>2</sup>a) (inkl. 40% Zuschlag für Bestandsgebäude) wird um mehr als 60% unterboten. Der berechnete Heizwärmebedarf in den verschiedenen Zonen liegt zwischen 35 und 50 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dass die Sozialräume trotz wesentlich höheren Luftwechselzahlen keinen höheren Wärmebedarf zeigen, liegt wesentlich an der dort installierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Neben der Raumheizung bleibt der Energiebezug für die Beleuchtung der auffälligste Posten der Energiebilanz.



**Bild 3:** Erwartete Energiekennwerte für das Gebäude als Berechnungsergebnisse nach DIN V 18599. Lässt man zur besseren Vergleichbarkeit den Bereich der Wagenhalle energetisch und flächenmäßig außer Betracht, beträgt der Gesamtenergiekennwerte etwa 100 kWh/(m<sup>2</sup>a). Quelle: [Riedl, 2006]

## 5. Ganzheitliche Nutzungsnutzungszyklusbilanzierung

Nach Abschluss der Planung erfolgte eine ganzheitliche Bilanzierung des Gebäudes und seiner Nutzung hinsichtlich Kosten, Primärenergiebezug und Klimagasemissionen über den gesamten Nutzungszyklus mit einem Datenbank- und Analysewerkzeug [Kugel, 2007]. Wie bereits zu Beginn der Planungsphase erarbeitet, zeigte sich die große monetäre und ökologische Bedeutung der Nutzung der bestehenden Bausubstanz gegenüber einem Abriss und Neubau: Durch Erhalt des Rohbaus konnten knapp  $\frac{1}{4}$  der Bauwerkskosten (KG 300/400) eingespart werden. Der Primärenergieinhalt des erhaltenen Rohbaus macht 45% der gesamten Herstellungsenergie aus. Bei den daraus ermittelten Klimagasemissionen sind es beachtliche 55%. Bild 4 zeigt die Ergebnisse der Betrachtung über den gesamten Nutzungszyklus von angenommen 80 Jahren: Während der Energiebezug nur 15% an den kumulierten Kosten ausmacht, dominiert er trotz energetischer Optimierung mit 80% den Primärenergiebedarf und die Emissionen. Vor allem die anhaltende Instandsetzung von Baukonstruktion und Technik dominiert die Kostenseite.

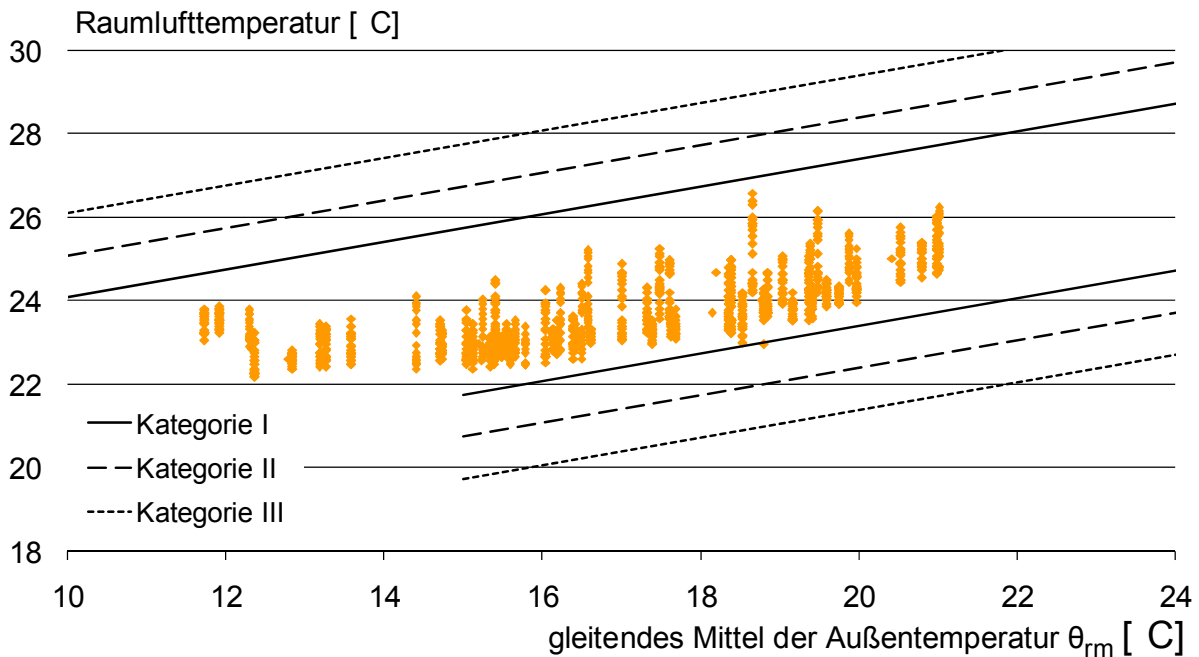


**Bild 4 (vorhergehende Seite):** Darstellung von Kosten (KG 300/400, brutto, ohne Kapitaldienste), Primärenergiebezug (nicht erneuerbarer Anteil, einschließlich nutzungsspezifischen Geräten) und äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen über eine Nutzungszeit von 80 Jahren. Der treppenartige Verlauf bei Betrachtung der Instandsetzung ist auf die typischen Erneuerungszyklen von baulichen und technischen Einrichtungen zurückzuführen. Alle Angaben beziehen sich auf die Nettogrundfläche. Quelle: [Kugel, 2007]

## **6. Sommerliches Raumklima – Erste Erfahrungen 2007**

Mit Förderung im Rahmen des Förderkonzepts EnOB Energieoptimiertes Bauen des BMWi (siehe auch [www.enob.info](http://www.enob.info)), erfolgte Anfang 2007 der Einbau einer umfangreichen Messtechnik zur Evaluierung des Gebäudes im Betrieb. Gegenstand sind sowohl energetische und raumklimatische Messungen, als auch Nutzerbefragungen und erweiterte ökonomische/ökologische Analysen. Hinsichtlich des raumklimatischen Verhaltens bestätigen erste Ergebnisse aus den Messungen in 20 Büroräumen im Zeitraum Mai bis Juli 2007 die Leistungsfähigkeit des gewählten Maßnahmenpakets (Bild 5). Die Auswertung der Meßergebnisse erfolgte auf der Basis der 2007 im Rahmen der DIN EN 15251 eingeführten Systematik der Komfortklassen für Gebäude ohne aktive Kühlung der Raumluft [DIN EN 15251]. Diese Komfortklassen basieren auf umfangreichen Nutzerbefragungen und berücksichtigen die Adaption der Temperaturempfindung bei steigenden Außentemperaturen [Voss, 2007]. Die Ergebnisse zeigen, dass die Anforderungen der besten Komfortklasse I eingehalten werden.

Dabei wurde das Potential der Nachtlüftung noch nicht vollständig ausgenutzt, da die planmäßigen Volumenströme noch nicht erreicht wurden. Bei Gebäuden mit einer Ventilator unterstützten Nachtlüftung ist die Luftdichtheit des gesamten Kanalnetzes sowie der Verbindungstüren zu Bereichen ohne planmäßige Nachtlüftung (Treppenhäuser) von hoher Bedeutung dafür, dass die Nachströmung in der dimensionierten Luftmenge auch tatsächlich über die Außenluftdurchlässe in den Fassaden erfolgt. Im vorliegenden Fall sind Nachbesserungen erforderlich. Weitere Untersuchungen konzentrieren sich auf das Mikroklima im unmittelbaren Umfeld der Außenluftdurchlasselemente der Fassaden sowie die Wirkung der PCM-Platten im Leichtbaugeschoss des Gebäudes (2. OG).



**Bild 5:** Darstellung der gemessenen Raumtemperaturen während der Nutzungszeit (Mo. bis Fr., 6:00 bis 18:00 Uhr, Mittelwerte aus 4 Räumen) über dem gleitenden Mittelwert der gemessenen Außentemperaturen nach DIN EN 15251 für die Räume an der Südfassade. Die Komfortklasse I wird immer eingehalten (entspricht 94 % Akzeptanz). Quelle: [Engelmann, 2007]

## 7. Zusammenfassung

Die intensive Planungsarbeit und die große Bereitschaft von Bauherren und Planern zur kritischen Variantenanalyse haben dazu beigetragen, eine ganzheitlich überzeugende Gebäudesanierung zu vertretbaren Kosten zu erstellen. Die Gesamtkosten betragen für 2.600 m<sup>2</sup> Bürofläche und Sozialräume sowie 2.000 m<sup>2</sup> Wagenhallen 3,78 Mio. €, bzw. 717 € pro m<sup>2</sup> BGF (Kostengruppen 300/400, brutto).

Vor allem das Maßnahmenpaket der passiven Kühlung ist auf die Sanierung vieler, insbesondere öffentlicher Gebäude übertragbar. Hierbei geht es immer wieder um die Fragestellung, wie wesentliche Verbesserungen beim sommerlichen Raumklima ohne Einbau einer aktiven Kühlung erreicht werden können [Voss, 2007], [Hoffmann, 2007]. Abluftanlagen mit dezentraler Nachströmung der Außenluft über Fassaden integrierte Außenluftdurchlässe leisten sowohl einen Beitrag zur sommerlichen Nachtlüftung (hoher Luftwechsel) als auch zur Verbesserung der Lufthygiene während der Arbeitszeit (geringer Luftwechsel).

## Referenzen

Die Planung des Gebäudes wurde von der DBU gefördert. Monitoring und Evaluierung durch die Bergische Universität Wuppertal sind Gegenstand eines Förderprojektes im Rahmen des BMWi Programms Energieoptimiertes Bauen EnOB, Teilkonzept EnSan, siehe: [www.enob.info](http://www.enob.info)

DIN EN 15251, Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik, 2007

Hoffmann, C.: Sanierung als zweite Chance, Dissertation, Universität Wuppertal, 2007

Kugel, D.: Lebenszyklusbetrachtungen als ökonomisches und ökologisches Einsparpotential in der Gebäudeplanung und –bewirtschaftung, Master Thesis, Bergische Universität Wuppertal, btga, 2007

Müller, M., et. al.: Ökologisch/ ökonomische Bewertung zweier Fassadenvarianten – Glasfassade versus Kunststofffassade - zur Sanierung eines Verwaltungsgebäudes der 1960-er Jahre, Schlussbericht DBU Projekt 22566, Wuppertal, 2007

Riedl, D.: Energieausweis nach DIN V 18599 für das REB Gebäude, Remscheid, Bergische Universität Wuppertal, btga, 2006

Engelmann, P.: Messung der sommerlichen Raumlufttemperaturen, Zwischenbericht, Bergische Universität Wuppertal, btga, 2007

Voss, K., Pfafferott, J.: Energieeinsparung contra Behaglichkeit?, Schriftenreihe des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung, Nr. 121, Bonn, 2007

## **Low Energy Commercial Building Retrofit with Application of Passive Cooling – The REB Office in Remscheid, Germany**

The paper describes the planning and initial experiences from the retrofit of a 4.600 m<sup>2</sup> commercial building from the 1960<sup>th</sup>. Starting from a total primary energy demand of about 440 kWh/(m<sup>2</sup>y), the set of renovation measures is suitable to limit the future energy demand to about 100 kWh/(m<sup>2</sup>y). Beside increased thermal insulation and the application of a solar thermal system, a major focus was the improvement of the thermal comfort in summer by means of so called passive cooling measures, such as efficient solar shading, use of thermal mass and fan assisted night ventilation. Initial experiences underline that the designed comfort conditions have been met. A life cycle cost and energy analysis has underlined the importance of a low energy demand on the one hand (ecology), and the design for low maintenance and retrofit costs on the other hand (economy) as key elements of a planning.