



## Gebäude sanieren – Entsorgungsbetrieb

Abb. 1



- ▶ Heizenergieverbrauch 60 kWh/m<sup>2</sup>a
- ▶ Hohe Zufriedenheit mit dem thermischen Komfort durch passive Kühlung
- ▶ Undichtigkeiten der Gebäudehülle sind ein kritischer Parameter für die gezielte sommerliche Nachtlüftung
- ▶ Die unterschiedliche Bauausführung prägt das thermische Verhalten der einzelnen Geschosse

Das sanierte Gebäude zeigt sich mit neuer Holzleichtbaufassade mit integrierter Dämmung und transluzenten Polycarbonat-Mehrfachstegplatten als Wetterschutz.

**E**ine besondere Herausforderung ist die Sanierung komplexer Gebäude mit unterschiedlichen Nutzungen. Bei diesem Vorhaben handelt es sich um ein Gebäude, das 1968 errichtet und seitdem von der Verwaltung sowie den Eigenbetrieben der Stadt Remscheid genutzt wurde. Nach einer Verwaltungsreform sollten ausschließlich die Remscheider Entsorgungsbetriebe mit Verwaltung und Fuhrpark die vorhandenen Räumlichkeiten beziehen. Dieser Zeitpunkt bot den Anlass, das in die Jahre gekommene Gebäude zu sanieren. Die Wünsche des Bauherrn sahen nicht nur die Beseitigung baulicher Mängel vor, es standen ebenfalls wesentliche Verbesserungen der Nutzungsqualität und des Erscheinungsbildes auf dem Programm. Zufriedene Nutzer sind heute ein wichtiges Qualitätsmerkmal von Bürogebäuden.

Der Bau wies erhebliche Mängel auf. Diese zeigten sich besonders an Fassaden, Dach, bei der technischen Gebäudeausrüstung und beim Brandschutz, so dass ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich war. Hinzu kamen strukturelle Mängel. Es fehlte ein behindertengerechter Ausbau mit Aufzug, für ein öffentliches Gebäude mit Publikumsverkehr nicht mehr zeitgemäß. Die lichte Raumhöhe im Treppenhaus betrug teilweise nur zwei Meter. Eine Machbarkeitsstudie zeigte, dass trotz der vielen Problemzonen eine Sanierung

gegenüber einem Abriss mit anschließendem Neubau wirtschaftlicher ist. Die Mehrkosten für ein neues Gebäude wurden mit ca. 40% beziffert, da die Entsorgung eines Stahlbeton-Skelettbaus hohe Kosten verursacht.

Ein Ziel der geplanten Maßnahmen war es, den Primärenergiebedarf von rund 440 kWh/m<sup>2</sup>a auf ca. 136 kWh/m<sup>2</sup>a zu senken und damit auch die Betriebskosten des Gebäudes deutlich zu reduzieren. Der Wärmebedarf lag mit über 370 kWh/m<sup>2</sup>a weit über den heutigen Anforderungen der EnEV. Ursachen des hohen Energieverbrauchs waren der sehr schlechte bauliche Zustand, der ganzjährig hohe Warmwasserbedarf für den Duschbetrieb sowie regelungstechnische Fehler.

Im Anschluss an die Sanierung wurde über zwei Jahre das energetische und raumklimatische Verhalten des Gebäudes bilanziert. Diese Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des Förderkonzeptes „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) gefördert. Außerdem fanden Nutzerbefragungen statt, mit deren Hilfe der Komfort am Arbeitsplatz untersucht wurde. Im Vorfeld des EnOB-Vorhabens wurde die ökonomische und ökologische Evaluierung unterschiedlicher Fassadenkonstruktionen mit Fördermitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) unterstützt.

## ► Das Gebäude

Das viergeschossige Gebäude ist als Stahlbeton-Skelettbau, mit einer für die 1960er Jahre typischen Fassade aus Betonfertigteilen, ausgeführt.

Die bereits bei der Erstellung vorgenommene Erweiterung um eine weitere Etage war aus statischen Gründen nur in Leichtbauweise möglich. Die beiden unteren Ebenen dienen als Wagenhalle für Müllfahrzeuge

und können aufgrund der Hanglage jeweils ebenerdig befahren werden. In den Obergeschossen befinden sich Sozialräume mit Duschen, der Trockenbereich und Büros, die durch ihre große Raume tiefe auf künstliche Beleuchtung angewiesen waren.

**Abb. 2: Ausgewählte Gebäudekennwerte**

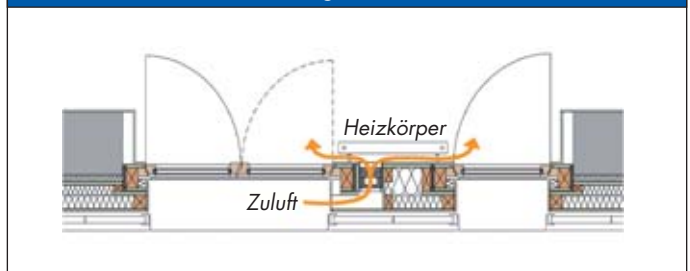
	Baujahr	Sanierung
	1968	2005/2006
Konstruktion	Stahlbeton-Skelettbau 2. OG in Leichtbauweise	
Bruttogrundfläche	5.310 m <sup>2</sup>	5.310 m <sup>2</sup>
Nettogrundfläche, beheizt	2.544 m <sup>2</sup>	2.543 m <sup>2</sup>
Verwaltungsbereich	1.580 m <sup>2</sup>	2.031 m <sup>2</sup>
Sozialbereich	-	512 m <sup>2</sup>
Nutzfläche nach EnEV	-	3.120 m <sup>2</sup>
Bruttorauminhalt	20.851 m <sup>3</sup>	20.851 m <sup>3</sup>
A/V	-	0,32 NGF, beheizt
U-Wert Fassade	-	0,16 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Fassade EG, Wagenhalle, Treppenhaus	-	1,2 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Fenster	-	1,4 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Dach	-	0,15 W/m <sup>2</sup> K

## ► Sanierungskonzept

**Abb. 3: Grundriss 1. OG mit neuer Raumaufteilung**



**Abb. 4: Wandaufbau mit Lüftungselement im Horizontalschnitt**



Der Haupteingang wechselte von der Südseite an die westliche Stirnseite. Die dahinterliegende Wagenhalle wurde teilweise zu einem kleinen Foyer umfunktioniert, an das sich ein Kundenzentrum anschließt. Ein neues Treppenhaus mit Aufzug wurde an das bestehende Gebäude gesetzt. In beiden Obergeschossen veränderte man den Grundriss, um die bislang 8 m tiefen Büroräume zu verkürzen und eine bessere Tageslichtversorgung zu ermöglichen. In der Mitte entstanden Bereiche für Kopierer, Teeküchen und Sanitärräume (Abb. 3).

Eine neue, vorgefertigte Holzleichtbaufassade aus großformatigen Tafeln (5 x 8 m) mit integrierter Dämmung und transluzenten Mehrfachstegplatten aus Polycarbonat als Wetterschutz, Fenster mit Wärmeschutzglas und eine zusätzliche Dämmung von Flachdach und Decke zur unbeheizten Wagenhalle bieten den nötigen Wärmeschutz.

### Außenluftdurchlasselemente

Dimensionierung, Bauweise, Anordnung und Steuerung der Außenluftdurchlasselemente (ALD) wurden detailliert untersucht. Das ALD ist raumweise ohne Ventilator und Zulufterwärmung ausgeführt, so dass die Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenraum den Antrieb für die nachströmende Luft bildet. In Remscheid war eine Druckdifferenz von 22 Pa dimensioniert, um das Nachströmen von 160 m<sup>3</sup>/h Zuluft über die ALD zu gewährleisten. Vorteil der passiven Elemente ist, dass keine Schallemissionen von Ventilatoren auftreten. Durch den Verzicht auf Ventilatoren kommen keine Luftfilter zum Einsatz. Somit sind die Elemente wartungsarm.

### Energiekonzept

Die Nutzung erfordert eine Aufteilung des Gebäudes in drei Bereiche: die nicht aktiv beheizte Wagenhalle, den Sozialbereich sowie den Verwaltungstrakt mit Büros. Hieraus ergeben sich besondere Anforderungen an das Energiekonzept bezüglich Raumtemperatur und Lüftungsmöglichkeiten der verschiedenen Zonen. Das Konzept sieht vor, dass die Büro- und Sozialräume über Radiatoren im Fassadenbereich beheizt werden. Die Belüftung erfolgt über passive Außenluftdurchlasselemente (ALD) und eine mechanische Abluftanlage. Beheizt wird das Gebäude über einen zentralen Gas-Brennwertkessel.

### Lüftung

Die Zuluft strömt dezentral über witterungsabhängig geregelte ALD in das Gebäude und sorgt für einen ausreichenden Luftwechsel in den Büros. Die Querschnitte der ALD sind verstell- bzw. verschließbar und während der Arbeitszeiten zur Hälfte geöffnet. Außerhalb der Betriebszeiten wird die Abluftanlage abgeschaltet – die Durchlasselemente sind geschlossen. Bei entsprechenden Außentemperaturen im Sommer können die ALD während der Nacht komplett geöffnet werden. Das automatische Schließen ist im winterlichen Betrieb außerhalb der Nutzungszeiten notwendig, da ansonsten Lüftungswärmeverluste auftreten würden.

Bevor die Abluft die gedämmte Hülle verlässt, erwärmt sie über Wärmetauscher die Zuluft der Erdgeschossbüros und die Sanitär- und Flurbereiche. Die mechanische Be-

**Abb.5: Realisierungskosten netto bezogen auf BGF nach DIN 277**

Baukonstruktion KG 300	480 Euro/m <sup>2</sup>
Technische Anlage KG 400	201 Euro/m <sup>2</sup>

lüftung soll hier verhindern, dass verunreinigte Luft durch Abgase der Großfahrzeuge in die Büros dringt. Die Wagenhalle wird bedarfsweise mit der Abluft aus dem Bürotrakt versorgt und so frostfrei gehalten. Somit kann dort komplett auf die Installation einer Heizung verzichtet werden.

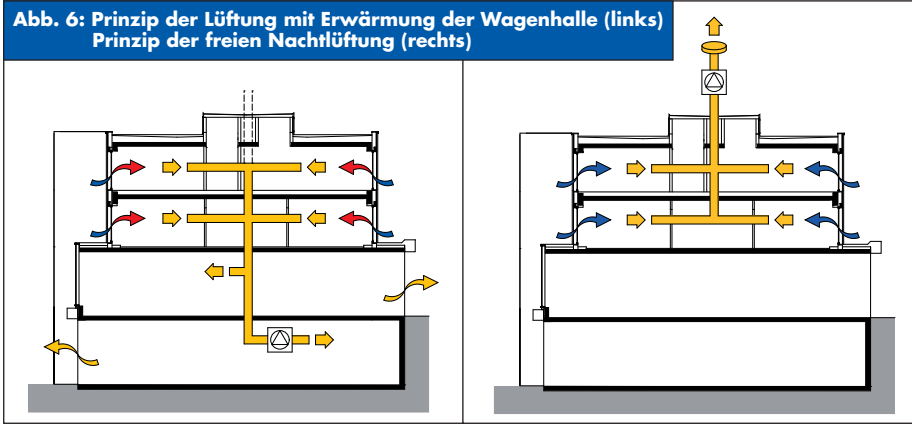
### Passive Kühlung

Ein Schwerpunkt bei diesem Projekt liegt auf der passiven Kühlung des Gebäudes mit Nachtlüftung. Voraussetzung ist, die Wärmelasten im Sommer so weit wie möglich zu reduzieren und die thermische Masse der Baukonstruktion nutzbar zu machen.

Ein außen liegender Sonnenschutz der nach Süden gerichteten Fenster sowie eine Sonnenschutzverglasung an der Nordfassade sind die Basis für niedrige Lasten im Sommer. Der Sonnenschutz ermöglicht durch seine Bauweise auch im geschlossenen Zustand eine ausreichende Tageslichtversorgung und Ausblicke der Nutzer. Das Kunstlicht wird tageslicht- und präsenzabhängig geregelt. Interne Lasten werden so reduziert.

Das massive Gebäude bietet ausreichende Speichermassen. Im 2. OG, das in Leichtbauweise ausgeführt wurde, sorgen Latentwärmespeicher (PCM) im Putz und in der abgehängten Decke für mehr Wärmekapazität. Im Zusammenspiel mit der automatisierten Nachtlüftung, die die in der Gebäu-

**Abb. 6: Prinzip der Lüftung mit Erwärmung der Wagenhalle (links) Prinzip der freien Nachlüftung (rechts)**



demasse tagsüber gespeicherte Wärme größtenteils wieder abführt, ist ein gutes sommerliches Gebäudeklima erreichbar. Ein ausreichender Luftwechsel erfordert nicht nur, dass die entsprechenden Luftmengen abgesaugt werden, sondern auch, dass sich in den Büroräumen ein hinreichender Unterdruck einstellt. Die Zuluft darf nur über die ALD nachströmen. Im Tagbetrieb ist ein einfacher Luftwechsel und im Falle der Nachlüftung ein zweifacher Luftwechsel vorgesehen.

## ► Betriebserfahrungen

**Abb. 7: Energiekennwerte (Endenergie) bezogen auf beheizte Nettogrundfläche**

	Vor Sanierung	Planung nach EnEV	Messwerte nach Sanierung	
			2008	2009
	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a
Heizwärmebedarf gesamt		50,7	95,4*	78,3*
Heizwärme	340		116,7*	94,2*
Primärenergie Wärme	374		121,8	98,3
Lüftung Büro (inkl. Nachlüftung)**	-		7,6	2,4
Lüftung Sozialtrakt**	-		79,5	67,4
Beleuchtung Büro	k. A.		3,8	3,9
Elektrische Hilfsenergie (Gebäude, Garagen)	k. A.		14,7	11,5
Primärenergie gesamt	ca. 440	136	191	144,6

\* Heizwärme witterungsbereinigt; \*\* Bezugsfläche = Funktionsfläche, Büro: 1.800 m<sup>2</sup>, Sozialtrakt: 500 m<sup>2</sup>

Anfang 2007 erfolgte der Einbau der Messtechnik, um das Gebäude im Betrieb zu evaluieren. Neben den energetischen und raumklimatischen Messungen wurde auch die Nutzerzufriedenheit erfasst.

Erste Ergebnisse zeigten einen über dem Planungswert liegenden Heizenergieverbrauch sowie einen hohen Strombedarf für die Lüftung der Büros und des Sozialtrakts. Hier befinden sich neben Aufenthaltsräumen auch die Duschen und Trockenräume der Arbeitskleidung. Der Abtransport feuchter Raumluft ist hier ein wesentlicher Faktor für gute Luftqualität, so dass hohe Luftwechselraten notwendig sind. Diese waren zunächst nicht an Nutzungszeiten gekoppelt. Hier erfolgte eine entsprechende Anpassung. Ebenfalls wurde der Luftwechsel in den Büroräumen von einem einfachen Luftwechsel auf 0,6 h<sup>-1</sup> reduziert. Der Stromverbrauch für die Lüfter ist daraufhin deutlich zurückgegangen. Messungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration bestätigten eine gute Luftqualität.

### Komfort im Sommer

Trotz Schwierigkeiten bei der Nachlüftung zeigt sich die Wirksamkeit des umgesetzten Konzeptes für den sommerlichen Wärmeschutz. Sowohl die Auswertung von Messdaten als auch Ergebnisse von Nutzerbefragungen bestätigen einen guten Komfort. Das Potenzial der Nachlüftung war nicht vollständig nutzbar, da die geplanten Luftvolumenströme von 160 m<sup>3</sup>/h über die Außenluftdurchlässe nicht erreicht wurden. Blower-Door-Messungen zeigten u. a. Un-

dichtigkeiten bei Brandschutztüren zum unbeheizten Treppenhaus und den Installationsschächten auf. Diese führten dazu, dass der für einen zweifachen Luftwechsel nötige Unterdruck von 22 Pa in den Büroräumen im Vergleich zum Außenraum nicht zustande kam. Dann strömt bei einem gemessenen Abluftvolumenstrom im Büro von 160 m<sup>3</sup>/h anteilig Luft aus anderen Bereichen des Gebäudes nach, z. B. über das Treppenhaus und verringert die Wirksamkeit der Nachlüftung. Die Undichtigkeiten wurden größtenteils behoben. Trotzdem konnten bei Stichproben nur Druckdifferenzen von 14/15 Pa erreicht werden.

Das sommerliche Verhalten des Gebäudes lässt sich je nach Geschoss unterschiedlich bewerten. Prozentual wird im Erdgeschoss die Komfortklasse 1 am häufigsten überschritten. Gründe hierfür sind höhere Solarerträge durch größere transparente Flächen der Nordbüros und der geringere

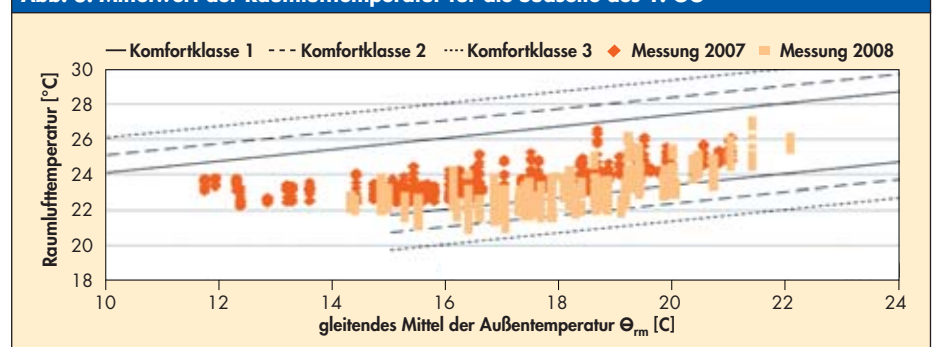
### Komfortkriterien

Bei der Auslegung der passiven Kühlung wurden als Komfortkriterien die Grenzwerte der 2005 noch gültigen DIN 1946-2 herangezogen. Diese definieren in Abhängigkeit von der Außentemperatur einen bestimmten „Behaglichkeitsbereich“.

Zur Beurteilung des thermischen Komforts bei der Auswertung der Messdaten wurde die 2007 eingeführte Europäische Norm EN 15251 als Maßstab herangezogen. Hier wird als Außentemperaturbezug ein gleitender Mittelwert genutzt. Dieser Ansatz setzt voraus, dass keine aktive Kühlung erfolgt und der Nutzer an seinem Arbeitsplatz direkten Einfluss auf Lüftung und Sonnenschutz hat und sich in gewissen Grenzen in Bezug auf Kleidung an die Temperaturen anpasst. Es werden drei Komfortklassen definiert, die in Abhängigkeit von der Außentemperatur eine Aussage über die Nutzerakzeptanz der entsprechenden Raumtemperaturen geben.

Wärmeschutz. Im 1. OG werden die Komforttemperaturen weitgehend eingehalten (Abb. 8). Solare Einträge können durch den Sonnenschutz wirksam reduziert werden. Im 2. OG macht sich der Leichtbaucharakter bemerkbar. Die PCM-Elemente müssen die eingespeicherte Wärme nachts wieder abgeben. Ansonsten fehlt am folgenden Tag der Puffer und die Innentemperaturen steigen schnell an. Die Ergebnisse aus 2008 zeigen, dass bis auf wenige Ausnahmen keine Probleme mit überhöhten Innenraumtemperaturen auftraten. Der Sommer 2008 wies allerdings nur wenige Zeiträume mit hohen Außentemperaturen auf.

**Abb. 8: Mittelwert der Raumlufttemperatur für die Südseite des 1. OG**



## Fazit

Das Gebäude in Remscheid hat architektonisch und funktional durch die Sanierung gewonnen. Die intensive Planung und das Engagement von Bauherren und Planern hat dazu beigetragen, eine ganzheitliche Gebäudesanierung zu vertretbaren Kosten durchzuführen. Die erreichten Energiekennwerte sind angesichts der hohen Werte vor der Sanierung ein gutes Ergebnis, mit Blick auf die angestrebten Ziele allerdings weiter verbesserungswürdig.

Die Planung eines Verwaltungsgebäudes mit integriertem Sozialtrakt, der Duschen und Trockenräume beherbergt, stellt besondere Anforderungen an die energetische Bilanzierung. Standardmäßig kann ein entsprechendes Gebäude wie das in Remscheid noch nicht über die DIN V 18599 abgebildet werden. Somit waren spezielle Nebenerrechnungen notwendig, die die besonderen Verhältnisse berücksichtigen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von Planungswerkzeugen jenseits normativer Berechnungsverfahren bei der Durchführung von innovativen Projekten.

Nach Bezug des Gebäudes zeigte sich, dass der geplante einfache Luftwechsel für die Büros zu hoch war. Im Winter äußerten sich die Nutzer unzufrieden über trockene Luft. Nach Reduktion des Luftwechsels bestätigten die Messungen höhere Feuchtewerte. Messungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration zeigten, dass die Luftqualität auch bei einem 0,6-fachen Luftwechsel ausreichend ist. Insgesamt wies das Gebäude einen zu hohen Lüfterstromverbrauch auf. Es stellte sich heraus, dass der Dusch- und Trockenbereich – auch außerhalb der Nutzungszeiten – mit einem bis zu 15-fachen Luftwechsel durchströmt wurde. Durch Anpassungen an die Arbeitszeiten konnte der Lüfterstrom 2009 gegenüber 2008 um ca. 70% reduziert werden. Ohne konsequente Betriebsüberwachung gehen solche Einsparpotenziale verloren.

Das Konzept der passiven Kühlung über Außenluftdurchlasselemente hat sich grundsätzlich bewährt. Es setzt jedoch voraus, dass der Luftdichtheit des Gebäudes sowie einzelner Zonen im Gebäude zueinander sehr große Aufmerksamkeit gewidmet wird. Die Dichtheit ist notwendig, damit planmäßig dimensionierte Volumenströme an den Durchlasselementen auch in der Praxis erreicht werden. Häufig wird nicht bedacht, dass eine Brandschutztür nicht automatisch luftdicht ist und somit Luft aus anderen Gebäudebereichen nachströmt, anstatt direkt von außen. Die während der Nachtlüftung notwendige Druckdifferenz zwischen Büro und Außenraum konnte bisher nicht erreicht werden. Wichtig ist auch, dass Außenluftdurchlasselemente im Winter außerhalb der Betriebszeit automatisch und dicht schließen.

### PROJEKTADRESSEN

#### Bauherr

- Stadt Remscheid  
Remscheider Entsorgungsbetriebe  
Michael Zirngiebl  
Nordstraße 48  
42853 Remscheid

#### Architektur/Planung

- Architektur Contor Müller Schlüter  
Prof. Christian Schlüter, Michael Müller  
Hofaue 55  
42103 Wuppertal  
www.acms-architekten.de

#### Technische Gebäudeausrüstung

- IfI Ingenieurbüro  
F. Lucas  
Am Blattersberg 28-30  
42899 Remscheid

#### Forschung/Evaluierung

- Bergische Universität Wuppertal  
Bauphysik und Technische  
Gebäudeausrüstung  
Fachbereich Architektur  
Prof. Dr. Ing. Karsten Voss  
Peter Engelmann, Eike Musall  
Haspeler Straße 2  
42285 Wuppertal  
www.btga.uni-wuppertal.de

### ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

#### Internet

- www.enob.info

#### Literatur

- Voss, K.; Engelmann, P.; Musall, E.:  
Energieoptimiertes Bauen: Demonstrations-  
vorhaben. Sanierung eines Bürogebäudes  
der 60er Jahre zu einem Niedrigenergiehaus.  
Schlussbericht. Bergische Universität Wuppertal.  
Lehrgebiet Bauphysik und Technische  
Gebäudeausrüstung (b+tga) (Hrsg.).  
Juli 2010. 108 S., FKZ 0329750X
- Voss, K.; Hans, O.; Wagner, A. u. a.:  
Ergebnisbericht über die Anwendung des  
Nachweisverfahrens nach DIN V 18599 an  
acht ausgewählten EnOB-Demoprojekten.  
2010. 39 S., download:  
www.enob.info/de/publikationen/

#### Abbildungsnachweis

- Abb. 1, Hintergrundbild S. 1 und S. 4:  
Thomas Riehle, Bergisch-Gladbach
- Abb. 3, 4, 6: Architektur Contor Müller  
Schlüter, Wuppertal
- Abb. 8: Peter Engelmann

#### Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-  
Dokument unter www.bine.info im Bereich  
Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik  
„Service“ finden Sie ergänzende Informationen  
wie weitere Projektadressen und Links.

### PROJEKTORGANISATION

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Markus Kratz  
52425 Jülich

Förderkennzeichen  
0329750X

### IMPRESSUM

ISSN  
0937 – 8367

Version in Englisch  
Das Dokument finden Sie unter [www.bine.info](http://www.bine.info).

Herausgeber  
FIZ Karlsruhe  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Urheberrecht  
Eine Verwendung von Text und Abbildungen  
aus dieser Publikation ist nur mit Zustimmung der  
BINE-Redaktion gestattet. Sprechen Sie uns an.

Autorin  
Micaela Münter

### BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet  
zu Energieeffizienztechnologien und  
Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter  
[www.bine.info](http://www.bine.info) und per Newsletter  
zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute  
Forschungsideen in der Praxis bewähren.

#### Kontakt

Haben Sie Fragen zu diesem **projektinfo**?  
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel. 0228 92379-44

 **BINE**  
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn  
Kaiserstraße 185 – 197  
53113 Bonn

[kontakt@bine.info](mailto:kontakt@bine.info)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages