



**BINE**

Informationsdienst

projektinfo 05/05

## Forschen - energetisch optimiert

- ▶ Heizenergieverbrauch nur 24,7 kWh/m<sup>2</sup>a
- ▶ Bodenplattenwärmetauscher arbeitet energieeffizient
- ▶ Hohe Behaglichkeit bei großem Fensterflächenanteil
- ▶ Unterdeckung des mechanisch geförderten Lüftungsvolumenstroms möglich

Abb 1



West-Ansicht: Der Neubau ist an eine ehemalige Maschinenfabrik angebaut, die vom Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung der Universität Kassel genutzt wird (Foto: Constantin Meyer)

**B**ürogebäude benötigen sehr viel weniger Heizwärme als Wohnbauten. Die vielen elektrischen Geräte geben Wärme ab und die Belegungsdichte ist höher. Außerdem können weitgehend verglaste Fassaden die solaren Gewinne vergrößern. Die Vorteile hinsichtlich des Energieverbrauchs im Winter stören jedoch im Sommerbetrieb, denn dann ist das Überhitzungsrisiko groß. Ein effektiver, möglichst außen liegender Sonnenschutz sowie eine hohe Wärmespeicherfähigkeit der Konstruktion in Verbindung mit einer intensiven Nachtlüftung können dieses Problem lösen. Zur weiteren Steigerung der Behaglichkeit kann das System der Bauteilaktivierung energieeffizient beitragen: Es kann unabhängig von Lüftungsanlagen sowohl kühlen als auch heizen. Die Methode folgt dem Prinzip der Fußbodenheizung, über die Wärme abgeführt bzw. abgegeben wird. Auf Grund der großen wärmeübertragenden Fläche genügen bereits geringe Systemtemperaturdifferenzen, was eine effiziente Einbindung von Umweltwärme (Grundwasser, Erdreich) ermöglicht. Der Einsatz und die Analyse der Bauteilaktivierung waren ein zentrales Anliegen beim Neubau des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen (ZUB). Das ZUB bildet als unabhängige, universitätsnahe Einrichtung zu-

sammen mit den Fachgebieten Bauphysik, Technische Gebäudeausrüstung und Experimentelles Bauen an der Universität Kassel einen Forschungsschwerpunkt. Das Gebäude dient dem Verein nicht nur als Standort, sondern gleichzeitig auch als Vorführobjekt. Die dort tätigen Forscher waren an der Planung beteiligt.

Energetische Planungsziele beim Neubau waren: ein Heizwärmebedarf von weniger als 25 kWh/m<sup>2</sup>a, weitgehend natürliche Belüftung und Belichtung der Räume, ein gutes sommerliches Raumklima sowie die passive Nutzung von Solarenergie. Gleichzeitig sollte ein behagliches, komfortables Arbeitsumfeld für die Nutzer entstehen. Bei der Planung des Gebäudes wurde Wert auf ein gutes Zusammenspiel der Baukonstruktion und der Anlagentechnik gelegt. Dadurch konnten natürliche Effekte für den Betrieb genutzt und die Technik auf ein Minimum reduziert werden.

Im April 2001 wurde das ZUB eröffnet. Die energetische Optimierung, Vermessung und Dokumentation des Demonstrationsgebäudes wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) im Förderkonzept „SolarBau“ gefördert und Mitte 2004 abgeschlossen.

## ► Gebäudekonzept

Das Grundstück erlaubt eine reine Südausrichtung des Neubaus. Auf der Nordseite schließt er an die Brandwand eines Universitätsgebäudes an, wodurch dort die winterlichen Wärmeverluste entfallen.

Im Erdgeschoss befindet sich ein Veranstaltungsbereich mit Vortragssaal und Foyer, im 1. und 2. OG liegen Büro- und Besprechungsräume. Ein Experimentalbereich ist im Ostteil des Gebäudes untergebracht. Im Keller liegen haustechnische Anlagen sowie Lager- bzw. Werkstatträume.

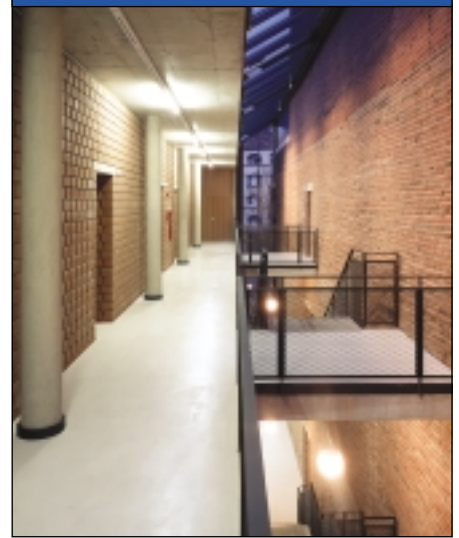
Die vorgehängte Pfosten-Riegel-Fassade aus Holz/Aluminium auf der Südseite ist raumhoch verglast. Das 3-Scheiben-Wärmeschutzglas ( $U=0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g=42\%$ ) ist mit einem außen liegenden Sonnenschutz kombiniert. Vor den Stirnseiten der Decken befinden sich Vakuumdämmpaneele. Ost- und Westseite sind Lochfassaden aus Stahlbeton mit einem 30 cm starken Wärme-

dämmverbundsystem ( $U=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Decken und Stahlbetonstützen sind größtenteils in Sichtbeton ausgeführt.

Eine Aluminium-Glas-Konstruktion entlang der Brandwand setzt den neuen Massivbau vom Bestand ab. In dem darunter liegenden, über alle Geschosse offenen Raum sind Treppen und Erschließungswege untergebracht. Eine nicht tragende, zweischalige Wand aus ungebrannten Lehmsteinen trennt die Büroräume von den Erschließungsflächen. In ihrem Zwischenraum liegen die Versorgungsleitungen.

Der Neubau richtet seine Geschosshöhen nach dem Altbau. Verbindungstüren auf allen Ebenen erlauben es, dessen Toiletten, Aufzüge und Fluchttreppenhaus zu nutzen. Aufgrund vieler Fluchtmöglichkeiten und eines dichten Netzes von Rauchsensoren konnte auf eine Sprinkleranlage verzichtet werden.

**Abb 2: Blick ins Treppenhaus: rechts die restaurierte Wand, links die neue Lehmbauwand (Foto: Constantin Meyer)**



**Abb 3: Gebäudesteckbrief**

<b>Bauherr / Nutzer</b>	Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V., Kassel
<b>Standort</b>	Universitätscampus Kassel
<b>Planungs- und Ausführungszeitraum</b>	1998 erster Workshop, April 2001 Fertigstellung
<b>Baukonstruktion</b>	Stahlbeton-Skelettbau, Lochfassade (Stahlbeton mit WDVS) bzw. Pfosten-Riegel-Konstruktion
<b>Nettogrundfläche, beheizt</b>	1.347 m <sup>2</sup>
<b>Bruttorauminhalt nach DIN 277</b>	6.882 m <sup>3</sup>
<b>A/V-Verhältnis</b>	0,34 m <sup>-1</sup>

## ► Heizung und Kühlung

Zur Beheizung und Kühlung werden ausschließlich Flächensysteme eingesetzt, mit Ausnahme von Radiatoren im Sanitärbereich. Alle Geschossdecken haben eine konventionelle Fußbodenheizung. Zusätzlich sind auf der unteren Bewehrung Rohre für eine Bauteilaktivierung verlegt. Dies bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Betriebsweisen messtechnisch auszuwerten. Estrich- und Deckensystem werden über getrennte Hauptstränge versorgt, können aber auch zu einem System kombiniert werden. Die

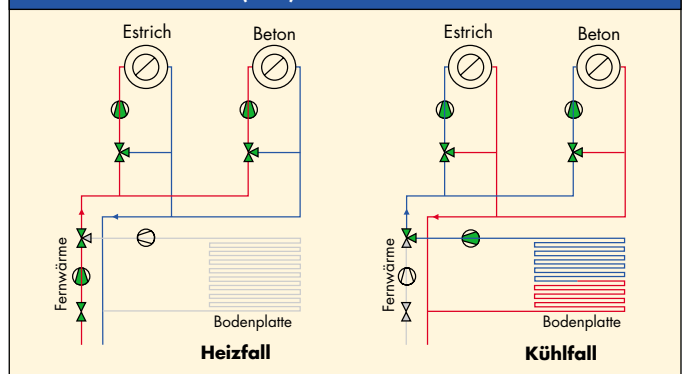
Regelung des Massenstroms bestimmt die Energieabgabe an die einzelnen Räume. Dafür bestehen zwei verschiedene Möglichkeiten: entweder über die Raumtemperatur, dabei kann der Nutzer den Sollwert um  $\pm 2 \text{ K}$  verstellen, oder über die Rücklauf-temperatur.

Eine Besonderheit bildet der so genannte Bodenplattenwärmetauscher. Dazu ist die Bodenplatte auf ihrer Oberseite wärmege-dämmt und wie bei der Bauteilaktivierung sind Rohrregister durch den Beton gelegt. Im

Sommer wird so die über die Bauteilkühlung abgeführte Wärme aus dem Gebäude an das Erdreich abgegeben. Zwar zeigt sich eine gewisse Erschöpfung des Kältereservoirs, welches sich aber über den Winter wieder regeneriert. Die nutzbare Kälteleistung hängt stark von den Temperatur- und Grundwasser-Verhältnissen im Erdreich ab.

Die Heizwärme liefert die Fernwärme-übergabestation im angrenzenden Altbau.

**Abb 4: Schematische Darstellung der Heizkreise für den Heiz- sowie Kühlfall (ZUB)**



## ► Tageslicht und Beleuchtung

Alle Büros und Besprechungsräume liegen an der Südfassade. Raumtiefen von 4,6 m und fassadenfüllende Fensterelemente mit einer Höhe von 3,4 m (Lichttransmission 64%) lassen viel Tageslicht in die Zimmer. Ein aufgedrucktes Punktraster senkt die Lichttransmission der Brüstungsverglasung um ca. 34% und beeinflusst dabei den Gesamtenergie-durchlassgrad (g-Wert) nur gering. Als Sonnen- und Blendschutz dient eine außen ange-brachte Jalousie. Für Vergleichsmessungen

lassen sich in zwei Räumen die Lamellen im Oberlicht- und im Fensterbereich unabhän-gig einstellen, so dass ihre reflektierende Ober-fläche das Licht tief in den Raum lenken kann. Die Büros sind mit den minimal empfohlenen zwei einlampigen Leuchtenreihen ausgestat-tet, die einen Wert von 300 lx (bezogen auf die Arbeitsebene) erreichen. Jeweils vier Raster-leuchten mit hohem Indirektanteil sind von der Decke abgehängt. Zusätzlich wurde eine Einzelplatzbeleuchtung für jeden Arbeitsplatz

vorgesehen. Das Kunstlicht wird abhängig vom Tageslichtangebot geregelt.

Die Ausstellungflächen im Treppenhaus erhalten durch das Glasdach viel Tageslicht, zusätzlich sind Leuchtstoffröhren und Einzel-leuchten installiert. Im Vortragssaal und im Foyer sind außerdem getrennt geschaltete Halogenspots vorhanden. Auch der Experi-mentalbereich wird über Leuchtstoffröhren beleuchtet. Zur Erhöhung der Innenreflexion ist der Fußboden hell gehalten.

## ► Lüftung

Die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist auf einen maximalen Volumenstrom von 4.000 m<sup>3</sup>/h ausgelegt und wird nach der Luftqualität (VOC) geregelt. Sie umfasst zwei getrennte Lüftungsbereiche (Vortragssaal und Bürobereich), die entweder parallel oder alternativ betrieben werden können. Die jeweils benötigten Volumenströme können bewusst nicht gleichzeitig hergestellt werden. Die Auslegung auf niedrige Luftwechselraten ist nur möglich, da im gesamten Gebäude Rauchverbot herrscht und die Innenausstattung selbst wenig Luftverunreinigungen produziert.

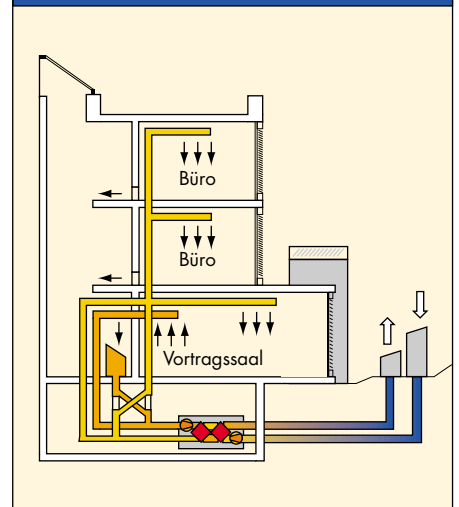
Der Vortragssaal hat bei der Luftversorgung Priorität. Reicht der Volumenstrom für den Bürobereich nicht aus, muss hier zusätzlich über die Fenster gelüftet werden. Im Sommer ist für die Büros ohnehin Fensterlüftung vorgesehen.

Zur Luftführung wird das Atrium zwischen Alt- und Neubau genutzt. Die Zuluft wird über ein Kanalsystem in die Büros eingeblasen, strömt über spezielle Lüftungsöffnungen in den Türleibungen über das Atrium in den Keller und wird dort abgesaugt. Die Luftrichtung lässt sich zu Forschungszwecken umkehren, so dass das kanalgeführte Zuluftsystem zum Abluftsystem wird.

Das umgesetzte offene Lüftungskonzept mit Wärmerückgewinnung ist nur mit einer dichten Gebäudehülle sinnvoll, die das Gebäude laut eines Blower-door-Tests mit  $n_{50}=1,0 \text{ h}^{-1}$  erfüllt.

Im Winter wird die Zuluft über die Wärmerückgewinnung erwärmt. Im Sommer kann das Gebäude mit maximalem Volumenstrom mit kühler Nachtluft durchspült werden.

Abb 5: Schnitt Nord-Süd mit Lüftungsschema (ZUB)



in der Baukonstruktion, im thermisch trägeren Betondeckensystem, nötig ist. Der Bodenplattenwärmetauscher erreichte dabei eine Leistungszahl für die Kälteerzeugung (Verhältnis zwischen der erzielten Kälteleistung und der aufgewendeten elektrischen Energie) von ca. 23, im Vergleich zu ca. 3,5 bei konventioneller Kälteerzeugung.

Die über die Heizperioden gemittelte Büroraumtemperatur ist aufgrund der solaren Strahlung über die Südfassade mit rund 22°C hoch. Dagegen blieben die Übertemperaturgradstunden, ein Maß für die sommerliche Überhitzung von Innenräumen, auch im Jahrhundertssommer 2003 mit im Mittel 145 Kh/a relativ gering. Es herrschten also nur in ca. 4% der Jahresnutzungsdauer Innenraumtemperaturen über 26°C.

Das umgesetzte Lüftungskonzept, das im Winterbetrieb eine mechanische Lüftung und im Sommer die Fensterlüftung vorsieht, hat sich während der gemessenen Betriebsjahre bewährt. Im Vortragssaal konnten mit Hilfe der Lüftungsanlage bei voller Belegung die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte teilweise nicht eingehalten werden, was sich jedoch in der Praxis als unproblematisch erwiesen hat. Die Büros wurden allerdings im Winter nicht ausreichend über Fenster gelüftet, wenn die Lüftungsanlage nicht zur Verfügung stand.



Abb 6: Bauwerkskosten\*

Baukonstruktion (KG 300)	768,5 €/m <sup>2</sup>
Technische Anlagen (KG 400)	300,6 €/m <sup>2</sup>

\*gemäß DIN 276 nach Kostenfeststellung bezogen auf die Nettogrundfläche nach DIN 277

## ► Betriebserfahrungen

Der Endenergieverbrauch für die Beheizung liegt mit 30,7 kWh/m<sup>2</sup>a (2002) und 24,7 kWh/m<sup>2</sup>a (2003) dicht am berechneten Bedarf und zugleich weit unter den Vorgaben des Förderkonzepts. Als Stromverbrauch für Haustechnik, Beleuchtung und Arbeitsmittel wurden im Jahr 2002 21,6 kWh/m<sup>2</sup>a gemessen, im Jahr 2003 18,7 kWh/m<sup>2</sup>a. Davon macht das Kunstlicht im Durchschnitt 3,5 kWh/m<sup>2</sup>a aus. Die tageslichtabhängige Kunstlichtsteuerung und die bedarfsgeregelte Lüftung führten gegenüber Standardbetriebsweisen zu hohen Einsparungen. Bei der Büroausstattung machen vor allem die Verwendung von LCD-Moni-

toren und die geringe Anzahl von Druckern den niedrigen Verbrauch aus.

Mit Hilfe der Flächensysteme (Fußbodenheizung und Deckensystem) wurden Heizleistungen von bis zu 80 W/m<sup>2</sup> und Kühlleistungen von bis zu 40 W/m<sup>2</sup> erreicht. Im ersten Winter wurden Fußboden- und Betonsystem parallel betrieben, in der zweiten Heizperiode wurde ausschließlich über das Fußbodensystem geheizt. Weder Energieverbrauch noch thermische Behaglichkeit änderten sich dadurch. Gekühlt wurden die Räume ausschließlich über das Fußbodensystem, da das Erdreich als Speicher zur Verfügung steht und kein zusätzlicher Speicher

## ► Energiekonzept: Systemkomponenten

System	Komponenten	Details
<b>Heizung / Kühlung</b>	Fernwärme	Anbindung im Altbau
	Bauteilaktivierung Stahlbetondecke	PE-Rohr auf unterer Bewehrung, Nennweite 25 mm, Verlegeabstand 15 cm, Nennmassenstrom 4.500 kg/h
	Bauteilaktivierung Estrich (Fußbodenheizung)	Verlegung im Estrich, 2 cm Trittschalldämmung zum Bauteil, sonst s.o.
	Bodenplattenwärmetauscher	PE-Rohr in Bodenplatte
<b>Lüftung</b>	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	Luftvolumenstrom max. 4.000 m <sup>3</sup> /h 2 getrennte Lüftungsbereiche, 2 Kreuzstromplattenwärmetauscher
	manuelle Fensterlüftung	Büroräume, v. a. im Sommer
	Nachtlüftung	manuell über Fenster und geöffnete Dachklappen im Treppenhaus
<b>Belichtung</b>	natürliche Belichtung	durch Raumzuschnitt und hohen Verglasungsanteil optimiert
	Sonnen- und Blendschutz	außenliegende Jalousie, z. T. zweigeteilt
	Kunstlicht	Büros: Rasterleuchten mit hohem Indirektanteil zusätzlich Einzelplatzbeleuchtung
<b>Regelung</b>	Gebäudeautomation	Lüftung: Mischgasregelung (CO <sub>2</sub> und VOC), Heizung: Einzelraumregelung (Raumtemperatur oder Rücklufttemperatur), Kühlung
	Beleuchtung	tageslichtgeführte, präsenzabhängige Regelung
	Sonnenschutz	manuell, zentral schließ- und offenbar
<b>Warmwasserbereitung</b>	Untertischgeräte (elektr.)	3 Zapfstellen

## Fazit

Selten wird es für einen Neubau so gute Ausgangsbedingungen geben, wie in diesem Fall: die Möglichkeit, die Nordfassade an ein bestehendes Gebäude anzubauen und dessen Infrastruktur mitzunutzen und gleichzeitig auf der Südfassade die solaren Gewinne einstreichen zu können. Dazu noch engagierte Bauherren und Planer, die alle an einem Strang ziehen, da sie das Gebäude selbst nutzen. Aber aus den Betriebserfahrungen lassen sich auch für andere Gebäude Schlussfolgerungen ziehen.

Die großflächige Wärmeschutzverglasung nach Süden hin hat sich in Verbindung mit einem effektiven Sonnenschutz als vorteilhaft erwiesen, so können im Winter die solaren Gewinne genutzt und im Sommer kann trotzdem eine Überhitzung vermieden werden. Gleichzeitig werden die dahinter liegenden Büros optimal mit Tageslicht versorgt.

Für Heizung und Kühlung wird man bei anderen Neubauten in der Regel nicht gleichzeitig Fußbodenheizung und Bauteilaktivierung einsetzen, im Zentrum für Umweltbewusstes Bauen dient dies vor allem Experimentierzwecken. Das System der Bauteilaktivierung hat sich dabei grundsätzlich bewährt, wenn es auch von einigen Nutzern als zu träge empfunden wird.

Der Einsatz einer Bodenplattenkonditionierung ist kostengünstig und insbesondere dann sinnvoll, wenn durch weitere Maßnahmen die internen und externen Lasten beschränkt werden können. Dabei spielt die Größe der Bodenplatte im Verhältnis zu den zu kühlenden Flächen eine wichtige Rolle. Schwierig ist die Vorhersage, mit welcher Kälteversorgung aus dem Erdreich gerechnet werden kann. Sobald das Erdreich als Kältespeicher zur Verfügung steht, kann die Kühlung über den Estrich erfolgen, denn es wird kein weiterer Speicher benötigt. Führt jedoch ein Rückkühlwerk nachts die Wärme ab, ist es sinnvoll, die Kälte in der Betondecke zu speichern.

Die Auslegung der Lüftungsanlage für die Lüftungsbereiche Vortragsaal und Büroräume nicht nach dem Maximalprinzip hat energetisch, aber auch in Bezug auf die Kosten viel gebracht und bei der Luftqualität wenig Probleme bereitet. Dass Büroräume deshalb auch im Winter kurzzeitig über Fenster gelüftet werden müssen, war für die Planer akzeptabel.

Der im Förderkonzept angestrebte Grenzwert von 70 kWh/m<sup>2</sup>a für die Summe aus Nutzenergie für die Beheizung und elektrischer Energie für die technische Gebäudeausrüstung konnte bei dem Gebäude mit 42 kWh/m<sup>2</sup>a (2002) und 31,7 kWh/m<sup>2</sup>a (2003) weit unterschritten werden. Dazu trugen die gute Wärmedämmung, die hohen Solarenergiegewinne über die Fassade und die effiziente Lüftungsanlage bei. Es machte sich auch bezahlt, bei der Ausstattung der Büros auf energieeffiziente Geräte bzw. Beleuchtungsregelung zu achten.

Für die Mitarbeiter des ZUB konnte während der Messperiode mit den eingesetzten Mitteln zu jeder Zeit ein behagliches Raumklima erreicht werden.

## PROJEKTORGANISATION

### Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich (PTJ) des BMWA  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Markus Kratz  
52425 Jülich

### Förderkennzeichen

0335006Z

## IMPRESSUM

### ISSN

0937 – 8367

### Herausgeber

FIZ Karlsruhe GmbH  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

### Nachdruck

Nachdruck des Textes nur zulässig bei vollständiger Quellenangabe und gegen Zusendung eines Belegexemplares; Nachdruck der Abbildungen nur mit Zustimmung der jeweils Berechtigten.

### Autorin

Dorothee Gintars

## BINE Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienztechnologien und erneuerbaren Energien:

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

BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit geförderter Informationsdienst der Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe GmbH.

### Kontakt:

Fragen zu diesem **projektinfo**?

Wir helfen Ihnen weiter – wählen Sie die BINE Experten-Hotline:

Tel. 0228 / 9 23 79 - 44

### Allgemeine Fragen?

Wünschen Sie allgemeine Informationen zum energie- und umweltgerechten Planen und Bauen? Dann wenden Sie sich bitte an die unten stehende Adresse.



# BINE

Informationsdienst

FIZ Karlsruhe GmbH, Büro Bonn  
Mechenstraße 57, 53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0

Fax: 0228 / 9 23 79-29

E-Mail: [bine@fiz-karlsruhe.de](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de)

Internet: [www.bine.info](http://www.bine.info)

## PROJEKTADRESSEN

- **Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.**  
Jürgen Laudenschach  
Gottschalkstr. 28a, 34127 Kassel
- **Architektur**  
Arbeitsgemeinschaft  
Jourdan & Müller · PAS,  
Seddig Architekten: Ina Seddig  
Kirchweg 68, 34119 Kassel
- **Bauphysik / Energiekonzept / Simulation**  
Ingenieurbüro Prof. Hauser  
Christoph Kempkes  
Gottschalkstraße 28a, 34125 Kassel  
in Kooperation mit  
Universität Kassel,  
Fachgebiete Bauphysik und TGA  
Dietrich Schmidt  
Gottschalkstraße 28, 34109 Kassel
- **Technische Gebäudeausrüstung**  
Arbeitsgemeinschaft IB Hausladen & Springl, Peter Springl  
Griesbadgasse 36, 85049 Ingolstadt

## ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

- **Literatur**  
Hauser, G.; Kaiser, J.; Rösler, M.; Schmidt, D.: Energetische Optimierung, Vermessung und Dokumentation für das Demonstrationsgebäude des Zentrum für Umweltbewusstes Bauen, Universität Kassel, Abschlussbericht zum BMWA Forschungsvorhaben FKZ 0335006Z. 2004. 312 S.  
Voss, K. (Hrsg.); Löhnert, G. (Hrsg.); Herkel, S. (Hrsg.) u.a.: Bürogebäude mit Zukunft. Konzepte, Analysen, Erfahrungen. Köln: TÜV-Verl., 2005. 282 S. + CD-ROM. 1. Aufl., ISBN 3-8249-0883-2. 49,00 Euro
- **Internet**  
[www.solarbau.de](http://www.solarbau.de)  
[www.zub-kassel.de](http://www.zub-kassel.de)  
[www.bpy.uni-kassel.de/solaropt](http://www.bpy.uni-kassel.de/solaropt)
- **Service**  
Ergänzende Informationen wie Literatur, Adressen und Internet-Links sind bei BINE erhältlich oder im Internet unter [www.bine.info](http://www.bine.info) (Service/Infoplus) abrufbar.