



**BINE**

Informationsdienst

## Mit kühlem Kopf studieren

Abb 1



- ▶ **17% größere Energieeinsparung durch optimierten Betrieb der Haustechnik**
- ▶ **Klimatisierung energieeffizient umgesetzt**
- ▶ **optimierte Tageslichtnutzung mit transparenter Wärmedämmung (TWD) und tageslichtabhängiger Beleuchtung**
- ▶ **Regelparameter müssen an Nutzerverhalten und Akzeptanz angepasst werden**

*Sichtbarer Baustein des Ökokonzeptes an der FH Bonn-Rhein-Sieg: die fassadenintegrierte Photovoltaikanlage im Eingangsbereich*

**D**ie Ausführung großer Baumaßnahmen wird in der Regel an einen Generalunternehmer vergeben. Die Gebäude entstehen oft unter hohem Zeit- und Kostendruck. Eine energiebewusste Planung scheint alles nur komplizierter zu machen, gerade wenn ohnehin verschiedenartige Nutzungen und die entsprechenden baulichen Anforderungen unter einen Hut gebracht werden müssen. Es gibt viele erfolgreiche Beispiele dafür, dass sich Maßnahmen zur Energieeinsparung zweckmäßig in ein Gebäudekonzept integrieren lassen. Durch eine sorgfältige Planung und frühzeitige Zusammenarbeit mit den Fachingenieuren können ohnehin notwendige Elemente energetisch optimiert bzw. ersetzt werden. Die Betriebskosten sinken und der Nutzerkomfort steigt, ganz abgesehen von der ökologischen Qualität.

Schon bei der Auslobung des Architekturwettbewerbs, der einem Großprojekt oft voran geht, kann ein ökologisches Konzept eingefordert werden. Aber auch nach der Entwurfsphase ist es dafür nicht zu spät: Der Bau der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg in Sankt Augustin zeigt, dass entsprechende Maßnahmen bei einem fertigen Entwurf den Energiebedarf erheblich senken können.

Bauherr der Hochschule ist das Land Nordrhein-Westfalen. Erst nach dem Architekturwettbewerb 1995 wurde entschieden, zusätzliche 4% der Bausumme für ökologische Zwecke einzusetzen. Dadurch konnte am Grundkonzept nicht mehr gerüttelt, aber über Ausführungsweisen und Zusatzmaßnahmen noch verhandelt werden. Eine breite, gut ablesbare und verständliche Palette energetisch-ökologischer Maßnahmen soll die Studierenden als Entscheidungsträger von morgen eine ökologischen Bauweise erfahren lassen. Verwirklicht wurden unter anderem ein erhöhter Wärmeschutz, effektive Tageslichtnutzung, adiabate bzw. passive Kühlung sowie zwei Photovoltaikanlagen. Die Fachhochschule wurde durch einen Generalunternehmer schlüsselfertig ausgeführt und ist seit 1999 in Betrieb. Die Bausumme betrug rund 50 Millionen Euro.

Im Rahmen des Förderkonzeptes SolarBau wurde die umfangreiche Evaluierung der Betriebsdaten vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert. Damit soll die Effektivität und Leistungsfähigkeit der Bausteine zur Energieoptimierung für große und komplexe Gebäudestrukturen im praktischen Betrieb wissenschaftlich überprüft werden. Mittelpunkt der Evaluierung sind Seminarräume und zentrale Hörsäle.

## ► Gebäudekonzept

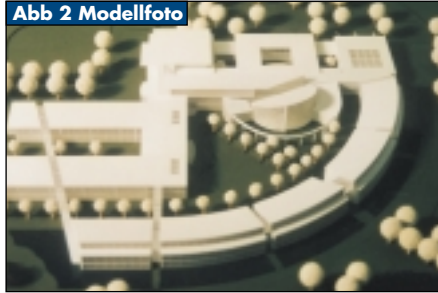
Die Fachhochschule in Sankt Augustin ist für den Lehrbetrieb mit 1.500 Studenten in drei Fachbereichen ausgelegt. Hörsäle, Seminarräume, Mensa, Bibliothek, Büros, Maschinenhalle und Labore verteilen sich auf drei miteinander verbundene Gebäudekomplexe. Die Gebäude sind zwei- bzw. dreigeschossig und nicht unterkellert. Folgende Aspekte resultierten aus dem Ökologiekonzept:

- umweltfreundliche Baustoffe, wie Holz, mineralische Dämmstoffe
- erhöhter Wärmeschutz
- effektive Tageslichtnutzung
- transparente Dämmsysteme (TWD)
- passive sommerliche Nachtkühlung
- weitgehend natürliche Klimatisierung
- bedarfsgerecht programmierbare Heizungsregelung
- Photovoltaikanlage
- Abwärmenutzung von Kühlanlagen
- Dach und Fassadenbegrünung
- Regenwassernutzung bzw. -versickerung

Die Außenwände des Stahlbeton-Skelettbau bilden vorgefertigte Betonelemente mit 16 cm Dämmung aus Mineralfaserplat-

ten und vorgehängter Aluminiumverkleidung ( $U=0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Die Fenster bzw. Glasfassaden haben Holz-Aluminiumrahmen und Wärmeschutzverglasung ( $U_g=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Um die thermische Trägheit der Gebäude zu erhöhen, sind die Innenwände wenn möglich aus Kalksandstein. Statt abgehängter Decken sind senkrechte Schallschluck-Elemente angebracht. Die erhöhte

Abb 2 Modellfoto



Dicke der Betonrohdecken erlaubt den Verzicht auf schwimmende Estriche. Eine Fassade der Maschinenhalle ( $100 \text{ m}^2$ ) mit reiner Südorientierung ist als Solarwand mit TWD ausgeführt, im unteren Bereich mit einer massiven Betonwand als Absorber ( $U_{\text{Wand}}=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Im Glasdach des zentralen Flurs sowie an einer südorientierten

Fassade im Eingangsbereich sind Photovoltaikmodule eingebaut. Der Solarstrom wird ins gebäudeinterne Netz eingespeist. Dach- und Fassadenbegrünung und die Versickerung des Regenwassers auf dem Gelände sollen das Mikroklima verbessern, den Kühlbedarf der Gebäude verringern und die Kanalisation entlasten. Im Foyer zeigt ein Display aktuelle, relevante Öko-Daten an (z. B. Leistung der PV-Anlage, Temperatur im Erdkanal) und ein Computer erläutert das Begleitforschungsprogramm.

Abb 3 Gebäudesteckbrief

Bauherr	Land NRW
Nutzer	Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg
Architektur	HMP Bauplanung, Köln
Ökologiekonzept	R + K, Stuttgart
Standort	Grantham Allee 20, 53757 Sankt Augustin
Planungs- und Ausführungszeitraum	Wettbewerb 1995, Ökologiekonzept 1996, Ausführung 1998-1999
NGF (Nettogrundfläche)	26.987 m <sup>2</sup>
mittlere Raumhöhe	4,44 m
BRI (Bruttorauminhalt)	124.000 m <sup>3</sup>
A/V-Verhältnis	0,32 m <sup>-1</sup>

## ► Belichtung

Deckenbündige Oberlichter mit TWD streuen das Tageslicht weit in die acht Meter tiefen Seminarräume. Das Beleuchtungsniveau ist dadurch im mittleren und hinteren Raumbereich bei direktem Sonnenlicht deutlich angehoben, wie Simulationen zeigen. Oberlichter und Fenster haben separate,

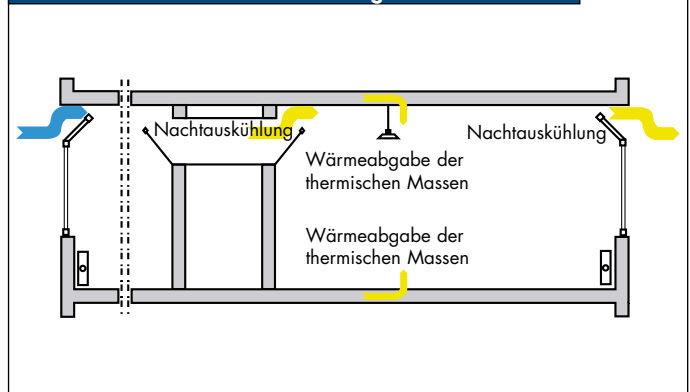
automatisch gesteuerte Lamellen-Jalousien, so kann zur Vermeidung von Blendungen auch lediglich der untere Bereich abgedunkelt werden. Die einzelnen Leuchtbänder werden manuell geschaltet und durch Sensoren tageslichtabhängig geregelt. Die Verkehrsflächen erhalten durch Licht-

bänder zu den direkt belichteten Räumen natürliches Licht. Allerdings ist der Effekt durch die große Tiefe (8 m) der dazwischenliegenden Räume begrenzt. Das Kunstlicht in den Fluren wird inzwischen manuell bzw. über Bewegungsmelder geschaltet.

Abb 4 Seminarräume mit TWD-Oberlichtern, Leuchtbändern und Schallschluck-Elementen



Abb 5 Schema der Nachtauskühlung im Seminarbereich



## ► Heizung und Lüftung

Die Seminarräume sind nicht klimatisiert. Im Sommer soll kühle Nachtluft die gespeicherte Wärme aus den Massivbauteilen abführen und die Innentemperaturen gering halten. Gegenüberliegende Räume sind des-

halb über großvolumige Kanäle im Flur verbunden. Bei geöffneten Oberlichtern entsteht so aufgrund von Druckdifferenzen an den gegenüberliegenden Fassaden eine Querlüftung. Die Oberlichtklappen sind

zentral gesteuert. Weil die Verbindungskanäle Brandschutz-Auflagen erfüllen mussten (Fluchtwege), sind sie relativ aufwändig. In ihrer Maximalleistung ersetzt die passive Nachtkühlung nach Simulationen

eine konventionelle Kühlung mit 100 bis 150 kW, allerdings mit deutlich eingeschränkter Verfügbarkeit. Eine zuverlässige und sinnvolle Steuerung der Sonnenschutz-einrichtungen ist dafür unerlässlich. Nur Räume mit besonders hohen elektrischen Lasten (z. B. EDV-Räume) haben kleine, dezentrale Klimageräte.

Die Beheizung der Seminarräume erfolgt über Heizkörper. In vielen Räumen sind Fensterkontakte vorgesehen, die die Heizleistung drosseln, solange ein Fenster geöffnet ist. Die Heizung ist außerdem entsprechend Belegungsplänen raumweise programmierbar („Stundenplanheizung“).

Die Zuluft für den Hörsaalbereich wird durch einen Erdreichwärmetauscher geleitet, wo sie im Winter vorgewärmt wird. Ein Rotationswärmetauscher überträgt zusätzlich die Wärme der Abluft auf die Zuluft

(Wärmerückgewinnung). Wird es draußen kälter, schaltet außerdem ein Heizregister ein. Im Winter ist die relative Luftfeuchtigkeit im Hörsaalbereich sehr gering. Dieser Effekt wurde noch verstärkt durch eine zu hohe Luftwechselrate, die aber inzwischen vermindert wurde. Im Sommer kann die Wärmerückgewinnung mit einem Bypass umgangen werden, d. h. die Luft kommt direkt aus dem kühlen Erdkanal. Zusätzlich ist für Spitzenlasten eine adiabate Kühlung vorgesehen. Die Zulufttemperatur überschreitet so nur selten 22°C, so dass sich ein angenehmes Raumklima einstellt.

Im Durchschnitt erreicht die adiabate Kühlung sehr effektive Kühlleistungen. Eine Regelungsstrategie in Abhängigkeit des Luftzustandes kann die Effizienz noch steigern. Der Erdreichwärmetauscher beeinträchtigt einerseits die Energiebilanz des adiabaten

## ▶ Adiabate Kühlung

Die adiabate Kühlung wird erreicht, indem Wasser verdunstet und dabei die umgebende Luft abkühlt. Schon in der Antike wurden Räume mit Hilfe von Springbrunnen gekühlt. Das Verfahren der Verdunstungskühlung wird heute meist nicht direkt angewendet, sondern man befeuchtet und kühlt die Abluft und überträgt die Kälte über einen Wärmetauscher auf die Zuluft. Das Maß der Abkühlung ist von der Temperatur und Feuchte der ein- und ausströmenden Luft und dem Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung abhängig, die erreichbare Kühlung ist also physikalisch begrenzt und witterungsabhängig.

Kühlsystem, andererseits könnten ohne die Kombination beider Komponenten die angestrebten Zulufttemperaturen nur teilweise erreicht werden.

## ▶ Effizienz der energiesparenden Maßnahmen (Vergleich mit Simulationen, Berechnungen)

Maßnahme	gesamt [kWh/a]	prozentuale Ersparnis
Erhöhter Wärmeschutz (vgl. WSVO '95)	355.000	20%
Hörsaalklimatisierung Sommer	16.500	100%
Hörsaalklimatisierung (Winter)	57.500	29%
Passive Nachtauskühlung (dient nur der Komfortsteigerung)	153.000 (Maximalleistung 108 kW)	100% (ersetzt keine ursprünglich geplanten Maßnahmen)
Tageslichtnutzung	76.000	59%
Stundenplanabhängige Heizungsregelung / Fensterkontakte	17.500 - 52.500	5 - 15% (nicht exakt belegbar)
Photovoltaik	17.000	2,4% (gebäudespezifischer Stromverbrauch)
Abwärmenutzung zur Warmwasserbereitung	11.200 30.000 möglich	12% (Einstellungsfehler) 30% möglich

## ▶ Betriebserfahrungen

Das Gebäude und seine Funktionen sind den Nutzern nicht leicht zu vermitteln. Das Interesse ist eher gering, der eigene Komfort geht vor. Laut einer Befragung sind die meisten mit den Komfortbedingungen in den Seminarräumen zufrieden. Auch der Verzicht auf eine konventionellen Kühlung und der Einsatz der adiabaten Kühlung in den Hörsälen wird als angenehm eingestuft. Im Winter werden die Raumtemperaturen tendenziell als zu niedrig empfunden.

In einigen Bereichen wurde der Betrieb an Nutzerwünsche angepasst. Vor allem die fein regulierte automatische Steuerung der Sonnenschutzanlage mit ihrer erheblichen Geräusentwicklung reagiert inzwischen viel träger. Auch andere Schaltungen und Regelungen wurden modifiziert. Hierdurch steigt zwar der Energieverbrauch, aber

Alltagstauglichkeit und Akzeptanz gehen vor. Zugeständnisse z. B. bei der Heizungsabschaltung bei geöffnetem Fenster würden allerdings kontraproduktiv wirken.

Der Heizenergieverbrauch im Jahr

2000 lag deutlich unter den Vorgaben der WSVO '95. Nach der Optimierung der Fahrweise und Regelung der Haustechnik (Nacht- und Wochenendabsenkung, hydraulischer Abgleich, Optimierung der Heizkennlinien) und der Beseitigung bautechnischer Mängel sank er 2001 um weitere 17 %. Mit 11,73 kWh/m<sup>3</sup> (klimabe-

## ▶ Komponenten des Systems zur Energieversorgung

System	Komponenten	Details
Heizung	2 Gas-Brennwertkessel	je 600 kW, Pufferspeicher
	Wärmeverteilung	Heizkreise mit 2 verschiedenen Temperaturniveaus
	Erdreichwärmetauscher	3 Betonrohre DN 1,70 m, je 75 m Länge, Verlegetiefe 4 m, Nennvolumenstrom 86.750 m <sup>3</sup> /h
	Wärmerückgewinnung	Rotationswärmetauscher
Lüftung / Kühlung	Klein-BHKW	(im Rahmen eines Contracting-Vertrags mit den Stadtwerken) Gas, Abwärme: 76 kW <sub>therm</sub>
	Nachtlüftung	automatisch öffnende Oberlichtklappen, Querlüftung
	Erdreichwärmetauscher	s.o.
	adiabate Kühlung	Luftwäscher, Wärmerad
Belichtung (Seminarräume)	dezentrale Klimageräte	für Sonderräume (PC-Pools)
	natürliche Belichtung	TWD-Oberlichter, Fenster
	Sonnenschutz	zwei getrennte Lamellen-Jalousien
Regelung	Kunstlicht	3 Lichtbänder, tageslichtabhängig geregelt
	zentralisierte Gebäudeleittechnik (EIB, DDC)	steuert gesamte Haustechnik (Heizung, Lüftung, Strom), Heizung: raumweise programmierbar („Stundenplanheizung“), Einzelraumregler mit BUS-System
Stromversorgung	Klein-BHKW	40 kW <sub>el</sub>
	netzgekoppelte Photovoltaikanlagen	als Sonnenschutz in Dachverglasung (148 m <sup>2</sup> , 14,2 kW <sub>p</sub> ), an südorientierten Fassaden auf Unterkonstruktion mit 60° Neigung (74 m <sup>2</sup> , 7,8 kW <sub>p</sub> ), Jahresertrag 75 kWh/m <sup>2</sup> Modulfläche
Warmwasserbereitung	Abwärmenutzung	von Kleinklimageräten der Lebensmittelkühlung: 45 °C erreichbar
	Brennwertkessel	Nachheizung, s.o.

reingt) lag der Verbrauch im ursprünglich erwarteten Bereich - mehr als 40% unter den Vorgaben der WSVO '95. Der gebäudespezifische Stromverbrauch im Jahr 2001 betrug 701,03 MW bzw. 25,6 kWh/m<sup>2</sup> (Beleuchtung 16,09 kWh/m<sup>2</sup>, die RLT-Anlagen 6,34 kWh/m<sup>2</sup>, übrige Haustechnik 3,17 kWh/m<sup>2</sup>).

## ► Erfahrungen und Fazit

Durch ein abgestimmtes Maßnahmenpaket wird beim Betrieb der FH Bonn-Rhein-Sieg Energie gespart und gleichzeitig Erfahrungen mit neuen Techniken gesammelt. Erdreichwärmetauscher und adiabate Kühlung haben sich als Energie sparende Alternative zur konventionellen Klimatisierung von Gebäuden bewährt. Allerdings sind durch den Pilotcharakter der Anlage die Kosten hoch und die Regelungstechnik noch verbesserungsbedürftig. Die Nachtauskühlung erhöht den Komfort in den Seminarräumen. Die Einzelraumregelung ist insbesondere für den Lehrbetrieb sinnvoll, jedoch auch kosten- sowie bedienungsintensiv. Ihr Einsatz sollte deshalb auf die besonders unregelmäßig genutzten Räume und diejenigen mit mechanischer Lüftung beschränkt werden. Als problemlose Zusatzmaßnahmen erwiesen sich der erhöhte Wärmeschutz und die Photovoltaikanlagen. Die intensive Überwachung machte den Einfluss der Regelung der Haustechnik und des Nutzerverhaltens bzw. der Nutzerwünsche auf den Energieverbrauch deutlich.

Für den Bauablauf lassen sich folgende Erfahrungen zusammenfassen:

Natürliche passive Effekte, wie Nachtkühlung oder Erdwärme, sind besser nutzbar, wenn in Abstimmung mit den Bauherren bzw. Nutzern die Komfortansprüche tolerant ausgelegt werden. Wichtig ist es, die angestrebten Ziele für die energetische Qualität frühzeitig konkret festzulegen.

Die Ausführung durch einen Generalunternehmer, der vor allem kostengünstige Lösungen sucht, erhöht zwar den Aufwand bei der Ausschreibung und Bauüberwachung, aber nicht nur für die energiesparenden Maßnahmen. Informationsverluste lassen sich durch klare, umfassende Pflichtenhefte vermeiden. Für die Bauüberwachung und Qualitätssicherung haben sich Blower-door-Test und Thermografie bewährt. Die Untersuchungen sollten an den Generalunternehmer vergeben und durch unabhängige Dritte baubegleitend durchgeführt werden, wie dies bereits für TÜV-Prüfungen üblich ist.

Eine gute Dokumentation der Planung und Ausführung ist auch bei der Betriebsführung von Nutzen. Denn mit zunehmender Komplexität der Gebäudetechnik wächst die Gefahr, dass unwirtschaftliche Betriebsweisen unerkannt bleiben und Einsparpotenziale nicht erschlossen werden. Monitoringprogramme helfen, die Energieeffizienz sowie den Komfort für die Nutzer zu optimieren. Die erforderlichen Daten stellen meist die MSR-Anlagen selbst bereit.

### ► PROJEKTADRESSEN

- **Architektur**  
HMP Bauplanung, Köln  
Claudia Herber  
Am Hirschsprung 24-28  
51109 Köln
- **Ökologiekonzept**  
R + K  
Dr. Alfred Kerschberger  
Boslerstr. 9  
70188 Stuttgart
- **Projektleitung**  
FH Bonn-Rhein-Sieg  
Ute Schmitz,  
Prof. Dr. Peter-Michael Kaul  
Grantham-Allee 20  
53757 Sankt Augustin
- **Wissenschaftliche Begleitforschung**  
FH Bonn-Rhein-Sieg,  
Standort Sankt Augustin  
Universität Dortmund, Lehrstuhl  
Klimagerechte Architektur  
ASSMANN Beraten + Planen  
GmbH, Dortmund  
R + K, Stuttgart

- **Ansprechpartner SolarBau:Monitor**  
Fraunhofer-Institut für Solare  
Energiesysteme ISE  
Gruppe Solares Bauen  
Dr. Karsten Voss  
Heidenhofstr. 2  
79110 Freiburg

### ► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

#### Literatur

- Oetzel, M., Müller, F.O.: Energetisches Konzept für den Neubau der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg in Sankt Augustin, Bauphysik Heft 4, August 2002

#### Service

- Ergänzende Informationen wie Literatur, Adressen und Internet-Links sind bei BINE erhältlich oder unter [www.bine.info](http://www.bine.info) (Service/InfoPlus) abrufbar
- [www.solarbau.de](http://www.solarbau.de)

## PROJEKTORGANISATION

### ■ Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich (PTJ) des BMWi  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Dr. Hans-Georg Bertram  
52425 Jülich

### ■ Förderkennzeichen

0335006M

## IMPRESSUM

### ■ ISSN

0937 – 8367

### ■ Herausgeber

Fachinformationszentrum Karlsruhe,  
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische  
Information mbH  
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 – INFORMATIONEN UND IDEEN ZU ENERGIE & UMWELT

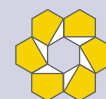
BINE ist ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderter Informationsdienst.

BINE informiert über neue Energietechniken und deren Anwendung in Wohnungsbau, Industrie, Gewerbe und Kommunen.

BINE bietet Ihnen folgende kostenfreie Informationsreihen

- Projekt-Infos
- Themen-Infos
- basisEnergie

**Nehmen Sie mit uns Kontakt auf,** wenn Sie vertiefende Informationen, spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen, oder wenn Sie allgemeine Informationen über neue Energietechniken wünschen



# BINE

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe  
Büro Bonn  
Mechenstr. 57  
53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0  
Fax: 0228 / 9 23 79-29

eMail: [bine@fiz-karlsruhe.de](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de)  
Internet: [www.bine.info](http://www.bine.info)