



BINE
Informationsdienst

projektinfo 02/04

Gebäude sanieren – Forschungs- institut mit Laborbereich

Abb 1



- ▶ Lüftung ist in Laborgebäuden der entscheidende Energieverbraucher
- ▶ Ursprünglicher Primärenergiebedarf wurde mehr als halbiert
- ▶ Erste Messergebnisse bestätigen Prognosewerte weitgehend
- ▶ Weitere Einregelung des Gebäudes ist erforderlich

Labor der Phytosphärenforschung in Jülich. Hier werden die Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Umwelt untersucht. Oben das Gebäude im unsanierten Zustand und unten nach der Sanierung.

Forschungslabore gehören selbst unter den meist energieintensiven Gebäuden für Bildungseinrichtungen zu den Großverbrauchern. Dies liegt besonders am hohen Energiebedarf der Lüftung, dem Stromverbrauch durch Geräte und Beleuchtung und einer fehlenden Regelung der Einzelräume. Oft fehlen den Betreibern auch genaue Informationen, wie viel Energie ihr Labor verbraucht und welche Möglichkeiten sie haben, den Energieverbrauch zu senken. Viele Laborgebäude sind im Zuge des Aufbaus von Forschungseinrichtungen in Deutschland zwischen 1950 - 1980 errichtet worden. Den Gebäuden ist die jahrzehntelange Nutzung deutlich anzusehen: die Bausubstanz weist immer mehr Mängel auf und die Gebäudetechnik ist veraltet. Außerdem merkt man den Gebäuden an, dass entsprechend der wechselnden wissenschaftlichen Aufgabenstellungen der Institute die Raumnutzung immer wieder gewechselt hat. Büroräume wurden in Labore umgebaut und umgekehrt. Modellhaft wurde die energetische Sanierung eines Labors am „Gebäude 06.2“ im Forschungszentrum Jülich durchgeführt. Es war etwa Mitte der 1960er Jahre als Chemielabor errichtet worden und

sollte 2002 für eine zukünftige Nutzung durch das Institut für Phytosphärenforschung modernisiert werden. Vor der Sanierung benötigte das Gebäude etwa 1.200 kWh/m²a Primärenergie. Nach einer Bestandsaufnahme des Gebäudes und Kurzzeit-Verbrauchsmessungen wurde ein Sanierungskonzept entwickelt und umgesetzt. Ziel war, den Primärenergiebedarf um mindestens 50% zu senken. 2003 wurde das Labor wieder bezogen. Im Rahmen eines wissenschaftlichen Mess- und Optimierungsprogramms werden bis zum Jahr 2005 die Verbrauchsdaten erhoben und ausgewertet.

Die Sanierung des Jülicher Labors ist Teil des ENSAN Forschungsprogramms zur energetischen Verbesserung der Bausubstanz im Rahmen des Zukunfts-Investitionsprogramms (ZIP) der Bundesregierung. ENSAN zielt darauf ab, durch die Entwicklung von Planungsinstrumenten für die Praxis und Förderung gezielter Demonstrationsvorhaben Hemmnisse bei der Altbausanierung zu überwinden. Das Projekt ist gleichfalls integriert in das internationale Verbundprojekt „Retrofitting of Educational Buildings - Energy Concept Adviser for Technical Retrofit Measures“ der Internationalen Energie Agentur IEA (Annex 36).

► 35 Jahre Chemielabor

Im dreigeschossigen Forschungsgebäude sind die Räume auf den Etagen dreibündig angeordnet, d.h. es gibt in der Mitte eine Reihe von Räumen, die nur mit Kunstlicht genutzt werden können. Der Bau ist nicht unterkellert und war 1964 als flexibles Institutsgebäude konzipiert worden, in welchem jeder Raum als Chemielabor oder Büro zu nutzen ist. **Abb 2** gibt eine Übersicht über zentrale Gebäudedaten.

Abb 2: Ausgewählte Gebäudedaten		
Baukonstruktion	Beton skelettbauweise	
Bruttogeschossfläche	3.720 m ²	
Hauptnutzfläche (beheizt)	3.380 m ²	
Bruttorauminhalt	11.420 m ³	
A/V-Verhältnis	0,3 m ⁻¹	
Wärmedämmung Außenwand (vor)	5 cm Polystyrol WDVS	
Wärmedämmung Außenwand (nach)	Hinterlüftete Fassade mit 17 cm ² WDVS	
	U-Werte [W/m ² K]	
	Vor Sanierung	Nach Sanierung
Wand	0,4 - 0,6	0,22
Fenster	3,4	1,0
(Flach-) Dach	0,6	0,15

In einem Chemielabor sind Sicherheits- und Gesundheitsaspekte besonders wichtig und die in DIN 1946-7 geforderten Mindestluftwechselraten einzuhalten. Die Installations-

wege im Jülicher Laborgebäude waren so ausgelegt, dass jeder verfügbare Raum als Labor hätte genutzt werden können, obwohl dies tatsächlich nur für 40% der Hauptnutzfläche zutrifft und der Rest als Büro, Seminar- oder Lagerräume diente. Die Entlüftung erfolgte über 55 dezentrale Einzelaggregate, die ohne Wärmerückgewinnung einzeln auf dem Institutsdach mündeten. Eine bedarfsgerechte Regelung der Zuluft einzelner Räume war nicht vorgesehen, sondern die Anlagen lieferten rund um die Uhr vollklimatisierte Frischluft. Nur in den Büroräumen wurde – soweit möglich – allein die Fensterlüftung genutzt. Die alte Lüftungsanlage wies in Teilen Funktionsdefizite auf, so dass für die Bewertung der möglichen Einspareffekte ein Szenario II mit Werten für einen voll funktionsfähigen Zustand der Lüftung (d.h. Mindestluftwechsel, Luftbefeuchtung) entwickelt werden musste.

Aus der Gebäudefassade auskragende Balkone (Fluchtwege) bildeten Wärmebrücken und verschlechterten die Energiebilanz des Gebäudes (**Abb 3**). Frühere Sanierungsmaßnahmen, wie z.B. eine Außenwanddämmung und eine Teilsanierung der Beleuchtung, führten nicht zur nachhaltigen Energieeinsparung und mussten im Rahmen der Komplettsanierung erneut bearbeitet werden. **Abb 4** zeigt wesentliche Baumängel des alten Gebäudes.

Abb 3: Thermographie der Kragarme. Die Simulation ergab, dass sie den Heizwärmebedarf des Gebäudes um 11 - 15 MWh/a erhöht haben.

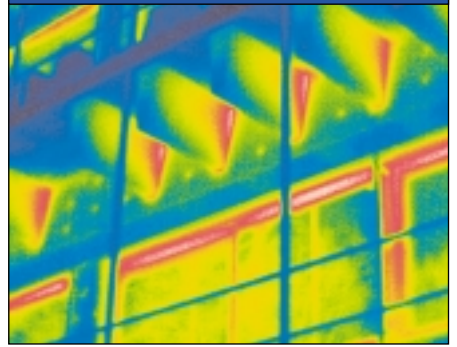


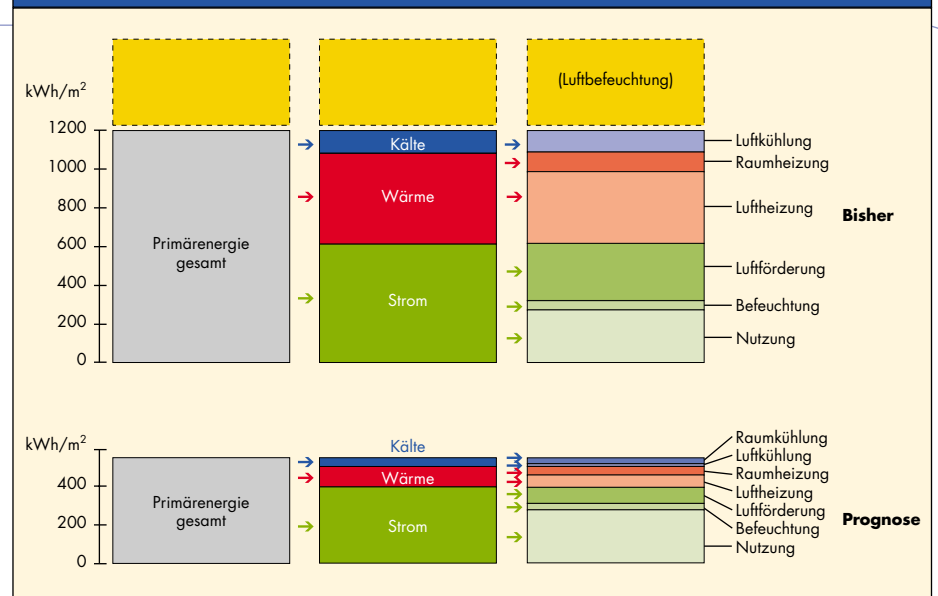
Abb 4: Ausgewählte Gebäudemängel vor der Sanierung

- Zentrale Zuluft ohne Einzelraumregelung
- 55 dezentrale Abluftaggregate ohne Wärmerückgewinnung
- Kühlung auf der Basis Luft
- „Gewachsene“ Raumaufteilung
- Unzureichende, partiell durchfeuchtete Außenwanddämmung
- Undichte Fenster
- Wärmebrücken durch Kragarme
- Unzureichend gedämmtes Flachdach mit partieller Durchfeuchtung
- Hoher Kunstlichtanteil

► Gebäudesimulation

Der Zustand des unsanierten Gebäudes und die ehemaligen Energieverbräuche wurden erfasst, um die Verbrauchsdaten einzelnen Nutzungsarten zuweisen sowie in Simulationsrechnungen verschiedene technische Lösungsmöglichkeiten vergleichen und optimieren zu können. Die Aufnahme des Ist-Zustands stand unter erheblichem Zeitdruck, weil das Gebäude bei Projektbeginn bereits teilweise für die Sanierung geräumt worden war und Gefahrenstoffe (z.B. asbesthaltige Baumaterialien) abtransportiert werden mussten. Der Energieverbrauch vor der Sanierung wurde in einer Computersimulation mit dem Programm MATLAB-Simulink sowie der Software SIMHX für Klimaprozesse errechnet. Die Klimadaten des entsprechenden Datensatzes des Test-Referenzjahres – angepasst auf die lokalen Jülicher Verhältnisse – gingen in die Simulation ein. Datengrundlage für die Energieverbräuche waren die Stromverbrauchsmessungen der letzten sechs Monate, einzelne Stromverbrauchstagesgänge, Einzelmessungen an sämtlichen Ventilatoren, detaillierte Luftvolumenstrommessungen und 14-tägige Kurzzeit-Wärmeverbrauchsmessungen in der Heizperiode. Ein wichtiger Aspekt in einem Forschungslabor sind die inneren

Abb 5: Prognose des Energieverbrauchs (Primärenergie) nach der Sanierung

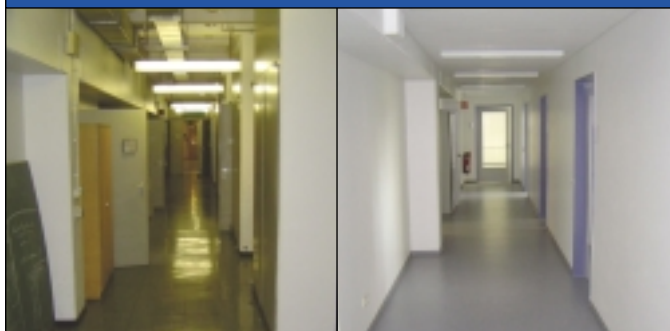


Wärmelasten. Im Jülicher Projekt ging man davon aus, dass die Abwärme in Büros durch Computer 10 W/m², durch Beleuchtung maximal 15 W/m² (nach der Sanierung 9 W/m²) und durch Geräte maximal 125 W/m² beträgt. Bislang lagen wenig gesicherte Erkenntnisse vor, wie viel Abwärme gleichzeitig anfällt. In den Simulationsrechnungen nahm man an, dass im Tagbetrieb 2/3 und im Nachtbetrieb 1/3 der maximalen

Geräteleast anfällt. Im Rahmen der derzeit laufenden Messungen werden diese Annahmen überprüft und angepasst. Bei den Berechnungen erwies es sich als Vorteil, dass bis dahin der Energiebedarf des Gebäudes von der Technik fest vorgegeben worden war und von den Nutzern kaum beeinflusst werden konnte. Die gemessenen und simulierten Werte haben sich im weiteren Projektverlauf bewährt.

► Das Sanierungskonzept

Abb 6: Nach der Sanierung erscheinen die Institutsflure in einem anderen Licht



Bei der Sanierung wurden sowohl konventionelle wie neuartige Maßnahmen angewandt. Erstmals wurde ein Kühldeckensystem zur Klimatisierung physikalischer Messräume eingesetzt. **Abb 5** zeigt die Energieprognose im Überblick und **Abb 7** ausgewählte Werte der Gebäudetechnik.

Die neue Lüftungsanlage

Neustrukturierung der Nutzungsbereiche

Den einzelnen Räumen wurden feste Funktionen als Chemielabor, physikalischer Messraum oder Büro- und Seminarraum zugewiesen und sie wurden innerhalb des Gebäudes zu Gruppen zusammengefasst. Dadurch blieben die Leitungswege kurz. Ein Umgang mit gesundheitsgefährdenden Stoffen ist nur noch in den ausgewiesenen Chemielaboren möglich. Damit reduzierte sich die Zahl der Räume mit erhöhtem Luftwechsel. Räume mit hohen Abwärmelasten wurden an der Nordseite des Gebäudes untergebracht.

Zentralisierung

Die Abluft wird zukünftig zu 85% über eine zentrale Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung geführt, die unter Vollast 50% der enthaltenen Wärme recyceln kann. Daneben sind für stark lösemittelhaltige Abluft noch vier dezentrale Anlagen vorgesehen.

Systemtrennung

Eine Klimatisierung der Laborräume, die wegen der inneren Wärmelasten durch die Geräte notwendig ist, erfolgte früher über eine Erhöhung der Luftvolumenströme. Nach der Sanierung werden Außenluftkühler für eine „freie Kühlung“, eine Nachtkühlung und ergänzend in den Messräumen ein Kühldeckensystem mit Wasser eingesetzt. Hierdurch verringert sich der Strombedarf für die Ventilation erheblich. Eingesetzt werden hierfür drei Systeme je nach Wärmelast der Räume: ein Putzkühldeckensystem, ein Schwerkraftkühler und Gebläsekonvektoren. Alle Systeme sind auf hohe Vorlauftemperaturen ausgelegt, um Oberflächenwasser und Umweltwärme nutzen zu können. Durch Einbeziehung der Deckenunterzüge bei den Putzkühldecken ist deren aktive Fläche größer als die reine Deckenfläche. Im Betrieb soll die Kühlung der Massivdecken bevorzugt nachts erfolgen.

Flexibilisierung

Zur raumweisen Regelung werden Variabel-Volumenstromregler eingesetzt und eine Einzelraumbilanzierung vorgenommen. Durch feste Zeitvorgaben wird der Luftwechsel nachts und am Wochenende reduziert. Präsenzmelder in den einzelnen Labors garantieren, dass die Lüftungsanlage bei Bedarf sofort auf Tagbetrieb wechselt. Bei den üblichen Laborabzügen führt eine Betätigung der Frontschieber automatisch zu einer Erhöhung der Abluftmenge. Lösemittelunterschranke werden konstant abgesaugt. Ein Kontrollsystem bilanziert sämtliche Abluftströme und führt automatisch die für die Druckerhaltung notwendige Menge Zuluft ein. Zum Einsatz kommen nur energiesparende, drehzahlregelte Ventilatoren. Durch diese Maßnahmen kann der Luftvolumenstrom um mehr als 50% reduziert werden. Beispielsweise wurden früher in einem Labor mit 20 m² Fläche 24 Stunden konstant 1.100 m³/h abgeführt. Mit der neuen Regelung wird tagsüber – je nach Belastung – zwischen dem Maximalwert von 1.100 und dem zur Einhaltung der DIN 1946-7 erforderlichen Mindestluftwechsel von 500 m³/h gewechselt, während nachts und am Wochenende auf 340 m³/h reduziert wird. In der Bibliothek, die auch als Seminarraum dient, wird die Luftqualität über ein System mit einem Luftqualitätssensor gesteuert.

Tageslichtnutzung und Beleuchtung

Für eine verbesserte Tageslichtnutzung wurden außenliegende Jalousien mit Lichtlenklamellen, Tageslichtöffnungen in Flurtüren, Oberlichter und eine veränderte Farbgebung eingesetzt (**Abb 6**). Die Wirkung der Lichtlenklamellen auf den Raumeindruck und die entsprechende Verschattungssitua-

tion wurde mittels Lichtsimulation untersucht. Auch die Entfernung der Fluchtbalkone hat die Tageslichtsituation verbessert. Die neue Beleuchtungsanlage zeichnet sich durch Energiesparlampen und eine bedarfsgerechte Steuerung mit Präsenzmeldern, Stufenschaltungen und automatischer Beleuchtungsstärkeregelung in Abhängigkeit vom Außenlichteinfall aus.

Gebäudehülle

Durch einen Blower-Door-Test konnten am Ende der Bauphase noch bis dahin unbemerkte gebliebene Leckagen identifiziert und behoben werden. Der Test erreichte einen Wert von 0,98 h⁻¹ und übertrifft damit den von der EnEV geforderten Wert von 1,5 h⁻¹ deutlich. Im Ergebnis wurden die Transmissionswärmeverluste des Gebäudes halbiert. Eine Sanierung der Wärmebrücke „Kragarme“ wurde intensiv diskutiert und die erreichbaren Ergebnisse für verschiedene Varianten ermittelt. Den Ausschlag für den Abbau gaben die erwarteten geringeren Instandhaltungskosten durch die glatte Fassadenfläche. Um den notwendigen Brandschutz und die Laborsicherheit nach der Sanierung zu gewährleisten, wurden die Geschosse in mehrere Brandabschnitte eingeteilt und durch Rauchschutztüren und Brandschotts getrennt. Auch ein verbesserter baulicher Brandschutz und elektro-akustische Alarmrichtungen dienen diesem Ziel.

Abb 7: Ausgewählte Kennwerte und Energieverbräuche

	Vor Sanierung	Nach Sanierung (Prognose)	Einsparung
Primärenergiebedarf *	4.600 MWh/a*	2.074 MWh/a	
	1.235 kWh/m ² a*	600 kWh/m ² a	- 50%
Raumheizung (Fernwärme)	400 kW	200 kW	- 50%
Luftheizung (Fernwärme)	1.100 kW	246 kW	- 70%
Jährliche Luftförderung	440 Mio. m ³	190 Mio. m ³	- 57%
Primärenergiebedarf/ Fördervolumen	6,7 Wh/m ³	3,5 Wh/m ³	- 48%
Installierte elektr. Leistung der Ventilatoren	41 kW	33 kW	- 20%
Spezif. Transmissions- wärmeverluste	4.030 W/K	2.030 W/K	- 50%

Bedarfswerte					
		Vor Sanierung		Nach Sanierung	
		Nutzenergie MWh	Primärenergie MWh	Nutzenergie MWh	Primärenergie MWh
Strom	Beleuchtung	72	216	43	130
	Ventilatoren	373	1.119	112	336
Wärme	Raumheizung	350	385	140	154
	Luftaufbereitung	1.298	1.428	220	242
Kälte	Raumkühlung	0	0	119	131
	Zentrale Luftaufbereitung	383	421	45	50
Summe		2.476	3.569	679	1.043
Stromverbrauch für Gerätebetrieb in Labor- und Büroräumen*		344	1.031	344	1.031

Umrechnungsfaktoren Primärenergie: Strom = 3,0; Fernwärme und Fernkälte = 1,1
* nach Lüftungsszenario II - Der vorgefundene Primärenergiebedarf lag wegen Mängeln bei 1.141 kWh pro m² und Jahr und wäre die Vollklimatisierung weiter in Betrieb gewesen bei 1.700 kWh/m²a.,
+ für die Prognose wurde eine identische Gerätenutzung in den Laboren und Büros vor und nach der Sanierung angenommen.

► Erste Ergebnisse und weitere Projektziele

Bei der energetischen Sanierung des Institutsgebäudes mit Laborbereich lag der Schwerpunkt auf der Lüftungstechnik. Eine bedarfsgerechtere Regelung, Wärmerückgewinnung und eine moderne Klimatisierung trugen entscheidend zur Halbierung des Primärenergieverbrauchs bei. Das Labor wird noch bis zum Jahr 2005 vom Solar-Institut Jülich messtechnisch begleitet. Dabei sollen neben der reinen Datenerfassung der Energieverbräuche auch noch mögliche technische Optimierungspotenziale identifiziert und durch eine Feinregulierung der Aggregate erschlossen werden. Besonderes Augenmerk gilt in dieser Phase auch der empirischen Erfassung des tatsächlichen Nutzerverhaltens im Hinblick auf die Gleichzeitigkeitsfaktoren bei der Nutzung der Räume, Ausstattung und Geräte. Die Maßnahmen haben insgesamt ca. 5 Mio. Euro gekostet, von denen ca. 70% auf die Lüftungsanlage und ca. 20% auf die Gebäudesanierung entfielen. Erste Teil-Ergebnisse aus der Heizperiode 2003/04 liegen mittlerweile vor (Abb 8). Der Heizenergiebedarf liegt mit 133 kWh/m²a über dem prognostizierten Bereich. Die Lüftungsanlage hat die Prognosewerte weitgehend erreicht; die Stromverbräuche für die Ventilation fielen bislang höher als erwartet aus. Hier läuft derzeit noch eine Feinjustierung der Anlage, die sich auf den Stromverbrauch der Ventilatoren und auf den Heiz- und Kühlenergieverbrauch auswirken wird. 88,4% der Abluft wurden über das zentrale System mit Wärmerückgewinnung geführt.

Abb 8: Jahresenergiebedarf auf Basis von G20-Heizgradtagen und des Testreferenzjahres TRY 02 (* zur Zeit noch keine Hochrechnung auf den Jahreskühlbedarf möglich)

		Prognose nach Sanierung		Messwerte nach Sanierung	
		Nutzenergie MWh	Primärenergie MWh	Nutzenergie MWh	Primärenergie MWh
Strom	Ventilatoren	112	336	216	648
	Beleuchtung	43	130	339	1.017
	Gerätebetrieb	344	1.031		
Wärme	Raumheizung	140	154	209	230
	Luftaufbereitung	220	242	195	215
Kälte	Raumkühlung	119	131	119*	131*
	Zentrale Luft-Aufbereitung	45	50	45*	50*
Summe		1.023	2.074	1.123	2.291

Die Messwerte fließen in die wissenschaftliche Projektbegleitung durch die Programmgruppe STE des Forschungszentrums Jülich ein. Ziel ist, verallgemeinerungsfähige Aussagen über das Nutzerverhalten, die Kosteneffizienz einzelner Maßnahmen, die Kostenminderungspotenziale bei einer Wiederholung andernorts sowie eine Öko- und Energiebilanz für Einzelmaßnahmen zu erstellen. Die Ergebnisse werden Ende 2005 in einem „Leitfaden für eine energieeffiziente Laborsanierung“ veröffentlicht. In der Zwischenzeit bieten die u. g. Internetseiten weitere aktuelle Zwischenergebnisse der Optimierungsphase.

PROJEKTORGANISATION

■ Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
11019 Berlin

Projektträger Jülich (PTJ) des BMWA
Jürgen Gehrmann
Forschungszentrum Jülich GmbH
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen

0327330A + B

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.

■ Autor

Uwe Milles

BINE Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienztechnologien und erneuerbaren Energien:

In kostenfreien Broschüren, unter 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.

Kontakt:

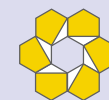
Fragen zu diesem **projektinfo**?

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

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Büro Bonn
Mechenstraße 57, 53129 Bonn

Fon: 0228 / 9 23 79-0

Fax: 0228 / 9 23 79-29

E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de

Internet: www.bine.info

► PROJEKTADRESSEN

- **Projektleitung:**
Forschungszentrum Jülich GmbH
Betriebsdirektion, Bernd Kauert
52425 Jülich
- **Energiekonzept:**
schiller engineering, Heiko Schiller
Ulmenstr. 50 b
22299 Hamburg
- **Wissenschaftliche Begleitung**
Forschungszentrum Jülich GmbH
Programmgruppe Systemforschung
Prof. Kleemann/ Ulf Birnbaum
52425 Jülich
- **Messtechnische Begleitung**
Solar-Institut Jülich der Fachhochschule Aachen,
Dr. Joachim Götsche, Karsten Gabrysch
Heinrich-Mussmann-Str. 5
52428 Jülich

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Service

- Ergänzende Informationen zu diesem Info finden Sie unter www.bine.de in der Rubrik „Service/InfoPlus“.
- Aktuelle Informationen über die Sanierung des Jülicher Labors finden Sie unter www.labsan.de.
- Aktuelle Informationen über das ENSAN-Verbundprojekt und Daten weiterer Demonstrationsgebäude finden Sie unter www.ensan.de. Hier ist u. a. eine Veröffentlichung über „Energieverbräuche von Bildungsgebäuden in Deutschland“ zum Download eingestellt.
- Informationen über den Annex 36 der IEA finden Sie unter www.annex36.de/links.html und www.annex36.bizland.com/.
- Am 27. Juni 2004 steht das sanierte Laborgebäude in Jülich im Rahmen eines Tages der Offenen Tür des gesamten Forschungszentrums für Besichtigungen offen.