

# Neubau Fraunhofer-Institut ISE




Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ist kein gewöhnlicher Gebäudenutzer. Denn für die energetische Konzeption des Neubaus konnte das Institut sein Forschungs- und Entwicklungswissen beisteuern. Die institutseigene Arbeitsgruppe Solares Bauen, die seit Jahren innovative Planungsleistungen für energieeffizientes Bauen anbietet und Gebäude wissenschaftlich evaluiert, arbeitete eng mit den Architekten und Haustechnikplanern zusammen. Es handelte sich also um ein Gebäude, bei dem hohe Energieeffizienz-Ambitionen und überdurchschnittliche Nutzungsansprüche eines Forschungsinstituts zusammentreffen. Beides soll mit gestalterischer Qualität und Raumkomfort vereinbar sein.



Der Neubau des Institutsgebäudes wurde 2001 bezogen. Zu sehen ist der Kopfbau mit Haupteingangsbereich.  
© Fraunhofer ISE

## Gebäudesteckbrief

<b>Projektstatus</b>	 Optimiert
<b>Standort</b>	Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Baden-Württemberg
<b>Baufertigstellung</b>	6/2001
<b>Inbetriebnahme</b>	7/2001
<b>Bruttogrundfläche</b>	15.130 m <sup>2</sup>
<b>Beheizte Nettogrundfläche</b>	13.150 m <sup>2</sup>
<b>Bruttorauminhalt</b>	64.322 m <sup>3</sup>
<b>Arbeitsplätze</b>	300
<b>A/V</b>	0,31 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
<b>Schwerpunkte</b>	Fassadensysteme, Atrium, Tageslichtplanung, Tageslichtsysteme, Lüftung + WRG, Aktive Kühlung, Regenerative + passive Kühlung, Kraft-Wärme-Kopplung, Wärme-/Kälte-Verbund, Regelungstechnik, Betriebsführung, Gebäudeautomation, Solarthermie, Photovoltaik

## Projektbeschreibung

Der Institutsneubau ist am nordwestlichen Rand der Freiburger Innenstadt gelegen. Weil das städtebauliche Umfeld durch eine sehr gemischte Nutzung geprägt ist, kommt dem Gebäude eine wichtige städtebauliche Funktion zu. Das Baugrundstück ist recht schmal und erstreckt sich in Nord/Süd-Richtung. Mit dem Neubau sollte zudem Raum für gut 300 Mitarbeiter geschaffen werden – gefordert waren ausdrücklich auch hohe Arbeitsplatzqualität, geringer Energieverbrauch und hohe gestalterische Qualität. Zwei Drittel der Hauptnutzfläche sind für Labors und Werkstätten ausgewiesen, der Rest sind Büro- und Versammlungsräume. Das Gebäude bietet Raum für rund 300 Mitarbeiter. Der schließlich realisierte Entwurf wurde aus drei konkurrierenden Entwürfen ausgewählt, die nach den Kriterien Raumklima, Tageslicht und Energiebedarf evaluiert wurden.

### Gebäudekonzept

Der Baukörper besteht aus einer Kammstruktur mit einer in Nord/Süd-Richtung verlaufenden »Magistrale« als Erschließung und drei Flügelbauten. Im Süden beginnt die Magistrale mit einem Kopfbau, in dem zentrale Einrichtungen untergebracht sind. Westlich der Magistrale befinden sich das Technikum, die Werkstätten und ein 270 m<sup>2</sup> großer Reinraum für die Entwicklung von Solarzellen. Die Flügelgebäude besitzen drei oberirdische Geschosse, mit Büros an der Südseite und Labornutzung an der Nordseite.

Charakteristisch für die Büroarbeitsplätze eines Forschungsinstituts sind die hohe Dichte von Personen und EDV-Geräten. So kommt es selbst unter optimistischen Annahmen zu Wärmelasten von etwa 15 Watt pro m<sup>2</sup>. Der Verzicht auf eine aktive Klimatisierung ist nur möglich, indem der Stromverbrauch konsequent gesenkt und alle Möglichkeiten der passiven Klimatisierung ausgeschöpft werden: Bei diesem Institutsneubau sind verschiedene Maßnahmen umgesetzt wie beispielsweise an die Nutzung und Orientierung angepasste

Glasflächen und Glastypeen, außen liegender und automatisch gesteuerter Sonnenschutz, intensive thermische Ankopplung der Raumluft an die Gebäudemasse etc.

Die Flügelstruktur des Gebäudes erhöht den Lichteinfall, die gewählte Ausrichtung reduziert die aus Blendungsgesichtspunkten ungünstigen Ost- und Westfassaden. Wegen der Kombination von Laboren und Büros auf einem Geschoss sind die Raumhöhen mit 3,30 Metern sehr komfortabel, verbunden mit Raumtiefen von nur 5 Metern erlaubt dies eine sehr gute Tageslichtnutzung.

### **Energiekonzept**

Nutzungsbedingt kommt es in dem Institut zu einem hohen Bedarf an elektrischer Prozessenergie und Kälte. Deshalb dient ein gasbetriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW) – in Verbindung mit einer Absorptionskältemaschine – zur Energieversorgung im Kraft-/Wärme-/Kälteverbund. Es sichert gleichzeitig die unterbrechungsfreie Stromversorgung bei einer Störung im Stromnetz. Im Winter wird die Abwärme zum Heizen genutzt, im Sommer wird sie in Klimakälte umgewandelt, die in den Labors und Spezialräumen benötigt wird. Ein Gaskessel und eine Kompressionskältemaschine decken den Spitzenbedarf an Wärme und Kälte ab. Die Abwärme des BHKWs wird außerdem zur sorptiven Entfeuchtung der Zuluft des Reinraums verwendet. Ergänzend wurden Solaranlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung installiert.

### **Performance**

Das Gebäude wurde einem mehrjährigen Monitoring unterzogen. Der Fokus der Evaluierung lag auf den Aspekten Energiekennwerte, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, passive Kühlung durch Nachtlüftung sowie Tageslichtnutzung, elektrische Beleuchtung und Sonnenschutz.

### **Energiekennwerte**

Der Zielwert von 100 kWh/m<sup>2</sup> für den Primärenergieverbrauch konnte mit maximal 83 kWh/m<sup>2</sup> deutlich unterschritten werden. Hierbei ist eine Stromgutschrift aus dem BHKW-Betrieb berücksichtigt. Der Heizwärmeverbrauch war mit 37 kWh/m<sup>2</sup> etwas höher als geplant. Wesentliche Ursache hierfür ist ein mit 0,46 zu geringer Wert für die so genannte Rückwärmzahl, ein Maß für die Effektivität der Wärmeübertragung in dem Kreislaufverbundsystem zur Wärmerückgewinnung. Die Verbrauchswerte für die elektrische Beleuchtung sind mit 2,5 kWh/m<sup>2</sup>a sehr niedrig. Den größten Anteil am Stromverbrauch für die technische Gebäudeausrüstung hat die Luftförderung mit 13,3 kWh/m<sup>2</sup>a.

### **Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung**

Der Betrieb des Blockheizkraftwerks führt zu erheblichen Primärenergieeinsparungen. Das Einsparpotenzial kann jedoch nicht komplett ausgeschöpft werden, da die Absorptionskältemaschine in dem Kraft-Wärme-Kälte-Verbundsystem nicht sehr effektiv arbeitet (COP = 0,5). Die Kälteerzeugung ist ähnlich ineffektiv wie bei der eingesetzten Kompressionskältemaschine (COP = 2,6) und bleibt hinter den Planungswerten zurück. Die wesentliche Einsparung wird also allein mit der Abwärmenutzung für die Gebäudeheizung erzielt.

### **Nachtlüftung**

Die Nachtlüftung führt im normalen Gebäudebetrieb zu einer Reduzierung der mittleren Raumtemperatur um 1 Kelvin. Das entspricht bei normalem Klima am Standort einer Reduzierung der Überhitzungsstunden (Zeit mit Temperaturen über 25°C) von etwa 400 auf 150 Stunden bzw. von 16 auf 6% der Betriebszeit.

Im extrem warmen Sommer 2003 gab es ungewöhnlich viele tropische Nächte. In diesem Jahr konnten die Komfortbedingen zu 20% der Betriebszeit nicht eingehalten werden. Die Nachtlüftung ist deshalb nur in typischen Sommern in der Lage, ausreichenden Komfort zu gewährleisten, wenngleich die Komfortkriterien nach DIN 1946-2 nicht durchgängig eingehalten werden. Der COP für die Nachtlüftung beträgt 4,5 und der Aufwand für die Luftförderung 0,49 W/m<sup>3</sup>.

Die gleichmäßige Durchströmung der Büros konnte durch umfangreiche Luftwechsellmessungen mit Tracergas bestätigt werden, die an einem Tag abführbare Wärme betrug 65 Wh/m<sup>2</sup>. Für das am Fraunhofer-Institut angewandte Konzept einer hybriden Lüftung ist die manuelle Bedienung der Fenster und Oberlichter ein wesentlicher Faktor. Über Fensterkontakte konnte ermittelt werden, wie häufig die Nutzer das Fenster öffnen und damit die Fensterlüftung aktivieren. Es hat sich gezeigt, dass das beobachtete Lüftungsverhalten den Planungserwartungen entspricht. Die Fenster werden überwiegend abhängig von der Außentemperatur geöffnet. Nachtlüftung und Sonnenschutz ergänzen sich und haben in etwa einen gleich großen Effekt auf das thermische Gebäudeverhalten.

### **Erdreichwärmetauscher**

Der Erdreichwärmetauscher ist bei diesem Gebäude sehr effektiv. Er liefert eine hohe thermische Leistung, das liegt nicht zuletzt an dem guten Wärmeübergang zwischen Erdreich und Luft. In Zahlen ausgedrückt: Bei einem Luftvolumenstrom von bis zu 11.000 m<sup>3</sup>/h wird die einströmende Außenluft um etwa 12 Kelvin abgekühlt, das sind 76% vom theoretisch Erreichbaren. Die höchste thermische Leistung wurde im Winter gemessen, sie ist mit 46 kW (thermisch) geringfügig höher als im Sommer (43 kW thermisch).

### Tageslichtnutzung und elektrische Beleuchtung

Der Strombedarf für die Beleuchtung ist in den Büros mit 2,5 kWh/m<sup>2</sup>a sehr niedrig, was zum einen an der hohen Tageslichtautonomie von 75% liegt, zum anderen an der niedrigen installierten Leistung von 5,8 W/m<sup>2</sup> für die Grundbeleuchtung.

Die elektrische Beleuchtung wird erwartungsgemäß genutzt, sie zeigt qualitativ und quantitativ eine ähnliche Abhängigkeit von dem Tageslichtangebot, wie in wissenschaftlichen Studien beobachtet.

Der Sonnenschutz wird bei diesem Gebäude im Sommer auch bei hohen Außentemperaturen nicht konsequent genutzt, das ergab die Auswertung entsprechender Messdaten. Und weitgehend unabhängig von der Voreinstellung durch die Jalousiesteuerung (Sommer morgens geschlossen, Winter morgens geöffnet) stellt sich ein ähnlicher Tagesverlauf der Sonnenschutznutzung in Abhängigkeit vom Sonnenstand ein. Das lässt darauf schließen, dass für einige Nutzer die Sichtverbindung eine besonders wichtige Rolle spielt. Zum anderen wird der Sonnenschutz bevorzugt zur Vermeidung von Blendung durch direkte Sonneneinstrahlung eingesetzt.

### Optimierungsmaßnahmen und –möglichkeiten

Im laufenden Gebäudebetrieb erfolgte eine Optimierung des Systems zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Bei leicht steigendem Nutzenergiebedarf konnte der Primärenergieverbrauch von zunächst jährlich 18 auf 14 Gigawattstunden reduziert werden. Eine weitere Optimierung der Kälteproduktion mit der Absorptionskältemaschine wäre möglich unter Verwendung eines größeren Kaltwasserspeichers. So könnte ein kontinuierlicherer Betrieb des Blockheizkraftwerks erreicht werden, was wiederum eine höhere Spreizung von Vor- und Rücklauftemperaturen des Kaltwassers bewirkt und höhere Leistungszahlen der thermischen Kältemaschine erlaubt.

### Baukosten und Wirtschaftlichkeit

Die Baukosten lagen bei deutlich reduziertem Primärenergiebedarf in der Größe vergleichbarer Labor- und Bürogebäude.

### Energiekennzahlen

Energiekennzahlen nach EnEV (in kWh/m <sup>2</sup> a)	
<b>Heizwärmebedarf</b> (nach WSVO bezogen auf die Nutzfläche AN = 19.326 m <sup>2</sup> )	41,20


### Kosten für die Realisierung

Realisierungskosten in €/m <sup>2</sup>	
<b>Baukonstruktion (KG 300)</b>	757
<b>Technische Anlage (KG 400)</b>	567

Hierbei handelt es sich um eine/n Kostenberechnung

Bauwerkskosten netto nach DIN 276 bezogen auf die Bruttogrundfläche (BGF) nach DIN 277

 [Abschließender Projektbericht Gebäudekonzept \(PDF, 1.6 MB\)](#)

 [Abschließender Projektbericht Monitoring \(PDF, 9.5 MB\)](#)

Dieses Projekt wird im Rahmen der Forschungsinitiative EnOB gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Weitere Informationen unter [www.enob.info](http://www.enob.info).