



Mehr als Fassade

Abb 1



- ▶ angenehmes Raumklima ohne Klimaanlage auch im Jahrhundert-Sommer 2003
- ▶ hoher Anteil regenerativer Energieversorgung durch Nahwärme mit Holzfeuerung und Photovoltaik
- ▶ Tageslichtversorgung der Arbeitsplätze konzeptbedingt nicht optimal
- ▶ Energieverbrauch aufgrund abweichender Nutzungsgegebenheiten höher als erwartet

*Innovatives Energiekonzept hinter preisgekrönter Fassade
(Quelle: ZUB)*

Beim Neubau eines Firmengebäudes wird gerne auf eine moderne Architektursprache gesetzt, um das Unternehmen zeitgemäß und zukunftsfähig zu präsentieren. Daneben rücken flexible Nutzungsmöglichkeiten und auch der Arbeitsplatzkomfort zunehmend in das Interesse des Arbeitgebers.

Das neue Verwaltungsgebäude des Sägewerks Pollmeier, ein mittelständisches Unternehmen mit 400 Mitarbeitern, hat 2002 für seine außergewöhnliche Architektur den deutschen Fassadenbaupreis erhalten. Gleichzeitig zeichnet es sich durch hohe Energieeffizienz und ein innovatives Gebäudetechnikkonzept aus. Ziel von Bauherr und Planern war es, ein Gebäude mit hochwertigen Arbeitsplätzen zu schaffen und dabei einen Heizwärmebedarf unter $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ sowie einen Primärenergiebedarf unter $100 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zu erreichen. Neben der Minderung der Energieverluste durch eine gute thermische Hülle spielt dabei die Gebäudetechnik eine wesentliche Rolle. Im Rahmen eines eigenen Förderkonzepts unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) die energetische Optimierung in der Planungsphase sowie die messtechnische Erfassung und Auswertung des Gebäudebetriebs.

Bereits der erste Entwurf der Architekten zeigte das Potenzial zu einem energieeffizienten Gebäude, beispielsweise aufgrund der Grundrissentwicklung um ein überdachtes Atrium oder der nach Himmels-

richtung abgestimmten Fensterflächenanteile. Mit Hilfe umfangreicher Simulationsrechnungen wurde der Einsatz verschiedener baulicher und technischer Komponenten hinsichtlich Kosten, Energieverbrauch und Wirkung verglichen, um das angestrebte Ziel kostenoptimal zu erreichen. Bei den Einzelaspekten Wärmebedarf, Raumklima und Tageslichtversorgung waren dabei jeweils die gegenseitigen, sich zum Teil widersprechenden energetischen Auswirkungen zu berücksichtigen. Im Ergebnis ist die Gebäudetechnik des Neubaus einfach und kostengünstig gehalten und folgt damit der Idee des „schlanken Gebäudes“. Auf eine aktive Kühlung konnte verzichtet werden. Eine Photovoltaik-Anlage ergänzt die regenerative Energieversorgung. Der mit dem damals gültigen Berechnungsverfahren nach WSchVo 95 ermittelte Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes liegt bei $33,4 \text{ kWh/m}^2$, damit ist der zulässige Wert um rund 45% unterschritten. Als Primärenergiebedarf für Heizung, Lüftung, Beleuchtung und sonstige Haustechnik wurden in der Planungsphase $56,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ errechnet. Dies ist gleichzusetzen mit einer Einsparung von 65% gegenüber einem herkömmlichen Bürogebäude.

Die Monitoring-Phase seit Februar 2002 ergibt für das Gebäude insgesamt gute Energiekennwerte, die aber deutlich hinter den Erwartungen aus der Planungsphase zurückstehen. Die Gründe hierfür deckte die detaillierte Auswertung auf.

► Gebäudekonzept

Abb 2: Grundriss 1. OG
(Quelle: seelinger + vogels)

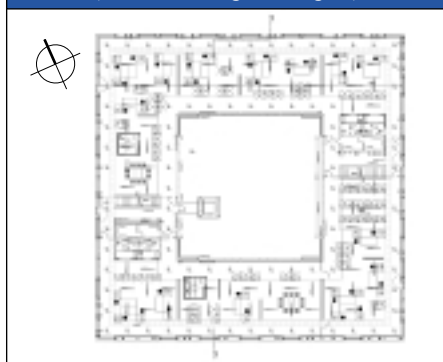
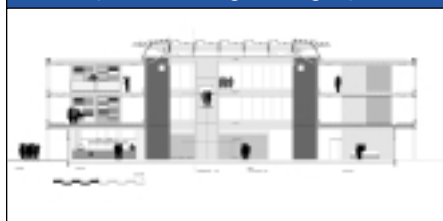


Abb 3: Schnitt in Nord/Süd-Richtung
(Quelle: seelinger + vogels)



Mit seinem quadratischen Grundriss um ein überdachtes Atrium ist der dreigeschossige Neubau sehr kompakt. Treppenhäuser liegen auf Ost- und Westseite, ein Aufzug im Westen im Atrium. Das Dach des Atriums besteht aus einem Holz-Stahl-Rost mit leicht geneigter Shed-Verglasung. Das Hauptdach ist ein extensiv begrüntes Flachdach.

Das Erdgeschoss des Gebäudes mit Besprechungsräumen, Showroom, Cafeteria und Haustechnik ist zurückversetzt und komplett verglast. Die Bürobereiche in den Oberge-

Abb 4: Gebäudesteckbrief

Bauherr / Nutzer	Pollmeier Massivholz GmbH
Architektur	seelinger + vogels Architekten BDA, Darmstadt
Energiekonzept / Haustechnik	solares bauen GmbH, Freiburg
Standort	Creuzburg (Thüringen)
Planungs- und Ausführungszeitraum	August 2001 fertiggestellt (Planungszeit 6 Monate, Bauzeit 11 Monate)
Baukonstruktion	Stahlskelett auf Stahlbetonverbundstützen, hinterlüftete Fassade mit vorgefertigten Holzelementen
NGF (Nettogrundfläche), beheizt	3.489 m ²
Mittlere Raumhöhe (NRI/NGF)	3,6 m
BRI (Bruttorauminhalt) nach DIN 277	16.847 m ³
A/V-Verhältnis	0,32 m ⁻¹

schossen haben offen gestaltete Grundrisse und sind nur durch die Treppenhäuser getrennt. Durch die Anordnung der Gänge zur Außenfassade und zum verglasten Atrium hin (Einfachverglasung) liegen die Arbeitsplätze in der Mittelzone. Die Decken sind dort abgehängt. Teilweise umsetzbare Wandscheiben zonieren den Innenraum.

Die Gestaltung der Fassade mit ihrem Wechselspiel von großflächigen Öffnungen, Lichtschlitzen und geschlossenen Flächen wurde durch das Energiekonzept maßgeblich beeinflusst: Nord- und Südfassade besitzen einen Fensterflächenanteil von 50%, Ost- und Westfassade sind zu 30% verglast. Die hinterlüfteten Fassaden bestehen aus vorgefertigten Holzelementen, die von außen mit Wärmedämmung und großformatigen vorgehängten Faserzementplatten versehen sind. Innen sind zur Erhöhung der thermisch nutzbaren Masse Sichtbetonelemente angebracht, die z.T. mit Stoff bespannt sind. Bei dieser Fassadenkonstruktion musste besonderer Wert auf die Luftdichtheit gelegt werden, da sehr viele Gewerke beteiligt waren (Drucktest: n_{50} -Wert = 0,76 h⁻¹).

Insgesamt weist das Gebäude einen hohen Dämmstandard auf: die Fenster haben eine 2-fach Wärmeschutzverglasung (U-Wert 1,4, g-Wert 0,58), die Außenwand ist mit 30 cm gedämmt (U-Wert: 0,17) und das Dach mit 20 cm (U-Wert: 0,19). Der mittlere U-Wert liegt damit bei 0,29.

Abb 5: Blick in das Atrium
(Quelle: S. Rosenberg)



► Heizung und Lüftung

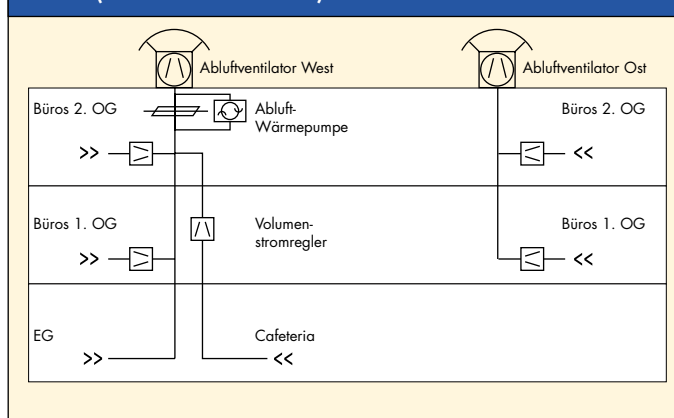
Das Gebäude ist über einen Wärmetauscher (160 kW) an die werkseigene Feuerungsanlage angeschlossen, die mit anfallenden Holzabfällen und Sägespänen vollständig regenerativ betrieben wird. Das Zuluftregister der Cafeteria sowie sämtliche Heizkörper im EG und den Obergeschossen sind direkt an den Heizkreis der Wärmeübergabe angeschlossen. Ein Schichtenpufferspeicher versorgt die Fußbodenheizung im Erdgeschoss. Die niedrige Betriebstemperatur der Fußbodenheizung begünstigt den Einsatz einer Abluftwärmepumpe, die in den Sommermonaten zur Bereitstellung von Warmwasser genutzt wird.

Ein Schwerpunkt des energetischen Konzepts war die Planung der ohnehin erforderlichen Lüftungsanlage mit einem möglichst einfachen System, das auch zur Nachtlüftung im Sommer genutzt werden kann. Nach dem Vergleich verschiedener Varianten sorgt nun eine Abluftanlage mit Absaugung im Deckenbereich der zentralen Serviceblöcke, im Tagbetrieb über Luftqualitätssensoren geregelt,

für den notwendigen Luftwechsel. Sie funktioniert im Zusammenspiel mit speziell entwickelten Zuluftelementen (manuell verstellbare Lüftungsgitter oberhalb der Fenster), die den Anforderungen des Wärme- und Schallschutzes genügen und sich optisch gut in die Fassade integrieren.

Für die Kühlung des Gebäudes im Sommer schaltet die Abluftanlage nachts auf einen 1,5-fachen Luftwechsel, der die tagsüber gespeicherte Wärme aus dem Gebäude abführt. Außerdem tragen die gute Wärmedämmung, der außenliegende Sonnenschutz sowie die thermisch träge Gebäudemasse zu einem angenehmen Innenraumklima im Sommer bei. Die schmalen hohen Fassadenelemente können

Abb 6: Das Abluftsystem umfasst zwei Bereiche, die durch die Treppenhäuser voneinander getrennt sind. Die Wärmepumpe ist an den Abluftstrang West gekoppelt.
(Quelle: solares bauen)



manuell geöffnet werden. Im EG wurde aufgrund des Überstandes der Obergeschosse auf einen zusätzlichen Sonnenschutz verzichtet.

Die Kühllast des Serverraums von rund 80 W/m² wird überwiegend über eine eigene Außenluftanlage abgeführt. Bei zu hohen Außentemperaturen übernimmt ein Umluftkühler die Aufgabe.

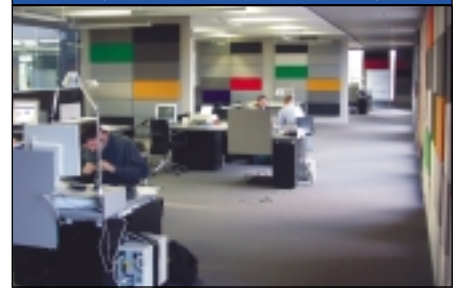
► Tageslicht und Beleuchtung

Die Bürogaschosse erhalten über Atrium und Außenfassaden Tageslicht. Allerdings beeinträchtigt die von Bauherren und Architekten gewünschte Lage der Arbeitsplätze sowie die dunkle Innenausstattung die Tageslichtausbeute erheblich. Ein weißer Deckenschild verbessert die Lichtsituation. Außenliegende Markisen dienen dem Sonnen- und Blendschutz.

Eine indirekte Grundbeleuchtung sorgt für im Mittel 300 Lux in den Büroetagen. Sie ist

an jedem Arbeitsplatz mit einer Einzelleuchte ergänzt, die dort eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux garantiert. Durch exakte Berechnungen konnte die installierte Leistung im Vergleich zum Ansatz nach DIN um rund 75% reduziert werden, das senkte die Investitionskosten um mehr als 40.000 Euro. Die Deckenbeleuchtung der Büros soll tageslichtabhängig gedimmt werden, um den Energiebedarf zu senken.

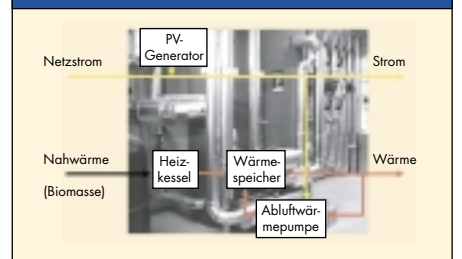
Abb 7: Arbeitsplätze einer typischen Bürozone im Mittelbereich unter der abgehängten weißen Akustikdecke (Quelle: SolarBau:MONITOR)



► Energiekonzept: Systemkomponenten

System	Komponenten	Details
Heizung	Holzfeuerungsanlage Leistung 18 MW	Wärmeabgabe über Wärmetauscher (160 kW) (Bestand)
	Heizkörper (Außenfassaden) und Lufterhitzer (Cafeteria)	direkt über Wärmetauscher mit Mischerregelung
	Fußbodenheizung Wärmerückgewinnung durch Abluftwärmepumpe	über Pufferspeicher (950 l) mit Mischerregelung, trägt zum Laden des Pufferspeichers bei, Wärmeleistung: 15 kW
Lüftung / Kühlung	Abluftanlage	Taglüftung: LW=0,65/h Nachtlüftung: LW=1,5/h
	Außenluftanlage und Umluftkühler	Kühllast Serverraum
Belichtung	natürliche Belichtung	Bürogaschosse über Atrium und Außenfassaden belichtet
	Sonnenschutz	EG: ausreichend Verschattung durch Überstand, OG: außenliegende Markisen, Atriumdach (g-Wert 45%): Verschattung vorgerüstet
	Kunstlicht	indirekte Grundbeleuchtung (300 Lux), zusätzlich Arbeitsplatzleuchten (Mindestbeleuchtungsstärke 500 Lux).
Regelung	Koordination aller Funktionen durch Gebäudeleittechnik mit Bussystem	zentrale Überwachung und Nutzereingriff im Gebäude möglich sowie Überwachung von außen
Stromversorgung	netzgekoppelte Photovoltaik-Anlage	Solarzellen als Bestandteil der Metalldachpaneele rundum auf dem Dachkranz des Atriums (Neigung 8°); 7 kW _p ; Jahresertrag ca. 6.000 kWh
Warmwasserbereitung	Pufferspeicher mit integrierter WW-Bereitung, Ladung im Sommer durch Wärmepumpe	südliche Büros und Küche
	elektrische Durchlauferhitzer	nördliche Büros

Abb 8: Energiekonzept (Quelle: SolarBau:MONITOR)



Nutzerakzeptanz

In einer Umfrage im Juli 2002 äußerten die Nutzer sich weitgehend zufrieden mit den Innenraumtemperaturen. Die Luftqualität wird als gut, jedoch sich im Laufe des Tages verschlechternd empfunden, deshalb werden Fenster geöffnet. Die Tageslichtversorgung wird sehr unterschiedlich bewertet: zur Hälfte als gut und zur Hälfte als mittelmäßig bis schlecht. Blenderscheinungen durch die Sonne treten bei der deutlichen Mehrheit der Arbeitsplätze auf. Grund dafür ist die Transparenz des Sonnenschutzes und damit die zu hohe Leuchtdichte bei direkter Besonnung. Die künstliche Beleuchtung wird von der Mehrheit als gerade richtig, von einem Drittel als zu gering eingestuft.

► Betriebserfahrungen

Seit Februar 2002 werden Größen wie Raum- und Außentemperaturen, Strahlung, Energieströme bzw. -verbräuche sowie Betriebszustände erfasst und ausgewertet. Die umfangreichen Messdaten ermöglichten es, einige Fehlfunktionen der Gebäudeleittechnik zu diagnostizieren und zu beheben sowie Optimierungen vorzunehmen. Trotzdem liegen sowohl Wärme- als auch Stromverbrauch deutlich über den angestrebten Werten.

Die Beleuchtung, die entgegen der Annahmen praktisch während der gesamten Arbeitszeit eingeschaltet ist, erhöht den Stromverbrauch. Dieser bleibt aber noch unterhalb von 50% des Werts, den eine konventionell ausgelegte Beleuchtungsanlage erreichen würde. Die Lage der Büroarbeitsplätze in der Raummitte und die dunkle Innenausstattung schaffen zwar eine angenehme Atmosphäre, mindern allerdings das Tageslichtangebot deutlich. Zudem liegen für

zahlreiche Oberflächen die gemessenen Reflexionsgrade deutlich unter den Planungsannahmen. Nur großflächige Eingriffe in die Arbeitsorganisation oder Innenarchitektur könnten die Situation verbessern. Der Austausch der zu Beginn für die Schreibtischbeleuchtung eingebauten 100 W Glühlampen würde ca. 4,08 MWh pro Jahr einsparen. Diese werden nun sukzessive ersetzt.

Der gemessene Heizwärmebedarf liegt zwischen 60 und 65 kWh/m²a und übersteigt die Konzeptwerte um rund 70%. Dazu tragen vor allem die Raumtemperaturen bei, die um 2 bis 3 Grad höher liegen als angesetzt. Die Solarstrahlung beeinflusst entgegen der Annahmen die Heizleistung nicht. Die Wärmepumpe deckt wie erwartet ca. 10% des Energieverbrauchs. Allerdings ist aufgrund der schlechten Jahresarbeitszahl zu überlegen, die Wärmepumpe im Sommer außer Betrieb zu nehmen.

Abb 9: Bauwerkskosten brutto nach DIN 276 bezogen auf die NGF

Baukonstruktion (KG 300):	1.034 €/m ²
Technische Anlagen (KG 400):	280 €/m ²
Bauwerkskosten, (KG 300+KG 400):	1.314 €/m ²

Im Vergleich zu den Baupreisindizes des Baukosteninformationszentrums Stuttgart entsprechen die Kosten denen eines Verwaltungsgebäude des einfachen bis mittleren Standards (Stand 2. Quartal 1998).

Die Abluftanlage leistet die bedarfsabhängige Lüftung mit gutem Komfort. Während der letzten beiden Sommer hat auch die Nachtlüftung die erhoffte Wirkung gezeigt. Werden nachts zusätzlich die Fenster geöffnet, sinken die Temperaturen weiter. Im Jahr 2003 lag die Innenraumtemperatur nur in 3,5% der Stunden höher als 26°C, trotz des extrem warmen Sommers. Die im Rahmen des Projekts ermittelten Größen zur thermischen Behaglichkeit liegen im Rahmen der nach DIN vorgegebenen Grenzwerte. Lediglich die relative Raumluftfeuchte sinkt in den Wintermonaten unter 30%.

Fazit

Insgesamt zeigt das Beispiel im Vergleich mit Bürogebäuden in herkömmlicher Bauweise gute Energiekennwerte. Die Vorgaben zum Gesamtenergiebedarf für Heizwärme, Warmwasserbereitung, Gebäudetechnik und Beleuchtung, die Grundlage für die Aufnahme in das Förderkonzept SolarBau waren, werden mit 77,9 kWh/m²a nur um 11% überschritten. Vor allem aufgrund der regenerativen Wärmeversorgung können die Zielwerte für Primärenergieverbrauch (≤ 100 kWh/m²a) und CO₂-Emissionen (≤ 23 kg/m²a) bequem eingehalten werden.

Abb 10: Planungswerte und gemessener Endenergieverbrauch

	Planung [kWh/m ² a]	2002* [kWh/m ² a]	2003 [kWh/m ² a]
Wärme			
Heizung (Radiatorenheizung, Fußbodenheizung, Zulufltheizregister Cafeteria)	36,4	61,7	56,9
Warmwasser	0,2	0,9	1,5
Verluste	3,0	1,8	2,2
Wärmepumpe (Ertrag)	-4,9	-5,3	-5,0
Summe	34,7	59,1	55,6
Strom			
Haustechnik + Beleuchtung	11,5	20,3	19,5
Arbeitshilfen / Sonstiges (EDV, Küche, Außenbeleuchtung etc.)	11,5	29,1	32,2
Ertrag Photovoltaik	-1,8	-0,9	-1,8
Summe	21,2	48,5	49,9

Bezugsfläche: beheizte Nettogrundfläche von 3500 m², * Werte für Januar und Februar sind hochgerechnet

Die Planungsphase hat gezeigt, wie wichtig es ist, praktische Lösungen für die im Konzept erarbeiteten Vorgaben zu finden und in die Gesamtplanung einzubinden. Vor allem gute Tageslichtnutzung ist sehr eng mit dem Gebäude-Gesamtkonzept verknüpft. Je früher dieser Zusammenhang in der Planungsphase eines Gebäudes berücksichtigt wird, desto einfacher lassen sich gestalterische und lichttechnische Ansprüche vereinen. Die bei diesem Gebäude vom Bauherrn gewünschte Raumgestaltung führt zwar zu einem ästhetisch ansprechenden Arbeitsumfeld, die energetischen Zielwerte aus der Planung werden allerdings zum Teil verfehlt. Für die Lüftung zeigt die enge Zusammenarbeit der Projektbeteiligten bei der technischen und praktischen Umsetzung gute Erfolge. Nach der Inbetriebnahme des Gebäudes war die Abstimmung der Gebäudeleittechnik aufwändiger als abzusehen. Anhand der detaillierten Messdaten konnten Fehler behoben und Abläufe optimiert werden. Die Messphase hat außerdem ergeben, dass die Simulation nach einer Anpassung der Ausgangsdaten an die realen Bedingungen den Ist-Zustand abbildet. Die Diskrepanz der im Vorfeld berechneten Werte zur Realität liegt also weniger am Verfahren als vielmehr an der Wahl der Randbedingungen. Hier müssen im Vorfeld die Zielwerte sorgfältig ausgesucht und abgestimmt werden. Bei der Prognose des tatsächlichen Heizenergiebedarfs ist zu berücksichtigen, dass die in den Berechnungsverfahren nach Wärmeschutzverordnung bzw. EnEV angenommene Innenraumtemperatur sehr niedrig liegt.

PROJEKTORGANISATION

Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
11019 Berlin

Projekträger Jülich (PTJ) des BMWA
Dr. Hans-Georg Bertram
Forschungszentrum Jülich GmbH
52425 Jülich

Förderkennzeichen

0335007B + J

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 Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienz-
technologien 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 Infor-
mationsdienst.

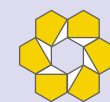
Kontakt:

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 Pla-
nen 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

- Pollmeier Massivholz GmbH
Pferdsdorfer Weg 6, 99831 Creuzburg
www.pollmeier.com
- **Wissenschaftliche Begleitforschung**
Zentrum für umweltbewusstes Bau-
en e.V., Verein an der Universität
Kassel, Katrin Schlegel
Gottschalkstr. 28a, 34127 Kassel
www.zub-kassel.de
- **Energiekonzept / TGA**
Solares Bauen, Ingenieurgesellschaft
für Energieplanung mbH
Christian Neumann
Emmy-Noether-Str. 2, 79110 Freiburg
www.solares-bauen.de
- **Projektübergreifende Dokumentation**
SolarBau:MONITOR, Fraunhofer
Institut für Solare Heidenhofstr. 2,
79110 Freiburg

ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

- **Literatur**
Voss, K.; Löhnert, G.; Wagner, A.: Solar-
Bau Monitor. Energieeffizienz und
Solarenergienutzung im Nichtwohnungs-
bau. Konzepte und Bauten. Fraunhofer
Institut für Solare Energiesysteme (ISE),
Freiburg Jan. 2001. 80 S.; 14,32 Euro.
Bestellung über BINE
- **Internet**
www.solarbau.de
- **Service**
Ergänzende Informationen wie Literatur,
Adressen und Internet-Links sind bei BINE
erhältlich oder im Internet unter
www.bine.info „Service/Infoplus“ abrufbar.