



BINE
Informationsdienst

Komfortabel Lernen und Arbeiten

Abb 1



- ▶ **Innovatives Energiekonzept hat ersten Praxistest bestanden**
- ▶ **Heizwärmeverbrauch 2005: ca. 37 kWh/m²a**
- ▶ **Primärenergiekennwert 2005: 116 kWh/m²a**
- ▶ **SchülerInnen und LehrerInnen loben sehr gutes Raumklima**

Neubau der Gebhard-Müller-Schule in Biberach an der Riß. Außenjalousien schützen vor unerwünschten Wärmeeinträgen.

In Deutschland besuchen ca. 12,3 Mio. Schülerinnen und Schüler allgemein bildende und berufliche Schulen. Die Öffentlichkeit nimmt heute das Thema Schule angesichts pädagogischer Fragen, wie die der PISA-Studie oder von Ganztagschulkonzepten, wieder aufmerksamer wahr als noch vor wenigen Jahren.

An Architektur und Gebäudetechnik einer Schule werden eine ganze Reihe komplexer Anforderungen gestellt, die auf die spezielle Nutzung zurückgehen. Schulgebäude bestehen aus unterschiedlichsten Bereichen (Klassenzimmer, Flure, Atrien, Sporthallen) mit verschiedenen Nutzungszeiten. Hohe Belegungsdichten in den Klassenzimmern, verbunden mit großen internen Wärmelasten und hohen Anforderungen an die Lufthygiene, müssen berücksichtigt werden. Außerdem spielen ausreichende Belichtungsverhältnisse, Blend- und Sonnenschutz sowie Raumakustik für ein komfortables Lernen und Arbeiten eine wichtige Rolle. Denn – das Schulgebäude soll das Lernen fördern und nicht behindern und ebenfalls einen energieeffizienten Betrieb ermöglichen.

Die Gebhard-Müller-Schule ist eine kaufmännische Schule im Kreis-Berufsschulzentrum Biberach. Mit diesem Neubau erhielt die Schule ein eigenes Gebäude, das sich an den sehr ambitionierten Vorgaben des Bauherrn in Bezug auf Komfort, Flexibilität der Räumlichkeiten

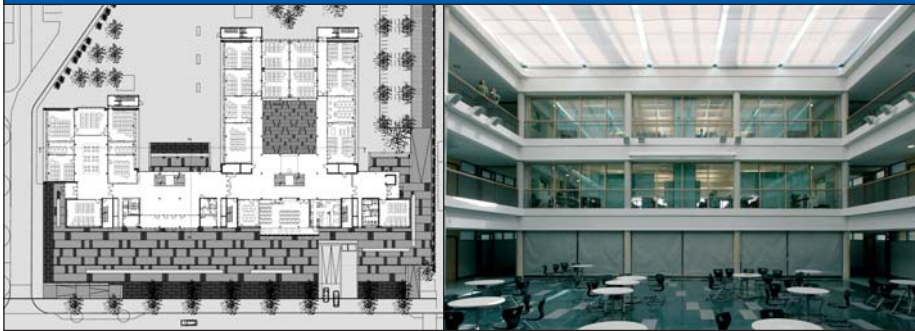
und Energieverbrauch orientiert. Bestandteil des Bauvorhabens ist ein innovatives Energiekonzept mit einem Heizwärmebedarf von ca. 30 kWh/m²a („3-Liter-Haus“). Das Raumkonzept soll eine große Flexibilität ermöglichen und neben geschlossenen Unterrichtsräumen auch offene Lernzonen anbieten.

Die Raumtemperierung erfolgt durch thermische Aktivierung der Stahlbetondecken. Als Hauptwärme- und ausschließliche Kältequelle dient das Grundwasser, im Heizbetrieb über eine Wärmepumpenanlage, im Kühlbetrieb direkt über einen Wärmeübertrager. Das gesamte Gebäude wird mechanisch be- und entlüftet. Weiterer Bestandteil des Entwurfes ist eine optimale Nutzung des Tageslichtes sowie ein effektiver Sonnen- und Blendschutz.

Der Neubau der Schule wird wegen des innovativen Konzeptes im Rahmen des Förderprogramms „Energieoptimiertes Bauen (ENOB)“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert wird, begleitet und evaluiert. Ein Schwerpunkt des Projektes in Biberach liegt auf der Betriebsoptimierung der Anlagentechnik. Im September 2004 wurde das Gebäude übergeben und Anfang 2005 konnte die zweieinhalbjährige Phase der Mess- und Betriebsoptimierung gestartet werden.

► Gebäudekonzept

Abb 3: Grundriss des Schulgebäudes und Innenansicht des großen Atriums



Das dreigeschossige Schulgebäude besteht aus einem Riegel entlang der Erschließungsstraße. Daran schließen sich zwei kubische Baukörper an, in denen sich die Unterrichtsräume befinden. Alle Baukörper sind über eine zentrale Flurhalle im Riegel miteinander verbunden (Abb 3). In der abgehängten Decke der Flurhalle verläuft die Techniktrasse; daraus verästeln sich die Versorgungstrassen in die Flure und Räume. Das Gebäude verfügt über zwei Atrien. Das große Atrium eignet sich für Schulveranstaltungen (ca. 500 Plätze) und für Konzerte, da es über eine sehr gute Akustik verfügt. Im Untergeschoss des Gebäudes befindet sich eine Tiefgarage, deren Decke unterseitig mit 18 cm Mineralwolle gedämmt ist. Entscheidende Vorgabe an das Konzept war, flexible Raumgrößen zu ermöglichen und neben geschlossenen Unterrichtsräumen auch offene Lernzonen zu schaffen. Hierfür bietet sich die zentrale Flurhalle an, die das gesamte Gebäude erschließt. Flexible Raumgrößen können durch ein neu entwickeltes Modulkonzept realisiert werden.

Jedes Modul verfügt über eine identische technische Ausstattung (RLT-Anlage, EDV). Somit lassen sich Räume durch Versetzen der Trennwände entlang der Fassade vergrößern und verkleinern. Das Gebäude ist ein Stahlbetonbau, der Riegel ist als Massivkonstruktion mit Lochfassade ausgeführt, die kubischen Unterrichtsgebäude sind als Skelettbauten mit vorgehängter Pfosten-Riegel-Fassade konstruiert. Die Decken sind weitgehend unverkleidet und haben eine Stärke von im Mittel 35 cm, so dass auf eine zusätzliche Trittschalldämmung sowie Estrich verzichtet werden kann. Trotz der großzügig angeordneten Verkehrsflächen ist ein kompaktes Gebäude mit einem mittleren U-Wert von 0,43 W/m²K entstanden.

Belichtung

Außenjalousien mit Lichtlenkfunktion schützen die Klassen- und Verwaltungsräume vor unerwünschten Wärmeeinträgen und sorgen für ein blendfreies Arbeiten. Die Atrien verfügen über einen innen liegenden Sonnenschutz

Abb 2: Gebäudesteckbrief

Bauherr/Investor	Landkreis Biberach
Architektur	Projektgemeinschaft Elwert-Stottele-Rädle – Ravensburg
Standort	Kreisberufsschulzentrum Biberach an der Riß, Baden-Württemberg
Planungs- und Ausführungszeitraum	2001 bis 2004, Fertigstellung September 2004
Baukonstruktion	Massivkonstruktion aus Stahlbeton mit vorgehängter Pfosten-Riegel-Fassade
Nettogrundfläche (NGF) ohne Tiefgarage, beheizt (Energiebezugsfläche)	10.650 m ²
Nettogrundfläche (NGF) mit Tiefgarage	15.383 m ²
Hauptnutzfläche	5.542 m ²
Bruttorauminhalt, ohne Tiefgarage nach DIN 277	43.639 m ³
A/V-Verhältnis	0,31 m ¹

aus beschichtetem Stoff. Um die Wärmeeinträge in Treppenhäuser, Cafeteria und Konferenzbereiche zu reduzieren, wurden Sonnenschutzgläser (g-Wert 0,21) eingebaut. Die Tageslichtversorgung des Gebäudes wurde mit Hilfe von Simulationsberechnungen optimiert. Die Außenjalousien werden automatisch in Abhängigkeit vom Sonnenstand, z. T. auch von der Raumtemperatur, gesteuert, können jedoch ebenfalls manuell bedient werden. Die Flurbereiche werden über die Atrien mit Tageslicht versorgt und ergänzen über Oberlichter die natürliche Belichtung der Klassenzimmer. Kunstlicht wird vom Nutzer eingeschaltet und in Abhängigkeit vom vorhandenen Tageslichtangebot in einzelnen Reihen oder komplett abgeschaltet.

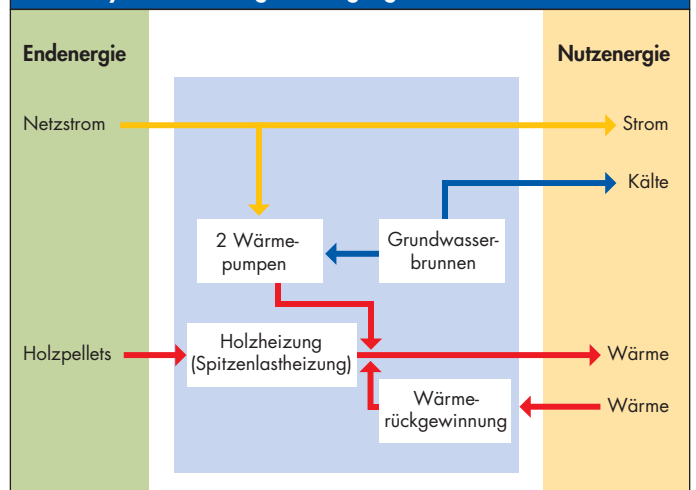
► Komponenten der Energieversorgung

System	Komponenten	Details
Heizung/Kühlung	Bauteilaktivierung (TABS)	Rohre liegen mittig in ca. 35 cm dicken Betondecken
	Wärme- bzw. Kältequelle	Grundwasser, Grundwasserwärme 300 kW
	2 Wärmepumpen	2 x 37 kW Strom und ca. 150 kW Wärme, Grundlastabdeckung
	Nachheizung	Holzpelletkessel zur Spitzenlastabdeckung (Nennleistung 120 kW)
	Fußbodenheizung	im großen Atrium und den WC-Bereichen
Lüftung	3 zentrale Lüftungsanlagen zur Be- und Entlüftung	Zuluft wird im Winter über die Wärmepumpe erwärmt bzw. via Grundwasser im Sommer direkt gekühlt, 19-23°C
	Regelung	raumbezogen – entsprechend der Luftqualität (Mischgassensoren), max. 4,5 facher Luftwechsel
	Wärmerückgewinnung	Rotationswärmetauscher, Wärmerückgewinnungsgrad ca. 70%
Belichtung	Natürliche Belichtung	Fenster, Atrien, Oberlichter
	Kunstlicht	Pendelleuchten – Indirektanteil von 50%, Downlights, Steuerung der Verkehrsflächen über Bewegungsmelder in Verbindung mit Helligkeitssensoren
	Sonnenschutz	Außenjalousien mit Lichtlenkfunktion, automatisch gesteuert
Regelung	Koordination aller Funktionen über Technikzentrale	Zentrale Überwachung, Nutzereingriff im Gebäude möglich; Fensteröffnung und Sonnenschutz

Planung

Im Vorfeld der Baumaßnahme hat der Landkreis Biberach als Bauherr ausführlich im Kreistag beraten und sich zum Ziel gesetzt, ein vorbildhaftes, innovatives Gebäudekonzept zu verwirklichen. Auf der Basis einer europaweiten Ausschreibung bewarben sich zahlreiche Planungsbüros. Anhand eines Kriterienkataloges wurden fünf Büros ausgewählt und beauftragt, einen Entwurf zu liefern. Eine Kommission aus Architekten und Hochschulangehörigen hat die Entstehung der Entwürfe im Rahmen von Kolloquien begleitet. So war es bereits möglich, im Planungsprozess lenkend einzugreifen.

Abb 4: System der Energieversorgung



► Heizung, Kühlung, Lüftung

Der rechnerische Jahresheizwärmebedarf des kompakten und gut gedämmten Gebäudes liegt mit ca. 30 kWh/m²a sehr niedrig. Das Gebäude nutzt in erster Linie thermoaktive Bauteilsysteme (TABS) zur Heizung und Kühlung. Das Temperaturniveau des Heizwassers der TABS wird im Winter nachts auf bis zu 28°C angehoben. Die Vorlauftemperatur wird in vier getrennten Zonen zentral geregelt, kann für einzelne Räume jedoch nicht verändert werden. Die Grundlast der Wärmeversorgung wird von zwei Wärmepumpen abgedeckt. Als Wärmequelle für die Wärmepumpen dient Grundwasser, da vorhandene Grundwasserströme am Standort sehr gute Voraussetzungen bieten. Die Erschließung erfolgt über einen 16 m tiefen Förderbrunnen und zwei Schluckbrunnen. Im Sommer dient das Grundwasser als alleinige Kältequelle zur

direkten Kühlung über einen Wärmeübertrager. Die Belegungsdichte von Klassenräumen erfordert hohe Luftwechselraten, um die gewünschte Luftqualität zu gewährleisten. Daher wird das gesamte Schulgebäude ganzjährig über drei zentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung mechanisch be- und entlüftet. Die Lufterwärmung erfolgt bis zu Außentemperaturen von ca. -5°C ausschließlich über die Wärmepumpen. Erst bei tieferen Außentemperaturen werden Nachheizregister zugeschaltet, die von einem Holzpelletkessel mit höheren Vorlauftemperaturen versorgt werden. Im Sommer wird die Zuluft über den Grundwasserwärmeübertrager sowie Kühlregister temperiert. In Abhängigkeit davon, ob ein Klassenraum belegt ist oder nicht, regeln Mischgassensoren die Zuluftmenge. Pro Raummodul kann ein Fens-

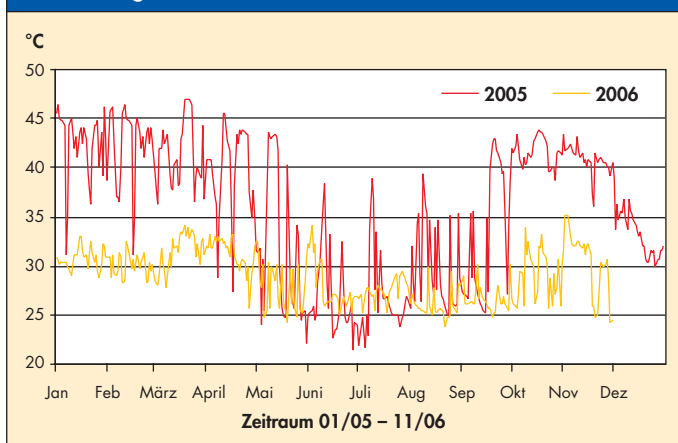
Abb 5: Stromverbrauch/Primärenergie (gemessen) bezogen auf die beheizte NGF für das Jahr 2005

(kWh/m ² a)		
Wärme/Lüftung	Lüftung	11,2
	Wärmepumpen	10,6
	Hilfsenergien z. B. Pumpen	10,0
	Primärenergie	95,7
Licht	Beleuchtung	6,7
	Primärenergie	20,2
Primärenergiebilanz	TGA	116
Biomasse	Primärenergie, geschätzt	0,1
	Primärenergie TGA, ohne sonstige Verbräuche	116,1

ter geöffnet werden. Fensterkontakte bewirken, dass die Lüftungsanlage im jeweiligen Raum abgestellt wird, sobald das Fenster geöffnet ist.

► Betriebserfahrungen und Optimierungsmaßnahmen

Abb 6: Reduzierung der Wärmepumpen-Vorlauftemperatur als Ergebnis des Monitorings /der Betriebsoptimierung; Vergleich 2005 mit 2006



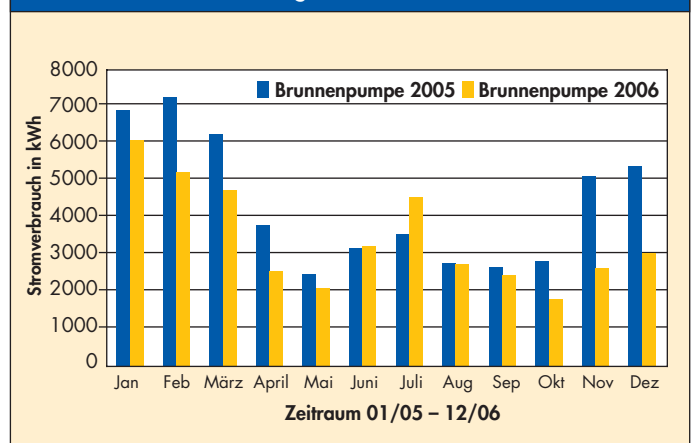
Die Schule wurde mit einem sehr anspruchsvollen Energiekonzept geplant. Nun stellt sich die Frage: wie bewährt sich das Konzept in der Praxis und wie kann der Betrieb der technischen Anlagen optimiert werden? Um diese Fragestellung zu beantworten, werden zahlreiche Messdaten, z. B. Stromverbrauch einzelner Komponenten (Wärmepumpen, Lüftungsanlagen, Hilfsstrom für Pumpen, Regler, Beleuchtung), Raumtemperaturen, der Heiz- und Kühlenergieverbrauch des Gesamtgebäudes gemessen, in der Technikzentrale erfasst und bilanziert.

Die Ergebnisse aus 2005 bestätigen die prognostizierte hohe thermische Behaglichkeit bei guter Luftqualität sowohl im Winter als auch im Sommer. Die Messung der Luftdichtigkeit ($n_{50} = 0,34^{-1}$) ergab, dass das gesamte Gebäude die Anforderungen zwar erfüllt, jedoch wies die Technikzentrale große Undichtigkeiten auf. Hier waren Nachbesserungen

nötig, die größtenteils abgeschlossen sind. Der Holzpelletkessel wurde 2005 praktisch nicht benötigt, da die Leistung der Wärmepumpen ausreichend war. Die bisherigen Energieverbrauchswerte zeigen noch Abweichungen von den Planungswerten. So liegt der Heizwärmeverbrauch 2005 mit 37 kWh/m²a etwas über dem berechneten Wert von 30 kWh/m²a. Die geplante niedrige Vorlauftemperatur der Wärmepumpen von maximal 28°C wurde 2005 regelungsbedingt stark überschritten (bis auf 48°C). Diese Abweichung konnte im Zuge der Betriebsoptimierung beseitigt werden, ebenso eine Reihe weiterer Problemunkte, z. B. Laufzeiten und Taktzeiten von Pumpen (Abb 6).

Der Stromverbrauch einzelner Komponenten zeigt, dass sich die Optimierung des Anlagenbetriebs messbar positiv auswirkt. Durch die hohe Leistungsfähigkeit der TABS wurde das Gebäude in den Sommern 2005 und 2006

Abb 7: Vergleich der monatlichen Stromaufnahme der Brunnenpumpe für 2005 und 2006. Daten aus dem laufenden Monitoring



stärker als erforderlich gekühlt. Laufende und zukünftige Optimierungsmaßnahmen dienen deshalb der Anpassung, d. h. Reduzierung der Kühlung, um den Energieverbrauch der Pumpen im Sommer zu senken (Abb 7).

In Summe wurde das energetische Ziel des Förderprogramms – ein Primärenergiekennwert für Heizung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung von 100 kWh/m²a – mit 116 kWh/m²a in 2005 noch nicht ganz erreicht (Abb 5). Die bereits durchgeführten Maßnahmen insbesondere in der Regelungstechnik lassen dies aber in Zukunft erwarten.

Abb 8: Bauwerkskosten brutto ohne Tiefgarage*

Baukonstruktion KG 300	850,- €/m ²
Technische Anlagen KG 400	415,- €/m ²

*gemäß DIN 276 bezogen auf die Nettogrundfläche
Stand: Kostenanschlag

Fazit

Seit September 2004 wird das Schulgebäude ganztägig von ca. 1.700 SchülerInnen sowie ca. 91 Lehrkräften genutzt, die mit „ihrer“ Schule sehr zufrieden sind. Neben dem Gebäudekonzept wird insbesondere das Raumklima gelobt. Eine Umfrage ergab, dass Luftqualität und Temperatur in den Klassenräumen mit sehr gut bis hervorragend beurteilt werden. Die Bereitschaft, sich mit der Schule zu identifizieren, hat sich durch das neue Schulgebäude deutlich verbessert. Dies zeigt sich auch im Umgang mit den Einrichtungsgegenständen.

Schon 2005 lag der Jahresprimärenergiebedarf für Wärme- und Kälteversorgung, Lüftung sowie Hilfsenergie um ca. 70% unter dem Vergleichswert eines herkömmlichen Schulgebäudes mit freier Fensterlüftung, statischen Heizflächen und konventioneller Wärmeerzeugung mit Gaskessel. Da der Heizenergieverbrauch des Gebäudes mit ca. 37 kWh/m²a etwas höher als berechnet ausgefallen ist, wird im Rahmen der Betriebsoptimierung derzeit versucht, den ambitionierten Planungswert von 30 kWh/m²a zu erreichen. Gleiches gilt für die Wärmepumpen, deren Vorlauftemperatur weiter gesenkt werden soll. Die Optimierung des gesamten Anlagenbetriebs während der ersten Nutzungsphase konnte den Stromverbrauch 2006 für die Wasser- und Luftverteilung reduzieren. Weitere Einsparungen sind durchaus noch möglich und werden momentan untersucht. Eine abschließende Auswertung der Messphase erfolgt 2007.

Der hohe energetische Anspruch des Gebäudes und der Anlagentechnik macht es erforderlich, vor allem den dynamischen Betrieb des Gesamtsystems zu begleiten und zu optimieren. Dies bestätigen auch die Ergebnisse aus dem Monitoring. Trotz umfangreicher Kommunikation und Dokumentation mussten zahlreiche Betriebsvorgänge zunächst an die Anforderungen angepasst werden. Nicht zu unterschätzen ist, dass ein Gebäude mit gutem Wärmeschutz sehr hohe Toleranzen gegenüber Abweichungen im Betrieb der Anlagenführung aufweisen kann – ohne dass die Behaglichkeit gestört wird. Die Folge ist ein höherer Energieverbrauch, der zunächst nicht auffällt.

Die Schule verfügt über eine sehr gute technische Ausstattung und in Verbindung mit der aufwändigen Anlagentechnik, die entsprechend großen Aufwand an Mess- und Optimierungsmaßnahmen erforderlich macht, lässt sich das Konzept nicht ohne Weiteres auf andere Schulgebäude übertragen.

PROJEKTADRESSEN

Bauherr

- Landkreis Biberach
Herr Ralf Müller
Rollinstr. 9, 88400 Biberach

Architektur

- Projektgemeinschaft
Elwert-Stottele-Rädle
Herr Wolff Christian Stottele
Raueneggstr. 1/1, 88212 Ravensburg

Technische Gebäudeausstattung

- Ebert-Ingenieure-München
Herr Oliver Baumann
Hanauer Str. 85, 80993 München

Wissenschaftliche Begleitforschung

- Hochschule für Bauwesen
und Wirtschaft
Prof. Dr.-Ing. Roland Koenigsdorff
Dr.-Ing. Stephan Heinrich
Karlstr. 11, 88400 Biberach

Projektübergreifende Dokumentation

- SolarBau: Monitor, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)
Sebastian Herkel
Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg

ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Links

- www.fh-biberach.de
- www.enbau.de
- www.enob.info
- www.elwert-stottele.de
- www.gms-bc.de/gms/

Service

- Ergänzende Informationen sind bei BINE im Internet unter www.bine.info (Service/Infoplus) abrufbar

Literatur

- Voss, K.; Löhnert, G.; Herkel, S. u.a.: Bürogebäude mit Zukunft. Konzepte, Analysen, Erfahrungen. FIZ-Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.) Berlin: Solarpraxis, 2006. 282 S. + CD-ROM, 2., überarb. Aufl., ISBN 978-3-934595-59-0, 49,00 Euro
- FIZ Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.): Thermoaktive Bauteilsysteme. erscheint 2007. BINE Themeninfo. Nr. I/07
- Heinrich, S.; Koenigsdorff, R.: Neubau der Gebhard-Müller-Schule im Kreisberufsschulzentrum Biberach – Monitoring und Betriebsergebnisse. In: Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.): 10. Internationale Passivhaustagung 2006. Hannover, 19.-20. Mai 2006. 2006. S. 221-226

Abbildungsnachweis

- Abb.1, 3, S.1+4 Hintergrundbild:
Lichtbildner Albrecht Immanuel Schnabel
Götzis – Voralberg
- Abb. 3 Grundriss: Projektgemeinschaft
Elwert-Stottele-Rädle

PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium
für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projektträger Jülich (PTJ) des BMWi und BMU
Forschungszentrum Jülich GmbH
Markus Kratz
Dr. Astrid Wille
52425 Jülich

- Förderkennzeichen
0335007P

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
Micaela Münter

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 Technologie geförderter Informationsdienst der Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe GmbH.

Kontakt

Fragen zu diesem **projektinfo?**
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel.: 0228 92379-44



FIZ Karlsruhe GmbH, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

Tel.: 0228 92379-0
Fax: 0228 92379-29

E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de
Internet: www.bine.info