



## Fenster optimal einbauen

Abb 1



- ▶ **Forschungsvorhaben gibt wichtige Hinweise für die Baupraxis**
- ▶ **Richtiger Einbau entscheidend für die Nutzung hoher Fensterqualität**
- ▶ **Kein höheres Glasbruchrisiko durch tiefen Glaseinstand**
- ▶ **Neue Fenstersysteme gebrauchstauglich; Optimierungsbedarf bei konstruktiven Details**

*Forschungsarbeiten bestätigen: Die optimale Einbauposition von Fenstern mit hohem Wärmeschutz liegt im raumseitigen ersten Drittel der Dämmung*

**F**enstersysteme waren lange Zeit die Schwachstelle in energieeffizienten Gebäuden. Inzwischen sind sehr gut wärmedämmte Außenwandkonstruktionen, Fensterrahmen und hocheffiziente Verglasungen marktgängige Baukomponenten. Insbesondere Verglasungen konnten in den neunziger Jahren deutlich verbessert werden. Während bei Isolierverglasungen der ersten Generation – häufig noch in Altbauten zu finden – die U-Werte zwischen 2,5 und 3 W/m<sup>2</sup>K liegen, weisen heute übliche Wärmeschutzverglasungen schon Werte von 1,1 bis 1,6 W/m<sup>2</sup>K auf. Bei Dreischeiben-Wärmeschutzverglasungen werden Wärmedurchgangskoeffizienten (U<sub>g</sub>-Wert) von nur 0,4 bis 0,7 W/m<sup>2</sup>K erreicht. Diese Werte sind durch die Verwendung von beschichteten Dreischeibenverglasungen, Gasfüllungen und optimierten Isolierglasaufbauten zu erreichen.

Die Fensterrahmen sind lange Zeit hinter dieser Entwicklung zurückgeblieben. Gebräuchliche Rahmen haben Wärmedurchgangskoeffizienten zwischen 1,2 und 2,2 W/m<sup>2</sup>K. Zusätzliche Wärmeverluste entstehen über den Isolierglasrandverbund. Sie haben bei guten Gläsern einen anteilig größeren Effekt. Abhilfe schaffen hier thermisch getrennte Abstandhalter, die auch schon bei Zweischeiben-Wärmeschutzverglasungen wirtschaftlich sind. Neben der Reduzierung der Wärme-

verluste wird hierdurch die Oberflächentemperatur im Glasrandbereich angehoben, die Gefahr von Tauwasserbildung am Scheibenrand wird reduziert. Inzwischen sind Fenster mit hohem Wärmeschutz für alle Materialgruppen (Holz, Aluminium und Kunststoff) auf dem Markt verfügbar. Ein tiefer Glaseinstand ist inzwischen wichtiges Merkmal dieser Fenster. Die Entwicklung hochwertiger Bauteile allein reicht jedoch nicht aus. Auch die Integration des Fensters in den Baukörper, d.h. die Montage, bedarf der vollen Aufmerksamkeit hinsichtlich Planung und konstruktiver Ausführung. In der Baupraxis gibt es hier große Mängel.

Mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) wurden mit Beteiligung von insgesamt 11 Industriepartnern aus den Bereichen Verglasung, Fensterbau sowie Holz- und Massivwand die wärmetechnischen Eigenschaften hochwärmedämmender Fensterkonstruktionen und die Gebrauchstauglichkeit verschiedener Rahmenprofile untersucht. Der Praxistest soll zu sinnvoller Produktauswahl und richtigem Einbau verhelfen. Denn alle Anstrengungen bei der Verbesserung der Verglasungsqualität und des Fensterrahmens können durch eine ungünstige Einbausituation größtenteils zunichte gemacht werden.

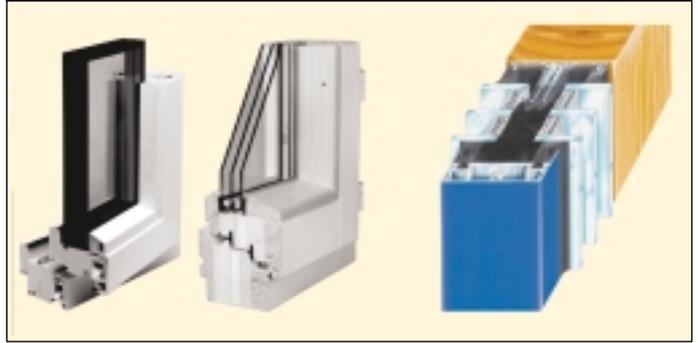
# ► Konstruktionsmerkmale, Fensterqualität und Behaglichkeit

Fenster mit hohem Wärmeschutz sind seit Ende der neunziger Jahre kommerziell erhältlich. Ihre  $U_w$ -Werte bewegen sich im Bereich von  $\leq 0,8$  bis ca.  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Auch mit Standardrahmen in Verbindung mit Dreifach-Verglasungen sind sehr respektable Werte erreichbar, wenn die Einbausituation optimiert wird. Fenster mit hohem Wärmeschutz unterscheiden sich in der Handhabung nicht von konventionellen Fenstern – wohl aber geringfügig in der Ästhetik, da die Rahmen häufig größere Profiltiefen aufweisen. In der Ansichtsbreite können hocheffiziente Rahmen ebenso schlank konstruiert werden wie herkömmliche Konstruktionen. Durch die Überdämmung des Blendrahmens entsteht darüber hinaus der Eindruck schlanker Ansichtsbreiten in der Außenansicht der Gebäude. Zusätzlich bieten Sie einen Komfortgewinn; denn sie sollen behagliche Bedingungen unabhängig von der Witterung ermöglichen.

Im Heizfall soll ein hoher thermischer Komfort innerhalb des gesamten Raums bzw. Aufenthaltsbereichs gewährleistet sein; d.h. die Streuung der Raumtemperaturen sollte möglichst gering ausfallen.

Die wärmetechnischen Anforderungen an Bauteile wie Fenster, Wand und Dach ergeben sich aus der Gesamtbilanzierung des Gebäudes. Der Einsatz von Fenstern mit hohem Wärmeschutz ist generell dann wirtschaftlich attraktiv, wenn das Gebäude einen sehr niedrigen Heizwärmebedarf aufweist; z.B. von

**Abb 2:** links: PVC-Profile mit PUR-geschäumten Kammern  
mitte: Holzprofil mit innenliegender Dämmung  
rechts: Holz/Alu-Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Dämmvorsatz



jährlich weniger als  $30 \text{ kWh/m}^2$ . Unerlässlich sind sie, wenn – wie im Passivhaus – bei weiter erhöhtem Wärmeschutz auf eine konventionelle Heizungsanlage verzichtet werden soll.

## ► Einbausituation im Neubau

### Der richtige Einbau

Wichtig für den gesamten Wärmeverlust der Außenhülle ist der richtige Einbau des Fensters. Hier zeigt die übliche Baupraxis, dass Fenster häufig immer noch außenbündig oder noch weiter innen in der gemauerten Wand montiert werden. Der Rahmen sollte jedoch unter wärmetechnischen Gesichtspunkten möglichst vollständig in der Dämmebene der Wandkonstruktion positioniert und der Blendrahmen möglichst weit überdämmt werden. Die generellen Anforderungen an die Baukörperanschlüsse sollten berücksichtigt und Wärmebrücken vermieden werden. Die Tauwasserfreiheit bzw. die inneren Oberflächentemperaturen im Bereich des Anschlusses sind gemäß DIN 4108-2 nachzuweisen. Durch einen geplanten und optimierten Einbau können in der Altbauomodernisierung ausreichend hohe Innenoberflächentemperaturen erreicht werden. Dies vermeidet die Schimmelbildung.

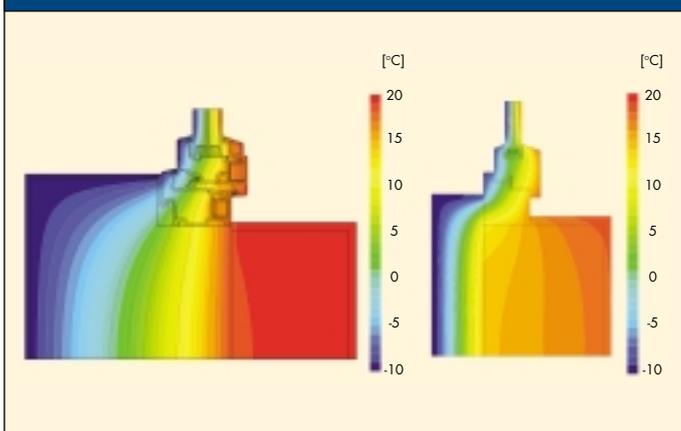
Die optimale Einbauposition liegt im Neubau unabhängig von der Dämmstärke des Wärmedämm-Verbundsystems (WDVS) etwa im raumseitigen ersten Drittel der Dämmung. Der Grund, warum das Optimum nicht exakt in der Mitte des Dämmstoffs liegt, besteht darin, dass ein Großteil der Isothermen durch die Überdämmung verläuft und erst dann in die Blendrahmendämmung einschwenkt (siehe Abb 3). Für den Einbau in der Praxis bedeutet dies: Es ist sehr wohl von Bedeutung, den Rahmen in die Dämmebene zu positionieren. Es genügt aber, die Rückseite des Blendrahmens mit der Außenkante des Mauerwerks bündig zu setzen. Das Fenster noch weiter in die Dämmebene zu verschieben, führt zwar zu weiteren geringfügigen Verbesserungen. Der Unterschied rechtfertigt jedoch den erhöhten Aufwand nicht. Bei monolithischen Wandaufbauten sollte die

Einbauposition im mittleren Drittel der Wand liegen.

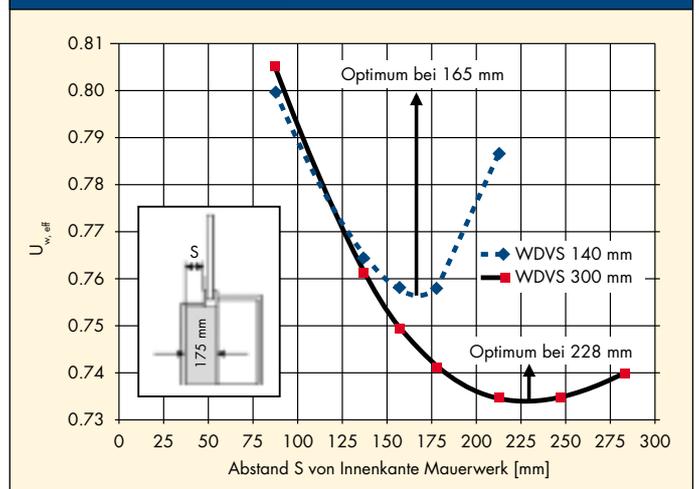
### Befestigung des Blendrahmens in der Dämmung

Die Befestigung des Blendrahmens in der Dämmebene erfordert gegenüber der einfachen Befestigung durch direktes Verdübeln im Mauerwerk zusätzliche Befestigungselemente und Arbeitsgänge. Weist das Mauerwerk bereits eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf, so sind die Wärmebrückenverluste auch dann akzeptabel, wenn der Blendrahmen in der Mauerwerksebene positioniert wird. Der Blendrahmen kann in diesem Fall außenbündig mit dem Mauerwerk eingesetzt werden. Diese Einbaulage vereinfacht die Überdämmung des Blendrahmens, weil der Dämmstoff nicht ausgeschnitten werden muss, um den Rahmen einzupassen.

**Abb 3:** Temperaturverläufe in Fenster, Überdämmung und Blendrahmendämmung;  
links: Fenster mit hohem Wärmeschutz  
rechts: konventionelle Fensterkonstruktion



**Abb 4:** Berechneter Fenster- $U_w$ -Wert für ein hochgedämmtes Fenster in Abhängigkeit der Einbausituation



## ► Einbausituation im Altbau

Die Altbausanierung und Modernisierung bietet einen weit geringeren Handlungsspielraum. Die Auswahl besteht lediglich im Dämmstoff, der Wandbaustoff und die Wandstärke sind bereits festgelegt. Im Idealfall wird zeitgleich ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht und die Fenster erneuert. Die Fenster können dann – ähnlich wie im Neubau – von vornherein in der Dämmebene angeordnet werden.

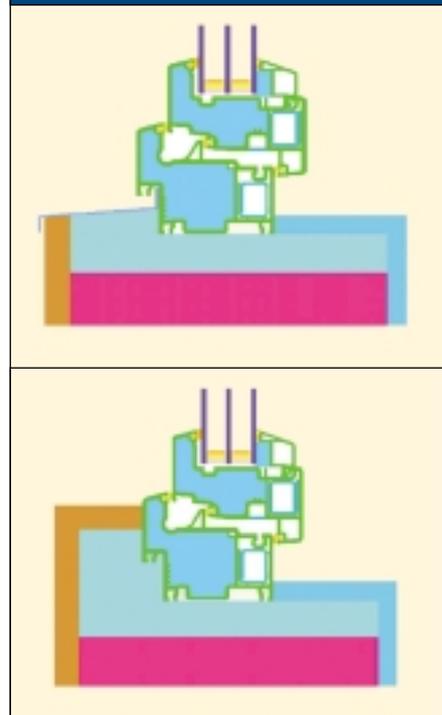
Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich durch den Einsatz hochwärmegeämmter Fenster (Abb 6, Variante C) bei Ziegelmauerwerk ohne zusätzliches WDVS auf der Fassade eine Reduzierung der Wärmeverluste von 47% gegenüber herkömmlichen Fenstern mit Holzrahmen und Wärmeschutzverglasung (Abb 6, Variante A) ergab. Und dies trotz erheblicher Einbauwärmeverluste über das Ziegelmauerwerk. Eine weitere Verbesserung der Einbausituation lässt sich durch die außenliegende Dämmung vor dem Blendrahmen erreichen. Sie reduziert den Wärmestrom am Fensteranschluss deutlich, ohne die verglaste Fläche zu verringern. Eine durchgehende Dämmung im Laibungsbereich – die sogenannte Zargendämmung – ist zwar noch effizienter. Sie verringert aber auch die verglaste Fensterfläche. Will man im Rahmen der Modernisierung ohnehin die Fensterfläche vergrößern, sollte diese Zargendämmung gleich mit berücksichtigt werden.

Der Ersatz der Fenster ist in der Regel nur ein erster Schritt zur Modernisierung im Altbau. Er allein verbessert die Situation nicht grundlegend, denn sämtliche Wärmebrücken des Altbauzustands bleiben erhalten und an zahlreichen Stellen liegen immer noch derart niedrige Oberflächentemperaturen vor, dass dort mit Schimmelbildung zu rechnen ist. Dies gilt auch für den Anschlussbereich des Fensters. Bei der Verwendung hochwärmegeämmter Fenster ist aus diesem Grund – ohne weitere Maßnahmen im Anschlussbereich – eine Überprüfung der sich ergebenden Oberflächen-

temperaturen notwendig.

Soll in der Folgezeit zusätzlich ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht werden, so ist es sinnvoll, den Blendrahmen gleich bei der Fenstererneuerung außenbündig mit dem Mauerwerk einzusetzen. Dann kann die Außendämmung bei der späteren Modernisierung als Blendrahmenüberdämmung genutzt werden. Trotzdem können Durchfeuchtungen bei fehlendem baulichen Wetterschutz wie z.B. großem Dachüberstand, Laubengang, etc. entstehen. Eine der Situation angepasste Abdichtungsmethode muss deshalb unbedingt zur Ausführung kommen. Die zusätzliche Außendämmung ist wegen der mit der außenseitigen Montage des Fenster verbundenen wärmetechnischen „Schwachstellen“ so kurzfristig wie möglich anzubringen. Wird schließlich ein Wärmedämmverbundsystem mit 15 cm Stärke aufgebracht, verbessert sich der U-Wert der Wand von 1,2 W/m<sup>2</sup>K auf 0,22 W/m<sup>2</sup>K. Durch die fast vollständige Überdämmung des Blendrahmens sinkt der Fenster U-Wert im eingebauten Zustand auf 0,87 W/m<sup>2</sup>K (siehe Abb 6).

**Abb 5:** Einbausituation eines neuen Fenstersystems im Altbau (Ziegelmauerwerk); unten: Zargendämmung, d.h. Blendrahmen und Laibung sind durchgehend überdämmt.



**Abb 6:** Vergleich wärmetechnischer Daten zum Fenstereinbau im Altbau ohne bzw. mit Wärmedämmverbundsystem

Fenstersystem-Varianten	Beschreibung der Einbausituation	Kenndaten		
		U <sub>g</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>w</sub> nicht eingebaut [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>w</sub> eingebaut [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Standard-Fenster</b>				
<b>A:</b> herkömmliches Fenster mit Holzrahmen und Wärmeschutzverglasung	Einbau mittig im Ziegelmauerwerk	1,3	1,55	1,74
<b>B:</b> überdämmt	Einbau mittig, Blendrahmen überdämmt	1,3	1,55	1,64
<b>Fenster mit hohem Wärmeschutz</b>				
<b>C:</b> hochgedämmte Fensterrahmen, Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung, tiefer Glaseinstand	Einbau mittig im Ziegelmauerwerk	0,7	0,78	0,93
<b>D:</b> überdämmt	Einbau mittig, Blendrahmen überdämmt	0,7	0,78	0,90
<b>E:</b> Zargendämmung	Einbau mittig, Zarge gedämmt	0,7	0,78	0,72
<b>F:</b> außenbündig	Provisorischer Einbau außenbündig mit Ziegelmauerwerk	0,7	0,78	1,07
<b>G:</b> außenbündig überdämmt	Einbau außenbündig, Blendrahmen mit 15 cm WDVS überdämmt	0,7	0,78	0,87

## ► Glasbruchgefahr durch erhöhten Glaseinstand ?

Ein stark erhöhter Glaseinstand verbessert die wärmetechnischen Eigenschaften des Fensters: Er mindert die Wärmeverluste im Glasrandbereich - die Folge ist ein reduzierter U-Wert - und erhöht dort gleichzeitig die inneren Scheibenoberflächentemperaturen. Die Gefahr von Tauwasser ist dadurch geringer. Aus diesem Grund wurden in letzter Zeit Fenstersysteme entwickelt, die einen Glaseinstand von bis zu 30 Millimetern aufweisen. Sie stehen allerdings im Gegensatz

zu den bisherigen Verglasungsrichtlinien (u.a. der DIN 18545). Diese begrenzen den maximalen Glaseinstand auf 20 Millimeter, um einen bei hohen Temperaturunterschieden zwischen Glasmitte und Scheibenrand auftretenden Glasbruch zu vermeiden. Denn ungleichmäßige Temperaturverteilungen an Glasscheiben führen zu thermisch induzierten Spannungen im Glasrandbereich. Sie entstehen durch starke Sonneneinstrahlung bei teilweiser Abschattung der Schei-

ben. Risse im Glaskantenbereich bis zur völligen Zerstörung der Scheibe können die Folge sein. Der Praxistest konnte dies für den erhöhten Glaseinstand nicht bestätigen: Die thermisch induzierten Spannungen führten in Verbindung mit hochwärmedämmenden Rahmen im Experiment und in der Simulation gegenüber „normalem“ Glaseinstand zu keinem deutlich höheren Glasbruchrisiko.

## ► Untersuchungen zur Gebrauchstauglichkeit

Der Einsatz eines Fenstersystems hat sich nach den gesetzlichen Vorgaben zu richten; er hängt aber ebenso von den Einflüssen der Einbausituation, den Anforderungen des Bauherrn sowie von seiner Haltbarkeit und Wartungsfähigkeit ab. Das Fenster ist Bestandteil der Außenwand und damit Belastungen von Außen wie aus dem Innenraum ausgesetzt. Ersetzt neue Fensterkonstruktionen traditionelle, so ist zu prüfen, ob die „geplante“ Gebrauchstauglichkeit erreicht und langfristig erhalten werden kann. Dazu wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ein Abfrage- und Prüfverfahren entwickelt, das die Konstruktionen einem differenzierten Check unterzieht. Es umfasst Belastungsversuche, Langzeitversuche (z.B. zur statischen Belastung von Kunststoffprofilen), Prüfungen der Luftdurchlässigkeit, Simulation von dynamischen Windbelastungen sowie In-situ-Versuche mit eingebauten Fenstern.

Fünf Fenstersysteme unterschiedlicher Hersteller (Holz-Dämmstoffverbundprofile, Verbund- und Kastenfenster sowie hochwärmegedämmte Kunststoffprofile) wurden mit diesem Verfahren auf ihre Gebrauchstauglichkeit hin untersucht.

Sämtliche Fenstersysteme wurden als prinzipiell gebrauchstauglich eingestuft. Dies galt auch für die nicht näher geprüften Verbund- und Kastenfenster. Für ein Gesamturteil steht die Überprüfung konstruktiver Details noch aus. Bei wärmegedämmten Kunststofffenstern wurde z.B. das bekannte Verformungsverhalten von Rahmen mit außermittiger Lage der Aussteifung bei einseitiger Temperatureinwirkung bestätigt. Es ist bei Herstellung und Montage solcher Fenstersysteme zu berücksichtigen.

## ► Fazit und Ausblick

Der Markt für Fenster mit hohem Wärmeschutz hat sich in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. Ende der neunziger Jahre waren nur einige wenige Anbieter präsent, heute sind es 30-40. Die Stückzahlen stiegen parallel dazu an. Aktuell hat die Branche wegen der schwachen Baukonjunktur Probleme. Die Ausnahme bildet der Sanierungsmarkt. Erfahrungen zeigen, dass für eine erfolgreiche Gebäudesanierung unmittelbar die bestmögliche Fensterqualität eingesetzt werden sollte. Änderungen an der Fassade – z.B. das Anbringen eines WDVS – sind dabei zu berücksichtigen, denn eine nachträgliche Versetzung der Fenster ist teuer und oft bauphysikalisch unsinnig. Die dargestellten Forschungsarbeiten bieten dazu wichtige baupraktische Erkenntnisse. So ermöglicht z.B. erst eine optimale Einbauposition die vollständige Nutzung der hohen Fensterqualität.

Fensterverglasungen konnten in der letzten Dekade entscheidend verbessert werden, die Rahmenkonstruktionen haben diesen Qualitätssprung in den letzten Jahren vollzogen. Technologische Entwicklungsspielräume bestehen v.a. noch im Bereich der Rahmendämmung. Im Markt scheint der Trend hin zu rationelleren Produkten zu gehen. So bieten große Hersteller bereits heute komplette Systemlösungen an, d.h. vorgefertigte und an die baulichen Anforderungen angepasste Lösungen, die z.B. den Rahmen überdämmen. Also WDVS und Fenstersystem Hand in Hand. Voraussetzung dafür ist die produktbezogene Zusammenarbeit der beteiligten Gewerke. Eine nicht einfache Aufgabe, denn insbesondere in der Altbausanierung bestehen je nach Objekt sehr individuelle Anforderungen an Fenster und Fassaden.

## 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

0327250A

## 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 Friedrich

## BINE Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienz-  
technologien und erneuerbaren Energien:

In kostenfreien Broschüren, unter  
[www.bine.info](http://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](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de)  
Internet: [www.bine.info](http://www.bine.info)

## ► PROJEKTADRESSEN

- Institut für Fenstertechnik e.V.  
(ift Rosenheim)  
Norbert Sack  
Theodor-Gietl-Str. 7-9  
83026 Rosenheim
- Passivhaus Institut (PHI)  
Dr. Rainer Pfluger  
Rheinstr. 44/46  
64283 Darmstadt
- Brandenburgische Technische  
Universität Cottbus (BTU)  
Dr. Tobias Häusler  
Universitätsplatz 3-4  
03044 Cottbus

## ► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

### Service

- Ergänzende Informationen wie Literatur,  
Adressen, Ansprechpartner und Internet-  
Links sind unter [www.bine.info](http://www.bine.info),  
„Service/InfoPlus“ abrufbar.