



BINE

Informationsdienst

projektinfo 08/04

Vakuum-Isolation in Fassadenelementen

Abb 1



- ▶ **Vorfertigung und Integration in Fassadenelemente schützt vor rauem Baubetrieb**
- ▶ **Konzepte für Installationsebenen, für Sicherheit in der Nutzungsphase und für den Reparaturfall notwendig**
- ▶ **Lösungen für Fassaden, Außenwände, Dächer und wärmebrückenfreie Anschlüsse werden jetzt erprobt**
- ▶ **Zwei Demonstrationsgebäude in Kürze bezugsfertig**

Wohncontainer in Passivhaus-Standard. Mit einer in die Sandwich-Konstruktion integrierten Vakuumdämmung wird eine hohe Behaglichkeit trotz sehr schlanker Wände erreicht („Room 75“: Manuela Skorka, Neuried)

Von einem guten Wärmeschutz profitieren Gebäude doppelt: Im Winter bleiben die Innenflächen der Außenwände schön warm, bis nahe an die Außenwände und Fenster sind keine Komforteinbußen spürbar. Und im Sommer bleibt die Hitze draußen, vorausgesetzt die Lüftung wird geeignet organisiert.

Vakuum ermöglicht einen sehr guten Wärmeschutz auf engstem Raum - das zeigt schon die gute alte Thermoskanne. Jetzt kommt das Vakuum in die Gebäudefassade: Platten aus mikroporöser Kieselsäure werden unter Vakuum in eine gas- und wasserdampfdichte Folie gepackt. Diese Vakuum-Isolations-Paneele haben schon bei grobem Vakuum von 1 - 10 mbar eine extrem geringe Wärmeleitfähigkeit. Ihre Dämmwirkung ist 5- bis 10-mal besser als die konventioneller Dämmsysteme. Die Vakuumdämmung benötigt bei gleicher Dämmwirkung also entsprechend geringere Dämmstoffstärken – ein großer Vorteil bei beengten Platzverhältnissen oder bei hohen Ansprüchen an den Wärmeschutz.

Die Vakuumdämmung von Gebäuden ist eine noch ganz junge Technologie. Sie befindet sich gewissermaßen in der Labor- und Experimentierphase. Es gibt bereits eine Produktion im Technikumsmaßstab und erste Pionierprojekte. Doch es hat sich gezeigt, dass

Vakuum-Isolations-Paneele für die Verarbeitung auf der Baustelle weniger geeignet sind, weil schon die kleinste Schramme die Platten belüftet und deren Wärmeschutzeigenschaften drastisch reduziert. Dieses Risiko kann mit einer Vorfertigung von Fassadenfertigelementen oder Sandwich-Elementen unter industriellen Produktionsbedingungen weit besser beherrscht werden.

Eine konsequente Optimierung für den Bauprozess gibt es nur einzeln und eine Auswertung der langfristigen Performance hat bislang noch nicht stattgefunden. Deshalb hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) ein großes Verbundprojekt gestartet, in dem verschiedene Unternehmen und Forschungsinstitute die Vakuumtechnik für den Einsatz in Gebäuden weiterentwickeln und testen. Die Praxistauglichkeit der verbesserten Lösungen wird im Labor (HotBox), an Fassadentesteinrichtungen und im Rahmen von Demonstrationsprojekten erprobt. Im Folgenden werden zwei Projekte vorgestellt, mit denen universell einsetzbare Fassadenelemente mit integrierter Vakuum-Dämmung entwickelt werden. Beide Konzepte ermöglichen schlanke Fassaden bei exzellentem Wärmeschutz. Sie sollen an Demonstrationsgebäuden praktisch erprobt und wissenschaftlich ausgewertet werden.

► Fertige Wandelemente

Bei einem jetzt im Test befindlichen Produkt der Fa. Hangleiter werden die Vakuum-Paneele an Wand- und Dachelementen aus Beton befestigt. Ein spezielles Herstellungsverfahren mit bereits vormontierten Verankerungen hält die Paneele auf Zug am Beton und nimmt zugleich die Unterkonstruktion für eine hinterlüftete Fassade auf. In **Abb 3** ist der Wandaufbau dargestellt, in **Abb 2** sind die Ankerbänder sowie die Vakuum-Paneele, die äußeren Schutzplatten und ein XPS-Randdämmstreifen an den Stößen zu sehen. Auf diese Weise entstehen raumhohe Betonfertigteile mit Vakuumdämmung, die mit einer hinterlüfteten Fassade ausgestattet werden. Die Elemente erreichen einen U-Wert von $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ – dies entspricht Passivhausstandard – bei einer Gesamtdicke von nur 27 cm. Bei der Vakuumdämmung gewinnen eventuelle Wärmebrücken an Bedeutung. Die erreichten U-Werte waren also allein mit einer konsequenten Minimierung der durch die Haltekonstruktion und der durch Fugenhohlräume verursachten Wärmebrücken realisierbar. **Abb 4** zeigt eine am Teststand aufgenommene Thermographie: Im oberen Bereich sind deutliche Wärmeverluste erkennbar – hier setzt die konstruktive Optimierung von Fugen und Haltekonstruktion an (vgl. unterer Bereich). Vorteil der Fassadenelemente-Lösung ist die komplette Vorfertigung im Werk, außerdem können defekte Vakuum-Paneele auch nachträglich ausgetauscht werden. Es können beliebige Fassadenplatten einschließlich

Abb 2: Betonfertigteile bei der Herstellung im Werk



Putzträgerplatten verwendet werden. Auch individuelle Planungen können realisiert werden, vorausgesetzt sie werden an das im Mauerwerksbau übliche Grundraster von 12,5 cm angepasst.

Demonstrationsgebäude

In Ravensburg entsteht ein Niedrigenergie-Wohngebäude mit Bürotrakt (**Abb 5**), bei dem Betonfertigteile mit Vakuumdämmung eingesetzt und erprobt werden sollen. Mit der Vakuumdämmung erreichen die Wände Passivhausstandard. **Abb 6** zeigt die Montage der Betonfertigteile auf der Baustelle. Die Passivhausfenster werden bereits im Werk in die Dämmebene integriert, so dass nachträgliche Anschluss- und Abdichtungsarbeiten entfallen. Die Fassadenplatten werden erst zum Schluss angebracht.

Abb 3: Wandaufbau der mit Vakuum gedämmten Betonfertigfassade

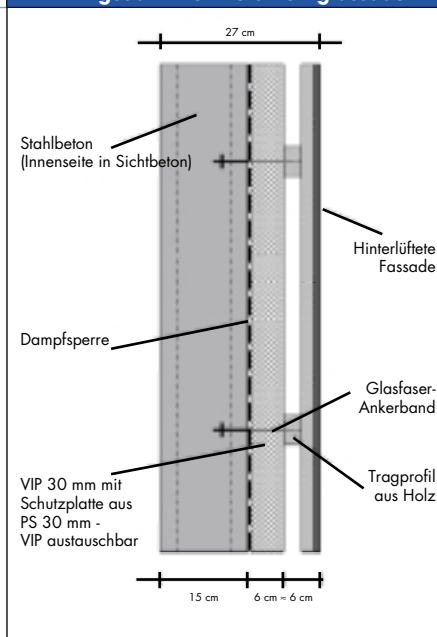


Abb 4: Thermographie macht Schwachstellen sichtbar (ZAE Bayern)

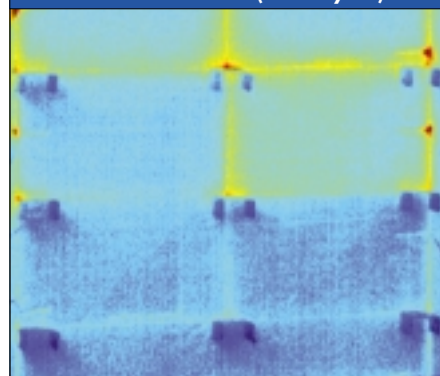
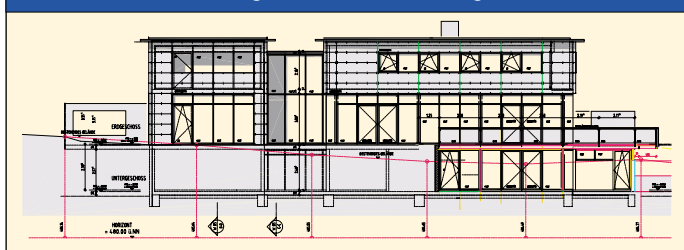


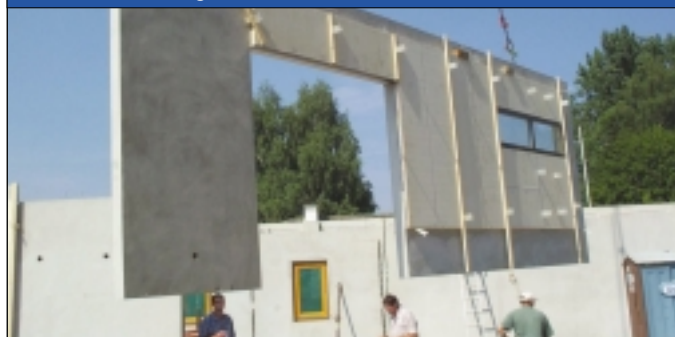
Abb 5: Demonstrationsgebäude in Ravensburg



Projektsteckbrief „Mit Vakuum gedämmte Betonfertigteile“

Fassadenkonzept	Betonfertigteile mit Haltekonstruktion für aufliegende Vakuumdämmung und hinterlüftete Fassade, VIP wird mit Schutzplatte aus kaschiertem PU-Schaum angebracht. Ankerband aus 0,5 mm Glasfasergewebe
VIP	Hersteller: Wacker Chemie GmbH Dicke VIP-Paneel: 30 mm Dicke Dämmplatte: 60 mm Wärmeleitwert VIP: $0,004 \text{ W/mK}$
Fassadenkennwerte	Gesamtdicke: 27 cm Mittlerer U-Wert: ca. $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Projektbeteiligte	Albert Hangleiter GmbH (Konstruktion, Fassadenelemente und Realisierung Demogebäude) Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) (wissenschaftliche Begleitung und Fassadenteststand)
Demogebäude	Standort: Ravensburg Gebäudetyp: NEH-Wohngebäude mit Bürotrakt (mit Wänden in Passivhaus-Standard) Gebäudegröße: NGF 450 m ² VIP-Fläche: 700 m ² Baubeginn: 07 / 2004 Bezugsfertig: 12 / 2004

Abb 6: Betonfertigteile mit Vakuum-Isolation auf der Baustelle



Vakuum macht Außenwände schlank

Moderne Gebäude mit einem Wärmeschutz gemäß Niedrigenergie- oder Passivhausstandard brauchen bislang eine 15 bis 30 cm starke Wärmedämmung. Die Wände werden also mit zunehmendem Wärmeschutz dicker. Das kann zum Problem werden insbesondere bei kleinen Grundstücken oder in den verdichteten Ballungsräumen, wo Bauland ein knappes Gut ist.

Gebäude mit Vakuum-Isolations-Paneeelen in der Fassade sind mit schlanken Wandkonstruktionen sehr gut vor Kälte und Wärme geschützt: Wird beispielsweise ein Bürogebäude mit einem Grundriss von 15 mal 20 Metern statt mit 300 mm konventionellem Dämmstoff mit nur 40 mm dünnen VIP-Sandwich-Elementen gedämmt, so bedeutet dies einen Nutzflächengewinn von $17,4 \text{ m}^2$ pro Geschoss – bei einem 12-geschossigen Gebäude entspricht das mehr als 200 m^2 . Die Vakuum-Isolation erweitert also den nutzbaren Raum oder hilft mit weniger Bauland auszukommen. Gleiches gilt für die Sanierung, wenn z. B. zum Straßenraum nur wenig Platz ist.

► Vielseitige Sandwich-Elemente

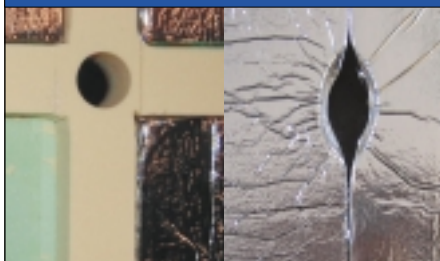
Abb 7: In eine PUR-Materialkombination eingepacktes Vakuum-Panel



Sandwich-Konstruktionen sind robust und vielseitig einsetzbar. Mechanische Beschädigungen bei der Montage sind weitgehend ausgeschlossen. Dächer, Wände, Fassaden, Fenster und Türen können aus groß- und kleinformatischen Sandwich-Elementen mit Vakuum-Isolation gefertigt werden. Realisiert werden jetzt die Materialkombinationen Holz/Holz, Holz/Beton und Beton/Beton bzw. Beton/Ortbeton/Beton.

Mit Standard-Elementen können Beschädigungen bei Montage oder Nutzung, Feuchteprobleme oder Wärmebrücken konstruktiv vermieden werden. Die Fa. Variotec arbeitet an einem solchen Baukastensystem aus Sandwich-Elementen mit Vakuum-Paneele. Nachdem die neue Vakuumdämmung be-

Abb 8: Weniger Stege und Fugen – weniger Wärmeverluste durch die Fassade

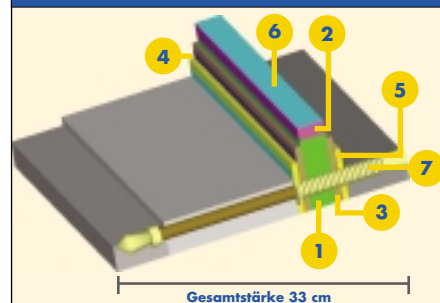


reits in dem Prototypen Room 75 eingesetzt wurde, wurde eine komplette Produktreihe entwickelt, die zunächst in einem Demonstrationsgebäude erprobt werden soll. Gemeinsames Konstruktionsprinzip aller Sandwich-Elemente ist ein Glasfaseranker, der die Schichten punktuell auf Zug und Druck verbindet, ohne dass bedeutsame Wärmebrücken entstehen.

Stege aus PUR-Schaum sollten die Vakuum-Paneele fest aufnehmen, deren Kanten schützen und auch die Wärmebrücken an Anschlüssen oder Elementstößen verringern (Abb 8 links). Dieses Konzept wurde grundlegend überarbeitet. Mit der neuen Lösung für die Ankerdurchdringung und den Kantenschutz berühren sich die VIP

alleseitig fugenlos (Abb 8 rechts). Auf diese Weise konnten die Wärmeverluste durch die Wand um 17% vermindert werden. Um ganz sicher den Passivhausstandard zu erreichen, werden für das Demonstrationsgebäude durchgängig 40 mm starke Vakuum-Paneele eingesetzt, die wiederum zu robusten Dämmplatten aufbereitet werden (Abb 7). Teilweise wird die gesamte

Abb 9: Schichtaufbau für den Wandtyp Beton-Ortbeton-VIP-Beton



- 1 VIP inkl. Hochbarrierefolie ($\lambda = 0,004 \text{ W/mK}$)
- 2 Druckstabiler Konstruktions-PUR-Schaum
- 3 PUR-Schaum ($\lambda = 0,025 \text{ W/mK}$)
- 4 Diffusionsperrschicht mit Stabilisierungsfunktion aus Aluminium (ca. 0,4 mm)
- 5 PUR-Dämmplatte ($\lambda = \text{ca. } 0,070 \text{ W/mK}$)
- 6 ggf. zusätzlicher diffusionsdichter Randverbund aus Hochbarrierefolie
- 7 Glasfaseranker

Abb 10: Demonstrationsgebäude in Neumarkt in der Oberpfalz



Dämmplatte mit einer diffusionsdichten Folie ummantelt.

Demonstrationsgebäude

Das Gebäude soll die Anwendungschancen von Vakuumdämmung demonstrieren. Es wird in Holz-Beton-Mischbauweise errichtet, wobei für alle Bereiche in Sandwich-Elemente integrierte Vakuumdämmung verwendet wird. Das Gebäude in problematischer Hanglage stellt hohe Anforderungen an die verwendeten Fassadenelemente in Bezug auf Statik und Feuchteschutz.

Projektsteckbrief „Mit Vakuum gedämmte Sandwich-Elemente“

Fassadenkonzept	Sandwich-Elemente mit integrierter Vakuumdämmung für Holz-Beton-Mischbauweise
VIP	Hersteller: va-Q-tec AG und Wacker Chemie GmbH VIP-Dicke netto: 40 mm VIP-Dicke brutto: 50 mm (beidseitig PUR-Massiv-Platten mit PUR-Schaum aufgeklebt) Wärmeleitwert: 0,004 W/mK
Fassadenkennwerte	Gesamtstärke: 15 bis 33 cm, je nach Fassadentyp U-Wert: 0,11 W/m ² K
Projektbeteiligte	Variotec Sandwichelemente GmbH (Konstruktion, Fassadenelemente und Realisierung Demogebäude) Fraunhofer-Institut für Bauphysik (wissenschaftliche Begleitung und Fassadenteststand) Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (wissenschaftliche Begleitung) Passivhaus Institut (wissenschaftliche Begleitung)
Demogebäude	Standort: Neumarkt in der Oberpfalz Gebäudetyp: Wohngebäude mit Bürotrakt in Passivhaus-Standard Gebäudegröße: NGF 350 m ² VIP-Fläche: 750 m ² Baubeginn: 07 / 2004 Fertigstellung Rohbau: 12 / 2004

Alternative zum Metallcontainer

Room 75 ist ein Projekt der Architektin Manuela Skorka und zeigt den Nutzflächengewinn bei einem im Werk komplett vorgefertigten Mini-Gebäude. Mit einer in die Sandwich-Konstruktion integrierten Vakuumdämmung wird eine hohe Behaglichkeit trotz schlanker Wand erreicht. Bei nur 75 m³ umbauten Raum wären mit einer gewöhnlichen Wärmedämmung bei gleichem Wärmeschutz nur 17 m² statt 25 m² nutzbar. Das Mini-Passivhaus wurde im Frühjahr 2003 realisiert. Ein im Winter 2003/04 durchgeführter Blower-Door-Test bestätigte beim aufgestellten Prototypen die Winddichtigkeit nach Passivhausstandard. Die thermografische Analyse zeigte keine problematischen Wärmebrücken.

Zum Einsatz kommt eine extrem kompakte Wandkonstruktion der Fa. Variotec mit nur 14 cm Wandstärke und einem U-Wert von 0,15. Eine massive Wand aus 7 cm Brettchichtholz, auf die ein Dämmpanel mit VIP-Kern montiert ist, bildet die Tragkonstruktion. Die Fassade ist mit beschichteten Holzwerkstoffplatten gestaltet, die in vielen Farben erhältlich sind.

Weitere Infos: www.bine.info/InfoPlus.php

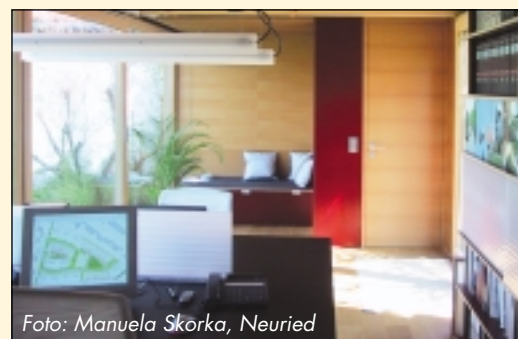


Foto: Manuela Skorka, Neuried

► Fazit

Die Vakuumdämmung bringt neue Materialien in das Bauwesen und erfordert zugleich neue Formen der Zusammenarbeit in Planung und Bauausführung. Das Bauen mit vorgefertigten Fassadenmodulen und Sandwich-Elementen ist ein Weg, die empfindlichen Hightech-Platten gut und sicher ins Gebäude zu bringen. Und was passiert, wenn dann der Heimwerker die Vakuumplatten anbohrt? Soweit sollte es erst gar nicht kommen, wenn die Systemanbieter die Wand richtig konstruiert haben. Dennoch müssen ggf. belüftete Vakuumplatten identifiziert und mit vertretbarem Aufwand ausgetauscht werden können. Entsprechende Konzepte und Prüfmethode sind in Arbeit. Vakuumdämmplatten alleine garantieren noch keinen guten Wärmeschutz. Besondere Aufmerksamkeit muss der Vermeidung von Wärmebrücken an den Fugen und Stößen sowie an Bauteilanschlüssen gewidmet werden. Gegebenenfalls sind spezielle Durchführungen für Installationssysteme notwendig. Über die Preise von vakuumgedämmten Fassadenelementen kann man heute noch keine zuverlässigen Aussagen treffen. Es ist zu erwarten, dass Vakuumdämmplatten zunächst als Premium-Produkte und Lösungen für Problemzonen am Markt angeboten werden.

► Forschung und Entwicklung

Verschiedene Forschungsinstitute und Entwicklungsabteilungen von Unternehmen arbeiten an noch besseren und kostengünstigeren Kernmaterialien sowie an neuen Folien und Versiegelungstechniken. Die Wärmebrückeneffekte an den Rändern der Vakuumplatten sollen weiter verringert und die Haltbarkeit des Vakuums über 30 Jahre gesteigert werden – für manche sind sogar 50 Jahre Haltbarkeit die Voraussetzung für den Einsatz von Vakuum im Bauwesen.

Gleichzeitig erproben einige Architekten, Planer und Unternehmen aus der Baubranche die praktische Anwendung im Bauprozess. Auch die Integration in konfektionierte Gebäudekomponenten wie Türen, Fassadenelemente oder Dämmplatten macht große Fortschritte. Die Technik ist im Grunde heute schon voll einsetzbar, doch um Rückschläge zu vermeiden, sollten vor einer breiten Markteinführung erst weitere Erfahrungen gesammelt und ausgewertet werden. Hierbei geht es vor allem um die Aspekte Wärmebrücken, Risiken auf der Baustelle, Feuchteproblematik, Brandbeständigkeit, Maßhaltigkeit im Laufe der Jahre, Risiken während der Gebäudenutzung, Lebensdauer des Vakuums, Wartung bzw. Austausch der Paneele und um Gewährleistungsfragen. Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die jeweiligen Lösungen ist enorm wichtig – bislang wird oft mit der aufwändigen Genehmigung im Einzelfall gearbeitet.

► Wie geht es weiter?

Keine Frage, das Vakuum wird Einzug in Gebäude halten. Zunächst in einzelnen Problemzonen und Bauteilen wie Türen, Fensterrahmen oder Fassadenelementen. Später kommen Formteile hinzu, mit denen gezielt Wärmebrücken an Ecken, Rohrdurchführungen, Kantenabschlüssen, Fensterlaibungen u. a. eingedämmt werden. Ebenfalls noch in der Entwicklung befinden sich lichtdurchlässige Vakuum-Isolations-Paneele, die Wärmeschutz und Tageslichtnutzung in neuer Form kombinieren können. Dazu wird die Metallbeschichtung der Barrierefolie durch eine transparente Siliziumoxid-schicht ersetzt – als Kernmaterial nimmt man Aerogele oder Nanogele.

► PROJEKTADRESSEN

- Albert Hangleiter GmbH
www.hangleiter.de
- Variotec Sandwichelemente GmbH
www.variotec.de

Adressen, Links

- Deutsche Informationsplattform zur Vakuumdämmung im Gebäudebereich
www.vip-bau.de
- Schweizer Forschungsgemeinschaft für die Vakuumdämmung im Bauwesen
www.vip-bau.ch

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

- Eine ausführliche Liste der Projektbeteiligten sowie weitere Adressen und Links von Herstellern, Anbietern, Informationsstellen und Akteuren finden Sie unter www.bine.info in der Rubrik Service/InfoPlus

PROJEKTORGANISATION

■ Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
11019 Berlin

Projekträger Jülich (PTJ) des BMWA
Forschungszentrum Jülich GmbH
Markus Kratz
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen

0327321C (Fa. Hangleiter)
0327321D (Fa. Variotec)

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

Johannes Lang

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:

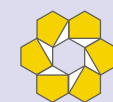
Fragen zu diesem **projektinfo**?

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