



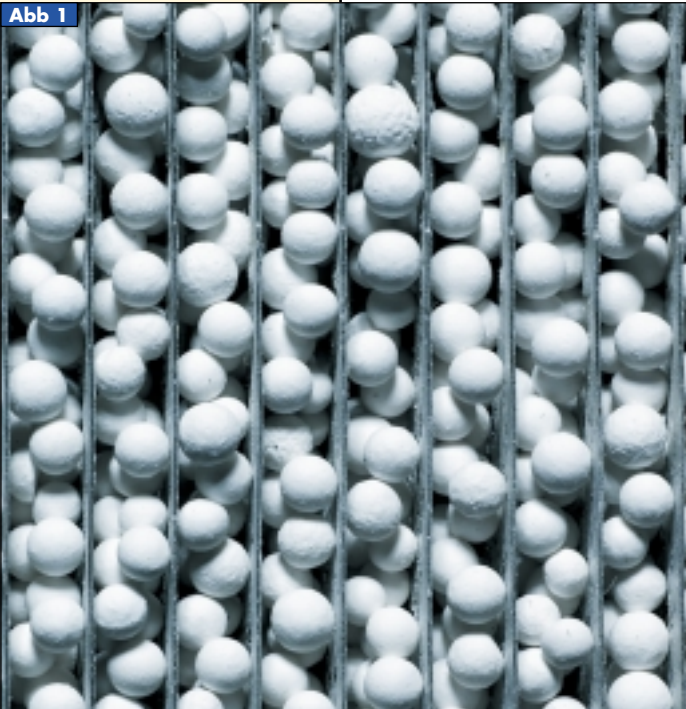
BINE

Informationsdienst

projektinfo 02/05

Heizen mit Zeolith-Heizgerät

Abb 1



- ▶ **Höherer Wirkungsgrad als Brennwertgeräte**
- ▶ **Auch für die Brauchwassererwärmung geeignet**
- ▶ **Stoffsystem Zeolith/Wasser ist ökologisch unbedenklich**

Zeolith-Granulat – Wärmespeicher mit hoher Energiedichte

Wärmepumpen sind in Niedrigenergiehäusern eine interessante Alternative zu anderen Niedertemperatur-Heizsystemen. Im privaten Wohnungsbau dominieren dabei fast ausschließlich die Elektro-Kompressionswärmepumpen – bei größeren Gebäuden oder Schwimmbädern kommen auch Gasmotorbetriebene Kompressionswärmepumpen zum Einsatz. Eine neue Entwicklung sind sogenannte Adsorptionswärmepumpen auf Basis des Stoffsystems Zeolith und Wasser. Sie sollen künftig höhere Wirkungsgrade erreichen als Niedertemperatur- und Brennwertgeräte.

Adsorptionswärmepumpen unterscheiden sich von herkömmlichen Kompressionswärmepumpen im Wesentlichen durch den Antrieb. Kompressionswärmepumpen arbeiten mit einem motorisch angetriebenen Verdichter, die Adsorptionstechnik beruht dagegen auf einem thermischen Antrieb. Beim Zeolith-Heizgerät wird Wasser – das Kältemittel – in einem periodischen Prozess an Zeolith angelagert und durch Wärmezufuhr wieder ausgetrieben. Die dafür benötigte Wärme liefert eine Gasbrennwerttherme. Energiewanderverluste, wie sie bei der Erzeugung von Strom für den Antrieb von Elektro-Wärmepumpen notwendig anfallen, treten nicht auf. Durch das zusätzliche Einspei-

sen von Umgebungswärme in den Prozess können im Jahresdurchschnitt Wirkungsgrade von bis zu 135% erreicht werden. Damit übertrifft das Heizgerät auch Brennwertgeräte, die einen maximalen Wirkungsgrad von 111% (bezogen auf H_U) erzielen können.

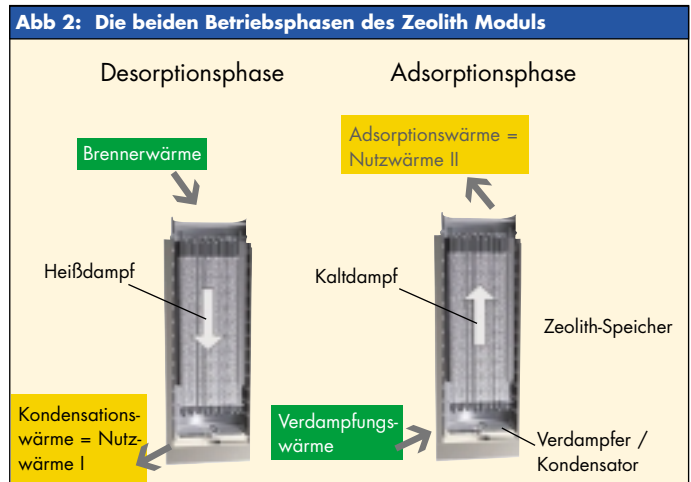
Ähnliche Wirkungsgrade werden dank Einkoppelung von Umweltwärme auch von der Diffusions-Absorptionswärmepumpe der Fa. Buderus erreicht – einer zweiten Neuentwicklung im Bereich der Gaswärmepumpen. Hier wird ein Ammoniak-Wassergemisch als Arbeitsmedium eingesetzt – mit Helium als Trägergas. Vorgesehen ist, ein System für den Neubau mit einer maximalen Heizleistung von 11 kW auf den Markt zu bringen. Ein zweites System mit einer Leistung von 19 kW wird für den Sanierungsbereich entwickelt.

Das im Folgenden vorgestellte gasbetriebene Zeolith-Heizgerät wurde von der Vaillant GmbH gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Technische Thermodynamik an der RWTH Aachen entwickelt. Eine Pilotserie des Gerätes soll Ende 2005 gefertigt werden, die Markteinführung ist für 2006 geplant. Das Forschungsvorhaben wurde mit Fördermitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) unterstützt.

► Zwei Betriebsphasen des Zeolith Moduls

Der Kern eines Zeolith-Heizgerätes ist das Zeolith Modul, das aus zwei Grundkomponenten besteht – dem oben angeordneten Zeolith-Speicher und einem unten angeordneten Kondensator/Verdampfer (s. Abb 2). Das Zeolith Modul kennt zwei grundlegende Betriebsphasen: die Desorptionsphase und die Adsorptionsphase. In der Desorptionsphase wird der Zeolith getrocknet. Dies geschieht über einen Wärmetauscher mit einer Gasbrennwerttherme. Das an Zeolith gebundene Wasser wird ausgetrieben und strömt als heißer Wasserdampf in den unteren Teil des Moduls zu einem zweiten Wärmetauscher. Dort kondensiert der heiße Dampf und gibt die dabei frei werdende Energie als Nutzwärme an den Heizkreislauf ab. Am Ende der Desorptionsphase, wenn der Zeolith kein Wasser mehr abgibt, wird das Modul hydraulisch umgeschaltet und die Wärmezufuhr zum oberen Wärmetauscher unterbrochen. Dadurch sinken Druck und Temperatur. Sobald die Temperatur des unteren Wärme-

tauschers (Verdampfer/Kondensator) unter das Temperaturniveau der Umgebungswärmequelle (Solarenergie) gesunken ist, schaltet sich die Solepumpe ein. Dadurch wird dem Verdampfer Umweltenergie über einen angekoppelten Solar-Luftkollektor oder eine Erdsonde zugeführt. Das Wasser verdampft wieder, strömt nach oben zum Zeolith und wird adsorbiert. Die Anlagerung von Wasser an das Zeolith setzt Wärme frei (Adsorptionswärme), die als zusätzliche Nutzwärme für den Heizkreislauf genutzt wird. Das Modul wird also aus zwei Wärmequellen unterschiedlichen Temperaturniveaus ge-



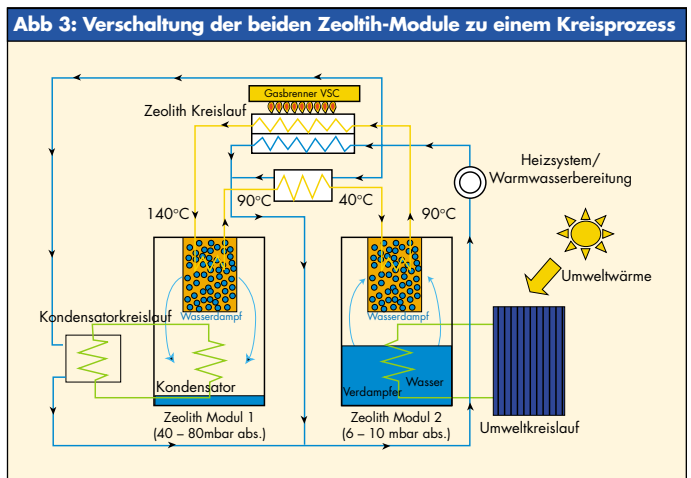
speist: der Wärme eines Gasbrenners und einer externen Umweltquelle (grün in Abb 2). Die zugeführte Wärme wird als Kondensationswärme und als Adsorptionswärme dem Heizsystem zur Verfügung gestellt (gelb). Das Modul befindet sich in einem hermetisch abgeschlossenen Behälter und soll eine Wartungsfreiheit von 15 Jahren garantieren.

► Das Wechselspiel der Module

Das Zeolith-Heizgerät besitzt zwei Zeolith-Module, die parallel verschaltet sind. Der Grund liegt darin, dass man aus einem periodischen Prozess eines Moduls durch Verschaltung einen Quasi-Kreisprozess schafft. Im Betrieb ist jeweils ein Modul in der Desorptions-/Kondensationsphase und das andere in der Verdampfungs/Adsorptionsphase. Das Zusammenwirken der beiden Zeolith Module und die Einbindung in den Heizkreislauf zeigt Abb 3 in vereinfachter Form.

Im linken Modul wird zunächst Wasserdampf aus dem Zeolith ausgetrieben. Die dafür bereitgestellte Vorlauftemperatur des gasbeheizten Wärmetauschers liegt bei ca. 140°C („Zeolith-Kreislauf“ = gelb). Durch Energieabgabe an das Heizsystem (blau) sinkt die Temperatur des Wärmeträgers auf ca. 40°C. Diese Absenkung ist notwendig, um im weiteren Kreislauf Wärme aus dem parallel ablaufenden Adsorptionsprozess im zweiten Modul aufnehmen zu können. Die Adsorptionswärme hebt die Temperatur des Wärmeträgers auf ca. 90°C. Diese Wärme steht dem Heizsystem über den Zeolithkreislauf zusätzlich zur Verfügung.

Die Funktion der beiden Zeolith Module wird nach ca. 20 Minuten gewechselt. Wenn im linken Modul das Wasser aus dem Zeo-



lith entwichen ist, kommt der Desorptionsprozess zum Erliegen. Gleichzeitig wird im rechten Modul der Adsorptionsprozess abgeschlossen. Jetzt wird der Prozess hydraulisch umgeschaltet – der Prozess mit umgekehrten Rollen der Module kann weiter laufen.

Zeolithe – poröse Keramikwerkstoffe

Zeolithe nennt man eine Gruppe von Metall-Alumosilikaten. Neben ca. vierzig natürlichen sind eine Fülle von synthetischen Zeolithen bekannt. Ihre besondere Eigenschaft ist ihre Fähigkeit große Mengen Wasser zu adsorbieren. Durch Modifikation der Kristallstruktur können die Adsorptionseigenschaften der Zeolithe eingestellt und an die technischen Erfordernisse angepasst werden. Zeolithe werden seit Jahren in der chemischen Technik für die Gastrennung und Gasreinigung eingesetzt. Als umweltschonender Ersatz für die umstrittenen Polyphosphate als Wasserenthärter

in Waschmitteln werden sie seit den achtziger Jahren verwendet. Zeolithe können aber auch als Energiespeicher genutzt werden. So wird ein Zeolith-Sorptionsspeicher schon seit einigen Jahren erfolgreich als Puffer zwischen einem Fernwärmenetz und dem Heizsystem einer Münchner Schule eingesetzt.

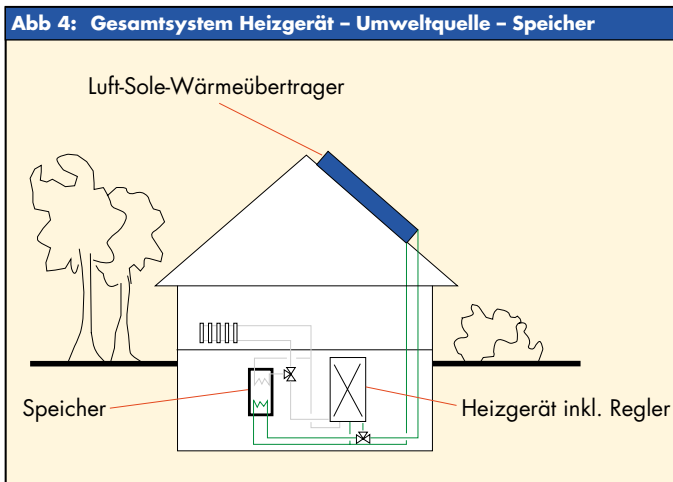
Bei Temperaturen jenseits der 100°C verlieren Zeolithe das an ihrer großen inneren Oberfläche gebundene Wasser (Desorption). Durch Wärmezufuhr und die dadurch bewirkte Trocknung des Zeoliths wird der Speicher energetisch geladen.

Bei der Umkehrung des Prozesses, also der Anlagerung (Adsorption) von Wasser an die poröse Struktur, wird Energie in Form von Wärme frei. Ein grundlegender Vorteil des Stoffsystems Zeolith/Wasser ist seine ökologische Unbedenklichkeit. Zeolithe sind ungiftig und nicht brennbar – in der Heizungstechnik von entscheidendem Vorteil. Innerhalb der Temperaturbereiche, die in der Adsorptionstechnik üblich sind, findet keine Zersetzung statt.

► Einbindung in die Haustechnik

Das Zeolith-Heizgerät hat zwei Wärmequellen: Die Gasbrennwerttherme, die für die Trocknung des Zeoliths benötigt wird und eine Umweltwärmequelle für den Betrieb des Verdampfers (Abb 4). Dafür kommt in erster Linie solare Wärme in Frage. Von der Vaillant GmbH wird derzeit für diesen Zweck ein geeigneter Luft-Sole-Wärmeübertrager entwickelt. Aber auch die Nutzung von Abwärme, Prozesswärme oder der im Grundwasser enthaltenen Energie ist möglich. Aus Kostengründen ist der Betrieb einer Erdsonde nur für größere Anlagen sinnvoll. Der Anteil der Umweltquelle an der Gesamtnutzleistung der Anlage beträgt etwa 25%. Für eine Anlage mit 10 kW Nutzleistung also ca. 2-3 kW. Auch die Brauchwassererwärmung kann mit dem Zeolith-Heizgerät bedient werden, denn die maximale Vorlauftemperatur beträgt 75°C. Auch die Kombination mit ei-

ner solarthermischen Anlage zur direkten solaren Warmwasserbereitung ist möglich. Damit sind drei Betriebsweisen zu realisieren: Bei hoher solarer Einstrahlung die rein solare Warmwasserbereitung, die solar un-



terstützte Wärmeerzeugung mit Zeolith-Heizgerät und die reine Warmwassererzeugung via Zeolith-Heizgerät, wenn die solare Einstrahlung sehr gering ist. Obwohl in erster Linie für den Neubaubereich mit Niedrigenergiestandard gedacht, ist ein Einsatz des Zeolith-Heizgerätes aufgrund der kompakten Bauweise auch im Baubestand möglich.

Adsorption oder Absorption?

Sowohl Adsorptionswärmepumpen wie auch Absorptionswärmepumpen werden thermisch angetrieben. Sie unterscheiden sich jedoch in ihren Stoffsystemen. Bei Absorptionswärmepumpen wird das verdampfte Kältemittel in einer Lösung absorbiert. Typische Stoffsysteme sind Ammoniak/ Wasser und Wasser/Lithiumbromid.

In der Adsorptionstechnik dagegen wird das Kältemittel an der Oberfläche eines Feststoffs angelagert. Als Feststoffe verwendet man Zeolithe, Silikagel oder Aktivkohle. Als Kältemittel kommen Wasser, Ammoniak oder Methanol in Frage. Da das Adsorbens ein Feststoff ist, zirkuliert in Adsorptionswärmepumpen nur das Kältemittel und kein Arbeitsstoffgemisch wie bei der Absorptionstechnik.

Wie muss Zeolith konfektioni-ert werden?

Im Adsorber muss Zeolith mit einem Wärmetauscher in Wechselwirkung treten. Die Geometrie der Zeolith-Schichten im Adsorber hat dabei entscheidenden Einfluss auf den Wärmeübergang und die Fähigkeit Wasser anzulagern. Da einfache Granulatschüttungen aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit der Zeolithschüttung nur zu einer geringen Leistungsdichte der Anlage führen, wurden andere Wege untersucht. Wie die Untersuchungen zeigten, ist es jedoch schwierig, kompakte Zeolith-Schichten (Zeolithpulver, Bindemittel und Porenbildner Melamin und Weinsäure) direkt und dauerhaft mit einem metallenen Wärmetauscher zu verbinden. Der Grund liegt an der unterschiedlichen Wärmeausdehnung von Metall und Zeolith. Die Schichten platzen nach einigen Wärmepumpenzyklen ab.

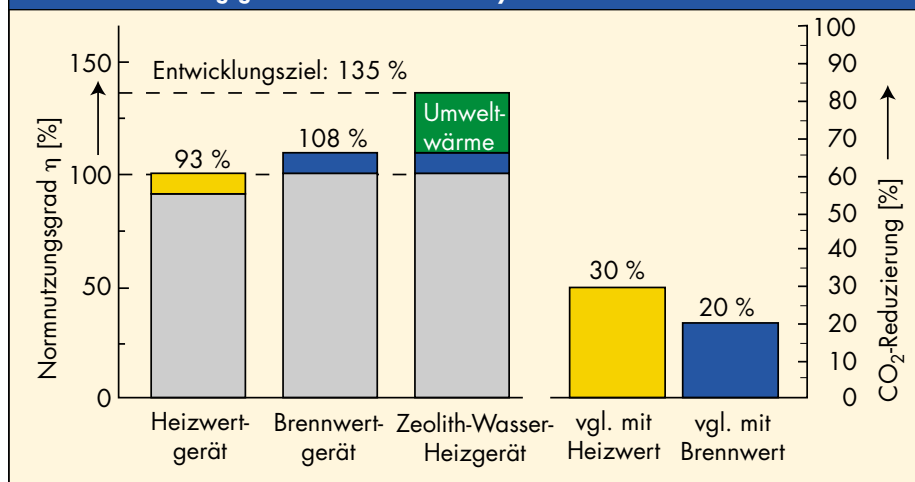
Eine Alternative sind handelsübliche Zeolithpellets, die lose in die Zwischenräume des Wärmetauschers eingebracht werden. Diese Pellets werden typischerweise in Größen von 1 bis 4 mm angeboten. Bei zweilagigen Pelletschichten ist jedoch die Sorptionskinetik noch stark beeinträchtigt. Deutlich bessere Ergebnisse erzielt man mit einlagigen Schichten, die direkt mit dem Metall in Kontakt stehen. Wird ein Bindemittel verwendet, so verschlechtert sich das Sorptionsverhalten. Offenbar „verklebt“ der Binder die Oberfläche der Pellets und behindert den Stofftransport.

► Entwicklungsziel 135% Wirkungsgrad

Reine Gasbrennwertgeräte erreichen durch die zusätzliche Nutzung der Abgaswärme einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 108% (max. 111%). Damit übertreffen sie Niedertemperaturgeräte, die etwa 93% erreichen zwar deutlich (s. Abb 5). Aber andererseits ist die Grenze des technisch Möglichen damit auch nahezu ausgereizt. Die Integration eines Sorptionssystems wie beim Zeolith-Heizgerät ermöglicht die elegante Einkoppelung von Umweltwärme

und eröffnet der Brennwerttechnik neue Perspektiven. Für die Bestimmung des maximal möglichen Wirkungsgrades wird üblicherweise der Normnutzungsgrad (nach DIN 4702 T8) ermittelt. Für das Zeolith-Heizgerät errechnet sich ein Maximalwert von 135%. Wenn dieses Entwicklungsziel erreicht werden kann, bedeutet dies eine Steigerung des Wirkungsgrades verglichen mit der reinen Brennwerttechnik um ca. 20%.

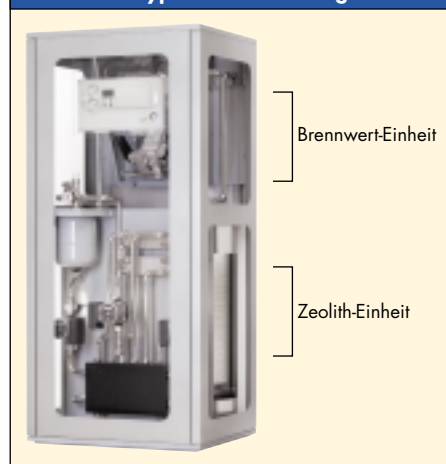
Abb 5: Normnutzungsgrade verschiedener Heizsysteme



► Resümee und Ausblick

Während in der Schweiz über 30% der Häuser mit Wärmepumpen beheizt werden, ist die Wärmepumpe in Deutschland noch wenig vertreten. Dennoch ist der Trend unübersehbar. Waren es 1995 nur gut 1% der privaten Bauherren, die sich für eine Wärmepumpe als Heizsystem entschieden, sind es heute bereits etwa 4%. Andererseits

Abb 6: Prototyp des Zeolith-Heizgerätes



steht die Wärmepumpe hier in Konkurrenz zu anderen effizienten Heizsystemen, insbesondere der Gasbrennwerttherme – bei häufig höheren Investitionskosten. Das Verlegen von Erdregistern oder die Bohrungen für eine Erdsonde schlagen dabei besonders zu Buche.

Wärmepumpen mit Sorptionstechnik wie das Zeolith-Heizgerät oder die Diffusionsabsorptions-Wärmepumpe können in Zukunft dem Wärmepumpenmarkt neue Impulse verleihen. In der Mehrzahl kann auf erdgekoppelte und damit kostenintensive Wärmetauschersysteme verzichtet werden. Ein Luft-Sole-Wärmeübertrager auf dem Dach wird in der Regel genügen.

Die avisierten Wirkungsgrade – die reine Brennwertgeräte deutlich übertreffen sollen – und die damit verbundene Energieeinsparung und Umweltfreundlichkeit werden einen weiteren Wettbewerbsvorteil bieten. Dies bestätigt auch die Ankündigung der Jury Umweltzeichen, dass mit Beginn 2005 die Hersteller von gasbefeuerten Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen den „Blauen Engel“ für ihre Produkte beantragen können.

Seit Januar 2004 wird das Zeolith-Heizgerät in einem Feldversuch in Ein- und Zweifamilienhäusern unter realen Betriebsbedingungen getestet. Ende 2005 soll eine Pilotserie gefertigt werden.

► PROJEKTADRESSE

- Vaillant GmbH
Dr.-Ing. Rainer Lang
Berghauser Str. 40
42859 Remscheid

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Fachinformationszentrum Karlsruhe. Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, Eggenstein-Leopoldshafen (Hrsg.): Thermochemische Speicher. Projektinfo 2/01. 2001.
- Kruse, H.; Heidelck, R.: Heizen mit Wärmepumpen. Ein Informationspaket. Fachinformationszentrum Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.). Köln : TÜV-Verl., 2002. 3., erw. u. völlig überarb. Aufl. ISBN 3-8249-0641-4
- Lang, R.; Marx, U. (Vaillant GmbH, Remscheid): Das Zeolith-Wasser-Heizgerät. In: Mardorf, L. (Hrsg.): 3. Osnabrücker Energie- und Umwelttagung. 03.-04. Mai 2001. Aachen : Shaker, 2001. ISBN 3-8265-8310-8
- Vaillant GmbH, Remscheid (Hrsg.): Entwicklung eines Sorptionsmoduls, einer Umweltwärmequelle sowie einer Steuerung für eine Zeolith-Adsorptionswärmepumpe. Abschlußbericht zum BMWA-Forschungsvorhaben 0327327A. 2004. 27 S.

Service

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

PROJEKTORGANISATION

■ Förderung

Bunderministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
11019 Berlin

Projektträger Jülich (PTJ) des BMWA und BMU
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Claus Börner
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen

0327327A

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

Paul Feddeck
Dr. Franz Meyer

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 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.



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