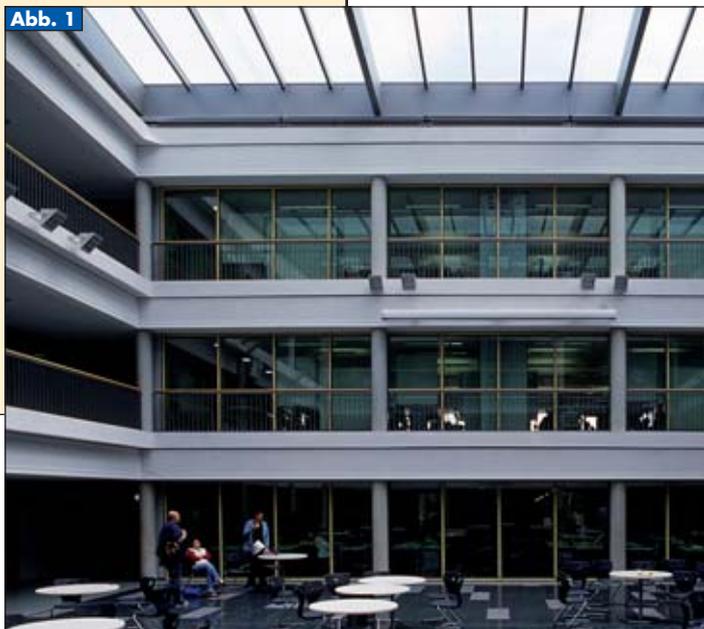


Betriebsdiagnose von Gebäuden



- ▶ **Neue Messdatenvisualisierung erleichtert Analyse des Gebäudebetriebs**
- ▶ **Betriebsdiagnose nutzt Daten aus Gebäudeleittechnik und Gebäudeautomation zur Optimierung**
- ▶ **Erste Anwendungen bestätigen den Nutzen für Gebäudebetreiber**

Die Betriebsdiagnose erschließt neue Einsparpotenziale für den Betrieb gebäudetechnischer Anlagen. In der Biberacher Gebhard-Müller-Schule wurde sie unterstützend zur messtechnischen Evaluierung des Gebäudekonzepts eingesetzt.

Bürogebäude und Gewerbebauten sind, vor allem bei hohen Komfort- und Nutzungsansprüchen, sehr komplexe Systeme: Sie werden individuell bzw. „integral“ geplant und als „innovativ“ oder „intelligent“ vermarktet. Doch auch diese Gebäude müssen nach Inbetriebnahme intensiv einreguliert und optimiert werden. In der Regel erfährt man wenig über den Gebäudebetrieb. Untersuchungen zeigen, dass viele Gebäude im Betrieb hinter den Zielvorgaben und Planwerten zurückbleiben – auch weil die Zeit der Einregulierung oft zu knapp bemessen ist. Eine kontinuierliche Optimierung findet nur selten statt. Anpassungen aufgrund veränderter Anlagentechnik oder Gebäudenutzung werden hinsichtlich der Energieeffizienz meist nicht durchgeführt, das Zusammenspiel unterschiedlicher Gewerke oder parallelbetriebener Anlagen oft unzureichend berücksichtigt. Zudem ist das Verhalten der Nutzer in der Planungsphase kaum einschätzbar.

Deshalb gilt es, bereits in der Planung die richtigen Weichen zu stellen. Die Optimierung einer betriebstechnischen Anlage kann nicht erst im laufenden Betrieb einsetzen. Sie muss bereits in der Planung berücksichtigt werden. Das Ziel ist eine nachhaltige Planung über den kompletten Lebenszyklus von Gebäuden und technischer Gebäu-

deusrüstung (TGA) hinweg. Anforderungen an Energieeffizienz und Nutzungskomfort müssen sich in Planung, Anlagenauslegung und Energiemanagement gleichermaßen umsetzen lassen. Ein Optimieren des Gebäudes im laufenden Betrieb muss möglich sein.

Welche Methoden und Werkzeuge sind dazu nötig? Antworten wurden im vom BMWi geförderten Forschungsprojekt „OASE“ (Optimierung der Automationsfunktionen mit dynamischer Simulation als Energie-Management-System) gefunden: Mit dem dort entwickelten Instrument der Betriebsdiagnose werden z. B. die Datenaufzeichnungen der Gebäudeautomation in der Betriebsphase eines Gebäudes genutzt, um energetische Schwachstellen und betriebstechnische Mängel zu ermitteln und daraus Optimierungspotenziale abzuleiten. Die OASE-Methodik wurde inzwischen in Demonstrationsgebäuden unterschiedlicher Nutzung erprobt. Sie ergänzt aktuelle Forschungsaktivitäten mit dem Ziel, die Einführung ganzheitlicher Gebäudeenergiekonzepte in der Praxis voranzubringen. Dazu zählt die Entwicklung eines „Kostengünstigen Energiemanagements für Wohn- und Bürogebäude“ (KENWO) ebenso wie die eines „Energie-Navigators“, der mit Schnittstellen zur Gebäudeautomation eine teilautomatisierte energetische Betriebsoptimierung ermöglicht.

► OASE – Methoden und Verfahren

Abb. 2: Vorgehen bei der Betriebsdiagnose

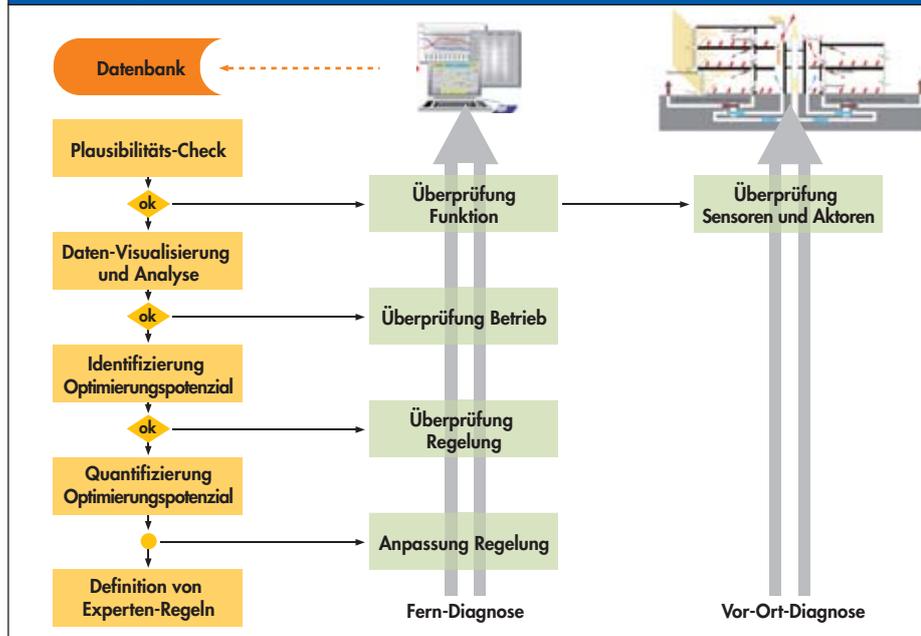
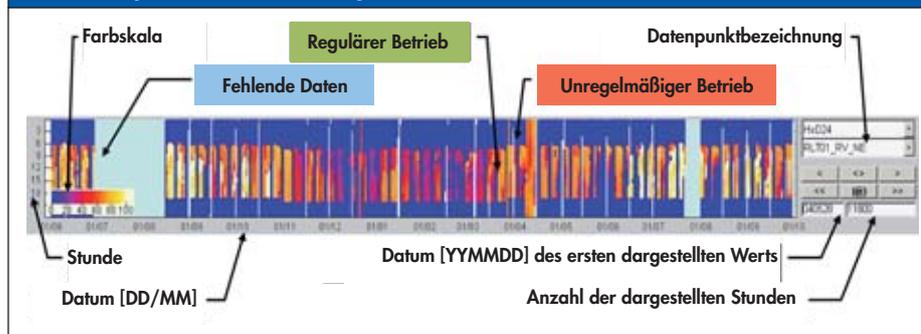


Abb. 3: Carpet-Plot zur Darstellung einer Zeitreihe



Es lohnt sich, Büro- und Gewerbebauten über mehrere Jahre hinweg zu evaluieren, ihren Energieverbrauch und Nutzungskomfort messtechnisch zu untersuchen und zu bewerten. Dabei können aufwendige Analysemethoden und kostspielige Messtechnik vermieden werden. Das im Rahmen des Forschungsprojekts OASE entwickelte Instrument der Betriebsdiagnose bietet hierfür eine standardisierte Methodik und verschiedene Werkzeuge, die die verfügbaren energierelevanten Daten aus der Gebäudeleittechnik (GLT) oder aus Gebäudeautomationssystemen nutzen und diese auswerten. Damit lassen sich Mängel und Fehlfunktionen gebäudetechnischer Anla-

gen erkennen und Maßnahmen zur Optimierung des Gebäudebetriebs ableiten. Die Ziele sind eine verbesserte Gebäudeperformance und ein effektives Gebäudemanagement.

Messdatenvisualisierung und Betriebsdiagnose

In der OASE-Betriebsdiagnose dient die Visualisierung von Messdaten als Hilfsmittel, um in komplexen Anlagensystemen Symptome für Fehlbetrieb und Optimierungspotenzial aufzuspüren. Gemeint sind damit grafisch veranschaulichte Datenpunktaufzeichnungen aus Gebäudeautomations- oder Energiemanagement-Systemen. In sogenann-

ten Carpet-Plots (Rasterdiagrammen) werden farblich codierte Messwerte tageweise in Balken dargestellt und über die Messperiode aufgereiht. Im Tages- und Wochenrhythmus wiederkehrende Betriebszustände sind dabei als Muster erkennbar. In Scatter-Plots (Streudiagrammen) werden diese Daten gegeneinander aufgetragen, um die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Regelparametern darzustellen. So lassen sich Strukturen und Muster bzw. Abweichungen schnell erkennen und Rückschlüsse auf den Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen ziehen. Mit der Betriebsdiagnose können nun die Funktions- und Betriebsweisen dieser Anlagen untersucht und beurteilt werden. Ziel ist die Optimierung von Steuer- und Regelungsparametern sowie das Erkennen von fehlerhaftem Betrieb.

Betriebsprognose

In der Betriebsprognose wird der Gebäudebetrieb Gegenstand der Planung. Betriebsfunktionen und Regelmechanismen werden dabei bereits in frühen Planungsphasen erarbeitet und auf das Gebäude und die verwendete Technik hin optimiert. Im Laufe der Planung erfolgt dabei immer wieder eine Anpassung und Verfeinerung des Betriebskonzepts. Zur Optimierung können beispielsweise Simulationsprogramme eingesetzt werden. Mit der Betriebsprognose lassen sich somit die Planungsergebnisse besser in den Betrieb umsetzen. Ziel ist ein möglichst energiesparender Betrieb und damit minimierte Lebenszykluskosten des Gebäudes.

Ganzheitlicher Gebäudebetrieb

Eine Anlagenoptimierung sollte nicht erst im laufenden Betrieb einsetzen, sie muss bereits in der Planung berücksichtigt werden. Dies betrifft sowohl die Auslegung als auch das Zusammenspiel verschiedener Anlagen und Anlagenkomponenten. Im Zuge der Betriebsprognose sollen daher Methoden und Hilfsmittel konzipiert werden, die die Integration von Betriebsstrategien in Planung und Betrieb forcieren. Damit soll die Verbindung zwischen integraler Planung und ganzheitlicher Betriebsführung geschaffen werden.

Commissioning und Qualitätssicherung

Jedes Gebäude ist ein Unikat. Dies erschwert in der Technischen Gebäudeausrüstung eine Qualitätssicherung der Planungs- und Betriebsprozesse. Lösungsansätze könnten ein Blick in den angelsächsischen Raum ergeben, denn die energetische Betriebsoptimierung kann als ein Teilbereich des dort praktizierten „Commissioning“ bezeichnet werden. Gemeint ist ein Prozess, der sicherstellt, dass ein Gebäude und sämtliche technische Systeme entsprechend den Vorgaben und Anforderungen geplant, gebaut bzw. installiert, getestet und betrieben werden. Der Commissioning-Prozess erstreckt sich über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes und beginnt idealerweise mit der Entwicklung der Projektziele bereits vor der ersten Planungs-

phase. Er beinhaltet die Koordination, Anwendung und Dokumentierung von Methoden und Werkzeugen zur Qualitätssicherung. Als Spezifikation des Commissioning in Deutschland wurde die Methodik der Funktionalen Qualitätssicherung (FQS) entwickelt. Sie soll dem effizienten Anlagenbetrieb mehr Gewicht im Planungsalltag verschaffen und zugleich die Qualität der Betriebsfunktionen eines Gebäudes sichern, indem sie Verantwortlichkeiten hierfür festlegt. Die FQS begleitet den Planungsprozess von der Konzeptionsphase bis in die Gebäudenutzung hinein. Sie nutzt dazu die Betriebsprognose zur Entwicklung funktionaler Betriebsstrategien und die Betriebsdiagnose zu deren Nachweis.

► Erste Anwendungen der Betriebsdiagnose

Die Betriebsdiagnose wertet wichtige energierelevante Daten aus der bereits installierten Gebäudeleittechnik im Ist-Zustand gezielt aus und macht sie für die Betriebsoptimierung in den Bereichen Heizen, Kühlen, Lüftung und Beleuchtung nutzbar. Der Schwerpunkt ihres Einsatzes liegt auf nicht-investiven Maßnahmen, die mit bestehender Anlagentechnik umsetzbar sind. Um ihren Nutzen für Architekten, TGA-Planer oder Gebäudebetreiber nachzuweisen sowie ihre Anwendbarkeit für unterschiedliche Anlagenkonzepte und Gebäudetypen zu überprüfen, wurde das Instrument einem Praxistest in mehreren Demonstrationsgebäuden unterzogen.

Abb. 4: Ostgebäude der Munich Re in der Königinstraße



Ostgebäude Münchener Rück

Das Bürogebäude wurde 1965 in Stahlbetonbauweise mit vorgehängter Alufassade errichtet, die Gebäudetechnik 1997 erneuert. Das Gebäude wird teil- bzw. vollklimatisiert und entlüftet. Die zentrale Kälteversorgung erfolgt über eine Kältemaschine und freie Kühlung, die Wärmeversorgung über einen Fernwärmeanschluss. Innerhalb des OASE-Projekts wurde das Ostgebäude der Münchener Rück (Munich Re) einer Betriebsdiagnose unterzogen, verbunden mit einem Messprogramm zur Aufnahme zusätzlicher Temperaturwerte und Volumenströme in den Heiz- und Kühlkreisen. Aus der Analyse der Betriebsdaten wurde eine Reihe von Quick-Win-Maßnahmen für die Heiz- und Kühlsysteme abgeleitet, mit denen bei geringen Kosten Optimierungen der Betriebsführung erreicht werden können. Energieeinsparungen konnten beispielsweise durch die Reduzierung von Pumpenlaufzeiten und durch eine optimierte Regelung der Kältekreisläufe ausgewiesen werden. Über die Datenauswertung ließen sich die eingestellten Betriebszeiten sehr gut mit den Nutzungsanforderungen abgleichen und die Funktionsfähigkeit von Sensoren verifizieren. Das Projekt bot darüber hinaus viel Spielraum, die Visualisierungs- und Auswerteprozeduren der Betriebsdiagnose zu testen und den Ablauf der Diagnose zu optimieren.

Abb. 5: Das Laborgebäude vor und nach der Sanierung



Laborgebäude Forschungszentrum Jülich

Das 3-geschossige, nicht unterkellerte Laborgebäude aus den 1960er Jahren wurde bis 2002 komplett saniert; Schwerpunkt war eine Neukonzeption der Lüftung und Kühlung. Die Betriebsdiagnose beschränkte sich auf die Visualisierung der einzelnen Datenpunkte in Carpet-Plots und deren Kommentierung. Trotzdem konnte das prognostizierte Einsparpotenzial der Sanierung validiert und mithilfe der Betriebsdiagnose aufgezeigt werden, dass weitere Potenziale im Bereich des dynamischen Gebäude- und Anlagenbetriebs vorhanden sind. Die Visualisierung und Analyse stündlicher Temperaturdaten über den Zeitraum eines Jahres lieferte dem Betreiber wichtige Hinweise für eine optimierte Einstellung der Zulufttemperaturen im Gebäude. Auch Fehler in der Datenübertragung ließen sich mit dem Werkzeug übersichtlich anzeigen und identifizieren. Angesichts einer anstehenden grundsätzlichen Umstellung der Gebäudeleittechnik im Forschungszentrum Jülich böte sich die Einbindung eines Betriebsdiagnose-Tools in die tägliche Betriebskontrolle des Gebäudes an.

Gebhard-Müller-Schule Biberach

Für den im Herbst 2004 fertiggestellten Neubau wurde das Ziel verfolgt, ein Berufsschulgebäude als sog. 3-Liter-Haus zu verwirklichen. Bereits in der Konzeptions- und Planungsphase wurden umfangreiche Simulationen zum Gebäudebetrieb durchgeführt. Im Rahmen des Forschungsprogramms „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) war von Beginn an eine messtechnische Evaluierung des Konzepts sowie die Optimierung im Betrieb eingeplant. Die Betriebsdiagnose wurde zu ihrer Unterstützung eingesetzt, sie bewirkte zahlreiche Anpassungen in der Gebäudeautomation, z. B. hinsichtlich der Betriebszeiten.

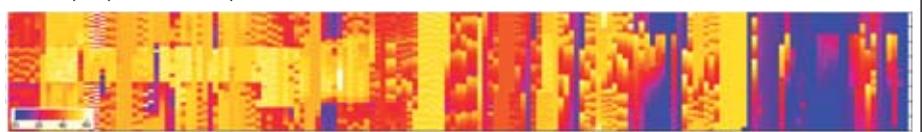
Als Hauptwärme- und ausschließliche Kältequelle des Gebäudes dient das Grundwasser, das im Heizbetrieb über eine Wärmepumpenanlage, im Kühlbetrieb direkt über einen Wärmeübertrager genutzt wird. Aufgrund des gemessenen hohen Stromverbrauchs der Grundwasserbereitstellung konnte in Folge der Betriebsdiagnose der gesamte Grundwasserbedarf an das tatsächliche Nutzungsprofil angepasst, d. h. gesenkt und unter anderem der Wirkungsgrad der beiden Grundwasser-Wärmepumpen gesteigert werden. Bedarfsanalyse und Optimierung führten zusätzlich zu einer Neuausrichtung der Betriebsstrategie. So soll künftig der lediglich zur Spitzenlastdeckung installierte Holzpelletkessel die Lüftungsanlage tagsüber mit Wärme auf höherem Temperaturniveau versorgen. Er erhält dadurch eine höhere Auslastung. Zusätzlich kann der Betrieb optimal auf die Betonkernaktivierung abgestimmt und dadurch der Wirkungsgrad der Wärmepumpen gesteigert werden.

Abb. 6: Fassade der Gebhard-Müller-Schule



Abb. 7: Carpet Plot zum Wärmepumpen-Betrieb im Biberacher Schulgebäude (Ausschnitt)

Wärmepumpe Rücklauftemperatur



BKT Heizkreis 2 Vorlauftemperatur (Betrieb)



► Fazit, Ausblick

Die im OASE-Projekt entwickelten Werkzeuge bieten neue Möglichkeiten, Messdaten zu visualisieren und erleichtern damit eine systematische und gezielte Analyse des Gebäudebetriebs. Ihr praktischer Nutzen für Architekten, TGA-Planer und Gebäudebetreiber wurde mit dem Einsatz in mehreren Gebäuden demonstriert. Mittlerweile sind die Grundfunktionen des OASE-Tools in einigen Gebäudeautomations-systemen zu finden. Auch die detaillierteren Auswertemöglichkeiten finden langsam Eingang in laufende Optimierungsprozesse.

Offen ist, ob die breitere Anwendung der Betriebsdiagnose Auswirkungen auf die Praxis der Gebäudeplanung haben wird. Schließlich werden die entscheidenden Weichen für einen energiesparenden Gebäudebetrieb nicht nur im laufenden Betrieb, sondern bereits in der Planung gestellt. In der Praxis trifft man jedoch oft auf Hemmnisse in der Umsetzung erkannter Einsparpotenziale, die sich mit Analysewerkzeugen allein nicht beseitigen lassen.

So sind in Gebäuden mit Facility Management oft Mitarbeiter eingesetzt, die mit den Anlagen, mit Nutzungszeiten oder Komfortanforderungen wenig vertraut sind. Der Dienstleistungsvertrag enthält oft nur pauschale Aussagen zur Energieoptimierung, die nicht konkretisiert und nicht mit Vergütungsregelungen verknüpft sind. Energieeinsparungen kommen – wenn überhaupt – nur mit Zeitverzögerung beim Dienstleister an. Es fehlen somit Motivation und Anreize, um Maßnahmen zu erkennen und umzusetzen.

Die Betriebsdiagnose trägt wesentlich zum energieeffizienten Gebäudebetrieb bei. Sie „veredelt“ Messwerte und Daten aus GLT und Gebäudeautomation zu Erkenntnissen, die systematische Optimierungsmaßnahmen erst möglich machen. Selbst bei veränderter Gebäudenutzung lassen sich Unterversorgungen, Fehlfunktionen und Anlagendefekte früher als bisher erkennen. Auf dieser Grundlage können motivierte Gebäudenutzer aktiv werden. Und der Gebäudebetreiber kann bereits reagieren, bevor Beschwerden auftreten. Er ist nicht darauf angewiesen, dass zufällig ein Experte zur richtigen Zeit an der richtigen Anlage steht.

► PROJEKTADRESSEN

Projektleitung

- Ebert-Ingenieure GmbH & Co. KG
Oliver Baumann,
Ruth David,
Prof. Dr. Werner Jensch
Hanauer Straße 85
80993 München

Messprogramm, Gebäudeanwendung

- Forschungsstelle für
Energiewirtschaft (FFE) e.V.
Serafin von Roon,
Thomas Gobmaier
Am Blütenanger 71
80995 München

Weitere Gebäudeanwendungen

- Solar-Institut Jülich der FH Aachen
Dr. Joachim Götsche,
Prof. Dr. Klemens Schwarzer
Solar-Campus Jülich
Heinrich-Mußmann-Straße 5
52428 Jülich
- Hochschule Biberach
Dr. Stephan Heinrich,
Prof. Dr. Roland Koenigsdorff
Institut für Gebäude-
und Energiesysteme
Karlstraße 11
88400 Biberach

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Internet

- www.enob.info/de/betriebsoptimierung

Literatur

- FIZ Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.): Ganzheitliches Gebäudemanagement (KENWO). Okt. 2008. 4 S. BINE-Projektinfo Nr. 10/08
- Koenigsdorff, R.; Heinrich, S.: Wissenschaftliche Begleitung und messtechnische Evaluierung des Neubaus der Gebhard-Müller-Schule des Kreisberufsschulzentrums Biberach. Abschlussbericht. Hochschule Biberach. Institut für Gebäude- und Energiesysteme (Hrsg.) [2008] 114 S., FKZ 0335007P, Wissenschaft & Praxis. Bd. 152

Abbildungsnachweis

- Abb. 1, 6: Lichtbildner Albrecht Immanuel Schnabel
- Abb. 2, 3, 7: Ebert-Ingenieure
- Abb. 4: FFE
- Abb. 5: FH Aachen, SIJ

Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-Dokument unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.

PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Jürgen Gehrman, Rolf Stricker
52425 Jülich

- Förderkennzeichen
0327246D (OASE I)
0327246E (Messprogramm)
0327246F (OASE II)

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367
- Version in Englisch
Dieses Projekt-Info bieten wir Ihnen als PDF auch in englischer Sprache unter www.bine.info an.
- Herausgeber
FIZ Karlsruhe
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
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 Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter www.bine.info und per Newsletter zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Kontakt

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

Tel. 0228 92379-44



FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

kontakt@bine.info
www.bine.info