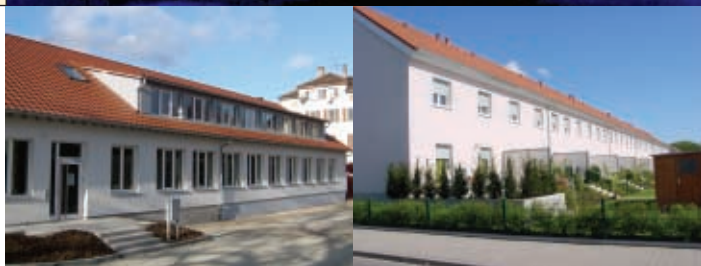
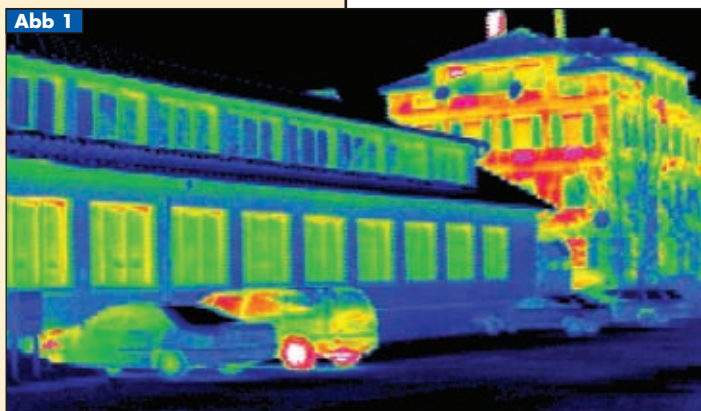




Gebäude sanieren – Komponenten im Test



- ▶ **Primärenergiebedarf nach EnEV liegt unter 40 kWh/m²a**
- ▶ **PCM in Gipskartonplatten verbessert das Raumklima bei Leichtbauweise**
- ▶ **Alle Anlagenvarianten erreichen den energetischen Zielwert**

Thermographieaufnahme des gedämmten Altbaus in Tübingen vor einem unsanierten Nachbargebäude; unten links: Bürogebäude in Tübingen unten rechts: Mehrfamilienhaus in Mannheim

Bei mehr als zwei Drittel aller Modernisierungen werden nur ästhetische aber keine energetischen Verbesserungen des Gebäudes durchgeführt. Das ist eine verpasste Chance für mehrere Jahrzehnte. Betrachtet man die Erneuerungszeiten für Wohngebäude, so betragen diese für Fassaden und Dächer 40-60 Jahre und für Fenster und Türen 20-30 Jahre. Dabei profitieren Eigentümer und Nutzer gleichermaßen von den Vorteilen einer energetischen Sanierung. Die Bewohner sparen Energiekosten und erhalten eine höhere Wohnqualität, die Eigentümer verbessern ihre Wettbewerbsfähigkeit auf dem Wohnungsmarkt. In der Innenstadt ist der Raum für Neubauten knapp und der Erwerb eines Altbaus kann auch aus diesem Gesichtspunkt eine interessante Alternative darstellen.

Es gibt gesetzlich vorgeschriebene Mindeststandards, die in der Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt sind. Es ist jedoch weitaus mehr möglich. Einsparpotenziale von 80% sind durchaus realistisch. Um diesen hohen energetischen Anspruch erfüllen zu können, ist es erforderlich, den baulichen Wärmeschutz zu optimieren, Wärmebrücken zu vermeiden und effiziente Heizungs- und Lüftungsstrategien umzusetzen. Dieses Info zeigt am Beispiel von zwei modernisierten Gebäuden verschiedene Sanierungskomponenten, die eine Sanierung

bis hin zum Passivhausstandard ermöglichen. Unterstützt wurden die Vorhaben über das Förderprogramm „Energieoptimiertes Bauen (ENOB)“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) gefördert wird. Ein Schwerpunkt befasst sich mit der „Energetische Verbesserung der Bausubstanz (EnSan)“. Durch eine umfangreiche Erfassung der Messdaten wird die Funktion der eingesetzten Systeme überprüft. Können die geplanten Primärenergiekennwerte eingehalten werden? Bewähren sich die Komponenten im Einsatz? Ergänzt wird das Messprogramm durch Analysen zum Nutzerverhalten.

Im Gegensatz zum Neubau kommt beim Altbau erschwerend hinzu, dass verschiedene Parameter vorgegeben sind, die beispielsweise eine ausreichende Dämmung der Bodenplatte oder den massiven Ausbau von Dachgeschossen nicht ermöglichen. Hier sind Lösungen gefragt, die eine qualitativ hochwertige Sanierung kostengünstig umsetzen. Heizungs- und Lüftungsstrategien, die einen ausreichenden Luftaustausch und hohe Wärmerückgewinne garantieren, müssen entwickelt werden. Die vorgestellten Gebäude zeigen verschiedene Strategien auf, um z. B. die Beheizung und Belüftung von Niedrigstenergiehäusern umzusetzen oder in Bürogebäuden den hohen Anforderungen an das Raumklima gerecht zu werden.

► Bürogebäude in Tübingen

Das Gebäude im Areal der denkmalgeschützten Thiepvalkaserne bietet eine attraktive Innenstadtlage. Ziel der Modernisierung war es, ein gutes thermisches Raumklima und einen geringen Energieverbrauch zu erreichen (Primärenergiebedarf nach Passivhausprojektionsspaket (PHPP) $43 \text{ kWh/m}^2\text{a}$). Der Ausbau des Dachgeschosses war nur in Leichtbauweise möglich. Die Klimatisierung und Belüftung erfolgt ausschließlich über eine mechanische Zu- und Abluftanlage und zusätzlich bei Bedarf über Fenster. Ein Sole-Luft-Wärmeübertrager kühlt die Luft bei Bedarf im Sommer vor und sichert im Winter den Frostschutz (Abb 2, 3).

Perimeterdämmung

Die wärmebrückenfreie Dämmung der Wände und des Daches ist in den meisten Fällen einfach durchführbar. Der untere Gebäudeabschluss hingegen bietet bei vielen Altbauten eine Problemzone. Stärkere Dämmstoffdicken auf der Bodenplatte vermindern zum einen die Raumhöhe und zum anderen müssen z. B. Türstürze verändert werden. Die Dämmung der Flanken bewirkt im Laufe der Jahre, dass sich die Temperatur des eingeschlossenen Erdreichs erhöht. Es bildet sich ein „Wärmesee“, der die Wärmeverluste der Bodenplatte verringert. Berechnungen ergeben, dass die Dämmung der Flanken in Verbindung mit einer geringen Fußbodendämmung eine dem Passivhausstandard vergleichbare Qualität erreicht. Erste Ergebnisse werden in 2006 erwartet.

Sommerliches Raumklima

Der erforderliche Luftaustausch erfolgt in Tübingen über eine Lüftungsanlage mit mechanischer Nachtlüftung. Damit die während der Nachtstunden niedrigere Außentemperatur auch über den Tag im Gebäude genutzt werden kann, ist eine ausreichend hohe Wärmekapazität des Gebäudes notwendig. Aus statischen Gründen war in Tübingen der Dachausbau nur in Leichtbauweise durchführbar, daher wurden die Decken des Dachgeschosses mit Gipsplatten und darin eingebetteten mikroverkapselten Paraffinen (PCM) verkleidet. Die Phasenübergangstemperatur liegt zwischen 26 und 28°C . Diese Platten weisen im Bereich sommerlicher Oberflächentemperaturen Wärmekapazitäten wie ca. 5 cm Beton auf.

Momentaufnahme: Sommerliches Raumklimaverhalten

Wichtigster Wärmespeicher eines Gebäudes ist die Decke. Darunter bildet sich ein stabiles Warmluftpolster, so dass der Wärmeumsatz der Wände normalerweise höher als der der Decke ist. Soll die thermische Entladung der Decke gesteigert werden, ist es notwendig unter der Decke eine Luftströmung zu erzeugen, um den Wärmeübergang zu erhöhen. Aus diesem Grund befindet sich das Zuluftventil unterhalb der Decke, der Luftstrahl liegt an der Decke an. Die Thermographieaufnahmen zeigen, dass die PCM-Fläche einen geringeren Temperaturgang im Vergleich zur konventionellen Gipskartonplatte (Referenz) aufweist (Abb 4). Setzt man den flächenspezifischen Wärmeumsatz der

Abb 2: Ausgewählte Gebäudedaten/Tübingen

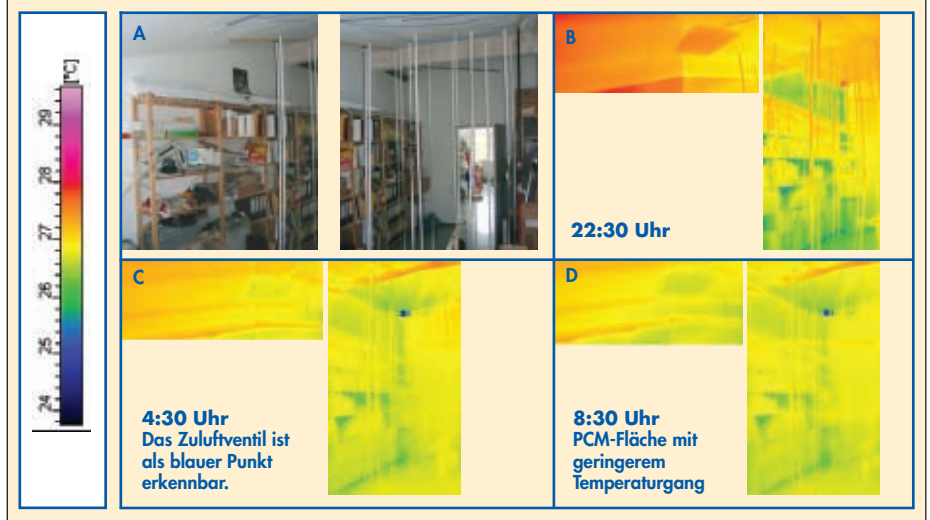
Baujahr	50er Jahre
Gebäudetyp/-nutzung	Bürogebäude, 1-geschossig mit Dachausbau
Baukonstruktion Erdgeschoss	Massivbau
Dachgeschoss	Leichtbau
Nutzfläche	838 m^2
Bruttorauminhalt	3.724 m^3
Energieversorgung	Gas-Brennwerttechnik
Lüftung	Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Referenzplatte an der Decke zu 100% , so hat die PCM-Decke einen auf 125% erhöhten Wärmeumsatz. Weitere Ergebnisse können nach der Messphase dargestellt werden.

Abb 3: Ausgangszustand und realisierte Sanierung/Tübingen

	U-Wert vor Sanierung [$\text{W/m}^2\text{K}$]	U-Wert nach Sanierung [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Außenwand	1,5	0,14
Boden	2,5	0,36
Dach	1,7	0,14
Perimeter		0,18
Fenster	2,7	0,74
	Messwert 2004	Planungswert
Endenergiebedarf Heizung/Trinkwarmwasser [$\text{kWh/m}^2\text{a}$] (PHPP)	ca. 22,6	22,8
Strom für Beleuchtung/Haustechnik [$\text{kWh/m}^2\text{a}$] (PHPP)	6,9	9,4
Primärenergiebedarf [$\text{kWh/m}^2\text{a}$] (PHPP)/flächenbezogen nach EnEV		43/41
Primärenergiebedarf (ohne EDV) [$\text{kWh/m}^2\text{a}$] (PHPP)	44,7	52,5

Abb 4: A Raum im Dachgeschoss; B-D Die Thermographieaufnahmen entsprechen in etwa der dargestellten Ansicht A. B Die Raumdecke hat sich auf Temperaturen zwischen 27 und 28°C aufgewärmt. In der Decke ist eine leicht dunklere d. h. wärmere Fläche zu erkennen. Dort ist ein konventionelles Gipskartonstück (Referenz) eingebaut.



Durchschnittliche Kosten einer Sanierung mit Passivhauskomponenten

Die Mehrkosten (brutto) pro m^2 Wohnfläche für eine Modernisierung mit Passivhauskomponenten gegenüber dem EnEV-Standard betragen ca. $120,-$ bis $150,- \text{ EUR/m}^2$. Bei einer optimierten Kostenplanung können diese auf $100,- \text{ EUR/m}^2$ gesenkt werden. Mit Passivhauskomponenten ist gemeint, dass neben einer sehr guten Dämmung ($20-30 \text{ cm}$ Dicke) und Fenstern mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung und gedämmten Rahmen eine Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft und WRG realisiert wird. Anteile für Forschungskomponenten sind hier nicht berücksichtigt und können die Kosten ganz

erheblich beeinflussen. Der Heizwärmebedarf liegt anschließend bei ca. $25-30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (PHPP). Im Vergleich: Passivhäuser haben einen Heizwärmeverbrauch von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Das Erreichen des Passivhaus-Neubaustandards kann mit erheblichen Mehrkosten verbunden sein, da bei der Sanierung von Altbauten Randbedingungen vorliegen, die wesentlich die Gestaltung und Ausführung mitbestimmen. Die Zusatzkosten für die Sanierung des Bürogebäudes in Tübingen auf Passivhausniveau lagen mit $81,- \text{ EUR/m}^2$ (NGF) sehr günstig.

► Mehrfamilienhaus in Mannheim

Abb 5: Ausgewählte Gebäudedaten/Mannheim

Baujahr	1930/31
Gebäudetyp/-nutzung	Mehrfamilien-Wohnhaus, 2-geschossig
Baukonstruktion	Massivbau
Wohnfläche/Wohnungen	1.152 m ² /12
Bruttorauminhalt	6750 m ³
Energieversorgung	Nahwärmezentrale mit BHKW (Stirlingmotor), Gasbrennwertkessel
- Lüftung	Zu- und Abluftanlage mit WRG
- Trinkwarmwasser	Dezentral über Wohnungswärmestation
- Heizsystem	Versorgung der Wohnungen über fünf verschiedene Anlagensysteme
- Kälte	Erdkollektor

Abb 6: Ausgangszustand und realisierte Sanierung/Mannheim

	U-Wert vor Sanierung [W/m ² K]	U-Wert nach Sanierung [W/m ² K]
Außenwand	1,3	0,15 / Giebel 0,12
KG-Decke	1,4	0,11
Dach	0,9	0,11
Treppenhausewand	1,5	0,16
Fenster	2,6	0,80
Endenergie Wärme und Hilfsenergie [kWh/m ² a] (EnEV)	330	Planungswert: 35
Primärenergiebedarf, Heizung, Lüftung, Trinkwassererwärmung [kWh/m ² a] (EnEV)	389	Planungswert: 37

Energetisches Ziel der Sanierung des Gebäudes war ein Primärenergiebedarf von 34 kWh/m² Wohnfläche und Jahr (Simulationwert ohne Aufwand zur Trinkwassererwärmung). Dies entspricht einem Primärenergieäquivalent von 3 Litern Heizöl (Abb 5, 6). Durch eine sorgfältige Planung und Detailentwicklung konnte die Summe der Transmissionswärmeverluste über die Wärmebrücken auf den Wert Null reduziert werden. Das bedeutet, dass durch die Wärmebrücken keine zusätzlichen Transmissionswärmeverluste entstehen. Bei Sanierungen ist es wichtig, die Wohnungszuschnitte an die Marktbedürfnisse anzupassen. Es wurden wesentliche Veränderungen am Grundriss durchgeführt, so dass Maisonettewohnungen mit deutlich größeren Wohnflächen entstanden sind.

Belüftung und Beheizung von Wohngebäuden

Die Versorgung von Gebäuden oder Wohnungen mit einem sehr geringen Energiebedarf stellt hohe Anforderungen an das gewählte System. Fünf verschiedene Anlagenvarianten werden in Mannheim eingesetzt. Über einen Zeitraum von 2 Jahren erfolgt die messtechnische Begleitung und Auswertung. Allen Varianten gemeinsam ist die Belüftung über ein zentrales Wohnungslüftungsgerät mit WRG im Dachgeschoss sowie ein Heizkörper im Bad.

■ Variante 1 Standard

Über ein zentrales Wohnungslüftungsgerät wird die Wohnung beheizt und belüftet. Die Gesamtluftmenge ist in drei Stufen regelbar, die Temperatur kann variabel für eine Wohnung gesteuert werden. Im Heizfall wird dem Luftsystem über einen zentralen Nacherwärmer Wärme zugeführt. Die Lüftungsanlage ist im Winter in Betrieb und wird im Sommer abgeschaltet. Die Wohnungen müssen dann über die Fenster belüftet werden. Es handelt sich um eine einfache Anlage, wie sie häufig in Passivhäusern eingesetzt wird.

■ Variante 2

Luftheizung regelbar für EG/OG

Im Unterschied zur Variante 1 sind hier separate Nacherwärmer für Erdgeschoss und Obergeschoss installiert, so dass ein jeweils unterschiedliches Temperaturniveau eingestellt werden kann.

■ Variante 3 Komfort

In jedem Raum kann sowohl die Luftmenge als auch die Temperatur individuell geregelt werden.

■ Variante 4 Standard mit Heizkörper

Ein zentrales Lüftungsgerät versorgt die Wohnungen mit Außenluft; Heizkörper in allen Räumen ermöglichen eine individuelle Temperierung.

■ Variante 5 Standard mit Erdkühlung

Neben dem zentralen Wohnungslüftungsgerät sind hier Kapillarrohrmatten in den

Zimmerdecken integriert. Damit kann bei Bedarf jeder Raum individuell beheizt werden. Im Sommer ist es möglich, über ein vorgeschaltetes Kühlsystem mit Erdkollektoren die Kapillarrohrmatten zur Kühlung der Räume einzusetzen.

Erste Betriebserfahrungen

Der errechnete Primärenergiebedarf wird während der ersten Messphase erreicht. Die Wohnungen wurden im 1. Quartal 2005 vermietet. Seitdem erfolgt die Aufnahme der Messdaten, so dass erste Tendenzen bereits sichtbar sind. Das häufig eingesetzte Luftheizungssystem mit nur einem Zuluft-Temperaturniveau (Standard-Variante 1) zeigt zwischen EG und OG teilweise Temperaturabweichungen vom eingestellten Sollwert von 2 bis 4 Kelvin. (Abb 7). Diese Unterschiede heben sich bei der geschossweisen Temperaturregelung (Variante 2) fast auf (Abb 8). Gründe für die Temperaturdifferenz sind z. B. höhere Wärmeverluste im EG durch die Außenanpassung der Bodenplatte, die durch Luftheizungssysteme mit nur einem Zuluft-Temperaturniveau nicht ausgeglichen werden können. Eine einheitliche Temperaturregelung für mehrere Geschosse bietet nur einen eingeschränkten Komfort. Dieser kann bereits mit einer einfachen geschossweisen Temperaturregelung erheblich verbessert werden.

Abb 7: Variante 1 mit einem Zuluft-Temperaturniveau

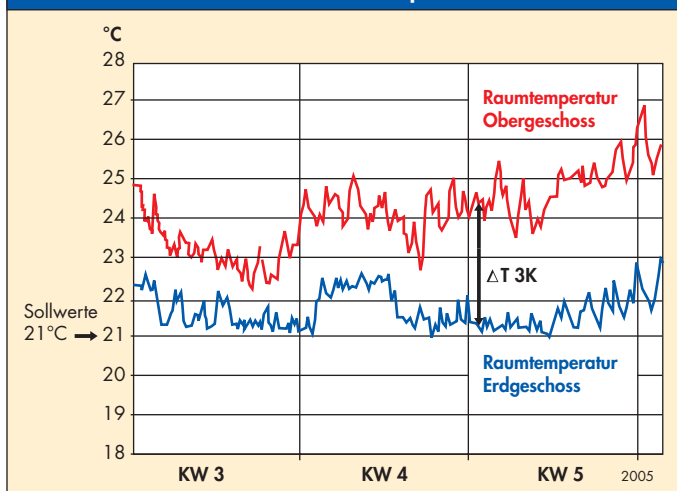
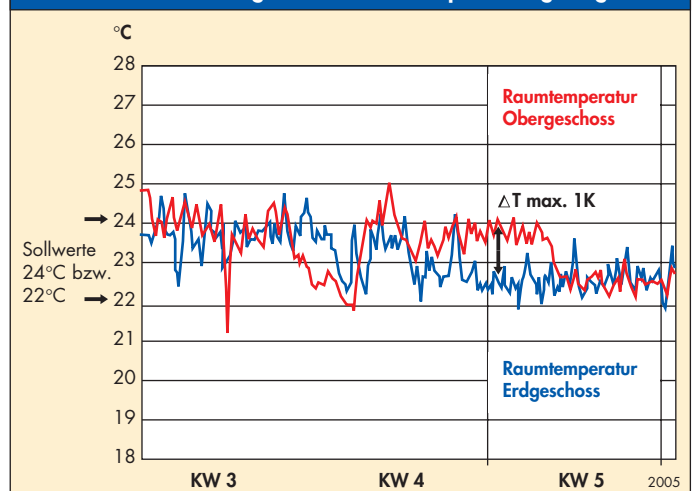


Abb 8: Variante 2 mit geschossweiser Temperaturregelung



Fazit

Das umfangreiche Messprogramm wurde in beiden Vorhaben zu Beginn dieses Jahres gestartet, so dass eine quantitative Auswertung in 2006 erfolgen kann. Erste Betriebs-erfahrungen beider Gebäude bestätigen die gewählten Konzepte. Sowohl in Tübingen als auch in Mannheim sind die Nutzer sehr zufrieden und die ersten Verbrauchswerte erreichen das gewünschte Niveau eines Passivhauses bzw. Niedrigstenergiehauses.

In Mannheim konnte gezeigt werden, dass gegenüber dem einfachsten Luftheizungs-system mit nur einer Temperatur-Regelzone die Wohnqualität erheblich durch eine Luftheizung mit geschosswise oder raumweise Temperaturregelung, wie sie in den Systemvarianten 2, 3, 4 und 5 ausgeführt wurde, gesteigert wird. Die ausgewerteten Messergebnisse bestätigen, dass alle Systemvarianten den energetischen Zielwert von 3 Litern Heizöl pro m² und Jahr (Primärenergie) erreichen.

Das Raumklima hat in Bürogebäuden eine erhebliche Bedeutung. Daher werden Arbeits- und Besprechungsräume über die Lüftungsanlage mit Frischluft versorgt. Besprechungs-räume erhalten eine bedarfsgerecht zu steuernde Zu- und Abluftversorgung, da die stark variierende Belegung durch ein Zeitschema nicht erfasst wird. Um diesen Ansprüchen zu genügen, wurde für das Lüftungsgerät ein Prototyp entwickelt, der bei sehr geringem Stromverbrauch eine ausreichende Leistung erbringen kann. Der effektive Wärmebe-reitstellungsgrad der Anlage beträgt nach PHPP 80% bei einer elektrischen Leistungs-aufnahme von 0,15 Wh/m³. Die bisher gemessenen Stromverbräuche belegen die Pla-nungswerte und Umfragen unter den Nutzern bestätigen die Funktionsfähigkeit.

Die geringe Wärmekapazität eines Dachausbaus in Leichtbauweise wurde durch den Einsatz PCM-haltiger Gipskartonplatten und Putze verbessert. Diese PCM-Flächen zeigen einen deutlich reduzierten Temperaturgang im Vergleich zur konventionellen Gipskartonplatte. In Tübingen konnten die bisher in Testkammern gewonnenen Er-kenntnisse bestätigen, dass PCM-haltige Platten bei reiner Leichtbauweise eine wirk-same Verbesserung darstellen. Allerdings kann die Wärmekapazität einer Massivwand durch PCM-haltige Bauteiloberflächen nicht erreicht werden. Die festgelegte Phasenüber-gangstemperatur – hier 26 - 28°C bietet in diesem Temperaturbereich eine verzögerte Temperaturerhöhung bzw. -rückgang. Raumklimatisch günstiger wäre bei der im Tübinger Projekt gesicherten nächtlichen Entwärmung, der Einsatz von Platten mit Übergangs-temperaturen bei 24°C. Ziel weiterer Untersuchungen ist es, die Wirksamkeit durch eine weiter verbesserte nächtliche Auskühlung noch deutlich zu steigern.

PROJEKTADRESSEN

Projektdurchführung:

- Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)
Johann Reiß
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart
- Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Heiz- und Raumluft-technik (IKE)
Prof. Dr. Michael Schmidt
Pfaffenwaldring 35
70550 Stuttgart
- Fachhochschule Stuttgart
Fachbereich Bauingenieurwesen,
Bauphysik und Wirtschaft
Prof. Dr. Ursula Eickner
Peter Seeberger
Schellingstr. 24
70174 Stuttgart
- Ing.-Büro ebök
Johannes Werner
Schellingstr. 4/2
72072 Tübingen
- GBG – Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft mbH
Matthias Henes
Ulmenweg 7
68167 Mannheim

ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Lude, G.; Werner, J.: Das Passivhaus im Thiepvalareal. Teil 1 und 2.
In: EnergieEffizientes Bauen, (2004), Teil 1: H. 2., S. 17-20; Teil 2: H.3, S. 11-16
- GBG – Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft mbH, Mannheim (Hrsg.): Das 3-Liter-Haus. Bestandsentwicklung auf dem neuesten Stand der Technik. Energetisch optimierte Altbau-Vollmodernisierung. [2005]. 16 S.

Service

- Ergänzende Informationen sind bei BINE im Internet unter www.bine.info (Service/Infoplus) und unter www.energieprojekte.de abrufbar.
- Informationen über das EnSan-Verbundprojekt und Daten weiterer Vorhaben finden Sie unter www.ensan.de
- Informationen über das Pilotprojekt der dena "Niedrigenergiehäuser im Bestand" finden Sie unter www.neh-im-bestand.de

PROJEKTORGANISATION

Förderung

Bundesministerium
für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
11019 Berlin

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

Förderkennzeichen

0329750Q
0329750T

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 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 Informationsdienst der Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe GmbH.

Kontakt:

Fragen zu diesem **projektinfo**?
Wir helfen Ihnen weiter – wählen Sie die BINE Experten-Hotline:

Tel. 0228 / 9 23 79 - 44



BINE

Informationsdienst

FIZ Karlsruhe GmbH, 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