

## Materialdaten für die energetische Altbausanierung

Abb 1



- ▶ Feuchteschäden vermeiden durch fundierte Materialkenntnis
- ▶ bauphysikalische Standardkennwerte traditioneller und moderner Baustoffe online
- ▶ auf dem Weg zu einer neuen Kenngröße: der Trocknungskennwert

oben und unten rechts: Schimmelpilzbefall im Innenraum – das Gebäude war vor 15 Jahren mit 6 cm gedämmt worden. Die Dämmung war aus bauphysikalischer Sicht nicht ausreichend. Unten links: Mikroskopische Aufnahme eines typischen Innenraumpilzes *Alternaria alternata*

Im Altbaubestand, der ca. 80% der Gebäude ausmacht, stecken die größten Potenziale, um den Energieverbrauch zu senken. Gerade hier lassen sich durch bauliche Maßnahmen, wie z. B. Wärmedämmung, Nutzung der Sonneneinstrahlung oder Verbesserungen des Raumklimas durch Heizung, Lüftung oder Kühlung, große Mengen an Energie einsparen. Seit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung EnEV im Februar 2002 sind ebenfalls bei der Sanierung von Altbauten Vorgaben des energetischen und baulichen Wärmeschutzes zu erfüllen. Die Aufgaben für den Planer sind damit auch komplexer geworden. Geht es dem Bauherren meist vorrangig um die wirtschaftlichste Lösung bei Einhaltung der Bestimmungen, hat der Planer mit gleicher Intention die Sanierungsmaßnahmen auf den jeweiligen Gebäudebestand konkret auszurichten. Bei einer nicht fachgerechten und bauphysikalisch fehlerhaften Sanierung kann es zu Schäden kommen.

In der Altbausanierung treten häufig Probleme wie Schimmelpilzbildung oder Korrosion auf, die meist auf der begrenzten Kenntnis der

feuchtetechnischen Eigenschaften der ursprünglich verbauten und heute genutzten Baustoffe beruhen. Häufig müssen den im Gebäudebestand vorgefundenen historischen Materialien die bauphysikalischen Eigenschaften moderner Produkte unterstellt werden. Entsprechend begrenzt fällt auch die Auswahl für die eingesetzten Reparaturbaustoffe aus. Hier fehlte bisher eine zusammenhängend verfügbare und umfangreiche Sammlung hygrothermischer Materialkennwerte, die auch als Basis für die verfügbare Planungssoftware genutzt werden kann. Die ausführliche Beschreibung der bauklimatischen Eigenschaften möglichst vieler Baumaterialien stellt eine fundierte Grundlage für die bauphysikalisch korrekte Sanierung dar. Diese Wissenslücke wird durch ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördertes Forschungsvorhaben geschlossen. Ziel ist es, den Anwendern und Herstellern von Planungssoftware eine möglichst breite Datenbasis von Materialkennwerten historisch verwendeter und moderner Baustoffe zur Verfügung zu stellen und als Datenbank im Internet frei zugänglich anzubieten.

## ► Materialdatensammlung

Es wurden Materialien ausgewählt, die mit Blick auf die energetische Altbausanierung als repräsentative Vertreter angesehen werden können. Ergebnis ist eine Katalogstruktur nach Kategorien – wie z. B. Ziegel, Putze oder Hölzer. Diesen Kategorien werden die konkret untersuchten Baustoffe zugeordnet.

Neben den bekannten Baustoffen sind auch Baumaterialien vertreten, die in der Gegenwart keine Verwendung mehr finden, in der Altbausubstanz aber enthalten sein können – z. B. Ziegelsplittbeton als wichtiger Baustoff der Nachkriegszeit. Andere Baustoffe werden heute nach historischem Vorbild eingesetzt – unterscheiden sich dabei jedoch in ihrer Rezeptur und Fertigungstechnologie von den Altbaustoffen.

**Abb 2: Materialkennwerte**

Thermische Kennwerte	Hygrische Kennwerte
Spezifische Wärmespeicherkapazität	Diffusionswiderstandszahl
Wärmeleitfähigkeit	Sorption
	Wasseraufnahmekoeffizient
	Freie Wassersättigung
	Offene Porosität

*Ermittlung der Kennwerte: es handelt sich neben der Rohdichte der Baustoffe um thermische und hygrische Kennwerte, die größtenteils durch Messungen ermittelt wurden. Für einige Baustoffe wurden die Kennwerte aus der Literatur übernommen.*

**Abb 3: Algenbefall unter der Dämmung aus Styropor**



## ► Etablierung eines Trocknungskennwertes

Die nähere Auseinandersetzung mit den bauphysikalischen Standardkennwerten hat gezeigt, dass diese das hygrothermische Verhalten von Baustoffen bisher nicht ausreichend charakterisieren. Der etablierte Wasseraufnahmekoeffizient ( $w$ -Wert) beschreibt die Aufnahmefähigkeit von flüssigem Wasser, während die Diffusionswiderstandszahl ( $\mu$ -Wert) bzw. die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke ( $sd$ -Wert) die Trocknungsmöglichkeiten durch Diffusion wiedergeben. Der Einfluss der Kapillarleitfähigkeit eines Materials auf den Trocknungsvorgang wird durch diese Werte nicht berücksichtigt.

Das folgende Beispiel stellt die Probleme der bisherigen Betrachtung dar: Es zeigt, dass sich zwei Putzsysteme trotz annähernd gleichen  $w$ - und  $sd$ -Wertes in ihrem Trocknungsverhalten deutlich unterscheiden. Während das eine Putzsystem bei höheren Luftfeuchten deutlich langsamer trocknet, ist der Einfluss der Luftfeuchte auf die Trocknungsgeschwindigkeit des anderen Putzsystems relativ gering. Die Ursache dafür ist

das unterschiedliche Zusammenspiel von Diffusions- und Kapillartransport. Das zweite Putzsystem weist beim Trocknen einen wesentlich ausgeprägteren Kapillartransport auf. Hier werden die durch die höhere Luftfeuchte verschlechterten Trocknungsbedingungen durch einen verstärkten Kapillartransport an die Oberfläche ausgeglichen, so dass die Trocknungsgeschwindigkeit wesentlich weniger beeinflusst wird. Dies erklärt, warum das Putzsystem zu einer deutlich schnelleren Austrocknung der Wand führt, gleichzeitig aber aufgrund seiner Kapillaraktivität zu Salzausblühungen bei salzbelastetem Gemäuer neigt.

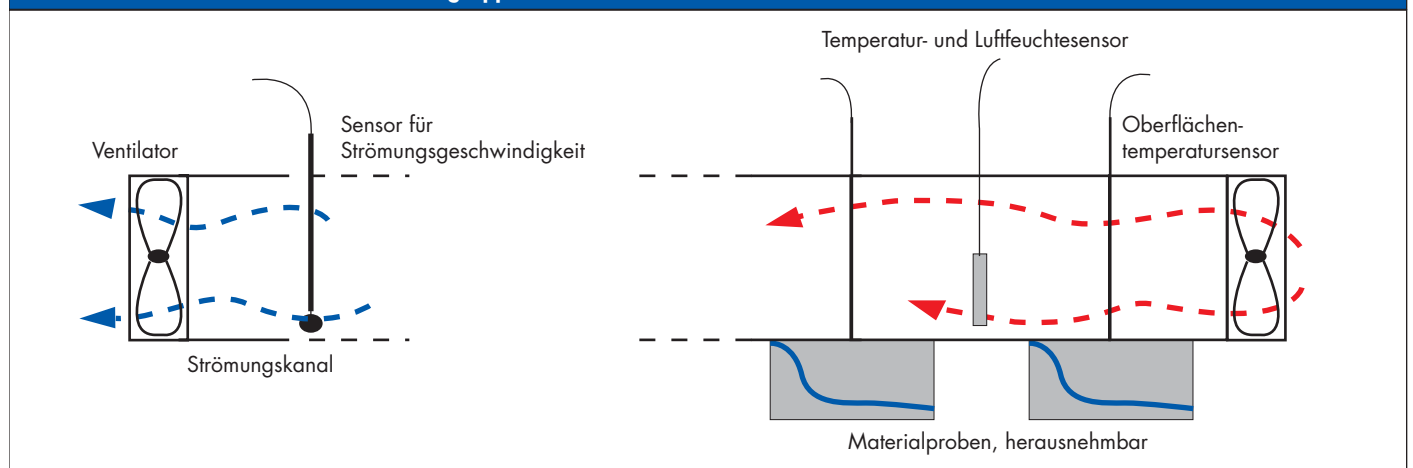
Ein neuer Trocknungskennwert soll das Trocknungsverhalten eines Baustoffes darstellen, das von den materialeigenen Transporteigenschaften (z. B. Porosität), den klimatischen Verhältnissen der Trocknung und den Strömungsbedingungen auf der Verdunstungsfläche abhängt (Abb 5). Derzeit wird ein Normentwurf erarbeitet. Ziel ist es, den Trocknungskennwert in den

**Abb 4: Mikroskopische Aufnahme eines typischen Innenraumpilzes Cladosporium cladosporioides**



DIN- bzw. EN-Normen zu verankern. **Abbildung 5** zeigt den schematischen Aufbau einer an der Uni Dresden entwickelten Messeinrichtung. Diese ermöglicht es, den Trocknungsverlauf unter konstanten Randbedingungen zu bestimmen.

**Abb 5: Schematischer Aufbau der Trocknungsapparatur**



## Anwendung der Materialdatenbank MASEA

Die Datenbank ist online unter [www.masea-ensan.de](http://www.masea-ensan.de) frei zugänglich. Die Baumaterialien sind nach verschiedenen Kategorien gegliedert. Jeder Kategorie sind die entsprechenden Baustoffe zugeordnet. Unter der Kategorie „Dämmstoffe“ sind beispielsweise Calcium Silikate aufgeführt (Abb 7).

### Systemvoraussetzungen

- Internetanschluss an PC oder Mac
- Browser wie InternetExplorer, FireFox, Opera
- zur Anwendung als Tool für Planungswerkzeuge z. B. WUFI®, DELPHIN®, EPASS HELENA®

### Anwendungsbeispiel

Beim Einsatz einer Innendämmung, die aus bauphysikalischer Sicht sehr anspruchsvoll ist und mit besonderem Sachverstand erstellt werden muss, ist die Kenntnis hygrothermischer Kennwerte bedeutsam. Es kann beispielsweise ein kapillaraktives Innendämmsystem zur Anwendung kommen, bei welchem Tauwasser an einer definierten Stelle ausfallen und durch kapillare Eigenschaften des Materials schnell wieder an den Raum abgegeben werden kann. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass die Wand besser austrocknen kann. Es kann also in die Konstruktion gelangte Feuchtigkeit z. B. Schlagregen auch nach innen austrocknen. Jedoch darf der Kondensatanfall einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten. Die hygrothermische Beurteilung eines kapillaraktiven Innendämmsystems setzt voraus, dass der kapillare Feuchtetransport berücksichtigt wird.

### Datenbasis für Planungswerkzeuge

Die Materialdatenbank ist online verfügbar. Einerseits soll dadurch die Fortschreibung und Kontrolle der Datenbank durch Industrie und Forschung ermöglicht werden, an-

dererseits kann für energetische Planungssoftware wie z. B. WUFI®, DELPHIN® und EPASS-HELENA® sowie andere Softwaretools mit diesem Instrument eine breitere Berechnungsbasis zur Verfügung gestellt werden. Die Softwaretools für die energetische Sanierung von Gebäuden können den Einfluss der Maßnahmen auf das hygrothermische Verhalten des Bauwerks quantifizieren und Schadensrisiken beurteilen. Sie sind heute gut getestet – ihre Grenzen liegen am Mangel genauer Materialkennwerte. Denn jede Prognose und Berechnung ist nur so gut, wie die Kenntnis der vorhandenen Materialien.

Die Ausrichtung und Anwendungsgebiete der Programme ist sehr unterschiedlich und wird hier exemplarisch für WUFI®, DELPHIN® und EPASS HELENA® kurz charakterisiert. Die genannten Programme greifen in ihrer aktuellen Version online auf die Materialdatenbank MASEA zu.

**WUFI®:** Das Berechnungsprogramm WUFI® stellt anhand von gegebenen Klimaverläufen das hygrothermische Verhalten eines Bauteils dar. Die Berechnungsergebnisse werden in einer filmähnlichen Abfolge der Feuchte- und Temperaturprofile gezeigt.

**DELPHIN®:** Das numerische Simulationsprogramm wird für rechnerische Untersuchungen des Wärme-, Feuchte-, Luft- und Salztransportes in Bauteilen eingesetzt. Die dem Programm zugrunde liegende Theorie ist von thermodynamischen Prinzipien abgeleitet, die die Transportprozesse und Phasenübergänge beschreiben.

**EPASS HELENA®:** Das Planungswerkzeug ist eine Expertensoftware für die Berechnung energetischer Zusammenhänge von Gebäuden. Mit dem Programm können verschiedene Temperaturzonen eines Gebäudes erfasst werden. Die detaillierte Darstellung der Anlagentechnik stellt einen weiteren Vorteil dar.

Abb 6: Pilzbefall durch Feuchtigkeitsanreicherung an der Oberfläche und im Bauteil



Pilzbefall durch eine Wärmebrücke



Pilzbefall durch Kombination von typischen baulichen Wärmebrücken mit hoher Luftfeuchtigkeit infolge unzureichenden Lüftens

## Feuchteatlas

Die weit verbreiteten Wärmebrücken-Kataloge bieten eine Fülle von thermischen Lösungen an, die hygrische Situation bleibt jedoch unberücksichtigt oder wird oberflächlich abgehandelt, so dass es zu Fehleinschätzungen kommt. Hier hilft der Feuchteatlas, indem er eine Zusammenstellung von bauüblichen, eindimensionalen Standardwandaufbauten für den Außendämm- und Innendämmfall darstellt. Mit Hilfe moderner Berechnungs- und Simulationswerkzeuge (DELPHIN®, COND®) werden Lösungsvorschläge für hygrothermisch schwierige Konstruktionen vorgestellt und geeignete Sanierungsvarianten für historische Gebäude und Neubauten präsentiert. Die Berechnungen sind für ein Testreferenzklima, ein DIN- sowie ein EN-konformes Blockklima durchgeführt worden und bewerten so das Verhalten einer Konstruktion. Neben der Dokumentation und Kommentierung der Ergebnisse sind die risikobehafteten Konstruktionen herausgestellt. Letztere erfordern eine individuelle Analyse der geplanten thermischen Sanierungsmaßnahme. Analog einem Wärmebrückenatlas richtet sich der Feuchteatlas an alle baukonstruktiv tätigen Architekten, Bauingenieure, Bauschadenssachverständige und Denkmalpfleger und wird voraussichtlich Anfang 2008 als Buchpublikation mit CD-ROM erhältlich sein.

Abb 7 : Bauphysikalische Kennwerte (Kategorien: Dämmstoffe; Bauplatten)

MASEA Materialdatenblatt - Calcium Silikate				
Kennwert	Symbol	Einheit	Wert	Referenz
Rohdichte	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	270	[Plagge, R.: aktuell]
Spezifische Wärmekapazität	$c_p$	[J/kg K]	1200	[Plagge, R.: aktuell]
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda_r$	[W/m K]	0.07	
Diffusionswiderstandszahl (dry) 23°C – 3/50%	$\mu$	[-]	3.8	
Sorption	$v_{(80)}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	20	
Freie Wassersättigung	$v_{(f)}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	790	
Wasseraufnahmekoeffizient	$w_w$	[kg/√h]	67	
Offene Porosität	$\phi$	[Vol – %]	90	

Das Datenblatt enthält die „Bauphysikalischen Kennwerte“. Die meisten Baustoffe werden zusätzlich über Abbildungen, eine Auflistung von Merkmalen und Hinweisen sowie der Darstellung wichtiger Eigenschaften im Diagramm genauer beschrieben. Die Daten können für alle gängigen Softwareprodukte online über eine xml-Schnittstelle genutzt werden. Die Datenblätter können ebenfalls als pdf gespeichert und ausgedruckt werden. So lassen sich Baustoffdaten sehr individuell sammeln und ablegen.



## ► Fazit

Bei der Sanierung von Altbauten müssen die derzeit geltenden Bestimmungen zur Energieeinsparung und zum klimabedingten Feuchteschutz erfüllt werden. Meist setzen jedoch wirtschaftliche Zwänge oder Forderungen des Denkmalschutzes dem bautechnisch Machbaren enge Grenzen und es ist notwendig, einen tragbaren Kompromiss zwischen Wärmeschutz und Wohnkomfort auf der einen Seite und dem vorhandenen Budget bzw. der Erhaltung des historischen Erscheinungsbildes auf der anderen Seite zu finden.

Die Inhalte der Materialdatensammlung für die energetische Altbausanierung bieten eine ideale Grundlage, bauphysikalische Fragen oder Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu klären. Dadurch können Bestandsgebäude in der Form für die energetische Bewertung erfasst werden, in der sie real vorzufinden sind. Planungsfehler durch falsch eingeschätztes Materialverhalten könnten in Zukunft vermieden werden. Die Materialdatensammlung wird zu einem wichtigen Werkzeug aller, die sich mit der Sanierung von Altbauten beschäftigen. Das gewährleistet nicht zuletzt die allgemeine Zugänglichkeit der Daten via Internet.

## ► Ausblick

Die Materialdatenbank soll laufend erweitert und um aktuelle und neue Baustoffe ergänzt werden. Daher steht sowohl Baustoffherstellern als auch Forschungseinrichtungen ein geschützter online-Zugang zur Verfügung. Aktuell enthält die Datenbank 475 Materialien. Über die projektverantwortlichen Institute als Vermittler haben Firmen die Möglichkeit, Materialkennwerte zur Verfügung zu stellen. Dabei wird angestrebt, dass insbesondere Materialien, die für die Altbausanierung relevant sind, Eingang in die Datensammlung finden. Durch diese Anwendung ist es möglich, die Datenbank weiter zu entwickeln und zu pflegen.

### ► PROJEKTADRESSEN

- Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP)  
Institutsteil Holzkirchen  
Dr. Cornelia Fitz  
Fraunhoferstraße 10  
83626 Valley
- TU Dresden Institut für Bauklimatik  
Prof. Dr. Peter Häupl  
Dr. Rudolf Plagge  
Ulrich Ruisinger  
Zellescherweg 17 d  
01062 Dresden
- Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. (ZUB)  
Sven Klauß  
Gottschalkstraße 28 a  
34127 Kassel

### ► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

#### Literatur

- Fitz, C. (Projektltr.); Klauß, S.; Krus, M. u.a.: Materialdatensammlung für die energetische Altbausanierung. Abschlussbericht. Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart (Auftragnehmer; Hrsg.); Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bonn (Auftraggeber; Förderer) April 2007. 119 S., IBP-Bericht HTB-07/2007
- Scheffler, G.; Plagge, R.: Bestimmung des Trocknungsverhaltens von Baustoffen unter definierten Randbedingungen. In: Bauphysik. Jg. 27 (2005), H. 6, S. 323-330
- Krus, M.; Lenz, K.; Plagge, R.; Scheffler, G.: Ein Trocknungskoeffizient als neuer hygrothermischer Standardmaterialkennwert. Proceedings of the 12th Symposium on Building Physics in Dresden, März 2007.

#### Abbildungsnachweis

- Abb 1: Dr. Burkhard Schulze Darup, Architekt  
kleines Foto links: Fraunhofer IBP
- Abb 3: Franziska Herborn, Architektin
- Abb 4: Fraunhofer IBP
- Abb 5: Universität Dresden
- Abb 6: EMPA-Akademie: Die Gebäudehülle, IRB Verlag, Stuttgart, 2000

#### Service

- Ergänzende Informationen sind bei BINE im Internet unter [www.bine.info](http://www.bine.info) (Service/Info-plus) abrufbar

## PROJEKTORGANISATION

■ Bundesministerium für  
Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Markus Kratz  
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen  
0329663D  
0329663B

## IMPRESSUM

■ ISSN  
0937 – 8367

■ 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.

■ Autorinnen  
Franziska Herborn, Micaela Münter

## 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 Technologie geförderter  
Informationsdienst von FIZ Karlsruhe.

#### Kontakt

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

**Tel.: 0228 92379-44**

 **BINE**  
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn  
Kaiserstraße 185 – 197  
53113 Bonn

Tel.: 0228 92379-0  
Fax: 0228 92379-29

[bine@fiz-karlsruhe.de](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de)  
[www.bine.info](http://www.bine.info)