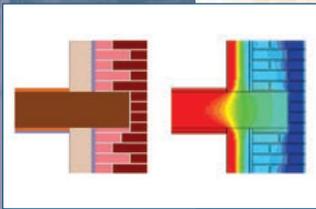
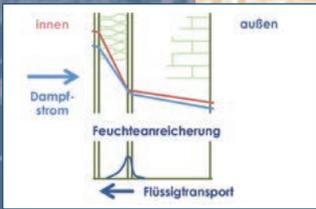


Gregor A. Scheffler

# Bauphysik der Innendämmung



Gregor A. Scheffler

## **Bauphysik der Innendämmung**



Gregor A. Scheffler

# Bauphysik der Innendämmung

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9262-8  
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9263-5

Umschlaggestaltung: Martin Kjer  
Herstellung: Andreas Preising  
Satz: Fraunhofer IRB Verlag  
Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

Alle Rechte vorbehalten.

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2016  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon +49 7 11 970-2500  
Telefax +49 7 11 970-2508  
[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)  
[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

---

## Vorwort

Die Innendämmung hat sich in den vergangenen Jahren rasant entwickelt. Noch vor wenigen Jahren war sie eine Nischenanwendung mit geringen Dämmstärken und wenigen Spezialprodukten. Heute werden teilweise ähnliche Dämmstärken eingebaut wie bei der Außendämmung. Fast jeder größere Dämmstoff- oder Putzhersteller hat ein eigenes Innendämmsystem im Produktprogramm. Die Innendämmung ist nicht nur zu einem wesentlichen Bestandteil der Sanierungspraxis geworden, sondern auch zu einem für Produktion, Handel und Verarbeitung interessanten Markt.

Die bauphysikalischen Besonderheiten im Zusammenhang mit der Innendämmung sind dafür verantwortlich, dass auch heute noch Unsicherheiten und Vorbehalte gegenüber dieser Bauweise bestehen. In meiner Wahrnehmung werden solche Unsicherheiten häufig gezielt für bestimmte Interessen benutzt. Dies geschieht beispielsweise durch die Verwendung bestimmter Fachbegriffe, deren Bedeutung oder Kontext häufig nicht richtig klar sind, oder das Schüren von Ängsten aufgrund von Halbwissen bzw. einseitiger Betrachtung. Ängste und Unsicherheiten entstehen dort, wo Zusammenhänge nicht überschaubar und Gefahren nicht erkennbar sind. Deshalb liegt im Verständnis der bauphysikalischen Zusammenhänge der Schlüssel zum Abbau dieser Unsicherheiten und Vorbehalte.

Mit dem vorliegenden Buch möchte ich einen Zugang zu den bauphysikalischen Zusammenhängen der Innendämmung ermöglichen. Nach einer einführenden Strukturierung der bauphysikalischen Aspekte liegt der Fokus deshalb auf der Erklärung und Erläuterung der häufig verwendeten Begriffe und auf der Diskussion über die im Kontext aufgeworfenen bauphysikalischen Fragen. Auf dieser Grundlage wird anschließend der Bogen zur Planungspraxis geschlagen, indem das konkrete Vorgehen von der Bestandsaufnahme, dem Regelwerk und der Nachweisführung bis hin zum Umgang mit verschiedenen Detailfragen dargestellt und erläutert wird. Durch den strukturierten und vielfach illustrierten Zugang zur Bauphysik der Innendämmung möchte ich dazu verhelfen, Unsicherheiten und Vorbehalte in fachliches Verständnis und geschärften Blick zu wandeln und damit zur sicheren Planung und Umsetzung von Innendämmungen beitragen.

Für die sehr konstruktive und angenehme Zusammenarbeit während der Erstellung dieses Buches danke ich dem Team des Fraunhofer IRB Verlages. Besonders möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, dass sie mir den zeitlichen Freiraum gewährt und die damit verbundenen Entbehungen in Kauf genommen hat.

Gregor Scheffler, im November 2015



---

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort</b> . . . . .	5
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Bauphysik der Innendämmung</b> . . . . .	11
2.1	Ein Einstieg . . . . .	11
2.2	Feuchte von innen – Dampfdiffusion . . . . .	13
2.2.1	Dampfdruck, Temperatur und relative Luftfeuchte . . . . .	13
2.2.2	Diffusionsbremsende Innendämmung . . . . .	15
2.2.3	Diffusionsoffene, kapillaraktive Innendämmung . . . . .	17
2.2.4	Feuchte von innen – Konvektion . . . . .	19
2.3	Feuchte von außen – Austrocknungsverhalten . . . . .	21
2.4	Mindestwärmeschutz – Bauteilanschlüsse . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Bauphysik kritisch beleuchtet</b> . . . . .	25
3.1	Fachtermini im Kontext der Innendämmung. . . . .	25
3.1.1	Analyse der Wortbedeutung. . . . .	26
3.1.2	Kapillaraktivität . . . . .	29
3.2	Begriffskontext Innendämmung . . . . .	31
3.2.1	Kondensat, Taupunkt und Tauebene . . . . .	32
3.2.2	Kapillaraktivität und kapillarer Rücktransport. . . . .	35
3.2.3	Kleines Begriffsfazit. . . . .	37
3.3	Weiterführende Diskussion . . . . .	37
3.3.1	Wie viel Kapillaraktivität ist erforderlich? . . . . .	38
3.3.2	Woran lässt sich Kapillaraktivität messen? . . . . .	39
3.3.3	Was passiert bei kapillaraktiver Innendämmung und Frost? . . . . .	43
3.3.4	Kleines Fazit zur Kapillaraktivität. . . . .	51
<b>4</b>	<b>Planung und Bemessung</b> . . . . .	53
4.1	Bestandsaufnahme und Zielsetzung . . . . .	54
4.1.1	Analyse der Bestandssituation. . . . .	54
4.1.2	Zieldefinition für die Innendämmung . . . . .	58
4.1.3	Wahl des Dämmsystems . . . . .	59
4.2	Bemessung und Nachweisführung. . . . .	61
4.2.1	Kurzüberblick über das Regelwerk. . . . .	61
4.2.2	Energetische Bemessung. . . . .	65
4.2.3	Feuchtetechnische Bemessung von Innendämmsystemen . . . . .	77



---

4.3	Kritische Details und Besonderheiten . . . . .	99
4.3.1	Holzbalkendecken . . . . .	99
4.3.2	Fensteranschlüsse . . . . .	107
4.3.3	Sichtfachwerk . . . . .	115
4.3.4	Imprägnierung/Hydrophobierung der Fassade. . . . .	116
4.4	Abschließende Hinweise zur Ausführung . . . . .	121
<b>5</b>	<b>Quellen</b> . . . . .	<b>125</b>
	Normen und Richtlinien . . . . .	125
	Veröffentlichungen . . . . .	127

# 1 Einleitung

Die Sanierung von Gebäuden, vor allem zur Reduktion des Energieverbrauches und zur Steigerung des Nutzerkomforts, ist seit einigen Jahren schon ein kontinuierlich wachsender Bereich der Bauwirtschaft. Häufig liegt dabei der Fokus zunächst auf dem Austausch alter Heizungsanlagen oder dem Einbau neuer Fenster. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass insbesondere der alleinige Fensteraustausch häufig zu bauphysikalischen Problemen wie Schimmelpilzbefall führen kann.

Der Schlüssel zur Vermeidung derartiger Schäden nach Sanierung liegt in der gleichzeitigen thermischen Ertüchtigung der Außenwände und -decken. Diese hilft nicht nur, den Energieverbrauch weiter zu reduzieren, sondern hebt auch die Oberflächentemperaturen der Raumumschließungsflächen an. Höhere Oberflächentemperaturen haben ein deutlich behaglicheres Innenraumklima zur Folge und stellen gleichzeitig sicher, dass Feuchte- und Schimmelschäden wirksam unterbunden werden.

Für viele Bestandssituationen kann eine thermische Ertüchtigung der Außenwände nur von innen erfolgen, z. B. bei einer nicht veränderbaren Fassade (Bild 1). Deshalb ist die Innendämmung häufig die einzig sinnvolle Möglichkeit, den steigenden Anforderungen seitens der Nutzung einerseits und den ebenfalls steigenden Anforderungen seitens des Energieverbrauches andererseits wirksam und nachhaltig zu begegnen. Der Einbau einer Innendämmung zieht allerdings eine Reihe von bauphysikalischen Veränderungen nach sich. Diesen muss durch sorgfältige Planung und Ausführung Rechnung getragen werden. An erster Stelle stehen dabei der Mindestwärmeschutz und der Feuchteschutz.



**Bild 1:** Gebäudebeispiele, für die eine thermische Ertüchtigung der Außenwände nur von innen erfolgen kann

Die bauphysikalischen Besonderheiten der Innendämmung haben dazu geführt, dass viele Ängste und Vorbehalte gegenüber dieser Bauweise bestehen. Häufig wird in der Praxis davor zurückgeschreckt, eine Innendämmung auszuführen – sei es aufgrund der Vielfalt und der raschen Entwicklungen im Bereich der Innendämmsysteme oder aufgrund historisch gewachsener Vorbehalte gegenüber dieser Bauweise, die auf unzureichende rechnerische Nachweisformen und zum Teil falsche Ausführungsempfehlungen in den 1970er- und 1980er-Jahren zurückgehen.

Das vorliegende Buch wendet sich an Architekten und Planer, aber auch an Bauherren und Ausführende, die Interesse an einem bauphysikalischen Verständnis der Innendämmung haben. Es soll die Bauphysik der Innendämmung entwickeln und ihre Anwendung für die Planung und sichere Umsetzung einer Innendämmung nutzbar machen. Im Fokus stehen dabei vor allem die Fragestellungen rund um den Mindestwärme- und Feuchteschutz mit dem Ziel, die Innendämmung sicher zu planen und auszuführen. Werden die bauphysikalischen Einflussparameter richtig erkannt und bewertet, ist die Innendämmung ebenso sicher wie andere Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung.

Der erste Teil bietet einen einfachen Einstieg in die bauphysikalischen Zusammenhänge der Innendämmung. In vertiefenden Kapiteln werden zum einen die häufig verwendeten Begrifflichkeiten wie Kondensat, Taupunkt und Kapillaraktivität kritisch hinterfragt. Zum anderen werden fachliche Zusammenhänge in Bezug auf die hygrothermischen Materialeigenschaften und mögliche Versagenskriterien erläutert.

Der zweite Teil widmet sich anhand der erarbeiteten Grundlagen dem praktischen Vorgehen bei der Planung und Bemessung von Innendämmungen. Ausgehend von Bestandsaufnahme und Zieldefinition der Maßnahme werden die rechtlichen und normativen Anforderungen vorgestellt. Darauf folgt die mit Beispielen illustrierte Erläuterung der zugehörigen Bemessungs- und Nachweisformen. Schließlich werden die Möglichkeiten und Grenzen der Nachweisführung diskutiert.

---

## 2 Bauphysik der Innendämmung

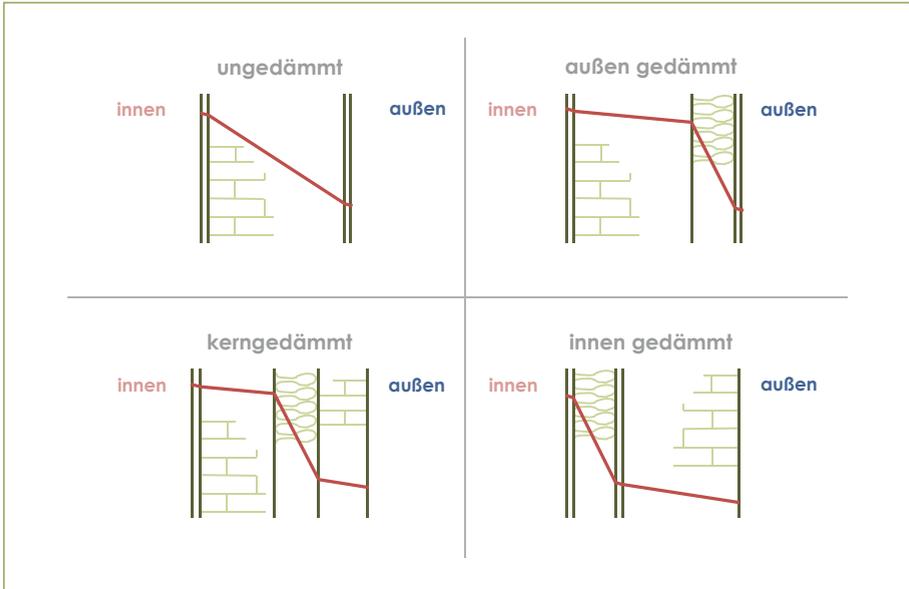
### 2.1 Ein Einstieg

Grundsätzlich verändert eine Wärmedämmung die hygrothermischen Verhältnisse im Wandquerschnitt im Vergleich zu einer ungedämmten Konstruktion. Durch Wärmedämmung sollen die Wärmeverluste reduziert werden. Gibt es einen Temperaturunterschied zwischen innen und außen, fließt Wärme von warm nach kalt und es stellt sich – in Abhängigkeit vom Schichtaufbau des Bauteils und den Materialeigenschaften der einzelnen Schichten – ein Temperaturprofil über der Konstruktion ein. Baustoffe mit hoher Wärmeleitfähigkeit können Wärme sehr gut transportieren. Über solchen Schichten wird es dann nur kleine Temperaturunterschiede geben. Dagegen können Baustoffe mit einer geringen Wärmeleitfähigkeit Wärme nur schlecht weiterleiten. Innerhalb solcher Schichten kommt es in der Folge zu großen Temperaturunterschieden.

Bei Konstruktionen mit Dämmschichten wird sich deshalb der wesentliche Temperaturunterschied innerhalb der Dämmebene einstellen. Je nachdem, wo sich die Dämmschichten in der Konstruktion befinden, ergeben sich unterschiedliche Temperaturverteilungen (Bild 2). Bei der Außendämmung liegt die Schicht mit dem großen Temperaturabfall an der Außenseite der Konstruktion. Bei der Kerndämmung liegt sie innerhalb der Konstruktion. Und bei der Innendämmung liegt sie an deren Innenseite.

Die Lage der Wärmedämmung im Inneren der Konstruktion ist bauphysikalisch optimal. Die Dämmung ist durch die Außenschale vor Witterungseinflüssen geschützt. Gleichzeitig befindet sich die Tragkonstruktion, und mit ihr sämtliche darin einbindenden Anschlüsse (Decken, Wände, Fenster etc.), auf der warmen Seite. Anzahl und Wirkung von Wärmebrücken als energetische und bauphysikalische Schwachstellen werden dadurch minimiert.

Die Außendämmung bietet weitgehend dieselben Vorteile in Bezug auf die Minimierung von Wärmebrücken. Allerdings ist die Dämmung an der Außenseite direkt der Witterung ausgesetzt, weshalb sie eines besonderen Witterungsschutzes bedarf. Dämmung und Witterungsschutz müssen aufeinander und auf die lokalen Witterungsbedingungen abgestimmt sein. Die entsprechenden Eigenschaften werden geprüft und können den Systemzulassungen entnommen werden.



**Bild 2:** Vergleich der möglichen Wandkonstruktionstypen in Bezug auf die Wärmedämmung mit schematischem Temperaturverlauf im Winter

Bei der Innendämmung liegt schließlich die Materialschicht, die den Wärmestrom primär begrenzt, auf der Innenseite der Wand. Das hat Auswirkungen auf drei bauphysikalische Einflüsse, die so bei den beiden anderen Varianten der Wärmedämmung nicht zum Tragen kommen:

1. die winterliche Dampfdiffusion (Feuchte von innen),
2. das Austrocknungsverhalten (Feuchte von außen) und
3. der Wärmeabfluss im Bereich der Bauteilanschlüsse (Wärmebrücken).

Diese drei bestimmen das bauphysikalische Verhalten der innen gedämmten Konstruktion. Sie werden in den wesentlichen Grundzügen nachfolgend vorgestellt. Im Anschluss daran soll tiefer in die bauphysikalischen Begrifflichkeiten und Gesetzmäßigkeiten vorgedrungen werden.

## 2.2 Feuchte von innen – Dampfdiffusion

Der Temperaturunterschied ist die treibende Kraft für den Wärmeabfluss. Je größer er ist, desto mehr Wärme fließt von warm nach kalt. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen der Temperatur und der relativen Luftfeuchte stellen Temperaturunterschiede auch eine treibende Kraft für den Dampftransport dar. Dieser ist ebenfalls von warm nach kalt gerichtet.

Betrachtet man die Innendämmung im Winterfall, dann liegt die Materialschicht mit dem großen Temperaturunterschied an der Innenseite der Wand. Dämmstoffe sind häufig diffusionsoffen. Damit trifft eine große treibende Kraft für die Dampfdiffusion auf einen geringen Diffusionswiderstand. In der Folge kann Feuchtigkeit in die Konstruktion gelangen. Zur Vermeidung von Feuchteschäden muss der Feuchteeintrag entweder wirksam reduziert oder vom Dämmsystem aufgenommen werden.

### 2.2.1 Dampfdruck, Temperatur und relative Luftfeuchte

Zum Verständnis der Dampfdiffusion ist es wichtig, den Zusammenhang zwischen Temperatur, Dampfdruck und relativer Luftfeuchte zu kennen.

Die relative Luftfeuchte ist definiert als das Verhältnis von aktueller Feuchtemasse in der Luft zur maximal möglichen Feuchtemasse. Die maximal von der Luft aufnehmbare Feuchtemasse hängt exponentiell von der Temperatur ab, sodass Luft bei 20 °C deutlich mehr Feuchte aufnehmen kann als beispielsweise bei 0 °C, nämlich  $17,5 \text{ g}_{\text{Wasser}}/\text{m}^3_{\text{Luft}}$  im Vergleich zu  $4,8 \text{ g}_{\text{Wasser}}/\text{m}^3_{\text{Luft}}$ .

Die thermodynamische Größe, mit der dieser Zusammenhang häufig dargestellt wird, ist der Partialdruck des Wasserdampfes, kurz Dampfdruck. Der Dampfdruck ergibt sich aus dem Produkt von relativer Luftfeuchte und Sättigungsdampfdruck. Der Sättigungsdampfdruck wiederum ist eine exponentielle Funktion der Temperatur und beschreibt die Feuchtemenge, die bei der jeweiligen Temperatur maximal von der Luft aufgenommen werden kann. Skaliert man diese Funktion, ergeben sich die entsprechenden Dampfdrucklinien für unterschiedliche relative Luftfeuchten, wie in Bild 3 dargestellt.