

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 107 (1989)  
**Heft:** 38

**Artikel:** Ideelle Wärmeleitfähigkeit: Wirkung von Dämmplatten bei hinterlüfteten Fassaden  
**Autor:** Bangerter, Heinz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77170>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

der mit der Bodenplatte des Betonbehälters verschweisste Reaktorkern und die ihn umgebenden Gestelle für verbrauchte Brennelemente, die den Brennelementanfall von 40 Betriebsjahren aufnehmen können, in dem Gefäss. Einbauten im Reaktorgefäss wie Stützgitter können mit Spezialwerkzeugen abgeschraubt und ausgewechselt werden, sollte das je notwendig sein.

Darüber hinaus gibt es innerhalb des Betonbehälters wenig Wartung. Leckagen der Auskleidung sind höchst unwahrscheinlich. Überwachung und Ortung von Lecks können jedoch erfolgen, und Reparaturen sind ohne Ablassen des Wassers möglich.

Die Wartungen des nuklearen Dampferzeugersystems ausserhalb des Betonbehälters sind einfach. Für die Zwangsumlauf-Gradrohr-Dampferzeuger sind die für Druckwasserreaktoren entwickelten Verfahren direkt anwendbar. Was die Kühlmittelpumpen angeht, wird angenommen, dass der Wartungsaufwand minimal ist und auf Grundlage der Erfahrungen vorgenommen werden kann, die mit ähnlichen Pumpen der ABB-Atom-Siedewasserreaktoren gewonnen wurden.

### Abschliessende Bemerkungen

Das Problem für die Kernenergie besteht in der negativen Vorstellung der

Öffentlichkeit über ihre Sicherheit, mit der Folge, dass die Technik übermässig kompliziert und/oder politisch als nicht mehr vertretbar angesehen wird. Wir in der kerntechnischen Industrie wissen, dass diese Vorstellung ungerichtet ist und dass wir fähig sind, in Zukunft Unfälle zu vermeiden. Indes, «Three Mile Island» und «Tschernobyl» sind Tatsachen.

Soll unsere Reaktortechnologie geändert werden, um der Besorgnis der Öffentlichkeit Rechnung zu tragen, und wenn ja, wie?

Diese Frage wird in verschiedenen Ländern unterschiedlich beantwortet. In Frankreich, zum Beispiel, ist die Antwort darauf heute sicherlich ein Nein, während es in Italien ein Ja ist. Eine Antwort wie die von Italien scheint auch ein Gebot für das Wiederaufleben der nuklearen Option in den USA zu sein.

Die Haltung von ABB ist, dass wir in Zukunft eine Reaktortechnik anwenden sollten, die weltweit sicherstellt, dass es nirgendwo einen ernsthaften Reaktorunfall gibt – dies wegen der internationalen Auswirkungen, die solche Unfälle haben würden. Wir meinen, dass wir mit PIUS diesem Ziel zumindest sehr nahe sind. Zusammenfassend kann der gegenwärtige Stand von PIUS wie folgt beschrieben werden:

– Es bestehen keine Probleme hinsichtlich der technischen Machbarkeit,

die einer Verwirklichung von PIUS als praktikables Leistungsreaktor-Konzept im Wege stehen würden.

- Die Stromerzeugungskosten mittels eines PIUS-Reaktors im Leistungsbe- reich von 600 bis 700 MWe und dar- unter werden nach den Schätzungen niedriger sein als solche in herkömm- lichen Leichtwasserreaktoren, weil Vereinfachungen der Anlagen mög- lich sind.
- Analytische Arbeiten, unterstützt durch Überprüfungen in Grossepe- rimenten, unterstreichen die Be- hauptung, dass im Hinblick auf das Risiko von schweren Unfällen mit bedeutenden Belastungen der Um- welt, PIUS ein «narrensicherer» Reaktor ist.
- Ernsthafte Probleme hinsichtlich Be- trieb und Wartung sind nicht zutage getreten.

Die Zeit ist jetzt reif für die Entschwei- dung zum Bau einer Demonstrations- anlage, die zu Ende der 90er Jahre ihren Betrieb aufnehmen könnte.

Adresse des Verfassers: Kåre Hannerz, ABB Atom AB, Reactor Division, SECURE Pro- ject, S-721 63 Västerås, Schweden.

## Ideelle Wärmeleitfähigkeit

Wirkung von Dämmplatten bei hinterlüfteten Fassaden

**Hinterlüftete Fassadensysteme gelten landläufig als bauphysikalisch sicherste und konsquenteste Aussenwandkonstruktionen. Die bauliche Trennung der Funktionen «Dichten-Dämmen-Tragen» reduziert das Schadenrisiko gegenüber einschaligen, mehrschichtigen Fassadenkonstruktionen ganz erheblich.**

Die höheren Investitionskosten für die hinterlüftete Aussenwand werden dank statistisch belegter längerer Lebens-

VON HEINZ BANGERTER,  
KLOTEN

dauer und geringerer Jahreskosten für Reparaturen und Fassadenunterhalt mehr als kompensiert.

Die qualitativen Zusammenhänge und Funktionen einer hinterlüfteten Fassa- de können nach Abbildung 1 darge- stellt werden. Jedem Element der Ge- samtkonstruktion kommt demnach eine definierte, «primäre» Hauptfunk- tion zu. Hierbei erbringt die eingebaute

Wärmedämmschicht selbstverständlich und definitionsgemäss die Hauptlei- stung an die Wärmeschutzfunktion der Fassade. Die Dämmschicht wird dabei in ihrer Wirkung mehr oder weniger unterstützt durch den spezifischen Wärmedurchlasswiderstand der Innens- chale, durch das konstruktionsbeding- te Verhalten der Belüftungsebene und indirekt sogar durch die Art und konstruktive Ausbildung der Aussenschale (vgl. Bild 1).

Beim wärmetechnischen Vergleich ver- schiedener hinterlüfteter Fassadensy- steme ist somit von Interesse, wieweit sich die «passiven Sekundärfunktionen» einer Innenschale, einer Belüf-

tungsebene oder der dem Wetterschutz dienenden Aussenschale auf den Wär- medurchlasswiderstand der eigentli- chen Dämmschicht, bzw. auf deren rechnerischen  $\lambda$ -Wert, auswirken. Weil diese Einflüsse ihrerseits weitgehend von der Art des verwendeten Dämm- stoffes vorbestimmt sind, ist es zweck- mässig und gerechtfertigt, den Begriff einer systembedingten «ideellen Wär- meleitfähigkeit»  $\lambda_{id}$  des verwendeten Dämmstoffes einzuführen.

Der nach Norm SIA 279 zu verwenden- de  $\lambda$ -Rechenwert ( $\lambda_r$ ) je nach Dämm- stoff-Art wird mit den entsprechenden Koeffizienten zur Ermittlung der ideellen Wärmeleitfähigkeit eingesetzt (vgl. Kästchen). Auf eine mathematische Herleitung der genannten Koeffizien- ten wird an dieser Stelle verzichtet; die fraglichen Zusammenhänge sind in einem vertiefenden Sonderdruck zum vorliegenden Thema ausführlich be- schrieben und mit Literaturhinweisen versehen; die Publikation kann direkt über die Anschrift des Autors angefor- dert werden.



$\lambda_{id} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \lambda_r$

$\alpha_1$ : Koeffizient, welcher die Stärke des Belüftungsquerschnittes [t] und damit den Einfluss der Luftgeschwindigkeit auf den k-Wert der Fassaden erfasst

$\alpha_2$ : Koeffizient, welcher die Reduktion des Wärmedurchlasswiderstandes von Innenschale und Dämmschicht infolge Wärmebrückenwirkung – resultierend aus mechanischer Befestigung von Vorsatzschale und Dämmstoffschicht – berücksichtigt

$\alpha_3$ : Koeffizient, welcher die Verdunstungswärme berücksichtigt, welche zur Austrocknung von Schlagregenfeuchte in saugfähigen Dämmplatten – speziell im Bereich offener Fugen einer Natursteinverkleidung – benötigt wird

$\alpha_4$ : Koeffizient, welcher allfälligen Inhomogenitäten der Materialschichten «Innenschale plus Dämmstoffschicht» – speziell im Falle von durchgehenden Latten-/Trägerrosten zur Montage der Aussenschale – Rechnung trägt

$\alpha_5$ : Koeffizient, welcher das Mass der Auskühlung luftdurchlässiger Dämmschichten infolge «Kaminwirkung» im angrenzenden Belüftungsquerschnitt erfasst.

$\lambda_r$  Rechenwert (Norm SIA 279)

Massnahme/Einfluss	Result. Verhältnis $\lambda_{id}/\lambda_r$ [%]	Relative Einsparung durch «Halbierung» des Einflusses $\alpha_{...}$
Keine Veränderung gegenüber BspA	152,73%	0%
nur halber Luftschlitz → $\alpha_1$	150,72%	6,6%
nur halbe Wärmebrücke → $\alpha_2$	144,35%	27,4%
nur halbe Benetzung → $\alpha_3$	137,98%	48,2%
nur halber Trägerrost → $\alpha_4$	147,72%	16,3%
nur halber Luftwechsel → $\alpha_5$	152,27%	~1,5%
alle Einflüsse halbiert $\alpha_1... \alpha_5$	124,12%	100%

Tabelle 1. Relative Empfindlichkeit der Einflüsse  $\alpha_1... \alpha_5$  auf die ideale Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{id}$

Funktionen Elemente	Tragfunktion	Dämmfunktion	Selbstschutzfunktion	Wetterschutzfunktion
Innenschale	×	○	○	
Wärmedämmschicht		×	○	
Belüftungsebene		○	×	
Aussenschale		○	○	×

Bild 1: Primär- und Sekundärfunktionen der Elemente einer hinterlüfteten Fassadenkonstruktion

× primäre, «aktive» Funktion  
○ sekundäre, «passive» Funktion

Je nach den sich im Einzelfall ergebenden Koeffizienten kann die ideale Wärmeleitfähigkeit des verwendeten Dämmstoffes bis zu etwa 50% über dem normierten Rechenwert liegen.

**Rechenbeispiele**

Zwei Rechenbeispiele (A und B) dienen zur Verdeutlichung:

*Beispiel A:*

- Innenschale = 18 cm Beton
- Wärmedämmschicht = 2 × 5 cm Mineralfaserdämmstoff zwischen Holz-Lattenrost, punktweise mechanisch befestigt
- offenfugige Vorsatzschale, bei 5 cm Belüftungshohlraum

Die Berechnung ergibt einen ideellen Rechenwert für den Dämmstoff von  $\lambda_{id} = 1,52 \lambda_r$ . Demgegenüber zeigt sich eine «Referenz- oder Idealkonstruktion» wie folgt.

*Beispiel B:*

- Innenschale = 18 cm Beton
- Wärmedämmschicht = 10 cm, mineralisch geklebt ohne Wasseraufnahme

- offenfugige Vorsatzschale, punktweise gehalten, bei 2,5 cm Belüftungsschlitz

Dabei wäre ein ideeller  $\lambda$ -Wert des Dämmstoffes von ungefähr  $1,0 \times \lambda$  zu veranschlagen.

Von besonderem Interesse sind bei diesem Extremvergleich nicht so sehr die unterschiedlichen Resultate an sich, als vielmehr deren Zustandekommen.

Interessante Aufschlüsse hinsichtlich des Einflusses einzelner Einwirkungen (Koeffizienten  $\alpha_1... \alpha_5$ ) auf das Gesamtergebnis werden dann gefunden, wenn sie differentiell – beispielsweise je um 50% – verändert werden.

Werden alle Einflüsse ( $\alpha_1... \alpha_5$ ), welche nach vorstehendem Beispiel im Resultat den Wert  $\alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times \lambda_r = 1,52 \times \lambda_r$  ergeben, gleichzeitig in «günstiger Richtung» auf die Hälfte reduziert, so resultiert noch ein Wert von  $\lambda_{id}$  ungefähr  $1,24 \times \lambda_r$ .

Wird jedoch stets nur ein bestimmter Einfluss halbiert, das heisst

- nur  $\alpha_1$  entsprechend nur halber Luftschlitzbreite
- nur  $\alpha_2$  entsprechend nur halber Wärmebrücke
- nur  $\alpha_3$  entsprechend nur halber Benetzung

- nur  $\alpha_4$  entsprechend nur halber Trägerrost-Verluste
- nur  $\alpha_5$  entsprechend nur halber Auskühlung Dämmschicht,

so wird gemäss Tabelle die Bedeutung der einzelnen Einflussgrössen klar ersichtlich.

**Ergebnisse**

Nach den detaillierten Untersuchungen können, in Anlehnung an die Ergebnisse (Tabelle 1) für hinterlüftete Fassadensysteme, die folgenden, allgemein gültigen Schlüsse gezogen werden:

- Der Einfluss einer allfälligen, auch nur vorübergehenden Nässung von feuchtigkeitsempfindlichen Dämmstoffplatten auf den k-Wert der Wandkonstruktion ( $\alpha_3$ ) ist von massgebender Bedeutung; Schlagregenzutritt durch offene Fugen von Verkleidungselementen ist bei saugfähigen Dämmschichten unbedingt zu vermeiden.
- Wärmedämmbrücken von Trägerrosten, welche nach Norm SIA 180 zu ermitteln sind ( $\alpha_4$ ), sowie solche, die sich aus der (mechanischen) Befestigung der Dämmplatte auf der tragen-



den Innenschale ergeben ( $\alpha_2$ ), haben zusammen annähernd denselben Stellenwert wie die Schlagregenempfindlichkeit.

- Von völlig untergeordneter Bedeutung auf das Ergebnis ist dagegen, was den Betrachter vielleicht zu überraschen vermag, der Einfluss des

Belüftungsquerschnittes - und zwar sowohl was den Dämmeffekt je nach Belüftungsgeschwindigkeit anbetrifft ( $\alpha_1$ ) als auch was die damit einhergehende, theoretisch unterschiedliche Auskühlung luftdurchlässiger Dämmstoffe anbelangt. Argumente, welche vermutete Vor- oder Nachtei-

le einzelner Dämmstoffarten unter diesem Gesichtspunkt zu begründen vermöchten, sind hier keine auszumachen.

Adresse des Verfassers: *H. Bangerter*, Ing SIA, c/o Weder + Bangerter AG Zürich, Kloten, Wädenswil; Schaffhauserstr. 126, 8302 Kloten.

## Der Ausbau der ETH-Hönggerberg in Zürich

Missbehagen um die Ergebnisse eines Ideenwettbewerbs

**Der Ideenwettbewerb für einen Richtplan und für den Ausbau der ETH-Hönggerberg hat grundsätzliche Probleme aufgezeigt. Es ist vor allem die Frage nach dem strukturellen Konzept, deren Beantwortung so oder so weitreichende städtebauliche und architektonische Konsequenzen nach sich zieht: geschlossene Lösungen, «die eine gegen den Grünraum klar abgegrenzte Struktur» aufweisen, oder weiträumige, parkartige Ordnungen, die der Verbindung mit der freien Landschaft Priorität einräumen. Der Beitrag setzt sich auf dem Hintergrund des Juryentscheidens, der offensichtlich den Argumenten für die erste der beiden Möglichkeiten zugetan ist, kritisch auseinander. B.O.**

Im März dieses Jahres hat ein von *Niki Piazzoli*, Direktor des Amtes für Bundesbauten, präsiertes Preisgericht über die Entwürfe in einem Ideenwettbewerb über den Richtplan und den Ausbau der ETH-Hönggerberg entschieden. Im Auftrag des Eidgenössischen Departementes des Innern (EDI) hatte das Amt für Bundesbauten (AfB) den Wettbewerb im vergangenen Jahr ausgeschrieben. Bis zum 16. Dezember

*A.H. Steiner*, der Verfasser des ausgeführten Projektes - seit langem erhofft, jene, die Klage darüber führten, dass für die Realisierung einer Gesamtanlage seit 1970 mit absonderlicher Einzelbehandlung und mit Einzelgutachten der falsche Weg eingeschlagen worden war.

### Einklang zwischen den Bedürfnissen von Stadt und Hochschule

Im Jahr 1957 ist vor mehr als drei Jahrzehnten die Planung der ETH-Hönggerberg aufgenommen worden. Damals

waren die Verantwortlichen zur Auffassung gelangt, dass mit dem Bau der neuen Anlage einerseits die Forderung der Hochschule und andererseits die Erwartungen der städtischen Bevölkerung, den Hönggerberg als einen erschlossenen Grünraum erleben zu können, in Einklang miteinander zu bringen seien. Das ist geschehen.

Ohne Zweifel begünstige die landschaftliche Eigenart des Hönggerbergs eine Bauanlage, die als Richtmass für die Überbauung eine parkartige Ordnung geradezu herausforderte. Von den insgesamt 106 Hektaren unerschlossenen Landes wurde für die ETH eine Grundstückgröße von rund 46 Hektaren errechnet. Angesichts des Umstandes, dass die Entwicklung einer Technischen Hochschule schwer voraussehbar ist, wurde schon damals diese Grundstückgröße als ein absolutes Minimum betrachtet. Nachdem früher bereits Verhandlungen über eine mögliche Erweiterung von zusätzlich rund elf Hektaren gescheitert waren, ist auch im Wettbewerb die Beachtung des bisherigen Flächenumfangs zur Bedingung gesetzt worden.

### Parkartige Ordnung der bisherigen Anlage

Für die parkartige Ordnung der Bauanlage war damals wegleitend zum einen

VON MARTIN SCHLAPPNER,  
ZÜRICH

1988 wurden 37 Projekte eingereicht. Etwas mehr als ein Drittel der neunzig Architekturbüros, welche die Unterlagen angefordert hatten, haben ein Projekt eingereicht. Das ist, zieht man die Bedeutung der Aufgabe in Betracht, eine erstaunlich geringe Beteiligung.

Die Ausschreibung des Wettbewerbs ist grundsätzlich begrüsst worden. Konnte sie doch auch als das langerwartete Signal dafür verstanden werden, dass es nun mit der seit der Fertigstellung der ersten Etappe der ETH-Hönggerberg bei Planung und Ausbau eingetretenen Führungslosigkeit zu Ende gehen werde. Was der Wettbewerb hätte erbringen sollen, die Grundlage nämlich für ein befriedigendes Gesamtergebnis des weiteren Ausbaus, hatten alle jene - und unter ihnen an erster Stelle Prof.



Blick aus einem Gartenhof auf die Unterrichtsbauten v.l. Praktikumbäude mit Antennenanlage, Zentralgebäude, Studentenrestaurant, kleines und grosses Hörsaalgebäude