



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Vom Glaserverfahren zur simulationsbasierten Risikobeurteilung von Dächern

Stand und Entwicklungstendenzen der bauphysikalischen Beurteilungsmethoden

Ao.Univ.Prof. DI Dr. Thomas Bednar
Institut für Hochbau und Technologie
Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz



Für die Dauerhaftigkeit von Konstruktionen
sind folgende Aspekte besonders wesentlich:

Außenklima

Innenklima

Planung der hygrothermischen Toleranz

Ausführungsqualität

Baustoff

Die aktuelle Norm (ÖNORM B 8110-2) schlägt vor:

- 1) Verwendung erprobter Konstruktionen
- 2) Nachweis nach dem vereinfachten Verfahren (EN13788)

Darüber hinaus:

- 3) Simulation nach EN 15026
- 4) Dreidimensionale Simulation mit Luftströmungen

Erprobte Konstruktionen:

Anforderungen an Gebäude verändern sich:

- Lebensgewohnheiten ändern sich
- Umgebungsärm
- Energieeffiziente Haushalts- und Bürogeräte
- Minimierung der Anlagenverluste
- Neue Baustoffe

- Gesamtenergieeffizienz soll gesteigert werden

Anforderungen an Gebäude verändern sich:

Lebensgewohnheiten ändern sich

Raumtemperatur, Geräteausstattung, Architektur

Fokus Umgebungslärm

Fenster bleiben zu,
Bewertung Schallschutz bei tiefe Frequenzen

Energieeffiziente Haushalts- und Bürogeräte

Innere Lasten pro Geräte werden kleiner/größer

Neue Baustoffe

Feuchteadaptive Dampfbremsen

Weißer Abdichtungen

Gesamtenergieeffizienz soll gesteigert werden

Integration von Bereitstellungssystemen

-> Verschattung, Luftdichtheit, etc...

Erhöhte Wärmedämmung

Winter

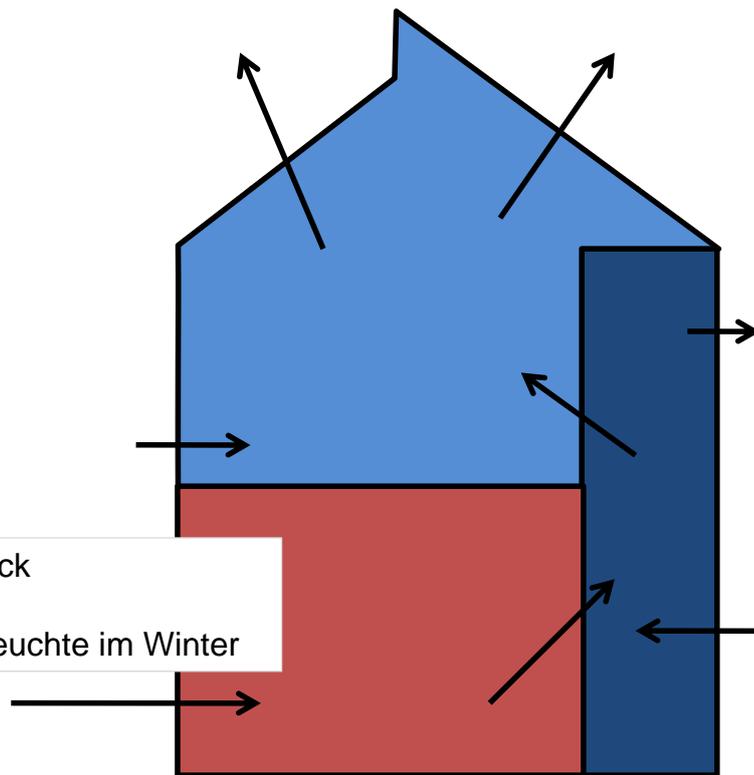
Altbau

Geringe Luftdichtheit

Teilbeheizt

Geringer Auftriebsdruck

Geringe relative Luftfeuchte im Winter

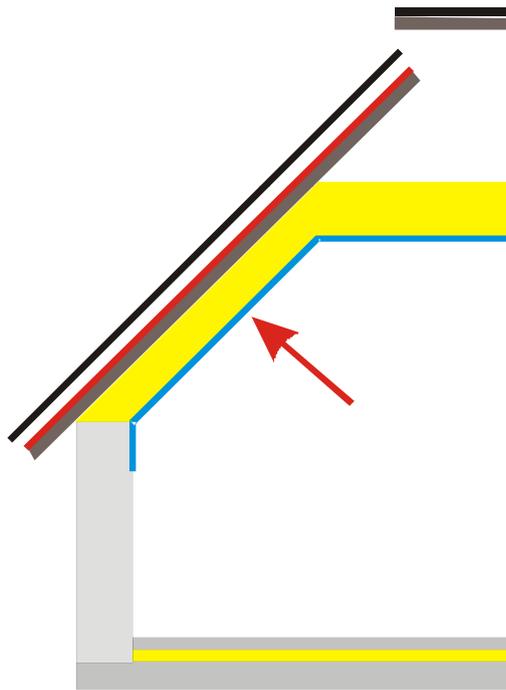


Anforderung an die Luftdichtheit in OIB-RL 6 geregelt:

Anforderung an die Winddichtheit in OIB-RL 6 geregelt:

7.2 Luft- und Winddichte

- 7.2.1 Die Gebäudehülle beim Neubau muss dauerhaft luft- und winddicht ausgeführt sein. Die Luftwechselrate n_{50} – gemessen bei 50 Pascal Druckdifferenz zwischen innen und außen, gemittelt über Unter- und Überdruck und bei geschlossenen Ab- und Zuluftöffnungen – darf den Wert 3 pro Stunde nicht überschreiten. Wird eine mechanisch betriebene Lüftungsanlage mit oder ohne Wärmerückgewinnung eingebaut, darf die Luftwechselrate n_{50} den Wert 1,5 pro Stunde nicht überschreiten. Bei Einfamilien-, Doppel- bzw. Reihenhäusern ist dieser Wert für jedes Haus, bei Mehrfamilienhäusern für jede Wohneinheit einzuhalten. Ein Mitteln der einzelnen Wohnungen ist nicht zulässig. Bei Nicht-Wohngebäuden der Gebäudekategorien 1 bis 11 gemäß Punkt 2.2.2 bezieht sich die Anforderung auf die gesamte Gebäudehülle.
- 7.2.2 Bei Anwendung eines Prüfverfahrens ist die Luftwechselrate n_{50} gemäß ÖNORM EN 13829 zu ermitteln.



Ausreichende Luftdichtheit der Gebäudehülle muss laut Bauordnung gewährleistet werden.

Anforderung:

$$n_{50} < 3 \text{ 1/h}$$

$$n_{50} < 1.5 \text{ 1/h bei mech. Lüftungsanlagen}$$

$$(n_{50} < 0.6 \text{ 1/h Passivhäuser})$$

Nachweis: Blower Door Test
EN 13829

Winter

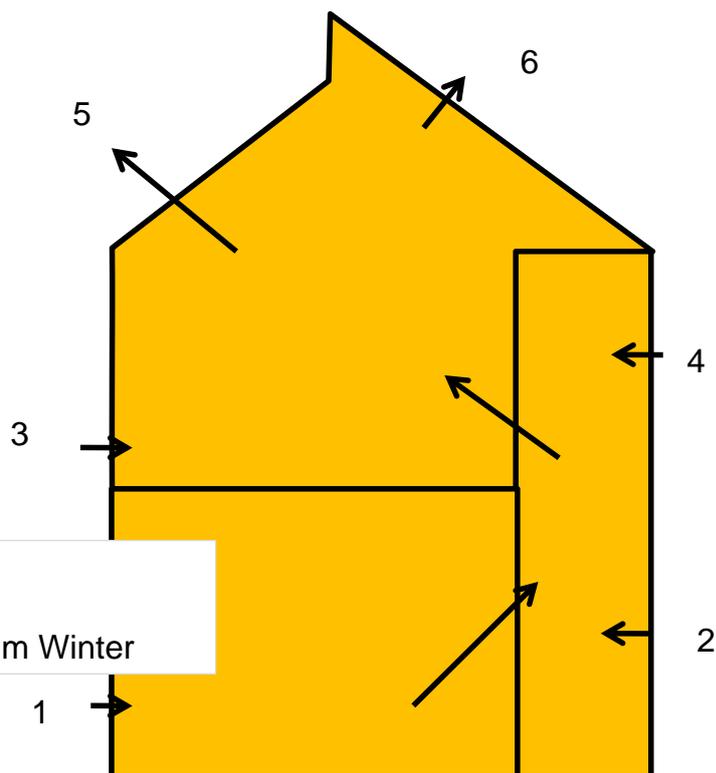
Neubau

Verbesserte Luftdichtheit

Vollbeheizt

Hoher Auftriebsdruck

Hohe relative Luftfeuchte im Winter



Anforderung an die Dauerhaftigkeit in OIB-RL 3 geregelt:

6.4 Vermeidung von Schäden durch Wasserdampfkondensation

Raumbegrenzende Bauteile von Bauwerken mit Aufenthaltsräumen sowie von sonstigen Bauwerken, deren Verwendungszweck dies erfordert, müssen so aufgebaut sein, dass weder in den Bauteilen noch an deren Oberflächen bei üblicher Nutzung Schäden durch Wasserdampfkondensation entstehen. Bei Außenbauteilen mit geringer Speicherefähigkeit (wie Fenster- und Türelemente) ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass angrenzende Bauteile nicht durchfeuchtet werden.

EN13788 Juli 2001 (Glaserverfahren)

**VORSCHLAG
ÖNORM
B 8110-2**
Ausgabe: 2002-05-09

Ersatz für 1205-12

ICS 91.120.99

**Wärmeschutz im Hochbau –
Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz**

Thermal insulation in building construction – Water vapour condensation
Protection thermique dans la construction immobilière – Condensation de la vapeur d'eau

Folgende Änderungen sind nicht durchzuführen:
–

Hinweis: Aufgrund von Streitigkeiten kann die angelegte Fassung der ÖNORM von verschiedenen Entwurfsteilnehmern (STELLUNGNAHMEN (SCHRIFTLICH) BIS ... AN DAS ÖN) Folgendes ÖNORM B 8110-2 (Seite 2 bis

Fachkommissionen 016
Eidgenössische Anstalt für
Gewässer und Bäume
Prüfungsgruppe

Verantwortlich und Herausgeber: Österreichische Normungsinstitute, 1020 Wien
 Copyright © 2001, alle Rechte vorbehalten.
 Nachdruck, Vervielfältigung, Verbreitung, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Genehmigung der ON.
 Dieses Dokument ist ein Dokument der ON. Informationen zu den ON-Produkten sind unter www.on.at zu finden.
 Tel.: +43 1 213 2442, Fax: +43 1 213 2443, E-Mail: service@on.at, info@on.at

**EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE**

ICS 91.120.10; 91.120.30

EN ISO 13788
Juli 2001

Deutsche Fassung

Wärme- und feuchtechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen
**Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer
Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren**
Berechnungsverfahren
(ISO 13788:2001)

Hygrothermical performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods
(ISO 13788:2001)

Performance hygrothermique des composants et parties de bâtiments – Température superficielle intérieure pour éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse – Méthodes de calcul (ISO 13788:2001)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2000-10-18 angenommen.
 Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäische Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.
 Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.
 CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

**EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION**

Management-Zentrum: rue de Solvay, 18 • B-1200 Brüssel

© 2001 CEN – Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist eine Kopie der Originalfassung und wird nicht für den Verkauf oder die Verbreitung an Dritte überlassen.
 Ref.-Nr. EN ISO 13788:2001 (D)

„Trockene“ Baustoffe

Wärmeleitfähigkeit & Diffusionswiderstandszahl konstant

Absolut Luft- & Winddichte Konstruktion

Kein Niederschlag, Bodenfeuchte,...

Keine Latentwärmeeffekte

Keine Sonneneinstrahlung & langwelliger Strahlungsaustausch

Stationäre Berechnung

Wärmespeicherung & Feuchtespeicherung vernachlässigt

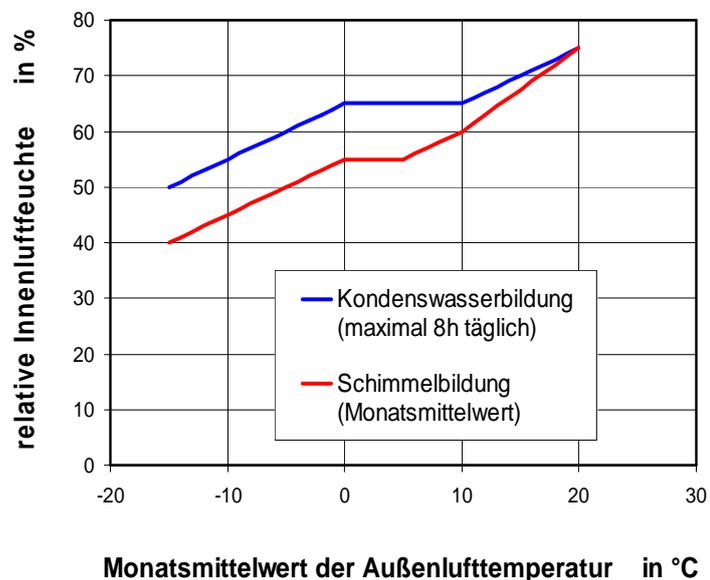
Innenklima - Annahme muss auf der sicheren Seite erfolgen

Ist bei der Planung aus der Raumwidmung zur ermitteln

Für Wohnungen und Räume mit vergleichbarer Nutzung

Innenlufttemperatur 20°C

relative Luftfeuchte



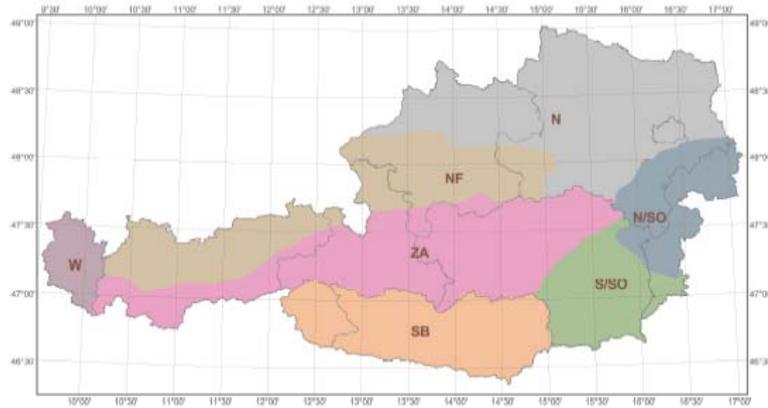
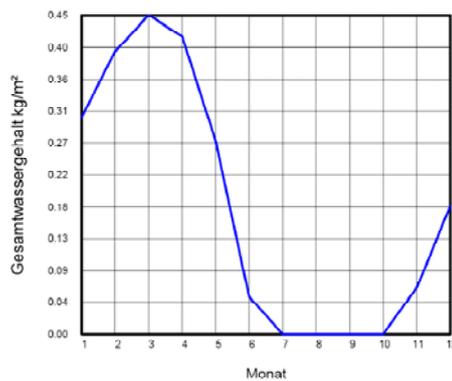


Bild 1 – Die sieben Temperaturregionen Österreichs
(Datenquelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Klimaabteilung)

Für jede Klimazone seehöhenabhängige Monatsmittelwerte

	t_e °C	u g/m ²	Dampfdruckverlauf („Glaserdiagramm“)
Nov.	2,4	65	
Dez.	-2,4	180	
Jän.	-3,8	303	
Feb.	-0,8	396	
März	3,7	446	
April	8,5	417	
Mai	13,2	270	
Jun	16,5	52	
Jul	18,3	0	
Aug	17,6	0	



Beurteilung:
 Maximale Menge
 Erhöhung Holzfeuchte
 Einfluss auf Wärmeverlust

Monatsweise Berechnung
 Ermittlung der Kondensatmengen an den Schichtgrenzen

„Trockene“ Baustoffe
Wärmeleitfähigkeit & Diffusion

Absolut Luft & Winddichte

Kein Niederschlag, Bodenfeuchte
Keine Latentwärmeeffekte
Keine Sonneneinstrahlung &

Stationäre Berechnung
Wärmespeicherung & Feuchte

Feuchteadaptive Dampfbremse
Anfangsfeuchte

Fehlstellen immer vorhanden

Solarstrahlung – Dachfarbe
Abstrahlung zum kalten Himmel – Kondensation

Dämmstoffe mit hoher Feuchtesorption

Nachweis der Funktionsfähigkeit für bestimmte Nutzungen

Mit Solarstrahlung, Infrarotstrahlung, Verschattung

Mit Durchströmung

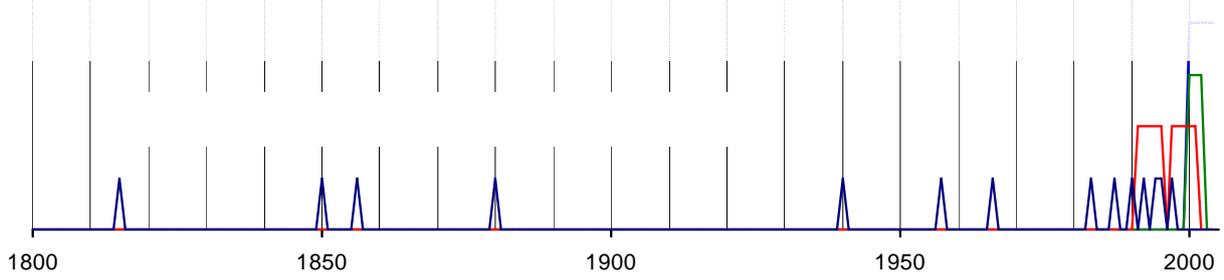
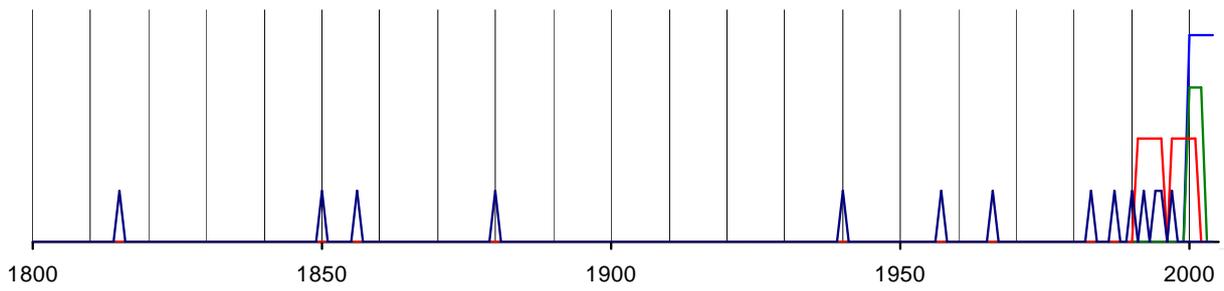
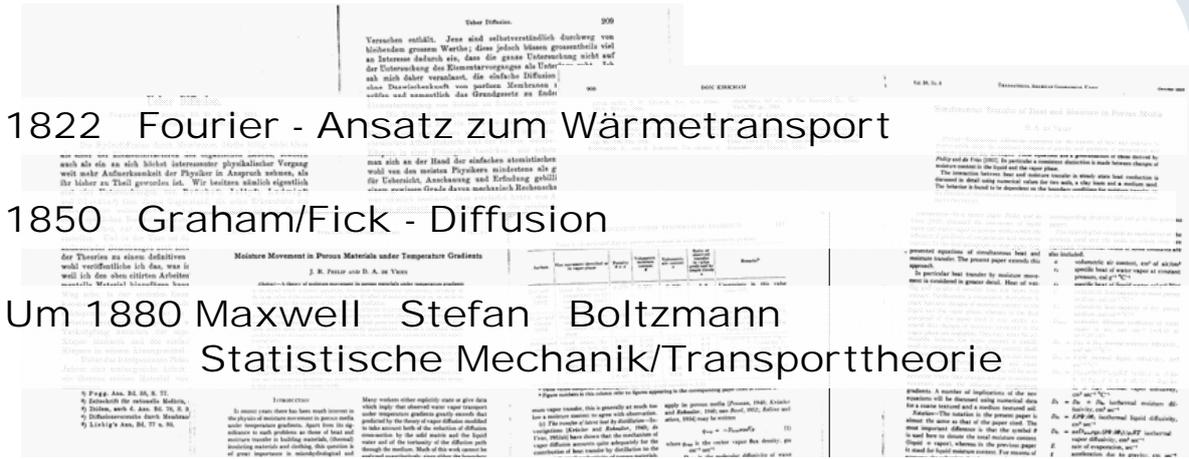


Mit Anfangsfeuchtegehalt



Überarbeitung ISO 13788 bzw. in Folge ÖNORM B 8110-2

Simulation des hygrothermischen Verhaltens mit Durchströmung



~ 1985 Kiessl, Häupl, Stopp – Mehrschichtige Baukonstruktionen

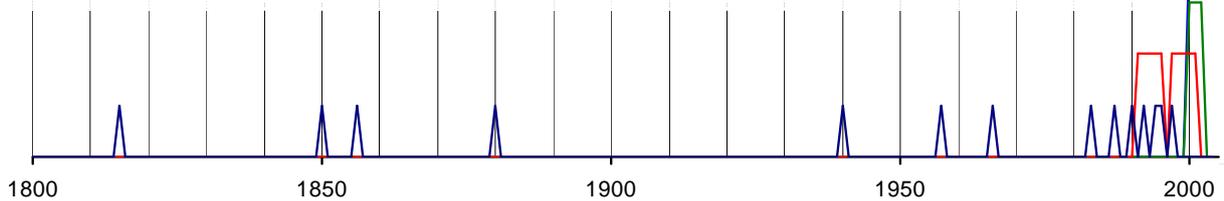
1990 Rode – Simulationsprogramm MATCH

1994 Künzel – Simulationsprogramm WUFI

1996 Grunewald – Simulationsprogramm DIM bzw. DELPHIN

2007 TU Wien HAM3D

Validierung HAM3D für Simulation von Dächern
Abbildung der Strömung in Konstruktionen



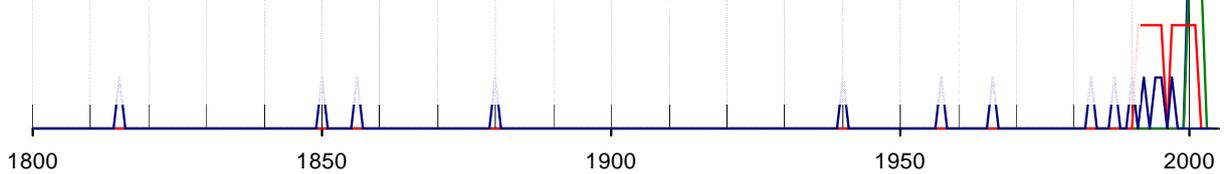
1991-1995 IEA Annex 24 „Heat, Air and Moisture transport through Insulated Envelopes“

1997-2001 WTA-Arbeitsgruppe „Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse“

2000-2002 EU-Projekt „Heat, Air Moisture Standards Development“

2000-2007 CEN TC89 WI29.3 Erarbeitung EN 15206 „Hygrothermal performance of building components and building elements – Assessment of moisture transfer by numerical simulation“

2006-2009 IEA Annex 41 „Whole building heat air and moisture response“



Deutsche Fassung
Wärme- und feuchtechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen — Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation

Hygrothermal performance of building components and building elements — Assessment of moisture transfer by numerical simulation

Performance hygrothermique des composants et parties de bâtiments — Evaluation du transfert d'humidité par simulation numérique

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 28. Februar 2007 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in der offiziellen Fassung (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsstellen von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

© 2007 CEN. Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr.: EN 15026:2007 D

Eindimensional

Wärmeleitung/Latentwärmetransport

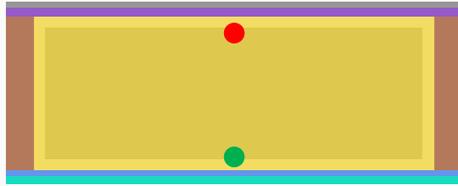
Diffusion
Flüssigkeitsleitung

Solarstrahlung
Strahlungstemperatur Umgebung

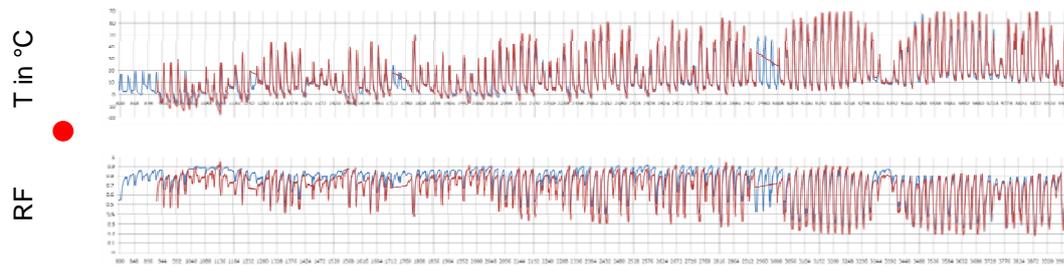
Zwei/Dreidimensional Simulation mit Strömung



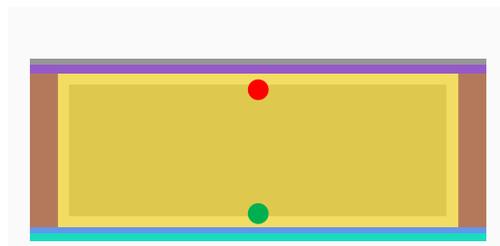
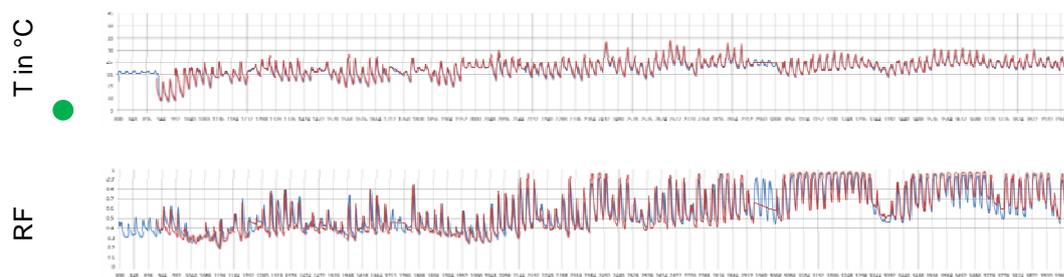
Element A3 unverschattet



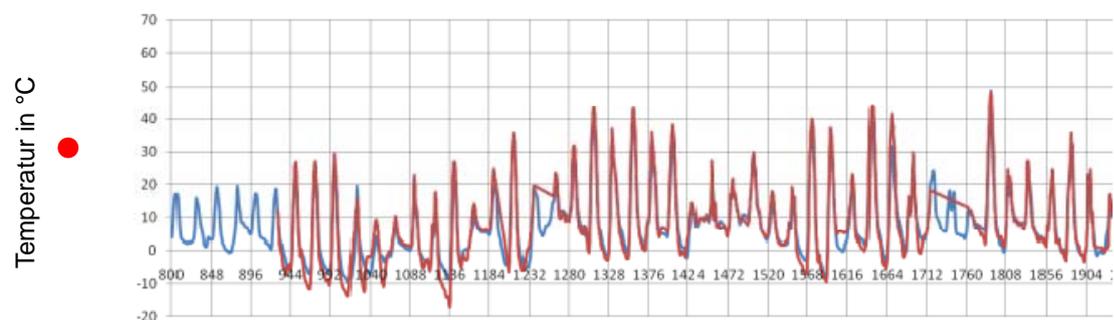
EPDM
 OSB 18mm
 KVH 10/28cm dzw. Steinwolle
 Dampfbremse
 MDF 15mm



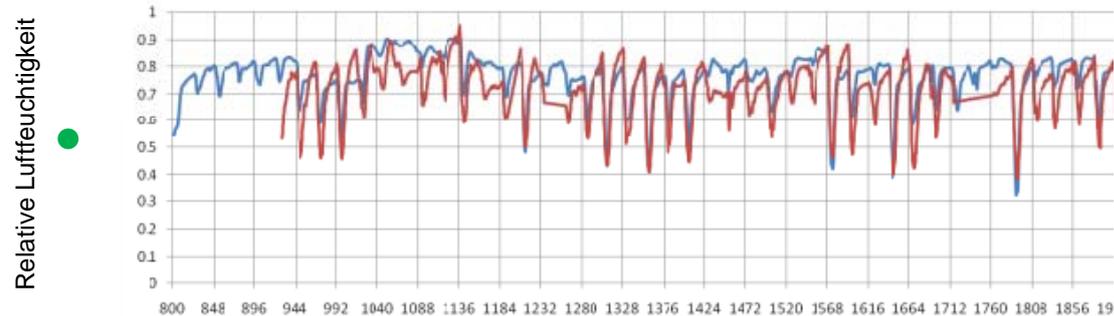
Messung — Simulation — Zeit in h seit 01.01.2008

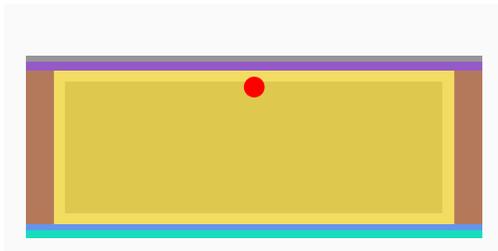


Messung — Simulation —

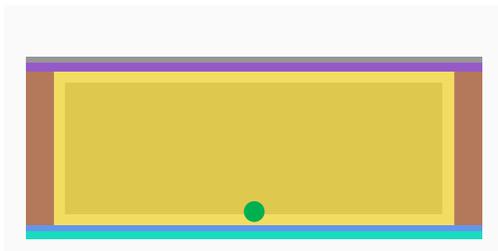
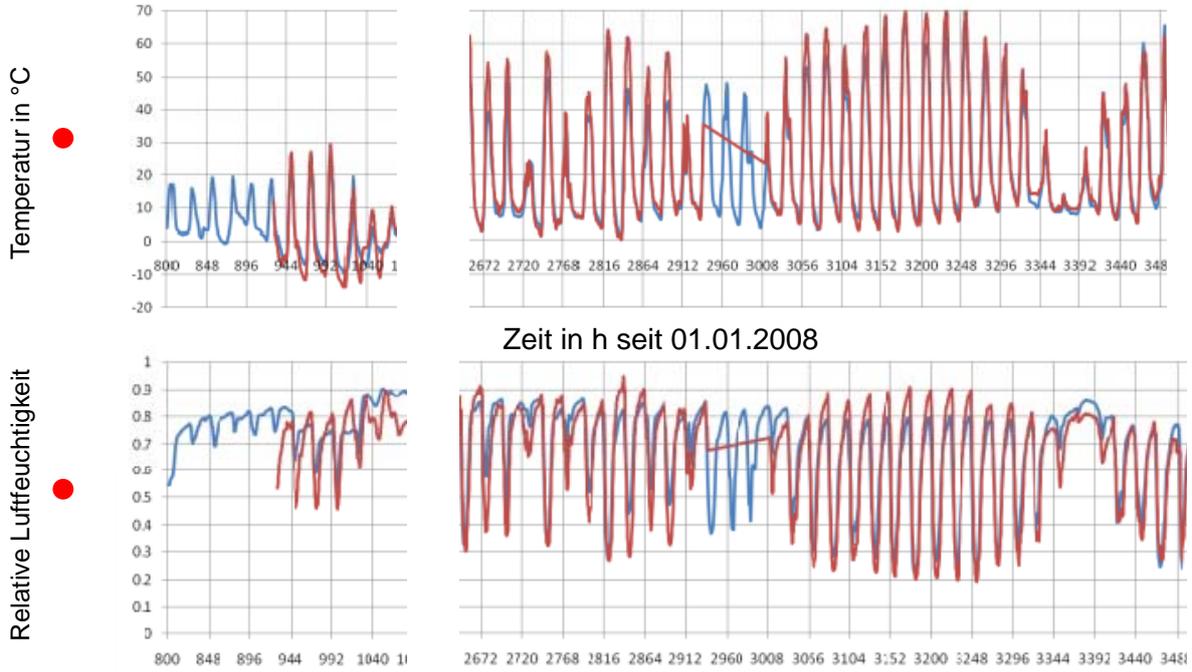


Zeit in h seit 01.01.2008

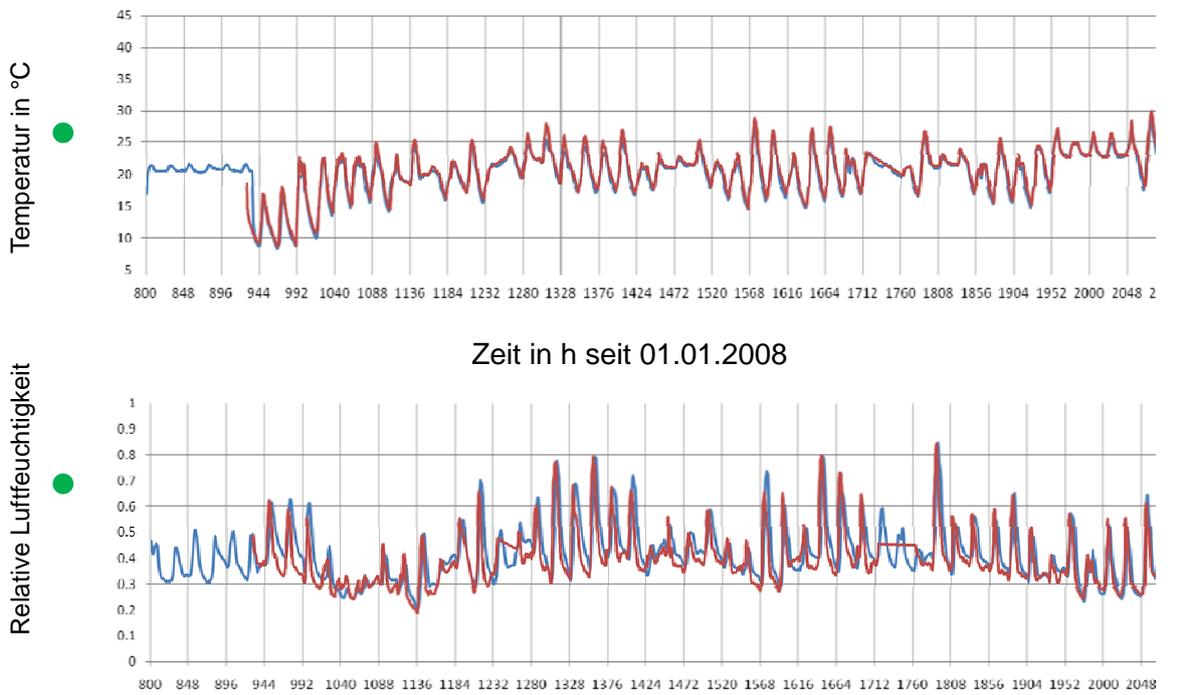


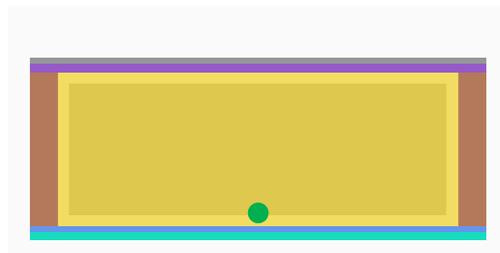


Messung — (red line)
Simulation — (blue line)

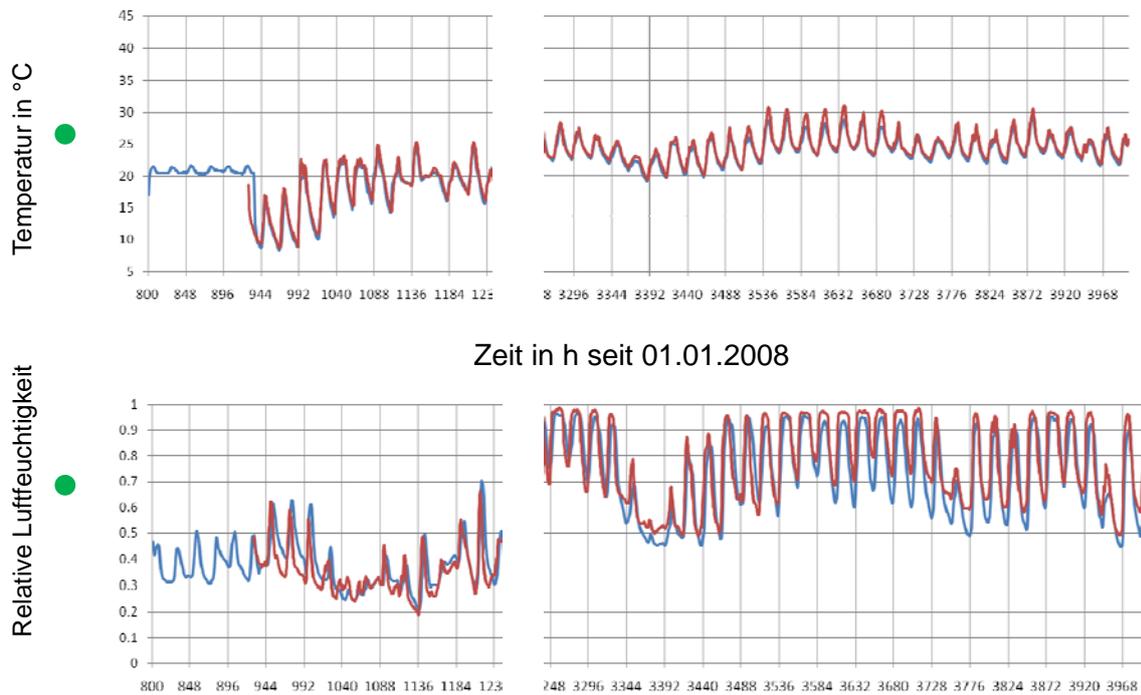


Messung — (red line)
Simulation — (blue line)





Messung — (red line)
Simulation — (blue line)



Validierung ergibt sehr gute Übereinstimmung für Temperatur und relative Luftfeuchteverläufe

Auswertung ?

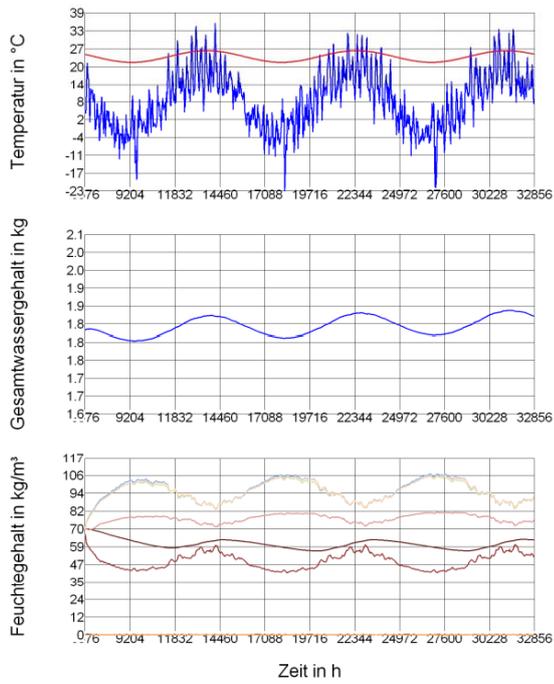
Zeitliche Verlauf Gesamtwassergehalt

Risiko Schimmelpilzbildung in der Konstruktion

S. Thelandersson, et.al Modeling of onset of mould growth for wood exposed to varying climate conditions; IRG/WP 09-20414, The International Research Group on Wood Protection, 40th annual meeting, Beijing, China, 2009

Risiko Verrottung der Holzwerkstoffe

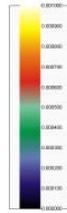
H. Viitanen, et.al Modeling of wooden structures; Energy Efficiency and New Approachs, Bayazit, Manioglou, Oral & Yimalaz, Istanbul echnical University, 2009, ISBN 978-975-561-350-5



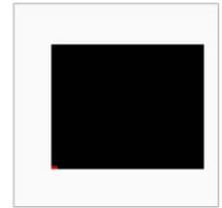
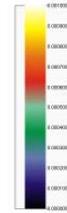
EPDM

PE-Folie (sd=100m)

keine Konvektion

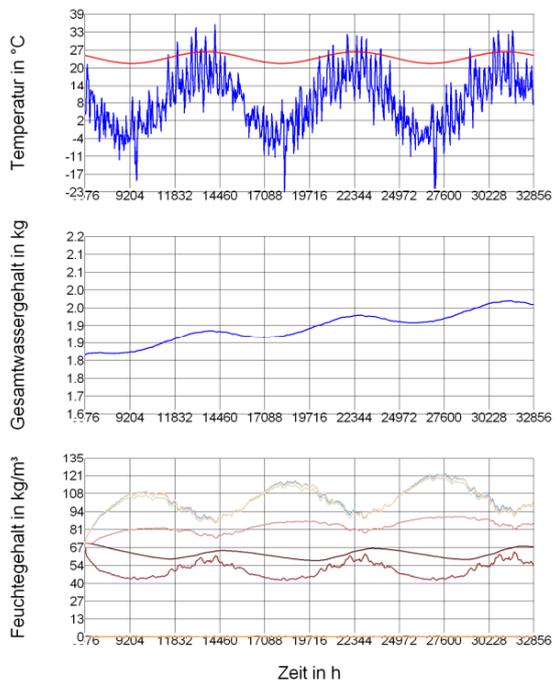


Kumuliertes Risiko
Schimmelpilzbildung



Kumuliertes Risiko
Verrottung

Beispiel für den Einfluss der Durchströmung



EPDM

PE-Folie (sd=100m)

Konvektion 6% vom Referenzwert

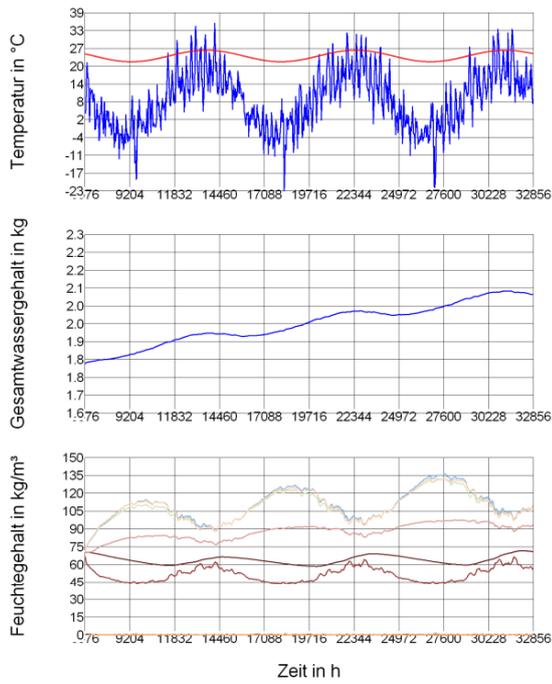


Kumuliertes Risiko
Schimmelpilzbildung



Kumuliertes Risiko
Verrottung

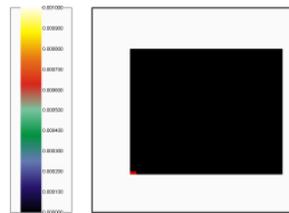
Beispiel für den Einfluss der Durchströmung



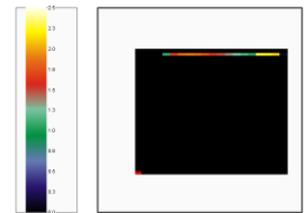
EPDM

PE-Folie (sd=100m)

Konvektion 12% vom Referenzwert

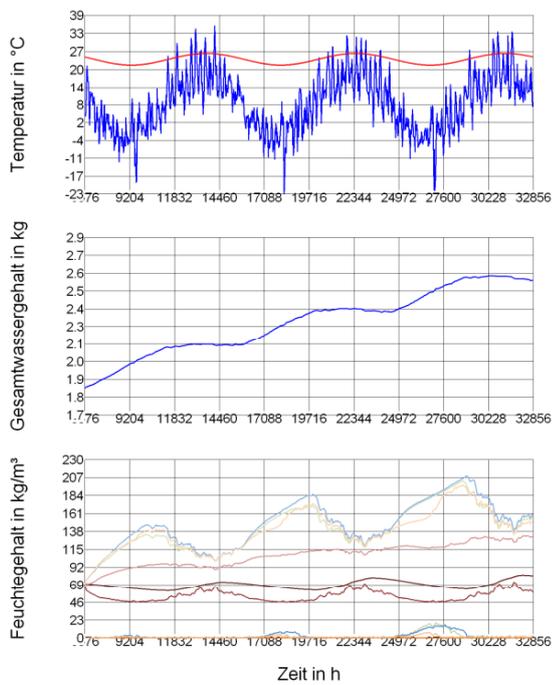


Kumuliertes Risiko
Schimmelpilzbildung



Kumuliertes Risiko
Verrottung

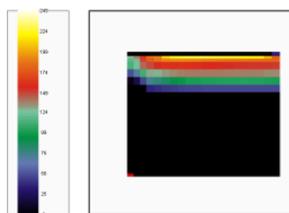
Beispiel für den Einfluss der Durchströmung



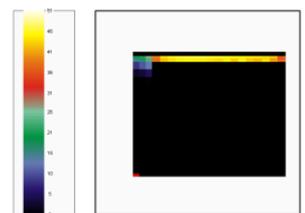
EPDM

PE-Folie (sd=100m)

Konvektion 50% vom Referenzwert



Kumuliertes Risiko
Schimmelpilzbildung



Kumuliertes Risiko
Verrottung

Beispiel für den Einfluss der Durchströmung

Weitere Schritte um nachvollziehbar Nachweise erstellen zu können:

Annahme zur maximalen Luftdichtheit einer Konstruktion:

Nichtwohnbau / Wohnbau
Fertigung in Halle oder Baustelle?

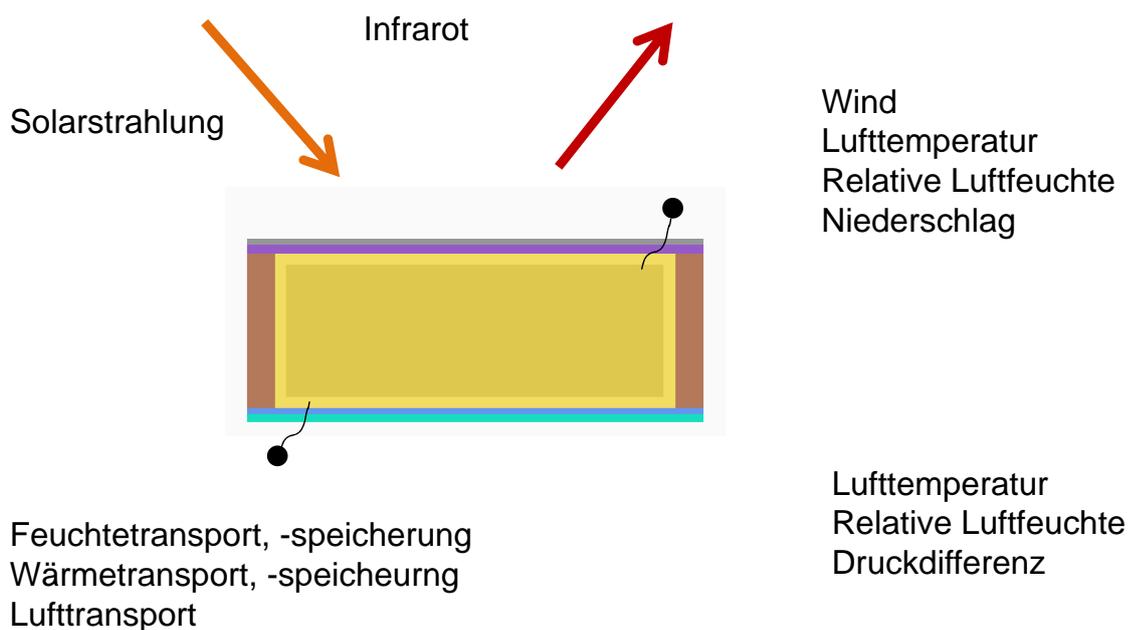
Ermittlung der anzunehmenden Druckdifferenz:

Raumhöhe, Lufttemperatur, Luftdichtheit der Gebäudehülle

Raumluftfeuchte/Raumtemperatur:

Nichtwohnbau / Wohnbau

Was muss alles abgebildet werden?



Zum Weiterlesen:
Endberichte des FFG geförderten Projektes

Teibinger, Nusser, Bednar (2010): Ergebnisse experimenteller Untersuchungen an flachgeneigten, hölzernen Dachkonstruktionen. Endbericht. Holzforschung Austria Wien

Planungshandbuch "Flachgeneigte hölzerne Dachkonstruktionen" Holzforschung Austria Wien (Frühjahr 2010)

Endbericht der Ergebnisse der Simulationen HFA TU Wien (Frühjahr 2010)

Projektpartner: Dachtec, Harrer, Glöckl, Kaufmann Bausysteme, Maier, Roth, Schertler und WieHag