

# Rosenheimer Fensterstudie

## Dichtungsanalyse im Einsatz bei Fenster- und Türsystemen

isp Rosenheim – Ingenieurbüro Prof. Josef Schmid

**Projektname**

Dichtungsanalyse im Einsatz bei Fenster- und Türsystemen

**Projektdurchführung**

isp Rosenheim – Ingenieurbüro Prof. Josef Schmid

Prof. Josef Schmid, Dipl.-Ing.

Michael Stiller, M.Eng. Dipl.-Ing. (FH)

**Durchführung der Prüfungen**

Ingenieurbüro Skora

Timo Skora, Dipl.-Ing. (FH)

**Prüfungen**

Für die Prüfungen stand das Labor für Klimatechnik der Hochschule Rosenheim zur Verfügung.

**Projekthalt**

Bewertung der Dichtwirkung von Überschlafdichtungen von Kunststofffenstern nach Klimabelastung und simulierter Nutzung in Abhängigkeit der Geometrie und der Werkstoffe der Dichtprofile.

**Auftraggeber**

Semperit Gummiwerk Deggendorf GmbH

Stand: März 2012

<b>1. Ausgangssituation</b>	4
1.1 Einführung	4
1.2 Umgebungsklima	4
1.3 Tauwasser- und Schimmelpilzbildung	5
<b>2. Problemstellung</b>	6
<b>3. Versuche</b>	7
3.1 Probekörper	7
3.2 Versuchsaufbau	7
3.3 Versuchsablauf	8
3.4 Ergebnisse	9 – 13
3.5 Erkenntnisse	14
<b>4. Literatur</b>	15

# 1. Ausgangssituation

## 1.1 Einführung

Bedingt durch die gestiegenen Anforderungen an den Wärmeschutz und die Energieeinsparung von Gebäuden wurden auch an die Gebäudehülle hohe Anforderungen gestellt, die in der Energieeinsparverordnung wie folgt formuliert sind:

*„ ... Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend dem Stand der Technik abgedichtet ist ... “*

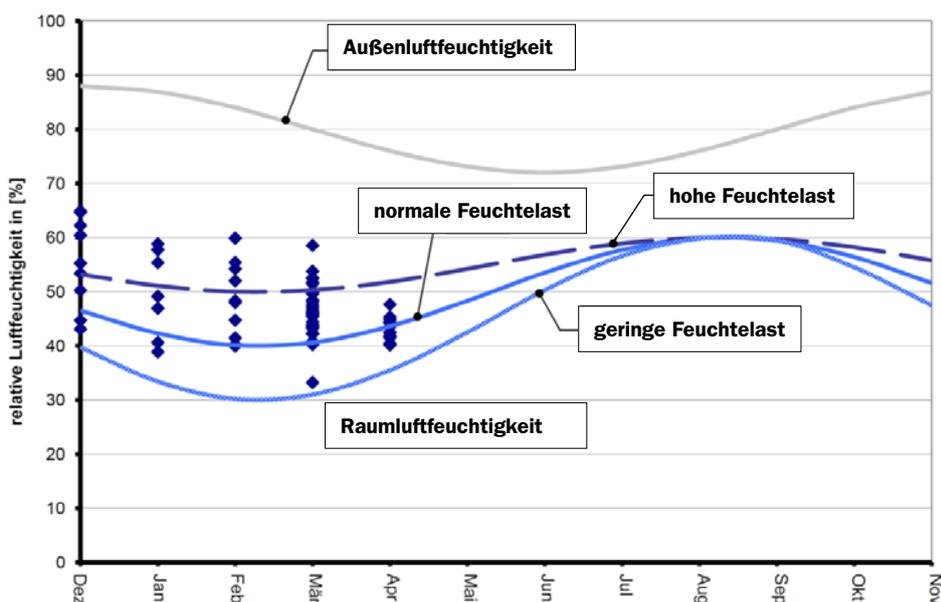
Bei der Umsetzung dieser Anforderungen wird das Gleichgewicht des Feuchtigkeitshaushalts in Gebäuden gestört, wenn nicht gleichzeitig Maßnahmen zur Wohnungs- lüftung und zur Luftführung umgesetzt werden.

Mit steigender Dichtheit der Gebäudehülle nimmt deshalb auch die Feuchtigkeitsbelastung und die Gefahr der Schimmelpilzbildung in den Räumen zu. Bei der Vermeidung der Tauwasser- und Schimmelpilzbildung in den Falzen von Fenstern kommt der raumseitigen Überschlagdichtung eine erhöhte Bedeutung zu.

## 1.2 Umgebungsklima

Das Umgebungsklima folgt einem Jahreszyklus, der in Abbildung 1 dargestellt ist. Die für die Tauwasser- und Schimmelpilzbildung kritische Phase ist dabei die Heizperiode mit hohen Temperaturunterschieden zwischen der Raum- und Außenseite, einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit im Außenklima und einer stark unterschiedlichen relativen Luftfeuchtigkeit im Raumklima, die von der Dichtheit der Gebäudehülle und der Möglichkeit der Lüftung bestimmt wird.

Abbildung 1:  
Berechneter Jahresgang der relativen Luftfeuchtigkeit auf der Raumseite in Abhängigkeit der Außenluftfeuchtigkeit und der Feuchtelast (Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen) mit ergänzten Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit aus 27 Wohnungen im Großraum München - (Messungen im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens „Holzbau der Zukunft“, Teilprojekt 19)



Durch die dichte Gebäudehülle und den thermischen Auftrieb stellt sich auch eine Druckverteilung im Gebäude ein, welche in den oberen Stockwerken als Überdruck und in den unteren Stockwerken als Unterdruck auf die Falze der Fenster und Türen wirkt.

Bei Überdruck und der erhöhten Feuchtigkeitsbelastung wird die feuchte warme Raumluft in die Falze der Fenster und Türen gedrückt. Bei einer dichten Gebäudehülle verbleiben die Falze der Fenster und Türen häufig als einzig undichter Bereich.

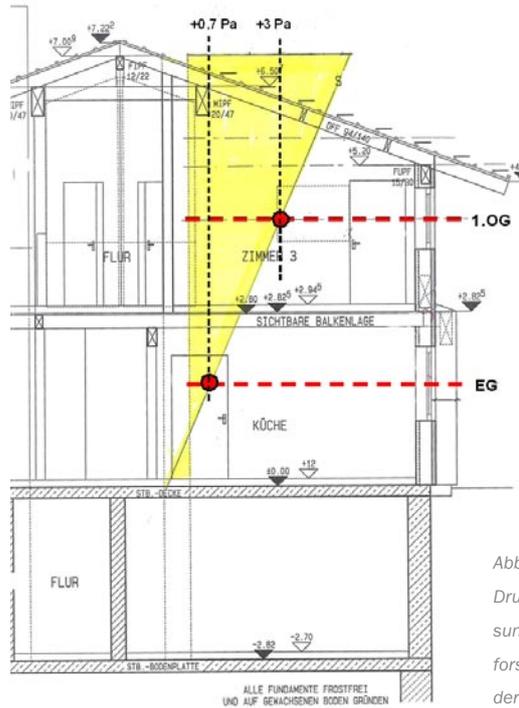


Abbildung 2:  
Druckverteilung im Gebäude (Messung im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens „Holzbau der Zukunft“ Teilprojekt 19)

### 1.3 Tauwasser- und Schimmelpilzbildung

Im Falz wird die feuchte warme Raumluft unter die Taupunkttemperatur abgekühlt und es fällt Tauwasser aus. In Verbindung mit dem nahezu überall vorhandenen Nährboden Staub entsteht Schimmelpilz. Es kann deshalb gefolgert werden, dass die Feuchtigkeitsbelastung von der Raumseite Tauwasser- und Schimmelpilzbildung im Falz bei unzureichender Wirkung der raumseitigen Überschlagdichtung von Fenstern und Türen zur Folge hat.

Die Problematik von Tauwasser- und Schimmelpilzbildung und die damit verbundene Belastung ist in den letzten Jahren so weit gestiegen, dass das Thema in den Medien behandelt wird. Tauwasser- und Schimmelpilzbildung im Bereich von Fenstern und Türen ist damit ein viel diskutiertes Problem. Nach vorliegenden Erkenntnissen wird davon ausgegangen, dass Tauwasser- und Schimmelpilzbildung ein weit verbreitetes Problem darstellt.

Um den Eintritt von feuchter warmer Raumluft in die Falze von Fenstern und Türen zu verringern und damit der Tauwasser- und Schimmelpilzbildung entgegenzuwirken, ist eine dauerhaft dichte raumseitige Überschlagdichtung notwendig.

Am Markt vorhandene und in der Praxis ausgeführte raumseitige Überschlagdichtungen sind häufig im Bereich von Beschlägen und in den Ecken unterbrochen und damit nicht im notwendigen Umfang wirksam.



Abbildung 3: Schimmelpilzbildung im Fensterfalz oben (Kunststofffenster)

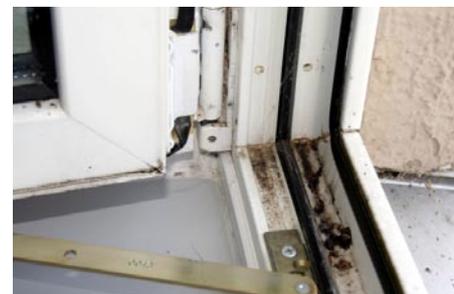


Abbildung 4: Schimmelpilzbildung im Fensterfalz unten (Kunststofffenster)

## 2. Problemstellung

Die Dichtungen zwischen Flügel und Blendrahmen haben noch weitere Aufgaben zu erfüllen, die unter anderem durch ihre Lage im Fenster bestimmt werden (Abbildung 5).

Sie übernehmen bei den Fenstern und Türen eine wesentliche Aufgabe zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit. Ihre Wirkung ist damit Voraussetzung für eine optimale Schalldämmung sowie eine ausreichende Dichtheit bezüglich des Luftdurchgangs und des Schlagregeneintritts.

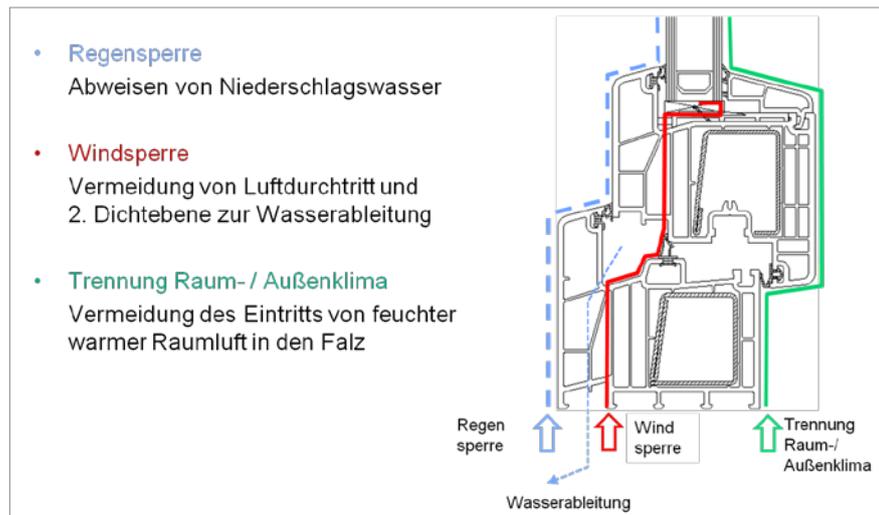


Abbildung 5:  
Dichtebenen und  
Beschreibung der Aufgaben

Die gestellte Forderung nach einer umlaufend dichten raumseitigen Überschlagedichtung dient – wie bereits erwähnt – zur Vermeidung von Tauwasser- und Schimmelpilzbildung in den Falzen.

Die unter anderem durch die genannten Eigenschaften beschriebene Gebrauchstauglichkeit kann über einen angemessenen Nutzungszeitraum nur sichergestellt werden, wenn die Dichtungen unter Berücksichtigung ihrer Lage im Profilsystem den gestellten Anforderungen im Nutzungszeitraum gerecht werden. Die Beobachtung des Marktes für Fenster und Türen zeigte in den vergangenen Jahren, dass die Dichtungen zwischen Flügel und Blendrahmen nicht immer den Anforderungen gerecht werden.

Um die am Markt angebotenen Dichtungen vergleichen zu können ist es notwendig, die einzelnen Dichtungen bewertbar zu machen. Im Rahmen des Projekts sollen der Luftdurchgang und damit die Wirkung von raumseitigen Überschlagedichtungen an üblichen Kunststofffenster-Systemen gemessen werden.

### **Besonderer Wert wird dabei darauf gelegt, dass**

- die Dichtprofile im eingebauten Zustand geprüft werden.
- die Probekörper übliche, am Markt angebotene und ausgeführte Systeme sind.
- die Nutzungsphase durch Klimabelastung und Verformung der Dichtungen simuliert wird.
- ein Vergleich der Dichtungen möglich ist.

Auf Basis der Messergebnisse und der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt eine Bewertung der Dichtungen.

## 3. Versuche

Im Rahmen der Versuche wird die Fugendurchlässigkeit gemessen. Die Nutzungsphase wird durch Klimabelastung und unterschiedliche Verformung der Dichtungen simuliert.

### 3.1 Probekörper

- *Abmessung 500 x 500 mm*
- *Übliche am Markt verfügbare und angebotene Ausführung*
- *Verschiedene Kunststofffenstersysteme*
- *2 EPDM- und 1 TP-Probekörper je Fenstersystem*
- *Raumseitige Überschlafdichtung in EPDM und TP*
- *Stabilisierungsrahmen aus Aluminium zur Sicherstellung von gleichbleibendem Abstand zwischen Flügel- und Blendrahmen*
- *Konstruktion zum Einstellen des Abstands zwischen Flügel- und Blendrahmen und damit der Dichtungsverformung*

### 3.2 Versuchsaufbau

Die Probekörper werden auf eine Prüfeinrichtung aufgespannt und die Fugendurchlässigkeit bei Überdruck gemessen.

- *Prüfung der Fugendurchlässigkeit bei 600 Pa Überdruck*
- *Bestimmung der Fugendurchlässigkeit im Regel- und Eckbereich*
- *Klimatisierung der Probekörper in der Klimakammer des Labors für Klimatechnik der Hochschule Rosenheim*



Abbildung 6:  
Versuchsaufbau und Messtechnik  
Detail: Prüfung der Fugendurchlässigkeit im Eckbereich

### 3.3 Versuchsablauf

Nach eingehender Klimatisierung bei Normalklima (20 °C / 50%) wurde die Fugendurchlässigkeit gemessen. Diese erste Messung kann als Referenzmessung im Herstellungszustand betrachtet werden. Der Abstand zwischen Flügel- und Blendrahmen ist auf das vom Systemhersteller vorgegebene Nennmaß eingestellt.

Die Simulation der Nutzungsphase sieht eine Klimatisierung im Klimazyklus von -20 °C / +60 °C sowie zwei unterschiedliche Verformungsmaße der Dichtungen vor. Die Einstellung des Abstandes zwischen Flügel- und Blendrahmen erfolgt vor der Klimabelastung und die Messung im Anschluss an die Belastungsphase.

#### Dichtungsmaß:

Maximal = Dichtung liegt noch an und ist wirksam.

Nenn = Systemgebervorgabe

Minimal = Dichtung so weit wie möglich komprimiert.

(ohne dass Materialquetschungen / Materialverdrängungen auftreten)

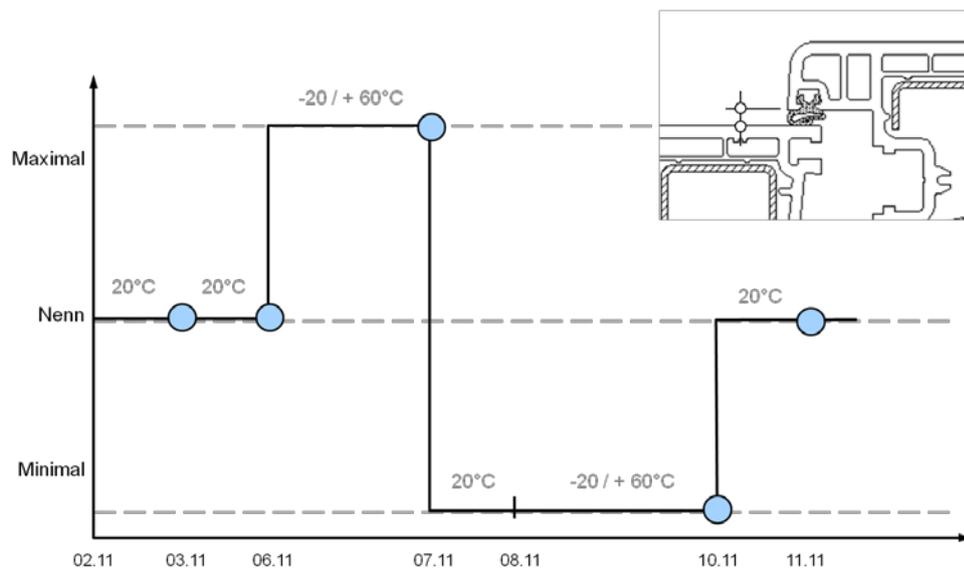


Abbildung 7:  
Zeitlicher Ablauf der Versuche  
mit Angabe der Dichtungskompression,  
Klimatisierung und  
Messungen der Fugendurchlässigkeit  
(blaue Punkte)

### 3.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen zeigen, dass Unterschiede zwischen den Systemen – insbesondere im Eckbereich – vorhanden sind und vorausgesetzt werden kann, dass die Dichtungen im Regelbereich funktionsfähig sind. In der weiteren Auswertung sind deshalb in erster Linie die Ergebnisse der Eckbereiche dargestellt.

#### Ausgangszustand (Referenzmessung):

Die Ergebnisse der gemessenen Fugendurchlässigkeit im Ausgangszustand zeigen, dass

- Unterschiede anhand der Dichtungsgeometrie vorhanden sind.
- keine maßgeblichen Unterschiede zwischen den geprüften Dichtungsmaterialien EPDM und TP gemessen wurden.

#### Nach Maximalmaß:

Der Vergleich zwischen der Referenzmessung und der Messung nach Klimabelastung bei Maximalmaß zeigt, dass

- in der Regel eine höhere Fugendurchlässigkeit bei Maximalmaß gemessen wurde.
- keine maßgeblichen Unterschiede zwischen den geprüften Dichtungsmaterialien EPDM und TP vorhanden sind.

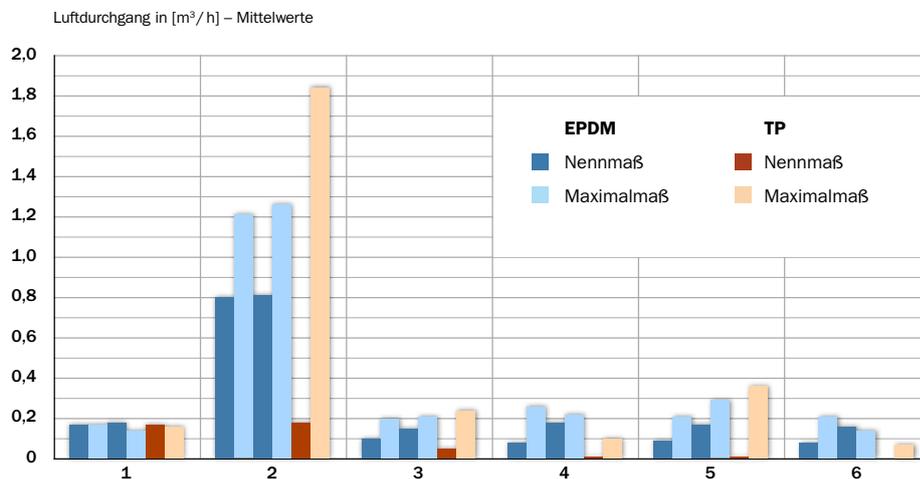
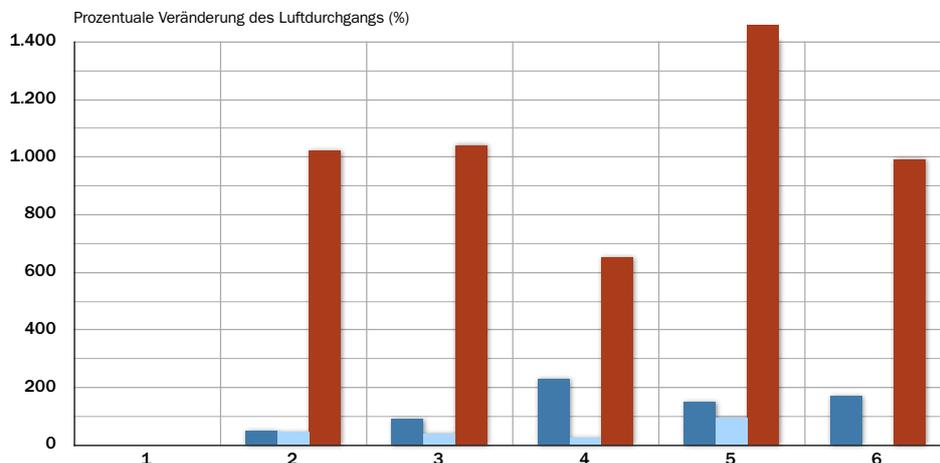


Abbildung 8:  
Gegenüberstellung des Luftdurchgangs bei Nennmaß (Referenzmessung) und nach Klimabelastung bei Maximalmaß (Mittelwerte der Messungen an den Ecken)

Maßgebliche Unterschiede können bei einer Gegenüberstellung der prozentualen Änderung der Fugendurchlässigkeit bei Maximalmaß bezogen auf das Nennmaß erkannt werden.

Es ist erkennbar, dass Dichtprofile aus TP nach einer Klimabelastung eine stärkere Veränderung der Fugendurchlässigkeit aufweisen als Dichtprofile aus EPDM.

Abbildung 9:  
Gegenüberstellung der prozentualen Veränderung des Luftdurchgangs (Mittelwerte der Messungen an den Ecken) nach Klimabelastung bei Maximalmaß bezogen auf das Nennmaß (Referenzmessung)



#### Nach Minimalmaß:

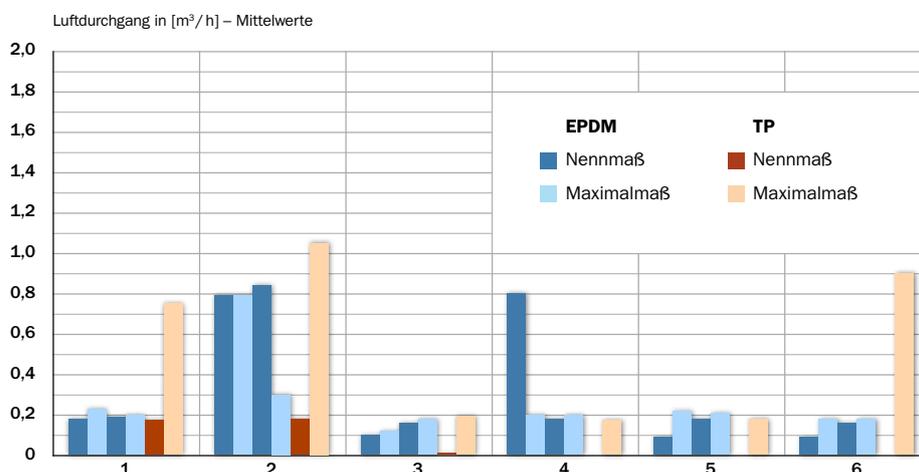
Die Belastung der Dichtungen mit starker Verformung stellt die häufig in der Praxis vorhandene Situation dar, wenn

- das Fenster / die Tür über einen längeren Zeitraum geschlossen bleibt.
- die Beschläge so stark eingestellt sind, dass ein Nachstellen der Beschläge möglichst lange Zeit nicht notwendig erscheint.

Die Messergebnisse der Fugendurchlässigkeit zeigen, dass

- eine erkennbare Veränderung der Wirkung der Dichtprofile vorhanden ist.
- eine höhere Fugendurchlässigkeit gemessen wurde.
- Unterschiede zwischen den geprüften Dichtungsmaterialien EPDM und TP vorhanden sind.

Abbildung 10:  
Gegenüberstellung des gemessenen Luftdurchgangs im Eckbereich vor und nach dem Prüfzyklus bei Nennmaß (Mittelwerte der Messungen an den Ecken)



Maßgebliche Unterschiede können bei einer Gegenüberstellung der prozentualen Änderung der Fugendurchlässigkeit nach dem Prüfzyklus erkannt werden.

Dichtprofile aus TP zeigen nach dem Prüfzyklus und der simulierten Nutzungsphase eine stärkere Veränderung der Fugendurchlässigkeit als Dichtprofile aus EPDM.

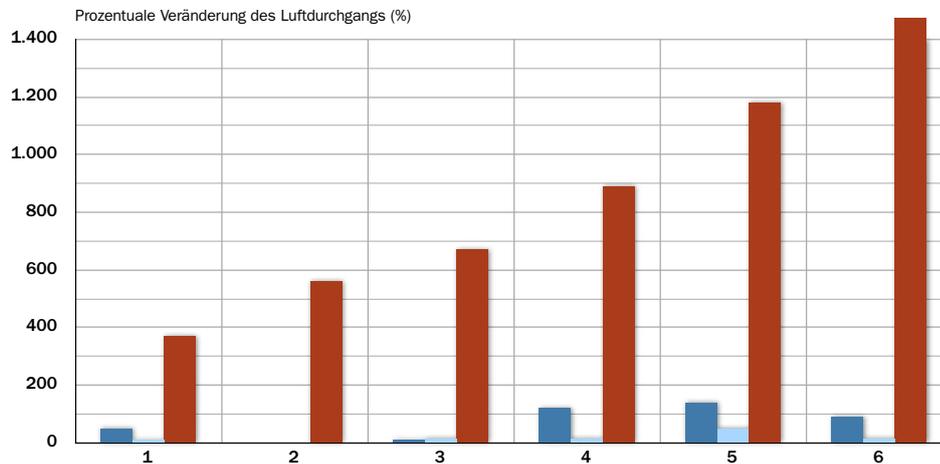


Abbildung 11:  
Prozentuale Veränderung des Luftdurchgangs bei Nennmaß nach dem Prüfzyklus bezogen auf das Nennmaß im Ausgangszustand

#### Im Regelbereich:

Es wird vorausgesetzt, dass die Dichtprofile in ihrer Geometrie und Ausführung für den Regelbereich konstruiert sind. Im Herstellungszustand wurde bei allen überprüften Dichtprofilen eine geringe Fugendurchlässigkeit gemessen.

Durch die Belastungen der simulierten Nutzungsphase und die Verformung der Dichtprofile auf Minimalmaß traten an den Dichtprofilen Veränderungen auf. Dichtprofile aus EPDM haben nach Abschluss des Prüfzyklus durch ein schnelles Rückstellverhalten die Dichtwirkung im Regelbereich aufrechterhalten (Abbildung 12).

Bei Dichtprofilen aus TP wurde teilweise eine so starke plastische Verformung im Regelbereich festgestellt, dass die Dichtwirkung nicht gegeben war (Abbildung 13). Die Gebrauchstauglichkeit der raumseitigen Überschlafdichtung und damit die Vermeidung von Tauwasser- und Schimmelpilzbildung kann nicht sichergestellt werden.



Abbildung 12:  
Vorhandene Dichtwirkung im Regelbereich nach Abschluss des Prüfzyklus durch schnelles Rückstellverhalten bei Dichtprofilen aus EPDM

Abbildung 13:  
Nicht vorhandene Dichtwirkung im Regelbereich nach Abschluss des Prüfzyklus durch plastische Verformung bei Dichtprofilen aus TP

### Im Eckbereich:

Die Auswertung der Messergebnisse zeigt, dass Unterschiede zwischen den überprüften Dichtprofilen insbesondere im Eckbereich vorhanden sind. Die Dichtwirkung im Eckbereich bei Dichtprofilen aus EPDM wird maßgeblich von der Geometrie der Dichtprofile beeinflusst.

Nach Abschluss des Prüfzyklus wurden teilweise Eckbereiche festgestellt, an welchen die Dichtprofile aus EPDM beulen und damit die Dichtwirkung eingeschränkt vorhanden ist.

Durch die Belastung der simulierten Nutzungsphase wurde eine Verkürzung der Dichtprofile aus EPDM festgestellt, welche insbesondere im Eckbereich durch ein Einrollen der Dichtung erkennbar ist. Die Dichtwirkung ist in Abhängigkeit der Geometrie auch nach dem Prüfzyklus vorhanden (Abbildung 14).

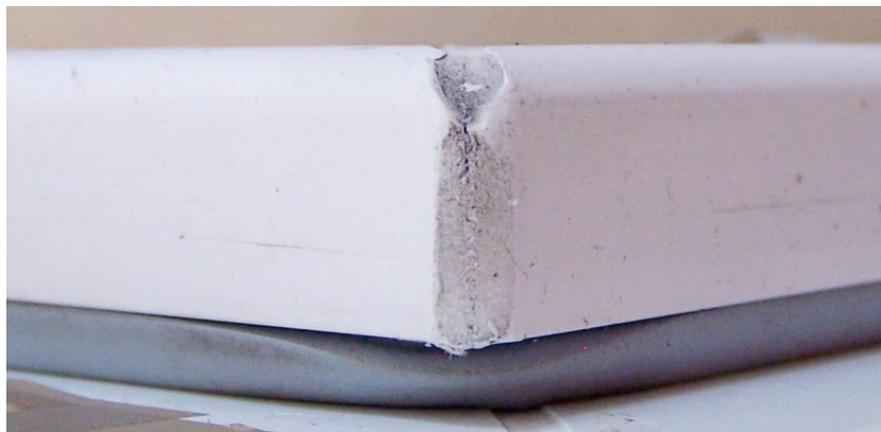


Abbildung 14:  
Eckbereich eines  
Dichtprofils aus EPDM,  
welches nach Abschluss  
des Prüfzyklus eingerollt  
war. Die Dichtwirkung  
war vorhanden.

Die Dichtprofile aus TP werden bei der Herstellung der Fenster im Eckbereich zusammen mit den Kunststoffprofilen verschweißt. Durch den Herstellungsprozess bedingt tritt im Eckbereich eine Verhärtung des Dichtprofils im Bereich der Schweißnaht auf. Die Wirkung und der Arbeitsweg der Dichtung werden damit eingeschränkt.

Nach Abschluss des Prüfzyklus wurde in den Eckbereichen der Dichtprofile aus TP eine Veränderung (bezogen auf den Herstellungszustand) festgestellt. Teilweise waren die Dichtprofile im Eckbereich plastisch verformt, so dass eine Dichtwirkung nicht vorhanden war (Abbildung 15).

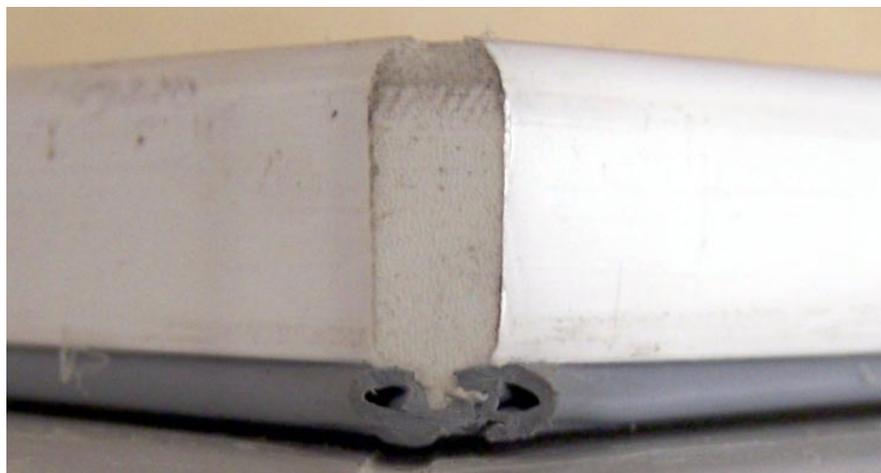


Abbildung 15:  
Eckbereich eines  
Dichtprofils aus TP mit  
erkennbarer plasti-  
scher Verformung  
und nicht vorhande-  
ner Dichtwirkung

### **Am Längsstoß:**

Bei den Dichtprofilen aus EPDM ist, bedingt durch die Herstellung, ein Längsstoß des Dichtprofils vorhanden. Durch die Belastung der simulierten Nutzungsphase wurde eine Verkürzung der Dichtprofile aus EPDM festgestellt. Bedingt durch die Verkürzung wurde vereinzelt im Längsstoß eine Undichtigkeit nach Abschluss des Prüfzyklus festgestellt (Abbildung 16).

Negative Veränderungen am Längsstoß können durch einen fachgerechten Einbau verhindert werden.

An den Dichtprofilen aus TP ist kein Längsstoß vorhanden.



Abbildung 16:  
Undichtigkeit im Längsstoß nach Abschluss des Prüfzyklus an einem Dichtprofil aus EPDM

### **Zusammenfassung der Ergebnisse:**

- *Im Herstellungszustand ist und sollte die Fugendurchlässigkeit bei allen Dichtprofilen gering sein.*
- *Maßgebliche Unterschiede bei der Fugendurchlässigkeit im Eckbereich zwischen den eingesetzten Dichtungsmaterialien EPDM und TP treten im Rahmen der Nutzungsphase auf.*
- *Die prozentuale Veränderung der Fugendurchlässigkeit ist bei Dichtungen aus TP wesentlich höher als bei Dichtungen aus EPDM.*
- *Die Geometrie der Dichtprofile hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Dichtwirkung im Eckbereich.*

### 3.5 Erkenntnisse

Durch die Belastungen der simulierten Nutzungsphase wurde eine Veränderung der Fugendurchlässigkeit bei allen Dichtprofilen festgestellt. Insbesondere im Eckbereich wurde nach Abschluss des Prüfzyklus eine höhere Fugendurchlässigkeit gemessen. Die Größe der festgestellten Veränderung ist nach Auswertung der Messergebnisse abhängig von

- der Geometrie des Dichtprofils,
- dem Werkstoff des Dichtprofils,
- der Sorgfalt bei der Herstellung der Kunststofffenster.

Die prozentuale Veränderung der Fugendurchlässigkeit ist bei Dichtprofilen aus TP maßgeblich höher. Es kann damit aus technischer Sicht davon ausgegangen werden, dass im Laufe der Nutzungsphase eine negative Veränderung der Fugendurchlässigkeit auftritt und damit die Gefahr der Tauwasser- und Schimmelpilzbildung im Falz der Fenster steigt.

	Regelbereich	Eckbereich	Längsstoß
EPDM			
TP			

Abbildung 17:  
Bewertung der Dichtprofile aus technischer Sicht auf Basis der durchgeführten Versuche

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse kann aus technischer Sicht eine Bewertung der Dichtprofile in Bezug auf die Dichtwirkung über die Nutzungsphase erfolgen (Abbildung 17).

Die Vorteile für den Bauherrn bei der Verwendung von Dichtprofilen aus EPDM sind bei fachgerechter Ausführung:

- funktionsfähige Dichtung über eine angemessene Nutzungsdauer,
- hygienische Bedingungen in den Falzen,
- Werterhalt für Fenster / Türen und das Bauwerk.

## 4. Literatur

**Sedlbauer K, Gerits K, Engesser K-H, Kießl K (2001)**

*Vorhersage von Schimmelbildung auf und in Bauteilen*  
Lehrstuhl der Bauphysik, Fakultät Bauingenieur- und Vermessungswesen der  
Universität Stuttgart.

**Künzel H M (2006)**

*Raumlufffeuchte in Wohngebäuden:  
Randbedingungen für die Feuchteschutzbeurteilung*  
wksb 56/2006: 31 – 41

**Schmid J, Schwarz B, Stiller M (2009)**

*Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 19. Konstruktionsgrundlagen für Fenster, Türen  
und Fassadenelemente aus Verbundwerkstoffen und Holz.*  
Teil 1. Fraunhofer IRB Verlag. ISBN 978-3-8167-7878-3

**Künzel H (2009)**

*Wohnungslüftung und Raumklima*  
Fraunhofer IRB Verlag. ISBN 978-3-8167-7659-8



Prof. Josef Schmid  
Dipl.-Ing.

Michael Stiller  
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH)



isp Rosenheim  
Hechtseestrasse 16  
83022 Rosenheim

Tel.: +49 8031 2227 - 864  
Fax: +49 8031 2227 - 862  
E-Mail: [mail@isp-rosenheim.de](mailto:mail@isp-rosenheim.de)

[www.isp-rosenheim.de](http://www.isp-rosenheim.de)