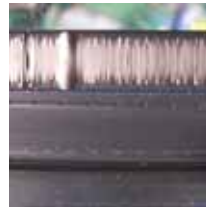
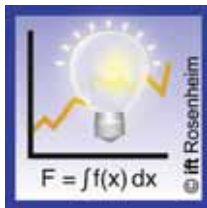


---

## Untersuchungen zum Einfluss der Größe des Scheibenzwischenraums auf die Dauerhaftigkeit von hochwärmedämmendem Mehrscheiben-Isolierglas


---







## Abschlussbericht

<b>Thema</b>	<b>Untersuchungen zum Einfluss der Größe des Scheibenzwischenraums auf die Dauerhaftigkeit von hochwärmedämmendem Mehrscheiben-Isolierglas</b>
<b>Kurztitel</b>	Dauerhaftigkeit MIG
<b>Gefördert durch</b>	Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Aktenzeichen: II 3-F20-12-1-156 / SWD-10.08.18.7-13.35) 
	Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.
<b>Forschungsstelle</b>	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7–9 83026 Rosenheim
<b>Bearbeiter</b>	Dr. Ansgar Rose
<b>Projektleiter</b>	Dipl.-Phys. Norbert Sack
<b>Institutsleitung</b>	Prof. Ulrich Sieberath

Rosenheim, Oktober 2015





## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation / Ziele	1
1.2 Ausgangslage	2
1.3 Projektgruppe	3
<b>2 Untersuchungsprogramm</b>	<b>5</b>
2.1 Einfluss von Scheibenabstand und Scheibendicke auf die Randlast	5
2.2 Prüfung der Dauerhaftigkeit	8
2.3 Untersuchungskonzept	8
<b>3 Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>11</b>
3.1 Probekörper	11
3.2 Durchführung	12
3.3 Auswertung der Messungen und Einzelergebnisse	14
3.4 Messunsicherheiten / -fehler	16
<b>4 Ergebnisse</b>	<b>17</b>
4.1 Trockenmittelbefüllung	17
4.2 Anfangsbeladung	18
4.3 Feuchtigkeitsaufnahmefaktor I	19
4.4 Zubeladung durch Alterung	21
4.5 Dickenänderungen	23
4.6 Visuelle Inspektion der Probekörper	25
<b>5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen</b>	<b>35</b>
<b>6 Literaturverzeichnis</b>	<b>37</b>
<b>7 Danksagung</b>	<b>39</b>
<b>Anhang: Einzelergebnisse der Hersteller</b>	<b>41</b>



## Zusammenfassung

Bei der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes kommt den transparenten Bauelementen eine wichtige Rolle zu. Eine deutliche Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern und Fassaden kann durch die Verwendung von Dreischeiben-Wärmedämmglas erreicht werden. Hat ein Zweischeiben-Wärmedämmglas mit einem Scheibenzwischenraum (SZR) von 16 mm, Argonfüllung und einer low-e-Beschichtung mit einem Emissionsgrad von  $\varepsilon = 0,03$  einen Wärmedurchgangskoeffizienten von  $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , so lässt sich mit einem optimierten Dreischeibenaufbau ein Wärmedurchgangskoeffizient von  $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  realisieren. Dazu sind allerdings Scheibenzwischenräume von 18 mm erforderlich.

Konstruktionsbedingt (hermetische Versiegelung) führen Änderungen des Luftdrucks und/oder der Temperatur im Mehrscheiben-Isolierglas zu Druckunterschieden zwischen dem Scheibenzwischenraum und der Atmosphäre und somit zu Klimalasten auf Glas und Randverbund. Die Höhe dieser Klimalasten steigt mit der Größe des SZR und der Scheibendicke an. Die Wirkung einer erhöhten Klimalast auf die Scheiben lässt sich mit anerkannten Methoden gut abschätzen. Dies ist aber nicht der Fall für den Randverbund. Insbesondere ist gegenwärtig nicht bekannt, wie sich eine erhöhte Randlast auf die Dauerhaftigkeit, also die Lebensdauer eines Mehrscheiben-Isolierglases, auswirkt. Deshalb werden zurzeit Scheibenzwischenräume von  $2 \times 12 \text{ mm}$  für den Standardaufbau von Dreischeiben-Wärmedämmglas empfohlen. Der Nachteil ist, dass der Wärmedurchgangskoeffizient um 40 % über dem des energetisch optimierten Aufbaus liegt.

Es war daher das Ziel dieses Forschungsvorhabens, den Einfluss der Randlast auf die Dauerhaftigkeit von Dreifach-Wärmedämmglas zu untersuchen. Dabei sollte die Randlast über die Größe des Scheibenzwischenraumes und die Scheibendicke gezielt verändert werden. Da bekannt war, dass die Dauerhaftigkeit eines MIG ganz wesentlich von der Fertigungsqualität bestimmt wird, die von Hersteller zu Hersteller erheblich variieren kann, musste eine ausreichende Anzahl von Probekörpern geprüft werden, um statistisch belastbare Aussagen treffen zu können, die auch für „die Industrie“ als Ganzes gültig sind.

Probekörper dreier verschiedener Aufbauten, die unter Klimalast zum Auftreten unterschiedlicher Randlasten führen, wurden der Feuchtigkeitsaufnahmeprüfung gemäß EN 1279-2 unterzogen. Dabei war es wichtig, die durch die Klimabelastung verursachte absolute Feuchteaufnahme (in g) zu ermitteln, denn nur der absolute Wert (in g) sagt etwas über die Dichtheit des Randverbundes aus. Die Messung von Gasverlusten gemäß EN 1279-3 war im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wegen des wesentlich größeren zeitlichen und finanziellen Aufwandes nicht möglich.

Folgende drei Aufbauten im Format 350 mm x 500 mm wurden untersucht:

		<u>Rel. maximale Randlast *</u>
Aufbau 1	4-12-4-12-4	100 %
Aufbau 2	4-18-4-18-4	120 %
Aufbau 3	6-18-4-18-6	160 %

\* Berechnet mit Üko Professional 3S Vers. 9.1  
Klimabelastung in Anlehnung an EN 1279-2  
Die Randlasten sind als relative Werte, bezogen auf Aufbau 1, angegeben.

Zwanzig Hersteller lieferten Probekörper für alle drei Aufbauten. Auf diese Weise sollte es möglich sein, einen Einfluss der Randlast auf die Feuchteaufnahme zu ermitteln und gleichzeitig einen Überblick über die Streuung von Ergebnissen innerhalb der Industrie zu erhalten. Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnten nur starre Randverbundsysteme (Hohlprofilabstandhalter) mit schüttbaren Trockenmitteln berücksichtigt werden. Darüber hinaus konnten die teilnehmenden Betriebe selber über die Systemparameter wie Abstandhalterttyp, Trockenmittelmenge, Butylauftrag, Sekundärdichtstoff (PU oder PS), Rückenüberdeckung etc. entscheiden. Es wurden überwiegend Abstandhalter aus Kunststoff mit metallischer Diffusionssperre sowie PU als Dichtstoff verwendet.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Höhere Randlasten führen zu höheren Feuchteaufnahmen.
- Ein linearer Zusammenhang zwischen Randlast und Feuchteaufnahme konnte im Rahmen der Untersuchungen nicht ermittelt werden. So zeigten die Scheiben mit dem Aufbau 2 im Vergleich zu denen mit dem Aufbau 1 deutlich höhere Feuchteaufnahmen. Der Anstieg der Feuchteaufnahme von Aufbau 2 zu Aufbau 3 war jedoch weniger deutlich, als aufgrund der berechneten Randlasten zu vermuten gewesen wäre.
- Der Einfluss der Herstellungsqualität auf die Feuchteaufnahme zeigte sich bei den Untersuchungen als mindestens genauso stark wie der Einfluss der Randlast, und er überlagerte die Ergebnisse deutlich.
- Aus dem vorangehenden Punkt folgt direkt: Einer erhöhten Prozesssicherheit bei der Herstellung von MIG mit erhöhten Randlasten (3-fach-MIG mit großem SZR, dicke Scheiben) kommt eine große Bedeutung zu.
- Der Feuchtigkeitsaufnahmefaktor I (Anteil der nach der normierten Alterung verbrauchten Feuchtigkeitsaufnahmekapazität eines MIG) ist kein hinreichendes Kriterium zur Beurteilung der Qualität eines Randverbundes, da er neben der eigentlichen Herstellungsqualität auch von der Trockenmittelmenge abhängig ist.

Ferner ist anzumerken:

- Die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchungen zur Feuchteaufnahme sind nicht direkt auf Gasverlusten übertragbar.





- Es ist unklar, ob oder inwieweit die hier gewonnenen Erkenntnisse übertragbar sind auf Mehrscheiben-Isoliergläser mit flexiblen Abstandhaltern mit integriertem Trockenmittel.
- Während lange, schmale Formate (mit einer kurzen Kante  $< 65$  cm) das höchste Glasbruchrisiko unter Klimalast aufweisen, ergeben sich die höchsten Randlasten bei quadratischen Formaten (mit Kantenlängen von 40 – 60 cm).

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens sollten zusammen mit denen des Projektes „DuraSeal“ (TU Darmstadt, 2015) betrachtet werden. Während es in diesem Projekt auch ganz wesentlich darum ging, einen Überblick über die in der Industrie von Hersteller zu Hersteller auftretenden Streuungen zu gewinnen, wurden im Projekt DuraSeal die Produktionseinflüsse minimiert, indem alle Probekörper in einem Werk hergestellt wurden. Stattdessen wurden neben SZR und Scheibendicke auch Faktoren wie Abstandhalterttyp, Butylauftrag, Dichtstoff, Rückenüberdeckung etc. gezielt variiert, in der Absicht funktionelle Zusammenhänge zwischen den Faktoren und der resultierenden Dauerhaftigkeit zu ermitteln. Wenn die gewonnenen Erkenntnisse vielleicht auch nicht unmittelbar auf andere Systeme übertragbar sind, so lassen sich wahrscheinlich doch einige Hinweise zur Verbesserung von Herstellungsprozessen ableiten.

Des Weiteren sollten mehr Dreifach-Wärmedämmgläser im Rahmen der externen Güteüberwachung (RAL) Dauerhaftigkeitsprüfungen gemäß EN 1279 unterzogen werden (anstatt des von der Norm vorgeschriebenen Zweifach-Glases), um langfristig eine breitere Datenbasis für Dreifach-Wärmedämmglas zu schaffen und damit zur Verbesserung der Prozesssicherheit beizutragen.

Zwei weitere Themenbereiche könnten für eine Fortführung der Arbeit erwogen werden:

- Der Einfluss der Randlast auf die Gasverlustrate (EN 1279-3) in Dreifach-Wärmedämmglas: Der Gasgehalt im Scheibenzwischenraum und die Gasverlustrate haben einen wesentlichen Einfluss auf die Wärmedämmung eines MIG und die Geschwindigkeit mit der sich die Wärmedämmung im Laufe der Nutzungsdauer vermindert. Untersuchungen gemäß EN 1279-3 sind allerdings sehr zeit- und kostenaufwändig.
- Der Einfluss der Randlast auf die Dauerhaftigkeit von Dreifach-Wärmedämmglas mit flexiblen Abstandhaltern und integriertem Trockenmittel: Diese Systeme nehmen einen zunehmenden Anteil des Marktes in Anspruch. Der Aufwand zur Bestimmung der Feuchtigkeitsaufnahme (über Karl-Fischer-Titration) ist wesentlich größer als bei Hohlprofilssystemen mit schüttbaren Trockenmitteln (etwa Faktor 8). Die Anzahl der Probekörper müsste wahrscheinlich reduziert werden im Vergleich zu diesem Projekt. Der Aufwand zur Bestimmung der Gasverlustrate wäre der Gleiche wie für Systeme mit schüttbaren Trockenmitteln.





## Abstract

Transparent construction elements play a key role in improving the structural thermal protection of a building. A considerable reduction of the heat transfer coefficient can be achieved by the use of triple-pane insulating glass units. A double-pane unit with an interpane spacing of 16 mm, argon as fill gas and a low-e coating with an emissivity of 0.03 has a heat transfer coefficient of  $U_g = 1.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . An optimized triple-pane unit, however, can achieve  $U_g = 0.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , albeit with interpane spacings of 18 mm.

Conventional insulating glass units (IGUs) are hermetically sealed around the edges. Thus, whenever the external air pressure or the temperature in the cavity changes, the pressure in the cavity changes as well. This causes the panes to bulge inwards or out, inducing flexural stresses in them and loading the edge seal in tension or compression. These climatic loads increase with the size of the interpane gap and with the thickness of the glass panes. The effects of an increased climatic load on the glass are well known and can be estimated with established methods. This is different, however, for the edge seal. In particular, it is currently not known how an increased loading of the edge seal influences the durability of an IGU. Therefore, interpane spacings of 2 x12 mm are recommended for triple-pane IGUs at present. The drawback is a 40 % larger heat transfer coefficient than for an energetically optimized IGU.

It was the aim of this research project to study the effect of the edge load on the durability of triple-pane insulating glass units. The edge load was to be controlled by varying the size of the interpane spacing and the thickness of the glass panes. As it was known that the durability of an IGU depends very much on the quality of the manufacturing, which can vary considerably from manufacturer to manufacturer, a sufficiently high number of specimens had to be tested. Only then was it possible to gain statistically reliable results that would be valid for the IGU manufacturing industry as a whole.

IGU specimens of three different constructions were submitted to a moisture penetration test according to EN 1279-2. The chosen constructions differed in their interpane spacings and the thickness of the glass panes, so that different loads on the edge seal would be induced during the climate test. It was crucial to determine the absolute moisture uptake (in g) during the climate test because only the absolute value is a measure for the quality and tightness of the edge seal. The measurement of the gas leakage rate according to EN 1279-3 was not possible within the scope of this research project. The efforts in terms of time and cost would have been too great.

The following three IGU constructions, of dimensions 350 mm x 500 mm, were tested:

		<u>Rel. maximum load on the edge seal *</u>
Construction 1	4-12-4-12-4	100 %
Construction 2	4-18-4-18-4	120 %
Construction 3	6-18-4-18-6	160 %

\* Calculated with software Üko Professional 3S Vers. 9.1

Climatic loading based on EN 1279-2

The load on the edge seal is given as relative value with respect to construction 1.

Twenty manufacturers supplied specimens of all three constructions. In this way, it should be possible to detect effects of the edge load on the moisture uptake as well as to gain an overview of the variation of results within the industry. Only rigid edge seal systems with pourable desiccants could be considered within the scope of this research project. Otherwise, it was left to the participating manufacturers to decide on the settings of system parameters like spacer type, amount of desiccant, sealant type (either PU or PS), edge seal geometry and dimensions. Polymeric spacers with a metallic diffusion barrier and PU as sealant were the preferred choices.

The results can be summarized as follows:

- A higher load on the edge seal causes a higher moisture uptake.
- A linear relationship between the edge load and the moisture uptake could not be detected. The specimens of construction 2 clearly show a higher moisture uptake than those of construction 1. However, the difference in moisture uptake between construction 3 and construction 2 is not as clear as could be expected from the calculated values for the edge load.
- The influence of the manufacturing quality on the moisture uptake is at least as strong as that of the edge load, and it confounds the results.
- From the preceding point follows: process control and product assurance become more important with increasing loading of the edge seal, i.e. for triple-pane IGUs with large interpane spacings and thick glass panes.
- The moisture penetration index I (expressed as a fraction or percentage of the water adsorption capacity of an IGU) is not a sufficient criterion to judge the quality of an edge seal because, beside the actual manufacturing quality, it depends on the amount of desiccant in the spacer.

Further, it has to be noted:

- The conclusions from this study of the moisture penetration are not directly transferrable to the gas leakage of IGUs.
- It is not clear whether the insights gained in this study on systems with rigid edge seals are applicable to flexible edge seal systems with integrated desiccants.



- IGUs that are long and narrow (with a short side < 65 cm) carry the highest risk of glass failure under climatic loads. The highest loading of the edge seal, however, occurs always in square-shaped IGUs (with a length of 40–60 cm).

The results and conclusions of this research project should be considered together with those from the project “DuraSeal” (TU Darmstadt, 2015). One of the key aims of this project was to gain an overview of the variation of results from manufacturer to manufacturer. In “DuraSeal”, these variations were excluded because the same manufacturer built all the specimens. Instead, factors like spacer type, amount of butyl, type of secondary sealant, width of secondary seal etc. were varied deliberately, with the aim of establishing functional relationships between the factor settings and the resulting durability of the IGU. Perhaps the results from “DuraSeal” cannot be transferred directly to designs other than those used in the project, but some of the insights will probably be useful for the improvement of IGU manufacturing processes in general.

Furthermore, within the framework of the external quality monitoring (RAL), more triple-pane IGUs should be submitted for durability testing according to EN 1279 (instead of the double-glazed units prescribed by the standard). In the long term, this would build a good source of data for triple-pane IGUs, which could help to improve process quality.

Two more subject areas can be considered for a continuation of this work:

- The influence of the edge load on the gas leakage rate (EN 1279-3) in triple-pane IGUs: The gas content in the interpane space and the gas leakage rate have a considerable effect on the thermal insulation of an IGU and the rate of its decline during normal service life. Gas leakage rate measurements, however, are very time-consuming and expensive.
- The influence of the edge load on the durability of triple-pane IGUs with flexible spacers and integrated desiccants: These systems have a growing proportion of the market. The effort to determine the degree of moisture penetration according to EN 1279-2 (by means of Karl-Fischer titration) is much larger than that for rigid spacer systems with pourable desiccants (by about a factor of 8). Therefore, the number of specimens would probably have to be reduced in comparison to this project. The effort to determine the gas leakage rate would be the same as for rigid systems with pourable desiccants.





# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation / Ziele

Bei der Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes kommt den transparenten Bauelementen eine wichtige Rolle zu. Eine deutliche Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern und Fassaden kann durch die Verwendung von Dreischeiben-Wärmedämmglas erreicht werden. Hat ein Zweischeiben-Wärmedämmglas mit einem Scheibenzwischenraum (SZR) von 16 mm, Argonfüllung und einer low-e-Beschichtung mit einem Emissionsgrad von  $\varepsilon = 0,03$  einen Wärmedurchgangskoeffizienten von  $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , so lässt sich mit einem optimierten Dreischeibenaufbau ein Wärmedurchgangskoeffizient von  $U_g = 0,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  realisieren. Dazu sind allerdings Scheibenzwischenräume von 18 mm erforderlich.

Konstruktionsbedingt (hermetische Versiegelung) führen Änderungen des Luftdrucks und/oder der Temperatur im Isolierglas zu Druckunterschieden zwischen dem Scheibenzwischenraum und der Atmosphäre, und somit zu Klimlasten auf Glas und Randverbund. Die Höhe dieser Klimlasten steigt mit der Größe des SZR und der Scheibendicke an. Die Wirkung einer erhöhten Klimlast auf die Scheiben lässt sich basierend auf Berechnungen gemäß TRLV bzw. DIN 18008 und Erfahrungswerten gut abschätzen. Dies ist aber nicht der Fall für den Randverbund.

Zwar zeigen Modellrechnungen [1], dass die Belastung des Randverbundes bei einem 3-fach-Wärmedämmglas mit  $2 \times 18 \text{ mm}$  Scheibenzwischenraum um mehr als den Faktor 2 höher sein kann als bei einem 2-fach-Wärmedämmglas mit einem SZR von 16 mm; und dass die Verwendung von dicken Einzelscheiben, z.B. 6 oder 8 mm diesen Effekt nochmals verstärkt. (Dickere Scheiben werden zur statischen Dimensionierung von großformatigen MIG oder der Verbesserung von anderen Leistungseigenschaften, wie z.B. der Luftschalldämmung oder der Einbruchhemmung eingesetzt.) Aber es ist gegenwärtig nicht bekannt, wie sich eine erhöhte Randlast auf die Dauerhaftigkeit, also die Lebensdauer, eines Mehrscheiben-Isolierglases auswirkt. Die bisher angegebene Lebensdauer eines Mehrscheiben-Isolierglases von 20–25 Jahren basiert im Wesentlichen auf den langjährigen praktischen Erfahrungen und Untersuchungen an 2-Scheiben-Glas mit 12 und 16 mm SZR.

Um negative Effekte auf die Lebensdauer von 3-Scheiben-Wärmedämmglas von vornherein zu vermeiden oder zumindest gering zu halten, werden zurzeit Scheibenzwischenräume von  $2 \times 12 \text{ mm}$  bis  $2 \times 14 \text{ mm}$  für den Standardaufbau von 3-Scheiben-Wärmedämmglas empfohlen. Dadurch liegen die Belastungen des Randverbundes zwar über denen eines Zweifachglases mit 16 mm Scheibenzwischenraum, aber auch deutlich unter denen eines energetisch optimierten Aufbaus mit  $2 \times 18 \text{ mm}$  SZR. Der Nachteil ist, dass der Wärmedurchgangskoeffizient um 40 % über dem des energetisch optimierten Aufbaus liegt ( $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für  $2 \times 12 \text{ mm}$  SZR gegenüber  $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für den optimierten Aufbau mit  $2 \times 18 \text{ mm}$ ).

Der für den Standardaufbau mit 2 x 12 mm Scheibenzwischenraum ermittelte Wärmedurchgangskoeffizient von  $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bildete in der Vergangenheit die Grundlage für die Bewertung der wärmetechnischen Leistungsfähigkeit von Fenstern und Fassaden; im Speziellen zur Beurteilung eines umsetzbaren Anforderungsniveaus im Rahmen der Energieeinsparverordnung. Da in Zukunft mit weiteren Verschärfungen der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz zu rechnen ist, stellt sich die Frage, ob energetisch optimierte Isolierglasaufbauten mit einem Scheibenzwischenraum von 2 x 18 mm angenommen werden können. Im Sinne der Nachhaltigkeit und der Bauqualität müsste sichergestellt werden, dass bei solchen Aufbauten die Lebensdauer nicht negativ beeinflusst wird.

Es war daher das Ziel dieses Forschungsvorhabens, den Einfluss der Randlast auf die Dauerhaftigkeit von Dreifach-Wärmedämmglas zu untersuchen. Dabei sollte die Randlast über die Größe des Scheibenzwischenraumes und die Scheibendicke gezielt verändert werden. Da bekannt war, dass die Dauerhaftigkeit eines MIG ganz wesentlich von der Fertigungsqualität bestimmt wird, die von Hersteller zu Hersteller erheblich variieren kann, musste eine ausreichende Anzahl von Probekörpern geprüft werden, um statistisch belastbare Aussagen treffen zu können, die auch für „die Industrie“ als Ganzes gültig sind.

Sollten die Untersuchungen zeigen, dass ein gegenüber den allgemeinen Empfehlungen erhöhter SZR zu keiner signifikanten Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit führt, so gäbe es Spielraum für eine zukünftige weitere Reduzierung der Transmissionswärmeverluste durch Fenster und Fassaden.

## 1.2 Ausgangslage

Zur Abstimmung dieses Forschungsantrags wurden mit Fachleuten aus der Isolierglasbranche, dem ift Rosenheim sowie Verbands- und Branchenvertretern Gespräche zur Thematik geführt. Dabei wurde der Bedarf einer Aufarbeitung dieses Themas erkannt.

Bei einer Recherche in den Bauforschungsdatenbanken des IRB konnten keine öffentlichen Forschungsvorhaben gefunden werden, die sich mit der Thematik bereits befasst hatten.

Für die Bewertung der Dauerhaftigkeit von Mehrscheiben-Isolierglas existieren anerkannte Verfahren, die u.a. durch europäische Normen beschrieben sind. Diese Verfahren, wie z.B. EN 1279 [2], sollten als Grundlage für die Untersuchungen dienen und u.U. an die spezifischen Bedürfnisse des Vorhabens angepasst werden. So waren Randbedingungen wie z.B. der Aufbau und die Abmessungen der zu untersuchenden Probekörper sowie die Art und Dauer der Belastung festzulegen. Dabei sollten die theoretischen Berechnungen aus einer Studie zur Beanspruchung des Isolierglasrandverbundes [1] genutzt werden. Darüber hinaus sollten ausschließlich experimentelle Untersuchungen durchgeführt werden.





### 1.3 Projektgruppe

Das Forschungsvorhaben wurde mit Unterstützung des Bundesverbandes Flachglas e.V. durchgeführt. Die im Rahmen des Projektes untersuchten Probekörper wurden von Mitgliedern des Bundesverbandes Flachglas zur Verfügung gestellt.

Der projektbegleitende Ausschuss wurde durch folgende Personen gebildet:

- Prof. Dr. Franz Feldmeier, Hochschule Rosenheim
- Dr.-Ing. Peter Hof, MPA-IfW, Darmstadt
- Dr. Rüdiger Reichardt, Fenzi Belgium nv/sa, Vilvoorde, Belgien

Im Laufe des Projektes fanden folgende Besprechungen statt:

- 1. Projekttreffen (Auftaktsitzung), 17 Dezember 2013 in Rosenheim
- Webmeeting, 26. September 2014
- 2. Projekttreffen (Abschlusssitzung), 5. August 2015 in Rosenheim

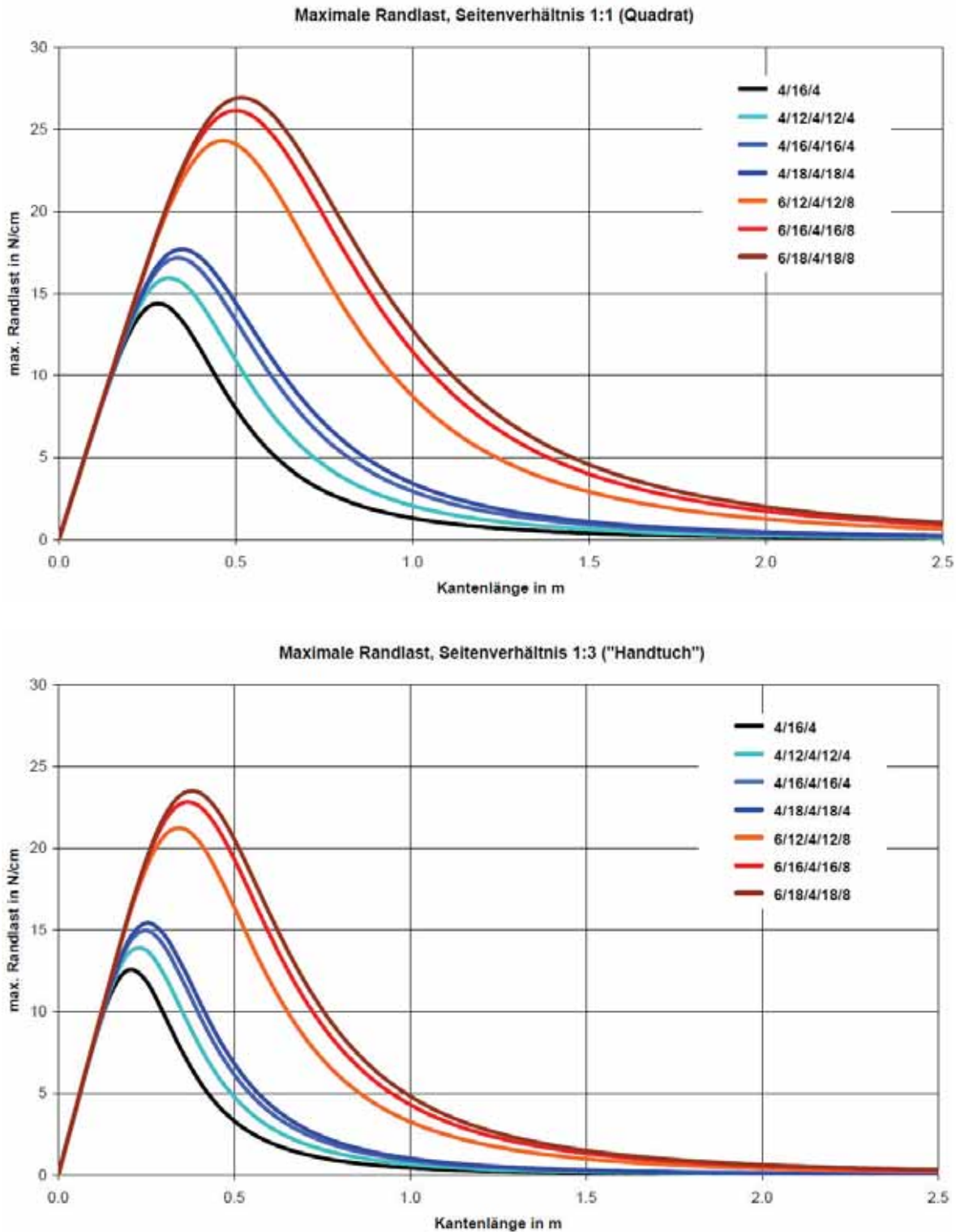




## 2 Untersuchungsprogramm

### 2.1 Einfluss von Scheibenabstand und Scheibendicke auf die Randlast

In einer Studie aus dem Jahr 2011 [1] wurde der Einfluss des Scheibenabstandes und der Glasdicke auf die Randlasten berechnet. Die Studie basiert im Wesentlichen auf der in [3] dargestellten Theorie zur Klimabelastung und Lastverteilung in Isolierglas. Die Studie [1] zeigt, dass neben dem Scheibenabstand auch die Scheibendicke einen wesentlichen Einfluss auf die Randlast hat. So hat bei kleinen Formaten eine Erhöhung der Scheibendicke von 4 mm auf 6 mm einen größeren Effekt auf die Randlast als eine Vergrößerung des SZR von 12 mm auf 18 mm. Zur Illustration der Effekte von Scheibenabstand und Scheibendicke auf die maximale Randlast sind in Abbildung 1 zwei Graphen aus der oben genannten Studie [1] wiedergegeben.



**Abbildung 1** Maximale Randlast für unterschiedliche Scheibenaufbauten in Abhängigkeit der Kantenlänge für zwei Seitenverhältnisse. Quelle: [1]

Der Effekt dicker Scheiben ist wichtig für die Anwendung, denn die in der Praxis eingesetzte Bemessungssoftware schlägt bei einem Überschreiten der zulässigen Scheibenspannung üblicherweise dickere Scheiben anstatt ESG vor (wegen des Preisvorteils von dickeren Float-Scheiben gegenüber ESG).

Um konkrete Anhaltspunkte für die Planung von experimentellen Untersuchungen zu haben, wurden in Anlehnung an die oben genannte Studie Scheibenspannungen und maximale Randlasten mit Hilfe der Bemessungssoftware Üko für verschiedene Aufbauten berechnet. Dabei wurde nur das Format 350 mm x 500 mm berücksichtigt. Erstens, weil kleine Formate bei gegebener Klimalast grundsätzlich höhere Randlasten aufweisen [1], und zweitens, weil 350 mm x 500 mm das von der Produktnorm EN 1279 [2] für Dauerhaftigkeitsprüfungen vorgeschriebene Format ist. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1** Scheibenspannungen und Randlasten für verschiedene 3-fach-Aufbauten von Isolierglas (in Anlehnung an EN 1279-2: Angenommene Herstelltemperatur 15 °C, Belastung +43K, -33K)

Format		350 mm x 500 mm			
Aufbau		4-12-4-12-4	4-18-4-18-4	6-12-4-12-6	6-18-4-18-6
Scheibenspannung	N/mm <sup>2</sup>	25	30	17	19
Scheibenspannungsnachweis (bezogen auf Float)		11 % zu groß	32 % zu groß	Ok	Ok
<b>Max. Randlast in</b>	<b>N/cm</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>22</b>
Rel. max. Randlast in %, bezogen auf Aufbau 4-12-4-12-4		100	120	150	160

Berechnet mit Üko Professional 3S Vers. 9.1

Der Anstieg in der Randlast beim Übergang von 12 mm auf 18 mm SZR ist relativ klein, sowohl für 4 mm als auch für 6 mm Dicke der äußeren Scheiben. Die Erhöhung der Scheibendicke von 4 mm auf 6 mm bei gleichem SZR dagegen hat einen wesentlich größeren Effekt auf die Randlast. Außerdem ist erkennbar, dass die Scheibenspannung durch eine höhere Glasdicke erheblich reduziert wird.

Neben der (absoluten) Randlast ist in der Tabelle 1 auch die relative Randlast (bezogen auf den Wert der Randlast für den Aufbau 4-12-4-12-4) wiedergegeben. Auf die relativen Werte wird in der Diskussion der Untersuchungsergebnisse in Kapitel 1 Bezug genommen.

Auf Grundlage dieser Daten wurde von der Projektgruppe beschlossen, neben dem Scheibenabstand, wie ursprünglich im Antrag für dieses Forschungsvorhaben vorgesehen, auch die Scheibendicke in die Untersuchungen einzubeziehen. Letztendlich ging es darum, den Einfluss der Randlast auf die Dauerhaftigkeit von Mehrscheiben-Isolierglas zu ermitteln. Und die Randlast wird ganz erheblich von der Dicke der äußeren Scheiben eines MIG beeinflusst.

## 2.2 Prüfung der Dauerhaftigkeit

Die Produktnorm EN 1279 [2] definiert zwei Methoden zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Mehrscheiben-Isolierglas: die Bestimmung der Feuchteaufnahme während einer definierten Klimabelastung in Teil 2 und die Ermittlung der Gasverlustrate nach einer definierten Klimabelastung in Teil 3 der Norm. Nach den Erfahrungen der Forschungsstelle reagiert die Gasverlustrate empfindlicher auf Fehler im Randverbund. Jedoch ist diese Methode zeitlich, messtechnisch und daher auch finanziell wesentlich aufwändiger als die Bestimmung der Feuchteaufnahme. Daher wurde die Bestimmung der Feuchteaufnahme gemäß EN 1279-2 als primäre Untersuchungsmethode ausgewählt.

## 2.3 Untersuchungskonzept

Probekörper verschiedener Aufbauten, die unter Klimalast zum Auftreten unterschiedlicher Randlasten führen, sollten der Feuchteaufnahmeprüfung gemäß EN 1279-2 [2] unterzogen werden. Dabei war es wichtig, die durch die Klimabelastung verursachte absolute Feuchteaufnahme (in g) zu ermitteln, denn nur der absolute Wert (in g) sagt etwas über die Dichtheit des Randverbundes aus. Die relative Änderung der Beladung des Trockenmittels (in %) hängt auch von der Menge an eingefülltem Trockenmittel ab.

Nach den Erfahrungen der Forschungsstelle ist die Dauerhaftigkeit eines MIG ganz wesentlich von der Fertigungsqualität bestimmt, die von Hersteller zu Hersteller erheblich variieren kann. Um statistisch belastbare Aussagen treffen zu können, die auch für „die Industrie“ als Ganzes gültig sind, war es daher wichtig, eine ausreichende Anzahl von Probekörpern von verschiedenen Herstellern zu prüfen.

Die Projektgruppe beschloss, drei Aufbauten zu untersuchen, und die Probekörper dafür von 20 Herstellern (Mitgliedern des BF) produzieren zu lassen. Jeder Hersteller sollte dabei Probekörper für alle drei Aufbauten liefern. Auf diese Weise sollte es möglich sein, einen Einfluss der Randlast auf die Feuchteaufnahme zu ermitteln und gleichzeitig einen Überblick über die Streuung von Ergebnissen innerhalb der Industrie zu erhalten.



*Anmerkung:*

Parallel zu diesem Forschungsvorhaben wurde an der Technischen Universität Darmstadt das Projekt „DuraSeal“ [4] durchgeführt. Es beschäftigt sich im Prinzip mit der gleichen Thematik, allerdings auf einem anderen Weg. Im Rahmen dieses Projektes wurden MIG-Probekörper mit Sensoren für Druck, Temperatur und Verformung ausgestattet. Dabei wurden die Probekörper nur von einem Hersteller produziert und gezielt Parameter wie SZR, Scheibendicke, Abstandhalter, Dichtstoff etc. verändert. Diese Probekörper wurden einer Klimalagerung ausgesetzt; mit dem Ziel, aus den gesammelten Daten ein Ingenieurmodell zur Schätzung/Vorhersage der Lebensdauer von MIG abzuleiten.







### 3 Experimentelle Untersuchungen

#### 3.1 Probekörper

Zur Durchführung der experimentellen Untersuchungen wurden drei Aufbauten aus Tabelle 1 ausgewählt, nämlich:

		<u>Rel. maximale Randlast *</u>
Aufbau 1	4-12-4-12-4 (Dicke 36 mm)	100 %
Aufbau 2	4-18-4-18-4 (Dicke 48 mm)	120 %
Aufbau 3	6-18-4-18-6 (Dicke 52 mm)	160 %

\* Berechnet mit Üko Professional 3S Vers. 9.1  
 Klimabelastung in Anlehnung an EN 1279-2  
 Die Randlasten sind als relative Werte, bezogen auf Aufbau 1, angegeben.

Jeweils 10 Probekörper eines Aufbaus waren für die Prüfung der Feuchteaufnahme notwendig: vier zur Bestimmung der Anfangsbeladung, fünf für die Alterung und anschließende Ermittlung der Endbeladung und ein Probekörper als Rückstellmuster.

Die konstruktiven Details der Probekörper wurden wie folgt festgelegt:

- Format: 350 mm x 500 mm
- Floatglas mit nass gesäumten Kanten
- Abstandhalter: Wärmetechnisch verbesserter Abstandhalter (Hohlprofil), (kein Aluminium bzw. verzinkter Stahl)
- Schüttbares Trockenmittel
- Low-e-Beschichtung auf Pos. 2 und 5
- Ar-Füllung
- Primärdichtstoff: Butyl
- Sekundärdichtstoff: Polyurethan oder Polysulfid, nach Wahl d. Herstellers

Die Probekörper sollten so weit wie möglich nach der bei den einzelnen Herstellern üblichen Praxis produziert werden. Der Einfachheit und Kosten halber wurden alle Probekörper in Floatglas gefertigt, obwohl in Aufbau 1 und 2 die zulässige Biegezugspannung in den Scheiben überschritten wurde (s. Tabelle 1). Da die Überschreitungen nicht sehr groß waren, war auch das Glasbruchrisiko nur gering. Durch nasses Säumen der Kanten sollte das Glasbruchrisiko weiter reduziert werden. Da sich wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter als Standard durchsetzen, sollten sie auch hier verwendet werden. Dabei musste eine Beschränkung auf Hohlprofile mit schüttbaren Trockenmitteln erfolgen. Flexible Abstandhalter mit integriertem Trockenmittel erfordern das Karl-Fischer-Titrationsverfahren, um die Feuchtebeladung zu bestimmen. Dieses Verfahren ist zu zeitaufwendig (etwa Faktor 8 im Vergleich zu schüttbaren Trockenmitteln), um es im Rahmen dieses Forschungsvorhabens einzusetzen.

Die Hersteller der Probekörper verwendeten überwiegend Abstandhalter aus Kunststoff mit metallischer Diffusionssperre, sowie PU als Dichtstoff. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Häufigkeiten der eingesetzten Abstandhalter- und Sekundärdichtstofftypen.

**Tabelle 2** Abstandhalter und Sekundärdichtstoff in Probekörpern

<b>Abstandhalter</b>	<b>Anzahl</b>
Edelstahl	4
Kunststoff mit metallischer Diffusionssperre	16
<b>Sekundärdichtstoff</b>	<b>Anzahl</b>
Polyurethan (PU)	12
Polysulfid (PS)	8

### 3.2 Durchführung

Da es nicht möglich war, die Probekörper von 20 Herstellern gleichzeitig der Klimabelastung auszusetzen, wurden die 20 Hersteller in zwei Gruppen zu je zehn Herstellern eingeteilt. Deren Probekörper konnten gleichzeitig der Klimabelastung unterzogen werden. Abbildung 2 zeigt die Probekörper einer Herstellergruppe in der Klimakammer.



**Abbildung 2** MIG-Probekörper auf Regal in Klimakammer

Die Klimalagerung erfolgte gemäß den Vorgaben der Norm EN 1279-2, begann also mit vier Wochen Wechselklima (von  $-18\text{ °C}$  bei niedriger relativer Feuchte bis  $+53\text{ °C}$  bei mindestens 95 % RH) gefolgt von sieben Wochen Konstantklima ( $+58\text{ °C}$ , mindestens 95 % RH).



Die relative Anfangsbeladung (in %) des Trockenmittels wurde gemäß EN 1279-2 an vier der angelieferten zehn Probekörper bestimmt. Dabei wurden die beiden Scheibenzwischenräume einzeln erfasst. Es wurde angenommen, dass die fünf Probekörper für die Klimalagerung die gleiche (relative) Anfangsbeladung hatten, da alle Probekörper aus derselben Fertigungscharge stammten.

Nach der Klimabelastung wurde die absolute Feuchtebeladung des Trockenmittels der fünf gealterten Probekörper bestimmt. Dabei wurden wiederum die beiden Scheibenzwischenräume einzeln erfasst. Es wurde besonders darauf geachtet, möglichst die gesamte Trockenmittelmenge aus einem Abstandhalter zu entnehmen. (Bei der Ermittlung der relativen Anfangsbeladungen war es unkritisch, wenn aus Versehen ein wenig Trockenmittel im Abstandhalter verblieb, da es keinen Einfluss auf den relativen Wert haben würde.)

Die experimentell ermittelte absolute Feuchtebeladung eines Scheibenzwischenraumes nach der Alterung ist die Summe aus der Anfangsbeladung und der während der Klimalagerung aufgenommenen Feuchte, der sogenannten „Zubeladung“. Das bedeutet: die Zubeladung für jeden Scheibenzwischenraum ergibt sich durch Subtraktion der Anfangsbeladung von der jeweiligen Feuchtebeladung nach der Alterung.

### 3.3 Auswertung der Messungen und Einzelergebnisse

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die ermittelten Einzelergebnisse eines Herstellers, wie sie für alle Hersteller im Anhang zu finden sind.

Hersteller	5			Abstandhalter:	Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
				Sekundärdichtstoff:	PS					
				Tc	in %			22		
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		<b>"Ti"</b>	<b>"m fe"</b>	<b>"m tr"</b>			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-	entnommen	getrocknet	"B"	"Ti"	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	beladung	in g	in g	Beladung	Beladung	Alterung	l
				in %			in g	in %	in g	in %
36 mm	27,362	26,932	0,430	1,6	30,061	28,883	1,178	4,08	0,73	12,3
4-12-4-12-4	27,116	26,707	0,409	1,5	29,617	28,331	1,286	4,5	0,84	14,5
	28,260	27,832	0,428	1,5	30,008	28,748	1,260	4,4	0,81	13,8
	27,850	27,429	0,421	1,5	29,083	27,839	1,244	4,5	0,81	14,2
	28,754	28,283	0,471	1,7	29,413	28,035	1,378	4,9	0,94	16,4
	26,126	25,731	0,395	1,5	27,827	26,689	1,138	4,3	0,72	13,2
	28,237	27,802	0,435	1,6	28,619	27,409	1,210	4,4	0,78	13,9
	28,171	27,733	0,438	1,6	29,550	28,578	0,972	3,4	0,52	9,0
					29,925	28,605	1,320	4,6	0,87	14,9
					29,748	28,631	1,117	3,90	0,67	11,4
<b>Mittel</b>	<b>27,7</b>	<b>27,3</b>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>29,4</b>	<b>28,2</b>	<b>1,2</b>	<b>4,3</b>	<b>0,77</b>	<b>13,4</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,12</b>	<b>2,1</b>
<b>Median</b>	<b>28,0</b>	<b>27,6</b>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>29,6</b>	<b>28,5</b>	<b>1,2</b>	<b>4,4</b>	<b>0,79</b>	<b>13,9</b>
48 mm	39,910	39,307	0,603	1,5	46,074	43,060	3,014	7,0	2,36	26,8
4-18-4-18-4	41,324	40,721	0,603	1,5	44,527	42,670	1,857	4,4	1,21	13,8
	41,533	40,909	0,624	1,5	44,377	41,867	2,510	6,0	1,87	21,9
	40,749	40,158	0,591	1,5	45,531	43,980	1,551	3,5	0,88	9,8
	39,550	38,936	0,614	1,6	45,754	42,902	2,852	6,6	2,20	25,0
	40,853	40,248	0,605	1,5	43,955	42,153	1,802	4,3	1,16	13,5
	42,522	41,873	0,649	1,5	44,937	42,922	2,015	4,7	1,36	15,5
	40,854	40,242	0,612	1,5	42,993	41,309	1,684	4,1	1,06	12,5
<b>Mittel</b>	<b>40,9</b>	<b>40,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,8</b>	<b>42,6</b>	<b>2,2</b>	<b>5,1</b>	<b>1,51</b>	<b>17,3</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1,3</b>	<b>0,56</b>	<b>6,3</b>
<b>Median</b>	<b>40,9</b>	<b>40,2</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,7</b>	<b>42,8</b>	<b>1,9</b>	<b>4,5</b>	<b>1,29</b>	<b>14,7</b>
52 mm	43,479	42,822	0,657	1,5	44,653	41,600	3,053	7,3	2,43	28,5
6-18-4-18-6	43,793	43,150	0,643	1,5	43,922	41,041	2,881	7,0	2,27	26,9
	43,028	42,397	0,631	1,5	45,614	42,903	2,711	6,3	2,07	23,5
	41,500	40,883	0,617	1,5	44,323	41,635	2,688	6,5	2,07	24,2
	44,242	43,593	0,649	1,5	44,776	42,239	2,537	6,0	1,91	22,0
	42,973	42,347	0,626	1,5	44,915	42,629	2,286	5,4	1,65	18,9
	42,165	41,544	0,621	1,5	44,269	42,151	2,118	5,0	1,49	17,2
	41,928	41,314	0,614	1,5	44,592	41,699	2,893	6,9	2,27	26,5
					42,837	40,059	2,778	6,9	2,18	26,5
					43,384	41,704	1,680	4,0	1,06	12,3
<b>Mittel</b>	<b>42,9</b>	<b>42,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,3</b>	<b>41,8</b>	<b>2,6</b>	<b>6,1</b>	<b>1,94</b>	<b>22,7</b>
<b>Stabw</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,42</b>	<b>5,1</b>
<b>Median</b>	<b>43,0</b>	<b>42,4</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,5</b>	<b>41,7</b>	<b>2,7</b>	<b>6,4</b>	<b>2,07</b>	<b>23,9</b>

**Abbildung 3** Exemplarische Darstellung der Einzelergebnisse von Hersteller 5. (Die Einzelergebnisse aller Hersteller sind im Anhang aufgeführt.)

Neben der nach dem Zufallsprinzip an die Hersteller vergebenen Hersteller Nr., oben links, finden sich Angaben zum Abstandhalter und Sekundärdichtstoff sowie die Norm-Feuchtigkeitsaufnahmekapazität des Trockenmittels  $T_C$ . Diese Angaben gelten für alle drei Aufbauten eines Herstellers.

Darunter sind die ermittelten Daten für die untersuchten Aufbauten in drei Tabellen aufgeführt, nämlich für:

		<u>Rel. maximale Randlast *</u>
Aufbau 1	4-12-4-12-4 (Dicke 36 mm)	100 %
Aufbau 2	4-18-4-18-4 (Dicke 48 mm)	120 %
Aufbau 3	6-18-4-18-6 (Dicke 52 mm)	160 %

\* Berechnet mit Üko Professional 3S Vers. 9.1  
Klimabelastung in Anlehnung an EN 1279-2  
Die Randlasten sind als relative Werte, bezogen auf Aufbau 1, angegeben.

In den Tabellen befinden sich links Werte für die Probekörper im Lieferzustand, daneben solche für die gealterten Probekörper einschließlich der Zubeladungen sowie Feuchtigkeitsaufnahmefaktoren. Dabei sind die Werte für jeden Scheibenzwischenraum einzeln aufgeführt. Die Werte für die beiden Scheibenzwischenräume eines Probekörpers sind durch eine Umrahmung zusammengefasst; vier Probekörper für den Lieferzustand und fünf gealterte Probekörper. Sind die Felder für einen Scheibenzwischenraum leer, so war dieser beschädigt, und es konnten keine sinnvollen Werte ermittelt werden.

Arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen und Medianwerte sind unter den Einzelwerten in den Tabellen zu finden.

Die Probekörper im Lieferzustand dienen nur einem einzigen Zweck: nämlich einen Schätzwert  $T_{i,av}$  für die Anfangsbeladung des Trockenmittels zu ermitteln. Dies erfolgte durch Mittelwertbildung der Anfangsbeladungen aller acht Scheibenzwischenräume.

Die einzelnen Zubeladungen  $Z$  für die gealterten Probekörper bzw. Scheibenzwischenräume, d.h. die Feuchtemengen, die während der Alterung aufgenommen worden waren, konnten wie folgt berechnet werden:

$$Z = B - m_{tr} \cdot T_{i,av} \quad \text{wobei} \quad B = m_{fe} - m_{tr}$$

Die Feuchtigkeitsaufnahmefaktoren  $I$  wurden konventionell gemäß EN 1279-2 berechnet. Der Faktor  $I$  gibt den Anteil der nach der normierten Alterung verbrauchten Feuchtigkeitsaufnahmekapazität eines MIG an.

$$I = \frac{T_f - T_{i,av}}{T_C - T_{i,av}}$$

### 3.4 Messunsicherheiten / -fehler

Um die Zubeladung der gealterten Probekörper / Scheibenzwischenräume zu ermitteln, mussten die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte im Labor der Forschungsstelle durchgeführt werden. Diese Arbeitsschritte sind immer mit Unsicherheiten verbunden, die sich auf das Resultat, also den Wert der Zubeladung, auswirken.

#### **Entnahme des Trockenmittels:**

Das Trockenmittel wurde mit großer Sorgfalt entnommen. Jeder Abstandhalter wurde an einander gegenüberliegenden Ecken aufgebohrt, und durch Klopfen wurde das Herausrinnen der Trockenmittelkügelchen begünstigt. Basierend auf früheren Erfahrungen des Labors und nachträglichen Inspektionen einiger Abstandhalter wird geschätzt, dass gelegentlich, bedingt durch die gebogenen Ecken und die eingesteckten Längsverbinder, maximal 1 bis 2 ml Trockenmittel in einem Abstandhalter hätte verbleiben können. Bei einer Schüttdichte vom Molekularsieb von etwa 700 g/l entspricht das etwa 0,7 bis 1,4 g. Der Einfachheit halber soll im Folgenden mit 1 g weitergerechnet werden.

Die von den Herstellern eingefüllten Trockenmittelmengen lagen zwischen etwa 20 und 100 g (s. Tabellen mit Einzelergebnissen im Anhang oder Tabelle 3). Das bedeutet: der durch unvollständige Entnahme des Trockenmittels verursachte Fehler könnte etwa 5 % bei den mit wenig Trockenmittel gefüllten Abstandhaltern betragen und ungefähr 1 % bei den mit viel Trockenmittel gefüllten Abstandhaltern. Wahrscheinlich ist der Fehler aber in den meisten Fällen wesentlich geringer.

#### **Einfüllen in einen Tiegel:**

Das entnommene Trockenmittel wurde in einen Tiegel eingefüllt, darin gewogen, getrocknet (geglüht) und wieder gewogen. Die bis zur ersten Wägung von dem noch aktiven Trockenmittel aus der Atmosphäre aufgenommene Feuchtigkeit wird nach einigen Beobachtungen auf maximal 10 mg geschätzt.

#### **Wägen:**

Das Wiegen erfolgte mit einer Analysenwaage. Die Reproduzierbarkeit der Messungen liegt im Bereich von 1–2 mg.

Die soeben aufgeführten Unsicherheiten bzw. Fehler muss man größenordnungsmäßig vergleichen mit den Einzelwerten der Tabellen im Anhang bzw. mit den Übersichtsdarstellungen im nachfolgenden Kapitel 4. Es wird offensichtlich, dass die durch das Wägen und während des Einfüllens in den Tiegel verursachten Fehler vernachlässigbar klein sind. Die durch eine unvollständige Entnahme des Trockenmittels verursachten Fehler sind relativ klein im Verhältnis zu den Streuungen, die sich aus der Herstellung der Probekörper ergeben haben.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Trockenmittelbefüllung

Tabelle 3 führt für alle Hersteller und Aufbauten die mittlere Trockenmittelbefüllung auf. Dabei wurden die Mittelwerte jeweils aus allen 18 Scheibenzwischenräumen (SZR) berechnet – nämlich den acht SZR (4 Probekörper), die zur Ermittlung der Anfangsbeladung geöffnet wurden sowie den zehn SZR (5 Probekörper), die nach der Alterung geöffnet wurden. Des Weiteren sind in der Tabelle die Standardabweichung dieser 18 Werte und die Spannweite (also die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Wert) angegeben.

**Tabelle 3** Trockenmittelbefüllung der Probekörper, getrockneter Zustand

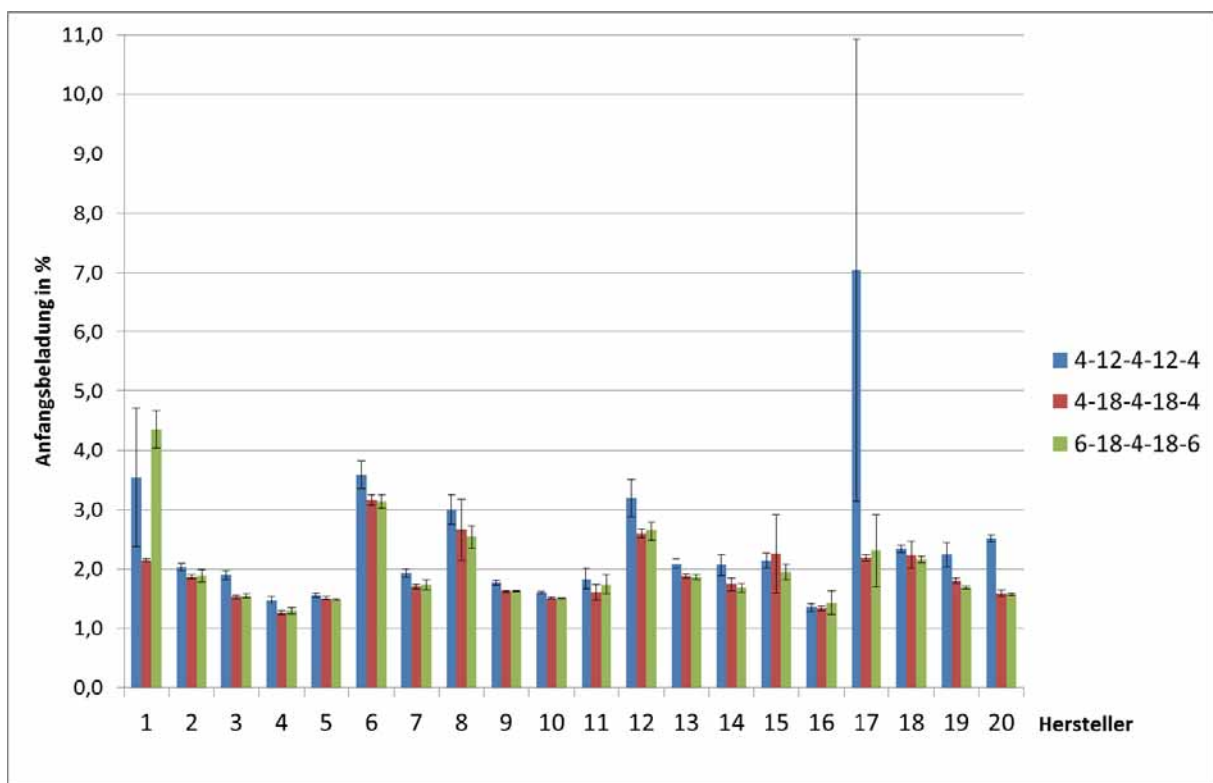
Hersteller	4-12-4-12-4			4-18-4-18-4			6-18-4-18-6		
	Mittel in g	Stabw in g	Spannweite in g	Mittel in g	Stabw in g	Spannweite in g	Mittel in g	Stabw in g	Spannweite in g
1	57	8	31	91	9	36	95	4	14
2	25	7	19	48	4	17	45	8	29
3	20	1	5	62	12	43	66	9	41
4	20	2	7	36	2	10	34	4	14
5	28	1	3	41	2	5	42	1	4
6	34	7	22	67	8	25	60	15	47
7	22	4	13	38	6	18	39	7	22
8	17	3	8	26	8	32	28	4	17
9	22	6	22	37	4	16	37	4	13
10	21	0	2	37	6	23	36	1	2
11	35	1	3	54	1	5	54	0	2
12	30	11	33	56	10	32	53	14	43
13	20	5	17	38	7	27	39	4	14
14	20	5	14	34	10	31	32	7	20
15	18	3	11	34	10	23	38	9	23
16	34	1	5	54	1	2	54	1	3
17	28	2	11	45	0	2	45	1	3
18	48	4	10	79	9	28	79	7	20
19	29	9	34	55	10	27	56	14	48
20	28	1	2	41	8	43	41	0	1

Die absoluten Mengen an Trockenmittel sind an sich für den Zweck dieses Forschungsvorhabens unwesentlich. Aber die Mengen und noch mehr deren Streuungen (ausgedrückt durch Standardabweichung und Spannweite) sind ein Hinweis auf das Maß der Prozesskontrolle bei den einzelnen Herstellern. Als Beispiele sind die Zeilen für die Hersteller 5 und 12 grau unterlegt. Bei Hersteller 5 sind die Standardabweichungen und die Spannweiten sehr gering, bei Hersteller 12 dagegen sehr groß.

Die Befüllung der Abstandhalter mit Trockenmittel ist nur ein Prozessschritt von vielen bei der Herstellung von Mehrscheiben-Isoliergläsern. Daher kann und darf aus dem im vorherigen Absatz Gesagtem nicht geschlossen werden, dass die Scheiben von Hersteller 12 schlechter sind als die von Hersteller 5. Allerdings sollte bedacht werden, dass bei sehr geringer Befüllung mit Trockenmittel, egal ob beabsichtigt oder zufällig durch unzureichende Prozesskontrolle, die Dauerhaftigkeit eines MIG u.U. erniedrigt wird. Die Ausfallwahrscheinlichkeiten in der Dauerprüfung gemäß EN 1279-2 sowie in der realen Nutzung erhöhen sich.

## 4.2 Anfangsbeladung

Abbildung 4 zeigt die mittleren Anfangsbeladungen mit den zugehörigen 95%-Vertrauensbereichen für alle Hersteller und Aufbauten. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens war die Anfangsbeladung eine wichtige Zwischengröße bei der Berechnung der durch die Alterung hervorgerufenen Zubeladung. Dabei war insbesondere die Streuung der Werte bedeutsam. Eine große Streuung der Anfangsbeladung verursacht eine relativ große Unsicherheit bei der Bestimmung der Zubeladung. Für den Hersteller könnte eine hohe Streuung ein Anzeichen für eine unzureichende Prozesskontrolle sein.



**Abbildung 4** Mittlere Anfangsbeladung mit Vertrauensbereich von 95 %

Bei der Mehrzahl der Hersteller liegen die Anfangsbeladungen unter dem in der EN 1279-6 (WPK) festgelegten Grenzwert von 3 % und die Streuungen sind gering. Bei etwa einem Viertel der Hersteller allerdings liegen Anfangsbeladungen über dem Grenzwert bzw. sehr nahe an dem Grenzwert, und es treten zum Teil auch hohe Streuungen auf.

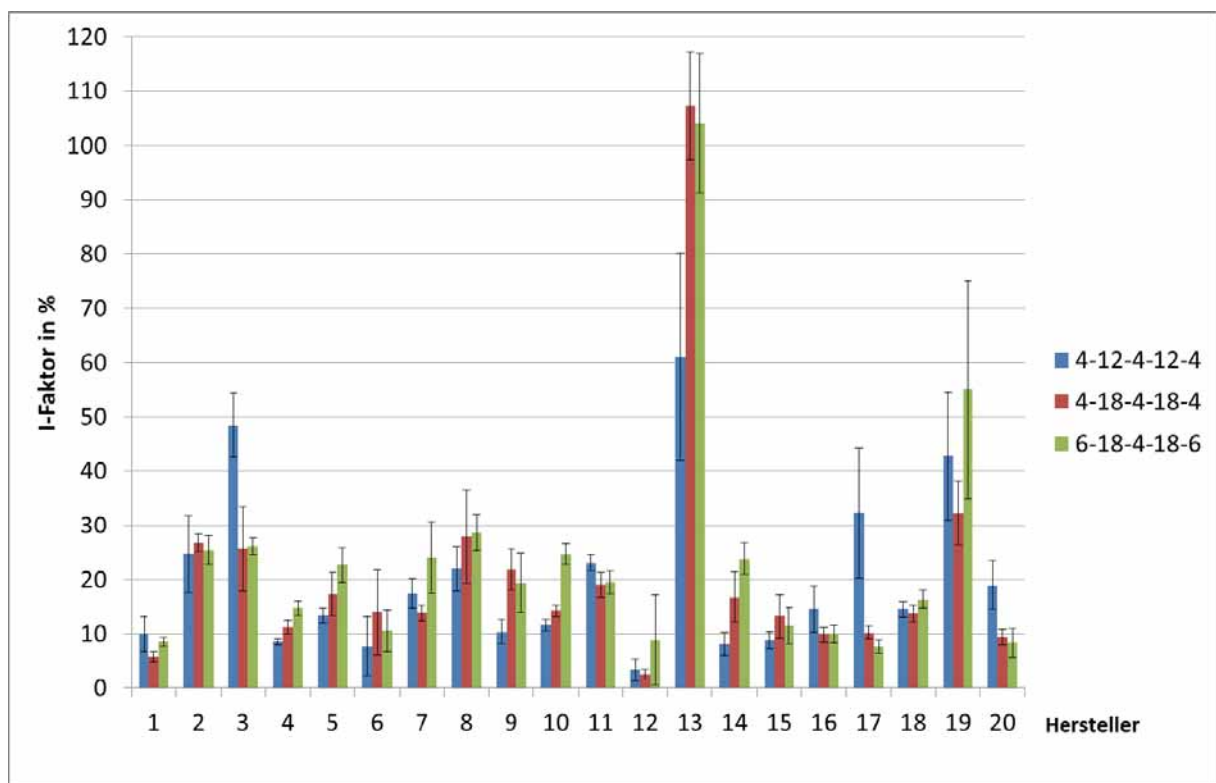
Auffällig in der Abbildung 4 ist der Aufbau 4/12/4/12/4 des Herstellers 17 mit einer sehr hohen Anfangsbeladung und einer sehr hohen Streuung. Betrachtet man die Einzelwerte im Anhang, so findet man zwei Probekörper mit Anfangsbeladungen zwischen 2,2 und 2,5 % und zwei Probekörper mit Anfangsbeladungen zwischen 11,2 und 12,7 %. Die Probekörper waren unauffällig, es konnten keine offensichtlichen Beschädigungen des Rand-



verbundes festgestellt werden. Es war aber davon auszugehen, dass auch die gealterten Probekörper sehr unterschiedliche Anfangsbeladungen haben konnten. Die Verwendung einer mittleren Anfangsbeladung von etwa 7 % (wie in Abbildung 4 zu sehen) zur Berechnung der Zubeladung war hier nicht mehr sinnvoll. Stattdessen wurde mit zwei verschiedenen mittleren Anfangsbeladungen (2,4 und 11,7) gerechnet. Die gealterten Probekörper bzw. SZR ließen sich relativ einfach und eindeutig den beiden Werten für die (wahrscheinliche) Anfangsbeladung zuordnen. Dieses war der einzige Fall, in dem eine „Korrektur“ der Messwerte vorgenommen wurde. Bei den anderen Systemen wurde mit den Mittelwerten der Anfangsbeladungen gerechnet.

### 4.3 Feuchtigkeitsaufnahmefaktor I

Abbildung 5 präsentiert die mittleren Feuchtigkeitsaufnahmefaktoren I und deren 95%-Vertrauensbereiche für alle Hersteller und Aufbauten.



**Abbildung 5** Mittlerer Feuchtigkeitsaufnahmefaktor I mit Vertrauensbereich von 95 %

Zunächst fällt der Hersteller 13 mit sehr hohen Werten auf. Bei zwei der drei Aufbauten ist das Trockenmittel gesättigt ( $I \geq 100\%$ ). Eine visuelle Inspektion der Probekörper zeigte, dass sich der Randverbund bei allen Probekörpern während der Alterung geöffnet hatte. Dies zeigte sich auch durch Einschnürungen des Randverbundes an den äußeren Scheiben (Abbildung 6). Feuchtigkeit konnte praktisch ungehindert in den Scheibenzwischen-

raum eindringen und führte zur Korrosion der low-e-Beschichtungen (Abbildung 7). Außerdem ist auf Abbildung 7 ein unzureichender Butylauftrag an den Kanten und in der Ecke erkennbar. Die Messergebnisse von den Probekörpern dieses Herstellers wurden bei den weiteren Auswertungen nicht mehr berücksichtigt.



**Abbildung 6** Gealterter Probekörper mit Einschnürungen des Randverbundes, Hersteller 13



**Abbildung 7** Gealterter Probekörper mit korrodierter low-e-Beschichtung und unzureichendem Butylauftrag auf den Kanten oben und rechts sowie in der Ecke, Hersteller 13

Gemäß der EN 1279-2 darf der mittlere I-Faktor den Grenzwert von 20 % nicht überschreiten, Einzelwerte dürfen nicht über 25 % liegen. Etwa die Hälfte der Hersteller verletzen zumindest teilweise diese Vorgaben. Die Unterschiede zwischen den Herstellern sind groß.



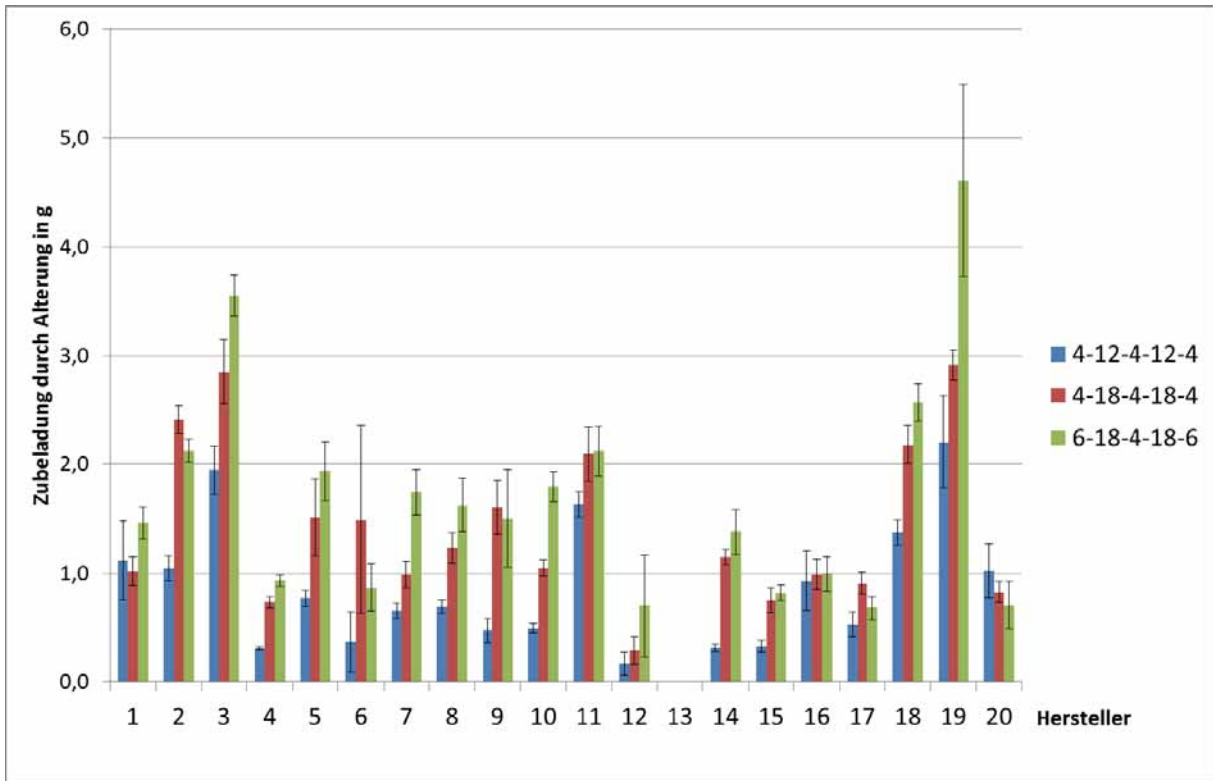
Ein zu hoher I-Faktor bedeutet nicht zwangsläufig, dass die MIG den Anforderungen der EN 1279-2 grundsätzlich nicht gewachsen sind. Es muss auch die Trockenmittelmenge berücksichtigt werden mit der dieser I-Faktor erreicht wurde. Durch eine Erhöhung der Trockenmittelmenge (sofern das räumlich im Abstandhalter noch möglich ist) kann der I-Faktor bei gleicher Qualität/Dichtheit des Randverbundes gesenkt werden. Allerdings wird es bei sich erhöhenden Belastungen (durch größere SZR und dickere Scheiben) wahrscheinlich nicht ausreichen, nur die Trockenmittelmenge zu erhöhen. Effektiver und nachhaltiger ist es, die Qualität/Dichtheit des Randverbundes zu verbessern.

In der Abbildung 5 ist keine Korrelation zwischen der Randlast (bzw. dem Aufbau, s. Kapitel 3.1) und dem I-Faktor erkennbar. In einigen Fällen steigt der I-Faktor mit der Randlast an, in anderen Fällen fällt er. Dafür gibt es wahrscheinlich zwei Gründe: erstens, den Einfluss der Trockenmittelmenge auf den I-Faktor, zweitens den generellen Einfluss der Herstellungsqualität.

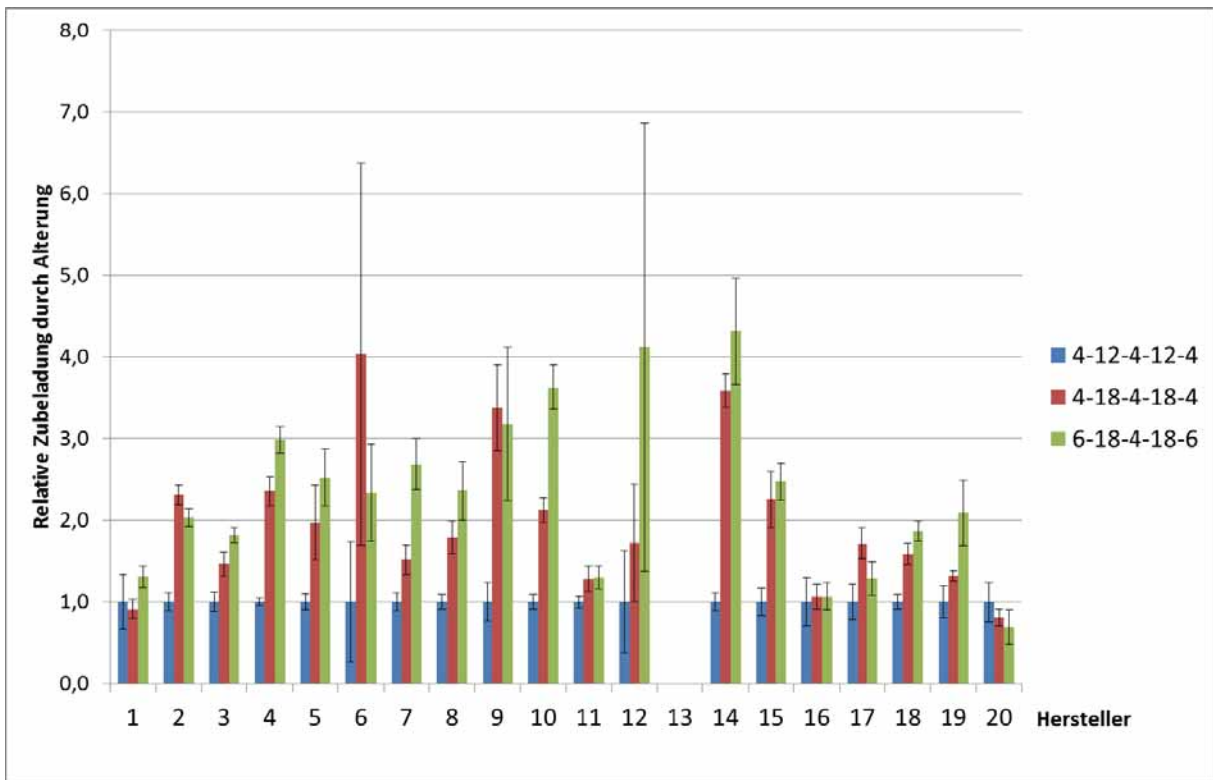
Ähnlich wie die Trockenmittelmenge und die Anfangsbeladung sind der I-Faktor und seine Streuung interessante Größen für die Hersteller der Probekörper. Diese Größen beantworten jedoch nicht die Kernfrage dieses Forschungsvorhabens: Gibt es einen Einfluss der Randlast auf die Feuchteaufnahme von MIG? Dazu ist es notwendig, die absolute Feuchteaufnahme zu betrachten, wie im folgenden Kapitel.

#### **4.4 Zubeladung durch Alterung**

Abbildung 8 präsentiert die Zubeladungen durch Alterung gemäß EN 1279-2 für alle Hersteller (außer 13) und Aufbauten. Durch eine Normierung der Werte mit der jeweiligen Zubeladung des Aufbaus 4/12/4/12/4 wird in Abbildung 9 versucht, den Einfluss der Randlast auf die Zubeladung besser herauszustellen.



**Abbildung 8** Mittlere Zubeladung mit Vertrauensbereich von 95 %



**Abbildung 9** Mittlere relative Zubeladung mit Vertrauensbereich von 95 %



Die Unterschiede zwischen den Herstellern sind erheblich. Zubeladungen streuen von  $\leq 1$  g (Hersteller 4, 12, 15, 16, 17 und 20) bis zu  $\geq 2$  g (Hersteller 2, 3, 11, 18 und 19). Die übrigen Hersteller liegen zwischen 1 g und 2 g.

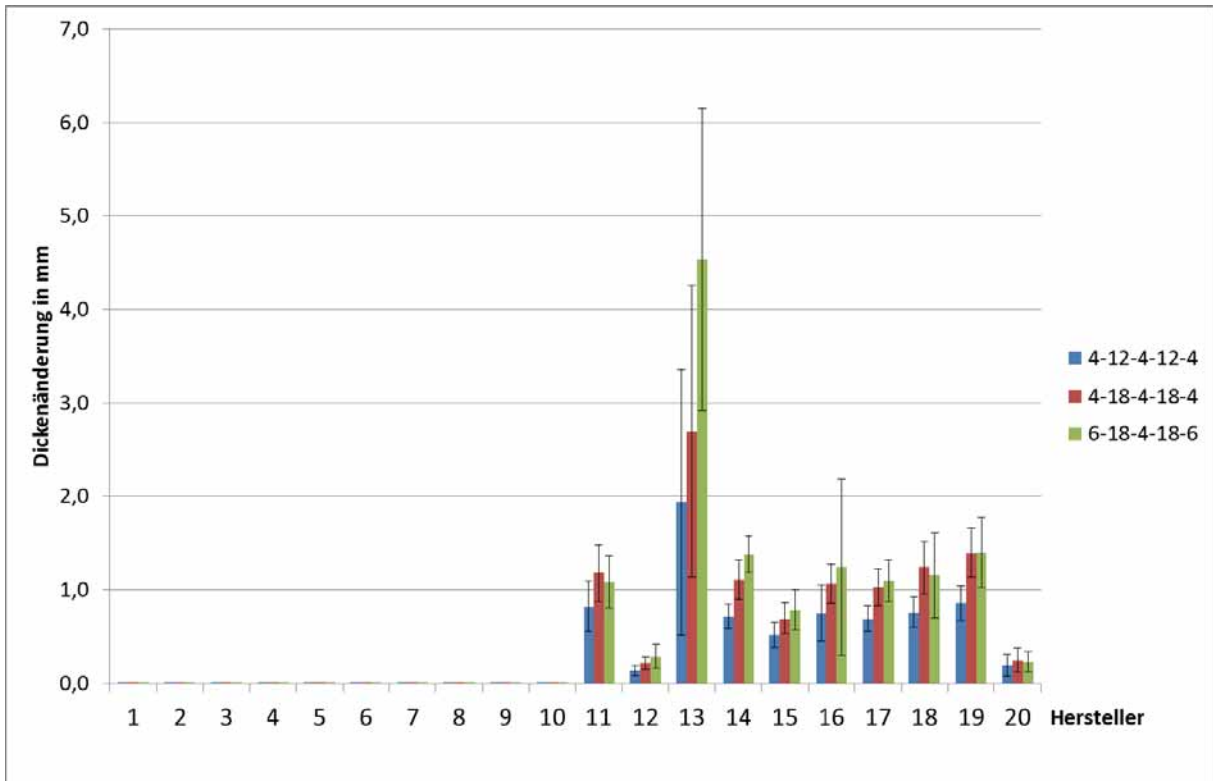
Die Zubeladung des Aufbaus 1 (4/12/4/12/4) liegt meistens deutlich unter denen der beiden anderen Aufbauten. Bei sieben Herstellern liegt die Zubeladung für diesen Aufbau sogar unter 0,5 g (Hersteller 4, 6, 9, 10, 12, 14, und 15). Ein Unterschied zwischen den Aufbauten 2 (4/18/4/18/4) und 3 (6/18/4/18/6) ist nicht so deutlich zu erkennen, obwohl tendenziell der Aufbau 6/18/4/18/6 höhere Zubeladungen aufweist als der Aufbau 4/18/4/18/4. Es treten maximale Zubeladungen von 2 bis 4 g auf (Hersteller 2, 3, 11, 18 und 19). Eine Varianzanalyse [5], gefolgt von Post-hoc Tukey Tests [6] der mittleren Zubeladungen, bestätigen den visuellen Eindruck: Es besteht ein signifikanter Unterschied (Konfidenzniveau 99 %) zwischen Aufbau 1 und den beiden anderen. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Aufbau 2 und 3 ist nicht nachweisbar.

Zusammenfassend lässt sich sagen, ein linearer Zusammenhang zwischen Randlast und Feuchtaufnahme ist auf Grundlage der durchgeführten Messungen nicht erkennbar. Der Anstieg der Zubeladung von Aufbau 2 (4/18/4/18/4) zu Aufbau 3 (6/18/4/18/6) erscheint deutlich geringer als aufgrund der berechneten Randlasten zu vermuten wäre.

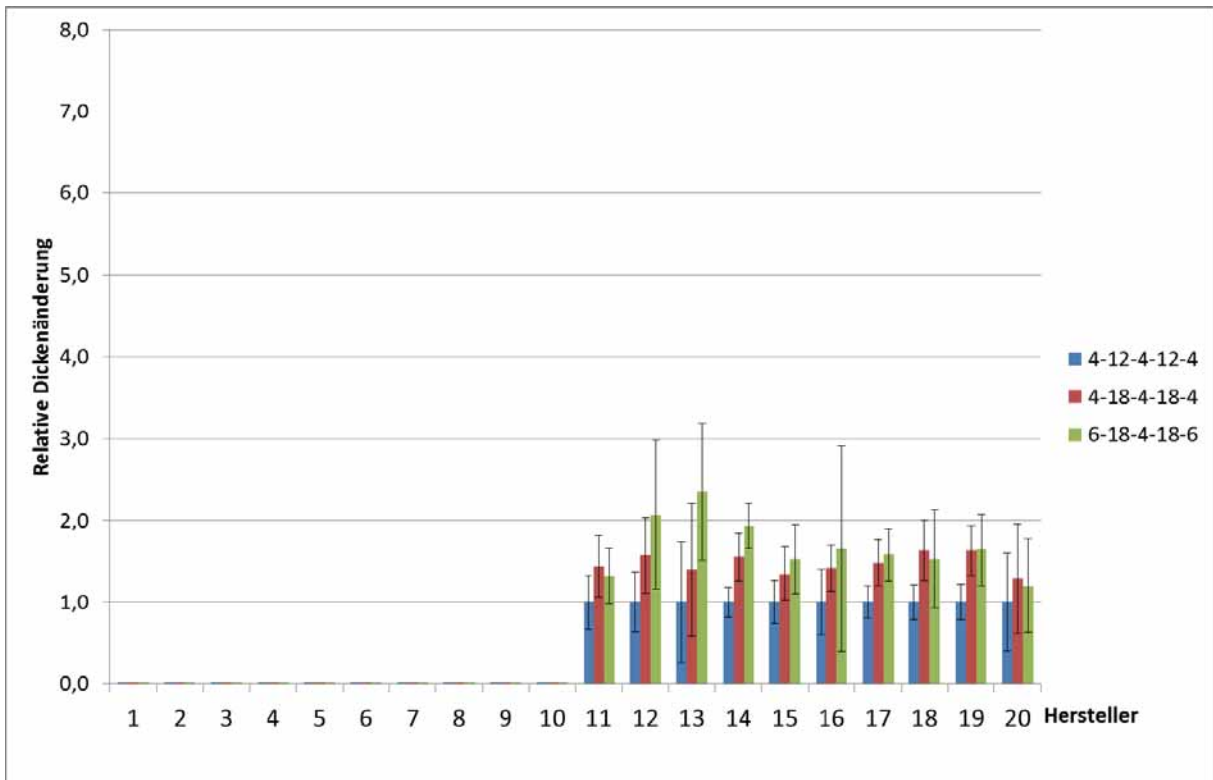
#### 4.5 Dickenänderungen

Im ursprünglichen Prüfkonzept, das sich stark an der EN 1279-2 orientierte, war es nicht vorgesehen, die Änderung der Gesamtglasdicke zu ermitteln. Während des Webmeetings wurde vom projektbegleitenden Ausschuss vorgeschlagen, in der zweiten Messrunde die Änderung der Gesamtglasdicke mit zu ermitteln. Daher sind im nachfolgenden „nur“ die Änderungen der Gesamtglasdicke für die zweite Messrunde (Probekörper 11-20) dargestellt.

Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen die durch die Alterung hervorgerufenen Dickenänderungen der Probekörper aus der zweiten Runde der Untersuchungen. Abbildung 10 zeigt die absoluten Werte und Abbildung 11 die jeweils auf den Aufbau 4/12/4/12/4 normierten Änderungen.



**Abbildung 10** Mittlere Dickenänderung mit Vertrauensbereich von 95 %



**Abbildung 11** Mittlere relative Dickenänderung mit Vertrauensbereich von 95 %



Wie bei den Feuchteaufnahmefaktoren (Abbildung 5) fällt als Erstes der Hersteller 13 auf. Mit Werten zwischen 2 mm und 4 mm liegen die Dickenänderungen erheblich über denen der anderen Hersteller (um 1 mm). Dies ist nicht überraschend, da sich die Probekörper des Herstellers 13 während der Alterung durch Aufweitung des Randverbundes praktisch geöffnet haben.

Eine Korrelation zwischen den Dickenänderungen und den Zubeladungen (Abbildung 8) ist nicht erkennbar. Hersteller 12 und 20 z.B. weisen ähnlich geringe Dickenänderungen auf, zeigen aber deutlich unterschiedliche Zubeladungen. Im Prinzip das Gleiche gilt für die Hersteller 11 und 14 sowie die Gruppen 17, 18 und 19.

Die Dickenänderungen des Aufbaus 4/12/4/12/4 sind geringer als die Dickenänderungen der beiden anderen Aufbauten, welche sich nicht klar unterscheiden lassen.

Die Unsicherheiten (Größe der Vertrauensbereiche) der Dickenänderungen sind relativ gesehen größer als die der Zubeladungen.

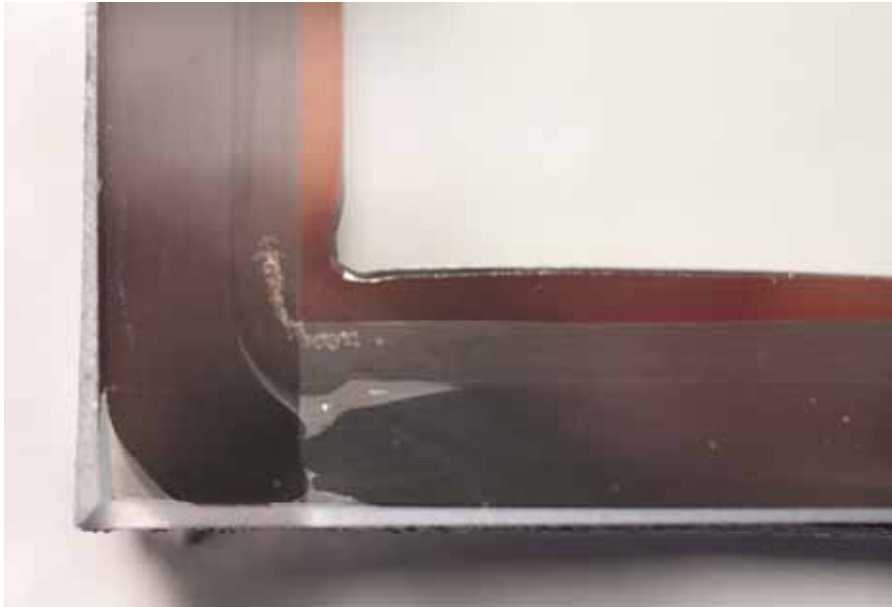
#### 4.6 Visuelle Inspektion der Probekörper

Wie bereits in Kapitel 4.3 (Abbildung 6, Abbildung 7) erwähnt, wurden einige Probekörper nach der Klimalagerung einer Inspektion (visuell, Klapptest) unterzogen, um nach Ursachen für „auffällige“ Ergebnisse zu suchen. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens war es aber nicht möglich, alle Probekörper zu inspizieren, zu dokumentieren und die Beobachtungen zu den jeweiligen Messergebnissen in Beziehung zu setzen. Im Folgenden sind daher nur einige weitere Beobachtungen/Auffälligkeiten zusammengetragen.

Unzureichende Butylaufträge auf den Kanten (Abbildung 12) und insbesondere in den Ecken (Abbildung 13, Abbildung 14), wo die Abstandhalter durch den Biegevorgang aufgeweitet sind, waren häufiger zu beobachten.



**Abbildung 12** Unzureichender Butylauftrag auf Abstandhalter



**Abbildung 13** Unzureichende Butylabdeckung an durch Biegung auf geweiteter Abstandhalterecke; Lufteinschlüsse (grau) im Sekundärdichtstoff am Anfangs-/Endpunkt der automatischen Versiegelung – die Dichtung scheint an dieser Stelle praktisch nur einstufig zu sein.



**Abbildung 14** Aufgeklappter Probekörper. Unzureichender Butylauftrag in der Ecke und auf der Kante.

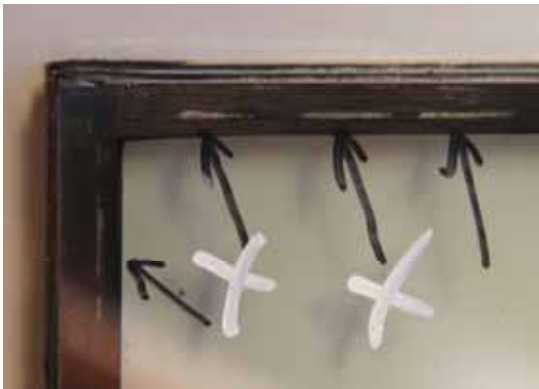
Des Weiteren gab es auch mehrere Fälle mit Lufteinschlüssen an den Anfangs-/Endpunkten der automatischen Versiegelung (Abbildung 13) und entlang der dem Sekundärdichtstoff zugewandten Schrägen der Abstandhalter (Abbildung 15, Abbildung 16).

Bei angemessener Schrägbeleuchtung der Probekörper wird eine low-e-Beschichtung orange-braun sichtbar, wenn sie mit Butyl oder Dichtstoff in Kontakt ist (Abbildung 15, Abbildung 16 rechts). Abbildung 15 zeigt eine gleichmäßige Entschichtung des Scheibenrandes. In Abbildung 16 dagegen ist keine Randentschichtung sichtbar mit Ausnahme der Ecke oben links. Die Beschichtung könnte von der Glaskante ausgehend Feuchtigkeit aufnehmen und korrodieren. Dadurch würde letztendlich ein Pfad für das Eindringen von Feuchtigkeit in den Scheibenzwischenraum und den Austritt von Füllgas geschaffen.



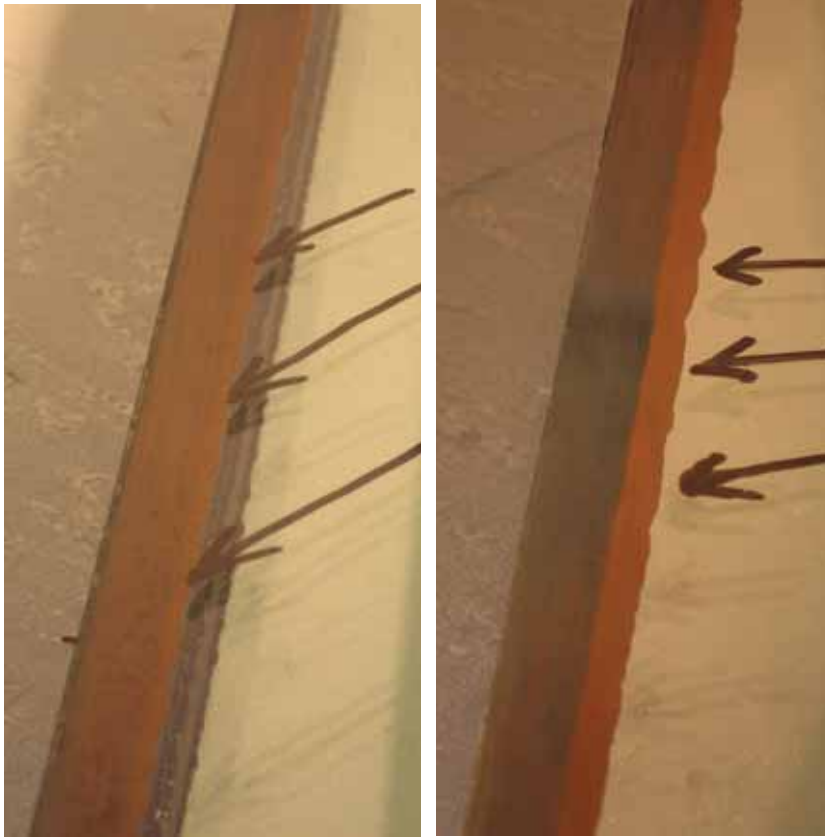


**Abbildung 15** Lufteinschluss (grau) entlang der dem Sekundärdichtstoff zugewandten Schräge des Abstandhalters

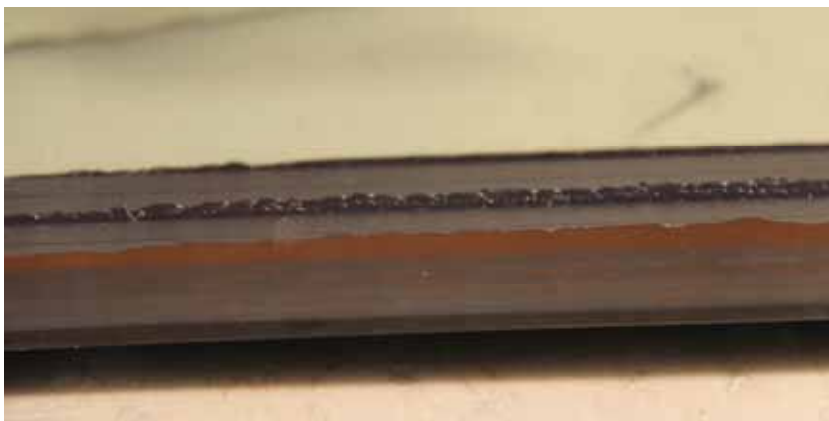


**Abbildung 16** Lufteinschlüsse (grau) entlang der dem Sekundärdichtstoff zugewandten Schräge des Abstandhalters; rechts: in Schrägbeleuchtung wird eine unzureichende Randentschichtung sichtbar

Abbildung 17 zeigt zwei weitere Beispiele ungenügender Randentschichtung. Bei dem rechten Beispiel von einem gealterten Probekörper ist der wellenförmige Verlauf der Butyllinie auffällig. Das Butyl ist dort durch die Randlast während der Klimaalterung in den Scheibenzwischenraum gepresst worden. Abbildung 18 zeigt das eingepresste Butyl etwas deutlicher; nicht nur an der äußeren Scheibe, sondern ganz besonders auch an der mittleren Scheibe. Die Randentschichtung erscheint hier ausreichend.



**Abbildung 17** Links: keine Randentschichtung;  
rechts: ungenügende Randentschichtung, Butyl wellenförmig in den SZR gepresst



**Abbildung 18** Butyl in den SZR gepresst, gute Randentschichtung

Das Einpressen von Butyl in den Scheibenzwischenraum tritt recht häufig auf und wird im direkten Vergleich von Probekörpern im Lieferzustand und gealterten Zustand besonders deutlich (Abbildung 19, Abbildung 20). In den Mitten der langen Kanten wird während der Alterung mehr Butyl in den SZR gepresst als in den Ecken (Abbildung 20). Das entspricht der Theorie, die besagt, dass die höchsten Randlasten in den Mitten der langen Kanten auftreten.



**Abbildung 19** Zwei Probekörper vom selben Hersteller:  
links im Lieferzustand, rechts nach Klimaalterung



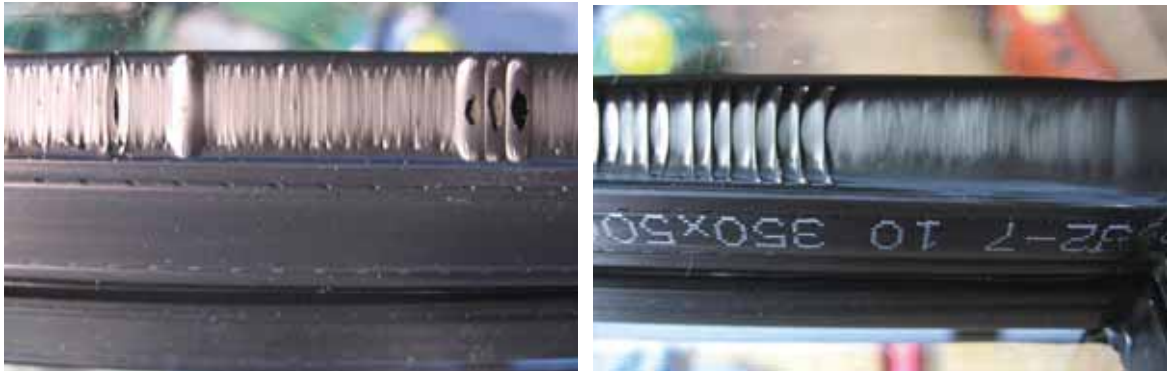
**Abbildung 20** Probekörper wie in Abbildung 19: links im Lieferzustand, rechts nach Klimaalterung. In der Mitte der langen Kante ist mehr Butyl in den SZR gepresst worden als in der Ecke.

Das Einpressen von Butyl in den Scheibenzwischenraum bedeutet aber nicht, dass die Scheibendicke reduziert ist. Im Gegenteil, wie bereits in Kapitel 4.5 diskutiert, erfolgt eine Aufweitung der Probekörper durch die Klimabelastung. Die Aufweitung der Dichtungsebenen kann durch das Einführen einer Dickensonde demonstriert werden (Abbildung 21).

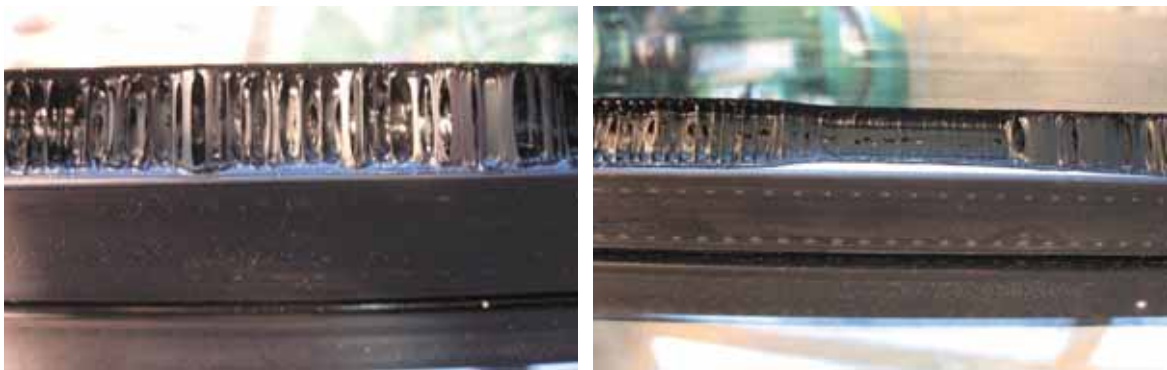


**Abbildung 21** Dickensonde (0,3 mm dick, ca. 3 mm eingeführt) in einer Butyldichtung der mittleren Scheibe

Ein guter Indikator für die Qualität der Haftung zwischen Glas und Butyl ist der Fadenzug beim sogenannten Klapptest. Dazu wird an einem MIG-Probekörper der Verbund zwischen der oberen Glasscheibe und dem Abstandhalter an drei Seiten (kurz–lang–kurz) mit einem Messer durchtrennt. Dann lässt sich die obere Scheibe anheben und aufklappen wie ein Buchdeckel. Zunächst sollte die Scheibe nur wenige Zentimeter angehoben und dabei beobachtet werden, was für ein Fadenzug des Butyls an der vierten Seite sichtbar wird. In den folgenden Beispielen ist das Butyl eigentlich schon fast überdehnt; die obere Scheibe wurde relativ weit angehoben, um Fotos des Fadenzugs machen zu können. Etwa die Hälfte der Dehnung würde normalerweise ausreichen, um den Fadenzug rein visuell beurteilen zu können. In den Abbildung 22 bis Abbildung 25 sind mehrere Beispiele guter und schlechter Haftung zwischen Glas und Butyl wiedergegeben. Ist die Haftung eher schlecht, so ist es auch wahrscheinlicher, dass ein Pfad für Feuchte in den SZR bzw. für Füllgas aus dem SZR heraus besteht. Die Dauerhaftigkeit des Isolierglases ist eingeschränkt. Das Gleiche gilt, wenn bereits während der Klimaalterung kohäsives Versagen im Butyl auftritt. Im Klapptest ist dann kein Fadenzug sichtbar, die gegenüberliegenden Butyloberflächen erscheinen glatt (Abbildung 26).



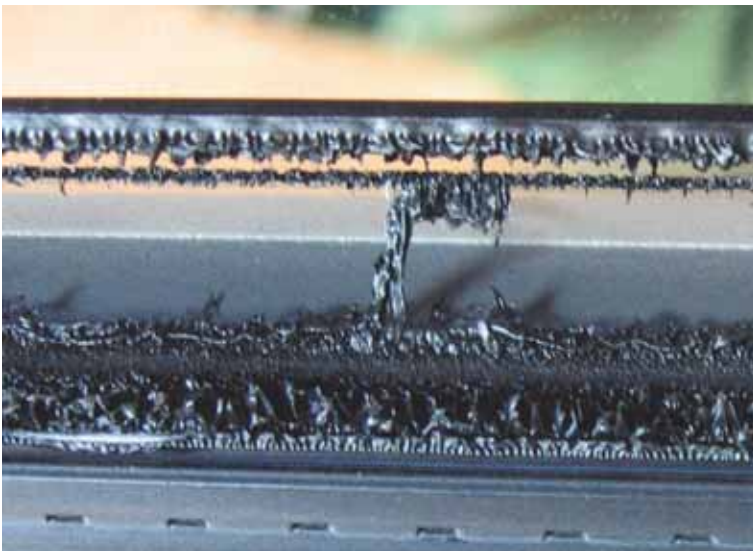
**Abbildung 22** Beispiele für guten Fadenzug: Geschlossener Vorhang von Butylfäden



**Abbildung 23** Immer noch recht guter Fadenzug. Allerdings sind die Frontlinien nicht mehr geradlinig wie in Abbildung 22. In den Eindellungen bestand keine Haftung mehr zwischen Abstandhalter und Butyl.

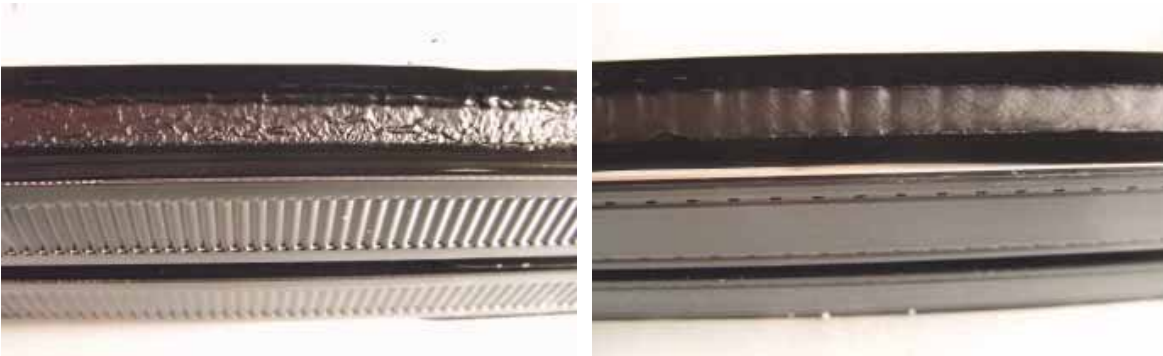


**Abbildung 24** Butyl beim Aufklappen überdehnt, alle Fäden gerissen



Haftungsverlust Butyl / Glas

**Abbildung 25** Ausschnitt aus Abbildung 24. In dem durch Pfeil markierten Bereich befindet sich kein Butyl auf dem Glas. Es scheint dort keine Haftung zwischen dem Butyl und dem Glas bestanden zu haben.



**Abbildung 26** Beispiele für kohäsives Versagen im Butyl: kein Fadenzug



Einige potenzielle Undichtheiten des Randverbundes ließen sich leicht vermeiden. So war in einem Fall der Abstandhalter offenbar nicht lang genug, und es wurde ein kurzes Stück mit zwei Längsverbindern eingefügt (Abbildung 27). Wenn dann auch noch eine große Lücke zwischen den Abstandhalterenden an einer Verbindungsstelle besteht und keine Butylierung auf der Rückseite erfolgt ist (Abbildung 28), so kann Feuchtigkeit sehr leicht in den Scheibenzwischenraum einwandern bzw. das Füllgas entweichen. An einer solchen Stelle besteht nur eine einstufige Abdichtung durch Sekundärdichtstoff.



**Abbildung 27** Der Abstandhalter war zu kurz, es wurde ein kurzes zusätzliches Stück mit zwei Längsverbindern eingefügt. Die Draufsicht zeigt, dass die Butylierung ungenügend war.



**Abbildung 28** Eine große Lücke an der Verbindungsstelle, keine Butylierung auf der Rückseite







## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In diesem Forschungsvorhaben wurde versucht den Zusammenhang zwischen der Feuchtigkeitsaufnahme (EN 1279-2) und der Randlast in Dreifach-Wärmedämmglas zu ermitteln. Die Randlast konnte über die Größe der Scheibenzwischenräume und die Scheibendicken der Probekörper variiert werden:

		<u>Rel. maximale Randlast *</u>
Aufbau 1	4-12-4-12-4	100 %
Aufbau 2	4-18-4-18-4	120 %
Aufbau 3	6-18-4-18-6	160 %

\* Berechnet mit Üko Professional 3S Vers. 9.1  
Belastung in Anlehnung an EN 1279-2  
Die Randlasten sind als relative Werte, bezogen auf Aufbau 1, angegeben.

Es wurden nur starre Randverbundsysteme (Hohlprofilabstandhalter) mit schüttbaren Trockenmitteln untersucht. Probekörper waren von zwanzig Herstellern geliefert worden.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Höhere Randlasten führen zu höheren Feuchteaufnahmen.
- Ein linearer Zusammenhang zwischen Randlast und Feuchteaufnahme konnte im Rahmen der Untersuchungen nicht ermittelt werden. So zeigten die Scheiben mit dem Aufbau 2 im Vergleich zu denen mit dem Aufbau 1 deutlich höhere Feuchteaufnahmen. Der Anstieg der Feuchteaufnahme von Aufbau 2 zu Aufbau 3 war jedoch weniger deutlich, als aufgrund der berechneten Randlasten zu vermuten wäre.
- Der Einfluss der Herstellungsqualität auf die Feuchteaufnahme zeigte sich bei den Untersuchungen als mindestens genauso stark wie der Einfluss der Randlast, und er überlagerte die Ergebnisse deutlich.
- Aus dem vorangehenden Punkt folgt direkt: Einer erhöhten Prozesssicherheit bei der Herstellung von MIG mit erhöhten Randlasten (3-fach-MIG mit großem SZR, dicke Scheiben) kommt eine große Bedeutung zu.
- Der Feuchtigkeitsaufnahmefaktor I ist kein hinreichendes Kriterium zur Beurteilung der Qualität eines Randverbundes, da er neben der eigentlichen Herstellungsqualität auch von der Trockenmittelmenge abhängig ist.

Ferner ist anzumerken:

- Die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchungen zur Feuchteaufnahme sind nicht direkt auf Gasverlustraten übertragbar.
- Es ist unklar, ob oder inwieweit die hier gewonnenen Erkenntnisse übertragbar sind auf Mehrscheiben-Isoliergläser mit flexiblen Abstandhaltern mit integriertem Trockenmittel.

- Während lange, schmale Formate (mit einer kurzen Kante  $< 65$  cm) das höchste Glasbruchrisiko unter Klimalast aufweisen [7], ergeben sich die höchsten Randlasten bei quadratischen Formaten (mit Kantenlängen von 40 – 60 cm) [1].

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens sollten zusammen mit denen des Projektes „DuraSeal“ [4] betrachtet werden. Während es in diesem Projekt auch ganz wesentlich darum ging einen Überblick über die in der Industrie von Hersteller zu Hersteller auftretenden Streuungen zu gewinnen, wurden im Projekt DuraSeal die Produktionseinflüsse minimiert, indem alle Probekörper in einem Werk hergestellt wurden. Stattdessen wurden neben SZR und Scheibendicke auch Faktoren wie Abstandhalterttyp, Butylauftrag, Dichtstoff, Rückenüberdeckung etc. gezielt variiert in der Absicht, funktionelle Zusammenhänge zwischen den Faktoren und der resultierenden Dauerhaftigkeit zu ermitteln. Wenn die gewonnenen Erkenntnisse vielleicht auch nicht unmittelbar auf andere Systeme übertragbar sind, so lassen sich wahrscheinlich doch einige Hinweise zur Verbesserung von Herstellungsprozessen ableiten.

Des Weiteren sollten mehr Dreifach-Wärmedämmgläser im Rahmen der externen Güteüberwachung (RAL) Dauerhaftigkeitsprüfungen gemäß EN 1279 unterzogen werden (anstatt des von der Norm vorgeschriebenen Zweifach-Glases), um langfristig eine breitere Datenbasis für Dreifach-Wärmedämmglas zu schaffen und damit zur Verbesserung der Prozesssicherheit beizutragen.

Zwei weitere Themenbereiche könnten für eine Fortführung der Arbeit erwogen werden:

- Der Einfluss der Randlast auf die Gasverlustrate (EN 1279-3) in Dreifach-Wärmedämmglas: Der Gasgehalt im Scheibenzwischenraum und die Gasverlustrate haben einen wesentlichen Einfluss auf die Wärmedämmung eines MIG und die Geschwindigkeit mit der sich die Wärmedämmung im Laufe der Nutzungsdauer vermindert. Untersuchungen gemäß EN 1279-3 sind allerdings sehr zeit- und kostenaufwändig.
- Der Einfluss der Randlast auf die Dauerhaftigkeit von Dreifach-Wärmedämmglas mit flexiblen Abstandhaltern und integriertem Trockenmittel: Diese Systeme nehmen einen zunehmenden Anteil des Marktes in Anspruch. Der Aufwand zur Bestimmung der Feuchtigkeitsaufnahme (über Karl-Fischer-Titration) ist wesentlich größer als bei Hohlprofilssystemen mit schüttbaren Trockenmitteln (etwa Faktor 8). Die Anzahl der Probekörper müsste wahrscheinlich reduziert werden im Vergleich zu diesem Projekt. Der Aufwand zur Bestimmung der Gasverlustrate wäre der Gleiche wie für Systeme mit schüttbaren Trockenmitteln.



## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Feldmeier, F.  
Bericht G1109-3: Beanspruchung des Isolierglasrandverbundes durch interne Lasten, September 2011  
im Auftrag des Bundesverbandes Flachglas e.V.
- [2] DIN EN 1279  
Glas im Bauwesen - Mehrscheiben-Isolierglas  
Berlin, Beuth Verlag GmbH
- [3] Feldmeier, F.;  
Klimabelastung und Lastverteilung bei Isolierglas,  
Stahlbau 75 (2006), Heft 6, Seite 467 bis 478
- [4] Buddenberg, S.; Hof, P.; Beyer, J.; Oechsner, M. (2015): Dauerhaftigkeit und Dimensionierung des  
Randverbundes von Mehrscheibenisolierglas in Abhängigkeit der Klimalast bei Zweifach- und Dreifach-  
isolierglas - DuraSeal (IGF-Vorhaben 17235 N). Darmstadt: TU-Darmstadt - Staatliche Materialprüfungs-  
anstalt.
- [5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Varianzanalyse>
- [6] [https://de.wikipedia.org/wiki/Post-hoc-Test#Tests\\_f.C3.BCr\\_den\\_balancierten\\_Fall](https://de.wikipedia.org/wiki/Post-hoc-Test#Tests_f.C3.BCr_den_balancierten_Fall)
- [7] Rose, A.; Sack, N.  
Forschungsbericht „Energieeffizientes Mehrscheiben-Isolierglas – Untersuchungen von technischen  
Maßnahmen zur Reduzierung des Flächengewichtes“  
ift Rosenheim, Dezember 2012





## 7 Danksagung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert (Aktenzeichen: II 3-F20-12-1-156 / SWD-10.08.18.7-13.35).

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

Das Forschungsprojekt wurde in beratender Funktion durch eine projektbegleitende Arbeitsgruppe betreut. Den Mitgliedern des Beratergremiums gilt besonderer Dank:

Herr Prof. Dr. Franz Feldmeier	Hochschule Rosenheim
Herr Dr.-Ing. Peter Hof	MPA-IfW, Darmstadt
Herr Dr. Rüdiger Reichardt	Fenzi Belgium nv/sa, Vilvoorde, Belgien
Herr Dr. Michael Brüggemann	Forschungsinitiative Zukunft Bau

Besonderer Dank gebührt auch dem Bundesverband Flachglas e.V., der das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützte,



Bundesverband Flachglas e.V.,

sowie den folgenden Mitgliedern des Bundesverbandes, die die Probekörper unentgeltlich zur Verfügung stellten:

Glaswerke Arnold GmbH & Co. KG, Remshalden  
 Energy Glas GmbH, Wolfhagen  
 Glaskontor GmbH, Bamberg  
 Interpane Glas Industrie AG, Lauenförde  
 Glas Leuchtle GmbH, Dillingen/Saar  
 Glas Müller Vetri AG, Bozen, Italien  
 Glas Natter GmbH, Regensburg  
 Petschenig glastec GmbH, Leopoldsdorf, Österreich  
 Risse Glas GmbH, Rüthen  
 Rosenheimer Flachglashandel, Flintsbach  
 Glas Schneider GmbH & Co. KG, Hachenburg  
 Glas-Schöninger GmbH & Co. KG, Weiden in der Oberpfalz  
 Sencoglas Holding GmbH, Westerstede – Standort Bramsche

Semcoglas Holding GmbH, Westerstede – Standort Wassenberg  
Teutemacher Glas GmbH, Warendorf  
Thermamet Isolierglas GmbH, Rietberg  
Glas Trösch GmbH, Memmingen  
Flachglas Uhsmannsdorf GmbH, Rothenburg/Oberlausitz  
Hunsrücker Glasveredelung Wagner GmbH & Co. KG, Kirchberg (Hunsrück)

Hinweis: Die Auflistung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge. Die im Bericht verwendeten Hersteller-Nrn. wurden nach dem Zufallsprinzip vergeben.

## Anhang: Einzelergebnisse der Hersteller

### Erläuterung der Tabellenfelder in Kapitel 3.3

Hersteller	1			Abstandhalter:	Edelstahl					
				Sekundärdichtstoff:	PU					
				Tc	in %	22				
Lieferzustand				Gealtert				"Z"		
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"	"B"	"Ti"	Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-	TM	TM	Beladung	Beladung	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	beladung	entnommen	getrocknet	in g	in %	Alterung	I
				in %	in g	in g			in g	in %
36 mm	62,817	59,509	3,308	5,6	65,496	62,087	3,409	5,49	1,21	10,5
4-12-4-12-4	57,512	54,422	3,090	5,7	64,216	60,866	3,350	5,5	1,19	10,6
	50,065	47,820	2,245	4,7	66,968	63,358	3,610	5,7	1,36	11,7
	39,373	38,454	0,919	2,4	58,605	55,316	3,289	5,9	1,33	13,0
	70,828	69,270	1,558	2,2	61,829	59,050	2,779	4,7	0,69	6,3
	42,842	41,617	1,225	2,9	66,324	63,363	2,961	4,7	0,71	6,1
	60,654	59,243	1,411	2,4	60,239	58,569	1,670	2,9		
	55,450	54,114	1,336	2,5	65,546	63,656	1,890	3,0		
					65,821	61,446	4,375	7,1	2,20	19,4
					57,930	55,670	2,260	4,06	0,29	2,8
<b>Mittel</b>	<b>54,9</b>	<b>53,1</b>	<b>1,9</b>	<b>3,5</b>	<b>63,3</b>	<b>60,3</b>	<b>3,0</b>	<b>4,9</b>	<b>1,12</b>	<b>10,0</b>
<b>Stabw</b>	<b>10,5</b>	<b>10,1</b>	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>	<b>3,4</b>	<b>3,1</b>	<b>0,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,58</b>	<b>5,1</b>
<b>Median</b>	<b>56,5</b>	<b>54,3</b>	<b>1,5</b>	<b>2,7</b>	<b>64,9</b>	<b>61,2</b>	<b>3,1</b>	<b>5,1</b>	<b>1,20</b>	<b>10,6</b>
48 mm	64,190	62,842	1,348	2,1	93,413	90,527	2,886	3,2	0,94	5,2
4-18-4-18-4	100,951	98,794	2,157	2,2	96,388	93,370	3,018	3,2	1,01	5,5
	100,634	98,555	2,079	2,1	85,255	82,267	2,988	3,6	1,22	7,5
	93,221	91,252	1,969	2,2	96,501	93,630	2,871	3,1	0,86	4,6
	99,904	97,785	2,119	2,2	93,925	91,181	2,744	3,0	0,78	4,3
	99,518	97,469	2,049	2,1	93,980	91,328	2,652	2,9	0,69	3,8
	98,548	96,436	2,112	2,2	87,650	84,583	3,067	3,6	1,25	7,4
	100,808	98,693	2,115	2,1	96,026	93,040	2,986	3,2	0,99	5,3
					95,471	92,303	3,168	3,4	1,18	6,5
					85,410	82,363	3,047	3,7	1,28	7,8
<b>Mittel</b>	<b>94,7</b>	<b>92,7</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>92,4</b>	<b>89,5</b>	<b>2,9</b>	<b>3,3</b>	<b>1,02</b>	<b>5,8</b>
<b>Stabw</b>	<b>12,6</b>	<b>12,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,21</b>	<b>1,4</b>
<b>Median</b>	<b>99,7</b>	<b>97,6</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>94,0</b>	<b>91,3</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>	<b>1,00</b>	<b>5,4</b>
52 mm	103,217	98,840	4,377	4,4	100,434	97,796	2,638	2,7	-1,63	-9,4
6-18-4-18-6	91,623	88,325	3,298	3,7	92,509	89,962	2,547	2,8	-1,38	-8,7
	89,119	84,772	4,347	5,1	101,044	98,384	2,660	2,7	-1,63	-9,4
	99,982	95,584	4,398	4,6	101,498	98,549	2,949	3,0	-1,35	-7,8
	98,706	94,835	3,871	4,1	99,359	96,765	2,594	2,7	-1,63	-9,5
	100,159	96,084	4,075	4,2	101,454	98,773	2,681	2,7	-1,63	-9,3
	92,081	88,157	3,924	4,5	99,588	96,924	2,664	2,7	-1,56	-9,1
	97,009	93,076	3,933	4,2	98,748	96,098	2,650	2,8	-1,54	-9,1
					94,934	91,821	3,113	3,4	-0,89	-5,5
					99,683	96,826	2,857	3,0	-1,37	-8,0
<b>Mittel</b>	<b>96,5</b>	<b>92,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,4</b>	<b>98,9</b>	<b>96,2</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>-1,46</b>	<b>-8,6</b>
<b>Stabw</b>	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,23</b>	<b>1,2</b>
<b>Median</b>	<b>97,9</b>	<b>94,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,3</b>	<b>99,6</b>	<b>96,9</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>-1,55</b>	<b>-9,1</b>

Aufbau 4-12-4-12-4: Die gelb markierten Werte für Zubeladung und I-Faktor würde man u.U. bei einer MIG-Prüfung gemäß EN 1279 nicht in der Auswertung berücksichtigen. Eventuell war einer der SZR während der Klimabelastung praktisch offen (hohe Feuchtigkeitsaufnahme) und hat dadurch den anderen SZR entlastet (geringe Feuchtigkeitsaufnahme). Das lässt sich aber im Detail nicht nachweisen. Daher wurden diese Werte in der Auswertung (Graphen in Kapitel 1) belassen.

Aufbau 6-18-4-18-6: Durch Vertauschen von Feldern in der Auswertesoftware haben sich hier negative Werte für Zubeladung und I-Faktor ergeben. Diese wurden aber als positive Werte in die Auswertung (Graphen in Kapitel 1) übernommen.

Hersteller	2		Abstandhalter: Sekundärdichtstoff: Tc in %		Kunststoff / metallische Diffusionssperre PS 20					
	Lieferzustand				Gealtert				"Z"	Feucht.
	TM entnommen in g	TM getrocknet in g	Beladung in g	"Ti" Anfangs- beladung in %	"m fe" TM entnommen in g	"m tr" TM getrocknet in g	"B" Beladung in g	"Ti" Beladung in %	Zubeladung durch Alterung in g	aufn.faktor I in %
36 mm	29,849	29,270	0,579	2,0	32,317	30,615	1,702	5,6	1,08	19,6
4-12-4-12-4	18,603	18,217	0,386	2,1	32,704	31,136	1,568	5,0	0,93	16,7
	19,846	19,443	0,403	2,1	32,544	30,628	1,916	6,3	1,29	23,5
	29,113	28,549	0,564	2,0	13,550	12,409	1,141	9,2	0,89	39,9
	18,832	18,441	0,391	2,1	17,858	16,198	1,660	10,2	1,33	45,7
	18,161	17,785	0,376	2,1	19,677	18,175	1,502	8,3	1,13	34,7
	27,907	27,370	0,537	2,0	32,632	30,848	1,784	5,8	1,16	20,9
	27,808	27,278	0,530	1,9	32,317	30,906	1,411	4,6	0,78	14,1
					32,515	30,940	1,575	5,1	0,95	17,0
					33,432	31,860	1,572	4,9	0,92	16,1
<b>Mittel</b>	<b>23,8</b>	<b>23,3</b>	<b>0,5</b>	<b>2,0</b>	<b>28,0</b>	<b>26,4</b>	<b>1,6</b>	<b>6,5</b>	<b>1,05</b>	<b>24,8</b>
<b>Stabw</b>	<b>5,3</b>	<b>5,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>7,7</b>	<b>7,6</b>	<b>0,2</b>	<b>2,0</b>	<b>0,18</b>	<b>11,2</b>
<b>Median</b>	<b>23,8</b>	<b>23,4</b>	<b>0,5</b>	<b>2,0</b>	<b>32,4</b>	<b>30,7</b>	<b>1,6</b>	<b>5,7</b>	<b>1,01</b>	<b>20,2</b>
48 mm	48,785	47,881	0,904	1,9	53,650	50,294	3,356	6,7	2,41	26,5
4-18-4-18-4	49,268	48,361	0,907	1,9	54,230	50,615	3,615	7,1	2,67	29,1
	49,089	48,191	0,898	1,9	51,739	48,078	3,661	7,6	2,76	31,7
	50,211	49,301	0,910	1,8	52,408	49,079	3,329	6,8	2,41	27,1
	49,275	48,381	0,894	1,8	53,480	50,258	3,222	6,4	2,28	25,0
	48,142	47,277	0,865	1,8	53,025	49,758	3,267	6,6	2,33	25,9
	34,050	33,397	0,653	2,0	53,967	50,403	3,564	7,1	2,62	28,7
	40,057	39,311	0,746	1,9	53,972	50,774	3,198	6,3	2,25	24,4
					53,097	49,999	3,098	6,2	2,16	23,8
					53,658	50,452	3,206	6,4	2,26	24,7
<b>Mittel</b>	<b>46,1</b>	<b>45,3</b>	<b>0,8</b>	<b>1,9</b>	<b>53,3</b>	<b>50,0</b>	<b>3,4</b>	<b>6,7</b>	<b>2,41</b>	<b>26,7</b>
<b>Stabw</b>	<b>5,8</b>	<b>5,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,20</b>	<b>2,5</b>
<b>Median</b>	<b>48,9</b>	<b>48,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,9</b>	<b>53,6</b>	<b>50,3</b>	<b>3,3</b>	<b>6,6</b>	<b>2,37</b>	<b>26,2</b>
52 mm	47,992	47,120	0,872	1,9	52,225	49,104	3,121	6,4	2,19	24,7
6-18-4-18-6	47,473	46,615	0,858	1,8	52,225	49,104	3,121	6,4	2,19	24,7
	43,934	43,161	0,773	1,8	51,924	48,799	3,125	6,4	2,20	24,9
	48,333	47,467	0,866	1,8	51,955	49,023	2,932	6,0	2,01	22,6
	47,255	46,414	0,841	1,8	53,076	49,954	3,122	6,2	2,18	24,1
	48,390	47,519	0,871	1,8	52,251	49,242	3,009	6,1	2,08	23,3
	35,103	34,427	0,676	2,0	51,339	48,024	3,315	6,9	2,41	27,7
	21,320	20,866	0,454	2,2	48,286	45,661	2,625	5,7	1,76	21,3
					52,555	49,426	3,129	6,3	2,20	24,5
					33,408	30,813	2,595	8,4	2,01	36,1
<b>Mittel</b>	<b>42,5</b>	<b>41,7</b>	<b>0,8</b>	<b>1,9</b>	<b>49,9</b>	<b>46,9</b>	<b>3,0</b>	<b>6,5</b>	<b>2,12</b>	<b>25,4</b>
<b>Stabw</b>	<b>9,6</b>	<b>9,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>5,9</b>	<b>5,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>	<b>0,17</b>	<b>4,1</b>
<b>Median</b>	<b>47,4</b>	<b>46,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,8</b>	<b>52,1</b>	<b>49,1</b>	<b>3,1</b>	<b>6,3</b>	<b>2,19</b>	<b>24,6</b>







Hersteller	5		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PS					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"	"B"	"Ti"	Zubeladung durch	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-beladung	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	Alterung	aufn.faktor
	in g	in g	in g	in %	in g	in g	in g	in %	in g	in %
36 mm	27,362	26,932	0,430	1,6	30,061	28,883	1,178	4,08	0,73	12,3
4-12-4-12-4	27,116	26,707	0,409	1,5	29,617	28,331	1,286	4,5	0,84	14,5
	28,260	27,832	0,428	1,5	30,008	28,748	1,260	4,4	0,81	13,8
	27,850	27,429	0,421	1,5	29,083	27,839	1,244	4,5	0,81	14,2
	28,754	28,283	0,471	1,7	29,413	28,035	1,378	4,9	0,94	16,4
	26,126	25,731	0,395	1,5	27,827	26,689	1,138	4,3	0,72	13,2
	28,237	27,802	0,435	1,6	28,619	27,409	1,210	4,4	0,78	13,9
	28,171	27,733	0,438	1,6	29,550	28,578	0,972	3,4	0,52	9,0
					29,925	28,605	1,320	4,6	0,87	14,9
					29,748	28,631	1,117	3,90	0,67	11,4
<b>Mittel</b>	<b>27,7</b>	<b>27,3</b>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>29,4</b>	<b>28,2</b>	<b>1,2</b>	<b>4,3</b>	<b>0,77</b>	<b>13,4</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,12</b>	<b>2,1</b>
<b>Median</b>	<b>28,0</b>	<b>27,6</b>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>29,6</b>	<b>28,5</b>	<b>1,2</b>	<b>4,4</b>	<b>0,79</b>	<b>13,9</b>
48 mm	39,910	39,307	0,603	1,5	46,074	43,060	3,014	7,0	2,36	26,8
4-18-4-18-4	41,324	40,721	0,603	1,5	44,527	42,670	1,857	4,4	1,21	13,8
	41,533	40,909	0,624	1,5	44,377	41,867	2,510	6,0	1,87	21,9
	40,749	40,158	0,591	1,5	45,531	43,980	1,551	3,5	0,88	9,8
	39,550	38,936	0,614	1,6	45,754	42,902	2,852	6,6	2,20	25,0
	40,853	40,248	0,605	1,5	43,955	42,153	1,802	4,3	1,16	13,5
	42,522	41,873	0,649	1,5	44,937	42,922	2,015	4,7	1,36	15,5
	40,854	40,242	0,612	1,5	42,993	41,309	1,684	4,1	1,06	12,5
<b>Mittel</b>	<b>40,9</b>	<b>40,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,8</b>	<b>42,6</b>	<b>2,2</b>	<b>5,1</b>	<b>1,51</b>	<b>17,3</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1,3</b>	<b>0,56</b>	<b>6,3</b>
<b>Median</b>	<b>40,9</b>	<b>40,2</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,7</b>	<b>42,8</b>	<b>1,9</b>	<b>4,5</b>	<b>1,29</b>	<b>14,7</b>
52 mm	43,479	42,822	0,657	1,5	44,653	41,600	3,053	7,3	2,43	28,5
6-18-4-18-6	43,793	43,150	0,643	1,5	43,922	41,041	2,881	7,0	2,27	26,9
	43,028	42,397	0,631	1,5	45,614	42,903	2,711	6,3	2,07	23,5
	41,500	40,883	0,617	1,5	44,323	41,635	2,688	6,5	2,07	24,2
	44,242	43,593	0,649	1,5	44,776	42,239	2,537	6,0	1,91	22,0
	42,973	42,347	0,626	1,5	44,915	42,629	2,286	5,4	1,65	18,9
	42,165	41,544	0,621	1,5	44,269	42,151	2,118	5,0	1,49	17,2
	41,928	41,314	0,614	1,5	44,592	41,699	2,893	6,9	2,27	26,5
					42,837	40,059	2,778	6,9	2,18	26,5
					43,384	41,704	1,680	4,0	1,06	12,3
<b>Mittel</b>	<b>42,9</b>	<b>42,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,3</b>	<b>41,8</b>	<b>2,6</b>	<b>6,1</b>	<b>1,94</b>	<b>22,7</b>
<b>Stabw</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,42</b>	<b>5,1</b>
<b>Median</b>	<b>43,0</b>	<b>42,4</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>44,5</b>	<b>41,7</b>	<b>2,7</b>	<b>6,4</b>	<b>2,07</b>	<b>23,9</b>

Hersteller	6		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PU					
			Tc	in %	20					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-beladung	entnommen	getrocknet	"B"	"Ti"	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	in %	in g	in g	in g	in %	Alterung	I
									in g	in %
36 mm	35,795	34,483	1,312	3,8	21,368	20,523	0,845	4,12	0,11	3,2
4-12-4-12-4	32,494	31,317	1,177	3,8	37,851	35,395	2,456	6,9	1,19	20,4
	32,893	31,630	1,263	4,0	38,291	36,751	1,540	4,2	0,22	3,7
	43,930	42,308	1,622	3,8	24,019	22,487	1,532	6,8	0,72	19,6
	44,298	42,903	1,395	3,3	33,207	31,966	1,241	3,9	0,09	1,8
	43,249	41,895	1,354	3,2	37,874	36,535	1,339	3,7	0,03	0,5
	33,489	32,347	1,142	3,5	32,479	31,134	1,345	4,3	0,23	4,5
	37,016	35,829	1,187	3,3	30,966	29,925	1,041	3,5		
<b>Mittel</b>	<b>37,9</b>	<b>36,6</b>	<b>1,3</b>	<b>3,6</b>	<b>32,0</b>	<b>30,6</b>	<b>1,4</b>	<b>4,7</b>	<b>0,37</b>	<b>7,7</b>
<b>Stabw</b>	<b>5,1</b>	<b>5,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>6,4</b>	<b>6,2</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>0,43</b>	<b>8,5</b>
<b>Median</b>	<b>36,4</b>	<b>35,2</b>	<b>1,3</b>	<b>3,6</b>	<b>32,8</b>	<b>31,6</b>	<b>1,3</b>	<b>4,2</b>	<b>0,22</b>	<b>3,7</b>
48 mm	67,152	65,172	1,980	3,0	56,299	51,916	4,383	8,4	2,74	31,3
4-18-4-18-4	73,443	71,261	2,182	3,1	82,871	76,775	6,096	7,9	3,66	28,3
	66,788	64,651	2,137	3,3						
	70,307	68,173	2,134	3,1						
	66,290	64,179	2,111	3,3	63,835	61,314	2,521	4,1	0,58	5,6
	75,219	72,838	2,381	3,3	76,400	73,616	2,784	3,8	0,45	3,6
	74,942	72,637	2,305	3,2						
	75,990	73,713	2,277	3,1						
					59,106	56,782	2,324	4,1	0,52	5,5
					64,011	61,069	2,942	4,8	1,01	9,8
<b>Mittel</b>	<b>71,3</b>	<b>69,1</b>	<b>2,2</b>	<b>3,2</b>	<b>67,1</b>	<b>63,6</b>	<b>3,5</b>	<b>5,5</b>	<b>1,49</b>	<b>14,0</b>
<b>Stabw</b>	<b>4,1</b>	<b>4,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>10,4</b>	<b>9,7</b>	<b>1,5</b>	<b>2,1</b>	<b>1,37</b>	<b>12,4</b>
<b>Median</b>	<b>71,9</b>	<b>69,7</b>	<b>2,2</b>	<b>3,2</b>	<b>63,9</b>	<b>61,2</b>	<b>2,9</b>	<b>4,5</b>	<b>0,79</b>	<b>7,7</b>
52 mm	71,510	69,393	2,117	3,1	27,609	25,756	1,853	7,2	1,04	24,0
6-18-4-18-6	74,789	72,664	2,125	2,9	48,523	46,759	1,764	3,8	0,29	3,7
	64,242	62,163	2,079	3,3	52,311	49,766	2,545	5,1	0,98	11,7
	75,214	72,952	2,262	3,1	74,145	70,482	3,663	5,2	1,44	12,2
	72,034	69,783	2,251	3,2	67,524	64,802	2,722	4,2	0,68	6,3
	53,717	51,983	1,734	3,3	75,742	72,590	3,152	4,3	0,87	7,1
	73,273	71,044	2,229	3,1	38,930	37,332	1,598	4,3	0,42	6,7
	74,993	72,769	2,224	3,1	74,569	71,575	2,994	4,2	0,74	6,1
					49,026	46,598	2,428	5,2	0,96	12,2
					47,808	45,166	2,642	5,8	1,22	16,0
<b>Mittel</b>	<b>70,0</b>	<b>67,8</b>	<b>2,1</b>	<b>3,1</b>	<b>55,6</b>	<b>53,1</b>	<b>2,5</b>	<b>4,9</b>	<b>0,87</b>	<b>10,6</b>
<b>Stabw</b>	<b>7,5</b>	<b>7,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>16,6</b>	<b>16,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,35</b>	<b>6,0</b>
<b>Median</b>	<b>72,7</b>	<b>70,4</b>	<b>2,2</b>	<b>3,1</b>	<b>50,7</b>	<b>48,3</b>	<b>2,6</b>	<b>4,7</b>	<b>0,91</b>	<b>9,4</b>

Hersteller	7		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PU					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs- beladung	TM	TM	"B"	"Ti"	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	in %	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	Alterung	l
					in g	in g	in g	in %	in g	in %
36 mm	24,988	24,519	0,469	1,9	20,563	19,474	1,089	5,59	0,71	18,2
4-12-4-12-4	24,060	23,561	0,499	2,1	17,316	16,458	0,858	5,2	0,54	16,3
	24,835	24,380	0,455	1,9	22,286	21,049	1,237	5,9	0,83	19,6
	24,058	23,615	0,443	1,9	16,054	15,288	0,766	5,0	0,47	15,3
	26,021	25,536	0,485	1,9	21,528	20,389	1,139	5,6	0,74	18,2
	25,582	25,071	0,511	2,0	15,055	14,242	0,813	5,7	0,54	18,8
	25,461	24,982	0,479	1,9	26,792	25,661	1,131	4,4	0,63	12,3
	25,381	24,910	0,471	1,9	23,836	22,779	1,057	4,6	0,62	13,5
					26,475	25,279	1,196	4,7	0,71	13,9
					13,922	12,945	0,977	7,55	0,73	28,0
<b>Mittel</b>	<b>25,0</b>	<b>24,6</b>	<b>0,5</b>	<b>1,9</b>	<b>20,4</b>	<b>19,4</b>	<b>1,0</b>	<b>5,4</b>	<b>0,65</b>	<b>17,4</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>4,6</b>	<b>4,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,11</b>	<b>4,5</b>
<b>Median</b>	<b>25,2</b>	<b>24,7</b>	<b>0,5</b>	<b>1,9</b>	<b>21,0</b>	<b>19,9</b>	<b>1,1</b>	<b>5,4</b>	<b>0,67</b>	<b>17,2</b>
48 mm	42,687	41,945	0,742	1,8	36,120	34,513	1,607	4,7	1,02	14,5
4-18-4-18-4	41,579	40,905	0,674	1,6	31,622	30,152	1,470	4,9	0,95	15,6
	38,897	38,225	0,672	1,8	27,113	25,887	1,226	4,7	0,78	14,9
	42,310	41,608	0,702	1,7	42,570	40,896	1,674	4,1	0,97	11,7
	43,833	43,105	0,728	1,7	25,910	24,643	1,267	5,1	0,85	16,9
	43,463	42,738	0,725	1,7	41,406	39,940	1,466	3,7	0,78	9,7
	42,109	41,417	0,692	1,7	44,862	42,873	1,989	4,6	1,26	14,4
	40,833	40,120	0,713	1,8	42,196	40,493	1,703	4,2	1,01	12,3
					43,241	41,174	2,067	5,0	1,36	16,3
					40,268	38,699	1,569	4,1	0,91	11,5
<b>Mittel</b>	<b>42,0</b>	<b>41,3</b>	<b>0,7</b>	<b>1,7</b>	<b>37,5</b>	<b>35,9</b>	<b>1,6</b>	<b>4,5</b>	<b>0,99</b>	<b>13,8</b>
<b>Stabw</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>7,0</b>	<b>6,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,19</b>	<b>2,4</b>
<b>Median</b>	<b>42,2</b>	<b>41,5</b>	<b>0,7</b>	<b>1,7</b>	<b>40,8</b>	<b>39,3</b>	<b>1,6</b>	<b>4,6</b>	<b>0,96</b>	<b>14,5</b>
52 mm	41,984	41,267	0,717	1,7	23,462	20,897	2,565	12,3	2,20	52,0
6-18-4-18-6	42,753	42,014	0,739	1,8	42,616	40,136	2,480	6,2	1,78	21,9
	43,205	42,515	0,690	1,6	44,289	42,232	2,057	4,9	1,32	15,4
	22,254	21,824	0,430	2,0	43,023	41,115	1,908	4,6	1,19	14,3
	43,043	42,288	0,755	1,8	36,058	33,652	2,406	7,1	1,82	26,7
	42,720	42,020	0,700	1,7	44,456	41,644	2,812	6,8	2,08	24,7
	39,615	38,914	0,701	1,8	36,502	34,441	2,061	6,0	1,46	20,9
	41,650	40,983	0,667	1,6	44,988	42,406	2,582	6,1	1,84	21,4
					45,326	42,745	2,581	6,0	1,83	21,2
					44,906	42,237	2,669	6,3	1,93	22,6
<b>Mittel</b>	<b>39,7</b>	<b>39,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,7</b>	<b>40,6</b>	<b>38,2</b>	<b>2,4</b>	<b>6,6</b>	<b>1,75</b>	<b>24,1</b>
<b>Stabw</b>	<b>7,1</b>	<b>7,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>6,9</b>	<b>6,9</b>	<b>0,3</b>	<b>2,1</b>	<b>0,33</b>	<b>10,5</b>
<b>Median</b>	<b>42,4</b>	<b>41,6</b>	<b>0,7</b>	<b>1,7</b>	<b>43,7</b>	<b>41,4</b>	<b>2,5</b>	<b>6,1</b>	<b>1,83</b>	<b>21,7</b>

Hersteller	8		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PU					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs- beladung	entnommen	getrocknet	Beladung	"B"	"Ti"	durch
	in g	in g	in g	in %	in g	in g	in g	in %	Alterung	aufn.faktor
									in g	in %
36 mm	18,816	18,306	0,510	2,8	12,846	11,847	0,999	8,43	0,64	28,6
4-12-4-12-4	11,404	11,022	0,382	3,5	20,759	19,465	1,294	6,6	0,71	19,2
	18,375	17,862	0,513	2,9	19,161	17,988	1,173	6,5	0,63	18,5
	17,222	16,753	0,469	2,8	18,962	17,766	1,196	6,7	0,66	19,6
	11,777	11,371	0,406	3,6	18,954	17,907	1,047	5,8	0,51	14,9
	18,171	17,667	0,504	2,9	19,356	18,157	1,199	6,6	0,65	18,9
	18,356	17,846	0,510	2,9	18,834	17,589	1,245	7,1	0,72	21,4
	17,733	17,238	0,495	2,9	13,770	12,516	1,254	10,0	0,88	36,9
					20,087	18,742	1,345	7,2	0,78	21,9
					19,463	18,219	1,244	6,83	0,70	20,1
<b>Mittel</b>	<b>16,5</b>	<b>16,0</b>	<b>0,5</b>	<b>3,0</b>	<b>18,2</b>	<b>17,0</b>	<b>1,2</b>	<b>7,2</b>	<b>0,69</b>	<b>22,0</b>
<b>Stabw</b>	<b>3,1</b>	<b>3,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>0,1</b>	<b>1,2</b>	<b>0,10</b>	<b>6,3</b>
<b>Median</b>	<b>18,0</b>	<b>17,5</b>	<b>0,5</b>	<b>2,9</b>	<b>19,1</b>	<b>17,9</b>	<b>1,2</b>	<b>6,8</b>	<b>0,68</b>	<b>19,9</b>
48 mm	30,249	29,548	0,701	2,4	13,035	11,556	1,479	12,8	1,17	52,4
4-18-4-18-4	21,305	20,705	0,600	2,9	32,246	29,971	2,275	7,6	1,48	25,5
	29,566	28,863	0,703	2,4	31,572	29,700	1,872	6,3	1,08	18,8
	29,049	28,371	0,678	2,4	22,811	20,590	2,221	10,8	1,67	42,0
	30,195	29,464	0,731	2,5	32,003	30,113	1,890	6,3	1,09	18,7
	27,014	26,378	0,636	2,4	33,391	31,132	2,259	7,3	1,43	23,7
	32,264	31,591	0,673	2,1	31,967	30,055	1,912	6,4	1,11	19,1
	11,699	11,227	0,472	4,2	45,716	43,490	2,226	5,1	1,07	12,7
					32,720	30,702	2,018	6,6	1,20	20,2
					13,059	11,718	1,341	11,4	1,03	45,4
<b>Mittel</b>	<b>26,4</b>	<b>25,8</b>	<b>0,6</b>	<b>2,7</b>	<b>28,9</b>	<b>26,9</b>	<b>1,9</b>	<b>8,1</b>	<b>1,23</b>	<b>27,9</b>
<b>Stabw</b>	<b>6,8</b>	<b>6,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	<b>10,0</b>	<b>9,7</b>	<b>0,3</b>	<b>2,6</b>	<b>0,22</b>	<b>13,6</b>
<b>Median</b>	<b>29,3</b>	<b>28,6</b>	<b>0,7</b>	<b>2,4</b>	<b>32,0</b>	<b>30,0</b>	<b>2,0</b>	<b>6,9</b>	<b>1,14</b>	<b>22,0</b>
52 mm	18,812	18,241	0,571	3,1	33,298	30,693	2,605	8,5	1,82	30,6
6-18-4-18-6	28,451	27,772	0,679	2,4	33,135	30,204	2,931	9,7	2,16	36,8
	29,301	28,589	0,712	2,5	32,000	29,810	2,190	7,3	1,43	24,7
	27,033	26,387	0,646	2,4	32,202	30,313	1,889	6,2	1,12	19,0
	35,641	34,841	0,800	2,3	32,702	30,200	2,502	8,3	1,73	29,5
	27,569	26,872	0,697	2,6	32,616	29,971	2,645	8,8	1,88	32,3
	28,013	27,335	0,678	2,5	32,410	30,123	2,287	7,6	1,52	26,0
	28,485	27,802	0,683	2,5	31,722	29,469	2,253	7,6	1,50	26,2
					33,523	30,668	2,855	9,3	2,08	34,8
					20,591	19,128	1,463	7,6	0,98	26,2
<b>Mittel</b>	<b>27,9</b>	<b>27,2</b>	<b>0,7</b>	<b>2,5</b>	<b>31,4</b>	<b>29,1</b>	<b>2,4</b>	<b>8,1</b>	<b>1,62</b>	<b>28,6</b>
<b>Stabw</b>	<b>4,6</b>	<b>4,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>3,8</b>	<b>3,5</b>	<b>0,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,39</b>	<b>5,3</b>
<b>Median</b>	<b>28,2</b>	<b>27,6</b>	<b>0,7</b>	<b>2,5</b>	<b>32,5</b>	<b>30,2</b>	<b>2,4</b>	<b>8,0</b>	<b>1,63</b>	<b>27,9</b>

Hersteller	9		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PU					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"	"B"	"Ti"	Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-	TM	TM			durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	beladung	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	Alterung	l
				in %	in g	in g	in g	in %	in g	in %
36 mm	18,387	18,069	0,318	1,8	40,854	39,875	0,979	2,46	0,27	3,4
4-12-4-12-4	19,455	19,117	0,338	1,8	35,584	34,126	1,458	4,3	0,85	12,3
	19,051	18,696	0,355	1,9	21,206	20,393	0,813	4,0	0,45	10,9
	21,697	21,328	0,369	1,7	20,057	19,268	0,789	4,1	0,45	11,5
	20,715	20,357	0,358	1,8	21,925	21,141	0,784	3,7	0,41	9,6
	21,200	20,828	0,372	1,8	21,259	20,228	1,031	5,1	0,67	16,4
	28,223	27,736	0,487	1,8	21,602	20,799	0,803	3,9	0,43	10,3
	20,953	20,591	0,362	1,8	21,512	20,620	0,892	4,3	0,53	12,6
					21,836	21,136	0,700	3,3	0,32	7,6
					21,360	20,629	0,731	3,54	0,36	8,7
<b>Mittel</b>	<b>21,2</b>	<b>20,8</b>	<b>0,4</b>	<b>1,8</b>	<b>24,7</b>	<b>23,8</b>	<b>0,9</b>	<b>3,9</b>	<b>0,47</b>	<b>10,3</b>
<b>Stabw</b>	<b>3,1</b>	<b>3,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>7,2</b>	<b>7,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>	<b>0,17</b>	<b>3,5</b>
<b>Median</b>	<b>20,8</b>	<b>20,5</b>	<b>0,4</b>	<b>1,8</b>	<b>21,6</b>	<b>20,7</b>	<b>0,8</b>	<b>3,9</b>	<b>0,44</b>	<b>10,6</b>
48 mm	37,479	36,868	0,611	1,7	37,772	35,677	2,095	5,9	1,51	20,8
4-18-4-18-4	50,722	49,921	0,801	1,6	35,995	33,664	2,331	6,9	1,78	26,0
	37,492	36,892	0,600	1,6	38,174	35,372	2,802	7,9	2,22	30,9
	36,481	35,892	0,589	1,6	36,617	35,346	1,271	3,6	0,69	9,6
	37,211	36,609	0,602	1,6	37,498	35,265	2,233	6,3	1,66	23,1
	36,404	35,822	0,582	1,6	37,392	34,981	2,411	6,9	1,84	25,8
	36,366	35,776	0,590	1,6	50,394	47,970	2,424	5,1	1,64	16,8
	35,363	34,798	0,565	1,6	35,942	34,065	1,877	5,5	1,32	19,0
					37,387	35,125	2,262	6,4	1,69	23,6
					37,621	35,371	2,250	6,4	1,67	23,2
<b>Mittel</b>	<b>38,4</b>	<b>37,8</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>38,5</b>	<b>36,3</b>	<b>2,2</b>	<b>6,1</b>	<b>1,60</b>	<b>21,9</b>
<b>Stabw</b>	<b>5,0</b>	<b>4,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>4,3</b>	<b>4,2</b>	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>	<b>0,40</b>	<b>5,8</b>
<b>Median</b>	<b>36,8</b>	<b>36,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>37,4</b>	<b>35,3</b>	<b>2,3</b>	<b>6,3</b>	<b>1,66</b>	<b>23,1</b>
52 mm	36,747	36,151	0,596	1,6	35,484	34,405	1,079	3,1	0,52	7,4
6-18-4-18-6	35,957	35,380	0,577	1,6	36,625	35,384	1,241	3,5	0,66	9,2
	36,843	36,249	0,594	1,6	36,306	34,917	1,389	4,0	0,82	11,5
	36,205	35,624	0,581	1,6	37,128	34,606	2,522	7,3	1,96	27,7
	35,518	34,940	0,578	1,7	49,319	46,457	2,862	6,2	2,10	22,2
	36,110	35,526	0,584	1,6	36,555	34,132	2,423	7,1	1,86	26,8
	37,240	36,643	0,597	1,6	49,950	47,000	2,950	6,3	2,18	22,8
	37,852	37,248	0,604	1,6	36,942	34,427	2,515	7,3	1,95	27,8
<b>Mittel</b>	<b>36,6</b>	<b>36,0</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>39,8</b>	<b>37,7</b>	<b>2,1</b>	<b>5,6</b>	<b>1,51</b>	<b>19,4</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,1</b>	<b>5,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,8</b>	<b>0,71</b>	<b>8,7</b>
<b>Median</b>	<b>36,5</b>	<b>35,9</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>36,8</b>	<b>34,8</b>	<b>2,5</b>	<b>6,2</b>	<b>1,91</b>	<b>22,5</b>

Hersteller	10		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PU					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs- beladung	entnommen	getrocknet	"B"	"Ti"	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	in %	in g	in g	in g	Beladung	Alterung	l
								in %	in g	in %
36 mm	22,028	21,685	0,343	1,6	20,814	20,086	0,728	3,62	0,41	9,9
4-12-4-12-4	22,070	21,725	0,345	1,6	22,255	21,483	0,772	3,6	0,43	9,7
	21,663	21,313	0,350	1,6	22,342	21,522	0,820	3,8	0,47	10,8
	22,367	22,013	0,354	1,6	21,921	21,023	0,898	4,3	0,56	13,1
	21,851	21,510	0,341	1,6	21,625	20,862	0,763	3,7	0,43	10,1
	21,357	21,017	0,340	1,6	21,563	20,741	0,822	4,0	0,49	11,6
	21,634	21,293	0,341	1,6	22,090	21,202	0,888	4,2	0,55	12,7
	22,138	21,783	0,355	1,6	21,244	20,370	0,874	4,3	0,55	13,2
					22,203	21,251	0,952	4,5	0,61	14,1
					22,014	21,215	0,799	3,77	0,46	10,6
<b>Mittel</b>	<b>21,9</b>	<b>21,5</b>	<b>0,3</b>	<b>1,6</b>	<b>21,8</b>	<b>21,0</b>	<b>0,8</b>	<b>4,0</b>	<b>0,49</b>	<b>11,6</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,07</b>	<b>1,6</b>
<b>Median</b>	<b>21,9</b>	<b>21,6</b>	<b>0,3</b>	<b>1,6</b>	<b>22,0</b>	<b>21,1</b>	<b>0,8</b>	<b>3,9</b>	<b>0,48</b>	<b>11,2</b>
48 mm	37,099	36,542	0,557	1,5						
4-18-4-18-4	37,165	36,604	0,561	1,5						
	58,505	57,623	0,882	1,5	37,813	36,233	1,580	4,4	1,03	13,9
	36,104	35,566	0,538	1,5	37,340	35,830	1,510	4,2	0,97	13,2
	35,034	34,520	0,514	1,5	37,959	36,122	1,837	5,1	1,29	17,4
	35,978	35,437	0,541	1,5	37,600	35,945	1,655	4,6	1,11	15,1
	37,081	36,531	0,550	1,5	37,817	36,278	1,539	4,2	0,99	13,3
	36,671	36,115	0,556	1,5	37,663	36,010	1,653	4,6	1,11	15,0
					37,321	35,832	1,489	4,2	0,94	12,9
					37,574	36,069	1,505	4,2	0,96	13,0
<b>Mittel</b>	<b>39,2</b>	<b>38,6</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>37,6</b>	<b>36,0</b>	<b>1,6</b>	<b>4,4</b>	<b>1,05</b>	<b>14,2</b>
<b>Stabw</b>	<b>7,8</b>	<b>7,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,12</b>	<b>1,6</b>
<b>Median</b>	<b>36,9</b>	<b>36,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>37,6</b>	<b>36,0</b>	<b>1,6</b>	<b>4,3</b>	<b>1,01</b>	<b>13,6</b>
52 mm	37,196	36,649	0,547	1,5	37,677	35,356	2,321	6,6	1,78	24,6
6-18-4-18-6	37,080	36,523	0,557	1,5	38,061	35,578	2,483	7,0	1,94	26,7
	35,900	35,368	0,532	1,5	38,109	36,041	2,068	5,7	1,52	20,6
	35,376	34,844	0,532	1,5	38,107	35,795	2,312	6,5	1,77	24,1
	35,468	34,934	0,534	1,5	36,616	34,532	2,084	6,0	1,56	22,0
	34,715	34,195	0,520	1,5	37,162	34,650	2,512	7,2	1,99	28,0
	36,110	35,566	0,544	1,5	37,480	35,305	2,175	6,2	1,64	22,7
	36,334	35,788	0,546	1,5	39,013	36,620	2,393	6,5	1,84	24,5
					38,099	35,860	2,239	6,2	1,69	23,1
					38,259	35,495	2,764	7,8	2,22	30,6
<b>Mittel</b>	<b>36,0</b>	<b>35,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,5</b>	<b>37,9</b>	<b>35,5</b>	<b>2,3</b>	<b>6,6</b>	<b>1,80</b>	<b>24,7</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,21</b>	<b>3,0</b>
<b>Median</b>	<b>36,0</b>	<b>35,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,5</b>	<b>38,1</b>	<b>35,5</b>	<b>2,3</b>	<b>6,5</b>	<b>1,78</b>	<b>24,3</b>



Hersteller	11		Abstandhalter:		Edelstahl					
			Sekundärdichtstoff:		PS					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-	TM	TM	"B"	"Ti"	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	beladung	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	Alterung	I
				in %	in g	in g	in g	in %	in g	in %
36 mm	34,759	34,058	0,701	2,1	36,688	34,469	2,219	6,44	1,58	22,8
4-12-4-12-4	35,872	35,304	0,568	1,6	38,995	36,456	2,539	7,0	1,87	25,4
	35,574	34,895	0,679	1,9	36,198	34,078	2,120	6,2	1,49	21,7
	35,262	34,641	0,621	1,8	36,681	34,593	2,088	6,0	1,45	20,8
	34,786	34,081	0,705	2,1	36,375	34,206	2,169	6,3	1,54	22,3
	36,052	35,472	0,580	1,6	39,033	36,746	2,287	6,2	1,61	21,7
	34,686	33,982	0,704	2,1	37,602	35,170	2,432	6,9	1,78	25,2
	36,008	35,453	0,555	1,6	37,959	35,320	2,639	7,5	1,99	27,9
					36,290	34,211	2,079	6,1	1,45	21,0
					37,360	35,152	2,208	6,28	1,56	22,0
<b>Mittel</b>	<b>35,4</b>	<b>34,7</b>	<b>0,6</b>	<b>1,8</b>	<b>37,3</b>	<b>35,0</b>	<b>2,3</b>	<b>6,5</b>	<b>1,63</b>	<b>23,1</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,19</b>	<b>2,3</b>
<b>Median</b>	<b>35,4</b>	<b>34,8</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>37,0</b>	<b>34,9</b>	<b>2,2</b>	<b>6,3</b>	<b>1,57</b>	<b>22,2</b>
48 mm	54,745	53,765	0,980	1,8	56,991	54,093	2,898	5,4	2,02	18,3
4-18-4-18-4	54,766	53,962	0,804	1,5	58,940	56,051	2,889	5,2	1,98	17,3
	54,652	53,694	0,958	1,8	56,711	53,900	2,811	5,2	1,94	17,6
	54,443	53,671	0,772	1,4	57,188	54,344	2,844	5,2	1,96	17,7
	54,824	54,023	0,801	1,5	57,003	53,701	3,302	6,1	2,43	22,2
	51,978	51,167	0,811	1,6	57,671	53,752	3,919	7,3	3,05	27,8
	54,747	53,747	1,000	1,9	53,897	51,225	2,672	5,2	1,84	17,6
	54,363	53,553	0,810	1,5	56,682	54,247	2,435	4,5	1,56	14,1
					56,755	53,779	2,976	5,5	2,10	19,2
					56,255	53,345	2,910	5,5	2,04	18,8
<b>Mittel</b>	<b>54,3</b>	<b>53,4</b>	<b>0,9</b>	<b>1,6</b>	<b>56,8</b>	<b>53,8</b>	<b>3,0</b>	<b>5,5</b>	<b>2,09</b>	<b>19,1</b>
<b>Stabw</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,40</b>	<b>3,7</b>
<b>Median</b>	<b>54,7</b>	<b>53,7</b>	<b>0,8</b>	<b>1,5</b>	<b>56,9</b>	<b>53,8</b>	<b>2,9</b>	<b>5,3</b>	<b>2,00</b>	<b>18,0</b>
52 mm	55,026	54,207	0,819	1,5	56,013	53,312	2,701	5,1	1,77	16,4
6-18-4-18-6	56,228	55,404	0,824	1,5	57,298	53,883	3,415	6,3	2,47	22,7
	54,856	53,849	1,007	1,9	56,767	53,864	2,903	5,4	1,96	18,0
	54,398	53,591	0,807	1,5	57,031	53,973	3,058	5,7	2,12	19,4
	54,767	53,750	1,017	1,9	56,627	53,646	2,981	5,6	2,04	18,8
	54,887	53,879	1,008	1,9	56,917	53,791	3,126	5,8	2,19	20,1
	54,935	53,923	1,012	1,9	57,118	53,631	3,487	6,5	2,55	23,5
	54,817	53,765	1,052	2,0	57,111	53,644	3,467	6,5	2,53	23,3
					56,340	54,016	2,324	4,3	1,38	12,6
					57,380	54,208	3,172	5,9	2,23	20,3
<b>Mittel</b>	<b>55,0</b>	<b>54,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,7</b>	<b>56,9</b>	<b>53,8</b>	<b>3,1</b>	<b>5,7</b>	<b>2,12</b>	<b>19,5</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,36</b>	<b>3,3</b>
<b>Median</b>	<b>54,9</b>	<b>53,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1,9</b>	<b>57,0</b>	<b>53,8</b>	<b>3,1</b>	<b>5,7</b>	<b>2,15</b>	<b>19,7</b>

Hersteller	12		Abstandhalter: Sekundärdichtstoff: Tc		in %		Kunststoff / metallische Diffusionssperre PU 22			
Lieferzustand				Gealtert				"Z"		Feucht.
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"	"B"	"Ti"	Zubeladung durch Alterung	aufn.faktor I
	entnommen in g	getrocknet in g	Beladung in g	Anfangs-beladung in %	entnommen in g	getrocknet in g	Beladung in g	Beladung in %	in g	in %
36 mm 4-12-4-12-4	47,040	45,627	1,413	3,1	33,149	32,195	0,954	3,0		
	47,460	46,007	1,453	3,2	32,080	30,826	1,254	4,1	0,27	4,7
	13,925	13,236	0,689		24,565	23,621	0,944	4,0	0,19	4,3
	32,723	31,501	1,222	3,9	25,253	24,273	0,980	4,0	0,21	4,5
	28,195	27,254	0,941	3,5	28,853	27,407	1,446	5,3	0,57	11,1
	37,086	35,987	1,099	3,1	15,856	15,348	0,508	3,3	0,02	0,7
	33,087	32,189	0,898	2,8	14,007	13,539	0,468	3,5	0,04	1,4
	38,352	37,282	1,070	2,9	46,396	44,835	1,561	3,5	0,13	1,6
					45,926	44,424	1,502	3,4	0,09	1,0
					15,149	14,657	0,492	3,4	0,03	0,9
<b>Mittel</b>	<b>34,7</b>	<b>33,6</b>	<b>1,1</b>	<b>3,2</b>	<b>28,1</b>	<b>27,1</b>	<b>1,0</b>	<b>3,7</b>	<b>0,17</b>	<b>3,4</b>
<b>Stabw</b>	<b>10,8</b>	<b>10,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>11,7</b>	<b>11,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,17</b>	<b>3,3</b>
<b>Median</b>	<b>35,1</b>	<b>34,1</b>	<b>1,1</b>	<b>3,1</b>	<b>27,1</b>	<b>25,8</b>	<b>1,0</b>	<b>3,5</b>	<b>0,13</b>	<b>1,6</b>
48 mm 4-18-4-18-4	72,362	70,606	1,756	2,5	41,609	40,211	1,398	3,5	0,35	4,5
	43,086	41,940	1,146	2,7	71,800	69,197	2,603	3,8	0,81	6,0
	62,477	60,874	1,603	2,6	50,190	48,779	1,411	2,9	0,14	1,5
	39,852	38,851	1,001	2,6	54,003	52,444	1,559	3,0	0,20	1,9
	54,970	53,620	1,350	2,5	72,708	70,637	2,071	2,9	0,24	1,7
	58,855	57,291	1,564	2,7	66,477	64,497	1,980	3,1	0,30	2,4
	50,585	49,346	1,239	2,5	54,531	52,865	1,666	3,2	0,29	2,9
	51,833	50,521	1,312	2,6	56,248	54,658	1,590	2,9	0,17	1,6
					72,836	70,841	1,995	2,8	0,15	1,1
					63,942	62,060	1,882	3,0	0,27	2,2
<b>Mittel</b>	<b>54,3</b>	<b>52,9</b>	<b>1,4</b>	<b>2,6</b>	<b>60,4</b>	<b>58,6</b>	<b>1,8</b>	<b>3,1</b>	<b>0,29</b>	<b>2,6</b>
<b>Stabw</b>	<b>10,5</b>	<b>10,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>10,7</b>	<b>10,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,19</b>	<b>1,5</b>
<b>Median</b>	<b>53,4</b>	<b>52,1</b>	<b>1,3</b>	<b>2,6</b>	<b>60,1</b>	<b>58,4</b>	<b>1,8</b>	<b>3,0</b>	<b>0,25</b>	<b>2,1</b>
52 mm 6-18-4-18-6	49,198	47,782	1,416	3,0	50,547	49,056	1,491	3,0	0,19	2,0
	53,802	52,303	1,499	2,9	63,076	61,088	1,988	3,3	0,37	3,2
	72,636	70,834	1,802	2,5	35,666	34,806	0,860	2,5		
	60,862	59,300	1,562	2,6	28,348	27,562	0,786	2,9	0,06	1,1
	56,510	55,220	1,290	2,3	72,461	70,283	2,178	3,1	0,32	2,3
	38,986	37,931	1,055	2,8	32,489	29,301	3,188	10,9	2,41	42,6
	62,379	60,807	1,572	2,6	71,870	69,786	2,084	3,0	0,24	1,8
	72,149	70,428	1,721	2,4	51,771	49,852	1,919	3,8	0,60	6,2
					53,190	50,636	2,554	5,0	1,22	12,4
					58,415	56,026	2,389	4,3	0,91	8,4
<b>Mittel</b>	<b>58,3</b>	<b>56,8</b>	<b>1,5</b>	<b>2,6</b>	<b>51,8</b>	<b>49,8</b>	<b>1,9</b>	<b>4,2</b>	<b>0,70</b>	<b>8,9</b>
<b>Stabw</b>	<b>11,3</b>	<b>11,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>15,6</b>	<b>15,4</b>	<b>0,7</b>	<b>2,5</b>	<b>0,74</b>	<b>13,2</b>
<b>Median</b>	<b>58,7</b>	<b>57,3</b>	<b>1,5</b>	<b>2,6</b>	<b>52,5</b>	<b>50,2</b>	<b>2,0</b>	<b>3,2</b>	<b>0,37</b>	<b>3,2</b>

Aufbau 4-12-4-12-4 und 6-18-4-18-6: Die gelb markierten Werte für Zubeladung und I-Faktor würde man u.U. bei einer MIG-Prüfung gemäß EN 1279 nicht in der Auswertung berücksichtigen. Eventuell war einer der SZR während der Klimabelastung praktisch offen (hohe Feuchtigkeitsaufnahme) und hat dadurch den anderen SZR entlastet (geringe Feuchtigkeitsaufnahme). Das lässt sich aber im Detail nicht nachweisen. Daher wurden diese Werte in der Auswertung (Graphen in Kapitel 1) belassen.

Hersteller	13		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PS					
			Tc	in %	20					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		<b>"Ti"</b>	<b>"m fe"</b>	<b>"m tr"</b>			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	<b>Anfangs-</b>	TM	TM	<b>"B"</b>	<b>"Ti"</b>	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	<b>beladung</b>	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	Alterung	I
				in %	in g	in g	in g	in %	in g	in %
36 mm 4-12-4-12-4	23,794	23,281	0,513	2,2	21,708	20,198	1,510	7,48	1,09	30,0
	23,960	23,487	0,473	2,0	30,765	26,602	4,163	15,6	3,61	75,7
	24,183	23,652	0,531	2,2	16,077	14,812	1,265	8,5	0,95	36,0
					23,036	19,482	3,554	18,2	3,15	90,2
	25,140	24,624	0,516	2,1	10,612	9,746	0,866	8,9	0,66	37,9
	24,581	24,070	0,511	2,1	19,496	15,934	3,562	22,4	3,23	113,2
	23,902	23,436	0,466	2,0	27,055	23,051	4,004	17,4	3,52	85,3
	25,832	25,323	0,509	2,0	13,943	12,060	1,883	15,6	1,63	75,5
					19,433	18,004	1,429	7,9	1,05	32,6
					17,948	16,596	1,352	8,15	1,00	33,8
<b>Mittel</b>	<b>24,5</b>	<b>24,0</b>	<b>0,5</b>	<b>2,1</b>	<b>20,0</b>	<b>17,6</b>	<b>2,4</b>	<b>13,0</b>	<b>1,99</b>	<b>61,0</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>6,0</b>	<b>5,0</b>	<b>1,3</b>	<b>5,4</b>	<b>1,22</b>	<b>30,3</b>
<b>Median</b>	<b>24,2</b>	<b>23,7</b>	<b>0,5</b>	<b>2,1</b>	<b>19,5</b>	<b>17,3</b>	<b>1,7</b>	<b>12,2</b>	<b>1,36</b>	<b>56,7</b>
48 mm 4-18-4-18-4	38,752	38,035	0,717	1,9	47,978	41,075	6,903	16,8	6,13	82,4
	36,909	36,225	0,684	1,9	22,622	18,850	3,772	20,0	3,42	100,1
	35,300	34,645	0,655	1,9	44,072	36,068	8,004	22,2	7,32	112,1
	46,389	45,546	0,843	1,9	53,611	44,132	9,479	21,5	8,65	108,2
					40,188	34,270	5,918	17,3	5,27	84,9
	46,010	45,179	0,831	1,8	48,553	39,613	8,940	22,6	8,19	114,2
	37,980	37,281	0,699	1,9	56,317	46,339	9,978	21,5	9,10	108,5
	30,688	30,090	0,598	2,0	35,357	27,921	7,436	26,6	6,91	136,6
					52,563	42,545	10,018	23,5	9,21	119,6
					48,984	40,440	8,544	21,1	7,78	106,2
<b>Mittel</b>	<b>38,9</b>	<b>38,1</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>45,0</b>	<b>37,1</b>	<b>7,9</b>	<b>21,3</b>	<b>7,20</b>	<b>107,3</b>
<b>Stabw</b>	<b>5,7</b>	<b>5,6</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>10,1</b>	<b>8,3</b>	<b>2,0</b>	<b>2,9</b>	<b>1,84</b>	<b>15,8</b>
<b>Median</b>	<b>38,0</b>	<b>37,3</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>48,3</b>	<b>40,0</b>	<b>8,3</b>	<b>21,5</b>	<b>7,55</b>	<b>108,3</b>
52 mm 6-18-4-18-6	37,910	37,243	0,667	1,8	50,872	42,080	8,792	20,9	8,00	104,9
	46,242	45,388	0,854	1,9	48,107	42,974	5,133	11,9	4,33	55,6
	38,207	37,515	0,692	1,8	53,392	43,932	9,460	21,5	8,64	108,5
	31,846	31,263	0,583	1,9	50,089	41,160	8,929	21,7	8,16	109,3
	37,745	37,016	0,729	2,0	52,640	44,898	7,742	17,2	6,90	84,8
	40,343	39,605	0,738	1,9	40,188	33,078	7,110	21,5	6,49	108,2
	36,415	35,727	0,688	1,9	53,319	43,397	9,922	22,9	9,11	115,8
	38,130	37,433	0,697	1,9	43,412	34,701	8,711	25,1	8,06	128,2
					40,035	32,530	7,505	23,1	6,89	116,9
					46,107	37,913	8,194	21,6	7,48	108,9
<b>Mittel</b>	<b>38,4</b>	<b>37,6</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>47,8</b>	<b>39,7</b>	<b>8,1</b>	<b>20,7</b>	<b>7,41</b>	<b>104,1</b>
<b>Stabw</b>	<b>4,0</b>	<b>3,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>5,2</b>	<b>4,7</b>	<b>1,4</b>	<b>3,7</b>	<b>1,36</b>	<b>20,3</b>
<b>Median</b>	<b>38,0</b>	<b>37,3</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>49,1</b>	<b>41,6</b>	<b>8,5</b>	<b>21,6</b>	<b>7,74</b>	<b>108,7</b>

Hersteller	14		Abstandhalter: Sekundärdichtstoff: Tc in %		Kunststoff / metallische Diffusionssperre PS 22						
	Lieferzustand				Gealtert				"Z"	Feucht.	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"	"B"	"Ti"	Zubeladung		
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs- beladung	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	durch	aufn.faktor	
	in g	in g	in g	in %	in g	in g	in g	in %	Alterung	I	
									in g	in %	
36 mm	23,319	22,884	0,435	1,9	21,222	20,526	0,696	3,39	0,27	6,6	
4-12-4-12-4	23,532	23,106	0,426	1,8	19,603	18,815	0,788	4,2	0,40	10,6	
	10,280	10,040	0,240	2,4	13,683	12,985	0,698	5,4	0,43	16,6	
	10,233	9,996	0,237	2,4	23,870	23,106	0,764	3,3	0,29	6,2	
	17,942	17,580	0,362	2,1	24,972	24,185	0,787	3,3	0,29	5,9	
	24,032	23,582	0,450	1,9	21,297	20,554	0,743	3,6	0,32	7,7	
	23,563	23,124	0,439	1,9	20,589	19,860	0,729	3,7	0,32	8,0	
	16,767	16,405	0,362	2,2	24,499	23,732	0,767	3,2	0,28	5,8	
					24,089	23,302	0,787	3,4	0,30	6,5	
					24,030	23,228	0,802	3,45	0,32	6,9	
<b>Mittel</b>	<b>18,7</b>	<b>18,3</b>	<b>0,4</b>	<b>2,1</b>	<b>21,8</b>	<b>21,0</b>	<b>0,8</b>	<b>3,7</b>	<b>0,32</b>	<b>8,1</b>	
<b>Stabw</b>	<b>5,9</b>	<b>5,8</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,05</b>	<b>3,3</b>	
<b>Median</b>	<b>20,6</b>	<b>20,2</b>	<b>0,4</b>	<b>2,0</b>	<b>22,6</b>	<b>21,8</b>	<b>0,8</b>	<b>3,4</b>	<b>0,31</b>	<b>6,8</b>	
48 mm	19,798	19,425	0,373	1,9	42,098	40,144	1,954	4,9	1,25	15,4	
4-18-4-18-4	27,125	26,631	0,494	1,9	42,433	40,695	1,738	4,3	1,03	12,4	
	39,757	39,119	0,638	1,6	42,180	40,215	1,965	4,9	1,26	15,5	
	41,330	40,668	0,662	1,6	42,388	40,544	1,844	4,5	1,13	13,8	
	40,590	39,941	0,649	1,6	40,626	38,810	1,816	4,7	1,14	14,5	
	40,904	40,245	0,659	1,6	41,225	39,431	1,794	4,5	1,10	13,8	
	26,406	25,945	0,461	1,8	19,990	18,325	1,665	9,1	1,34	36,2	
	16,733	16,416	0,317	1,9	40,929	39,234	1,695	4,3	1,01	12,7	
					26,383	24,839	1,544	6,2	1,11	22,1	
					49,351	47,405	1,946	4,1	1,12	11,6	
<b>Mittel</b>	<b>31,6</b>	<b>31,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,8</b>	<b>38,8</b>	<b>37,0</b>	<b>1,8</b>	<b>5,2</b>	<b>1,15</b>	<b>16,8</b>	
<b>Stabw</b>	<b>10,3</b>	<b>10,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>8,7</b>	<b>8,6</b>	<b>0,1</b>	<b>1,5</b>	<b>0,11</b>	<b>7,4</b>	
<b>Median</b>	<b>33,4</b>	<b>32,9</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>	<b>41,7</b>	<b>39,8</b>	<b>1,8</b>	<b>4,6</b>	<b>1,13</b>	<b>14,1</b>	
52 mm	39,963	39,332	0,631	1,6	25,681	23,856	1,825	7,7	1,42	29,3	
6-18-4-18-6	37,285	36,638	0,647	1,8	41,965	39,185	2,780	7,1	2,12	26,6	
	40,242	39,598	0,644	1,6	39,743	37,607	2,136	5,7	1,50	19,6	
	37,701	37,093	0,608	1,6	24,987	23,449	1,538	6,6	1,14	24,0	
	29,426	28,924	0,502	1,7	21,376	19,859	1,517	7,6	1,18	29,3	
	39,950	39,312	0,638	1,6	24,608	22,978	1,630	7,1	1,24	26,6	
	35,911	35,323	0,588	1,7	41,593	39,188	2,405	6,1	1,74	21,9	
	24,865	24,404	0,461	1,9	39,005	37,232	1,773	4,8	1,14	15,1	
					25,146	23,531	1,615	6,9	1,22	25,5	
					28,323	26,763	1,560	5,8	1,11	20,4	
<b>Mittel</b>	<b>35,7</b>	<b>35,1</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>	<b>31,2</b>	<b>29,4</b>	<b>1,9</b>	<b>6,5</b>	<b>1,38</b>	<b>23,8</b>	
<b>Stabw</b>	<b>5,6</b>	<b>5,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>8,2</b>	<b>7,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,33</b>	<b>4,6</b>	
<b>Median</b>	<b>37,5</b>	<b>36,9</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>	<b>27,0</b>	<b>25,3</b>	<b>1,7</b>	<b>6,7</b>	<b>1,23</b>	<b>24,7</b>	

Hersteller	15		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PU					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"	"B"	"Ti"	Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-	TM	TM			durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	beladung	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	Alterung	I
				in %	in g	in g	in g	in %	in g	in %
36 mm 4-12-4-12-4	16,497	16,152	0,345	2,1	21,063	20,247	0,816	4,03	0,38	9,5
	19,820	19,430	0,390	2,0	20,570	19,899	0,671	3,4	0,24	6,2
	16,474	16,136	0,338	2,1	21,263	20,431	0,832	4,1	0,39	9,7
	18,007	17,638	0,369	2,1	20,611	19,880	0,731	3,7	0,30	7,7
	19,908	19,507	0,401	2,1	21,195	20,499	0,696	3,4	0,26	6,3
	17,949	17,583	0,366	2,1	16,856	16,284	0,572	3,5	0,22	6,9
	17,901	17,527	0,374	2,1	20,909	20,111	0,798	4,0	0,37	9,2
	9,795	9,552	0,243	2,5	14,039	13,419	0,620	4,6	0,33	12,5
					21,198	20,244	0,954	4,7	0,52	12,9
					21,116	20,380	0,736	3,61	0,30	7,4
<b>Mittel</b>	<b>17,0</b>	<b>16,7</b>	<b>0,4</b>	<b>2,1</b>	<b>19,9</b>	<b>19,1</b>	<b>0,7</b>	<b>3,9</b>	<b>0,33</b>	<b>8,8</b>
<b>Stabw</b>	<b>3,2</b>	<b>3,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,09</b>	<b>2,4</b>
<b>Median</b>	<b>17,9</b>	<b>17,6</b>	<b>0,4</b>	<b>2,1</b>	<b>21,0</b>	<b>20,2</b>	<b>0,7</b>	<b>3,8</b>	<b>0,32</b>	<b>8,5</b>
48 mm 4-18-4-18-4	44,280	43,481	0,799	1,8	22,713	21,714	0,999	4,6	0,57	13,1
	29,228	28,651	0,577	2,0	44,675	43,249	1,426	3,3	0,57	6,6
	20,881	20,439	0,442	2,2	44,092	42,608	1,484	3,5	0,64	7,6
	44,304	42,462	1,842		44,547	43,146	1,401	3,2	0,55	6,4
	43,422	42,617	0,805	1,9	44,973	43,445	1,528	3,5	0,67	7,7
	24,101	23,606	0,495	2,1	23,926	22,734	1,192	5,2	0,74	16,3
	44,160	43,330	0,830	1,9	24,213	22,712	1,501	6,6	1,05	23,2
	43,048	42,257	0,791	1,9	22,591	21,313	1,278	6,0	0,86	20,1
					44,896	43,101	1,795	4,2	0,95	11,0
					24,583	23,213	1,370	5,9	0,91	19,6
<b>Mittel</b>	<b>36,7</b>	<b>35,9</b>	<b>0,8</b>	<b>2,0</b>	<b>34,1</b>	<b>32,7</b>	<b>1,4</b>	<b>4,6</b>	<b>0,75</b>	<b>13,2</b>
<b>Stabw</b>	<b>10,2</b>	<b>9,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1</b>	<b>11,1</b>	<b>11,0</b>	<b>0,2</b>	<b>1,3</b>	<b>0,18</b>	<b>6,3</b>
<b>Median</b>	<b>43,2</b>	<b>42,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,9</b>	<b>34,3</b>	<b>32,9</b>	<b>1,4</b>	<b>4,4</b>	<b>0,71</b>	<b>12,0</b>
				<b>2,0</b>						
				<b>4,3</b>						
52 mm 6-18-4-18-6	43,859	43,022	0,837	1,9	44,935	43,218	1,717	4,0	0,87	10,1
	43,790	42,994	0,796	1,9	39,004	37,505	1,499	4,0	0,77	10,2
	43,743	42,883	0,860	2,0	22,537	21,066	1,471	7,0	1,06	25,1
	44,193	43,421	0,772	1,8	44,160	42,652	1,508	3,5	0,68	7,9
	44,897	44,115	0,782	1,8	44,941	43,248	1,693	3,9	0,85	9,8
	43,730	42,913	0,817	1,9	44,878	43,268	1,610	3,7	0,76	8,8
	22,073	21,605	0,468	2,2	44,075	42,297	1,778	4,2	0,95	11,2
	22,847	22,355	0,492	2,2	44,791	43,274	1,517	3,5	0,67	7,7
					44,431	42,828	1,603	3,7	0,77	8,9
					29,332	27,941	1,391	5,0	0,85	15,1
<b>Mittel</b>	<b>38,6</b>	<b>37,9</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>	<b>40,3</b>	<b>38,7</b>	<b>1,6</b>	<b>4,3</b>	<b>0,82</b>	<b>11,5</b>
<b>Stabw</b>	<b>10,0</b>	<b>9,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>7,9</b>	<b>7,9</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,12</b>	<b>5,2</b>
<b>Median</b>	<b>43,8</b>	<b>43,0</b>	<b>0,8</b>	<b>1,9</b>	<b>44,3</b>	<b>42,7</b>	<b>1,6</b>	<b>3,9</b>	<b>0,81</b>	<b>9,9</b>

Hersteller	16		Abstandhalter: Sekundärdichtstoff: Tc in %		Edelstahl PU 20					
Lieferzustand				Gealtert				"Z"		Feucht.
	TM entnommen in g	TM getrocknet in g	Beladung in g	"Ti" Anfangs- beladung in %	"m fe" TM entnommen in g	"m tr" TM getrocknet in g	"B" Beladung in g	"Ti" Beladung in %	Zubeladung durch Alterung in g	aufn.faktor I in %
36 mm 4-12-4-12-4	34,064	33,637	0,427	1,3	36,240	34,255	1,985	5,79	1,52	23,8
	34,319	33,899	0,420	1,2						
	34,616	34,138	0,478	1,4	34,741	33,812	0,929	2,7	0,47	7,5
	34,494	34,022	0,472	1,4	35,302	34,067	1,235	3,6	0,77	12,2
	34,056	33,625	0,431	1,3	35,882	34,495	1,387	4,0	0,92	14,3
	30,278	29,872	0,406	1,4	36,459	34,515	1,944	5,6	1,48	22,9
	34,791	34,275	0,516	1,5	34,948	34,004	0,944	2,8	0,48	7,6
	34,803	34,321	0,482	1,4	35,748	34,028	1,720	5,1	1,26	19,8
					34,722	33,701	1,021	3,0	0,56	9,0
					41,595	33,744	7,851	23,27		
<b>Mittel</b>	<b>33,9</b>	<b>33,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>36,2</b>	<b>34,1</b>	<b>2,1</b>	<b>6,2</b>	<b>0,93</b>	<b>14,6</b>
<b>Stabw</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>2,1</b>	<b>0,3</b>	<b>2,2</b>	<b>6,5</b>	<b>0,43</b>	<b>6,8</b>
<b>Median</b>	<b>34,4</b>	<b>34,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>35,7</b>	<b>34,0</b>	<b>1,4</b>	<b>4,0</b>	<b>0,85</b>	<b>13,2</b>
48 mm 4-18-4-18-4	54,221	53,486	0,735	1,4	55,752	54,103	1,649	3,0	0,93	9,2
	53,753	53,048	0,705	1,3	56,489	54,595	1,894	3,5	1,16	11,4
	53,239	52,554	0,685	1,3	55,632	54,093	1,539	2,8	0,82	8,1
	53,394	52,728	0,666	1,3	55,607	53,798	1,809	3,4	1,09	10,9
	54,183	53,437	0,746	1,4	55,122	53,620	1,502	2,8	0,79	7,8
	53,844	53,102	0,742	1,4	55,596	53,993	1,603	3,0	0,88	8,7
	53,708	53,001	0,707	1,3	56,289	54,668	1,621	3,0	0,89	8,7
	53,136	52,454	0,682	1,3	56,529	54,327	2,202	4,1	1,48	14,6
					55,662	53,838	1,824	3,4	1,10	11,0
					54,955	53,463	1,492	2,8	0,78	7,8
<b>Mittel</b>	<b>53,7</b>	<b>53,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>55,8</b>	<b>54,0</b>	<b>1,7</b>	<b>3,2</b>	<b>0,99</b>	<b>9,8</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,22</b>	<b>2,1</b>
<b>Median</b>	<b>53,7</b>	<b>53,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,3</b>	<b>55,6</b>	<b>54,0</b>	<b>1,6</b>	<b>3,0</b>	<b>0,91</b>	<b>9,0</b>
52 mm 6-18-4-18-6	55,085	54,365	0,720	1,3	55,381	53,498	1,883	3,5	1,11	11,2
	52,066	51,409	0,657	1,3	56,384	54,761	1,623	3,0	0,84	8,2
	53,559	52,871	0,688	1,3	55,421	53,888	1,533	2,8	0,76	7,6
	54,147	53,433	0,714	1,3	54,905	53,612	1,293	2,4	0,52	5,2
	54,670	53,933	0,737	1,4	55,349	53,461	1,888	3,5	1,12	11,3
	54,140	53,409	0,731	1,4	56,109	53,921	2,188	4,1	1,41	14,1
	54,146	53,038	1,108	2,1	55,395	53,694	1,701	3,2	0,93	9,3
	54,732	53,962	0,770	1,4	55,246	53,386	1,860	3,5	1,09	11,0
					55,063	53,286	1,777	3,3	1,01	10,2
					55,414	53,510	1,904	3,6	1,13	11,4
<b>Mittel</b>	<b>54,1</b>	<b>53,3</b>	<b>0,8</b>	<b>1,4</b>	<b>55,5</b>	<b>53,7</b>	<b>1,8</b>	<b>3,3</b>	<b>0,99</b>	<b>10,0</b>
<b>Stabw</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,25</b>	<b>2,5</b>
<b>Median</b>	<b>54,1</b>	<b>53,4</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>55,4</b>	<b>53,6</b>	<b>1,8</b>	<b>3,4</b>	<b>1,05</b>	<b>10,6</b>

Hersteller	17			Abstandhalter:	Edelstahl						
				Sekundärdichtstoff:	PS						
				Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>					<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		<b>"Ti"</b>	<b>"m fe"</b>	<b>"m tr"</b>			Zubeladung	Feucht.	
	entnommen	getrocknet	Beladung	<b>Anfangs-</b>	entnommen	getrocknet	<b>"B"</b>	<b>"Ti"</b>	durch	aufn.faktor	
	in g	in g	in g	<b>beladung</b>	in g	in g	in g	in %	Alterung	I	
				in %					in g	in %	
36 mm	29,454	28,725	0,729	<b>2,5</b>	28,355	27,095	<b>1,260</b>	<b>4,65</b>	0,62	21,1	
4-12-4-12-4	29,008	28,335	0,673	<b>2,4</b>	20,184	19,528	<b>0,656</b>	<b>3,4</b>	0,19	15,3	
	27,684	27,022	0,662	<b>2,4</b>	32,648	28,962	<b>3,686</b>	<b>12,7</b>	<b>0,30</b>	<b>57,9</b>	
	27,963	27,374	0,589	<b>2,2</b>	32,587	28,773	<b>3,814</b>	<b>13,3</b>	<b>0,45</b>	<b>60,3</b>	
	31,758	28,510	3,248	<b>11,4</b>	28,421	26,984	<b>1,437</b>	<b>5,3</b>	0,79	24,2	
	31,753	28,564	3,189	<b>11,2</b>	28,540	27,356	<b>1,184</b>	<b>4,3</b>	0,53	19,7	
	32,723	29,031	3,692	<b>12,7</b>	27,467	26,287	<b>1,180</b>	<b>4,5</b>	0,55	20,4	
	31,769	28,494	3,275	<b>11,5</b>	28,643	27,431	<b>1,212</b>	<b>4,4</b>	0,56	20,1	
					34,190	30,105	<b>4,085</b>	<b>13,6</b>	<b>0,56</b>	<b>61,7</b>	
					28,973	27,590	<b>1,383</b>	<b>5,01</b>	<b>0,73</b>	<b>22,8</b>	
<b>Mittel</b>	<b>30,3</b>	<b>28,3</b>	<b>2,0</b>	<b>7,0</b>	<b>29,0</b>	<b>27,0</b>	<b>2,0</b>	<b>7,1</b>	<b>0,53</b>	<b>32,3</b>	
<b>Stabw</b>	<b>2,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>5,0</b>	<b>3,9</b>	<b>2,9</b>	<b>1,3</b>	<b>4,2</b>	<b>0,18</b>	<b>19,2</b>	
<b>Median</b>	<b>30,6</b>	<b>28,5</b>	<b>2,0</b>	<b>6,9</b>	<b>28,6</b>	<b>27,4</b>	<b>1,3</b>	<b>4,8</b>	<b>0,56</b>	<b>22,0</b>	
				<b>Ti Mittel</b>	<b>2,4</b>	<b>Ti Stabw</b>	<b>0,2</b>				
				<b>Ti Mittel</b>	<b>11,7</b>	<b>Ti Stabw</b>	<b>0,7</b>				
48 mm	45,474	44,506	0,968	2,2	46,943	45,197	1,746	3,9	0,76	8,4	
4-18-4-18-4	45,326	44,362	0,964	2,2	46,298	44,524	1,774	4,0	0,80	9,0	
	45,491	44,544	0,947	2,1	47,522	45,295	2,227	4,9	1,23	13,8	
	45,906	44,950	0,956	2,1	46,641	44,835	1,806	4,0	0,82	9,3	
	46,006	44,986	1,020	2,3	46,946	44,843	2,103	4,7	1,12	12,6	
					47,052	45,169	1,883	4,2	0,89	10,0	
	45,621	44,655	0,966	2,2	46,704	45,009	1,695	3,8	0,71	7,9	
	44,752	43,739	1,013	2,3	46,295	44,348	1,947	4,4	0,97	11,1	
					46,589	44,708	1,881	4,2	0,90	10,2	
					46,735	44,867	1,868	4,2	0,88	10,0	
<b>Mittel</b>	<b>45,5</b>	<b>44,5</b>	<b>1,0</b>	<b>2,2</b>	<b>46,8</b>	<b>44,9</b>	<b>1,9</b>	<b>4,2</b>	<b>0,91</b>	<b>10,2</b>	
<b>Stabw</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,16</b>	<b>1,8</b>	
<b>Median</b>	<b>45,5</b>	<b>44,5</b>	<b>1,0</b>	<b>2,2</b>	<b>46,7</b>	<b>44,9</b>	<b>1,9</b>	<b>4,2</b>	<b>0,89</b>	<b>10,0</b>	
52 mm	45,615	44,708	0,907	2,0	46,172	44,638	1,534	3,4	0,50	5,7	
6-18-4-18-6	46,173	45,273	0,900	2,0	46,451	44,505	1,946	4,4	0,91	10,4	
	45,832	44,889	0,943	2,1	47,062	45,280	1,782	3,9	0,73	8,2	
	46,957	46,041	0,916	2,0	46,698	45,032	1,666	3,7	0,62	7,0	
	45,555	44,643	0,912	2,0	46,385	44,950	1,435	3,2	0,39	4,4	
	46,753	45,818	0,935	2,0	46,570	45,047	1,523	3,4	0,48	5,4	
	45,927	44,968	0,959	2,1	44,588	42,740	1,848	4,3	0,86	10,2	
	46,796	44,893	1,903	4,2	46,200	44,405	1,795	4,0	0,76	8,8	
					47,919	46,076	1,843	4,0	0,77	8,5	
					47,764	45,925	1,839	4,0	0,77	8,6	
<b>Mittel</b>	<b>46,2</b>	<b>45,2</b>	<b>1,0</b>	<b>2,3</b>	<b>46,6</b>	<b>44,9</b>	<b>1,7</b>	<b>3,8</b>	<b>0,68</b>	<b>7,7</b>	
<b>Stabw</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,17</b>	<b>2,0</b>	
<b>Median</b>	<b>46,1</b>	<b>44,9</b>	<b>0,9</b>	<b>2,0</b>	<b>46,5</b>	<b>45,0</b>	<b>1,8</b>	<b>4,0</b>	<b>0,75</b>	<b>8,4</b>	

Aufbau 4-12-4-12-4: Hier waren offensichtlich einige Probekörper mit einer Anfangsbeladung von etwa 2,4 % und andere mit etwa 11,7 % hergestellt worden. Diese beiden unterschiedlichen Anfangsbeladungen ließen sich auch den gealterten Probekörpern zuordnen. Die Berechnung von Zubeladung und I-Faktor erfolgte dementsprechend (s. Farbkodierung).

Hersteller	18		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PS					
			Tc	in %	22					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"	"B"	"Ti"	Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	beladung	in g	in g	in g	in %	Alterung	I
				in %					in g	in %
36 mm	42,951	41,938	1,013	2,4	51,838	49,152	2,686	5,46	1,53	15,9
4-12-4-12-4	50,375	49,239	1,136	2,3	42,399	40,111	2,288	5,7	1,35	17,1
	50,789	49,630	1,159	2,3	52,119	49,607	2,512	5,1	1,35	13,8
	40,385	39,403	0,982	2,5	51,911	49,462	2,449	5,0	1,29	13,3
	50,403	49,286	1,117	2,3	51,509	49,400	2,109	4,3	0,95	9,8
	50,642	49,498	1,144	2,3	51,251	48,424	2,827	5,8	1,69	17,8
	49,963	48,831	1,132	2,3	52,403	49,790	2,613	5,2	1,45	14,8
	45,317	44,294	1,023	2,3	52,246	49,791	2,455	4,9	1,29	13,2
					52,373	49,746	2,627	5,3	1,46	14,9
					50,803	48,284	2,519	5,22	1,39	14,6
<b>Mittel</b>	<b>47,6</b>	<b>46,5</b>	<b>1,1</b>	<b>2,3</b>	<b>50,9</b>	<b>48,4</b>	<b>2,5</b>	<b>5,2</b>	<b>1,37</b>	<b>14,5</b>
<b>Stabw</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,19</b>	<b>2,2</b>
<b>Median</b>	<b>50,2</b>	<b>49,0</b>	<b>1,1</b>	<b>2,3</b>	<b>51,9</b>	<b>49,4</b>	<b>2,5</b>	<b>5,2</b>	<b>1,37</b>	<b>14,7</b>
48 mm	85,912	84,197	1,715	2,0	86,884	83,108	3,776	4,5	1,91	11,6
4-18-4-18-4	85,681	83,956	1,725	2,1	87,774	84,074	3,700	4,4	1,82	10,9
	59,848	58,567	1,281	2,2	89,264	85,059	4,205	4,9	2,30	13,7
	84,645	82,868	1,777	2,1	89,470	85,369	4,101	4,8	2,19	13,0
	58,396	57,080	1,316	2,3	87,014	82,913	4,101	4,9	2,24	13,7
	73,148	71,067	2,081	2,9	87,129	83,021	4,108	4,9	2,25	13,7
	83,061	81,340	1,721	2,1	74,643	70,798	3,845	5,4	2,26	16,1
	85,301	83,495	1,806	2,2	87,043	83,244	3,799	4,6	1,93	11,8
					79,323	74,841	4,482	6,0	2,80	19,0
					85,897	81,932	3,965	4,8	2,13	13,1
<b>Mittel</b>	<b>77,0</b>	<b>75,3</b>	<b>1,7</b>	<b>2,2</b>	<b>85,4</b>	<b>81,4</b>	<b>4,0</b>	<b>4,9</b>	<b>2,18</b>	<b>13,7</b>
<b>Stabw</b>	<b>11,8</b>	<b>11,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>4,7</b>	<b>4,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,28</b>	<b>2,4</b>
<b>Median</b>	<b>83,9</b>	<b>82,1</b>	<b>1,7</b>	<b>2,2</b>	<b>87,0</b>	<b>83,1</b>	<b>4,0</b>	<b>4,9</b>	<b>2,21</b>	<b>13,4</b>
52 mm	83,880	82,111	1,769	2,2	87,525	83,249	4,276	5,1	2,47	15,0
6-18-4-18-6	85,082	83,296	1,786	2,1	87,664	82,771	4,893	5,9	3,10	18,9
	72,663	71,099	1,564	2,2	89,097	85,079	4,018	4,7	2,17	12,9
	86,180	84,405	1,775	2,1	75,664	71,323	4,341	6,1	2,80	19,8
	86,064	84,318	1,746	2,1	88,956	84,516	4,440	5,3	2,61	15,6
	69,844	68,311	1,533	2,2	88,230	83,922	4,308	5,1	2,49	15,0
	85,275	83,483	1,792	2,1	79,351	75,016	4,335	5,8	2,71	18,2
	68,078	66,568	1,510	2,3	89,791	85,632	4,159	4,9	2,30	13,6
					89,254	85,074	4,180	4,9	2,34	13,9
					69,752	65,633	4,119	6,3	2,70	20,7
<b>Mittel</b>	<b>79,6</b>	<b>77,9</b>	<b>1,7</b>	<b>2,2</b>	<b>84,5</b>	<b>80,2</b>	<b>4,3</b>	<b>5,4</b>	<b>2,57</b>	<b>16,3</b>
<b>Stabw</b>	<b>7,9</b>	<b>7,8</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,27</b>	<b>2,8</b>
<b>Median</b>	<b>84,5</b>	<b>82,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2,2</b>	<b>87,9</b>	<b>83,6</b>	<b>4,3</b>	<b>5,2</b>	<b>2,55</b>	<b>15,3</b>



Hersteller	19		Abstandhalter:		Kunststoff / metallische Diffusionssperre					
			Sekundärdichtstoff:		PU					
			Tc	in %	20					
	<b>Lieferzustand</b>				<b>Gealtert</b>				<b>"Z"</b>	
	TM	TM		"Ti"	"m fe"	"m tr"			Zubeladung	Feucht.
	entnommen	getrocknet	Beladung	Anfangs-	TM	TM	"B"	"Ti"	durch	aufn.faktor
	in g	in g	in g	beladung	entnommen	getrocknet	Beladung	Beladung	Alterung	I
				in %	in g	in g	in g	in %	in g	in %
36 mm	31,578	30,971	0,607	2,0	29,178	26,914	2,264	8,41	1,66	34,7
4-12-4-12-4	23,773	23,234	0,539	2,3	42,676	39,719	2,957	7,4	2,07	29,3
	23,359	22,870	0,489	2,1	33,660	31,031	2,629	8,5	1,93	35,1
	19,254	18,779	0,475	2,5	25,999	24,089	1,910	7,9	1,37	32,0
	27,513	26,931	0,582	2,2	21,260	18,094	3,166	17,5	2,76	85,9
	48,100	47,133	0,967	2,1	46,655	43,433	3,222	7,4	2,25	29,1
	24,669	24,160	0,509	2,1	30,278	27,889	2,389	8,6	1,76	35,6
	13,901	13,537	0,364	2,7	38,076	35,184	2,892	8,2	2,10	33,7
					37,059	32,598	4,461	13,7	3,73	64,4
					31,935	28,862	3,073	10,65	2,43	47,3
<b>Mittel</b>	<b>26,5</b>	<b>26,0</b>	<b>0,6</b>	<b>2,2</b>	<b>33,7</b>	<b>30,8</b>	<b>2,9</b>	<b>9,8</b>	<b>2,21</b>	<b>42,7</b>
<b>Stabw</b>	<b>10,2</b>	<b>10,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>7,7</b>	<b>7,4</b>	<b>0,7</b>	<b>3,3</b>	<b>0,66</b>	<b>18,5</b>
<b>Median</b>	<b>24,2</b>	<b>23,7</b>	<b>0,5</b>	<b>2,1</b>	<b>32,8</b>	<b>29,9</b>	<b>2,9</b>	<b>8,4</b>	<b>2,08</b>	<b>34,9</b>
48 mm	59,901	58,843	1,058	1,8	67,766	63,258	3,909	10,8	3,25	44,3
4-18-4-18-4	40,867	40,100	0,767	1,9	65,017	60,804	3,803	8,4	2,98	32,6
	44,919	44,086	0,833	1,9	40,258	36,349	3,909	10,8	3,25	49,2
	62,126	61,036	1,090	1,8	49,122	45,319	3,803	8,4	2,98	36,2
	63,230	62,132	1,098	1,8	66,245	62,376	3,869	6,2	2,74	24,1
	63,888	62,796	1,092	1,7	55,007	51,297	3,710	7,2	2,78	29,8
	64,185	63,063	1,122	1,8	66,583	62,628	3,955	6,3	2,82	24,7
	37,365	36,686	0,679	1,9	65,112	61,191	3,921	6,4	2,81	25,3
					65,146	61,407	3,739	6,1	2,62	23,5
<b>Mittel</b>	<b>54,6</b>	<b>53,6</b>	<b>1,0</b>	<b>1,8</b>	<b>60,0</b>	<b>56,1</b>	<b>3,8</b>	<b>7,8</b>	<b>2,91</b>	<b>32,2</b>
<b>Stabw</b>	<b>11,4</b>	<b>11,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>9,7</b>	<b>9,6</b>	<b>0,1</b>	<b>1,9</b>	<b>0,22</b>	<b>9,4</b>
<b>Median</b>	<b>61,0</b>	<b>59,9</b>	<b>1,1</b>	<b>1,8</b>	<b>65,1</b>	<b>61,2</b>	<b>3,9</b>	<b>7,2</b>	<b>2,82</b>	<b>29,8</b>
52 mm	63,461	62,402	1,059	1,7	39,280	34,755	4,525	13,0	3,94	61,9
6-18-4-18-6	61,357	60,314	1,043	1,7	41,417	38,180	3,237	8,5	2,59	37,1
	62,826	61,791	1,035	1,7	61,294	55,822	5,472	9,8	4,53	44,3
	65,434	64,341	1,093	1,7	70,224	63,480	6,744	10,6	5,67	48,8
	64,377	63,287	1,090	1,7	68,853	62,836	6,017	9,6	4,95	43,1
	65,294	64,224	1,070	1,7	67,837	63,179	4,658	7,4	3,59	31,0
	38,354	37,703	0,651	1,7	71,914	63,131	8,783	13,9	7,71	66,7
	62,945	61,938	1,007	1,6	20,952	16,470	4,482	27,2	4,20	139,4
					67,684	62,845	4,839	7,7	3,78	32,8
					68,734	62,557	6,177	9,9	5,12	44,7
<b>Mittel</b>	<b>60,5</b>	<b>59,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,7</b>	<b>57,8</b>	<b>52,3</b>	<b>5,5</b>	<b>11,8</b>	<b>4,61</b>	<b>55,0</b>
<b>Stabw</b>	<b>9,1</b>	<b>8,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>17,6</b>	<b>16,6</b>	<b>1,5</b>	<b>5,8</b>	<b>1,40</b>	<b>31,8</b>
<b>Median</b>	<b>63,2</b>	<b>62,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,7</b>	<b>67,8</b>	<b>62,7</b>	<b>5,2</b>	<b>9,8</b>	<b>4,37</b>	<b>44,5</b>

Hersteller	20		Abstandhalter: Sekundärdichtstoff: Tc in %		Kunststoff / metallische Diffusionssperre PU 22						
	Lieferzustand				Gealtert				"Z"	Feucht.	
	TM entnommen in g	TM getrocknet in g	Beladung in g	"Ti" Anfangs- beladung in %	"m fe" TM entnommen in g	"m tr" TM getrocknet in g	"B" Beladung in g	"Ti" Beladung in %	Zubeladung durch Alterung in g	aufn.faktor I in %	
36 mm 4-12-4-12-4	28,636	27,948	0,688	2,5	28,927	27,936	0,991	3,55	0,29	5,3	
	27,354	26,671	0,683	2,6							
	28,573	27,879	0,694	2,5	29,899	28,024	1,875	6,7	1,17	21,4	
	28,848	28,149	0,699	2,5	28,893	27,553	1,340	4,9	0,65	12,1	
	28,029	27,331	0,698	2,6	30,509	28,213	2,296	8,1	1,59	28,9	
	28,606	27,925	0,681	2,4	28,917	26,861	2,056	7,7	1,38	26,4	
	28,007	27,334	0,673	2,5	29,955	28,141	1,814	6,4	1,11	20,2	
	27,316	26,605	0,711	2,7	28,211	26,412	1,799	6,8	1,13	22,0	
					29,778	28,157	1,621	5,8	0,91	16,6	
					29,507	27,845	1,662	5,97	0,96	17,7	
<b>Mittel</b>	<b>28,2</b>	<b>27,5</b>	<b>0,7</b>	<b>2,5</b>	<b>29,4</b>	<b>27,7</b>	<b>1,7</b>	<b>6,2</b>	<b>1,02</b>	<b>19,0</b>	
<b>Stabw</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>1,4</b>	<b>0,38</b>	<b>7,2</b>	
<b>Median</b>	<b>28,3</b>	<b>27,6</b>	<b>0,7</b>	<b>2,5</b>	<b>29,5</b>	<b>27,9</b>	<b>1,8</b>	<b>6,4</b>	<b>1,11</b>	<b>20,2</b>	
48 mm 4-18-4-18-4	41,658	41,018	0,640	1,6	42,870	41,201	1,658	4,0	0,99	11,7	
	21,890	21,516	0,374	1,7	42,844	41,519	1,299	3,1	0,63	7,4	
	41,493	40,850	0,643	1,6	43,280	41,622	1,658	4,0	0,99	11,7	
	41,343	40,698	0,645	1,6	42,916	41,617	1,299	3,1	0,63	7,4	
	41,001	40,353	0,648	1,6	42,148	40,486	1,662	4,1	1,01	12,3	
	41,727	41,055	0,672	1,6	41,860	40,479	1,381	3,4	0,73	8,9	
	41,924	41,289	0,635	1,5	42,032	40,456	1,576	3,9	0,93	11,2	
	42,189	41,531	0,658	1,6							
					66,748	64,878	1,870	2,9	0,83	6,3	
					42,956	41,579	1,377	3,3	0,71	8,4	
<b>Mittel</b>	<b>39,2</b>	<b>38,5</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>45,3</b>	<b>43,8</b>	<b>1,5</b>	<b>3,5</b>	<b>0,83</b>	<b>9,5</b>	
<b>Stabw</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>8,1</b>	<b>7,9</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,16</b>	<b>2,3</b>	
<b>Median</b>	<b>41,6</b>	<b>40,9</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>42,9</b>	<b>41,5</b>	<b>1,6</b>	<b>3,4</b>	<b>0,83</b>	<b>8,9</b>	
52 mm 6-18-4-18-6	41,461	40,812	0,649	1,6	43,345	41,385	1,960	4,7	1,31	15,5	
	42,056	41,396	0,660	1,6	43,145	41,727	1,418	3,4	0,76	8,9	
	41,757	41,120	0,637	1,5	42,969	41,316	1,653	4,0	1,00	11,9	
	42,447	41,765	0,682	1,6	42,224	40,875	1,349	3,3	0,70	8,4	
	41,924	41,271	0,653	1,6	42,503	41,626	0,877	2,1	0,22	2,6	
	41,869	41,217	0,652	1,6	42,987	41,564	1,423	3,4	0,77	9,0	
	40,975	40,347	0,628	1,6	42,184	41,325	0,859	2,1	0,21	2,4	
	42,183	41,535	0,648	1,6	41,661	40,284	1,377	3,4	0,74	9,0	
					42,921	41,316	1,605	3,9	0,95	11,3	
					42,617	41,550	1,067	2,6	0,41	4,8	
<b>Mittel</b>	<b>41,8</b>	<b>41,2</b>	<b>0,7</b>	<b>1,6</b>	<b>42,7</b>	<b>41,3</b>	<b>1,4</b>	<b>3,3</b>	<b>0,71</b>	<b>8,4</b>	
<b>Stabw</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,35</b>	<b>4,1</b>	
<b>Median</b>	<b>41,9</b>	<b>41,2</b>	<b>0,7</b>	<b>1,6</b>	<b>42,8</b>	<b>41,4</b>	<b>1,4</b>	<b>3,4</b>	<b>0,75</b>	<b>8,9</b>	





ift Rosenheim  
Theodor-Gietl-Straße 7-9  
83026 Rosenheim

Tel.: +49 (0) 80 31 / 261-0  
Fax: +49 (0) 80 31 / 261-290  
E-Mail: [info@ift-rosenheim.de](mailto:info@ift-rosenheim.de)  
[www.ift-rosenheim.de](http://www.ift-rosenheim.de)

© ift Rosenheim 2015