

## 4 Isolierglas-Terminologie



### Definition des Isolierglases

Isolierglas gibt es seit etwa 60 Jahren. Das älteste Patent zu diesem Thema stammt sogar aus dem Jahre 1865.

Die offizielle Definition des Begriffs »Isolierglas« ist in der EN 1279-1 festgelegt:

„Mehrscheiben-Isolierglas ist eine mechanisch stabile und haltbare Einheit aus mindestens

zwei Glasscheiben, die durch einen oder mehrere Abstandhalter voneinander getrennt und im Randbereich hermetisch versiegelt ist.“

In dem abgeschlossenen Raum zwischen den Scheiben befindet sich kein Vakuum, wie fälschlicherweise oft angenommen wird, sondern getrocknete Luft oder Spezialgas.

#### 4.0 Isolierglas-Arten

#### 4.1 U-Wert gem. EN 673

#### 4.2 Emissionsvermögen $\epsilon$ gem. EN 673

#### 4.3 g-Wert gem. EN 410

#### 4.4 Farbwiedergabe-Index $R_a$ gem. EN 410

#### 4.5 Lichtdurchlässigkeit $\tau_v$ gem. EN 410

#### 4.6 Absorption der Energie

#### 4.7 b-Faktor

#### 4.8 Selektivitätskennzahl S

#### 4.9 Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$

#### 4.10 Doppelscheiben-Effekt/ Isolierglas-Effekt

#### 4.11 Interferenz-Erscheinungen bei Isolierglas

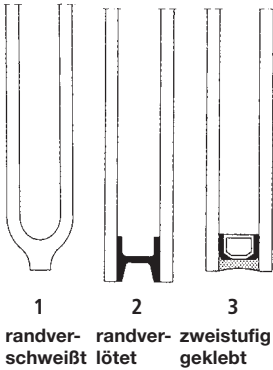
#### 4.12 Anisotropien

#### 4.13 Taupunkttemperatur

#### 4.14 Glasdickenermittlung

### 4.0 Isolierglas-Arten

Neben einer fachgerechten Verglasung wird die Langzeitstabilität der Isolierglaseinheit durch die Qualität des Randverbunds bestimmt. Aufgrund des unterschiedlichen Randverbunds kann Isolierglas in drei Systeme eingeteilt werden, wobei die beiden erstgenannten kaum mehr hergestellt werden.



#### 1. Ganzglas-Isolierglas

Diese Gläser, wie z. B. „Gado“ und „Sedo“, wurden hergestellt, indem zwei Glastafeln im Randbereich bis zum Schmelzpunkt erhitzt, abgekröpft und miteinander verschmolzen wurden. Der Scheibenzwischenraum (SZR) wurde danach mit trockener Luft bzw. Gas gefüllt, die Füllbohrungen nachträglich verschlossen.

#### 2. Gelötetes Isolierglas

Bei diesem System, z. B. „Thermopane“, wurden zwei Scheiben im Randbereich verkupfert und mit einem dünnen Bleisteg verlötet. Der SZR enthielt in der Regel keinen Trockenstoff, man spülte ihn trocken und verlötete dann die Spülbohrungen.

#### 3. Isolierglas mit organisch geklebtem Randverbund

Es gibt geklebtes Isolierglas mit einer und mit zwei Dichtungsstufen.

Isolierglas mit einer Dichtungsstufe besteht aus einem mit hochaktivem Adsorbens (Trockenstoff) gefüllten, perforierten Abstandhalterrahmen aus Aluminium oder verzinktem Stahl. Der Hohlraum zwischen dem Abstandhalterrahmen und den Scheibenkanten wird mit dauerelastischem Dichtstoff ausgefüllt. Vorwiegend bei kleineren Scheibenformaten werden auch thermoplastische Dichtstoffe eingesetzt, wie z. B. Hot Melt. Bei diesen Schmelzklebern reduzieren sich die mechanische Festigkeit und Dichtigkeit mit steigenden Temperaturen drastisch.

Bei Isolierglas mit zwei Dichtungsstufen, wie INTERPANE Isolierglas, wird zunächst der mit hochaktivem Adsorbens (Trockenstoff) gefüllte und perforierte Abstandhalter mit einem dauerplastischen Dichtstoff auf der Basis von Polyisobutylen (Butyl) lückenlos versehen. Diese innere Dichtung dient vornehmlich dem Abdichten des Scheibenzwischenraums gegen eindringenden Wasserdampf und Gasverluste. Butyl hat eine sehr niedrige Wasserdampf- und Gasdiffusionsrate. Als zweite Stufe wird zusätzlich der Hohlraum außerhalb des Abstandhalterrahmens bis zu den Scheibenkanten mit dauerelastischem Dichtstoff ausgefüllt. Gebräuchliche Dichtstoffe sind **Polysulfidpolymer (Thiokol)** oder **Polyurethan**.

Der Dichtstoff **Silikon** wird für Verglasungen mit freiliegendem Randverbund, wie z. B. im Über-

kopfbereich oder bei Structural Glazing, eingesetzt. Allerdings besitzt Silikon eine deutlich höhere Diffusionsrate für die üblicherweise verwendeten Füllgase.

#### Warme Kante und Alternativen im Randverbund

Die EnEV belohnt die Reduzierung von Wärmebrücken. Mit **its** präsentiert INTERPANE einen Randverbund, der die Wärmeverluste an der Isolierglaskante minimiert. Wegen der geringeren Wärmeleitfähigkeit wird der Aluminium-Abstandhalter durch ein speziell entwickeltes Edelstahlprofil ersetzt. Das its-System optimiert somit das bewährte Prinzip des zweistufigen Randverbunds mit metallischem, gebogenem Abstandhalter.

Neben Edelstahlprofilen haben sich auch Kunststoffabstandhalter mit metallischen Diffusionsbarrieren (z. B. Thermix, TGI) zur Verminderung von Wärmebrücken im Isolierglasrand bewährt.

Alternativ zu den vorgenannten Lösungen werden im Markt weitere Randverbundsysteme mit ähnlichen thermischen Eigenschaften angeboten. Exemplarisch sei das TPS-System (Thermo Plast Spacer) genannt. Bei TPS bringt anstelle des metallischen Aluminium-Abstandhalters eine thermoplastische Dichtmasse die Scheiben auf die gewünschte Distanz. Gleichzeitig verschließt die Dichtmasse den SZR als erste der zwei Dichtstufen.

Die Forderung nach gesicherter Materialverfügbarkeit, weiterer thermischer Optimierung und automatisierten Fertigungsprozessen lässt für die Zukunft neuartige Randverbundsysteme erwarten. Erste Ansätze sind z. B. in der Verwendung von reaktivem Hot Melt bzw. in der Entwicklung eines einstufigen TPE (Thermo Plast Elastomer) zu erkennen.

### 4.1 U-Wert gem. EN 673

Bereits mit der EnEV 2002 (Energieeinsparverordnung) wurden auch neue Normen verbindlich. Der allseits bekannte k-Wert wurde durch den U-Wert ersetzt. Dadurch änderte sich nichts an der bauphysikalischen Bedeutung des Wärmedurchgangskoeffizienten.

Der Wärmedurchgangskoeffizient gibt die Wärmemenge an, die pro Zeiteinheit durch 1 m<sup>2</sup> eines Bauteils bei einem Temperaturunterschied der angrenzenden Raum- und Außenluft von 1 Kelvin hindurchgeht. Je kleiner der U-Wert, desto größer also die Wärmedämmung. Die Maßeinheit ist W/m<sup>2</sup>K.

Die U-Wert-Ermittlung erfolgt durch Berechnung nach EN 673 oder aber durch Messung nach EN 674.

Bei gleichen Randbedingungen liefern Berechnung und Messung vergleichbare U-Werte.

#### **ψ-Wert**

Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient (**ψ**-Wert) beschreibt die Wärmebrücke eines Bauteils. Seit der EnEV 2002 muss er bei der Ermittlung des U<sub>w</sub>-Wertes berücksichtigt werden.

Beim Fenster besteht die Wärmebrücke vornehmlich aus der Wechselwirkung von Fensterahmen, Isolierverglasung und Abstandhalter.

Einen **ψ**-Wert allein für die Isolierverglasung gibt es demnach nicht (s. Kap. 3.3.1 und 7.2).

### 4.2 Emissionsvermögen $\varepsilon$ gem. EN 673

Unter Emissionsvermögen  $\varepsilon$  ist das Abstrahlverhalten eines Körpers zu verstehen. Hinsichtlich der Wärmedämmung von Isolierglas bedeutet dies: Je niedriger das Emissionsvermögen ist, desto besser der U-Wert. In der Vergangenheit wurden die U-Werte von Glas stets im Prüfstand gemessen – heute stehen zuverlässige Berechnungsverfahren zur Verfügung (EN 673). Um die Berechnungen durchzuführen, wird unter anderem der  $\varepsilon$ -Wert benötigt.

Die Ermittlung des Emissionsvermögens erfolgt durch Messung der Reflexion einer Bauteiloberfläche.

Hierbei wird unterstellt, dass der Einfallswinkel nahezu senkrecht zur betrachteten Oberfläche liegt und die Messung bei verschiedenen Wellenlängen stattfindet. Der so ermittelte Reflexionswert R wird gemäß der Formel

$$\varepsilon = 1 - R$$

in den Emissionswert umgerechnet.

Da es messtechnisch nicht möglich ist, mit einem Einfallswinkel von  $0^\circ$  zu messen, wird im allgemeinen bei einem mittleren Einfallswinkel von  $\leq 10^\circ$  gemessen.

- **normales Emissionsvermögen  $\varepsilon_n$  nach EN 673**

Bei der Ermittlung des normalen Emissionsvermögens  $\varepsilon_n$  nach EN 673 wird das zuvor beschriebene Messverfahren zugrunde gelegt, wobei 30 Wellenlängen zwischen  $5,5 \mu\text{m}$  und  $50 \mu\text{m}$  ausgewertet werden.

Aus diesen Einzelergebnissen wird der Mittelwert unter Berücksichtigung der Verteilung der Temperaturstrahlung bei  $+ 10^\circ\text{C}$  bestimmt.

Das Resultat wird als „normales Emissionsvermögen  $\varepsilon_n$ “ bezeichnet.

- **deklariertes Emissionsvermögen  $\varepsilon_d$  nach EN 1096**

Der deklarierte Wert des Emissionsvermögens  $\varepsilon_d$  ist der vom Hersteller des Basisglases angegebene Nennwert des normalen Emissionsvermögens.

### 4.3 g-Wert gem. EN 410

Der g-Wert ist der Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen für Sonnenstrahlung im Wellenlängenbereich von 300 nm bis 2500 nm. Die Größe ist für klimatische Berechnungen von Bedeutung und wird in % ausgedrückt.

Der g-Wert setzt sich zusammen aus direkter Sonnenenergietransmission  $\tau_e$  und sekundärer Wärmeabgabe nach innen  $q_i$  infolge langwelliger Strahlung und Konvektion.

$$g = \tau_e + q_i$$

Der Bemessungswert  $g$  für den Gesamtenergiedurchlassgrad wird grundsätzlich nach der europäischen EN 410 bestimmt.

Vereinfachend kann nach DIN V 4108 Teil 4 an 4 mm dicken Glasscheiben (Wärmeschutz) oder 6 mm dicken Glasscheiben (Sonnenschutz) der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g_0$  ermittelt werden.

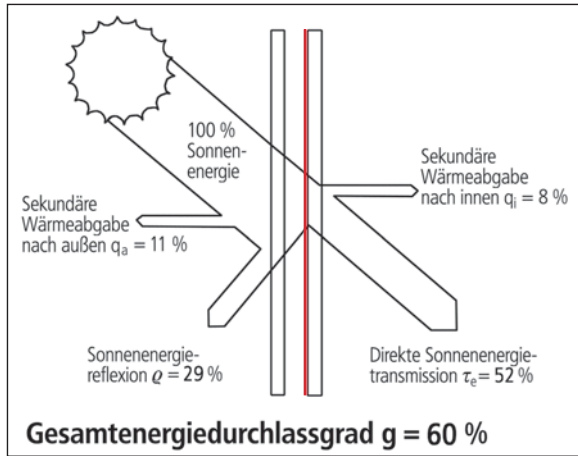
Mit dem Korrekturfaktor  $c$  gem. Tabelle 12 der DIN V 4108 Teil 4 muß eine Anpassung der  $g$ -Werte für dickere Außenscheiben in Abhängigkeit vom Schichttyp vorgenommen werden.

Daraus resultiert

$$g = g_0 \cdot c$$

Der Bemessungswert des Gesamtenergiedurchlassgrades ist gleich dem Nennwert:

$$g_{BW} = g$$



**Gesamtenergiedurchlassgrad von iplus neutral E gem. EN 410 – energetische Aufteilung –**

### 4.4 Farbwiedergabe-Index $R_a$ gem. EN 410

Die Farbwiedergabe ist für das physiologische Empfinden und für die psychologischen und ästhetischen Momente von großer Wichtigkeit.

Das Farbklima im Raum wird durch die spektrale Zusammensetzung des einfallenden Tageslichts beeinflusst. Demzufolge beschreibt der  $R_{a,D}$ -Wert die Farberkennung bei Tageslicht erstens im Raum und zweitens bei Durchsicht.

In vergleichbarer Weise kennzeichnet der  $R_{a,R}$ -Wert die Farbwiedergabe des Glases auf der Ansichtsseite.

Die Farbwiedergabeeigenschaften einer Verglasung werden durch den allgemeinen Farbwiedergabe-Index  $R_a$  nach EN 410 ermittelt.

Die Skala für  $R_a$  reicht bis 100. Der optimal mit einer Verglasung erreichbare  $R_a$ -Wert ist 99.

Als Bezugslichtart wird die Normlichtart D 65 zugrunde gelegt.

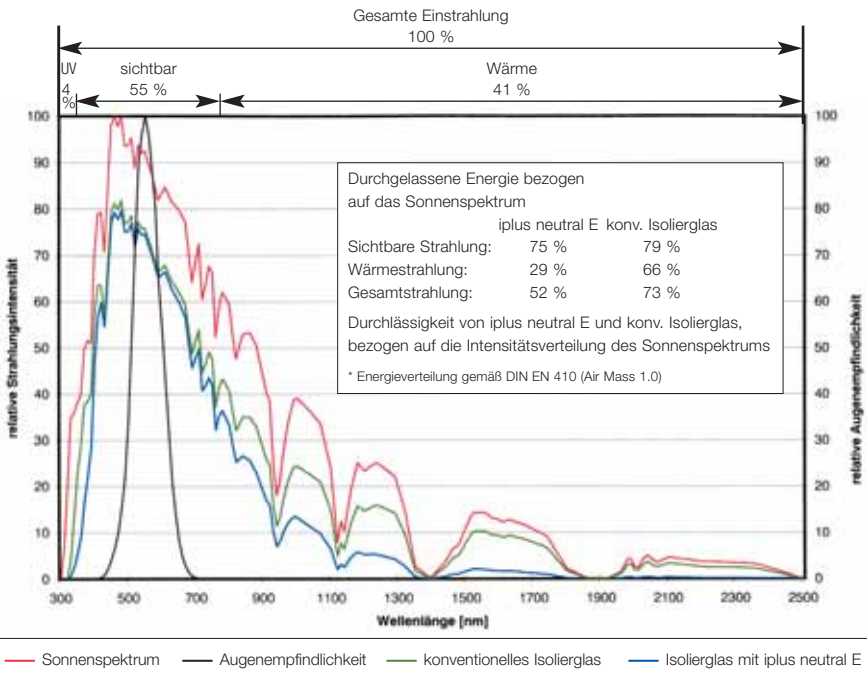
### 4.5 Lichtdurchlässigkeit $\tau_V$ gem. EN 410

Die Lichtdurchlässigkeit  $\tau_V$  drückt den direkt durchgelassenen, sichtbaren Strahlungsanteil im Bereich der Wellenlänge von 380 nm bis 780 nm bezogen auf die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges aus. Die Lichtdurchlässigkeit wird in % angegeben und wird u. a. von der Glasdicke beeinflusst. Bedingt durch den unterschiedlichen Eisenoxidgehalt des Glases sind geringfügige Schwankungen möglich.

- Floatglas als Einzelscheibe verfügt im sichtbaren Spektralbereich über eine Lichtdurchlässigkeit von ca. 90 %,
- INTERPANE Isolierglas, bestehend aus 2 Floatglas-scheiben, besitzt eine Lichtdurchlässigkeit von 82 %,
- iplus neutral E besitzt eine Lichtdurchlässigkeit von 80 %.

Die Bezugsgröße 100 % entspricht einer unverglasten Maueröffnung.

Die Lichtdurchlässigkeit der Verglasung sollte objekt- und umgebungsbezogen gewählt werden, um der DIN 5034 und der Arbeitsstättenverordnung zu entsprechen. Alternativ kann die Fensterfläche vergrößert werden.



**Durchlässigkeit von iplus neutral E und von konventionellem Isolierglas, bezogen auf die Intensitätsverteilung des Sonnenspektrums.**

## 4 Isolierglas-Terminologie



### 4.6 Absorption der Energie

Neben der Transmission und Reflexion ist die Absorption die dritte bestimmende Größe beim Strahlungsdurchgang durch Glas.

$$\frac{\text{Transmission} + \text{Reflexion} + \text{Absorption}}{\quad} = 100 \%$$

Durch die Absorption wird die Strahlungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt. Dies führt zu einer Temperaturerhöhung der absorbierenden Glasscheibe.

### 4.7 b-Faktor

Der »mittlere Durchlassfaktor b« ist die entscheidende Größe zur Berechnung der Kühllast.

jeweiligen Verglasung und dem g-Wert eines Zweischeiben-Normalglasfensters.

Bezogen auf 3-mm-Einfachglas gilt:

Der b-Faktor (auch shading coefficient genannt) ist nach VDI 2078 Ausgabe Juli 1996 das Verhältnis aus dem g-Wert der

$$b \approx \frac{g_{\text{Verglasung}}}{0,80}$$

$$b \approx \frac{g_{\text{Verglasung}}}{0,87}$$

### 4.8 Selektivitätskennzahl S

Mit der Selektivitätskennzahl S wird das Verhältnis Lichtdurchlässigkeit  $\tau_V$  zu Gesamtenergiedurchlassgrad g gekennzeichnet.

Eine hohe Selektivitätskennzahl drückt ein günstiges Verhältnis aus.  $S \approx 1,8$  kennzeichnet dabei für neutrale Verglasungsprodukte die Grenzen des physikalisch Machbaren.

Beispiel für high performance Sonnenschutz-Isolierglas (g-Wert nach EN 410):

$$S = \frac{\tau_V}{g}$$

- ipasol neutral 68/34

$$S = \frac{68}{37} = 1,84$$

- ipasol neutral 50/25

$$S = \frac{50}{27} = 1,85$$

### 4.9 Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$

Das Schalldämm-Maß R eines Bauteils ist von der Frequenz abhängig. Der bauakustische Frequenzbereich erstreckt sich von 100 Hz bis 3150 Hz.

Schall-Leistung  $P_1$  zu der von diesem Bauteil abgestrahlten Schall-Leistung  $P_2$ .

Verwendung bei der schalltechnischen Beurteilung von Verglasungen findet das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  nach EN 20140 Teil 3, das durch Messungen und Vergleich mit der Bezugskurve ermittelt wird. Es wird in der Maßeinheit Dezibel (dB) ausgedrückt.

R kennzeichnet das 10-fache logarithmische Verhältnis von der auf das Bauteil auftreffenden

**Aufgrund dieses logarithmischen Maßstabs bewirkt eine Verbesserung der Schalldämmung von 10 dB eine Halbierung der Lärmbelästigung.**

Die DIN 4109 (11.89) definiert folgende Formelzeichen:

Formelzeichen	Bedeutung
$R'_w$	bewertetes Schalldämm-Maß in dB mit Schallübertragung über flankierende Bauteile
$R_w$	bewertetes Schalldämm-Maß in dB ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile
$R'_{w, \text{res}}$	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des gesamten Bauteils
$R_{w, P}$	bewertetes Schalldämm-Maß im Prüfstand gemessen
$R_{w, R}$	bewertetes Schalldämm-Maß – Rechenwert –
$R_{w, B}$	bewertetes Schalldämm-Maß – gemessen am Bau –

## 4 Isolierglas-Terminologie

- Um die unterschiedlichen Frequenz-Spektren von Wohn- und Verkehrsgeräuschen zu berücksichtigen, wurden entsprechend der EN ISO 717-1 sogenannte **Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$**  eingeführt (s. Tabelle).
- Die **Spektrum-Anpassungswerte  $C_{100-5000}$  und  $C_{tr 100-5000}$**  berücksichtigen zusätzlich das erweiterte Spektrum im Frequenzbereich von 100 Hz bis 5000 Hz.

Tabelle

Geräuschquelle	Entsprechender Spektrum-Anpassungswert
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohnaktivitäten (Reden, Musik, Radio, TV)</li> <li>- Kinderspielen</li> <li>- Schienenverkehr mit mittlerer und hoher Geschwindigkeit<sup>1)</sup></li> <li>- Autobahnverkehr &gt; 80 km/h<sup>1)</sup></li> <li>- Düsenflugzeug in kleinem Abstand</li> <li>- Betriebe, die überwiegend mittel- und hochfrequenten Lärm abstrahlen<sup>1)</sup></li> </ul>	<p style="text-align: center;">C (Spektrum Nr. 1)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Städtischer Straßenverkehr</li> <li>- Schienenverkehr mit geringer Geschwindigkeit<sup>1)</sup></li> <li>- Propellerflugzeug</li> <li>- Düsenflugzeug in großem Abstand</li> <li>- Discomusik</li> <li>- Betriebe, die überwiegend tief- und mittel-frequenten Lärm abstrahlen</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><math>C_{tr}</math> (Spektrum Nr. 2)</p>
<p><sup>1)</sup> In mehreren europäischen Ländern bestehen Rechenverfahren für Straßenverkehrsgeräusche und Schienenverkehrsgeräusche, welche Oktavbandschallpegel festlegen; diese können zum Vergleich mit den Spektren 1 und 2 herangezogen werden.</p>	

## 4 Isolierglas-Terminologie



### 4.10 Doppelscheiben-Effekt/Isolierglas-Effekt

Der Scheibenzwischenraum (SZR) bildet bei Isolierglas ein zum Außenraum hermetisch abgedichtetes Volumen, auf das die Gasgesetze anzuwenden sind. Die Scheiben sind am Rand durch die Verklebung fest verbunden und wirken deshalb wie Membranen.

Bei allen Luftdruck- und Temperaturschwankungen verändert sich das Volumen im Scheibenzwischenraum, weil sich die Scheiben entsprechend durchbiegen.

Die Durchbiegung äußert sich in mehr oder minder starken Ver-

zerrungen der Spiegelbilder in den Scheiben. Diese physikalisch unvermeidbare Erscheinung nennt man Doppelscheiben- oder Isolierglas-Effekt.

Im eigentlichen Sinne ist dieser Effekt ein Qualitätsbeweis für das Isolierglas. An ihm erkennt man, dass der Scheibenzwischenraum hermetisch abgedichtet ist.

Der Isolierglas-Effekt hängt besonders von der Scheibengröße und -geometrie sowie der Breite des SZR und den Glasdicken ab. Siehe auch Ausführungen in Kap. 6.4.8

„Kleinformatige Isolierglas-Scheiben“.

Bei Dreifach-Isolierglas ist der Isolierglas-Effekt stärker ausgeprägt, da sich die beiden SZR dieser Scheiben addieren und somit wie ein breiter Zwischenraum wirken,

d.h.: SZR 12 + SZR 12 = SZR 24!

Ursache ist, dass die mittlere Scheibe bei Luftdruck- oder Temperaturschwankungen in der Regel unverformt bleibt und dadurch die beiden äußeren Scheiben sich um so mehr durchbiegen.

### 4.11 Interferenz-Erscheinungen bei Isolierglas

Bedingt durch die optimale Planparallelität von Floatglasscheiben kann es bei bestimmten Lichtverhältnissen zu optischen Erscheinungen kommen.

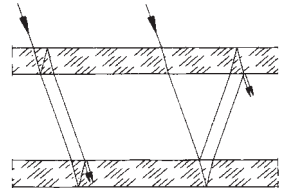
Diese machen sich durch regenbogenartige Flecken, Bänder und Ringe bemerkbar, die beim Druck auf die Scheibe ihre Lage verändern.

Interferenzen sind rein physikalisch bedingte Lichtbrechungs- und Überlagerungserscheinungen. Sie treten nur in Fällen auf, bei

denen zwei oder mehrere Floatglasscheiben hintereinander angeordnet werden.

Da die Stärke der Erscheinung von den örtlichen Beleuchtungsverhältnissen, der Lage der Scheibe und dem Lichteintrittswinkel abhängig ist, tritt sie nur selten und nur bei gleichzeitigem Vorhandensein mehrerer Faktoren auf. Interferenzen zeigen sich hauptsächlich unter einem bestimmten Betrachtungswinkel in der Ansicht von außen, selten in Durchsicht.

Es handelt sich somit bei diesen Interferenzen um physikalische Erscheinungen, die als Ausdruck einer ausgezeichneten Floatglasqualität anzusehen sind.



Interferenzen bei Isolierglas-Scheiben mit gleich dicken Einzelgläsern

### 4.12 Anisotropien

Es handelt sich hierbei um Irlationserscheinungen, die an thermisch vorgespannten Scheiben (ESG/TVG) auftreten können.

Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) und teilvorgespanntes Glas (TVG) werden durch einen speziellen thermischen Prozess vorgespannt.

Dieser Herstellprozess erzeugt Spannungszonen im Glas, die unter polarisiertem Licht zu Doppelbrechungen führen. Bei Betrachtung des vorgespannten Glases unter bestimmten Lichtverhältnissen können Polarisationsfelder sichtbar werden, die sich als Muster bemerkbar machen.

Dieser Effekt ist für ESG bzw. TVG charakteristisch und physikalisch bedingt.

Das natürliche Tageslicht enthält je nach Wetter oder Tageszeit einen mehr oder weniger hohen Anteil polarisierten Lichts.

### 4.13 Taupunkttemperatur

Als Taupunkttemperatur wird die Temperatur der Luft bezeichnet, bei der die relative Luftfeuchte den Wert von 100 % erreicht. Sinkt die Lufttemperatur bei unverändertem Feuchtegehalt, fällt Tauwasser an.

Taupunkttemperaturen können an verschiedensten Stellen auftreten:

#### a) Taupunkttemperatur im SZR von Isolierglas

Eine neue Isolierglas-Einheit soll über eine Taupunkttemperatur im SZR von  $< -60\text{ °C}$  verfügen. Diese Temperatur, die nach EN 1279 bestimmt wird, ist ein wesentliches Qualitätsmerkmal und sichert eine lange Lebensdauer des Isolierglases.

#### b) Taupunkttemperatur der raumseitigen Scheibenoberfläche

Zur Tauwasserbildung auf der raumseitigen Scheibenoberfläche der Isolierglas-Einheit kommt es unter folgenden Bedingungen:

- Warmluft kühlt plötzlich an einer kalten Scheibenoberfläche ab (warme Luft kann bekanntlich mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte Luft),
- relativ kalte Luft wird mit Feuchtigkeit angereichert. Dies tritt sehr häufig in Küchen, Nassräumen und Schlafzimmern auf. In diesen Bereichen kommt es innerhalb kurzer Zeit zu dem lästigen Beschlag, weil die Luftfeuchtigkeit an den kalten Scheibenoberflächen kondensiert.

Die Kondensationsneigung kann durch den Einsatz von Warmglas, z. B. iplus neutral E, erheblich gemindert werden, da durch den verbesserten U-Wert die raumseitige Scheibenoberflächentempe-

ratur erhöht wird. Dies wird im Taupunkt diagramm deutlich.

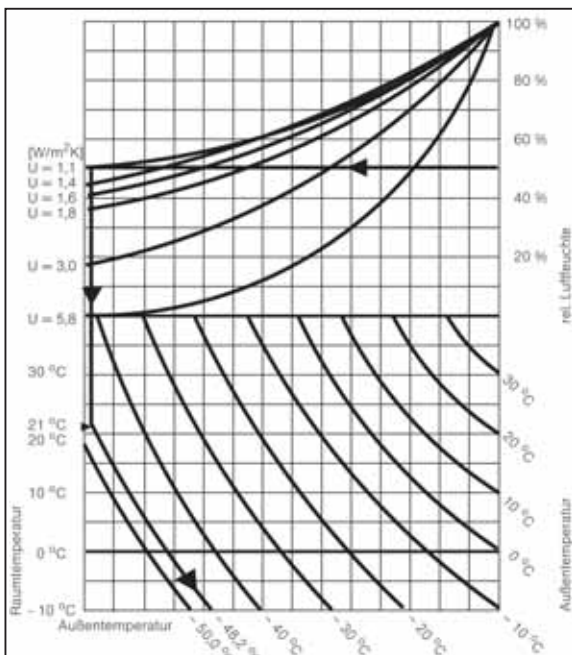
Hohem Wasserdampf anfall ist durch sachgemäßes Lüften (Kap. 3.4) zu begegnen.

#### c) Taupunkttemperatur der außenseitigen Scheibenoberfläche

In Einzelfällen kann es auch bei beschichtetem Warmglas auf der außenseitigen Scheibenoberfläche zur Kondensatbildung kommen. Sie tritt am frühen Morgen bei hohem Feuchtegehalt der Außenluft auf.

In den Morgenstunden kann die Außenscheibe unter die Taupunkttemperatur absinken. Die Ursache besteht darin, dass nachts wegen der hohen Wärmedämmung die Außenscheiben der Isoliergläser stark abkühlen, d. h. die Innentemperatur greift bei Warmglas kaum noch auf die Außenscheiben über. Wenn dann die Temperatur der Außenluft schneller ansteigt als die der Scheiben, kann es zum Kondensieren kommen.

#### Taupunkt diagramm mit Beispiel



Aus dem Taupunkt diagramm lässt sich die Außentemperatur ermitteln, bei der eine Fensterscheibe auf der Raumseite beschlägt (= Taupunkt). Eingezeichnetes Beispiel: iplus neutral E, U-Wert 1,1  $\text{W/m}^2\text{K}$ , Raumtemperatur  $+21\text{ °C}$ , rel. Luftfeuchte 50 %. Ergebnis: Erst bei  $-48,2\text{ °C}$  beschlägt die raumseitige Scheibe von iplus neutral E.

## 4 Isolierglas-Terminologie



Die Kondensatbildung verschwindet jedoch schnell wieder mit den ersten Sonnenstrahlen.

**Die Kondensatbildung, sowohl auf der Raum- als auch auf der Außenseite, ist physikalisch und klimatisch bedingt.**

### d) Taupunkttemperatur an Wärmebrücken

Durch konstruktive Notwendigkeiten sind in der Praxis stets Wärmebrücken anzutreffen, die durch die eingesetzten Materialien und/oder geometrische Einflüsse entstehen. Im Bereich

dieser Wärmebrücken treten erhöhte Wärmeströme auf, die im Vergleich zu ungestörten Bauteilen niedrigere Oberflächentemperaturen aufweisen. Bei entsprechenden klimatischen Bedingungen kann sich an diesen kühleren Oberflächenzonen Tauwasser bilden.

## 4.14 Glasdickenermittlung

Die Ermittlung der Glasdicken erfolgt nach Regeln, die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) herausgegeben werden. (s. Kap. 7.7.1).

Für hiervon abweichende Verglasungen sind die jeweiligen Nach-

weise in Abstimmung mit der zuständigen Bauaufsicht zu erbringen.

Die in diesem Handbuch angegebenen Maximalabmessungen stellen die produktionstechnischen Möglichkeiten dar.

Der Besteller von Glasprodukten hat eigenverantwortlich für die richtige Glasdickendimensionierung gemäß den jeweils geltenden technischen Regeln zu sorgen.