

Beur-  
teilung  
Isolier-  
gläser

## Optische Beurteilung von Isoliergläsern

Folgende Zusammenstellung basiert auf den Richtlinien «006 Visuelle Beurteilung von Glas am Bau» des Schweizerischen Institut für Glas am Bau «SIGAB», BF-Merkblatt 009/2011 Index 1 03/2017 und in Anlehnung an die EN 1279-1:2018-10 Anhang F+G.

### Grundlagen der Beurteilung

Bei der Beurteilung von Gläsern gelten folgende Bedingungen:

- Beurteilung von Glas im eingebauten Zustand ohne umgebende Bauteile wie Rahmen, Glasleisten, Fugen oder sonstige Anschlüsse
- Kein Markieren der Beanstandungen
- Die Beurteilung erfolgt senkrecht zur Glasebene von der Hauptnutzungsseite (von innen nach aussen, ausser Schaufenster, diese werden von aussen nach innen beurteilt).
- Beurteilung aus Abstand von 3 m
- Beurteilung bei Tageslicht ohne direkte Sonneneinstrahlung (diffuses Tageslicht), kein künstliches Licht zur Hervorhebung

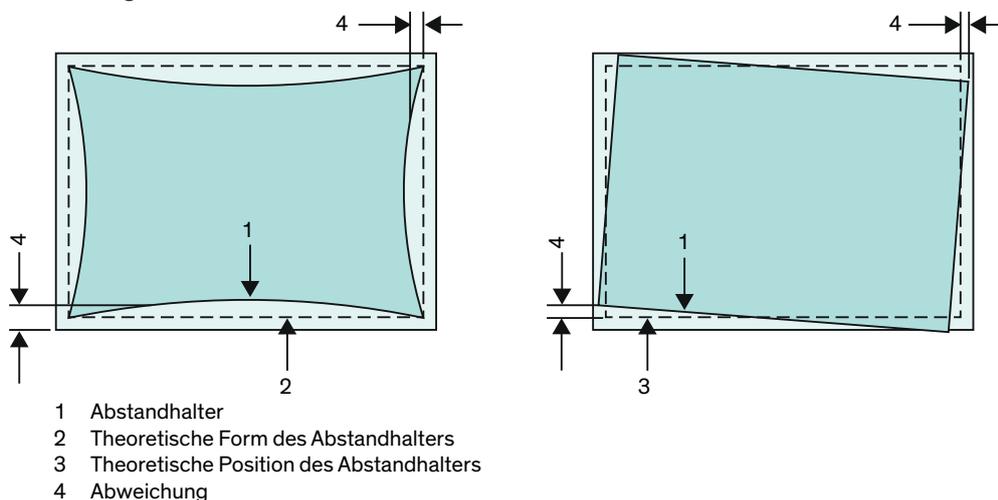
### Fehlerbilder

Folgende Arten von Fehlerarten werden unterschieden:

- Kratzer in Form von
  - Haarkratzer: Fein, mit Fingernagel nicht spürbar, nur bei direkt einfallendem Licht erkennbar
  - Kratzer mittlerer Intensität: Mit Fingernagel spürbar, erkennbar gemäss Betrachtungsregeln
  - Kratzer schwerer Intensität: Spürbar, immer und aus jedem Blickwinkel erkennbar, mit Absplitterungen
- Einschlüsse, Blasen, Punkte, Flecken, etc
  - Einschlüsse und Blasen im Glas selbst mit Ursprung in der Glasproduktion
  - Punkte und Flecken welche im eingebauten Zustand entstanden sind, z.B. durch Spritzarbeiten

### Beurteilung Randverbund

Pro Isolierglaselement sind einzelne, nicht gehäufte Rückstände auf dem Abstandhalter zulässig. Die Abstandhalter dürfen eine geringe Welligkeit bzw. Abweichung der Parallelität zum Glasrand bzw. zu weiteren Abstandhaltern aufweisen. Die zulässigen Abweichungen betragen bis zu einer Kantenlänge von 2.5 m insgesamt 3 mm, bei Kantenlängen zwischen 2.5 und 5 m insgesamt 4 mm und ab 5 m Kantenlänge 5 mm.



### Zulässige Erscheinungen Randverband

Erscheinungen auf dem Abstandhalter

Pro Isolierglaselement sind einzelne, nicht gehäufte Rückstände auf dem Abstandhalter zulässig. Dabei kann es sich z.B. um Trockenmittel oder um einen Fremdkörper handeln, der während der Isolierglasproduktion zwischen die Scheiben gelangen konnte.

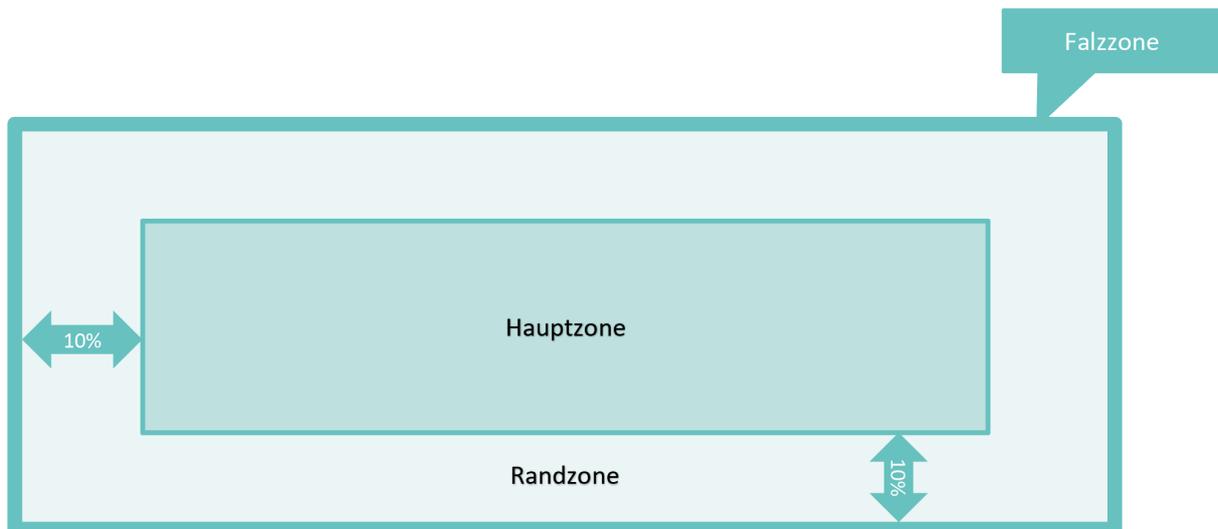
Je nach Isolierglasaufbau und Produktionsprozess werden einige zulässige Erscheinungen bei der Aufsicht des Abstandhalters sichtbar:

- Bohrung mit nachträglicher Butylfüllung (Druckausgleich)
- Gesteckte Abstandhalter
- Perforierungen und Beschriftungen

### Beurteilungszonen

Bei der Beurteilung wird zwischen folgenden Zonen unterschieden:

- Falzzone: optisch abgedeckter Bereich im eingebauten Zustand
- Randzone: Breite beträgt 10% des lichten Masses
- Hauptzone

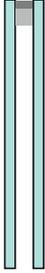
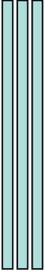
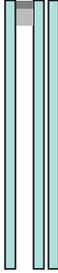
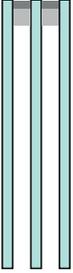
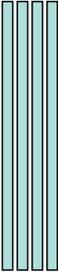
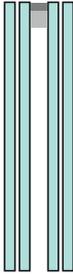
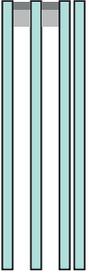
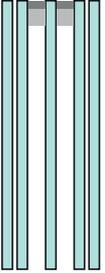


### Zulässige Erscheinungen Falzzone

Folgende Arten von Fehlerarten werden unterschieden:

- flache Randbeschädigungen, z.B. Muscheln
- Punkt- und flächenförmige Rückstände sowie Kratzer
- Bearbeitungsspuren

**Einteilung der Kategorien**

<p><b>Kategorie I:</b> Glasaufbauten mit 1-2 Einzelscheiben</p>				
<p><b>Kategorie II:</b> Glasaufbauten mit 3 Einzelscheiben</p>				
<p><b>Kategorie III:</b> Glasaufbauten mit 4 Einzelscheiben</p>				
<p><b>Kategorie IV:</b> Glasaufbauten mit 5 oder mehr Einzelscheiben</p>				

Als Einzelscheibe gilt ein Basisglas wie Floatglas sowie dessen vorgespannte Folgeprodukte wie ESG oder TVG. Ein VSG wird als Glasaufbau mit zwei oder mehreren Einzelscheiben angesehen.

**Zulässige Kratzer Haupt- und Randzone**

- Haarkratzer erlaubt, solange nicht gehäuft auftretend

Einzelkratzer mittlerer Intensität: zulässige Längen gemäss folgender Tabelle

	<b>Kat. II: Isolierglas aus 3 Einzelscheiben</b>	<b>Kat. III: Isolierglas aus 4 Einzelscheiben</b>	<b>Kat. IV: Isolierglas aus 5 Einzelscheiben</b>
	2-fach ISO mit VSG 3-fach ISO	3-fach ISO mit VSG innen oder aussen	3-fach ISO mit VSG innen und aussen
Hauptzone	20 mm	25 mm	30 mm
Randzone	40 mm	50 mm	50 mm

Mehrere Kratzer mittlerer Intensität: zulässige Summe der Einzellängen gemäss folgender Tabelle

	<b>Kat. II: Isolierglas aus 3 Einzelscheiben</b>	<b>Kat. III: Isolierglas aus 4 Einzelscheiben</b>	<b>Kat. IV: Isolierglas aus 5 Einzelscheiben</b>
	2-fach ISO mit VSG 3-fach ISO	3-fach ISO mit VSG innen oder aussen	3-fach ISO mit VSG innen und aussen
Hauptzone	20 mm	25 mm	30 mm
Randzone	40 mm	50 mm	50 mm

Einzelkratzer schwerer Intensität: zulässige Längen gemäss folgender Tabelle

	<b>Bis 2.5 m<sup>2</sup></b>	<b>Bis 5 m<sup>2</sup></b>	<b>Bis 10 m<sup>2</sup></b>
Hauptzone	25 mm	25 mm	25 mm
Randzone	35 mm	35 mm	35 mm

Mehrere Kratzer mittlerer Intensität: zulässige Summe der Einzellängen gemäss folgender Tabelle

	<b>Bis 2.5 m<sup>2</sup></b>	<b>Bis 5 m<sup>2</sup></b>	<b>Bis 10 m<sup>2</sup></b>
Hauptzone	25 mm	50 mm	75 mm / 100 mm
Randzone	35 mm	70 mm	105 mm / 140 mm

**Hinweis:**

**Bei Kratzern in der Haupt- und Randzone wird jede Zone für sich betrachtet**

### Zulässige Einschlüsse, Blasen, Punkte, Flecken

Folgende Tabelle zeigt die maximalen punktförmigen Erscheinungen je nach Durchmesser und Zone auf.

Durchmesser bis	Hauptzone	Randzone
0.5 mm	Zugelassen	Zugelassen
1.0 mm	Zugelassen ausser bei Anhäufung (mehr als 4 innerhalb 20 cm Radius)	Zugelassen ausser bei Anhäufung (Mehr als 4 innerhalb 20 cm Radius)
2.0 mm	Max. 3 Stück bei Scheibe < 2 m <sup>2</sup> Max. 5 Stück bei Scheibe > 2 m <sup>2</sup>	Max. 1 Stück je umlaufendem Laufmeter Kantenlänge
3.0 mm	Nicht zugelassen	Max. 1 Stück je umlaufendem Laufmeter Kantenlänge
> 3 mm	Nicht zugelassen	Nicht zugelassen

#### Hinweis:

Bei Einschlüssen, Blasen, etc in der Haupt- und Randzone wird jede Zone für sich betrachtet.

### Ergänzende Informationen zu Bogengläser gemäss BF Merkblatt 009 /2011-Ä03-2017 Gebogenes Glas im Bauwesen

Zusätzlich zu oben genannten Fehlerzulässigkeiten sind bei gebogenem Glas Einbrände, Beschichtungsfehler und Flächenabdrücke zulässig.

Die Durchsicht und der Farbeindruck werden durch die Biegung des Glases beeinflusst, weil die Reflexion gebogener Gläser aufgrund optischer Gesetzmässigkeiten stets eine andere ist, als bei planem Glas.

Die optischen Eigenschaften sowie das Reflexionsverhalten werden durch folgende Kriterien beeinflusst:

- die Eigenreflexion
- Beschichtungen
- Biegeradius
- Grosse Biegewinkel (>90°)
- Tangentiale Übergänge
- Glasdicke
- Basisglas

Bei der Anordnung mehrerer Gläser hintereinander, z.B. VSG oder Mehrscheiben-Isolierglas sowie besonders bei Kombination mit gebogenem ESG, können Störungen in der Durchsicht verstärkt wahr genommen werden.

Es wird die Ausführung von Fenster- und Fassadensystemen mit Nassverglasung empfohlen.

Die mindestens erforderliche Falzbreite = Gesamtglasdicke + Toleranz aus Konturtreue (6 mm).

### **VSG-Folien**

Der Farbeindruck kann sich bei Klar-, Matt- und Farbfolien durch die Einwirkung von UV-Strahlung mit der Zeit ändern. Das kann bei Ersatzgläsern dazu führen, dass Farbunterschiede sichtbar werden, die aber zulässig sind. Ausserdem können von einer Produktionscharge zur anderen Farbunterschiede auftreten.

### **Delaminationen**

Jede Ausführung von ungeschützten, nicht eingefassten Kanten kann bei VSG-Scheiben aufgrund des zeitlich verzögerten Eindringens von Feuchte über die Glaskante in die PVB-Zwischenfolie unter Umständen zu optischen Beeinträchtigungen führen (u. a. Trübung und Blasenbildung). Dieses kann auch durch hohe Luftfeuchtigkeit in Kombination mit hohen Temperaturen und erhöhtem Salzgehalt (z. B. in Meeresnähe o. ä.) vorkommen.

Delaminationen (z. B. Trübung bzw. Blasenbildung) stellen keinen Reklamationsgrund dar.

### **Eigenfarbe**

Alle bei Glaserzeugnissen verwendeten Materialien haben rohstoffbedingte Eigenfarben, die mit zunehmender Dicke deutlicher werden können. Aus funktionellen Gründen werden beschichtete Gläser eingesetzt. Auch beschichtete Gläser haben eine Eigenfarbe. Diese Eigenfarbe kann in der Durchsicht und/oder in der Aufsicht unterschiedlich erkennbar sein. Schwankungen des Farbeindruckes sind aufgrund des Eisenoxidgehalts des Glases, des Beschichtungsprozesses, der Beschichtung sowie durch Veränderungen der Glasdicken und des Scheibenaufbaus möglich und nicht zu vermeiden.

### **Farbunterschiede bei Beschichtungen**

Eine objektive Bewertung des Farbunterschiedes bei Beschichtungen erfordert die Messung bzw. Prüfung des Farbunterschiedes unter vorher exakt definierten Bedingungen (Glasart, Farbe, Lichtart). Eine derartige Bewertung aus ISO 11479-2:2011-10 kann nicht zur visuellen Beurteilung herangezogen werden.

### **Randentschichtung**

In Abhängigkeit vom Schichtsystem («Low E-Beschichtungen») wird im Randverbundbereich einer Isolierglaseinheit die Beschichtung in der Regel durch Schleifen weitestgehend entfernt. Dadurch können Bearbeitungsspuren sichtbar werden, so dass sich diese Glasfläche vom nicht entschichteten Bereich unterscheidet. Dies gilt auch für den Glasüberstand bei Stufenisolierglas. Aufgrund des Kontakts von Dichtmittel und Schicht kann es zu einer visuell erkennbaren, farbigen Linie, einer so genannten «Colour-Line» kommen. Je nach Beschichtungstyp kann diese als rote, grüne, blaue Linie etc. sichtbar werden. Ebenso kann es zu einer so genannten «White Line» kommen, d. h. zwischen Beschichtung und Primärdichtstoff ist ein klarer Streifen erkennbar, der nicht beschichtet ist. Bei einem Einbau des Isolierglases ohne, oder mit geringer Randverbundabdeckung sind diese Effekte sichtbar.

**Physikalische Merkmale**

Für eine Reihe unvermeidbarer und somit zulässiger physikalischer Phänomene, die sich in der lichten Glasfläche bemerkbar machen können, sind auch keine Beurteilungskriterien im Rahmen der EN 1279-1:2018-10 definiert.

Dazu zählen:

- Interferenzerscheinungen
- Isolierglaseffekt
- Anisotropien
- Kondensation auf den Scheiben-Außenflächen (Tauwasserbildung)
- Benetzbarkeit von Glasoberflächen

## Begriffserläuterung

### *Interferenzerscheinungen*

Bei Isolierglas aus Floatglas können Interferenzen in Form von Spektralfarben auftreten. Optische Interferenzen sind Überlagerungserscheinungen zweier oder mehrerer Lichtwellen beim Zusammentreffen auf einen Punkt. Sie zeigen sich durch mehr oder minder starke farbige Zonen, die sich bei Druck auf die Scheibe verändern. Dieser physikalische Effekt wird durch die Planparallelität der Glasoberflächen verstärkt. Diese Planparallelität sorgt für eine verzerrungsfreie Durchsicht. Interferenzerscheinungen entstehen zufällig und sind nicht zu beeinflussen.

### *Isolierglaseffekt*

Isolierglas hat ein durch den Randverbund eingeschlossenes Luft-/Gasvolumen, dessen Zustand im Wesentlichen durch den barometrischen Luftdruck, die Höhe der Fertigungsstätte über Normal-Null (NN) sowie die Lufttemperatur zur Zeit und am Ort der Herstellung bestimmt wird. Bei Einbau von Isolierglas in anderen Höhenlagen, bei Temperaturänderungen und Schwankungen des barometrischen Luftdruckes (Hoch- und Tiefdruck) ergeben sich zwangsläufig konkave oder konvexe Wölbungen der Einzelscheiben und damit optische Verzerrungen. Auch Mehrfachspiegelungen können unterschiedlich stark an Oberflächen von Glas auftreten. Verstärkt können diese Spiegelbilder erkennbar sein, wenn z.B. der Hintergrund der Verglasung dunkel ist. Diese Erscheinung ist eine physikalische Gesetzmässigkeit.

### *Anisotropien*

Anisotropien sind ein physikalischer Effekt bei wärmebehandelten Gläsern, resultierend aus der internen Spannungsverteilung. Eine abhängig vom Blickwinkel entstehende Wahrnehmung dunkelfarbiger Ringe oder Streifen bei polarisiertem Licht und/ oder Betrachtung durch polarisierende Gläser ist möglich. Polarisiertes Licht ist im normalen Tageslicht vorhanden. Die Grösse der Polarisation ist abhängig vom Wetter und vom Sonnenstand. Die Doppelbrechung macht sich unter flachem Blickwinkel oder auch bei im Eck zueinander stehenden Glasflächen stärker bemerkbar.

### *Kondensation auf Scheiben-Aussenflächen (Tauwasserbildung)*

Kondensat (Tauwasser) kann sich auf den äusseren Glasoberflächen dann bilden, wenn die Glasoberfläche kälter ist als die angrenzende Luft (z.B. beschlagene PKW-Scheiben). Die Tauwasserbildung auf den äusseren Oberflächen einer Glasscheibe wird durch den  $U_g$ -Wert, die Luftfeuchtigkeit, die Luftströmung und die Innen- und Aussentemperatur bestimmt.

Bei Isolierglas mit hoher Wärmedämmung kann sich auf der witterungsseitigen Glasoberfläche vorübergehend Tauwasser bilden, wenn die Aussenfeuchtigkeit (relative Luftfeuchte aussen) hoch und die Lufttemperatur höher als die Temperatur der Scheibenoberfläche ist. Benetzbarkeit von Glasoberflächen.

Die Benetzbarkeit der Glasoberflächen kann z.B. durch Abdrücke von Rollen, Fingern, Etiketten, Papiermaserungen, Vakuumsaugern, durch Dichtstoffreste, Silikonbestandteile, Glättmittel, Gleitmittel oder Umwelteinflüsse unterschiedlich sein. Bei feuchten Glasoberflächen infolge Tauwasser, Regen oder Reinigungswasser kann die unterschiedliche Benetzbarkeit sichtbar werden.

Die Tauwasserbildung auf der raumseitigen Scheibenoberfläche wird bei Behinderung der Luftzirkulation, z.B. durch tiefe Laibungen, Vorhänge, Blumentöpfe, Blumenkästen, Jalousien sowie durch ungünstige Anordnung der Heizkörper, mangelnde Lüftung o.Ä. gefördert.

### Tangentiale Übergänge

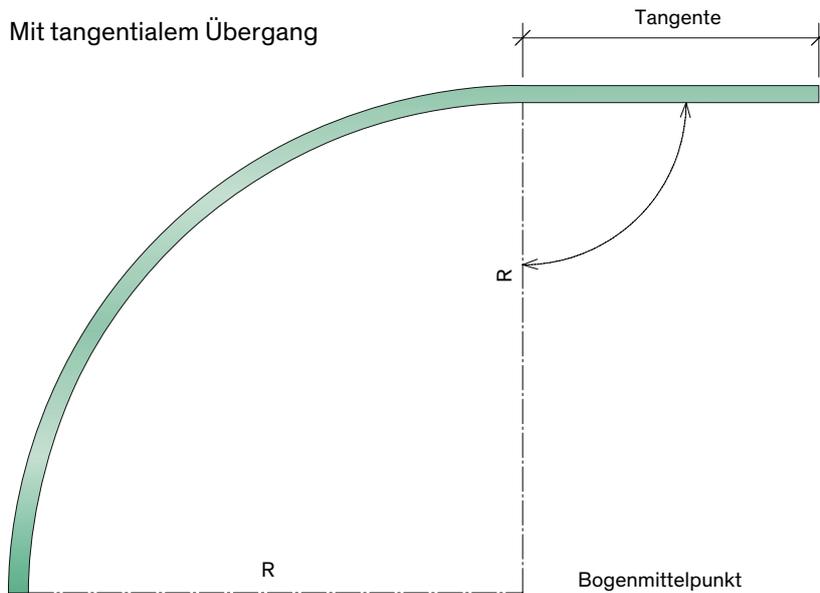
Eine Tangente ist eine Gerade, die eine gegebene Kurve in einem bestimmten Punkt berührt.

Die Tangente steht senkrecht zum zugehörigen Radius.

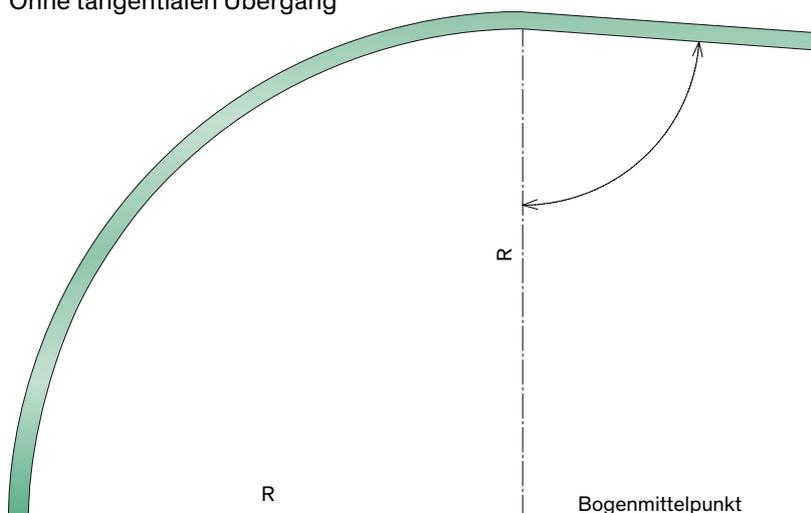
Ohne einen tangentialen Übergang ist das Glas geknickt! Dies ist zwar technisch möglich, jedoch nicht empfehlenswert.

Am Knickpunkt entstehen grössere Toleranzen als an einem tangentialen Übergang.

Mit tangentialem Übergang



Ohne tangentialen Übergang





## **Krapf AG**

Breitschachenstrasse 52  
9032 Engelburg SG  
Schweiz  
T +41 71 272 26 00  
info@krapfag.ch  
www.krapfag.ch

## **Air-Lux Technik AG**

Breitschachenstrasse 52  
9032 Engelburg SG  
Schweiz  
T +41 71 272 26 00  
info@air-lux.ch  
www.air-lux.ch