
SOLARCOLOR

Richtlinien für visuelle Beurteilung
von BIPV-Modulen

solarcolor.ch



SOLARCOLOR - Charakter greifbar machen

Glasoberfläche, Farbe, Intensität: Mit dem Farbsystem SOLARCOLOR lassen sich alle optischen Anforderungen an Solarmodule bestimmen und eindeutig protokollieren. SOLARCOLOR ermöglicht eine standardisierte Devisierung und eine transparente Zusammenarbeit zwischen Architekt, Bauherr, Installateur und Hersteller. Der gestalterische Ausdruck des Solarmoduls kann dank Mustertafeln vor Ort vermittelt und verifiziert werden. SOLARCOLOR schliesst eine Lücke zwischen konventionellen Farbsystemen und ausschliesslich technischen Beschreibungen von Solarmodulen.

Produktbeschreibung BIPV-Module

Grundsätzlich bestehen BIPV-Module aus folgenden Elemente:

Frontglas, Rückglas, Verbundfolien, Solarzellen, Zellverbinder, Querverbinder, Anschlussdosen mit Kabel & Stecker und weiteren produktionstechnischen Elementen. Diese Elemente werden mittels eines Laminationsprozesses und weiteren Fertigungsschritten zu einem BIPV-Modul verarbeitet.

Richtlinien

Die Richtlinien für visuelle Beurteilung von BIPV-Modulen bestimmen die visuellen Toleranzen von BIPV-Modulen resultierend aus deren Bestandteilen. Als Grundlage dafür gelten die derzeitigen EN-Normen. Die vorhandenen Normen für Glas im Bauwesen reichen in der Praxis oft nicht aus und können teilweise nicht 1:1 für BIPV-Module angewendet werden. Das Handbuch ergänzt daher die in den Normen nicht zweifelsfrei oder gar nicht beschriebenen Anwendungen oder passt diese an.

Die "Richtlinien für visuelle Beurteilung von BIPV-Modulen" dient als Liefer- und Verkaufsrichtlinien der Hersteller von solaren Baustoffen, welche nach SOLARCOLOR produzieren.

Verwendungshinweis:

Das Dokument ist nach Verarbeitungsschritten bzw. Produkten geordnet, die innerhalb eines Kapitels beschrieben werden. Das Endprodukt BIPV-Modul besteht aus dessen Bestandteilen und wird somit kumuliert beurteilt.

Standardtoleranzen:

Als Standardtoleranzen gelten die Toleranzen, welche im normalen Produktionsablauf ohne zusätzliche Massnahmen sichergestellt werden können.

Sondertoleranzen:

Mit zusätzlichen Massnahmen im Produktionsablauf können Sondertoleranzen realisiert werden. Diese müssen im Einzelfall bestimmt und vereinbart werden und gelten nur, wenn diese vom Auftragnehmer entsprechend bestätigt wurden. Zum Beispiel können zur genauen Abgrenzung der Farbtoleranz von BIPV-Modulen Grenzmuster erstellt werden.

Toleranzen Glas - Basis und Zuschnitt

| V21.11 |

In Anlehnung an DIN EN 572, DIN EN 1249

Toleranzen zu Nennmass Rohglasstärke

Mountain Lake A

Nenndicke	Toleranz
2 - 6mm	± 0.5mm
8 - 10 mm	± 1mm
12 - 15 mm	± 1.5mm
>15mm	ind. Vereinbarung

Frost B, Fjord C & Crystal D

Nenndicke	Toleranz
2 - 6mm	±0.5mm
8 - 10mm	±1.0mm
>10mm	ind. Vereinbarung

Weitere Strukturgläser

Nenndicke	Toleranz
2 - 6mm	±0.8mm
7 - 10mm	±1.5 mm
>10mm	ind. Vereinbarung

Aussenmasstoleranzen aller Gläser nach dem Zuschnitt

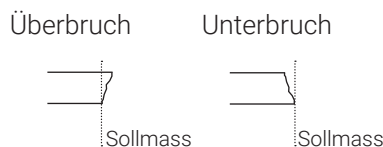
Generelle Längentoleranz 1mm / lfm Kantenlänge.

Kanten Überbruch und Unterbruch

Der sogenannte Schrägbruch gilt es zu berücksichtigen. Somit kann sich die Glasabmessung um den doppelten Schrägbruchwert ändern.

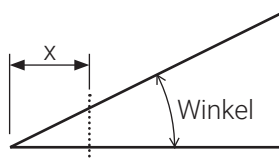
Schrägbruchwerte

Glasdicke	Maximalwert
2mm - 8mm	±2mm
10mm - 12mm	±3mm
> 12mm	ind. Vereinbarung



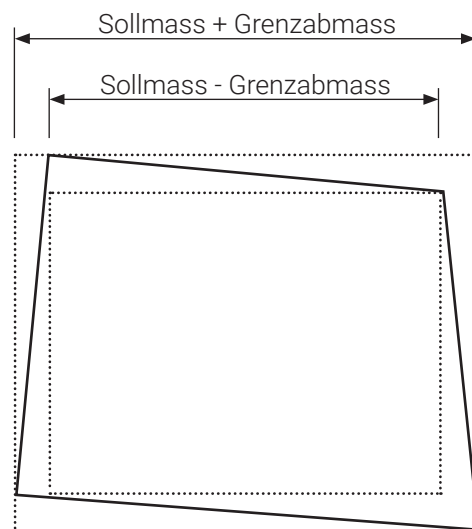
Möglicher Abbruch spitze Winkel

Winkel	Mass "x"
< 12.5°	- 30mm
< 20°	- 18mm
< 35°	- 12mm
< 45°	- 8mm



Rechtwinkligkeit

Die Scheibe muss im Rahmen sein von dem Rechteck mit oberen Grenzabmassen überlagert mit dem Rechteck mit den unteren Grenzabmassen, wobei die Rechtecke parallel sind und den selben Mittelpunkt aufweisen. Das Grenzabmass liegt standardmässig bei ± 5mm.



Toleranzen Glas - Basis und Zuschnitt

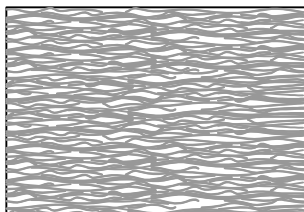
| V21.11 |

In Anlehnung an DIN EN 572, DIN EN 1249

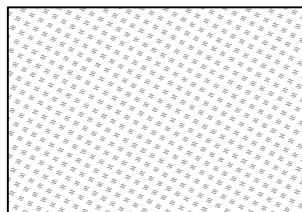
Struktur

Mountain Lake A, Frost B, Fjord C, Crystal D, Glacier E und Ice Molecule (M) weisen keine Strukturrichtung aus. Bei Gläsern mit Strukturrichtung muss vor dem Zuschnitt die Strukturrichtung bestimmt werden. Gläser werden jeweils parallel zu einer Rohglaskante zugeschnitten. Bei Creek F, Stream G, Wave H, Ice-Diamond K, Ripple L und Seaside O sind die Strukturrichtungen bestimmt. Falls ein hier nicht aufgeführtes Glas mit Strukturrichtung bearbeitet wird, muss dies Strukturrichtung vorgängig bestimmt werden. Ansonsten wird standardmässig die Strukturrichtung parallel zur Höhe ausgeführt. Div. Strukturgläser können eine optische Repetition aufweisen und stellen keinen Reklamationsgrund dar.

Creek
Strukturrichtung <----->



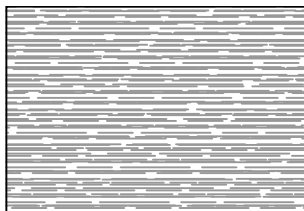
Ice-Diamond
Strukturrichtung <----->



Ripple
Strukturrichtung <----->



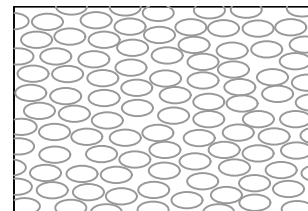
Stream
Strukturrichtung <----->



Wave
Strukturrichtung <----->



Seaside
Strukturrichtung <----->

**Visuelle Fehler Rohglas**

Zur Beurteilung wird das zugeschnittene Rohglas 3m vor einer mattgrauen Fläche aufgestellt und mit einem Abstand von 1.5m senkrecht auf die Glasoberfläche betrachtet. Dabei erkennbare optische Fehler fließen in die Beurteilung ein. Fehler dürfen vorgängig nicht markiert werden.

Mountain Lake A, Frost B, Fjord C und Crystal D

Kernfehler (Einschlüsse)	sichtbare Einschlüsse nicht zulässig
Kugelförmige Blasen	Durchmesser < 2mm zulässig, Durchmesser > 2mm nicht zulässig
Längliche Blasen	Breite > 0.8mm nicht zulässig, Länge > 10mm nicht zulässig
Haarkratzer	Zulässig bis zu einer Gesamtlänge von 150mm pro m ²

weitere Strukturgläser

Kernfehler (Einschlüsse)	sichtbare Einschlüsse nicht zulässig
Kugelförmige Blasen	Durchmesser < 5mm zulässig, Durchmesser > 5mm nicht zulässig
Längliche Blasen	Breite > 2mm nicht zulässig, Länge > 25mm nicht zulässig
Haarkratzer	Zulässig bis zu einer Gesamtlänge von 150mm pro m ²

Hinweise zu satinierten Gläsern

Eine satinierte Glasoberfläche ist heikler als herkömmliche Gläser. Die Gläser können leichter verkratzen und es können wolkenartige „Schlieren“ oder Verschmutzungen auftreten. Solche Effekte sind eine Produkteigenschaft von satinierten Glas-Oberflächen und können technisch nicht vermieden werden, weshalb sie keinen Reklamationsgrund darstellen und von den oben genannten Toleranzen ausgenommen sind.

Toleranzen Glas - Bearbeitung

| V21.11 |

In Anlehnung an DIN EN 1249, EN12150, EN1863

Kantenbearbeitung

Gesäumt Kante: gebrochene Kante, Ausmuschelungen zulässig, Schnittfläche sichtbar

Kante geschliffen / rodiert auf Mass (Standard): Blanke Stellen und Ausmuschelungen sind zulässig

fein rodiert / geschliffen: matt ohne Muschelungen, Schnittfläche nicht sichtbar

poliert: glänzend ohne Muschelungen, Schnittfläche nicht sichtbar

Ausführung in einer höherwertigen Kantenbearbeitung ist dem Hersteller überlassen.

Aussenmasstoleranzen nach der Standardkantenbearbeitung

<u>Nennstärke</u>	<u>Länge / Breite</u>	<u>Toleranz für rechteckige Formen</u>	<u>Toleranz für Sonderformen</u>
2 - 12mm	< 1m	± 2mm	± 3mm
	< 2m	± 2.5mm	± 4mm
	< 3m	± 3mm	± 5mm
	< 4m	± 3.5mm	± 6mm
	> 4m	ind. Vereinbarung	ind. Vereinbarung
> 12mm	< 1m	± 2.5mm	± 4mm
	< 2m	± 3mm	± 5mm
	< 3m	± 3.5mm	± 6mm
	< 4m	± 4.5mm	± 7mm
	> 4m	ind. Vereinbarung	ind. Vereinbarung

Toleranzen Eck- Kanten- und Innenausschnitte

±5mm auf Lage und Abmasse

Bohrungen

<u>Durchmesser</u>	<u>Toleranz</u>
< 20mm	± 2mm
> 20mm	ind. Vereinbarung

Lage der Bohrungen

Abstand zu Fixpunkt 90° Ecke unten links. Bei Sonderformen kann der Fixpunkt variieren und muss gegebenenfalls definiert werden.

<u>Abstand zu Fixpunkt</u>	<u>Toleranz</u>
< 3m	± 3mm
< 4m	± 5mm
> 4m	ind. Vereinbarung

Toleranzen Glas - Härtingsprozess

| V21.11 |

In Anlehnung an DIN EN 12150, EN 1863

Zulässige Verwerfung bei rechteckigen Formen

	<u>Generelle Verwerfung</u>	<u>Örtliche Verwerfung</u>
Mountain Lake A, Frost B, Fjord C, Crystal D	3mm/m	0.5mm/300mm
weitere Strukturgläser	4mm/m	0.5mm/300mm

Ausschnitte, Bohrungen, sehr schmale oder spezielle Formen können die Verwerfung negativ beeinflussen, daher sind stärkere Verwerfungen zulässig.

Aussenmasstoleranzen

<u>Nennstärke</u>	<u>Länge oder Breite</u>	<u>Toleranz</u>
2 - 12mm	< 2m	± 3mm
	< 3m	± 3.5mm
	< 4m	± 4.5mm
	> 4m	ind. Vereinbarung
> 12mm	< 2m	± 3.5mm
	< 3m	± 4.5mm
	< 4m	± 5.5mm
	> 4m	ind. Vereinbarung

Visuelle Fehler nach dem Härtingsprozess

Durch den Härtingsprozess kann eine chemische und mechanische Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit in der Erscheinung von Rollenabdrücken, Schleier und Pünktchenbildung nicht ausgeschlossen werden und ist zulässig.

Glas mit SOLARCOLOR Classic

Bei diesem Farbgebungsprozess wird auf die Glasscheibe SOLARCOLOR Classic aufgebracht und danach im Härtingsprozess eingebrannt.

Glas mit SOLARCOLOR Morpho

Bei diesem Farbgebungsprozess wird auf die Glasscheibe SOLARCOLOR Morpho aufgebracht und danach folgt der Härtingsprozess.

Prüfverfahren für die visuelle Beurteilung

Zur Beurteilung wird das beschichtete (SC Classic oder SC Morpho) und gehärtete Glas mit der beschichteten Seite direkt (anliegend) vor einer mattschwarzen Fläche aufgestellt und mit einem Abstand von 5m senkrecht auf die Glasoberfläche betrachtet. Dabei erkennbare optische Fehler fließen in die Beurteilung ein. Fehler dürfen vorgängig nicht markiert werden und die prüfende Person darf vorgängig nicht über allfällige visuelle Fehler informiert worden sein und das Glas nicht bereits von nahem betrachtet haben. Die max. Betrachtungszeit pro m² beträgt 3 Sekunden.

Visuelle Fehler

Flecken / Kratzer $\varnothing > 5\text{mm}$	Zugelassen bis zu gesamthaft 90mm ² /m ²
Flecken / Kratzer $\varnothing < 5\text{mm}$	Uneingeschränkt zugelassen
Fremdkörper	Zugelassen (wird aber als Flecken beurteilt)
unbeschichteter Glasrand bis 5mm	Uneingeschränkt zugelassen
Linienförmige Strukturerscheinungen in der Beschichtung	Uneingeschränkt zugelassen

Ergänzung: Sind die oben erwähnten visuellen Fehler nach dem Fertigungsprozess zu einem BIPV-Modul nicht mehr störend oder erkennbar, sind diese trotzdem zulässig (Beurteilung gemäss "Prüfverfahren für die visuelle Beurteilung von BIPV-Modulen" in den folgenden Kapitel)

Farbtoleranzen

Aufgrund von produktionstechnischen Gegebenheiten sind Farbabweichung möglich.

Messverfahren für Farbtoleranzen:

Nach dem Härtingsprozess wird das beschichtete Glas⁽²⁾ mit der unbeschichteten Seite auf eine schwarze, matte Fläche gelegt und die Farbe mittels eines Farbtonmessgerät gemessen, welches die Werte des L*a*b*-Farbraums wiedergibt. Diese Werte werden mit dem Farbwert des Musterglases⁽¹⁾ verglichen.

Bei nicht vollflächig beschichteten Flächen (z. Bsp. Punktraster), werden die Werte mehrmals aufgenommen und jeweils die Werte mit der geringsten Differenz fließen in die Bewertung ein.

$$L^*_{(1)} - L^*_{(2)} = dL^* \quad a^*_{(1)} - a^*_{(2)} = da^* \quad b^*_{(1)} - b^*_{(2)} = db^*$$

Danach wird folgende Formel zur Beurteilung angewendet:

$$\sqrt{(dL^* \times dL^* + da^* \times da^* + db^* \times db^*)} = dE^*_{ab}$$

Zulässige Toleranz: $dE^*_{ab} = 5$

Lagetoleranzen der Beschichtung

<u>Länge / Breite</u>	<u>Toleranzen für rechteckige Formen</u>	<u>Toleranzen für Sonderformen</u>
< 4m	± 5mm	± 10mm
> 4m	ind. Vereinbarung	ind. Vereinbarung

Die Prüfmasse müssen sich jeweils auf den Mittelpunkt des Glases beziehen.

Grössentoleranzen der Beschichtung

<u>Kantenlänge der Druckfläche</u>	<u>Toleranzen</u>
< 4000mm	± 5mm
> 4000mm	ind. Vereinbarung

In Anlehnung an DIN EN 12543

Dickentoleranzen

Die Elementdicke von BIPV-Modulen darf die Summe der Dickentoleranzen der Einzelscheiben und der Toleranz der zusätzlichen Schichten nicht überschreiten. Für die Einzelgläser gilt die vorgegebene Toleranz des Basisglases. Die zusätzlichen Schichten (Zellen, Folien, Querverbinder, etc.) betragen je nach Ausführung 1.5mm mit einer Toleranz von ± 1 mm.

Grössentoleranzen

Die Einzelscheiben können sich beim Laminationsprozess gegeneinander verschieben. Die zulässigen Verschiebetoleranzen sind in der folgende Tabelle abgebildet.

<u>Nennstärke</u>	<u>Länge / Breite</u>	<u>Toleranz für rechteckige Formen</u>	<u>Toleranz für Sonderformen</u>
4 - 14mm	< 4m	± 3 mm	± 5 mm
	> 4m	ind. Vereinbarung	ind. Vereinbarung
> 14mm	< 4m	± 4 mm	± 6 mm
	> 4m	ind. Vereinbarung	ind. Vereinbarung

Zur Bestimmung der zulässigen gesamten Versatztoleranz muss jeweils die Masstoleranz der Einzelscheibe dazu addiert werden.

Zulässige Verwerfung bei rechteckigen Formen

Beim Laminationsprozess können sich die Module leicht verwerfen. Folgende Verwerfungen sind zulässig und werden zur bisherigen zulässigen Verwerfung des verwendeten Glas addiert.

<u>Generelle Verwerfung</u>	<u>Örtliche Verwerfung</u>
5mm/m	1mm/30mm

Ausschnitte, Bohrungen, sehr schmale oder spezielle Formen können die Verwerfung negativ beeinflussen, daher sind stärkere Verwerfungen zulässig.

Toleranzen Dosenposition, Kabel und Stecker

Die Dosenposition und Stärke unterliegt einer Toleranz von ± 5 mm. Zu beachten ist, dass bei der Montage der Dose ein „Silikonwulst“ um die Dose entsteht, der rund 3mm breit sein kann. Die Länge der Kabel der Anschlusdosen können variieren. Wenn eine Massangabe vorliegt kann eine Toleranz von ± 5 cm eingehalten werden.

Toleranzen Zelllayout

Das Zelllayout (Zellen, Busbars, Querverbinder, etc.) kann sich beim Fertigungsprozess verschieben.

<u>Länge / Breite</u>	<u>Toleranzen für rechteckige Formen</u>	<u>Toleranzen für Sonderformen</u>
< 4m	± 4 mm	± 6 mm
> 4m	ind. Vereinbarung	ind. Vereinbarung

Die Prüfmasse müssen sich jeweils auf den Mittelpunkt des PV-Moduls beziehen.

In Anlehnung an DIN EN 12543

Basis visuelle Toleranzen

Als Basis gelten die unter "Toleranzen Glas" definierten Bedingungen.

Prüfverfahren für die visuelle Beurteilung

Bei der Prüfung der visuellen Qualität von BIPV-Modulen sind die folgenden Vorgaben einzuhalten:

Betrachtungsabstand:	5m
Betrachtungswinkel:	Betrachtungswinkel, welcher der allgemein üblichen Nutzung entspricht
Lichtverhältnisse:	Normales, diffuses Tageslicht
Markierungen:	Beanstandungen dürfen bei der Betrachtung nicht markiert sein
Betrachtungszeit:	Betrachtungszeit, welcher der allgemein üblichen Betrachtungszeit entspricht, max. 3 Sekunden pro m ²

Die Beurteilung nach den untenstehenden Vorgaben erfolgt ausschliesslich mit den während dem Betrachtungszeitraum entdeckten und störenden visuellen Fehler, welche gleich nach der Betrachtung markiert werden. Die prüfende Person darf vorgängig nicht über allfällige visuelle Fehler informiert worden sein und das Modul nicht bereits von nahem betrachtet haben.

Visuelle Fehler nach dem Fertigungsprozess zu einem BIPV-Modul

Bisher zulässige visuelle Fehler (Toleranzen - Glas) sowie die Rückseite des Moduls sind von der Beurteilung ausgeschlossen. Querverbinder, Zellverbinder, Abdeckungen, Querverbinderdurchführung auf die Rückseite und weitere technisch notwendige Elemente und Vorkehrungen sind ebenfalls von der Beurteilung ausgeschlossen. Rückstände der Verbundfolien an den Modulkanten sind produktionsbedingt und zulässig.

Flecken / Kratzer / Blasen $\varnothing > 5\text{mm}$	Zugelassen bis zu gesamthaft 90mm ² /m ²
Flecken / Kratzer / Blasen $\varnothing < 5\text{mm}$	Uneingeschränkt zugelassen
Fremdkörper	Zugelassen (wird als Flecken beurteilt)

Zellen

Solarzellen bestehen aus nahezu 100% Silizium, einem Naturprodukt und können optisch farblich voneinander abweichen, besonders bei Nachbestellungen und stellen deshalb keinen Reklamationsgrund dar. Die Farbe der Zellen nimmt Einfluss auf optische Wahrnehmung von Modulen.

Querkontakte / Zellverbinder / Fingers

Nebst den Zellen sind die Querverbinder, Zellverbinder und die sogenannten Fingers weitere notwendige Bestandteile eines BIPV-Moduls. Je nach Charge oder je nach Kombination mit Zellenversionen können diese Elemente unterschiedlich erkennbar sein und stellen keinen Reklamationsgrund dar.

Farbtoleranz

Farbtoleranzen können grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, da diese durch mehrere Einflüsse auftreten können, welche nicht vermeidbar sind. In Anbetracht nachfolgend erwähnten Einflüssen und weiteren Gründen kann unter bestimmten Licht-, Wetter- und Betrachtungsverhältnissen ein wahrnehmbarer Farbunterschied zwischen Modulen ersichtlich werden, der vom Betrachter subjektiv als „störend“ oder auch „nicht störend“ eingestuft werden kann.

Folgende Punkte sind zu berücksichtigen und stellen keinen Reklamationsgrund dar:

- > Farbdifferenzen im Glas auf Grund unterschiedlicher Chargen, speziell bei Nachlieferungen
- > Farbdifferenzen im Glas auf Grund unterschiedlicher Glasdicken
- > Farbdifferenzen in der Farbgebung des Glases gemäss "Toleranzen - Glas"

Werden beschichtete Gläser zu einem BIPV-Modul verarbeitet, haben die Solarzellen, die Verbundfolien und weitere einlamierte Elemente starken Einfluss auf die Farbgebung.

Messverfahren für Farbtoleranzen:

Nach dem Fertigungsprozess zu einem BIPV-Modul⁽²⁾ wird die Farbe mittels eines Farbtonmessgerät gemessen, welches die Werte des $L^*a^*b^*$ -Farbraums wiedergibt. Diese Werte werden mit dem Farbwert des Freigabemoduls⁽¹⁾ verglichen. Bei nicht vollflächig homogenen Flächen (z. Bsp. Punktraster), werden die Werte mehrmals aufgenommen und jeweils die Werte mit der geringsten Differenz fließen in die Bewertung ein.

$$L^*_{(1)} - L^*_{(2)} = dL^* \quad a^*_{(1)} - a^*_{(2)} = da^* \quad b^*_{(1)} - b^*_{(2)} = db^*$$

Danach wird folgende Formel zur Beurteilung angewendet:

$$\sqrt{(dL^* \times dL^* + da^* \times da^* + db^* \times db^*)} = dE^*ab$$

Zulässige Toleranz: $dE^*ab = 5$

Bemusterung

Das Auge des Menschen reagiert differenziert auf Farben. Bei Blautönen, im Gegensatz zu Grüntönen, können feinste Farbunterschiede wahrgenommen werden. Dabei spielen die aktuellen Lichtverhältnisse eine wesentliche Rolle. Je nach Jahres- oder Tageszeit, nach Betrachtungswinkel, Wetter, Bewölkung oder reflektierenden Flächen erscheint die Farbe unterschiedlich. Dies kann zu Diskussionen führen, da die objektive Beurteilung der Farben resp. Farbunterschiede eine Ermessensfrage ist. Ist ein objektiver Bewertungsmaßstab für den Farbton kundenseitig gewünscht, ist das Vorgehen vorher mit dem Hersteller abzustimmen. Wichtig ist, dass auf jeden Fall eine 1:1-Bemusterung stattfindet, die von allen Beteiligten gutgeheissen wird. Die exakten Grenzmuster müssen im Doppel angefertigt werden, welche von beiden Parteien signiert werden, nur dann wird dies verbindlich. Ohne solche unterschriebene und explizit als Grenzmuster signierte Muster gilt eine bestimmte Optik oder Farbe nicht als Reklamationsgrund

Vorgehen bei Toleranzüberschreitung

Falls BIPV-Module die definierten Toleranzen überschreiten, muss dies vor der Montage und innerhalb von 5 Tagen nach Erhalt dokumentiert und gemeldet werden. In der Dokumentation muss die Überschreitung der Toleranz mit Messwerten und Bildern spezifiziert werden. Falls innerhalb dieser Frist keine Reklamation inkl. Dokumentation erfolgt oder die BIPV-Module weiterverarbeitet oder montiert werden, gilt die Optik als akzeptiert. Ein nachträglicher Austausch ist ausgeschlossen.

Bei leichten, mittleren und schweren Toleranzüberschreitungen hat der Kunde Anrecht auf Minderung des Kaufpreises je nach Schwere zwischen 5 und 15%. Nur bei ausserordentlich starken Toleranzabweichungen kann ein Umtausch oder Ersatz (nur vor der Montage oder der Weiterverarbeitung) in Betracht gezogen werden.

Aktuelle Richtlinien

Diese Richtlinien orientieren sich an den heutigen technischen Möglichkeiten und können fortlaufend angepasst werden. Daher empfiehlt es sich vor Auftragsvergabe die neueste Version der Richtlinien anzufordern.