



# Technische Spezifikation Wärmedämm- und Sonnenschutz- schichten

## Inhaltsverzeichnis

1 Geltungsbereich.....	2
2 Verfahren und Verweise auf Normen und Richtlinien.....	2
2.1 Verfahren .....	2
2.1.1 Vakuumverfahren.....	2
2.1.2 Chemische Verfahren .....	2
2.2 Verweise auf Normen und Richtlinien.....	2
3 Anforderungen an Kenngrößen für Energieerhaltung und Wärmeschutz .....	3
4 Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften.....	4
5 Fehlerbewertung von beschichtetem Glas .....	4
6 Farbliche Bewertung von beschichtetem Glas .....	5
6.1 Allgemeine Festlegungen zur Farbbewertung .....	5
6.2 Farben im CIELAB Farbraum .....	5
6.3 Messen von Farbe.....	6
6.4 Bewertung der Homogenität einer Fassade .....	6
6.4.1 Farbunterschiede innerhalb einer Scheibe.....	6
6.4.2 Farbunterschiede zwischen zwei benachbarten Scheiben .....	7
6.4.3 Anforderungen an Farbmessungen .....	8
6.5 Farbgleichheit von nicht vorgespannter und vorgespannter Variante eines Produktes...8	
6.6 Winkelabhängigkeit von Architekturglasbeschichtungen .....	9

## 1 Geltungsbereich

Die „Technische Spezifikation für arcon Beschichtungen“ gilt für die Beurteilung der Qualität von beschichteten Gläsern (Wärmedämm- und Sonnenschutzschichten).

Bei beschichtetem Glas im Sinne dieser Richtlinie handelt es sich um Floatglas, thermisch vorgespanntes Einscheibensicherheitsglas, teilvorgespanntes Glas, Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas, welches mit dem Magnetronverfahren (Kathodenzerstäubung) beschichtet wurde.

Beschichtete Gläser im Geltungsbereich dieser Spezifikation sind für den Einsatz in Mehrfach-Isoliergläsern bestimmt.

## 2 Verfahren und Verweise auf Normen und Richtlinien

### 2.1 Verfahren

Industriell angewandte Dünnschichtbeschichtungen für Flachglas können eingeteilt werden in

- Vakuumverfahren
- Chemische Verfahren

#### 2.1.1 Vakuumverfahren

Vakuumverfahren sind dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmaterial im Vakuum in dampfförmigen Zustand versetzt wird und anschließend auf dem Substrat – der Glasoberfläche – kondensiert. Zu den im Rahmen dieser Richtlinie zu bewertenden Beschichtungen gehören sowohl nicht vorspannbare als auch vorspannbare Beschichtungen.

#### 2.1.2 Chemische Verfahren

Bei den chemischen Verfahren handelt es sich um Beschichtungen durch eine chemische Reaktion des Beschichtungsmaterials auf der heißen Glasoberfläche bei Atmosphärendruck. Diese Beschichtungen werden auch als pyrolytische Beschichtungen bezeichnet.

Weiterhin gehören zu den chemischen Verfahren die Beschichtung durch chemische Reduktion, bei welcher Schichten durch Reduktion des Beschichtungsmaterials in Kontakt mit der Glasoberfläche bei Atmosphärendruck abgeschieden werden und die Sol-Gel Beschichtung.

### 2.2 Verweise auf Normen und Richtlinien *(in der jeweils gültigen Ausgabe)*

DIN EN 1096:	Glas im Bauwesen - Beschichtetes Glas
DIN EN 572:	Glas im Bauwesen - Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas
DIN EN 12150:	Glas im Bauwesen - Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas
DIN EN 1863:	Glas im Bauwesen – Teilvorgespanntes Kalknatronglas
DIN EN 12543:	Glas im Bauwesen – Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas
DIN EN 1279:	Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas
DIN 58196-6:	Dünne Schichten für die Optik Teil 6: Prüfung der Haftfestigkeit mit einem Klebeband
DIN EN 410:	Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
DIN EN 12898:	Glas im Bauwesen – Bestimmung des Emissionsgrades
DIN 5033:	Farbmessung
DIN 6174:	Farbmetrische Bestimmung von Farbmaßzahlen und Farbabständen im angenähert gleichförmigen CIELAB-Farbenraum
ISO 11479-2	Glass in building – Coated glass – Colour of façade

GEPVP Code of Practice for in-situ Measurement and Evaluation of the Colour of Coated Glass used in Facades (Herausgegeben durch die "European Association of Flat Glass Manufacturers")

Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV-TB) Kap. C2.11 „Bauprodukte aus Glas“

Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von Glas für das Bauwesen

(Herausgegeben vom Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks, Hadamar, dem Bundesverband Flachglas e.V., Troisdorf sowie dem VFF Verband Fenster + Fassade, Frankfurt a.M.)

Richtlinie zur Beurteilung der visuellen Qualität von emaillierten und siebbedruckten Gläsern

(Herausgegeben vom Bundesverband Flachglas, Troisdorf und dem Fachverband Konstruktiver Glasbau, Köln)

Verarbeitungsrichtlinie Wärmedämm- und Sonnenschutzschichten

Verarbeitungsrichtlinie vorspannbare Wärmedämm- und Sonnenschutzschichten

### 3 Anforderungen an Kenngrößen für Energieerhaltung und Wärmeschutz

Die Anforderungen in Tab. 1 für die lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen der beschichteten Einzelscheibe gelten in Übereinstimmung mit der EN1096-4.

Die in Tab. 1 aufgeführten lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen der beschichteten Einzelscheibe werden nach DIN EN 410 durch Berechnung und / oder Messung bestimmt. Das Emissionsvermögen wird nach DIN EN 12898 ermittelt.

Tab. 1: Angaben zu Angaben zu photometrischen und energetischen Kenngrößen <sup>1</sup>

Kenngröße	Bestimmung nach	Bestimmter Wert	Angegebener Wert	Anforderung
Lichttransmissionsgrad	EN 410	$\tau_{v,m}$	$\tau_{v,d}$	$\tau_{v,m} = \tau_{v,d} \pm 0.03$
Lichtreflexionsgrad: - erste Seite - zweite Seite	EN 410	$\rho_{v,m}$ $\rho'_{v,m}$	$\rho_{v,d}$ $\rho'_{v,d}$	$\rho_{v,m} = \rho_{v,d} \pm 0.03$ $\rho'_{v,m} = \rho'_{v,d} \pm 0.03$
Energietransmissionsgrad	EN 410	$\tau_{e,m}$	$\tau_{e,d}$	$\tau_{e,m} = \tau_{e,d} \pm 0.03$
Energierreflexionsgrad: - erste Seite - zweite Seite	EN 410	$\rho_{e,m}$ $\rho'_{e,m}$	$\rho_{e,d}$ $\rho'_{e,d}$	$\rho_{e,m} = \rho_{e,d} \pm 0.03$ $\rho'_{e,m} = \rho'_{e,d} \pm 0.03$
Normaler Emissionsgrad	EN 12898	$\varepsilon_m$	$\varepsilon_d$	$\varepsilon_m \leq \varepsilon_d + 0.02$ , wenn $\varepsilon_d \geq 0.10$  $\varepsilon_m \leq \varepsilon_d + 0.01$ , wenn $\varepsilon_d < 0.10$

<sup>1</sup> Index m: gibt an, dass der angegebene Wert ein durch Messung oder Berechnung bestimmter Wert ist

Index d: gibt an, dass der angegebene Wert ein festgelegter Wert ist

## 4 Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften

Es gibt keinen allgemein anerkannten Standard zur Prüfung der Kratzfestigkeit von beschichteten Gläsern.

Arnold/arcon bewertet die Kratzfestigkeit und die Delaminationsbeständigkeit produktionsbegleitend mit werksinternen Testverfahren. Die Ergebnisse dieser Testverfahren erlauben Rückschlüsse auf die späteren praktischen Beanspruchungen.

Die Bewertung der mechanischen Eigenschaften (Haftfestigkeit) „vor Ort“ erfolgt nach DIN 58196-6 unter Verwendung eines handelsüblichen transparenten Klebebands, z. B. vom Typ „Tesa 57370“ der Fa. Beiersdorf. Die Beanspruchung der zu prüfenden Proben erfolgt vor der Weiterverarbeitung nach Schärfeegrad K1 entsprechend Abschnitt 4 o. g. Norm. Im Ergebnis dieses Tests darf keine Delamination des Schichtsystems auftreten.

Arnold/arcon behält sich das Recht vor, bei Beanstandungen der mechanischen Eigenschaften diese mit den internen Testverfahren zu verifizieren, um somit eine abschließende Bewertung vornehmen zu können.

## 5 Fehlerbewertung von beschichtetem Glas

Die Bewertung von beschichtetem Glas (Lagergrößen bzw. Zuschnitte) erfolgt unter Zugrundelegung der in DIN EN 1096-1, Abschnitt 7.4 getroffenen Annahmekriterien für Fehler (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Annahmekriterien für Fehler bei beschichtetem Glas nach DIN EN 1096-1

Fehlertyp	Annahmekriterien		
	Scheibe zu Scheibe	Einzelne Scheibe	
Homogenitätsfehler <sup>2</sup> / Fleck	Erlaubt, solange visuell nicht störend	Erlaubt, solange visuell nicht störend	
		Hauptfeld	Randzone
Punktförmige Fehler:	Nicht anwendbar		
Schmutzstellen/Nadel-sichtförmige Fehler			
> 3mm		Nicht erlaubt	Nicht erlaubt
>2 mm und ≤ 3 mm		Erlaubt, wenn nicht mehr als 1/m <sup>2</sup>	Erlaubt, wenn nicht mehr als 1/m <sup>2</sup>
Nestbildung		Nicht erlaubt	Erlaubt, solange im Bereich der Durchsicht
Kratzer			
> 75 mm		Nicht erlaubt	Erlaubt, solange sie mehr als 50 mm voneinander entfernt sind
> 75 mm		Erlaubt, solange die lokale Dichte visuell nicht störend ist	Erlaubt, solange die lokale Dichte visuell nicht störend ist

<sup>2</sup> Homogenitätsfehler: noch erkennbare Abweichungen in Farbe, Reflexions- oder Transmissionsgrad innerhalb einer Glasscheibe oder von Scheibe zu Scheibe – siehe auch Punkt

## 6 Farbliche Bewertung von beschichtetem Glas

### 6.1 Allgemeine Festlegungen zur Farbbewertung

Für die Bewertung der Reflexionsfarbe (Außenansicht der Fassade) müssen Sonnenschutz-beschichtungen auf Ebene 2 und Wärmedämmprodukte (low-e) auf Ebene 3 im Isolierglasverbund eingesetzt sein. Es wird senkrechte Betrachtung vereinbart.

Farbunterschiede in der Transmissionsfarbe können „vor Ort“ nicht mit einem Farbmessgerät bewertet werden, da hierfür kein Messgerät existiert. Die Bewertung ist somit lediglich durch eine visuelle Betrachtung möglich.

Die Transmissions- und Reflexionsfarbe werden neben der Beschichtung von der Glasart, der Glasdicke und der unbeschichteten Gegenseibe im Isolierglas beeinflusst. Weiterhin muss beachtet werden, dass die Bewertung von Farbe subjektiven Einflüssen unterworfen ist, da die Empfindlichkeit des menschlichen Auges sehr individuell ist. Zusätzlich spielt bei der farblichen Betrachtung einer Fassade eine Vielzahl von Einflüssen eine Rolle, wie z.B.

- das Tageslicht: ein trüber oder bewölkter Himmel kann Farbunterschiede zum Vorschein bringen, welche unter direkter Sonneneinstrahlung nicht erkennbar sind
- Abstand und Betrachtungswinkel
- Das Auge des Beobachters
- Der Hintergrund: das Fehlen der Innenbeleuchtung im Gebäude (dunkler Hintergrund) kann die Wahrnehmung von Farbunterschieden verstärken
- Umgebung: das Vorhandensein von Gebäuden in der unmittelbaren Nachbarschaft, welche sich in der Fassade spiegeln können

Vorgespannte Gläser wie ESG oder TVG können sogenannte „Anisotropieeffekte“ in Form von streifen- oder kreisförmigen, grauen oder farbigen Reflexen zeigen. Dieser bei wärmebehandelten Gläsern auftretende Effekt ist abhängig von der Art und der Richtung der Beleuchtung (Sonnenstand, Bewölkung, etc.), Glasdicke und –form sowie dem Betrachtungswinkel und kann bei beschichteten Gläsern zusätzlich noch verstärkt und farblich verändert werden.

Nicht vollflächig siebbedrucktes Einscheibensicherheitsglas (in Abhängigkeit vom jeweiligen Design) kann nicht farblich vermessen werden.

### 6.2 Farben im CIELAB Farbraum

Eine geeignete Grundlage für die Farbmessung von beschichteten Gläsern ist die Messung des Spektrums in Reflexion für die Beurteilung der Außenansicht einer Fassade bzw. in Transmission für die Bewertung der Durchsicht. Aus den Spektren lassen sich eindeutige Werte zur Beschreibung der Farbe ermitteln.

Im CIELAB-Farbraum kennzeichnet der  $L^*$ -Wert die Helligkeit,  $a^*$  kennzeichnet die Rot-Grün-Anteile und  $b^*$  die Gelb-Blau-Anteile (siehe Abb. 1). Das Zentrum ist farbneutral. Farbe und Helligkeit können somit durch einen Punkt in einem dreidimensionalen Koordinatensystem eindeutig beschrieben werden.

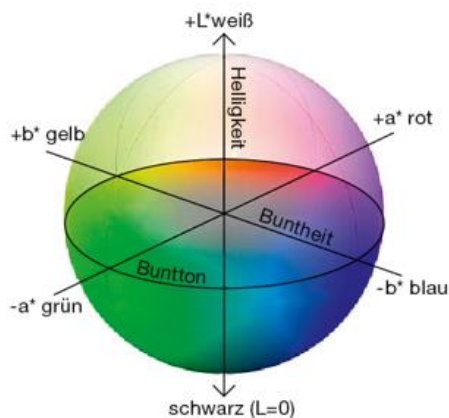


Abb. 1: CIELAB Farbraum

Die  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  Werte können zur Bewertung der Farbe einer Fassade verwendet werden, bei der Betrachtung der Außenseite (in Reflexion), oder zur Bewertung der Eigenschaften der Transmission einer Glasscheibe. Farbunterschiede zwischen zwei Proben können durch die Berechnung von  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  und  $\Delta b^*$ , wie nachfolgend angegeben, bewertet werden.

$$\Delta L^* = L^*_{Probe2} - L^*_{Probe1}$$

$$\Delta a^* = a^*_{Probe2} - a^*_{Probe1}$$

$$\Delta b^* = b^*_{Probe2} - b^*_{Probe1}$$

Bei der Farbmessung ist es im Allgemeinen üblich, Farbunterschiede durch berechnete  $\Delta E^*$  Werte auszudrücken.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$$

Arnold Glas/arcon sieht für die farbliche Beurteilung von beschichteten Gläsern  $\Delta E^*$  Werte als nicht hinreichend genau an, so dass  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  und  $\Delta b^*$  Werte verwendet werden.

### 6.3 Messen von Farbe

Die Parameter  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  können sowohl mit Spektrometern in der laufenden Produktion als auch mit Handfarbmessgeräten „vor Ort“ bestimmt werden. Die Empfindlichkeit dieser Geräte ist vergleichbar mit der des menschlichen Auges. Da die Messungen auf die standardisierte Lichtquelle (Normlichtart D65) und den Normbeobachter (2° Normbeobachter) bezogen werden, sind genaue Messergebnisse unabhängig von den äußeren Faktoren (Beleuchtung, Umgebung und Hintergrund des Gebäudes) und dem subjektiven Farbempfinden einer Einzelperson zu erzielen. Die zu vermessende Oberfläche muss dabei immer frei von Verunreinigungen sein.

Handfarbmessgeräte erlauben die Farbmessung in Reflexion unter einem Winkel von 90°. Demgegenüber erfolgt die produktionsbegleitende Messung der Reflexion unter unterschiedlichen Betrachtungswinkeln.

Bei der Farbmessung in Reflexion (Außenansicht der Fassade) mit einem Handfarbmessgerät muss immer die beschichtete Scheibe des Isolierglases vermessen werden<sup>3</sup>.

### 6.4 Bewertung der Homogenität einer Fassade

Die folgenden Abschnitte beschreiben die Vorgehensweise zur Bestimmung der Farbe von beschichteten Gläsern vor Ort.

#### 6.4.1 Farbunterschiede innerhalb einer Scheibe

Farbunterschiede innerhalb einer Scheibe (z. B. Streifen oder Flecken) können mit einem Handfarbmessgerät „vor Ort“ gemessen und bewertet werden. Dazu werden in den beiden Bereichen, in denen die Farbunterschiede festgestellt wurden, an jeweils mindestens 3 Punkte die  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  Werte ermittelt (s. Abb. 2). Bei beschichteten Festmaßen wird gemäß ISO 11479-2 ein unmittelbarer Randbereich von 15cm nicht in die Bewertung eingeschlossen, da geringfügige farbliche Unterschiede zwischen den Kantenbereichen und der Mitte der Scheiben bestehen können. Weiterhin kann die Farbmessung durch die Nähe zum Rahmen des Isolierglases beeinträchtigt werden.

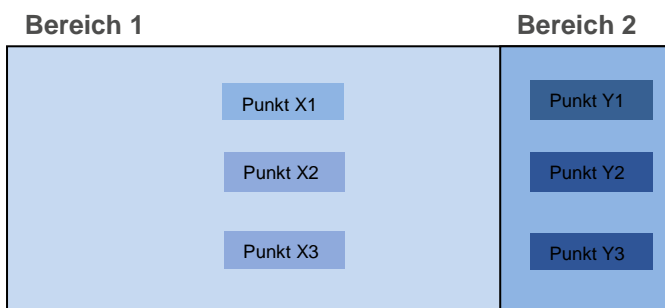


Abb.2: Beispiel zur Farbmessung bei Farbunterschieden innerhalb einer Scheibe

<sup>3</sup> Bei Sonnenschutzbeschichtungen (Beschichtung auf Ebene 2) kann das Vermessen im Isolierglasverbund auf der Außenseite erfolgen. Demgegenüber muss bei Wärmedämmschichten (Beschichtung auf Ebene 3) die beschichtete Einzelscheibe vermessen werden, da ansonsten durch die unbeschichtete Gegenseite die Messergebnisse verfälscht werden.



Die  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  und  $\Delta b^*$  Werte, basierend auf den Durchschnittswerten für jeden Bereich, werden gemäß der Gleichungen (1), (2) und (3) berechnet.

Benutzt man für zu vergleichende Farben die Indizes Bereich 2 und Bereich 1, so gilt:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{Bereich 2}} - L^*_{\text{Bereich 1}} \quad (1)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{Bereich 2}} - a^*_{\text{Bereich 1}} \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{Bereich 2}} - b^*_{\text{Bereich 1}} \quad (3)$$

Für die  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  und  $\Delta b^*$  Werte gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 6.4.3.

## 6.4.2 Farbunterschiede zwischen zwei benachbarten Scheiben

Farbunterschiede zwischen zwei benachbarten Scheiben können mit einem Handfarbmessgerät „vor Ort“ gemessen und bewertet werden. Dazu werden von jeder der benachbarten Scheiben an mindestens 3 Punkten die  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  Werte ermittelt (z. B. entlang einer Diagonale, s. Abb. 3).

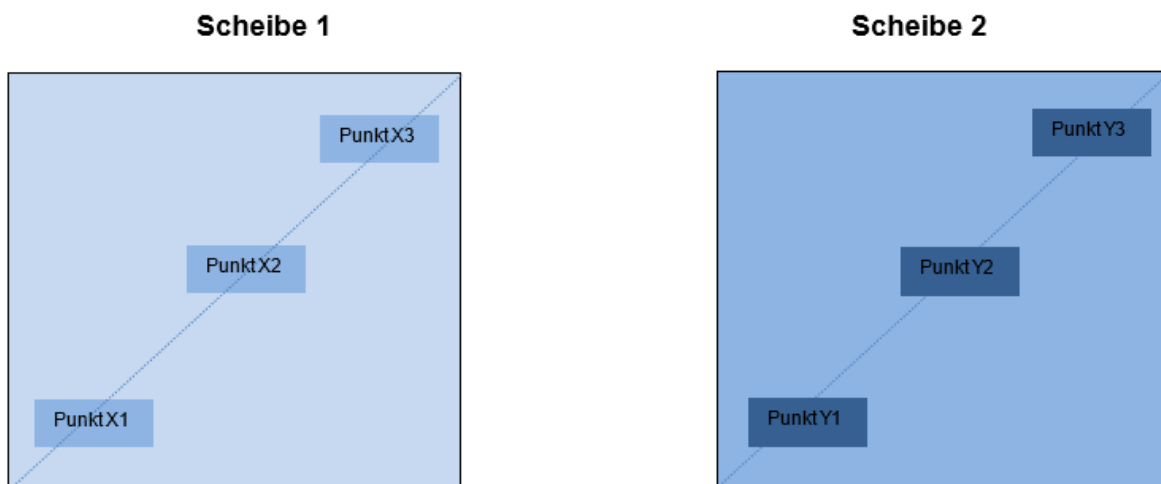


Abb.3: Beispiel zur Farbmessung bei Farbunterschieden zwischen benachbarten Scheiben

Anschließend werden für jede Scheibe die durchschnittlichen  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  berechnet.

Die  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  und  $\Delta b^*$  Werte bilden die Unterschiede zwischen den Mittelwerten für jede Scheibe ab und werden gemäß der Gleichungen (4), (5) und (6) berechnet.

Benutzt man für zu vergleichende Farben die Indizes Scheibe 2 und Scheibe 1, so gilt:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{Scheibe 2}} - L^*_{\text{Scheibe 1}} \quad (4)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{Scheibe 2}} - a^*_{\text{Scheibe 1}} \quad (5)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{Scheibe 2}} - b^*_{\text{Scheibe 1}} \quad (6)$$

wobei die Scheibe 1 die Referenzscheibe ist.

Die Referenzscheibe kann verglichen werden mit jeder der benachbarten Scheiben – oben, unten, links und rechts.

Die Bewertung kann nur bei Scheiben eines Produkts, der gleichen Glassorte, identischem Isolierglasaufbau und Hintergrundverhältnissen sowie bei gleicher Betrachtungshöhe vorgenommen werden.

Für die  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  und  $\Delta b^*$  Werte gelten die Anforderungen gemäß Abschnitt 6.4.3.

### 6.4.3 Anforderungen an Farbmessungen

Für die in Abschnitt 6.4.1 und 6.4.2 beschriebenen Fälle gelten die Anforderungen gemäß Tab. 3.

Tab. 3: Anforderungen an Farbmessungen

	Sonnenschutz und low-e (Ebene 2)	Low-3 (Ebene 3)
$\Delta L^*$	4	3
$\Delta a^*$	3	3
$\Delta b^*$	3	3

Die Toleranzen innerhalb der Produktion sind so festgelegt, dass ein homogenes farbliches Erscheinungsbild der Fassade gewährleistet ist. Abweichende Anforderungen sind produkt- und projektbezogen auf Anfrage möglich.

### 6.5 Farbgleichheit von nicht vorgespannter und vorgespannter Variante eines Produktes

Bestimmte Beschichtungen sind sowohl als nicht vorspannbare als auch vorspannbare Variante verfügbar, wobei die vorspannbare Variante zur Erreichung der spezifizierten Eigenschaften generell vorgespannt werden muss.

Die lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kennzahlen der nicht vorspannbaren und der vorspannbare Variante einer Arnold/arcon Beschichtung sind angepasst.

Ebenso ist die nicht vorspannbare und die vorspannbare Variante einer Arnold/arcon Beschichtung farblich angepasst. In Transmission und Reflexion kann die Farberscheinung dennoch unterschiedlich wahrgenommen werden, so dass eine Farbgleichheit nicht gewährleistet werden kann. Bei gleichzeitigem Einsatz in einer Fassade empfiehlt arcon zwingend eine vorherige Bemusterung in Originalgröße.

Beschichtungen mit dem Zusatz „oHT“ wiederum können entweder vorgespannt oder nicht vorgespannt eingesetzt werden. Der gleichzeitige Einsatz eines vorgespannten (z. B. ESG) und nicht vorgespannten Produkts (z. B. Float, VSG) mit dem Zusatz „oHT“ in einer Fassade ist möglich, jedoch empfiehlt Arnold/arcon in diesem Fall zwingend eine vorherige Bemusterung in Originalgröße.



## 6.6 Winkelabhängigkeit von Architekturglasbeschichtungen

Der farbliche Eindruck von Wärmedämm- und Sonnenschutzprodukten ändert sich unter dem Winkel. Das ist insbesondere bei Doppel- und Dreifachsilberbeschichtungen mit einer hohen Selektivität ausgeprägt und produktionsbedingt nicht vermeidbar.

Diese Winkelabhängigkeit kann nicht „vor Ort“ vermessen werden, so dass eine objektive Beurteilung nicht zulässig ist. Folglich kann die farbliche Homogenität einer Fassade unter dem Winkel nur durch visuelle Betrachtung bewertet werden. Der maximale Winkel darf dabei nicht mehr als  $45^\circ$  betragen (s. Abb. 4).

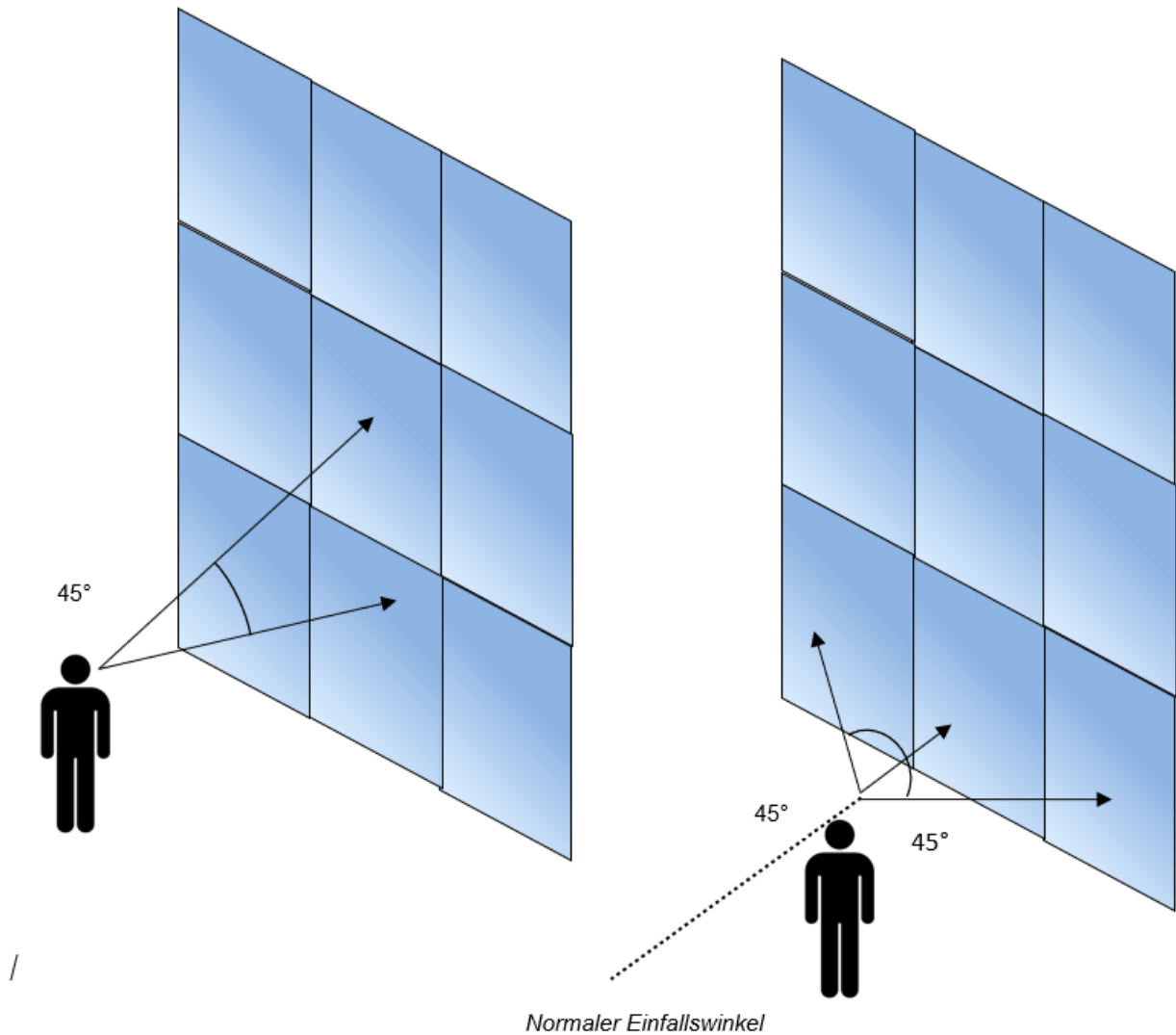


Abb.4: Visuelle Betrachtung der Winkelabhängigkeit