

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung

Prof. Dr. Philip Leistner

Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

Prüfbericht P15-287/2018

Ermittlung wärme- und strahlungstechnischer Kennwerte von semitransparenten Dünnschicht-Modulen

Auftraggeber:
Sanko Solar BV
Oostersebos 4b
7761 PS Schoonebeek
Niederlande

Stuttgart, 16. Oktober 2018

1 Aufgabenstellung

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP wurde am 8. August und 25. September 2018 von Fa. Sanko-Solar BV beauftragt, wärme- und strahlungstechnische Kennwerte für semitransparente Dünnschicht-PV-Module sowie für deren Integration in 2- und 3-fach-Verglasungen gemäß Abschnitt 3.2 zu ermitteln. Für die Mehrscheiben-Isoliergläser sollten zudem unterschiedliche Einbaulagen berücksichtigt werden.

2 Untersuchungsgegenstand

Zur Durchführung der Untersuchungen lagen dem IBP folgende Einzelkomponenten aus den Aufbauten vor

Komponente	<ol style="list-style-type: none">1. Laminat PV-Dünnschichtmodul 3,2 mm Floatglas 4 mm, 20 %2. PV-Dünnschicht-Modul 3,2 mm, 20 %, teiltransparent gelasert3. PV-Dünnschicht-Modul 3,2 mm, 40 %, teiltransparent gelasert4. Floatglas 4 mm5. Floatglas 4 mm, low iron (Weißglas)6. Floatglas 4 mm, mit low ϵ-Beschichtung
Art der Probenahme	Anlieferung auf Veranlassung des Auftraggebers durch Fa. Advanced Solar Power Inc., Hangzhou, China am 11.9.2018 im IBP Stuttgart
Abmessungen	100 mm x 100 mm
Anzahl	je 2 Stück
Zustand	Neuzustand

Die Probekörper 2 und 3 sind in den Bildern 1 und 2 gezeigt.

3 Vorgehensweise

3.1 Ermittlung Emissionsgrad

Der IR-Emissionsgrad wurde nach dem thermischen Prinzip im Bereich von 0,02 bis 0,99 für spektrale Empfindlichkeit 2,5 μm bis 40 μm gemäß [1] bestimmt.

Die Bestimmung des Emissionsgrads der Probe erfolgte nach dem thermischen Messprinzip. Dabei wird ein Teil der Probenoberfläche durch eine auf 100 °C beheizte Halbkugel mit 80 mm Durchmesser bestrahlt und die reflektierte langwellige Strahlung über einen Sensor erfasst [1]. Den Messungen lagen weiterhin folgende Randbedingungen zu Grunde:

Zeitraum:	KW 39/2018
Ort:	IBP-Strahlungs-Labor
Messgerät:	Emissiometer TIR 100-2
Spektralbereich:	2,5 μm bis 40 μm
Strahlertemperatur:	Soll 100 °C, Ist 100,2 °C \pm 0,3 K
Lufttemperatur Labor:	22,3 °C
Temperatur Probekörper:	22,1 °C
Anzahl der Einzelmessungen:	5 Einzelmessungen an Probe Nr. 6.1 und 6.2
Referenzstandard:	Nr. 2004 0035 mit $\epsilon = 0,016$ und 0,956, rückführbar auf National Physical Lab (NPL)-Standard No 194/95 und 195/95.

3.2 Wärmetechnische Kennwerte

Die wärmetechnischen Kennwerte wurden nach [2] unter Berücksichtigung der Emissionsgrade der Glasoberflächen nach Abschnitt 3.1, 4.1 sowie [5] für die Glasaufbauten und Einbaulagen gemäß Tabelle 1 berechnet. Die Glasaufbauten 1 bis 3 sind im Bild 3 im Schnitt dargestellt.

3.3 Strahlungstechnische Kennwerte

Die solare Reflexions- und Transmissionsgrade wurden durch spektral aufgelöste, normal-hemisphärische Messungen der Reflexion (Vorder- und Rückseite) und der Transmission an den Proben aus Abschnitt 2 im Wellenlängenbereich zwischen 280 nm und 2500 nm in Schritten von 10 nm ermittelt. Die Messungen erfolgten unter Verwendung eines Zweistrahl-Spektralphotometers der Fa. Perkin Elmer, Typ Lambda 900, mit einem Monochromator und einer 150 mm Integrationskugel. Für die Proben 1 bis 3 wurden aufgrund der Inhomogenitäten insgesamt für Transmission und Reflexion je 10 Einzelmessungen an unterschiedlichen Stellen durchgeführt und aus diesen jeweils ein Mittelwert gebildet. In einem zweiten Schritt wurden die Messdaten gemäß DIN EN 410 [3] gewichtet und für die Glasaufbauten gemäß Tabelle 1 ausgewertet. Zusätzlich wurden daraus nach [4] die Modultemperaturen unter sommerlichen Randbedingungen berechnet.

Proben: gemäß Abschnitt 2, davon Messfläche 30 mm²
Messzeitraum: Kalenderwoche 39/2018

4 Ergebnisse

4.1 Emissionsgrad

Für die Probekörper Nr. 5.1 und 5.2 gemäß Abschnitt 2 wurde folgender hemisphärischer Emissionsgrad ermittelt:

$$\varepsilon = 0,17$$

Der Wert repräsentiert das arithmetische Mittel aus 15 Einzelmessungen, welche gleichmäßig über die Proben verteilt gemessen wurden. Die errechnete Standardabweichung über alle Messungen lag bei 0,004. Für das Verfahren wird insgesamt eine Messunsicherheit von $\pm 0,03$ angenommen.

4.2 Strahlungstechnische Kennwerte

Die für die Verglasungsaufbauten aus Tabelle 1 ermittelten strahlungstechnischen Kennwerte sind in Tabelle 2 angeführt.

4.3 Wärmedurchgangskoeffizienten

Die für die Verglasungsaufbauten aus Tabelle 1 ermittelten U-Werte sind in Tabelle 3 in Abhängigkeit von der Einbaulage angeführt. Die sich daraus und aus den strahlungstechnischen Größen ergebenden Kennwerte sind ebenfalls in Tabelle 3 dargestellt.

4.4 Modultemperaturen

Unter Anwendung von [4] wurden die Temperaturen in der Schichtmitte des PV-Glaslaminats auf Basis der gemessenen Strahlungskenndaten bei unterschiedlichen sommerlichen Randbedingungen berechnet. Die beiden Fälle sind in Tabelle 4, Spalte 1 angeführt. Die berechneten Temperaturen in Spalte 3 bis 5 gelten entsprechend [4] für eine senkrechte Einbaulage. Bei geneigter Einbaulage kann die Modultemperatur aufgrund der leicht höheren sekundären Wärmeabgabe nach innen davon abweichen.

Literatur

- [1] DIN EN 16012:2015-05 (E): Wärmedämmstoffe für Gebäude –Reflektierende Wärmedämm-Produkte – Bestimmung der Nennwerte der wärmetechnischen Eigenschaften; Anhang D (normative) Messung des Emissionsgrades unter Anwendung einer thermischen Infraroteinrichtung. Beuth-Verlag, Berlin.
- [2] DIN EN 673: 2011-04: Glas im Bauwesen- Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)- Berechnungsverfahren, Deutsche Fassung EN 673:2011, Beuth Verlag, Berlin.
- [3] DIN EN 410: 2011-04: Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen, Deutsche Fassung EN 410:2011, Beuth Verlag, Berlin.
- [4] DIN EN ISO: 52022-03: 2018-01: Energieeffizienz von Gebäuden - Wärmetechnische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von Bauteilen und Bauelementen - Teil 3: Detailliertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der solaren und tageslichtbezogenen Eigenschaften von Sonnenschutz in Kombination mit Verglasungen (ISO 52022-3:2017); Deutsche Fassung EN ISO 52022-3:2017, Beuth Verlag, Berlin.
- [5] DIN EN 12898: 2001-4: Glass in building - Determination of the emissivity; German Version of EN 12898:2001, Beuth-Verlag, Berlin.

Hinweis:

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den geprüften Gegenstand.

Dieser Prüfbericht besteht aus 11 Seiten mit 4 Tabellen und 3 Bildern.

Stuttgart, den 16. Oktober 2018/JL

Stellv. Abteilungsleiter

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Zegowitz

Bearbeiter

Dipl.-Ing. Michael Würth

Auszugsweise Veröffentlichung nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.



Tabelle 1: Übersicht der Glasaufbauten

Variante	Aufbau von außen nach innen, Dickenangaben in mm	Dach- neigung
1	Laminat PV-Dünnschichtmodul 3,2 M20% 0,76 PVB 3,2 ESG	10°, 30°, 45°, 90°
2	Zweifachverglasung: 3,2 M20% 0,76 PVB 4 ESG 15 Ar low e-4 Float 1,14 PVB 4 Float	10°, 30°, 45°, 90°
3	Dreifachverglasung: 4 low iron 1,14 PVB 3,2 M20% 1,14 PVB 4 ESG 15 Ar 4 Float 15 Ar low e- 4 Float 1,14 PVB 4 Float	10°, 30°, 45°, 90°
4	5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 20% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float	30°, 90°
5	5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 40% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float	30°, 90°

M = PV-Dünnschicht-Modul, low-iron = Weißglas, Ar = Argon 90%



Tabelle 2: Übersicht der ermittelten strahlungstechnische Kennwerte

Verglasung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Aufbau	Glas-PV-Laminat	Zweifachverglasung	Dreifachverglasung	Zweifachverglasung	Zweifachverglasung
Kennwert	3,2 M20% 0,76 PVB 3,2 ESG	3,2 M20% 0,76 PVB 4 ESG 15 Ar low e- 4 Float 1,14 PVB 4 Float	4 low iron 1,14 PVB 3,2 M20% 1,14 PVB 4 ESG 15 Ar 4 Float 15 Ar low e- 4 Float 1,14 PVB 4 Float	5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 20% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float	5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 40% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float
Variable					
Lichttransmissionsgrad	T_{vis}	0,06	0,05	0,06	0,14
Solarer Transmissionsgrad	T_E	0,04	0,03	0,04	0,09
UV Transmissionsgrad	T_{uv}	0,00	0,00	0,00	0,00
Lichtreflexionsgrad außen	R_{vis}	0,04	0,04	0,04	0,05
Lichtreflexionsgrad innen	R_{vis}'	0,04	0,13	0,09	0,09
Solarer Reflexionsgrad außen	R_E	0,04	0,04	0,04	0,05
Solarer Reflexionsgrad innen	R_E'	0,04	0,07	0,07	0,07

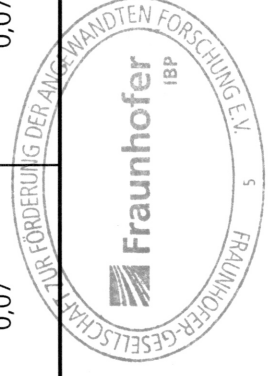


Tabelle 3: Übersicht der ermittelten wärmetechnischen Kennwerte

Verglasung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Aufbau	Glas-PV-Laminat	Zweifachverglasung	Dreifachverglasung	Zweifachverglasung	Zweifachverglasung
Kennwert Einbaulage	3,2 M20% 0,76 PVB 3,2 ESG	3,2 M20% 0,76 PVB 4 ESG 15 Ar low e- 4 Float 1,14 PVB 4 Float	4 low iron 1,14 PVB 3,2 M20% 1,14 PVB 4 ESG 15 Ar 4 Float 15 Ar low e- 4 Float 1,14 PVB 4 Float	5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 20% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float	5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 40% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float
Variable					
U-Wert 10°	6,2	2,0	1,4	*	*
g-Wert 10°	0,30	0,13	0,10	*	*
U-Wert 30°	6,0	1,9	1,3	1,9	1,9
g-Wert 30°	0,30	0,13	0,10	0,12	0,19
U-Wert 45°	5,9	1,8	1,3	*	*
g-Wert 45°	0,29	0,13	0,10	*	*
U-Wert 90°	5,6	1,5	1,1	1,5	1,5
g-Wert 90°	0,28	0,11	0,09	0,11	0,18

* = kein Kennwert ermittelt



Tabelle 4: Übersicht der berechneten mittleren stationären Modultemperaturen bei unterschiedlichen sommerlichen Randbedingungen und Einbaulage 90°

Verglasung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Aufbau	Glas-PV-Laminat 3,2 M20% 0,76 PVB 3,2 ESG	Zweifachverglasung 3,2 M20% 0,76 PVB 4 ESG 15 Ar low e- 4 Float 1,14 PVB 4 Float	Dreifachverglasung 4 low iron 1,14 PVB 3,2 M20% 1,14 PVB 4 ESG 15 Ar 4 Float 15 Ar low e- 4 Float 1,14 PVB 4 Float	Zweifachverglasung 5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 20% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float	Zweifachverglasung 5 low iron 1,52 PVB 3,2 M 40% 1,52 PVB 5 ESG 15 Ar low-e 4 Float 0,76 PVB 4 Float
Randbedingung	Variable				
ASHRAE Sommer					
32°C außen 780 W/m ² 24°C innen	52,6	62,7	65,4	*	*
EN 52022-3 Sommer					
25 °C außen 500 W/m ² 25 °C innen	45,6	54,3	56,4	*	*

* = kein Kennwert ermittelt



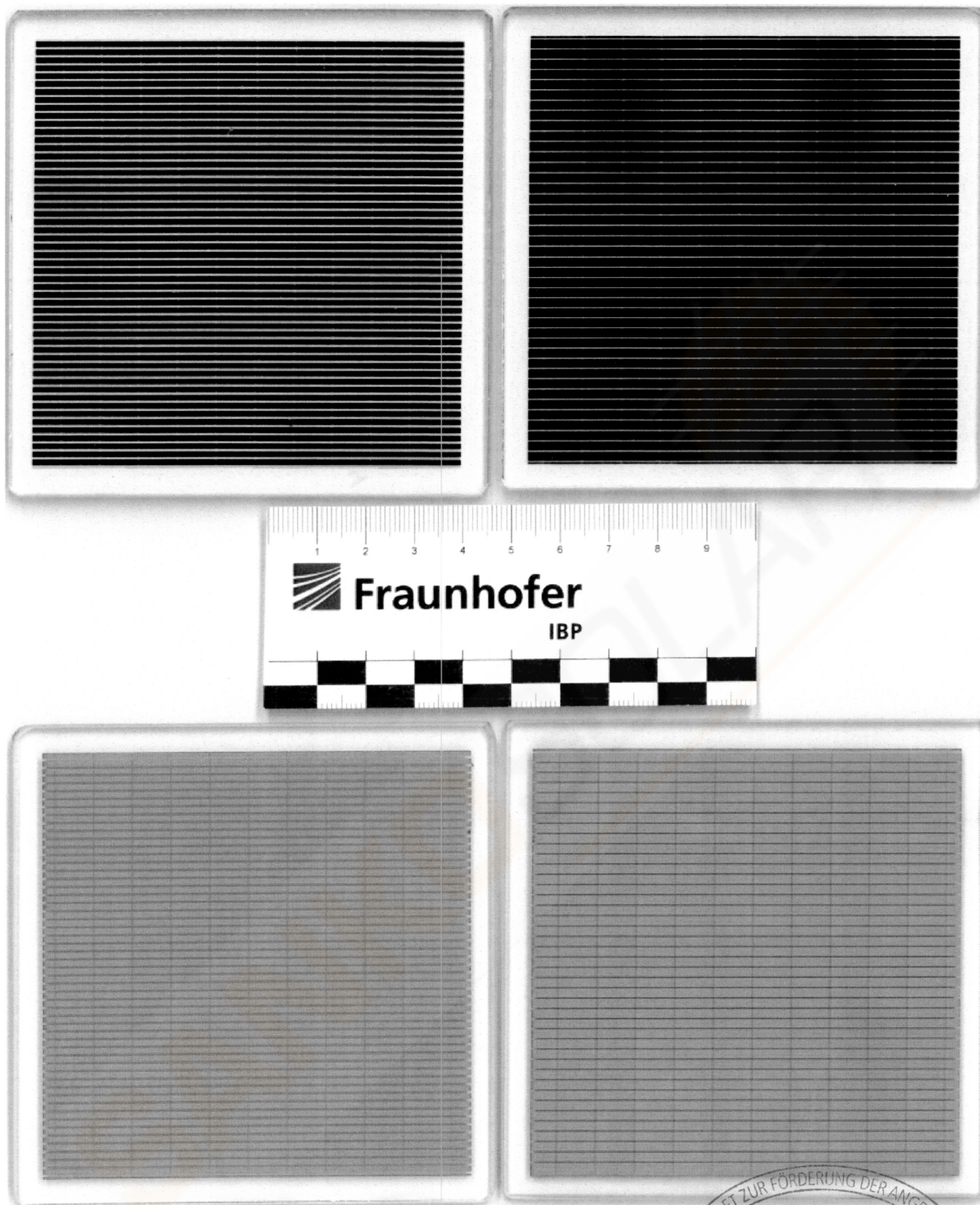


Bild 1: Aufsicht der Probekörper Nr 2 und 3.
Links 40 %, rechts 20 %
Oben Außenseite, unten Rückseite

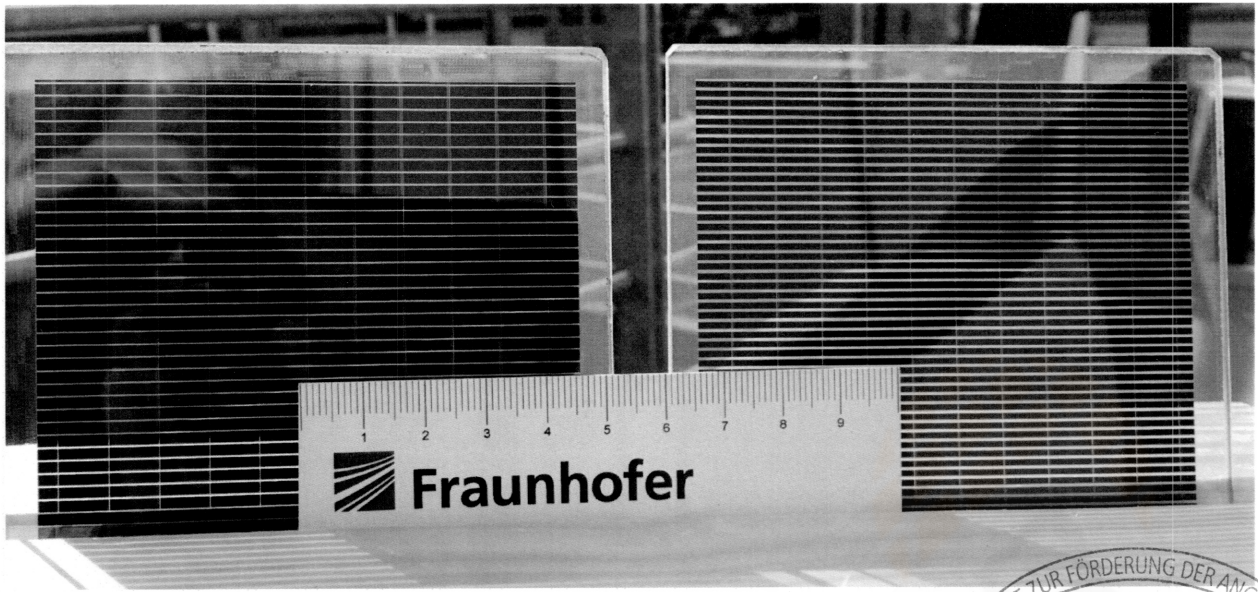
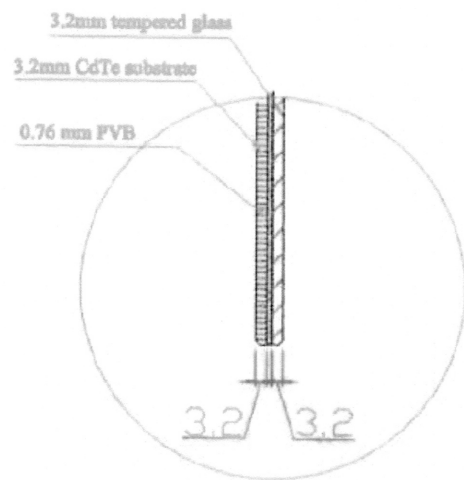
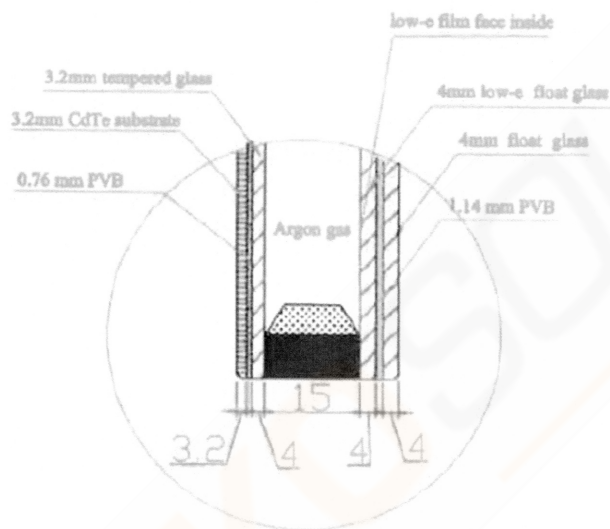


Bild 2: Aufnahme der Proben 2 und 3 bei Durchsicht. Links 20 %, rechts 40 %.

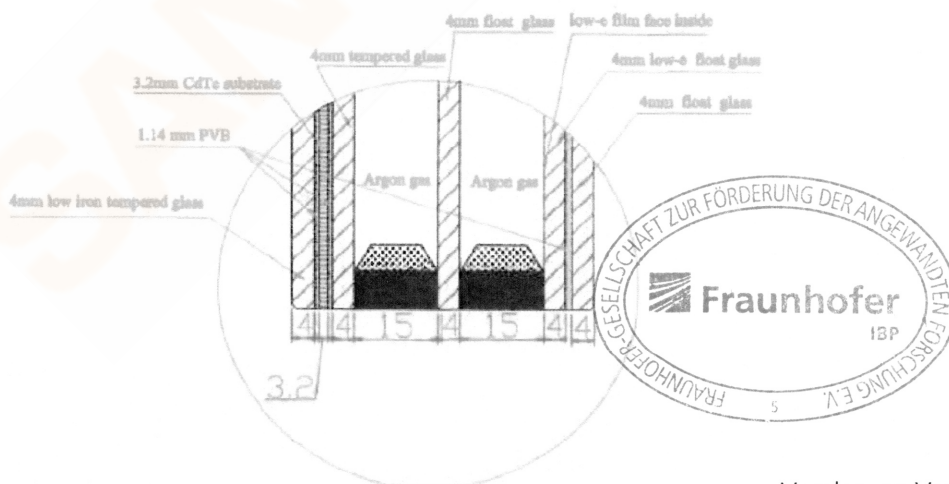




Verglasung Variante 1



Verglasung Variante 2



Verglasung Variante 3

Bild 3: Schnittzeichnungen der Glasvarianten 1 bis 3, Zeichnung des Auftraggebers.