



Am 25. April 2023 fand die 33. Sitzung des IAK "Forschung & Technologie" als Online-Event statt. Insgesamt 58 Teilnehmer informierten sich über die Bewertung des Lebenszyklus und Recyclingstrategien für Produkte aus und mit Flachglas.

#### 1. Christoph Seehauser (ift Rosenheim): Nachhaltigkeit in der Baubranche – Umweltprodukt-deklarationen (EPD) für Flachglasprodukte

Die Lebenszyklusanalyse (LCA) ist ein bewährtes, über die Norm ISO 10040 beschriebenes Verfahren, welches den Lebenszyklus eines Produktes innerhalb vorher definierter Grenzen beschreibt. Die Grenzen können beispielsweise Zeitbereiche sein oder geografische Grenzen. Das ermöglicht auch das vergleichende Betrachten von Produkten, insbesondere dann, wenn nur Werte bestimmte Phasen der Produktlebensdauer untersucht werden sollen oder können. Die vollständige Beschreibung des Lebenszyklus zur Erstellung einer Umweltproduktdeklaration (EPD) erfolgt nach EN 15804:2012+A2:2019. Der Kern der Lebenszyklusanalyse ist eine Sachbilanz, welche Inputströme und Outputströme der Herstellung eines Produktes erfasst. Dazu gehören beispielsweise Informationen über Vorprodukte und Koppelprodukte (Abfallprodukte des betrachteten Prozesses, die jedoch einen ökonomischen Wert haben). Dazu kommen in jedem Fall die Bewertung der Nachnutzungsphase und das Recyclingpotenzial. Zusätzlich kann das Nutzungsstadium berücksichtigt werden und im Fall von Gebäuden auch das Baustadium. Im Anschluss an die Sachbilanz wird eine Umweltwirkungsanalyse durchgeführt. Dabei werden u.a. die Auswirkungen auf den Klimawandel, die Verknappung von Ressourcen oder der verursachte Ozonabbau analysiert und bewertet. Vergleiche mit EPDs der Vorgängernorm sind nicht sinnvoll, da mehr Module berücksichtigt werden und Indikatoren teilweise nach anderen Berechnungsvorschriften ermittelt werden. EPDs, welche nach der alten Norm erstellt wurden, bleiben jedoch bis September 2027 gültig. Hilfestellung zur Ermittlung der Daten, der Sachbilanz sowie der Bewertung der Umweltwirkungen geben Produktkategorieregeln, z.B. die PCR-A-0.3:2018, welche die Regeln zur Berechnung der Ökobilanz enthält und PCR-B-FG-2.0:2012, welche Regeln zur Erstellung der EPD für spezifische Produktgruppen wie Verbundsicherheitsglas oder teilvorgespanntes Glas enthält. Für Glasprodukte findet auch EN 17074 Anwendung; hier werden Annahmen zur Verfügung gestellt, wenn keine Daten ermittelbar sind.

# Umweltproduktdeklaration (EPD)

Lebenszyklus nach EN 15804:2012+A2:2019

A1–A3 + C1–C4 + D Pflichtmodule (Herstellungs- und Nachnutzungsphase)

A4-A5 + B1-B7 optionale Module (Bau- und Nutzungsphase)

Herstellungsphase			Baustadium		Nutzungsstadium							Nachnutzungsstadium				Recyclingpotential		
Rohstoffgewinnung	Transport	Herstellung	Transport	Einbau/Installation	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung/Reparatur	Ersatz	Aufbereitung/Reinigung/Sanierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau	Transport	Wiederverwertung/Recycling	Entsorgung/Endlagerung	Wiederverwendung/Wiederaufbereitung/Recyclingpotential	Wiederverwendung/Wiederaufbereitung/Recyclingpotential	Wiederverwendung/Wiederaufbereitung/Recyclingpotential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		

M.Sc., Christoph Seehauser | IAK „Forschung & Technologie“

© ift Rosenheim

Bild 1: Module der Umweltproduktdeklaration (Bildquelle: Vortrag Hr. Seehauser)

## PCR Flachglas im Bauwesen

Produktgruppe: Flachglas  
 Deklarationsnummer: PCR-FG-2.0 : 2021  
 Datum der Freigabe: 01.10.2021  
 Nächste Revision: 01.10.2026



### Inhalt

1	Vorbemerkung .....	3
2	Produktkategorieregeln .....	3
2.1	Inhalt .....	3
2.2	Prüfung, Validierung und Freigabe der PCR .....	3
3	Allgemeine Produktinformationen .....	4
3.1	Produktbeschreibung/Produktdefinition .....	4
3.2	Geltungsbereich .....	5
3.3	Anwendung .....	5
3.4	Gütesicherung und Managementsysteme (optional) .....	6
3.5	Technische Daten/Leistung des Produktes .....	7
4	Grundstoffe .....	8
4.1	Angabe zu besonders besorgniserregenden Stoffen (SVHC) gemäß PCR-Teil A8 .....	8
4.2	Zusätzliche Informationen .....	8
5	Ökobilanz .....	9
5.1	Funktionale Einheit .....	9
5.2	Deklarierte Einheit .....	9
5.3	Geografische und zeitliche Systemgrenzen .....	9
5.4	Untersuchungsrahmen Systemgrenzen .....	10
5.5	Referenz-Nutzungsdauer (RSL) .....	10
5.6	Angaben zum Produktlebenszyklus .....	11
6	Literatur .....	12

Bild 2: Beispiel des Inhalts einer Produktkategorieregel des ift (Bildquelle: PCR-FG-2.0:2012)

Flachglasprodukte sind übliche Teile von Gebäuden und damit auch ein Bestandteil für die Gebäudezertifizierung. Die Zertifizierungssysteme in Deutschland (BNB und DGNB), aber auch der USA (LEED) und Großbritannien (BREEAM), fordern dabei Daten aus der EPD. Viele Länder verwenden dabei gleiche Zertifizierungssysteme oder erkennen sie an. Damit sollen zukünftige Gebäude wertvoller für Mensch und Umwelt werden.

## 2. Dr. Markus Schoisswohl (HEGLA New Technology GmbH & Co. KG): Softstart zur Flachglas-Wiederverwendung mit IG2Pieces

Nicht nur die direkten menschengemachten CO<sub>2</sub>-Emissionen belasten unsere Umwelt, sondern ebenso die Emissionen, die als Folge des vom Menschen negativ beeinflussten Klimawandels entstehen, z.B. durch größere, stärkere und häufigere Waldbrände. Ursachen dafür finden sich auf dem ganzen Planeten und auch die Auswirkungen sind global. Daher muss sich jeder persönlich und jede Industrie die Fragen stellen: Wofür bin ich verantwortlich und was kann ich tun, um meinen negativen Einfluss zu vermeiden. Aktuell hinken die tatsächlichen industriellen Emissionen den politischen Forderungen zu etwa 30 % hinterher. Die industrielle Logik muss sich ändern, auch für die Flachglasindustrie, so wie die Autoindustrie zukünftig nicht nur Autos produziert, sondern in erster Linie Mobilität garantiert.

### The dependence of risk associated with the Reasons for Concern on the level of climate change

Updated by expert elicitation and reflecting new literature and scientific evidence since AR5 and SR15

(a) Global surface temperature change  
Increase relative to the period 1850–1900

(b) Reasons for Concern (RFC)  
Impact and risk assessments assuming low to no adaptation

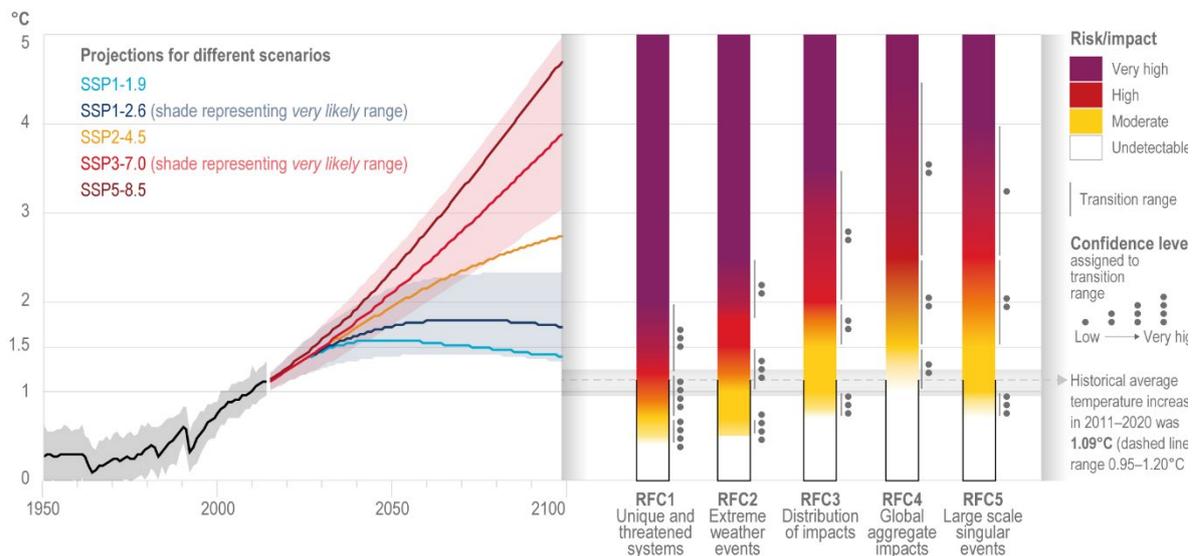


Bild 3: Abhängigkeit des Risikos im Zusammenhang mit den Reasons for Concern (RFCs) vom Ausmaß des Klimawandels [Bildquelle: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Seite 2486]

Für die meisten Isoliergläser liegt das hier vorgestellte GWP (Global Warming Potential) zwischen 1,3 und 2 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Das soll reduziert werden. Dazu muss natürlich betrach-

tet werden, wieviel Flachglas nach der ursprünglichen Nutzung wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt wird, und das ist aktuell wenig. Viel Glasmaterial bleibt im Bauschutt und findet sich am Ende beispielsweise im Füllmaterial für den Straßenbau wieder oder eventuell sogar auf der Deponie. Wenn man sich das zukünftig nicht mehr leisten möchte, kann das Glas über die Abfallaufbereitung wieder als Scherben der Glasschmelze zugeführt werden. Dadurch wird der Rohstoffeinsatz reduziert und weniger CO<sub>2</sub> pro kg Glas erzeugt. Allerdings kommt dabei CO<sub>2</sub> durch den Transport der Gläser bzw. Scherben sowie das durch den Energieverbrauch der Zerkleinerungsmaschinen erzeugte CO<sub>2</sub> wieder hinzu. Es ist daher notwendig, sich über alternative Wege Gedanken zu machen. Ein Gedanke dazu ist, das Glas nicht den wenigen Schmelzöfen wieder zuzufügen, sondern die Glas enthaltenen Elemente dezentral zu zerlegen und etwas Neues daraus zu machen. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung kann damit deutlich erhöht werden. Natürlich sind die dabei entstehenden Glasformate kleiner, aber auch für diese gibt es einen Bedarf. Gleichzeitig muss das neue Produkt bezüglich des Einsatzzwecks nicht dem alten Produkt 1:1 entsprechen. Dazu wird mehr benötigt als eine Maschine, es muss ein kompletter Prozess erarbeitet werden. Zu diesem gehören neben der Auftrennung von Isolierglaseinheiten auch Delamination oder Entschichten. Der vorgestellte Prozess kann als Parallelprozess verstanden werden, der einen Teil der Glas(neu)produktion ersetzt. Anwendbar ist der Prozess direkt im Bereich der Isolierglasproduktion zur Reparatur neu erzeugter, aber fehlerhafter IG-Einheiten, aber auch im Bereich Recycling. HEGLA hat für hierfür eine Maschine entwickelt, die dem Projektpartner AGC ausgebaute Scheiben zur weiteren Verwendung zur Verfügung stellt. Die Maschine schneidet rund um die Kanten der Isolierglaseinheit, so dass die Form und Größe der ausgeschnittenen Scheibe dem Original entsprechen. Gleichzeitig kann in der Folge natürlich beschichtetes Glas von unbeschichtetem Glas getrennt und separat weiterverarbeitet werden. Eine Maschine ist in Belgien im Einsatz, die industriellen Tests gehen aber weiter. Es wurden auch Untersuchungen an den ausgebauten Gläsern durchgeführt, Ergebnisse dazu werden auf der GPD 2023 von AGC präsentiert.

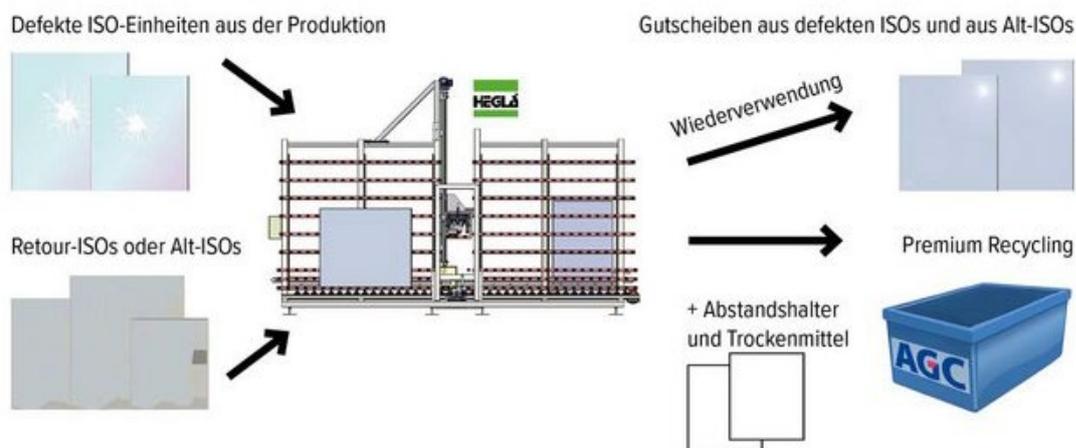


Bild 4: Aufgabenstellung von IG2Pieces [Bildquelle: Pressemitteilung HEGLA „Wie man Mehrwert aus defekten und „End of Life“ ISOs gewinnt, 1.12.2022]

### 3. Dr. Tudor Dobra (Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie): Recycling von PV-Modulen: Forschungsprojekt "PVRe<sup>2</sup> - Sustainable Photovoltaics"

Auch wenn PV-Module nun seit vielen Jahren im Einsatz sind, wird weiter an deren Optimierung gearbeitet, beispielsweise um die Effizienz zu erhöhen, die Lebensdauer zu verlängern oder Recyclingstrategien und Design der Module aneinander anzupassen. Das Forschungsprojekt PVRe<sup>2</sup> widmete sich genau diesen Themen, insbesondere für Module mit kristallinem Silicium, da diese einen besonders hohen Marktanteil haben. Da die aktuell publizierten Statistiken zu den Abfallmengen aus PV-Modulen eher zu niedrige Werte ausweisen und der Ausbau der erneuerbaren Energien zu einem weiteren signifikanten Anstieg der installierten PV-Module führen soll, sind in der Zukunft deutlich größere Abfallmengen aus diesem Bereich zu erwarten.

#### Stand der Technik: Recycling

- ❖ **Gesamtes Modul wird derzeit geschreddert**
- ❖ **Zusammensetzung bezogen auf das einzelne Modul wird nicht erfaßt/ist nicht bekannt**
  - Mögliche Anwesenheit von gefährlichen Substanzen wird nicht berücksichtigt

#### Recycling und Wiederverwertung

- ❖ **Entwicklung von Werkzeugen für (I) die automatische Identifikation der verarbeiteten Materialien und (II) den elektrischen Output der alten PV-Module**
  - Entsorgte Module haben oftmals noch nicht ihr Lebensende erreicht
- ❖ **Schichtweise Auftrennung der PV-Module**
  - Auftrennung von EVA, Metall/Halbleiter und Fluorpolymer
  - Aufkonzentrierung von schädlichen Stoffen (Pb - Schlamm) Fluor (Backsheet)
  - Funktionstüchtige Komponenten für den Einsatz in PV-Modulen (Re-use – z.B. Glasplatten)

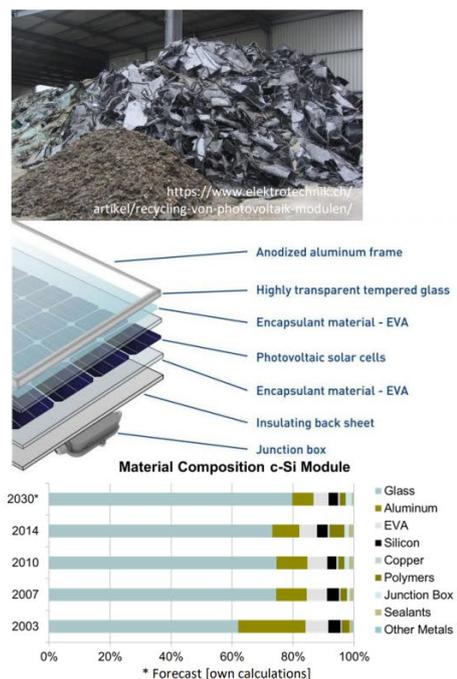


Bild 5: Vorgaben und Zielsetzung des Projektes (Bildquelle: Vortrag Photovoltaik Abfall der Zukunft - Rohstoff der Zukunft, VOEB – Wien, DI Dr. Hannes Menapace, DI Dr. Gernot Oreski,)

Aktuell gibt es in industriellem Maßstab keine speziellen Aufbereitungsanlagen für PV-Module, die Prozesse sind angelehnt an die Aufbereitung von Flachglas. Die Auftrennung der laminierten Schichten und die Abtrennung des Einkapselungsmaterials sind dabei große Herausforderungen. Die Schichten sind zwischen 200 und 400 µm dick und sind damit im herkömmlichen Recyclingprozess schwer separierbar. So werden die Verbünde nach der Abtrennung des Rahmens üblicherweise geschreddert und die dabei entstehenden Verbundscherben weiterer mechanischer Aufbereitung zugeführt, um das Glas möglichst gut von den anhaftenden Modulresten zu trennen. Die Qualität der dabei entstehenden Scherben reicht jedoch nicht aus, sie der Flachglasherstellung wieder zuzuführen. Die rechtlichen Vorgaben zum Recycling von PV-Modulen (85 % Masse des Materials sind gefordert) werden dabei jedoch in der Regel ausreichend erfüllt, da der Rahmen mit ca. 15 % zu Buche schlägt und das Glas mit etwa 70 %. Problematisch ist jedoch, dass nicht alle Komponenten

zurückgewonnen werden. So hat man im Projekt verschiedene Verfahren untersucht, welche die einzelnen Schichten abtragen und in einen Materialkreislauf zurückführen sollen. Dazu wurden Fräsen, Wasserstrahlschneiden oder Dünnschichtsägen untersucht. Je nach Verfahren ist es dabei wichtig, vorher die Schichtdicke zu kennen oder zu wissen, wie die verwendete Anlagentechnik dabei mit eventuellem Glasbruch umgehen kann. Andere Projekte untersuchen die thermische Trennung der Schichten, was unter anderem auch weitere Herausforderungen bezüglich der Abgaszusammensetzung mit sich bringt.

## Recyclingoptions für PV-Module

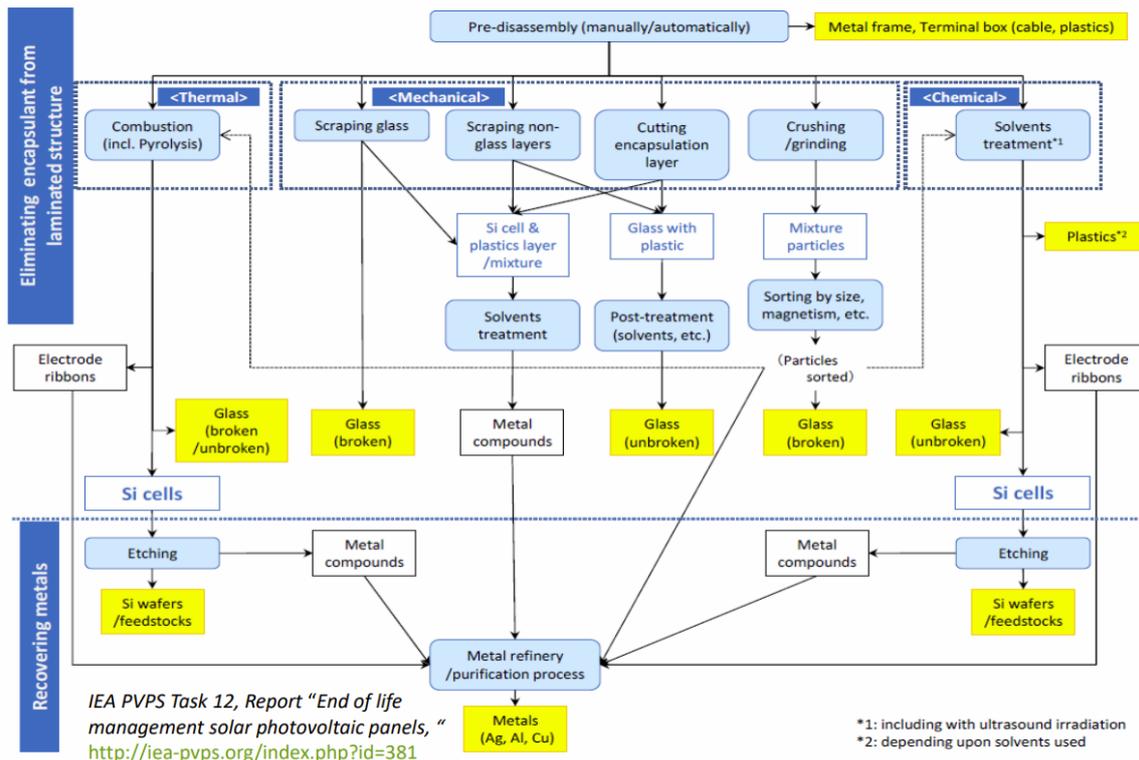


Bild 6: Recyclingoptionen für PV-Module (Bildquelle: Tudor Dobra in Vortrag Photovoltaik Abfall der Zukunft - Rohstoff der Zukunft, VOEB – Wien, DI Dr. Hannes Menapace, DI Dr. Gernot Oreski,)

Die Untersuchungen zum Moduldesign beinhalteten den Ersatz der Spezialkunststoffe durch Massenkunststoffe und warfen einen Blick auf die Verwendung antimonfreier Gläser. Leider führten die dort entwickelten Aufbauten zu keiner wesentlichen Verbesserung in den Modulen A1 bis A3 der Lebenszyklusanalyse (LCA) der PV-Module, da dieser Bereich durch die Prozesse rund um das Lithium aus der Zellproduktion dominiert wird. Gleichzeitig ist es natürlich so, dass mit einer Änderung der Degradation und der Lebensdauer das Global Warming Potential (GWP) reduziert wird. Die Optionen für C1 bis C4 (End of Life der Lebenszyklusanalyse) ändern leider am Gesamtergebnis ebenso wenig. Da aber nicht nur GWP ein wichtiges Thema ist, sondern auch Ressourcenverfügbarkeit, ist eine semi-quantitative Bewertung des EoL zusätzlich zur LCA erfolgt. Diese schaut spezifisch auf die zurückgewonnenen Schichten und deren mögliche Wege eines weiteren Einsatzes. Für das Glas aus PV-

Modulen bedeutet dies, dass nur ein Closed Loop eine deutliche Verbesserung der Bewertung ermöglicht. Im Gesamtergebnis werden nur spezifischere Recyclingprozesse zu einer höheren Wiederverwendungsrate von Materialien aus PV-Modulen führen.

Wir möchten uns nochmals bei allen Referenten und Gästen für die Vorträge und Diskussionen bedanken.

Die **nächste Sitzung** des IAK Forschung und Technologie findet am **13. und 14. November** als **Live-Event in Frankfurt** statt. Die Veranstaltung widmet sich dem Thema **Innovationsmanagement**.

Gesine Bergmann  
Frankfurt, 16.5.2023