

# Schlussbericht vom 23.02.2024

---

zu IGF-Vorhaben Nr. 21708 BR

## Thema

Untersuchung des Materialverhaltens von ultradünnem flexiblen Glas im Schichtverbund

## Berichtszeitraum

01.03.2021 bis 31.08.2023

## Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft  
Dünne Schichten e.V. - EFDS  
Gostritzer Straße 63  
01217 Dresden

## Forschungseinrichtung(en)

1. Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP
2. Fraunhofer-Institut für für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Gefördert durch:

## Inhaltsverzeichnis

1. Forschungsthema.....	3
2. Forschungsziel .....	3
3. Forschungsergebnisse .....	3
3.1. AP 1: Auswahl verschiedener ultradünner flexibler Gläser und mechanische Charakterisierung des Ausgangszustandes .....	3
3.1.1. Methoden .....	4
3.1.2. Ergebnisse .....	5
3.2. AP 2: Auswahl geeigneter Trennverfahren und Vereinzelung unbeschichteter UTG ....	7
3.2.1. Schneidverfahren .....	7
3.3. AP 3: Korrelation und Bewertung des Einflusses von Trennprozessen auf die mechanischen Festigkeiten und das Ermüdungsverhalten unbeschichteter UTG.....	9
3.4. AP 4: Untersuchungen zur Beschichtung von UTG mit Einzel- und Mehrschichten .....	18
3.5. AP5: Vereinzelung der beschichteten UTG .....	21
3.6. AP 6: Korrelation und Bewertung der Prozessparameter von Trenn- und Beschichtungsschritten mit den mechanischen Eigenschaften und dem Ermüdungsverhalten der beschichteten UTG .....	21
3.7. AP 7: Herstellung eines Demonstratorschichtsystems, Zusammenfassung der Ergebnisse und Entwicklung eines Szenarios zur wirtschaftlichen Umsetzung der Projektergebnisse .....	32
4. Erreichung der Projektziele .....	35
5. Wissenschaft-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der erzielten Ergebnisse .....	36
6. Verwendung der Zuwendung .....	37
7. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	37
8. Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft .....	37
9. Literatur .....	39

## 1. Forschungsthema

Untersuchung des Materialverhaltens von ultradünnem, flexiblem Glas (UTG) im Schichtverbund (CUSTOM).

## 2. Forschungsziel

Im Rahmen des Projekts „CUSTOM“ wurden die Auswirkungen einer prozessnahen Verarbeitung von UTG auf die mechanischen Eigenschaften von funktionalisierten Gläsern untersucht. Daraus sollten Schlussfolgerungen für eine Übertragung auf industrielle Anwendungen gezogen werden. Die Ergebnisse des Projektes sind nach Abschluss in ein, auf UTG beschichtetes und optimiertes, Demonstrator-Schichtsystem übertragen worden.

Konkrete Erkenntnisse als Basis für eine zuverlässige Verarbeitung von UTG beziehen sich auf:

- Materialeigenschaften von UTG im Allgemeinen,
- Einflüsse der Beschichtungsparameter sowie von weiteren Verarbeitungsschritten in der Prozesskette (Trennverfahren, Substrathandling) auf die mechanischen Eigenschaften des erzeugten UTG-Schichtverbundes,
- Charakterisierungsmethoden (Standardisierung, Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit, Schnelltests, Ermüdungsversuche).

## 3. Forschungsergebnisse

### 3.1. AP 1: Auswahl verschiedener ultradünner flexibler Gläser und mechanische Charakterisierung des Ausgangszustandes

*Die Auswahl geeigneter Gläser wurden von beiden Forschungsstellen gemeinsam getroffen. Die Ausgangscharakterisierung der Gläser wurde durch das Fraunhofer IMWS durchgeführt.*

Für die Untersuchungen der mechanischen Festigkeiten wurden verschiedene kommerziell verfügbare und gebräuchliche Glassorten ausgewählt. Diese wurden von den jeweiligen Herstellern mit den jeweiligen Standard-Trennverfahren auf die für die Tests notwendigen Größen zugeschnitten.

Folgende ultradünne flexible Gläser (ultra-thin glass...UTG) wurden im Arbeitspaket 1 (AP 1) ausgewählt:

- SCHOTT AF32 eco (100 µm und 50 µm)
- SCHOTT D263T eco (100 µm)
- NEG G-Leaf (100 µm)
- Corning Willow (100 µm)

## 4. Erreichung der Projektziele

Im Antrag genannte Projektziele	Zielerreichung
<p>Stärkung der Akzeptanz von Dünnglas als alternatives Substratmaterial für Kunststofffolien und Dickgläser</p>	<p>Erreicht</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Validierung eines geeigneten Trennverfahrens führt zu höherer Zuverlässigkeit und steigert damit die Akzeptanz ultra-dünner Gläser</li> <li>- Grenzen des Materials können besser bewertet werden und dadurch Risiken bei Produktinnovationen verringert werden</li> </ul>
<p>Verringerung der Ausschussquote bei der Verarbeitung von Dünnglas</p>	<p>Erreicht</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewinnung neuer Erkenntnisse zur Pilotverarbeitung am Fraunhofer FEP, Ausschussquote &lt;10 % erreicht</li> <li>- Ermittlung geeigneter Trennparameter beim Schneiden mittels Diamantklinge, Ausschussquote &lt;10 % erreicht</li> </ul>
<p>Erschließung und Bewertung weiterer Einsatzmöglichkeiten des Materials</p>	<p>Erreicht</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diskussion möglicher Anwendungen sowie dafür nötiger weiterführender Untersuchungen im Rahmen der PbA-Treffen</li> <li>- Einschränkung der Zielmärkte auf Nischen- und Spezialanwendungen, z.B. Sensorik und Space</li> </ul>

## **5. Wissenschaft-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der erzielten Ergebnisse**

Die Festigkeit bzw. das sprödbrechende Verhalten von ultra-dünnem Glas ist einer der wesentlichen Faktoren, die die umfassende Nutzung dieses innovativen Substratmaterials bisher behindern. Hersteller, die in der Lage sind, die Gläser zuverlässig zu verarbeiten, sind größtenteils im asiatischen Raum verwurzelt und halten ihr Wissen bisher geheim. Die umfassende Veröffentlichung der im Rahmen dieses Projekts erzielten Ergebnisse ebnet deshalb den Weg für die Nutzung von ultra-dünnem Glas insbesondere für KMU, die keine Vorlaufforschung im großen Stil betreiben können. Adressiert werden dabei vorrangig Hersteller von Spezial- und Nischenprodukten, die am Standort Deutschland gefertigt werden können.

Die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses können die Projektergebnisse vielfältig nutzen. Targethersteller und Glaslieferanten haben im Rahmen des Projekts von der umfassenden Nutzung bzw. Untersuchung ihrer Produkte profitiert. Die Schneiddienstleister können die Eignung ihrer Verfahren und die erzielten Kantenfestigkeiten bewerten, insbesondere im Vergleich zu anderen im Rahmen des Projekts untersuchten Verfahren. Hersteller von Prüftechnik profitieren von der umfassenden Untersuchung und Anwendung ihrer Geräte. Außerdem wird durch die Publikation von Ergebnissen die Bekanntheit und damit möglicherweise die Akzeptanz in der Industrie erhöht. Dadurch könnte auch eine spätere Standardisierung der Verfahren erleichtert werden. Potentielle Endanwender haben durch das Projekt wichtige Einblicke in die Chancen und Herausforderungen bei der Verarbeitung von ultra-dünnen Gläsern erhalten. Das erleichtert die Abschätzung der Anwendbarkeit ultra-dünner Gläser für spezifische Produkte.

Im Rahmen des Projekts wurde erstmalig das Ermüdungsverhalten ultra-dünner Gläser untersucht und ausführlich publiziert. Das Ermüdungsverhalten von Gläsern ist ein sehr wenig erforschtes Gebiet, gewinnt aber bei ultra-dünnem Glas aufgrund von dessen Deformierbarkeit an Bedeutung. Der wissenschaftliche wie wirtschaftliche Nutzen der Untersuchungen ist deswegen groß. Im Rahmen weiterführender wissenschaftlicher Arbeiten können die hier erzielten Ergebnisse mit bekanntem Wissen über dickes Glas verglichen werden und ggf. Erkenntnisse über das Verhalten dicker Gläser auf ultra-dünne Gläser übertragen werden.