



**Advanced global encapsulation solutions
for long term stability in industrial flexible
 $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ photovoltaic technology**

Andreas Zimmermann
Sunplugged GmbH

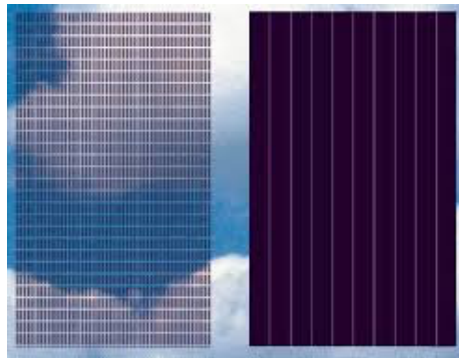


Photovoltaik: Silizium und viele neue Hoffnungsträger.

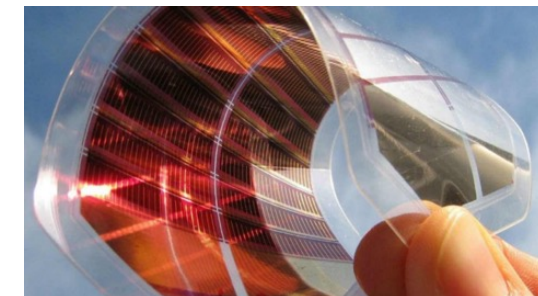
Kristalline Si- Solarzellen



Dünnschichtsolarzellen



Farbstoffzellen, Organische Solarzellen, CZTS, Perovskite...



Dünnschicht PV: Ein Bruchteil des menschlichen Haars.

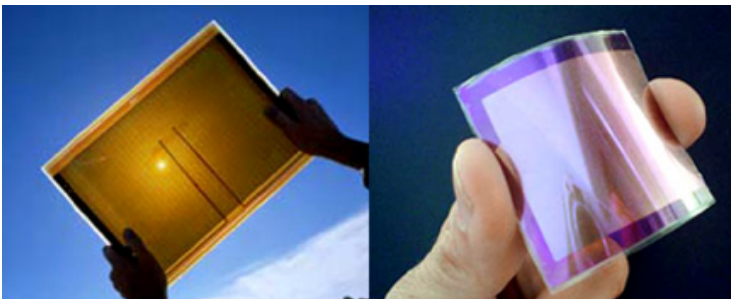
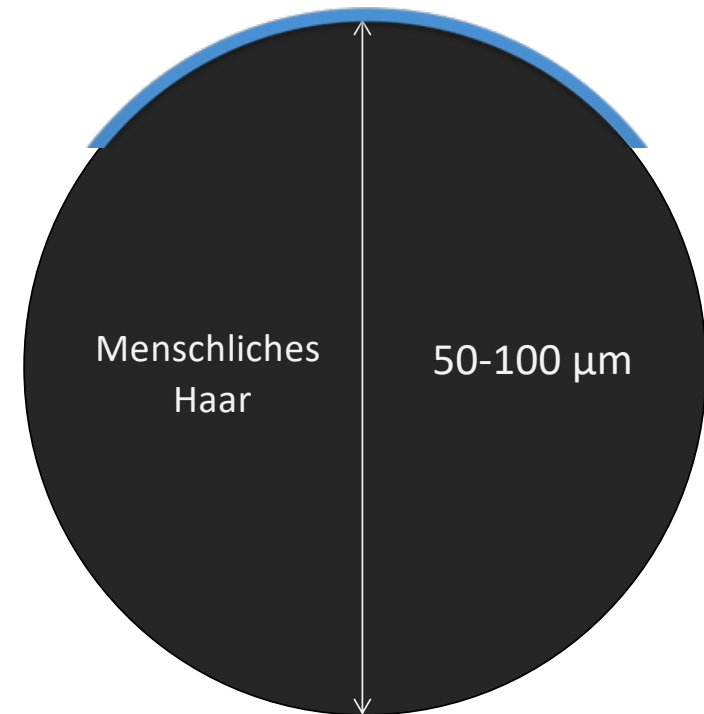
Großflächiger Auftrag von dünnen Schichten auf Substrat (z.B. Glasplatten, Folien)

Geringer Energie- und Materialaufwand

Verschiedene serielle Verschaltungsmöglichkeiten

Produkteigenschaften wie Semitransparenz, Flexibilität

Amorphes Silizium, Cadmiumtellurid, CIGS



CIGS Ein vielversprechendes Material.

Copper,**I**ndium,(**G**allium),**S**elen

Verbindungshalbleiter mit guter Absorption

Sehr hohes Wirkungsgradpotenzial (Weltrekord >23,3%)

Gute Energieerträge (Schwachlicht, Temperaturabhängigkeit)

Stabiles Material

Abscheidung auf eine Vielzahl von Substraten möglich

Frontkontakt
Pufferschicht

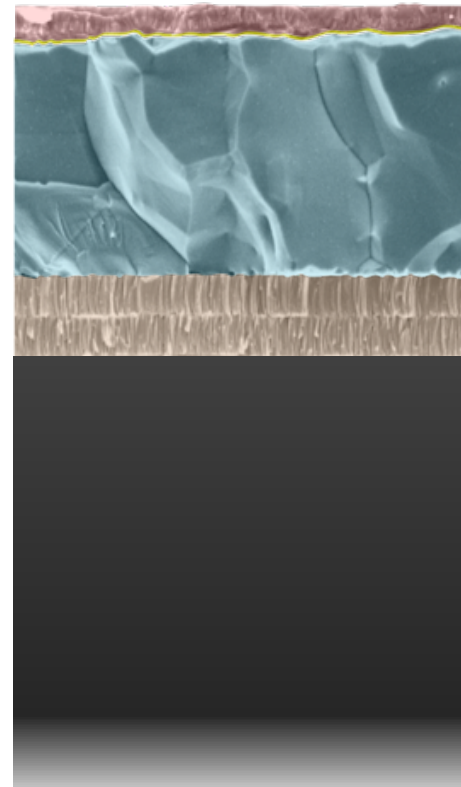
CIGS

1-2.5 µm

Rückkontakt

Substrat

Glas,
Metalle,
Polymere

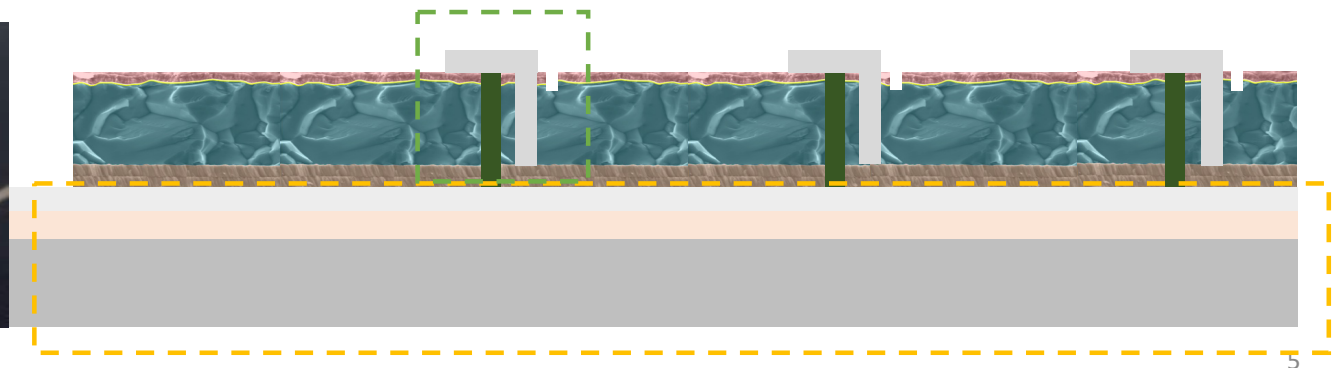
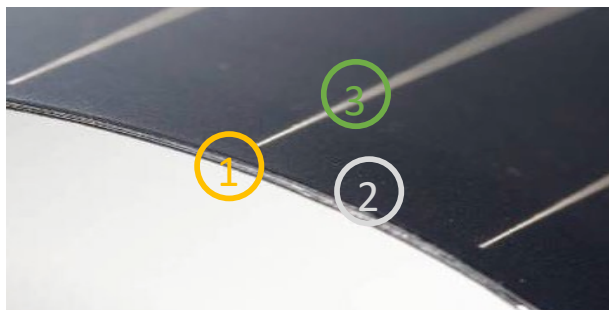


Sunplugged Ein vielversprechendes Material.

Entwicklung einer neuen Solarzelle für die Geräte-und
Gebäudeintegration

Derzeit arbeiten 9 Mitarbeiter (Physiker, Ingenieure) an der
Hochskalierung und Optimierung der Technologien
Geschäftsidee ist die Produktion von kundenindividuell
hergestellten Photovoltaikfolien

Drei Säulen: CIGS- Solarzelle, Gedruckte Verschaltung, Substrat

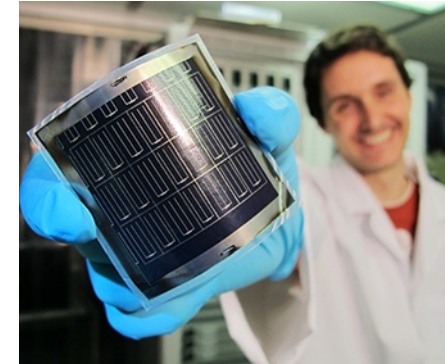


Flexible CIGS Zellen: Auf Kunststoff oder Metall

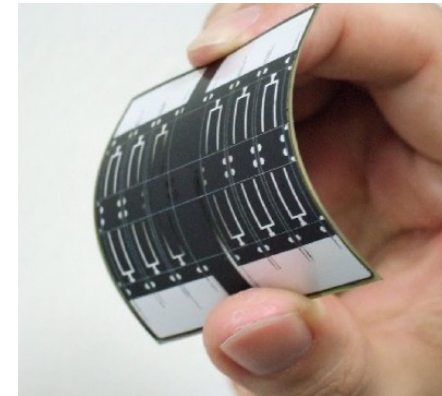
CIGS auf Kunststoff



CIGS auf
Stahlfolien



Quelle: Empa



Quelle: Korea Advanced Institute
of Science and Technology

Flexible CIGS Zellen: Herausforderungen

Hochskalierung von Lab zu Fab ist sehr anspruchsvoll (Rolle-zu-Rolleprozesse)

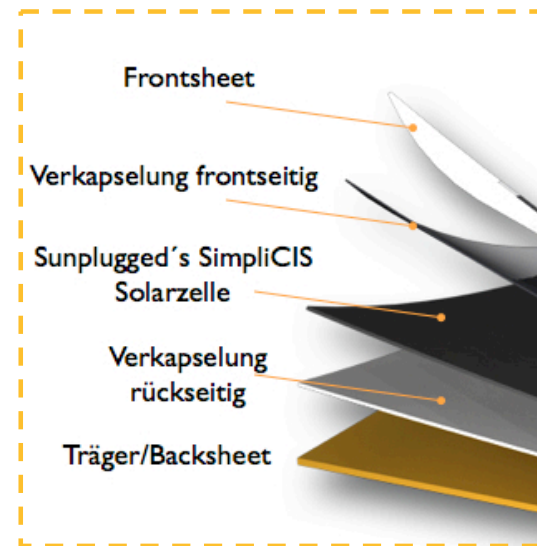
Wirklich hohe Wirkungsgrade derzeit noch mit einem nasschemischen „Zwischenprozess“, (teuer, Schwermetall)

Kostenvorgaben von asiatischen Gigafactories

Wetterfeste und dauerhafte „Verpackung“ ist sehr teuer (>50 Euro/qm)!



Folienriss in Sunplugged's Rolle-zu-Rolle CIGS Maschine



Die Projektziele.



Im DURACIS-Projekt werden

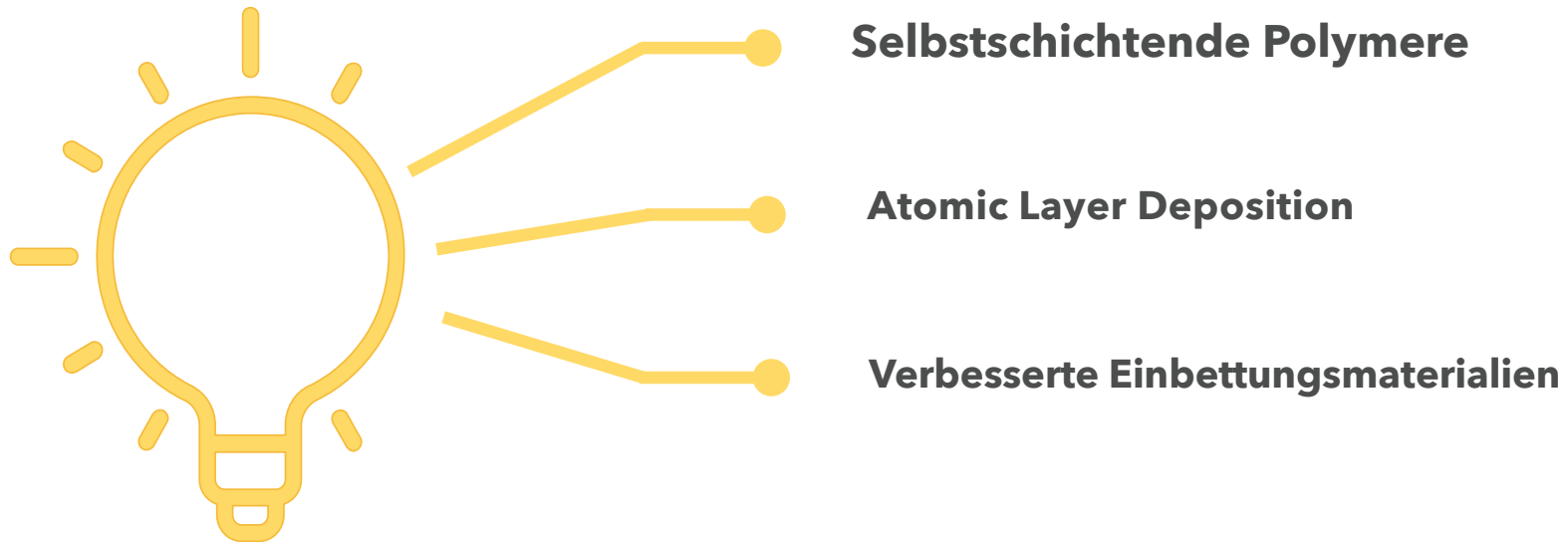
- neue Verpackungskonzepte und Materialien entwickelt
- kompatibel mit industriellen CIGS Pilotproduktionslinien
- signifikante Verlängerung der Lebensdauer
- deutlich reduzierte Kosten.

Zielwerte

- Materialkosten für Verkapselung unter 15 €/m²
- Haltbarkeit > 25 Jahre für flexible CIGS-Solarmodule

Drei Lösungsansätze.

Transfer von Konzepten und Materialien für organische Halbleiter zu Cl(G)S Solarzellen



DuraCIS Die Projektpartner.

Spanien



Barriere-
Materialentwicklung

Frankreich



Barriere-
Materialentwicklung



Belgien



CIGS Solarzellen
auf Stahl



Deutschland



CIGS Solarzellen
auf Stahl

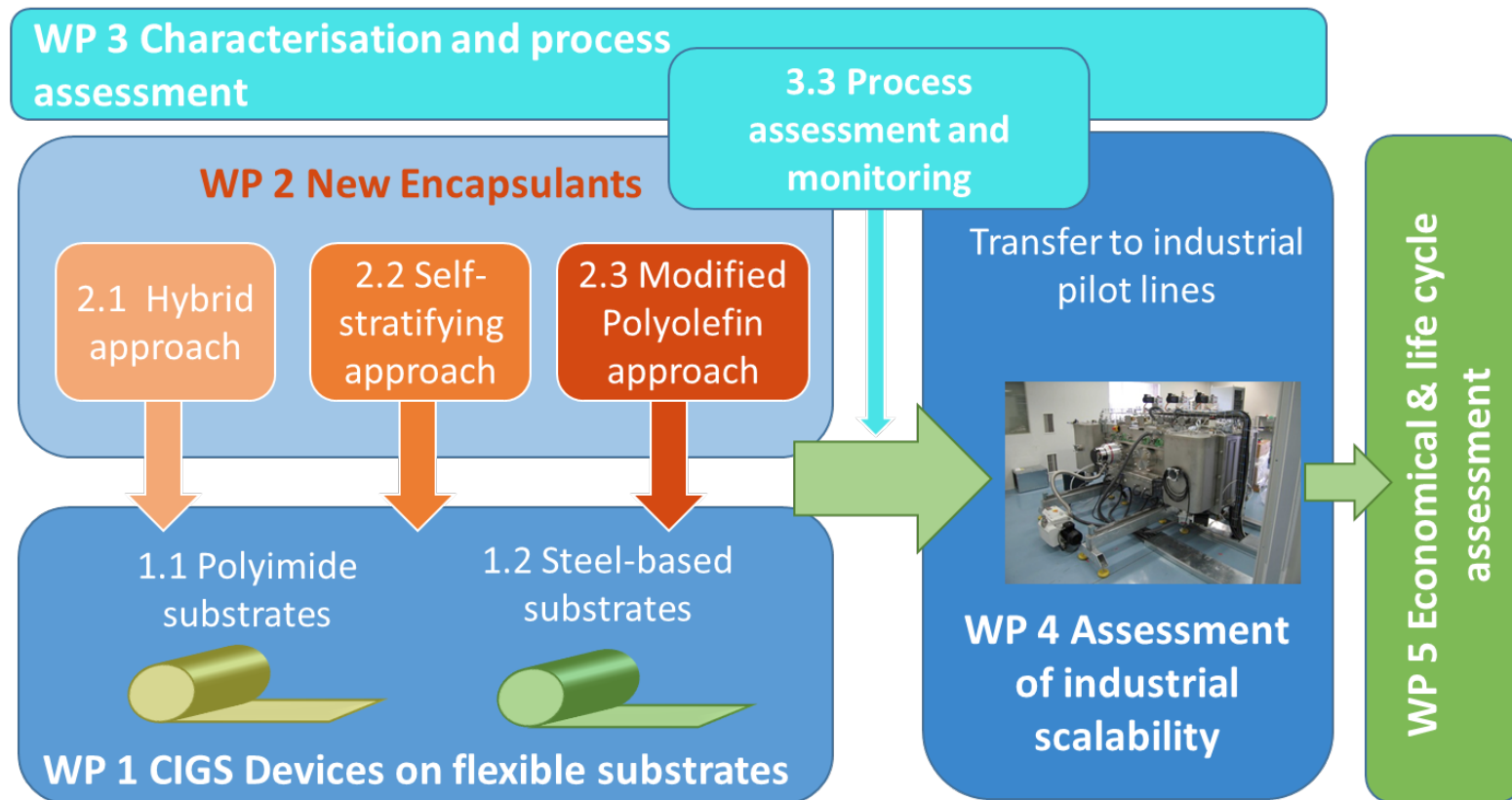
Österreich



CIGS Solarzellen
auf Polyimid



Barriere-
Materialentwicklung

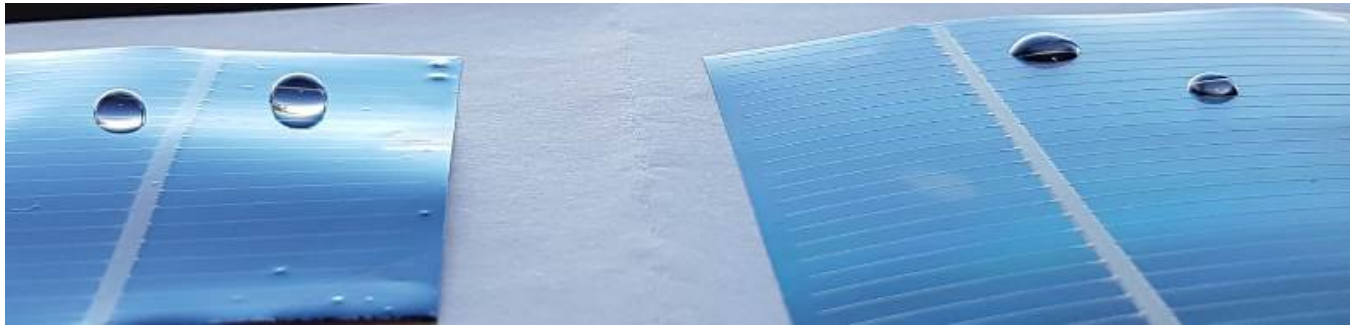


Interrelationship between technical WPs in DURACIS

Route 1: Selbstschichtende Polymere.

LB-37 60%

Without coating



CCR-30 30%

Without coating



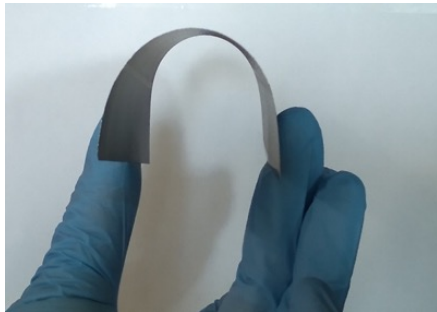
Idee:

Bestehende Materialien des spanischen Partners, so zu modifizieren, daß gute Barriere gegenüber Wassereintritt entsteht

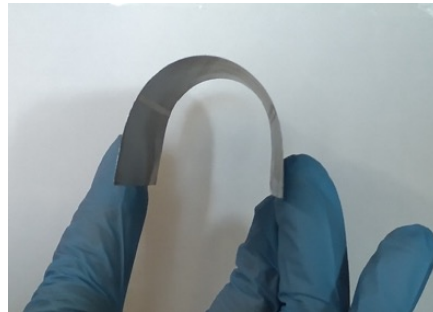
Direkte Anwendung auf Solarzelle (vor eigentlichen Verpackung)

Route 1: Selbstschichtende Polymere.

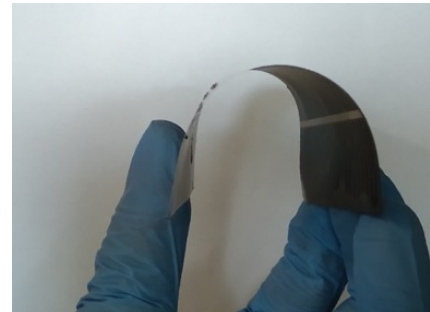
Ohne Beschichtung



LB-37 15%



LB-37 60%



Sehr gute Biegsbarkeit/Flexibilität

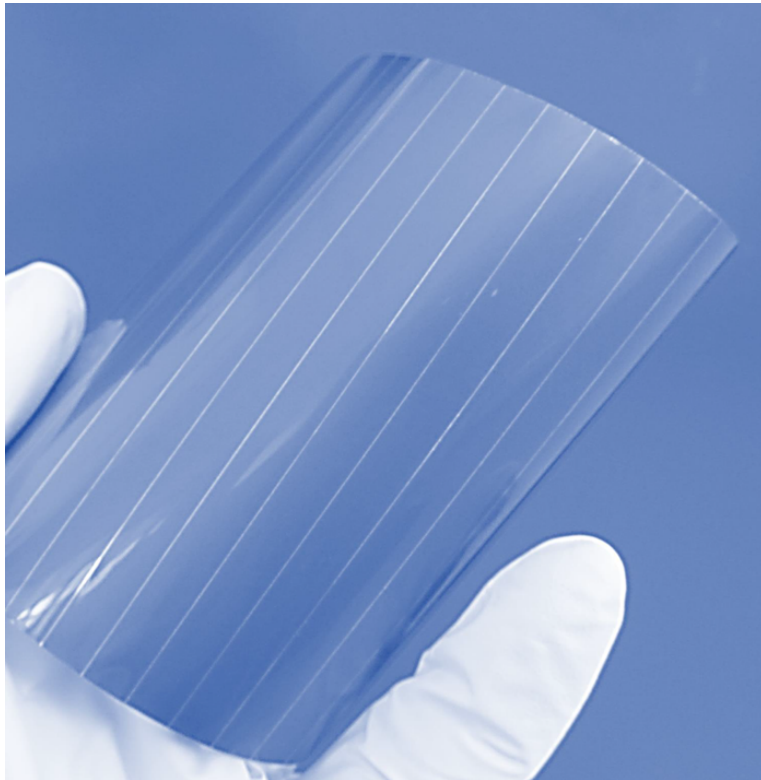
Kompatibel mit günstigen Beschichtungsverfahren (Tauchen, Sprühen, Schlitzdüsen)

Günstige Materialien (ca. 35 Euro/Liter)

Aber:

In Alterungstests: Keine Verbesserung, sondern eher geringere Langlebigkeit!

Route 2: Atomic Layer Deposition (ALD).



Extrem dünne Schichten <10nm

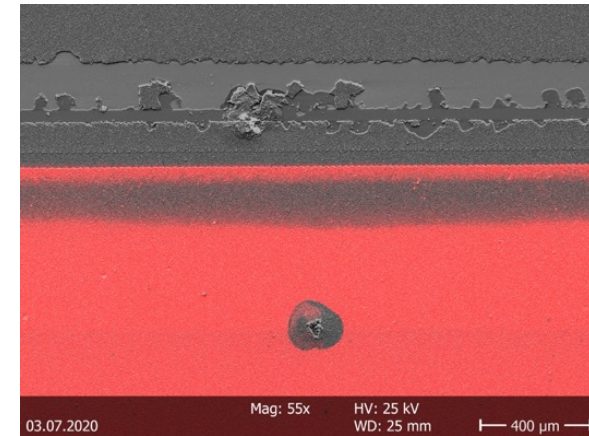
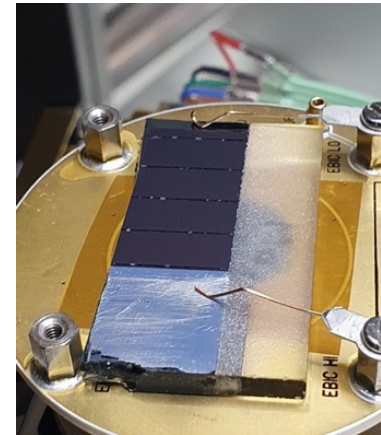
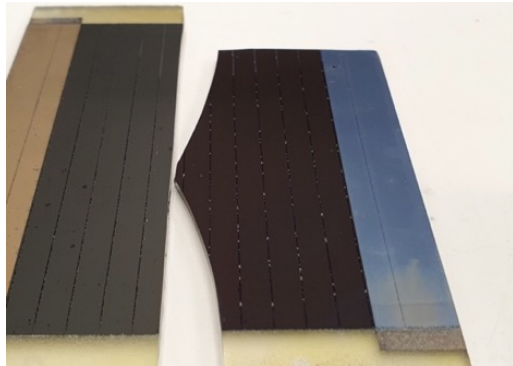
Sehr dichte Schichten erzielbar

Direkte Anwendung auf Solarzelle
(vor eigentlichen Verpackung)

CNRS Paris

Aluminiumoxidschichten

Route 2: Atomic Layer Deposition (ALD).



Herstellung von CIGS Modulen

ZSW, ACCS, Sunplugged

Atomic Layer Deposition

CNRS Frankreich
Plus Referenzbeschichtungen
bei TNO/Niederlande

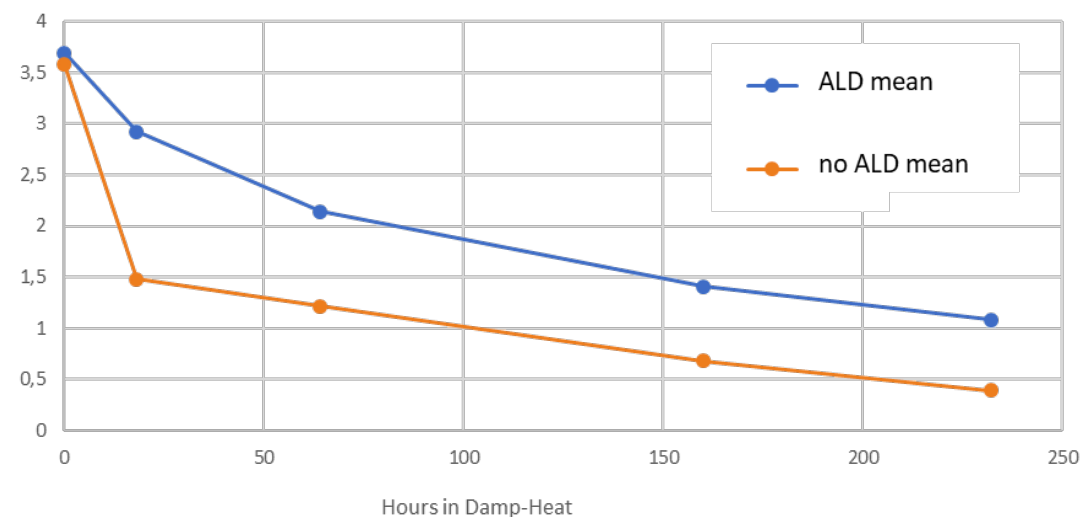
Materialtests/Charakterisierungen

z.B. Electron Beam Induced Current
(EBIC) Messungen
an Uni Innsbruck
Inhomogenitäten der Stromsammlung
im Elektronenmikroskop

Route 2: Atomic Layer Deposition (ALD).

Verbesserung in den Alterungstests
Kompatibel mit CIGS Solarzellenkonzepten
Preis von 10-12 €/qm für ALD Barrierschicht
erreichbar (Kalkulation basierend auf
5MWpeak Jahreskapazität)

Aber:
Weitere Optimierungen notwendig
Hohe Investitionskosten (>500kEuro)



Route 3: Modifizierte Einbettungsmaterialien.

Entwicklung von optimierten
Einbettungsmaterialien
Fa. Lenzing Plastics

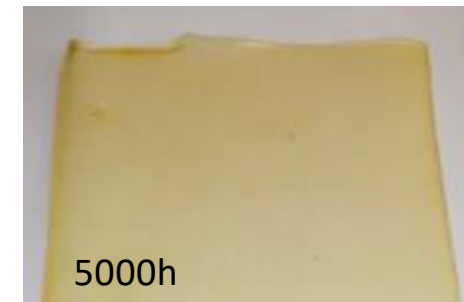
Polyolefine und **lonomere**

Verlust Lichttransmission und
Vergilbung bedeutend besser als
Standardeinbettungsmaterial (EVA)

Geringe Wasseraufnahme
Geringe Wasserdampfaufnahme
Gute Verzug- und
Schwindungseigenschaften



EVA (Standard)



lonomere von Lenzing Plastics

Route 3: Modifizierte Einbettungsmaterialien.



Route 3: Modifizierte Einbettungsmaterialien.



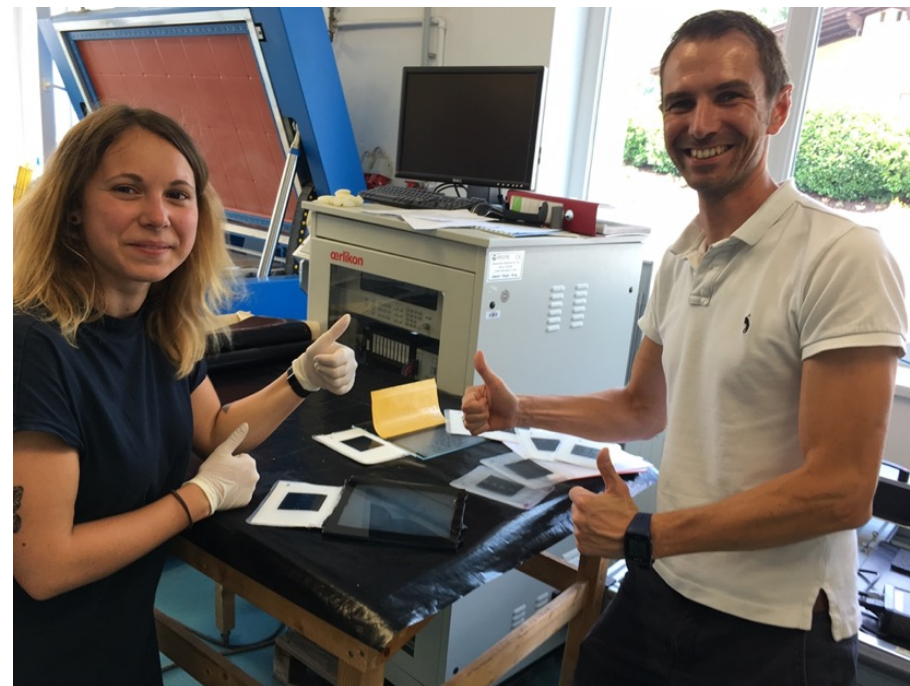
Feron plus Polyolefin (Lenzing)

310s (vacuum)
+ 30s (200mbar)
+ 30s (600mbar)
+ 540s (700mbar) @ 150°C



Feron plus Ionomer (Lenzing)

30s (vacuum) + 450s
(900mbar) @ 150°C



Route 3: Modifizierte Einbettungsmaterialien.

- **Sehr gute Hafteigenschaften**
- **Positive Klimakammertests** (2019);
Frontseitig dicht, jedoch seitliches Eindringen
(schlechte Randversiegelung)
- Finaler Aufbau **Lenzing Ionomere mit Frontsheets** definiert
Alternativ mit Lenzing Rückseitenfolien kombinierbar
- Weitere Chargen im Sommer 2020 produziert
Derzeit in Klimakammer bei ZSW
- Mit bestehenden Prozessen und Equipment kompatibel
- Langfristige **Kooperation Lenzing Plastics und Sunplugged**
- **Materialkosten 20-25 Euro/Wattpeak** sind jetzt erreichbar



Zusammenfassung.



- **Selbschichtende Polymere** werden für PV nicht weiter verwendet.
- **Atomic Layer Deposition** ist für Sunplugged langfristig **sehr interessanter Ansatz** (Einsatz eines noch günstigeren Frontsheets möglich; 15 Euro/qm erreichbar).
- **Kostengünstige Lösung mit Lenzing/Feron Verbund** für Produktion bei Sunplugged Markteintritt entwickelt.
- Das Projekt führte zu einem erheblichen **Wissensaustausch** zwischen europäischen Akteuren im Bereich von CIGS-Dünnschichtsolarzellen: Wir konnten viel (v.a. vom ZSW und ACCS Belgien) lernen.
- Für **Lenzing** mitentscheidend, sich in Zukunft **verstärkt in PV** zu engagieren.
- Gründung **langfristige Kooperationen** (z.B. Raman Spektroskopie mit IREC, Materialien von Lenzing Plastics)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Das DuraCIS Projekt (FFG Projektnummer
858494) und die Entwicklung der Sunplugged
Solarzelle wird vom Österreichischen Klima- und
Energiefonds unterstützt!