

NoFRONTIERS - Kundenindividuelle Dünnschichtphotovoltaik von der Rolle

„Highlights der Energieforschung –
Potenziale nutzen – Zukunft gestalten“
Wien, 04. Juni 2024

Martina Harnisch, PhD

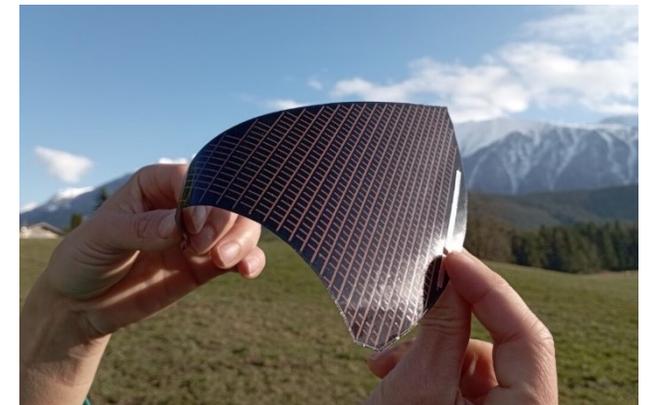


Easy solar power for people with vision!



Sunplugged Facts.

- Firmensitz – Wildermieming (Tirol)
- Firmengründung 2010
- Mitarbeiter - 10
- Entwicklung und Pilotproduktion von flexiblen PV-Modulen
- F&E-Partner & Fördergeber:



Photovoltaik heute.

Der aktuelle Markt

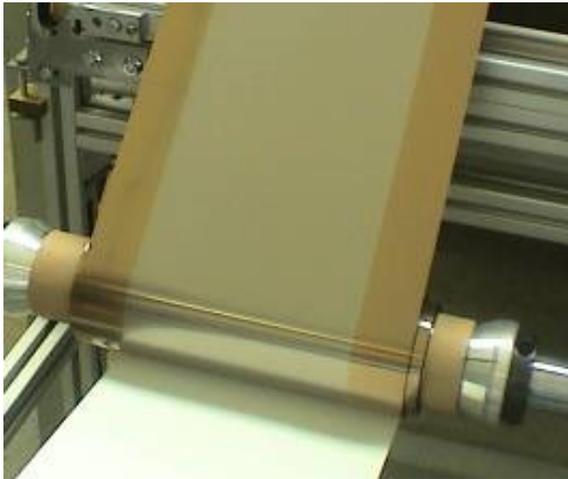
- Massenproduktion & Standardisierung, um niedrige Kosten zu erreichen
- Kristalline Silizium-Solarzelle ist dominanter denn je (Hauptproduktion in China)
- Klassische PV-Panele sind in fixer Größe und Ausgangsspannung erhältlich → Mangel an Ästhetik und Integrierbarkeit
- Module sind verhältnismäßig schwer und steif
- Installation ist großer Kostenfaktor



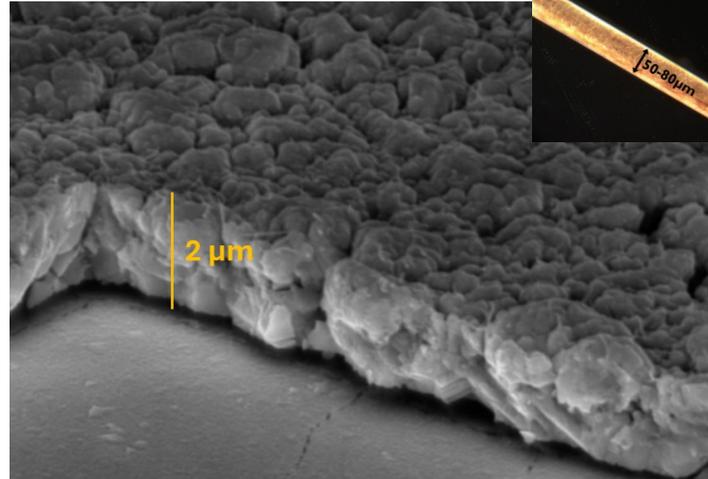
Die Vision – Maßgeschneiderte PV-Module

- **Leicht und flexibel:**
 - Flexibles Substrat
 - Geringes Gewicht durch Dünnschicht-Technologie
- **Kundenindividuelle Produktion** – volle Anpassbarkeit an Produkte und Kundenwünsche
- **Einfache und direkte Integration** in Vielzahl an Produkten
 - Keine teuren Installationskosten
 - Ästhetische Produkte, Fassaden, etc.

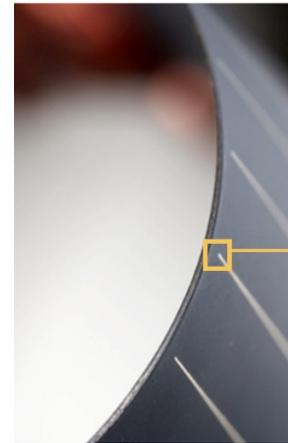
Sunpluggeds Produkt: Flexible, maßgeschneiderte PV-Module



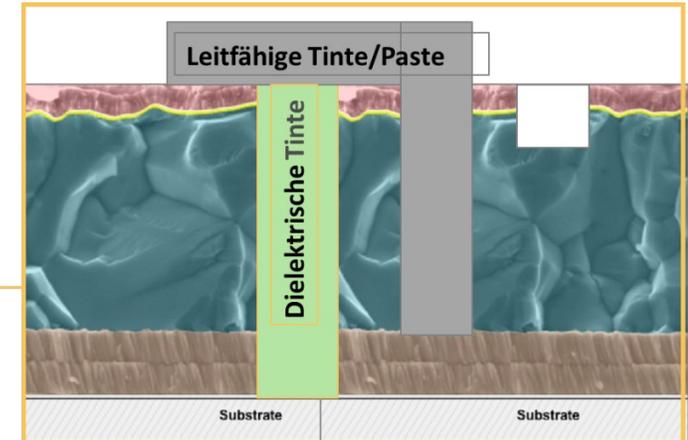
Eigenes Substrat mit dünner Glasschicht



CIGS-Dünnschicht auf flexiblem Substrat
©Nikolaus Weinberger (UIBK)



Integrierte Serienverschaltung – digital steuerbar



Flexibles Stahlsubstrat: nur 50 µm dick – erlaubt kostengünstige R2R Produktion

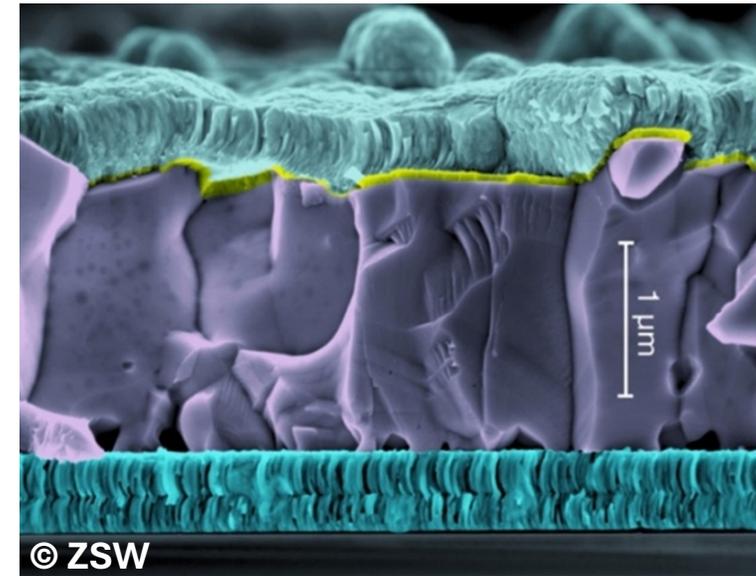
Dünnschichttechnologie: Kupfer-Indium-Gallium-(Di)Selenide – CIGS

Integrierte Verschaltung: Digital steuerbare Laser- und Druck-Technologien

Maßgeschneiderte PV-Module: Volle Designfreiheit: Größe, Geometrie, Ausgangsspannung

Dünnschichttechnologie: CIGS.

- **Prozess:** Physikalische Gasphasenabscheidung
- **Mehrschichtsystem**
 - Substratfolie mit glasartiger SiO_x -Schicht
 - Rückkontakt – Molybdän
 - Aktive p-Halbleiterschicht – CIGS Absorber
 - Buffer-Schicht (n-Halbleiter)
 - Frontkontakt – Transparentes leitfähiges Oxid
- **Nachhaltig:**
 - Geringer Energie- und Materialeinsatz → Energetische Amortisation <1 Jahr
- **Wirtschaftlich:**
 - Hohes **Wirkungsgradpotential**: Weltrekord 23,64%
 - Gutes Schwachlichtverhalten → **hohe Erträge**



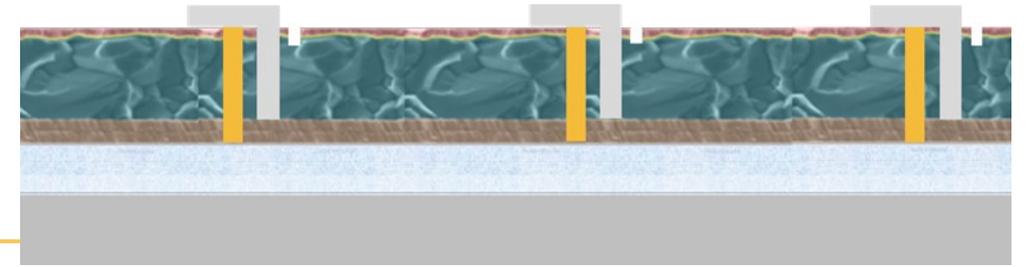
Frontkontakt
Buffer: Zn(O,S)
Absorber: CI(G)S
Rückkontakt: Molybdän
Stahlfolie



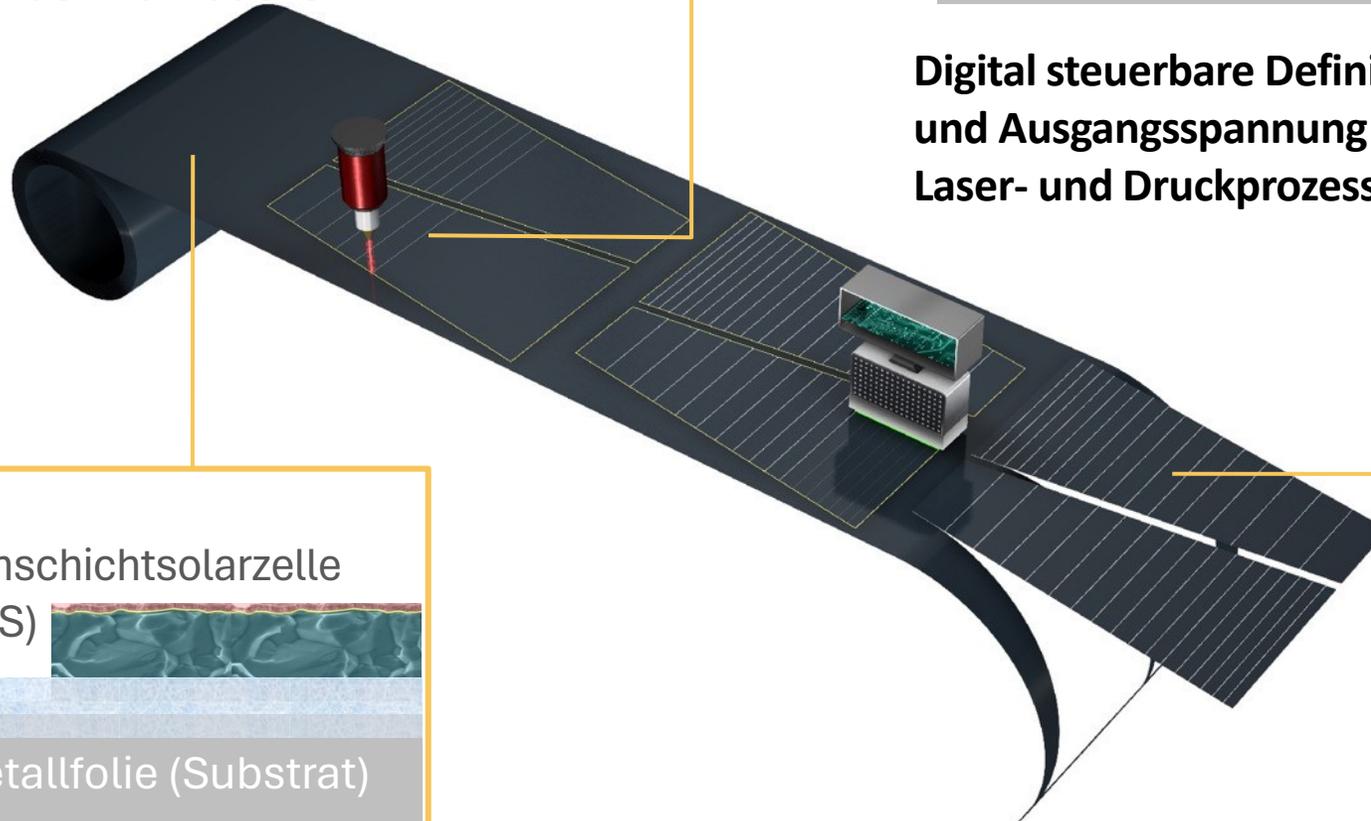
Flexibles, leichtes Material, erlaubt breites Anwendungsspektrum

Kundenindividuelle Photovoltaik-Produktion.

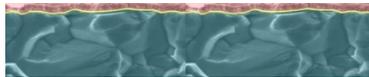
Komplett automatisierte Rolle-zu-Rolle
Produktion ermöglicht "Massen-Produktion"
von kostengünstigen, kundenindividuellen
PV-Modulen



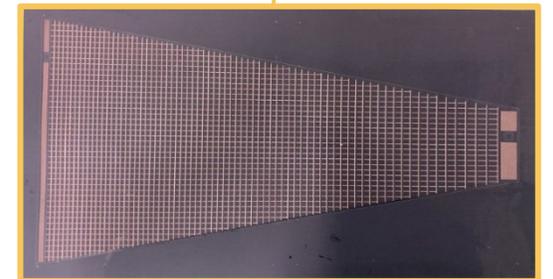
Digital steuerbare Definition von Größe, Geometrie
und Ausgangsspannung durch Kombination aus
Laser- und Druckprozessen.



Dünnschichtsolarzelle
(CIGS)

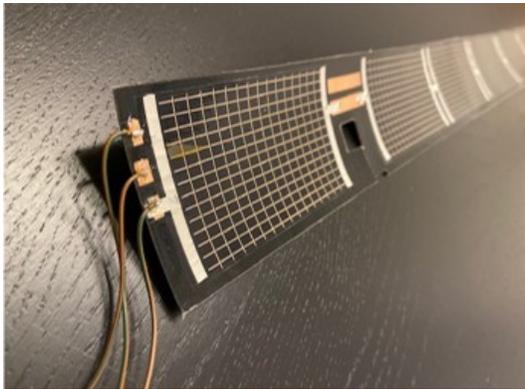
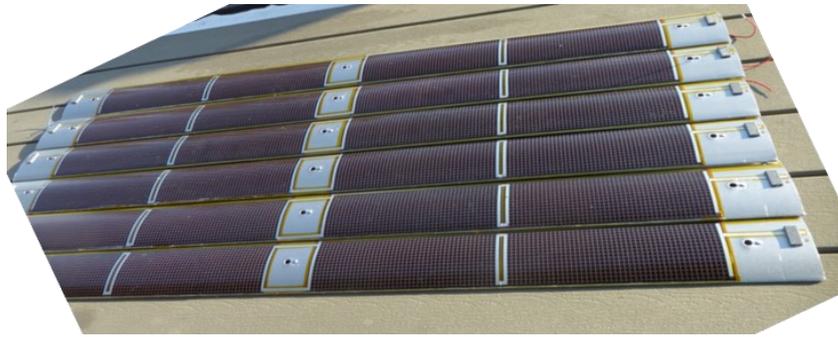


Flexible Glas-Metallfolie (Substrat)



Breites Anwendungsspektrum.

Leicht und flexibel – Ideal für Integration in Fensterlamellen oder innovative Dachziegel



Fensterlamellen für Raffstore



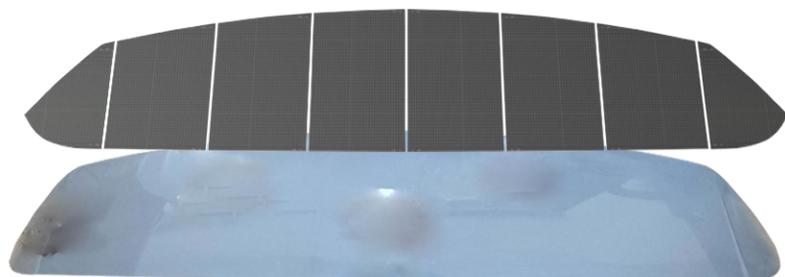
Dachziegel für Denkmalschutz - Autarq

Breites Anwendungsspektrum.

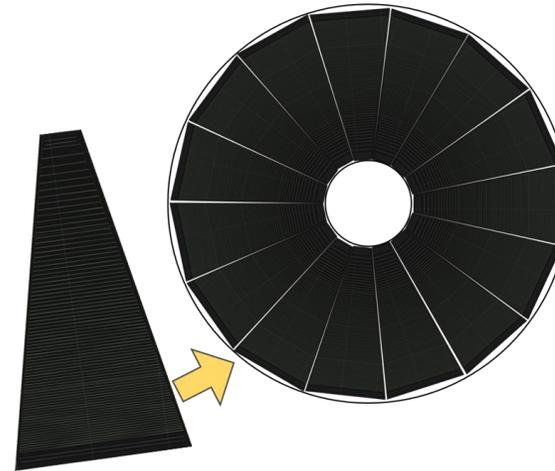
Absolute Formfreiheit erlaubt Bestückung von komplexen Strukturen



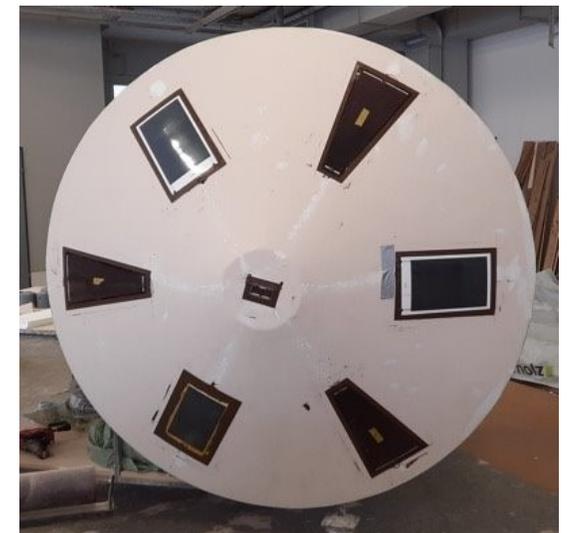
PV-unterstützter Rasenmäher - iMow von Stihl



Integration in Fahrzeugkarosserie



Solar-Schirm – Urban Furniture (© KWS)



Das Projekt NoFRONTIERS:

Novel Flexible, R2R produced, Non-toxic, Individualizable, high- Efficient and Robust Solar modules



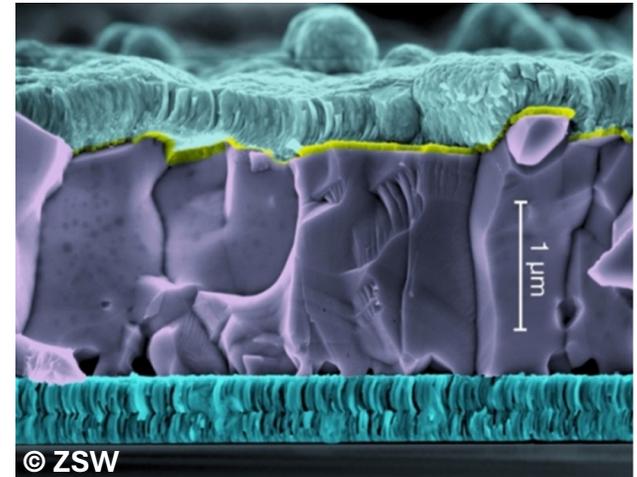
Erreichte Projektziele:

- Reduktion der Verschaltungsverluste und Erhöhung der Modul-Wirkungsgrade
- Elimination toxischer Materialien
- Umstieg auf vollständige Rolle-zu-Rolle-Produktion
- Entwicklung einer automatisierten Prozesssteuerung
- Erhöhung der Prozessgeschwindigkeiten
- Reduktion der Herstellungs-Kosten

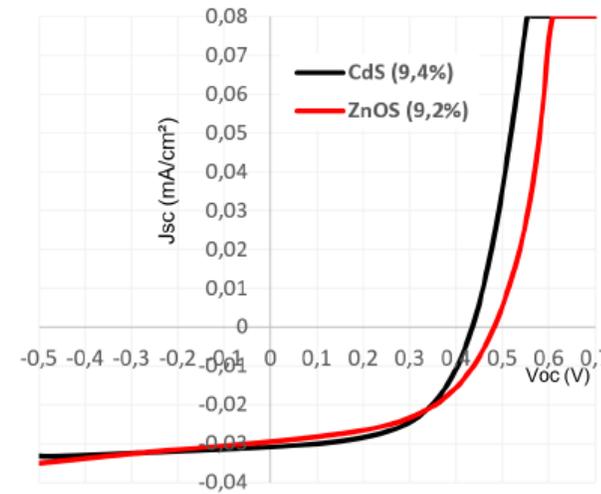
Elimination toxischer Materialien:

Wechsel zu alternativen Pufferschichten

- Standardmaterial für Pufferschichten ist Cadmium-Sulfid welches nasschemisch abgeschieden wird
- Nachteile von CdS:
 - Krebserregend, stark toxische Nebenprodukte wie Cadmium-Oxid
→ Teure Sicherheitsvorkehrungen notwendig für Produktion
 - Für nasschemischen Prozess muss Vakuum unterbrochen werden
→ Nicht/nur schwer Rolle-zu-Rolle prozessierbar
- In NoFrontiers wurde erfolgreich ZnOS als alternative Pufferschicht eingesetzt
- Vorteile:
 - Abscheidung durch Sputter-Vakuum-Prozess möglich (günstiger Rolle-zu-Rolle-Prozess, Erhöhung des Durchsatzes)
 - Nicht gesundheitsschädigend
 - Gleiches Effizienzpotenzial (ZnOS: 98% Effizienz der CdS-Referenzprobe)



Frontkontakt
Buffer: Zn(O,S)
Absorber: Cl(G)S
Rückkontakt: Molybdän
Stahlfolie



Buffer	CdS	Zn(O,S)
V_{oc}	0,435 V	0,482 V
J_{sc} (mA/cm ²)	30,8	29,5
Fillfactor	55 %	50,6 %
Efficiency	9,4 %	9,2 %
R_{p_dark}	2810 Ω	445 Ω
R_{s_dark}	5,5 Ω	3,6 Ω

Abbildung 35: Vergleich von CIGS-Solarzellen mit CdS und mit Zn(O,S) Puffer.

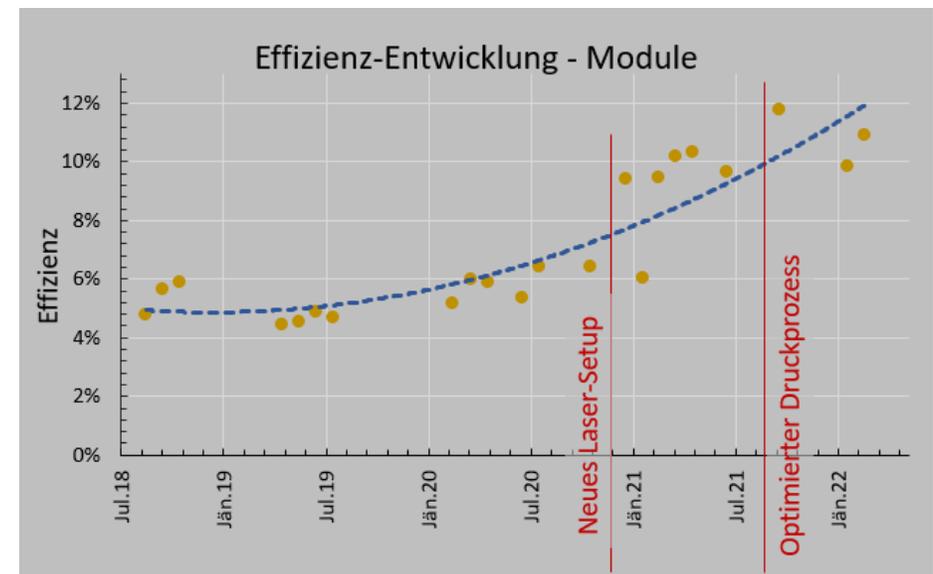
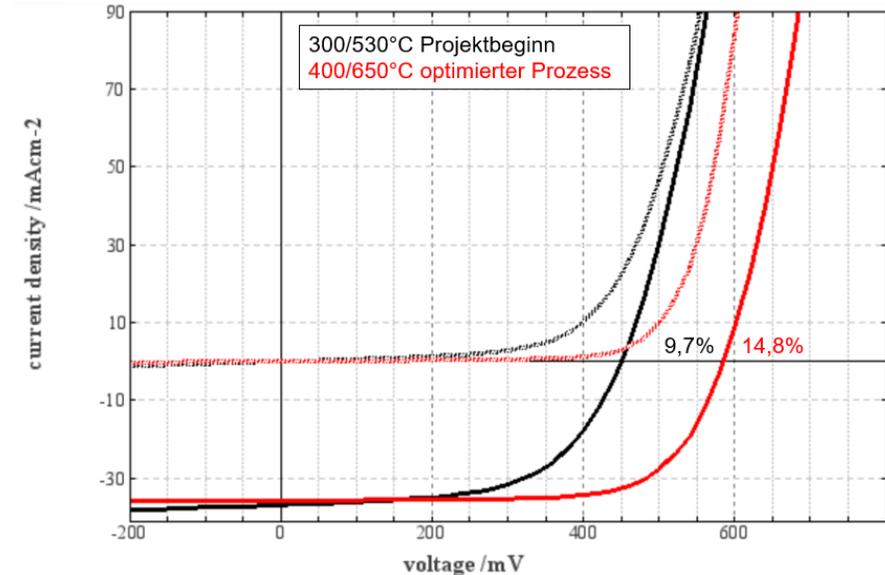
Erhöhung der Wirkungsgrade:

Optimierung der Solarzelle

- Optimierung des Beschichtungsprozesses
- Steigerung der Zelleffizienz von 9,7% auf **14,8%**

Reduktion der Verschaltungsverluste

- Inbetriebnahme eines neuen Laser-Setups → neuer Rekord: 10,9%
- Wechseln von Inkjet-Druck zu Jet-Dispensing-Prozess (neue Tinte) → **neue Rekorderffizienz 11,8%**
- Verbesserte **Reproduzierbarkeit und Homogenität**
- Verschaltungsverluste von <20% der Zelleffizienz





Danke Für die Aufmerksamkeit!

Gefördert durch

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie



Die Entwicklung von Sunplugged wird von der
Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft
und vom Klima- und Energiefonds unterstützt!

