

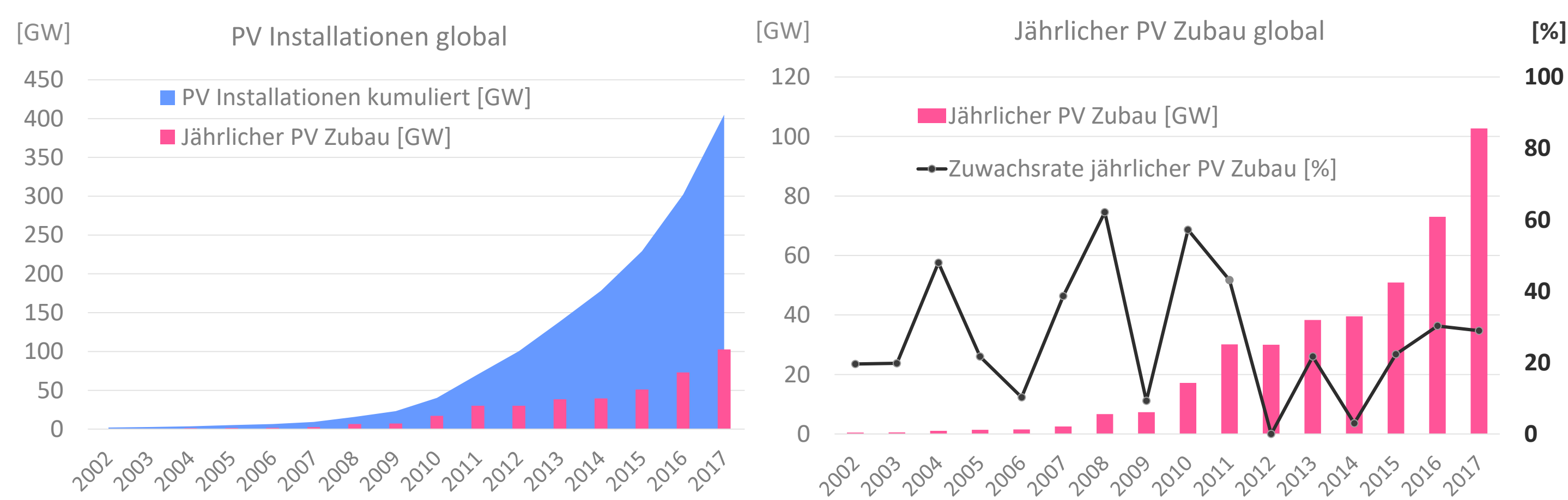
# KUPFERMETALLISIERUNG FÜR SOLARZELLEN

## Das verfügbare Silber reicht für die Zukunft gar nicht aus

A. Lachowicz, G. Andreatta, N. Blondiaux, A. Faes, C. Allébe, M. Despeisse, S. Nicolay, C. Ballif, CSEM PV-Center, Neuchâtel, [agata.lachowicz@csem.ch](mailto:agata.lachowicz@csem.ch)



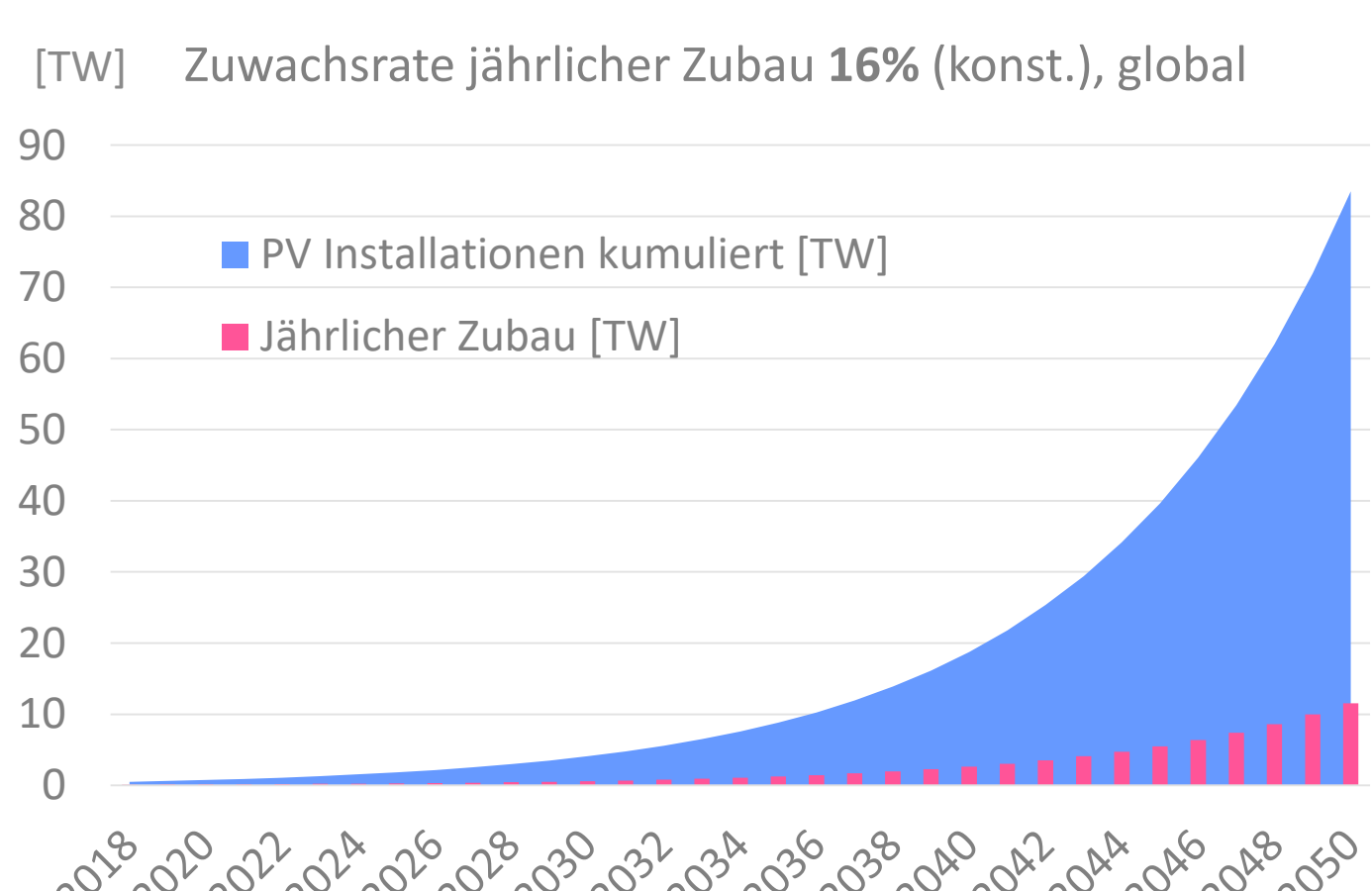
### PHOTOVOLTAIK GLOBAL



Kumulierte installierte PV Leistung exponentiell zunehmend bei steigendem jährlichen Zubau. Ende 2018 wurden 0.5 Terawatt erreicht. [1] Quotient 2017:2002: 193x so viel installierte PV.

Jährlicher Zubau jedoch nicht kontinuierlich zunehmend. Zuwachsraten für den jährlichen Zubau zwischen -0.3% bis 62% in den Jahren 2002 bis 2017. Mittelwert bei 27%.

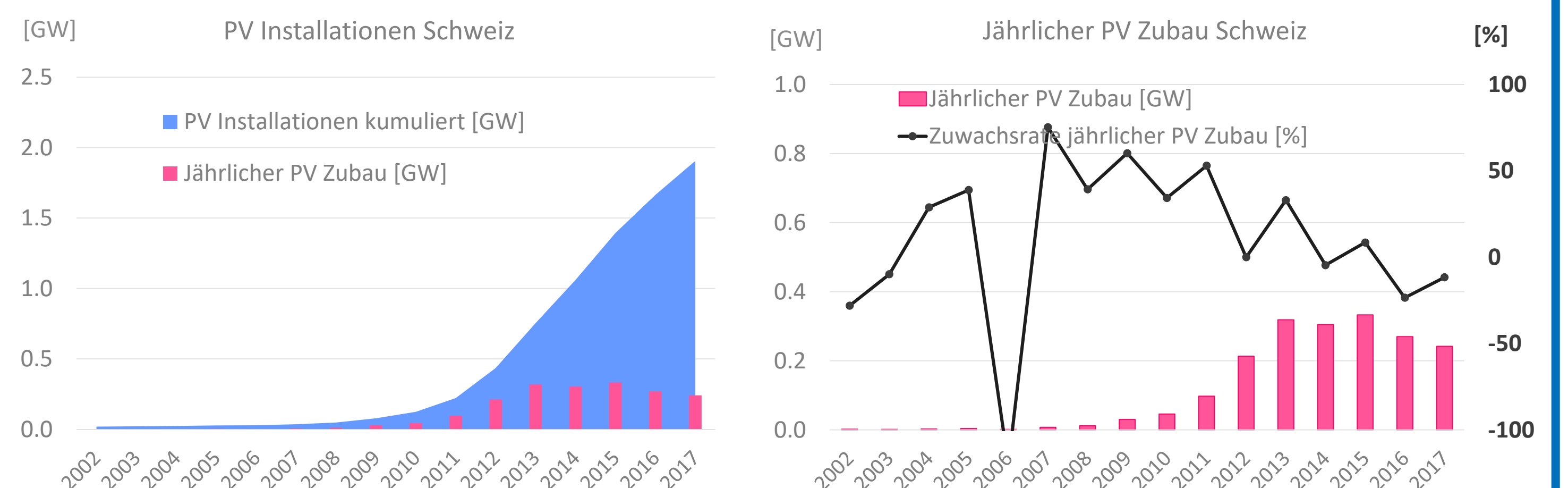
**ERFORDERLICHE INSTALLIERTE PV LEISTUNG FÜR 100% SAUBERE ENERGIE BIS 2050: ca. 80 TW !**



Totaler Energiebedarf in 2050: 150 PWh [2], davon >90% als Elektrizität und 69% aus Photovoltaik = 103.5 PWh. Energieausbeute global: 1370 kWh/kWp [3] D.h. 75.5 TWp installierte PV Leistung werden benötigt. Das entspricht fast dem 150-fachen der heute installierten Leistung!

**Bereits für die heute produzierten 100 GWp werden 2000 Tonnen Silber pro Jahr verbraucht. Dies entspricht mehr als 7% der aktuellen weltweiten Silberproduktion.**

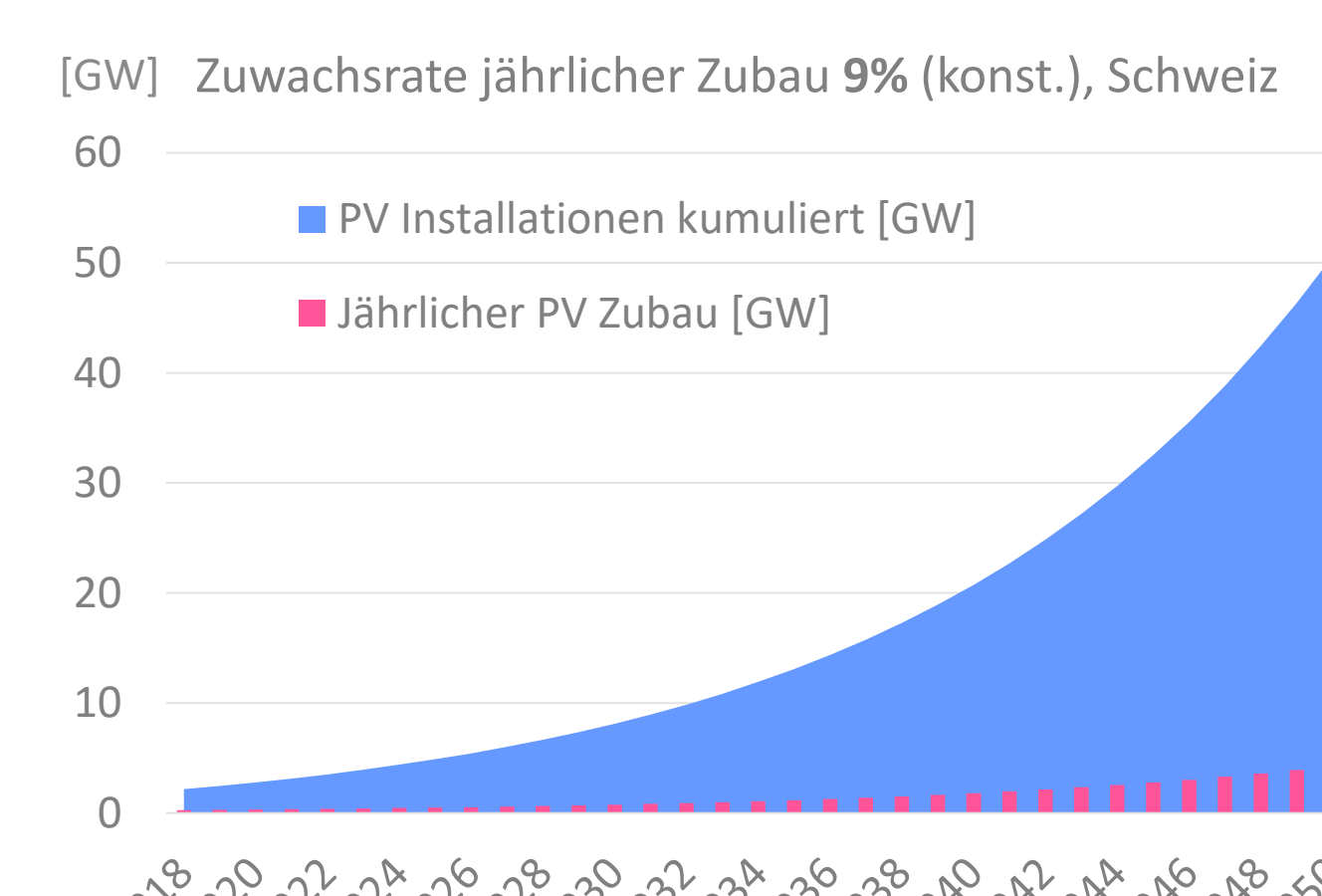
### PHOTOVOLTAIK SCHWEIZ



Kumulierte installierte PV Leistung steigt kontinuierlich, auch bei stagnierendem Zubau. Ende 2018 wurden 2.17 Gigawatt erreicht. [4] Quotient 2017:2002: 94x so viel installierte PV.

Zuwachsraten für den jährlichen Zubau leider abnehmend in den letzten Jahren. Trendwende 2018: plus 12%, 271 MW [5] Mittelwert von 2002 bis 2007: bei 11%

**POSTULIERTE ERFORDERLICHE INSTALLIERTE PV LEISTUNG BIS 2050 IN DER SCHWEIZ: ca. 50 GW !**

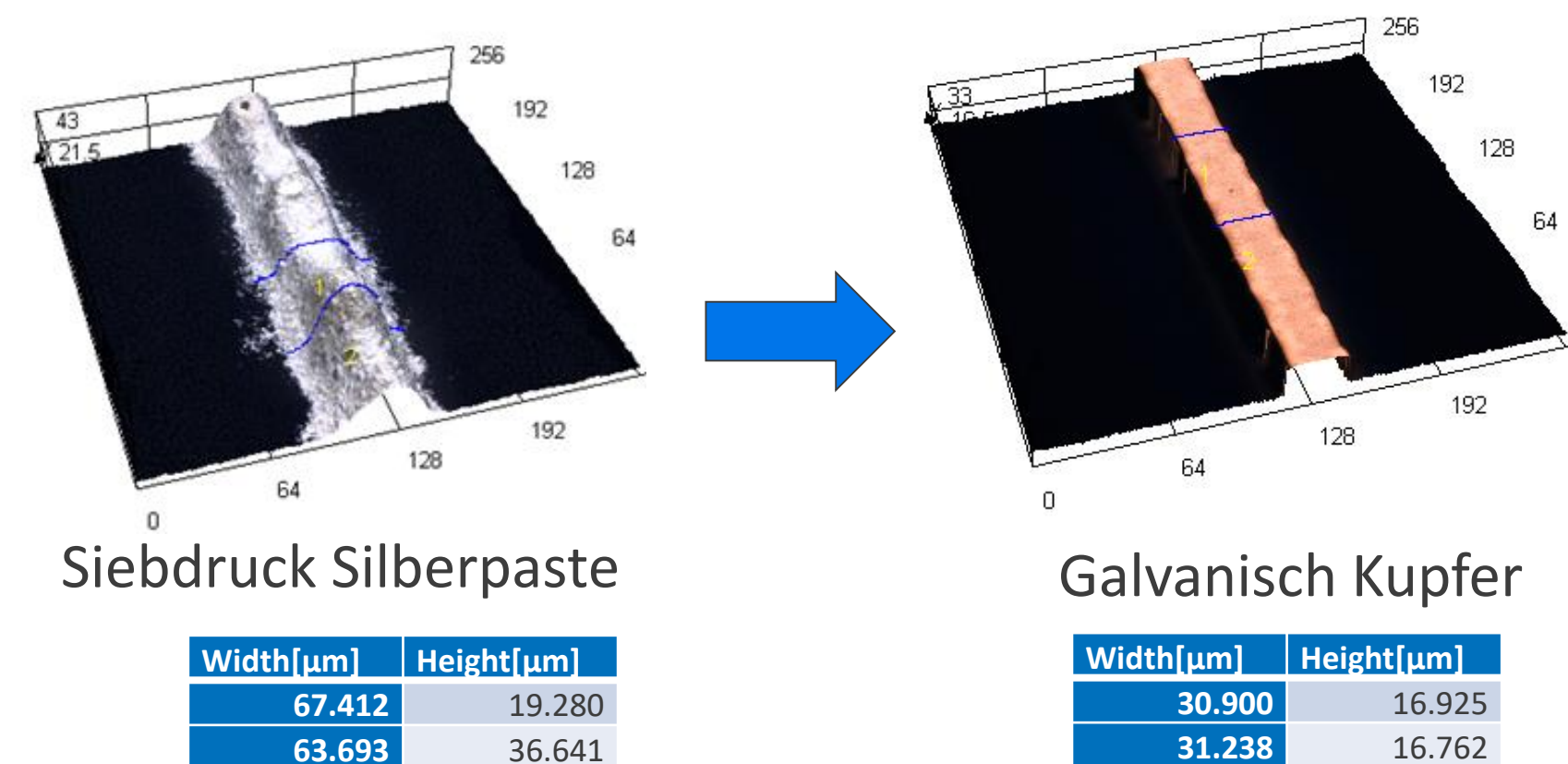


Dieses 25-fache der heute installierten Leistung wird erreicht, wenn der PV Zubau jährlich um (nur) 9% ansteigt (bei konstantem jährlichen Anstieg). Im Jahr 2030 wäre der jährliche Zubau bei 0.8 GW und die insgesamt installierte PV Leistung bei 8 GW.

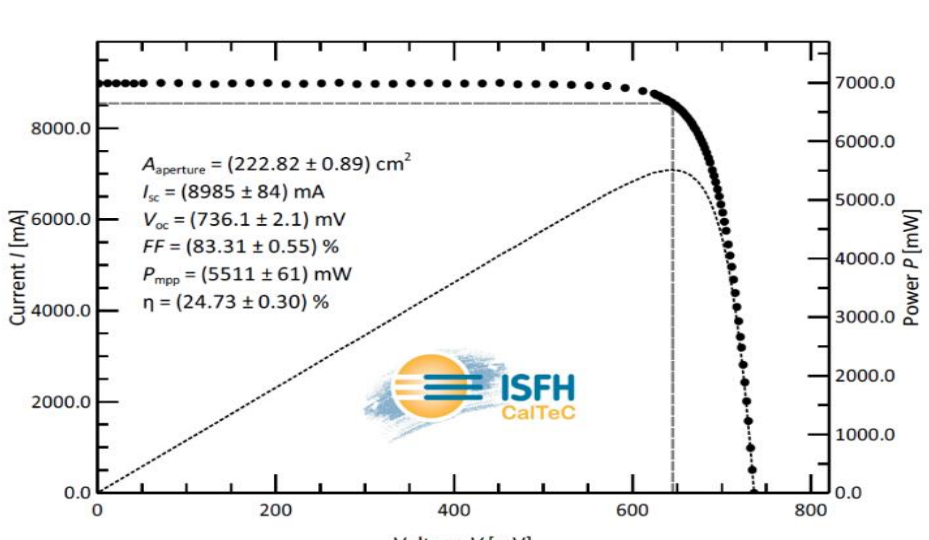
Wünschenswert wäre allerdings ein schnellerer Zubau in den nächsten Jahren. Bei 16% Zuwachs wäre der jährliche Zubau im Jahr 2030 schon bei 1.6 GW und mit 25 GW installierter Leistung in 2035 könnte die Abschaltung der Kernkraftwerke abgedeckt werden.

### BEREITS ENTWICKELT BEIM CSEM

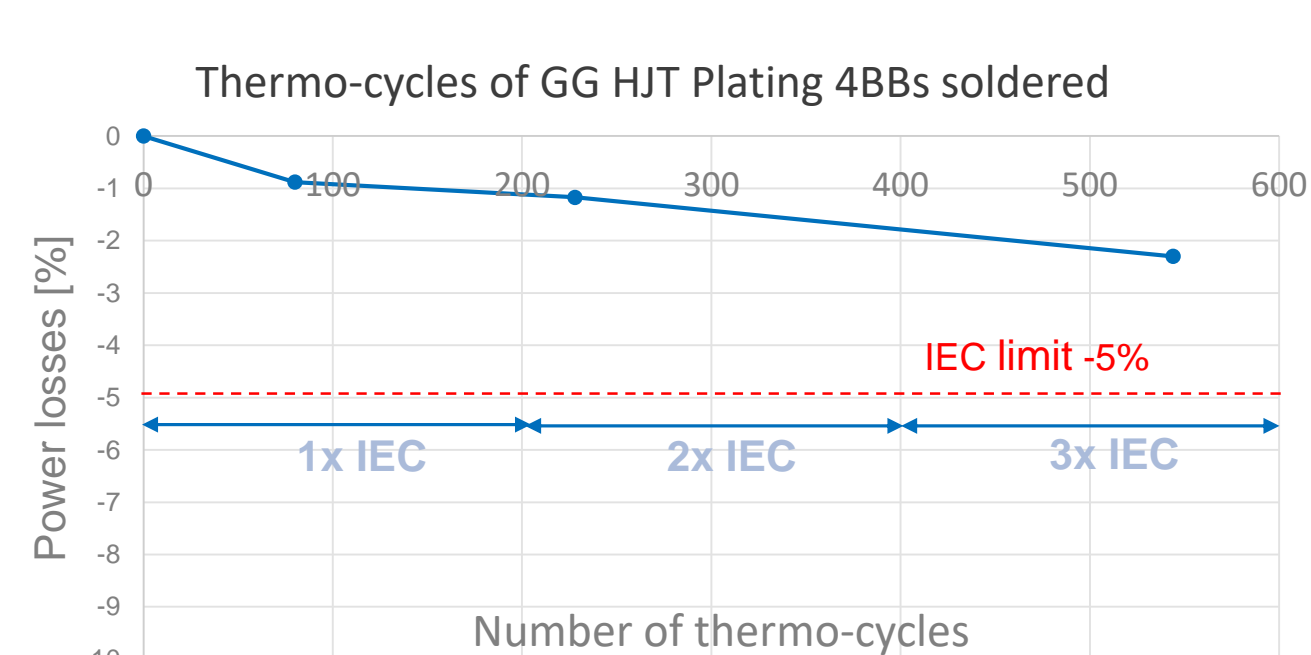
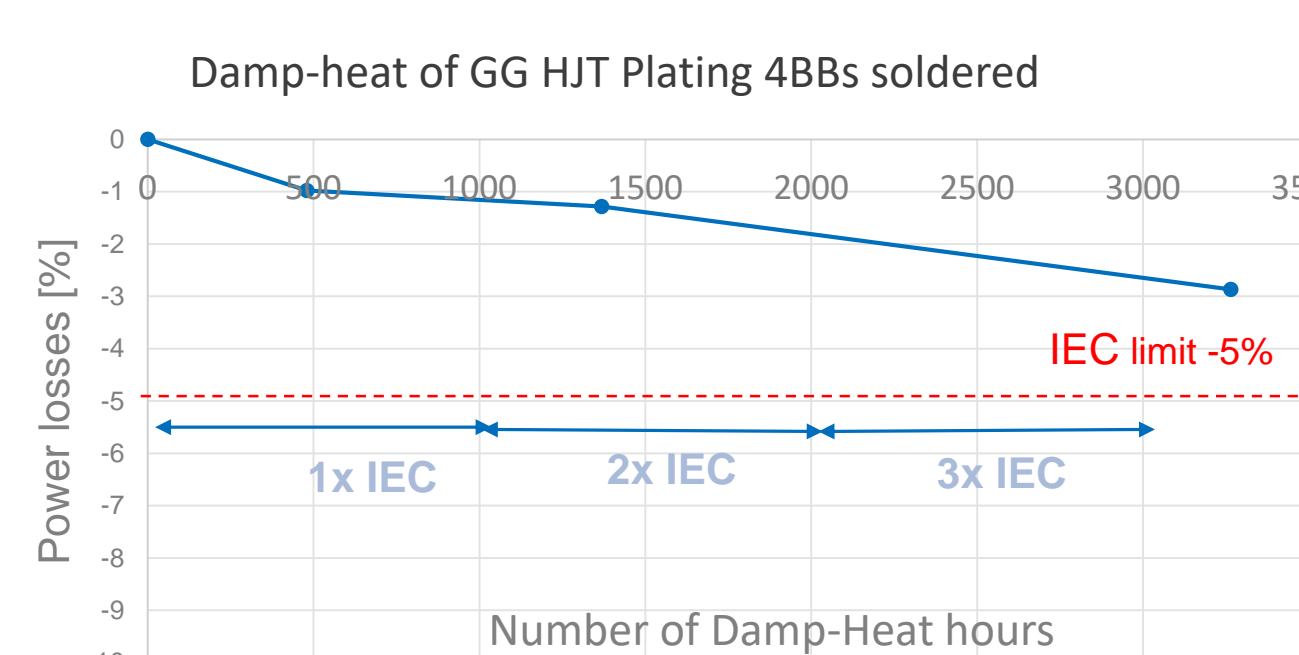
Zuverlässiger Prozess für galvanische Kupfermetallisierung: aktuell in der Industrialisierungsphase in Zusammenarbeit mit einem Hersteller von Heterojunctionzellen.



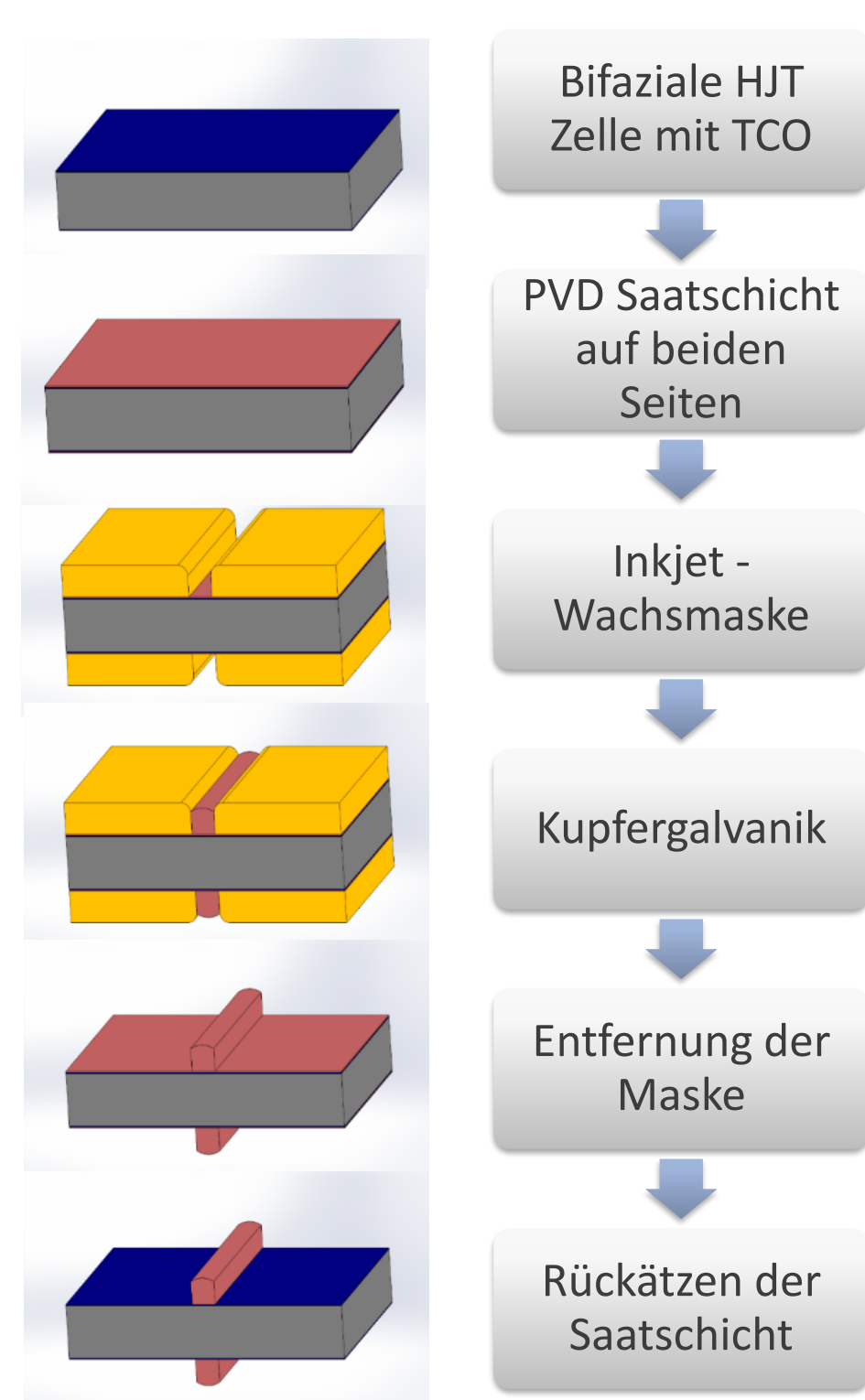
**HOHE EFFIZIENZ > 24.7%**  
Erreicht auf industriellen Substraten mit 4BB-layout



**EXZELLENTEN MODULSTABILITÄT BESTÄTIGT >3x IEC NORM**



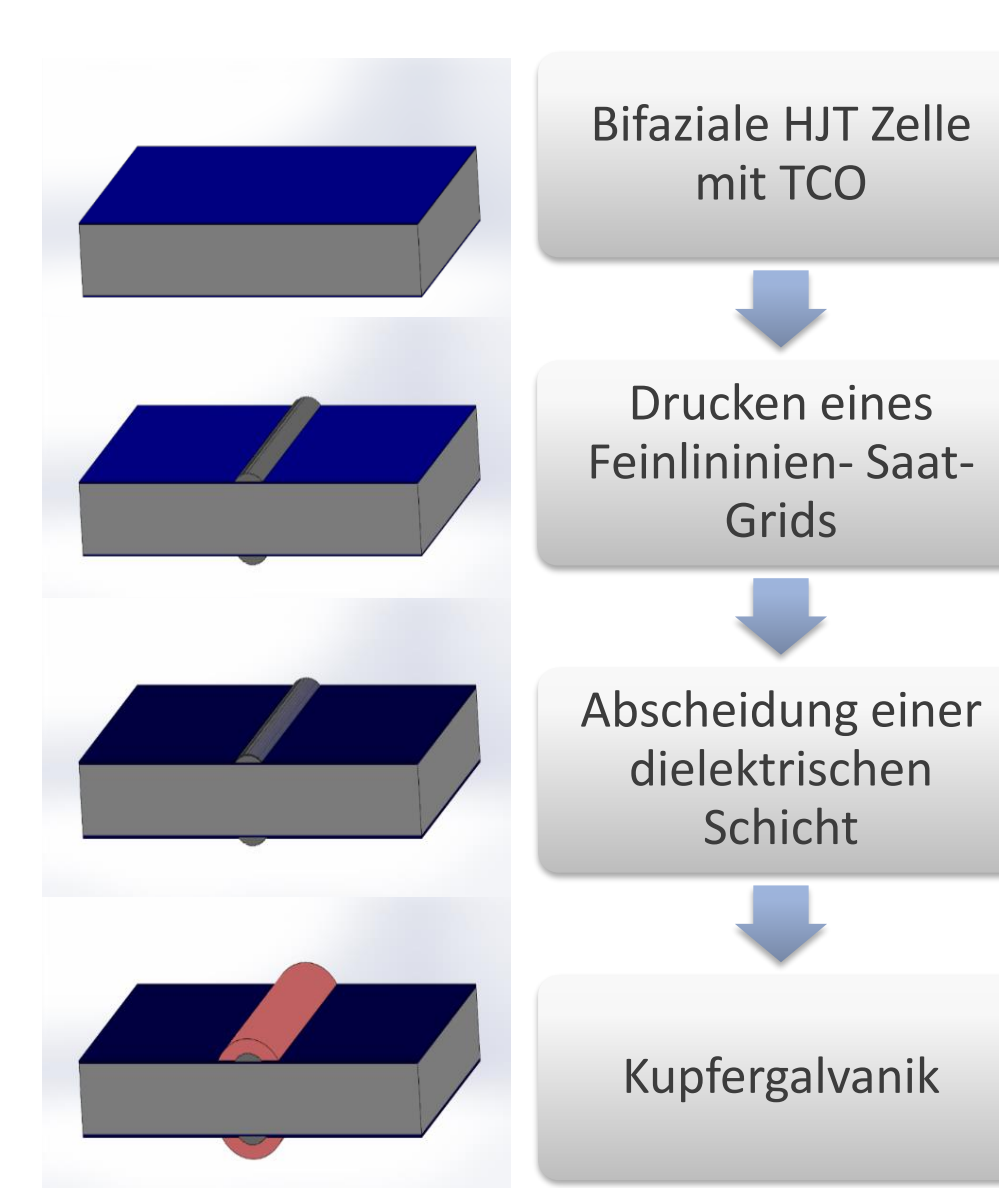
#### PVD Saatschicht & Wachsmaske



Der Prozess ist anwendbar ebenfalls auf AZO (Aluminium-Zink-Oxid), d.h. auf einer Schicht ohne seltene Elemente.

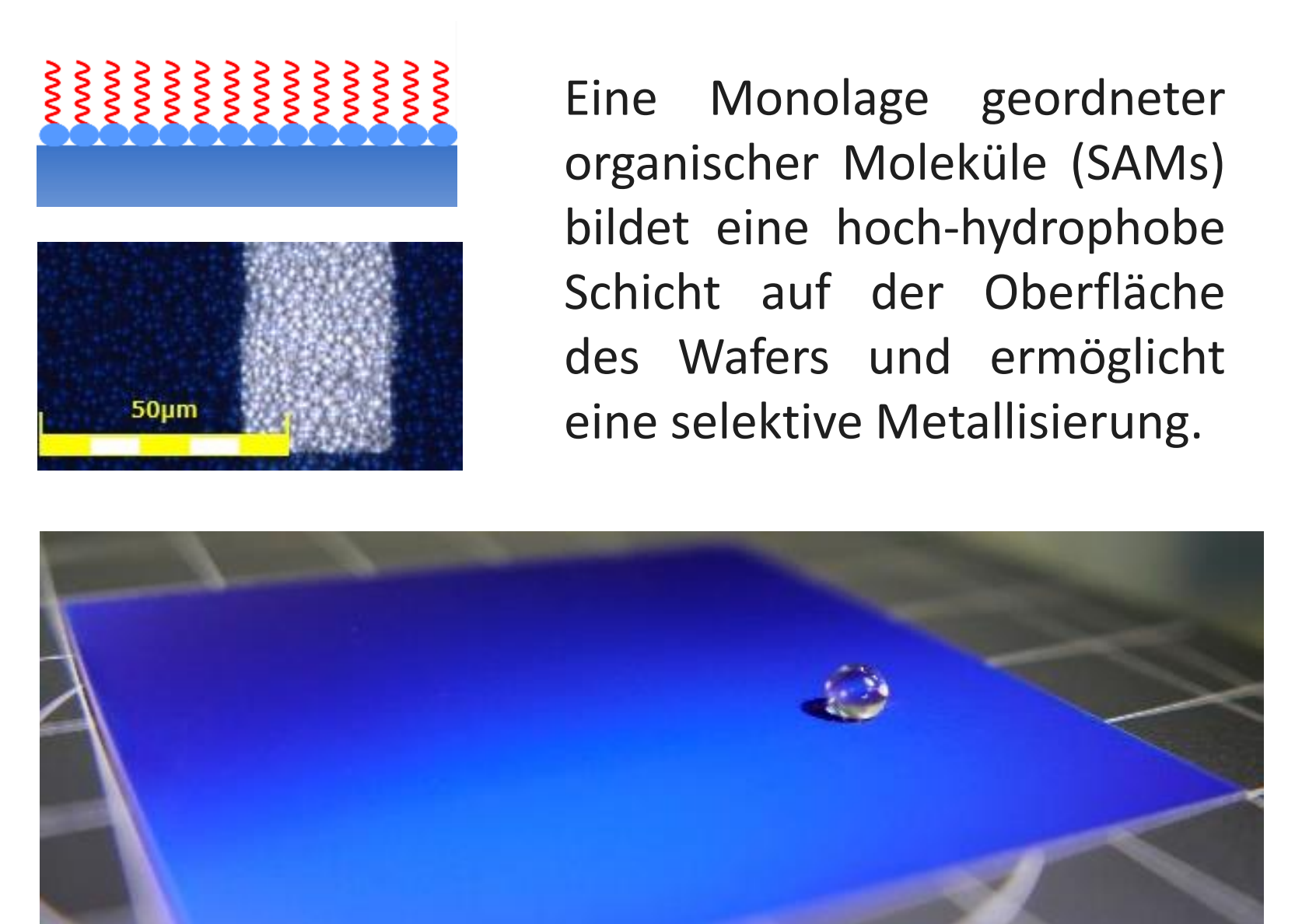
### NOCH WENIGER MATERIAL

#### Saat-Grid & dielektrische Schicht



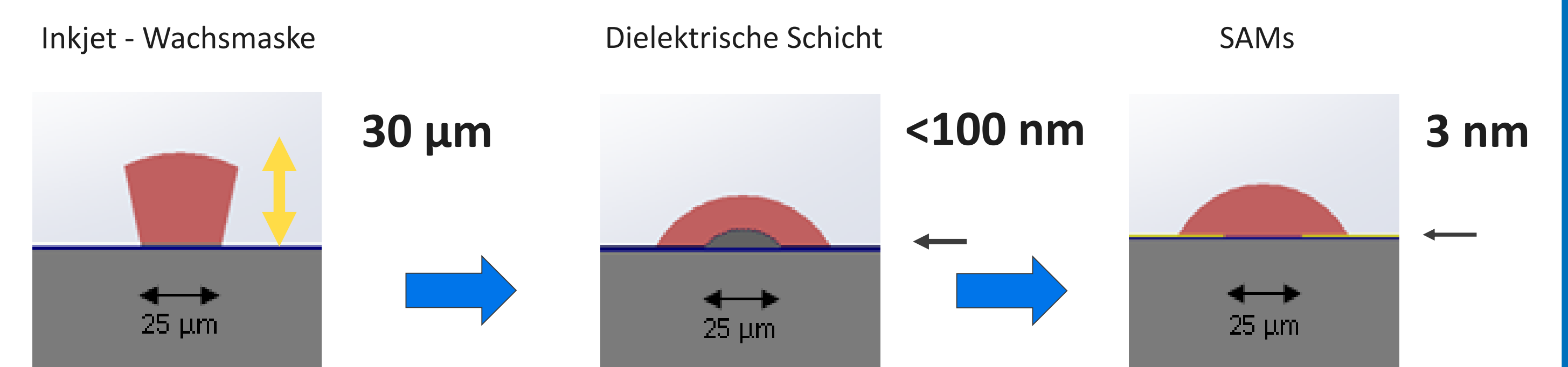
Die Wachsmaske ist ca. 30  $\mu\text{m}$  dick. Für eine 100MW-Produktionslinie braucht es ca. 20 Tonnen Wachs pro Jahr. Eine Reduktion des Materialverbrauchs macht die Zellherstellung nachhaltiger und erlaubt weitere Kostensenkung.

#### Self assembling molecules



Eine Monolage geordneter organischer Moleküle (SAMs) bildet eine hoch-hydrophobe Schicht auf der Oberfläche des Wafers und ermöglicht eine selektive Metallisierung.

Eine dielektrische Schicht als Plating – Maske, wie Siliziumoxid oder Siliziumnitrid, hat eine Dicke von nur 50 – 100 Nanometern. Dies entspricht einer Materialreduktion um den Faktor etwa 500. Eine Monolage organischer Moleküle (SAMs) ist noch dünner, 2 – 3 nm.



**DANKSAGUNG:** Wir danken dem Bundesamt für Energie für die Förderung des Projektes Swissinno (2014 – 2016) und dem Schweizer Nationalfond für die Unterstützung für das Projekt Ameliz (2019 – 2021)

- REFERENZEN:**
- [1] Fraunhofer ISE, "Photovoltaics report, updated November 2019", <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
  - [2] Energy Watch Group and Lappeenranta University, "Global Energy System Based on 100% Renewable Energy", April 2019; [http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG\\_LUT\\_100RE\\_All\\_Sectors\\_Global\\_Report\\_2019.pdf](http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf)
  - [3] Haegel et al., Terawatt scale photovoltaics: Transform global energy», Science, 2019; <https://science.sciencemag.org/content/364/6443/836>
  - [4] Statistik des Bundesamtes für Energie; <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html>
  - [5] <https://www.swissolar.ch/services/medien/news/detail/n-n/markterhebung-sonnenenergie-2018-es-geht-wieder-aufwaerts-aber-zu-langsam/>
  - [6] A. Lachowicz et al., «Plating Processes for HJT Cells», [http://www.metallizationworkshop.info/fileadmin/metallizationworkshop/presentations2019/5.2\\_Lachowicz\\_20190530\\_MIW\\_ReviewCuPlatingHJTCells.pdf](http://www.metallizationworkshop.info/fileadmin/metallizationworkshop/presentations2019/5.2_Lachowicz_20190530_MIW_ReviewCuPlatingHJTCells.pdf)