PV-Technologietransfer

Erfolgsbeispiele zur Zusammenarbeit der Industrie und Forschung beim Aufbau innovativer Fertigungslösungen

Dr. Sebastian Nold, Dr. Jochen Rentsch – Fraunhofer-ISE
Dr. Stefan Bordihn – ISFH
Dr. Paul Harten – HZB

FVEE-Jahrestagung 2025

Berlin, 8. Oktober 2025

Überblick über das PV Ecosystem

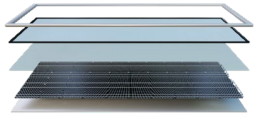
Fully integrated PV manufacturing value chain

Mg-Si

Poly Silicon

Ingot & Wafer

Cell



Module

Equipment

Supply Chain / Materials

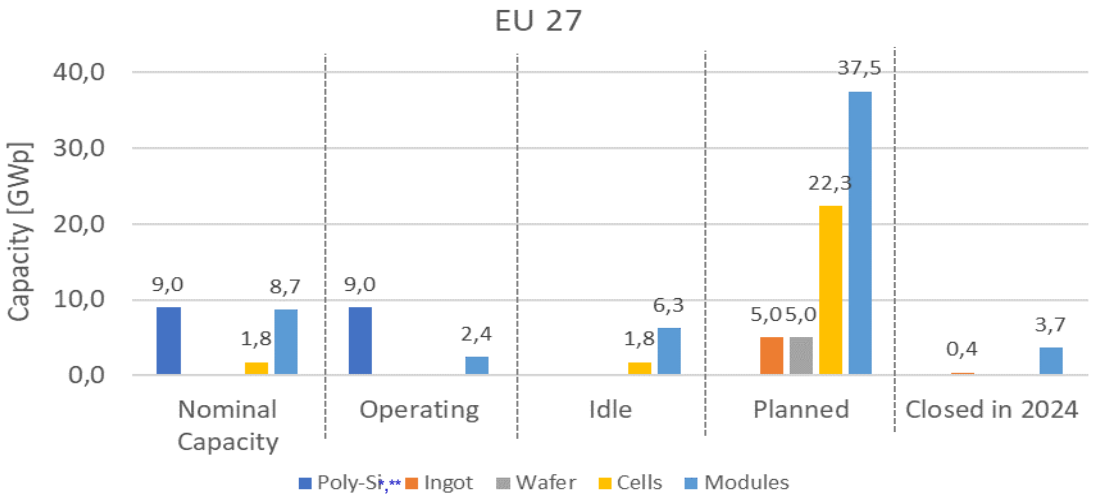
Technology / R & D / Institutes

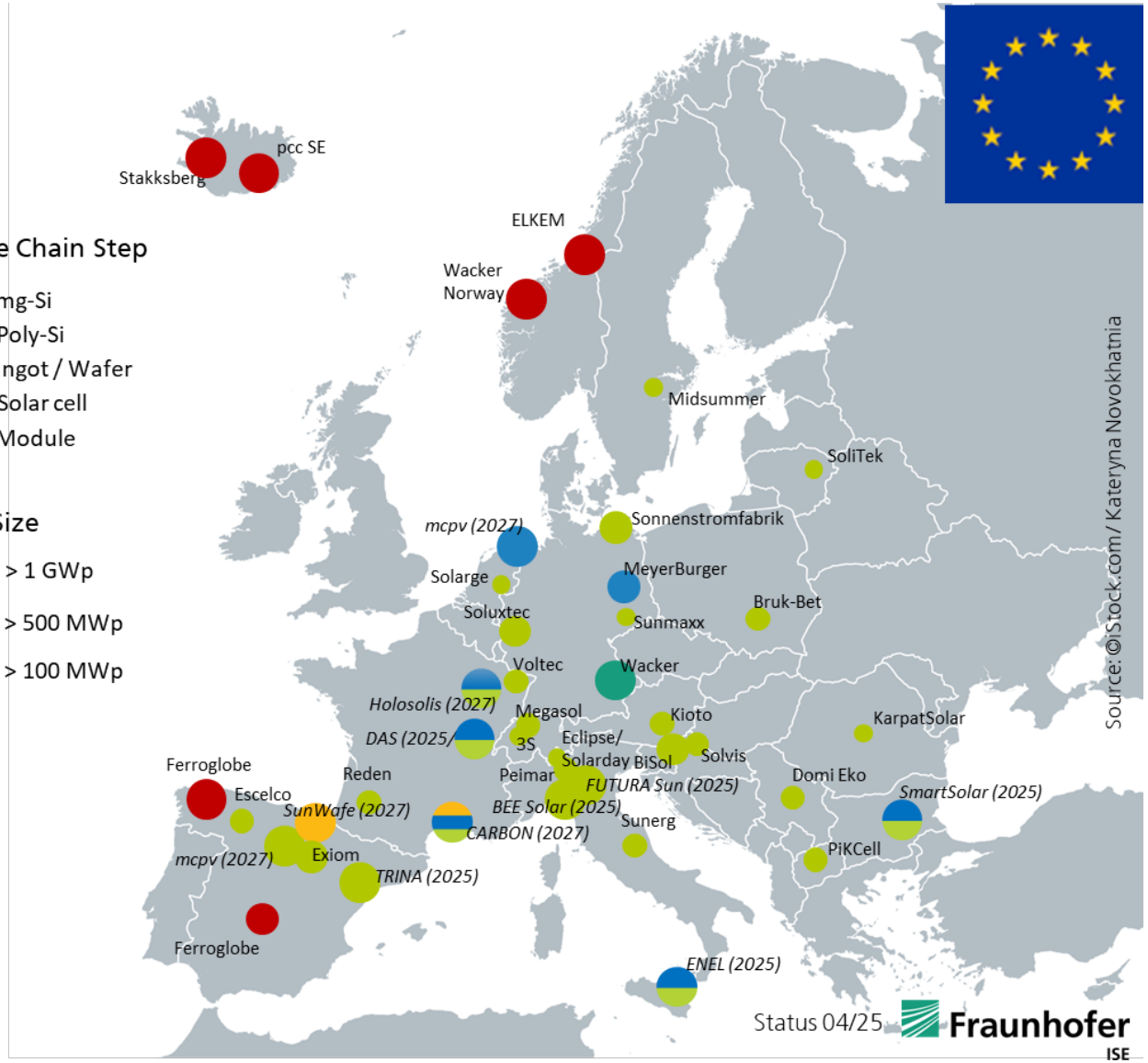
Training / Skills

EU PV Landschaft – Aktuelle Situation

Status Quo in Europa

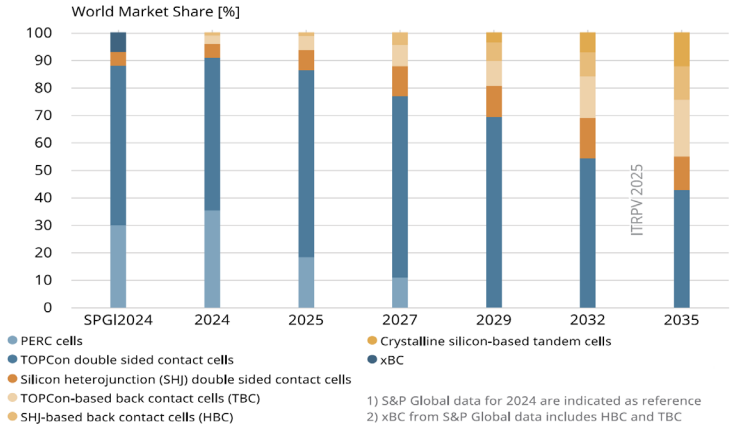
- Viele Hersteller von PV-Modulen, allerdings fast alle mit kleiner Produktionskapazität (<1 GWp/a)
- Produktionskapazität für Zellen von <5 GWp/a
- Keine aktive Ingot- und Waferproduktion
- Ein Polysilizium-Hersteller



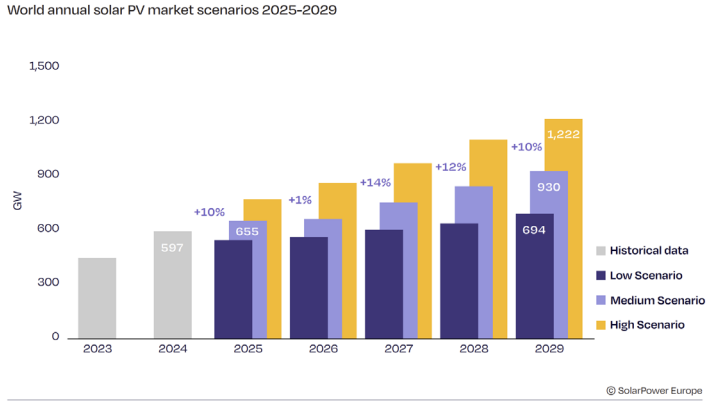


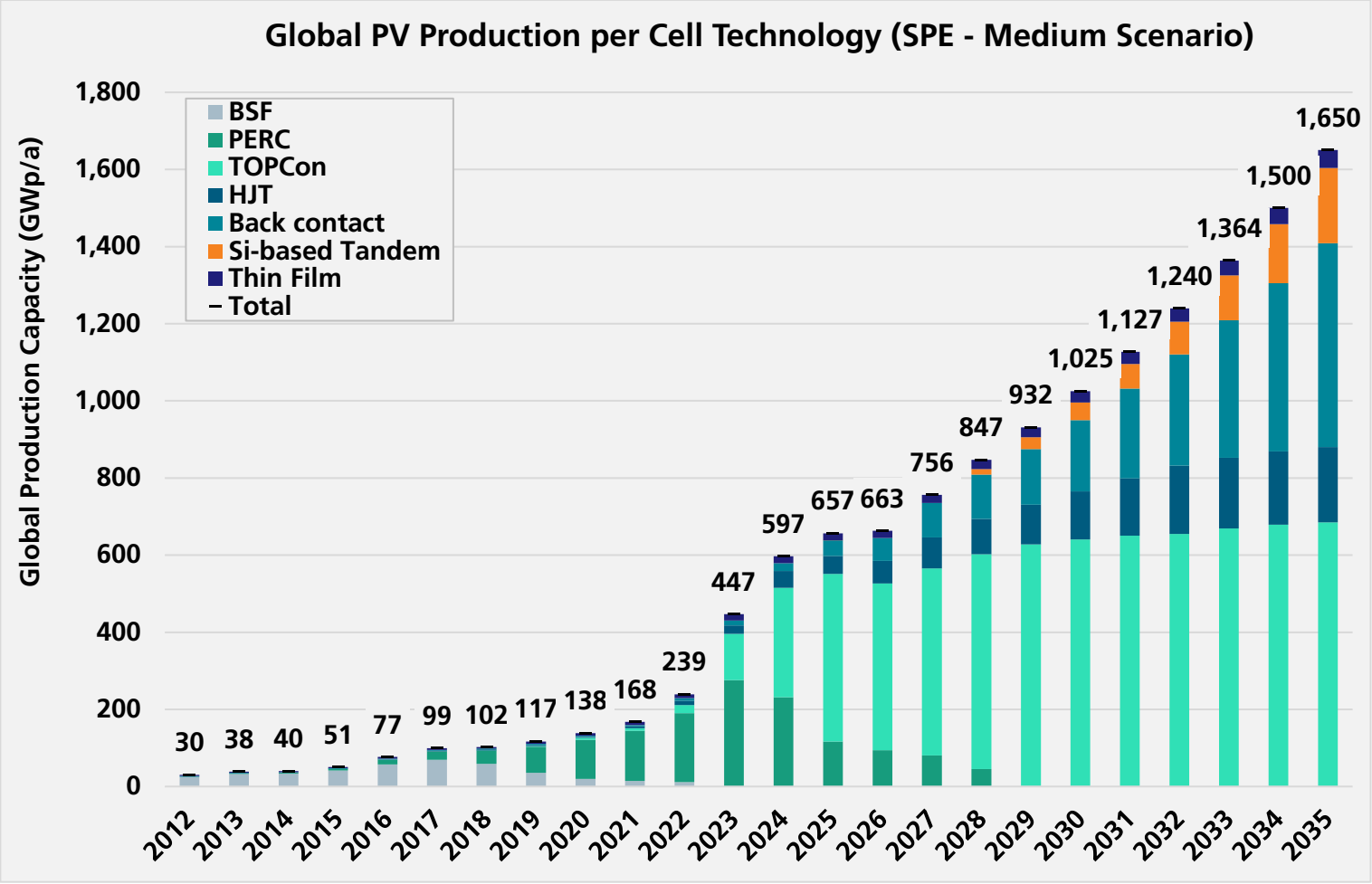
Kombinierte prognostizierte Marktanteile der Zelltechnologie und globale PV-Marktentwicklung

Prognose Zelltechnologie [1]



Prognose Entwicklung PV-Markt [2]





Quellen: Der Anteil der Zelltechnologie basiert auf [1] International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) - vdma.org – VDMA, 2024 Results, 16. Edition, 2025. Das Szenario der PV-Marktentwicklung basiert auf der „Medium Scenario“ Marktprognose in [2] Global Market Outlook for Solar Power 2025-2029 - SolarPower Europe. Die PV-Produktionskapazitäten für 2030 - 2035 wurden mit einer Steigerung von 10% auf das Vorjahr hochgerechnet (analog zum Jahr 2029 in der Prognose von SolarPower Europe). Es wird zudem angenommen, dass der Dünnschichtanteil über 2028 hinaus bei 3 % bleiben wird.

Stärken der deutschen / europäischen PV-Akteure (Industrie & Institute)

Umfassendes Know-how in der PV-Produktionstechnologie, gestützt auf eine lange Innovationsgeschichte

- Skalierung und Kostensenkung in der PV-Wertschöpfungskette durch die Lieferung von Anlagen mit hohem Durchsatz nach China (2010–2020)
- Übergang von Al-BSF zu PERC zu TOPCon/HJT/XBC auf der Grundlage europäischer PV-Anlagenentwicklungen

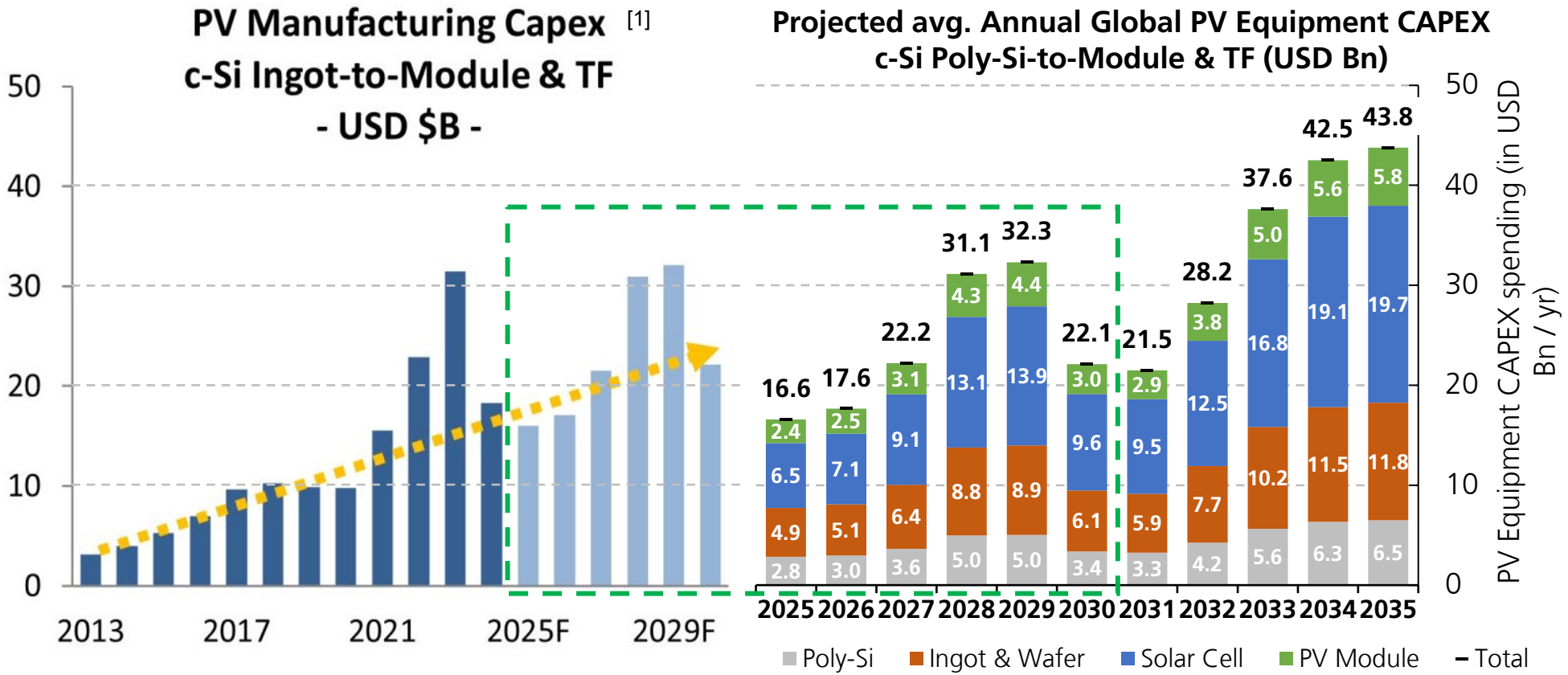
Nach 2020: Europäische Anlagen wurden in großem Umfang kopiert und wirtschaftlich aus dem chinesischen Markt verdrängt.

Heute noch immer starkes Portfolio und Innovationskraft der europäischen PV-Anlagenhersteller.

- Umfassendes Angebot an Anlagenlieferanten, die wettbewerbsfähige Lösungen außerhalb Chinas liefern können.
- Enge Zusammenarbeit mit weltweit führenden unabhängigen Forschungsinstituten, die fortschrittliche F&E-Partnerschaften ermöglichen.

Weiterhin herausfordernd für deutsche PV-Maschinenbauer im globalen PV-Markt zu bestehen!

Prognostizierte durchschnittliche jährliche weltweite Investitionen in PV-Produktionsequipment (2025–2035) – Der „PV-Solarcoaster“



Trotz der Herausforderungen bieten sich große Chancen für PV-Maschinenbauer aus Deutschland!

Graph links: [1] Finlay Colville, PV-Tech Research, March 2025, Graph rechts: Eigene Berechnung auf Basis der PV-Markt- und Technologieentwicklung auf voriger Folie sowie Daten zu PV-Equipment Anschaffungskosten.

Staatlich gefördertes Garantieprogramm als mögliche Lösung zur Unterstützung von schlüsselfertigen Projekten und einzigartigen Technologien

Ausgangslage PV-Maschinenbau in D/EU

- Deutscher Maschinenbau spielt Schlüsselrolle für die Herstellung von PV-Produkten
- Überkapazität durch PV-Maschinenbauer aus China
- Global dominieren Turnkey-Projekte den Wettbewerb – in Deutschland nicht verfügbar
- Turnkey erfordert umfangreiche Garantien/Sicherheiten – in Deutschland unzureichend verfügbar

Folge: Schwachstelle für den Export von PV-Equipment

Lösungsansatz: Finanzierungsmechanismus für deutsche/europäische Konsortien zur globalen Wettbewerbsfähigkeit.

Lösungsansatz

Staatlich gestützte Exportgarantie für PV-Schlüssel-technologien um aufstrebende Märkte zu erschließen.

- Bildung von **Konsortium aus Technologielieferanten**
- Bildung einer **Projektgesellschaft** mit Institut oder Maschinenbauer als Koordinator/Planer/EPC
- Dieser integriert Partner-Systeme in Turnkey-Angebote

für spezifischen Kunden oder Ausschreibung oder als Anbieter für Turnkey-Projekte.

Staatlich unterstützte Garantie kann genutzt werden für: Bietungsgarantie, Vorauszahlungen, Leistungsgarantie, Finanzierung für den Kunden

Wie kann ein erfolgreicher Technologietransfer weiter unterstützt werden? Konzept einer Pilotlinie

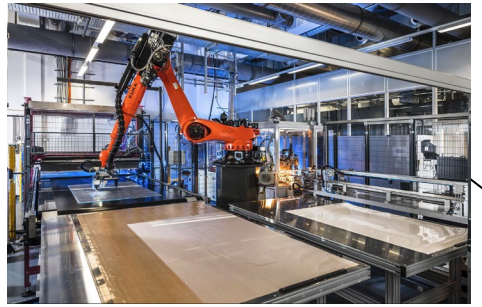
„Eine **Pilotlinie** ist eine **kleine, vorkommerzielle Produktionslinie**, die begrenzte Mengen an PV-Produkten (z.B. Solarzellen oder -module) unter **Verwendung neuer Technologien oder Verfahren** herstellt. Sie dient als **Zwischenschritt** auf dem Weg **zur industriellen Serienfertigung** und **schließt die Lücke zwischen Laborforschung und kommerzieller Fertigung**.“ [1]

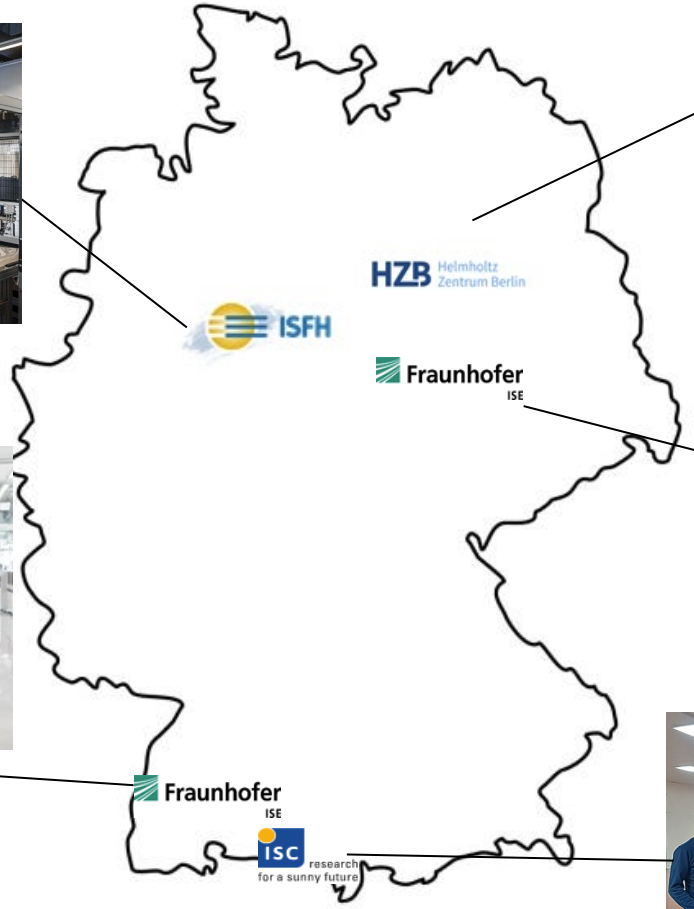
Zweck einer Pilotlinie:

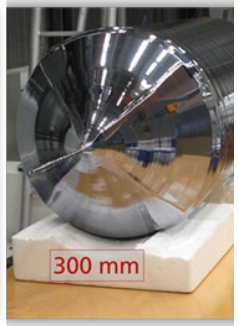
1. **Risikominderung**
2. **Prozessvalidierung**
3. **Skalierungsbereitschaft**
4. **Kostenprognose**
5. **Markttests**
6. **Schulung**

[1] Übersetzt und adaptiert aus Pilot line – Wikipedia, dort nach [2] European Commission, „Pilot Production in Key Enabling Technologies”, doi:10.2873/944439 und [3] Butter et al. (2015). “Assessing support of pilot production in multi-KETs activities”.

Kombinierte Stärke der F&E-Landschaft
Verteilte Pilotlinie auf Basis der vorhandenen Kapazitäten der Institute







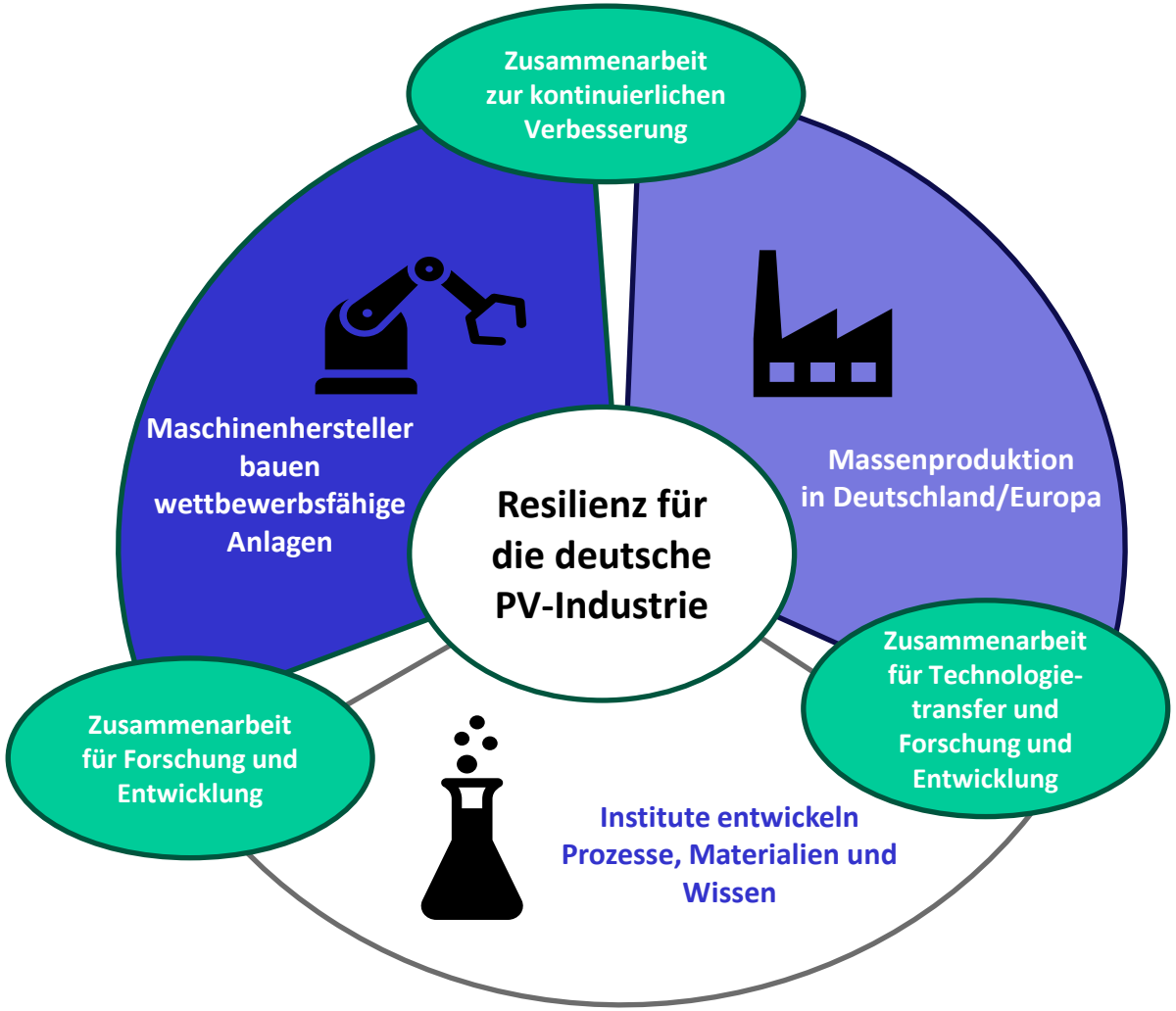
HZB Helmholtz Zentrum Berlin ISFH Fraunhofer ISE FVEE ForschungsVerbund Erneuerbare Energien Renewable Energy Research Association

PV-Technologien in Forschungsinstituten: Heute / in 2 Jahren

	TRL-Stufe von Produktionsanlagen und -prozessen	Ingot/Wafer		TOPCon		HJT		p-/n-Poly IBC		Pero / c-Si-Tandem		Modul-verbindung	
1	Grundlagenforschung	jetzt	2 Jahre	jetzt	2 Jahre	jetzt	2 Jahre	jetzt	2 Jahre	jetzt	2 Jahre	jetzt	2 Jahre
2	Technologiekonzept formuliert									32			
3	Experimenteller Nachweis des Konzepts									27			
4	Technologie im Labor validiert			26,1				26.1					
5	**Fortschrittliche Skalierung:** Erste Werkzeuge/Prozesse mit hohem Durchsatz in Endgröße					24,5		25,5			32		
6	**Machbarkeit:** Hoher Durchsatz und hohe Qualität in allen Phasen	G12 150										ECA	
7	**Pilotphase:** In kontinuierlicher Betriebsumgebung demonstriert	M10 130	G12 130	24,5	25,5		25,5	24,2	26			Stringer	ECA Stringer
8	**Industrialisierungsphase:** Massenproduktion rund um die Uhr – hoher Durchsatz im GW-Maßstab	Transfer		Transfer		Transfer		Transfer				Transfer	
9	**Reifephase:** Standard und marktbeherrschend in seiner Phase												

Motivation: Warum ist eine Pilotlinie für alle Beteiligten wichtig?

- **Zusammenarbeit zwischen Instituten für Technologietransfer:**
  - Ergänzende Werkzeuge für dieselbe Technologie
  - Ergänzendes Toolset für Technologie-Upgrades
- Möglichkeit zur **Anlagenerprobung für Maschinenhersteller**
- **Kontinuierlicher Betrieb** gut für die Industrie, da derzeit keine Pilotproduktion in der EU
- **FuE-Projekt** soll die **gemeinsame Pilotlinie detailliert beschreiben** mit
  - Kernkompetenzen der Institute und
  - Kostenoptimierung durch Beseitigung von Engpässen



Erfolgreiche Technologie-Transfer Beispiele

News #22

TALON PV und Fraunhofer ISE errichten Pilotfertigung in Freiburg

02. September 2025

Der amerikanische Solarzellenhersteller TALON PV baut eine 4 Gigawatt-Fertigung für hocheffiziente TOPCon Solarzellen in den USA, mit anvisiertem Produktionsstart Ende 2026. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE unterstützt das Unternehmen dabei. Im Rahmen des Hochlaufs schafft das Forschungsinstitut in seinem Photovoltaik Technologie Evaluations Center (PV-TEC) in Freiburg eine Pilotfertigung für TALON PVs TOPCon-Solarzellen, an der TALON PV sein finales Produkt und das Fertigungs-Setup perfektionieren kann. Auf der RE+ 2025 vom 8. bis 11. September in Las Vegas, geben Wissenschaftler des Fraunhofer ISE einen Überblick über unterschiedliche Photovoltaik-Fabrikkonzepte und Einblicke in die Technologieauswahl.

© Fraunhofer ISE

Blick ins Fraunhofer ISE Photovoltaik-Technologie Evaluations Center PV-TEC.

»Die Kopie der Fertigungslinie von TALON PV erlaubt es uns, sowohl Produkt also auch Prozess der neuen Fabrik noch vor Produktionsbeginn zu optimieren«, sagte Dr. Jochen Rentsch, Leitung PV-Technologie-Transfer am Fraunhofer ISE. »Das spart Zeit und Geld.« Dafür ergänzt TALON PV den bestehenden Anlagenpark des Fraunhofer ISE in seinem PV-TEC um die spezifischen Fertigungsanlagen, wie sie in der 4 GW Fertigung in den USA stehen werden. Die Phase der Technologieauswahl und der Planung des Fabriklayouts sind bereits abgeschlossen. Des Weiteren trainiert Talon PV Personal an den Anlagen in der Pilotline.

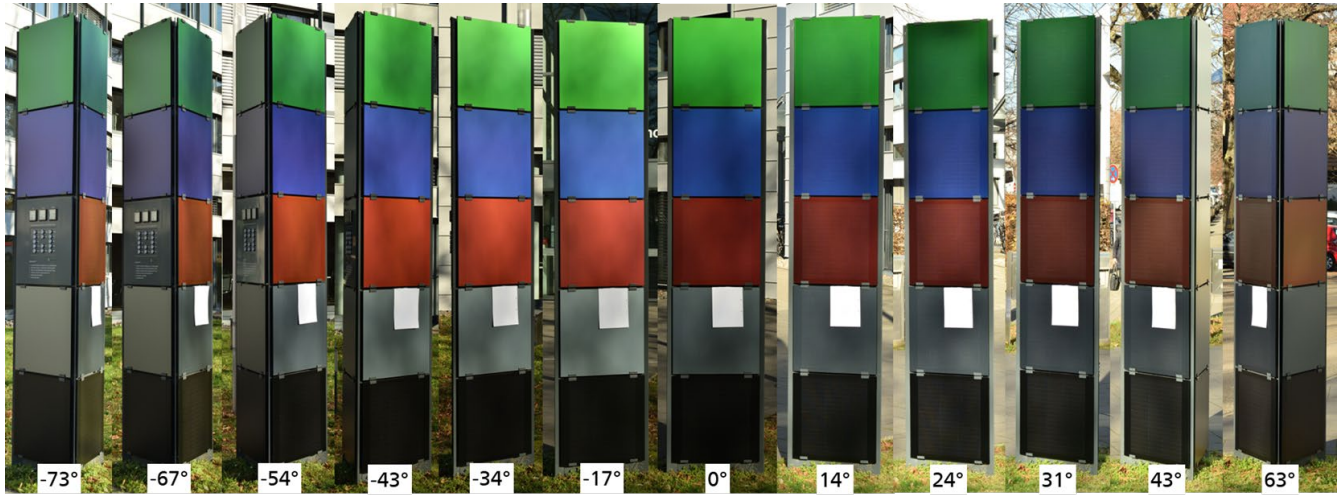
Nach dem Produktionshochlauf der US-Fabrik kann an der »kleinen Schwester« der Fertigungs-Linie in Freiburg an der Weiterentwicklung der Solarzellen gearbeitet werden. »Mit TOPCon-Solarzellen im G12 Format bringen wir den neusten Stand der Zelltechnik auf den Markt«, sagte Adam Tesanovich, Mitgründer und CEO von TALON PV. »Gleichzeitig blicken wir schon jetzt auf die nächste Solarzellen-Generation, insbesondere Perowskit-Silizium-Solarzellen. Das Fraunhofer ISE ist der ideale FuE Partner, um diese Entwicklungen mit uns voranzutreiben.«

Erfolgreiche Technologie-Transfer Beispiele

Morphocolor Technologie

Fraunhofer ISE

Millerntorstadium St. Pauli



Mehrfamilienhaus [1]

[1] Referenzprojekt des Herstellers Megasol Energie AG, siehe https://store.megasol.ch/de_CH/reference/4563-mehrfamilienhaus-in-thalwil

Erfolgreiche Technologie-Transfer Beispiele

Matrix-Schindel Modul-Technologie

Supported by:

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action

on the basis of a decision by the German Bundestag

2019

Start of funded R&D activities

Prototype machine developed

Shirkan

Fraunhofer ISE

2021

Joint Venture

Zahoransky AG and M10 Industries AG launch M10 Solar Equipment

M10 Solar Equipment

2022

Product Launch

Presentation of the SURFACE on the Intersolar in Munich

inter solar award 2022 WINNER

GERMAN INNOVATION AWARD '22 WINNER

2023

Start of funded industrialization

Shirkan II

Supported by:

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action

on the basis of a decision by the German Bundestag

Q2/2024

Mass Production

Installation in industrial mass production line

Q1/2025

Shingle-Matrix products available

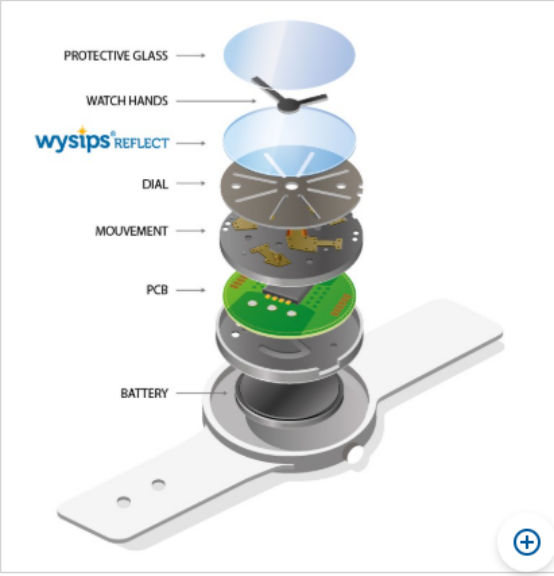
Phase I: R&D ✓

Phase II: Market Introduction ✓

Phase III: Scale-up

Erfolgreiche Technologie-Transfer Beispiele

HZB Know-How in Armbanduhren von Garmin



Die Wysips® Technologie kann beispielweise in eine Armbanduhr integriert werden und diese teilweise oder ganz mit Strom versorgen. © Garmin

Franck Aveline, Vizepräsident Consumer Product Line, Garmin (früher Sunpartner):

"Unsere Partner am HZB haben unser Anliegen verstanden und uns bereits in den letzten Jahren mit ihrer Expertise und ihren technischen Möglichkeiten im Bereich der Dünnschichtphotovoltaik unterstützt. Diese Vereinbarung ist ein neuer Schritt, den wir gemeinsam gehen, um die Wysips® Lösungen auf den Markt zu bringen," sagt Franck Aveline, Vizepräsident Consumer Product Line bei Sunpartner Technologies.

Vorteile für unseren Partner Garmin

- Das HZB liefert Garmin einbaufertige Prototypen- und Vorserienkomponenten.
- Das HZB stellt durch Entsendung von Technologen den reibungslosen Transfer in Garmins Serienproduktion sicher.

HZBs Beitrag

- Technologielieferant der Solarzellen in Wysips® Reflect.

HZB Know-How in Solarmodulen von Oxford PV

Blick in das HySPRINT-Labor am HZB, in dem Forscherinnen und Forscher Perowskit-Solarzellen herstellen, vermessen und testen. Foto: HZB/M. Setzpfandt

Foto: HZB/M. Setzpfandt

Dr. Simon Kirner, Entwicklung, Oxford PV

"Die Zusammenarbeit ist für uns als Oxford PV bislang sehr gut gelaufen. Wir haben immer sehr schnell von HySPRINT die Bottom-Zellen und die Messresultate erhalten. Die Kooperation mit HySPRINT ist für uns sehr wertvoll, da wir auf diese Art und Weise sehr zeitnah Aussagen über die Qualität der Tandemsolarzellen erhalten, die unsere eigenen Forschungsarbeiten unterstützen und zu sehr hohen Wirkungsgraden führten. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit ist es uns gelungen, ein weiteres großes Fördervorhaben ('ProTandem') einzuwerben. Wir freuen uns auf die weitere Zusammenarbeit."

Vorteile für unseren Partner Oxford PV

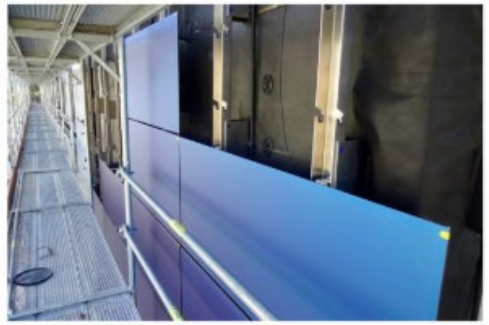
- Das HZB entwickelt Funktionsschichten in enger Zusammenarbeit mit Oxford PVs eigenen Experten.
- Das HZB entwickelt und transferiert in Oxford PVs Produktion vorqualifizierte Prozesse.
- Das HZB führt in enger Abstimmung mit Oxford PV Auftragsmessungen durch.

HZBs Beitrag

- Technologielieferant einzelner Funktionsschichten in Perowskit-Silizium-Tandem-Solarzellen.

Erfolgreiche Technologie-Transfer Beispiele

Beratungsstelle für bauwerkintegrierte Photovoltaik (BAIP)



HZB Helmholtz Zentrum Berlin

Das BAIP ist eingebettet in das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH und damit nah an Forschung und Entwicklung zu Photovoltaik. Sein einzigartiges Reallabor für BIPV in Berlin-Adlershof dient mit seiner solaren Fassade sowohl als Forschungs- als auch als Demonstrationsobjekt.

Die Wissenschaftler*innen studieren die Wechselwirkung zwischen der solaren Fassade und dem eigentlichen Gebäude auf lange Zeit. Gleichzeitig ermöglicht es Erfahrungen aus Planung, Errichtung und Betrieb aus Sicht der Architektur und des Facilitymanagements. Die Beratungsstelle bietet hier regelmäßig Führungen für Schüler*innen, Studierende, Firmen oder einfach BIPV-Interessierte an. Bei Interesse melden Sie sich gerne bei uns!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Vielen Dank an unsere Kooperationspartner und Kollegen für die gute Zusammenarbeit!

Dr. Sebastian Nold und Co-Autoren