

Renaissance der PV-Fertigung in Europa – Chancen, Risiken und Herausforderungen

Dr. Jochen Rentsch - Fraunhofer-ISE

Dr. Stefan Bordihn – ISFH

Prof. Dr. Ulrich W. Paetzold - KIT

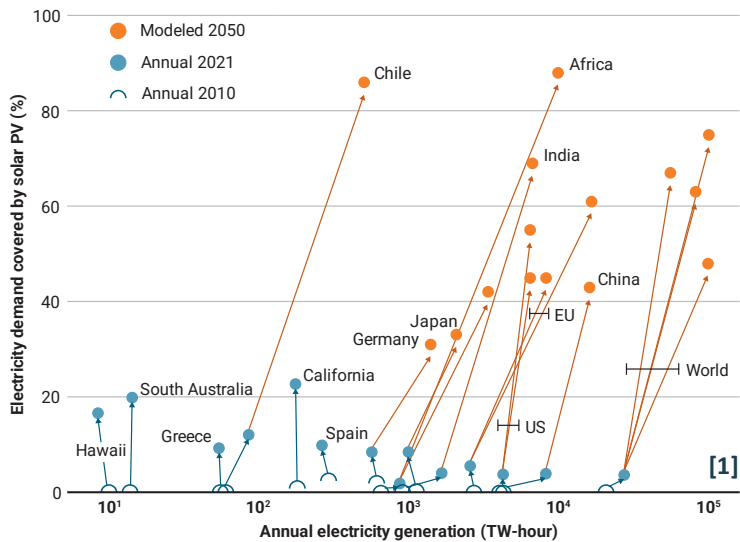
Dr. Kaining Ding - FZ Jülich

Dr. Jan-Philipp Becker - ZSW

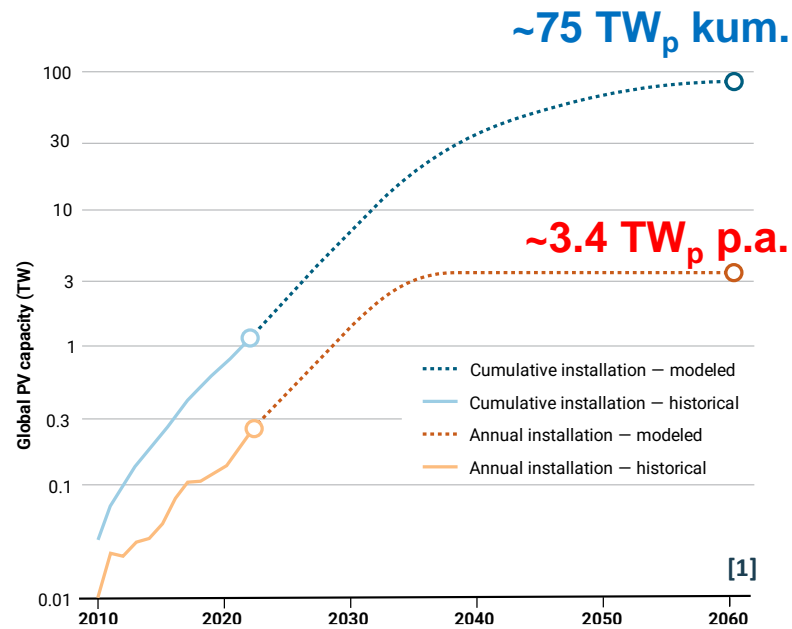
Berlin, 10.10.2023

Science: PV-Aufbruch ins Multi-Terawatt-Zeitalter

Photovoltaik wird bis 2050 tragende Säule des globalen Energiesystems



EU, European Union; PV, photovoltaics.



POLICY FORUM [1]

RENEWABLE ENERGY

Photovoltaics at multi-terawatt scale: Waiting is not an option

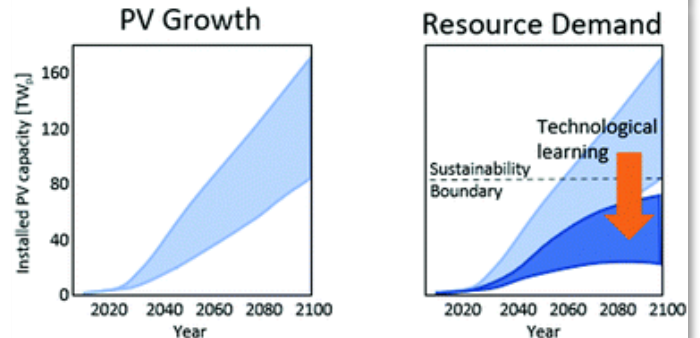
25% annual PV growth is possible over the next decade

By Nancy M. Haegel, Pierre Verlinden, Marta Victoria, Pietro Altermatt, Harry Atwater, Teresa Barnes, Christian Breyer, Chris Case, Stefaan De Wolf, Chris Deline, Marwan Dharmrin, Bernhard Dimmler, Markus Gloeckler, Jan Christoph Goldschmidt, Brett Hallam, Sophia Haussener, Burkhard Holder, Ulrich Jaeger, Arnulf Jaeger-Waldau, Izumi Kaizuka, Hiroshi Kikusato, Benjamin Kroposki, Sarah Kurtz, Koji Matsubara, Stefan Nowak, Kazuhiko Ogimoto, Christian Peter, Ian Marius Peters, Simon Philipps, Michael Powalla, Uwe Rau, Thomas Reindl, Maria Roumpani, Keiichiro Sakurai, Christian Schorn, Peter Schossig, Rutger Schlatmann, Ron Sinton, Abdelilah Slaoui, Brittany L. Smith, Peter Schneidewind, BJ Stanbery, Marko Topic, William Tumas, Juzer Vasi, Matthias Vetter, Eicke Weber, A. W. Weeber, Anke Weidlich, Dirk Weiss, Andreas W. Bett

Technological learning for resource efficient terawatt scale photovoltaics

[2]

Jan Christoph Goldschmidt, ^{1b}*^a Lukas Wagner, ^{1b}^a Robert Pietzcker ^{1b} and Lorenz Friedrich ^{1b}^a



Ziele bis 2050

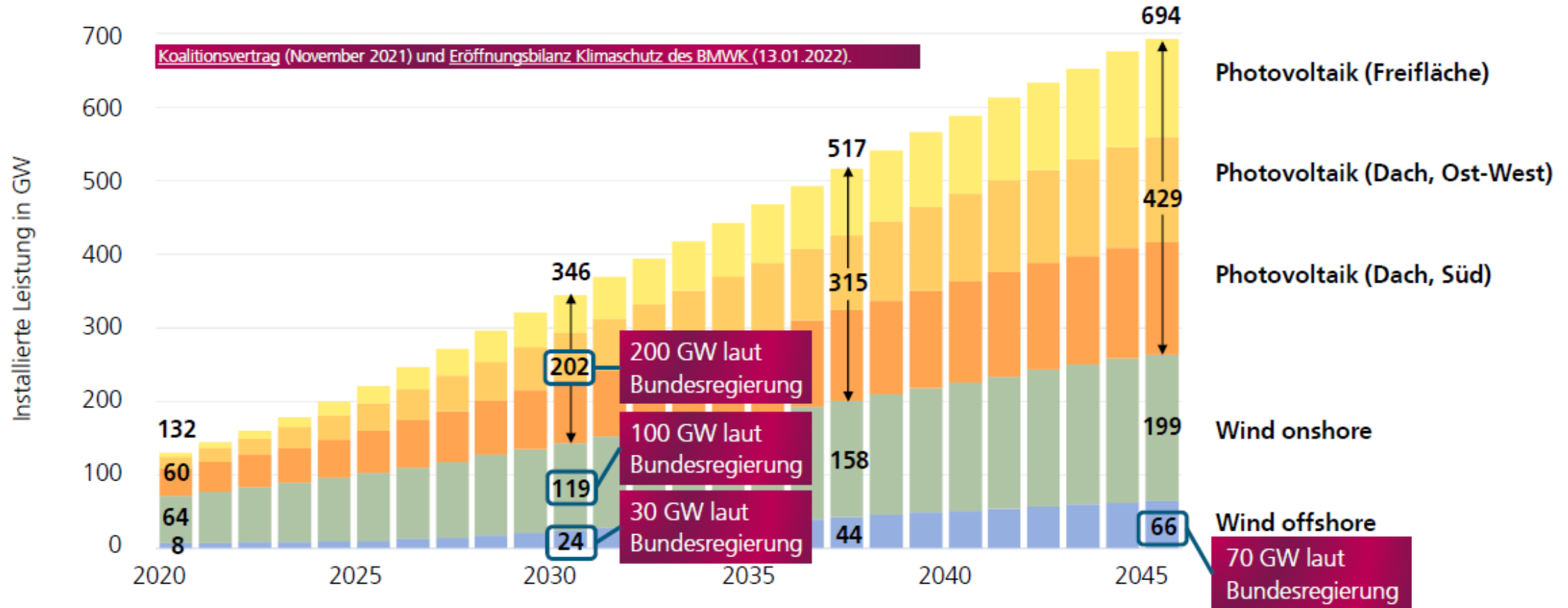
- ~75 TW_p global kumulierte PV-Kapazität mit ~3.4 TW_p Zubau pro Jahr
- Globaler Ressourcenbedarf für Photovoltaik wird erheblich zunehmen

Wie ist diese Zunahme „nachhaltig“ erreichbar?

[1] N. Haegel et al., *Photovoltaics at multi-terawatt scale: Waiting is not an option*, 2023, *Science*, 380 (6640), DOI: [2] J.C. Goldschmidt et al., *Technological learning for resource efficient terawatt scale photovoltaics*, *Energy Environ. Sci.*, 2021, 14, 5147-5160, DOI: 10.1039/D1EE02497C

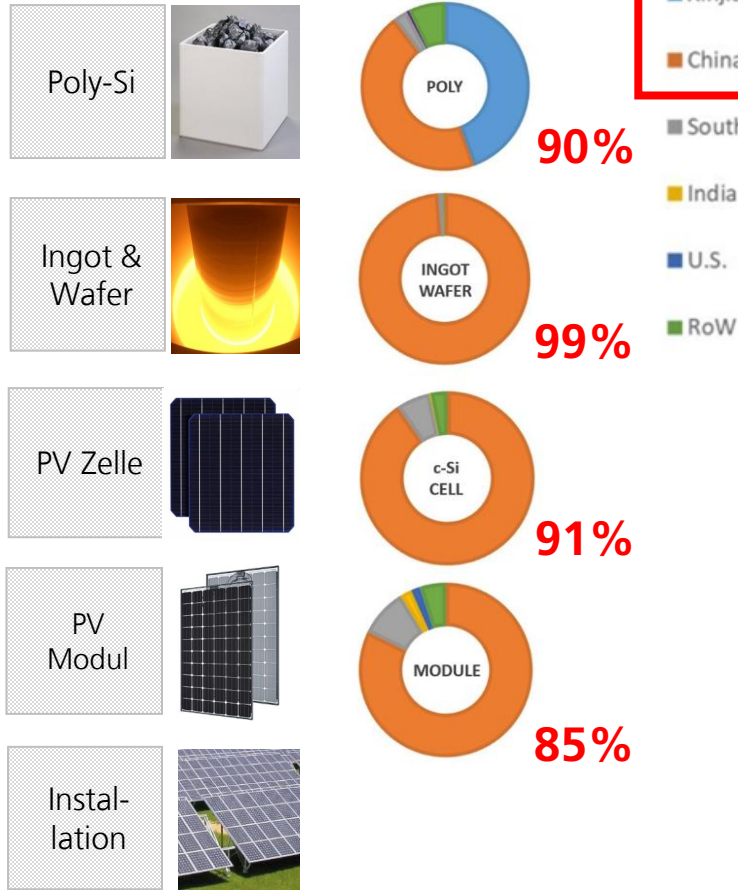
Ergebnisse der Systemenergieanalyse für Deutschland

Ausbau der zentralen Wandler der erneuerbaren Energien Wind und Sonne (Referenzszenario)



Verteilung Herstellkapazitäten über die Wertschöpfungskette

Starke Abhängigkeit von China



Fehlende Teile für Europa

5+ Wie China den Wiederaufbau der deutschen Solarindustrie torpediert

Europas Solarbranche ist nahezu vollständig abhängig von Lieferungen aus China. Nun droht Peking implizit mit Exportbeschränkungen – und könnte damit die deutsche Energiewende abwürgen. Von Christoph Giesen und Claus Hecking, Peking und Hamburg

ABO

Handelsblatt

Energie

Abhängigkeit in der Energiewende – Das China-Risiko der deutschen Solarindustrie

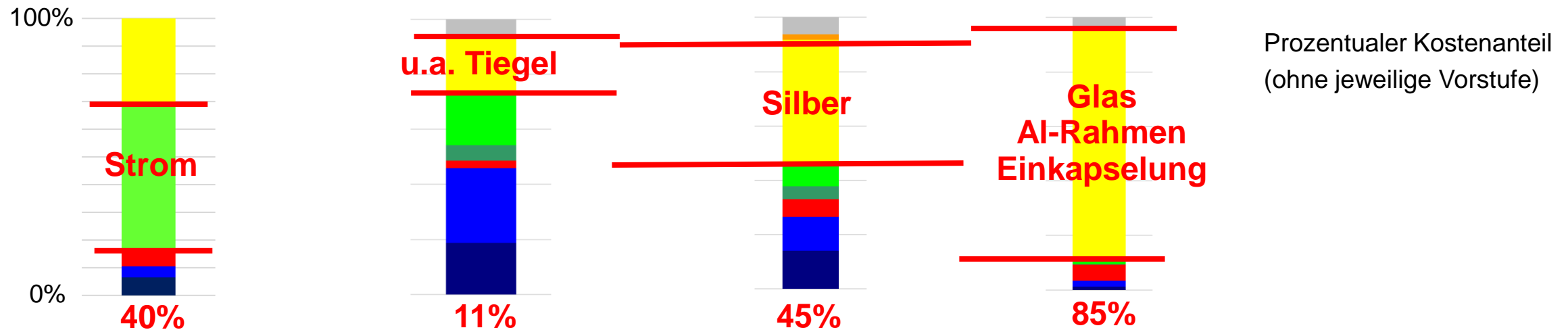
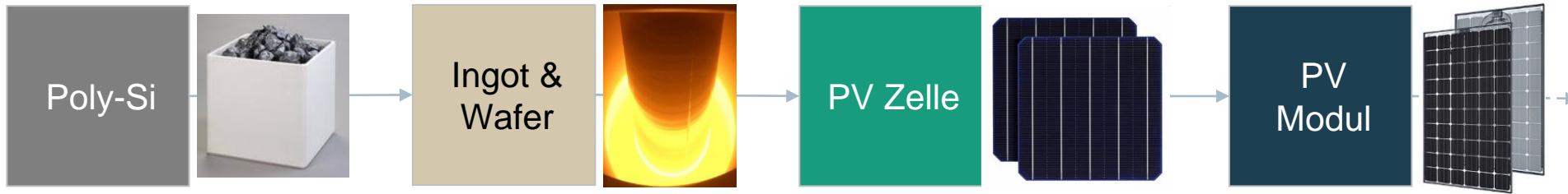
Die deutsche Photovoltaikbranche befindet sich in einem gefährlichen Abhängigkeitsverhältnis zur Volksrepublik. Die Regierung in Peking weiß und nutzt das. Nun reagiert die Bundesregierung.

Pressespiegel Februar 2023

- Extreme Abhängigkeit von China über die gesamte Wertschöpfungskette – Tendenz steigend – auch im Bereich Maschinenbau!
- Im Bereich poly-Si Fertigung große Anteile der Produktion in Region Xinjiang unter kritischen Arbeitsbedingungen (ESG Standards)

PV-Wertschöpfungskette

Operative Kosten (OPEX) und wesentliche Kostenfaktoren



Niedriger und planbarer Strompreis

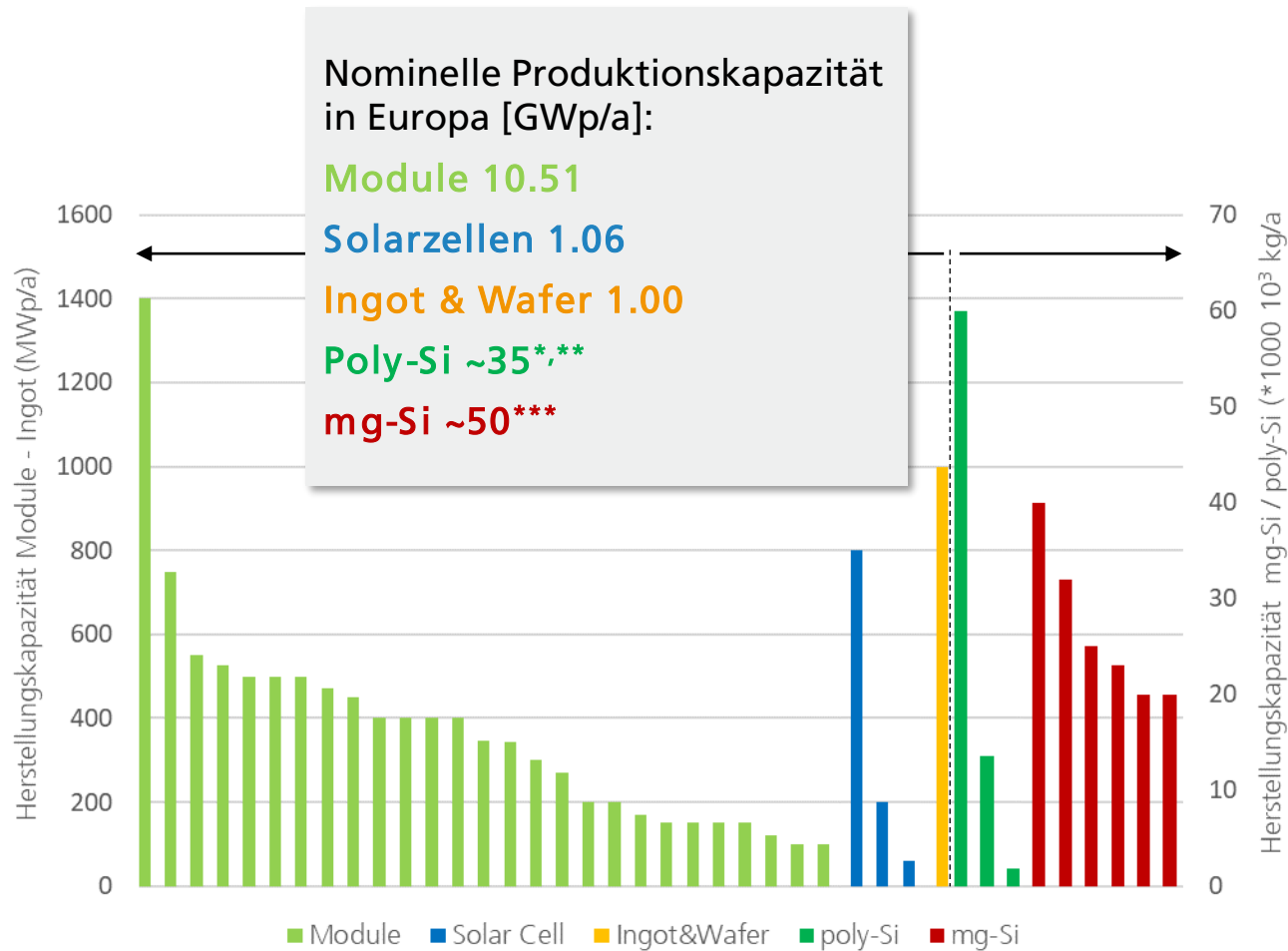
Verbrauchsmaterialien – Supply Chain

Lokale Wertschöpfungskette für kurze Lieferketten entscheidend

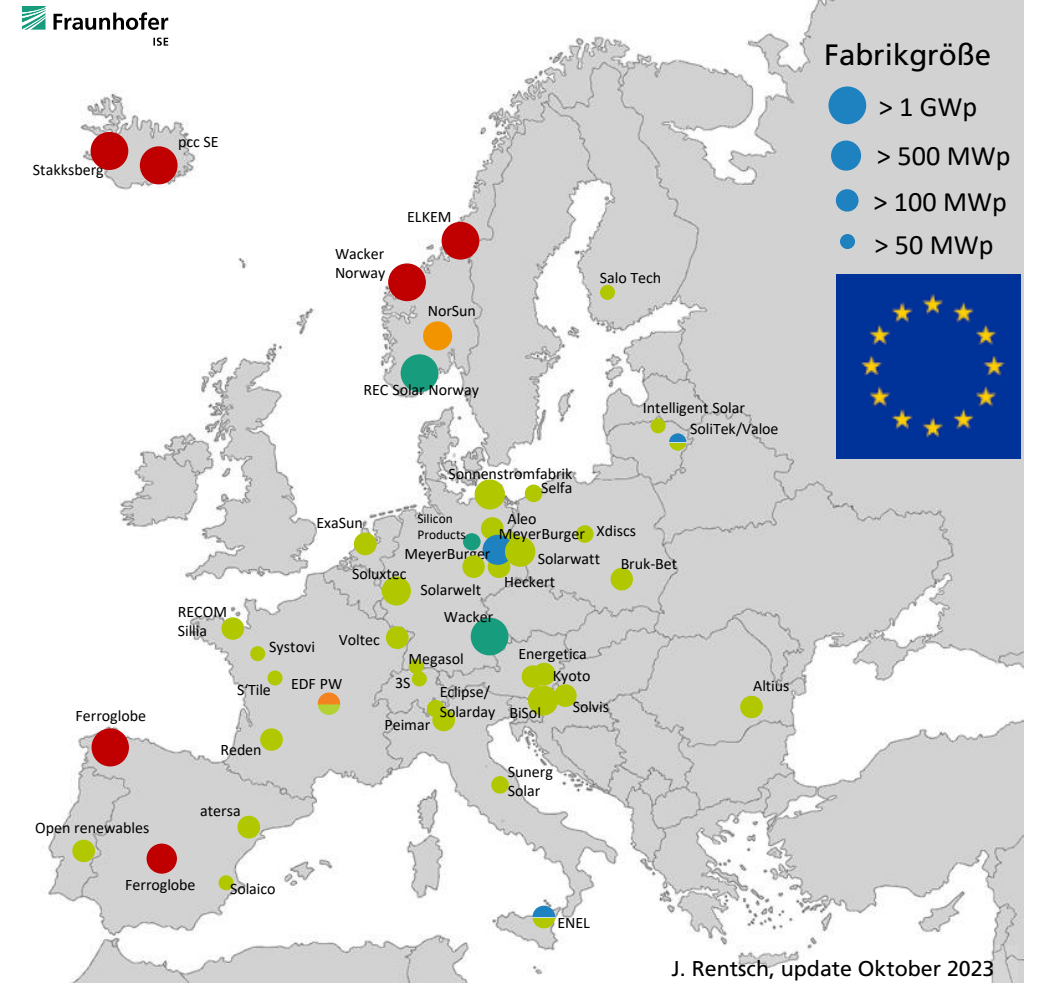
■ Equipment ■ Building and Facilities ■ Labour ■ Parts ■ Utilities ■ Process consumables ■ Waste disposal ■ Yield Loss

Status Quo – PV Landscape in Europa

Überblick Herstellerlandschaft



Source: Map: kartoxjm (fotolia) / europakarte.org



* currently 2,100 kg/MWp poly-Si necessary for Ingots production
 ** majority of EU produced poly-Si is sold into the semiconductor industry
 *** currently 3.150 kg/MWp mg-Si necessary for Ingots production

„Green Deal Industrial Plan“ der EU

Vier Säulen des Green Deal Industrial Plan:

Vereinfachter Rechtsrahmen

- „Netto-Null-Industrie-Gesetz“
- Gesetz zu kritischen Rohstoffen
- Reform des Strommarktes

Zugang zu Finanzmitteln

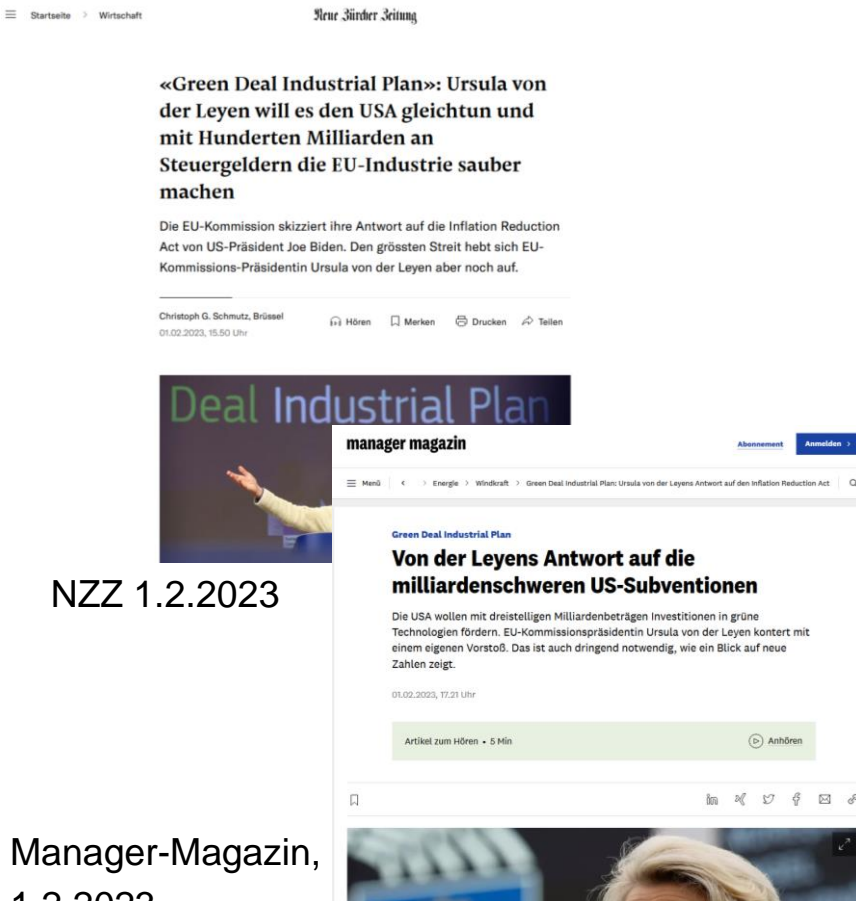
- Überarbeitung allg. Gruppenfreistellungsverordnung
- Verwendung bestehender EU-Mittel
- Mittelfristig: Europ. Souveränitätsfond

Kompetenzen

- „Net-Zero Industry Academies“
- Angleichung öff. und privater Finanzierung für Kompetenzentwicklung

Offener Handel & resiliente Lieferketten

- Netz von Freihandelsabkommen
- Schutz des Binnenmarktes vor unfairem Handel
- „Club“ für kritische Rohstoffe



NZZ 1.2.2023

Manager-Magazin,
1.2.2023

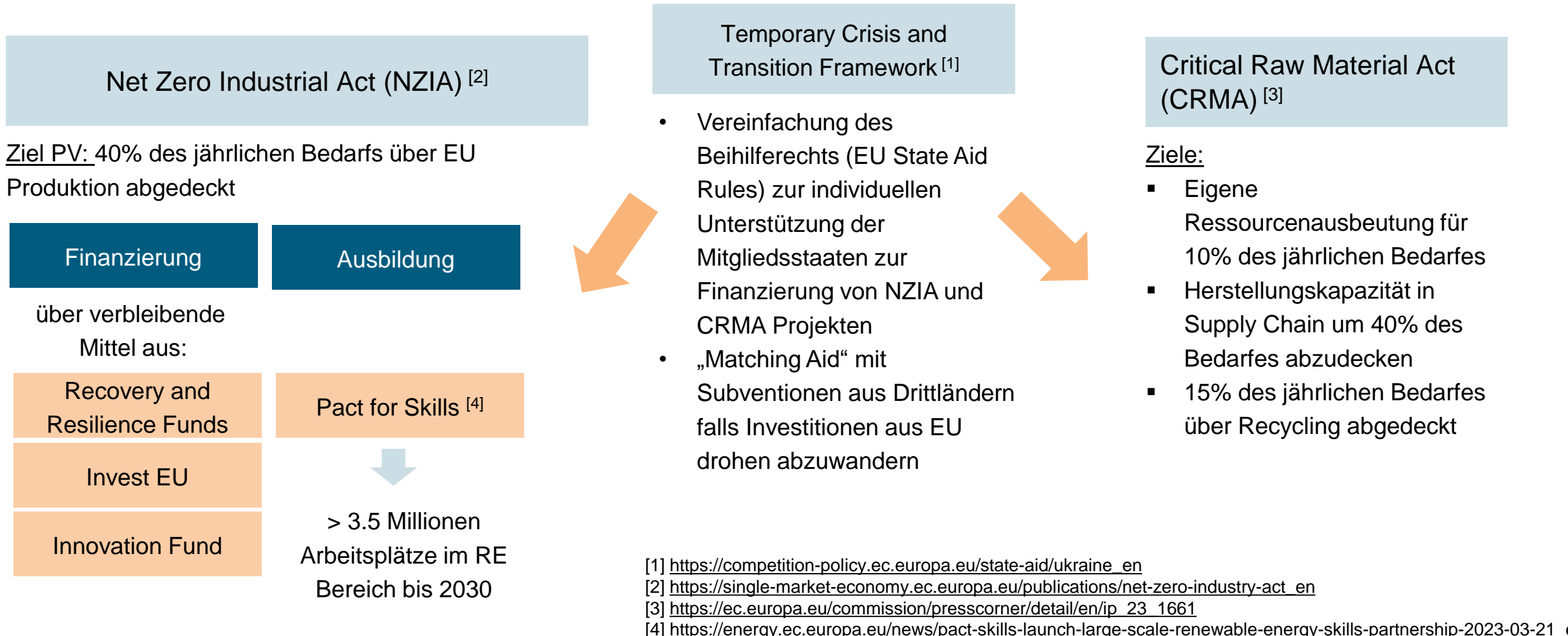


Wir haben die einmalige Gelegenheit, mit Tempo, Ehrgeiz und Zielstrebigkeit den Weg zu weisen, um die industrielle Führungsrolle der EU im schnell wachsenden Sektor der CO₂-neutralen Technologien zu sichern. Europa ist entschlossen, bei der Revolution der sauberen Technologien eine Führungsrolle zu übernehmen«

Ursula von der Leyen

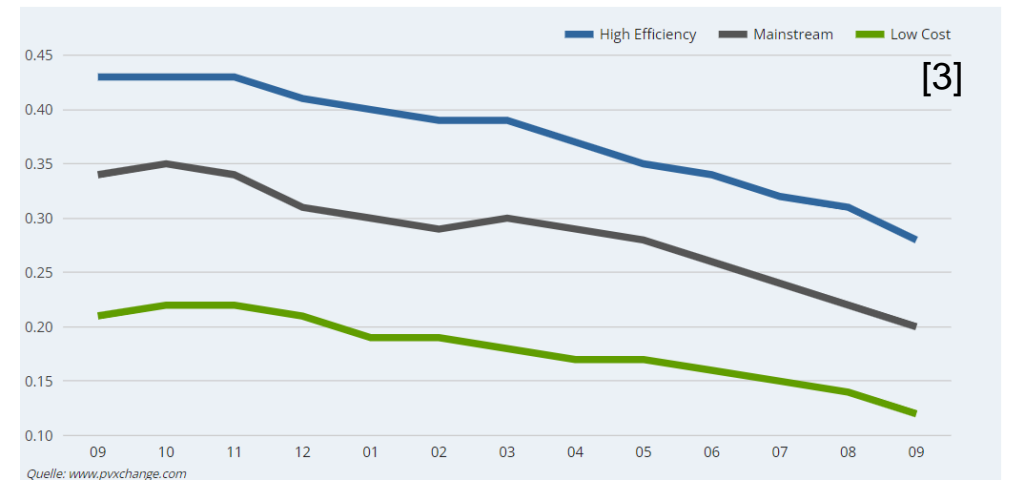
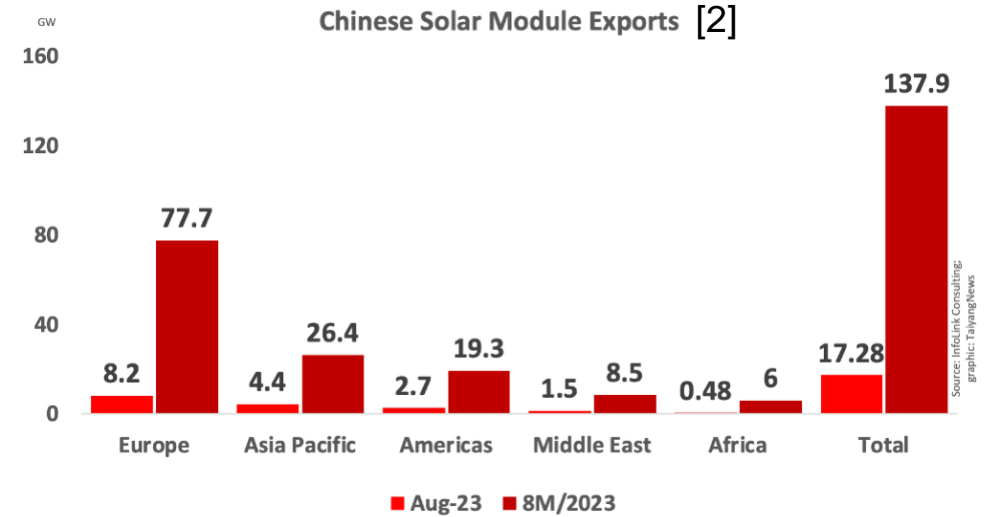
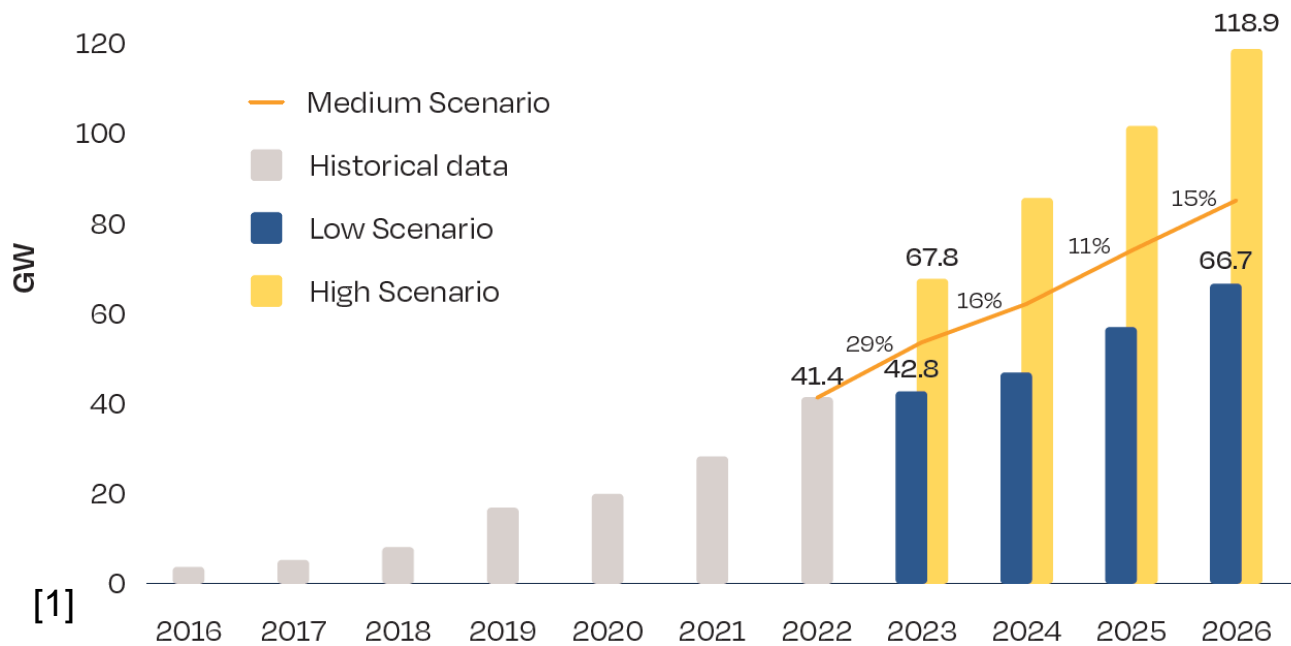
„Green Deal Industrial Plan“ der EU

Effizienzentwicklung kommerzieller Module



Aktuelle Herausforderungen

- Ambitionierte NECP Pläne vieler Mitgliedsstaaten in der EU lassen EU Installationsmarkt schneller wachsen wie angenommen!
- knapp 78 GW (Stand 08/23) an importierten Modulen aus China
- Modulpreise unterbieten Vor-Corona Niveau für Mainstream und High Efficiency Module



Source: [1] EU Market Outlook for Solar Power 2023-26, Solar Power Europe, 2023

[2] InfoLink Consulting

[3] PVxchange.com

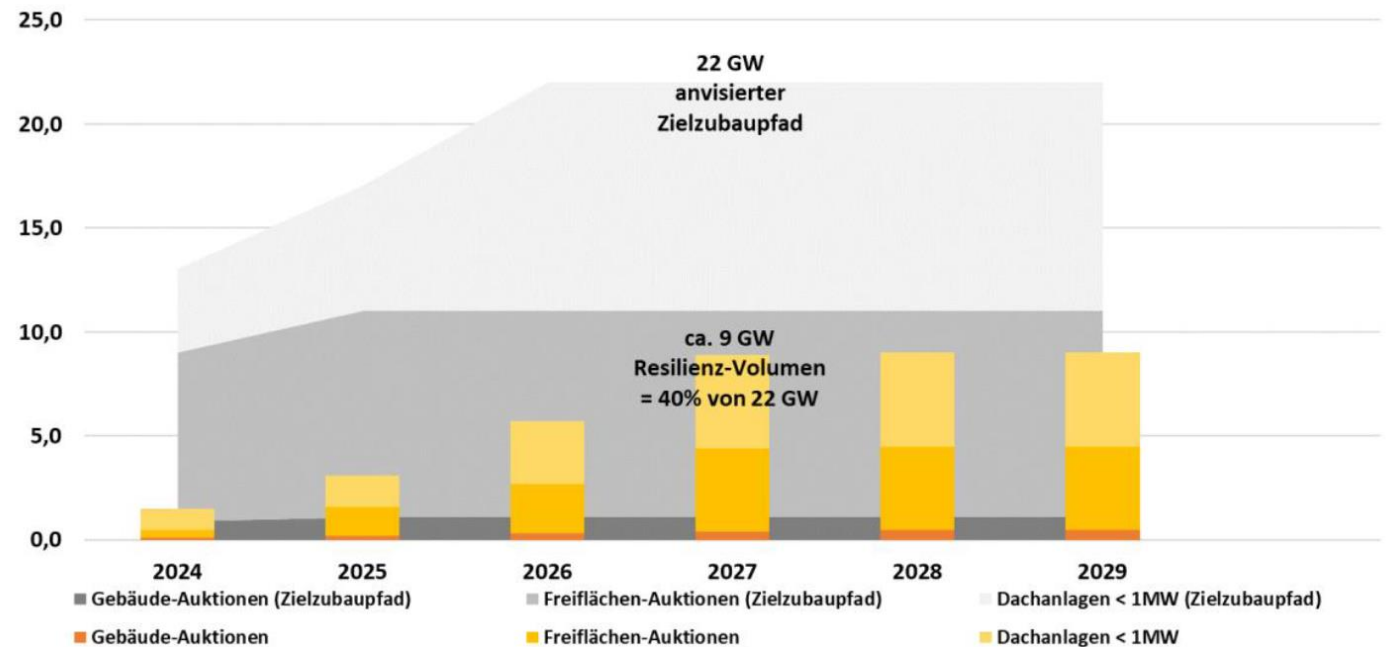
Aktuelle Herausforderungen

Vorschlag des Bundesverband Solarwirtschaft (BSW)

Zum Erreichen des Ziels – 40% Abdeckung aus lokaler Produktion sind schnell umsetzbare, wirkungsvolle Maßnahmen notwendig:

- CAPEX Förderung im Rahmen des BMWK Interessenbekundungsverfahrens
- Höhere Fertigungskosten gegenüber chinesischen Wettbewerbern mittels degressiv ausgelegter **Resilienz-Boni und -Auktionen** ab dem kommenden Jahr abzufedern

Beispiel: Aufwuchspfad der Resilienz-Segmente & anvisierter Zubau [GW]



Aktuelle Technologietrends

Effizienzentwicklung kommerzieller Module

2012 – 2017

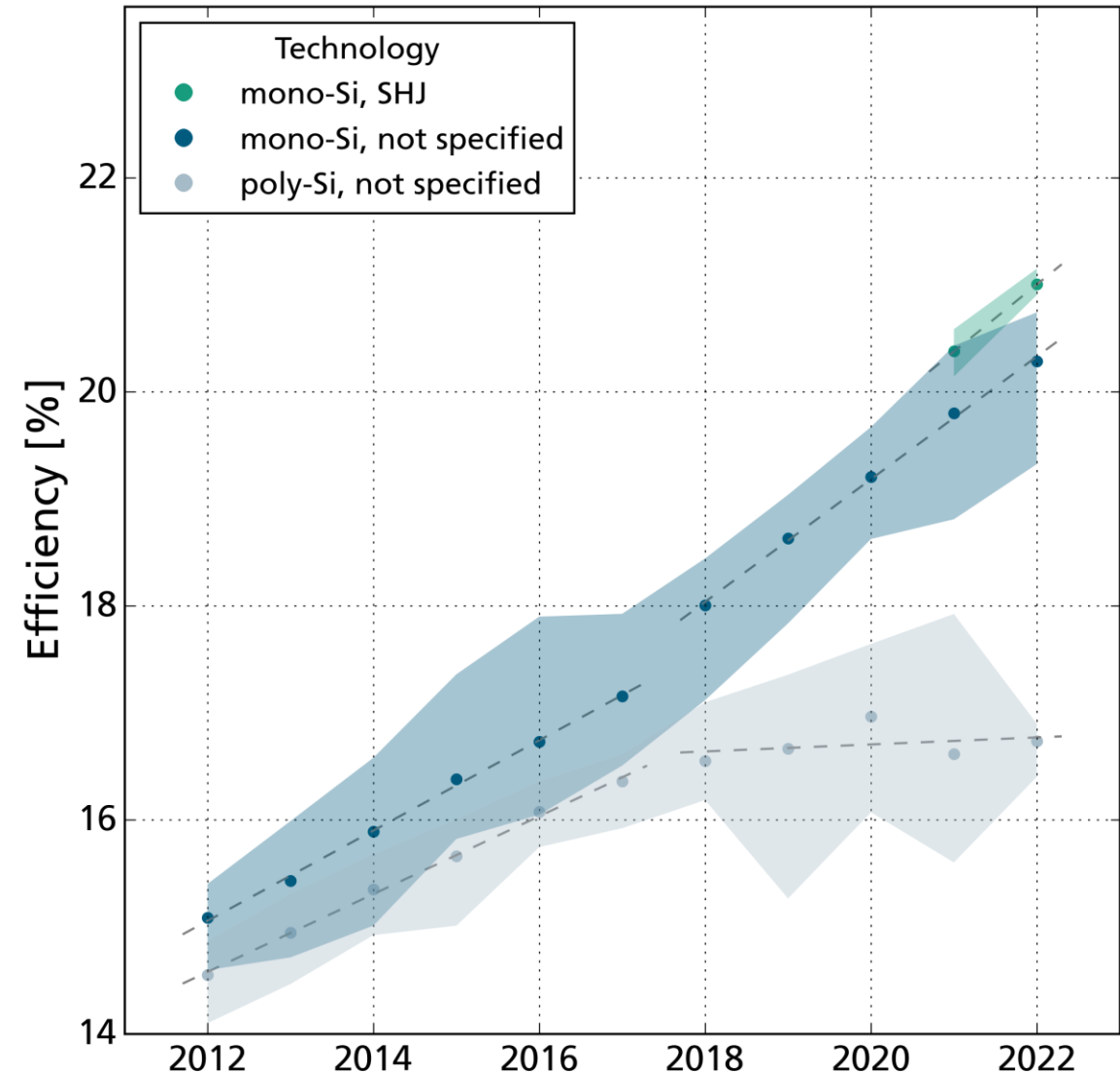
- Effizienzgewinn für mono-Si und poly-Si: ~0.4%/Jahr
- Offset mono-Si: ~0.5%

2017 – heute

- Kaum Effizienzgewinne mehr für poly-Si Technologie -
- Jährliche Steigerung der Effizienz bei mono-Si: ~0.6%/Jahr

2021 – heute

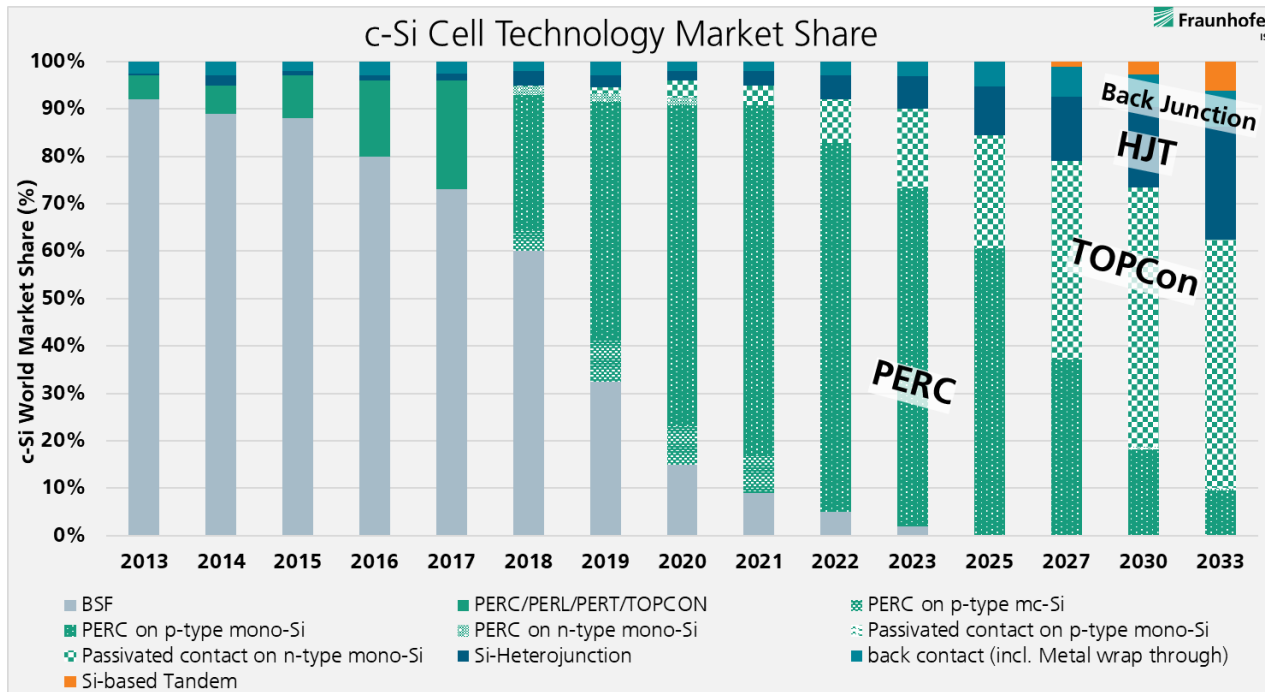
- Offset SHJ (insbesondere gegenüber mono-PERC Modulen): ~0.6%



Aktuelle Technologietrends

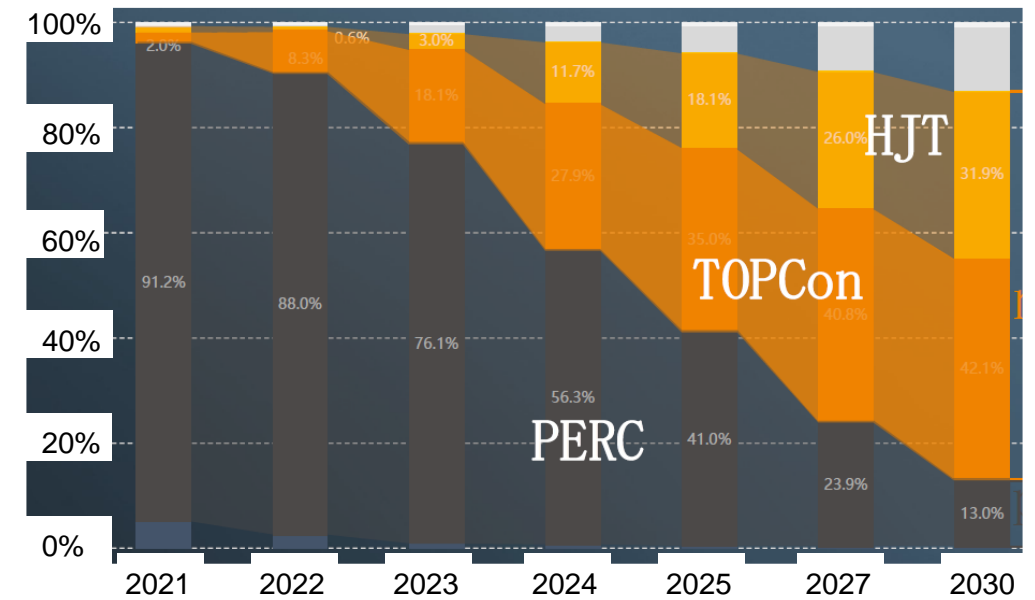
Erwartete Marktanteile verschiedener Zelltechnologien

International Technology Roadmap for PV / Solar Power Europe Global Market Outlook (2023)



[1] cell technology share is based on ITRPV 2012 – 2022, Photovoltaics Report 2022, the annual PV market scenarios SPE Global Market Outlook for Solar Power 2013 – 2022 The thin film share data was available in the Photovoltaics Report until 2020, for the years 2021 – 2032 it was assumed to stay the same as in year 2020. High Scenario: forecasts a high overall growth scenario. (Global Market Outlook For Solar Power 2022 – 2026)

China PV Industry Development Roadmap 2022-23



[2] 2022-2023 China PV Industry Development Roadmap, China Photovoltaic Industry Association (CPIA).

Aktuelle Technologietrends

Kapazitätserweiterungen in China bis 2025

Enormer Kapazitätswachstum 2023-2026 in China angekündigt

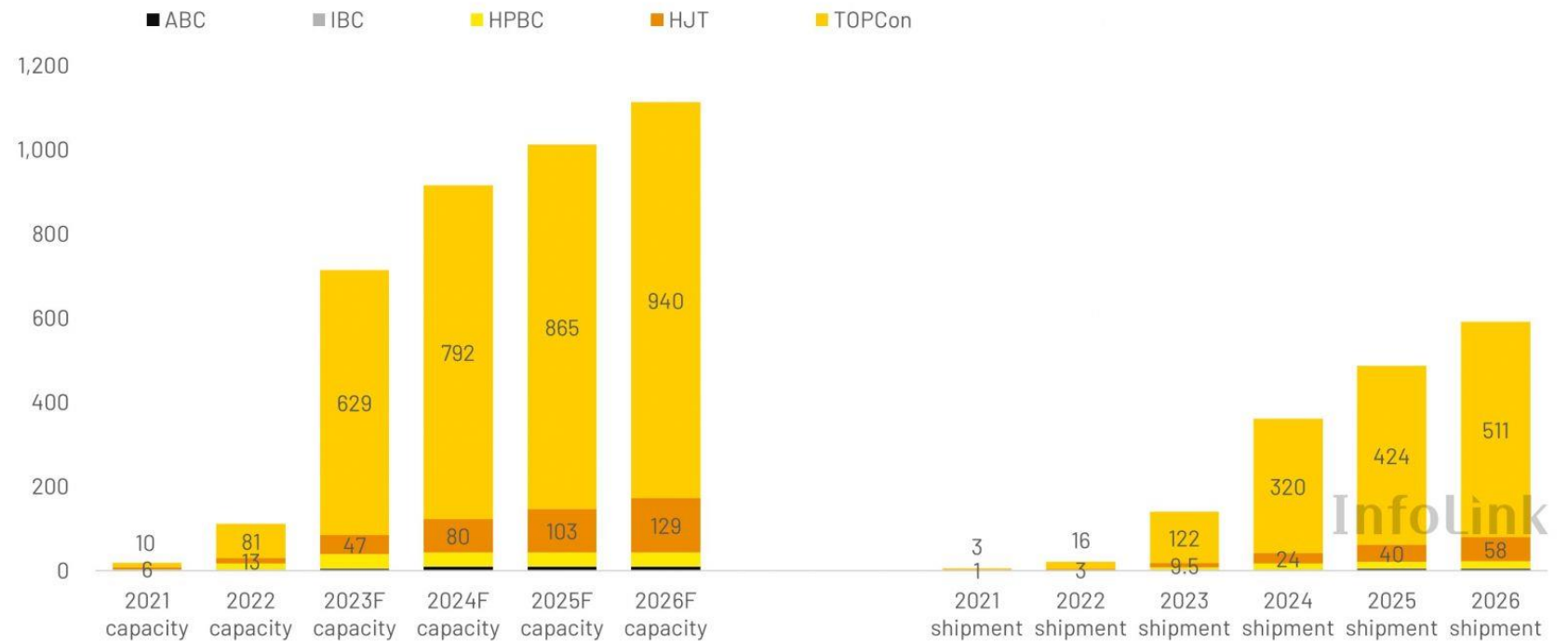
TOPCon:

- operativ: > 80 GW
- Im Bau / angekündigt:
> 500 GW

SHJ:

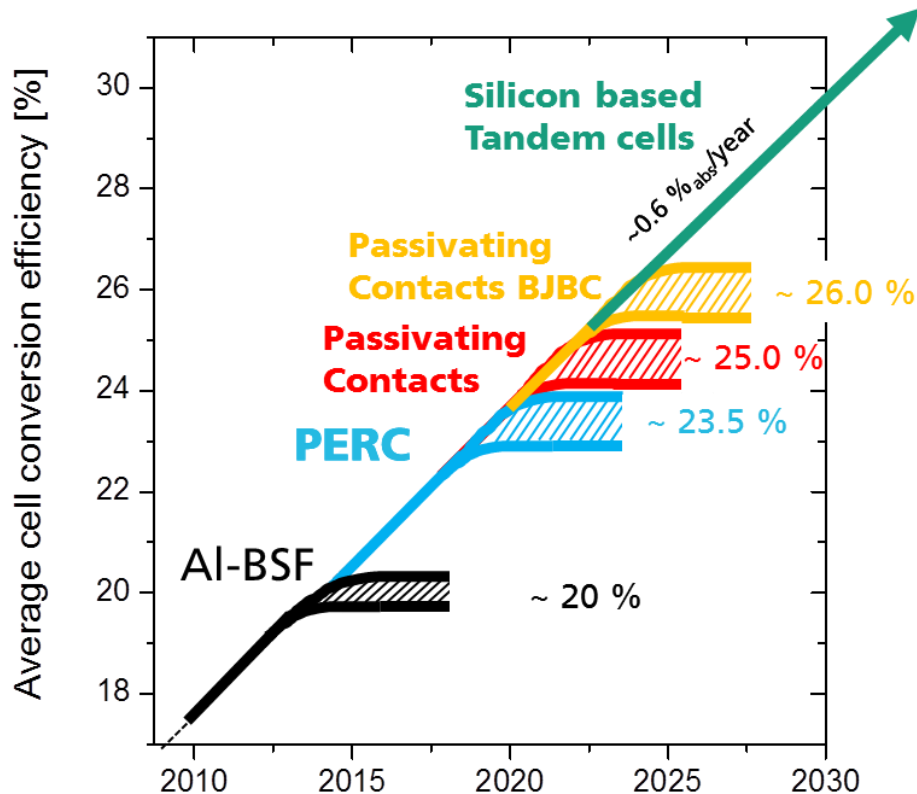
- operativ: 14 GW
- Im Bau / angekündigt :
> 100 GW

Forecast for high-efficiency cell capacity and output by technology, Unit: GW



Ausblick

Entwicklung der nächsten Generation an PV Technologien



Tandemsolarzellen, die mindestens eine Perowskit-Dünnschicht-Solarzelle enthalten versprechen signifikante Wirkungsgradsteigerung (Perowskit-Silizium, Perowskit-CIGS, Perowskit-Perowskit).

- Markteintritt über Perowskit-Silizium Tandem Photovoltaik erwartet
- Vollständige Dünnschicht Perowskit-Perowskit-Tandem-Module oder Perowskit-CIGS-Tandem Module könnten die Siliziumtechnologie preislich weiter unterbieten.
- Weitere Reduzierung der Abhängigkeit von asiatischen Zulieferern.

Perowskit Photovoltaik verspricht Produktion mit geringerem CAPEX ohne Lieferabhängigkeiten.

Status: Deutsche PV Anlagenbauer erzielen heute bereits bis zu 43% des Umsatzes im Bereich der Dünnschicht PV (Quelle: VDMA).

Quelle: M. Hermle et al., ETIP 2017

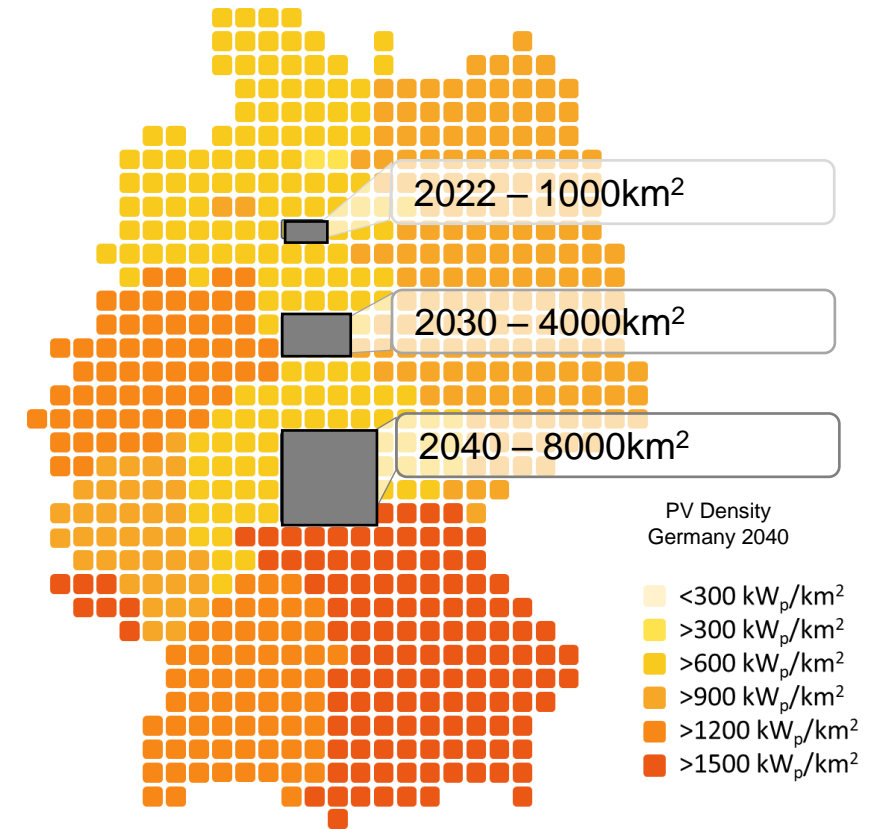
Ausblick

Integrierte PV als Wachstums- und Diversifizierungschance

Ziel: Effizientere Flächenausnutzung zsm beschleunigten Ausbau der PV

- Aktuelle PV Technologieoptionen würden für 400 GW Ziel 2040 ca. ~2% der Fläche der BRD benötigen.

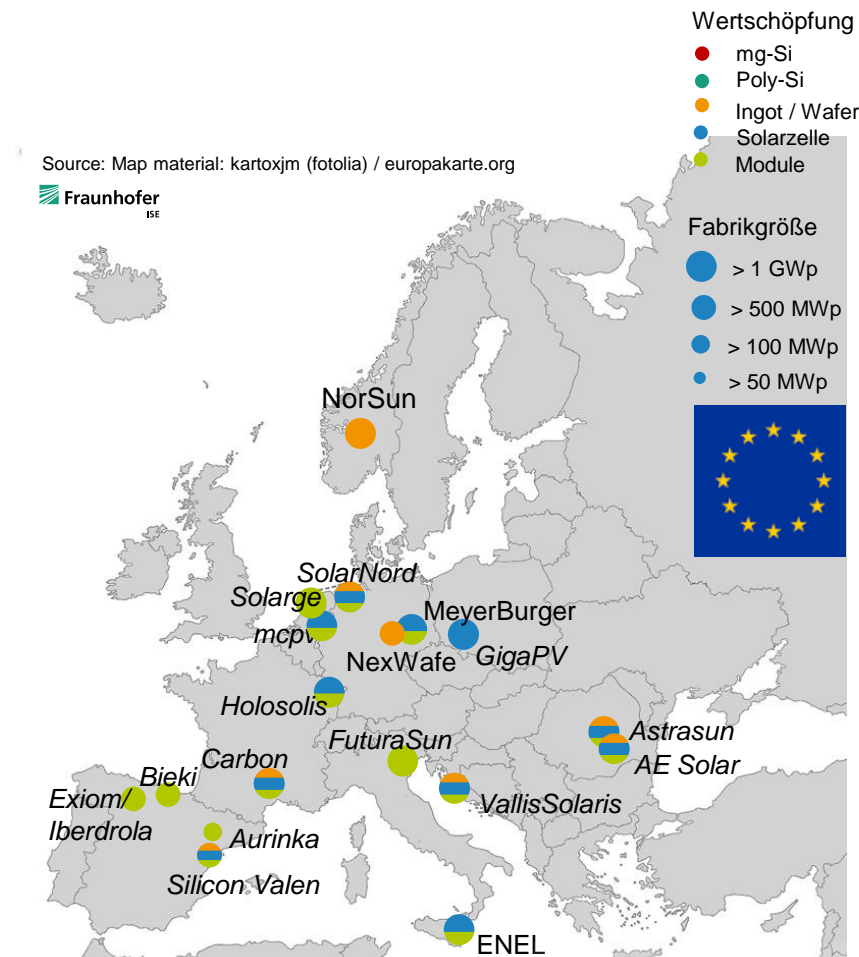
=> *Steigerung der Effizienz sowie Integration sind wesentliche Trends der zukünftigen Technologieentwicklung.*



Ausblick

Europa ist im Aufbruch...

		Ingot	Wafer	Cell	Modules
NorSun ¹		0.5 (+4)	0.5 (+4)		
MeyerBurger ²				1.4 (+ 3)	1.4 (+ 1.6)
ENEL ³				0.4 (+ 3)	0.4 (+ 3)
NexWafe ⁴			+0.5		
Carbon ⁵		+5	+5	+5	+3.5
VallisSolaris ⁶		+2	+2	+2	+2
Exiom/Iberdrola ^{7,16}					+0.5/+1.6
GigaPV ⁸				+1	
AstraSun ⁹		+1.2	+1.2	+1	
mcpv ¹⁰				+5	+5
FuturaSun ¹¹					+2
Bieki Solar Energy ¹²				+2	+2
Solarge ¹³					+0.5
Silicon Valen ¹⁴		+5	+5	+5	+0.5 (+4.5)
AE Solar ¹⁵		+2	+2	+2	+2
Holosolis ¹⁷				+5	+5
SolarNord ¹⁸		+5	+5	+5	+5



1 <https://www.solenergiklyngen.no/wp-content/uploads/2021/10/2.-NorSun-2021-09-05-NorSun-company-presentation-002.pdf>
 2 <https://www.pv-magazine.com/2022/10/05/meyer-burger-secures-255-2-million-to-scale-up-production-capacity-to-3-gw/>
 3 <https://www.enel.com/media/explore/search-press-releases/press/2022/04/enel-green-power-signs-grant-agreement-with-the-eu-for-solar-panel-gigafactory-in-italy>
 4 <https://www.pv-magazine.com/2022/03/04/french-start-up-aims-to-set-up-5-gw-pv-module-factory/>
 5 <https://www.pv-tech.org/hexwafe-working-on-technology-development-after-closing-series-c-funding-round/>
 6 <https://balkangreenenergynews.com/croatian-ministry-german-institute-to-sign-mou-on-building-pv-manufacturing-plant/>
 7 <https://www.iberdrola.com/press-room/news/detail/we-partner-with-exiom-from-asturias-to-lead-the-manufacturing-of-photovoltaic-solar-panels-in-spain>
 8 <https://www.gramwzielone.pl/energia-sloneczna/104633/polska-gigafabryka-ogniw-fotowoltaicznych-tuszy-za-3-lata-wybrano-technologie>
 9 <https://www.pv-magazine.com/2022/05/20/romania-to-host-integrated-ingot-cell-pv-module-production/>
 10 <https://mcpv.eu/>
 11 <https://nordsteconomia.gelocal.it/imprese/2022/08/27/news/la-padovana-futura-sun-investe-per-una-giga-factory-di-pannelli-fotovoltaici-in-veneto-1.41648623>
 12 <https://solaralliance.eu/projects/bieki-solar-energy/>
 13 <https://solarge.com/en/>
 14 <https://www.levante-emv.com/fotos/economia/2022/10/25/valenciana-silicon-valen-vende-paneles-77653839.html>
 15 <https://taiyangnews.info/markets/10-gw-solar-panel-manufacturing-facility-in-romania/>
 16 <https://www.pv-tech.org/iberdrola-seeks-eu-funding-for-1-6gw-pv-module-assembly-plant-in-spain/>
 17 <https://euro.dayfr.com/local/192630.html>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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

Dr. J. Rentsch und Co-Autoren