



Photovoltaik: Aktuelle Technologie- und Marktentwicklungen, Chancen und Hemmnisse

Hubert Fechner

Obmann Österr. Technologieplattform
Photovoltaik

Deputy Chairman of the IEA Photovoltaic
Power Systems Programme



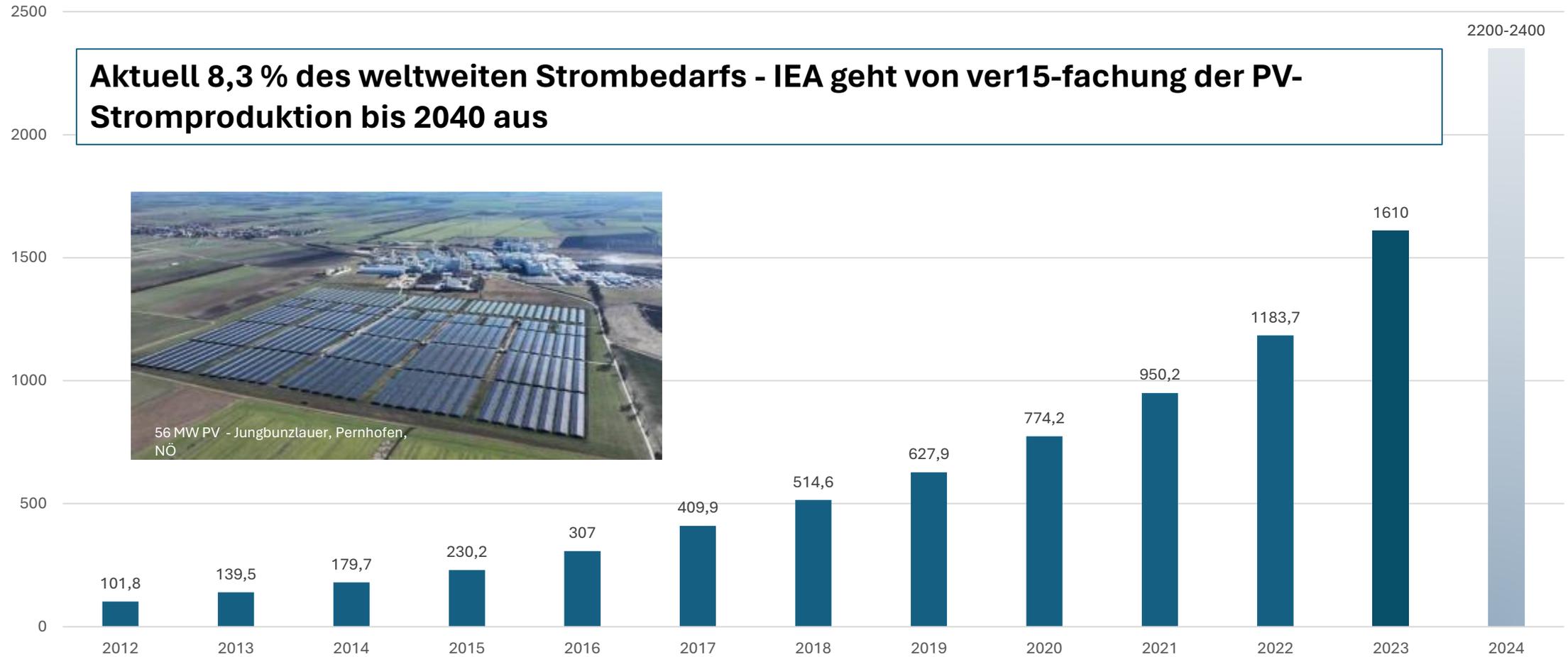
Photovoltaik: Aktuelle Technologie- und Marktentwicklungen, Chancen und Hemmnisse

- Globale und nat. Marktentwicklung
- China – oder europäischer Produktions-Wiederaufbau?
- Die Stromnetze sind voll – Flexible Export Modell
- Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...
- Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade, Recycling & Nachhaltigkeit
- Integration, neue Anwendungen (BIPV, Mobilität, ...)
- Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV

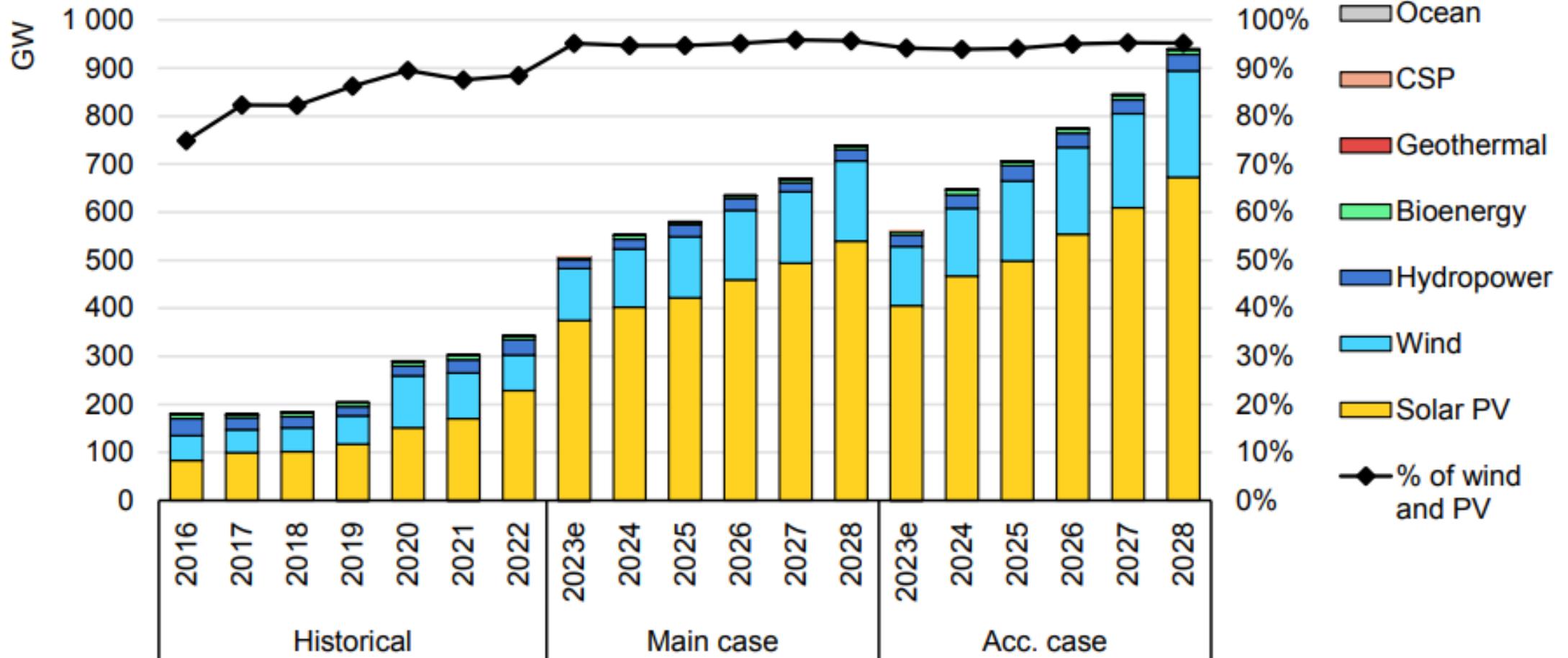
Massiver weiterer Ausbau - PV am Weg zur weltweit führenden Energiequelle?

- **Globale und nat. Marktentwicklung**
- China – europäischer Produktions-Wiederaufbau
- Netze sind voll – Flexible Export Modell
- Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...
- Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade
- Integration, neue Anwendungen (BIPV, Agri, ...)
- Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV

Weltweite Photovoltaik Installationen (kumuliert in GWp)

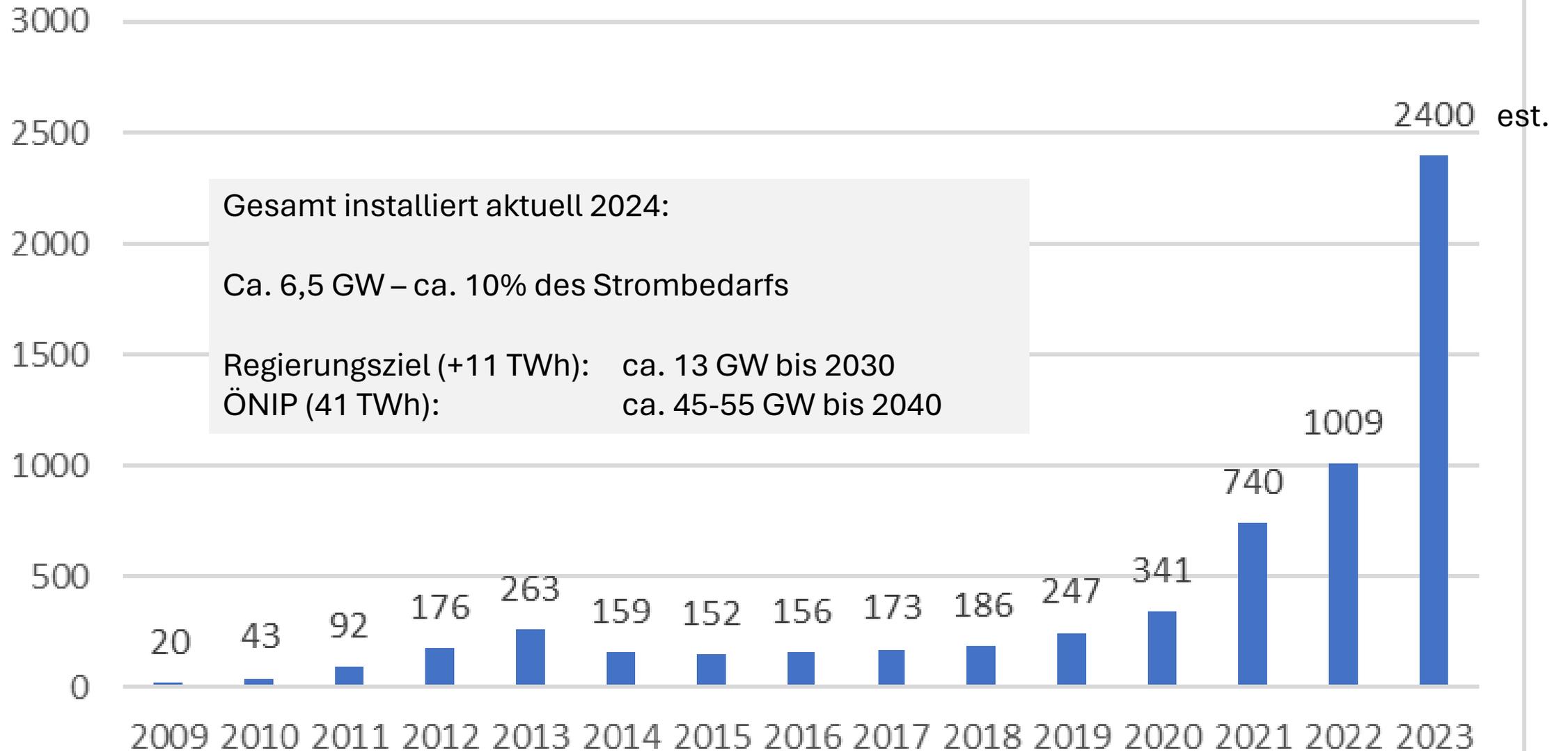


Renewable electricity capacity additions by technology and segment



• Quelle: IEA - Renewables 2023 Analysis and forecast to 2028

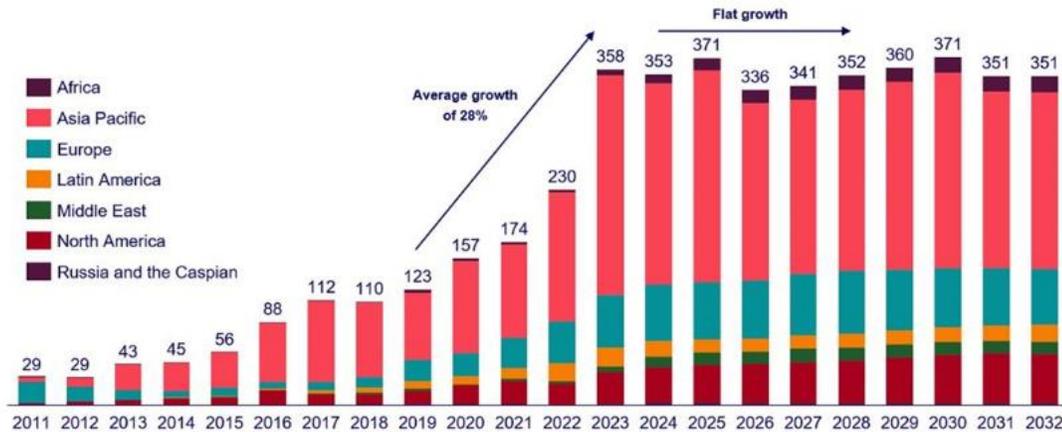
Jährlicher PV Markt in Österreich in MW



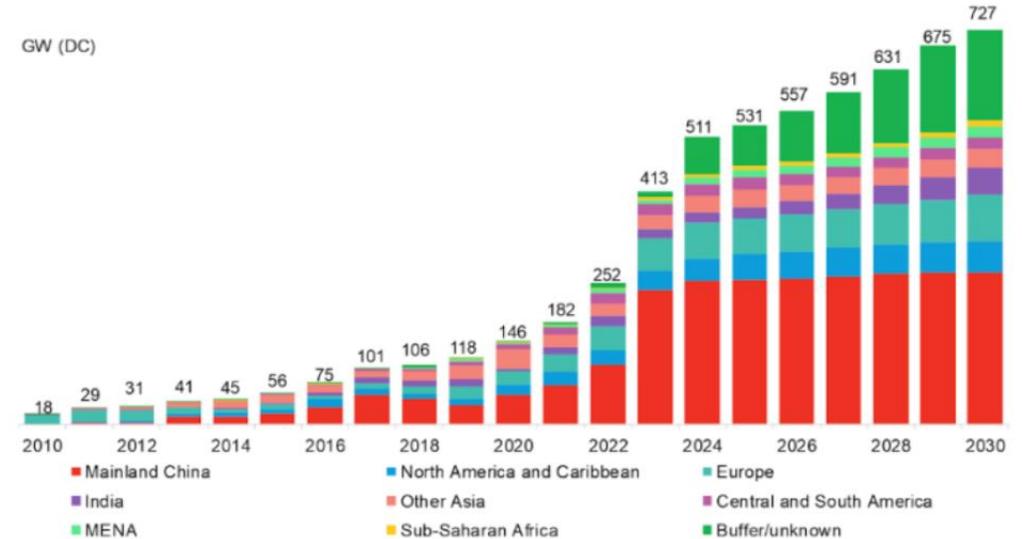
Weltmarkt: ... wie geht es weiter... - niemand weiß es genau...

- MacKenzie - Stagnation

- Bloomberg – deutliches Wachstum



Wood Mackenzie zufolge ist es normal, dass sich das Wachstum einer Branche mit zunehmender Reife verlangsamt.



Source: BloombergNEF. Note: MENA is Middle East and North Africa. Details in BNEF's Capacity tool ([web](#) | [terminal](#)).



“Die Solarbranche wird 2035 größer sein als die Automobilbranche“

(Herbert Diess, Ex VW Chef, 2023)

China dominiert,
US fördert,
Europa diskutiert.

- Globale und nat. Marktentwicklung
- **China – oder europäischer Produktions-Wiederaufbau?**
- Netze sind voll – Flexible Export Modell
- Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...
- Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade
- Integration, neue Anwendungen (BIPV, Agri, ...)
- Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV

FIGURE 4.2: SHARE OF PV POLYSILICON PRODUCTION IN 2022

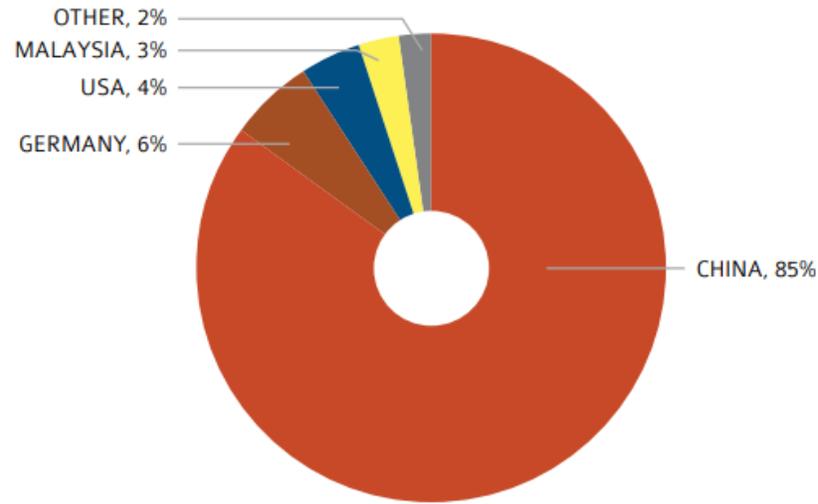


FIGURE 4.3: SHARE OF PV WAFER PRODUCTION IN 2022

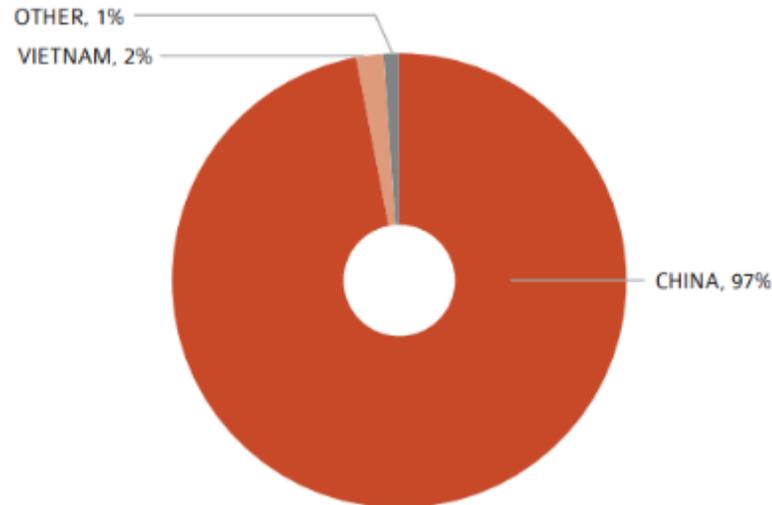


FIGURE 4.4: SHARE OF PV CELL PRODUCTION IN 2022

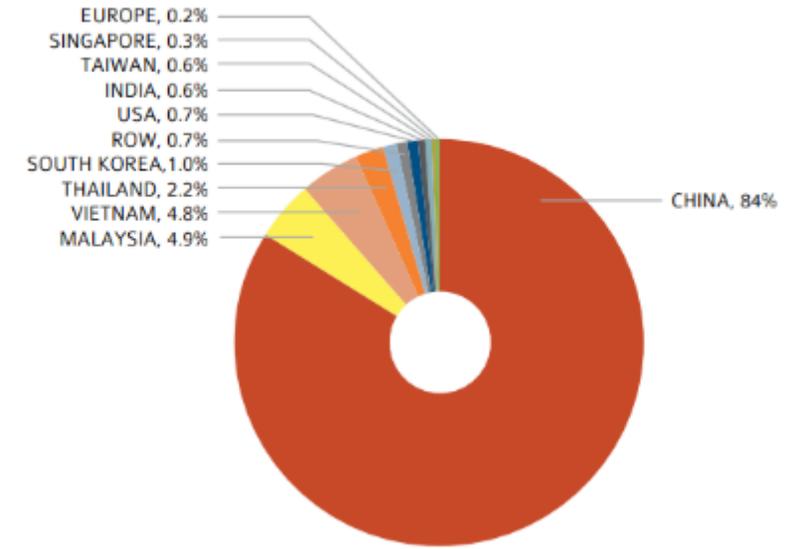
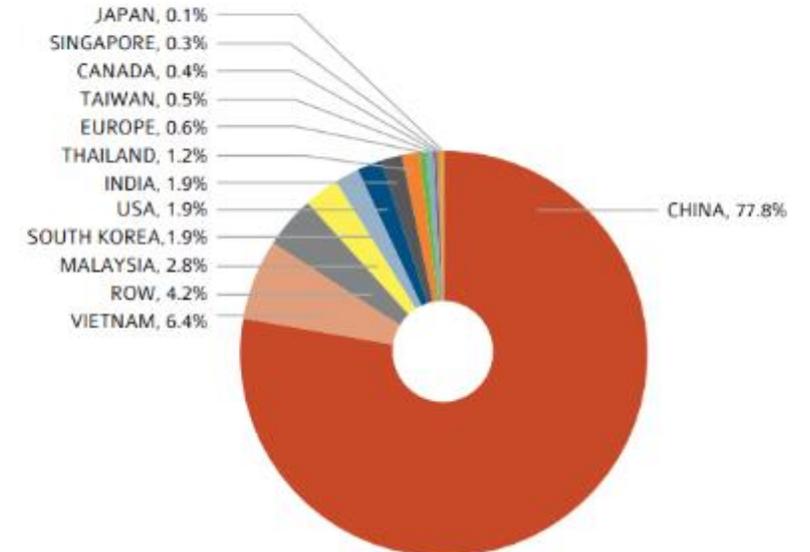
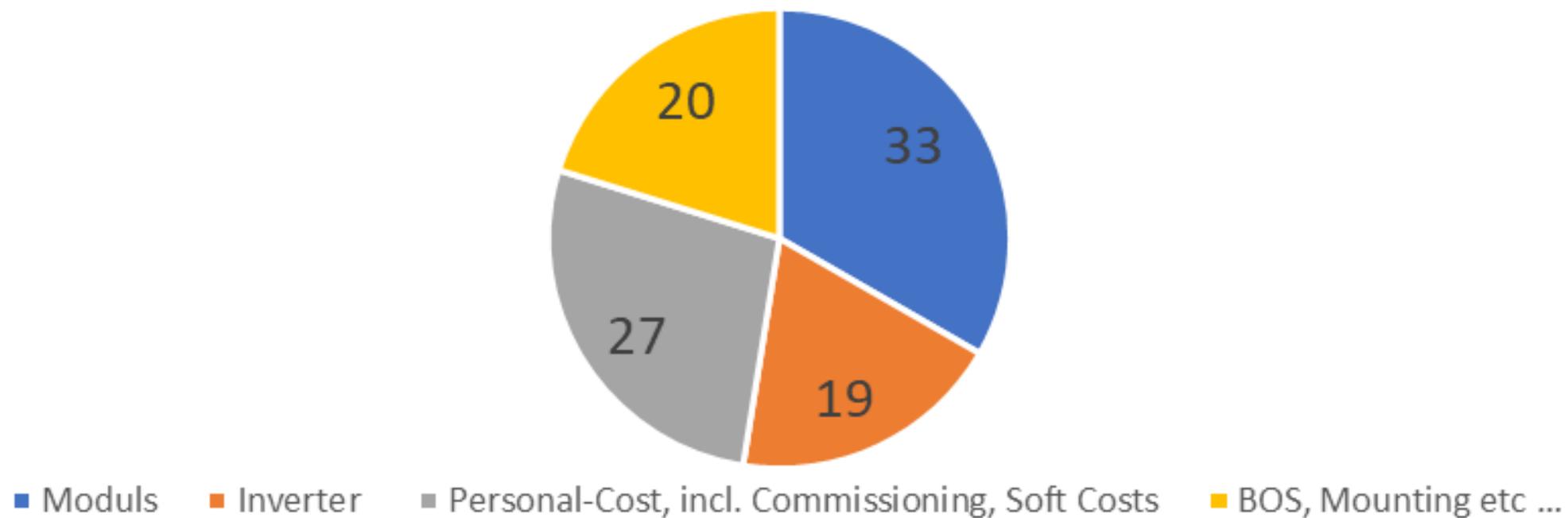


FIGURE 4.5: SHARE OF PV MODULE PRODUCTION IN 2022

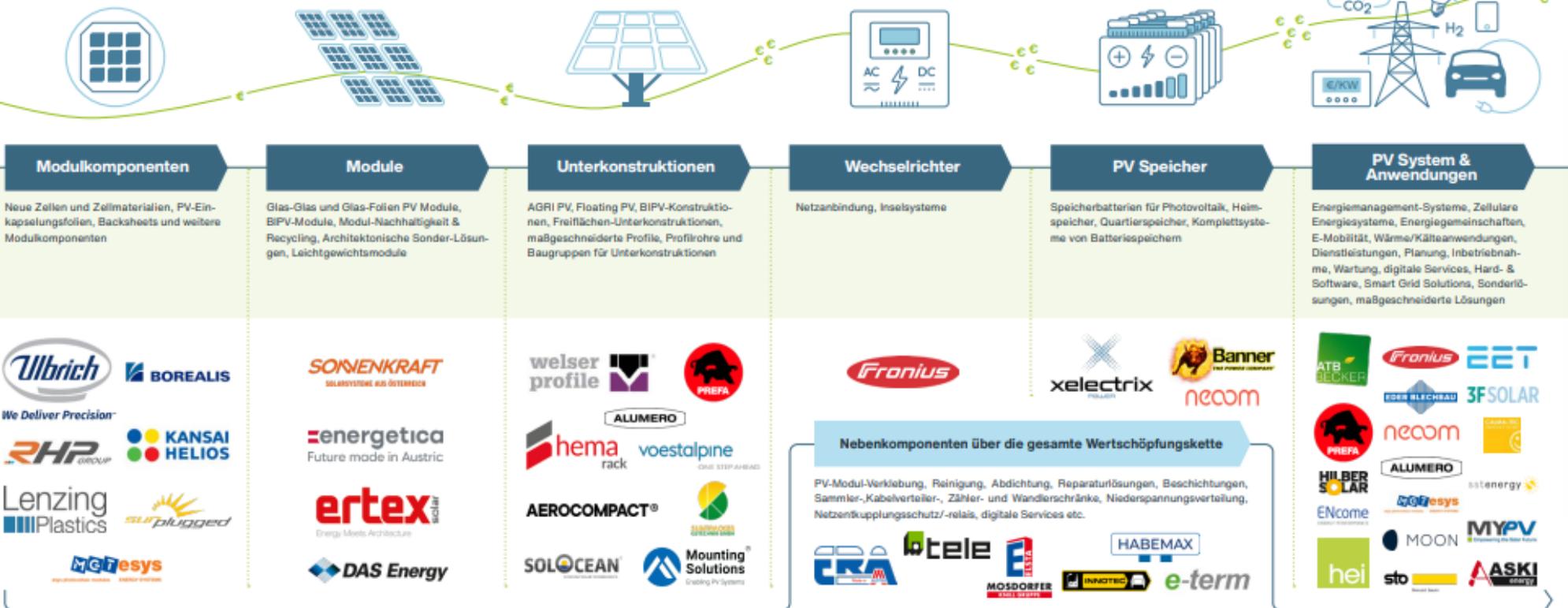
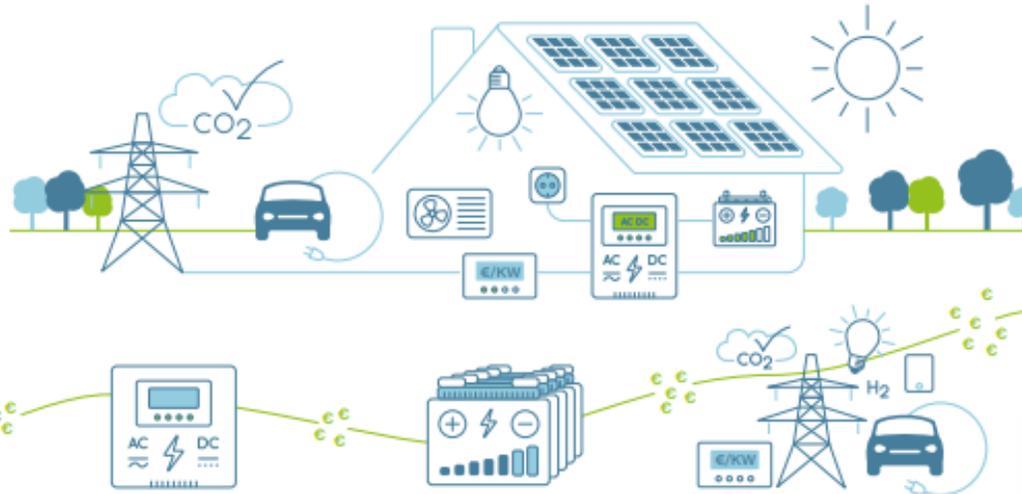


Cost breakdown of a residential PV System in 2022 in Austria in %



Bis zum Stand von November 2023 stellt diese Grafik einen Überblick über in Österreich tätige Unternehmen dar, die Photovoltaikkomponenten herstellen. Diese Zusammenstellung beansprucht keine Vollständigkeit und berücksichtigt nicht Unternehmen, die Photovoltaikanlagen ausschließlich planen und installieren.

Österreichische Wertschöpfung in der Photovoltaik



Nebenkompenten über die gesamte Wertschöpfungskette

PV-Modul-Verklebung, Reinigung, Abdichtung, Reparaturlösungen, Beschichtungen, Sammler-, Kabelverteiler-, Zähler- und Wandlerschränke, Niederspannungsverteilung, Netzenkopplungsschutz/-relais, digitale Services etc.

ERA | **tele** | **ELTEC** | **HABEMAX**

MOSBOEFER | **INNOTIC** | **e-term**



PV-Forschung

MONTAN UNIVERSITÄT LEOBEN | **FH TECHNIKUM WIEN** | **universität innsbruck** | **BOKU** | **TU Graz**

AIT | **JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT LINZ** | **SAL SALZBURG AUSTRIA LABS** | **JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT SALZBURG** | **PCCL**

FH Salzburg | **ofi** | **FH OBERÖSTERREICH** | **TU WIEN** | **TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN**

Der Bundesverband Photovoltaik Austria ist der kompetente, institutionelle Ansprechpartner für Photovoltaik als tragende Säule in der Energieversorgung. Er ist die freiwillige und überparteiliche Interessenvertretung zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für Photovoltaik und Stromspeicherung in Österreich. Er vertritt die Interessen von über 450 Mitgliedern entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Produktion, Handel und Gewerbe).

PHOTOVOLTAIK AUSTRIA

www.pvaustria.at/pv-profi/

**Flexible Netze nehmen PV
immer dann auf, wenn es
möglich ist...
+ PV lokal nutzen, speichern
oder abregeln**

- Globale und nat. Marktentwicklung
- China – europäischer Produktions-Wiederaufbau
- **Netze sind voll – Flexible Export Modell**
- Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...
- Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade
- Integration, neue Anwendungen (BIPV, Agri, ...)
- Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV

<https://www.sapowernetworks.com.au/your-power/smarter-energy/flexible-exports>

“The rollout commenced on 1 July 2023 beginning with 37 suburbs currently in the Flexible Exports trial area.

Our intention is to have Flexible Exports rolled out state-wide by mid-2024.”

Anmerkung: Australische EFH sind typisch ein-phasig angeschlossen, daher 1,5,...max. 10 kW pro Phase

- Ansteuerung erfolgt via IEEE 2030.5 Protokoll
- Verpflichtende Bereitstellung eines IEEE 2030.5 Client-Servers durch den Hersteller oder eines 3rd Party Aggregator

Our goal is to double the amount of solar on the network by 2025

1 in 3
South Australian homes currently have solar

The Solution: Flexible Exports
Solar exports automatically adjust to match the available capacity on the network.

NEW and UPGRADING CUSTOMERS connecting in Flexible Exports eligible suburbs can choose between:

FLEXIBLE EXPORTS
Export up to **10.00kW**

FIXED
Export up to **1.50kW**

100%
of the state has been powered by solar energy - a world first

South Australia is a **world leader** in renewable energy

The MORE customers that adopt Flexible Exports, the MORE solar we can accommodate on our state's electricity network.

What you will need to access Flexible Exports:

- A compatible inverter**
Compliant to SA Government dynamic exports requirements from 1 July 2023. Making Flexible Exports best suited to customers who are upgrading or installing new solar systems.
- A reliable internet connection**
Compatible Flexible Exports systems are required to be connected to the internet to allow for automatic adjustments to optimise the amount of solar energy that can be exported to the grid.
- To live in an eligible area**
By the end of 2024 all areas will be able to access Flexible Exports.
If you live in a currently ineligible area and decide to install your solar now, you can still opt into Flexible Exports to receive its benefits once it becomes available in your area.

SA Power Networks

For any inquiries contact us on **1 200 000 211**
During office hours Monday – Friday from 9am to 5pm!
Email at saenergysmart@saenergy.com.au

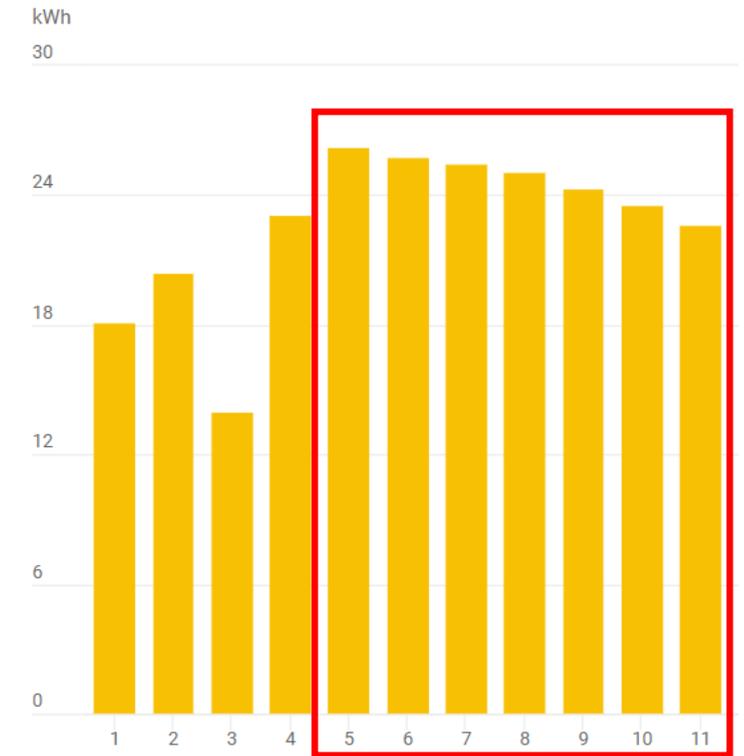
Für PV Netzeinspeisung ist „30 Grad Süd ohne Speicher“ Vergangenheit

- Globale und nat. Marktentwicklung
- China – europäischer Produktions-Wiederaufbau
- Netze sind voll – Flexible Export Modell
- **Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...**
- Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade
- Integration, neue Anwendungen (BIPV, Agri, ...)
- Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV

Geringste oder negative Strompreise an Wochenenden zu Mittagszeit

- Periode mit nahezu ungetrübtem Sonnenschein in Mitteleuropa
- Mo 5.-So 11.9.2023

Uhr	01.09.23	02.09.23	03.09.23	04.09.23	05.09.23	06.09.23	07.09.23	08.09.23	09.09.23	10.09.23
00-01	98,90	98,90	105,28	100,85	94,48	88,89	95,42	84,62	105,20	105,85
01-02	95,97	102,70	101,03	94,49	92,13	85,52	91,37	81,52	102,47	104,33
02-03	93,29	100,00	101,94	93,14	91,34	90,53	89,08	82,06	100,01	103,63
03-04	93,07	95,90	101,64	93,59	91,08	92,12	84,01	82,10	100,00	100,79
04-05	94,08	96,40	100,37	93,19	91,65	92,48	87,84	87,42	100,85	96,81
05-06	97,20	100,20	99,03	103,38	95,60	102,98	92,09	93,55	101,33	98,72
06-07	112,04	101,02	98,18	127,33	120,00	122,71	116,02	112,89	103,83	99,35
07-08	128,43	101,09	94,43	144,33	126,00	141,99	130,00	133,76	104,04	97,25
08-09	129,43	100,22	89,54	129,92	118,16	119,19	126,00	122,52	96,09	93,35
09-10	111,30	94,58	82,80	109,36	97,78	97,73	102,68	100,18	89,77	89,06
10-11	102,22	89,77	60,30	92,88	88,00	88,65	88,22	89,87	78,79	56,08
11-12	96,52	79,90	43,43	82,07	81,85	82,10	82,70	82,48	65,53	18,00
12-13	92,02	76,00	21,37	77,65	75,90	75,17	73,53	75,10	20,52	8,28
13-14	88,90	62,99	11,33	72,51	75,05	73,43	65,20	70,91	5,19	0,03
14-15	89,23	55,35	4,94	72,04	77,13	75,48	70,18	72,57	10,39	0,00
15-16	92,02	69,40	15,71	80,40	83,00	82,50	82,00	80,23	57,89	26,33
16-17	96,57	80,01	53,66	90,97	88,51	91,44	88,30	88,41	78,80	79,00
17-18	107,61	93,45	94,43	109,58	103,26	105,87	103,14	107,90	97,75	100,24
18-19	127,15	110,00	110,03	138,44	129,10	145,83	133,53	171,82	121,30	121,19
19-20	151,52	121,79	125,19	198,28	184,87	189,83	167,27	230,00	154,21	150,60
20-21	147,34	126,80	138,59	172,77	154,53	166,04	146,73	195,55	156,51	151,90
21-22	127,70	115,19	119,32	124,95	121,95	123,13	118,00	132,08	131,78	131,57
22-23	118,56	105,64	109,83	105,01	107,61	105,50	101,40	113,93	110,90	113,93
23-24	114,65	97,34	101,17	95,56	96,03	95,72	88,95	105,98	103,16	100,86
Ø	108,57	94,78	82,65	108,45	103,54	105,62	100,99	108,23	91,51	85,30



September 2023

Geringste Strompreise an den Sonntagen zwischen 12 und 15 Uhr



© Helioplant®/ Alpine Energiegewinnung im Einklang mit der Natur.



Foto:Innovamettall



Foto:Soltigua

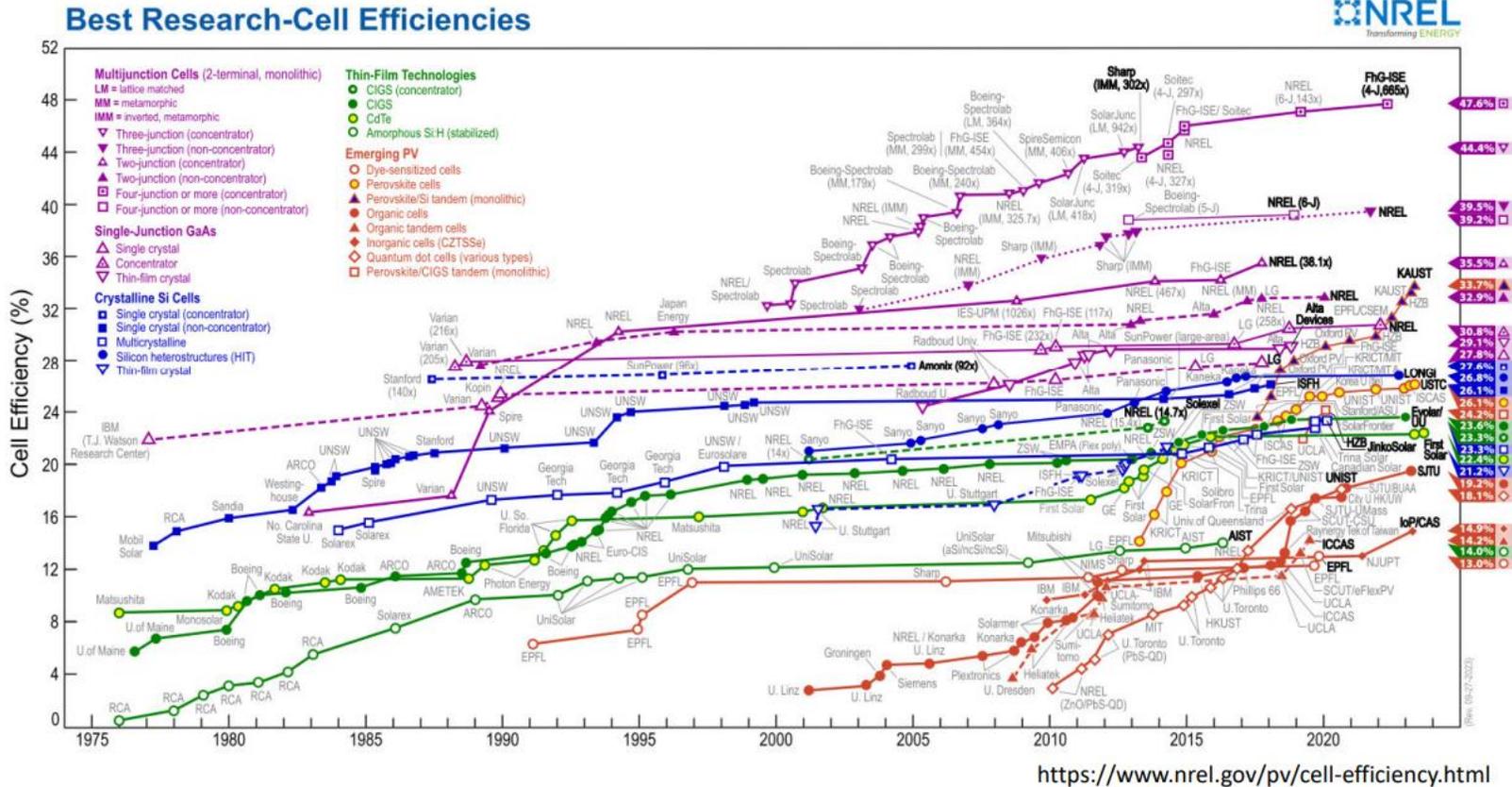


Foto: ertex-Solar

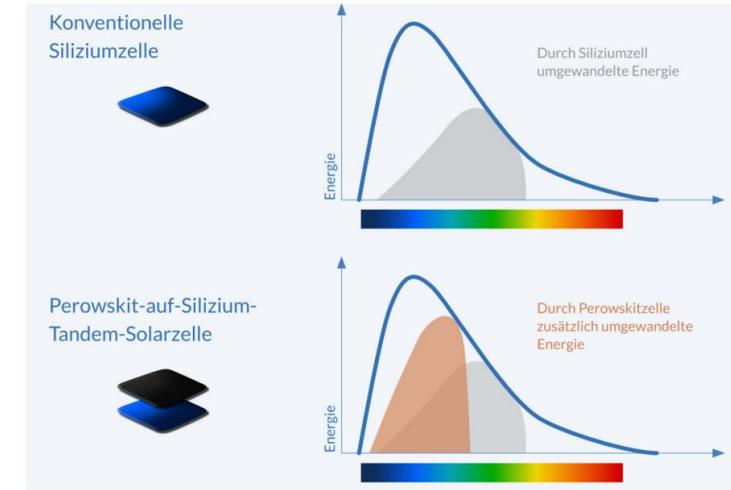
Wirkungsgrade werden „relativ rasch“ weiter steigen – Recycling kommt „endlich“

- Globale und nat. Marktentwicklung
- China – europäischer Produktions-Wiederaufbau
- Netze sind voll – Flexible Export Modell
- Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...
- **Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade**
- Integration, neue Anwendungen (BIPV, Agri, ...)
- Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV

Wirkungsgradrekorde Laborzellen



Forschungstrend: Si-Perovskit Tandem Solarzelle



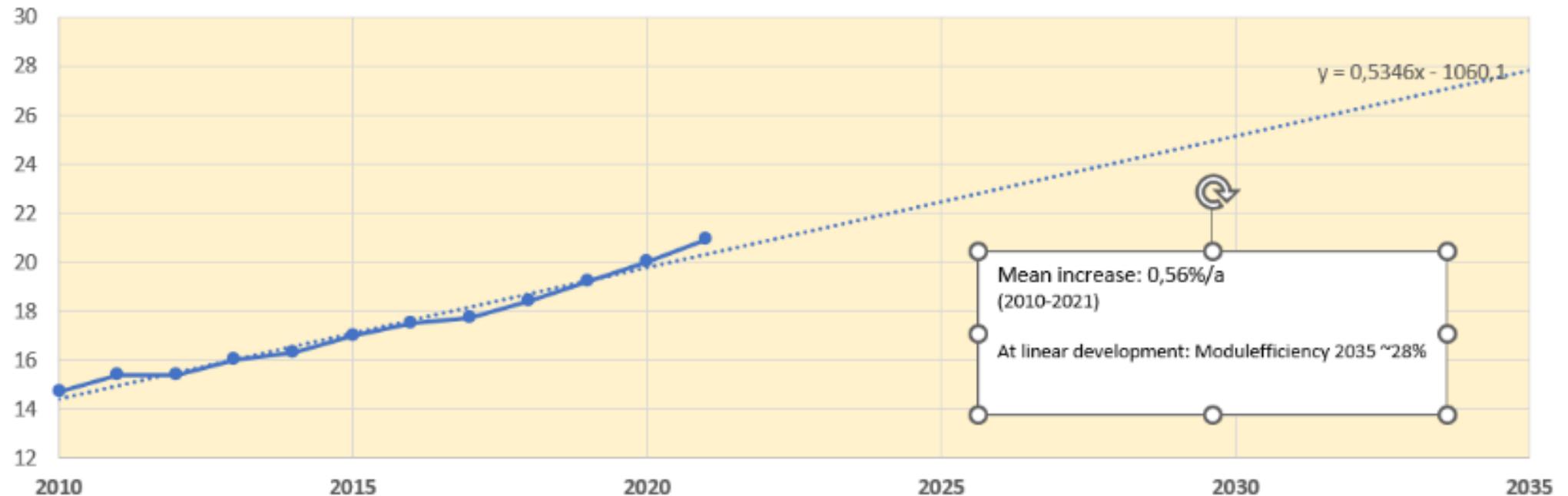
Wirkungsgrade > 30% am Markt erwartet

Industrietrends:

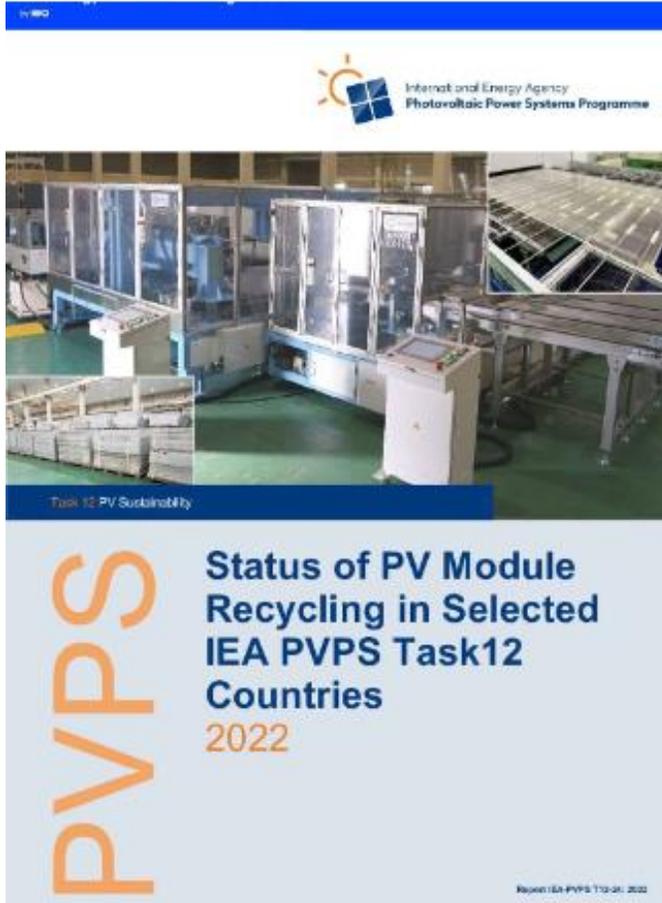
Monokristalline Zellen, Halbzellen, HJ-Zellen, Top-Con Zellen, Wechsel zu n-Typ Zellen, Bifaciale Module,...

Photovoltaik - Typical Module Efficiency in %

According to the International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) 13th edition (VDMA, 2022)



The above-mentioned module efficiencies, between 2010 and 2019, were calculated, based on average module powers of p-type polycrystalline (poly c-Si) and monocrystalline (mono c-Si) silicon modules reported by ITRPV (3rd to 11th edition) for a standardised module size of about 1.64m² with 60 cells. After 2019 an average module area of 1.7m² is considered. Average module efficiencies for Passivated Emitter and Rear Contact (PERC) modules in 2020 and 2021 are assumed to be 20 % based on the ITRPV 12th edition and 20.9 % respectively. For a better comprehension of the evolution of PV module efficiencies, the 1980 average PV module efficiency is reported to be 9 % (VDMA, 2022).



- Umweltauswirkungen der Herstellung, des Betriebs und der Entsorgung von Solarzellen und Photovoltaik-Modulen. Analyse von Ressourcenverbrauch, Energieeinsatz, Treibhausgasemissionen und anderen Umweltbelastungen.
- Neue Recycling-Verfahren - Circular economy
- Lebenszeitverlängernder Maßnahmen (vorbeugende Maßnahmen sowie Reparatur) und
- Erhöhung der Zuverlässigkeit und Langlebigkeit von PV-Materialien
- höhere Belastungsbeständigkeit hinsichtlich Temperaturfestigkeit und der Beständigkeit bei Extremwetterereignissen

PV wird integraler Teil unserer Infrastrukturen

- Globale und nat. Marktentwicklung
- China – europäischer Produktions-Wiederaufbau
- Netze sind voll – Flexible Export Modell
- Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...
- Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade
- **Integration, neue Anwendungen (BIPV, Mobilität, ...)**
- Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV

PV an der Gebäudehülle wird zum Standard



DAS-Energy



Kioto-Sonnenkraft

Solare Straßen und Wege

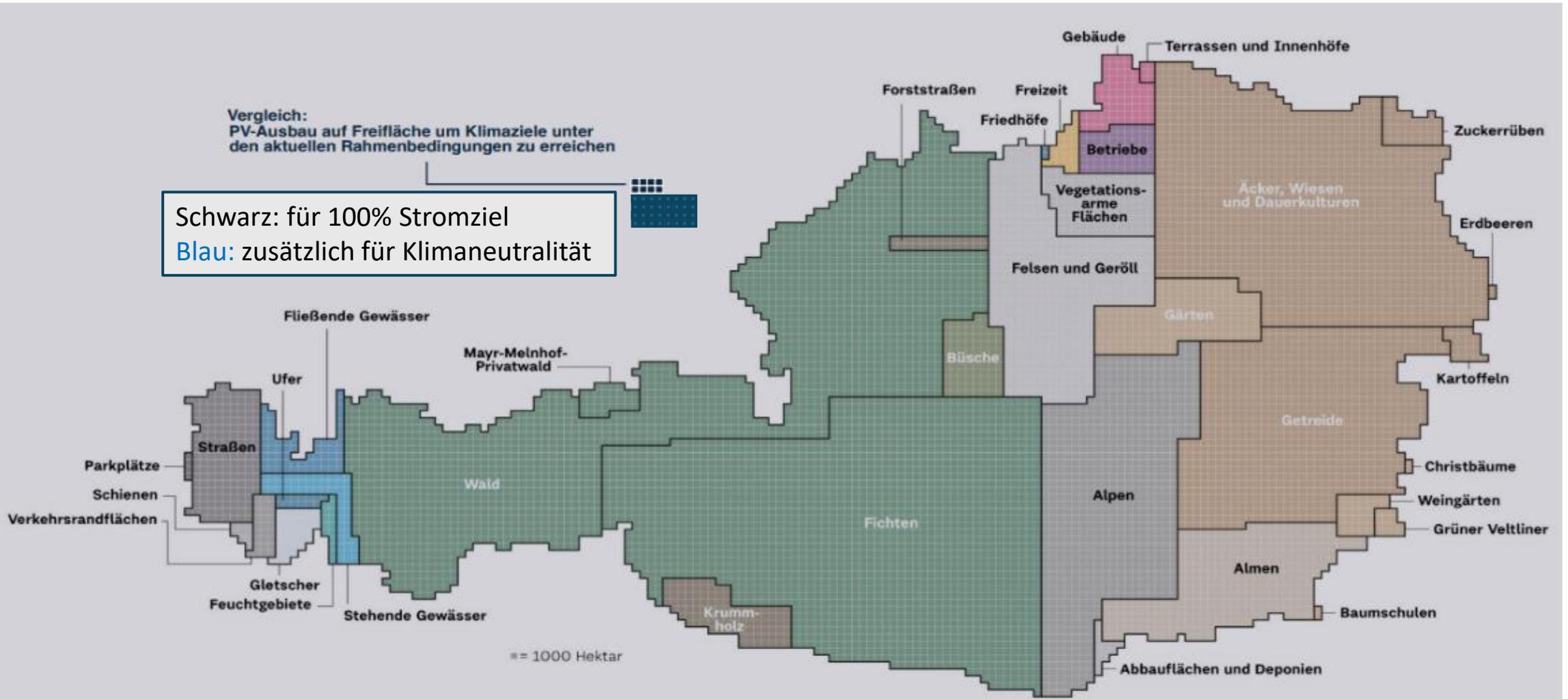


NÖ, Gemeinde Teesdorf,
A. Erber

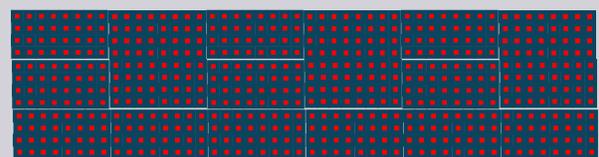
Freifläche + erhöhte
Biodiversität
und/oder
Agri-PV (vertikal oder
getracked)

- Globale und nat. Marktentwicklung
- China – europäischer Produktions-Wiederanstieg
- Netze sind voll – Flexible Export Modell
- Wert im Energiesystem – alpine PV, vertikale PV, etc...
- Zellentwicklungen (N-Type, Topcon, HJ,...) Wirkungsgrade
- Integration, neue Anwendungen (BIPV, Monbilität)
- **Akzeptanz – Freiflächen, Biodiversität, Agri PV**

Photovoltaik-Frei-Flächenbedarf für Klimaneutralität – unter der Annahme von 40 GW- 40 TWh (400km²)

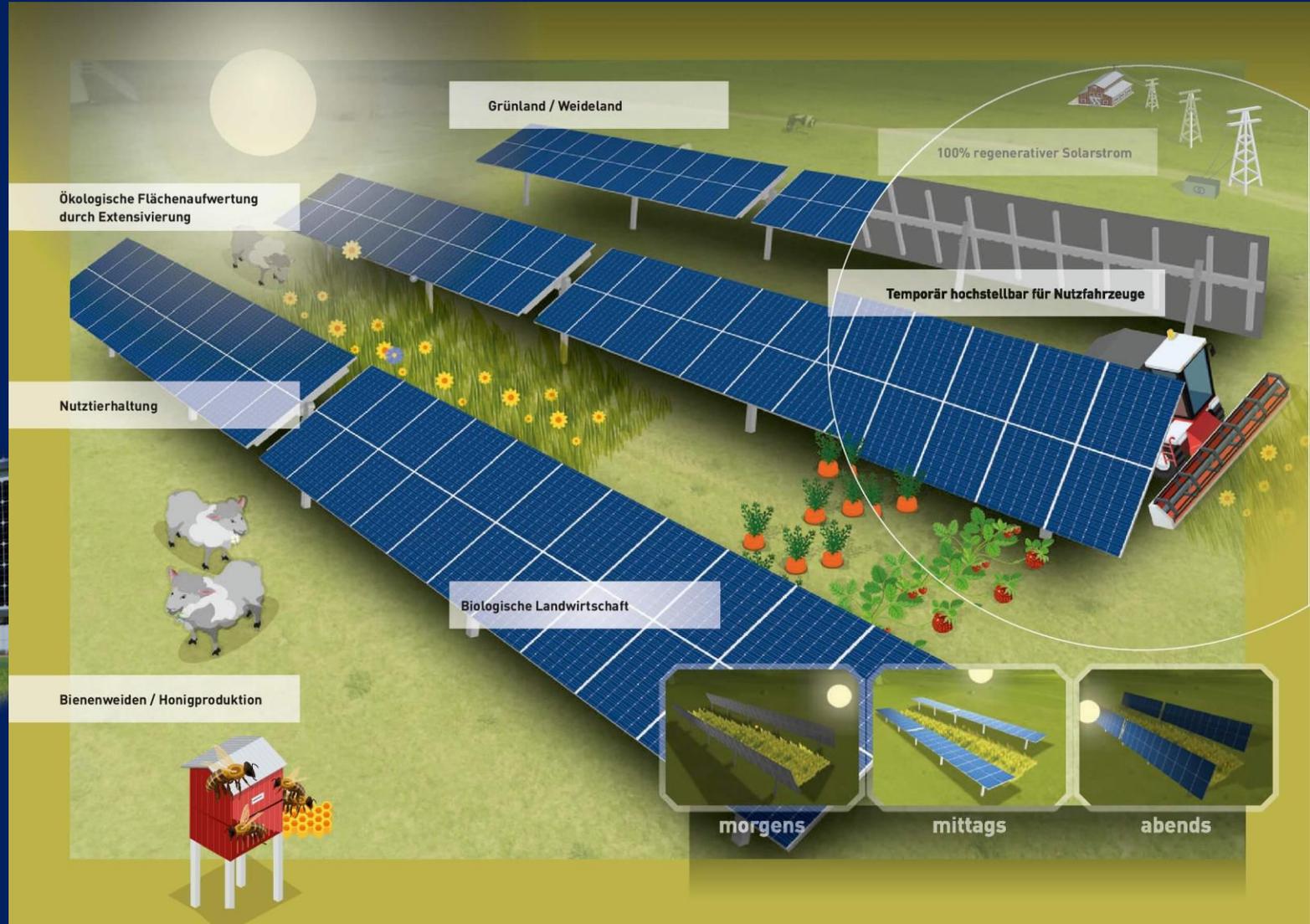


Quelle: Jakob Kaufmann, Datum 6/21. Wien.
 — Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
 — Statistik Austria
 — Agrarstrukturerhebung 2016
 — Bundesforschungszentrum für Wald, mm-forst.at
 — Inspiration: Bloomberg
 Adaption: Photovoltaic Austria



Rot: Rückgang der landwirtschaftlichen Fläche seit 2007

Agrar Photovoltaik





Biodiversitätsgewinne durch Freiflächen PV



Freiflächen PV sorgen als „Öko-Energie-Biotop“ für Rückzugsgebiete bedrohter Pflanzen und Tierarten

Zusammengefasst....

Photovoltaik...

...steht noch immer „am Anfang“

... wird noch effizienter

... wird für das Energiesystem immer wertvoller (in Kombination mit Speicher und diversen Flexibilitäten)

... wird integraler Bestandteil in der „gebauten Umwelt“

...muss achten, seine hohe Akzeptanz erhalten (optisch und ökologisch)

DANKE!