



Hausaufgaben der Photovoltaik- Technologieentwicklung – Optimale Flächennutzung, nahtlose Integration, weiter sinkende Kosten

Dr. Bianca Lim

Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)

Quelle: <http://issol.ch/solarterra/> 31.5.2019



Luftbild des ISFH-Geländes in Emmerthal

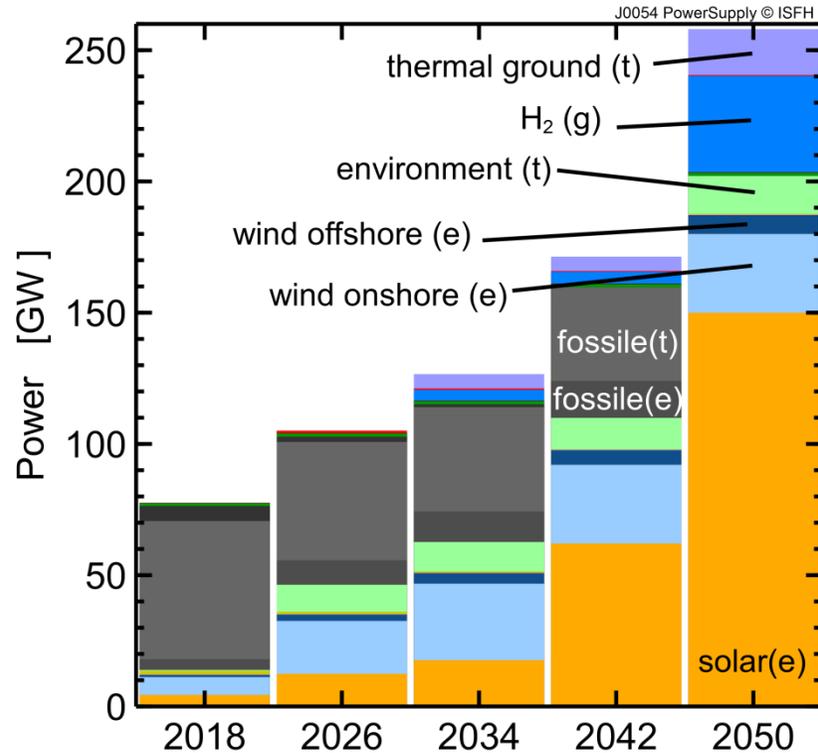
- Gegründet 1987, gemeinnützige GmbH
- Alleiniger Gesellschafter ist das Land Niedersachsen
- Ca. 155 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (davon ca. 130 wissenschaftlich-technisch)
- Jahresumsatz ca. 11 Mio € (60% davon aus öffentlich geförderten Verbundprojekten)
- Themenschwerpunkte: Photovoltaik, Solarthermie, Gebäudeenergiesysteme

European Green Deal:

- Bis 2050 will die EU keine Netto-Treibhausgasemissionen mehr freisetzen
- Im Zuge dessen: Anhebung der Zielvorgabe auf Netto-reduktion der THG-Emissionen um mindestens 55% gegenüber 1990 (Einigung am 21.04.2021, vorher: 40%)

Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung

- Ebenfalls Netto-reduktion der THG-Emissionen bis 2030 um mindestens 55% gegenüber 1990
- Sektorspezifisch für Energiewirtschaft: Reduzierung um 61% bis 62% bis 2030

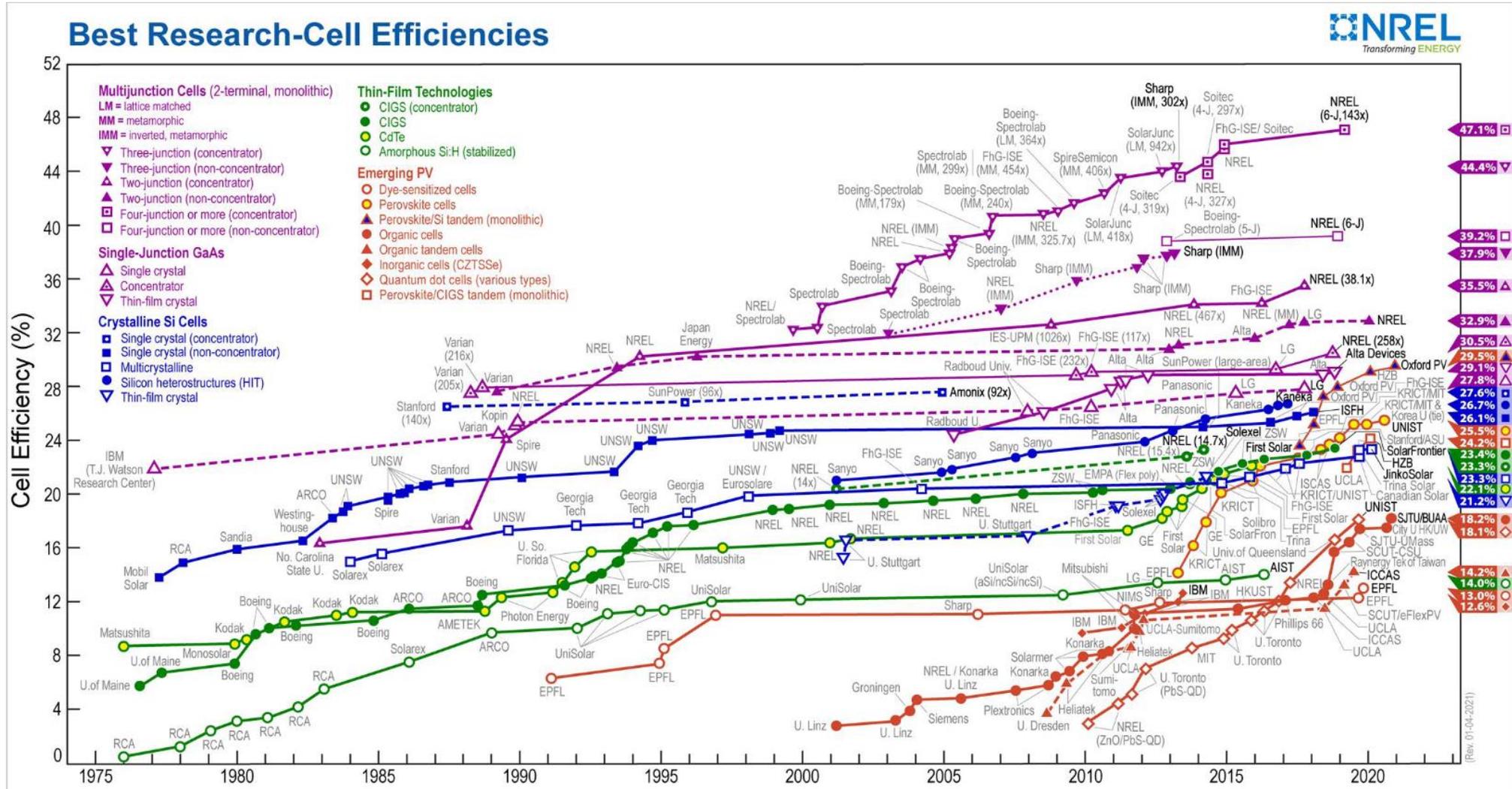


R. Brendel auf der Tagung „Warum der Wind die Sonne braucht – Solarstrom-Perspektiven für Niedersachsen“, 3.6.2019

- Simulationsmodell unter Berücksichtigung von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch mit stündlicher Auflösung
- Ergebnis: zeitliche Entwicklung der benötigten Kapazität verschiedener Technologien
- Kostengünstigster Energiemix für Niedersachsen bei max. 30 GW Onshore-Wind in 2050 benötigt 150 GW Solaranlagen (Stand 2020: ca. 4 GW)
- Minister Olaf Lies im März 2021: Niedersachsen benötigt 65 GW verfügbare Leistung aus Solarenergie bis 2040

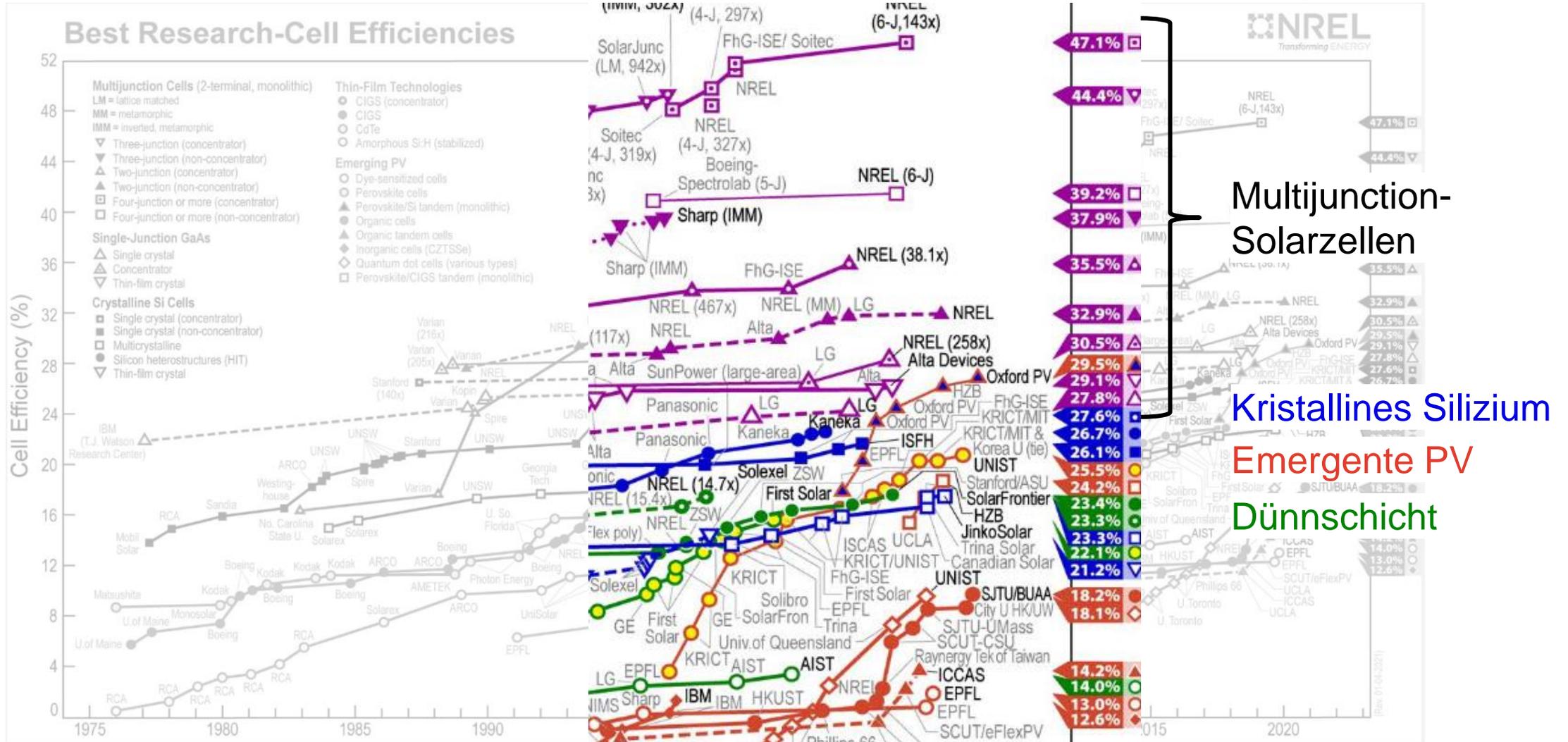
Höhere Wirkungsgrade für mehr Leistung pro Fläche

// Entwicklung der weltweiten F&E-Ergebnisse

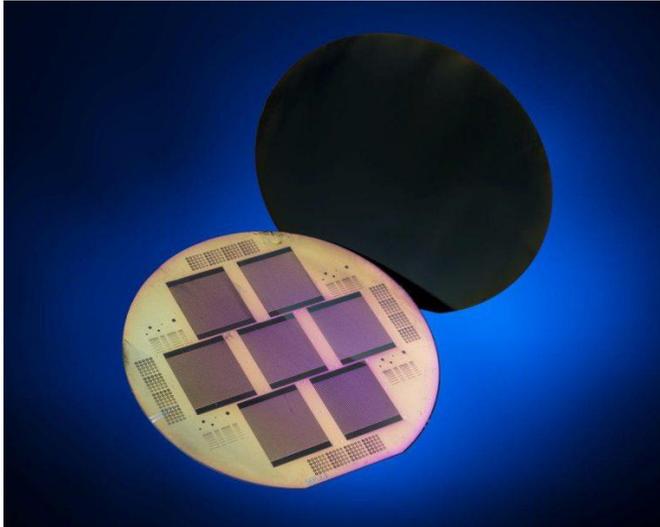


<https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>

Höhere Wirkungsgrade für mehr Leistung pro Fläche // Entwicklung der weltweiten F&E-Ergebnisse



Höhere Wirkungsgrade für mehr Leistung pro Fläche // Forschungsthemen des ISFH



Silizium-Solarzellen:
Passivierte Kontakte und ihre
Überführung in die
Massenfertigung

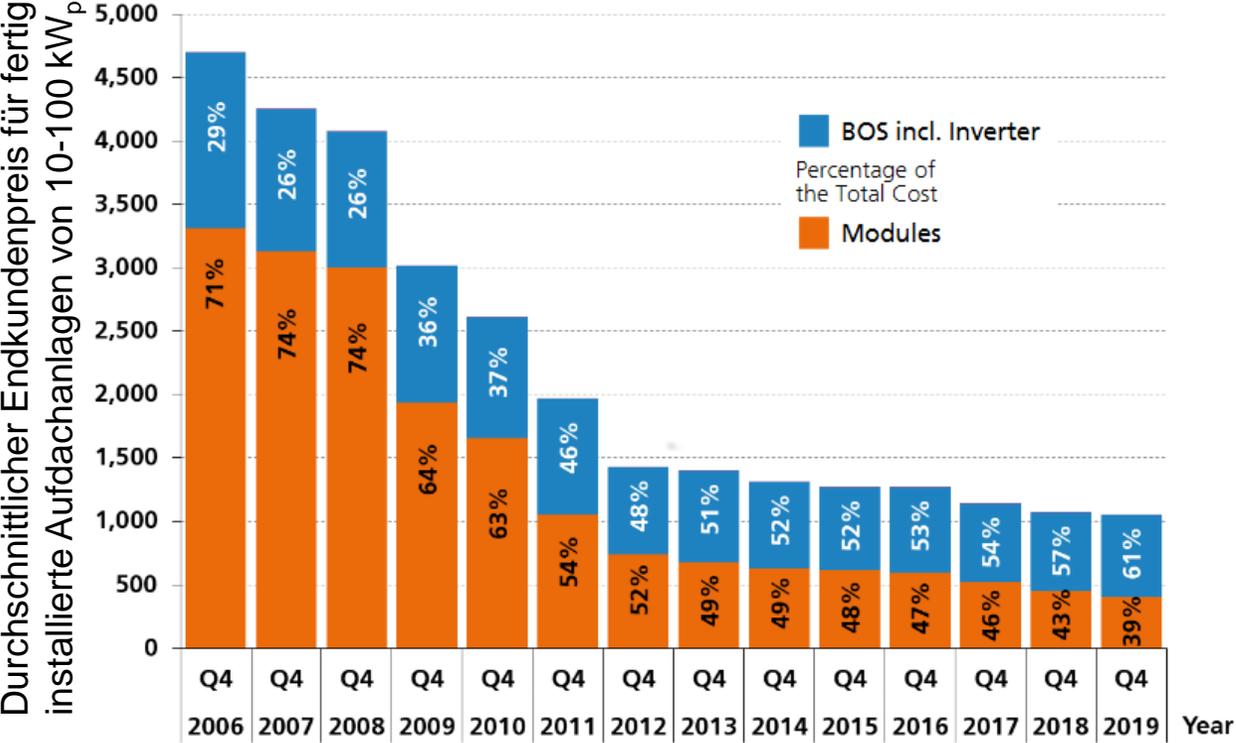


Tandem-Solarzellen:
Kombination von zwei Solarzellen
zur besseren Ausnutzung des
Sonnenlichts



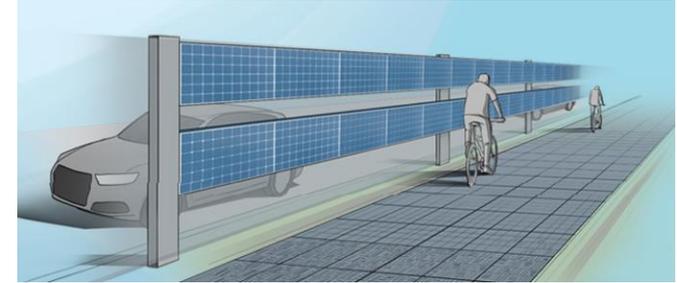
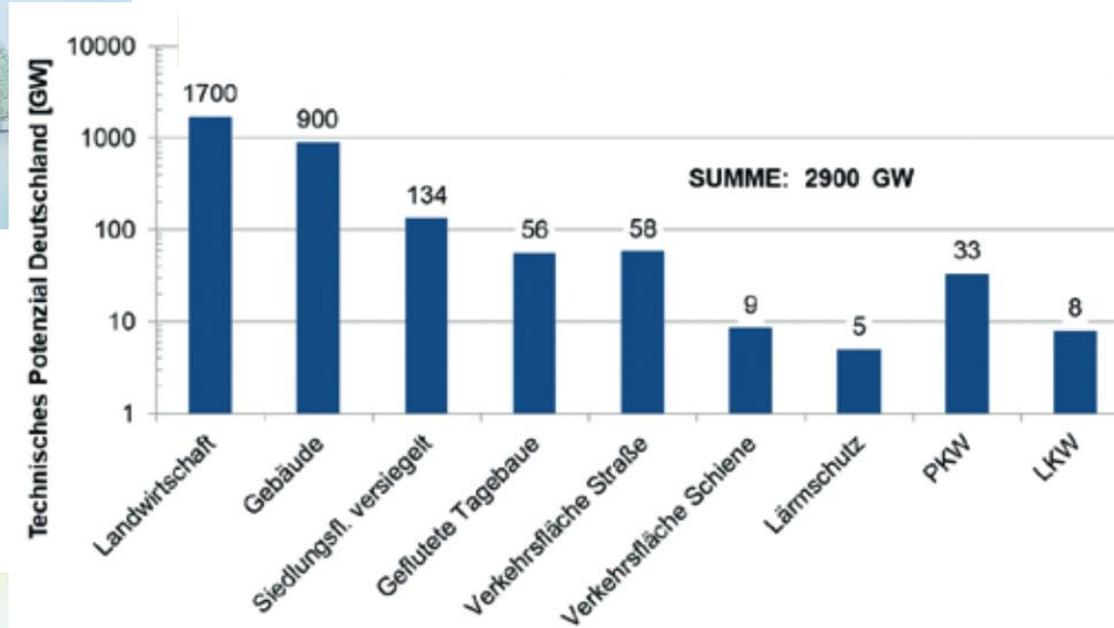
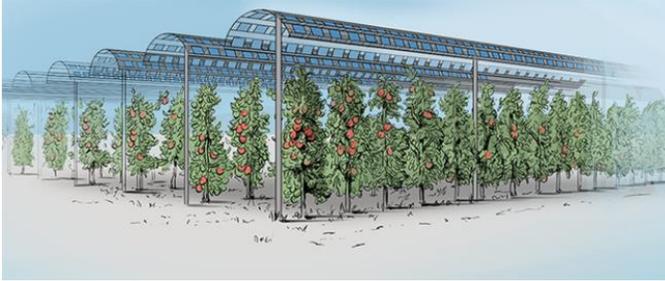
Solarmodule:
Dichte Packung der Solarzellen
(und Verschaltung von Tandem-
Solarzellen)

Erfolgsgeschichte der PV-Forschung und -Entwicklung: die PV-Kostenreduktion

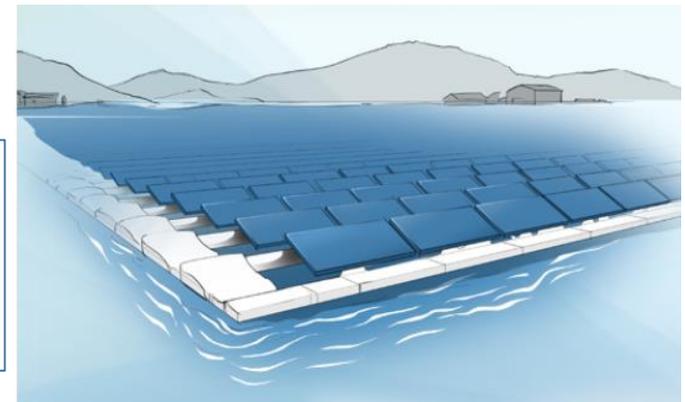


Photovoltaics Report, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, PSE Conferences & Consulting GmbH, September 2020

Ausbau von Solarenergie ohne Ausbau der Landnutzung



Niedersachsen hat ca. 13% der Fläche von Deutschland
→ **150 GW Bedarf bei ca. 370 GW technischem Potential bei bestehender Landnutzung**



Quelle: Fraunhofer ISE, Positionspapier Integrierte Photovoltaik – Flächen für die Energiewende, Januar 2021

Neue Anwendungen, neue Herausforderungen



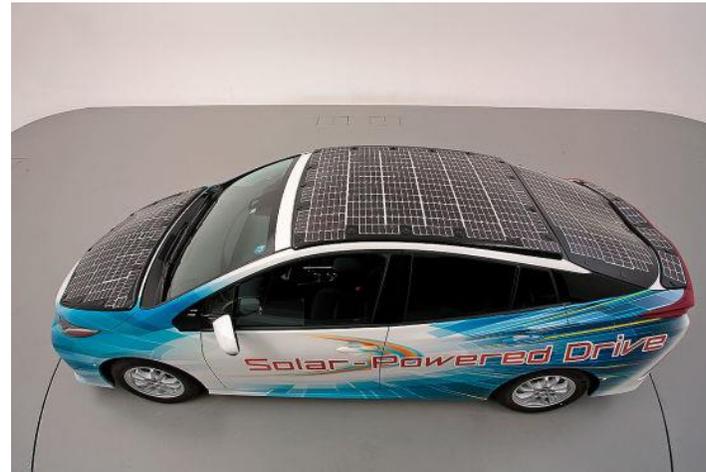
Quelle: Rolf Brendel, ISFH

Niedrigste Stromgestehungskosten
Zuverlässigkeit für >30 Jahre



Quelle: Dr. Michael Beck, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

- Abwägung zwischen Agrar- und Solar-Ertrag
- Angepasstes Erscheinungsbild
- Verbindung mit bekannten und bewährten (Bau)stoffen
- Gekrümmte Oberflächen



Quelle: Toyota Motor Corporation, Sharp Corporation und NEDO



Quelle: Rolf Brendel, ISFH

Ästhetik contra Stromproduktion: Herausforderung Farbe

// Grundlegender Mechanismus



<https://www.dkfindout.com/us/science/light/seeing-color/>

- PV-Module wandeln Licht in elektrische Energie bzw. Strom
- Wenn das gesamte auftreffende Licht in Strom umgewandelt wird, dann erscheint das Solarmodul schwarz
- Farbe entsteht, wenn bestimmtes Licht von Objekten zurückgeworfen wird
- Dieser Anteil des Lichts kann keinen Strom erzeugen (reduzierter Ertrag)

Ästhetik contra Stromproduktion: Herausforderung Farbe

// Zwei konkrete Beispiele



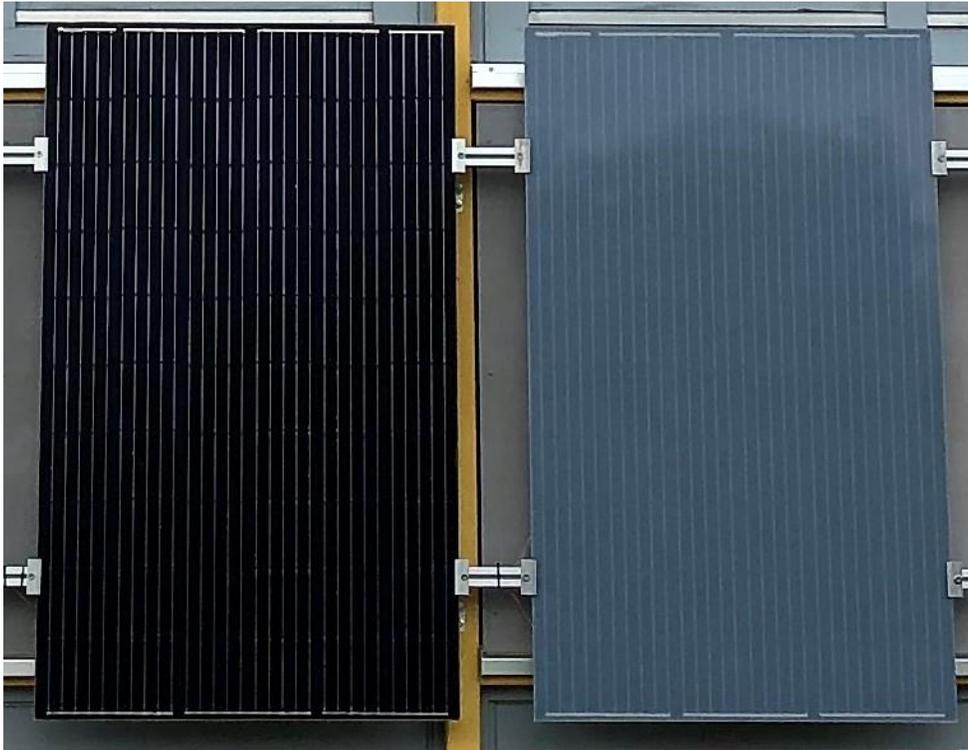
Das gesamte sichtbare Licht wird reflektiert:
40% der Energie wird nicht genutzt!

Quelle: <https://www.pv-magazine.com/2019/03/12/more-than-just-a-facade/> Integrated solar facade built by colored module specialist Solaxess, on an apartment building in Boudry, Switzerland.

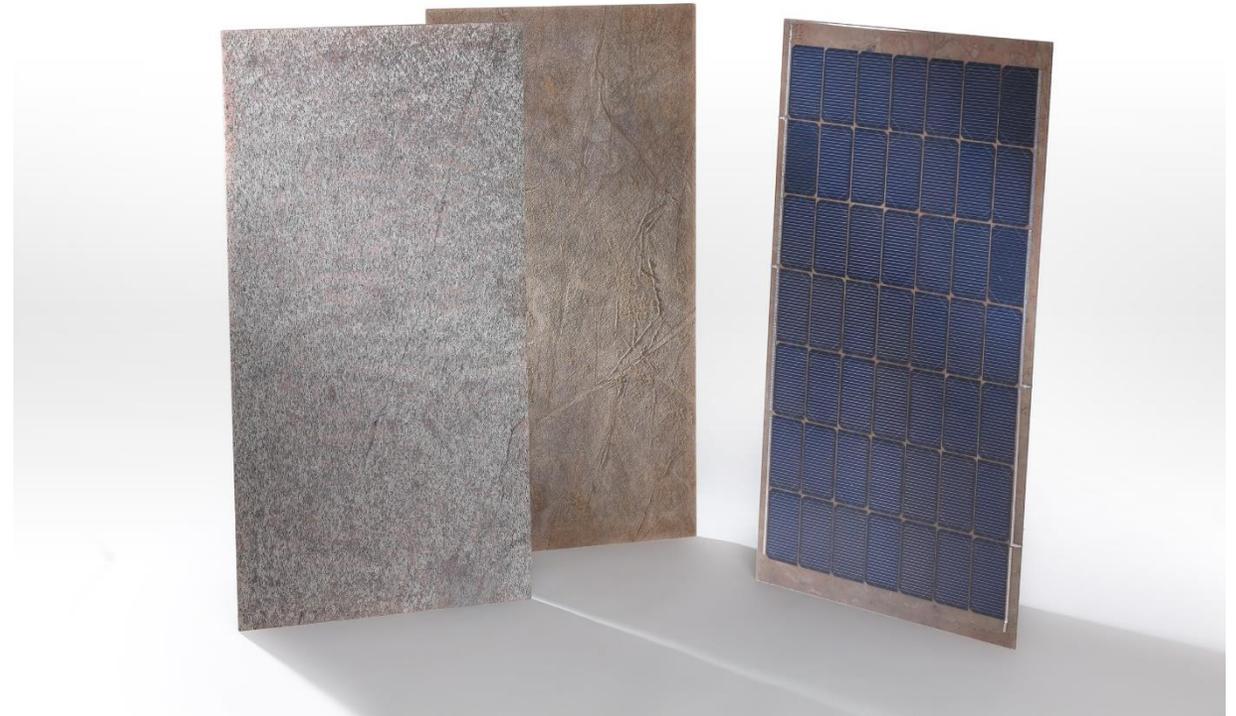


Bestimmte Farben werden reflektiert:
7% der Energie wird nicht genutzt

B. Bläsi, T. Kroyer, O. Höhn, M. Wiese, C. Ferrara, U. Eitner, T. Kuhn, Morpho Butterfly Inspired Coloured BIPV Modules, Proceedings of the 33rd European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Amsterdam (2017)

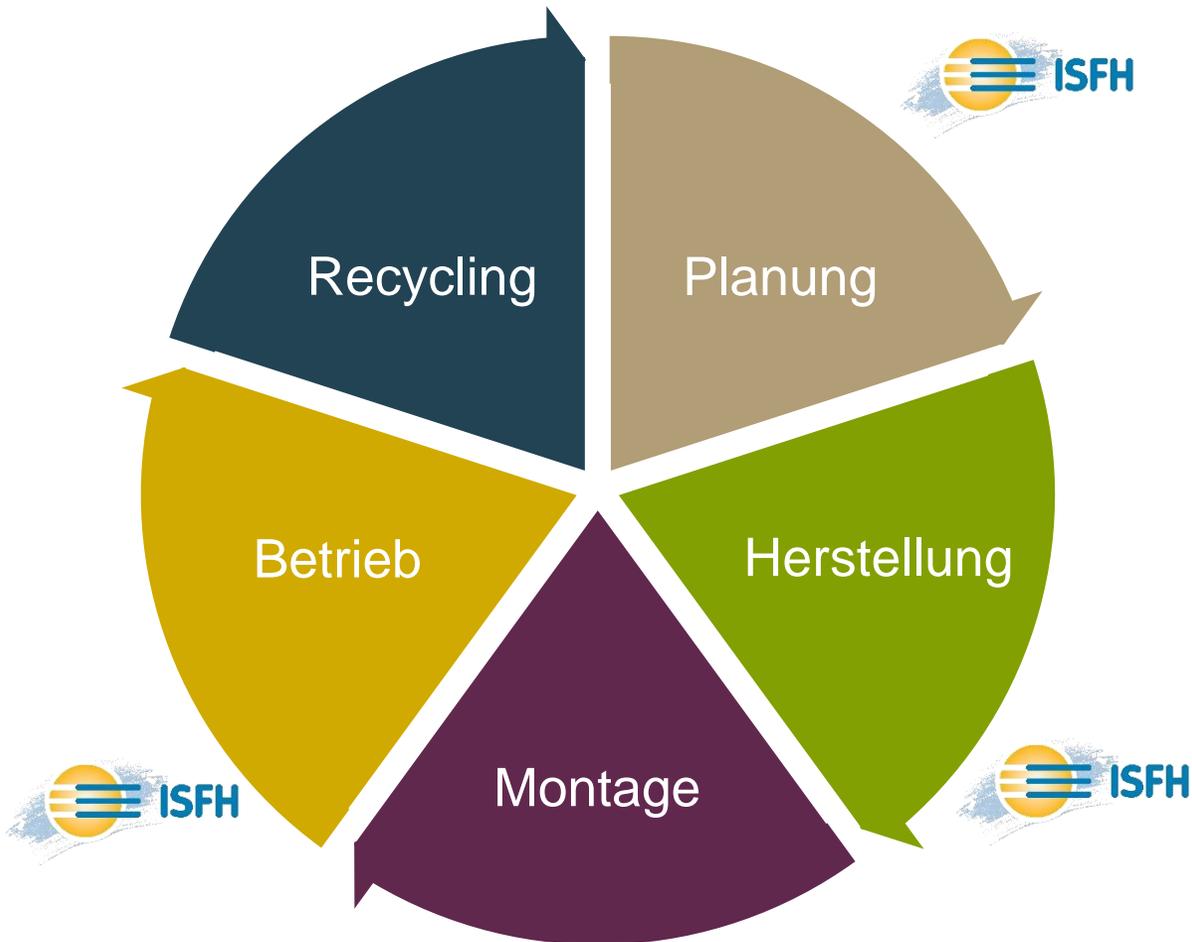


Ca. 15% Leistungsminderung
Oberfläche aus Glas
Homogener Farbeindruck aus kurzer Entfernung



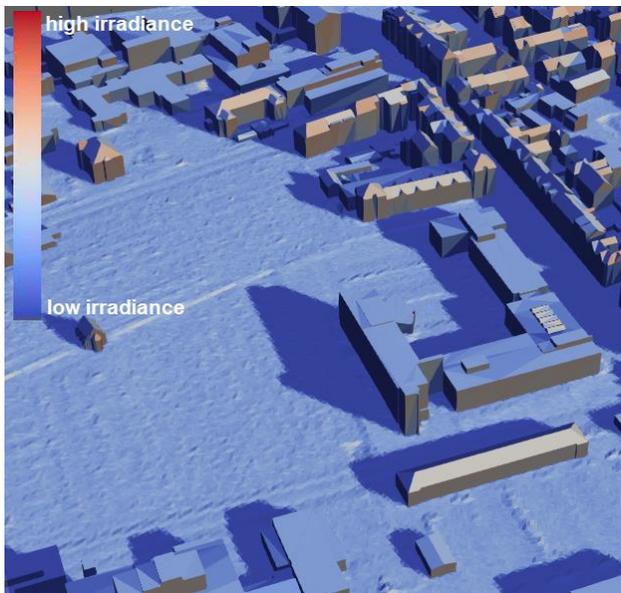
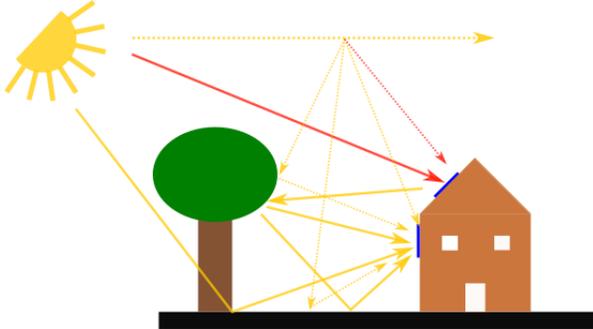
Ca. 50% Leistungsminderung
Oberfläche aus echtem Stein
Kaum von einer Steinplatte unterscheidbar

Vorstellung beim 36. PV-Symposium am
26.05.2021 durch A. Morlier



- Ästhetisch ansprechende, kostengünstige Produkte
- Ertragsprognose bzw. –optimierung
- Betrachtung des gesamten Gebäudeenergiesystems
- Kombination mit bzw. Verwendung von bewährten Baumaterialien
- Konsequente Betriebsüberwachung

Projekt „EnOB: BIMPV – Retrospektiver BIM-Ansatz zur lebenszyklusorientierten Integration von BIPV-Systemen in der Gebäudehülle“, gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 03EN1010B gefördert.



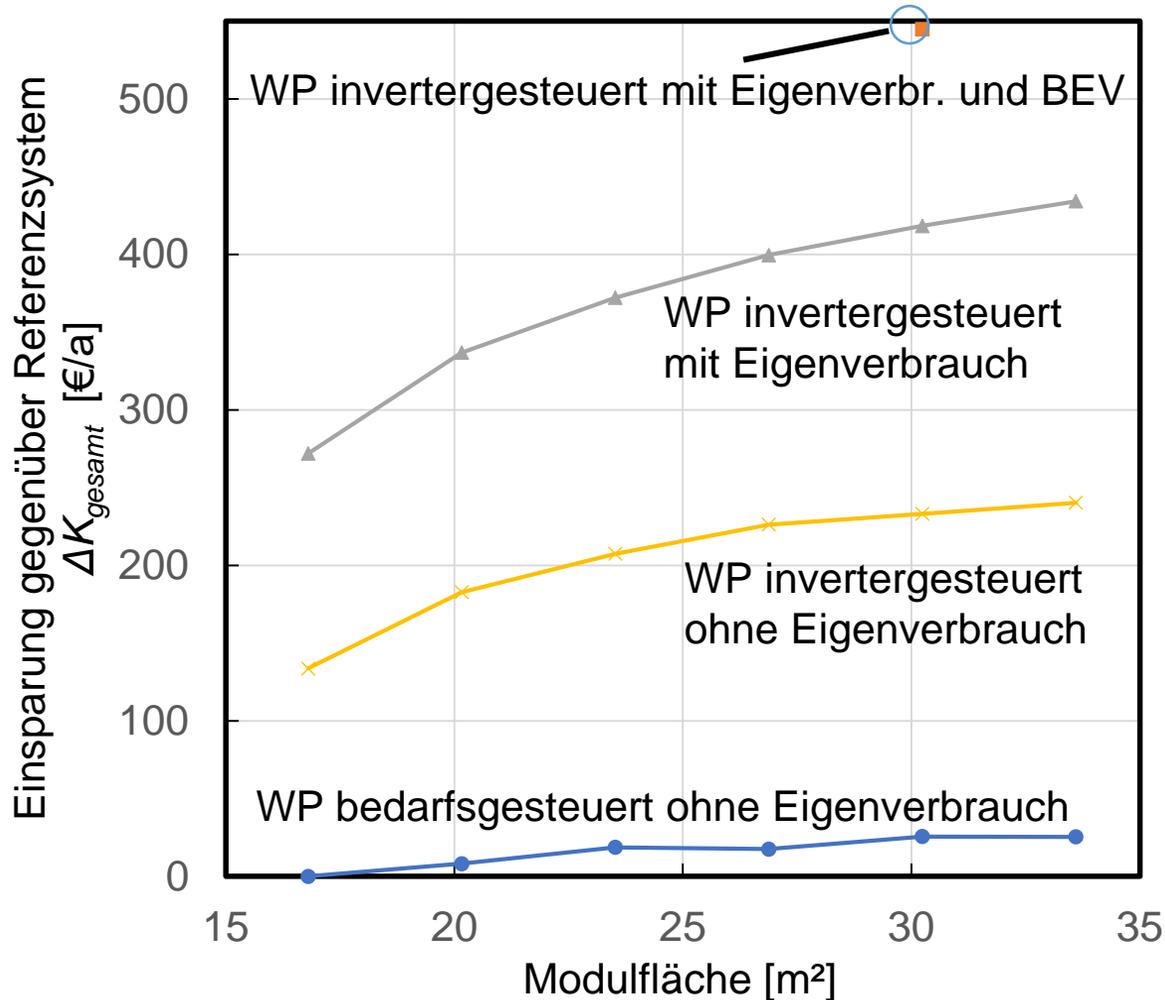
Ausschnitt aus dem Stadtgebiet von Hannover. Die Bestrahlungsstärke ist für einen Sonnenstand von $\theta = 20^\circ$ und $\varphi = 160^\circ$ (Süd-Süd-Ost) berechnet.

- PV-Module auf Dächern erreicht vor allem Licht vom Himmel (rote Pfeile)
- Lichtwege zu PV-Modulen an Fassaden sind vielseitiger und bekannte Modelle für Fassaden sind ungenauer als für Dächer
- Lösungsansatz: Strahlverfolgung zur orts- und zeitaufgelösten Berechnung der Bestrahlungsstärke
- Berücksichtigung der Reflexionseigenschaften der Umgebung (Mehrfachreflexion von Strahlen)
- Berechnung des Solarertrages von Dächern und Fassaden auf Grundlage der Bestrahlungsstärke

T. Gewohn et al., Proc. 37th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (2020)
D. Bredemeier, Fast Calculation of Large-Scale Photovoltaic Roof-Top Potentials Using Backwards-Raytracing and Machine Learning, SiliconPV 2021 (21.04.2021)
Datenquelle der 3D-Gebäudegeometrie: Landeshauptstadt Hannover, Bereich Geoinformation, CC-BY-4.0

Betrachtung des gesamten Gebäudeenergiesystems

// Beispiel PV in Kombination mit Wärmepumpe

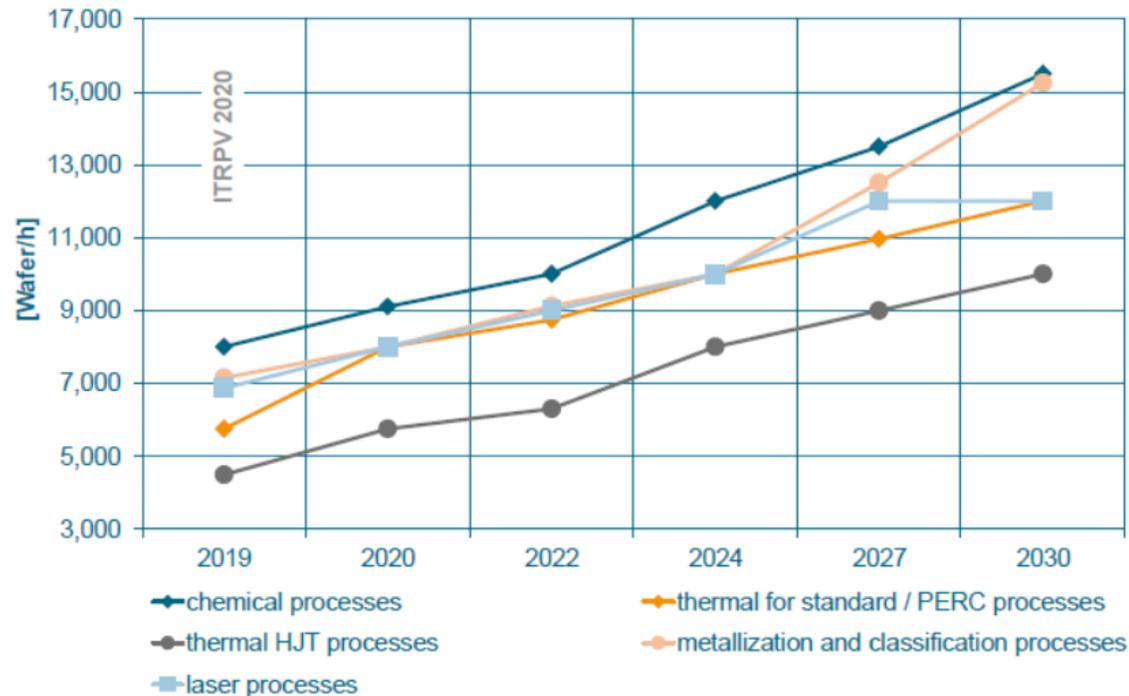


- Eine Steuerung der Wärmepumpe über den PV-Wechselrichter kann die Wirtschaftlichkeit erhöhen
- Lösung benötigt einen größeren Wärmespeicher, der sich aber schnell bezahlt macht
- Der Eigenverbrauch von PV-Strom hat einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und sollte daher mit einbezogen werden
- Die Nutzung von Elektromobilität erhöht den Eigenverbrauch und hat einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit
- Erschließung neuer wirtschaftlicher Potentiale durch die kombinierte Nutzung von PV, Wärmepumpe und E-Mobilität

Familie mit 3 Kindern, beide berufstätig, 140 m² EFH, 48 kWh/m²/a, FBH 30°C VL, WW: 200 l/d @55°, Kombispeicher 500/1200 l, Wärmepumpe Stiebel WPL 20A, Wetterdaten Zürich, 37° Dachneigung, Solarmodule Heckert NeMo 60M330, SMA-Wechselrichter, HH-Stromverbrauch 4000 kWh/a. BEV: Zweitwagen, zu Hause laden für 8Tkm/a.

Cell production tool throughput

Progressive Scenario



- Erhöhung des Solarmodul-Wirkungsgrads (bei möglichst gleichbleibenden Produktionskosten)
- Kostenoptimierung der Einzelprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Anlageneffizienz und -durchsatz, Materialeffizienz, Materialauswahl)

International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV), 2019 Results, April 2020

Danke für Ihre Aufmerksamkeit