

A composite image featuring a sunflower with a solar panel integrated into its center. The sunflower's yellow petals are arranged in a circular pattern around the dark, grid-patterned solar panel. The background is a clear blue sky. The text is overlaid on the top left and bottom left of the image.

Let the Sunshine in
Sonnige Zeiten für die Organische Photovoltaik

Umbau des Energiesystems – Beiträge der Chemie – Berlin, 24.2.2011

... die Sonne schickt keine Rechnung...



■ Konversion der Solarenergie in chemische Brennstoffe:

... Natur – Blatt – Photosynthese...

-Entwicklung von chemischen Katalysatoren für die Wasserspaltung und CO₂-Reduktion - Bau eines „künstlichen Blattes“

■ Zugang zur Solarenergie, die in Biomasse gespeichert ist

-Strategien für die Verbesserung der Biokraftstoff-Herstellung (non food)

■ Solarenergie und Elektrizität: Photovoltaik (PV)-Technologien der nächsten Generation

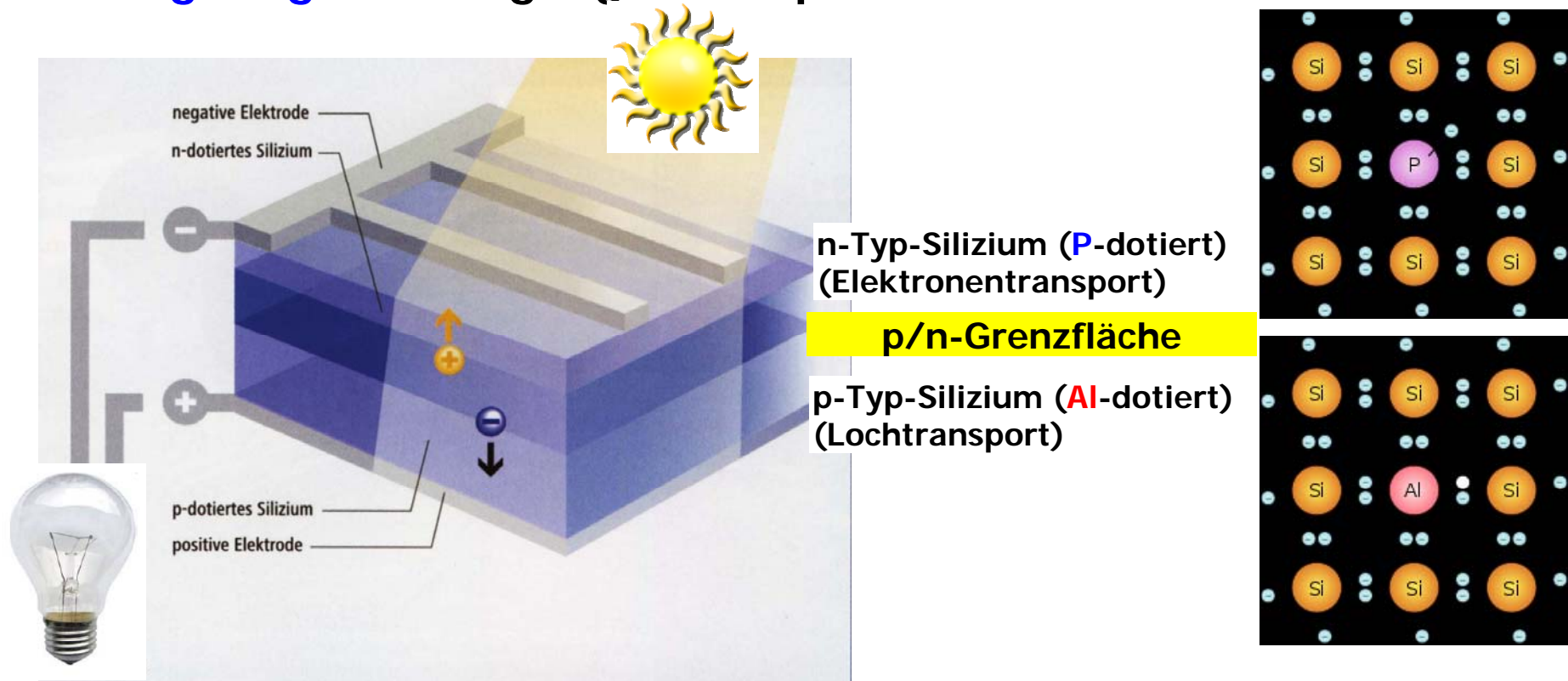
-Entwicklung von kostengünstigen, nicht giftigen PV-Materialien mit großem Vorkommen auf der Erde / gute Verfügbarkeit (Synthese)

■ Speicherung der neu gewonnenen Solarenergie

- Entwicklung von chemischen Katalysatoren und Materialien für die nachhaltige Umwandlung und Speicherung der Solarenergie

Funktionsweise einer Solarzelle

- **Lichtabsorption** von Sonnenlicht durch aktive Halbleiterschicht (Si)
- **Ladungsträger**-Erzeugung an der p/n-Grenzfläche



- **Trennung** der positiven und negativen **Ladungsträger** durch eine **Asymmetrie (Grenzfläche)** in der Struktur
- **Transport der getrennten Ladungen** zu den Kontakten und **Sammlung an den Kontakten**

PV verschiedener Generationen

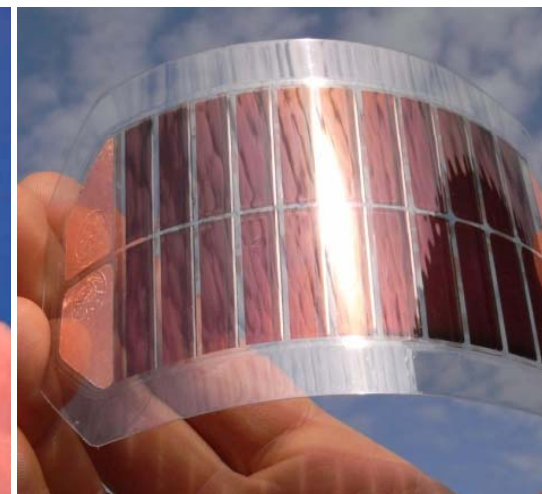
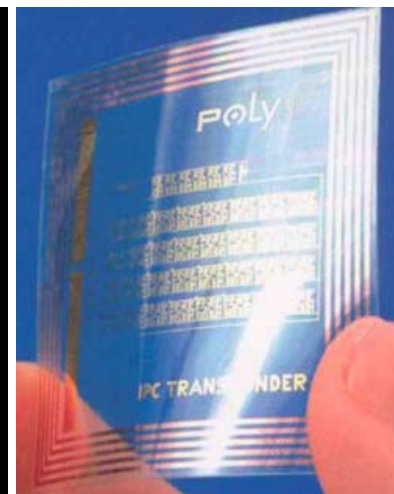
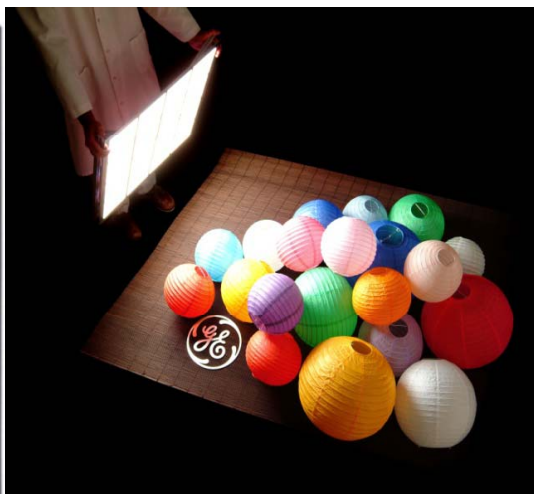
	η Labor [%]	η Produkt [%]	Dicke [μm]	Energie- Rückzahlzeit [Jahre]	Kosten [€/Wp]
Si einkristallin	25.0	22.9	300	5-3	3-2.5
Si polykristallin	20.4	17.8			
Si amorph	9.5	8.2	1-20	2	
CdTe	16.7	10.9	1-20	1	<1
CIGS (CuInGaSe ₂)	20.0	13.5	1-20	2	
DSZ (Grätzel)	11.5	~5	< 0.3	0.5-0.7*	
Organische SZ	8.3	~3	0.1-0.2	<0.5*	0.4-0.3*

Silizium: allgegenwärtig (Sand), aber teuer, weil hoher Energieverbrauch für die Herstellung

Dünnschicht-Technologie: geringerer Material- und Energieverbrauch (evtl. Problem der Verfügbarkeit und Toxizität)

Organische PV: Synthetische molekulare Materialien, gut verfügbar, nicht giftig, ökofreundlich, großflächige Produktion über Drucken auf flexiblen, transparenten Unterlagen

Energiesparende und kostengünstige Zukunftstechnologie auf transparenten und flexiblen Unterlagen durch Drucken



Ultradünne Displays (OLED)

Weißer Beleuchtung (OLED)

Plastikelektronik

Organische Solarzellen

Synthetisch im Labor hergestellte organische Materialien (Polymere, Oligomere, Farbstoffe), geringster Materialverbrauch, preiswert

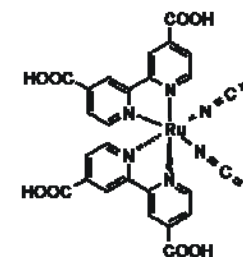
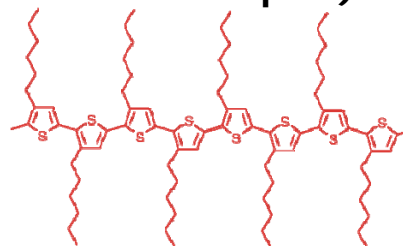
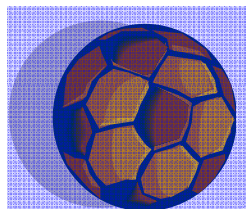
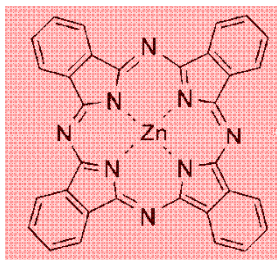
Wichtigste Eigenschaften: Leitfähigkeit, Lichtabsorption, Lichtemission

Organische Solarzellen-Konzepte



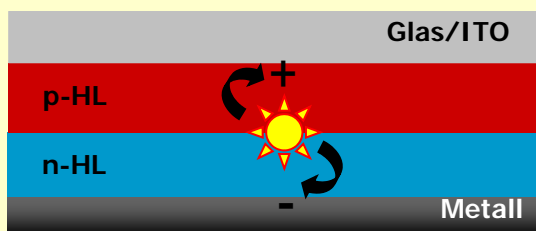
Organischer, molekularer **p-Halbleiter** (Lochtransport)

n-Halbleiter (Elektronentransport)



Oligomer / kleine
Molekül-Solarzelle

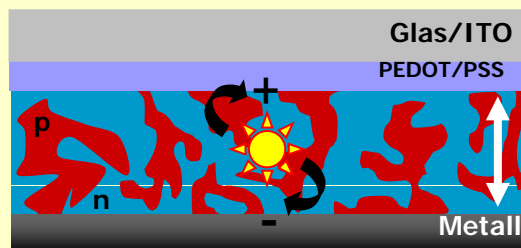
Vakuum-Abscheidung
(hohe Temperatur)



$\eta = 8.3\%$ (1.1 cm²,
zertifiziert, Heliatek)

Polymer-Solarzelle

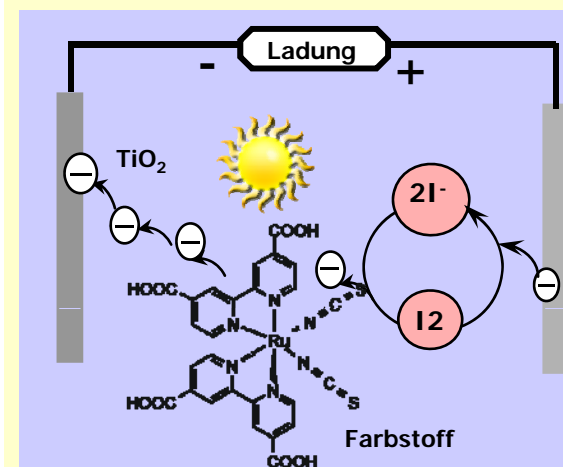
Aus Lösung hergestellt
(niedr. Temperatur)



$\eta = 8.3\%$ (1 cm²,
zertifiziert, Konarka)

Farbstoff-sensibilisierte
Solarzelle (Grätzel)

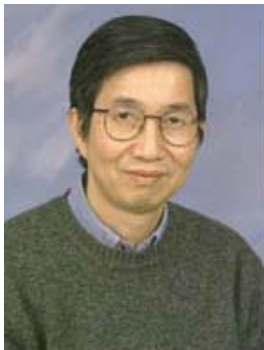
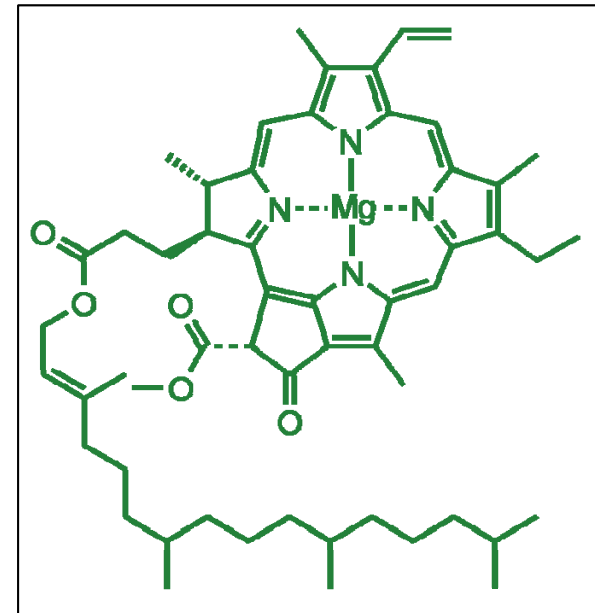
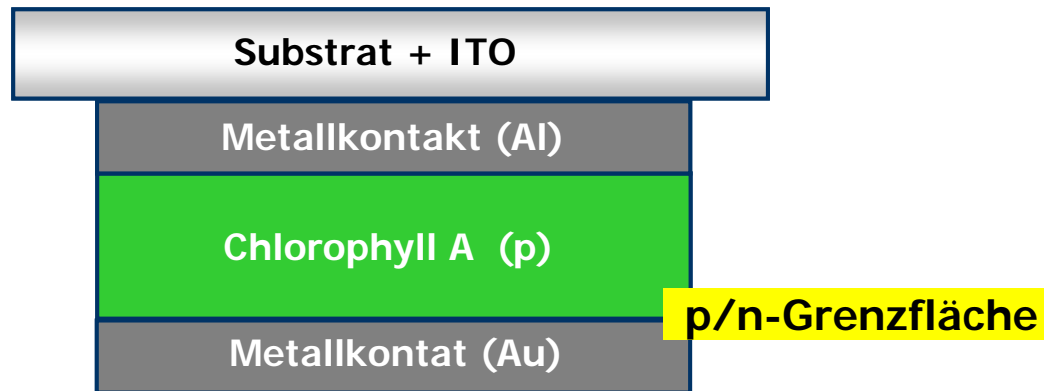
elektrochemische Zelle



$\eta = 11.1\%$ (0,22 cm²,
zertifiziert, Sharp)

Organische **E**inschicht-Solarzelle

Die erste organische Solarzelle:
Die Natur als Vorbild (Photosynthese)



$\eta = 0.001\%$

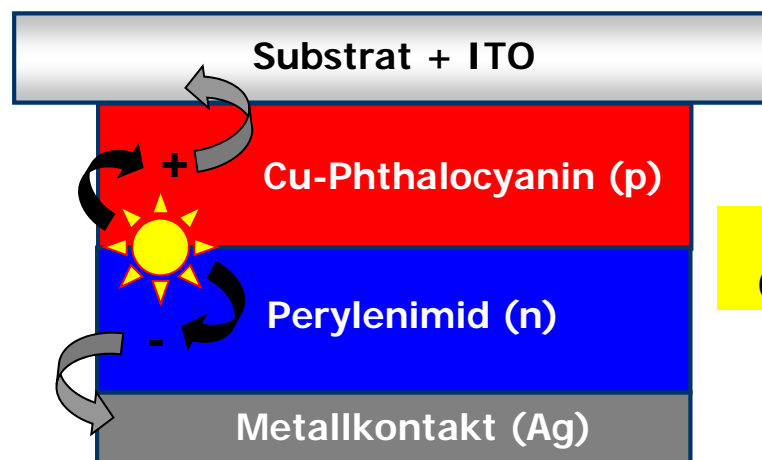
Leistungs-Wirkungsgrad der Photosynthese ist nur 0.2-2% !

C.W. Tang, A.C. Albrecht, *J. Chem. Phys.* **1975**, *62*, 2139-2149

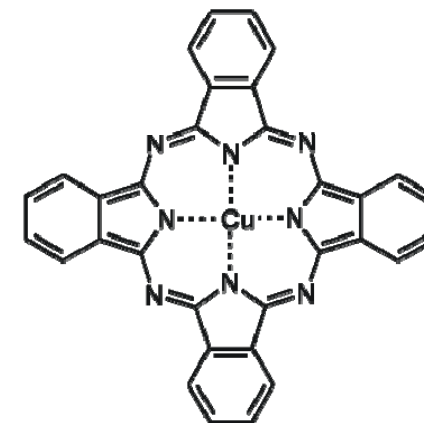
Organische Zweischicht-Solarzelle



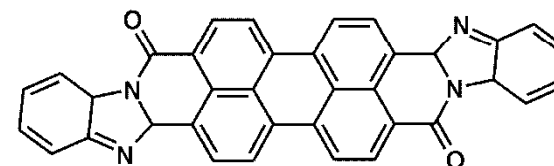
Der erste organische p/n-Heteroübergang



$\eta = 0.95 \%$



CuPc (Donor)



BBI-PTCDI (Akzeptor)

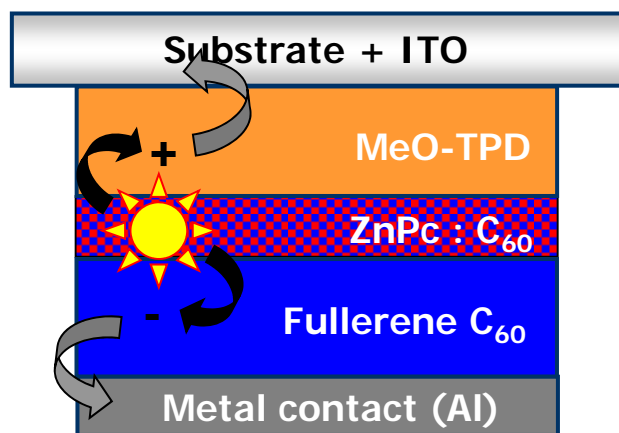
Ultradünne Filme durch Vakuumtechnologie

Organische Mehrschichtzellen



Mischschichten (p/n) sind möglich

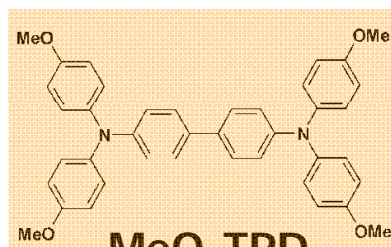
Tandemzellen: $2 \times 1 < 2$



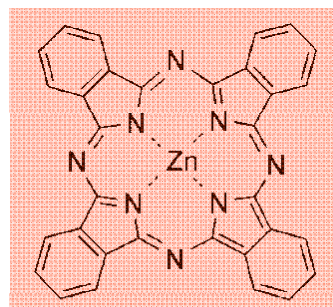
$\eta = 2.1 \%$

$\eta = 5.0 \%$

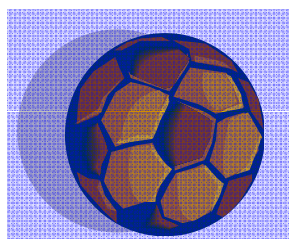
($\varnothing = 0.78 \text{ mm}^2$
1-10 suns)



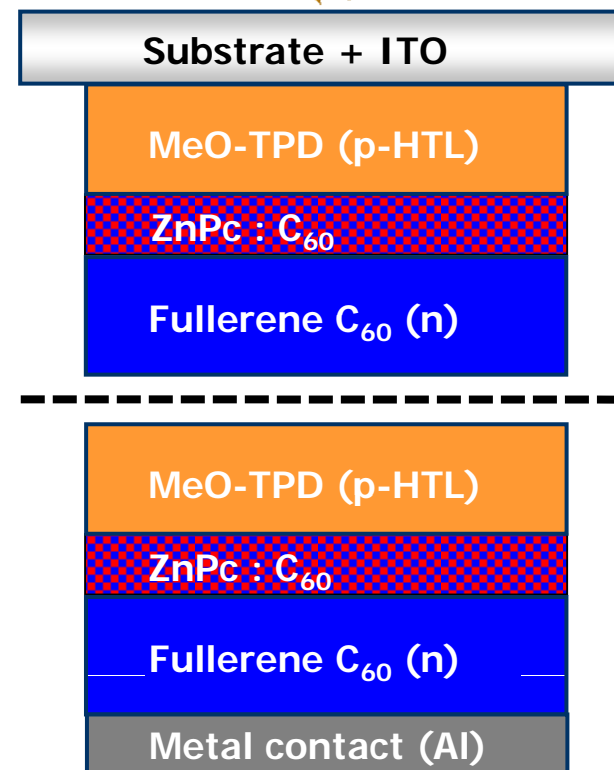
MeO-TPD
(Lochtransp.)



ZnPc



C₆₀



$\eta = 3.8 \%$

$\eta = 5.7 \%$

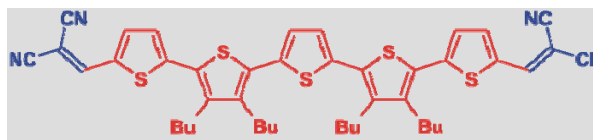
M. Pfeiffer, K. Leo et al., *Appl. Phys. A* 2004, 79, 1

J. Xue, B. P. Rand, S. Uchida, S. R. Forrest, *J. Appl. Phys.* 2005, 98, 124903

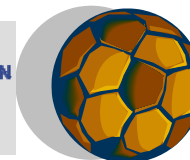
Komplementäre Absorber



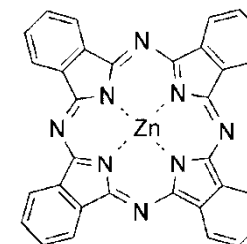
Heliatek's Tandemzellen-Technologie



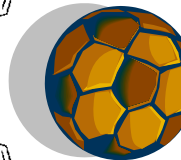
DCV5T



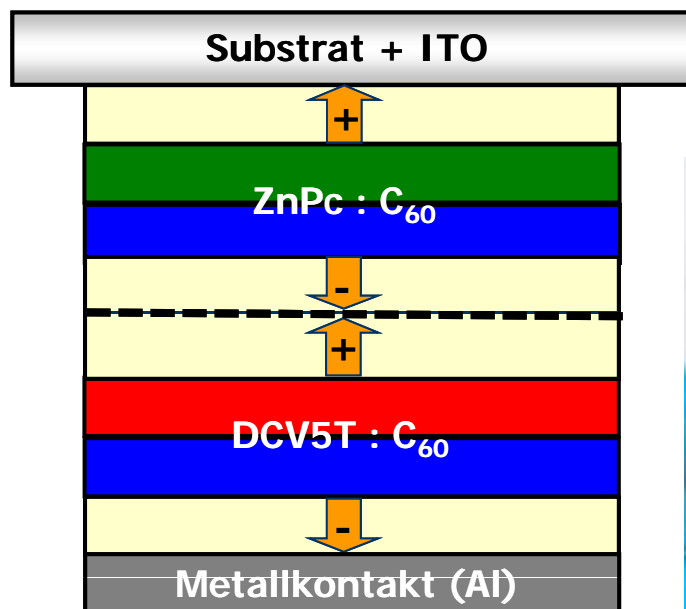
C₆₀



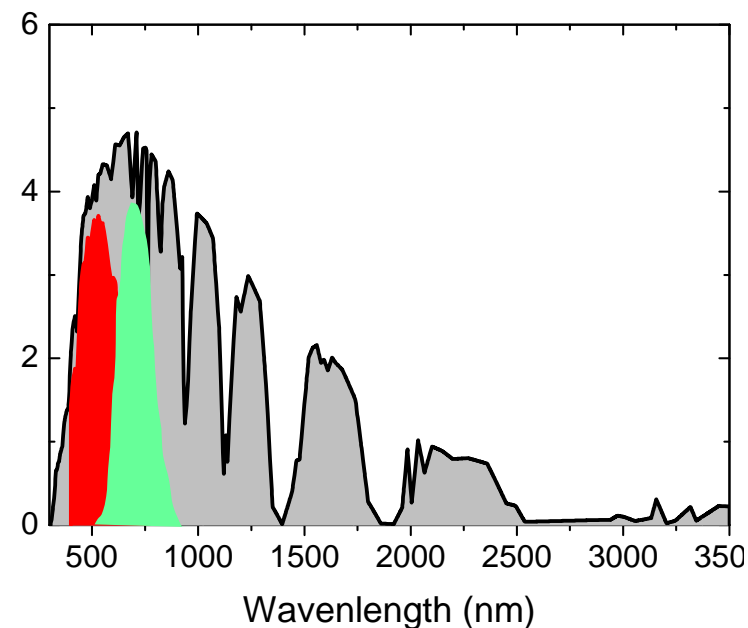
ZnPc



C₆₀

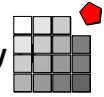


© Heliatek GmbH

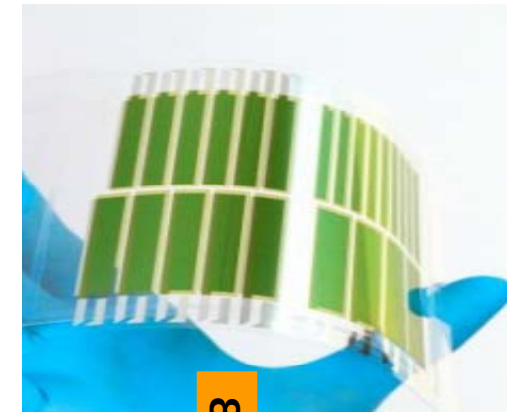


Weltrekord für OSZ: $\eta = 8.3\%$ (1.1 cm², zertifiziert ISE Freiburg)

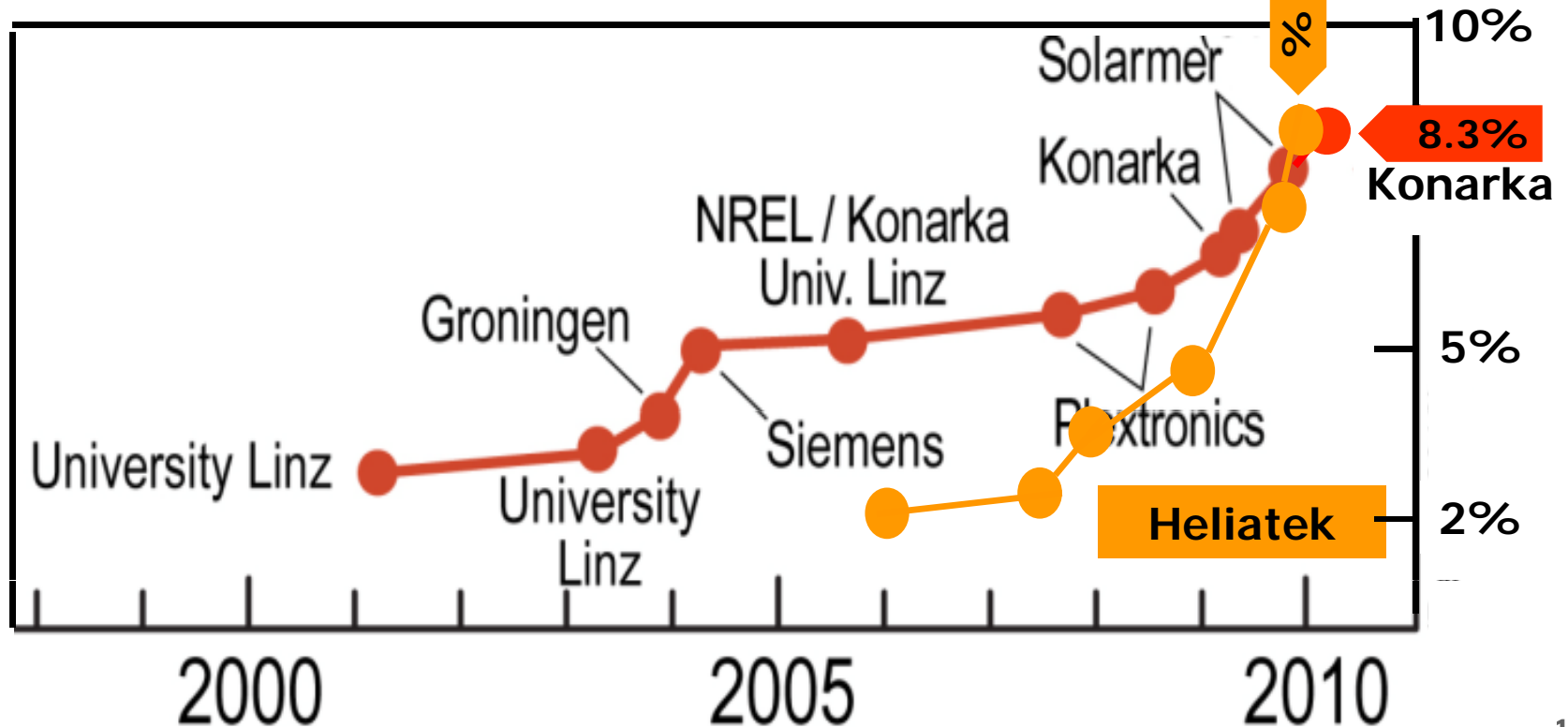
Firmen in der organischen PV



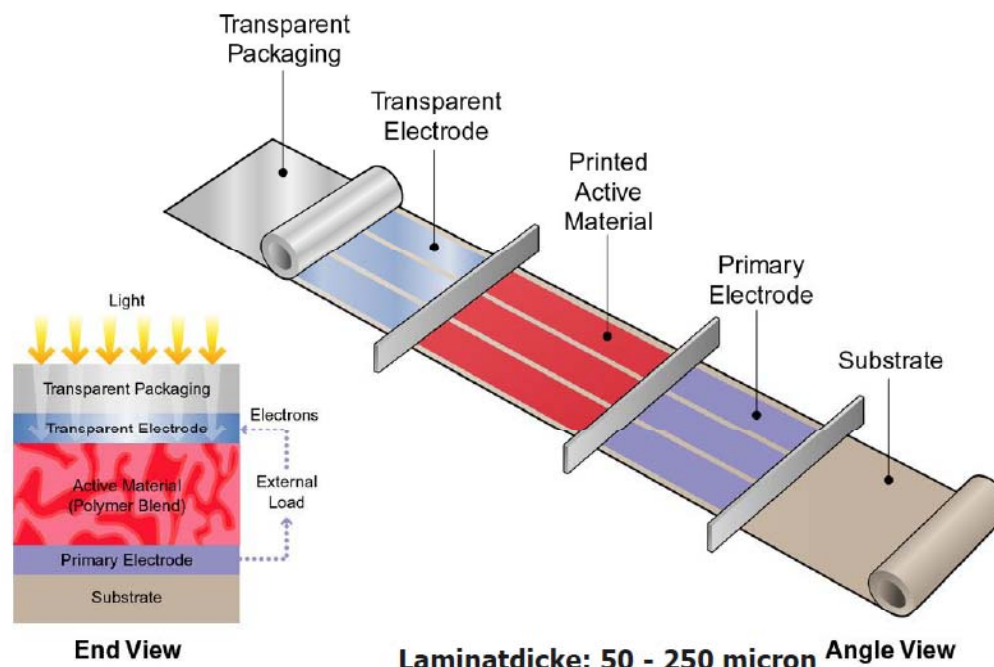
- **Heliatek (BRD)** - kleine Moleküle
- **Solarmer (US)** - Polymere
- **Konarka (US/BRD)** - Polymere
- **Plexitronics (US)** - Polymere
- **G24I (Irland)** - Grätzelzellen



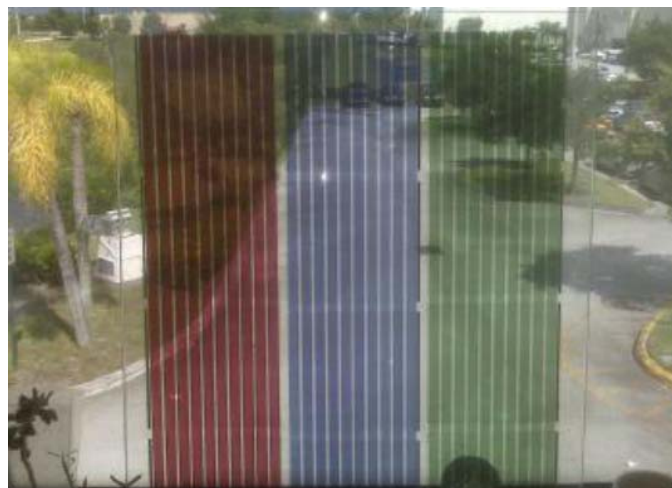
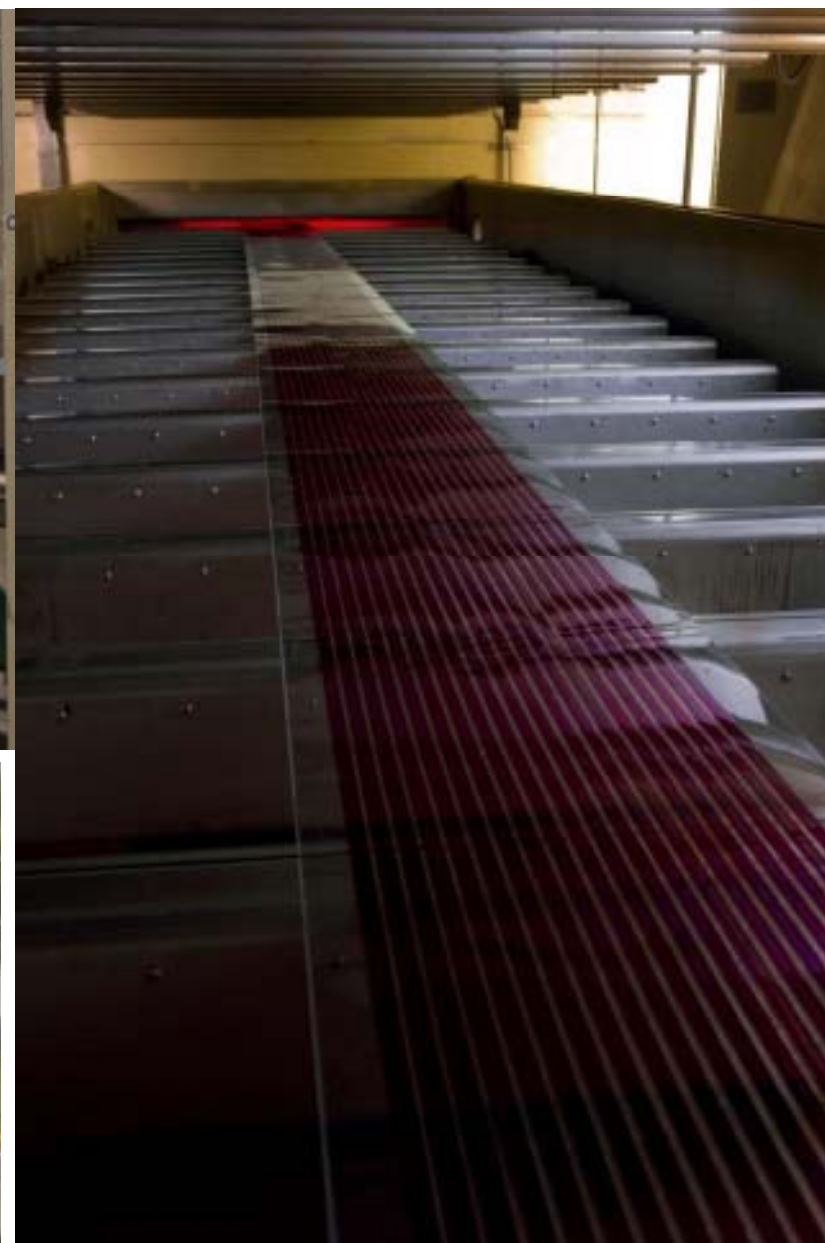
© Heliatek GmbH



... Drucken wie Zeitungen ...



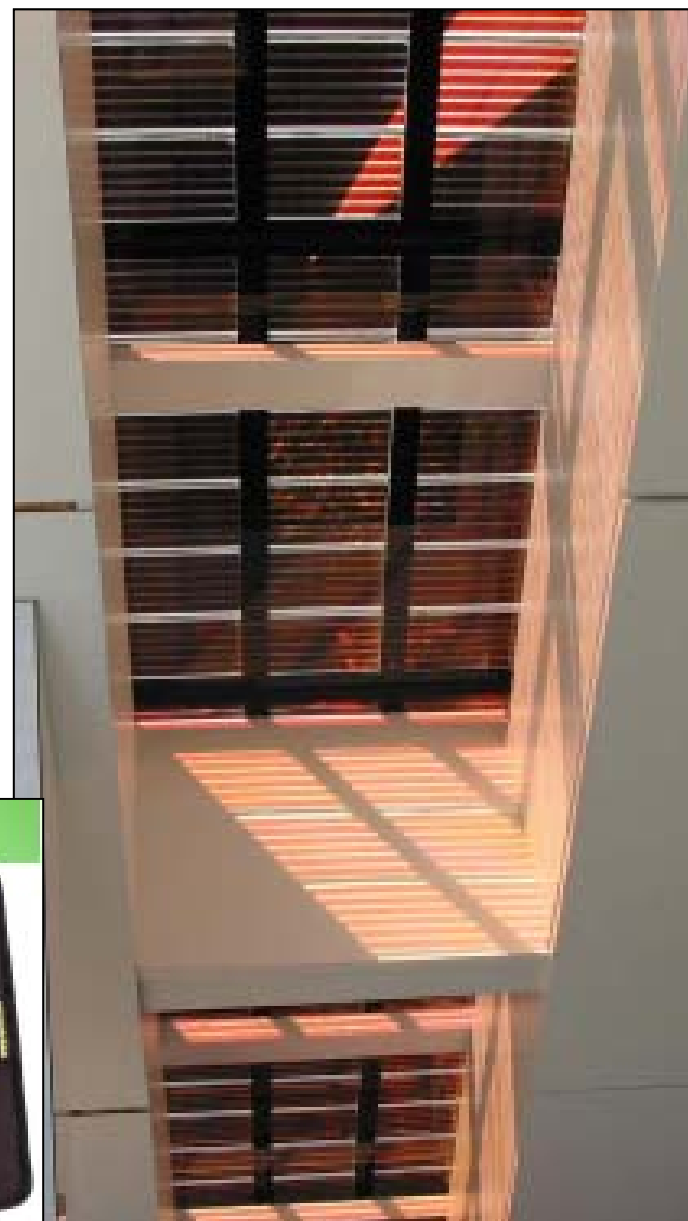
... Solarfolien aus dem Baumarkt ...



Erste kommerzielle Nischenprodukte



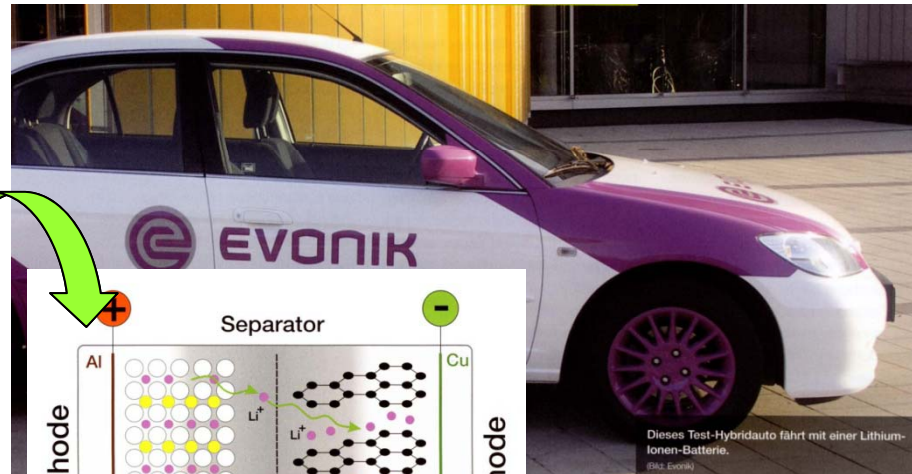
© Neubers





Dezentrale Speicherung der gewonnenen Solarenergie

■ Effiziente Li-Ionen-Batterien, Elektromobilität

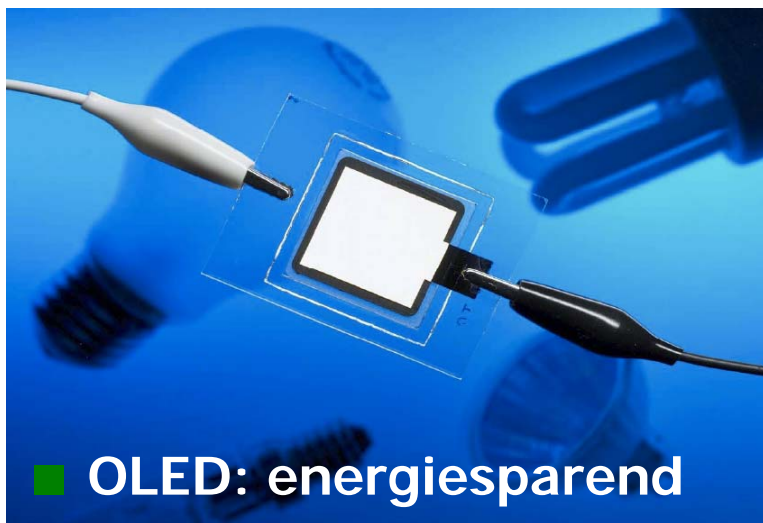


© Evonik Magazin

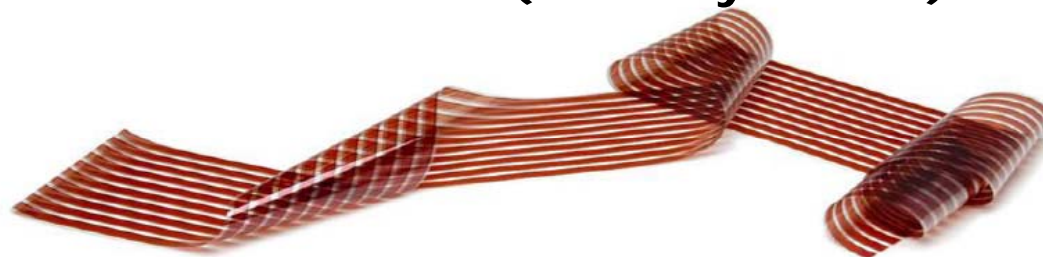
- Umwandlung des Treibhausgases CO_2 zu Kraftstoffen mit Sonnenenergie ($\text{CO}_2 \rightarrow$ Methan oder Methanol)
- Neue „Energie-Kurse und –Studiengänge, Weiterbildung
(2009: ca. 340.000 Beschäftigte im Bereich der regenerativen Energien)



energy for the future



- OPV » Natur (Photosynthese)

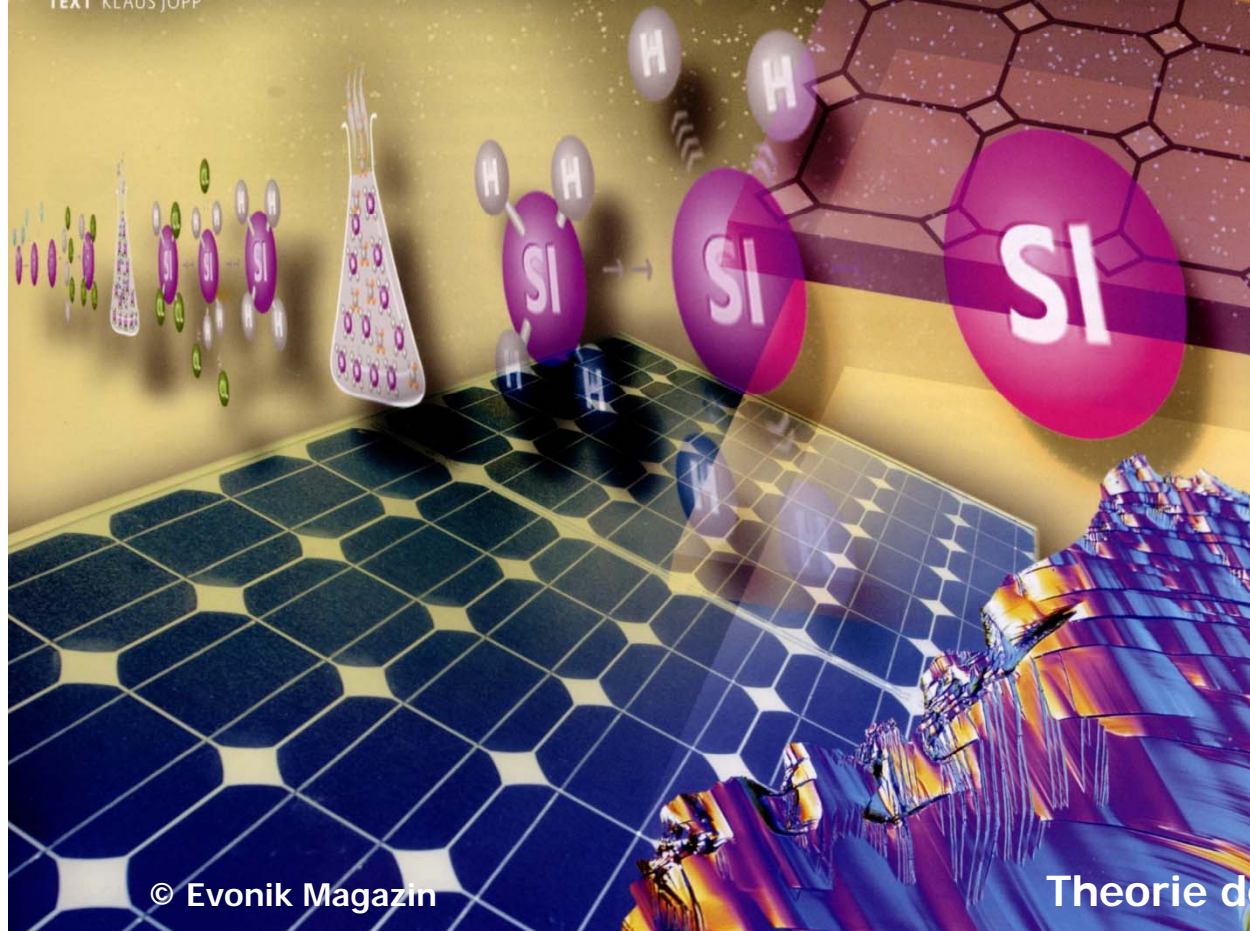


- flexibel, transparent, günstig
- gut verfügbar, ungiftig, verbrennbar
- Wirkungsgrad, Lebensdauer

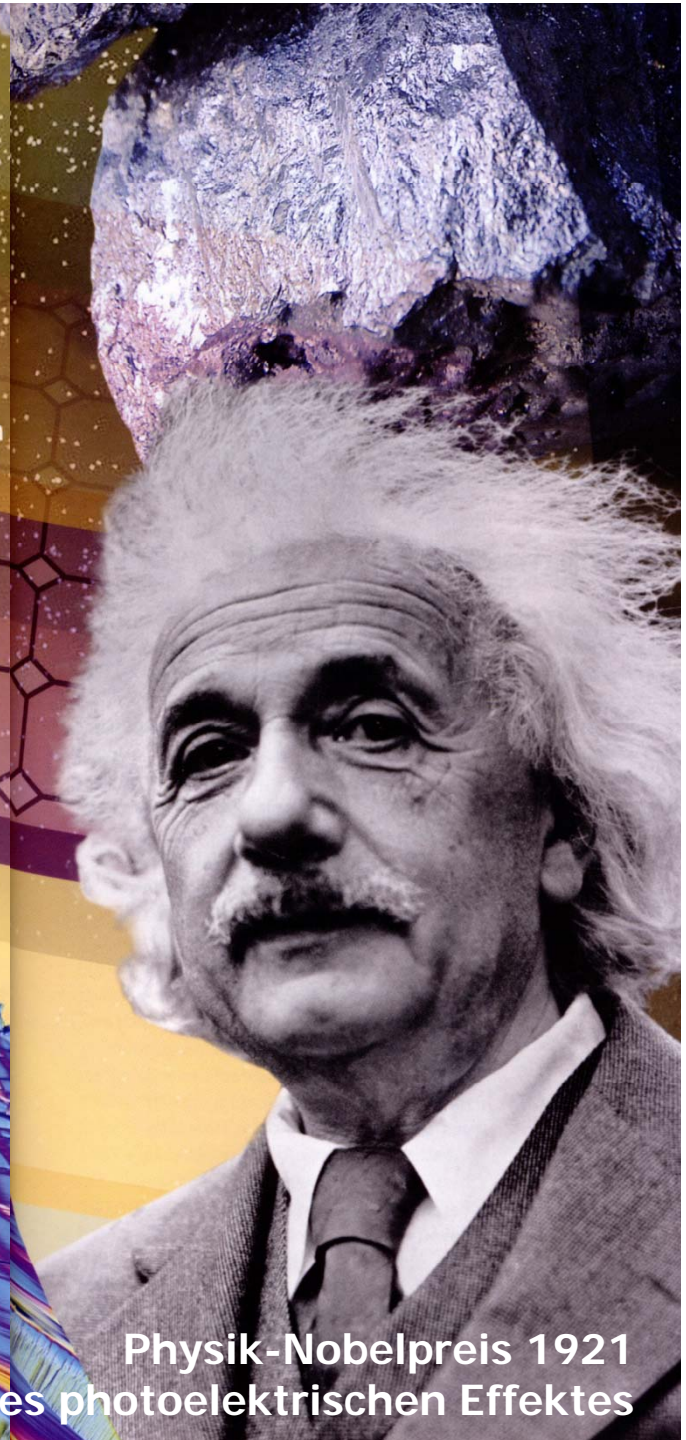
Sonnenfänger Chemie

Ob Solarzellen oder Stromspeicher, Wärmedämmung oder LED-Lichtquellen, die Technologien der Energie-Effizienz haben eines gemeinsam: Sie basieren auf Entdeckungen der Chemie

TEXT KLAUS JOPP



© Evonik Magazin



Physik-Nobelpreis 1921
Theorie des photoelektrischen Effektes

