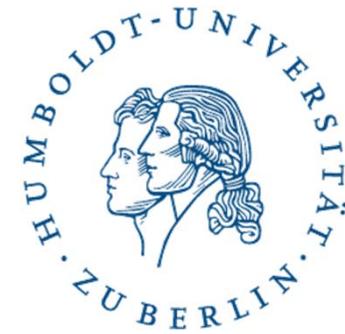


Polymer gegen Silizium: Wer wird in der Elektronik gewinnen?



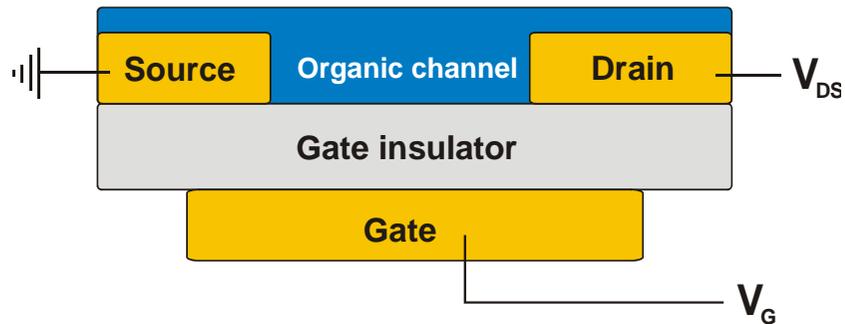
IRISADLERSHOF

Norbert Koch

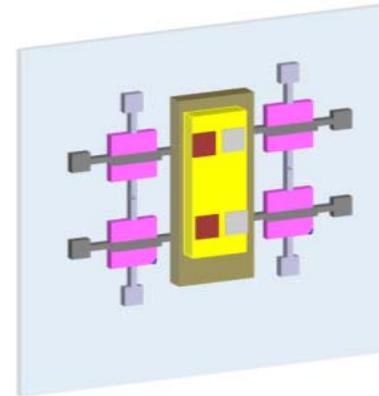
Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Physik & IRIS Adlershof
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Elektronische und optoelektronische Bauelemente: Elementare Funktionen der Informations-Verarbeitung und -Darstellung

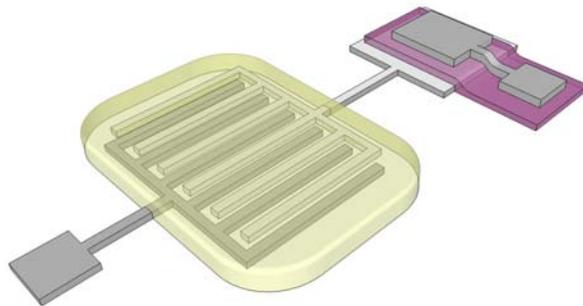
Feldeffekt-Transistor: **Schalter**



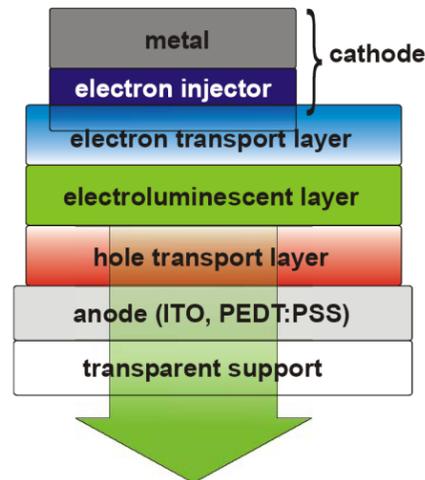
Speicher



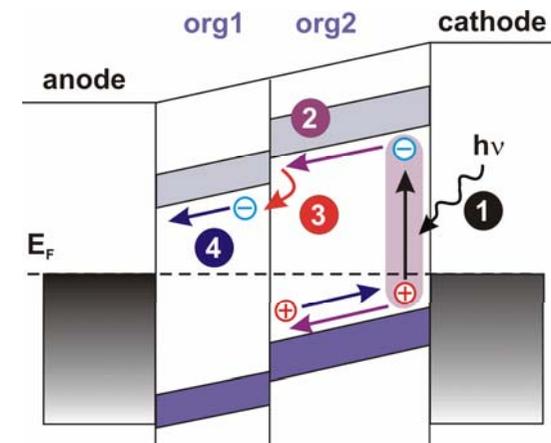
Sensor



Leuchtdiode



**Photovoltaische Zelle:
Energiegewinnung**



Anwendungen: IT et al.



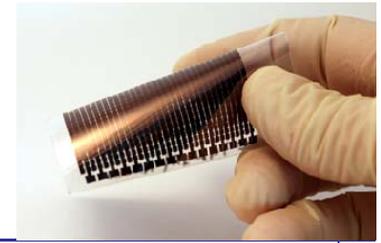
Sanliv



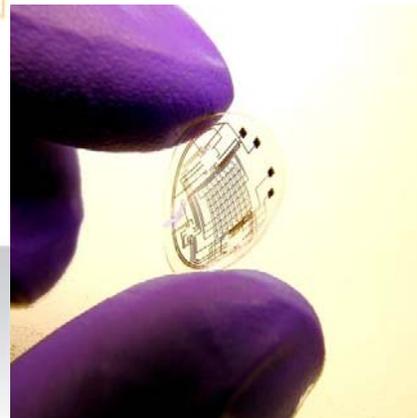
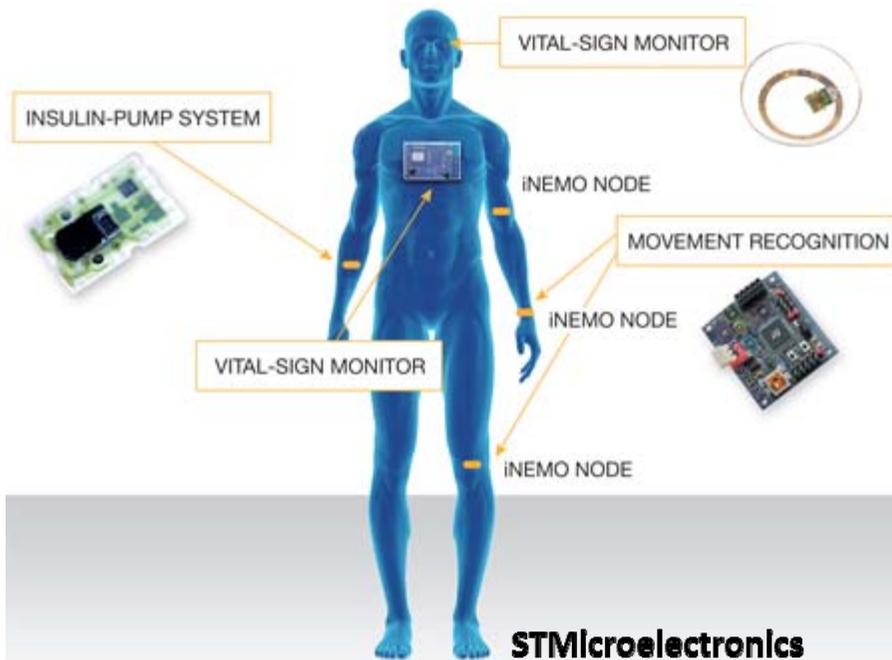
Jivaldi



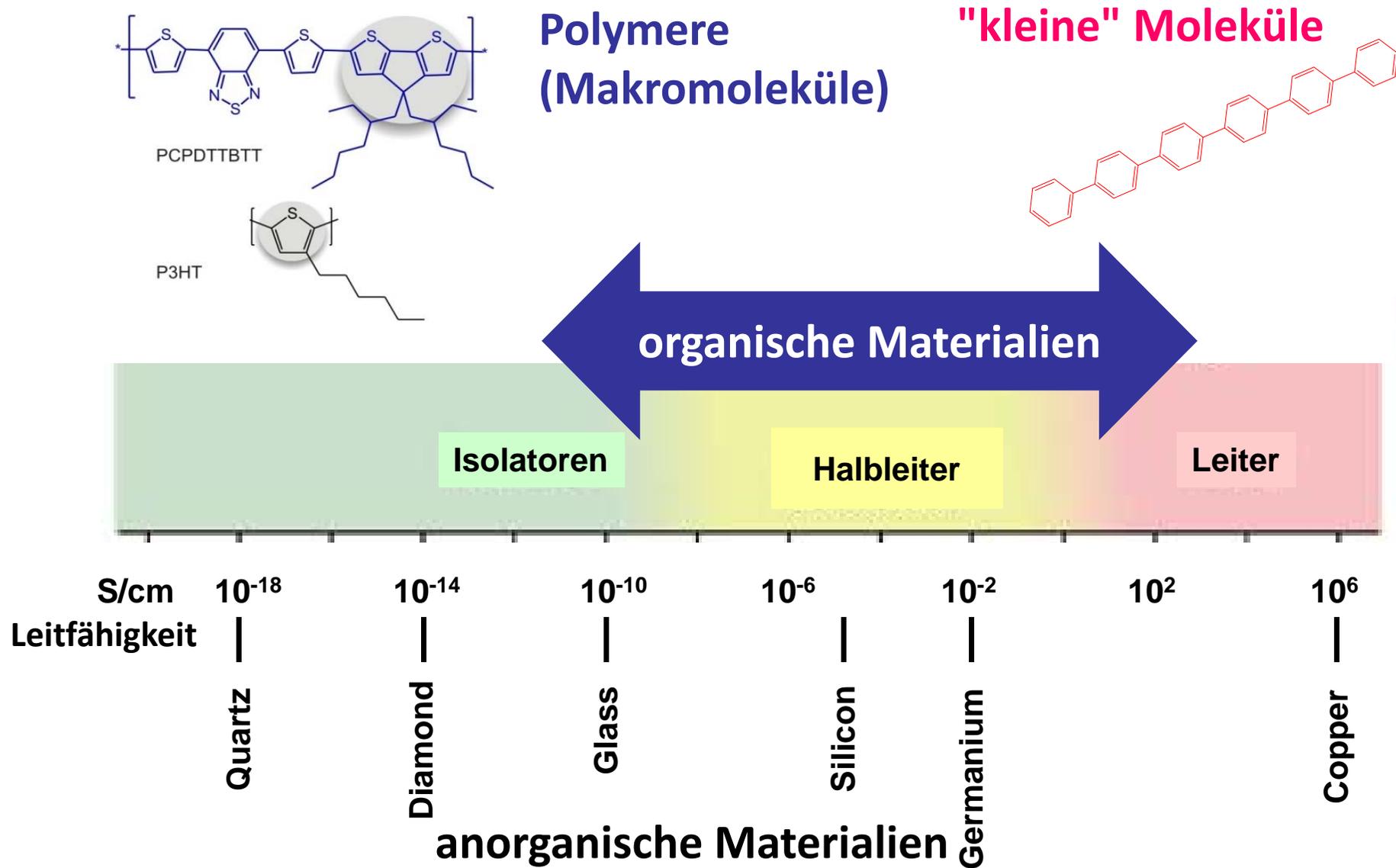
Ambient Intelligence & Photovoltaics



- flexibel
- tragbar
- "unsichtbare" Technologie



Materialien für die (Opto-) Elektronik



Halbleiter

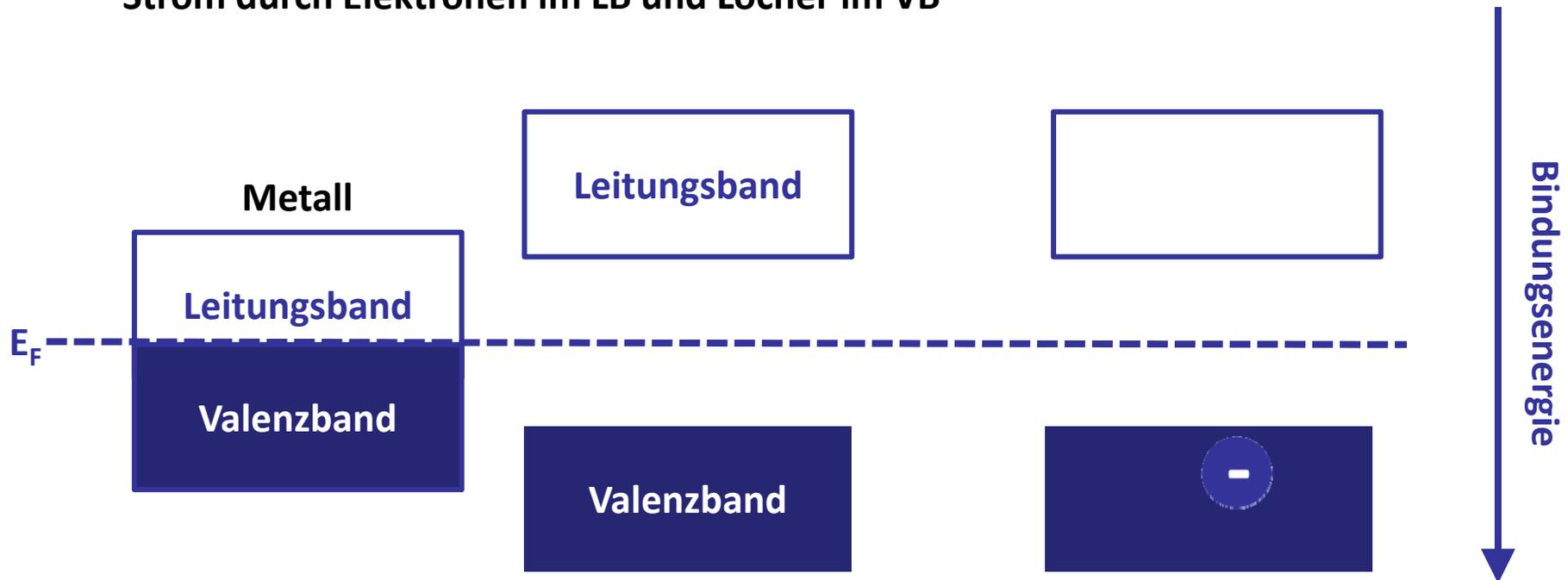
Ladungsträger (Elektronen und Löcher)



- haben im Festkörper wohldefinierte Bindungsenergie (Bänder)
- werden im elektrischen Feld bewegt (Strom)
- können elektromagnetische Strahlung (Photonen) absorbieren

Halbleiter

- haben endliche Energielücke zwischen Valenz- und Leitungsband
- Strom durch Elektronen im LB und Löcher im VB



Halbleiter

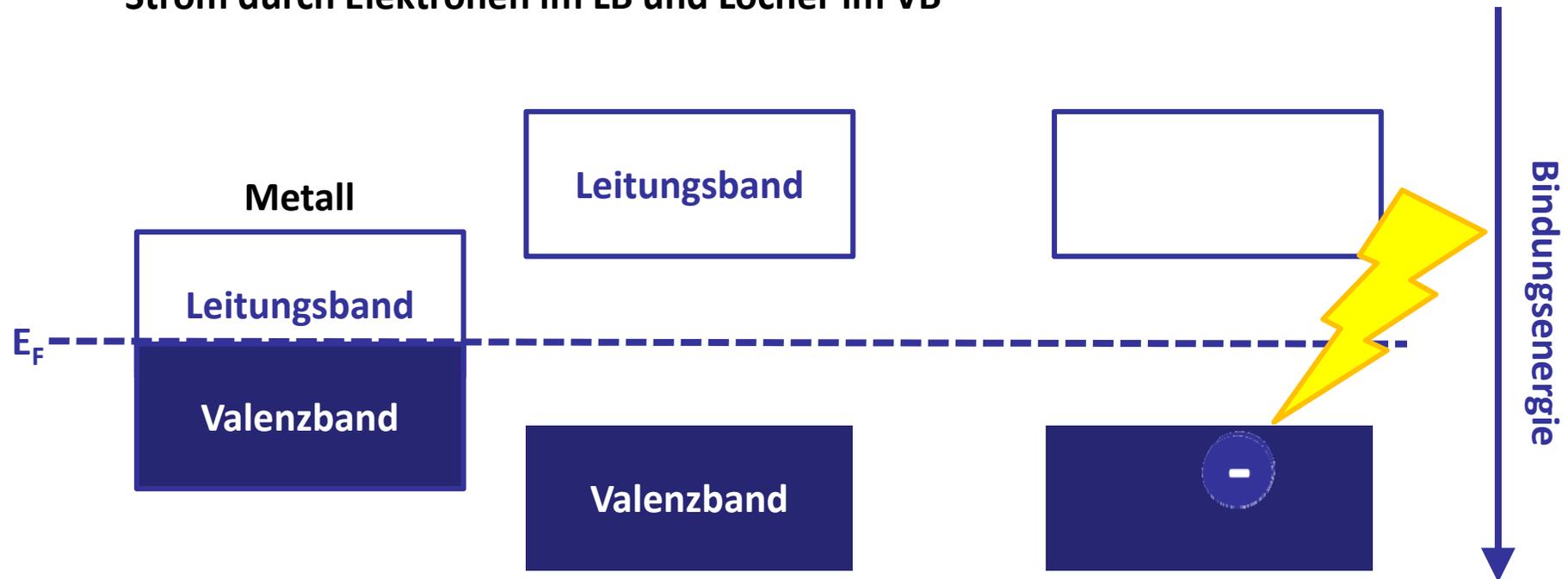
Ladungsträger (Elektronen und Löcher)



- haben im Festkörper wohldefinierte Bindungsenergie (Bänder)
- werden im elektrischen Feld bewegt (Strom)
- können elektromagnetische Strahlung (Photonen) absorbieren

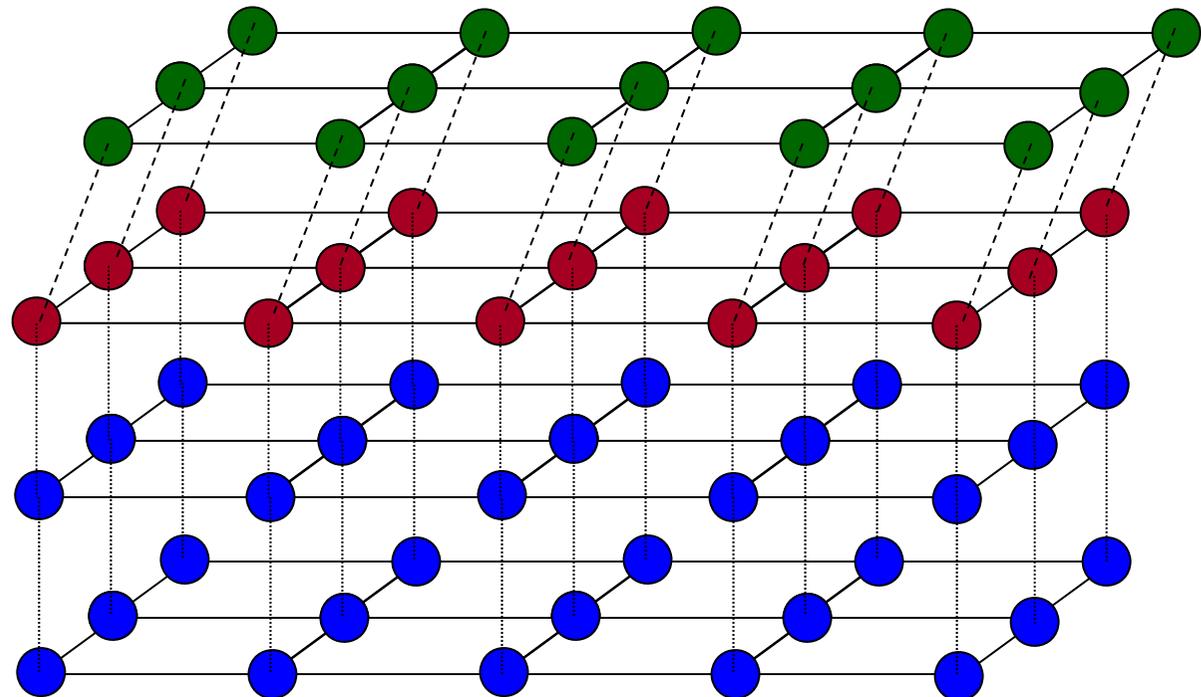
Halbleiter

- haben endliche Energielücke zwischen Valenz- und Leitungsband
- Strom durch Elektronen im LB und Löcher im VB



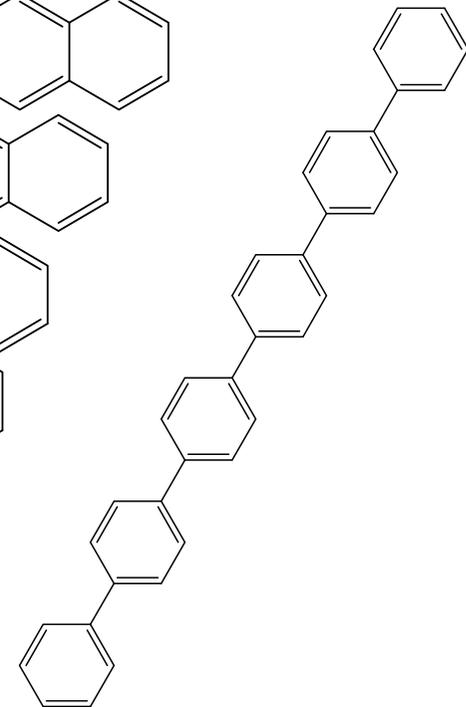
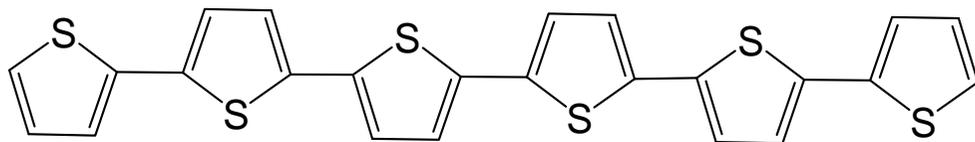
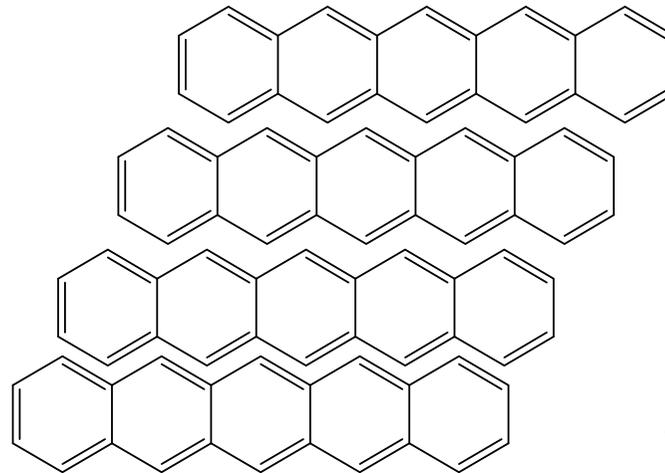
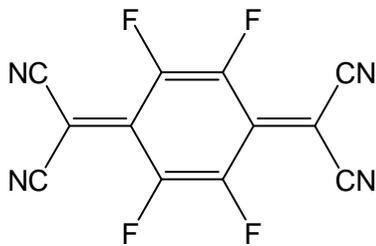
Anorganische Halbleiter

- kovalente Bindungen zwischen Atomen
- Kontrolle über elektronische und optische Eigenschaften:
 - Elemente (118)
 - Struktur
 - Mischung (“Dotierung”)



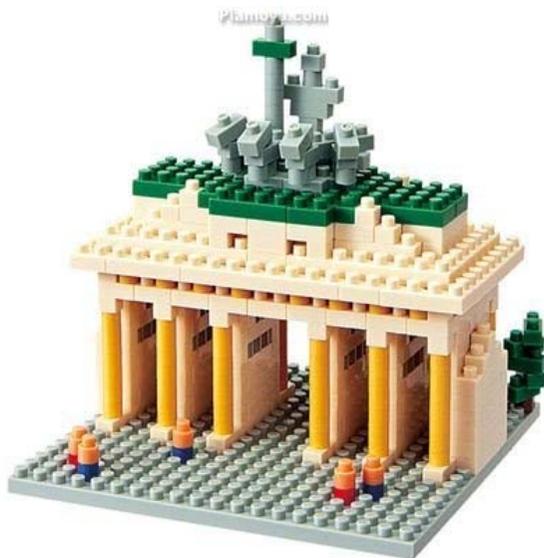
Organische Halbleiter

- kovalente Bindungen zwischen Atomen in den (Makro-)Molekülen
- van der Waals Bindungen zwischen den Molekülen
- Kontrolle über elektronische und optische Eigenschaften:
 - (Makro-)Moleküle (ca. 2 Mio.)
 - Struktur
 - Mischung (“Dotierung”)



Organische Halbleiter

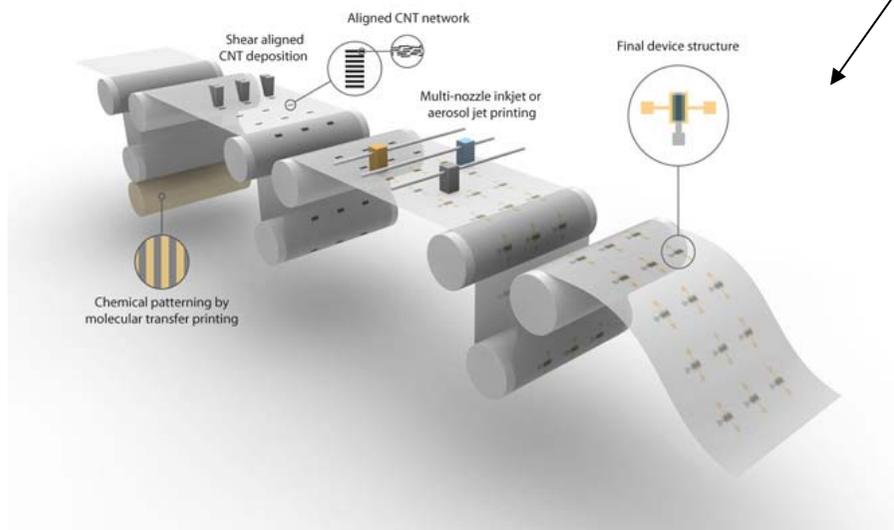
- kovalente Bindungen zwischen Atomen in den Molekülen
- van der Waals Bindungen zwischen den Molekülen
- Kontrolle über elektronische und optische Eigenschaften:
 - Legosteine
 - Struktur
 - Mischung (“Dotierung”)



Materialwahl: Pros & Cons

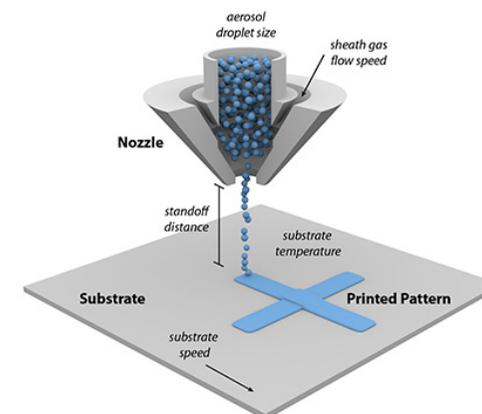
Anorganisch

- hohe Produktionskosten/Energieeinsatz (MBE, CVD im UHV)
- kleine Flächen (Wafer-basiert)
- spröde

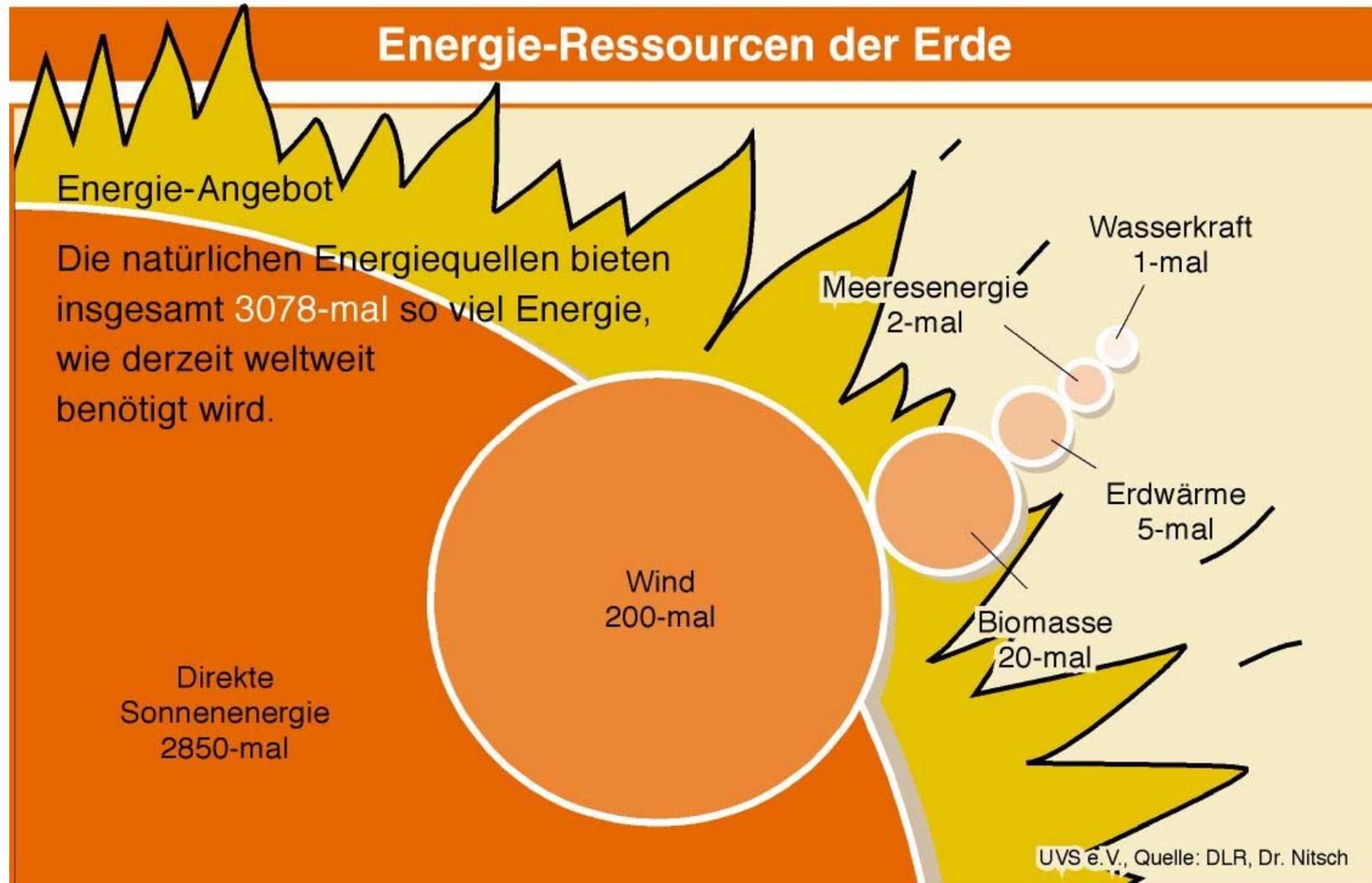


Organisch/Polymer

- Kosten- u. Energie-effiziente Produktion (spin-coating, OMBD im HV)
- großflächig (Drucken aus Lösung, roll-to-roll)
- flexibel, beliebige Formen
- elektronische und optische Eigenschaften einstellbar



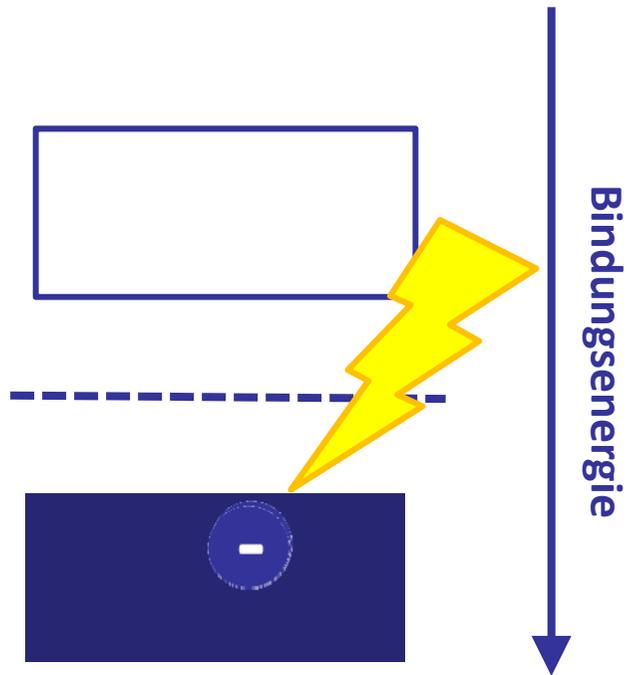
Polymer gegen Silizium: Photovoltaik



Solarzelle

Prinzip: direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Strom in Halbleiterbauelementen

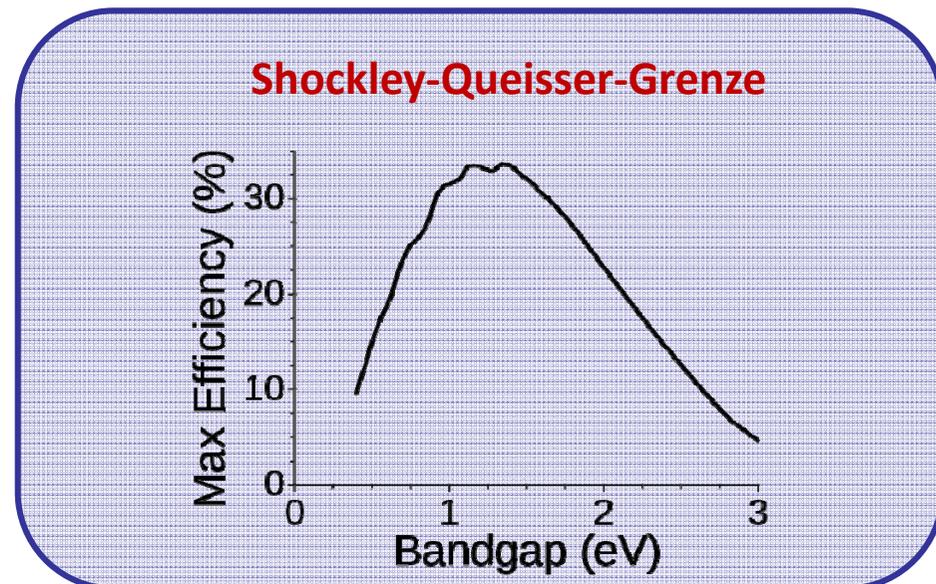
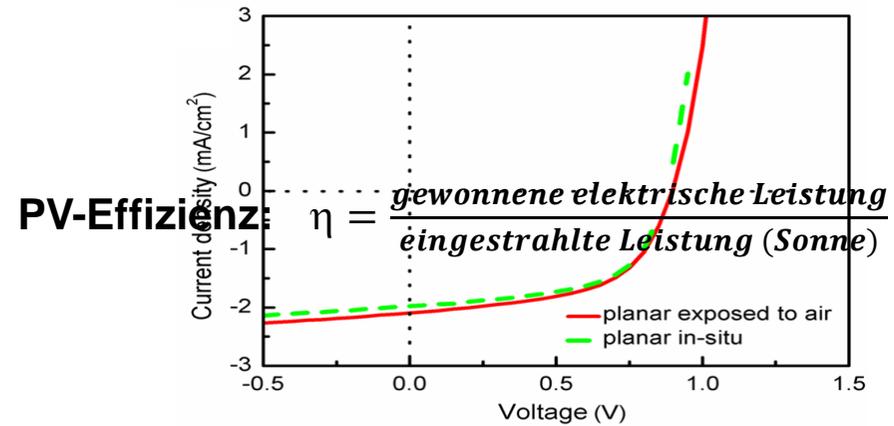
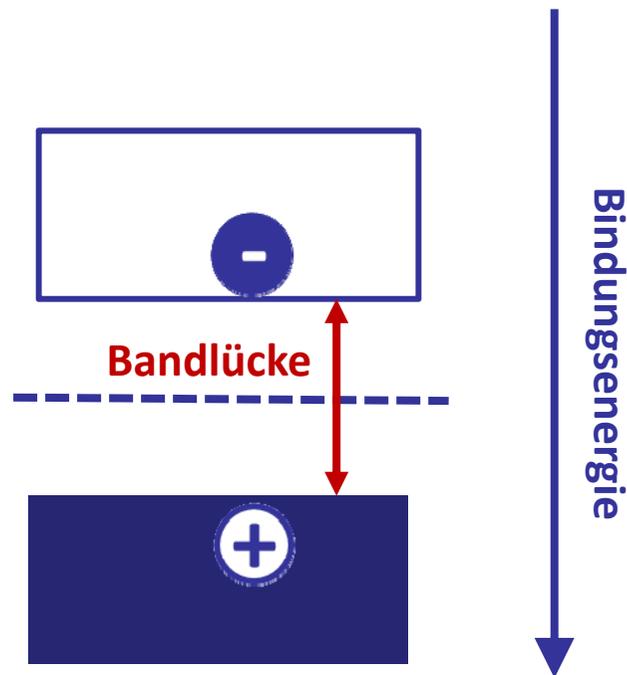
1. Licht rein



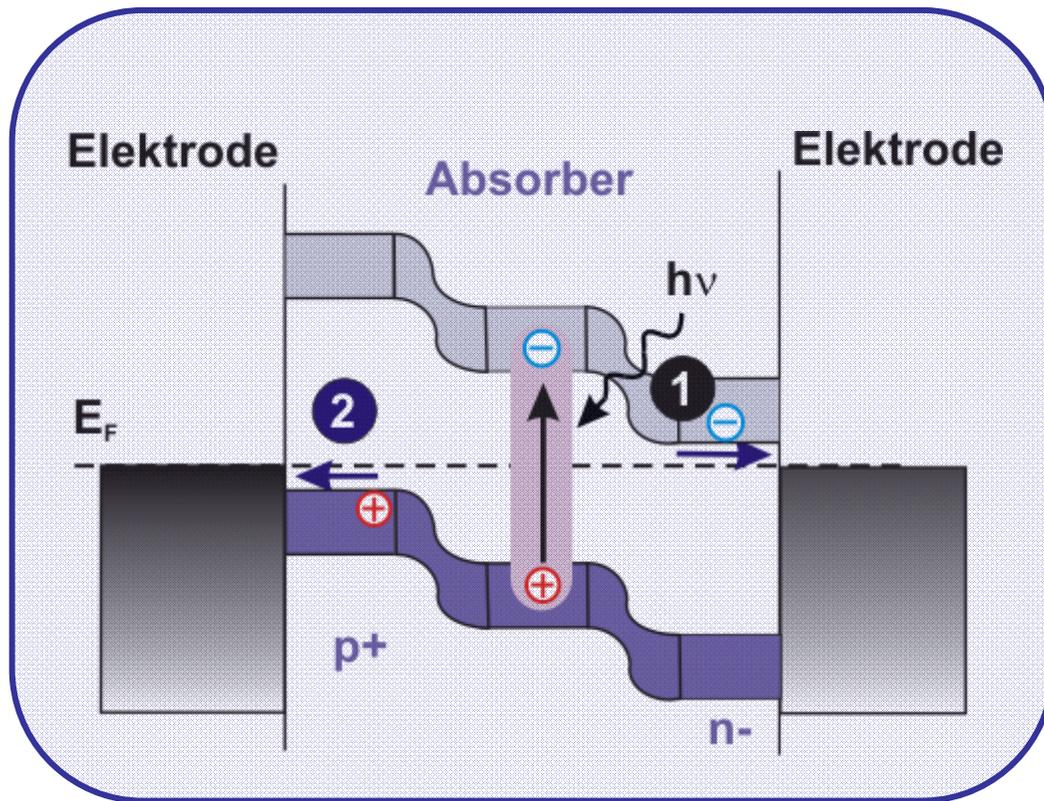
Solarzelle

Prinzip: direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Strom in Halbleiterbauelementen

1. Licht rein
2. Strom raus



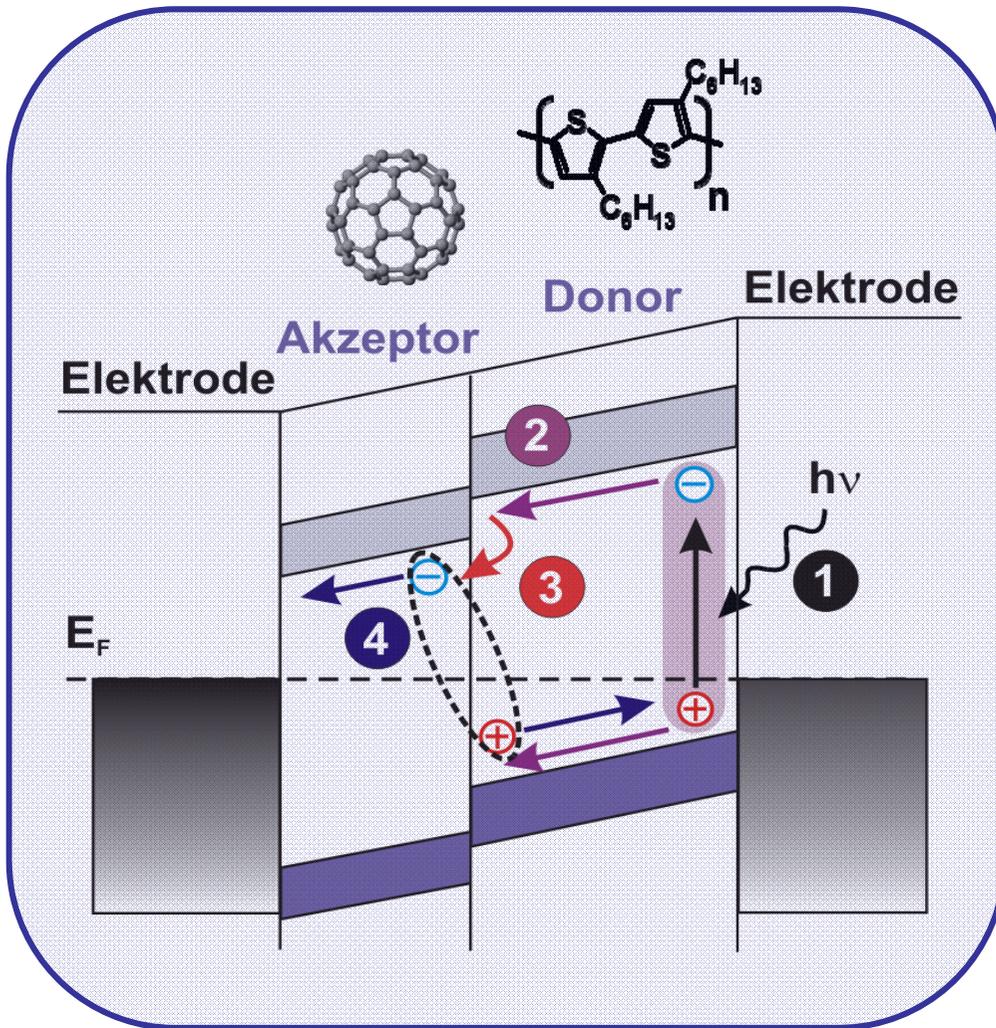
Silizium Solarzelle (p-i-n)



1. Lichtabsorption
→ freie Ladungsträger

2. Ladungsträgertransport

Polymer Solarzelle



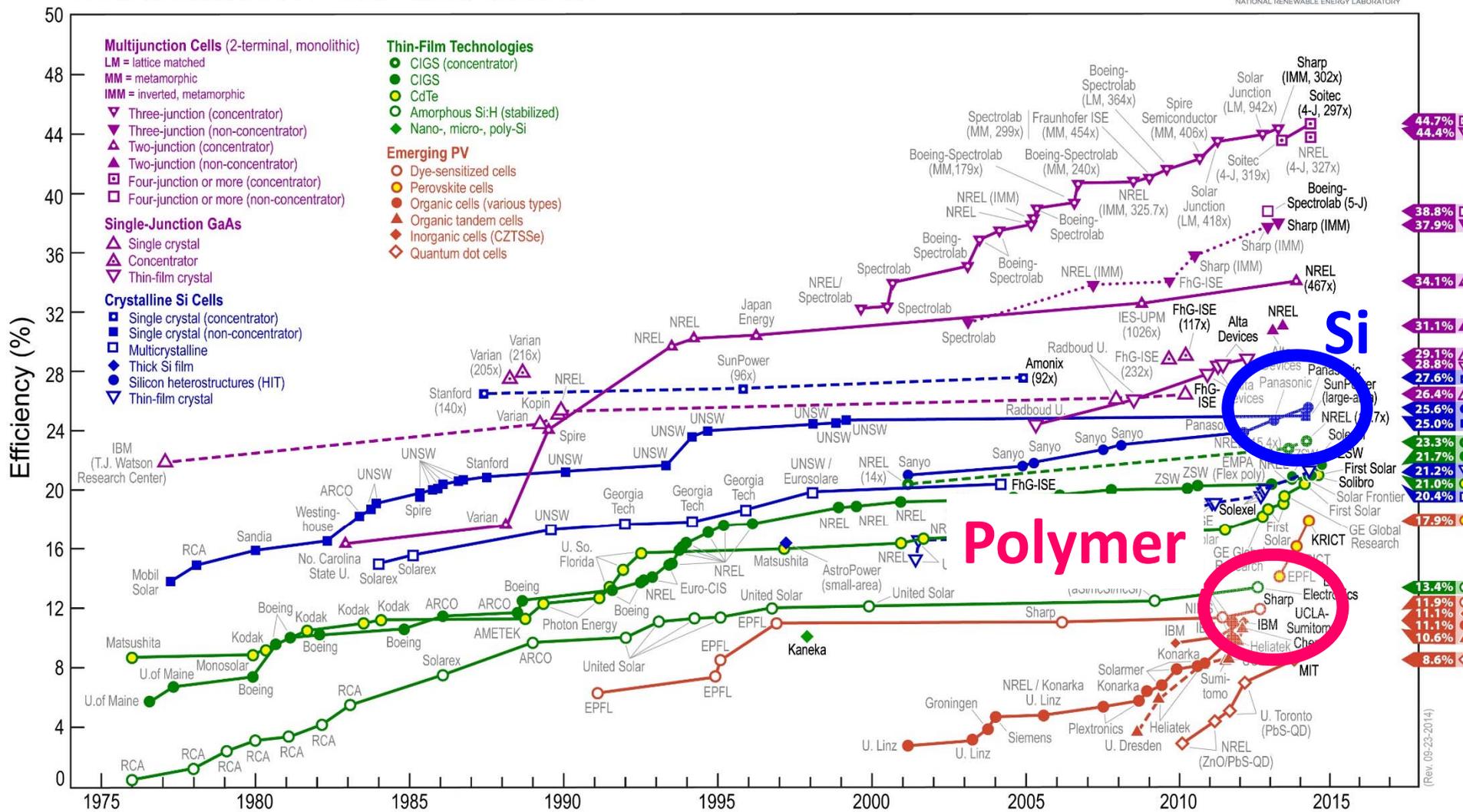
1. Lichtabsorption → Exzitonen
Coulomb-Wechselwirkung:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

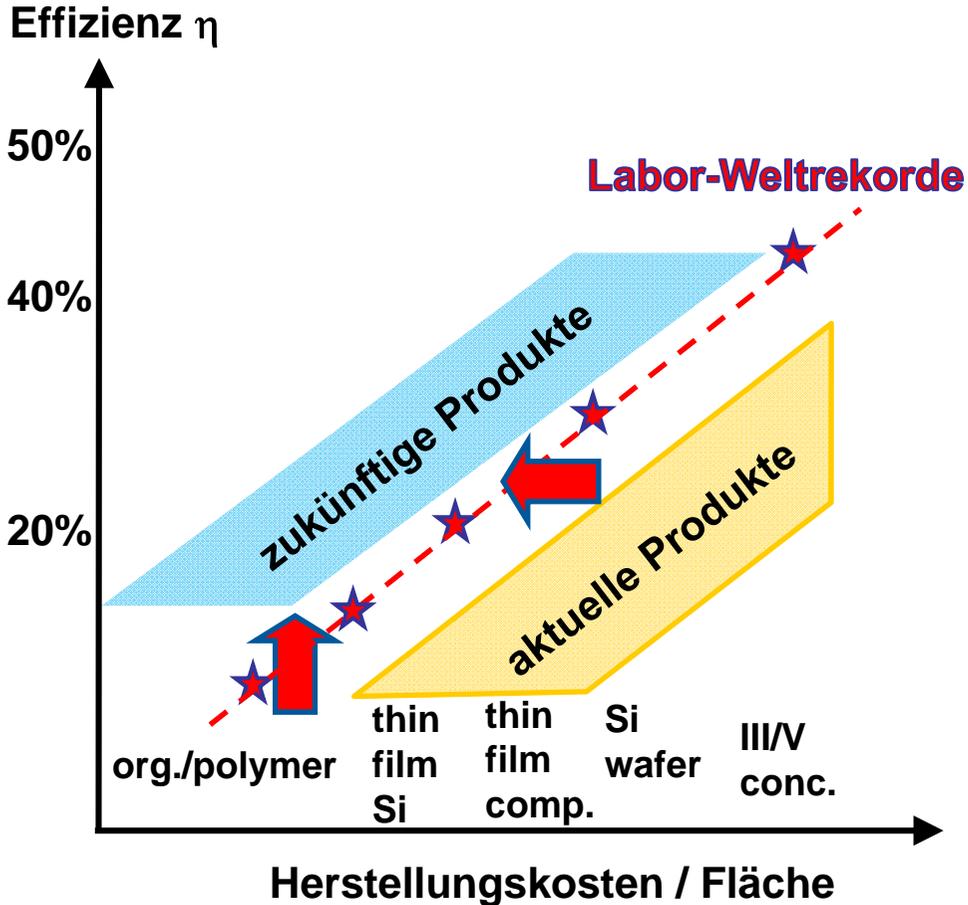
2. Exzitonen-Diffusion
3. Exzitonen-Dissoziation an
D/A Grenzfläche
4. Ladungsträgertransport

PV-Effizienz: $\eta = \frac{\text{gewonnene elektrische Leistung}}{\text{eingestrahelte Leistung (Sonne)}}$

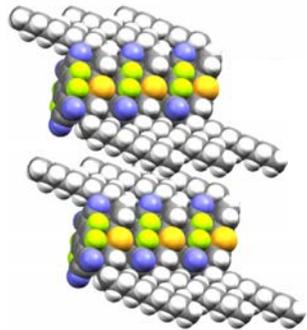
Best Research-Cell Efficiencies



Optionen der PV-Technologien

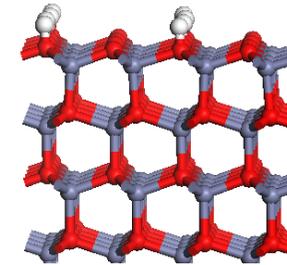


Polymer gegen Silizium?



organische "Welt"

- hoher Absorptionskoeffizient
- kostengünstig

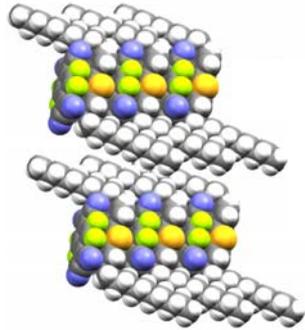


anorganische "Welt"

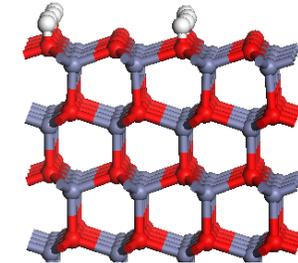
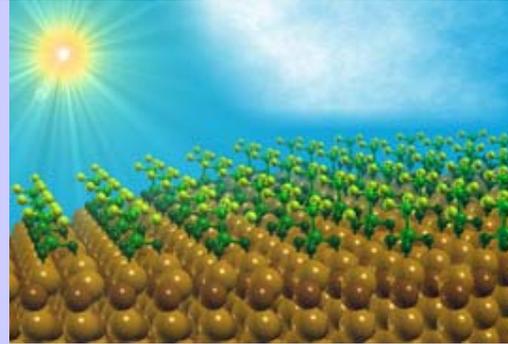
- hohe Ladungsträgerbeweglichkeit
- etablierte Technologie



Das Beste aus zwei Welten!



Hybrid



organisch

- hoher Absorptionskoeffizient
- kostengünstig

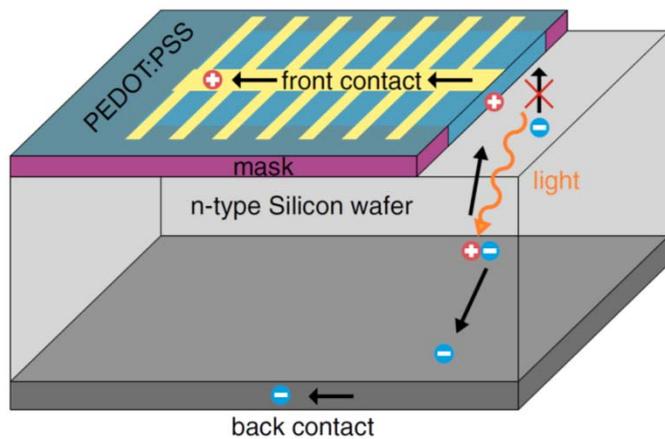
anorganisch

- hohe Ladungsträgerbeweglichkeit
- etablierte Technologie

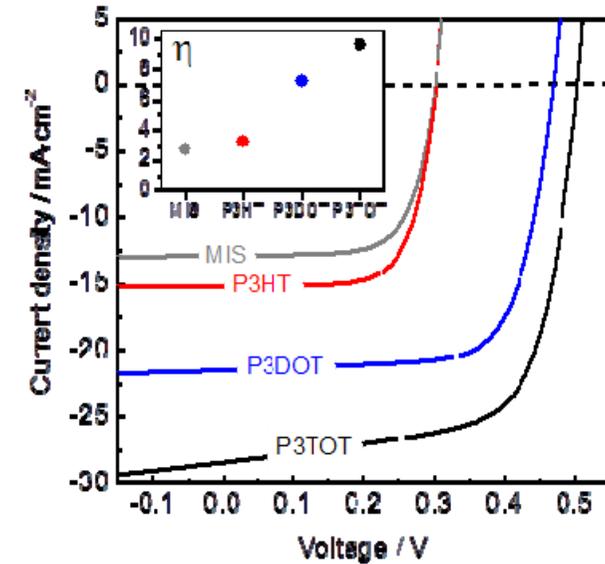
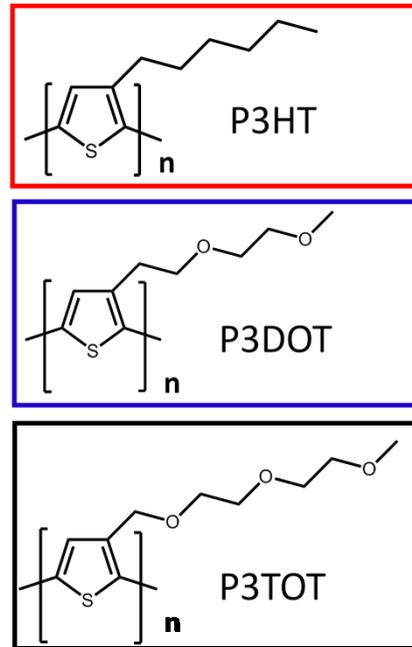


c-Si/polymer hybrid solar cells

hybrid:
p-type *polymer* instead of
p-type *Si*



- power conversion efficiency η comparable to standard pn-junctions
- reduced production cost

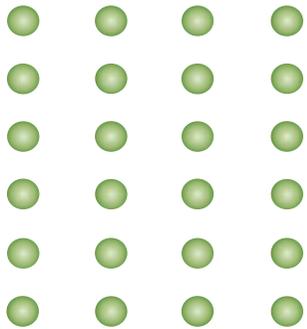


polymer	V_{OC} [V]	j_{sc} [mA/cm ²]	FF [%]	η [%]
no	0.28	12.8	69.7	2.7
P3TOT	0.50	28.3	67.4	9.6

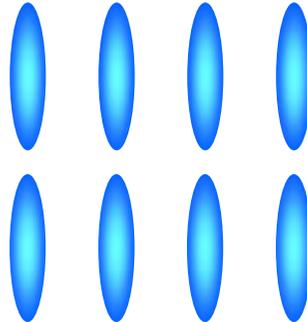
latest record: **12.6%** see Pietsch, et al., *Appl. Phys. A* 115 (2014) 1109

The Challenge

anorganischer HL

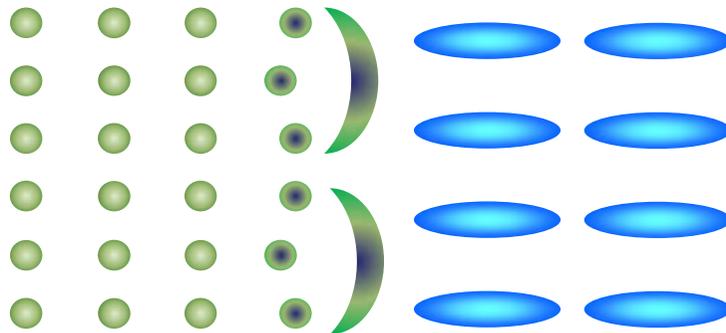


organischer HL



- Wechselwirkungen ?
- Eigenschaften des Hybrids ?

reality



SFB 951 "Hybrid Inorganic/Organic Systems for Opto-Electronics"