

**Naturwissenschaft und Technik am Beispiel  
der regenerativen Energietechnik**



[www.sitec-projekt.de](http://www.sitec-projekt.de)

**Lernortkooperation Schule-Technoseum:**

**Mit Technikgeschichte Umweltbildung  
fördern**



**TECHNOSEUM**

Landesmuseum  
für Technik und Arbeit  
in Mannheim



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Pädagogische Hochschule

**HEIDELBERG**

University of Education

**Naturwissenschaft und Technik am Beispiel  
der regenerativen Energietechnik**



[www.sitec-projekt.de](http://www.sitec-projekt.de)

## **Lernortkooperation Schule-Technoseum:**

### **Mit Technikgeschichte Umweltbildung fördern**

- 1. Unser Vorhaben: Ausarbeitung von 7 Lern-Gängen**
- 2. Geschichtliche Aspekte**
- 3. Naturwissenschaftliche Zusammenhänge**

**Lern-Gang 1: Windenergie**

**Lern-Gang 2: Sonnenenergie**

**Lern-Gang 3: Der Seebeck-Generator**

**Lern-Gang 4: Von der Glühlampe zur  
Leuchtdiode**

**Lern-Gang 5: Wasserkraft**

**Lern-Gang 6: Das Fahrrad im Wandel der Zeit**

**Lern-Gang 7: Die Entwicklung der Elektroantriebe**

# Mit Technikgeschichte Umweltbildung fördern

## Geschichtliches Lernen in der technischen Bildung:

Fragen an die Geschichte sind Fragen, die einem Erkenntnisinteresse der Gegenwart folgen.

*„Geschichte ist eine Denkbewegung, die in der Gegenwart ansetzt und sich mit Vergangenen ... befaßt, um in der Gegenwart und Zukunft ein vernunftgeleitetes Handeln zu ermöglichen.“*

BERGMANN 1997

# Mit Technikgeschichte Umweltbildung fördern

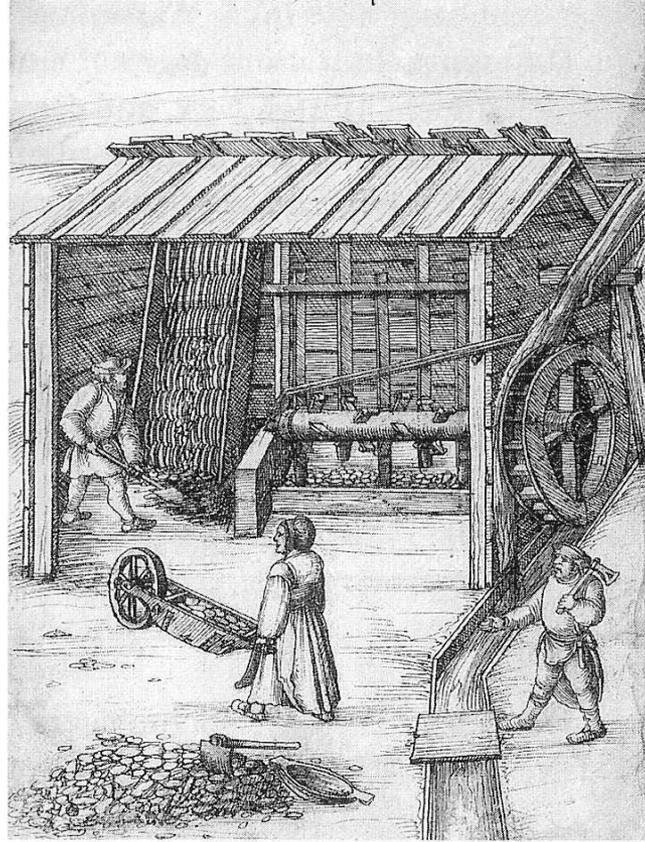
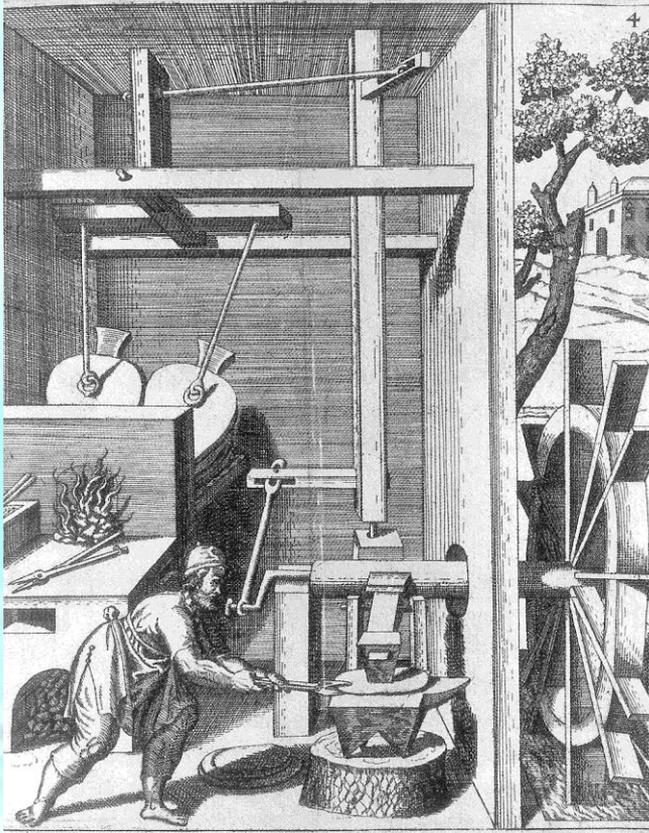
## Geschichtliches Lernen in der technischen Bildung:

Eine Auseinandersetzung mit technikgeschichtlichen Sachverhalten dient dazu, distanziert/ differenziert über die Technik der Gegenwart nachzudenken.

*„Die Auswahl richtet sich auf historische Sachverhalte, die durch die in ihnen auffindbaren Probleme und Wertesinnvorstellungen den gegenwärtig existenten ...*

***identisch sind, entsprechen oder entgegengesetzt sind***

BERGMANN 1997



Beispiel Wasserkraftnutzung: Unter- und  
oberschlächtiges Wasserrad

Situationen der Vergangenheit, die den gegenwärtig  
Existierenden entsprechen

# Mit Technikgeschichte Umweltbildung fördern



1924 Buckau



2010 E-Ship 1

Beispiel Windkraft: Flettner-Rotor

Situationen der Vergangenheit, die weitgehend identisch zu den Gegenwärtigen sind

M



Mystifizierung am  
Beginn des 20. Jh.

ht  
de



Verbot 2008.

Beispiel Beleuchtung: Glühbirne

Situationen der Vergangenheit, die Heutigen  
gegensätzlich gegenüberstehen

# Mit Technikgeschichte Umweltbildung fördern

## Naturwissenschaftliche Aspekte der technischen Bildung: Kooperationsbereich Naturwissenschaften

### Lern-Gang: Windenergie



### *Bernoulli- Effekt Auftrieb*

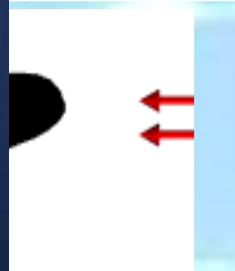
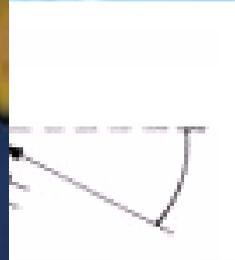
$$P_{Wind} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^3$$

$[P_{Wind}]$  in Watt

$A$  = Querschnittsfläche Rotorblatt in  $m^2$

$\rho$  = Dichte der Luft  $\cong 1,3 \frac{kg}{m^3}$

$v$  = Windgeschwindigkeit in  $\frac{m}{s}$



# Mit Technikgeschichte Umweltbildung fördern

## Naturwissenschaftliche Aspekte der technischen Bildung: Kooperationsbereich Naturwissenschaften

Lern-Gang: Sonnenenergie



*Thermodynamik*  
*Entropie*  
*Enthalpie*  
*Aggregatzustände*  
*Schwarzer Strahler*  
...

The background of the slide is a close-up, slightly blurred photograph of solar panels. The panels are arranged in a grid pattern, with individual cells visible. The colors range from light blue to a deeper blue, with some white lines separating the cells. The perspective is from an angle, looking down at the panels.

**Vergleich zweier technischer Artefakte zur  
Gewinnung von elektrischen Strom aus  
Sonnenenergie**

**Parabolrinnenkraftwerk und Photovoltaikanlage**

# **Analyse des technischen Wissens**

**Subjekt des Wissens: Privatperson, Institution, Staat**

**Phasen der Technikverwendung:  
Entwicklung/Konstruktion, Herstellung, Gebrauch,  
Außerdienstnahme/Entsorgung.**

**Ansatz: Handlungsorientierte Wissensanalyse**



**Fallbeispiel 1**  
**Das Parabolrinnenkraftwerk**

# Solarthermische Kraftwerke Andasol (Spanien)



Andasol 1 2008 in Betrieb

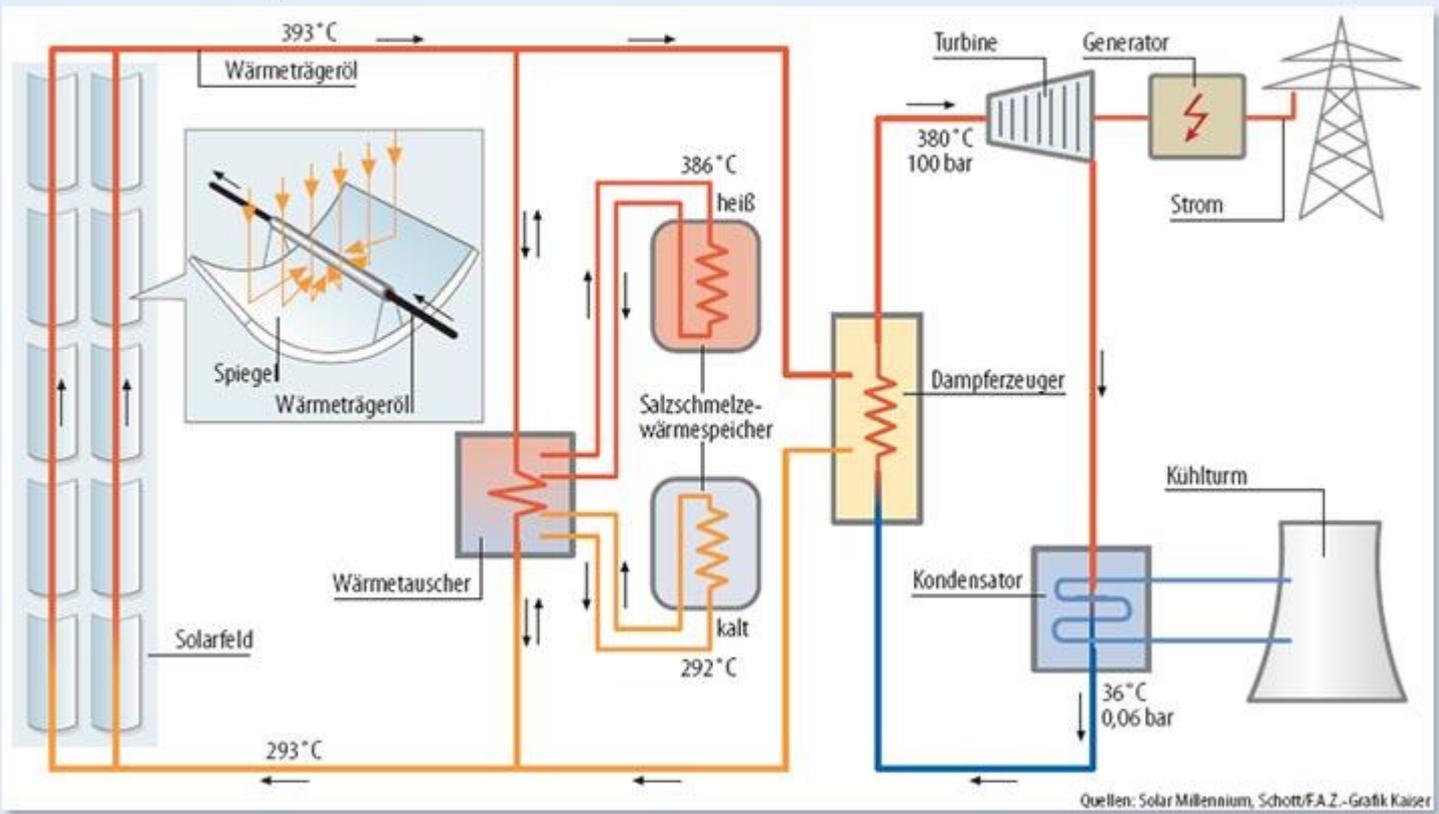
Andasol 2 2009

Andasol 3 seit Juli 2011 Inbetriebnahmephase

Z.Z. das größte Solarkraftwerk der Welt (150 MW).

# Reduzierte Darstellung Parabolrinnenkraftwerk

## Das erste europäische Solarrinnenkraftwerk



Der Gesamtwirkungsgrad setzt sich aus den Wirkungsgraden der Komponenten zusammen.

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$$

Quelle: Das Parabolrinnenkraftwerk Andasol 1 bis 3. Broschüre der Firma Solarmillennium

<http://www.faz.net/s/Rub58F015D852D8491CB25EDD10B71DB86F/Doc~E5BEC6539B4E640E380B5290C8697B8E8~ATpl~Ecommon~SMed.html#139C7C1EF1094B06BC3D4AF8D955BED8>

# Eurotrough



# Solarkollektor eines Solarrinnenkraftwerks



LS2 Parabolrinnekollektor,  
eingesetzt der im kommerziellen  
Solarkraftwerk vom Typ SEGS, das  
seit über 10 Jahren in der  
kalifornischen Mojave Wüste  
Solarstrom erzeugt (PSA/DLR)

# Konzentration der Solarstrahlung

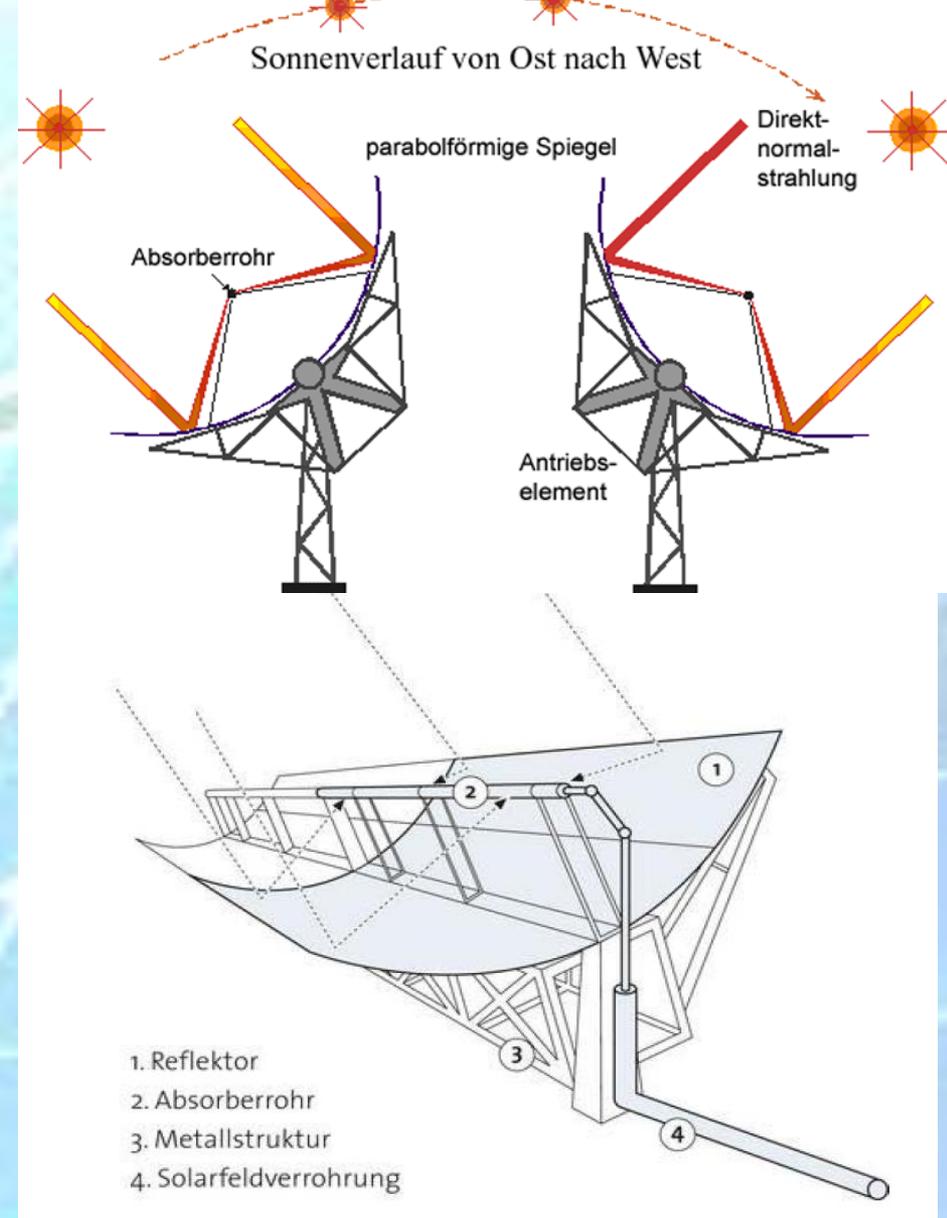
Konzentrationsfaktor:

$$C = \frac{A_K}{A_R}$$

Theoretisches Maximum:  $C=46211$

Bei Linearkonzentrator:

Maximum  $C=215$



# Aufbau des Receivers

**AR-beschichtetes Hüllrohr  
mit hoher Transmission**  
Transmissionsgrad > 96 %  
hohe Abriebfestigkeit

**bruchsichere Glas-Metall-Verbindung**  
neue Werkstoffkombination mit  
angepassten Ausdehnungskoeffizienten

**Stahlrohr mit hochselektiver  
Beschichtung**  
Solarer Absorptionsgrad > 95 %  
Emissionsgrad < 14 % bei 400°C  
hohe Lebensdauer



**Design mit kompaktem  
Endbauteil**  
Apertur > 96 %

**Vakuumisolierung**  
Druck <  $10^{-3}$  mbar, unterstützt  
durch Gettertechnik

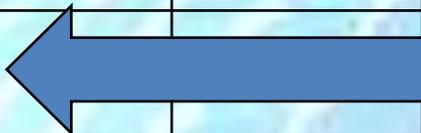
**Wirkungsgrad >70%**

Quelle: Carsten Hoyer: Simulation der Leistungsabgabe von  
Parabolrinnenkraftwerken. Diplomarbeit Uni Oldenburg 1998

## Vorgehensweise bei Analyse des technischen Wissens

Technikzyklus Teilbereich tW	Erfindung Konstruktion	Herstellung	Gebrauch	Entsorgung
Technisches Können				
Funktionales und strukturelles Regelwissen				
Technologisches Gesetzeswissen				
Öko- soziotechnologisches Systemwissen				

Quantenmechanisches  
Wissen wird für Steigerung  
des Wirkungsgrades benötigt

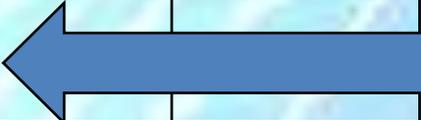


Welches Wissen ist beim jeweils handelnden Subjekt (Privatperson, Institution, Staat) handlungsleitend?

# Vorgehensweise bei didaktischer Analyse des technischen Wissens

Technikzyklus Teilbereich tW	Erfindung Konstruktion	Herstellung	Gebrauch	Entsorgung
Technisches Können				
Funktionales und strukturelles Regelwissen				
Technologisches Gesetzeswissen				
Öko- soziotechnologisches Systemwissen				

Quantenmechanik ist für dieses Ziel unerheblich



Welches Wissen braucht der Schüler um eine eigene Haltung zum ausgewählten Technikbereich entwickeln zu können?



**Fallbeispiel 1**  
**Die Solarzelle**

# Photovoltaikkraftwerke

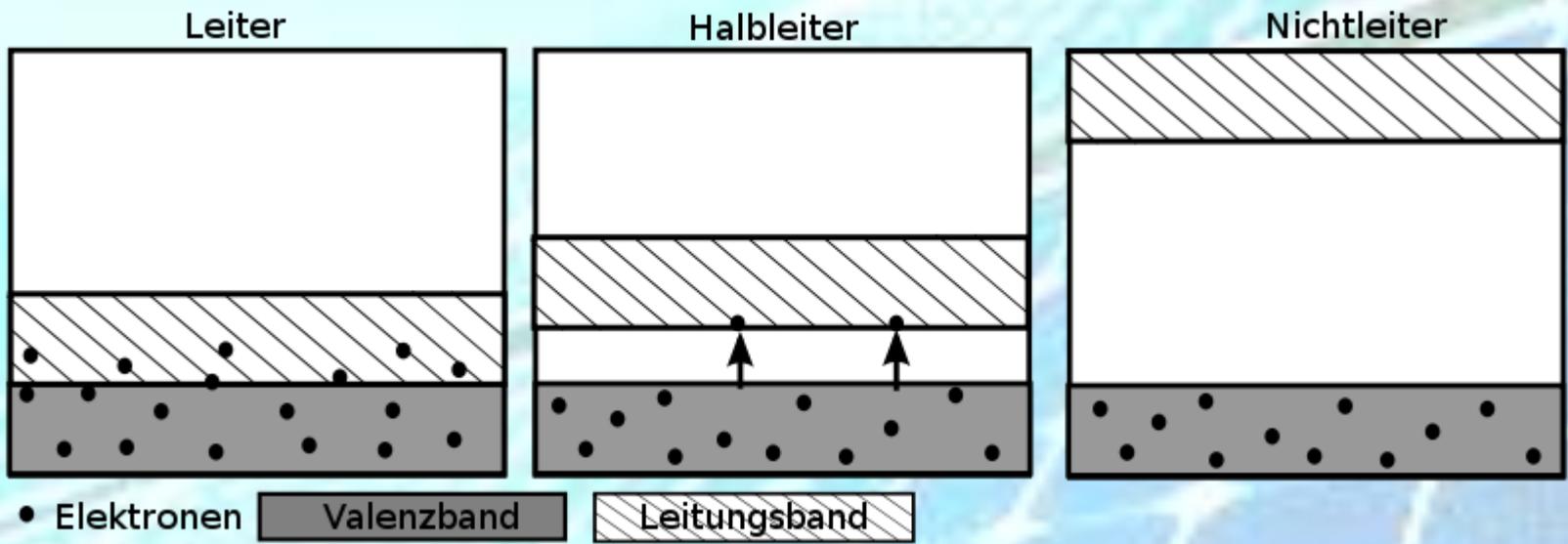
80 MWp Sarnia, Ontario, Kanada

Geplant 2013: 230 MW Solar Ranch One, in der Nähe von Los Angeles, Kalifornien



40 MWp  
Waldpolitz

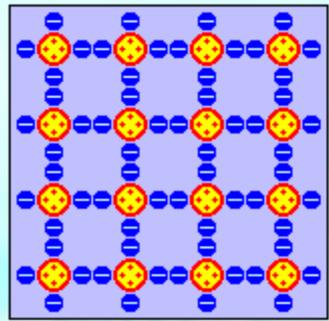
# Stromleitung in Metallen und Halbleitern



Erklärung sogar in Sendung mit der Maus:  
<http://www.youtube.com/watch?v=WUI1fLFY6iM>

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:B%C3%A4ndermodell.svg?uselang=de>

# Halbleiterkristall



ungestörter Halbleiterkristall

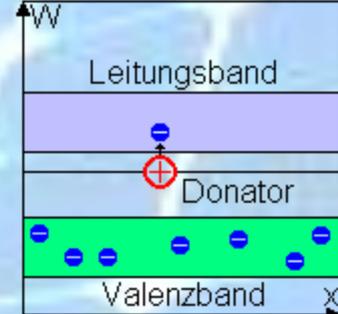
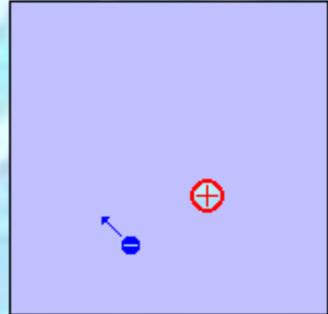
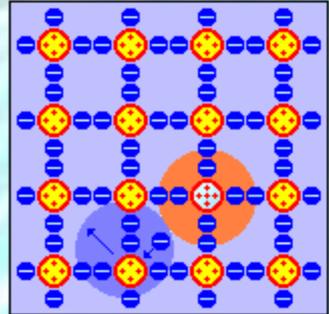
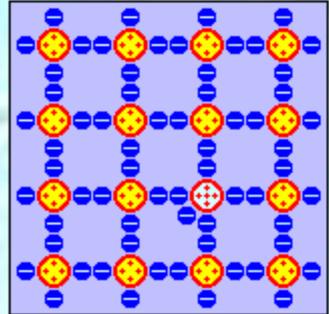


n-Dotierung a

b

c

d

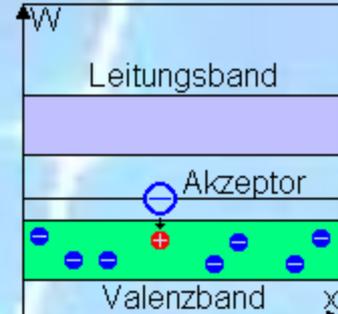
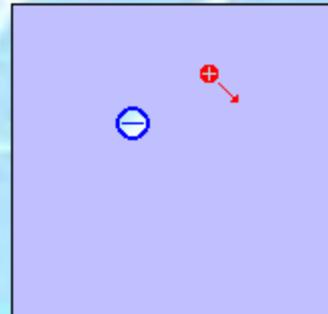
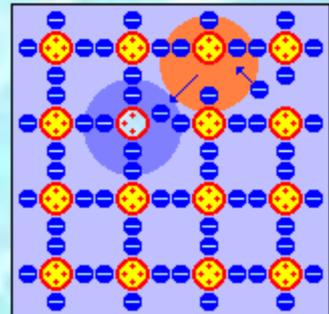
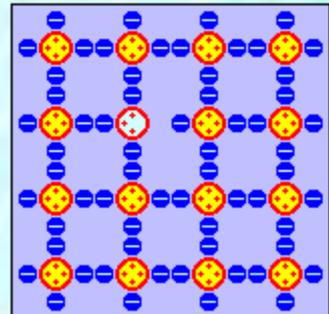


p-Dotierung a

b

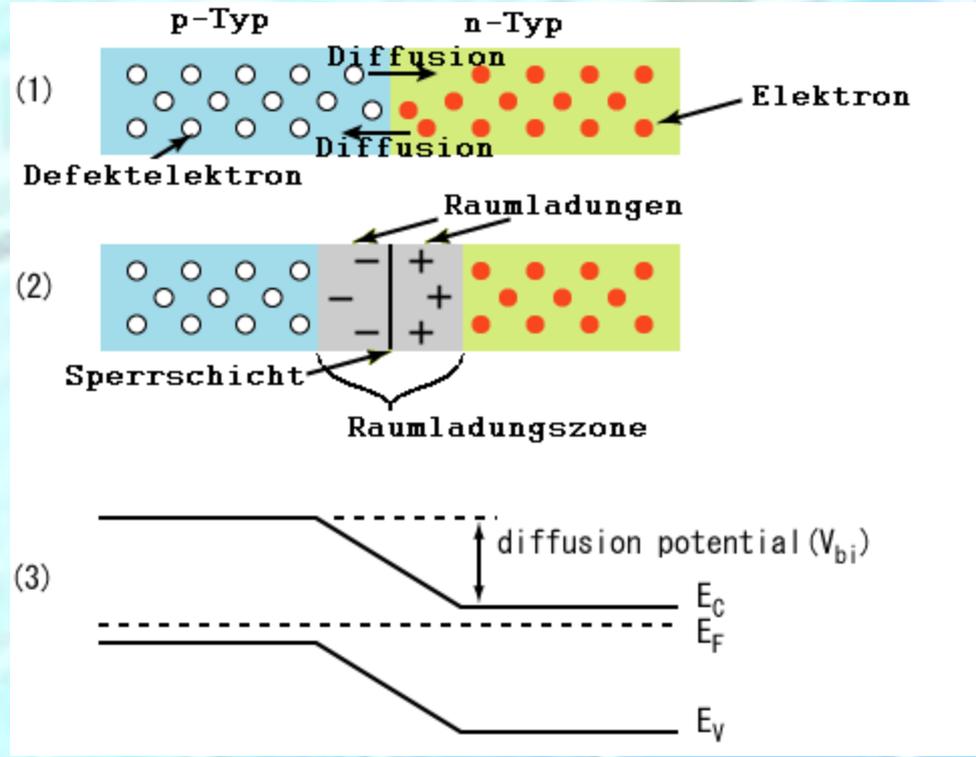
c

d



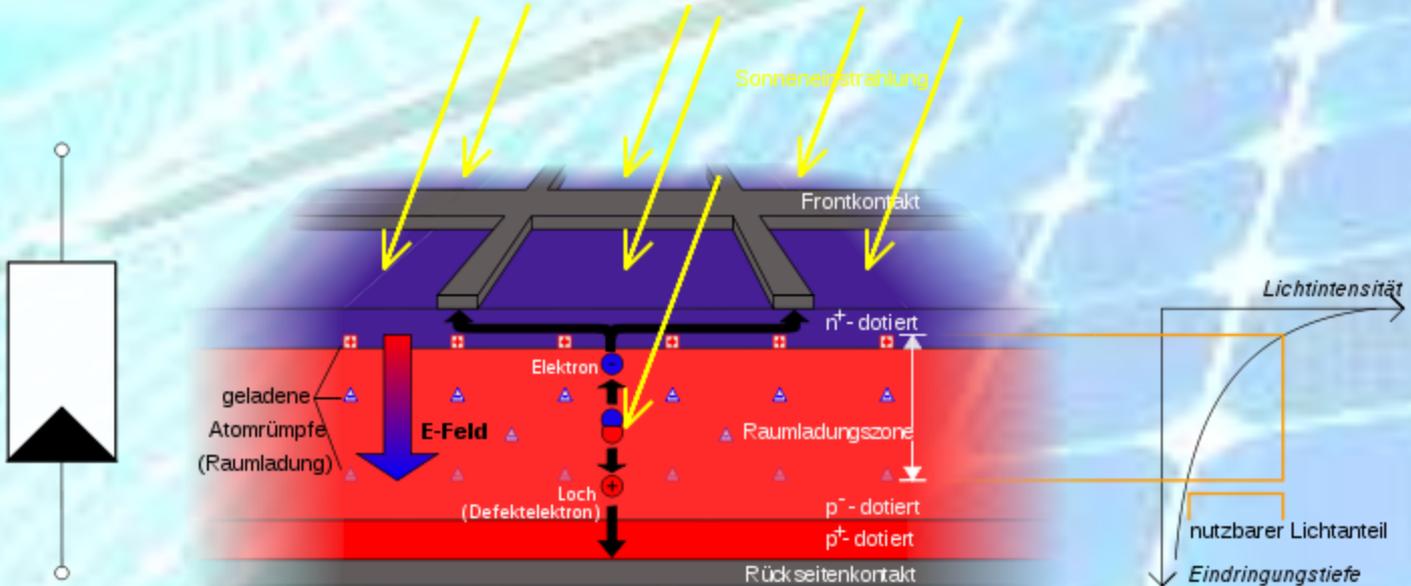
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:B%C3%A4ndermodell.svg?uselang=de>

# Sperrschicht



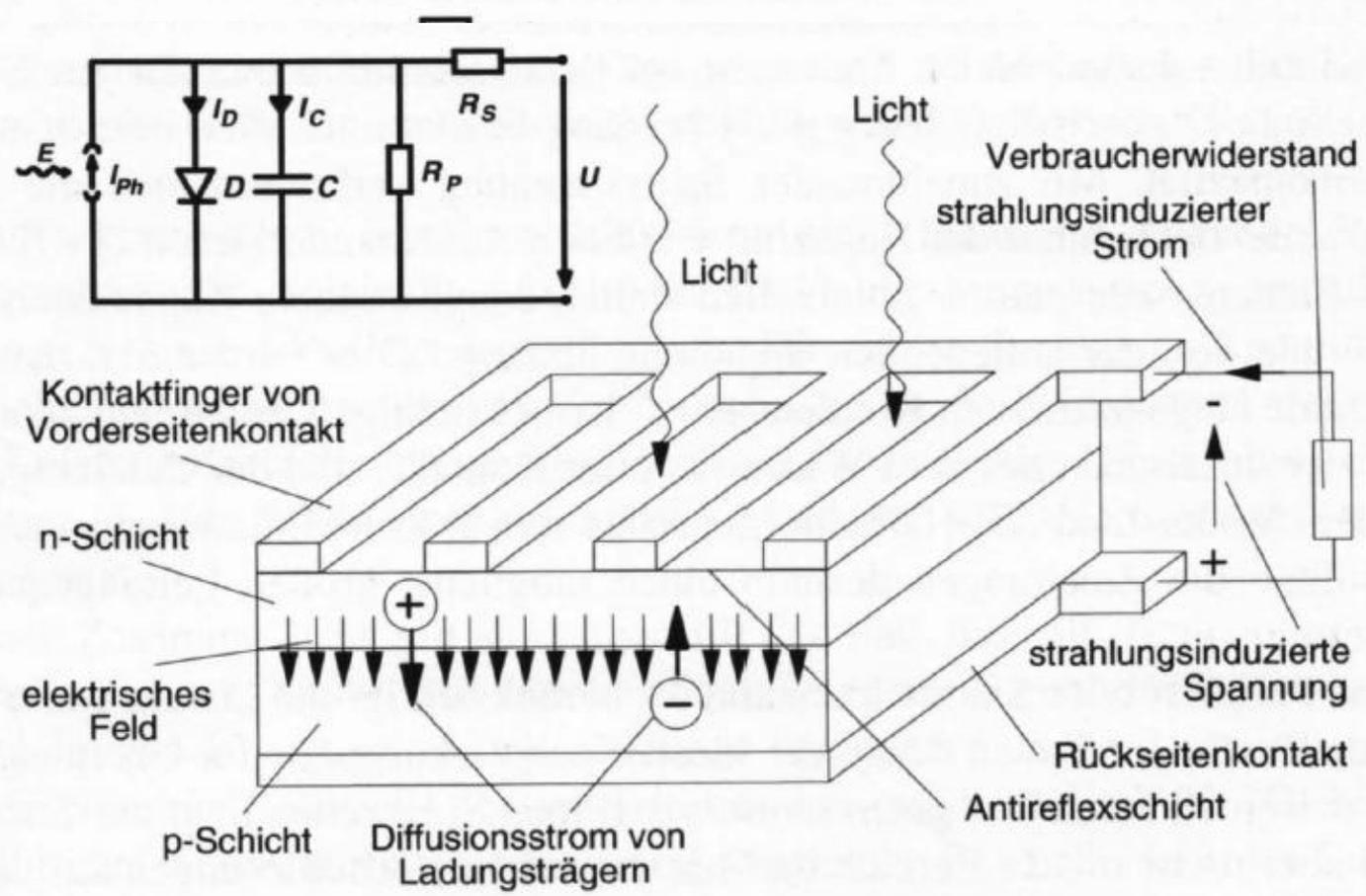
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sperrschicht.png&filetimestamp=20100805124541>

# Solarzelle



[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Solarzelle\\_Funktionsprinzip2.svg&filetimestamp=20091102202111](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Solarzelle_Funktionsprinzip2.svg&filetimestamp=20091102202111)

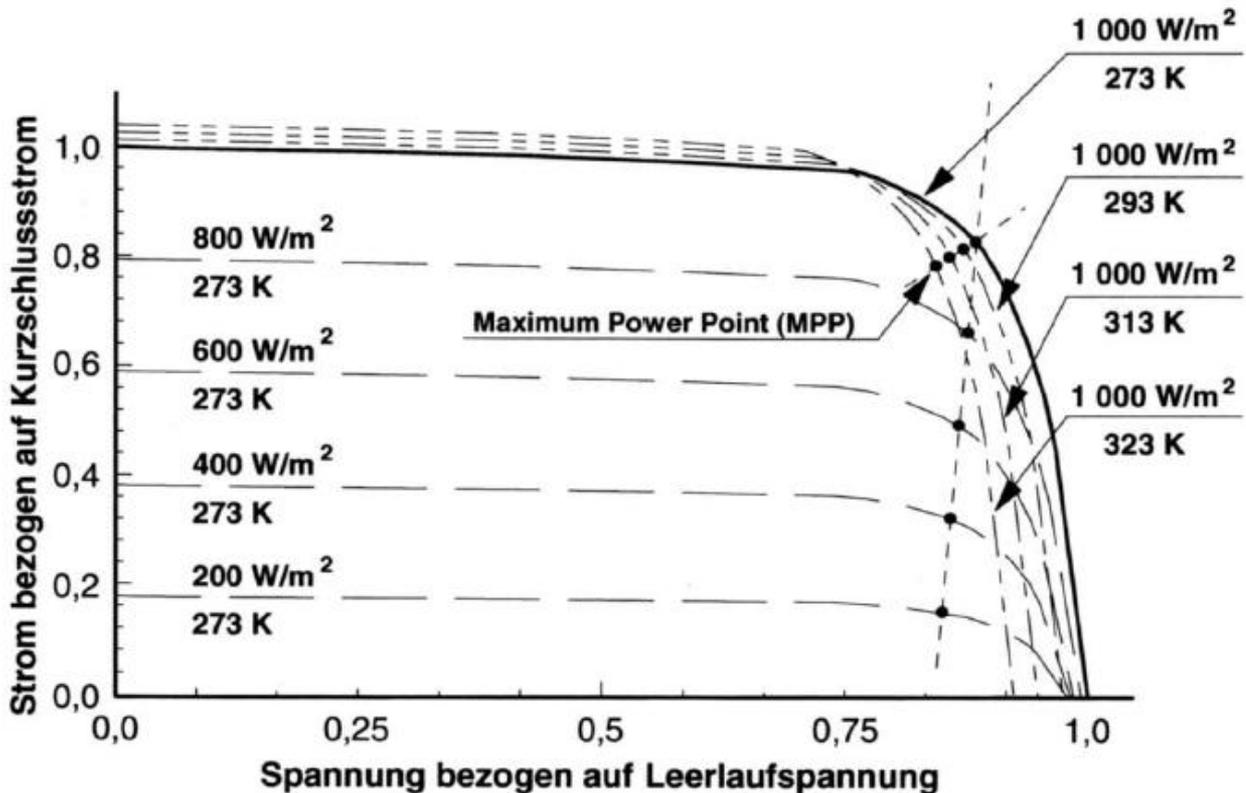
# Aufbau einer Solarzelle



**Abb. 5.6** Aufbau einer typischen Solarzelle und deren Ersatzschaltbild (oben links) (nach 15-11, 15-17)

Quelle: Kaltschmitt, Streicher, Wiese: Erneuerbare Energien. Berlin, Heidelberg 2006

# Kennlinien einer Solarzelle



**Abb. 5.7** Einfluss von Strahlung und Temperatur auf die Strom-Spannung-Kennlinie unter Standardtestbedingungen (typischer Verlauf für eine Silizium-Solarzelle nach /5-21/)

Quelle: Kaltschmitt, Streicher, Wiese: Erneuerbare Energien. Berlin, Heidelberg 2006

# Wirkungsgrade von Solarzellen

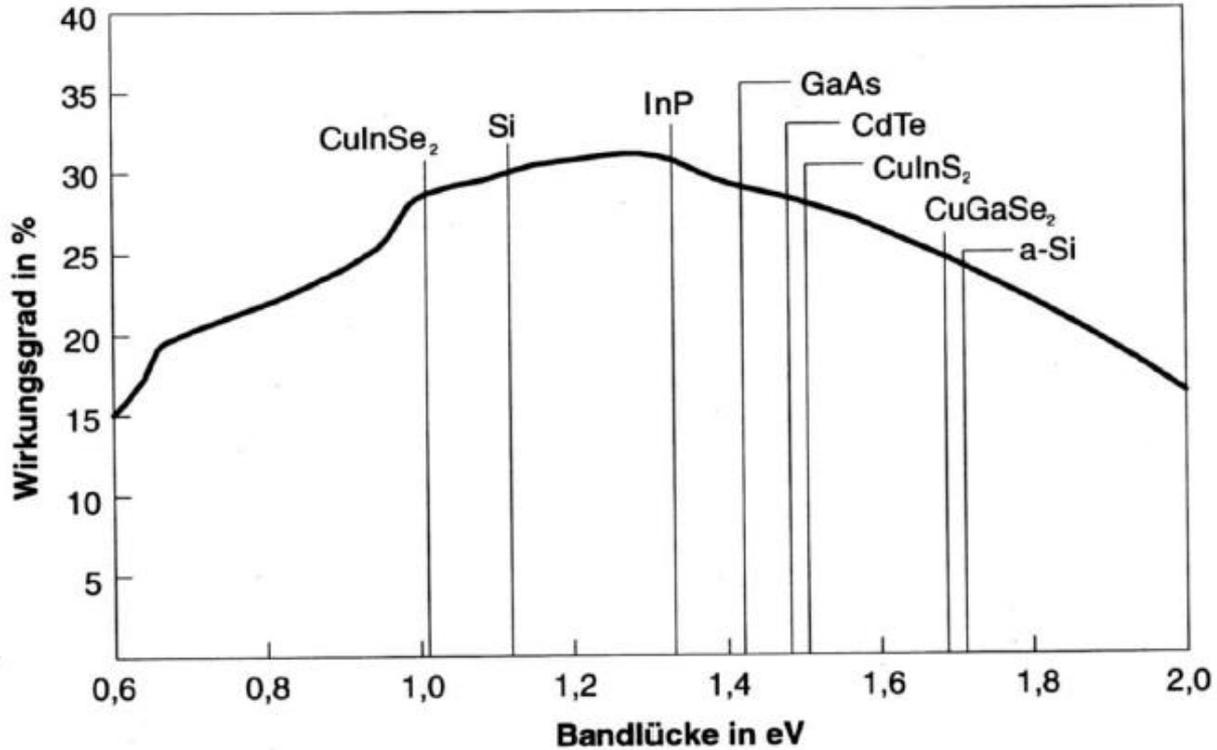
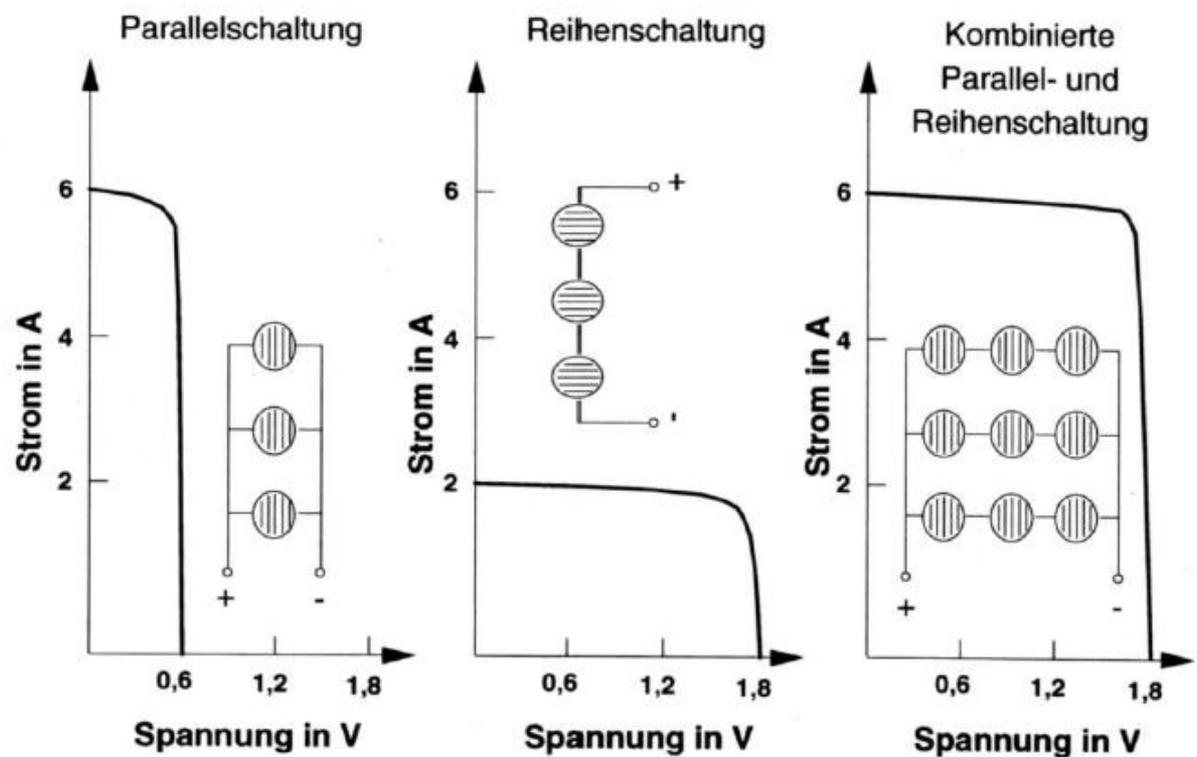


Abb. 5.8 Theoretische Wirkungsgrade für verschiedene einfache Solarzellen (nach /5-30/)

Quelle: Kaltschmitt, Streicher, Wiese: Erneuerbare Energien. Berlin, Heidelberg 2006

# Schaltungen von Solarzellen



**Abb. 5.15** Veränderung der Strom-Spannungs-Kennlinie bei der Zusammenschaltung verschiedener Photovoltaikzellen zu einem Modul exemplarisch für Zellen mit 2 A Kurzschlussstrom und einer Leerlaufspannung von 0,6 V (nach /5-23/)

Quelle: Kaltschmitt, Streicher, Wiese: Erneuerbare Energien. Berlin, Heidelberg 2006

# Kennlinie von Solarzellen

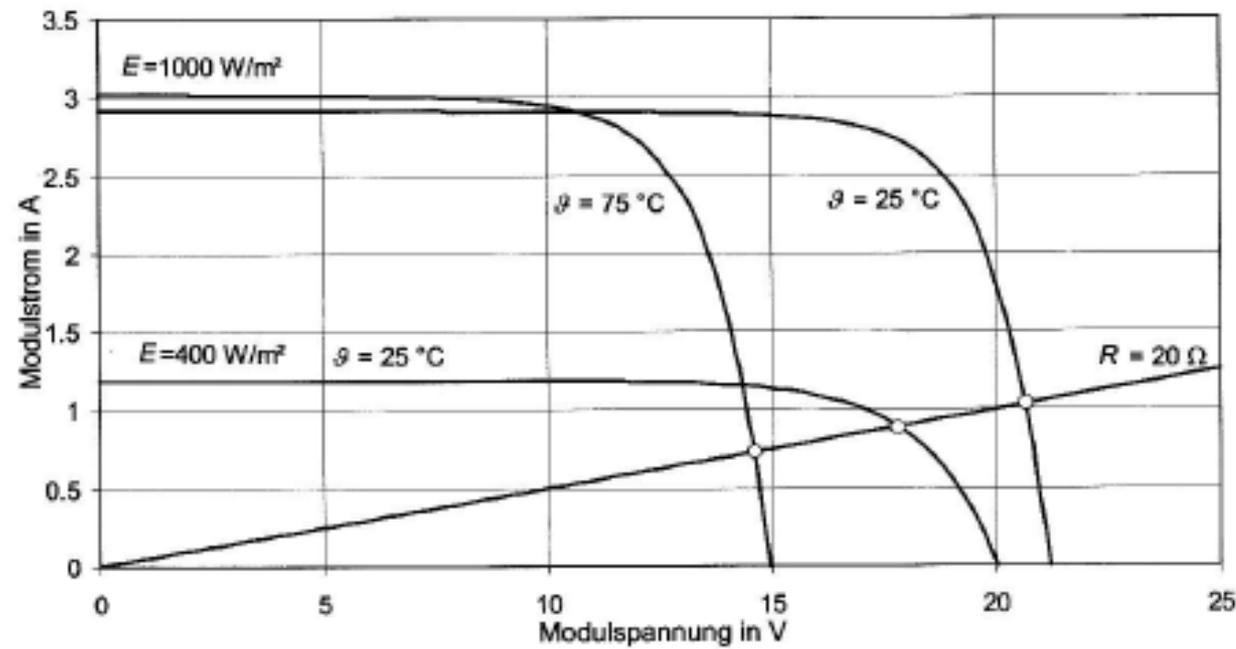


Bild 5.31 Solarmodul bei verschiedenen Betriebszuständen mit Widerstandslast

Quelle: Quaschnig: Regenerative Energiesysteme. München: Hanser 2007, 183

# Gleichspannungsumrichter zur Optimierung des Wirkungsgrades

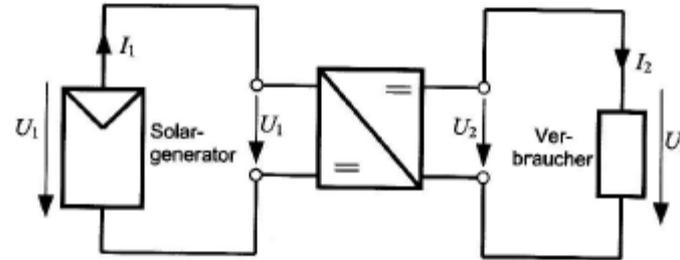


Bild 5.32 Solargenerator mit Verbraucher und Gleichspannungsumrichter

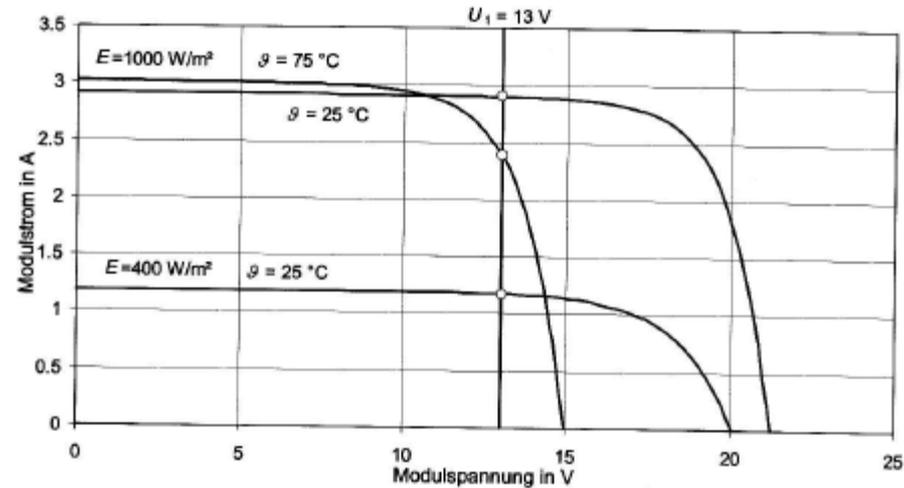


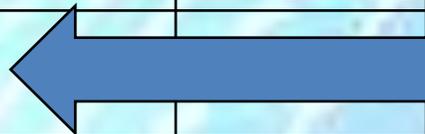
Bild 5.33 Solarmodul bei verschiedenen Betriebszuständen mit Konstantspannungslast

Quelle: Quasching: Regenerative Energiesysteme. München: Hanser 2007, 183

## Vorgehensweise bei Analyse des technischen Wissens

Technikzyklus Teilbereich tW	Erfindung Konstruktion	Herstellung	Gebrauch	Entsorgung
Technisches Können				
Funktionales und strukturelles Regelwissen				
Technologisches Gesetzeswissen				
Öko- soziotechnologisches Systemwissen				

Quantenmechanisches  
Wissen wird für Konstruktion  
von Solarzelle benötigt

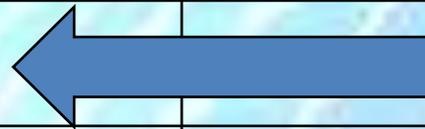


Welches Wissen ist beim jeweils handelnden Subjekt (Privatperson, Institution, Staat) handlungsleitend?

# Vorgehensweise bei didaktischer Analyse des technischen Wissens

Technikzyklus Teilbereich tW	Erfindung Konstruktion	Herstellung	Gebrauch	Entsorgung
Technisches Können				
Funktionales und strukturelles Regelwissen				
Technologisches Gesetzeswissen				
Öko- soziotechnologisches Systemwissen				

Quantenmechanik ist für dieses Ziel unerheblich



Welches Wissen braucht der Schüler um eine eigene Haltung zum ausgewählten Technikbereich entwickeln zu können?

## Schlußfolgerung

Physikalisches Wissen wird vornehmlich bei der Herstellung und Konstruktion benötigt.

Handlungswissen für die Verwendung von Solarzelle braucht keine QM. Die didaktische Reduktion liefert kein nützliches Wissen.

Technisches Wissen:

Funktionales Regelwissen: Input, Output, black box

Strukturelles Regelwissen: Verschaltung von Solarmodulen

Technologisches Gesetzeswissen: Bestimmung des Leistungsmaximums, Regelungstechnik Wechsel- und Gleichrichter

Öko-soziotechnologisches Systemwissen: Integration von Solarkraftwerken in das Energieversorgungssystem

Weitere didaktische Zielgröße: Berufsorientierung