

# Der Solarstrom

## Technologien, Kosten, Trends

Mai 2006

Franz Baumgartner

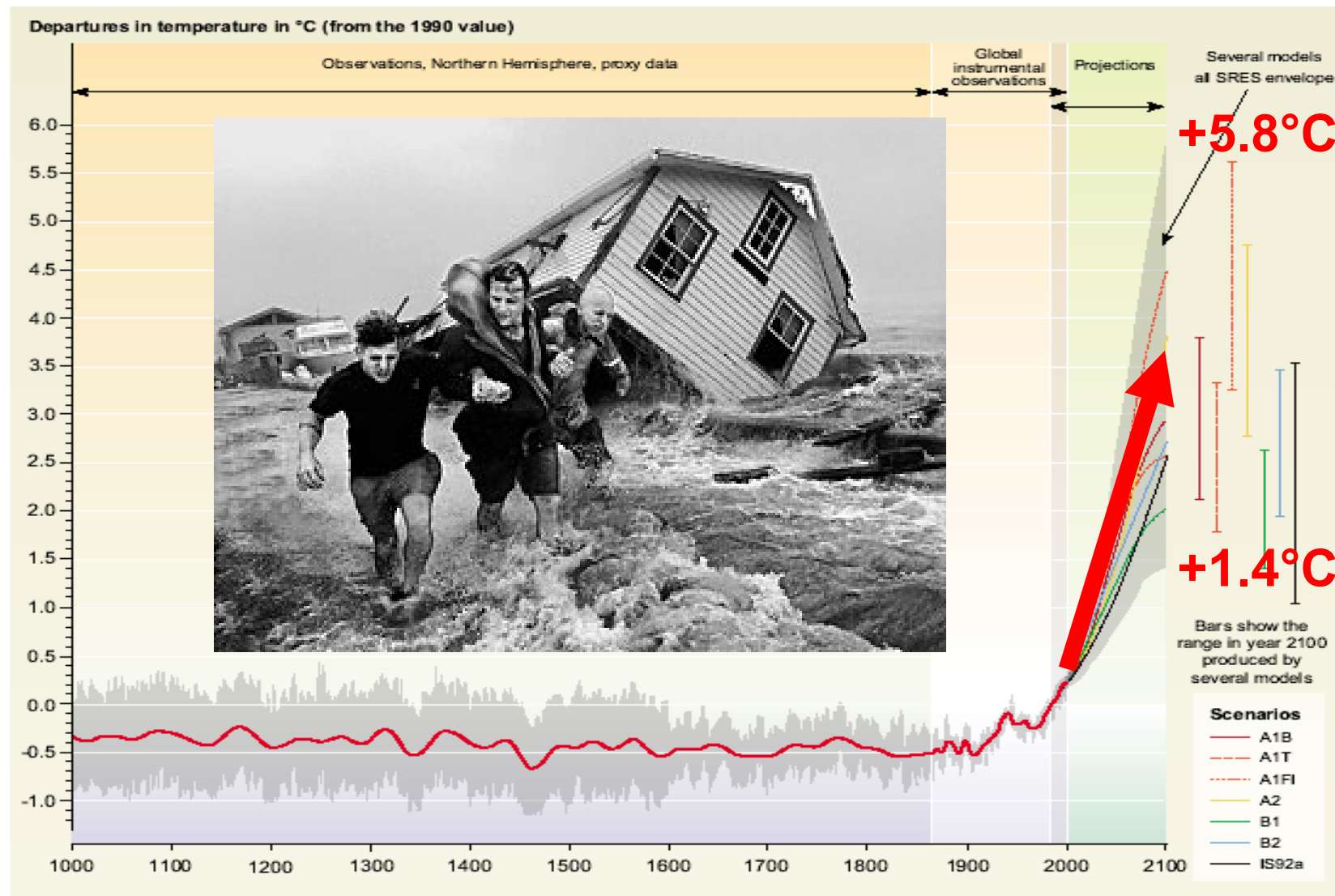


NTB  
INTERSTAATLICHE HOCHSCHULE  
FÜR TECHNIK BUCHS

Mitglied der Fachhochschule Ostschweiz [FHO](#)



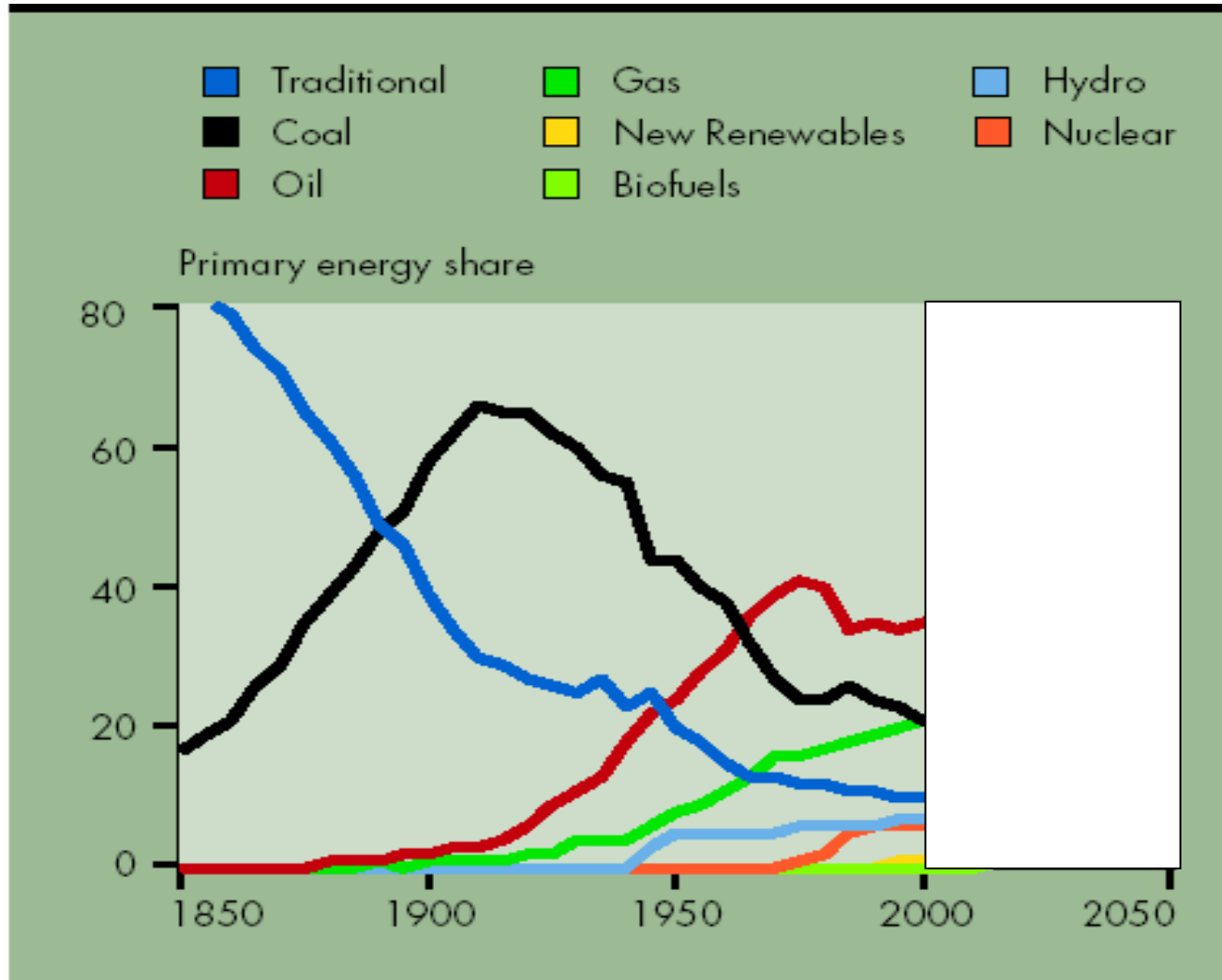
# Erdtemperatur seit 1000 n.Ch. / Zukunft



# Wie gehts weiter ?



# Weltenergieszenario bis 2050 – Shell






potential for  
**renewables**  
to be the eventual  
primary source of  
energy

Referenz: Shell  
Energieszenario  
Jan. 2002



# PV Monitoring www: Rheintal



NTB, FH-Buchs <a href="http://www.ntb.ch">www.ntb.ch</a> since 1996	Flumroc, Flums <a href="http://www.flumroc.ch">www.flumroc.ch</a> since 2000	Rheinbrücke, FL <a href="http://www.solargenossenschaft.fl">www.solargenossenschaft.fl</a> since 2001
18kWp poly Si GPV 110Wp 1 inverter NTB	21.8kWp a-Si tripel USSC 6 inverters ASP	38 kWp cr-Si; thin-cr Si 85Wp / 45Wp 6 inverters Sunways
		

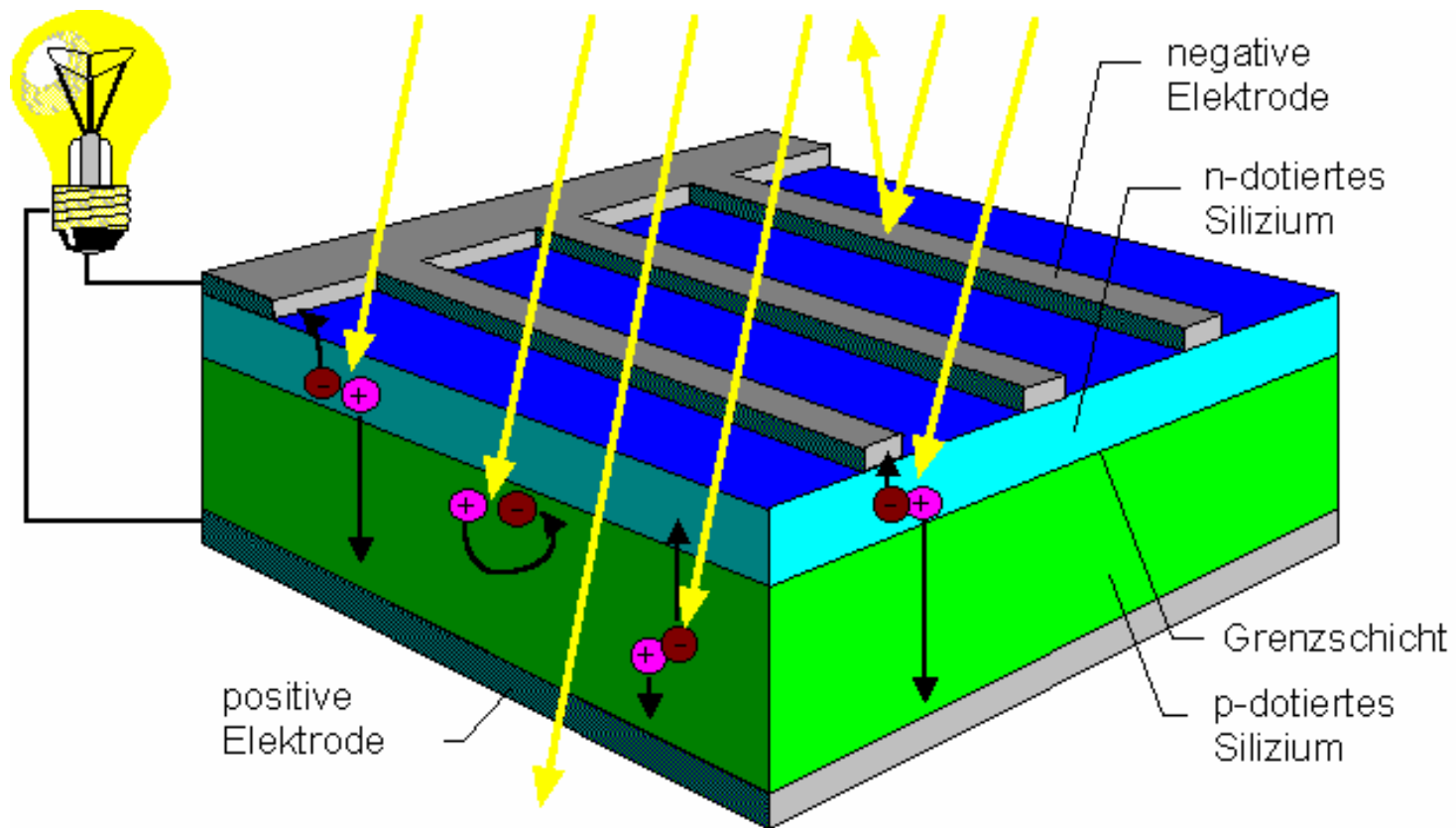


# Inhalt

- Funktionsprinzip Solarzelle
- Solarzellentechnologien
  - Kristalline Solarzelle
  - Dünnschicht Solarzellen
- Solarkraftwerke
  - Wechselrichter
  - Aufständigung
- Kostenreduktion
  - Solarstrommärkte



# Funktionsprinzip - Solarzelle



# Solarmodul Typen

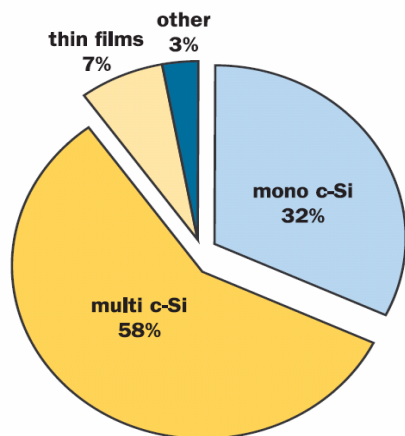
## Standard kristalline Si Mod.

- Wafer
- Cell
- Module



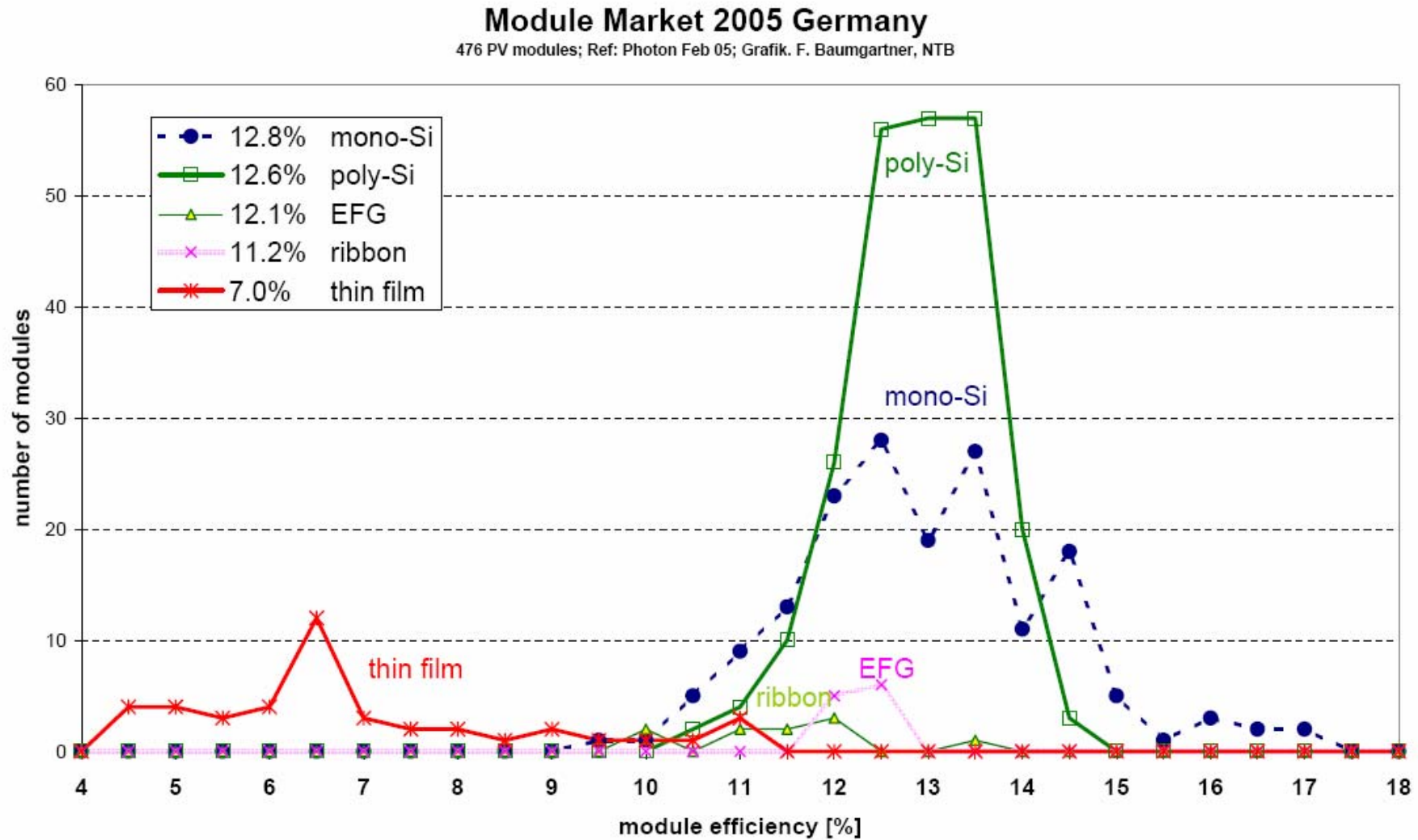
## Dünnschichtmodule

- Sub layer production
- Module fabrication

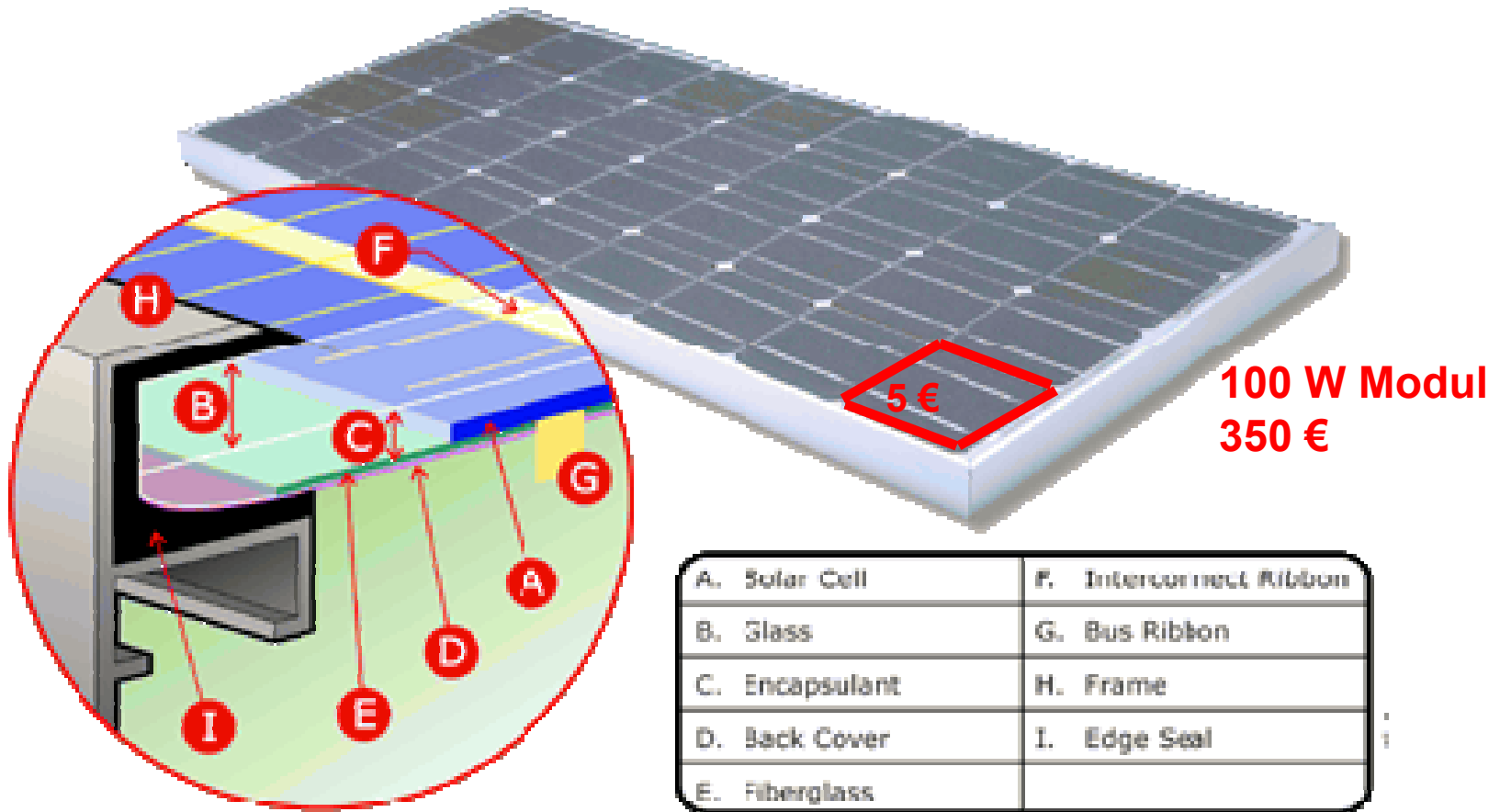




# Technologien und Wirkungsgrad



# Das Solarmodul: kristallines Si

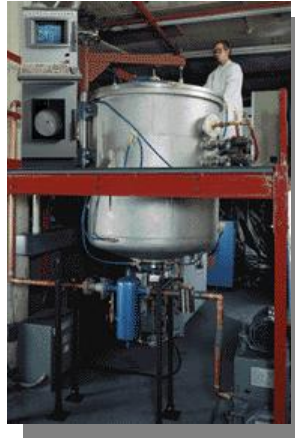


90% aller heutigen Solarmodule werden mit Spire Geräten produziert; [http://www.spirecorp.com/spi\\_line-series.htm#SPI-LINE 5000M](http://www.spirecorp.com/spi_line-series.htm#SPI-LINE 5000M)



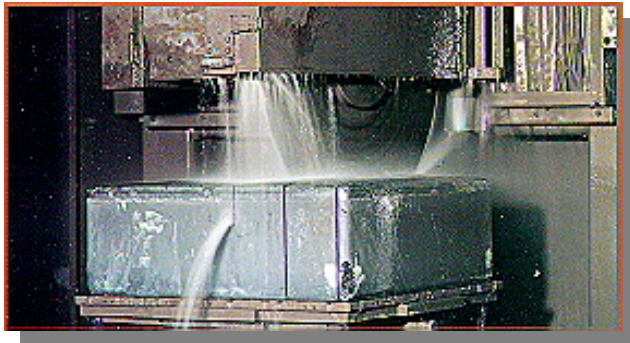
# Vom Silizium zum Wafer

off specs eg-Si

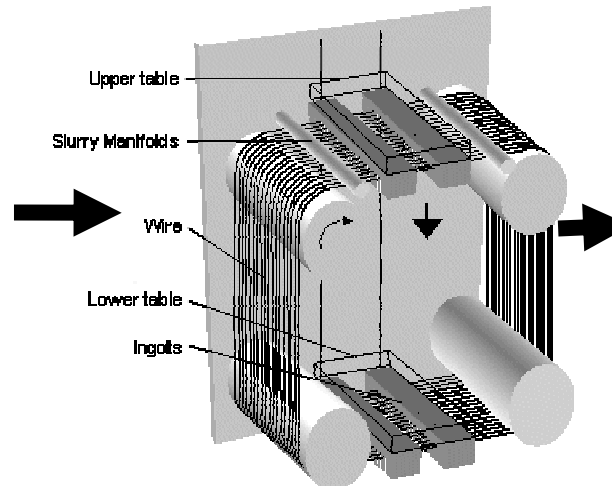


directional solidification furnace

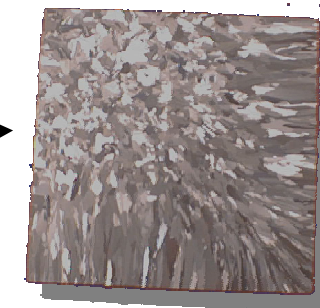
multicrystalline Si ingot



block cutting



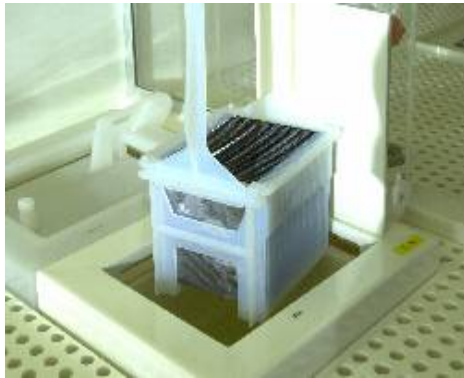
multi-wire saw



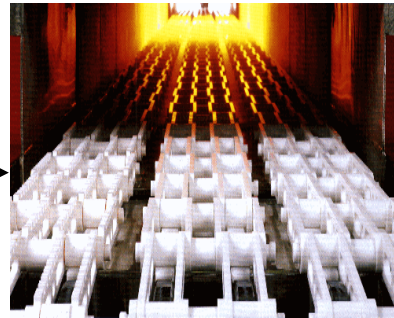
multi-x Si wafer



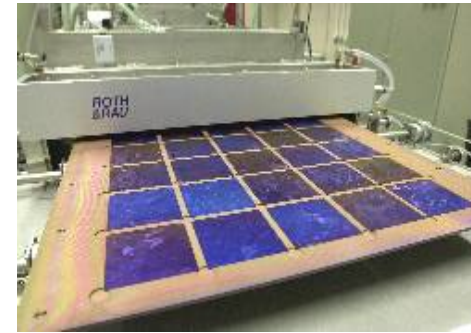
# Vom Wafer zur Solarzelle



**saw-damage removal**



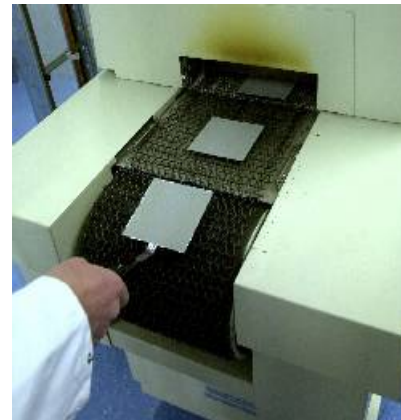
**pn-junction diffusion**



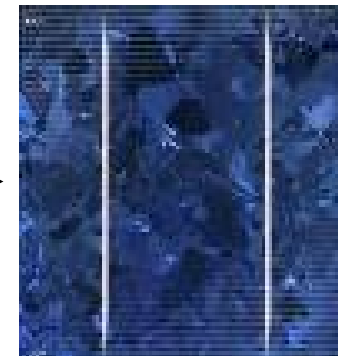
**anti-reflection coating**



**screen printed metallisation**



**metallisation sintering**



**solar cell**





# Von der Solarzelle zum PV-System



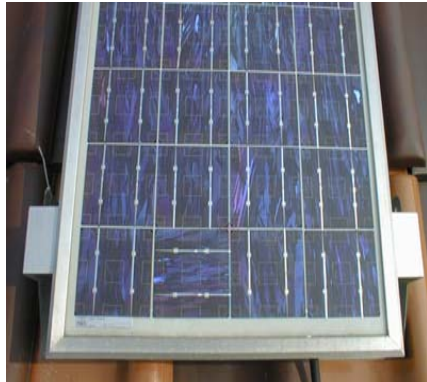
**cell testing and binning**



**interconnection in strings**



**lamination with EVA  
and glass**



**frame, junction box**

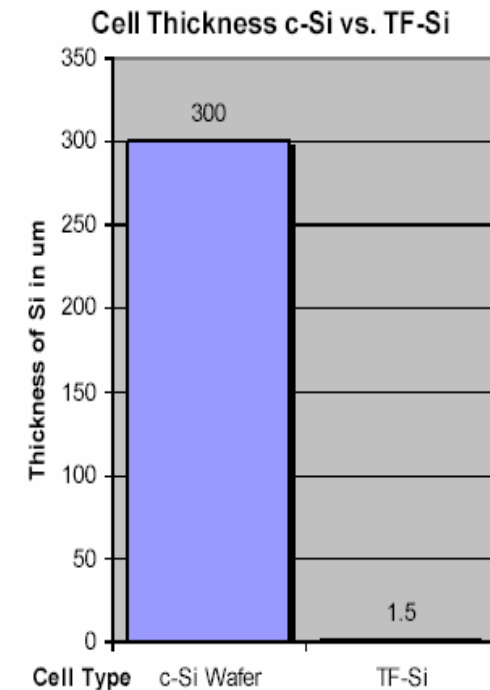


**cabling, inverter, module mounting**

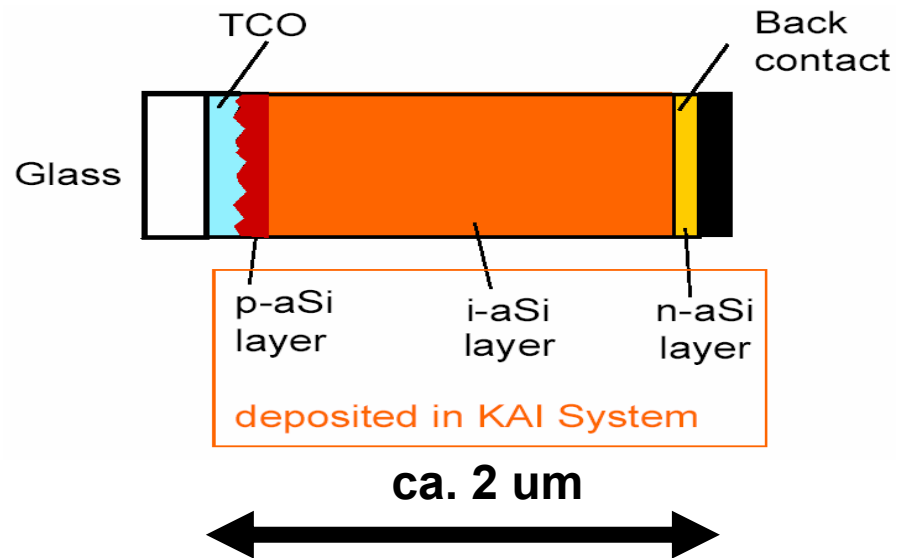


# Warum Dünnschicht Solarzellen ?

	Konventionell d=0.3mm c-Si-Solarzellen	Dünnschicht d=0.003mm a-Si, CIS, CT
Kosten	Heute 3 \$/W Einzelzellen verlöten	1\$/W bei 100MW inline Massenproduktion
Energieeinsatz	Energierücklaufzeit 2 bis 7 Jahre	Energierücklaufzeit etwa 1 Jahr
Wirkungsgrad	heute 11-17% mittelf. 19%	heute 5-11% mittelf. 13%



# Die amorphe Si Dünnschichtzelle



**KAI 1200 PECVD System**  
Max glass size: 1100 x 1250 mm

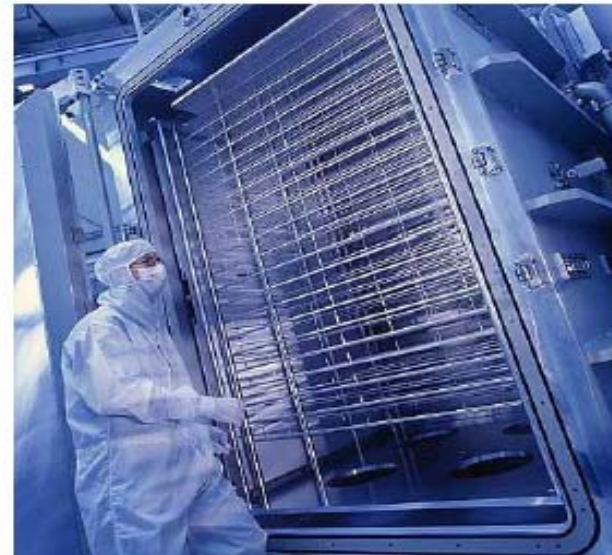




# Dünnschichtmodule aus dem Rheintal



KAI 1200 PECVD System für die AM-LCD Produktion



Budget  
ca. 40 Mio Fr.





# NTB testet Unaxis Module



# Feldkirch / IG Grüner Solarstrom



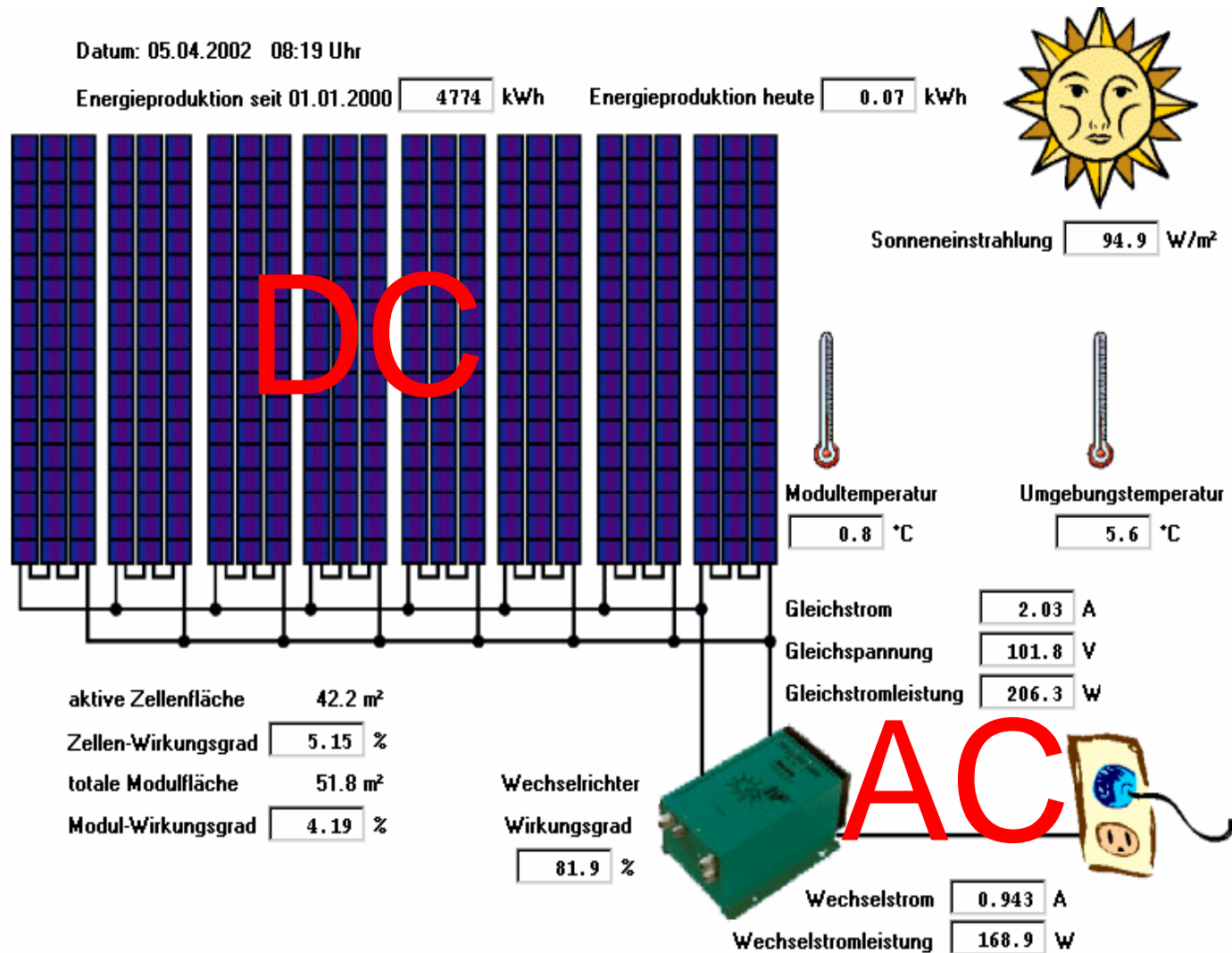
Nennleistung	19.6kW= 112 x 175Wp Sunways MHH180Plus polykristallin
Wechselrichter	4xSunways 5.02; AC/DC=1
Ertrag	≈1100h (2003)
Inbetriebnahme	Dezember 2002 14 Teilhaber



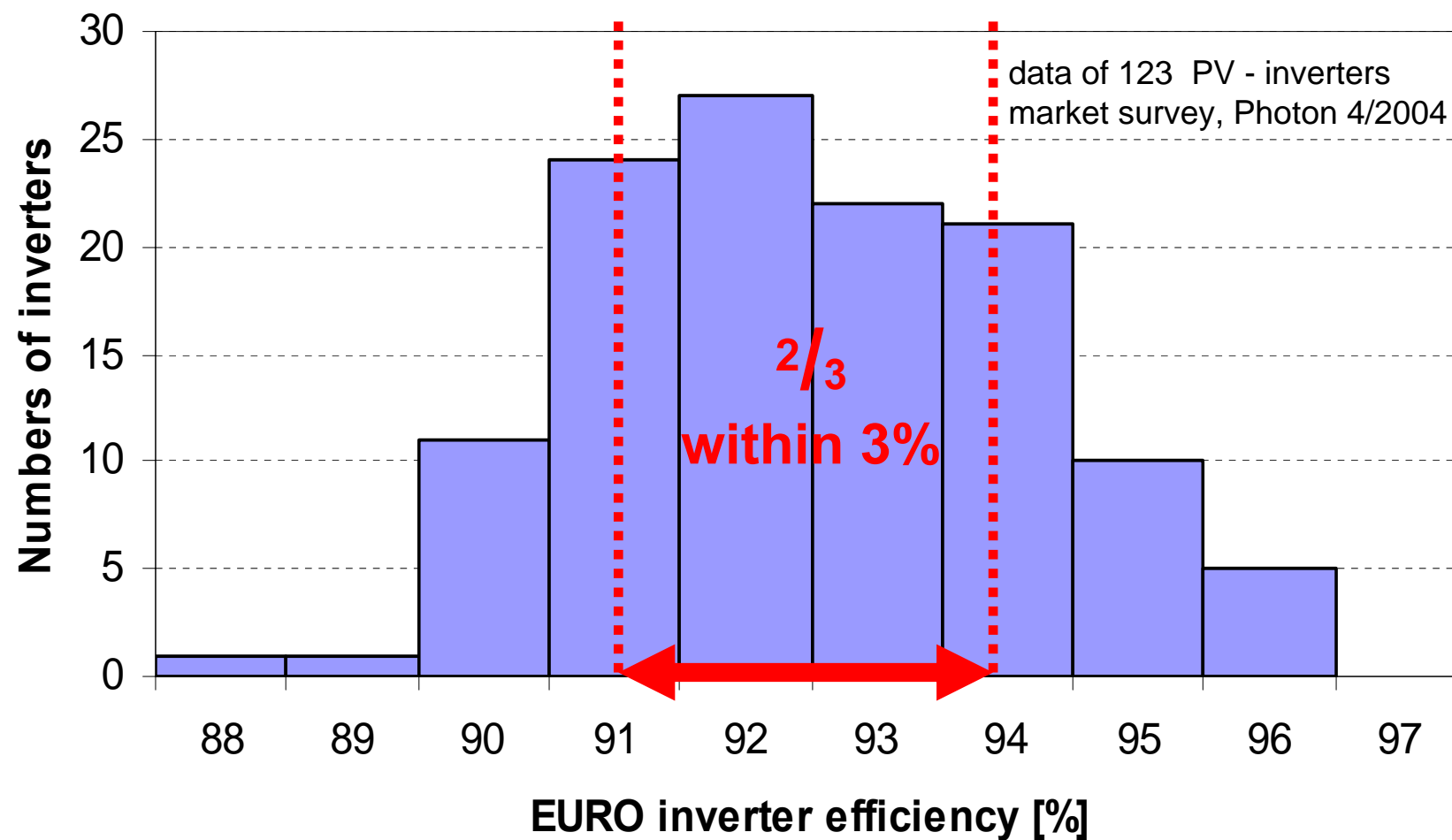
Installation und Planung: Hr. Lins, Energiasolar, Feldkirch; [www.energiasolar.at](http://www.energiasolar.at)



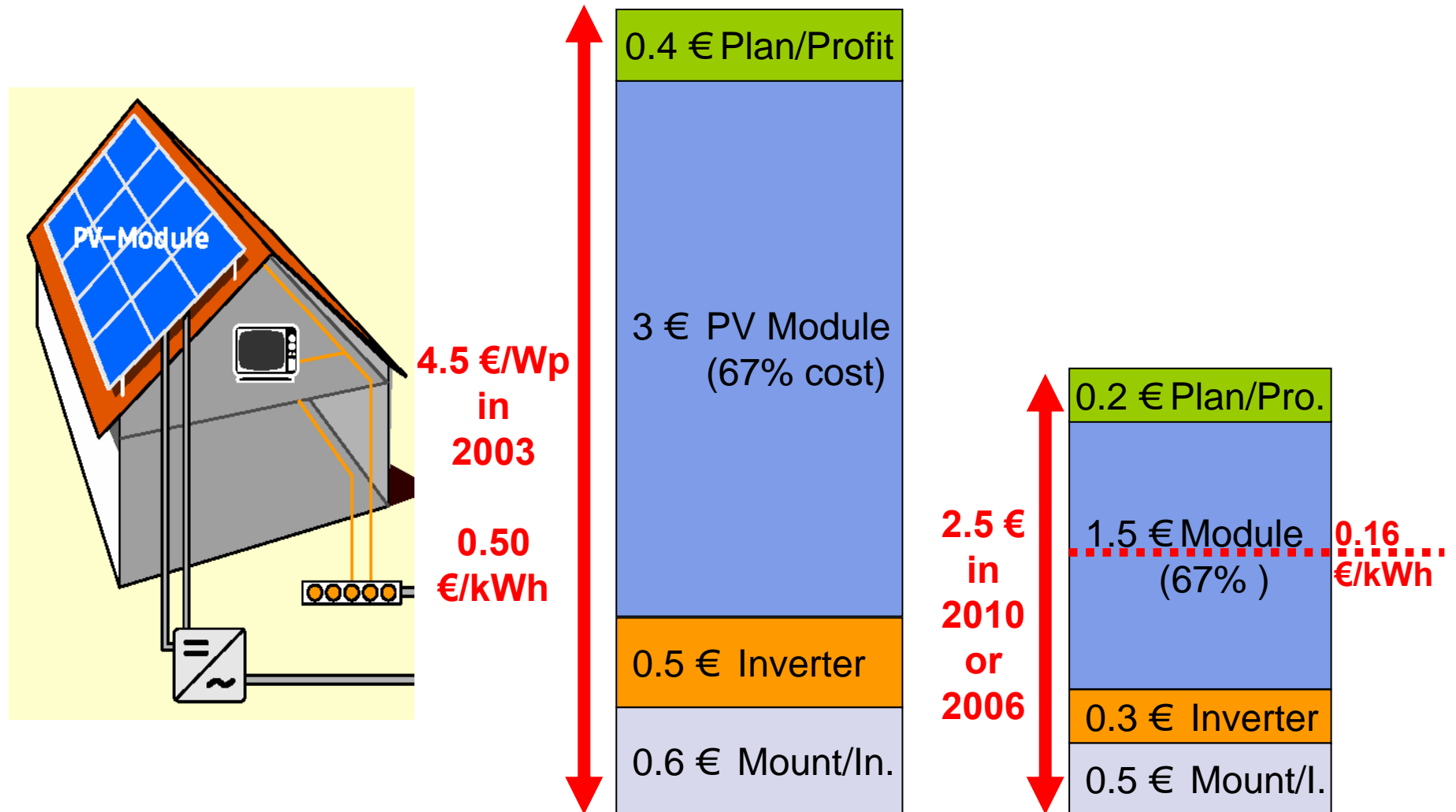
# PV grid connected: 3kWp Flumroc, CH



# Euro-Wirkungsgrad Wechselrichter 2004



# PV-AC cost structure 20kWp



# 1.01 MW Messe München



Grösstes dachintegriertes  
PV-Kraftwerk in BRD 1997

- Baukosten 7Mio€  
E.ON, Staat Bayern, Stadtw.
- PV-Technik: Siemens Solar
- Okt 2002 Erweiterung auf  
2.1MW mit 5 Mio €
- Yield **991 h/a**
- Vergütung: 0.48€/kWh  
Solarenergieförderverein Bayern e. V.
- 8000 mono Si-Module  
Siemens Shell Solar
- SINVERT Zentral WR





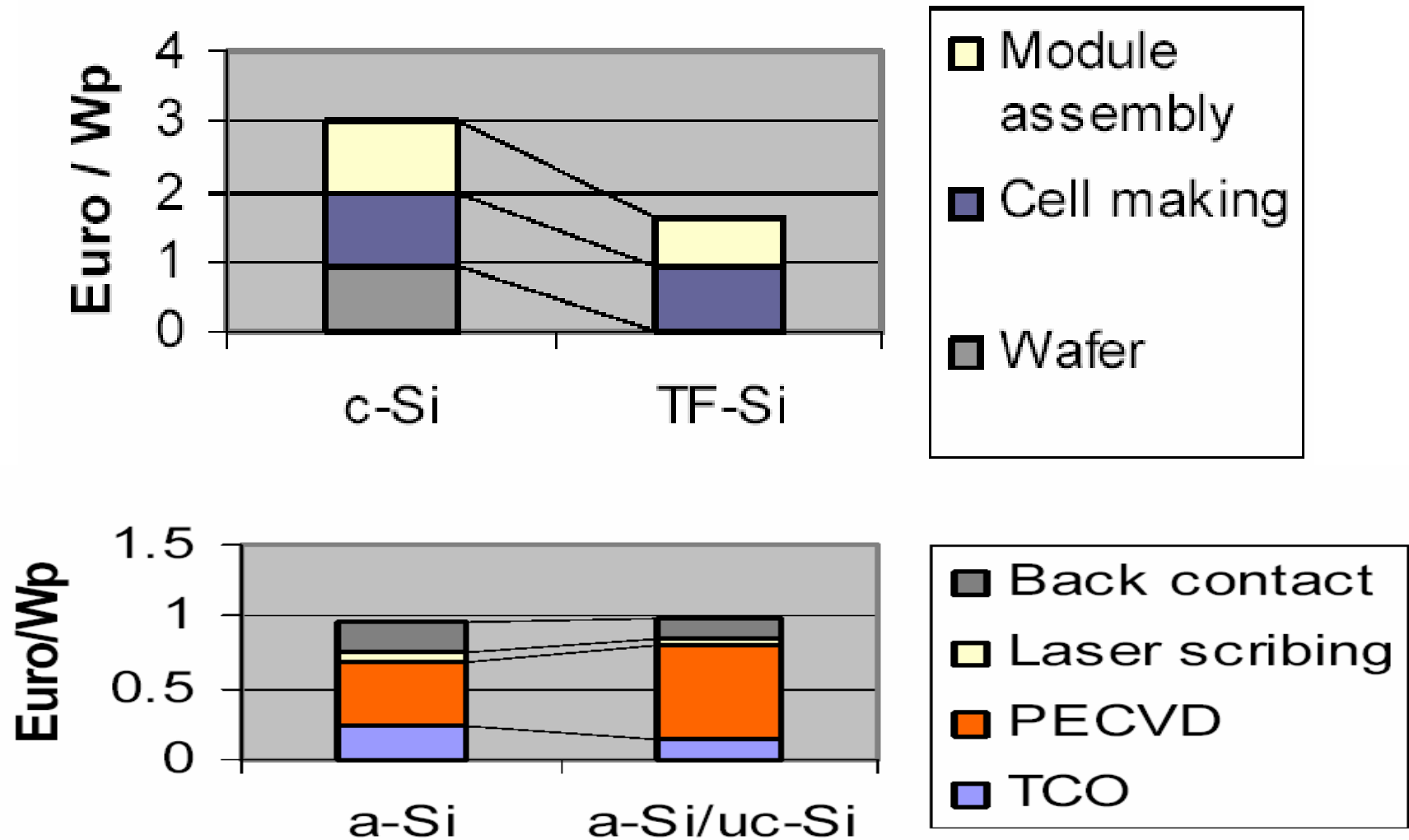
# Dünnschicht Plant CdTe - Antec



Franz Baumgartner / [www.ntb.ch/](http://www.ntb.ch/) 6/1/2006/" Solarstrom Hohenems "/ slide 23

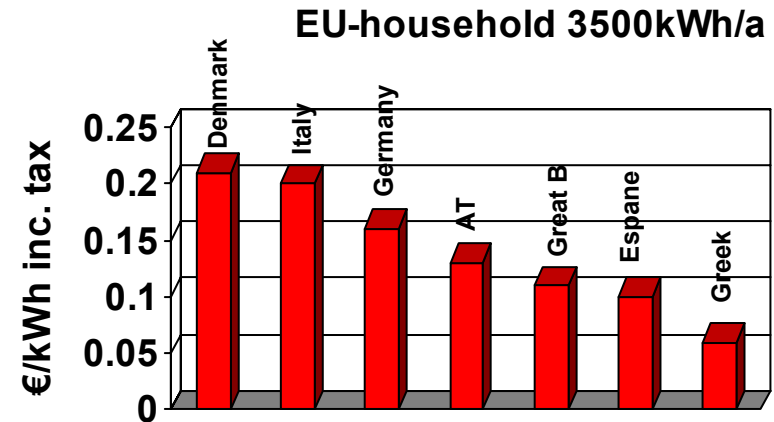
**300kW Solarpark Aurich Walle, Germany;  
SMA Central; Montagesystem [www.schletter.de](http://www.schletter.de);  
Eröffnung 23. April 2006;  
Projektentwickler: Energie&Umwelt**

# Kostenvorteil Dünnschichtmodule



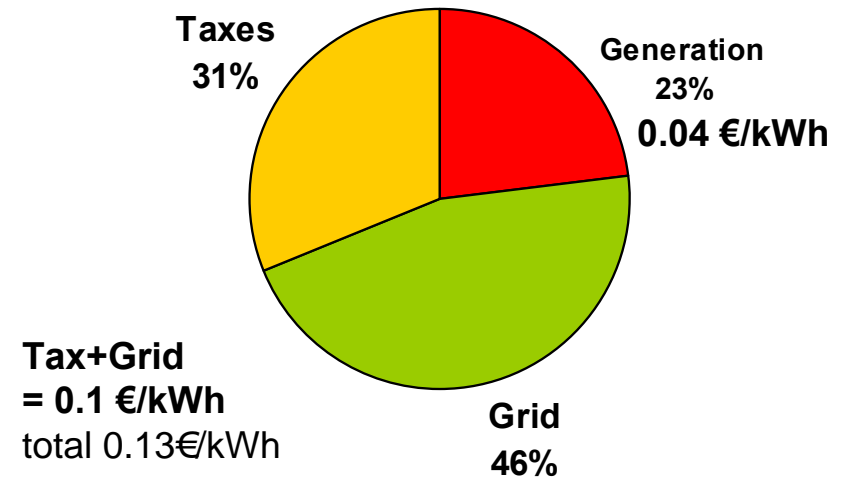


# Prices of grid electricity 2001



Ref: eurostat 2002

**electricity costs - householde Austria 2001**

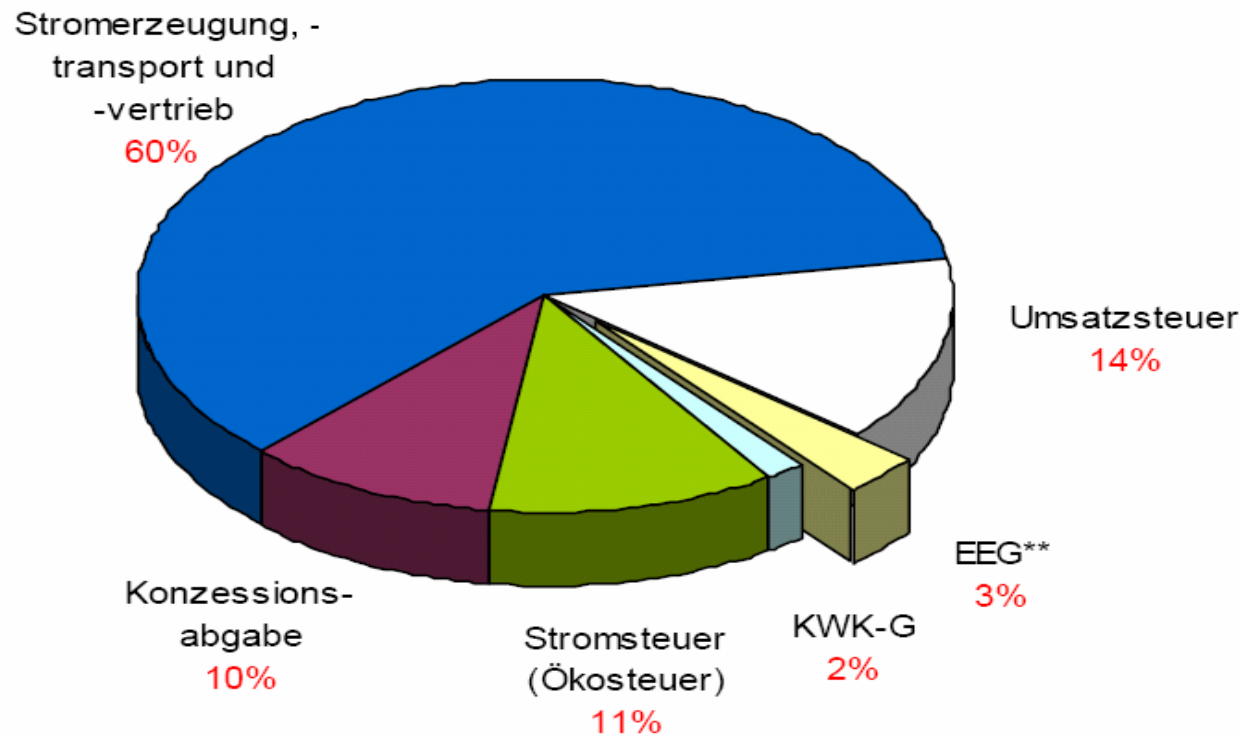


Ref: VKW, Jun 2001



# Stromkosten BRD 2004

## Kostenanteile 2004 für eine kWh Strom im Haushaltsbereich (18 Cent)



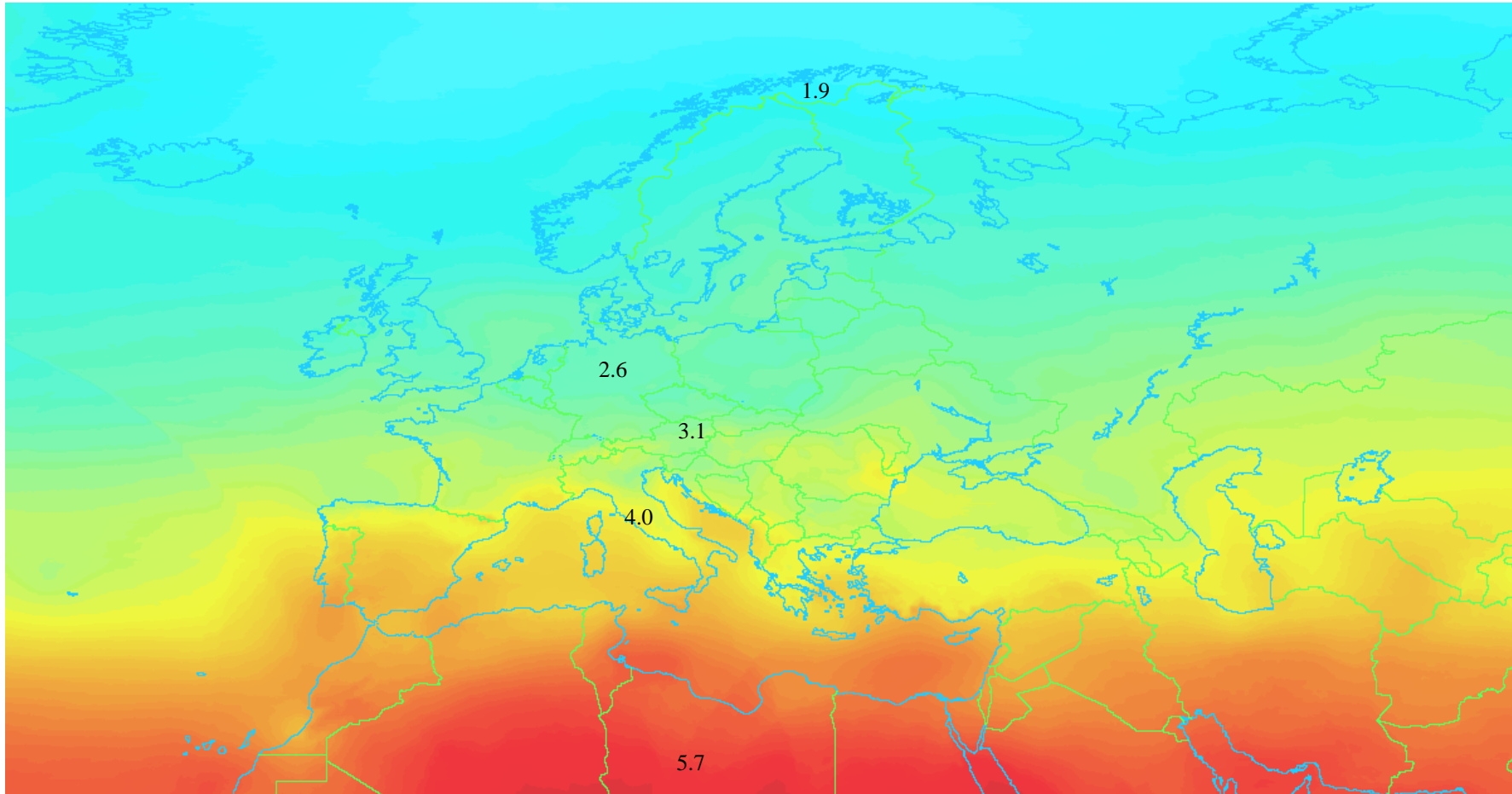
Quelle: Verband der Elektrizitätswirtschaft 2004 [nach BMU 2005]

**Abbildung 18: Zusammensetzung des derzeitigen Strompreises für typische Haushaltskunden**



# Solarangebot in Europe

global horizontal radiation / daily average kWh/m<sup>2</sup>



# EU PV Vision Report 2005

**Table 5: Target prices up to 2030**

Deadline	Module target price (€/W)	System target price (€/W)
2010	2	3
2020	≤1	2
2030	≤0.5	1

## Current PV technologies

### Wafer-based crystalline silicon technologies

#### Materials

- Availability, quality and price of silicon feedstock (including the development and understanding of solar grade silicon)
- New module designs for easy assembly, low cost and 25-40 years lifetime
- Advanced cell designs and processing schemes for high efficiencies (up to 22% on a cell level, 20% on a module level).

### Balance-Of-System (BOS)

In order to meet the system price targets, research on BOS issues is also very important, since substantial cost reductions are required.

### Grid-connected PV systems

#### Power conditioning and interconnection

- Inverter design and manufacturing concepts aimed at low cost (£0.25 €/W) combined with excellent reliability and long lifetime (20 years+)
- Innovative module-integrated electronics for power conditioning, monitoring and control
- Design of multifunctional low-cost grid interfaces to ensure safe and reliable system operation.

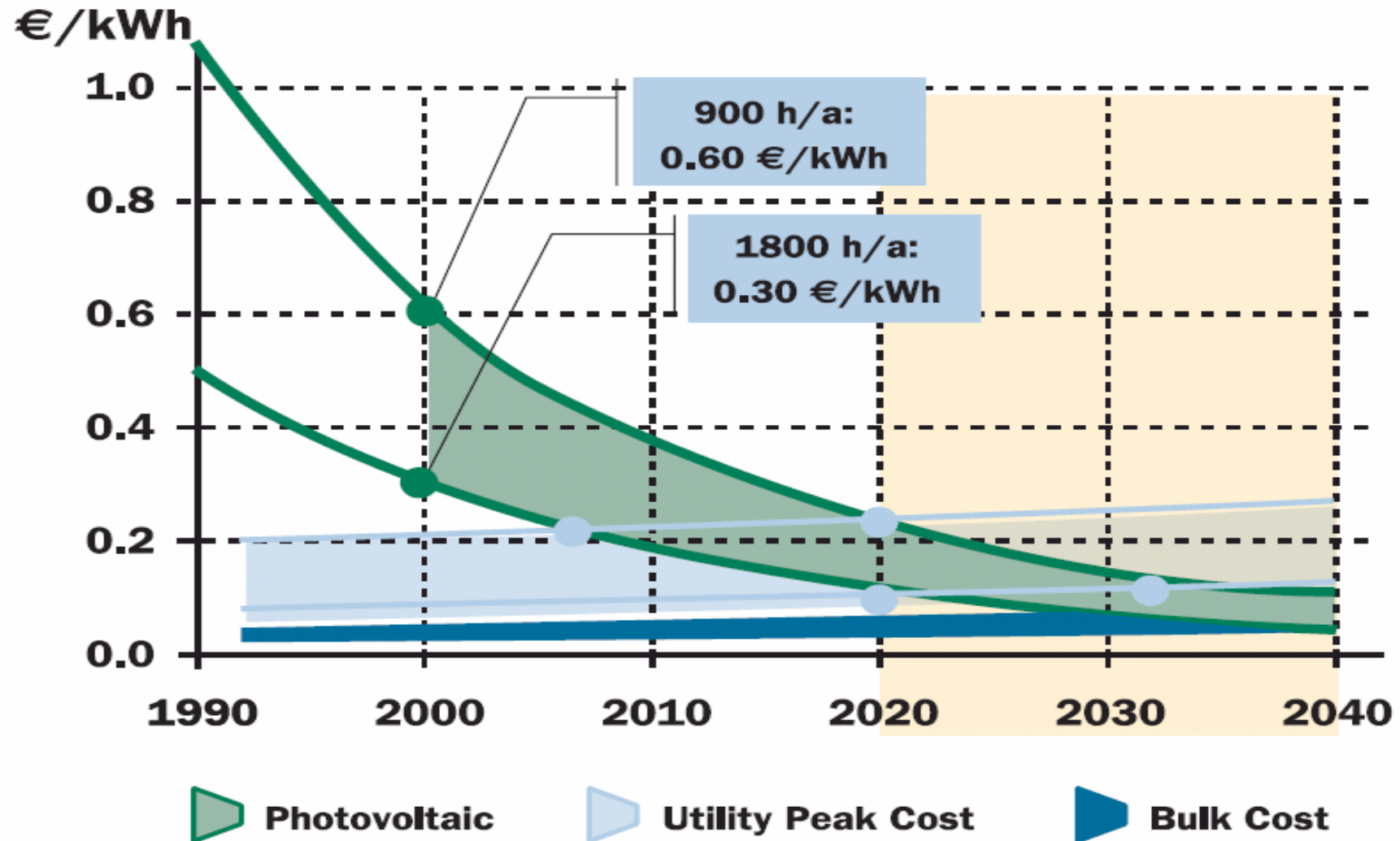
### Thin-film technologies

#### Materials and devices

- Increase of module efficiencies from the current 5-12% to >15%
- Reduction of energy pay-back-time of modules (from present 1.5 years to 0.5 years for central European climatic conditions).



# PV-Stromgestehungskosten



# Renewable Electricity Germany 2020

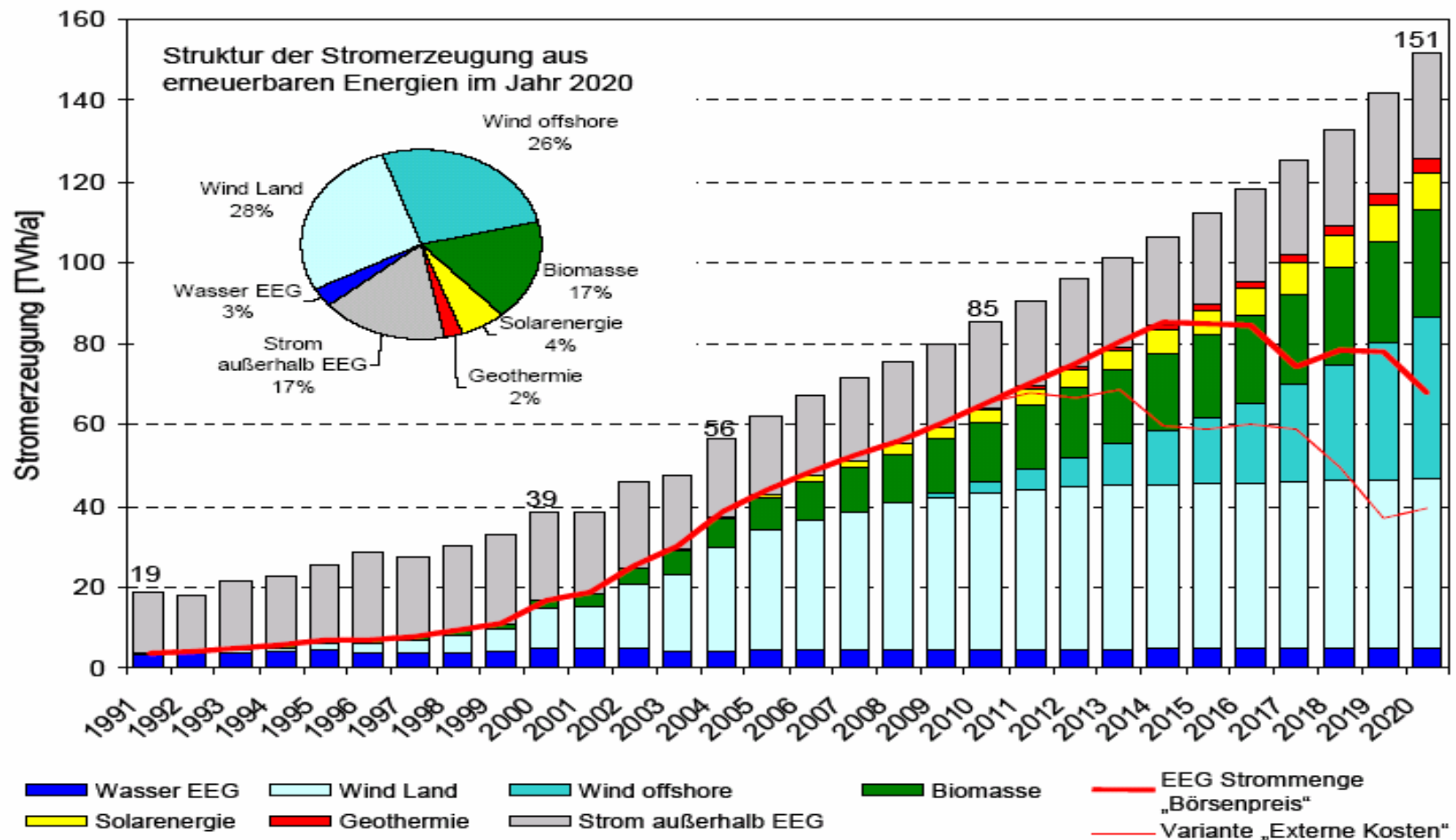
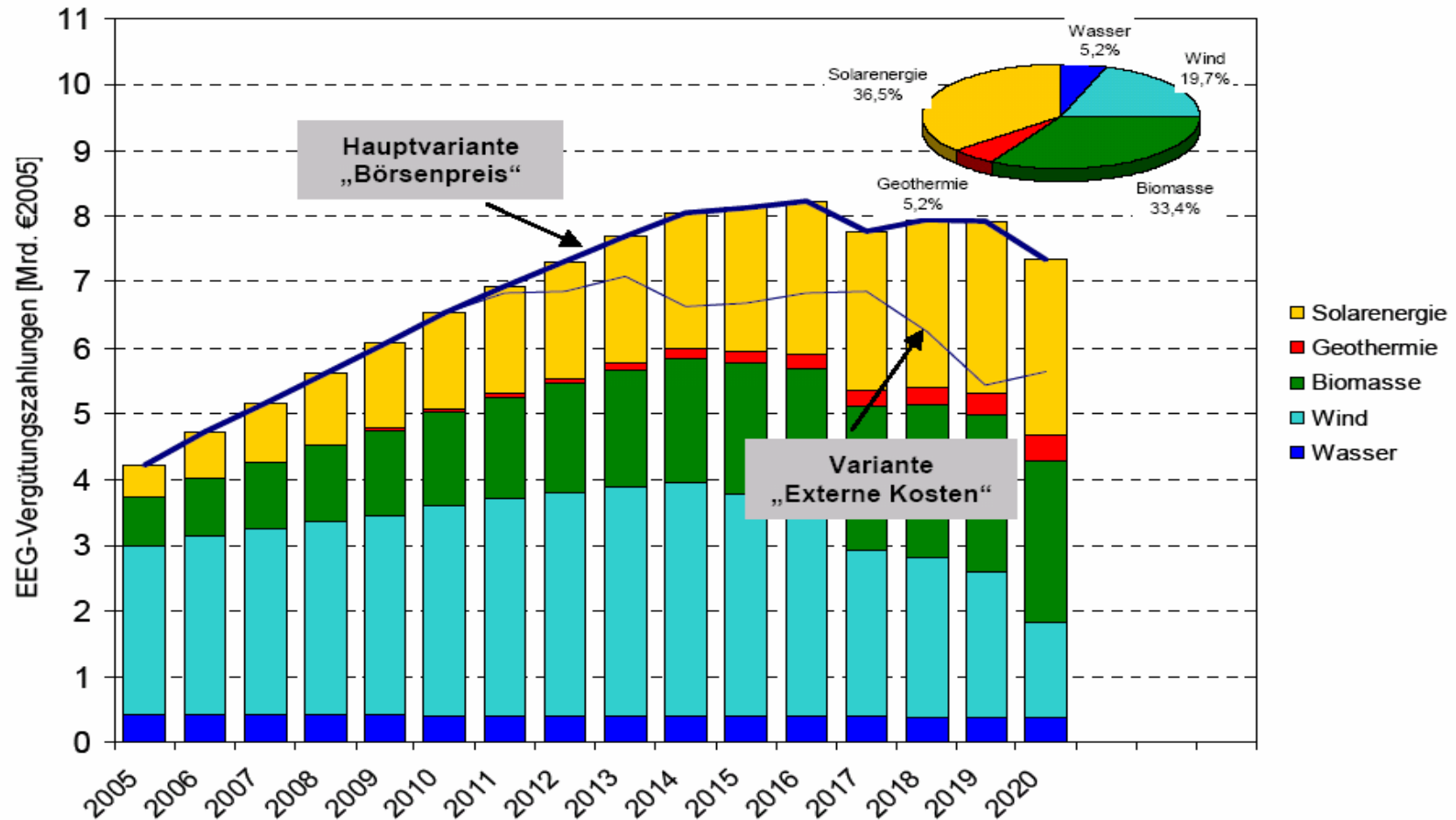


Abbildung 22: Entwicklung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien im Szenario „Wahrscheinlicher Ausbau“ und Anteil der Förderung nach EEG entsprechend dem anlegbaren Wert in der Hauptvariante „Börsenpreis“ und der Variante „Externe Kosten“.



# Kosten EEG Vergütung BRD



**Abbildung 24: Entwicklung der Vergütungszahlungen des EEG für das Szenario „Wahrscheinlicher Ausbau“**





# Costs of Renewables Household 2020

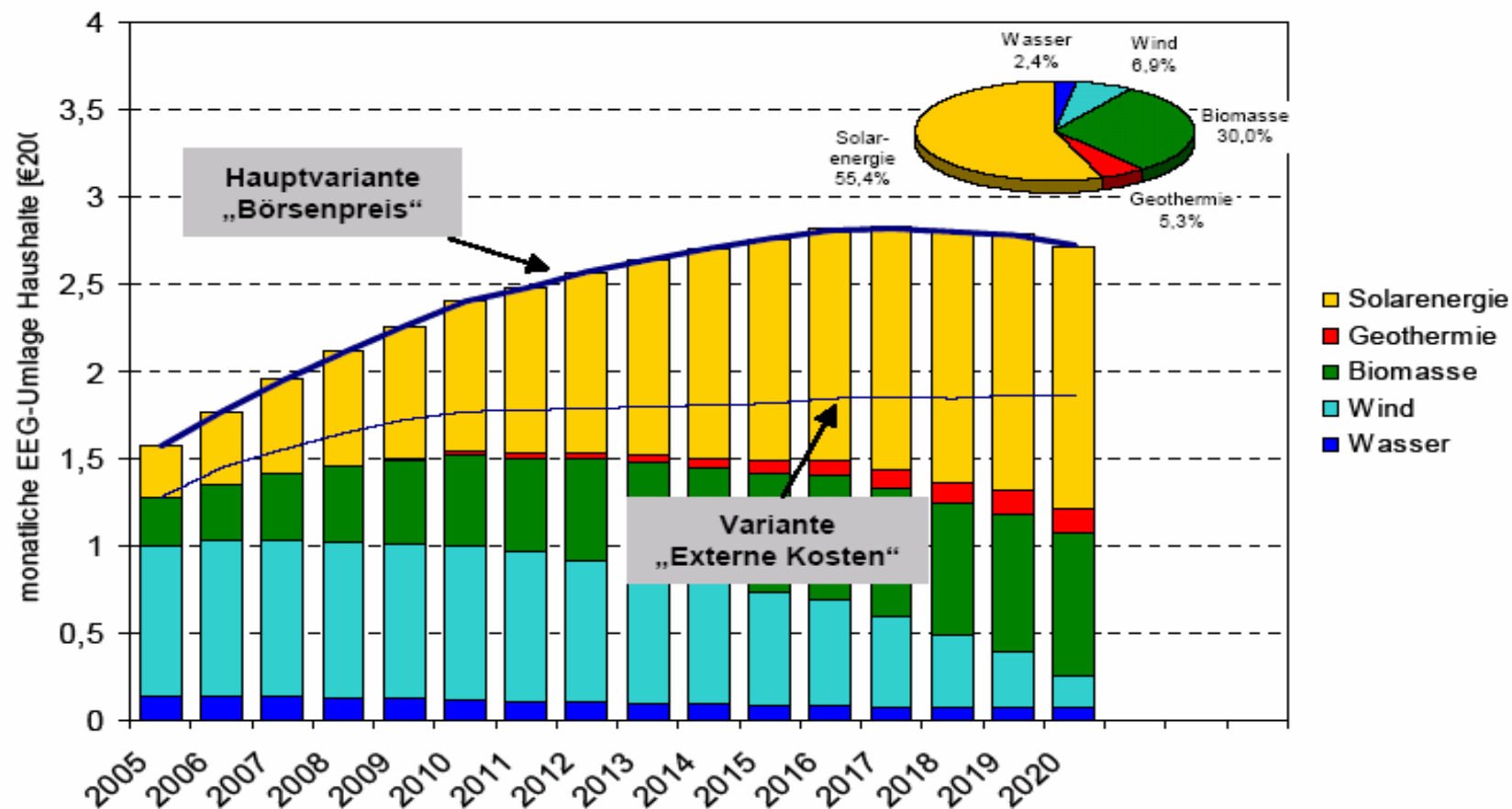


Abbildung 25: Entwicklung der EEG-Umlage für einen repräsentativen Privathaushalt im Szenario „Wahrscheinlicher Ausbau“

