

**kinet** 

**Solarer Strom**  
**Die Lösung für Viele**

Prof. Dr.-Ing. Martin Müller

*Solarer Strom – Die Lösung für Viele: Gliederung* **kinet** 

**Inhalt**

0. kinet
1. Hintergrund und Funktionsprinzip
2. Auslegungsansätze
3. Wirtschaftlichkeit individuell
4. Rückblick und Ausblick: EEG und Photovoltaik
5. Volkswirtschaftliche Wirkungen und Zukunftsaussichten

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

kinet: Was ist das?



## kinet - Nachhaltigkeit in der Energietechnik

Eine Entwicklung wird als nachhaltig bezeichnet, wenn sie "den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen". Im Bereich der Energienutzung ist es für die Zukunftssicherung der Weltbevölkerung existenziell notwendig, das Prinzip der Nachhaltigkeit mehr und mehr umzusetzen. kinet bildet mit seinen Mitgliedern ein Netzwerk, das dieses Prinzip fallweise und als Gesamtkonzept umsetzt.



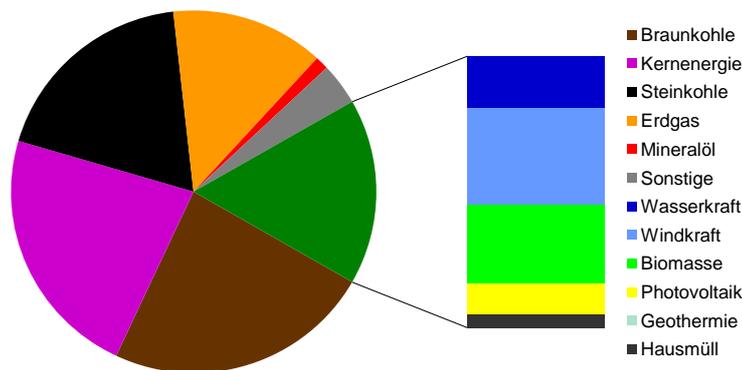
**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Hintergrund: Struktur der Stromerzeugung in D 2009

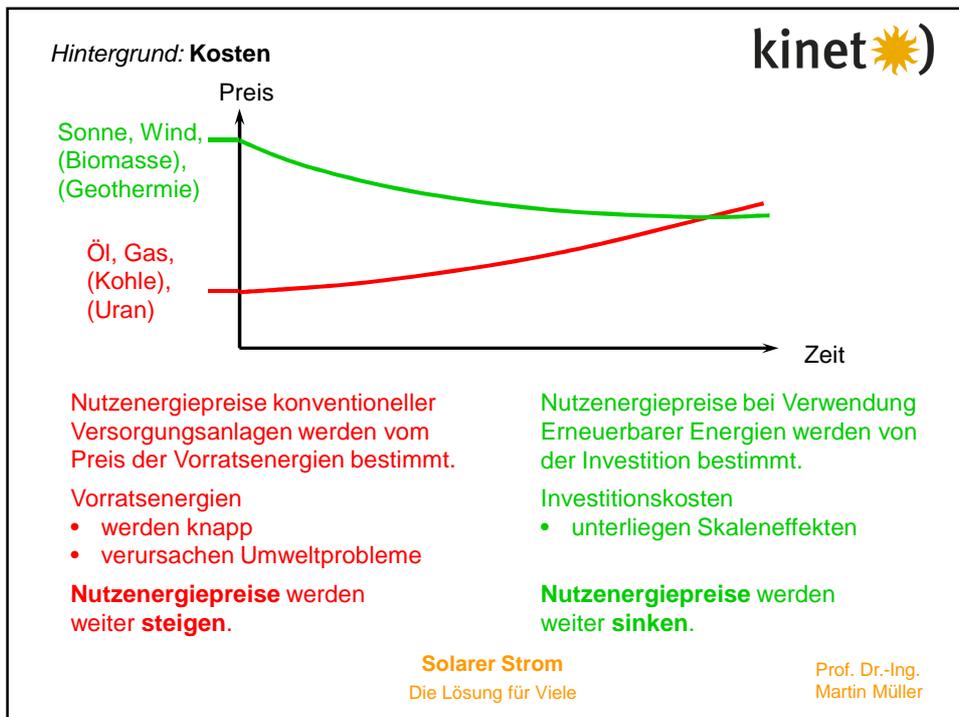
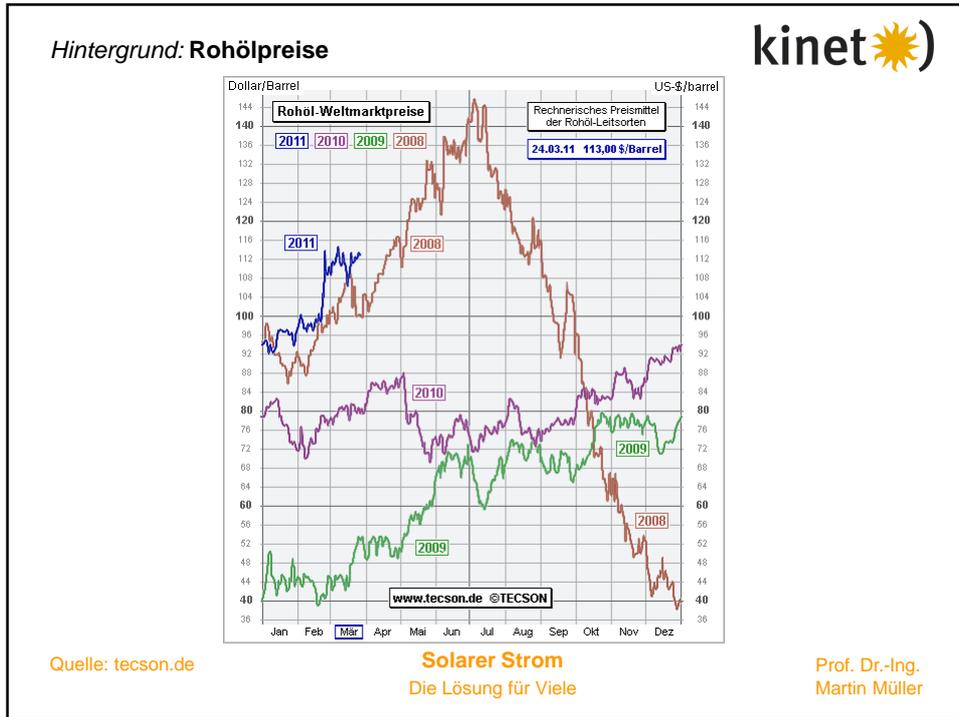


## 1. Hintergrund und Funktionsprinzip



Daten: AGEB

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller



Hintergrund: EEG

kinet 

### Erneuerbare Energien Gesetz (EEG, 2004)

Ziel:

Bis 2012 12,5 %,

bis 2020 20 %

elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen.

Das EEG regelt die Mindestvergütung für elektrischen Strom aus erneuerbaren Energien.

Diese Einspeisevergütung wird auf alle Stromkunden umgelegt (keine Steuermittel, keine Subvention).

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Funktionsprinzip: Photovoltaikanlage

kinet 



PV-Module



Wechsel-  
richter



Zähler



**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Auslegungsansätze: **Kennzahlen**

kinet 

## 2. Auslegungsansätze

Einige wichtige **Kennzahlen** der Photovoltaik:

Spitzenleistung, Peak-Leistung: Leistung des PV-Generators unter Standard-Testbedingungen (STC):  $kW_p$   
 Sonnenspektrum gemäß AM 1,5  
 Zelltemperatur 25 °C  
 Einstrahlung 1000 W/m<sup>2</sup> senkrecht zum Modul

Einspeiseenergie: kWh/a  
 Gemessen als Wechselstrom an der Einspeisestelle

Wichtig:

Der Betreiber bezahlt die installierte Leistung  
 Der Betreiber verdient an der produzierten elektrischen Energie

**Solarer Strom**  
 Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
 Martin Müller

Auslegungsansätze: **Kennzahlen**

kinet 

Kennzahlen zur Dimensionierung

Modul-Flächenbedarf:	6 m <sup>2</sup> /kWp
Einspeisung:	900-1050 kWh/kWp
Abhängig von	
Modulausrichtung (optimal: nach Süden, noch besser: nachgeführt)	
Modulneigung (optimal: ca. 35 °, noch besser: nachgeführt)	
Modulqualität	
Zelltemperatur, also Aufständering	
Dachflächenbedarf	
Schrägdach:	100-150 % der Modulfläche
Flachdach:	300 % der Modulfläche

**Solarer Strom**  
 Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
 Martin Müller

Auslegungsansätze: **Beispiel**

kinet 

### Einfamilienhaus mit Satteldach

Dachneigung:	60 °
Richtung des Dachfirstes:	SW – NO (45 °)
Fläche der SO-Dachhälfte:	35 m <sup>2</sup>
Dachflächenfenster:	3 m <sup>2</sup>
Dachausnutzung:	80 %
Modulfläche:	25,6 m <sup>2</sup>
Installierbare Leistung:	3,85 kWp
Ertragserwartung optimal:	3657 kWh/a
Ertragserwartung Dachausrichtung:	3291 kWh/a

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Auslegungsansätze: **Anmerkungen**

kinet 

### Unbedingt vermeiden bzw. beachten:

Verschattungen

- Fernverschattung (Horizont): Berge usw.
- Nahverschattungen (lokale Verschattungen):
  - Bäume
  - Stromleitungsmasten
  - Antennen
  - Schornsteine
  - Dachgauben
  - Lüftungsauslässe
  - Lichtkuppeln, ...

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Auslegungsansätze: Anmerkungen

kinet 

**Auch bedenken:**

- Zustand des Daches
- Absehbare Umbauten (Fenster, Gaupen usw.)
- Bautätigkeit „nebenan“
- Wachstum von Bäumen

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Auslegungsansätze: Anmerkungen

kinet 

**Weitere Einflüsse:**

- (gleichmäßige) Verschmutzung: Staub, Ruß, Blütenstaub usw.
- Lokale Verschmutzung: Laubblätter, Vogelexkreme usw.
- Abdeckung durch Schnee
- Degradation der Zellen
- (unbeachtete) Ausfälle der Anlage (Sicherung, Wechselrichter, ...)
- (unbeachtete) schleichende Verschlechterung der Anlage (Kontakt-Korrosion, Kurzschlüsse, defekte Bypass-Dioden, ...)

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

### 3. Technik und Wirtschaftlichkeit

#### 3.1 Stromeinspeisung

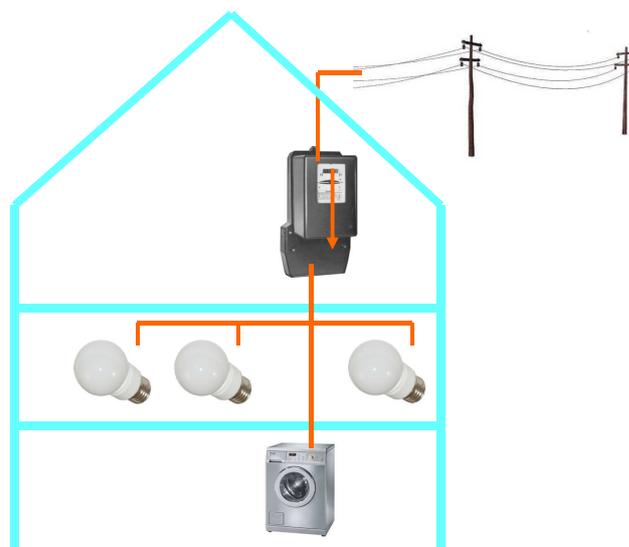
##### Erneuerbare Energien Gesetz (EEG, 2004)

Vergütungsmodell:

- Grundvergütung (z.B. PV bis 30 kW: 57,4 Ct/kWh)
- Boni (z.B. PV: Fassadenanlage: 5 Ct/kWh)
- Laufzeit (z.B. PV: 20 Jahre zzgl. Jahr der Inbetriebnahme)
- Degression (z.B. PV: 5 %/a)

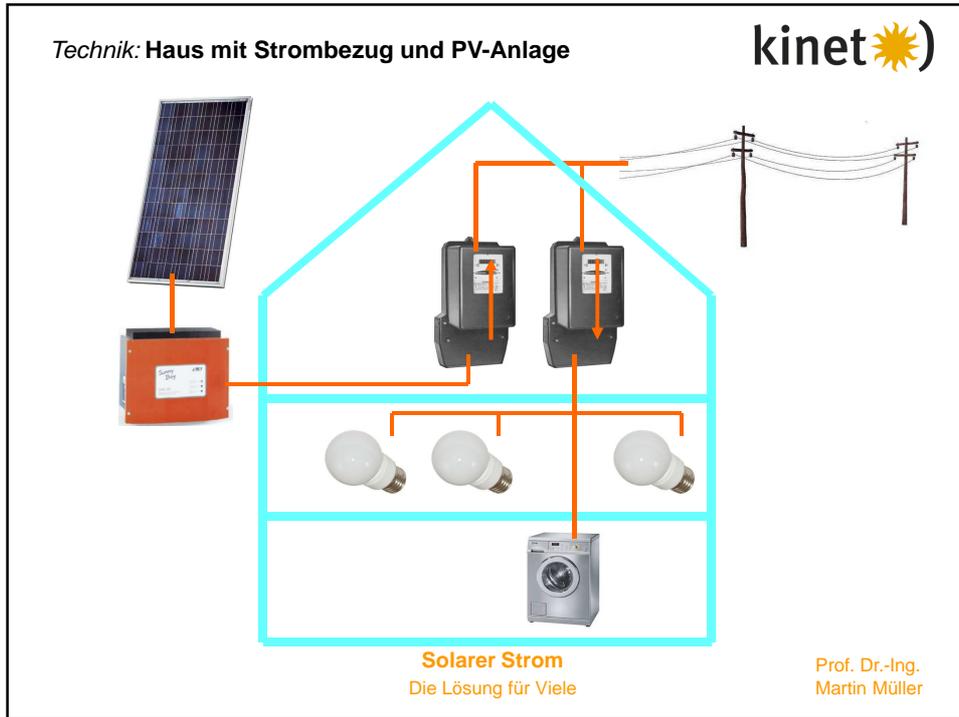
**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller



**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller



**Wirtschaftlichkeit: EEG-Vergütungssätze  
Stromeinspeisung** **kinet** 

Netzeinspeisung	Installierte Anlagenleistung				Konversions- flächen	Sonst. Freiflächen	Ackerflächen
	Inbetriebnahme	bis 30 kW	bis 100 kW	bis 1.000 kW			
2009	43,01	40,91	39,58	33	31,94	31,94	31,94
2010	39,14	37,23	35,23	29,37	28,43	28,43	28,43
1. Einmal-Degression	13%	13%	13%	13%	8%	12%	--
ab 01.07.2010	34,05	32,39	30,65	25,55	26,15	25,02	0,00
2. Einmal-Degression	3%	3%	3%	3%	3%	3%	--
ab 01.10.2010	33,03	31,42	29,73	24,79	25,37	24,26	0,00
Degression lt. BNetzA	13%	13%	13%	13%	13%	13%	--
ab 01.01.2011	28,74	27,33	25,86	21,56	22,07	21,11	0,00

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: **Beispiel**

kinet 

PV-Anlage	3 kWp, 1000 kWh/kWp
Investition: 3000 €/kWp:	9000 €
Vergütung: 28,74 Ct/kWh:	862,20 €/a
Vergütungszeitraum: 20 Jahre	

Stat. Amortisationszeit:	10 Jahre
--------------------------	----------

Nach Berücksichtigung von Degradation, Ersatzbeschaffungen, Reparaturen usw.: z.B. 15 Jahre

Daraus ergibt sich eine Kapitalverzinsung von knapp 3 %/a

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: **Steuer**

kinet 

### Steuerliche Behandlung

Als PV-Anlagenbetreiber wird man zum „Unternehmer“.

Die Mehrwertsteuer der Investition kann als Vorsteuer vom Finanzamt zurückgefordert werden.

Die Steuereinnahmen aus der Stromeinspeisung muss an das Finanzamt abgeführt werden.

Im Laufe der Anlagen-Lebensdauer ergeben sich keine Mehr- oder Mindereinnahmen, aber:

Bei Installation der Anlage wird nicht so viel Kapital gebunden (bessere interne Verzinsung).

Bei sich ändernder Mehrwertsteuer kann sich die Wirtschaftlichkeit verändern.

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: **Selbstnutzung**

kinet 

### 3.2 Strom-Selbstnutzung

#### Neuerung im EEG 2009:

Strom aus Photovoltaikanlagen, der selbst oder in räumlicher Nähe der Anlage genutzt wird, erhält ebenfalls eine Bezuschussung.

Idee:

- Dezentral erzeugter und verbrauchter Strom benötigt die Netz-Infrastruktur nicht.
- Wenn Verbraucher sich auf das Erzeugungsprofil ihrer eigenen Anlage einstellen, vermeiden sie die teure Bereitstellung von Spitzenlastleistung im zentralen System.
- Die EEG-Umlage sinkt.

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: **Selbstnutzung - Voraussetzungen**

kinet 

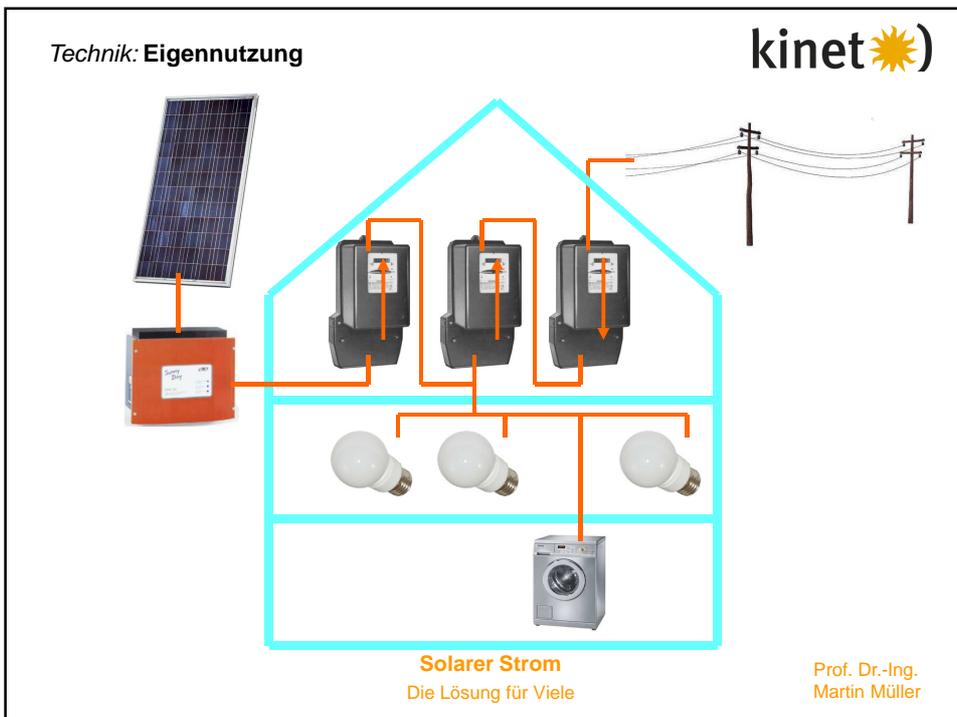
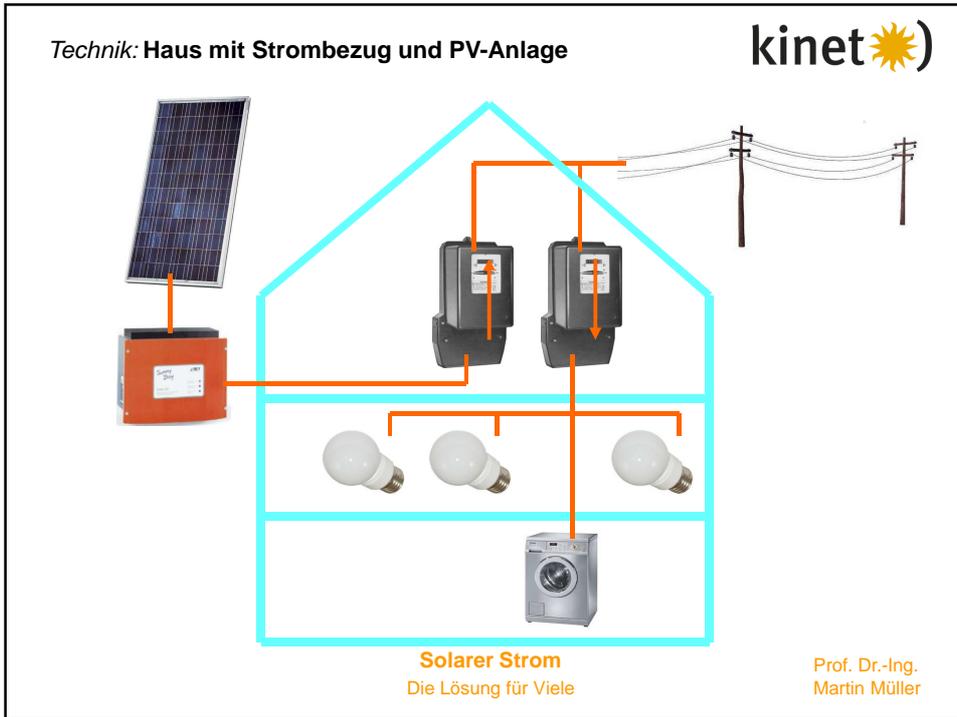
#### EEG 2009:

Nach § 33 (2) EEG wird Strom aus netzgekoppelten Solaranlagen ab 2009 auch dann vergütet, wenn Anlagenbetreiber oder Dritte diesen in unmittelbarer räumlicher Nähe zur Anlage selbst verbrauchen. Bedingung hierfür ist, dass

- Der Eigenverbrauch aus einer Solarstromanlage stammt, die nicht größer als 30 kWp ist, und
- Ein exakter Nachweis des Solarstrom-Eigenverbrauchs und der verbleibenden Solarstrom-Netzeinspeisung erfolgt.

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller



Wirtschaftlichkeit: EEG-Vergütungssätze  
Selbstnutzung

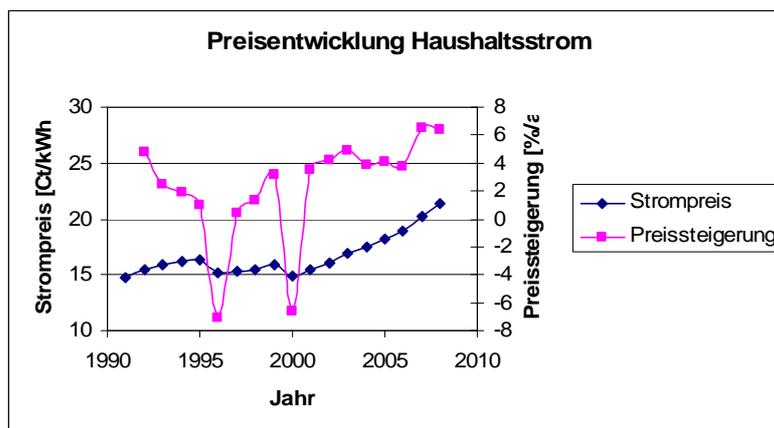


Eigenverbrauch Inbetriebnahme	Installierte Anlagenleistung						
	bis 30 kW		bis 100 kW		bis 500 kW		mehr als 500 kW
	bis 30%	ab 30%	bis 30%	ab 30%	bis 30%	ab 30%	
ab 01.07.2010	17,67	22,05	16,01	20,39	14,27	18,65	0,00
ab 01.10.2010	16,65	21,03	15,04	19,42	13,35	17,73	0,00
ab 01.01.2011	12,36	16,74	10,95	15,33	9,48	13,86	0,00

Solarer Strom  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: Haushaltsstrom



Solarer Strom  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: **Verbrauchs- und Produktionsprofil**



Die Zeitprofile von Stromproduktion und –bedarf passen nicht zusammen.

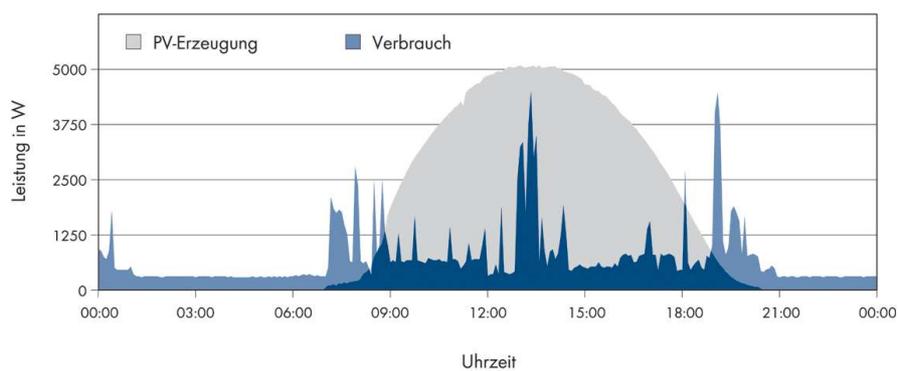
Deshalb kann in der Regel

- der photovoltaisch produzierte Strom nicht vollständig selbst genutzt werden,
- der im Haushalt benötigte Strom nicht vollständig selbst produziert werden.

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

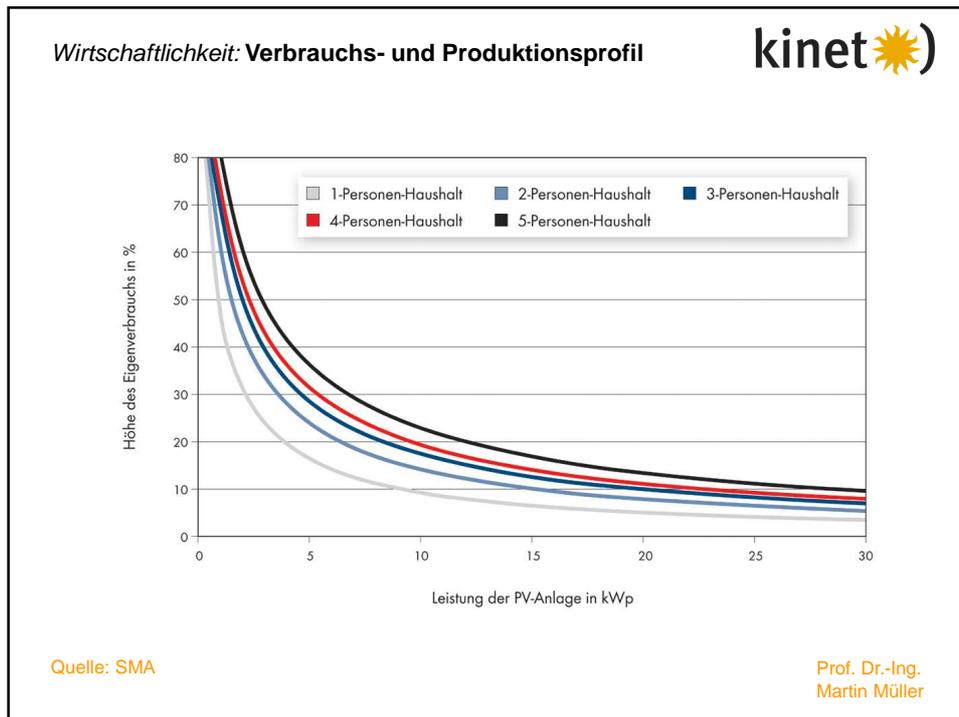
Wirtschaftlichkeit: **Verbrauchs- und Produktionsprofil**



Quelle: SMA

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller



**Wirtschaftlichkeit: Verbrauchs- und Produktionsprofil** **kinet** 

Das Strom-Produktionsprofil ist naturgegeben und kann nicht beeinflusst werden.

Das Strom-Bedarfsprofil kann teilweise beeinflusst werden:

- Besondere Sparanstrengungen bei hohem Strompreis
- Waschmaschine
- Spülmaschine
- Backofen
- Kühl- und Gefriergeräte
- Belieferung von Nachbargebäuden

usw.

Eine Vorhersage des Anteils des selbst genutzten Stroms ist nicht generell möglich.

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing. Martin Müller

**kinet** 

**Wirtschaftlichkeit: Beispiel**

**Musterhaushalt:**

4 Personen - Haushalt  
 Strombedarf: 4000 kWh/a

Photovoltaikanlage: 5 kWp, 1000 kWh/kWp  
 Stromerzeugung: 5000 kWh/a

Stromprofil	Einspeisung	Selbstnutzung	Bezug
	%	%	%
<b>A</b>	100	0	100
<b>B</b>	70	30	62,5
<b>C</b>	50	50	37,5
<b>D</b>	30	70	12,5

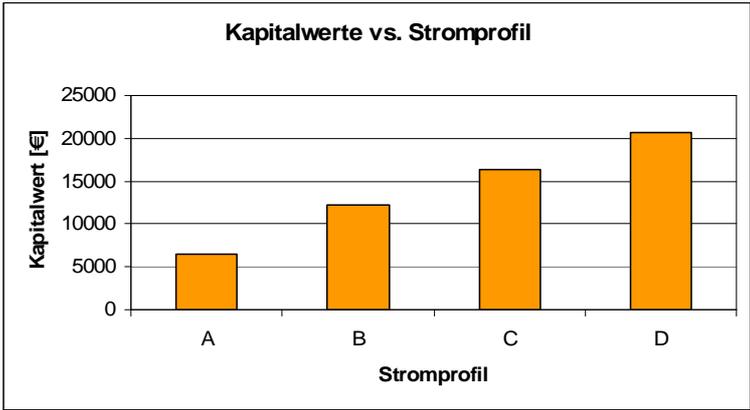
**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

**kinet** 

**Wirtschaftlichkeit: Beispiel (EEG 2009)**

**Kapitalwerte vs. Stromprofil**



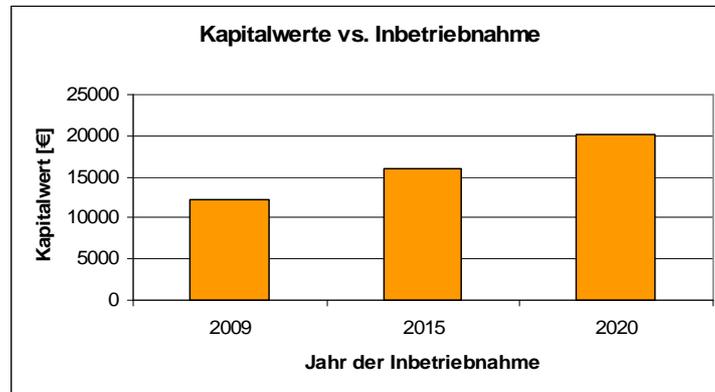
Stromprofil	Kapitalwert [€]
A	~6000
B	~12000
C	~16000
D	~20000

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: Beispiel (EEG 2009)

kinet 



**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Wirtschaftlichkeit: Zukunftsidee Speicherung

kinet 

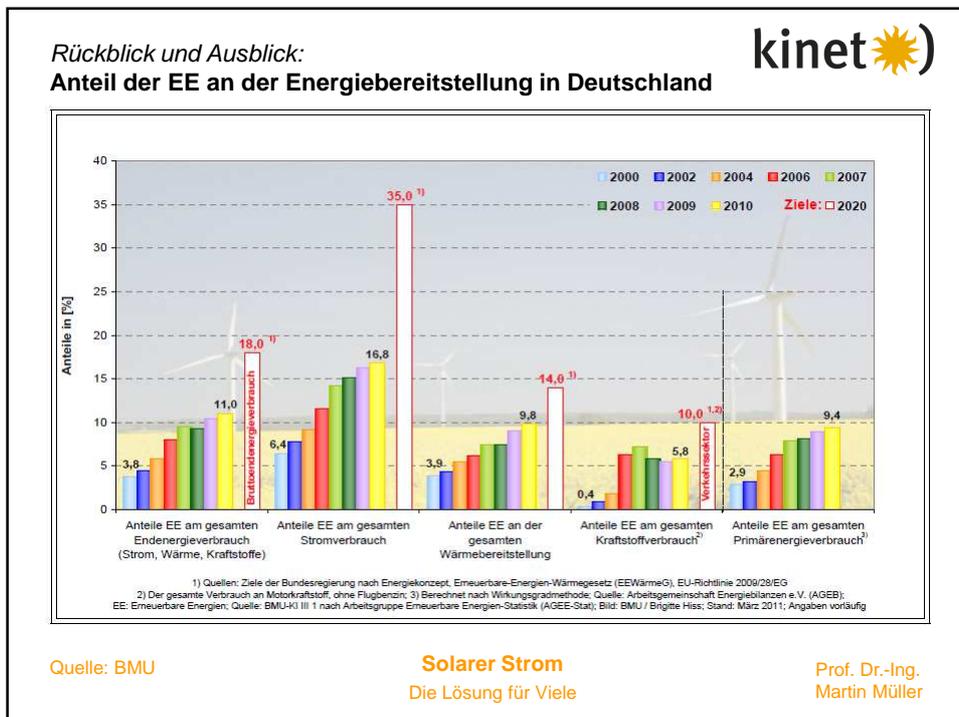
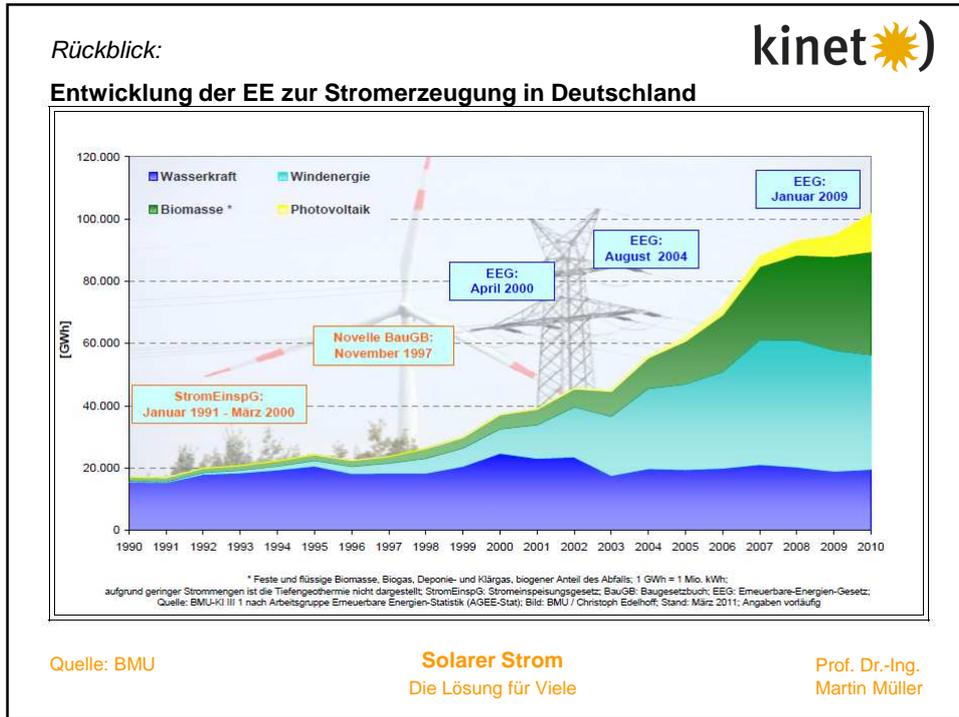
Erhöhung des  
Eigenbedarfsanteils durch  
(dezentrale) Speicherung

- Stromnetz entlasten
- Weniger zentrale Speicher
- Versorgungssicherheit

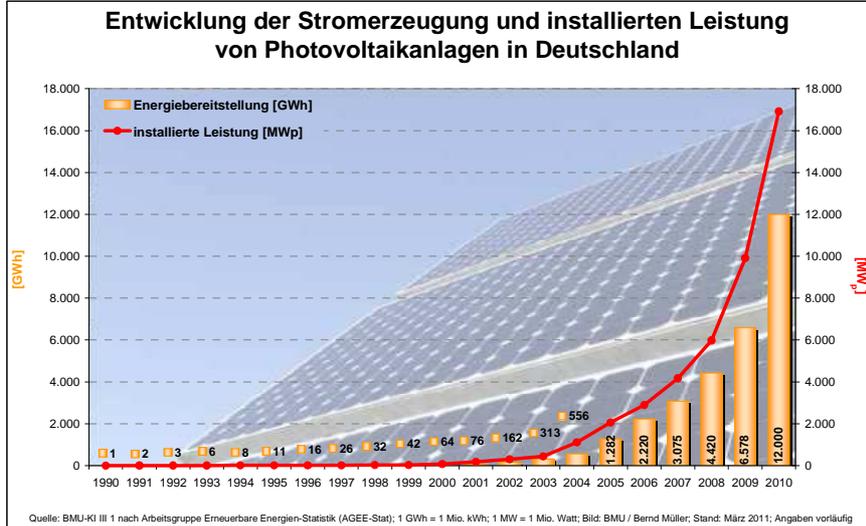


Quelle: SMA

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller



Rückblick: **Photovoltaik in Deutschland**



Quelle: BMU

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller

Rückblick: **EEG-Umlage**

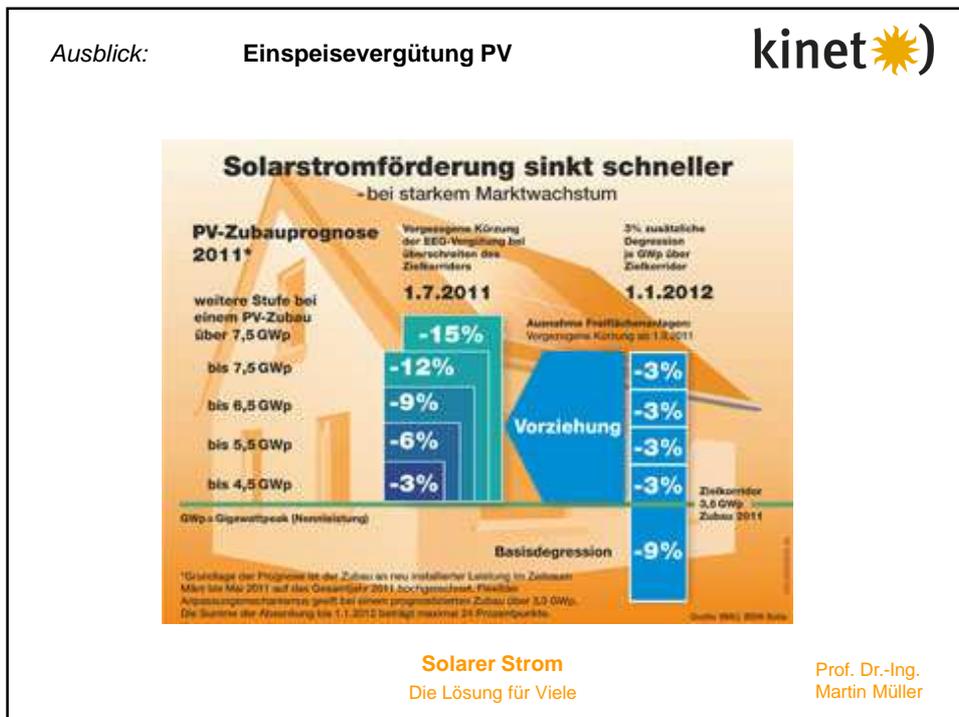
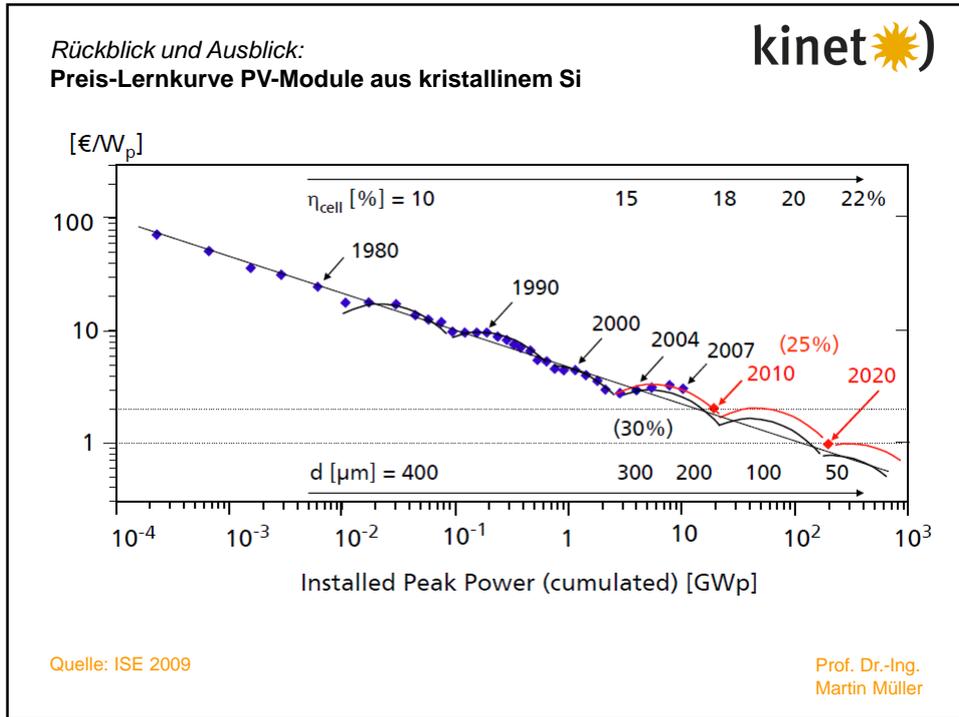


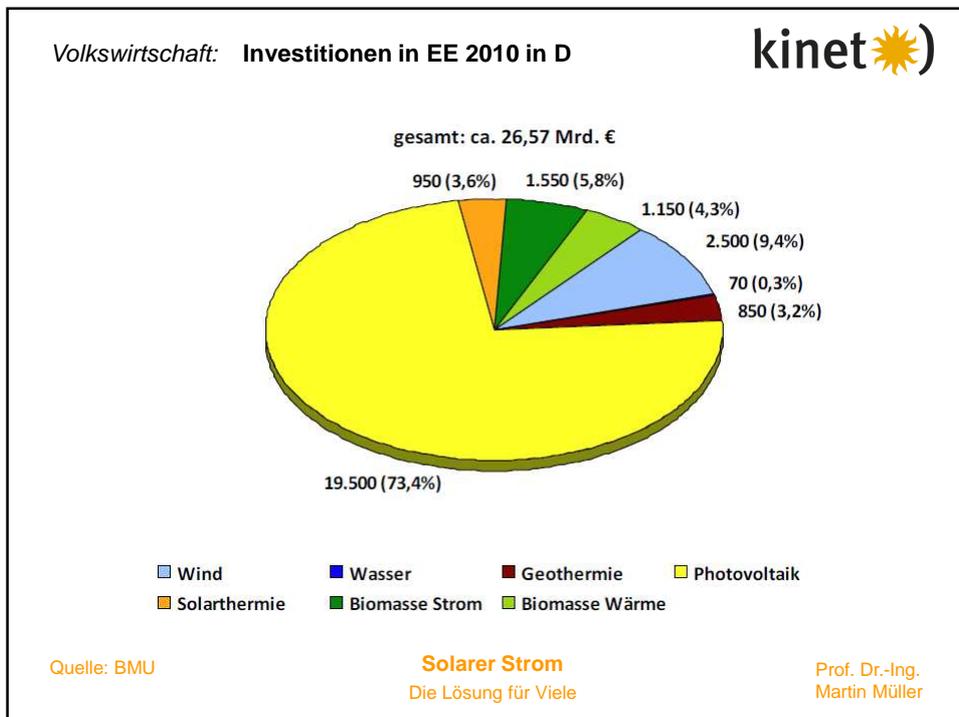
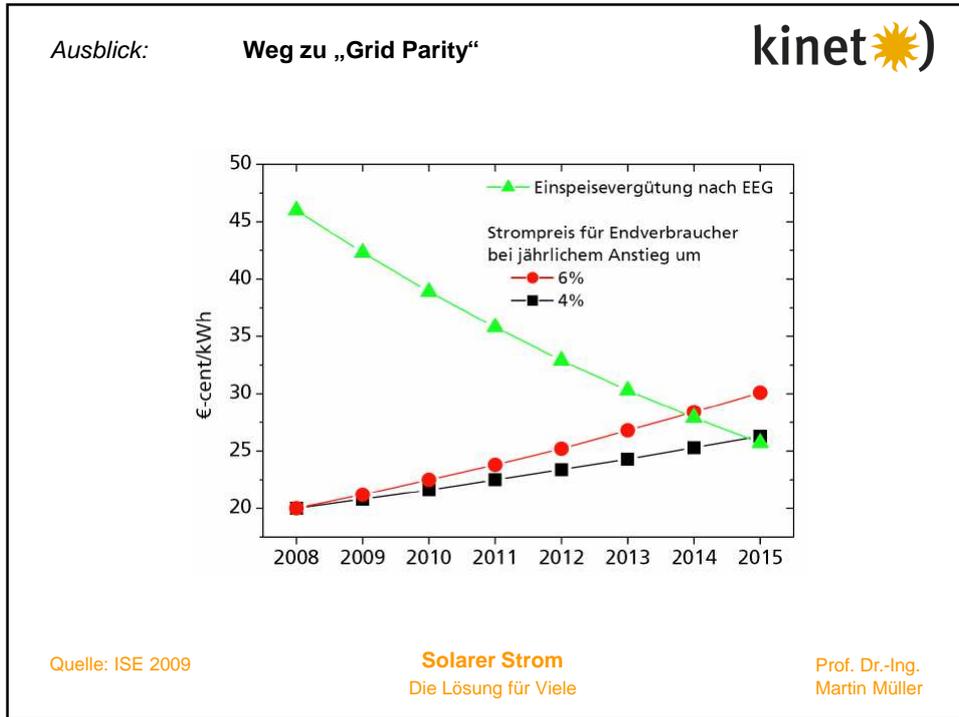
Belastung der Bürger durch die Umwälzung der EEG-Kosten:  
2011: ca. 3,5 Ct/kWh  
Referenzhaushalt (3500 kWh/a): 10,21 €/Monat

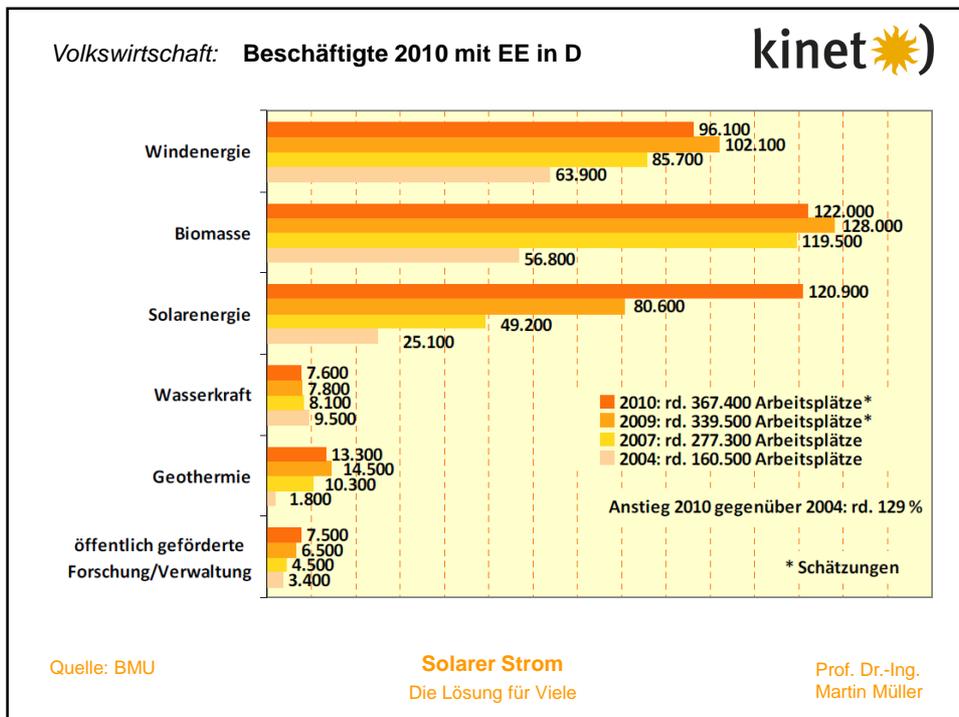
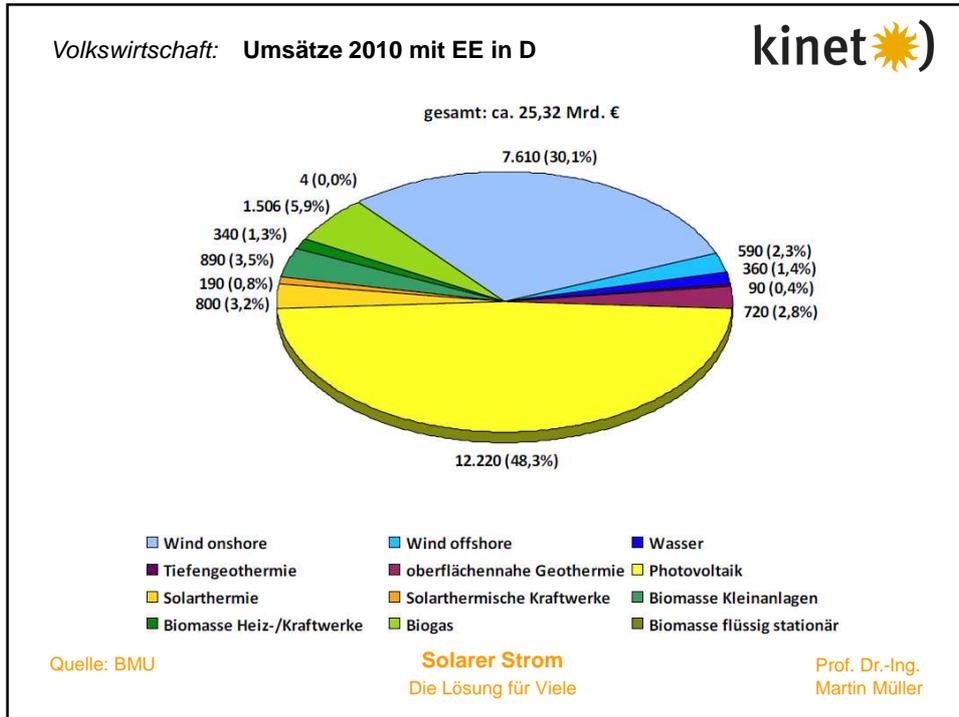


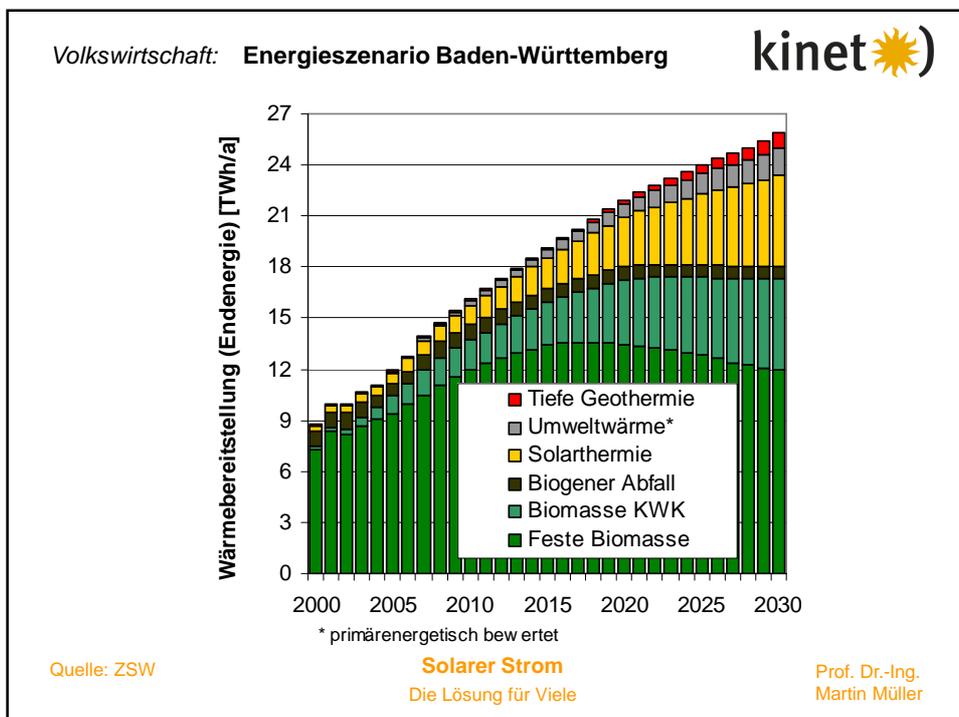
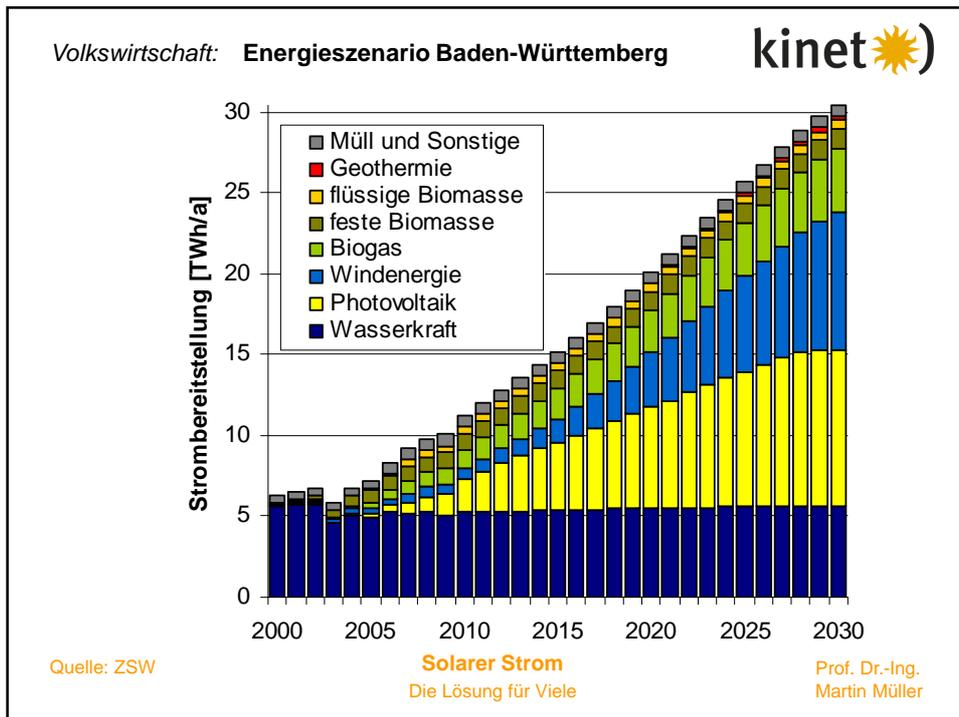
**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

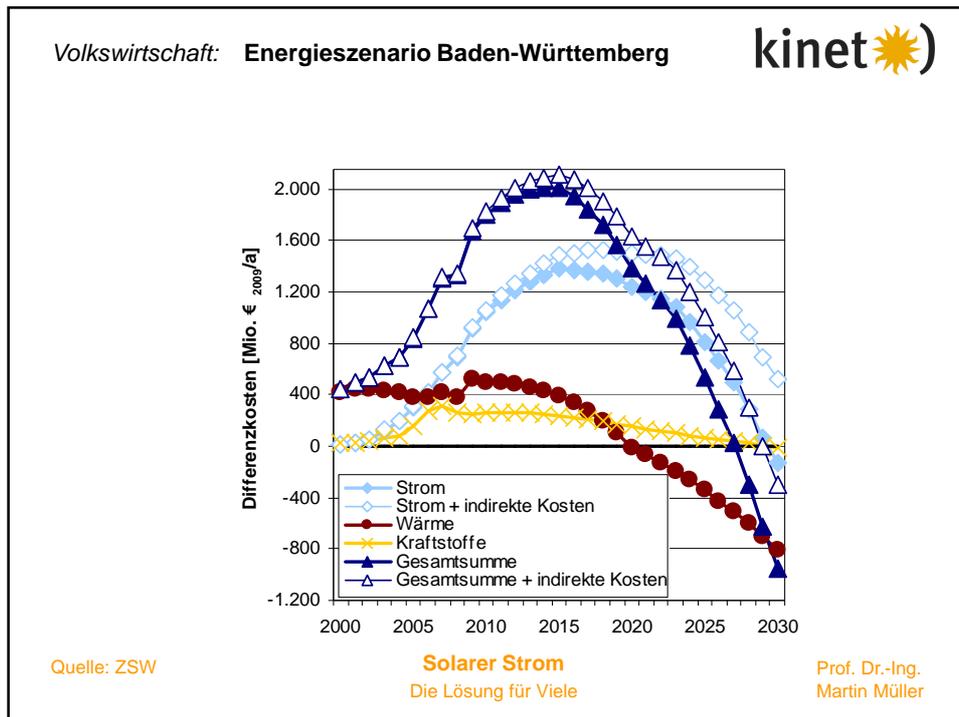
Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller











Schlusswort: **Die Zukunft kommt schneller, als man denkt** **kinet** 

**Einschätzungen zur Entwicklung**

- Bedarf bleibt noch lange hoch
- Modulpreise werden weiter sinken
- Einspeisevergütung wird weiter sinken
- Wirtschaftlichkeit wird etwa konstant gehalten werden
- Selbstnutzung wird an Bedeutung gewinnen
- Speichertechniken werden hinzukommen

**PV wird sich zum volkswirtschaftlichen und individuellen Absicherungsmechanismus gegen steigende Energiekosten entwickeln.**

**Solarer Strom**  
Die Lösung für Viele

Prof. Dr.-Ing.  
Martin Müller