



# Nachhaltige Energiepolitik

Rogall  
2016

I. Grundlagen

**II. Strategiepfade**

III. 3. Effizienzstrategie

→ **4. Erneuerbare Energien**

5. Notwendige Infrastruktur

6. Bewertung

IV. Direkte Akteure

V. Indirekte Akteure

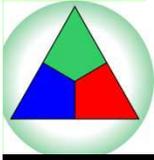
Stand: 17.09.2016



Hochschule für  
Wirtschaft und Recht Berlin  
Berlin School of Economics and Law

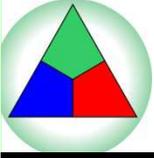
Prof. Dr. Holger Rogall





## Konsistenzstrategie - EE

Primären	Erscheinungsform	nat. Umwandlung	tech. Umwandl.	Sekundärenergie	
SONNE	Wasserkraft	Niederschlag	W.-Kraftwerk	Strom	
	Windkraft	Luftbewegung	W.-Kraftwerk	Strom	
		Wellen	W.-Kraftwerk	Strom	
	Biomasse	Biomasse		Wärme, Strom Kraftstoff	
	Solarstrahlung	Solarstrahlung		PV, Solarzelle	Strom
				Kollektor	Wärme
				Solartherm. K.	Strom
		Erwärm. Oberfl.	Wärmepumpen	Wärme	
		Meeresströmung	M.-Kraftwerk	Strom	
	ERDE	Isotopenzerfall	Geothermik	Geoth. Heizwerk	Wärme, Strom
MOND	Gravitation	Gezeiten	G.-Kraftwerk	Strom	



# Historische Skizze

Rogall  
2016

- Die Menschheit nutzte über **viele Jahrtausende fast nur EE**  
Noch Ende des 18. Jh. waren in Europa zwischen 500.000 und 600.000 Wassermühlen und ca. 14 Mio. Pferde im Einsatz
- **Ende des 19. Jh.** wurden die EE - als scheinbar unmodern - kontinuierlich verdrängt.
- **Bis heute** sind die fossilen Energieträger, vor allem Erdöl für die Industrie- und Schwellenländer der Hauptenergieträger.  
Ursache u.a.: die sozial-ökologischen Kosten fossiler Energien, die bei der Gewinnung und Nutzung entstehen, werden externalisiert.
- Bis vor wenigen Jahren wurden EE als unwichtig angesehen.



# Ausbauziele in Deutschland

Rogall  
2016

- Anteil der *EE* am **Endenergieverbrauch**:  
**Ziele:** 18% (2020), 30 % (2030), 45 % (2040), 60 % (2050).  
Nachhaltige Ökonomie: **100 %-Versorgung mit EE bis 2050.**  
**Stand 2014:** 13,5%
- Anteil der *EE* an der **Stromerzeugung**:  
>35 % (2020), 50 % (2030), 65 % (2040) und 80 % (2050) (BR)  
Andere Institutionen: 100 %-Versorgung des Stroms aus EE (UBA  
2010/07; SRU 2011/01).  
**Stand 2015:** 33%



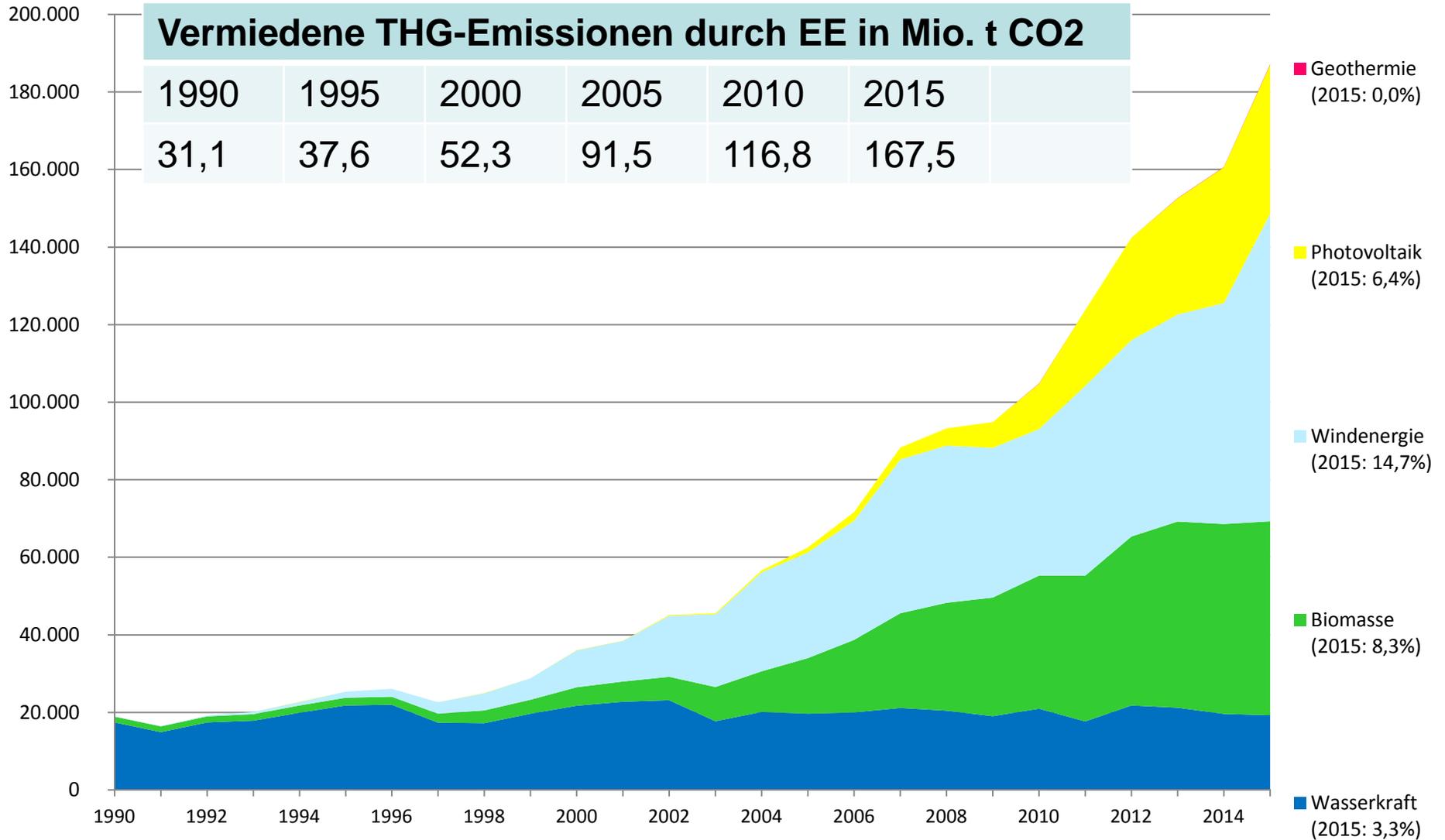
## Stromerzeugung aus EE (in TWh)

	1990	2000	2010	2015
<b>Stromerzeugung -G.:</b>	k.A.	k.A.	4.129 (19%)	4.750 (21%)*
- EU-27	310 (12%)	314 (14%)	669 (20%)	854 (26%)+
- Deutschland	19 ( <b>3%</b> )	36 (7%)	105 (17%)	<b>196 (33%)</b>
<b>PV, - Global</b>	k.A.	k.A.	k.A.	81 (1%)*
- EU-27	<0,1 (0%)	<0,1 (0%)	23 (4%)	68 (2%)+
- Deutschland	<0,1 (0%)	<0,1 (0%)	12 (2%)	<b>38 (6%)</b>
<b>Wind, - Global</b>	k.A.	k.A.	442 (<2%)	520 (2%)*
- EU-27	<1 (<1%)	22 (#)	149 (4%)	235 (7%)+
- Deutschland	<1 (<1%)	10 (#)	38 (6%)	<b>79 (15%)</b>
<b>Wasser, - Global</b>	k.A.	k.A.	3.428 (16%)	3.670 (16%)*
- EU-27	286 (11%)	353 (#)	367 (11%)	370 (9%)*
- Deutschland	15 ( <b>3%</b> )	22 (#%)	27 (3%)	<b>19 (3%)</b>
<b>Biomasse, Global</b>	17 (<1%)	k.A.	k.A.	344 (1%)*
- EU-27	14 (<1%)	34 (#%)	123 (4%)	160 (4%)*
- Deutschland	1 (<1%)	5 (<1%)	34 (5%)	<b>50 (8%)</b>

Quelle: Rogall 2014 u. BMWi 2016/02 \* 2012 + 2013



# Strombereitstellung aus EE in Deutschland (in GWh)





## 4.1 Direkte Nutzung der Sonnenenergie - PV-Anlagen

**Solarzellen** wandeln Licht in Gleichstrom um

**Energieerzeugung, abhängig von:**

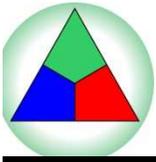
**1) Sonneneinstrahlung, Standortwahl**

- Schottland 880 kWh/qm/a, - Berlin 1000 kWh,
- Nordafrika 2.200 kWh sowie

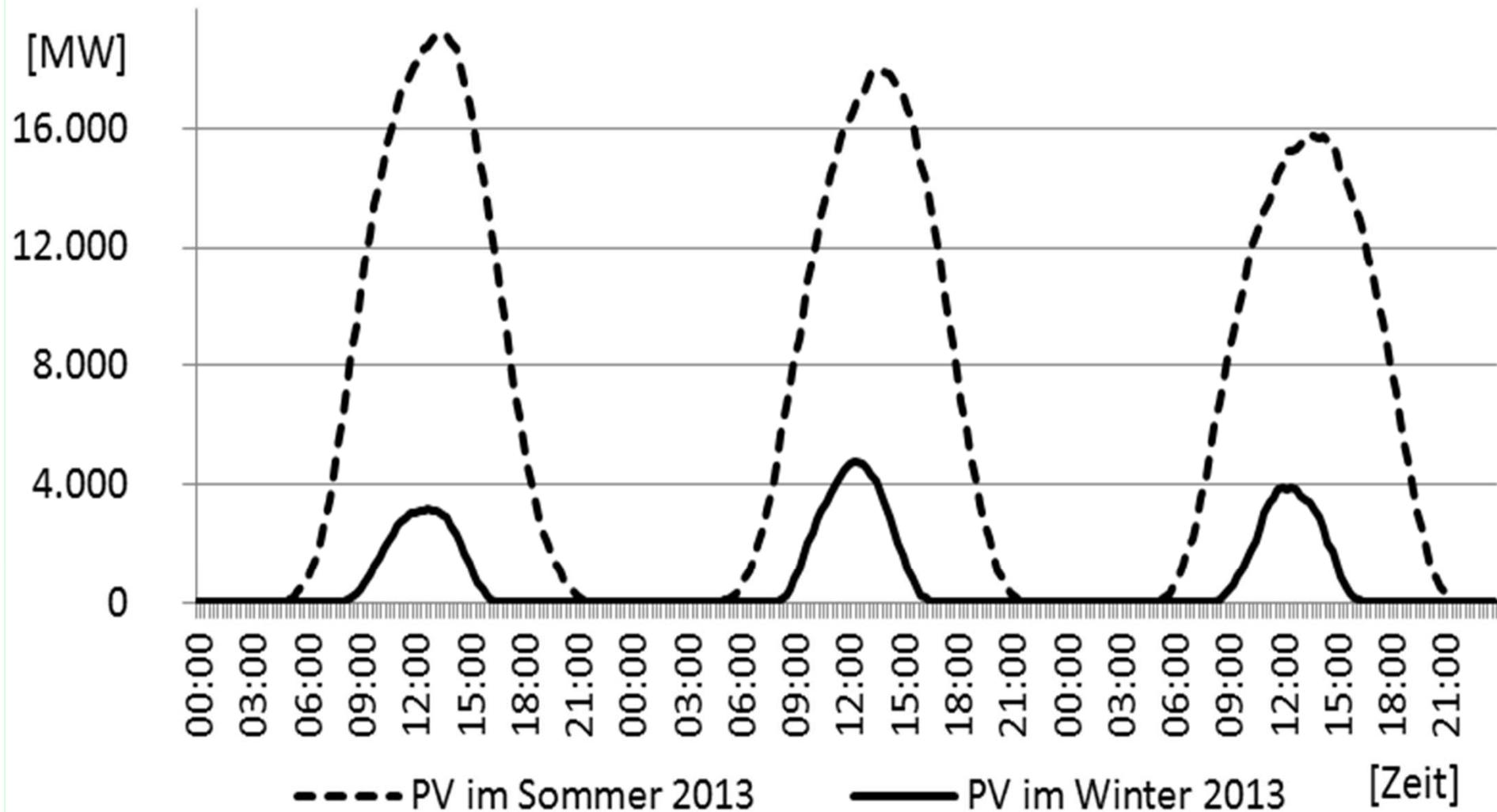
**2) Wirkungsgrad der Solarzellen**

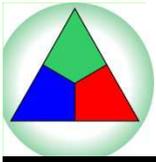
- Dünnschichtzellen 8/15/20%
- Polykristalline 15/20/23%
- Monokristalline: 16%/23/25%
- Konzentrationszellen 30/40/44%





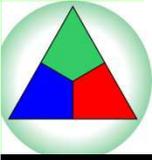
# PV-Einspeisung Deutschland: 3 Tage





## Photovoltaik (PV): Kurzbewertung

Ökologische Kriterien	Beim laufenden Betrieb: keine THG u. Schadstoff Emissionen Naturvertr.: ++, aber gesundheitl. Belast. durch Schadst. bei Produktion
Ökonomische Kriterien 2012	<ul style="list-style-type: none"><li>- Invest.: 11,2 Mrd.; Umsatz: 1,2 Mrd. €, 100.000 Beschäftigte, Krise</li><li>- Jederzeitige Versorgung nur mit Infrastruktur</li><li>- Versorgung Global: &lt;1%, EU: 1%, DE: 4%</li><li>- <i>Gestehungskosten (5 KW): 13 – 18 ct./kWh; → &lt; Haushaltsstrom</i></li><li>- Energetische Amortisationszeit : 1,5 bis 3,5 J.</li></ul>
Sozial-kulturelle Kriterien	<ul style="list-style-type: none"><li>- Akzeptanz: 77% ++; keine Förderung gesell. Fehlentwicklungen</li><li>- Dauerhafte Versorgungssicherheit,</li><li>- Potential: Global: &gt;100%, EU: 44%, DE: 25%</li><li>- Dezentral, Sicherheitsfreundlich und Konfliktvermeidend</li></ul>
<b>Fazit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Sonne und Wind werden die wichtigste Rolle spielen</b></li><li>- <b>Gesamtbewertung: ++, <i>Infrastrukturausbau unverzichtbar</i></b></li></ul>

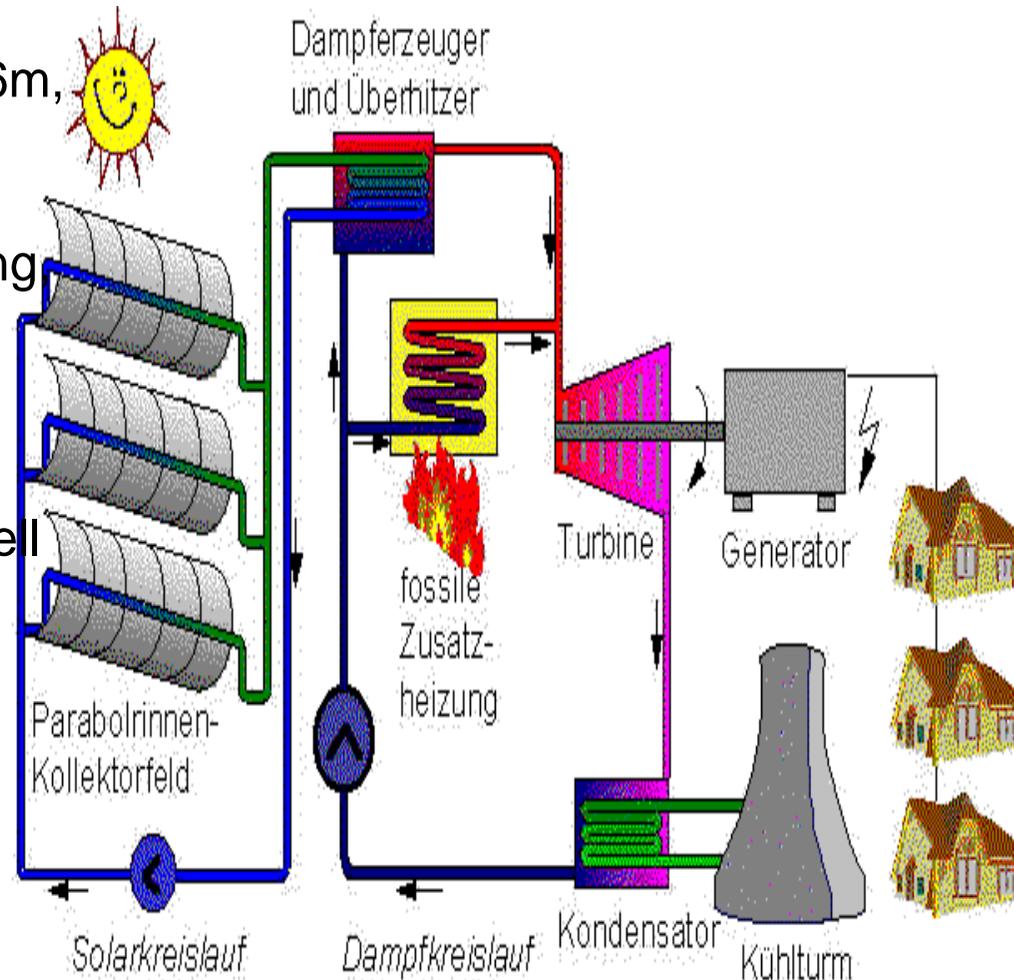


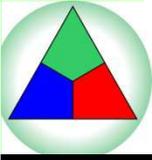
# Solarthermische Kraftwerke: Technik

Rogall  
2016

## 1) Parabolrinnenkraftwerke:

- Verspiegelte Rinnen (100 x 6m, über 1,5 km x 1,3 km), einachsige Sonnennachführung erhitzen synthetisches Öl im Absorberrohr auf 400° C.
- Stromerzeugung konventionell (Dampferzeugung, Turbine, Generator), Zusatzheizung möglich → Grundlastfähig
- Kalifornien 354 MW –(1984)  
In Spanien mehrere Projekte





# Solarthermische Kraftwerke: Technik

Rogall  
2016

## (2) Solarturmkraftwerke:

bündeln mit einzelnen  
nachgeführten Spiegeln  
Sonnenlicht auf einen  
Absorber im Turm

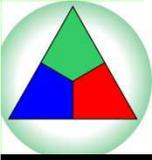


→ Erzeugung von Dampf für Turbine

<http://images.google.de/imgres?imgurl=http://umweltchecker.netzcheckers.net/assets/umweltchecker/md>

(Notwendig: Einstrahlung > 1.800 kWh/qm/a)

→ bei Sevilla 11MW, größere Anlagen in Planung und Bau



# Solarthermische Kraftwerke: Technik

Rogall  
2016

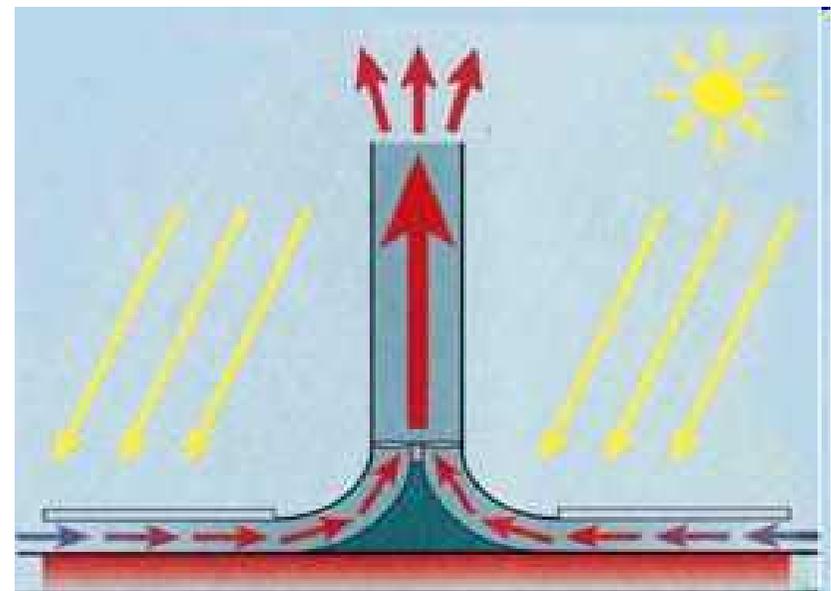
## (3) Solarschüssel KW:

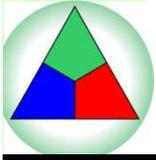
Hohlspiegel mit Wärme-  
kraftmaschine (Heißluft- bzw.  
Stirlingmotor, dezentral)



## (4) Aufwindkraftwerke

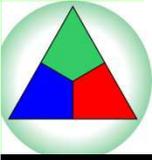
gr. Felder unter Glas,  
Kamineffekt im 1.000 m hohem  
Turm mit Windturbinen





## Solarthermische Kraftwerke: **Kurzbewertung**

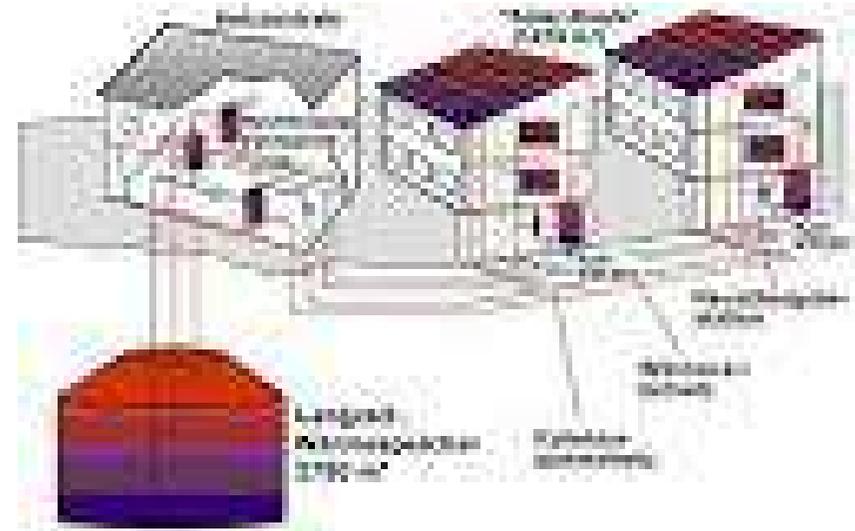
Ökologische Kriterien	Beim laufenden Betrieb: keine THG u. Schadstoff Emissionen Naturvertr.: +, gr. Mengen Kühlwasser notwendig: -
Ökonomische Kriterien 2012	Global: 53.000, EU 36.000 Beschäftigte <b>Jederzeitige Versorgung</b> mit Hybrid oder Wärmespeicher + Versorgung Global: <1%, <EU: 1%, DE: nicht möglich <i>Gestehungskosten: 10 – 16 ct./kWh, Hoffnung auf 4-6 (inkl. Transport)</i> Früher Hoffnung auf preiswerten Solarstrom, heute PV konkurrenzfähig
Sozial- kulturelle Kriterien	Gesell. Fehlentwicklungen ? Dauerhafte Versorgungssicherheit ++ Potential: Global: >100%, EU: 44%, DE: 25% Sicherheitsfreundlich, konfliktvermeidend ?
<b>Fazit</b>	Zukunft abhängig von Kostenentwicklung auch bei PV



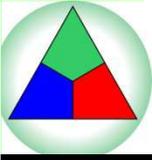
# Solarthermie: Arten

Rogall  
2016

- 1) **Warmwasser** (30-65%-Deckungsquote):  
Teurer als Öl/Gas, preiswerter als Durchlauferhitzer
- 2) **Heizungsunterstützung:**
  - a) Kl. Anlagen: 13% bis 51%
  - b) Gr. Anlagen 65% Passivhaus
- 3) **Solare Nahwärmeversorgung:**  
Gr. Kollektorfelder, gr. Speicher
- 4) **Solarkühlung:** Mit Hilfe von Absorptionskälte- oder Sorptionskältemaschinen und leistungsstarken Kollektoren kann Kälte erzeugt werden, die zur Kühlung von Gebäuden verwendet werden kann.



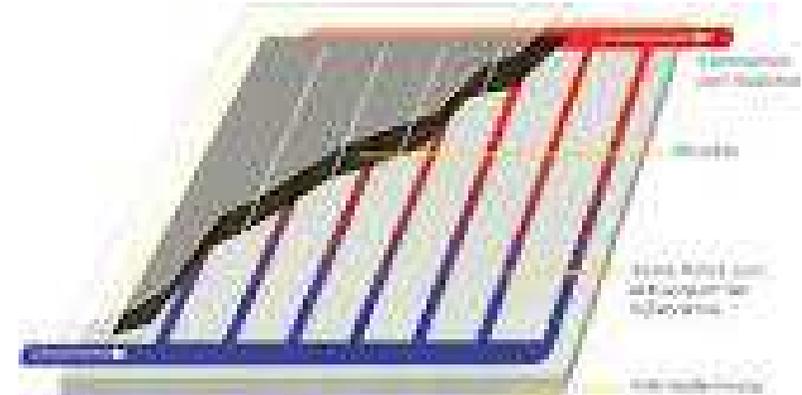
<https://www.tu-braunschweig.de/igs/forschung/solarenahwaerme/projekte/hannover-kronsberg/gesamtsystem>



# Solarthermie zur Wärmeenergieerzeugung: Kollektorarten

Rogall  
2016

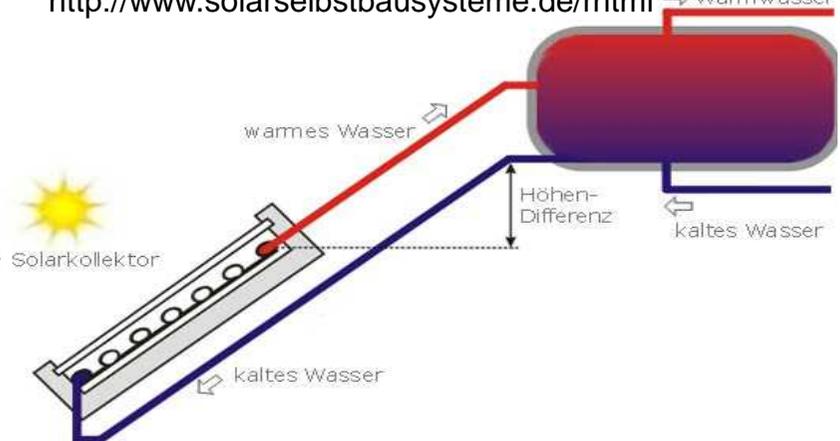
- 1) Flachkollektoren:** Absorber im Rahmen (Aluminium oder Stahlblech). Energieertrag: Bei 1.000 kWh/m<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Kollektor ca. 450 kWh im Jahr.
- 2) Vakuumkollektoren** reduzieren die Wärmeverluste. Jahreserträge: 600 kWh/m<sup>2</sup>, aber teurer
- 3) Luft-** (Raumerwärmung ohne Speicher) **und Schwerkraft-** **Kollektoren** (einfache Anlagen ohne Speicher in Mittelmeerraum)



<http://www.haustechnikdialog.de/shkwissen/603/Kollektoren-thermische-Solaranlagen>



<http://www.solarselbstbausysteme.de/rhtml> ⇨ Warmwasser





# Solarthermie: Technik

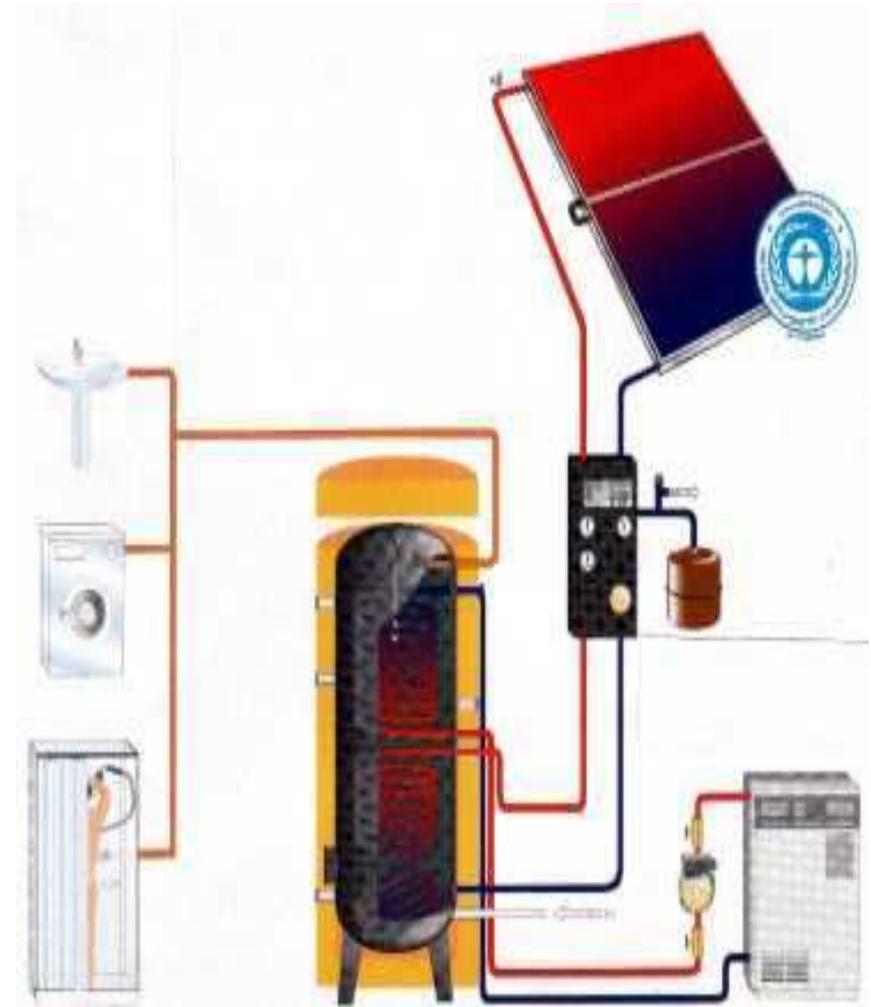
Rogall  
2016

## (1) Warmwasser

- Solarkollektoren (1-1,5qm/Pers.)
- Solarkreislauf und Speicher (300-600 l/HH)

## (2) Heizungsunterstützung

- Niedrigenergie- besser Passivenergiehausstandard
- Solarkollektoren (0,3-0,6/qm-Wohnfläche)
- Langzeitspeicher (chem. Prozesse oder Erdspeicher)

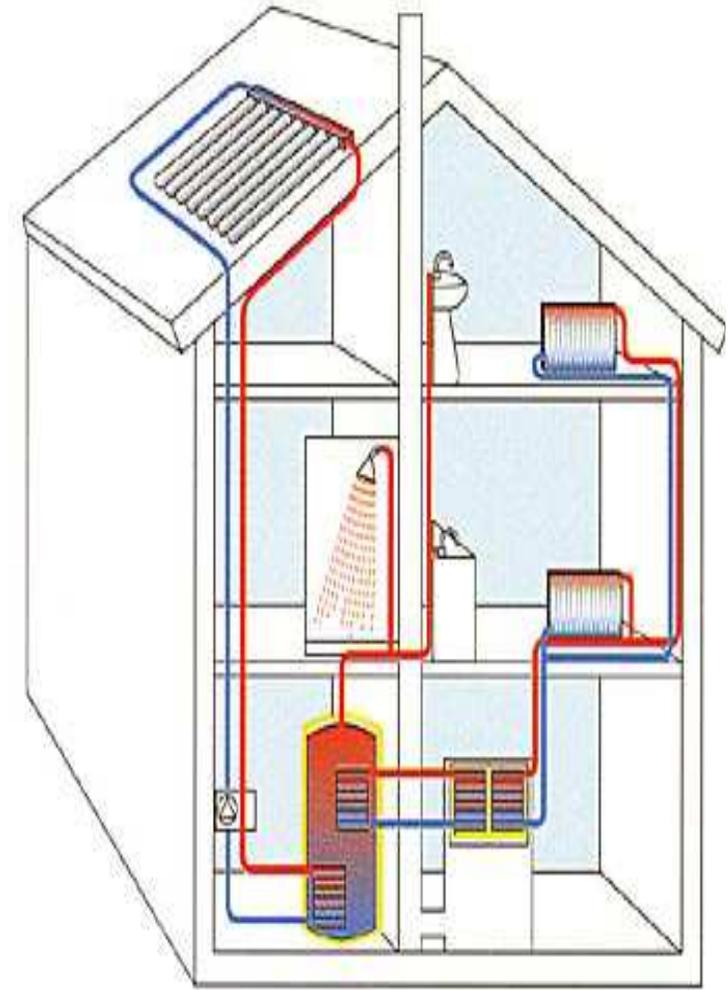




# Solarthermie zur Wärmeerzeugung: Komponenten

Rogall  
2016

- 1) **Kollektor mit Absorber** (1-1,5 m<sup>2</sup>/ Pers. für Warmwasser, u. 1 m<sup>2</sup>/10 m<sup>2</sup> Wohnfl. für Heizungsunterstützung), der die Sonnenenergie an ein Wärmemedium überträgt.
- 2) Das erwärmte **Medium** wird zu einem **Solarspeicher** geleitet (ca. 80 l/Person zur Warmwassererzeugung und 70 l/pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche zur Raumwärme, um so 2-3 Tage ohne Sonne zu überbrücken)





# Passive Solarenergienutzung

Rogall  
2016

Nach dem Prinzip des Kollektors wird Sonnenenergie für die Raumwärme genutzt

12. PASSIVE SOLARENERGIENUTZUNG

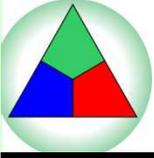
Wintergärten und Gewächshäuser



*Wintergärten bzw. integrierte Gewächshäuser können einen erheblichen Solarbeitrag zur Heizung von Häusern liefern.*

Quelle : HULLMANN

EUROSOLAR

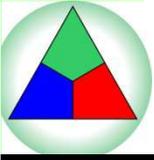


## 4.2 Windkraftwerke: Technik

Rogall  
2016

- **Bedeutung:** Kostengünstig, aber Anteil global noch gering
- **Grundlagen:** Umwandlung Strömungsenergie in Strom durch Auftriebsprinzip
- **Leistung hängt ab von**
  - der **Größe der Anlage** (Wirkungsgrad)  
0,03 MW (1980er), 0,25 MW (1990er),  
3-6 MW, 10 MW angekündigtund
  - der **Windgeschwindigkeit** (doppelte Windgeschwindigkeit =  
achtfache Leistung) → Mindestgeschwindigkeit 4,5 bis 5, besser: 6 m/s  
(Küste oder hohe Anlagen auf Hügeln).





## 4.2 Windkraftwerke: Technik

Rogall  
2016

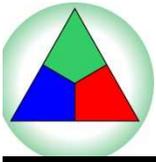
- **Onshore:** *Vorteil:* Relativ niedrige Kosten,  
*Nachteil:* Begrenzte Flächen
- **Offshore:** *Vorteil:* Ständiger Wind,  
*Nachteil:* hohe Kosten, techn. Risiken
- Wind ist nicht steuerbar, Leistung schwankt sehr stark, aber Prognosen möglich  
➔ Zusätzliche Infrastruktur unverzichtbar.



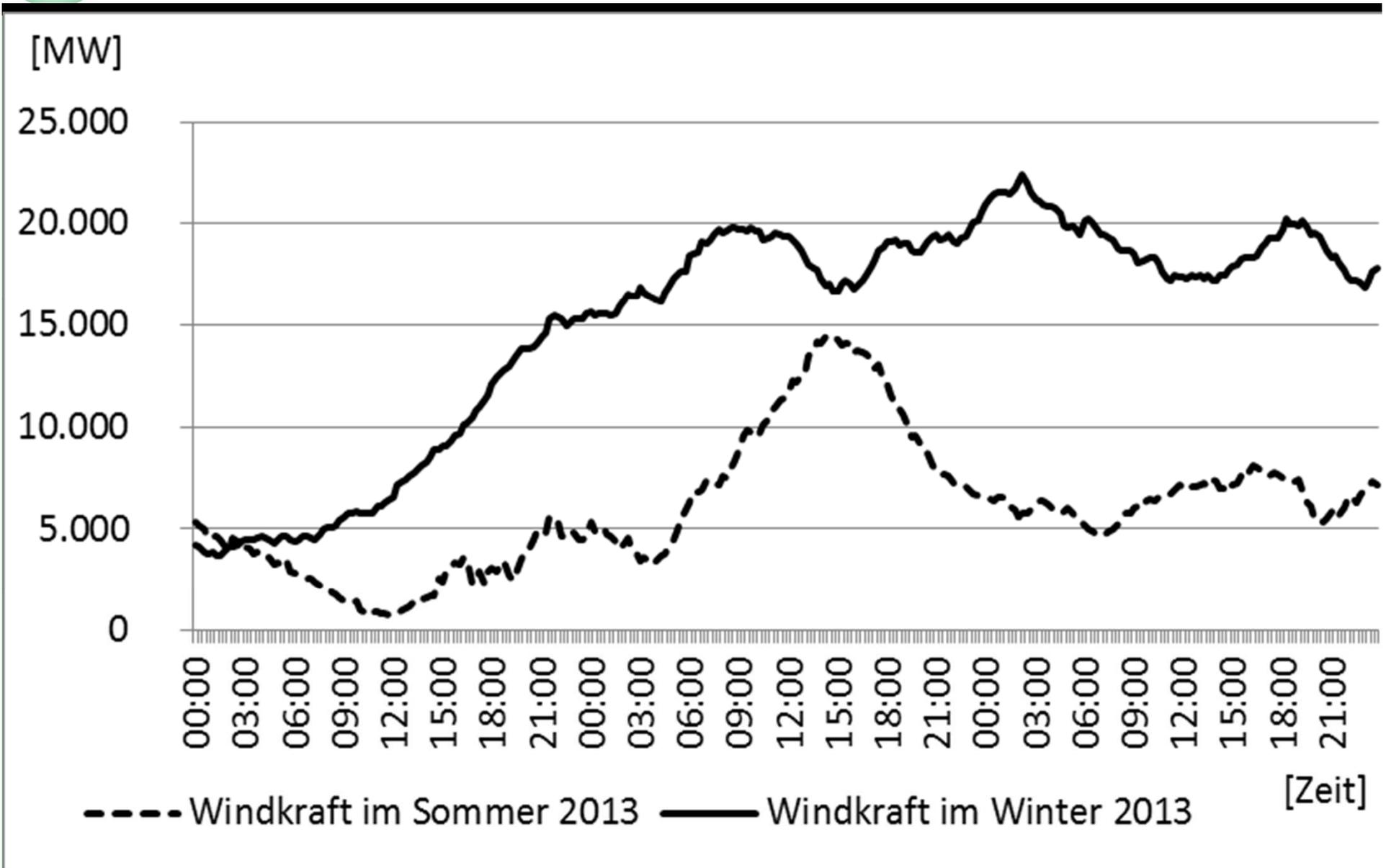
<http://www.windkraft-journal.de>

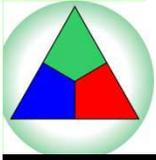


<http://www.bard-offshore.de/konzepte.html>



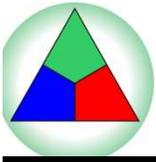
# Windenergieeinspeisung Deutschland: 3 Tage





## Windenergieanlagen (WEA): Kurzbewertung

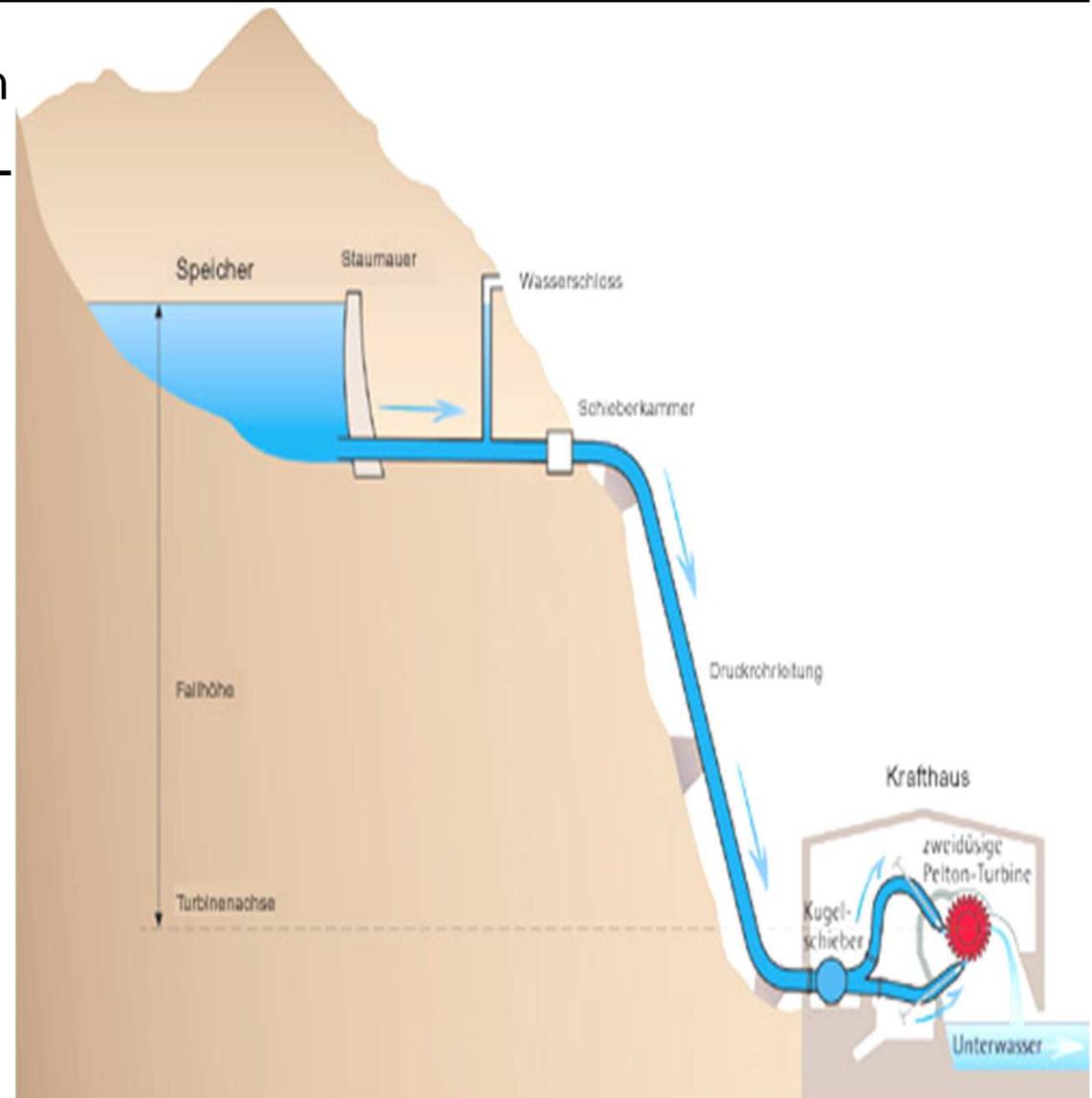
Ökolog. Kriterien	Ökobilanz: beim Betrieb keine THG-Emissionen ++, akzept. Flächenverbr. keine schadstoffhaltigen Emiss. u. Abfälle++, für Vögel umstritten 0
Ökonom. Kriterien 2013	<ul style="list-style-type: none"><li>- Branchenumsatz: 3,8 Mrd. €, 137.000 Beschäftigte</li><li>- Jederzeitige Verfügbarkeit nur mit Infrastruktur</li><li>- Versorgung: Global &lt;1%, EU-28 7%, Deutschland 9%</li><li>- Ab 4,5 m/s (Küste, gr. Anlagen auf Hügel) Wirtschaftl. 5,3 bis 9,6 ct/KWh</li><li>- Externe Kosten sehr gering, energ. Amortisationszeit 4-7 Monate</li></ul>
Sozial- kulturelle K.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Akzeptanz: 59% +</li><li>- Dauerhaft sichere Versorgung gewährleistet</li><li>- Potenzial ca. &gt;100% des globalen u. nat. Stromverbrauchs</li><li>- Beitrag zur Konfliktvermeidung</li></ul>
<b>Fazit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nach Wasserkraft bestes Preis-Leistungsverhältnis, insbes. Onshore</li><li>- Größter Stromanteil unter den EE in Deutschland</li></ul> <p>➔ <b>Deutlicher Ausbau wird empfohlen</b></p>



## 4.3 Wasserkraft: Technik

Rogall  
2016

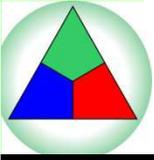
- **Leistung** abhängig von Durchfluss/Höhenunterschied
- **Kraftwerkstypen:**
  - (1) Pumpspeicher
  - (2) Laufwasser
- **Wirkungsgrad:**  
60-90%
- Ideale Kombination mit Windkraftwerken.





## Wasserkraftwerke: Kurzbewertung

Ökologische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"><li>- Beim laufenden Betrieb keine THG-Emissionen ++</li><li>- beim Bau entsteht bei der Überflutung von Flächen Methan 0.</li><li>- Bei Naturverträglichkeit Zielkonflikte 0</li></ul>
Ökonomische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"><li>- Invest. DE: 60 Mio., 7.200 Arbeitsplätze</li><li>- Jederzeitige Versorgungssicherheit gegeben ++</li><li>- Versorgungsanteil, Global: 16%, DE: 4%</li><li>- <i>Stromgestehungskosten</i>: 1 bis 10 ct/kWh (Großanlagen) ++ 5,1 bis 20,5 ct/kWh (Kleinanlagen)</li></ul>
Sozial- kulturelle K.	<p>Globales Potenzial: 50% des Stromverbrauchs</p> <p>In Deutschland ist das Potenzial auf etwa 25 TWh/a begrenzt (5%) -</p>
<b>Fazit</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- WK. derzeit wichtigste globaler EE zur Stromerzeugung</li><li>- auf ihren Ausbau kann - trotz ökolog. Belastungen - z.Z. nicht verzichtet werden.</li></ul>

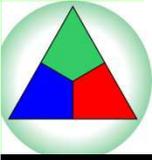


## 4.4 Biomasse: Einleitung

Rogall  
2016

- **Def.:** Biomasse ist das gesamte organische Material der Erde: Lebewesen, Pflanzen und abgestorbenen Organismen (insofern ist sie gespeicherte Sonnenenergie).
- Sie ist zurzeit die wichtigste EE:  
Sie deckt >10% des globalen Endenergie bedarfs, in der EU <7%, DE < 7,2%.
- Jährlich wird 10x so viel Energie durch Photosynthese gespeichert, als der PEV der Menschheit: 2% für Nahrungsmittel, 1% für Produkte u. 1% energetische Nutzung





# Biomasse – Unterscheidung in

Rogall  
2016

➤ **Organische Abfälle** aus Haushalten, Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft. Sie können zur Erzeugung von Strom und Wärme verfeuert oder zu Biogas vergoren werden.

➤ **Energiepflanzen:** Energiepflanzen sind Pflanzen die möglichst schnellwachsen und schwerpunktmäßig der Erzeugung von Nutzenergie dienen.



[http://energiepflanzen.fnr.de/uploads/pics/FNR\\_346\\_Energiepflanzen\\_\\_032.JPG](http://energiepflanzen.fnr.de/uploads/pics/FNR_346_Energiepflanzen__032.JPG)



# Biomasse – Nutzungsformen

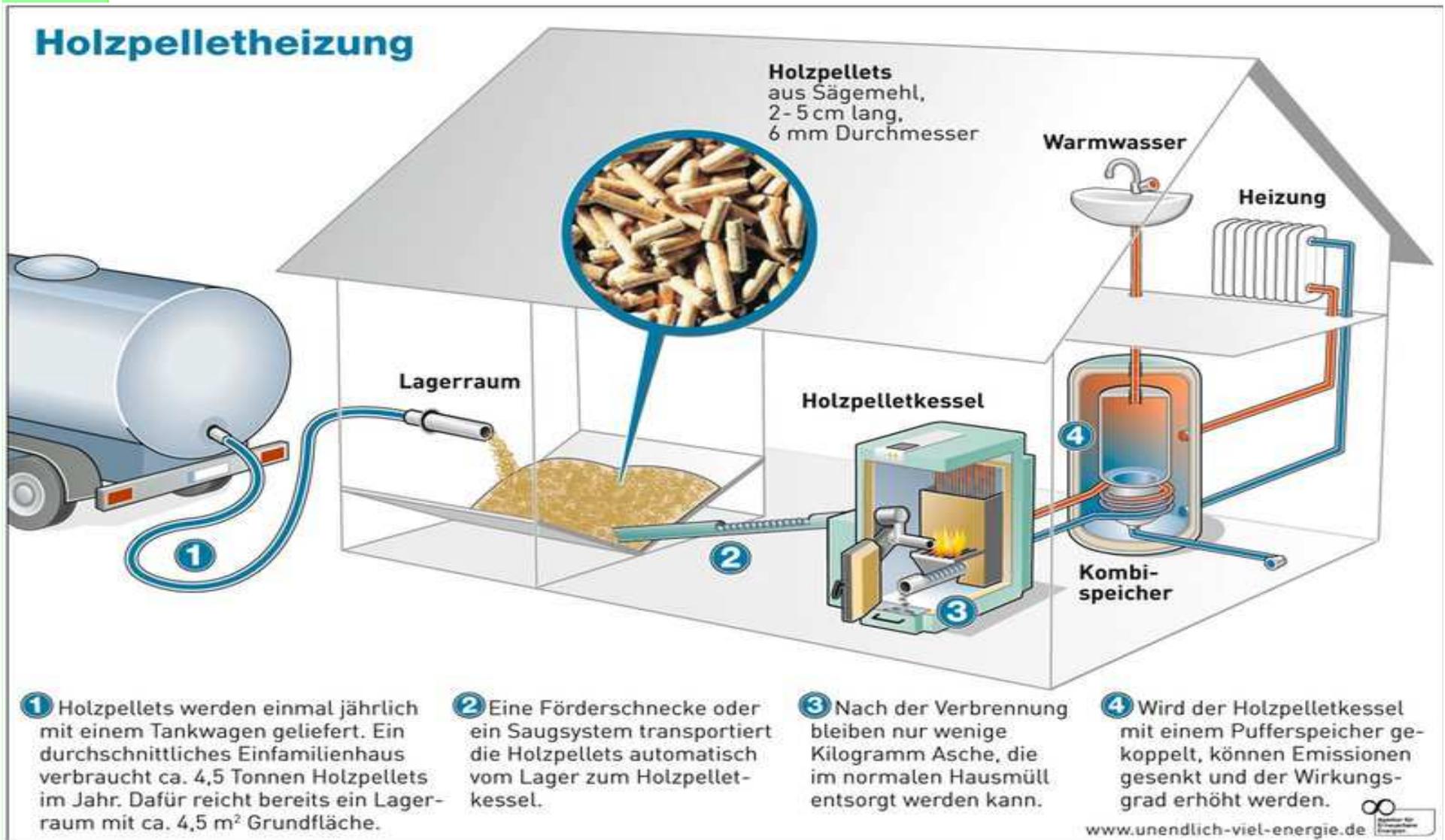
Rogall  
2016

- 1) **Biobrennstoffe** (Holz, Stroh)
  - a) Kamine b) Scheitholzkessel
  - c) *Holzpelletsheizungen*
  
- 2) **Biomasse Heiz-, Kraft- u Heizkraftwerke**
  - a) Heizwerke b) Kraftwerke
  - c) Heizkraftwerke
  
- 3) **Biogas**

*z.B. BHKW mit Nahwärmeversorgung*
  
- 4) **Biotreibstoffe**
  - a) Bioöl b) Biodiesel c) Bioethanol



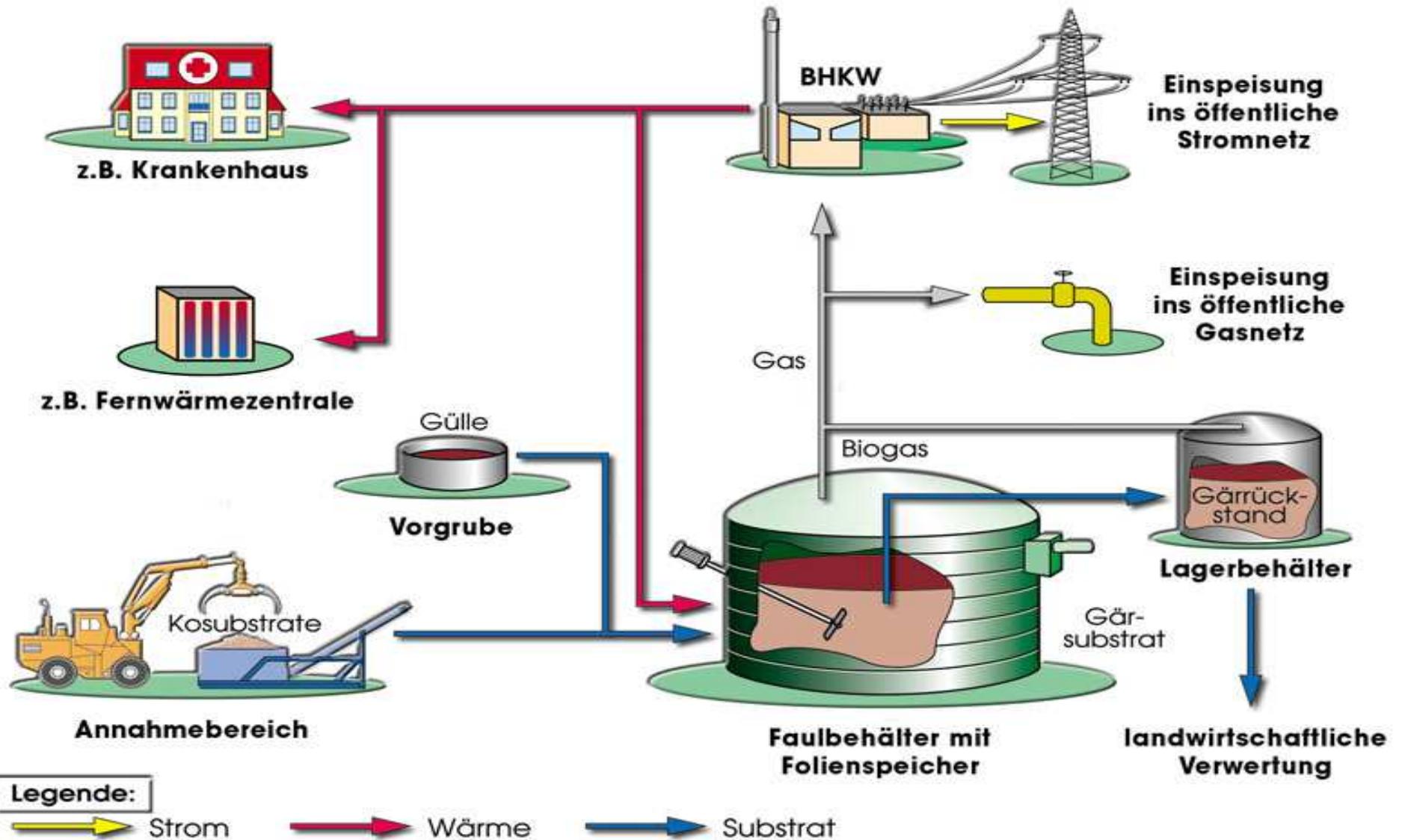
# Biomasse; Beispiel Pelletheizung

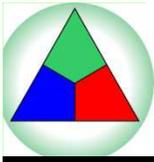


[http://www.waermewechsel.de/typo3temp/pics/Technische\\_Skizze\\_P](http://www.waermewechsel.de/typo3temp/pics/Technische_Skizze_P)



# Biomasse; Beispiel Biogas





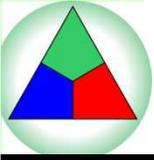
## Biomasse: **Biokraftstoffe**\* in Deutschland

Kraftstoffart	Ausgangsstoff	Ertrag**	Bewertung
1. Generation: Relativ kostengünstig, - <b>geringes Potential</b> ; – <b>negative Öko-Bilanz#</b>			
(1) Pflanzenöl	Ölhaltige Pflanzen (Raps)	1.200	19%
(2) Biodiesel***	Raps+ Abfälle/Fette	1.400	73%,Kfz-Umrüstung nötig, 5%unschädli.
(3) Bioethanol	Zuckerrüben, Getreide	2.500	9%
2. Generation: <b>Biomass-to Liquid</b> : + Potential 20-25% des Kraftst.verbr.; in EU 40% Zielkonflikte bei Holz, - <b>Ökobilanz (Dünger)</b> , - <b>hohe Kosten</b>			
(1) SunDiesel	Holz->Diesel	4.000	- nur Holz
(2) Methanol	feste Biomasse->Diesel		+ dezentrale Anlagen, -giftig
(3) Verölung	Restst.->Diesel	6.000	
3. Biogas	Bio-Methan -> Gas		+Hohe Ausbeute, -geringe Akzeptanz
Gesamt: + Gute Ökobilanz bei Gülle, Bioabfällen, Reststoffen, -geringes Potential			
* Von 12 Mio. ha Ackerfläche können 4-6 für Energiepflanzen genutzt werden, heute 2 Mio. # Düngung u. Pestizide, Lachgas, Zielkonfl. Nahrungsmittel, Abholzung Regenwald, Monokultur, Kraftst.: 5: 1; Wärme: 2:1 → besser Wärme/Strom; **Ertrag pro ha, *** Rapsölmethylester(RME).			



## Biomasse: Kurzbewertung

Ökologische Kriterien, Gesamt-ökobilanz	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Biomasse aus Abfällen sehr positiv</li><li>+ Einsatz als Biogas in dezentralen KWK-Anlagen positiv</li><li>~ Biokraftstoffen der 1. Generation <b>nicht eindeutig</b>.</li><li>- <b>Keine Klimaneutralität</b> wenn Düngemittel (Lachgas)</li><li>- <b>Negativ bei Importen</b> aus Ländern mit Landnutzungsänderung</li></ul>
Öko-nomische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Branchenumsatz: 10,7 Mrd. €, 129.000 Beschäftigte</li><li>- Ausschlaggebend: Brennstoffbereitstellungskosten u. EEG</li><li>+ Jederzeitige Versorgungssicherheit gegeben</li></ul>
Sozial-kulturelle K.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nachhaltiges Weltpotential: &lt; 100 EJ/a bis 300 EJ/a</li><li><i>Deutschland: 50 TWh/a Strom, 150 TWh/a Wärme, 155 Kraftstoffe</i></li><li>- zunehmende Konkurrenzen (Mais, Raps) wg. Ethanol-Produktion</li></ul>
<b>Fazit:</b> Hauptprobleme Lösung:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nutzungskonkurrenzen, mangel. Potential, ineffizienter Einsatz</li><li>- Z.Z. global wichtigste EE, teilweise keine nachhaltige Nutzung.</li><li>- In einem Kaskadenprinzip nutzen: Nahrungsmittel/Rohstoff, stoffliche Recycling, energetische Nutzung in dezentraler KWK.</li></ul>

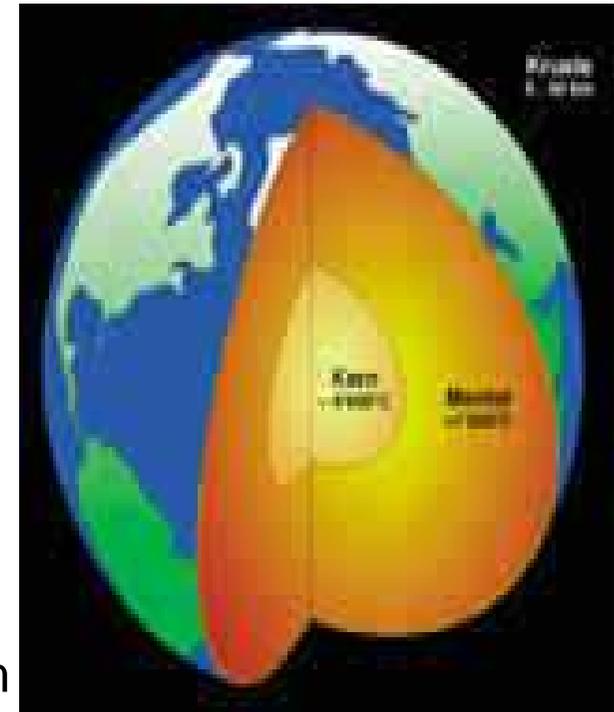


## 4.5 Geothermie

Rogall  
2016

- Als Geothermie wird die Energie (Wärme) im Erdreich verstanden. EE da unerschöpflich
- Global z.Z. unwichtig, aber einzelne Länder
- Geothermie nutzt die Erdwärme ab 400 m und tiefer (oft 3.000 bis 4.000 m tief).
- In Mitteleuropa steigt die Temperatur um ca. 3 °C pro 100 m an.

Diese Energie stammt vom Erdkern und dem Zerfall radioaktiver Nuklide.



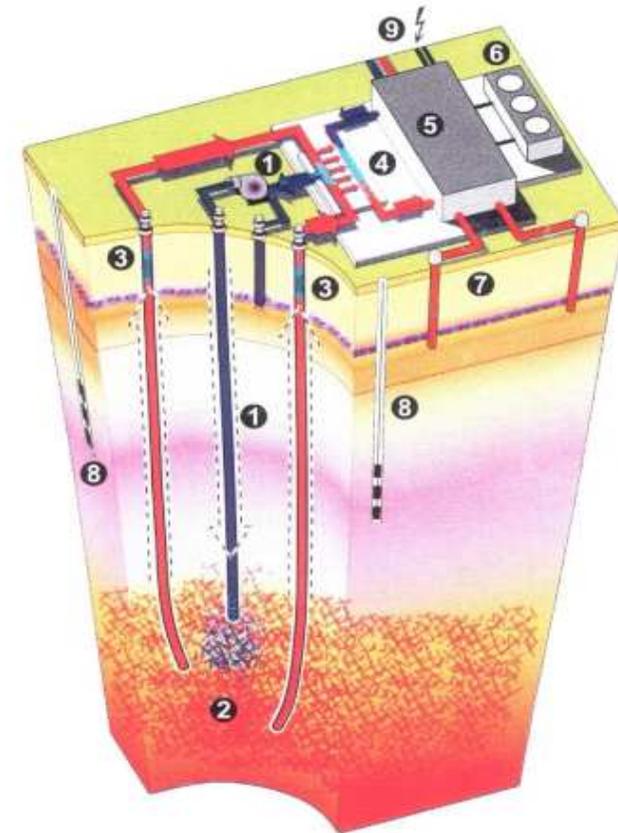


# Geothermie -

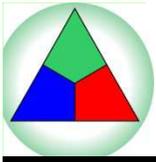
Rogall  
2016

- Durch Bohrleitungen wird Wasser in ca. 100°C warmen Erdschichten geleitet und an anderer Stelle (z.B. 150m weiter) erwärmt an die Erdoberfläche zurückgeführt und damit Turbinen zur Stromerzeugung angetrieben.
- Anschließend kann das Wasser als Fernwärme genutzt werden.
- Sorge vor Erdbeben

## HOT-DRY-ROCK - Verfahren Strom und Wärme aus heißem Tiefengestein

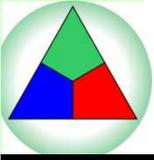


- |  |   |
|--|---|
| ① Injektionsbohrung mit Injektionspumpe                          | ⑥ Kühlung   |
| ② Stimuliertes Klufsystem (Tiefe: ca. 4000-6000 m, T: ca. 200°C) | ⑦ Hochtemperatur-Untergundspeicher für Überschußwärme |
| ③ Produktionsbohrungen   | ⑧ Beobachtungsbohrungen                               |
| ④ Wärmetauscher  | ⑨ Verbraucher Strom und Wärme                         |
| ⑤ Turbinenhaus   |   |



## Geothermie: Kurzbewertung

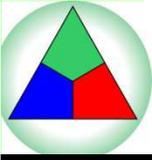
Ökolog. Kriterien	Beim Betrieb keine THG- oder Schadstoffemissionen, Die <i>Naturverträglichkeit</i> ist gegeben, kaum Nutzung von <i>erneuerbaren</i> oder <i>nicht-erneuerbaren Ressourcen</i>
Öko- nomische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"><li>- Beschäftigung: global 180.000,</li><li>- Eine <i>jederzeitige Versorgungssicherheit</i> ist gegeben</li><li>- Kosten aufgrund der Bohrungen relativ hoch, EEG bis 20,5 ct./kWh</li></ul>
Sozial- kulturelle Kriterien	<ul style="list-style-type: none"><li>- Die in der Erdkruste gespeicherte Energie &gt;100% Energieverbrauch.</li></ul>
<b>Fazit:</b> Haupt- probleme Lösung:	Ob die Tiefengeothermie einen hohen Beitrag übernehmen kann, hängt von der Kostenentwickl. und der Lösung den geologischen Problemen ab, das Potential ist sehr groß. Mit zunehmenden Anteil des EE-Stroms und der Wärmeschutzsanierung der Gebäude, wird die Bedeutung der Wärmepumpen deutlich zunehmen.



# Quellen

Rogall  
2016

- BMWi (2015/08): Erneuerbare Energien in Zahlen, Broschüre.
- Förstener, U. (2011): 8. Auflage, Berlin, Heidelberg.
- Kaltschmitt, M.; Streicher, W.; Wiese, A. (Hrsg.; 2013): Erneuerbare Energien, 5. Auflage, Berlin, Heidelberg)
- Quaschnig, V. (2013): Erneuerbare Energien und Klimaschutz, München.
- Rogall, H. (2012): Nachhaltige Ökonomie, 2. erweiterte Auflage, Marburg.
- Rogall, H. (2014): 100%-Versorgung mit erneuerbaren Energien - Bedingungen für eine globale, nationale kommunale Umsetzung, Marburg.



# Fazit und Schluss

Rogall  
2016

- **Die Ziele einer nachhaltigen Energiepolitik können nur durch konsequente Umsetzung aller drei Strategiepfade erreicht werden.**
- **Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit !**
- **Ich freue mich auf Ihre Fragen.**

