

# „Wie weiter nach Fukushima?“

## Erdwärmennutzung im Energiemix

Dr.- Ing. Klaus F. Stärk    Untersiggenthal/Schweiz

Vortrag OTTI Regensburg 27.-28.09.2011

### Summary

After the severe earthquake in Japan with the following Tsunami and the maximum credible accident in 3 nuclear power stations some countries changed their directives for the future power generation. The risk reduction will drive to a change in power generation, power availability and intermediate in an increase in electricity costs.

For house heating with heat pumps, will exist a lot of possibilities to act to the new situation. The market will change from a demand based to a supply based market. Important will be to be prepared for an offer related electric energy market. The building construction should be able to store, produced heat and/or electric energy in a higher amount of storage mass in floors and walls, in a water tank or in high efficiency accumulators. The ground coupled heat exchangers and the heat pumps should be designed for energy reserve to buffer supply limits and/or high momentary delivery costs.

### 1. Einleitung

Nach dem schwerem Erdbeben in Japan am 11. März 2011 mit dem folgenden Tsunami und dem Gau in mehreren Atomkraftwerken in Fukushima wurden in einigen Ländern der Erde die Weichen für die Energiezukunft neu gestellt. Der Anteil der Stromerzeugung mit Atomkraft ist z.B. in Frankreich, Japan, USA, Deutschland und der Schweiz hoch. Strom wird aber auch zur Nutzung der regenerativen Energien wie der oberflächennahen Geothermie zum Antrieb von Wärmepumpen und Umwälzpumpen gebraucht. Zumindest mittelfristig wird der Strom deutlich teurer werden, wenn auf die Atomkraftwerke im Laufe der nächsten beiden Jahrzehnten verzichtet werden soll.

- Welche Überlegungen sind angebracht, wo kann und muss es Änderungen geben?
- Wo kann bei der Nutzung von Wärmepumpen und der oberflächennahen Geothermie angesetzt werden, um die Energiebilanz zu verbessern?

Statt auf Instruktionen und Gesetze zu warten, sollte man dort beginnen, wo man es selbst in der Hand hat, bei Planung, Bau und Nutzung einer Liegenschaft.

„Atomkraft Nein danke“ heisst das „Wärmepumpen ade“?

## 2. Was wird sich ändern?

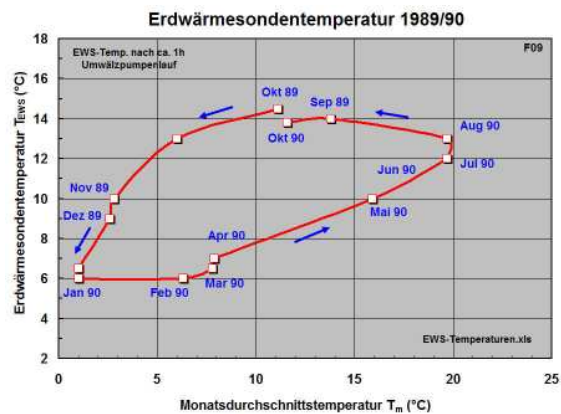
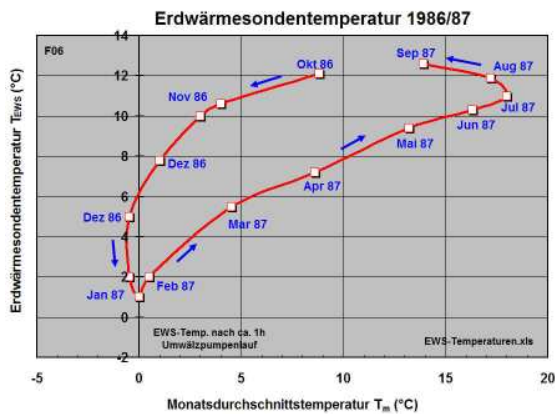
- Fukushima hat und wird die Energielandschaft beeinflussen
- Dezentrale Produktion von Strom und Wärme (kurze Wege, Transportverluste minimieren)
- Verschwendungsreduktion ohne Komforteinbuße (Isolation, von der Zeitschaltuhr zum intelligenten Energiemanagement)
- Energiespeicherung, Pufferung, Wärmetransport, -leitung und -kapazität
- Alte und neue Wärmepumpen
  - Alte Kolben-Kompressoren (Beispiel Baujahr 1985)
  - Scroll-Kompressoren ab ca. 2000 (Beispiel Baujahr 2008, (Wirkungsgradsteigerung um ca. 30%))
- Betriebsoptimierungen (Stromsparen und/oder Geldsparen)
  - Laufzeiten im Hoch- bzw. Niedertarif (fixe netzbelastungsabhängige Sperren)
  - Wärmetransport (z.B. Dichtheit des Gebäudes, Lüftung)
  - Wärmeleitung (z.B. Isolation der Gebäudehülle)
  - Wärmekapazität (Gebäudemasse, Pufferspeicher)
  - Angebotsabhängige Sperrzeiten vom Netzbetreiber
  - Wärmeumverteilung im Haus (Teilkühlung im Sommer)
  - Netzleitsteuerungen (Netzbelastung, belastungsabhängige Stromtarife, Wettereinfluss, Wettervorhersage steuert Wärmemanagement)
  - Eigenstromerzeugung und zeitgleicher Verbrauch

## 2. Was kann man tun?

- Egoistische Version: Möglichst niedrige Kosten (nicht unbedingt Verbrauch)
- Altruistische Version: Möglichst geringe Netzanforderung (Zielsetzung: nicht unbedingt auf geringsten Verbrauch)
- Erdgekoppelte WP ist eine effektive Wärmequelle
- Optimierungen sind möglich und machbar
- Nutzung der Wärmespeicherung in Bausubstanz (Fundament, Fussboden, Wände)
- Schaffung von Reserven für Wärmegewinnung und Speicherung
- Optimierung der Auslegung (Ziel: Nicht so knapp wie möglich)
  - Dimensionierung und Effektivitätssteigerung der WP (COP)
  - Dimensionierung der EWS (JAZ)
  - Dimensionierung des Gebäudes (SNG)

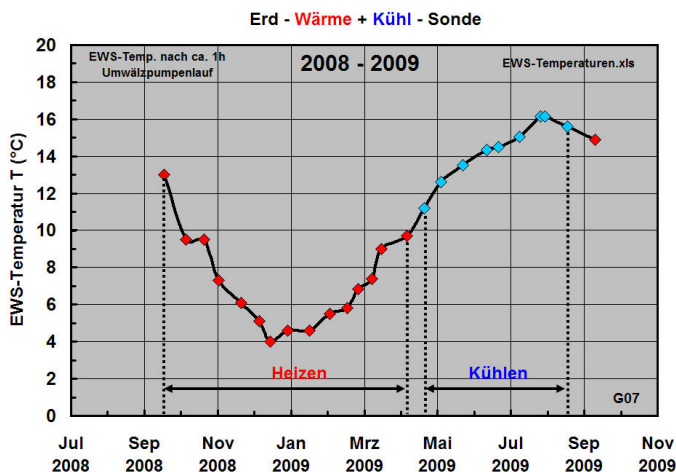
- Dezentrale Anlagen sind effektiv (kurze Wege, Stromerzeugung und –verbrauch)
- Messungen
  - Sole-Temperaturmessungen und Stromverbrauch für Heizung und Warmwasser
  - Effizienzrechnungen (COP, JAZ, SNG)
- Aktionen (verbunden mit Wertsteigerung der Liegenschaft)
  - Thermographie und Gebäudesanierung (Isolierung Gebäudehülle)
  - Brauch-Warmwassererzeugung mit der WP und der EWS bzw. Kollektor
  - Stromerzeugung durch Photovoltaik (PV)
  - Effizienzsteigerung (Geräte Klasse A bis A+++)
  - Nutzung von Erfahrungsplattformen (Internet, homepage)

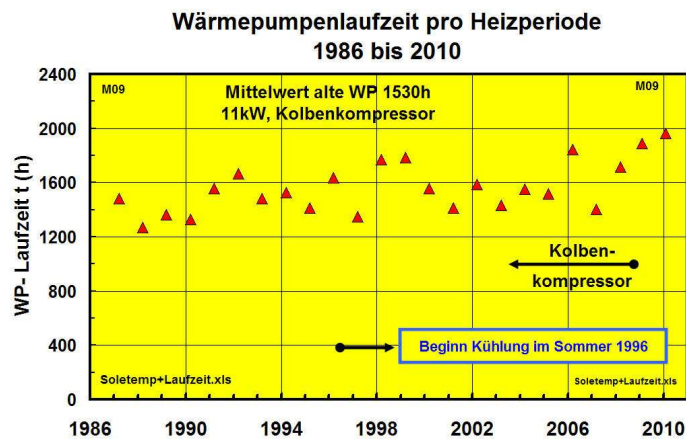
Soletemperaturmessungen machen den Unterschied in der thermischen Belastung der Erdwärmesonden über die Jahre mit unterschiedlich langen und oder kalten Wintern deutlich und geben Aufschluss über die Regeneration der EWS.



**Die sog. Jahresschleifen der EWS in zwei unterschiedlich kalten Heizperioden.**

Die EWS erholen (regenerieren) sich bereits im Winter, wenn der Wärmeentzug abnimmt. Das setzt sich auch fort, wenn die Aussentemperaturen im Herbst bereits fallen. Eine forcierte Erholung kann mit dem sog. Geo-cooling erreicht werden, s.u.:

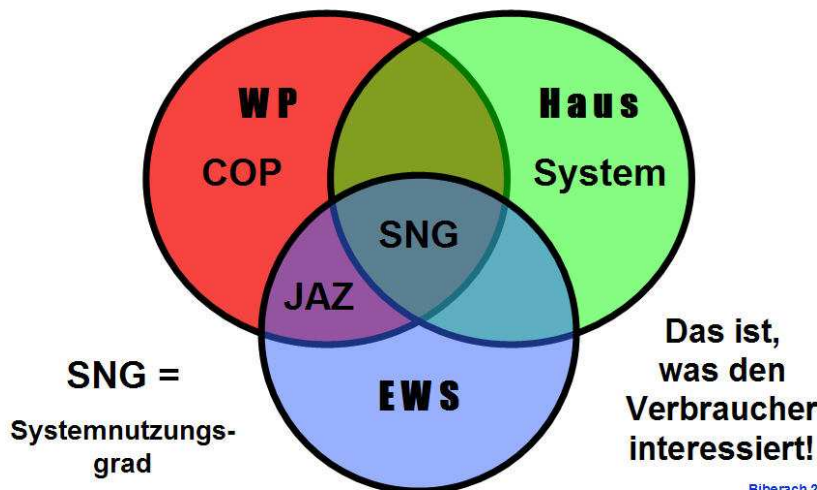




**Messung der  
Wärmepumpenlaufzeit**



**Systemgrenzen**



## Optimierung der Erdwärmesonde, der Wärmepumpe und des Gesamtsystems

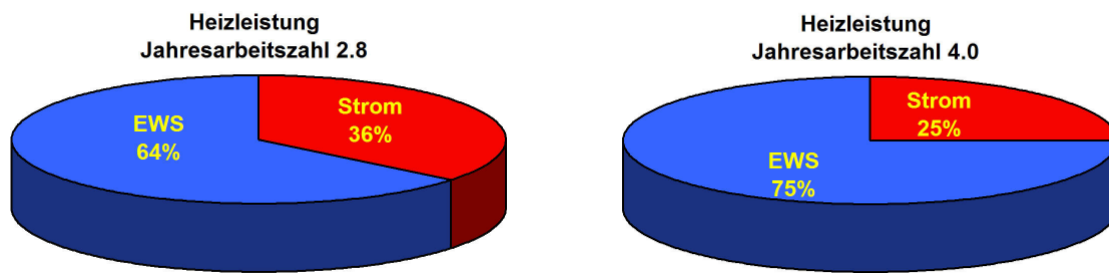
Ausgeführte Effizienzverbesserungen (Wirkungsgrad):

- Wärmepumpe COP 3.5 → 4.5 (-30%)
- LCD-Fernseher (-30%) und Beleuchtung (Sparlampen bzw. LED -60%)
- Tiefkühltruhe A+ (-56%) und Kühlschrank A++ (-40%)
- Waschmaschine A+ (-30%) und Geschirrspüler A+ (-30%)
- Kochherd und Dunstabzug A (-20%)

Ausgeführte Isolationsverbesserungen (Verbrauchsreduzierung):

- Thermographie, red. Heizungsbedarf bzw. Belastung der EWS
- Fenster 2-fach → 3-fach, Eingangsplatte, Zählerkasten, Türen (3x)
- Wintergarten
 

alt 1985:	Glas 4+9+4+9+4mm	$U_g = 2.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
neu 2011:	Glas 8+12+6+12+8mm	$U_g = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K} (-70\%)$



Eine WP mit höherem Wirkungsgrad (COP) erhöht die Belastung der EWS entsprechend! Zu knapp („optimiert“) ausgelegte EWS führen zu verstärkter Auskühlung und Verschlechterung der Jahresarbeitsziffer (JAZ).

In der Planung:

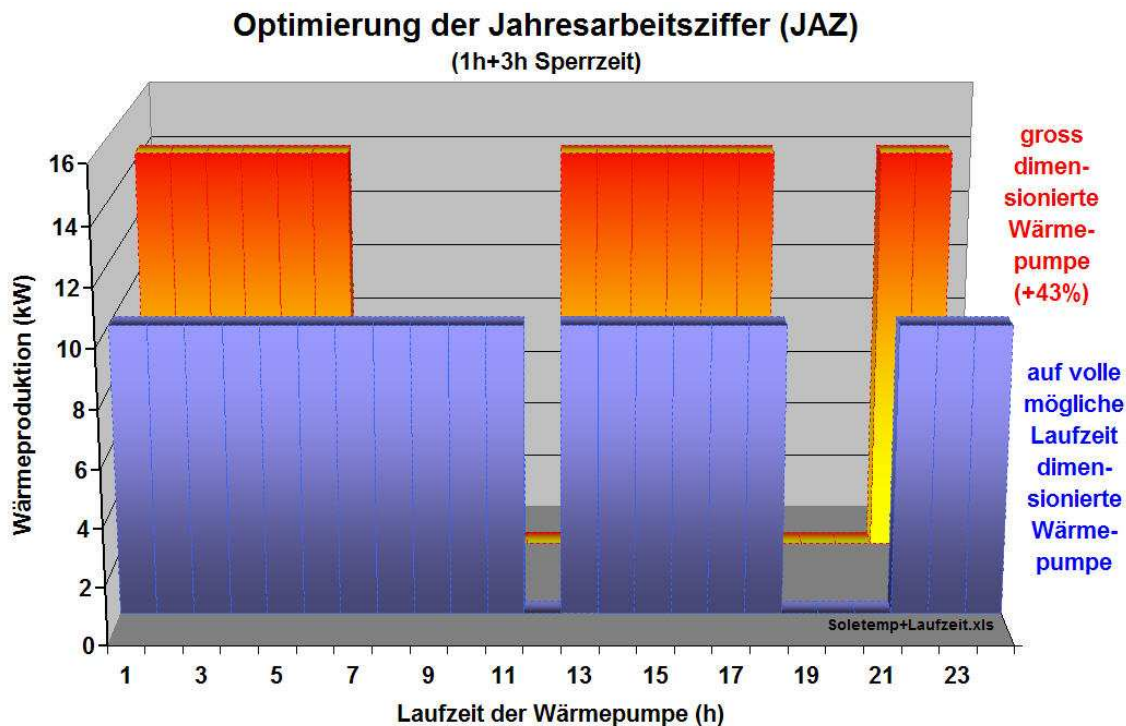
- Warmwasser mit WP (-65%), z.Z. mit Stromzähler sep. gemessen
- Fenster (1985 dreifach, bei neuer Wärmeschutzverglasung ca. -50%)
- Photovoltaik (Eigenversorgung, ca. 100m<sup>2</sup>)
- Trägheit Haus (Isolierung, Dichtheit, Betonmasse, Pufferspeicher)
- Effizienzerhöhung, Wirkungsgrade, Wärmequellen und Wärmesenken
- Zukunft: Nachisolierung, Wärmwassererzeugung mit WP (auf der Basis von freier Kapazität der WP und der EWS), Photovoltaik-Anlage

### 3. Was werden die Folgen in der näheren Zukunft sein?

- Nach Fukushima: Der Ausstieg aus der Atomkraft geht nicht kostenlos!
- Optimierung von Wärmepumpenanlagen
- Sperrzeiten in Hochverbrauchszeiten (z.Z. in der Schweiz fixe Zeiten)
- Lastabhängige Tarife
- Angebotsabhängige Tarife
- Smart grid (Intelligentes Energiemanagement mit voraus denkender Individualsteuerung mit flexiblem Strombezug)
- IPv6 Geräte-Identifikation (Internet-Protokoll für jedes Elektrogerät)
- Kombination Erdwärme, Solarkollektoren und Photovoltaik
- Wasserstofferzeugung für Brennstoffzelle (Puffer, Wärme und Strom)
- Elektrofahrzeuge und Hochleistungsbatterien
- Anforderungen:
  - Speicherkapazität des Hauses (erhöhen der temperierten Betonmasse)

- Phasenwechselmaterialien bei möglichst 20-25°C
- Leistung der Wärmequelle erhöhen (Reserve in der Bohrtiefe)
- Leistung der Wärmepumpe verbessern (Weiterentwicklung/Dimensionierung)

Eine Anlage der oberflächennahen Geothermie sollte in der Zukunft so ausgelegt sein, dass Laufzeitreserven existieren, die eine flexible Anpassung an das Stromangebot (nicht den Bedarf) ermöglichen, s. Diagramm:



Optimierte Wärmepumpenlaufzeit bei gewährleistetem Stromangebot (nachfragegesteuert, unten) bzw. bei stark schwankendem Stromangebot (angebotsgesteuert, oben) mit ggf. stark angebotsgesteuertem Strompreis.

Die Speicherkapazität des Untergrundes ist kaum beeinflussbar (ggf. „Aufladung“ durch Direkte Kühlung). Der ideale Jahresspeicher fehlt noch. Ein Tagesspeicher ist bei einem gut isolierten Gebäude (s. Wärmeleitung) durch grössere Wasserspeicher und mehr Betonmasse in Fussböden und Wänden möglich. Die Wärmekapazität der Baustoffe entscheidet über den Speichereffekt, s. Tabellenrichtwerte.

## Wärmeleitung (Isolieren)

Material	Wärmeleitfähigkeit (W/mK)	Verhältnis
• Kupfer	ca. 401	
• Stahl/Eisen	52 ÷ 80	
• Erdreich/Beton	1.2 ÷ 2.5	71:1
• Glas	ca. 0.90	
• Holz	0.13 ÷ 0.19	
• PVC	ca. 0.17	5:1
• PS-Schaum (Sagex/Styropor)	ca. 0.035	

Vortrag Ulmer/Geppert 2009

## Wärmekapazität (Speichern)

Material	Wärmekapazität (kJ/m³K)	Verhältnis
• Wasser	4180	
• Stahl/Eisen	3700	
• Glas	2200	
• Erdreich/Beton	ca. 2100	42:1
• PVC	1100	
• Holz	ca. 1000	20:1
• PS-Schaum (Sagex/Styropor)	ca. 50	84:1

Vortrag Regenburg 2011

## Wärmeleitung und Wärmekapazität wichtiger Baustoffe (Anhaltswerte)

Bei einem Haus mit 150m<sup>2</sup> beheizter Wohnfläche lässt sich ein 1000 Liter Wasserspeicher mit ca. 2m<sup>3</sup> mehr Beton (Erhöhung der Betondecken um ca. 15mm) ersetzen. Eine Aufladung eines Wassertanks (Pufferspeicher) auf ca. 50°C verschlechtert den Wirkungsgrad der WP. Unser Pufferspeicher mit 1500 Litern war in der Lage, ca. 3h Wärmepumpenstillstand zu überbrücken.

## 4. Lessons learnt:

- Der Ausstieg aus der Atomkraft verlangt das Umdenken von allen Strombezügern
- In einer Übergangsphase wird der Strom deutlich teurer werden
- Der zukünftige Energiemix erfordert intelligentere Lösungen
- Die kapitalistische Spassgesellschaft muss überdacht werden
- Jede kWh die nicht verbraucht wird, muss nicht produziert werden
- Ausbau aller Möglichkeiten zur Energiespeicherung bzw. -pufferung

**Heute: Angebot= nachfrage- bzw. verbrauchsgesteuert**

**Morgen: Nachfrage und Verbrauch= angebotsgesteuert**