



1985

bis



2008

Umrüstung von alten Erdwärmesondenanlagen auf moderne Wärmepumpen

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

Münzen/Pfennig-Vorderseite_.ps.jpg

Münzen/Cent-Vorderseite_.ps.jpg



Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick

Münzen/Pfennig-Vorderseite_.ps.jpg

Münzen/Cent-Vorderseite_.ps.jpg



Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick



Das wär's doch !!



Nachrichten

**In Gasblase
gebohrt**



Explosionsgefahr auf einer Baustelle in Kölliken: Bei Erdwärmepumpenbohrungen stiessen die Arbeiter gestern um etwa 11 Uhr in einer Tiefe von 156 Metern auf eine Erdgasblase. Die Feuerwehr sperrte die Stelle

Kölliken/Schweiz 21.10.08



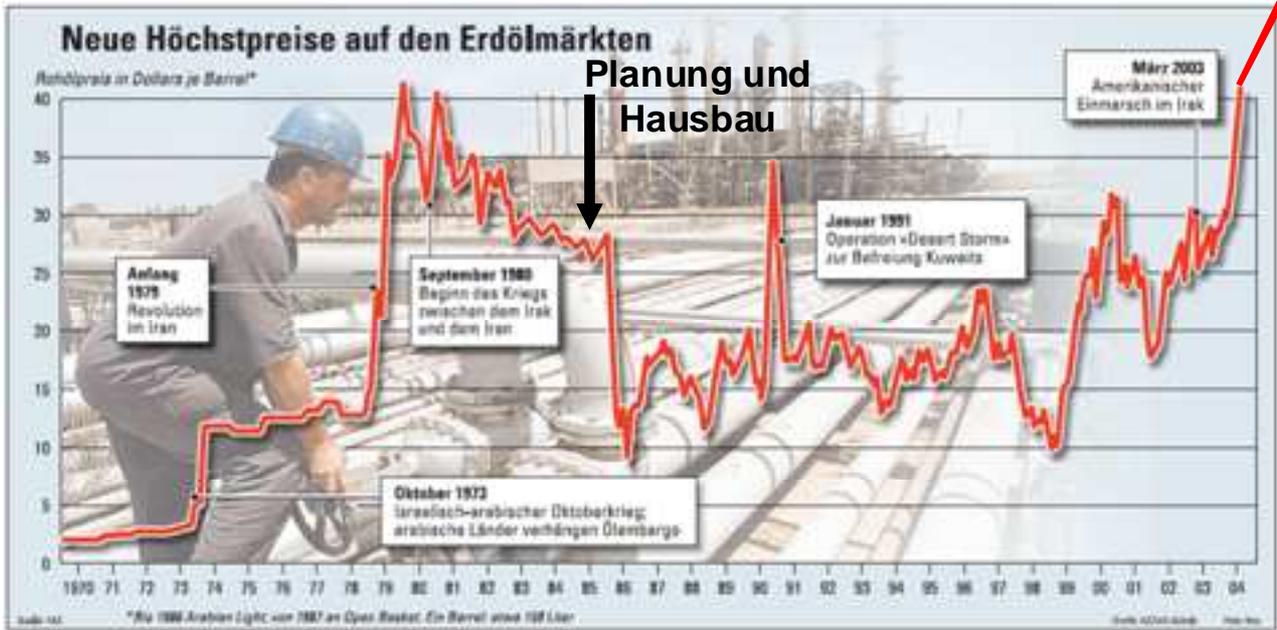
**Die Alternative zu
einer Wärmepumpe
mit
Erdwärmesonden?**



Oelpreisentwicklung 1970/2004



„Traumpreise“?



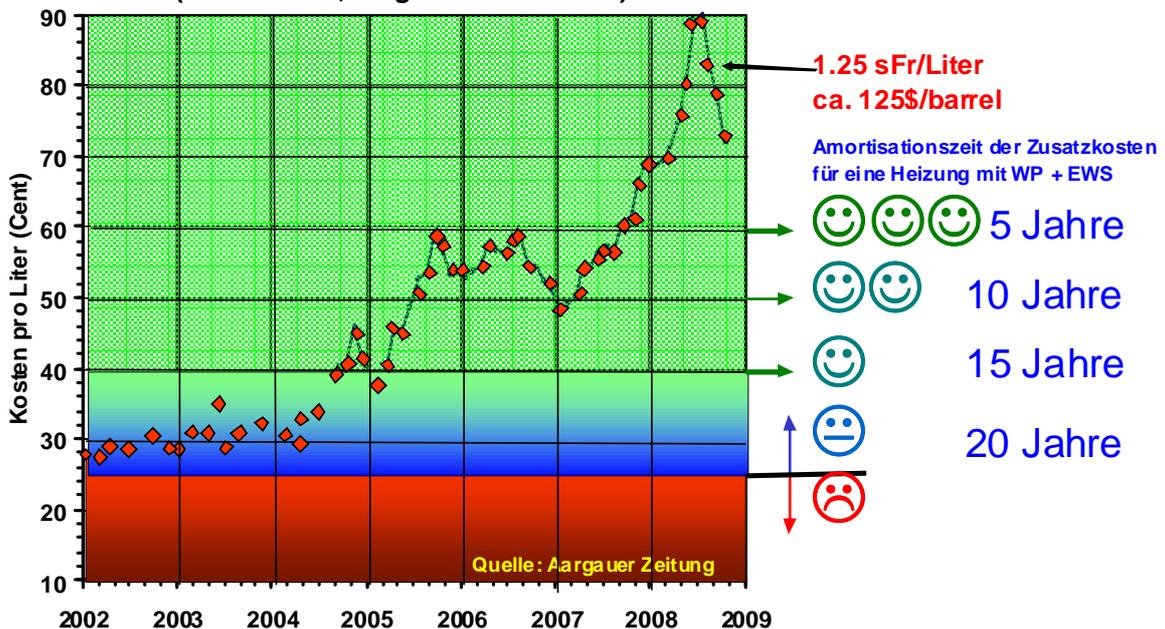
Oel-graphic.jpg



Amortisationsgrenze und Energiepreise



Preisentwicklung Heizöl Schweiz (Basis 3000 l, umgerechnet in cent)



Oelpreis-CH-2002-09.xls



Heizen und Kühlen



„kostenloser“ Energiespeicher Untergrund

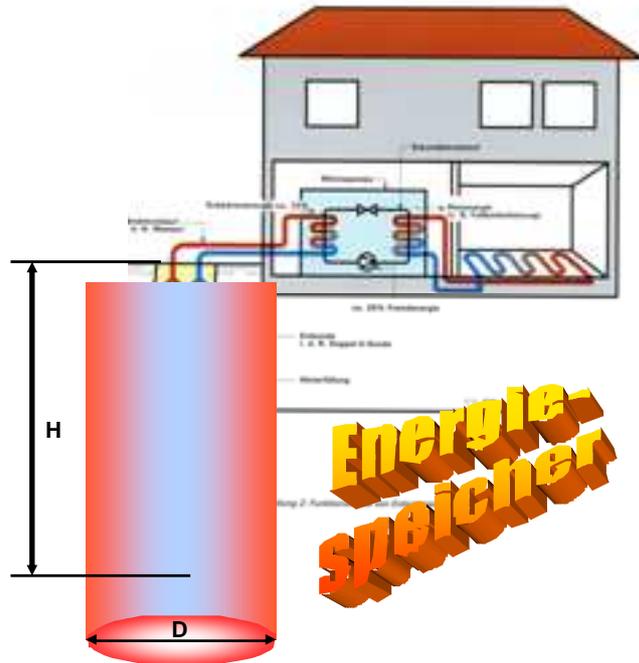
Nutzbares Volumen

$$2 \cdot H \cdot D^2 \pi / 4$$

6m Durchmesser D

2x60m Tiefe H

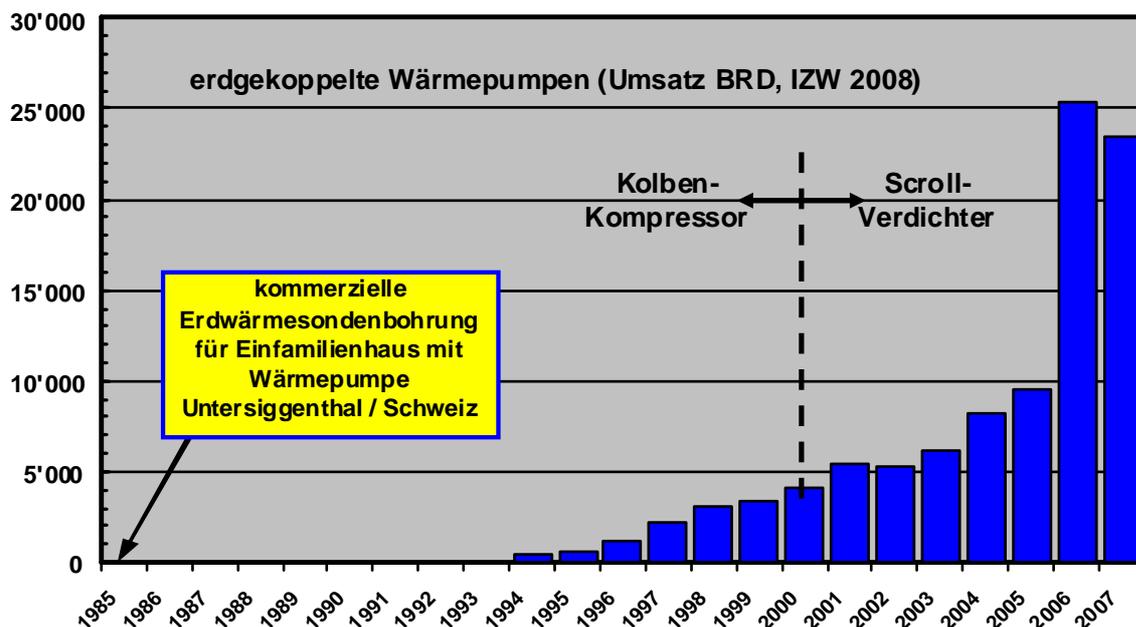
ca. 3400 m³ !!



Schema2-Erdsonde.jpg/Rohner
sowie EABB_Rohner-2-KS.ppt



Wärmepumpenumsatz und Energiepreise





Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick



Verbrauch bzw. Wirkungsgrad



„realitätsnah“

	Auto Verbrauch (l/100km)	WP*+EWS Wirkungsgrad (%)	
	6.0	450	
Prüfstand			
Opt. Testlauf	7.0	420	
Tagesmittel	9	380	
Jahresmittel	10	360	

↓ ?

COP
↓
JAZ

*SCROLL-Kompressor



Jahresarbeitsziffer JAZ



Wärmemenge

Stromverbrauch



kWh

NeoVac-04.jpg

:



kWh

Stromzähler.jpg

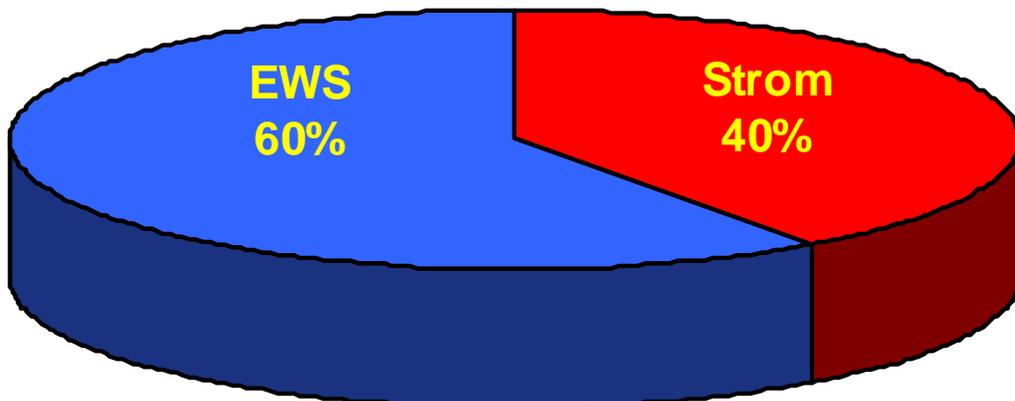
= JAZ



Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



Heizleistung Jahresarbeitsziffer 2.5



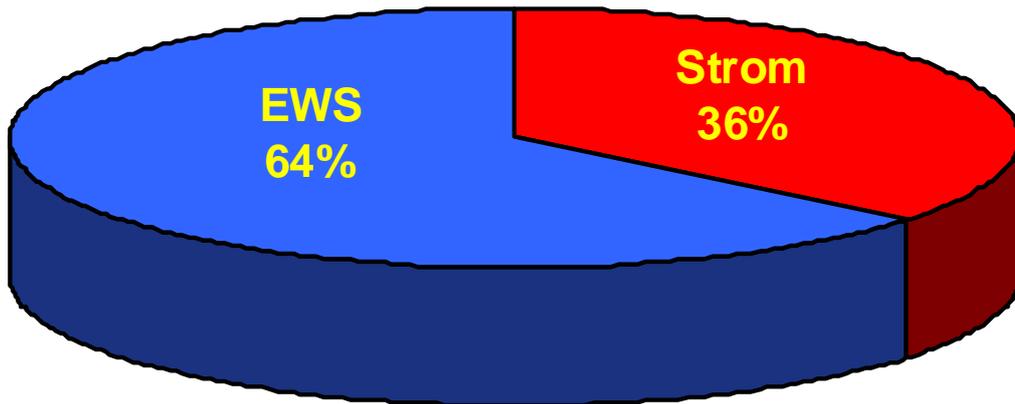
Kuchendiagramme.xls



Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



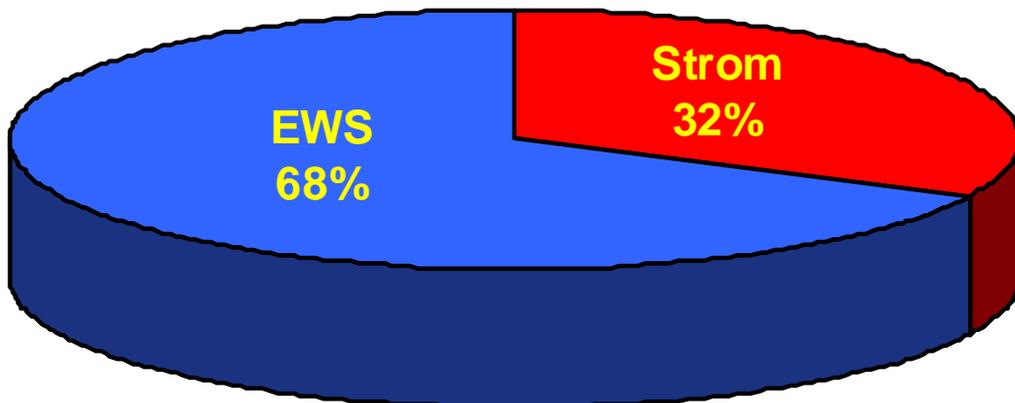
**Heizleistung
Jahresarbeitsziffer 2.8**



Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



**Heizleistung
Jahresarbeitsziffer 3.1**

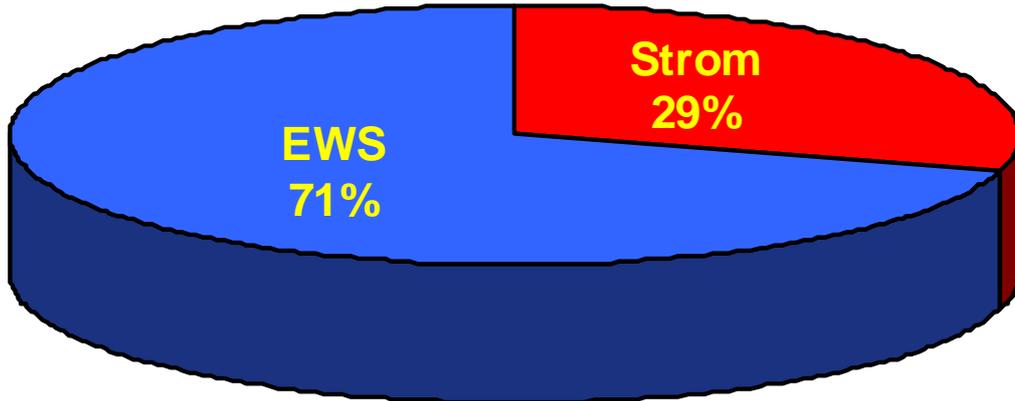




Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



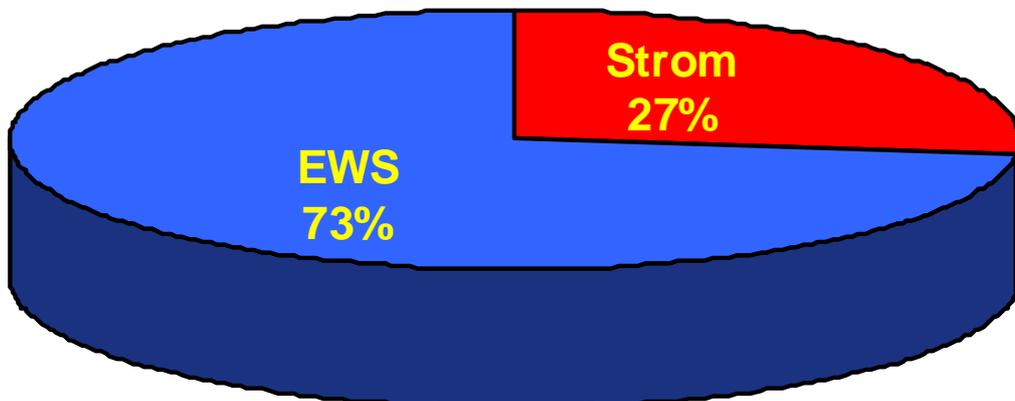
Heizleistung
Jahresarbeitsziffer 3.4



Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



Heizleistung
Jahresarbeitsziffer 3.7

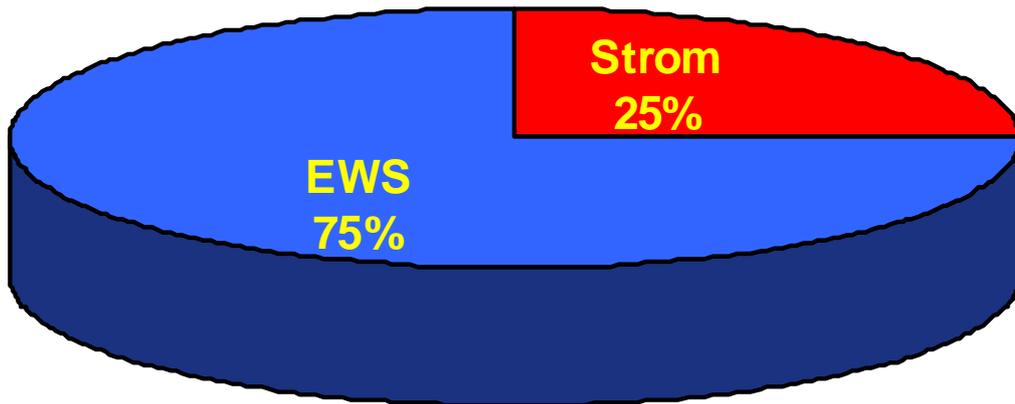




Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



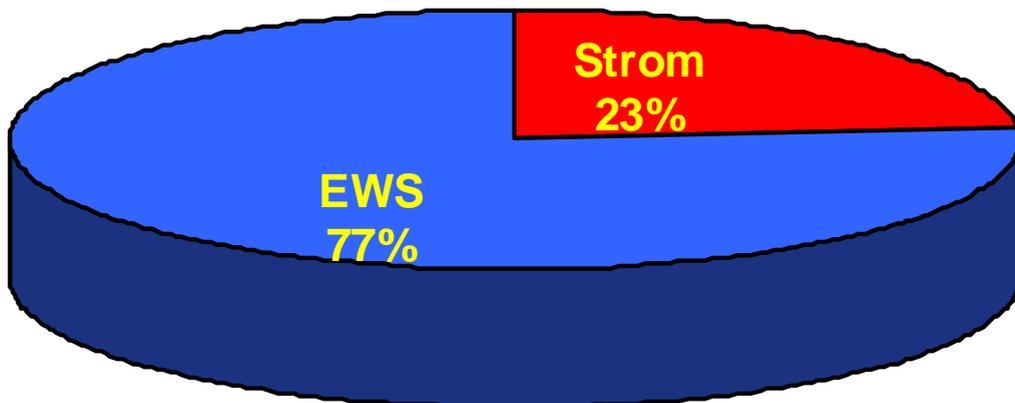
Heizleistung
Jahresarbeitsziffer 4.0



Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



Heizleistung
Jahresarbeitsziffer 4.3

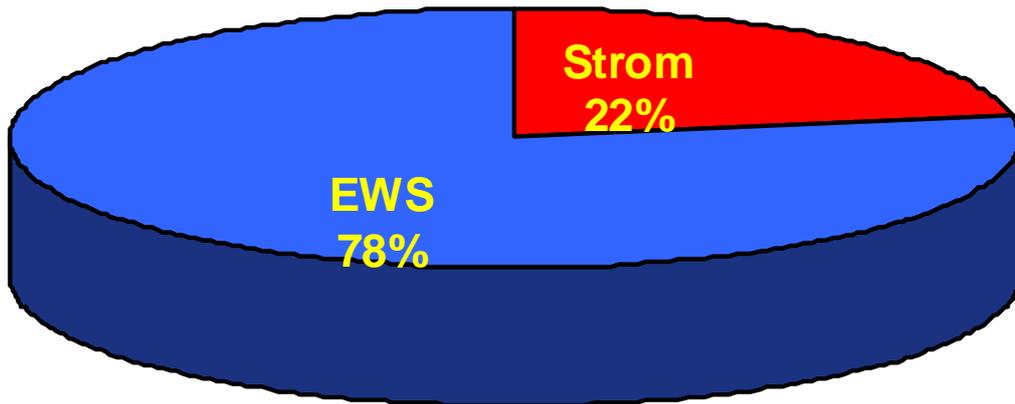




Änderung der EWS- Belastung in Abhängigkeit von der JAZ



Heizleistung
Jahresarbeitsziffer 4.5



Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick



Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick



Bestandsanalyse



Baujahr 1985/86, Zustand 2008?

Sonneneinstrahlung



Glasflächen und Südwestlage



2x60m Erdsonden + 40m Zuleitungen



Modell+Erds onde-22!!!.jpg



Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick



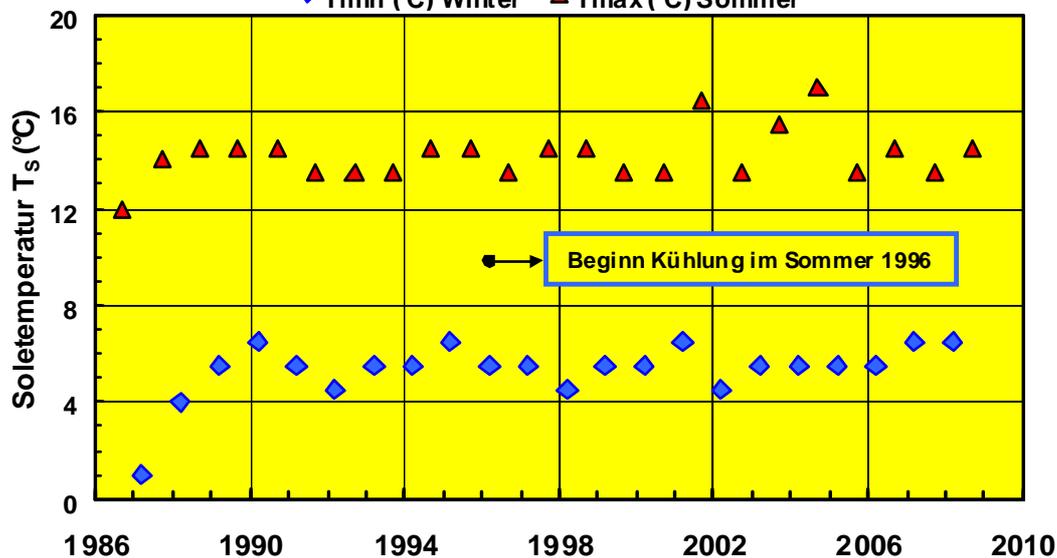
Langzeitstabilität



Erdsondentemperatur 1986 bis 2008

(Ruhetemp. nach 1- 3h Umwälzung ohne Wärmeentzug)

◆ Tmin (°C) Winter ▲ Tmax (°C) Sommer



Soletemp+Laufzeit.xls

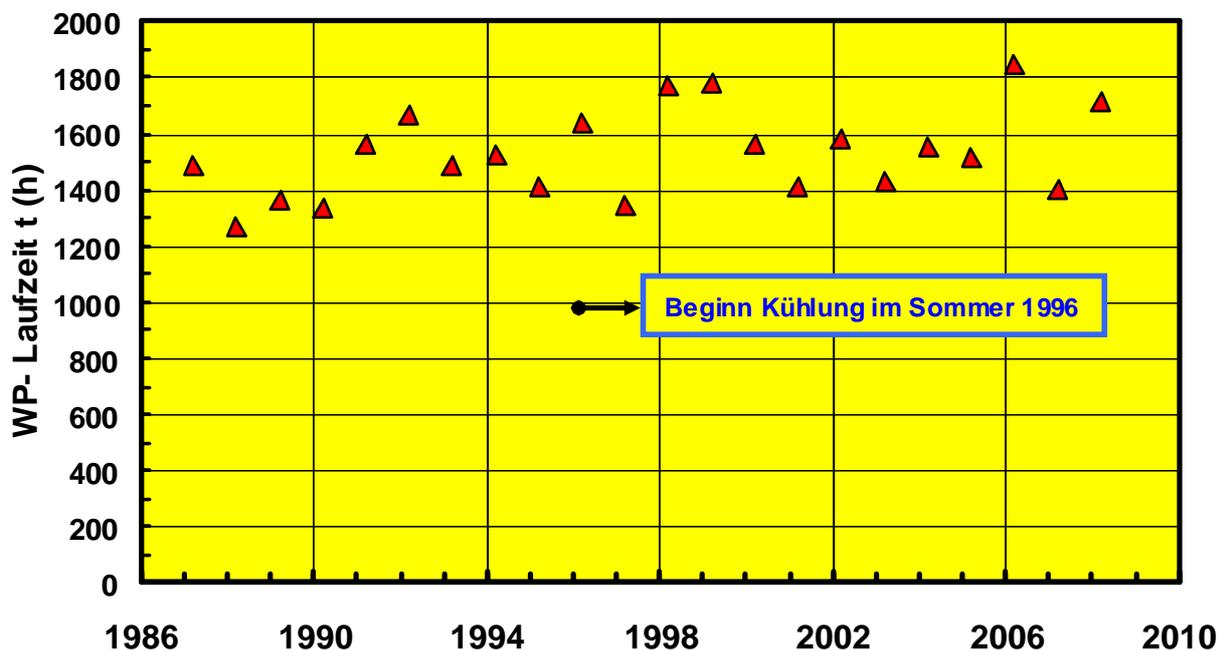


Wärmepumpenlaufzeiten



Wärmepumpenlaufzeit pro Heizperiode

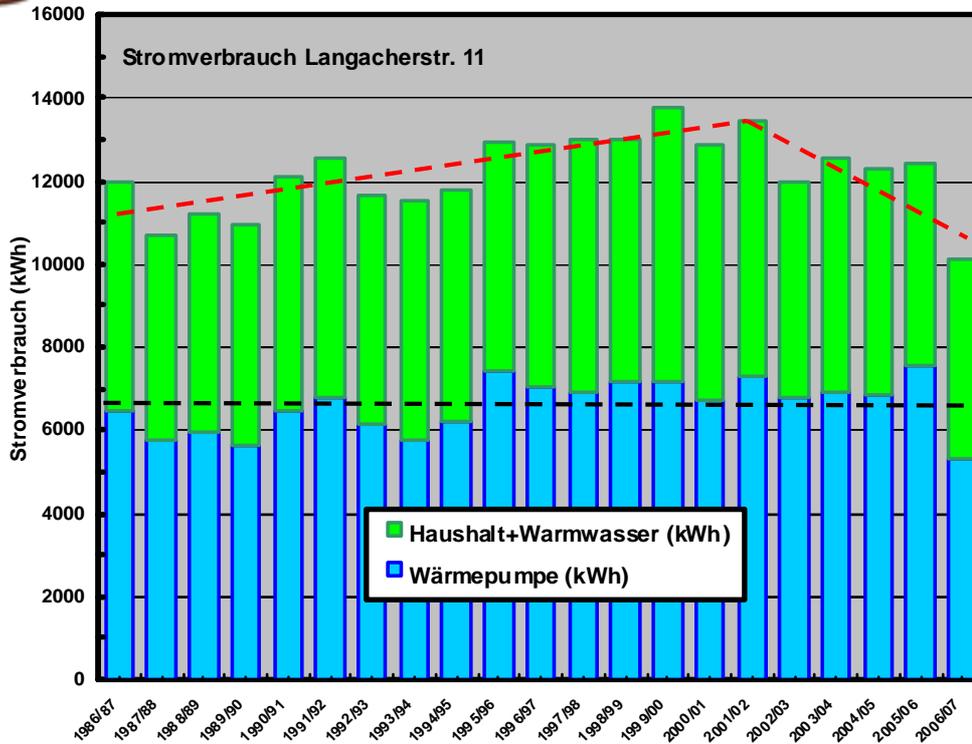
1986 bis 2008 (Mittelwert 1530h)



Soletemp+Laufzeit.xls



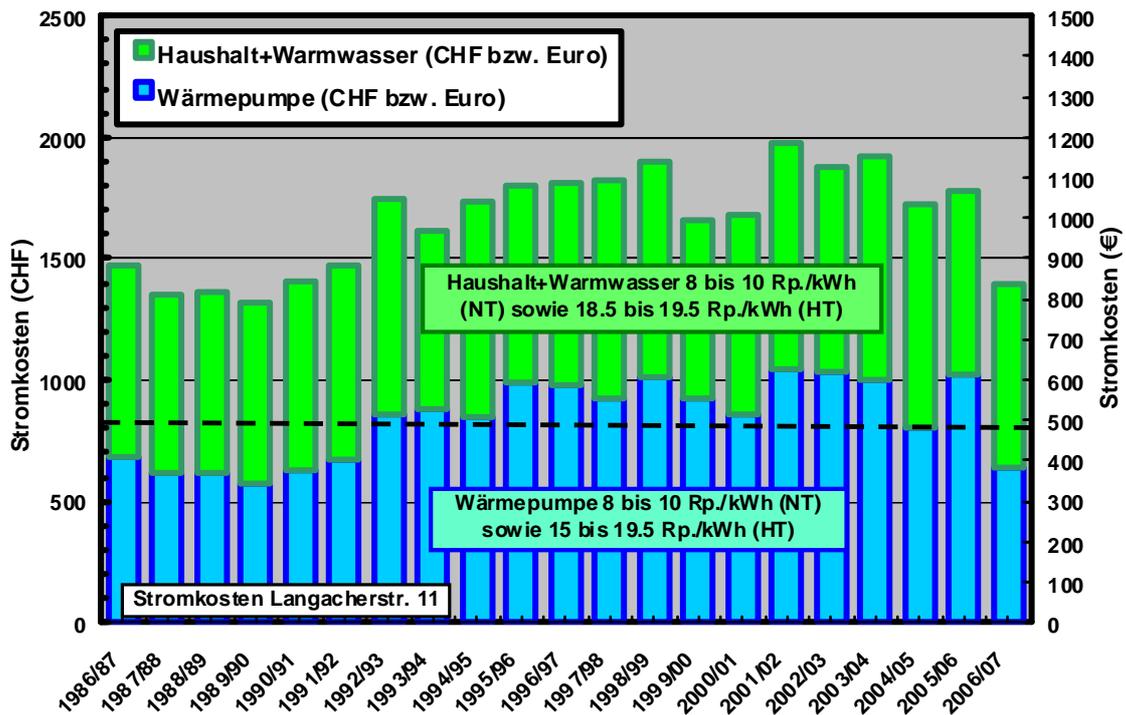
Stromverbrauch



Stromverbrauch.xls



Energiekosten



Stromverbrauch.xls



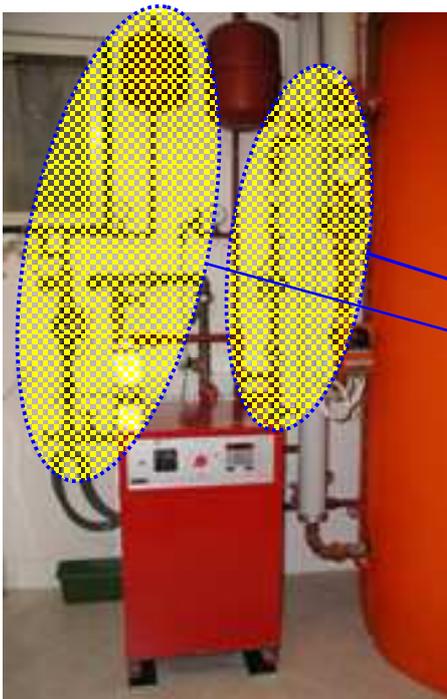
Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick



alte WP mit
Kolben-Kompressor
1985 - 2008



neue WP mit
Scroll-Verdichter
2008 - ????





alt und neu



	alte Wärmepumpe	neue Wärmepumpe
Verdichter	Kolben-Kompressor	Scroll-Kompressor
Kältemittel	R22	R407C
Lebensdauer (geschätzt)	15-20 Jahre	20-25 Jahre
Servicevertrag	nein	nein
Warmwassererzeugung	nein	nein
Direkte Kühlung	ja	ja
Pufferspeicher	1500 l	nein
Heizungsbedarf (100%)	11 kW	11 kW
Jahresarbeitsziffer JAZ	2.8 (Messung)	4 (Schätzung)
Wärmeanteil (elektrisch)	$11/2.8 = 3.9 \text{ kW (35\%)}$	$11/4 = 2.8 \text{ kW (25\%)}$
Wärmeanteil (Sonde)	$11 - 3.9 = 7.1 \text{ kW (65\%)}$	$11 - 2.8 = 8.2 \text{ kW (75\%)}$
Sondenlänge (gesamt)	$2 \times (60\text{m} + 10\text{m}) = 140 \text{ m}$	$2 \times (60\text{m} + 10\text{m}) = 140 \text{ m}$
Sondenbelastung	$7100/140 = 51 \text{ W/m}$	$8200/140 = 59 \text{ W/m}$
Stromverbrauch, ca.	7000 kWh	4900 kWh (-30%)
Photovoltaik-Fläche, ca.	$7000/120 = 60 \text{ m}^2$	$4900/120 = 40 \text{ m}^2$

Karlsruhe Manuskript.doc



Vergleich 1985 und 2008



Wärmepumpe	1985	2008
Anlage	Einzelelemente, einfach	Komplettlösung, perfekt
Kompressor	Kolben-Kompressor	Scroll-Kompressor
Kältemittel	R22 (stark ozonschädlich)	R407C
Verrohrung	Eisen+Messing, nicht isoliert	rostfr. Stahl+Messing, isoliert
Schläuche	nicht isoliert	isoliert
Puffer-Speicher	1500 l	nein
Umwälzpumpe Sole	260 W (effektiv 200 W)	UPS 25-80 130/170/180 W
Umwälzpumpe Speicher	30/50/65 W (eingest. 65 W)	nein
Umwälzpumpe Heizung	80/110/125 W (eingest. 110 W)	UPS 25-60 45/65/90 W
Direkte Kühlung (free cooling)	Eigenbau 1996	integriert
Regelung Direkte Kühlung	Eigenbau (Thermostat)	integriert
Zeitschaltuhr	Nachrüstung	integriert
Spülung der Heizkreisläufe	nein (Baujahr 1985)	ja
Überprüfung der Sole	nein (1985= 25% Äthylen-Glykol)	ja
Mischventil	ja	nein
Kosten	100%	ca. 200%

Karlsruhe Manuskript.doc



1985



2008



?
=



(100%)

(Teuerung)

(160%)

**Alles doppelt so teuer
geworden?**

Bundesamt für Statistik



Gliederung



- **Energiequellen**
- **Wirkungsgrad von Wärmepumpen**
- **Bestands- und Verbrauchsanalyse**
- **Messungen 1985 bis 2008**
- **Umbau auf neue Wärmepumpe**
- **Optimierungen (Was kann man tun?)**
- **Folgerungen und Ausblick**



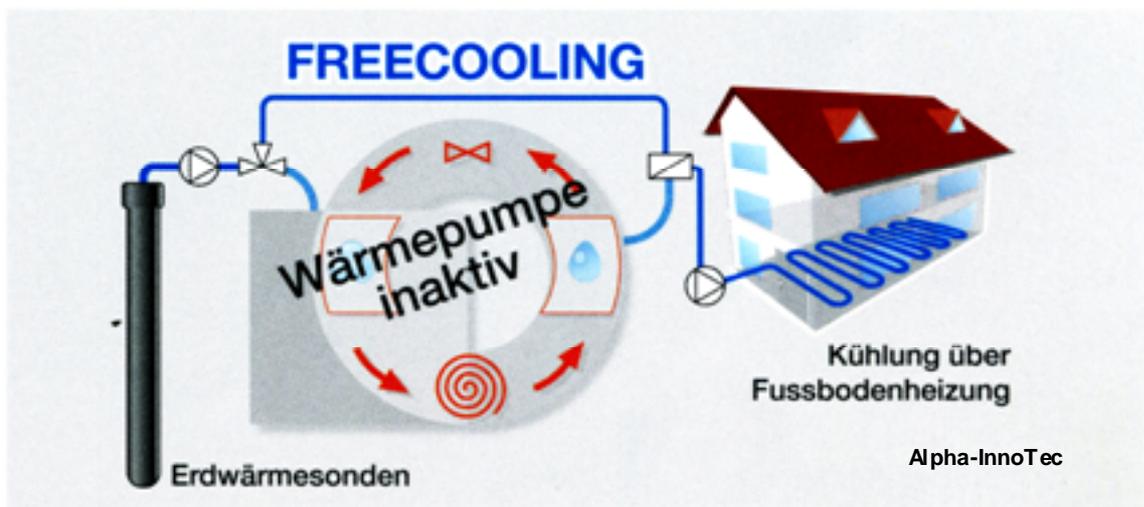
Was kann man tun?



- Messen (Strom: Haushalt, Wasser, WP)
- Verbrauchsanalyse
- Nachisolieren (Isolation und Dichtheit)
- Kühlen (Regeneration der EWS)
- Warmwasser sep. erzeugen
- Laufzeiten optimieren
- Speicher zur Überbrückung der Sperrzeiten (>1000 l)



Kühlen



... und Regeneration der Erdwärmesonden !!



Optimierte Laufzeit der Wärmepumpe



Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
0 ⁰⁰ - 0 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
1 ⁰⁰ - 1 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
2 ⁰⁰ - 2 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
3 ⁰⁰ - 3 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
4 ⁰⁰ - 4 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
5 ⁰⁰ - 5 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
6 ⁰⁰ - 6 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
7 ⁰⁰ - 7 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
8 ⁰⁰ - 8 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
9 ⁰⁰ - 9 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
10 ⁰⁰ - 10 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
11 ⁰⁰ - 11 ⁵⁹	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green
12 ⁰⁰ - 12 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
13 ⁰⁰ - 13 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
14 ⁰⁰ - 14 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
15 ⁰⁰ - 15 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
16 ⁰⁰ - 16 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
17 ⁰⁰ - 17 ⁵⁹	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
18 ⁰⁰ - 18 ⁵⁹	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
19 ⁰⁰ - 19 ⁵⁹	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
20 ⁰⁰ - 20 ⁵⁹	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
21 ⁰⁰ - 21 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
22 ⁰⁰ - 22 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
23 ⁰⁰ - 23 ⁵⁹	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

Untersiggenthal

NT = 11.8Rp/kWh
86h/Woche
ca. 86/168 ≈ 51%

HT = 20.2Rp/kWh
54h/Woche
ca. 54/168 ≈ 32%

EW-Sperrzeit
ca. 28h/Woche
≈ 28/168 ≈ 17%

Karlsruhe

9.06C/kWh
10h/Tag

14.89C/kWh
14h/Tag

keine

Laufzeit der Wärmepumpe?

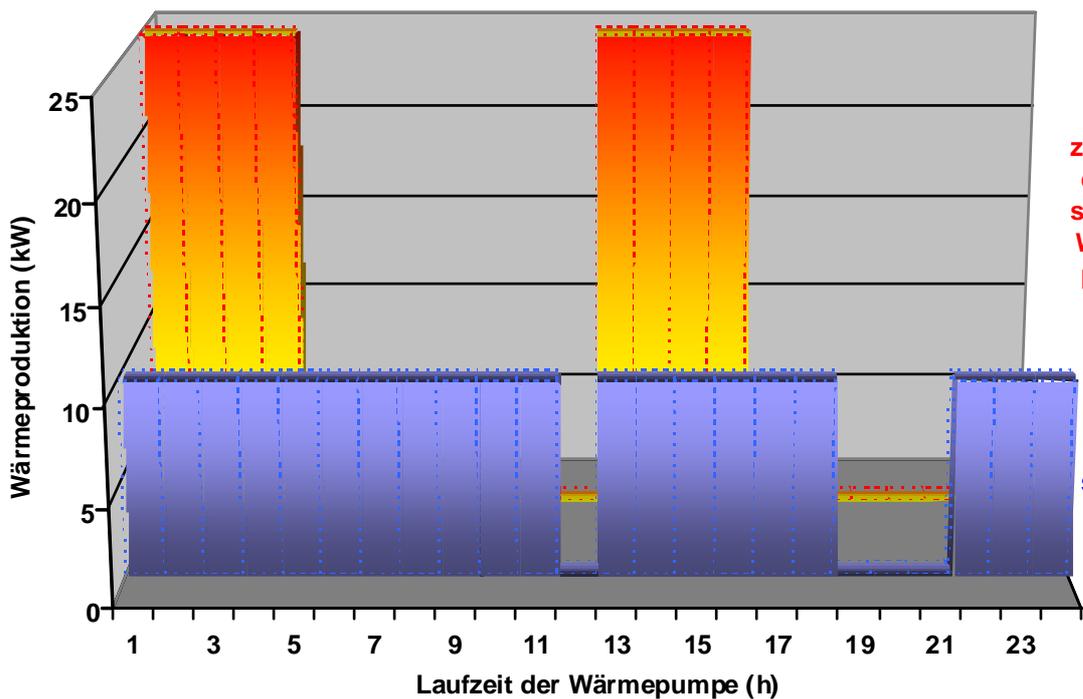
WP-Laefzeiten.xls



Wärmepumpenlaufzeiten



Optimierung der Jahresarbeitsziffer (JAZ)



Soletemp+Laufzeit.xls



Gliederung



- Energiequellen
- Wirkungsgrad von Wärmepumpen
- Bestands- und Verbrauchsanalyse
- Messungen 1985 bis 2008
- Umbau auf neue Wärmepumpe
- Optimierungen (Was kann man tun?)
- Folgerungen und Ausblick



Heizen

Kühlen



Folgerungen

- Heizung funktioniert problemlos seit 1985
- Direktkühlung funktioniert problemlos seit 1996
- ökologische Lösung (Umwelt)
- ökonomische Lösung (Kostenrechnung)
- Serviceaufwand sehr niedrig bzw. null
- Langzeitstabilität der Erdwärmesonden erwiesen



Heizen

Kühlen



Ausblick

- 2008 Umbau auf neue Wärmepumpe erfolgreich
- Messprogramm für Heizsaison 2008/09 mit Wärmemengenzähler, sep. Stromzähler und Thermoelementen an allen Erdsondenrohren
- Erprobung Direkte Kühlung Sommer 2009
- Motivation: Aus der Praxis für die Praxis



1985

bis

2008

Vielen Dank für Ihr Interesse!

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