

Prof. Dr. Ing. G. Heinrich

Energiewende, Erneuerbare Energien und Wärmepumpen

eine andere Sicht

Freiburg, den 18. Juni 2017

Was will ein „85 – Jähriger“ zu dem aktuellen Thema

Energiewende und Wärmepumpen

noch zu sagen haben ?

und dann noch eine andere Sicht !

Deshalb einleitende Bemerkungen zu meinem Erfahrungsschatz,
der auch kritische andere Sichten begründet.

2017: 60 Jahre Kältetechnik

Es begann: Am 1. Mai 1957

7 Jahre

Technischer Direktor Kühlschranksfabrik DKK Scharfenstein

36 Jahre

Institutsdirektor Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

17 Jahre

Berater für Kältetechnik (freiberuflich) beim RKW in Sachsen

Es reicht: Am 30. April 2017

Weitere Aktivitäten für die Kältetechnik

20 Jahre

Professor an der TU Dresden

davon 12 Jahre Ordinarius für Kältetechnik

39 Jahre

Herausgeber der Fachzeitschrift LKT

davon 29 Jahre „Luft- und Kältetechnik“

beim Verlag Technik Berlin

davon 10 Jahre „KI Luft- und Kältetechnik“

beim Verlag C. F. Müller Karlsruhe

Herausgeber Buchreihe beim Verlag Technik Berlin

14 Bücher Buchreihe „Luft- und Kältetechnik“

124 Wissenschaftliche Veröffentlichungen

51 Patente

und zu Wärmepumpen:

**nach dem Experimentalbau auf 2546 m²
im ILK Dresden
in den 70er Jahren**

Industriehalle Taubenheim	1979	223 kW
Blockhaus Rinkemühle / Harz	1979	8 kW
Solar-Wohnsiedlung Mötzlich/ Halle	1980	48 kW
Freibad Freyburg / Unstrut	1981	120 kW
Wohngebiet Dresden Lommatscher Str.	1981	1600 kW
Sanatorium (Thermal-WP) Bad Colberg	1983	870 kW
Geothermische Heizzentrale Waren-Müritz	1984	2000 kW
Hotel Bellevue Dresden	1985	560 kW
Milchviehanlage Melaune	1985	240 kW

Wärmepumpenanlagen ILK und ZAK Wärmepumpen
praxisnahe Forschung, Entwicklung und Erprobung

Fischzucht KW Koppl. Bischofswerda	1985	200 kW
Semperoper Dresden	1985	2280 kW
Hotel Bellevue Dresden	1985	560 kW
Gewächshäuser + Gießwasser Felgentreu	1985	10.000 kW
Vermarktung + Obstkühlager Borthen	1986	245 kW
Mikroelektronik Erfurt	1987	1870 kW
Krankenhaus Röbel Erdreich-Wärmepumpe	1988	520 kW
Rauchgasentschwefelung m. Wärmepumpe	1988	300 kW

Wärmepumpenanlagen ILK und ZAK Wärmepumpen
praxisnahe Forschung, Entwicklung und Erprobung

**1. Buch
zu
Wärmepumpen
1978**

**Reihe Luft-
und Kältetechnik**

Herausgegeben von
G. Heinrich



Heinrich·Najork·Nestler

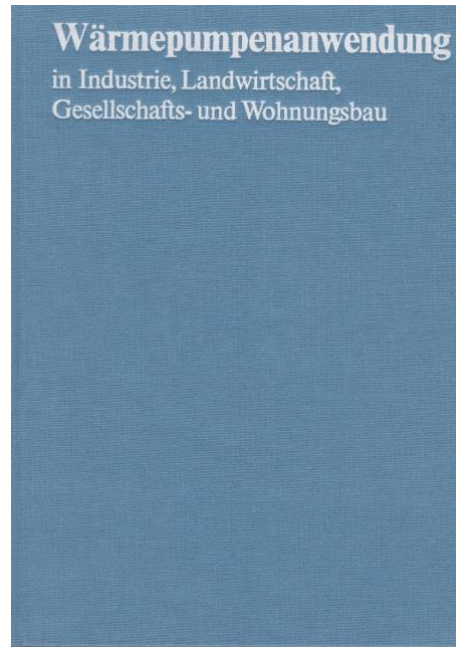
**Wärmepumpen
für Industrie,
Landwirtschaft und
Gesellschaftsbau**



1978



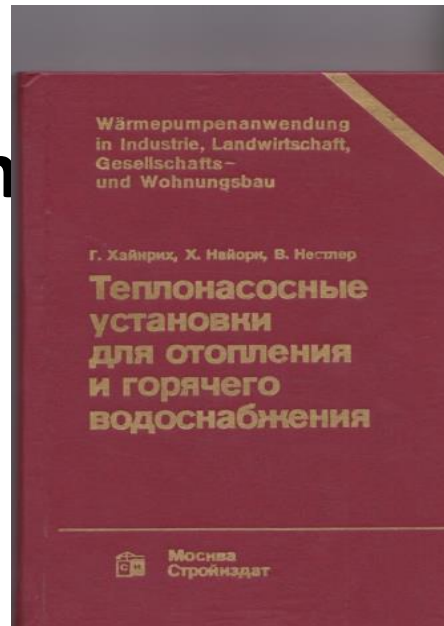
1982



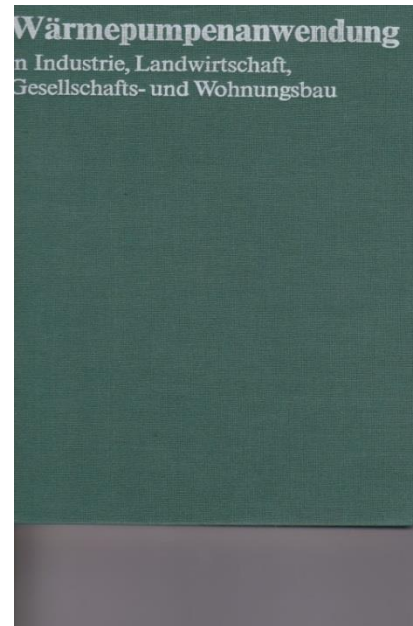
1982 Ungarn



1985 UdSSR



1987



Bücher zu Wärmepumpen

5 Auflagen

Weitere Bücher zu Wärmepumpen:

„Sekundärnutzung mit Wärmepumpen in der Landwirtschaft“ 1983 mit Karin Heinrich

Mitautor im

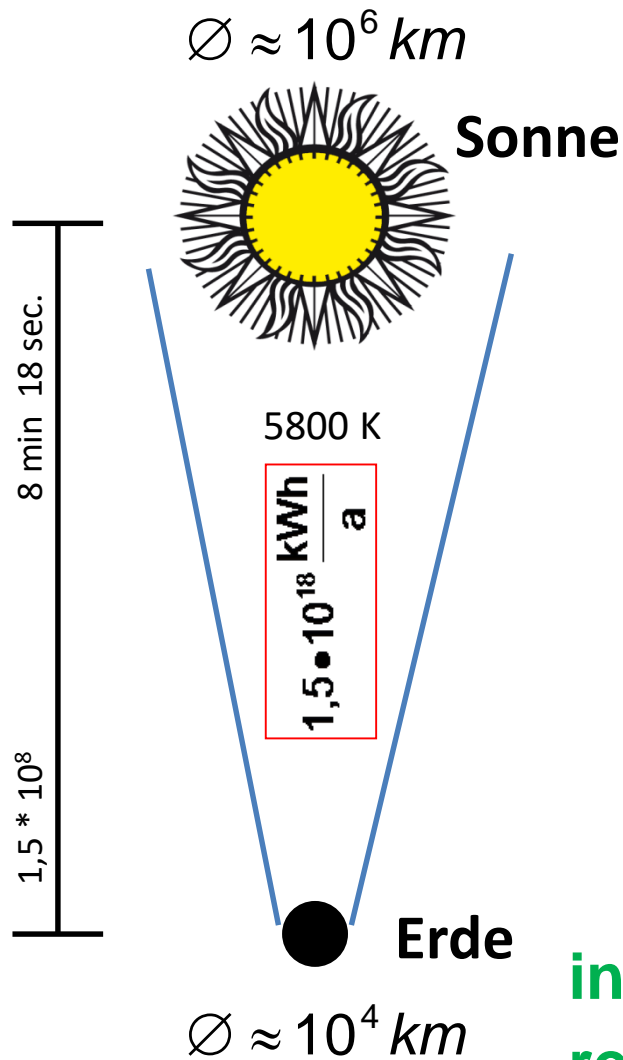
„Lehrbuch der Kältetechnik“ 1997 Heidelberg

Abschnitt: „Grundlagen der Kältetechnik“ und

Abschnitt „Wärmepumpen und Anwendung“

1.

Erneuerbare Energien und Energiewende



Solarstrahlung zur Erde:

$$1,35 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

davon

**31 % Reflexion durch Atmosphäre
incl. Wolken**

4,3 % Reflexion durch Erdoberfläche

$$\approx 1,0 \text{ kW} / \text{m}^2$$

**Auf Erdoberfläche und in
bodennahe Lufthülle
(Biosphäre) ca. 1000 h pro Jahr**

**in Deutschland potentiell verfügbare
regenerative Energie: $3,5 \times 10^{14} \text{ kWh}_a$**

Solarenergie in den erdbodennahen Umgebungsbereich in Deutschland

Potentiell verfügbare
Erneuerbare Energie

350000 x 10⁹kWh_a

≅ 100 %

2016 genutzte Erneuerbare Energie
(ohne Wasserkraft; Kraftstoff als Endenergie)

349,1 x 10⁹ kWh_a ≅ 100 %

= 0,000974 % des Potentials

Fotosynthese

1 %

Biomasse

61,1 %

Wind

4 %

Windgenerator

22,2 %

Direkte Strahlung 95 % davon
auf Festlandfläche

(inkl. Seen und Wasserläufe)

69 %

in Luft (inkl. Wasserverdunstung)

26 %

Photovoltaik

10,9 %

13,1 %

Solarthermie

2,2 %

Umgebungs- und Erdwärme

mit Wärmepumpen

3,6 %

**Erneuerbare Energie: Angebot und Nutzung in
Deutschland im Jahr 2016** (nach Quelle BWK 5/2017 S. 76)

Fotosynthese 1 %
Wind 4 %
Direkte Strahlung < 1 %

< 6 %

Biomasse 61,1 %
Windenergie 22,2 %
Solarmodule 13,1 %

96,4 %

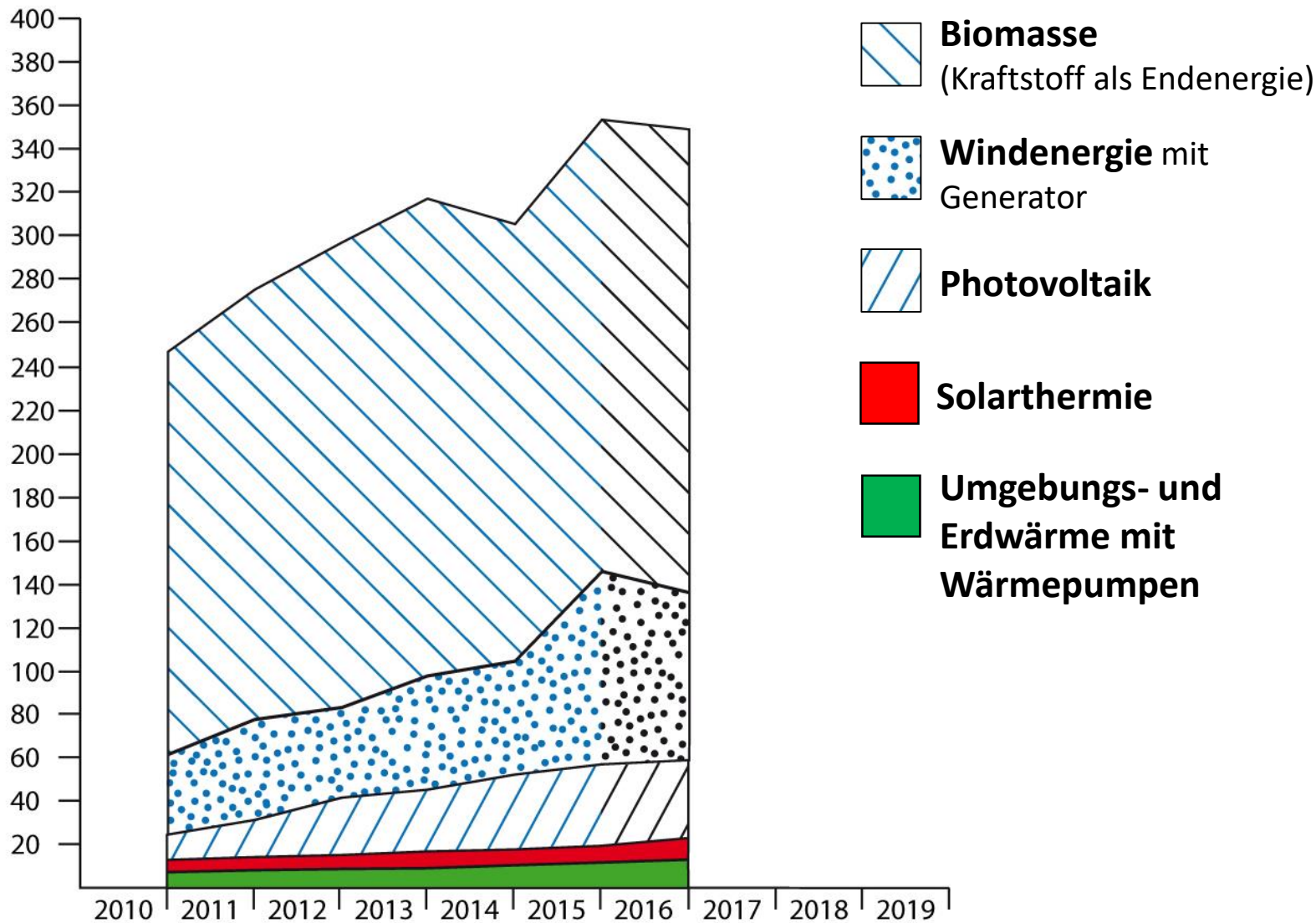
Umweltenergie
> 94 %

Wärmepumpen
3,6 %

(inklusive Erdwärme)

Verfügbare Anteile aus der Sonne und 2016
Anteile aus 100% genutzter Erneuerbarer Energie

Genutzte Erneuerbare Energie (ohne Wasserkraft) x10⁹ kWh_a



Nutzung der Erneuerbaren Energie in den Jahren in Deutschland (ohne Wasserkraft)

Die 3 Hauptrichtungen der Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland mit 96,4 % im Jahr 2016

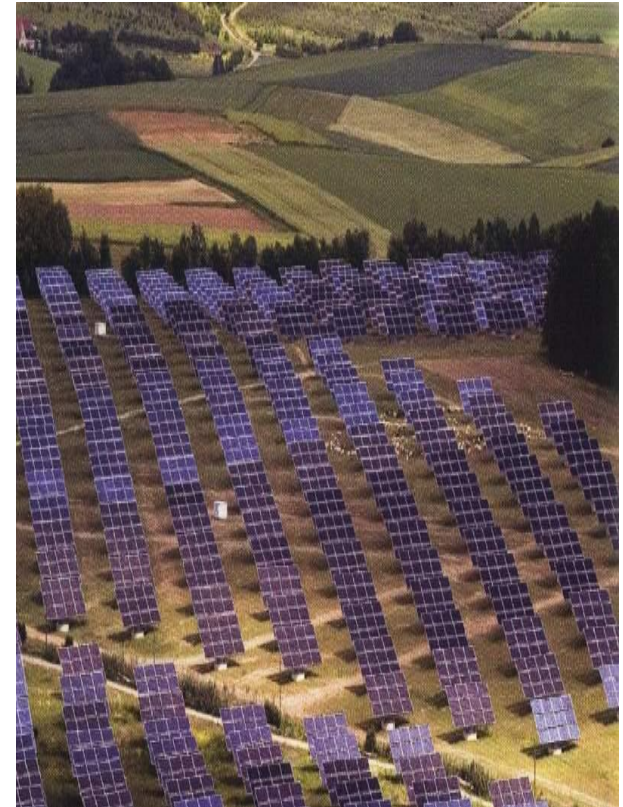
Biomasse
61,1 %



Windenergie
22,2 %



Solarstrahlung
13,1 %



Was ist ein Problem der Energiewende ?

Die Solarenergie (Photovoltaik, Wind, Biomasse) wird zu elektrischen Strom aufgewertet, aufkonzentriert

Dafür ist ein großer Bedarf an Erdoberfläche und Kulturlandschaft erforderlich

Je exergetisch höher die Solarenergie aufkonzentriert wird, umgewandelt wird, umso mehr Kulturlandschaft ist erforderlich

Globaler Umweltschutz gegen

Lokalen Naturschutz

Öffentlichkeit und Energiewende

es geht in der Politik und Öffentlichkeit

eben auch um die Kulturlandschaft

bei

Biomasse,

Windenergie und

Photovoltaik



Die gelbe Landwirtschaft in Deutschland



**Windgeneratoren
nicht so beliebt wie die alten Windmühlen**



**Blick in die Landwirtschaft
ein ehemaliger Weinberg**

Öffentlichkeit und Energiewende

es geht in der Politik und Öffentlichkeit um

Biomasse, Windenergie und Photovoltaik

aber auch um

Stromtrasse für Windenergie durchs ganze Land

Gas- und/oder Kern- oder Kohlekraftwerke

Erneuerbare und Kraftwerksbereitschaft

Zu hohe EEG – Umlage (EEG – Soli)

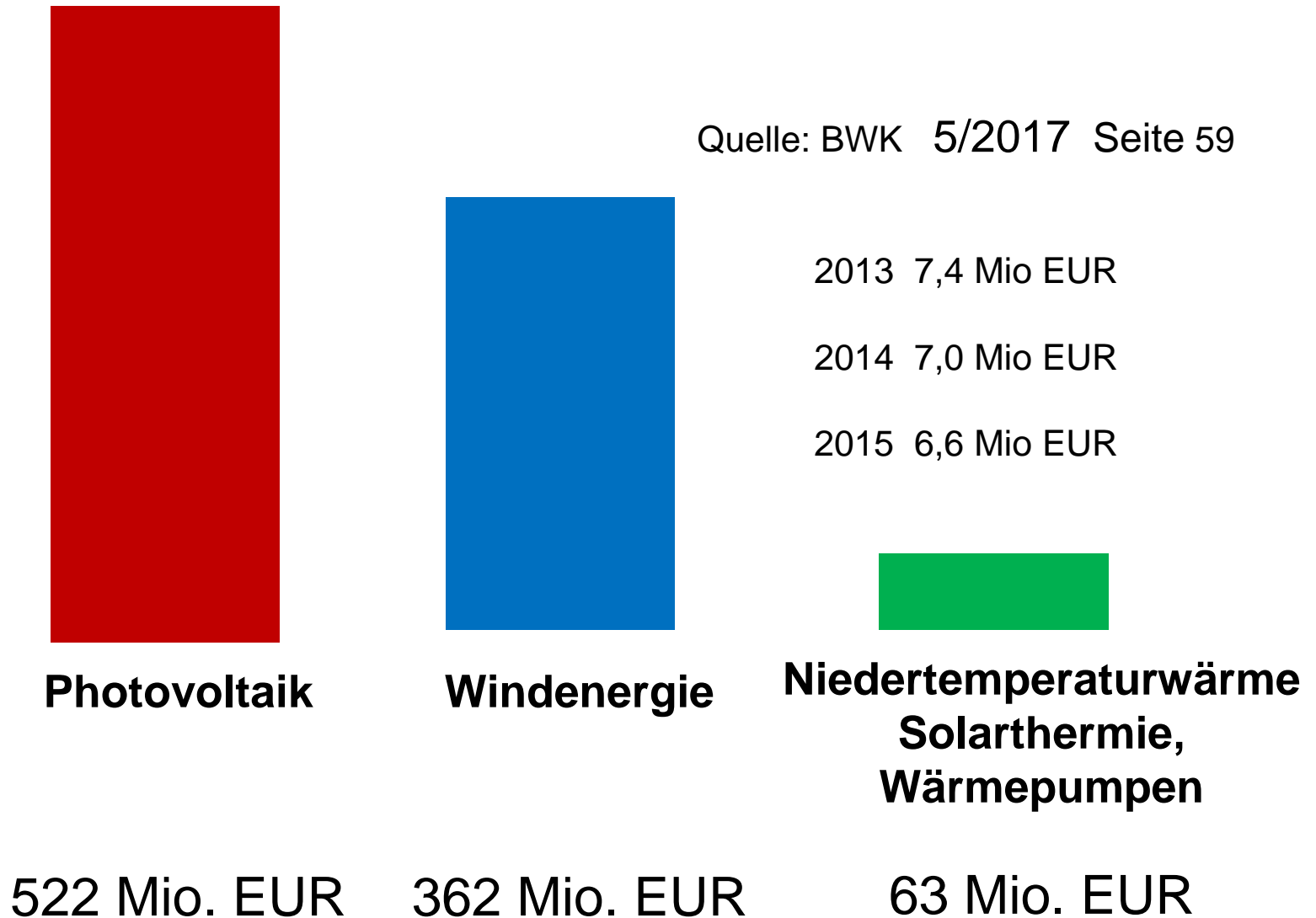
Nicht um Umweltenergie und Wärmepumpen

Neu und noch zaghaft fordert man die **Wärmewende**

Fragen zur Energiewende:

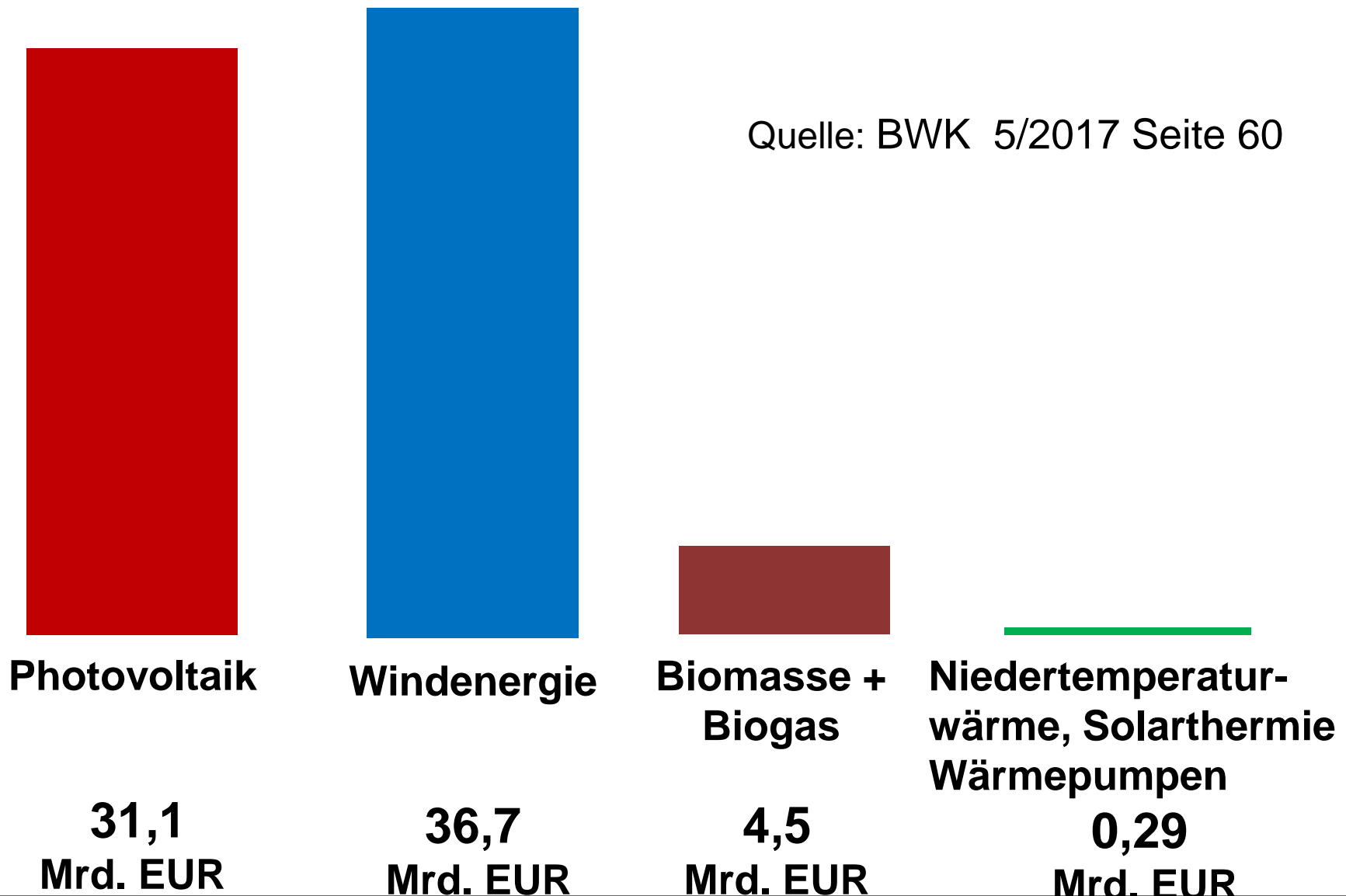
- Welche Bedeutung hat das **große Potential von > 94 % solarer Umweltenergie ?**
- **Ist der große Bedarf an Heizöl und Gas für Gebäudeheizung nur durch Wärmedämmung zu verringern ?**
- **Wird die Wärmepumpe gleichberechtigt gefördert ?**

Quelle: BWK 5/2017 Seite 59



Förderung der Forschung durch den Bund von 2006 bis 2015

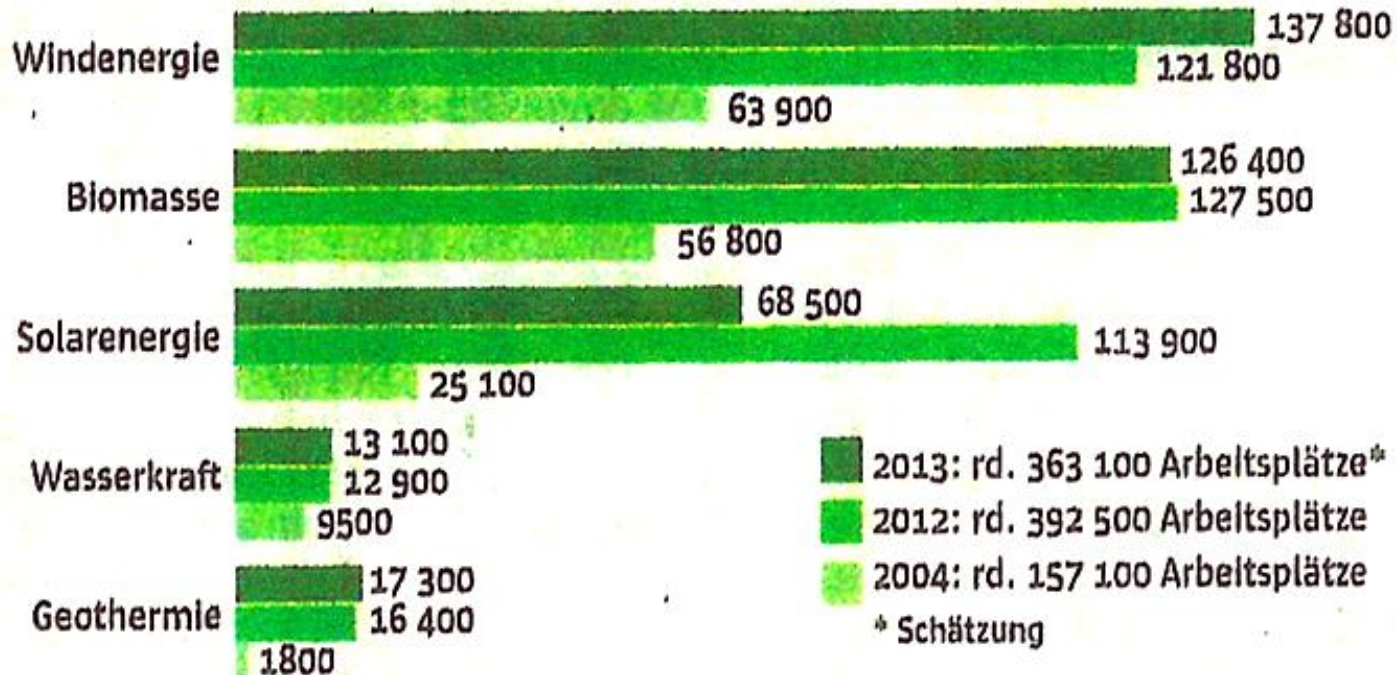
Quelle: BWK 5/2017 Seite 60



KfW-Darlehen für erneuerbare Energien von 2000 bis 2016

Beschäftigung im Branchenschnitt gesunken

Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland



Grafik: VDI nachrichten 23/2014, Gudrun Schmidt

Quelle: DLR

Beschäftigte durch Erneuerbare Energien in Deutschland

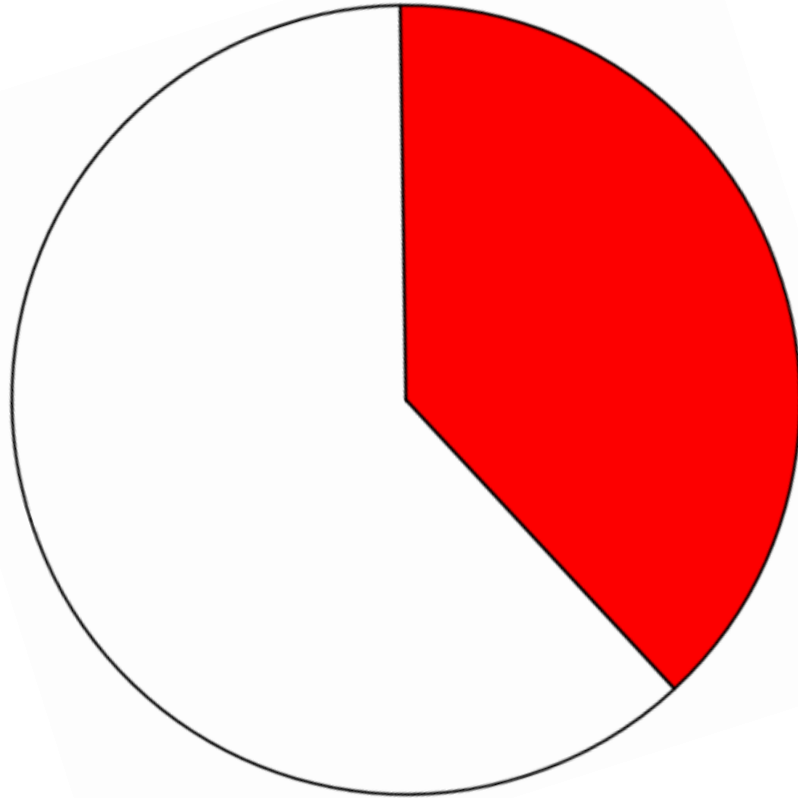
Wärmepumpen mit Umweltenergie gibt es nicht ?

VDI-Nachrichten 06.06.2014

**Stiefkind der Förderung und
Stiefkind der Energiewende:**

Niedertemperatur-Wärme

Wie ist die Bedarf ?



Raumwärme 31%
Warmwasser 4,3%
NT-Prozeßwärme 3%

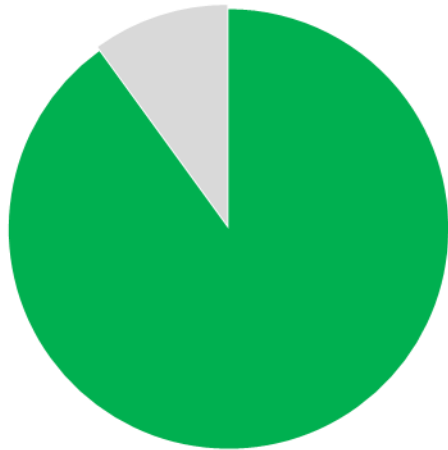
Bedarf: 38,3% Niedertemperaturwärme

**Anteil Niedertemperaturwärme am
Endenergieverbrauch in Deutschland**

Potential

Umgebungsenergie
am Anfall

Erneuerbarer Energie

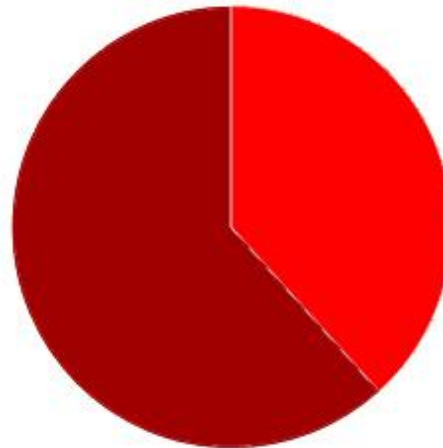


> 94 %

Bedarf

Niedertemperatur-
wärme

an Endenergie



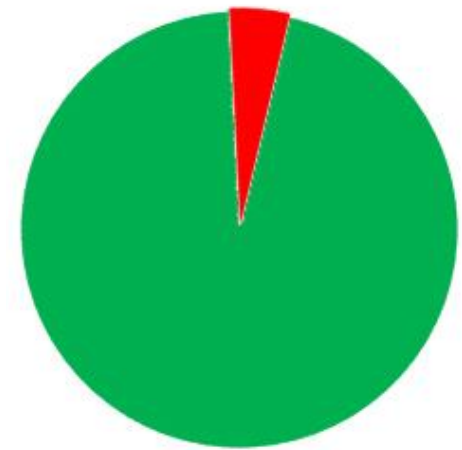
38,3%

Nutzung

Anteil

am Potential

Umgebungsenergie



3,6 %

**Relative Bilanz
der Niedertemperaturwärme 2016**

Quo vadis Energiewende ?

Nicht „Erneuerbare“ reduzieren

**3 Hauptrichtungen durch eine
4. Hauptrichtung erweitern !**

2.

**Energiewende
und
Wärmepumpen**

**Ist eine 4. Hauptrichtung
technisch real ?**



	Nieder- temperatur- bedingung	Speicher- fähigkeit	Verfüg- barkeit
Wasser	+++	+++	+
Erdreich	+	++	++
Luft	++	+	+++
Erdwärme	+++	++	++
Solarabsorber	++	++	++

Photovoltaik-Abwärme ? Abwärme ?

**Vielfalt sowie Vor- und Nachteile der
Wärmequellen für Wärmepumpen**

Besonderheiten der Wärmequellen für Wärmepumpen WQ

WQ im Niedertemperaturbereich

WQ in der Umgebung, d.h. Umweltenergie

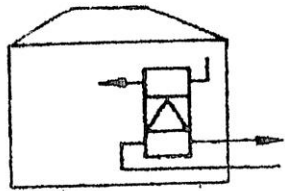
WQ werden so genutzt, wie sie anfallen, ohne
exergetische Aufkonzentration in der Fläche

WQ unterscheiden sich von Bio-, Wind-, Photovoltaik
Benötigen weniger Kulturlandschaft, dem Grenz-
problem bisheriger EEG-Nutzung

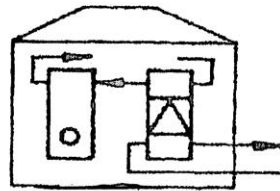
**Nutzwärme mit Niedertemperaturen wird jedoch
immer dezentral benötigt**

**Niedertemperatur - Erneuerbare Energien
(Umgebungs- und Erdwärme) fallen
immer dezentral; an jedem Ort an**

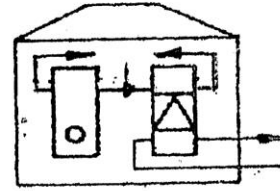
**Warum nutzt man die dezentrale
Angebot und Nachfrage – Übereinstimmung
zu wenig ?**



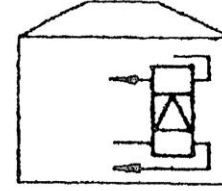
Monovalente Wärmepumpe



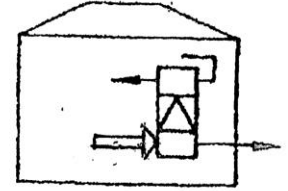
Bivalent-parallelele WP



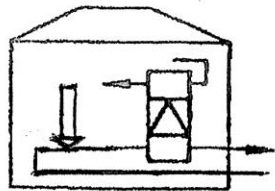
Bivalent-alternative WP



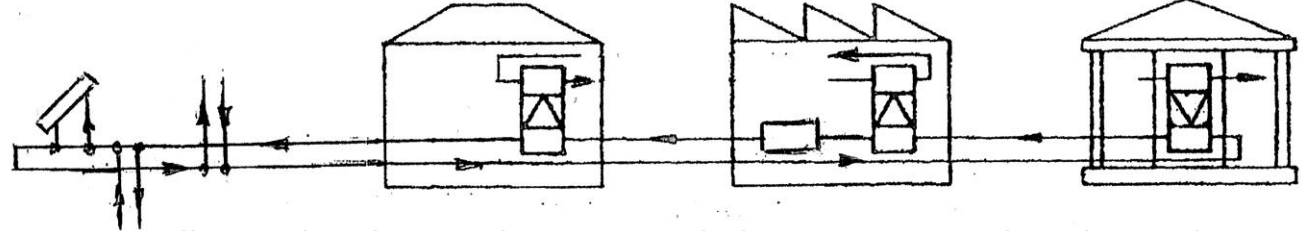
Wärme-Kälte-Kopplung



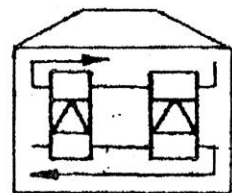
Abwärme-Wärmepumpe



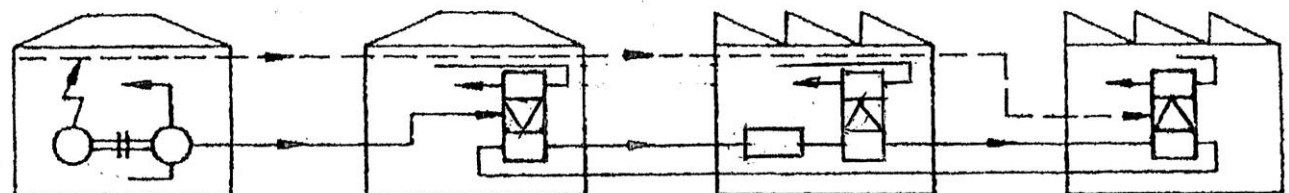
Mehr-Quellen WP-Anlage



Wärmequellen-Verbund: Umweltwärme- und Abwärme- Sammel- und Verteilernetz mit Wärmepumpen



Wärmepumpen Reihenschaltung



Total-Energieverbund mit BHKW, Absorptions-Kältemaschine und Wärmepumpen

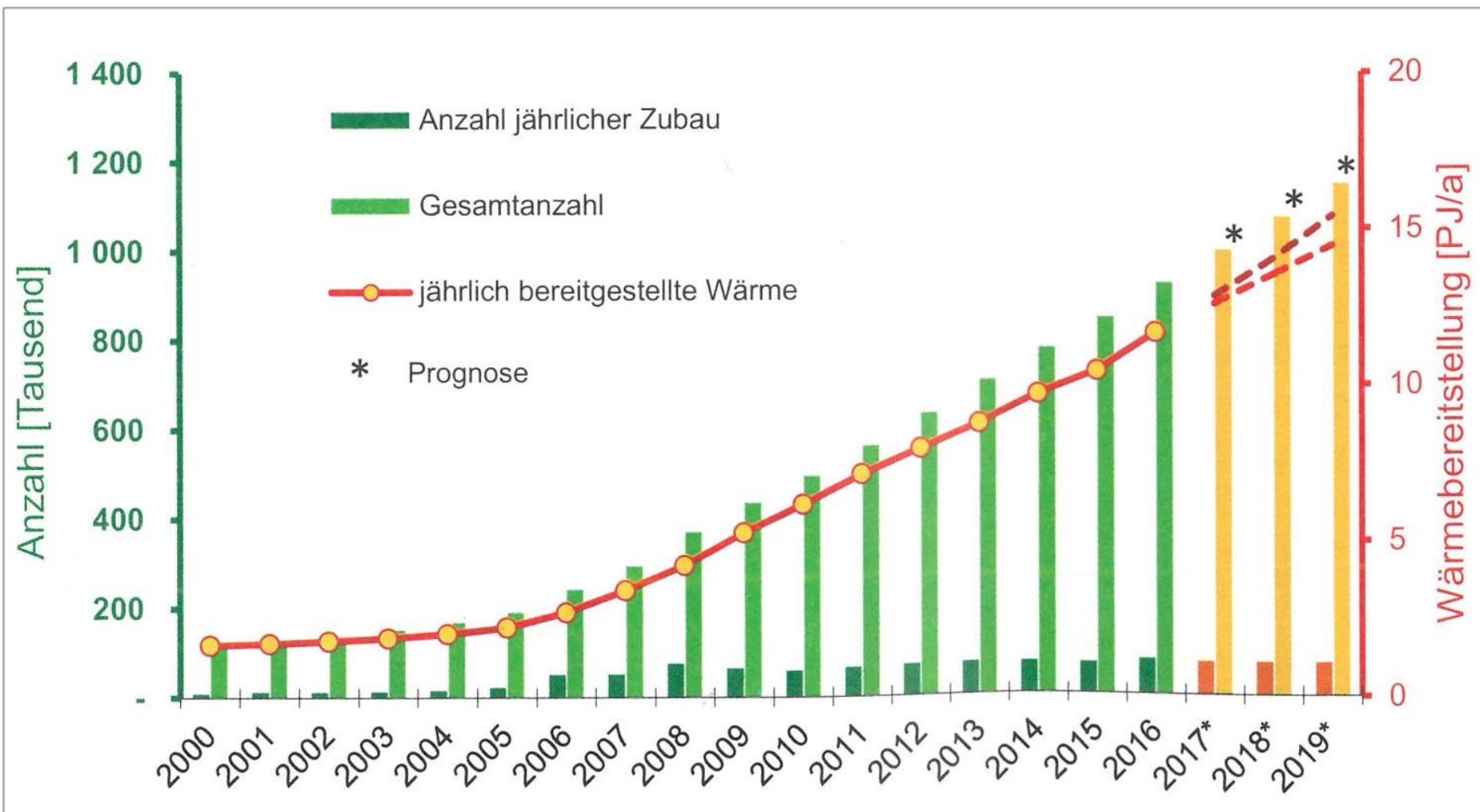
Die Vielfalt an Wärmepumpen, Schaltungen und Anlagengestaltungen ist groß

Auf den Punkt gebracht:

**Es gibt
effektive Technologien**

mit der Wärmepumpe

Eine langjährig ausgereifte Technologie



2016: 754000 Heiz- + 210000 BWW-Wärmepumpen im Betrieb

Quelle: BWK 4/2017 Seite 70

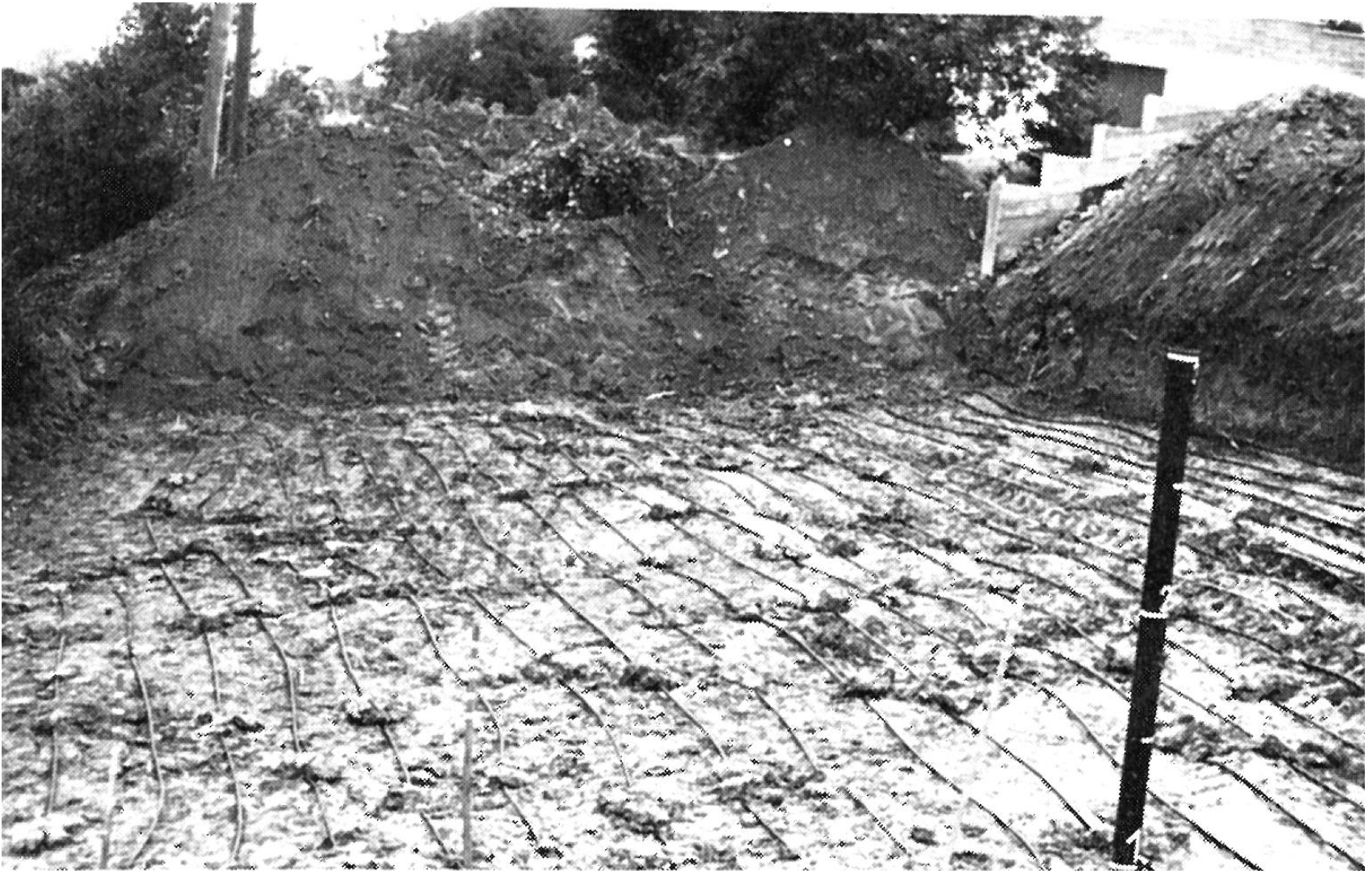
**Welche Möglichkeiten bietet die
Speicherung
niedertemperierter Solarwärme
für den Wärmepumpeneinsatz ?**

**Es gibt viele Lösungen die genutzt werden
und noch andere die entwickelt werden**

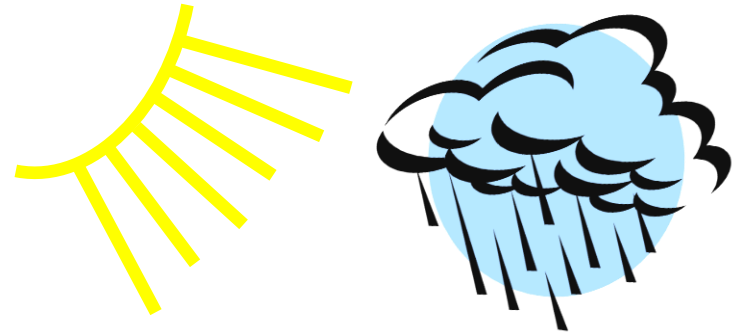
Aus den Erfahrungsschatz

Ein Beispielweitergedacht!

In der Natur speichern



Erdreich-Solarkollektor und Speicher im Bau
Historisches „Oldtimer“- Foto (nach Kim/Hadenfeldt)



Leichter Boden: 10...25 W/m²

Schwerer Boden: 25...35 W/m²

Erdreich / Sole - Wärmepumpe

Erdreich: Bewährter wirkungsvoller **Halbjahres-Speicher** der Solarenergie nahe der Erdoberfläche



Einfamilienhaus mit Erdreich-Solarkollektor

Im Frühling verbleibt etwas länger Schnee

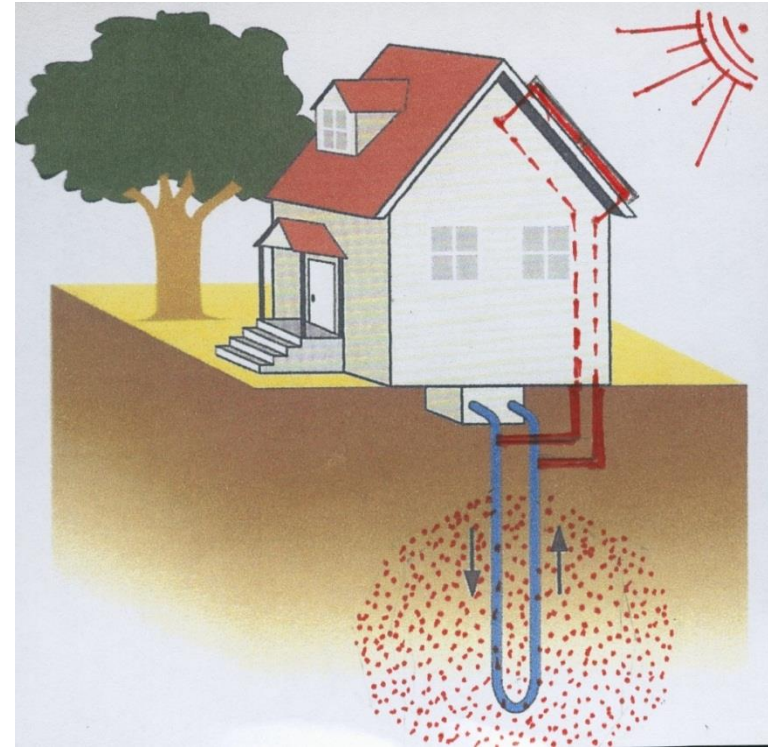
(nach Kim/Hadenfeldt)

Stand der Technik:
Erdreichsolarkollektor mit
Speicherung und Wärmepumpen



Halbjahresspeicher Niedertemperatur
Horizontal Tiefe 1,4 – 2 m

Neuer Weg:
Erdreichspeicher der Solarenergie
mit Sonden und Wärmepumpen



Jahresspeicher höher temperiert
Vertikal Tiefe 10 – 50 m

Mit Erdreichsonden und Wärmepumpen
Jahres- Erdreichspeicher der Solarenergie

Speicherung so tief, **das kein Einfluss auf die Vegetationszone**

Speichern nur dort wo **keine Aquiferen(Wasserleiter)**

Speichern **nur oberhalb 0°C**

Speicherverluste **durch Wärmeabfluß und damit Temperaturabsenkung sind vertretbar**

Nutzung **mit Wärmepumpen**

Randbedingungen für natürliche Wärme-Jahresspeicher im Erdreich

Wie ist die CO₂ – Umweltbelastung ?

bei Primärenergiefaktor $f = 1,8$

Wärmepumpen mit chemischen Kältemitteln:

z.B. R 410A, R 407C < 100 g CO₂/kWh

Zum Vergleich:

Ölheizung 330 g CO₂/kWh

Gasheizung 240 g CO₂/kWh

Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln:

z.B. Propan < 85 g CO₂/kWh

Zusammengefasst:

Es gibt effektive Technologien

mit der Wärmepumpe

Es gibt ein breites Sortiment

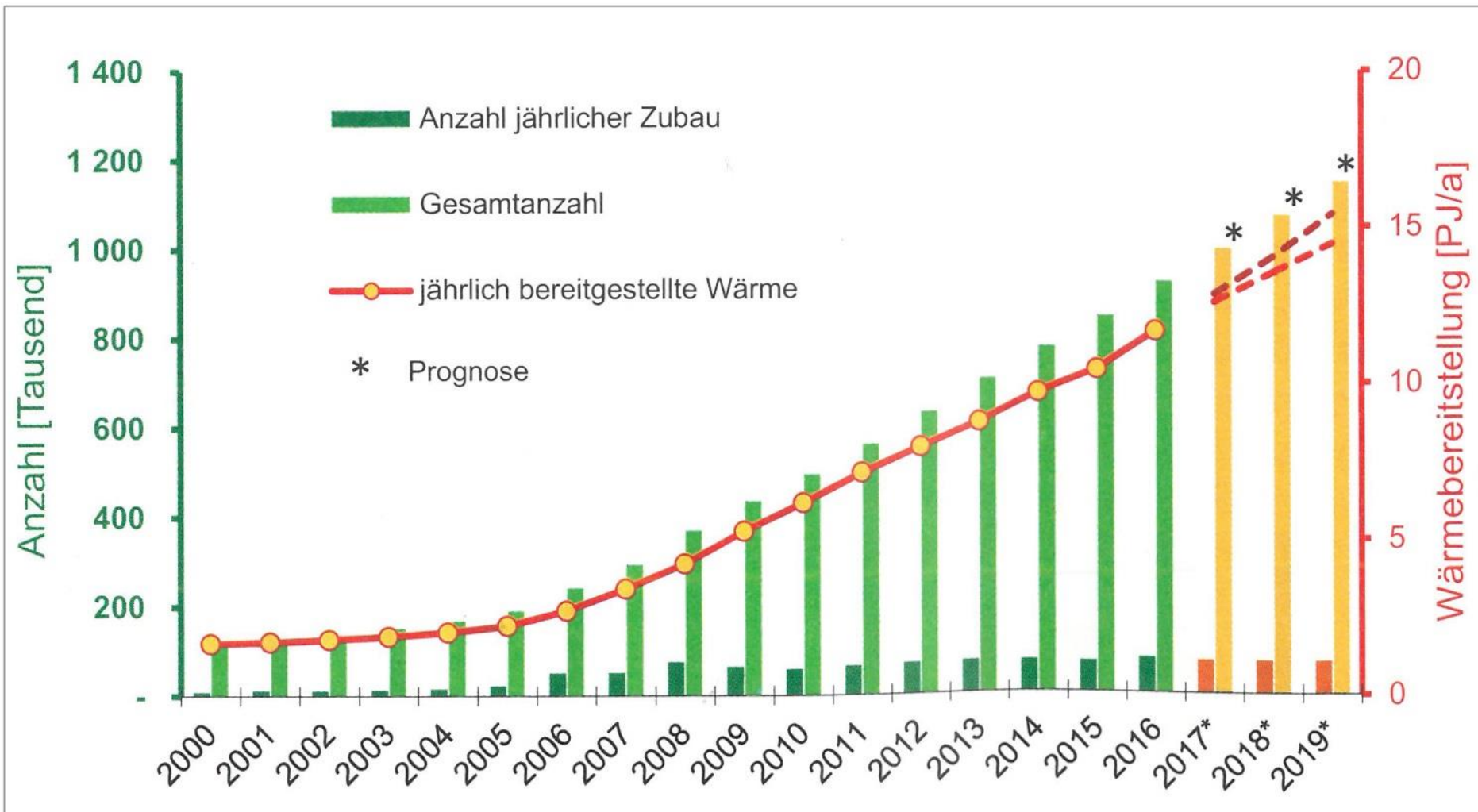
an Wärmepumpen

Die ökologisch beste Gebäudeheizung

ist die Wärmepumpe

und die Wärmepumpe hat noch ein

großes Entwicklungspotential



2016: 754000 Heiz- + 210000 BWW-Wärmepumpen im Betrieb

Aber nur 3,6% Anteil an erneuerbarer Energie

Aber nur 7,3% Anteil an erneuerbarer Wärmenutzung

3.

**Wärmepumpen
richtig bewerten**

Energiewende:

**Warum werden Wärmepumpen
wesentlich weniger
beachtet und gefördert ?**

Wärmepumpen benötigen zum Antrieb Strom !

**Mit allen anderen „Erneuerbaren“
wird Strom erzeugt !**

Wird deshalb

Niedertemperatur- Wärme

**das größte Potential der „Erneuerbaren“
unterbewertet ?**

Gebäudeheizung in Deutschland

48 % mit Erdgas

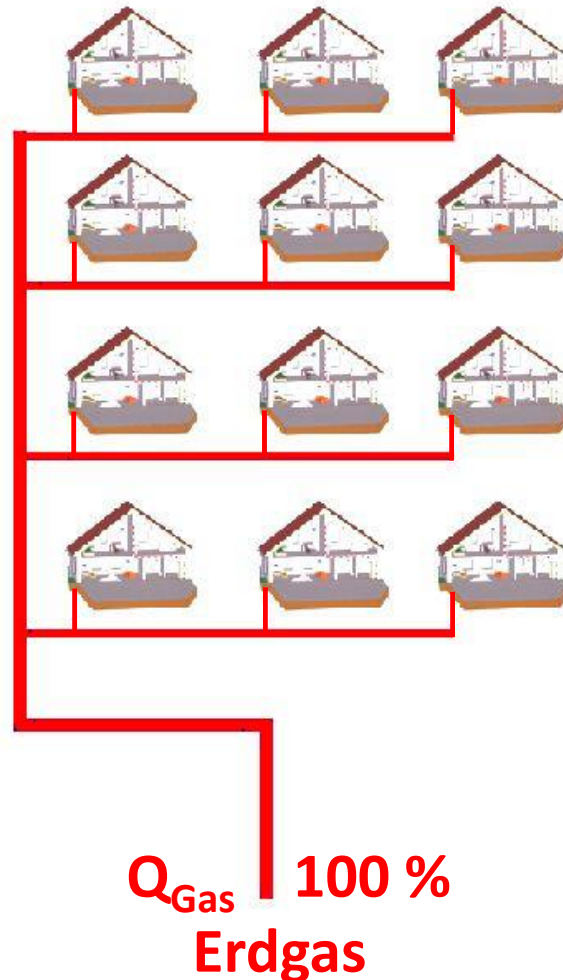
30 % mit Heizöl

3 % mit Kohle

**Ein großes Potential für
solare Niedertemperaturwärme**

Erdgasheizung $Q_H = 100 \%$

$\eta_K = 1,0$ Brennwertkessel



Wohnungsheizung mit Erdgas-Brennwertkessel

Ein geförderter Weg der Energiewende

Energieberechnung:

Energetisch geht die Rechnung auf!

Exergieberechnung:

Mehr als 70 % der Exergie wird vernichtet

**Die Arbeitsfähigkeit (Exergie) von Erdgas/
Heizöl wird beim Heizen verschwendet !**

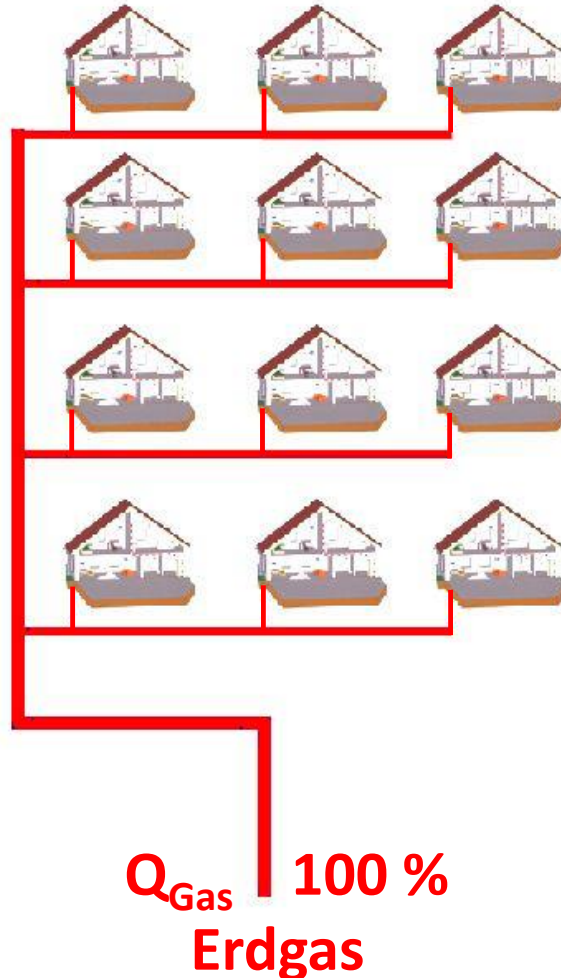
**Bei 20 grad C Gebäudeheizung
und ca. 2000 grad C**

**Verbrennungstemperatur
bleibt die Fähigkeit des Verfahrens
überdimensional ungenutzt**

Exergie wird $> 70\%$ vernichtet

Erdgasheizung $Q_H = 100 \%$

$\eta_K = 1,0$ Brennwertkessel

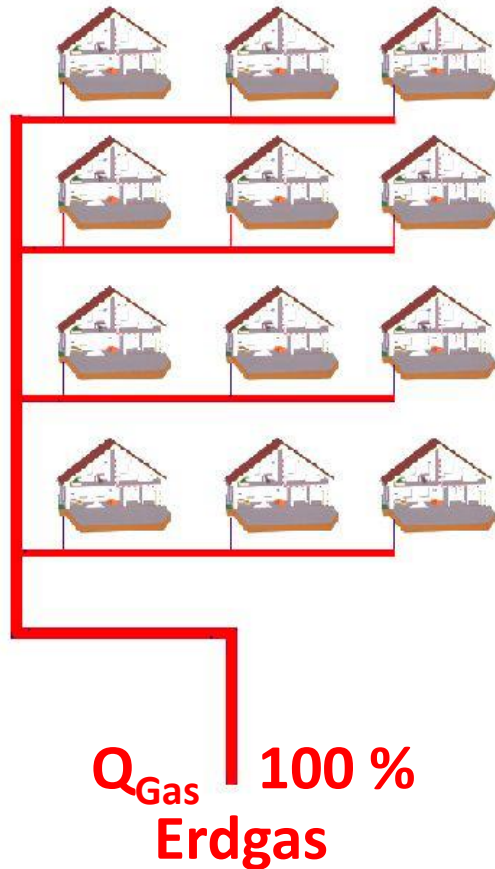


Wohnungsheizung mit Erdgas-Brennwertkessel

Wie das Erdgas substituieren ?

Gasheizung $Q_H = 100\%$

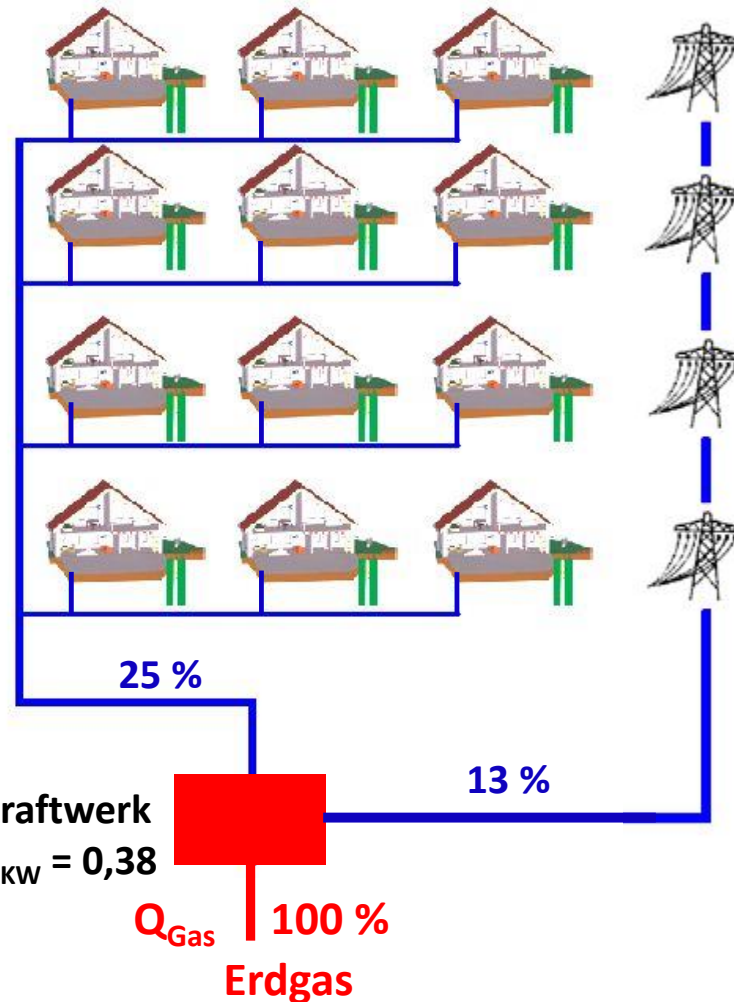
$\eta_K = 1,0$ Brennkessel



Wärmepumpenheizung $Q_H = 100\%$

davon 75 % Umweltenergie

COP=4



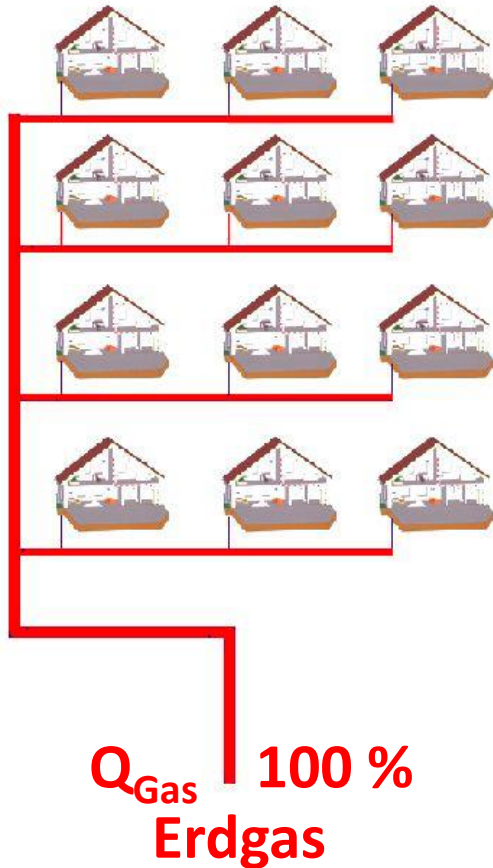
**Frei verfügbare
Elektroenergie**

**Freisetzen von Erdgas zur Gebäudeheizung
für Kraftwerke zur Wärmepumpenheizung der Gebäude**

Alter Strommix (Primärenergiefaktor = 2,6)

Gasheizung $Q_H = 100\%$

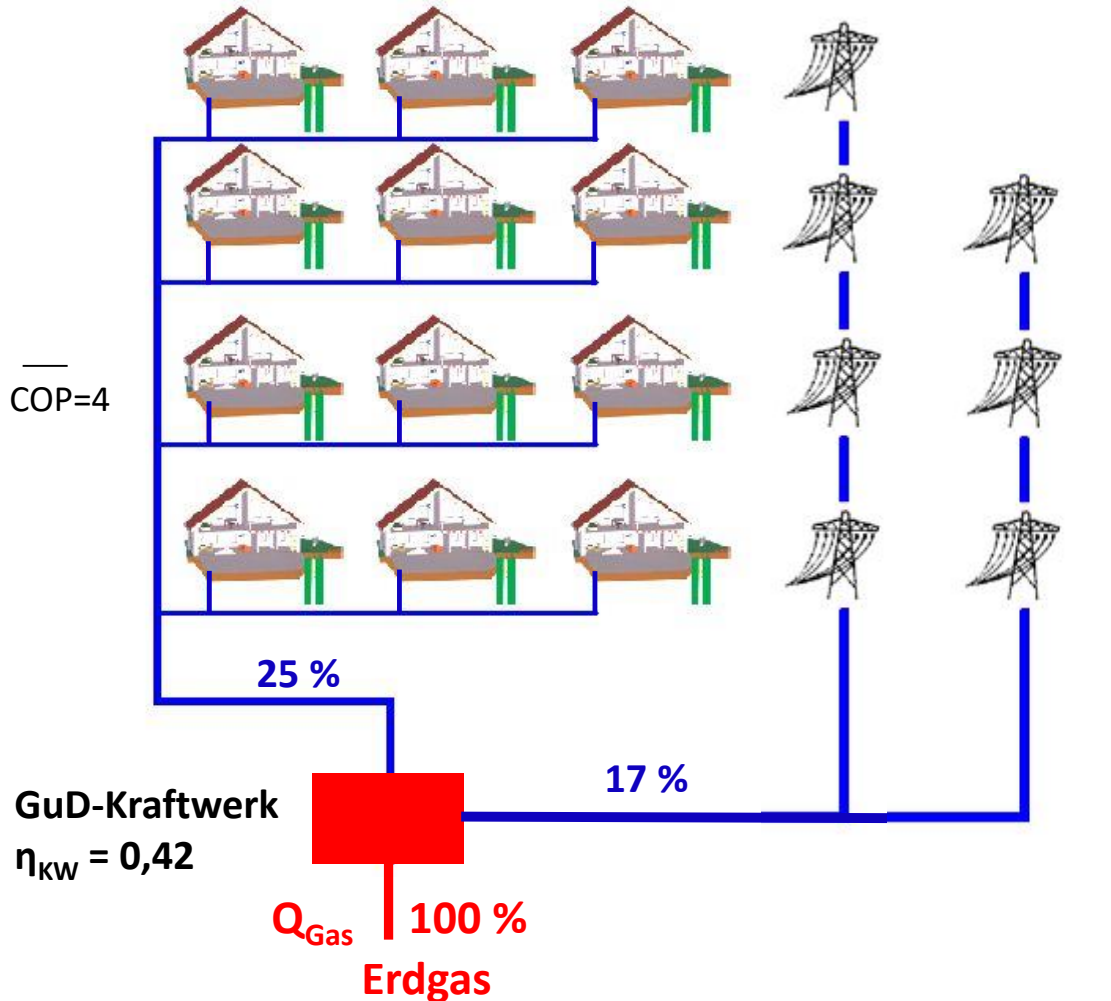
$\eta_K = 1,0$ Brennkessel



Wärmepumpenheizung $Q_H = 100\%$

davon 75 % Umweltenergie

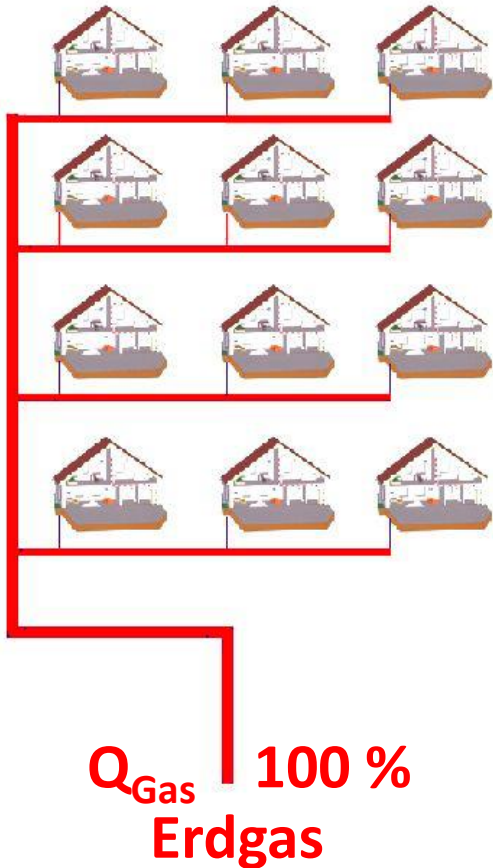
COP=4



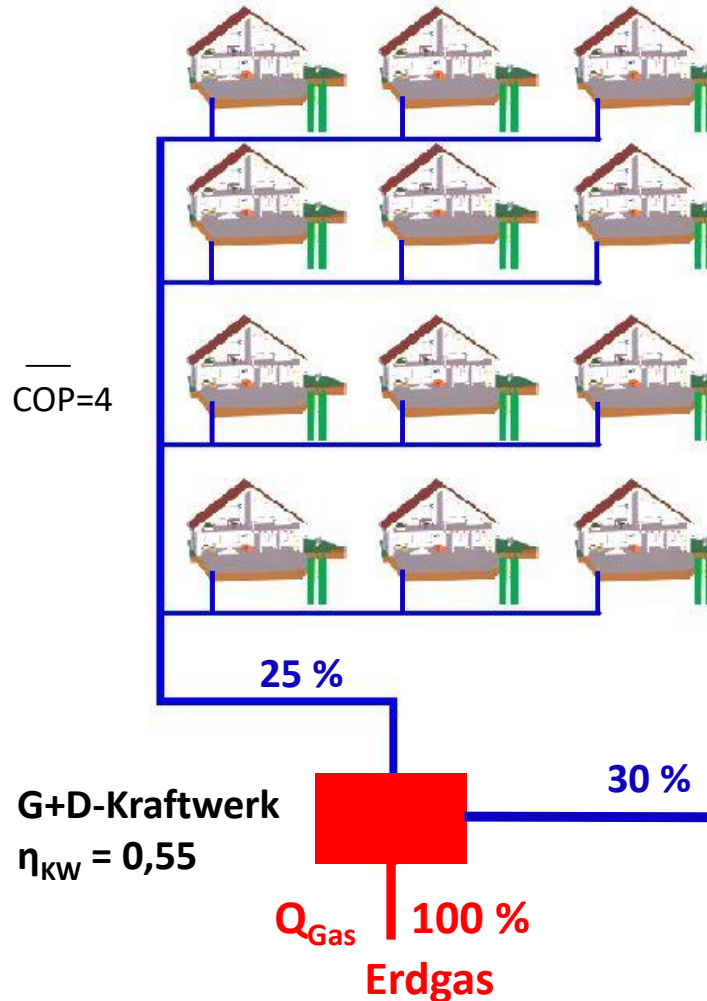
**Freisetzen von Erdgas zur Gebäudeheizung
für Kraftwerke zur Wärmepumpenheizung der Gebäude**

Schon länger Stand der Technik

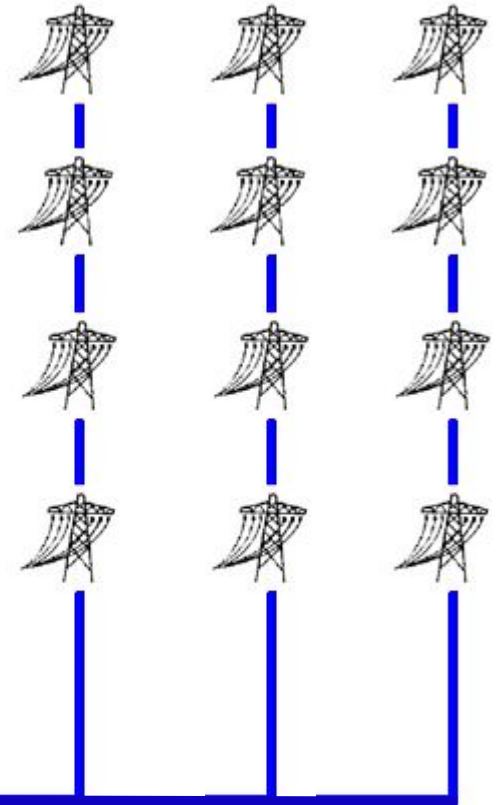
Gasheizung $Q_H = 100\%$
 $\eta_k = 1,0$ Brennkessel



Wärmepumpenheizung $Q_H = 100\%$
davon 75 % Umweltenergie



**Frei verfügbare
Elektroenergie**



**Freisetzen von Erdgas zur Gebäudeheizung
für Kraftwerke zur Wärmepumpenheizung der Gebäude**

Ab 2016 endlich mit Strommix Primärenergiefaktor = 1,8

**Bei Wärmepumpeneinsatz kann,
mit dem freigesetzten Gas und Öl,
elektrischer Strom
erzeugt werden ,
mehr als für die Antriebe der
Wärmepumpen benötigt wird**

GuD-Kraftwerk Irsching Eon

Block 4

530 MW

Block 5

820 MW

Siemens u.a., auch HSE

$$\eta_{KW} = 0,6$$

$$f = 1,66$$



Hochleistungsfähiges Gas-Kraftwerk 2013
Abschalten? Gebäude-Gasheizung bleibt ?

Energiewende und Regulierung des Energieverbrauches 2017 durch „Steuern, Abgaben, Entgelte, Umlagen“

Cent/kWh	Netto	Brutto
Heizöl	0,6	0,7
Erdgas	2,2	2,6
Diesel	4,7	5,6
Benzin	7,3	8,7
Strom	18,7	22,2

Belohnt wird: **Klimaschädlicher Energieverbrauch**

Bestraft wird: **Klimafreundlicher Energieverbrauch**

Nach Studie Agora Energietechnik

Zum Jahressprung der EEG – Umlage

Erneuerbare Energie Umlage

	2016	2017	Zunahme
	Cent/kWh	Cent/kWh	
Netto	6,35	6,88	8,3 %
MwSt.	1,21	1,31	0,1 Cent/kWh

„die Pfennigsammler“

**Für jede kWh Strom zum Antrieb von Wärmepumpen
wird trotz
Sonderkonditionen bei Wärmepumpenanwendung**

**ein Anteil zur Förderung Erneuerbarer Energien
gezahlt und dadurch die Wirtschaftlichkeit stark erschwert:**

Ein Aberwitz der Energiewirtschaft

**Die „Eine Erneuerbare“ muss die
„Anderen Erneuerbaren“ stützen,
dadurch den eigenen Einsatz verringern**

Resümee

für 4 gleichberechtigte Hauptrichtungen der Erneuerbarer Energien

Biomasse



Windenergie



Solarstrahlung



Solarwärme

**Umgebungs-
wärme**

Erdwärme

**Wärme-
pumpen**

1.

Da solare Umweltenergie das größte Potential an verfügbarer Erneuerbarer Energie hat (94%)

2.

Da in Deutschland 38% der Primärenergie für den Bedarf an Niedertemperatur-Wärme eingesetzt wird

3.

Da die Gebäudeheizung in Deutschland zu 78% mit Erdgas und Heizöl erfolgt

4.

Da die Wärmedämmung der Gebäude allein nicht ausreicht, um den Einsatz von Erdgas und Heizöl für die Gebäudeheizung drastisch zu senken

5.

Da die Erneuerbare Energie im Niedertemperaturbereich mit Wärmepumpen effektiv genutzt werden kann

6.

Da die Freisetzung von Erdgas und Heizöl aus der Gebäudeheizung für neue moderne Kraftwerke mehr elektrischen Strom liefert als für die Wärmepumpen benötigt wird

7.

Da die Bewertung des Stromes mit dem Primärenergiefaktor $f = 1,8$ dem Strommix entspricht und mit modernen Gaskraftwerken erreicht wird

8.

Da der Strompreis für den Wärmepumpenbetrieb gesenkt werden kann, wenn die Förder-Umlage für andere „Erneuerbare“ im Wärmepumpen-Strompreis wegfällt

9.

Da die CO_2 -Belastung durch Wärmepumpen, je nach Kältemittel, im Vergleich zur Gasheizung um mehr als 60 % und im Vergleich zur Ölheizung um mehr 70 % sinkt

10.

Da mit Wärmepumpen dezentral Erneuerbare Energie genutzt wird und weitgehend der Betreiber zugleich Nutzer ist

11.

Da die Förderung des Wärmepumpeneinsatzes auf das Niveau der anderen Erneuerbaren erhöht werden kann

12.

Da die Wärmepumpentechnik ausgereift ist, sich langjährig bewährt hat und Entwicklungspotential besitzt

ist es folgerichtig

**Niedertemperatur -
Erneuerbare Energie
mit Wärmepumpen**

zu einer zusätzlichen, gleichberechtigten

**4. Hauptrichtung der Energiewende
zu gestalten**

**Fortschritt ist noch
keine Leistung,
es kommt auf
die Richtung an**

Jean Giono