# AA IV.21

## Rückblick zur Wärmepumpenentwicklung

Rainer M. Jakobs

**DMJ - Consulting**
**Breuberg**

# „Geschichtliches“ im Vortragsprogramm der Arbeitsabteilungen

**Arbeitsabteilung I Kryotechnik**

I.05 Kryotechnik – die letzten 75 Jahre – und was kommt jetzt?

L. Decker, Linde Kryotechnik AG, Pfungen, Schweiz
H. Quack, BITZER Professur für KKK; TU Dresden

**Arbeitsabteilung II.1 Grundlagen und Stoffe der Kälte- und Wärmepumpentechnik**

II.1.15 Die Umweltrelevanz historischer (u. heutiger) Kältemittel

J. Schwarz, Ice Tex; Sponholz-Rühlow

**Arbeitsabteilung II.2 Anlagen und Komponenten der Kälte- und Wärmepumpentechnik**

III.2.17 Geschichte der lamellierten Wärmeübertrager-Hersteller in Deutschland

R. Handschuh, Refplan Ingenieur-Büro, Schäftlarn

**Arbeitsabteilung III Kälteanwendungen**

III.03 Kältetechnische Meilensteine im Supermarkt

B. Heinbokel, Carrier Kältetechnik Deutschland GmbH

**Arbeitsabteilung IV Klimatechnik u. Wärmepumpen-anwendung**

IV.21 Rückblick zur Wärmepumpen-entwicklung

R. M. Jakobs, DMJ Consulting, Breuberg

1947 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2022

# AA IV.21

## Rückblick zur Wärmepumpenentwicklung

Rainer M. Jakobs

**DMJ - Consulting**
**Breuberg**

# Agenda:

- Historie
- Wesentliche Impulse durch Energiekrisen
- Komponenten und Systeme
- Warmwasserwärmepumpe
- Wärmepumpenwäschetrockner
- Wärmepumpenmarkt
- Aktuell

1800 … 1900 1935 1970 2000… 2010

# Thermodynamisches Heizen mit Wärmepumpen

Der französische Physiker Sadi Carnot hat im Jahre 1824 mit dem Kreisprozess den Nachweis der bestmöglichen thermodynamischen Maschine für die Erzeugung mechanischer Arbeit erbracht und mit dem Begriff der Irreversibilität den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik beschrieben.

Die Umkehrung des Carnot´schen Kreisprozesses zu einem Linksprozess führte 1835 durch das Patent von Jacob Perkins zum Geburtsjahr der modernen Kaltdampfmaschine.

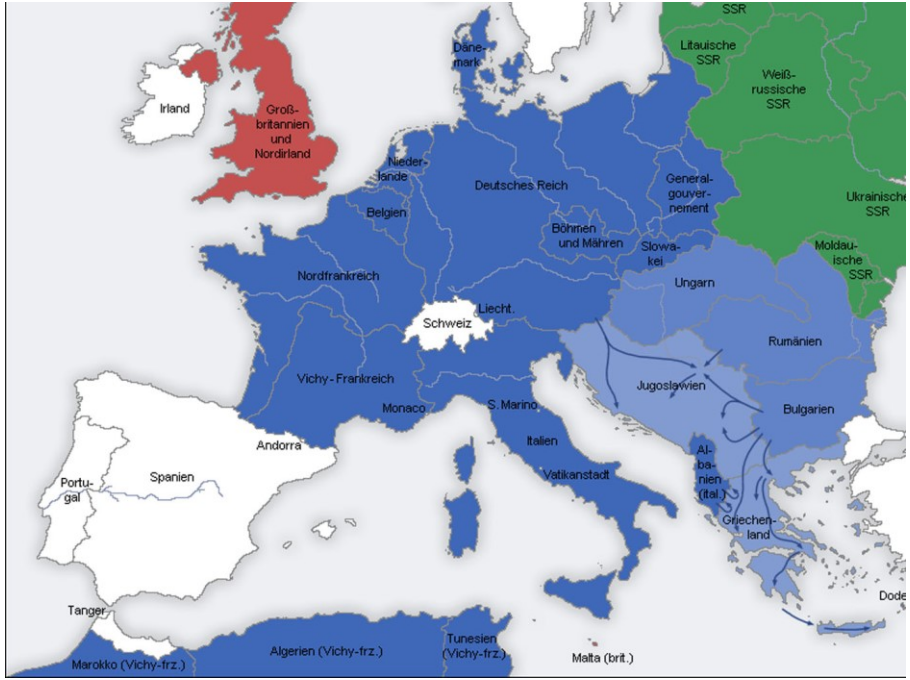
Das Arbeitsprinzip der Wärmepumpe, Wärme mit Hilfe eines thermodynamischen Kreisprozesses auf ein höheres Temperaturniveau zu „pumpen", beschrieb im Jahre 1852 der englische Physiker William Thomson (Lord Kelvin) mit seinem mechanischen System zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden [1,2].

Der Begriff „Wärmepumpe“ wurde wahrscheinlich zum ersten Mal von G. Flügel im Jahre 1920 in Deutschland geprägt [3].

Die ersten Anwendungen des Wärmepumpenprinzips für die Gebäudeheizung erfolgten in den 20er und 30er Jahren des letzten Jahrhunderts [4].

1800 | 1835 | …1852 | 1920 | 1930 | … | … | … | … | …

# Erste Energiekrise in der Schweiz im zweiten Weltkrieg: Ausbleiben der Kohlelieferungen aus Deutschland



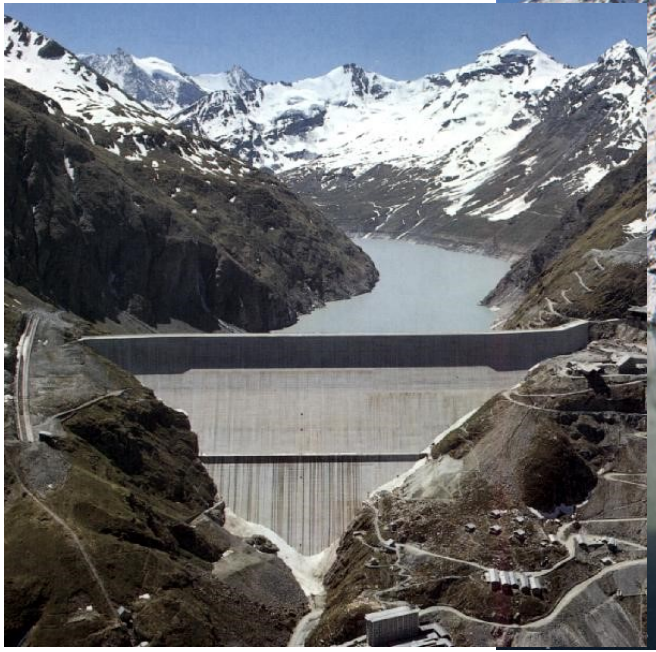

Vor und während dem zweiten Weltkrieg litt die Schweiz unter einer ernsthaften Knappheit des Kohlenachschubs. Das Bild illustriert die prekäre Situation der Schweiz zu jener Zeit.

*„Es war die **Schweiz**, ein an fossilen Energiereserven armes aber an hydroelektrischer Energie reiches Land, welches um 1939 - nach einigen Experimenten um 1930 – den **Anstoss zur Realisierung dieser Heizmethode** gab.“*

Quelle: Zogg [8]

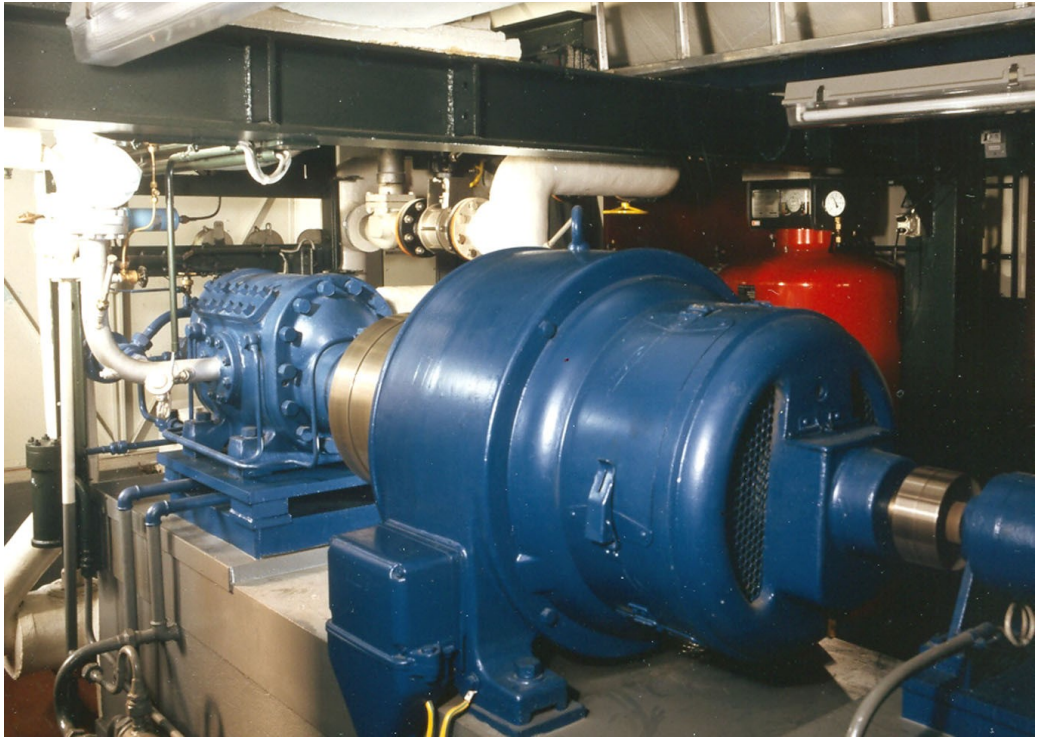
… … … 1938 … 1941 … 1943 …

# Die Schweizer Antwort: „Hydroelektrische Energie”



… … … 1938 … 1941 … 1943 …

# Schweizer Antwort: „Hydro electricity and heat pumps”



… … … 1938 … 1941 … 1943 …

# Schweizer Antwort: „Hydro electricity and heat pumps"

## 1938 Zurich City Hall

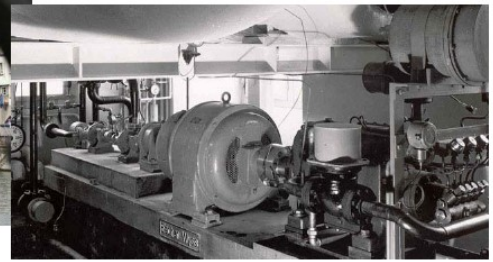
## The oldest still operational HP today

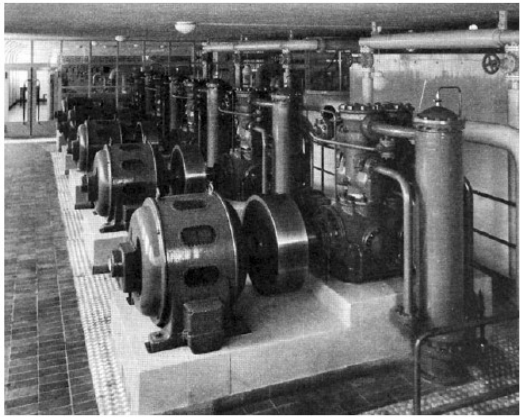
Replaced by a new HP in 2001

Since 2001 the historic HP → 1h/w

… … … 1938 … 1941 … 1943 …

# Rückblick zur Wärmepumpenentwicklung





… … … 1938 … 1941 … 1943 …

# Wärmepumpen in Zürich 1938-1943 [5]

| Art Jahr | Heiz-leistung kW | Leistungs-zahl | Vorlauf-temperatur | Wärme-quelle | Zusatz-heizung | Verwendung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rathaus 1938 | ges. 175 WP 81 | 2 | Wasser 60 °C | Fluß wasser | Elektr. 65 kW auf Speicher | Gebäudeheizung |
| Kongresshaus 1939 | 58 Kühlen:31 | 2,5 | Luft 30- 40°C | Luft | keine | Klimatisierung |
| Hallenbad 1941 | 1.500 | 3,5- 8 | Wasser 23 u. 45 °C | Flußwasser Abwasser Trafo-Abwärme | Elektr. 2.000 kW auf Speicher | Gebäudeheizung Wassererwärmung |
| Fernheizwerk ETH 1942 | 7.000 | 3 | Wasser 70 °C | Fluß wasser | Heizwerk | Gebäudeheizung |
| Amtshäuser 1943 | 1.750 | 4 | Wasser 50 °C | Fluß wasser | vorhandene Heizanlage | Gebäudeheizung |

… … … 1938 … 1941 … 1943 …

# Energiekrisen in den 70er Jahren

## Die Ölkrise: Autofreie Autobahnen am Sonntag

Die arabischen Erdöl exportierenden Länder beschlossen am 17.10. 1973 solange ihre **Produktion um 5 % zu drosseln**, bis Israel sich aus allen besetzten arabischen Gebieten zurückgezogen hatte.

**Öl als politische Waffe!**

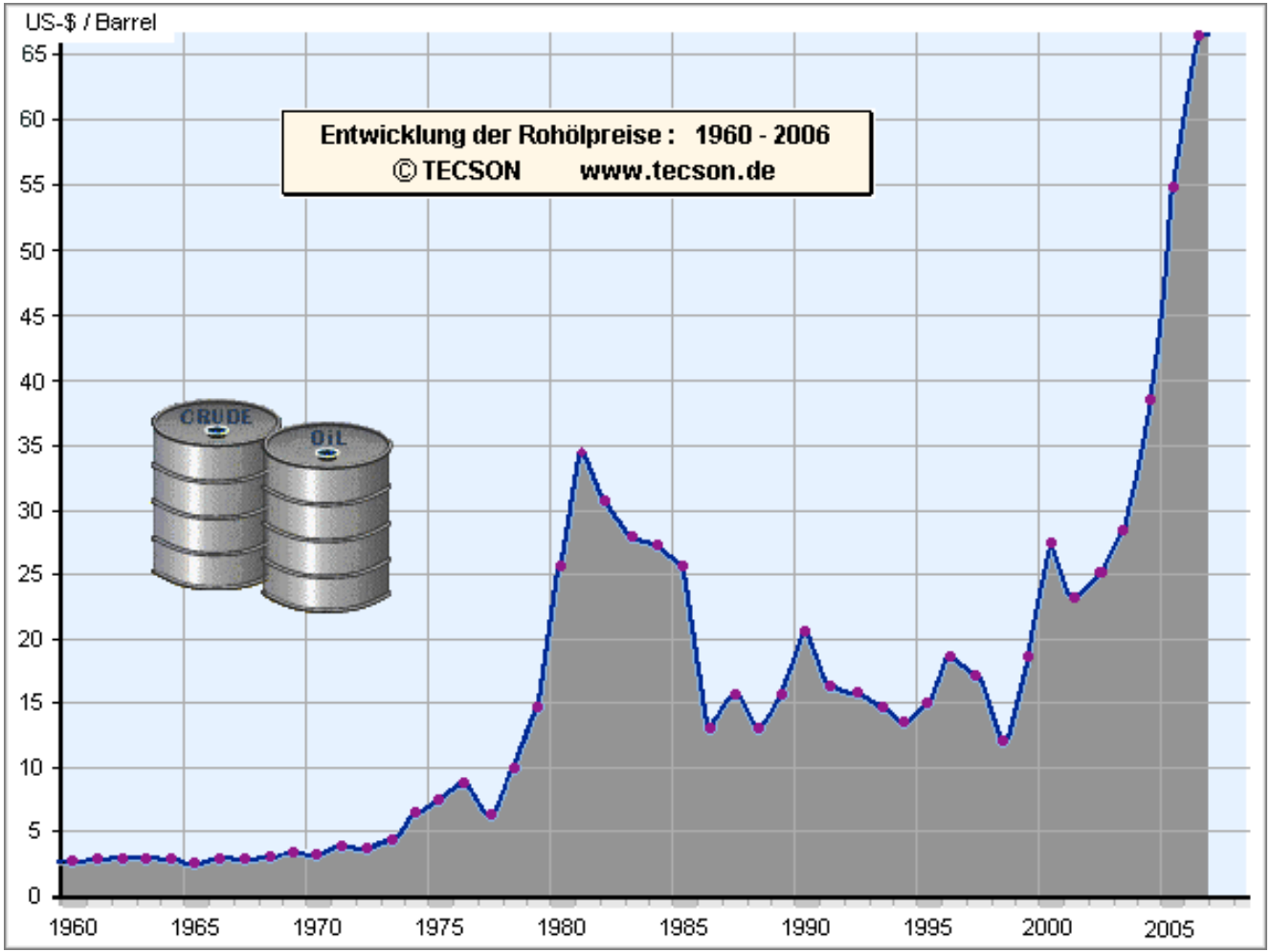
Am 5.11.1973 senkten sie sogar ihre Ölfördermenge um 25 % und der Rohölpreis vervierfachte sich. Alle israelfreundlichen Länder waren von dieser Maßnahme der arabischen Erdöl exportierenden Länder betroffen.
Die **Bundesrepublik** gehörte zu diesem betroffenen Kreis und deckte ihren **Rohölbedarf zu 75 % durch Importe aus diesen Ländern**.

Die deutsche Regierung erließ als Sofortmaßnahme eine **Geschwindigkeitsbegrenzung** auf Autobahnen auf 100 km/h und auf anderen Straßen auf 80 km/h. Weiter setzte sie Höchstabgabemengen pro Auto fest und verbot, Benzin in Kanistern zu tanken.

... 1970 ... ... 1985 ... ... ...

# Energiekrisen in den 70er Jahren
# Die Ölkrise: Autofreie Autobahnen am Sonntag

... | 1970 | ... | ... | 1985 | ... | ... | ...


US-$ / Barrel
Entwicklung der Rohölpreise : 1960 - 2006
© TECSON www.tecson.de
CRUDE
OIL
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005

# Energiekrisen in den 70er Jahren

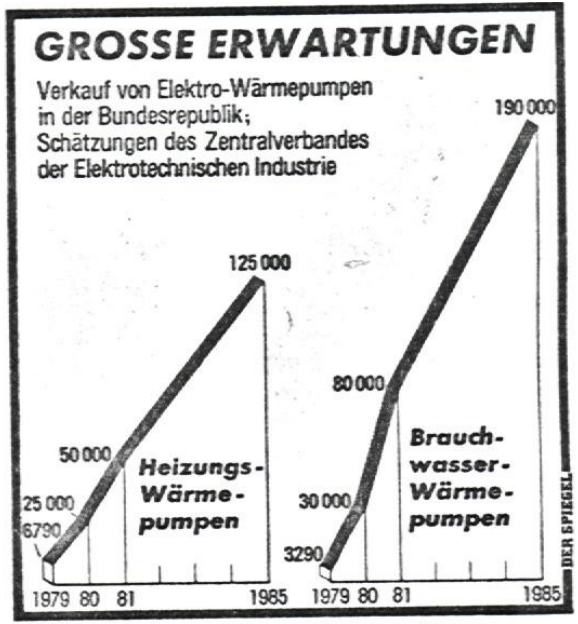
Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT)
Rationelle Energieverwendung:
Statusbericht 1976 enthält 61 Forschungsvorhaben
davon mehr als **10** speziell für Wärmepumpen

Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) und Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi)
Rationelle Energieverwendung:
Jahresberichte 1977 u. 78 :
jeweils mehr als **25 Vorhaben** mit Wärmepumpen

... 1970 ... ... 1985 ... ... ...

# Erwartungen im Jahre 1980:

„Heiße Ware aus Wasser, Luft und Erde“




„Der Spiegel“ Nr. 43/1980:

Wird die Wohnung mit Hilfe der „Ölspar-Maschine“ Wärmepumpe wieder preiswert warm?

... 1970 ... ... 1980 ... ... ...

# Wärmepumpen **Anbieter ISH 1983**

## 125 Aussteller mit dem Thema Wärmepumpen

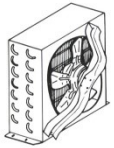
## 54 Aussteller wurden ausgewertet:

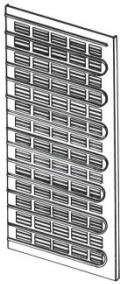
- Elektro Heiz WP — 48 Aussteller
  Davon:
  - Luft/Wasser — 44
  - Wasser/Wasser — 33
  - Sole/Wasser — 28
- Elektro- Warmwasser WP — 31
- Gas- + Dieselmotor WP — 7
- Absorptions WP — 5

... 1970 ... ... 1983 ... ... ...

## Wärmepumpen in den 70er Jahren

# Komponenten



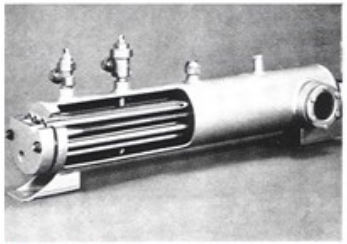


H-Kompressoren mit optimalem Wirkungsgrad für Wärmepumpen

**Erste Produktionen in 1976**

... | 1970 | ... | ... | 1985 | ... | ... | ...

# Wärmepumpen in den 70+80er Jahren **Komponenten**



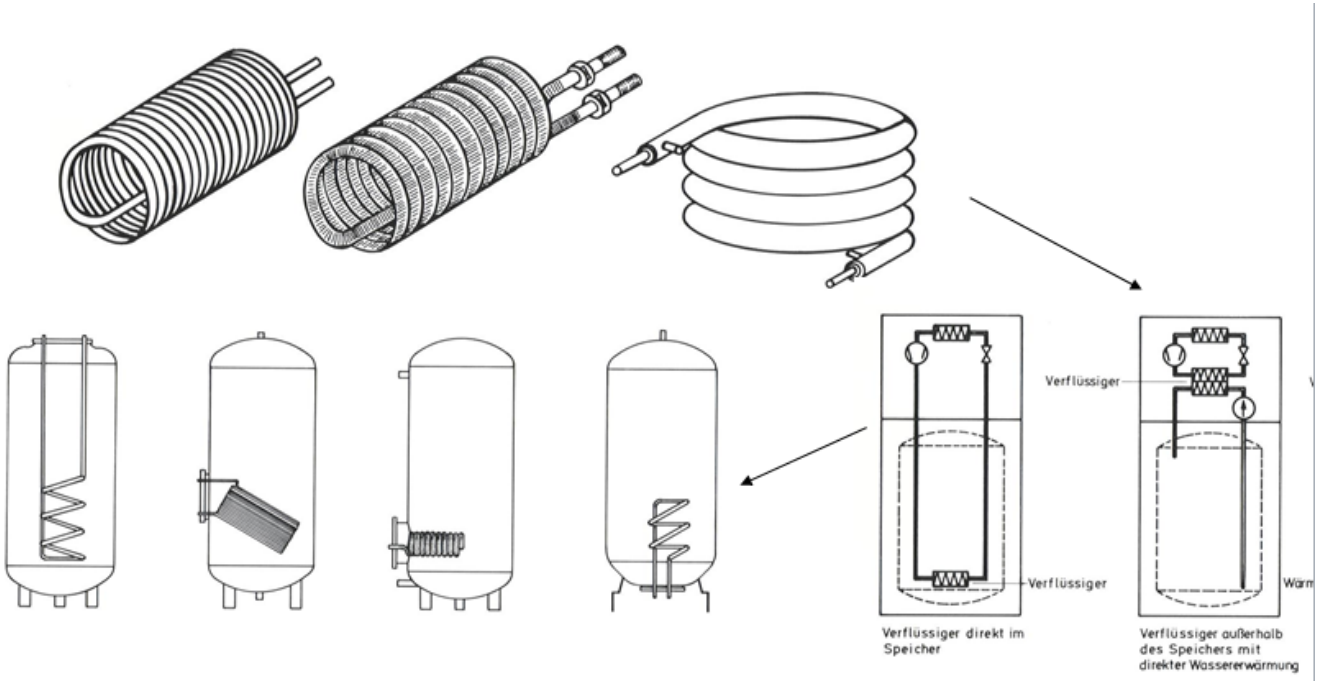
Rohrbündel WT

Topfkondensator

Koaxial WT

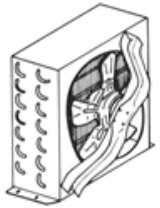
... | 1970 | ... | ... | 1985 | ... | ... | ... | ...

# Wärmepumpen in den 70+80er Jahren **Komponenten**




... 1970 ... ... 1985 ... ... ...

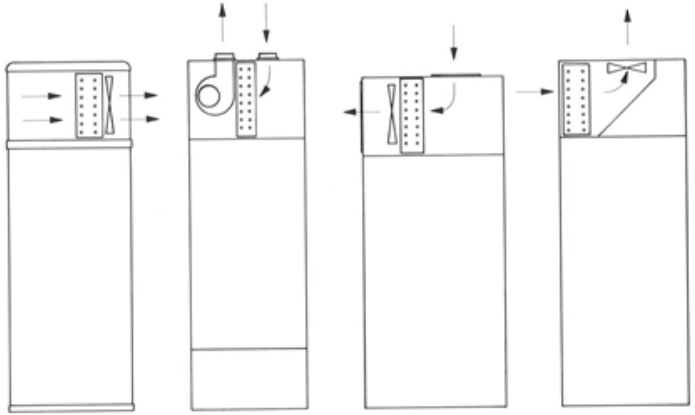
# Wärmepumpen in den 70er-80er Jahre **Komponenten**



**Verdampfer bei der W- WP**

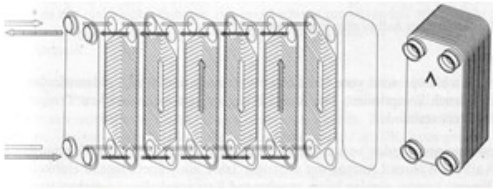
**Luftführung: freiblasend**
**Luftkanal - Anschluss**

**Axial Radial Ventilatoren**



... | 1970 | ... | ... | 1985 | ... | ... | ...

# Wärmepumpen in den 80+90er Jahren **Komponenten**



**Platten WT**

**Koaxial WT**

u. a. m.

**Rohrbündel WT**

... 1970 ... ... 1985 ... ... ...

Wärmepumpen in den 80er Jahren

# Komponenten

... | 1970 | ... | ... | 1985 | ... | ... | ... | ...

# Wärmepumpen-kompressoren

Hohe Motorwirkungsgrade durch optimierte 4polige Einbaumotoren, extrem niedrige Wicklungstemperaturen bei gleichzeitig hoher Überlastbarkeit, sehr niedere Kurzschluß- und Anlaufströme und damit geringe Netzbelastung, gute Verdichterwirkungsgrade durch große Ventilquerschnitte.

von ½ bis 60 kW Antriebsleistung

Bit
Gn
Es
70
Te
Te

# Wärmepumpen-Verdichter

halbhermetisch und offen, für jeden Anwendungsfall die optimale Lösung

- hoher Verdichterwirkungsgrad und stabile Leistungscharakteristik
- lange Lebensdauer durch robuste Konstruktion und vernünftige Drehzahl
- Leistungsregelung durch Zylinderabschaltung
- optimierte Einbaumotoren (Halbhermetik) hoher Wirkungsgrad, sehr niedrige Anzugsströme, extrem niedrige Wicklungstemperatur

**Bitzer Kühlmaschinenbau**
GmbH & Co. KG
Eschenbrünnlestraße 15
7032 Sindelfingen
Tel. (07031) 81063, Telex 07265852

# Wärmepumpen-Verdichter

Bitzer

halbhermetisch und offen, für jeden Anwendungsfall die optimale Lösung

- hoher Verdichterwirkungsgrad und stabile Leistungscharakteristik
- lange Lebensdauer durch robuste Konstruktion und vernünftige Drehzahl
- Leistungsregelung durch Zylinderabschaltung
- optimierte Einbaumotoren (Halbhermetik) hoher Wirkungsgrad, sehr niedrige Anzugsströme, extrem niedrige Wicklungstemperatur

**Bitzer Kühlmaschinenbau**
GmbH & Co. KG
Eschenbrünnlestraße 15
7032 Sindelfingen
Tel. (07031) 81063, Telex 07265852

Lückenloses Wärmepumpenprogramm bis zu 80.000 kcal/h im TERAMEX Heizsystem

## »Baureihe TX 5000, Heizleistung 10 bis 93 kW«

Abgestuft in 11 Baugrößen, anschlußfertig, probebetrieben, in 7 verschiedenen Ausführungen. Beispielhaft in der Ausstattung und Leistung, beispielsweise mit Brauchwassererwärmung – ME, MK –, für Alternativbetrieb – A –, für höhere Temperaturen bis + 60° Vorlauf – MH –. Übersichtlich im Aufbau und im Detail. Konsequent werden ausschließlich langlebige Komponenten eingesetzt, beispielsweise das »Herz«, der Kompressor, halbhermetisch, niedertourig – 1450 UpM –, reparabel.

Ein dichtes Netz von Anlagenbauern sorgt für Fachberatung und Service in ständiger enger Zusammenarbeit.

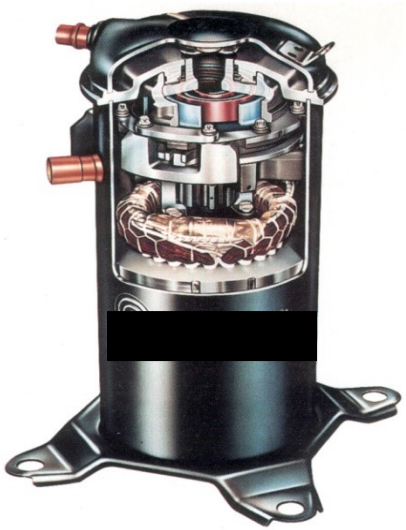
Unübertroffen, wirtschaftlich bei ganzjähriger Wärmequelle wie Grundwasser oder Freifläche für Erdwärmeentzug. Zusätzliche Wärmequellen wie Dachabsorber sind im Erprobungsstadium.

Für ein kostenloses Angebot genügen die Grundrißzeichnungen der Bauplanung.

TERAMEX HEIZSYSTEM

**WATERKOTTE WÄRMEPUMPEN**
Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Horsthauser Straße 2 · 4690 Herne 1
☎ 02323/50543 · Telex 8229850 wath d

# Wärmepumpen Komponenten ~2000



... 1970 ... ... 1980 ... ... 2000

# Wärmepumpen **Kältemittel**

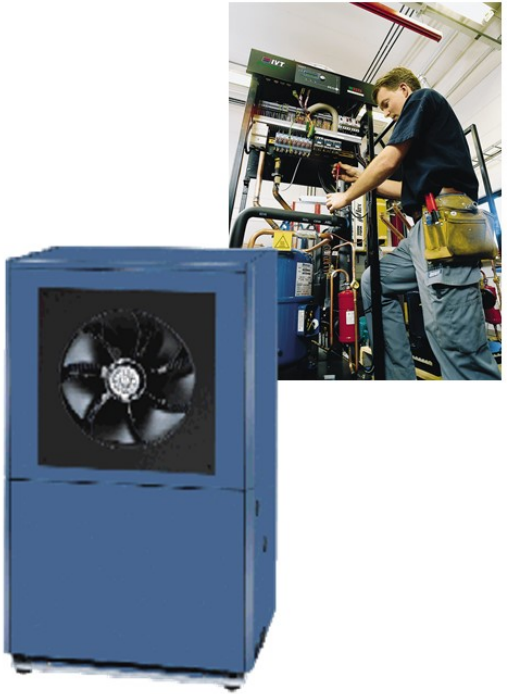
| 1970 | | 1980 | | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R12 | | | R134a | | R134a | |
| | R22 | | | | R 290 | | R 410A |
| | | | | | R1270 | | |
| | R502 | | | | R404A | | |
| | | | | | R407C | | |

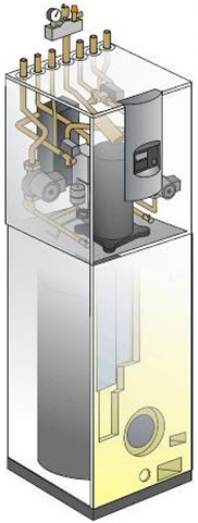
R744 ($CO_2$) ist derzeit in der Forschung + Entwicklung

... 1970 ... ... 1980 ... ... 2005

# Wärmepumpen

~2007





... 1970 ... ... 1980 ... ... 2007

# Warmwasserwärmepumpe [6]

**Dez 1950 ASRE Meeting USA**

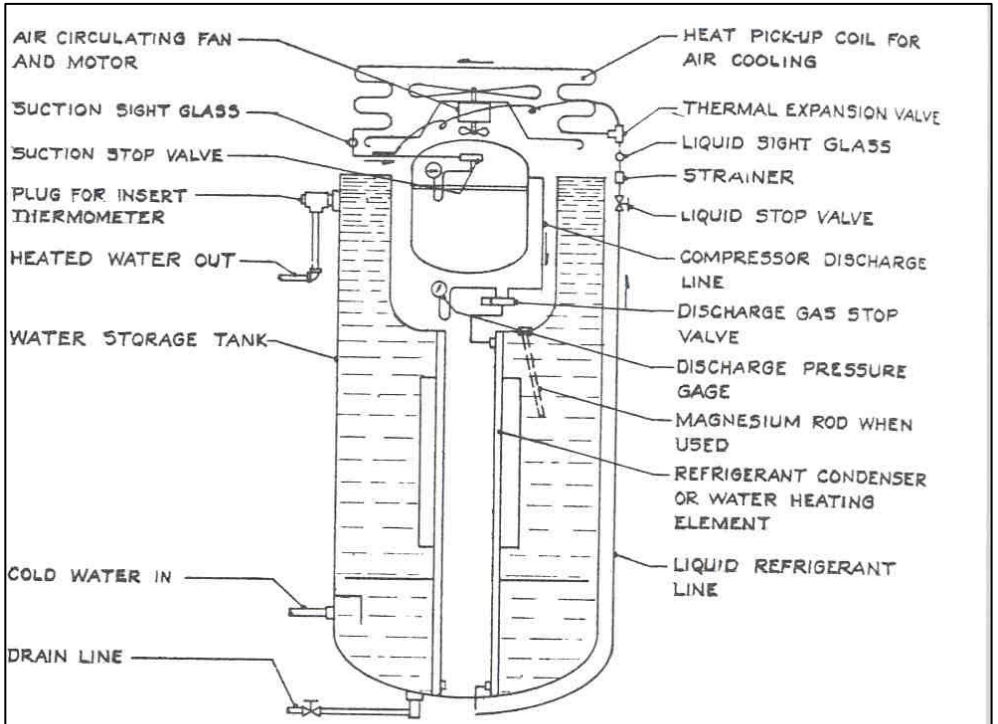



Fig. 3. Drawing shows arrangement of components in heat pump water heater.

1951: "Das RWE hat z. Zt. eine kleine Wärmepumpe zur Deckung des Warmwasserbedarfs im Haushalt in Auftrag gegeben und hofft, in Kürze nachweisen zu können, daß die Wärmepumpe in der künftigen Elektrizitätsanwendung die ihr gebührende Rolle spielt."

# Linde 1957

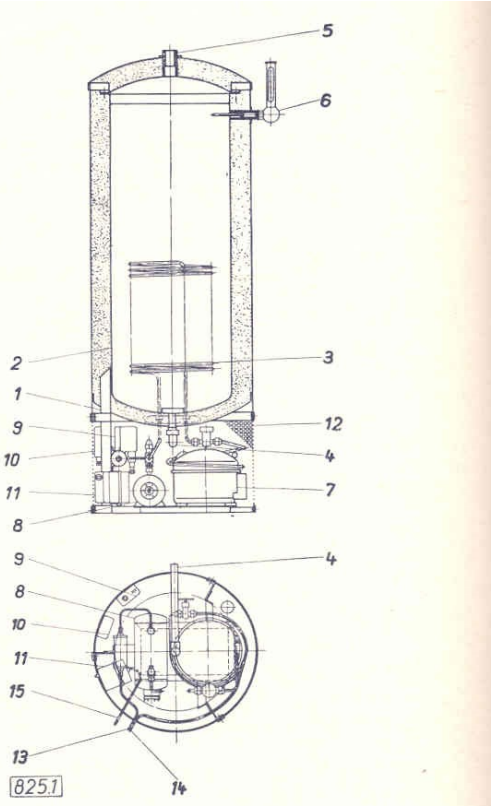


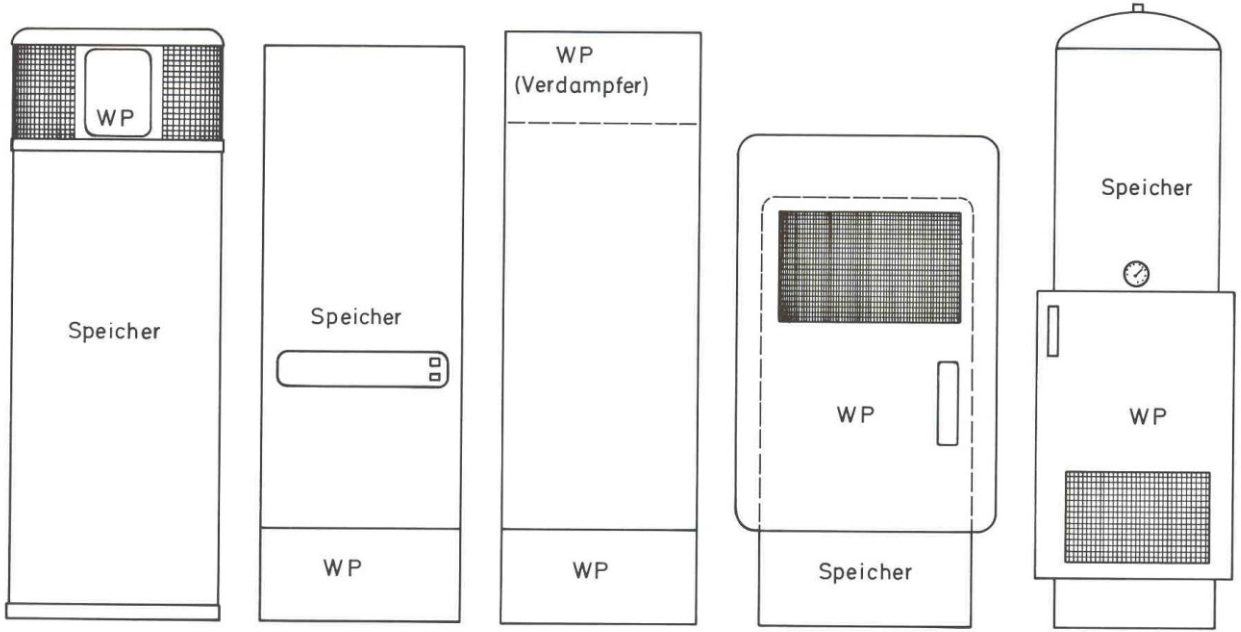

**Bild 1.** Schnittbild vom Warmwasserspeicher mit eingebautem Kältesatz Bauart *Linde*

1 Grundgestell
2 Speicherbehälter
3 Verflüssigerschlange
4 Kaltwasserzulauf
5 Warmwasserablauf
6 Thermometer
7 gekapselter Motorverdichter
8 Sammelflasche
9 Pressostat
10 Überdrucksicherheitsschalter
11 Schaltschütz
12 gelochtes Verkleidungsblech
13 Kältemittel-Flüssigkeitsleitung
14 Kältemittel-Saugleitung
15 Stromzuführung und Steuerleitungen

... 1950 1957 ... 1980 ... ... 2007

# Warmwasserwärmepumpe 1982

**“Der kleine Bruder”**




... | 1950 | 1957 | ... | 1980 | 1982 | ... | 2007

# Anforderungen an das Gerät in den 80er Jahren (von Seiten der Nutzer)

**Minimale Betriebskosten**

**Zuverlässig**

**Wartungsarm**

**Hohe Lebensdauer**

**Einfache Bedienung**

**Kurze Aufheizzeiten**

**Hoher Warmwasserkomfort**

**Superleise**

**“Für die ist immer ein Plätzchen frei”**

# Anforderungen vom Installateur

**Informationsunterlagen für die Verkaufsberatung**

**Intensive Schulung**

**Einfacher Transport**

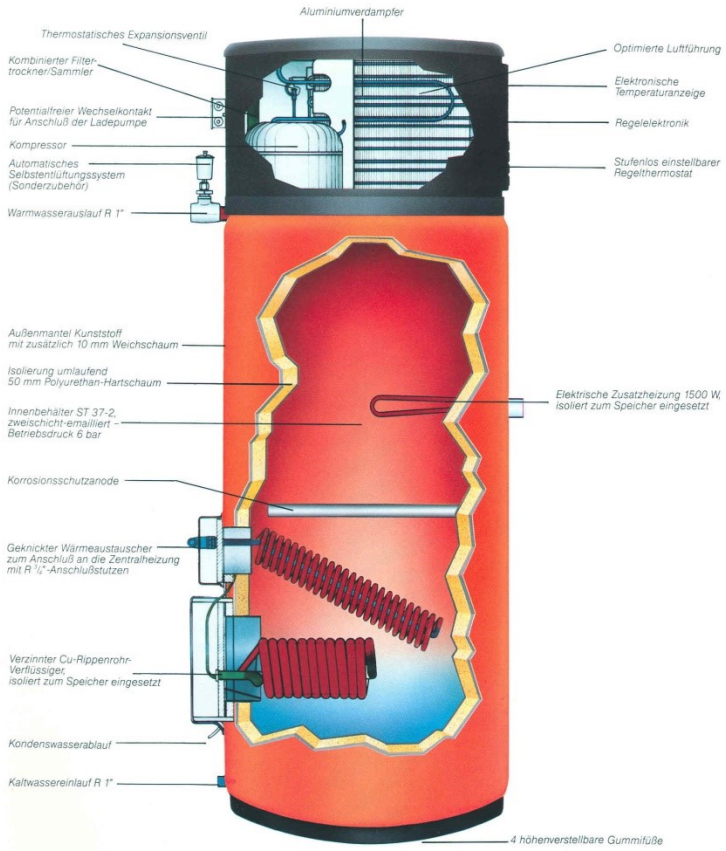
**Problemlose Installation**

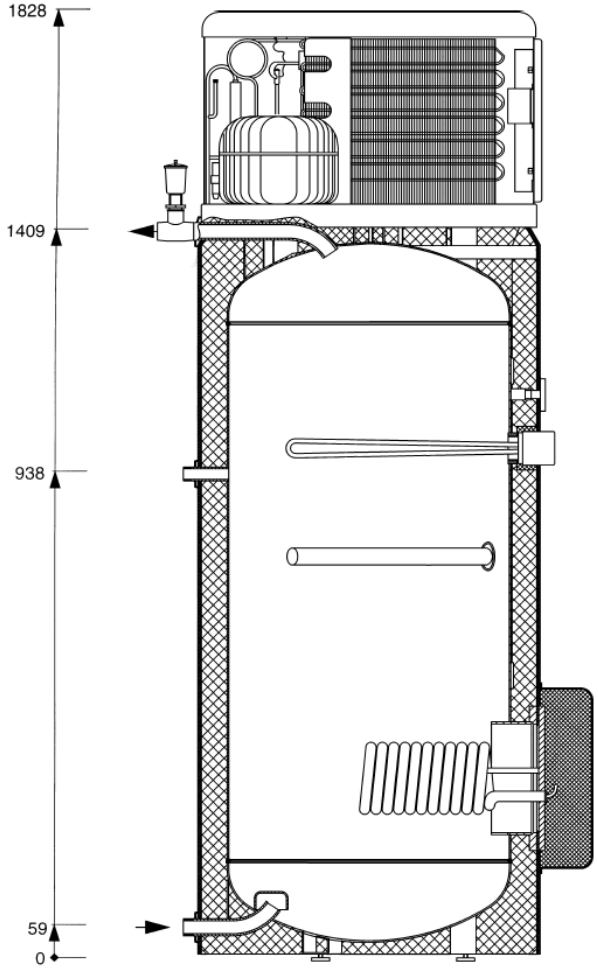
**Regionaler Kundendienst**

**Klare Vertriebswege des Herstellers**

**“Die haben das richtige Format”**

# Energie-Spar-Technik.



**“Gerade Sommerzeit ist Wärmepumpenzeit”**

# Marketingkonzepte

**“Mehr Klarheit durch Wahrheit”**

- Abtrennung der Warmwasserversorgung von der Heizung
- Warmes Wasser mit Strom
- WWP ist ein ausgereiftes Elektro-Hausgerät
  Image vom Kühlschrank nutzen
- WWP lohnend - energiesparend - zukunftssicher
- WWP wirtschaftlich und umweltfreundlich
- WWP ölunabhängig
- Vergleich WWP mit herkömmlichen Heizungen
- Kombination von WP-Kessel-Solar

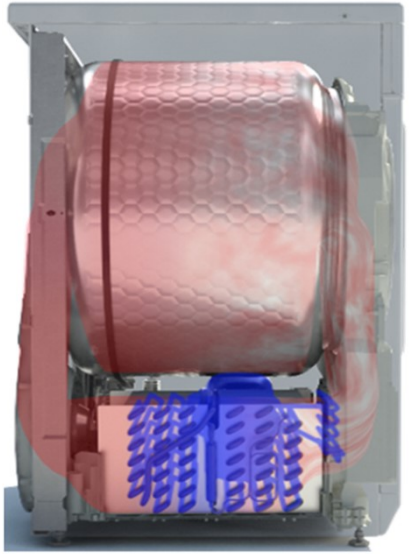
... 1950 1957 ... 1980 1982 ... 2007

| | Wärmepumpen Stückzahlen D | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | **1982** | **1985** | **1990** | **2000** | **2004** |
| **Heizen** | 14.000 | 3.000 | 400 | 5.700 | 12.500 |
| | | | | | |
| **Warmwasser** | 40.000 | 26.000 | ~5.000 | 3.500 | 3.800 |

# Wärmepumpenwäschetrockner

## Erste Versuche bereits in den 70er Jahren, Durchbruch ab 2005

### Wärmepumpentrockner – Das Prinzip



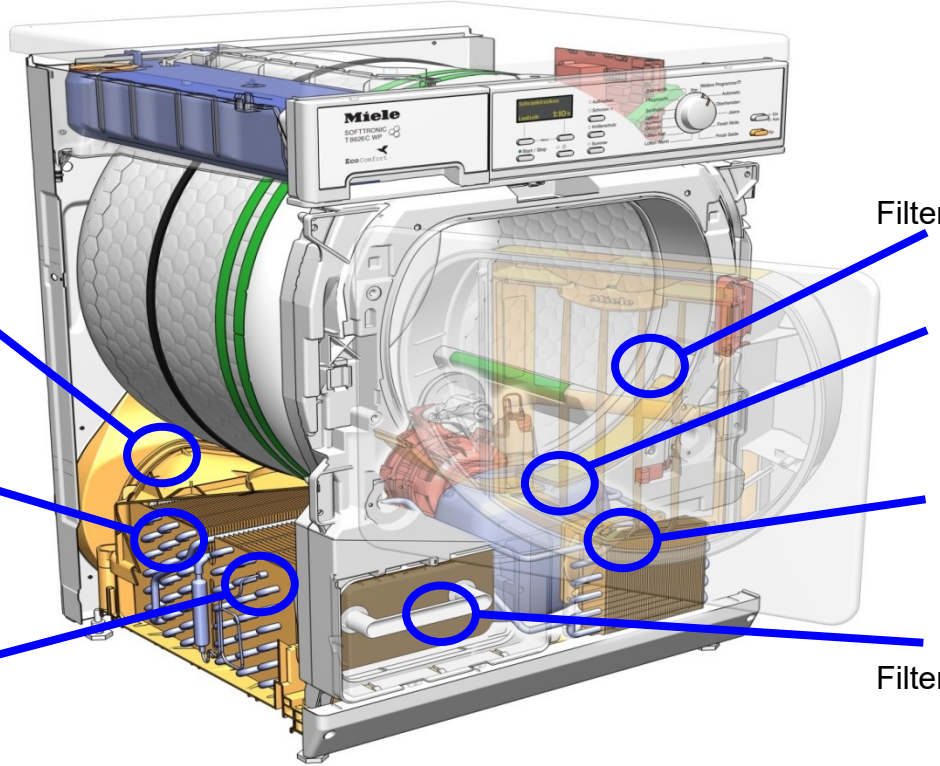
Zwei geschlossene Kreisläufe:

Prozessluftkreislauf – zum Trocknen der Wäsche

Kältemittelkreislauf – zum Entfeuchten und Erwärmen der Prozessluft

... | 1970 | ... | ... | 2000 | ... | 2008

# Wärmepumpentrockner – Das Prinzip




**Prozessluftgebläse**
Förderung Prozessluft

**Verflüssiger**
Erhitzung Prozessluft

**Verdampfer**
Wärmerückgewinnung aus Prozessluft

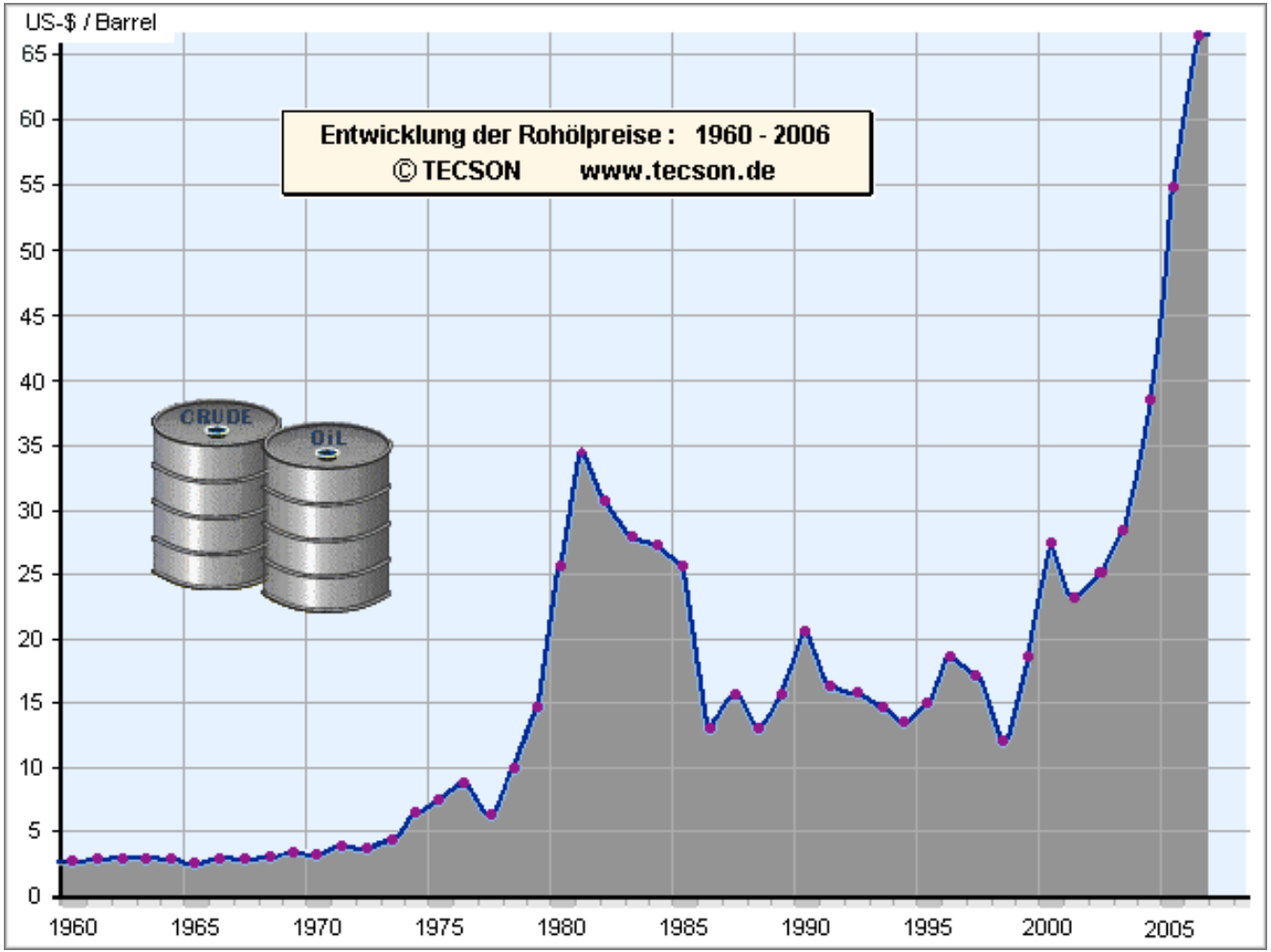
**Flach- und Feinfilter**
Filterung Flusen aus Prozessluft

**Kompressor**
Erhitzung Kältemittel

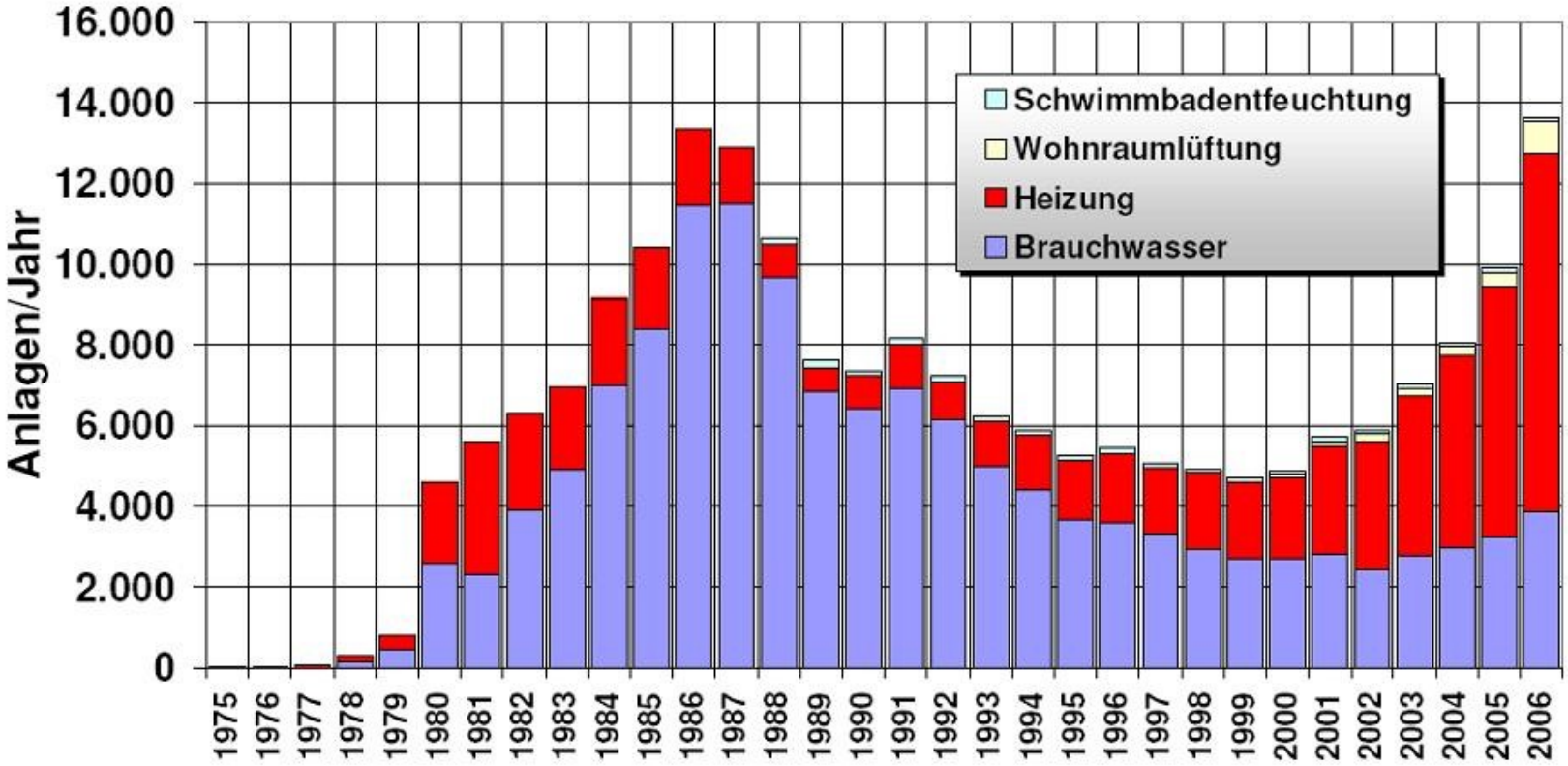
**Unterkühler**
Entkopplung Energie aus Kältekreislauf

**Feinfilter**
Filterung Flusen aus Prozessluft

# Markt [9]

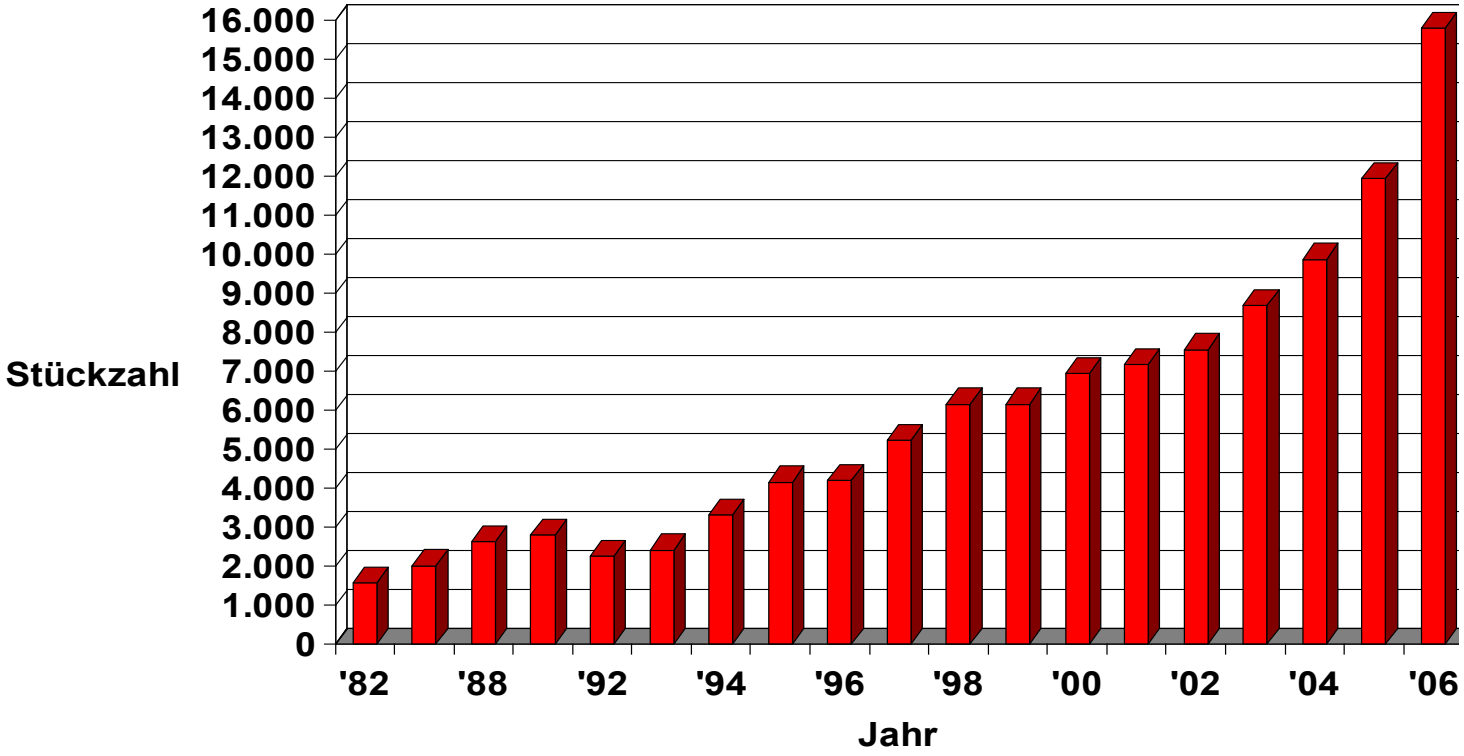

US-$ / Barrel
Entwicklung der Rohölpreise : 1960 - 2006
© TECSON www.tecson.de
CRUDE
OIL
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005

# Wärmepumpen-Markt Österreich




(Source: Faninger, 2007)

# Wärmepumpen-Markt Schweiz



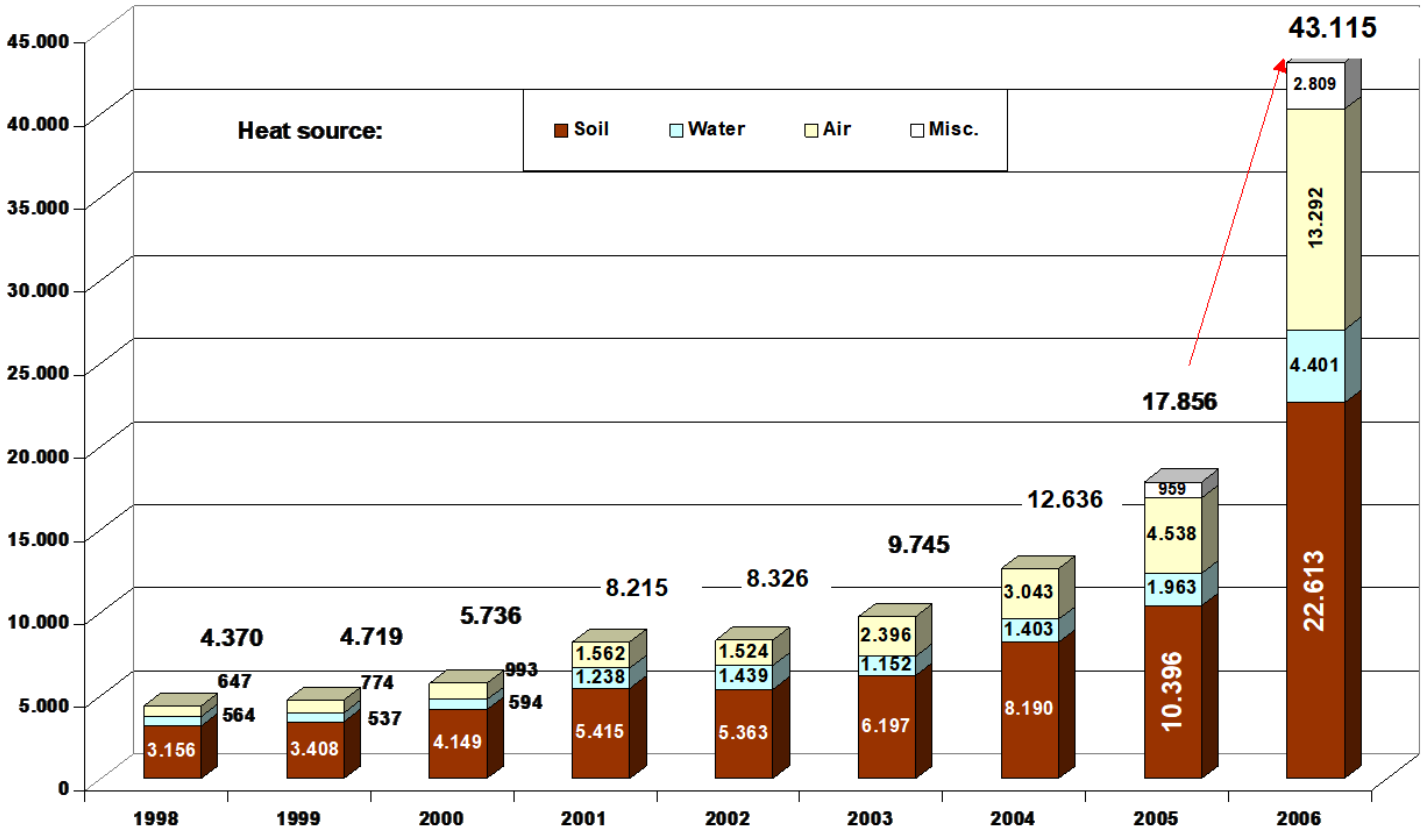

(Source: fws ch)

# Systeme gestern und heute ~2007

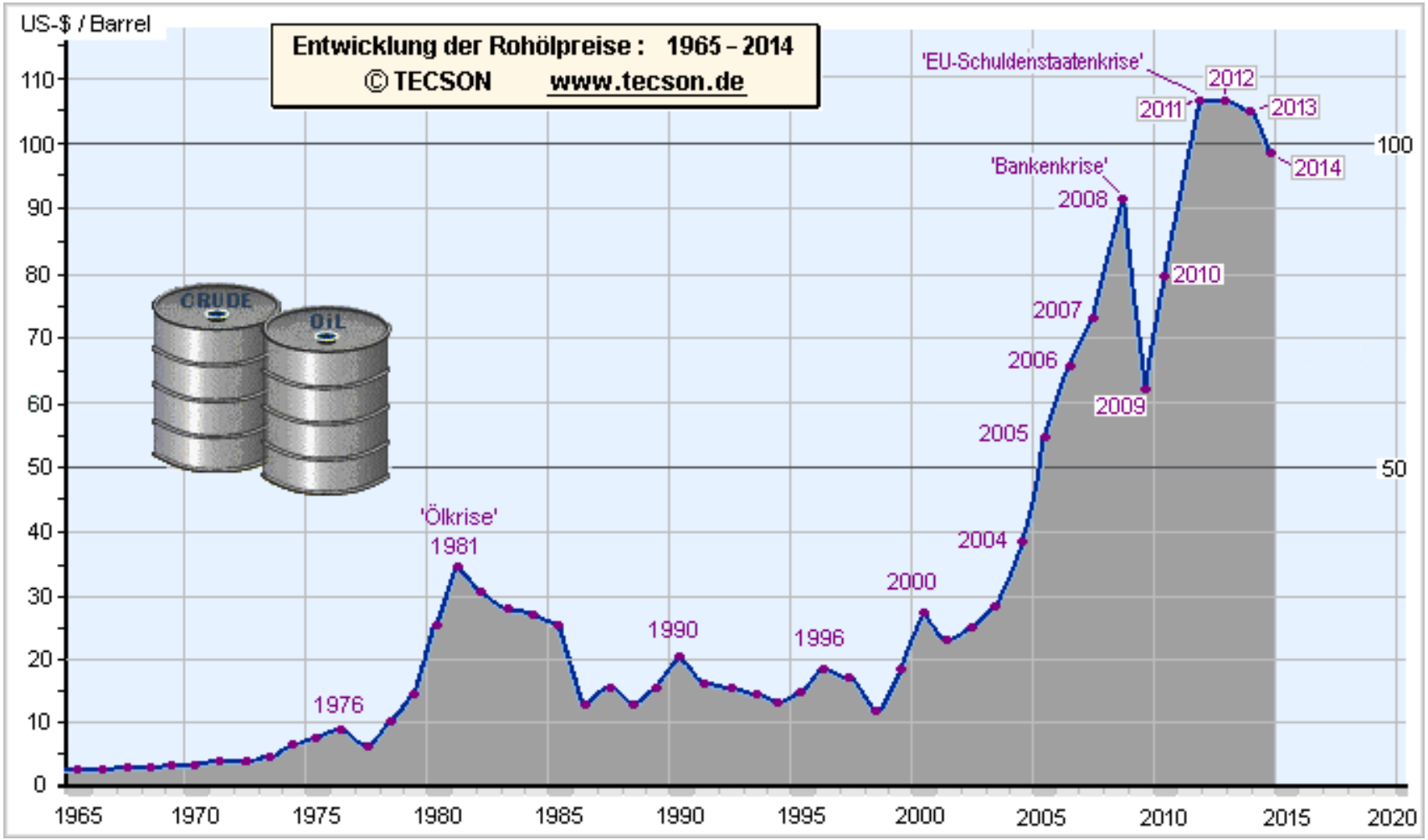
- **Größte Anwendung war und ist der Bestand der selbstgenutzten Ein- und Zweifamilienhäuser**
- **Anfang der 80er: Ergänzung zur vorhandenen Kesselanlage Vorwiegend bivalent-alternativ oder bivalent parallel**
  **Über 60% Luft-Wasser- WP**
  **Warmwasserwärmepumpe als getrennte Anlage**
- **Heute wird die WP als alleiniges Heizsystem gesehen**
  **Trend zu monovalent / monoenergetisch speziell im Neubau, 2007 50% erdgebundene Systeme u. 10% Wasser**
  **Über 40% Luft-Wasser- WP (steigend) 2012 >% 60 Luft-Wasser**
  **Kombination Heiz- WP mit Speicher für WW**
- **Erdgekoppelte Systeme: Möglichkeit zur „Kühlung“ im Sommer**
- **Warmwasser- WP alleine oder Kombination mit Lüftung - Solar**

**Sind bivalente Systeme 2022 wieder attraktiv?**

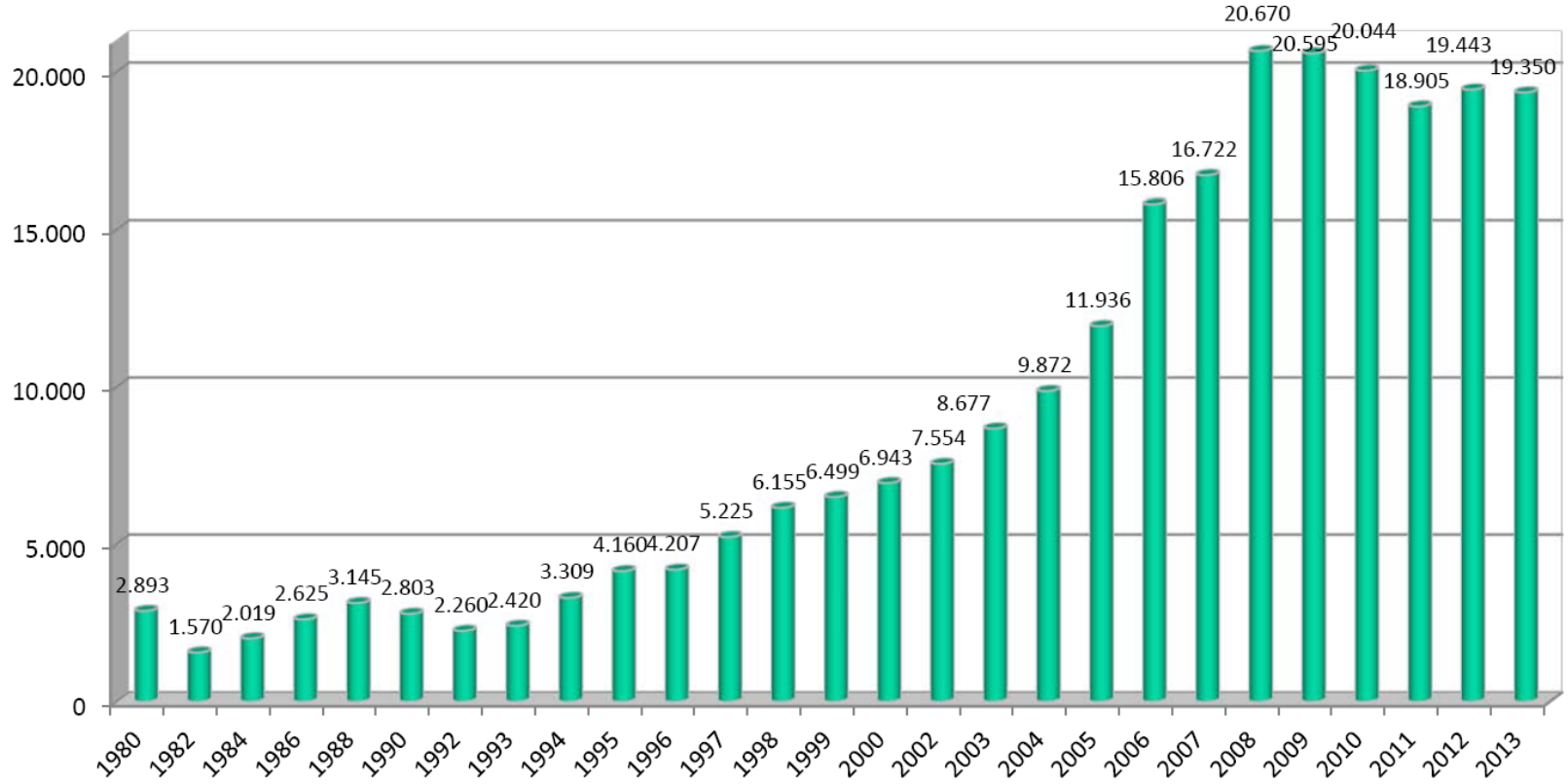
# Wärmepumpen-Markt Deutschland




IZW e.V. Februar 2007
Source: BWP e.V.

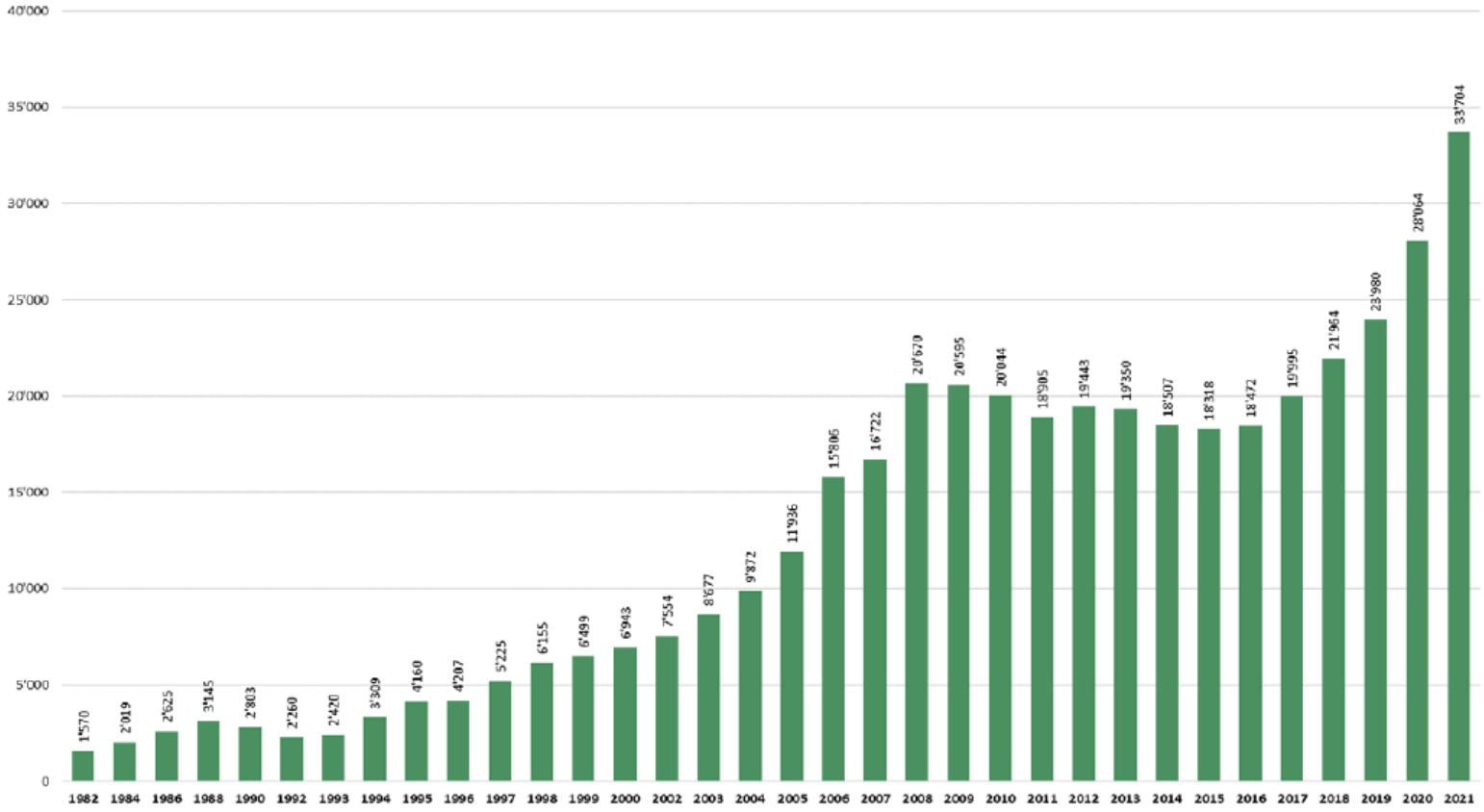

Entwicklung der Rohölpreise : 1965 – 2014
© TECSON www.tecson.de
US-$ / Barrel
CRUDE
OIL
'Ölkrise'
1981
1976
1990
1996
2000
2004
2005
2006
2007
'Bankenkrise'
2008
2009
2010
'EU-Schuldenstaatenkrise'
2011
2012
2013
2014
100
50
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020

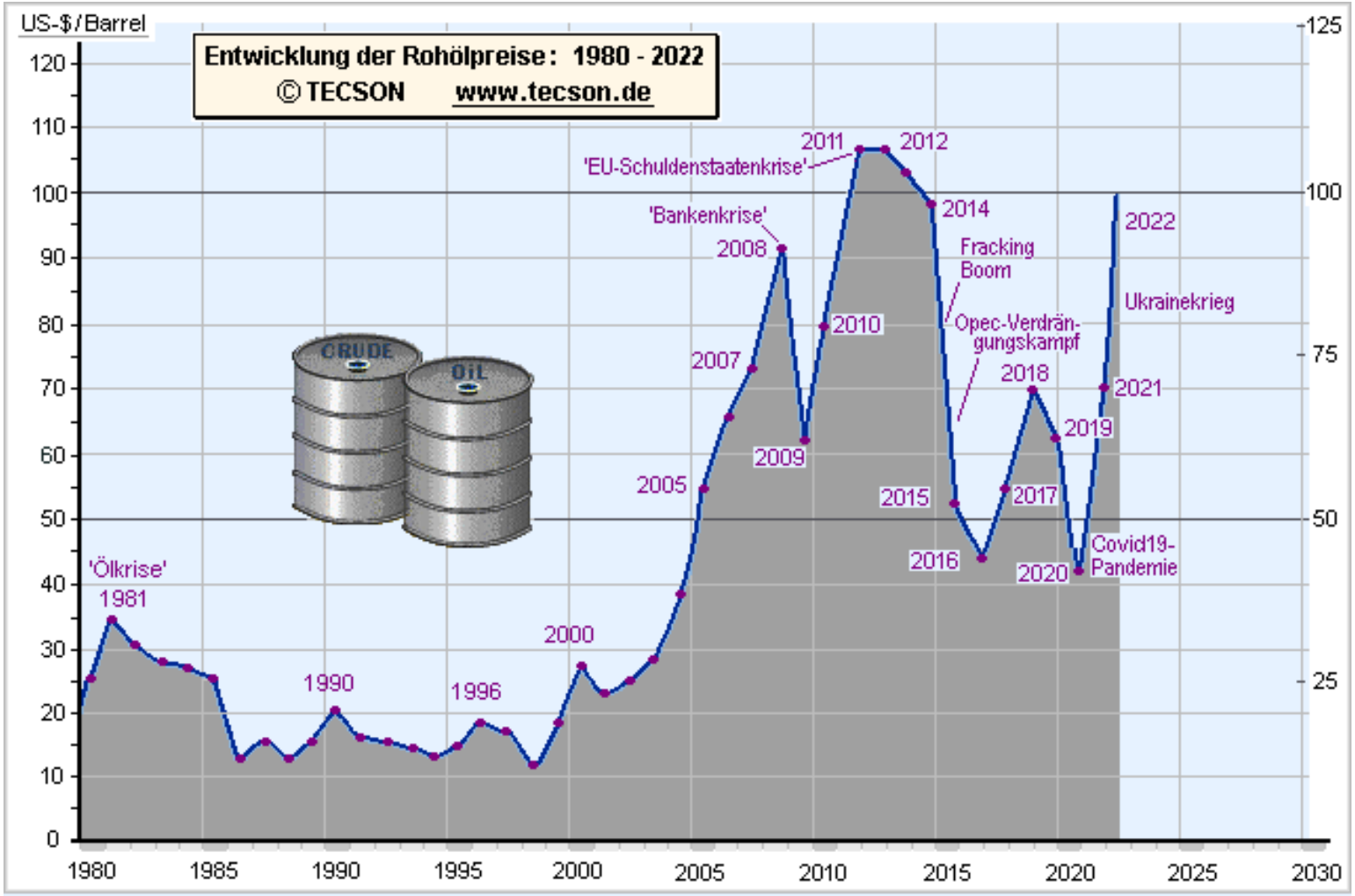
# Wärmepumpen-Markt Schweiz



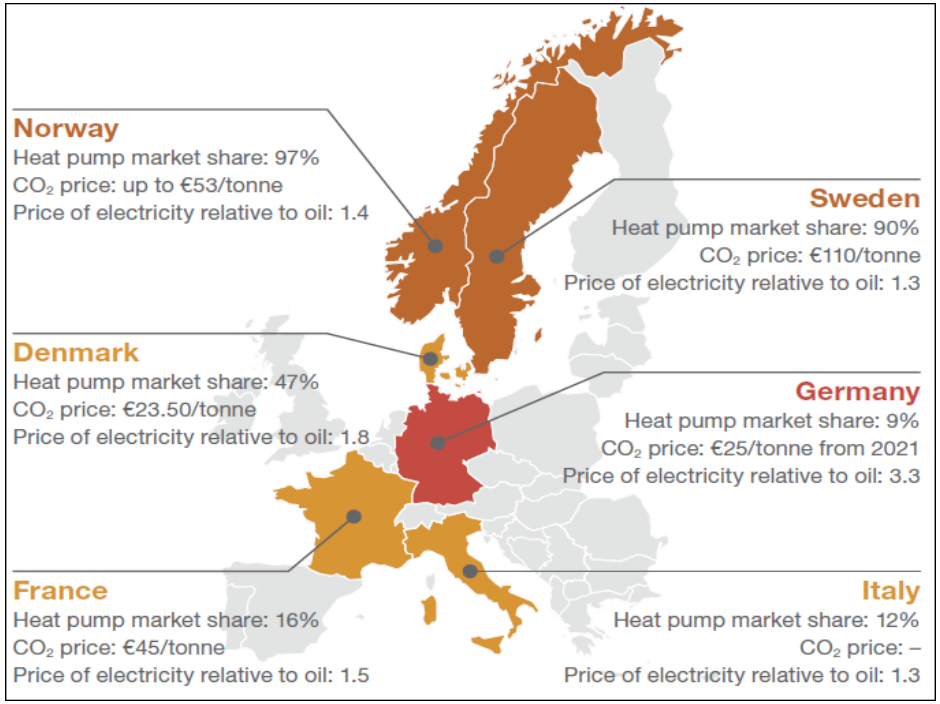

**(Source: fws ch)**

# Verkaufte Wärmepumpen / Jahr (Schweiz)




Entwicklung der Rohölpreise: 1980 - 2022
© TECSON www.tecson.de
US-$/Barrel
'Ölkrise'
1981
1990
1996
2000
2005
2007
'Bankenkrise'
2008
2009
2010
2011
'EU-Schuldenstaatenkrise'
2012
2014
Fracking
Boom
Opec-Verdrän-
gungskampf
2015
2016
2017
2018
2019
2020
Covid19-
Pandemie
2021
2022
Ukrainekrieg
CRUDE
OIL
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
25
75
125
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030

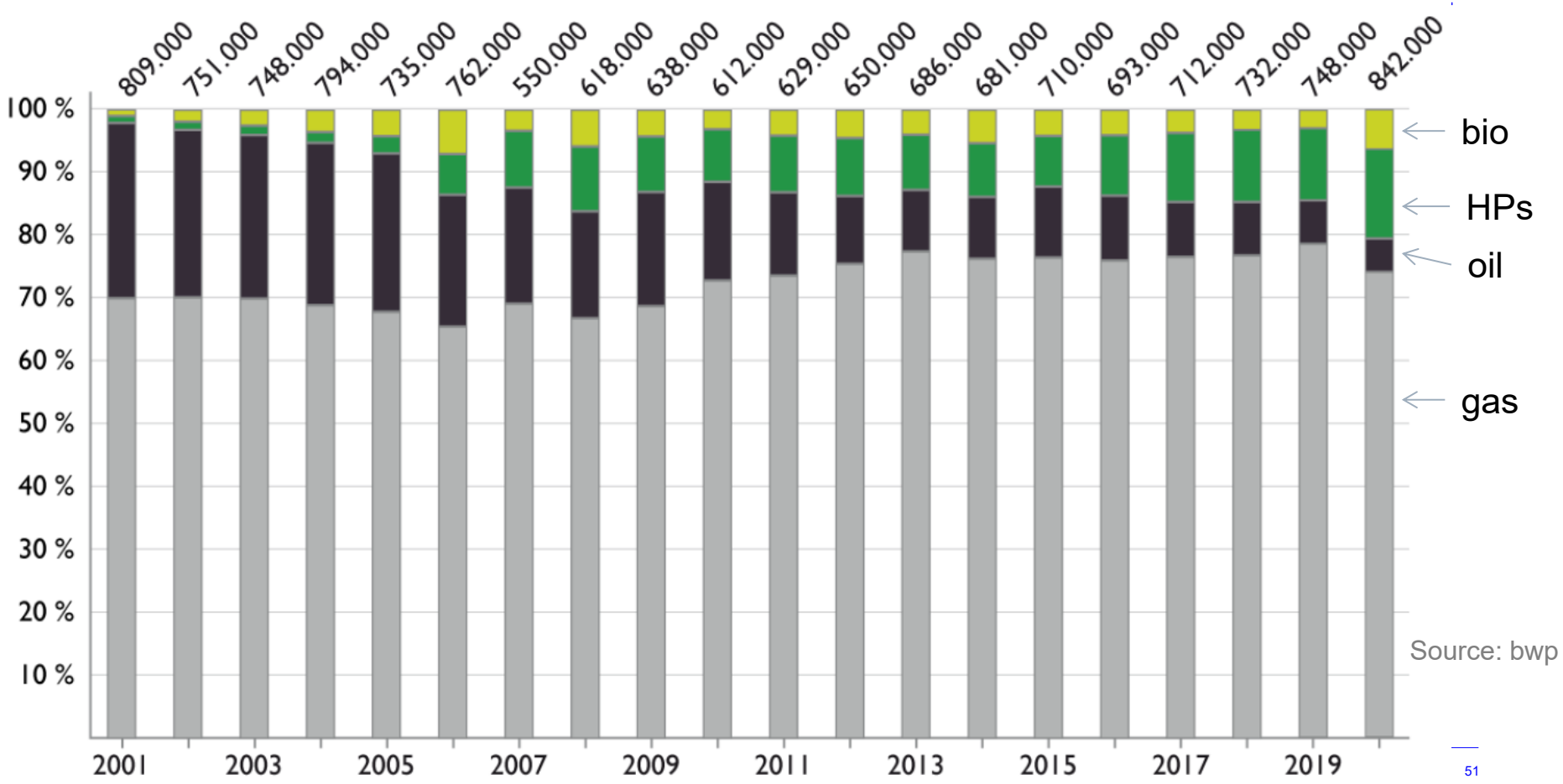
# Comparison for heat pumps in selected European countries



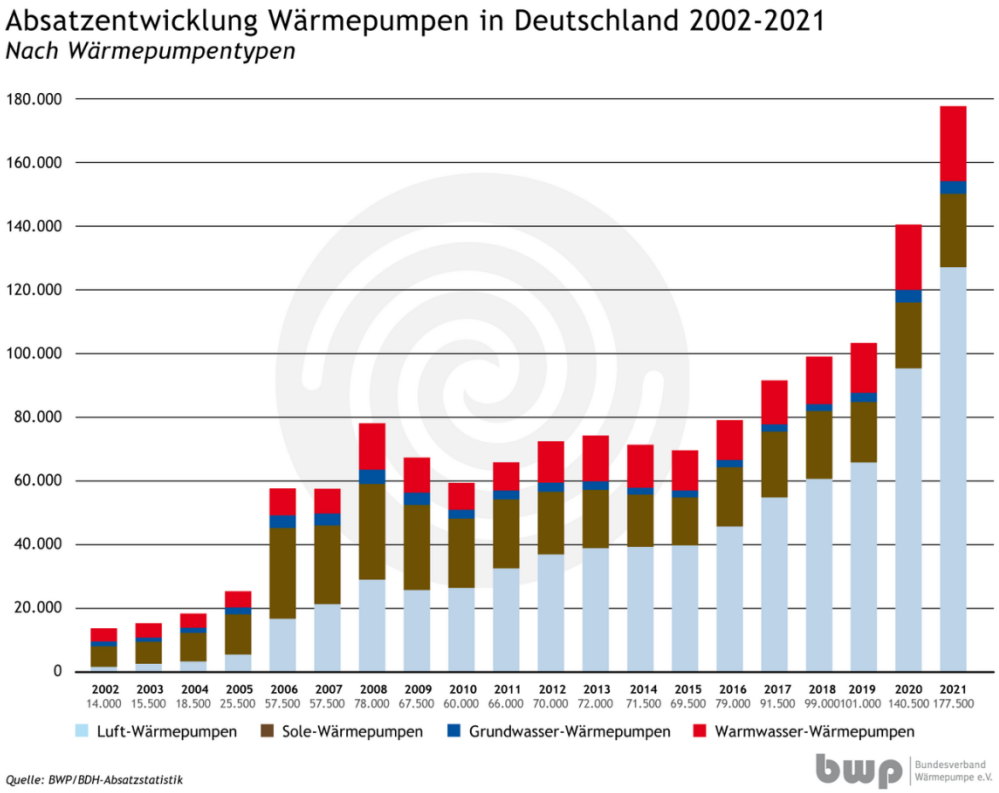

Source: bwp

## Heizsysteme pro Jahr in Deutschland

Rückblick zur Wärmepumpenentwicklung



# Rückblick zur Wärmepumpenentwicklung




1970... | ... | 2000 | 2010 | ...2015 | 2020 | 2022

Aktuell:
Akzeptanz der Wärmepumpe in der Politik
Vorgestern, 16.11.22, gab es den zweiten WP Gipfel beim BMWK

Positive Marktentwicklung von
- WW-WP,
- WP-Trockner,
- WP für Gebäude
  - (Privat Gewerbe Industrie) (Wohnen - Nicht Wohnen)
- WP für Industrie- und Gewerbe (Prozesse) (Groß-WP) (HT-WP)
- WP für Fernwärme
- Kälte- und Wärmenutzung (Gleichzeitig mit einer Anlage)
- Abwärmenutzung
- ……

1970... | ... | 2000 | 2010 | ...2015 | 2020 | 2022

# Rückblick zur Wärmepumpenentwicklung

Quellen


[1] Plank, R., Handbuch der Kältetechnik Bd. I, Entwicklung; Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1954

[2] von Cube, H.L., Handbuch der Kältetechnik Bd. VI Teil A, Wärmepumpen; Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1969

[3] Flügel, G., Wärmewirtschaft und Anwendungsformen der Wärmepumpe; Z. VDI 64 (1920) Nr. 46, S. 954/58 u. Nr. 47, S. 986/89

[4] von Cube, H.L., Steimle, F., Wärmepumpen-Grundlagen und Praxis; VDI -Verlag GmbH, Düsseldorf, 1978, S. 169/170

[5] von Cube, H.L., Steimle, F., Wärmepumpen-Grundlagen und Praxis; VDI -Verlag GmbH, Düsseldorf, 1978, S. 175

[6] Jakobs, R., Die Warmwasser-Wärmepumpe; ki Klima Kälte Heizung 14 (1986) 7-8, S. 287/290

[7] Jakobs, R., Die Entwicklung der Wärmepumpen - Ein Rückblick; Tagungsbericht des DKV 32 (2005), ISBN 3-932715-37-3, AA II.2 16

[8] Zogg, M., Meilensteine der Wärmepumpengeschichte; Tagungsbericht des DKV 36 (2009), ISBN 978-3-932715-45-7, AA IV 15

Zogg. M.: Geschichte der Wärmepumpe - Schweizer Beiträge und internationale Meilensteine, Bundesamt für Energie, Bern 2008; verfügbar auf www.zogg-engineering.ch/publi/GeschichteWP.pdf

Zogg, M.: History of Heat Pumps - Swiss Contributions and International Milestones, final report, Swiss Federal Office of Energy, Berne 2008; downloadable from www.zogg-engineering.ch/publi/HistoryHP.pdf

[9] Märkte:

Bundesverband Wärmepumpen e.V.: https://www.waermepumpe.de/presse/zahlen-daten/

Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz: https://www.fws.ch/statistiken/

bmvit Nachhaltigwirtschaften G. Fanninger: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/0711c_waermepumpenmarkt_2006.pdf