

«Geschichte der Wärmepumpe» von Martin Zogg, Zusammenfassung Teil 2/2

Geschichte der Wärmepumpe 1973 bis heute

In HK-Gebäudetechnik 4/10 (Seite 24–28) ist der erste Teil der zweiteiligen Zusammenfassung zur Publikation «Geschichte der Wärmepumpe» von Martin Zogg erschienen. Der Autor beschreibt den langen Weg der Wärmepumpe bis zum heutigen Erfolg. Quelle des Beitrags einschliesslich aller Bilder ist die im Kasten am Schluss des Artikels erwähnte Publikation des Autors.

Martin Zogg *

Der erste Teil der Zusammenfassung (1834–1972) enthielt folgende Kapitel: Wissenschaftliche Grundlagen der Wärmepumpentechnik, Pioniere, Industrialisierung, Periode tiefer Erdölpreise.

Enthusiasmus und Enttäuschung 1973–1989

Das Jahr 1973 wurde zu einem der bedeutendsten Wendepunkte in der Geschichte des 20. Jahrhunderts. Arabische Mitglieder der OPEC beschlossen, die Öllieferungen an westliche Staaten zu reduzieren. Dieses **Erdölem-**

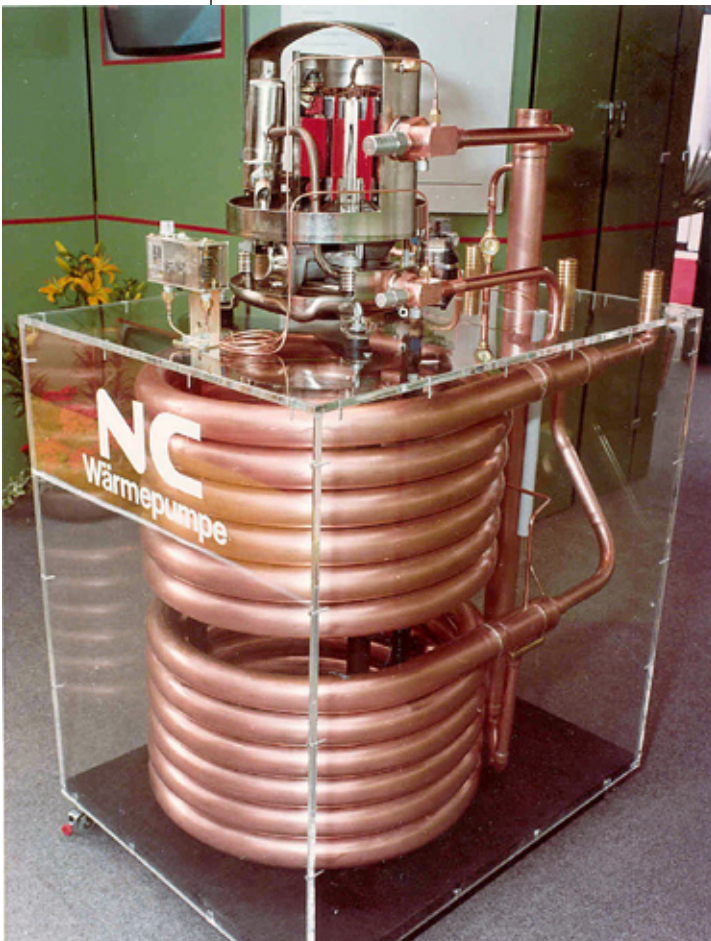
bargo wirkte sich mit einer globalen Rezession und einer hohen Inflation verheerend auf die Weltwirtschaft aus. Darauf erhielten vorher belächelte alternative Energien und der rationelle Energieeinsatz hohe öffentliche Priorität. Diese Tendenz wurde durch die **zweite Erdölkrise** von 1979 und den Krieg zwischen Iran und Irak 1980 noch verstärkt. Diese Situation begünstigte die Wärmepumpentechnik enorm. Es kam zu einem eigentlichen **Wärmepumpenboom**. Dieser wurde aber durch zu viele inkompetente Anbieter und den nächsten Ölpreiserfall nach 1981 gegen Ende der 1980er-Jahre jäh beendet.

Schweizer Beiträge zur Wärmepumpenheizung

Unmittelbar nach dem Erdölembargo von 1973 begann auch in der Schweiz die Entwicklung von **Wärmepumpen für den Ein- und Zweifamilienhausbereich** im Wärmeleistungsbereich **10–50 kW (Bild 8)** mit Umgebungsluft oder Erdreich als Wärmequelle. Sie wurde häufig von innovativen Berufsleuten aus den Bereichen Kältetechnik, Klimatisierung und Elektrizitätsversorgung vorangetrieben. Die manuelle Fertigung erfolgte in Kleinbetrieben. Die Hersteller benützten meist R-12 und später R-22 als Kältemittel, hermetische Kolbenkompressoren und andere Komponenten aus dem Weltmarkt der Kältetechnik. Um 1978 dienten nebst Umgebungsluft Erdkollektoren – oft in Kombination mit unverglasten Dachkollektoren – als Wärmequelle. Daneben wurden aber auch gereinigtes und ungereinigtes Abwasser sowie See- und Flusswasser genutzt. Die Jahresarbeitszahl dieser Kleinwärmepumpen erreichte bescheidene 1,9 bis 2,3 für Luft als Wärmequelle und wenig mehr bei der Verwendung horizontaler Erdkollektoren.

Nach 1990 wurden die Wärmepumpen weniger voluminös und wiesen einen geringeren Kältemittelinhalt auf. Die Palette der Wärmequellen wurde erweitert durch thermoaktive Gebäudeelemente mit integrierten Rohrleitungen. Der Markt für Kleinwärmepumpen benötigte aber noch einen gewissen **«Selbstreinigungseffekt»** und konzertierte flankierende Massnahmen zur **Qualitätssicherung**, bevor ein erfolgreicher Neustart möglich wurde.

Bild 8: «Grimm-Maschine» um 1980
[H. Grimm, Bremgarten]



Im mittleren Leistungsbereich (50–1000 kW) waren drei Firmen aktiv. Hoval Herzog, welche Wärmepumpen auf der Basis von Carrier Kaltwassersätzen baute, realisierte bereits 1975 eine 620-kW-Wärmepumpe mit **gereinigtem Abwasser** als Wärmequelle. Autofrigor/Scheco trieb Lösungen zur kombinierten Nutzung von Wärme und Kälte voran und übernahm eine führende Rolle beim raschen Ersatz der FCK-Kältemittel. Auch Sulzer-Escher-Wyss produzierte Anlagen in diesem Leistungsbereich. In den 1980er-Jahren wurden auch zahlreiche von **Gas- und Dieselmotoren** angetriebene Wärmepumpen gebaut. Sie waren allerdings nicht erfolgreich.

Auf der Grundlage einer jahrzehntelangen Erfahrung erarbeitete sich Sulzer-Escher-Wyss im Bereich **grosser Wärmepumpen (> 1 MW)** eine international führende Position. Eine der ersten Realisierungen des modernen Konzepts der Kombination von Blockheizkraftwerken mit elektrischen Wärmepumpen war das 1984 durch Sulzer-Escher-Wyss gebaute **Totalenergiesystem beim Bahnhof Luzern**. Vier Wärmepumpeneinheiten mit je 440 kW Heizleistung (**Bild 9**) und dem Vierwaldstädter See als Wärmequelle wurden durch drei Gasmotor-Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von je 374 kW angetrieben. Im Sommer können die Wärmepumpen auch zur Kühlung eingesetzt werden. Nach dem Ersatz von R-12 durch Ammoniak im Jahr 1990 konnte die Gesamtheizleistung auf 7,2 MW erhöht werden. Der Brennstoff-Nutzungsgrad der Anlage geht gegen 200%. Auf einen Vorschlag von Lucien Borel (EPFL) hat Ludwig Silberring eine zukunftsweisende **19,2-MW-Totalenergieanlage** zur Beheizung der ETH-Lausanne geplant. Die von Sulzer-Escher-Wyss 1986 gebaute Anlage umfasst zwei Gasturbinen-Generatoreinheiten (mit 3 MW elektrischer Leistung und 5,8 MW Wärmeleistung) und zwei damit angetriebene Wärmepumpen mit Schraubenkompressoren (**Bild 10**). Die zwei identischen Ammoniak-Wärmepumpen mit einer Wärmeleistung von je 3,9 MW nutzen den Genfersee als Wärmequelle. Nach Inbetriebnahme wurde ein Nutzungsgrad der Totalenergieanlage von 170% gemessen. Da es in der Schweiz nur kleinere Fernwärmenetze gibt, müssen die wirklich grossen Wärmepumpen exportiert werden. 1984/1985 wurde von Sulzer-Escher-Wyss für das Fernwärmenetz von **Stockholm ein 180-MW-Wärmepumpensystem** mit sechs Wärmepumpeneinheiten zu je 30 MW geliefert (**Bild 11**). Dieses blieb das **grösste Wärmepumpensystem** der Welt mit Meerwasser als Wärmequelle.

Erdwärmesonden-Pioniere. Schweizer Pioniere waren bei der Entwicklung der bis etwa 1980 nur belächelten Erdwärmesondentechnik wesentlich beteiligt. Jürg Rechsteiner (Multi-Energie, Aadorf) war der Schweizer Pionier beim Übergang von den horizontalen Erdkollektoren zu vertikalen Erdwärmesonden. Er rammte seine ersten **koaxialen Stahlsonden** bereits 1974 in den sandigen Boden von Lustenau im Vorarlberg. Bis 1980 folgten weitere Hersteller dieser Technik. Es war ein kostspieliger erster Versuch. Nebst anderen Problemen ruinierten die häufigen Leckagen zwischen den 2,5 m langen Sondenelementen den Ruf der Erdwärmesonden. In der Folge entwickelte Rechsteiner die erste **U-Rohr-Erdwärmesonde aus Polyethylen**. Er stellte seine Erfindung Ernst Rohner von der auf die Rotations-Spülbohrtechnik spezialisierten Bohrfirma Grundag vor. Kurz darauf führte

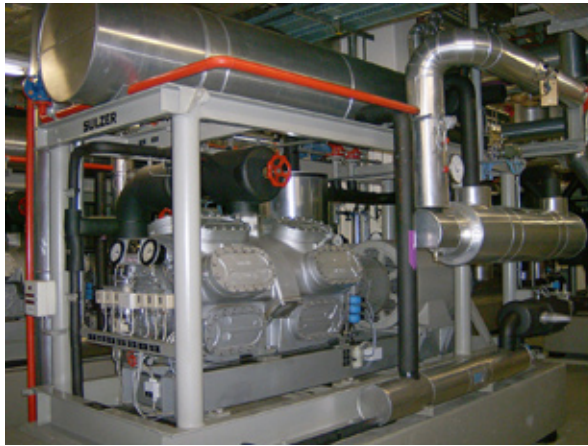


Bild 9: Eine der vier 440-kW-Wärmepumpen beim Bahnhof Luzern 1984. [Axima, Kriens]

Multi-Energie in der Nähe von St. Gallen die ersten Tests mit U-Sonden aus Kunststoff durch. Bereits 1980 erfolgte der Bau einer ersten Wärmepumpenanlage mit Doppel-U-Sonden aus Polyethylen für ein Einfamilienhaus in Arbon. Rechsteiners Erfindung wurde seither weltweit tausendfach kopiert und ist heute die Standardlösung für Erdwärmesonden. Die Bohrtiefe lag in den Anfängen bei 50 m und erreichte ab 1985 über 100 m.

Pioniere der Nutzung von Rohabwasser. Heinz Grimm hat als Erster rohes Abwasser als Wärmequelle für Wärmepumpen genutzt. Die Probleme der Feststoffabtrennung durch Sedimentation und Sieben wurden aber erst durch Felix Kalberer befriedigend gelöst. Seither wurde sein «FEKA-Tank» (**Bild 13**) laufend verbessert und in bisher 180 Installationen realisiert.

Qualitätssicherung für Kleinwärmepumpen. Bereits um 1980 hat Lucien Borel von der EPFL einen Prüfstand für kommerzielle Wärmepumpen aufgebaut. Systematische Langzeittests für ganze Wärmepumpenheizungssysteme wurden 1981 von Peter Hubacher (Enfog, Gossau) mit seinem Kollegen, Bruno Dürr, und dem wissenschaftlichen Berater, Max Ehrbar, vom Neu-Technikum Buchs aufgenommen und für einige Jahre fortgesetzt. Während die Wärmepumpen bereits eine ordentliche Leistungszahl aufwiesen, war die Effizienz ganzer Wärmepumpenheizungssysteme noch sehr bescheiden.

Unterstützung durch öffentliche Forschung und Entwicklung. In den frühen 1980er Jahren hat Dieter Imboden an der Eawag in Dübendorf Grenzwerte zur öko-

Bild 10: 7,8-MW-Ammoniakwärmepumpensystem an der EPFL 1986. [www.friotherm.com]





Bild 11: Eine von sechs 30-MW-Sulzer-Wärmepumpen der Stockholmer Fernheizung 1985. [www.friotherm.com]

logisch bedenkenlosen **Wärmeentnahme aus Oberflächengewässern** ausgearbeitet. Robert J. Hopkirk von Polydynamics gefolgt von Ladislaus Rybach und seinen Mitarbeitern von der ETH Zürich begannen mit der **wissenschaftlich fundierten Auslegung und Optimierung von Erdwärmesonden**. Ihre theoretischen und experimentellen Studien gepaart mit der praktischen Erfahrung der Bohr- und Wärmepumpenpioniere begründeten die führende Position der Schweiz in Auslegung und Bau von Erdwärmesondensystemen als Wärmequelle, Wärmesenke und Erdwärmespeicher auch zur kombinierten Kälte- und Wärmeerzeugung und für die passive Raumkühlung.

Unterstützung durch Verbände, Bundesverwaltung und Medien. Seit 1980 engagiert sich die «Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen» AWP für die Vereinheitlichung und Vereinfachung der Bewilligungsverfahren, für gemeinsame Planungsrichtlinien, den Erfahrungsaustausch und die Ausbildung von Fachleuten. Das **Bundesamt für Energie** unterstützte relevante Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen und wirkte als Katalysator für Verbände und Kantone. In der Mitte der 1980er-Jahre erfolgte auch ein Durchbruch in der Medienpräsenz der Wärmepumpentechnik.

Internationale Meilensteine

1985 wurde das Ozonloch über der Antarktis entdeckt. Darauf wurde 1987 mit dem «Montreal Protokoll» eine weltweite konzertierte Aktion zum rigorosen **Ausstieg aus den FCK-Kältemitteln** beschlossen. Dies führte zu weltweiten Notprogrammen und einer Wiedergeburt von Ammoniak als Kältemittel. Innerhalb von nur vier Jahren wurde das chlorfreie Kältemittel R-134a entwickelt und zum Einsatz gebracht. In den 1970er-Jahren eroberten **Plattenwärmeübertrager** den Kälte- und Wärmepumpenmarkt. Dank hochgenauer, computergesteuerter Fertigungstechnik wurde in den 1980er-Jahren auch die industrielle Herstellung von **Scroll- und Schraubekompressoren** mög-

lich. Ein bedeutender Meilenstein der 1980er-Jahre war auch die Einführung der **Mikroprozessoren**, welche bessere Regelungsstrategien ermöglichten.

Sechs Jahre nach der Einführung durch Jürg Rechsteiner in der Schweiz wurde 1980 in **Deutschland** die erste koaxiale Erdwärmesonde in Betrieb genommen. Ab 1982 entstand in **Skandinavien** ein eigentlicher Boom für Grosswärmepumpen. In den **USA** verbreiteten sich die Fenster- und Wandklimatisierungsgeräte rasant – 1976 waren davon bereits 1,6 Millionen im Einsatz. In den 1980er-Jahren gab es verschiedene erfolgreiche Versuche, **Absorptionswärmepumpen** mit Heizleistungen unter 50 kW zu entwickeln.

Die Erfolgsgeschichte 1990 bis heute

In dieser letzten Periode wurden kostengünstigere, effizientere und zuverlässigere Wärmepumpen verfügbar. Die zunehmenden Umweltprobleme und die steigenden Ölpreise sind der Idee der Einsparung von Primärenergie durch Wärmepumpen förderlich. Weiter wird die Wärmepumpentechnologie durch nationale und internationale Anstrengungen in Forschung und Entwicklung, in der Qualitätssicherung und im Marktauftritt gefördert. Der Schwerpunkt der Entwicklung verschob sich von der Komponenteninnovation zur kostengünstigen Produktion und zur Systemoptimierung. Im Sinne einer Risikobegrenzung wurde der Verkauf von Wärme durch Vertragspartner (Contracting) immer populärer.

Schweizer Beiträge: Innovative Systeme und Qualitätssicherung

Nach Überwinden des «Gebrannte-Kind-Effekts» begann ab 1990 eine bedeutende Expansion der **Wärmepumpenheizung**. Dieser Erfolg fusst auf technischen Gründen – grössere Zuverlässigkeit, ruhigere und effizientere Kompressoren sowie bessere Regelung – aber nicht weniger auf einem breiten Verständnis der Wärmepumpentechnik, besser ausgebildeten Planern und Installateuren, Gütesiegeln für Mindestanforderungen und nicht zuletzt auch auf einer massiven Preisreduktion auf 50% des Werts vor 25 Jahren. Nach 1998 nahm die Steigerung des Wärmepumpenmarktanteils bis auf heute 75% für neue Einfamilienhäuser nochmals deutlich zu. Langsam beginnen Wärmepumpen auch in den Sanierungsmarkt einzudringen. Bei den in den letzten 15 Jahren getesteten Wärmepumpen steigerte sich die **mittlere Leistungszahl** kleiner Luft-(2 °C)-Wasser (35 °C)-Wärmepumpen von 2,6 auf 3,4 um 30%. Jene kleiner Sole-(0 °C)-Wasser-(35 °C)-Wärmepumpen erhöhte sich um 17% von 3,8 auf 4,45 (bzw. von 3,5 auf 4,1 bei Berücksichtigung des Energiebedarfs für die Soleumwälzpumpe). **Erdwärmesonden** werden heute in Tiefen von 150 m (bei wichtiger passiver Sommerkühlung) bis 250 m (für reine Raumheizung) eingeführt. Das bisher grösste Erdwärmesondenfeld der Schweiz mit 72 Sonden und einer Gesamtsondenlänge von 10 600 m wurde 2005 für das Hotel «The Dolder Grand» in Zürich gebaut (Bild 12).

Nebst den zahlreichen Wärmepumpeninstallationen im Einfamilienhausbereich wurden in dieser Periode auch viele **innovative Grosswärmepumpenprojekte** verwirklicht. Darunter solche, welche unkonventionelle Wärmequellen wie Tunnelabwasser, in Niedertemperaturwärmenetzen verteiltes gereinigtes Abwasser, ungereinigtes

Abwasser und Bergseen nutzen. Es wurden auch zahlreiche **Totalenergieanlagen** als Kombination von Blockheizkraftwerken mit Wärmepumpen realisiert. Fritherm exportierte mehrere grosse Wärmepumpen mit Heizleistungen bis 90 MW und Kühlleistungen bis 60 MW. Darunter sind auch Anlagen zur Wärmerückgewinnung aus Kraftwerksrauchgasen.

Anstelle eines Zukunftsausblicks soll hier auf die Nullenergie-Wohnüberbauung mit 132 Wohnungen im **Eulachhof** in Winterthur verwiesen werden. Die **Heizvision der Zukunft** wurde hier nämlich in den Jahren 2006 bis 2007 **bereits verwirklicht**. Der Wärmebedarf der Gebäude mit einer Wand-Wärme-Isolationsdicke von 38 cm unterschreitet sogar den schweizerischen Passivhausstandard. 1240 m² Solarzellen mit einer Spitzenleistung von total 176 kWp liefern im Jahresmittel die elektrische Energie zum Betreiben der zwei Wärmepumpen und der Ventilatoren für die kontrollierte Belüftung. Wärmequelle für die effiziente Wärmepumpe zur Raumheizung ist die Gebäudeabluft. Diese Lösung funktioniert nur dank dem hohen solaren Wärmegewinn im Gebäude. Wärmequelle für die zweite Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung ist das ungereinigte häusliche Abwasser mit dem bereits erwähnten FEKA-Tank (Bild 13). Zur Spitzendeckung in der Raumheizung dient das Fernwärmesystem einer nahegelegenen Kehrlichtverbrennungsanlage. Dieses liefert rund 8,5% des Jahresheizwärmebedarfs, welche etwa der Verbrennungswärme des von den Bewohnern abgelieferten Hausmülls entspricht.

Unterstützung durch öffentliche Forschung und Entwicklung. Nebst Beiträgen an zahlreiche Pilotanlagen wurde die Wärmepumpentechnik im Rahmen der Energieforschung des Bundesamts für Energie gefördert. Mit höchster Priorität wurden in einer Ausschreibung diverse Varianten von Wärmepumpen für den Sanierungsmarkt entwickelt. Diese liefern mit Luft von -12 °C als Wärmequelle noch mit guter Effizienz eine Heizungsvorlauf- oder Warmwassertemperatur von 60 °C. Daneben wurden Themen der Komponenten- und Systemoptimierung, der Verwendung natürlicher Arbeitsmittel, neuer Testmethoden sowie unkonventionelle Wärmepumpenkonzepte (Diffusions-Absorptionswärmepumpe, Stirling-Wärmepumpe, magnetische Wärmepumpe) bearbeitet.

Unterstützung durch Verbände und den Bund. Wärmepumpen erhielten im Aktionsprogramm **Energie-Schweiz** dank ihrem hohen Einsparpotenzial an fossilen Energieträgern und entsprechendem CO₂-Einsparpotenzial eine hohe Priorität. 1993 wurde durch Hersteller, Lieferanten und Installateure von Wärmepumpen, den Bund, die Kantone und relevante Verbände der Elektrizitätswirtschaft die «Förderungsgemeinschaft Wärmepumpen Schweiz» **FWS** gegründet. Ihre Hauptziele sind die Förderung effizienter und zuverlässiger Wärmepumpenheizungssysteme zu erschwinglichem Preis und die fundierte Information der Öffentlichkeit: www.fws.ch.

Qualitätssicherung. Eine erste Antwort auf den offensichtlichen Qualitätssicherungsbedarf war die Eröffnung des Schweizerischen **Wärmepumpentest- und Ausbildungszentrums** in Winterthur-Töss. Von 1993 bis 2007 wurden 118 Luft-Wasser-, 200 Sole-Wasser-, 122 Wasser-Wasser- und später auch Luft-Luft-Wärmepumpen nach Europäischen Normen (EN 255, ab 2004 am neuen Stand-

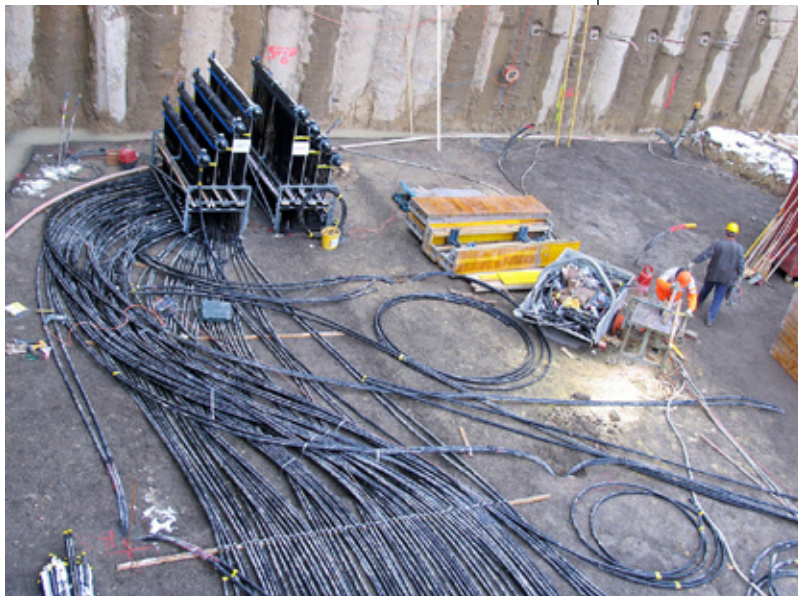


Bild 12: Erdwärmespeicher im Bau, Hotel «The Dolder Grand», Zürich. [Geowatt AG, 8050 Zürich]

ort in Buchs EN 14511) geprüft. Die Resultate sind über www.wpz.ch allgemein zugänglich. Um den potenziellen Käufern die Orientierung zu erleichtern, wurde 1998 das **DACH-Gütesiegel** von Deutschland (D), Österreich (A) und der Schweiz (CH) gemeinsam eingeführt. Seit 2001 werden den Qualitätsanforderungen genügenden Bohrfirmen DACH-Gütesiegel für Erdwärmesonden vergeben. Eine Wärmepumpe hoher Qualität ist eine Sache – ein effizientes Gesamtwärmepumpenheizungssystem leider oft eine andere. Deshalb startete das Bundesamt für Energie 1995 ein umfassendes Feldtestprogramm zur Analyse von Gesamtanlagen (**FAWA**). Bis jetzt wurden 236 Wärmepumpenheizungssysteme im Heizleistungsbereich bis 20 kW untersucht. Die «Klassenbesten» erreichten mit Luft-Wasser-Systemen mittlere Jahresarbeitszahlen von 3,1 (Maximalwert 3,4) und mit Erdwärmesonden-Wasser-Systemen solche von 5,0 (Maximalwert 5,6). Weitere Säulen der Qualitätssicherung sind die **Ausbildung der Installateure** und der **Wärmepumpendoktor**.

Internationale Meilensteine

Die Effizienz von Kleinkompressoren wurde wesentlich verbessert. Ab den frühen 1990er-Jahren begannen die

Bild 13: FEKA-Tank zur Wärmerückgewinnung aus ungereinigtem Abwasser. [Kalberer, FEKA-Energiesysteme, Bad-Ragaz]



hermetischen Scrollkompressoren die Kolbenkompressoren zu verdrängen. Weltweit wurden Neuentwicklungen für **CO₂-Kompressoren** gestartet. Künftig werden effizientere Elektromotoren mit Permanentmagneten weitere Verbesserungen bringen. **Plattenwärmeübertrager** wurden definitiv zum Standard und führten zu einer beträchtlichen Reduktion des Kältemittelinhalts, zu geringeren Apparateabmessungen und zu höherer Effizienz. **Mikrocomputer** brachten eine zusätzliche Erweiterung der Regelungs-, Diagnose- und Bedienungsmöglichkeiten. Kurz nach ihrer Einführung begann die Ära der **Fernüberwachung** und der **Fernbedienung**. Das Resultat war eine Zunahme von Verlässlichkeit, Effizienz und eine Reduktion der Betriebskosten durch Unterhalt nach Bedarf.

Die Entwicklung bei den **Kältemitteln** wurde durch die ökologischen Herausforderungen bestimmt. Weltweit wurden die Umweltrelevanz von Kältemitteln wie auch die Wärmeübertragungseigenschaften der natürlichen Kältemittel und der **Fluorkohlenwasserstoffe** untersucht. Insbesondere in Europa wird intensiv an der Verwendung **natürlicher Kältemittel** wie Ammoniak, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffen gearbeitet. Kohlendioxid benötigt einen überkritischen Kreisprozess, der für die Warmwasserbereitung vorteilhaft ist, für die meisten Heizungsanwendungen aber Effizienzeinbußen verursacht. Propan ist ein ausgezeichnetes Kältemittel – aber seine Brennbarkeit behindert aus Haftpflichtbedenken die Verbreitung insbesondere in den USA und in Japan.

Die umfassende Geschichte der Wärmepumpe mit umfangreicher Referenzliste

Zogg, Martin: Geschichte der Wärmepumpe – Schweizer Beiträge und internationale Meilensteine, Zogg Verfahrens- und Energietechnik, Oberburg 2009, ISBN 978-3-033-02154-9, kann bei www.fws.ch als Buch bezogen werden.
Download:
www.zogg-engineering.ch/publi/GeschichteWP.pdf

Ab 1990 erfolgte ein europaweiter Durchbruch der Wärmepumpentechnologie zu Heizzwecken. **Erdgekoppelte Wärmepumpen** konnten ihren Anteil laufend erhöhen. Mehrere Auslegungsprogramme wurden zur verlässlicheren Dimensionierung verfügbar. In Österreich sind Erdkollektorsysteme mit Direktverdampfung recht erfolgreich. 2001 hat K. Mittermayr eine Erdwärmesonde mit verdampfendem Kohlendioxid als Wärmeträger eingeführt. In Zusammenarbeit mit Österreich und der Schweiz werden die Kenntnisse über erdgekoppelte Wärmepumpen ab 1997 in den **deutschen VDI-Richtlinien 4640** konzentriert dargestellt. 1993 präsentierte Stiebel Eltron die erste Wärmepumpe mit **Propan** als Kältemittel. 1998 brachte die AEG den ersten Wärmepumpentumbler auf den Markt. In **Schweden** wurde die Modellierung von **Erdwärmesonden** zu einer wegweisenden thermischen Analyse von **Erdwärmespeichersystemen** erweitert. Die **dänische** Sabroe führte 1990 einen Ammoniakkompressor für hohe Temperaturhübe ein und übernahm 1997 die Kälteabteilung von ABB (früher BBC).

* Dr. Martin Zogg (1942) schloss seine Studien in Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der ETH-Zürich ab. Er sammelte seine Industrieerfahrungen im Flugzeugbau, in der Kraftwerkstechnik, der Tieftemperaturtechnik und der Prozesstechnik. Dann wirkte er 25 Jahre als Professor für Verfahrenstechnik an der Berner Fachhochschule, 10 Jahre als Leiter des Forschungsprogramms «Umgebungswärme, Abwärmenutzung und Wärme-Kraft-Kopplung» des Bundesamts für Energie sowie 7 Jahre als Experte für Forschungsprojekte der Förderagentur für Innovation (KTI/CTI). www.zogg-engineering.ch

Aktuelle
Sole-/Wasser-
Wärmepumpen

Heizen mit Wärme aus der Erde

Die platzsparende
Sole-/Wasser-
Wärmepumpe
MSW 5-80 kW

Wählbar mit:
- Brauchwasserkondensator
Vorlauftemperatur bis 60°C
- eingebautem Heizungs- und
Solepumpenstrang
- oder als Wandmodell



info@ctc-giersch.ch
www.ctc-giersch.ch

Tel. 0848 838 838

ctc **GIERSCH**
Enertech Group

ptk-fachpressedienst

Textmanagement und Pressearbeit für HLKK-KMUs

www.ptk-fachpressediens.t.ch

Peter T. Klaentschi • Fachautor BR SFJ

Tel./ Fax +41 (0)56 667 38 36
info@ptk-fachpressediens.t.ch

Jurastrasse 3 • Postfach 90
CH-5614 Sarmenstorf

...ptk bringt auf den Punkt