

Die erdgekoppelte Wärmepumpe wird 60 Jahre alt

Jubiläum ■ Vor 60 Jahren begann für Robert C. Webber ein gewagtes Experiment. Ein Winter ohne herkömmliche Heizung, nur mit einer Maschine, die über einen Kompressor und im Garten vergrabene Rohre sein Haus warm halten sollte; und das in Indianapolis, wo die Blizzards unbarmherzig über die Prärie fegen können. Robert Webber wusste aber wohl, was er tat. Er war Mitarbeiter der Indianapolis Power & Light Co., dem regionalen Stromversorger, und an der Entwicklung dieser Maschine beteiligt. Es ist dies die früheste in der Fachliteratur dokumentierte erdgekoppelte Wärmepumpe.

Die im Oktober 1945 in Betrieb genommene Anlage im Hause Webber war bereits für den Heiz- und Kühlbetrieb ausgerüstet. Sie verfügte über einen Kompressor mit 2,2 kW Leistungsaufnahme und nutzte die Technik der Direktverdampfung. Als Wärmequelle wurden Kupferrohre in drei Kreisen mit zusammen 152 Metern Länge in bis zu zwei Meter tiefen Gräben verlegt. Über ein Gebläse speiste die Wärmepumpe eine der damals schon in den USA verbreiteten Warmluftheizungen (**Abb. 1**) [Crandall, 1946].

Für den Zeitraum vom 1. Oktober 1945 bis 31. Mai 1946 wurden kontinuierlich Daten dieser Anlage aufgezeichnet, so dass der 1. Oktober 1945 als erster dokumentierter Betriebstag einer erdgekoppelten Wärmepumpe angesehen werden muss. Im Winter 1945/46 wurden in Indianapolis bis zu -24 °C gemessen, das Haus Webber durch die Wärmepumpe jedoch durchgängig auf 22 bis 23 °C Raumtemperatur geheizt. In dieser Heizperiode wurden bei 1.630 Betriebsstunden 6.357 kWh Strom für Kompressor und Gebläse verbraucht; eine Vergleichsrechnung ergab einen Bedarf an 5,1 Tonnen Kohle oder 2.970 Litern Heizöl für das Haus mit entsprechenden konventionellen Heizungen. Als Schlussfolgerung seiner Beschreibung dieser Anlage vermerkt Crandall (1946), dass zur Beurteilung des Wärmepumpenbetriebs an anderen Standorten und mit anderen Bodenbedingungen noch ein beträchtli-

cher Aufwand an Forschung und Versuchen erforderlich sei, die bestehende Anlage den Elektrizitätswerken jedoch eine Vorstellung von der Anwendbarkeit erdgekoppelter Wärmepumpen für die Hausheizung geben könne.

Vorläufer

Als erste größere Wärmepumpenanlage zur Raumheizung in Europa wurde 1938 die Anlage im Amtshaus des Kantons Zürich im schweizerischen Zürich in Betrieb genommen (Mayor et al. 1977). Als Wärmequelle wurde hier Flusswasser der Limmat benutzt, um 192 kW Heizleistung bei 60 °C Vorlauftemperatur zu erzielen. Über Jahrzehnte hinweg arbeitete die Wärmepumpe problemlos und erst im Jahr 1964 musste der Kompressor ersetzt werden. Weitere Anlagen folgten in Zürich in den darauf folgenden Jahren, so im Hallenbad City (1941, 1450 kW), in den Amtshäusern I-IV (1943, 1860 kW) und im Fernheizwerk der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) (1943, 1810 kW); alle nutzten Flusswasser als Wärmequelle.

Ein wesentlicher Faktor für den Bau dieser großen Anlagen war die Verknappung fossiler Brennstoffe in der Schweiz während des 2. Weltkrieges und der Wunsch, die nicht importabhängige Energiequelle Strom aus Wasserkraft möglichst rationell einzusetzen. Die Anlage der ETH wurde 1972 stillgelegt, diejenige in den Amtshäusern 1973 durch ölbefeuerte Kessel ersetzt (vermutlich eine Fehlinvestition,

denn im gleichen Jahr erlebten wir die erste Ölpreiskrise).

Aus den USA ist auch schon früh die Nutzung von Grundwasser-Wärmepumpen für größere Objekte beschrieben, so z. B. 1948 in Portland/Oregon für das „Equitable Building“. Dieses heute als „Commonwealth Building“ bezeichnete Verwaltungsgebäude mit 13 Stockwerken und knapp 20.000 m² Nutzfläche weist eine damals hochmoderne Stahl-Glas-Architektur auf. Vier große Wärmepumpen werden über zwei Förderbrunnen mit Grundwasser versorgt, das über einen Schluckbrunnen wieder in den Untergrund geleitet wird. Die Anlage gilt seit 1980 als Industriedenkmal (ASME Engineering Landmark), obwohl sie inzwischen erneuert und wesentlich umgebaut wurde. Nur noch zwei Großwärmepumpen liefern heute etwa 2 MW Heiz- und Kühlleistung. 1954 folgte in Tacoma/Washington im Verwaltungsgebäude der „Tacoma City Light“ eine weitere große Wärmepumpenanlage mit 1,2 MW Heizleistung und zwei Brunnen (Bloomquist, 1999).

Erdgekoppelte Wärmepumpen der 40er- und 50er-Jahre

In einem Artikel vom Dezember 1946 schreibt Kemler (1946) von vielen Vorschlägen zur Nutzung der erdgekoppelten Wärmepumpe, wobei zwei Varianten bereits ausprobiert worden seien. Dabei wird neben den in Gräben verlegten Rohren (wie in Indianapolis) auch ein in einer offenen Boh-

ung stehendes U-Rohr genannt, eine frühe Form der Erdwärmesonden. Ein Jahr später dokumentiert Kemler (1947) die verschiedenen Methoden (**Abb. 2**). Es sind vertikale U-Rohre, Koaxial-Rohre und Spiralrohre wie auch horizontale Rohre und schließlich Grundwasserbrunnen dargestellt. Ob alle diese Wärmequellen bei Erscheinen des Artikels im Jahr 1947 tatsächlich schon praktisch umgesetzt oder nur theoretisch entwickelt worden waren, geht aus dem Text nicht hervor. Ausdrücklich erwähnt ist jedoch, dass die Union Electric Company in St. Louis eine Versuchsanlage mit den spiralförmigen Wärmetauschern erstellt habe. Die Spiralrohre wurden in Bohrlöcher von fünf bis sieben Metern Tiefe eingebracht, wobei ein sonst für das Setzen von Leitungsmasten verwendetes Bohrgerät zum Einsatz kam.

Ausführliche Versuche sind ab der Heizperiode 1948/49 aus Philadelphia dokumentiert (Bary, 1952; Harlow & Klapper, 1952; Kidder & Neher, 1952). Bereits 1947 begann die Philadelphia Electric Company eine Zusammenarbeit mit Chrysler Air Temp Sales Corp., um an zwei Demonstrationsanlagen praktische Erfahrungen zu sammeln. In Whitemarsh und Lansdowne, Vororte Philadelphias, wurden weit gehend baugleiche Anlagen in Wohnhäusern von Mitarbeitern der Philadelphia Electric Company installiert. Im Gegensatz zu der Direktverdampfungs-Anlage in Indianapolis zirkulierte hier ein Wärmeträgermedium (Wasser/Monoethylenglykol-Gemisch) in erdverlegten eisernen Wasserleitungsrohren. Die drei angeführten Publikationen sind somit die ersten ernsthaften technisch-wissenschaftlichen Arbeiten zur erdgekoppelten Wärme-

pumpe; sie beleuchten die Versuche und deren Ergebnisse unter verschiedenen Aspekten.

Zum 1. Oktober 1948 begann die Messdatenaufzeichnung. Bis 1950 sank die Temperatur an den Rohren im Erdreich nicht unter $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, die Verdampfertemperaturen lagen 1948/49 im Minimum zwischen $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ und 1949/50, ohne die Leistungsregelung der Kompressoren, in Whitemarsh im Extremfall bei $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Harlow & Klapper, 1952). Während der beiden Betriebsjahre kam es zu einer Reihe von Ausfällen einzelner Komponenten, was bei einer derart innovativen Anlage nicht verwunderlich ist. Sie betrafen jedoch vor allem die Warmluftgebläse, die Vier-Wege-Ventile zum Umschalten auf Heiz-/Kühlbetrieb und die Kompressoren (vor allem die komplizierte pneumatische Steuerung). Auch kam es

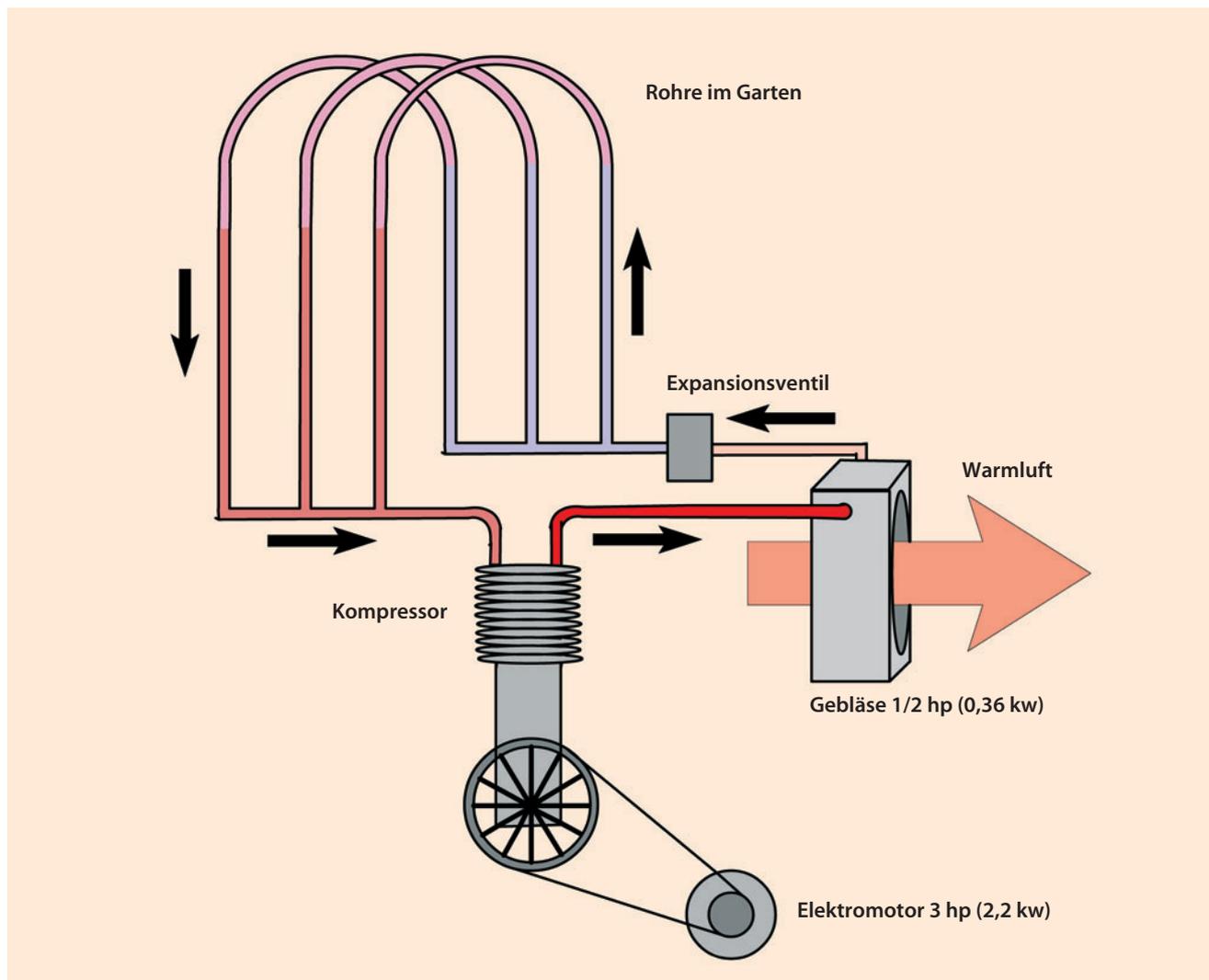


Abb. 1 Schema der erdgekoppelten Wärmepumpenanlage im Hause Webber, Indianapolis, im Winterbetrieb (vereinfacht nach Crandall, 1946)

zu insgesamt zwölf Kältemittel-Leckagen. Das Erdreich jedoch erwies sich, wie Kidder & Neher (1952) im Schlusswort sagen, als zuverlässige Wärmequelle und -senke, auch in Perioden höchsten Heiz- bzw. Kühlbedarfs. Die Arbeitszahl der beiden Anlagen lag im Winterhalbjahr bei 2,5 bzw. 2,7.

In Kanada ist die erste erdgekoppelte Wärmepumpe in einem Versuchshaus der University of Toronto im Jahr 1949 dokumentiert; sie wurde seit dem 25. Oktober 1949 gemessen (Hooper, 1952). Hadley (1949) führt acht durch Stromversorger betriebene Versuchs-

anlagen in den USA auf (einschließlich der beiden vorstehend beschriebenen Anlagen in Philadelphia), und in einer 1953 veröffentlichten Liste (AEIC-EEI, 1953) konnten bereits 28 durch Universitäten oder Elektrizitätsunternehmen betriebene Versuchsanlagen verzeichnet werden.

Auch die theoretische Beschreibung des Wärmefeldes um Erdreichwärmetauscher wurde recht früh in Angriff genommen. Hier ist vor allem L. R. Ingersoll von der University of Wisconsin in Madison zu nennen, der an der Theorie der Wärmeleitung im Erdreich

arbeitete, ab 1948 gemeinsam mit Ko-Autoren in verschiedenen Publikationen die Berechnungsverfahren auf erdgekoppelte Wärmepumpen anwandte (z. B. Ingersoll & Plass, 1948) und damit Auslegungsmöglichkeiten auf physikalischer Grundlage einführte. Eine ausführlichere Darstellung der frühen Entwicklung erdgekoppelter Wärmepumpen findet sich bei Sanner (1992).

Erste Ölpreiskrise und Entwicklung in Europa

Ein erstes Umdenken im Energieverbrauch setzte 1973 mit der ersten Ölpreiskrise ein. Auch wenn es sich hier

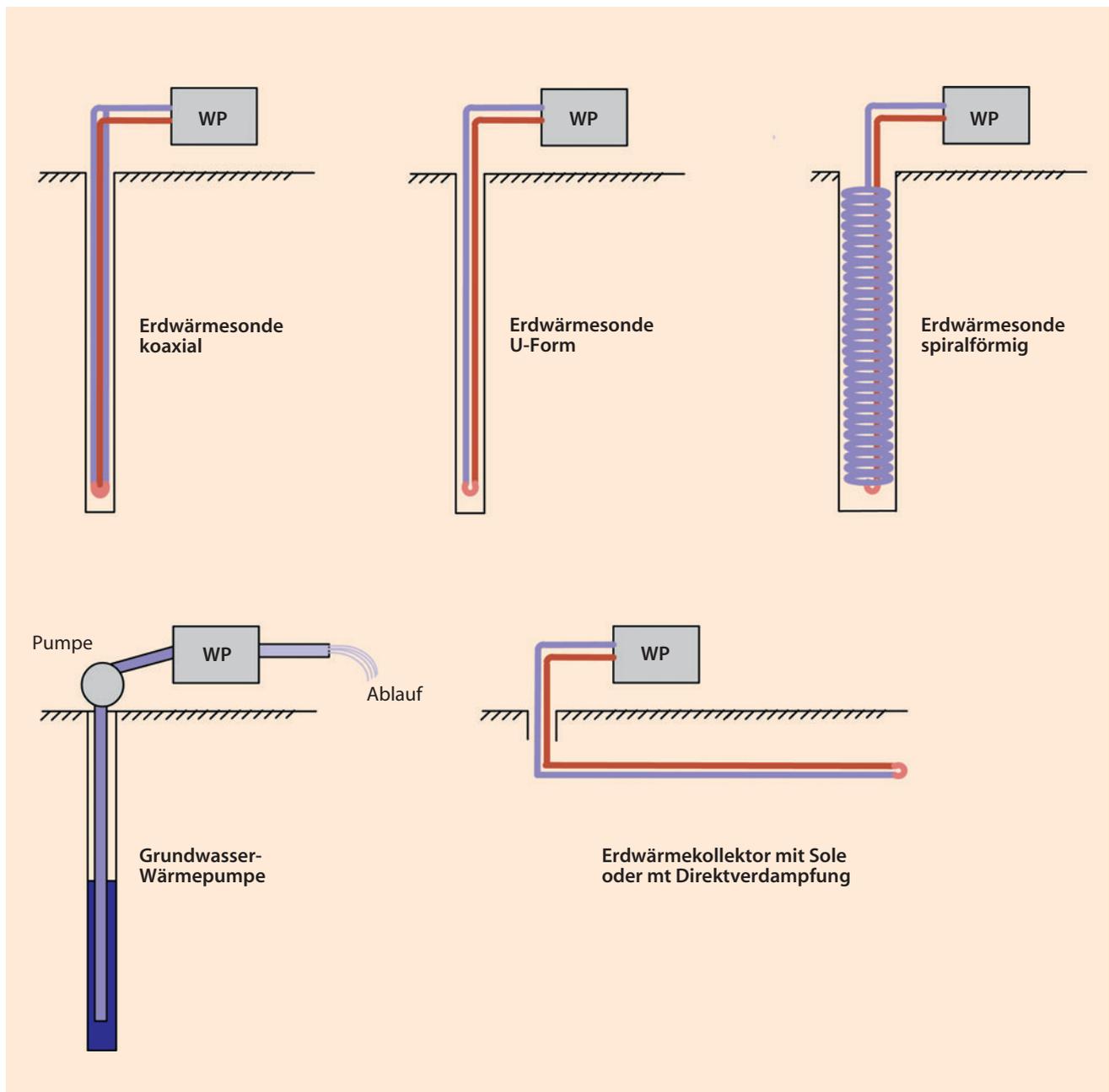


Abb. 2 Schemata von im Jahr 1947 bereits bekannten Wärmequellen für erdgekoppelte Wärmepumpen (vereinheitlicht und vereinfacht nach Kemler, 1947)

nur um eine aus politischen Gründen künstlich herbeigeführte Verknappung handelte, war die Signalwirkung doch beachtlich. In diese Zeit fallen die ersten ernsthaften Entwicklungen zur Wärmepumpe in Deutschland, und bei der zweiten Ölpreiskrise um 1980 kam es zu einem regelrechten Wärmepumpen-Boom (**Abb. 3**).

Erdgekoppelte Wärmepumpen wurden in Europa um 1970 erstmals beschrieben als Grundwasserwärmepumpen (Drafz, 1972) oder mit horizontalen Erdwärmekollektoren (Waterkotte, 1972). Erdwärmesonden werden in Mitteleuropa dagegen erst seit rund 25 Jahren eingesetzt. Erste Anlagen in Deutschland sind aus dem Jahr 1980 dokumentiert, so die Anlage Verolum der Helmut Hund GmbH mit acht Koaxial-Erdsonden in Schöffengrund bei Wetzlar (Firmenunterlagen Geotherm, Linden), zwei Anlagen in Wohnhäusern in Mainhardt, eine in Pfeldelbach und eine in Kirchheimbolanden (Firmenschrift WTA, Worms) und 1981 eine Anlage in einem Wohnhaus bei Krefeld (Drafz, 1982). In der Schweiz wird als erste die 1980 gebaute Anlage Rechsteiner in Arbon am Bodensee genannt. Dazu schreibt Ernst Rohner sen., einer der Erdwärmepioniere in der Schweiz, im Rückblick: „So ist es denn auch dem Zufall zu verdanken, dass ein Energiepionier, namens Rechsteiner, im Jahre 1980 ein Bohrgerät unseres Unternehmens beim Abteufen von Kernbohrungen für Baugrunduntersuchungen beobachtete und sich die Frage stellte, ob dieses Bohrgerät wohl auch geeignet wäre, Löcher zu bohren, um ein haarnadel-förmiges PE-Rohr auf 50 Meter Tiefe einzubauen. Er sei der Meinung, durch Zirkulation eines Trägermediums im geschlossenen Kreislauf könnte den Erdformationen Energie entnommen werden“ (Rohner, 1991).

Als einer der Protagonisten für Erdwärmesonden in Deutschland um 1980 kann der Optik- und Elektronikunternehmer Helmut Hund gelten. Für den Neubau einer Produktionsstätte für Glaserfaseroptik („Verolum“) suchte er unter dem Eindruck der stetig steigenden Ölpreise zum Ende der siebziger Jahre ein wirtschaftlich vertretba-

res energiesparendes Heizsystem; dabei musste die Heizung die Vorgabe gleichmäßiger Raumtemperaturen für die sensiblen Produktionsschritte aber auch zuverlässig und witterungsunabhängig erfüllen können. So suchte Helmut Hund Informationen und Mitstreiter zusammen, kaufte ein kleines Bohrgerät und erstellte im Frühjahr 1980 in Schöffengrund-Schwalbach eine erdgekoppelte Wärmepumpenanlage mit acht jeweils knapp 50 Meter tiefen Erdwärmesonden. Als er in der Region mit dieser Technik auf Resonanz stieß, gründete er 1981 die Geotherm GmbH zur Weiterentwicklung und Installation von Erdwärmesondenanlagen. Unter der Leitung des Heizungsbaumeisters Gerd Euler wurde daraus ein Unternehmen, das als eines der wenigen aus der Zeit des ersten Wärmepumpenbooms auch heute noch erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen erstellt.

Helmut Hund setzte zuerst auf Koaxialsonden, wobei er bald eine Konstruktion aus einem durch eine PE-Beschichtung gegen Korrosion geschütztes Edelstahl-Wellrohr von 46 Millimeter lichter Innenweite entwickelte (**Abb. 4**). Die PE-Beschichtung wurde unter Vakuum aufgebracht, um Luftblasen und die damit einhergehende Isolationswirkung zu verhindern. Die-

ses schlanke und biegsame Rohr stellt bis heute sicher die beste Verbindung von Wärmeübertragung, geringem Durchmesser und Korrosionssicherheit dar, wurde aber durch die deutlich billiger herzustellenden HDPE-Doppel-U-Sonden vollständig abgelöst.

Das Gebäude Verolum mit 385 m² Grundfläche wurde durch eine Siemens-Wärmepumpe mit 22 kW Heizleistung (0/35) beheizt. Mit den Energiekosten des Jahres 1980 wurde eine lineare Amortisationszeit von 6,97 Jahren gegenüber einer Ölheizung errechnet. In einem Zeitungsinterview im Winter 1980/81 sagte Helmut Hund: „Allen Unkenrufen zum Trotz funktioniert die Geschichte. Seit die Anlage läuft, habe ich keinen Tropfen Öl mehr gebraucht. Ich habe nur positive Erfahrungen mit der Erdwärmepumpe gesammelt – vor allem auch was die Amortisationskosten angeht“. Nun, die Wirtschaftlichkeit hat durch den in der Mitte der 80er-Jahre stark gefallen Heizölpreis gelitten, doch die Erwartungen an einen problemlosen Betrieb haben sich erfüllt.

Forschungsanlage Schöffengrund-Schwalbach

In einer Zeit, als der erste Boom der Wärmepumpen vorbei war, begann die systematische Untersuchung der ▶



BLK

Bohrteam GmbH

BLK-Bohrteam GmbH
Gewerbegebiet Süd 2
06618 Görtschen




- Spülbohrtechnik
- Horizontalbohrungen
- Stahlrohrpressungen
- Pflugverfahren
- Rohrleitungsbau







Tel. 034445/70105 Fax 034445/70170
Internet: www.blk-bohrteam.de



Geotec

Bohrtechnik GmbH

ROTOMAX

für
-Brunnenbohrungen
-Geothermie
erstklassig

59394 Nordkirchen
Tel: 02596 97000
www.geotec-bohrtechnik.de



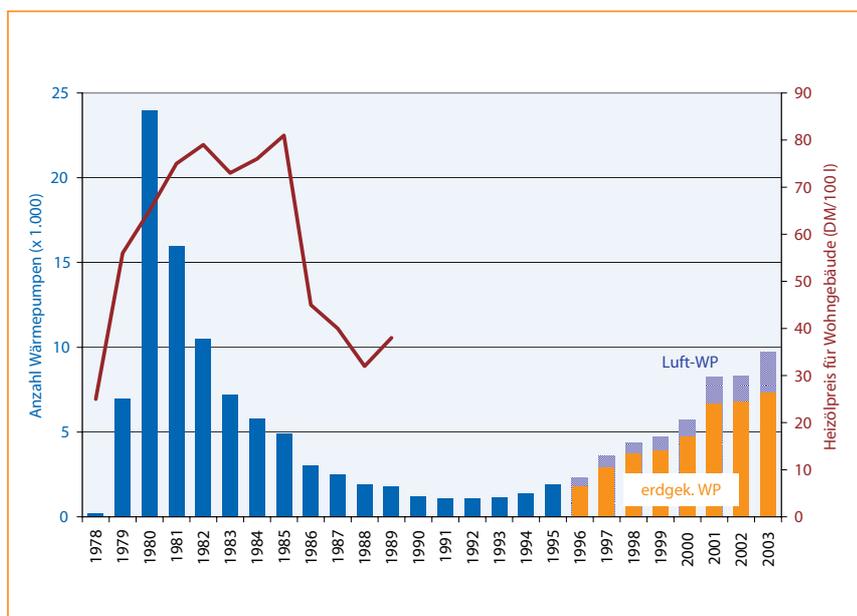


Abb. 3 Wärmepumpen-Verkaufszahlen in Deutschland von 1978 bis 2003, zusammengestellt nach Daten von Zaugg (1993), VDEW und BWP; bis 1995 alle Wärmequellen, ab 1996 getrennt in erdgekoppelte Wärmepumpen und solche mit der Wärmequelle Luft; beim Boom um 1980 nutzte die übergroße Mehrheit der Anlagen Luft als Wärmequelle.

Wärmetransportvorgänge um Erdwärmesonden in Deutschland. Ziel waren Auslegungsregeln, das Erkennen der Grenzen des Systems, die Beeinflussung der Umwelt usw. Dazu wurde in dem Dorf Schöffengrund-Schwalbach südlich von Wetzlar eine Versuchsanlage aufgebaut (**Abb. 5**), die durch den damaligen BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie) gefördert wurde. Auch hier war der bereits genannte Helmut Hundtreibende Kraft, und sein Unternehmen führte diese Forschungsarbeiten zusammen mit der Universität Gießen durch. Der Autor war während der ganzen Laufzeit von 1985 bis 1990 Projektleiter des Vorhabens. Neben der Untersuchung des Wärmetransports um eine Erdwärmesonde, Versuchen mit der Korrosionsbeständigkeit verschiedener Werkstoffe im Grundwasser, und gegen Ende der Laufzeit auch Versuchen zur Direktverdampfung in Erdwärmesonden wurden auch verschiedene „externe Forschungsstandorte“ in kommerziell erstellten Anlagen in vier Standorten in Deutschland betreut, um Erfahrungen mit unterschiedlicher Geologie zu erhalten.

Ein wesentlicher Fortschritt, der als Nebenprodukt aus dem FuE-Projekt abfiel und heute für die Anwendung

nicht wegzudenken ist, ist die direkte Kühlung aus Erdwärmesonden. 1987 hat die Projektgruppe in einem kleineren Bürogebäude in Wetzlar erstmals eine derartige Anlage aufgebaut, damals noch mit Gebläsekonvektoren statt Kühlflächen (diese kamen erst ein Jahr später hinzu). Da Kühlung wesentlich teurer als Heizung ist, bietet diese Technik heutzutage deutliche wirtschaftliche Vorteile. Der Autor und sein Mitentwickler der Wetzlarer Anlage, Gerd Euler, mussten allerdings bald erfahren, dass bereits ein Jahr zuvor Karl Hess in der Schweiz ein Patent mit dem gleichen Grundprinzip beantragt hatte. So bleibt es dabei, dass diese Anlage die erste tatsächlich gebaute Erdwärmesonden-Anlage mit direkter Kühlung ist (Sanner, 1990), auch wenn das Prinzip nicht mehr patentiert werden konnte.

Ähnlich wie in Schöffengrund-Schwalbach wurden auch in der Schweiz (in Elgg, Kanton Zürich), in Kanada (am NRC in Ottawa) und in den USA (am Oak Ridge National Laboratory) praktische und theoretische Arbeiten zu Erdwärmesonden durchgeführt. Im Rahmen eines Kooperationsprogramms der Internationalen Energieagentur IEA (für Fachleute: Annex 8 des Heat Pump Implementing Agree-

ment) arbeiteten die Arbeitsgruppen der verschiedenen Länder eng zusammen. Auf dieser Grundlage wurden die wesentlichen Erkenntnisse gesammelt, die auch heute noch die Auslegung von Erdwärmesondenanlagen bestimmen. Aus der IEA-Zusammenarbeit kam dann auch die Kooperation mit einer Arbeitsgruppe der Universität Lund in Schweden, die sich unter Leitung von Prof. Johan Claesson theoretisch-mathematisch mit den Wärmetransportfragen befasste und so viele Berechnungsverfahren und Softwareprogramme entwickelte, u. a. in deutsch-schwedischer Zusammenarbeit den heute viel benutzten „Earth Energy Designer“ EED. Ebenso ist der Thermal Response Test zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds aus einer IEA-Zusammenarbeit entstanden, allerdings erst in einer späteren Phase Ende der 90er-Jahre.

Die 90er-Jahre: Konferenzen, Richtlinien, Förderprogramme

Nach einer Phase geringer wirtschaftlicher Resonanz von erdgekoppelten Wärmepumpen Ende der 80er- und Anfang der 90er-Jahre (**Abb. 3**), in der einige große Hersteller (z. B. Buderus und Viessmann) den Wärmepumpenbau einstellten, wuchs das technisch-wissenschaftliche Interesse an der erdgekoppelten Wärmepumpe wieder an. An verschiedenen Stellen in Deutschland, Österreich, den Niederlanden und der Schweiz wurde geforscht und weiterentwickelt sowie neue Ideen und Konzepte erarbeitet. Um eine Plattform zum Austausch von Ideen und Erfahrungen zu bieten, hat die Universität Gießen im Herbst 1991 zum ersten Symposium erdgekoppelte Wärmepumpen auf ihr Tagungszentrum Schloss Rauischholzhausen eingeladen. Der Erfolg zeigte, wie groß der Bedarf an einem Austausch zwischen Wissenschaftlern, Technikern und Praktikern war. Das Ambiente des Schlosses und auch die Möglichkeiten zu zwanglosem abendlichem Gespräch im Schlosskeller trugen zu dem besonderen Geist des Symposiums bei. In den Jahren 1994 und 1997 wurde diese Plattform wieder geboten, die Vorträge und Diskussionen aller drei Symposien sind durch das FIZ Karlsruhe in seiner Reihe IZW-Berichte veröffentlicht worden

(IZW-Berichte 3/91, 1/94 und 2/97, jeweils herausgegeben durch Sanner, B. & A. Lehmann).

Beim 3. Symposium im Herbst 1997 war die Nachfrage bereits so groß, dass viele Interessenten abgewiesen werden mussten, da im Schloss nur Räume für maximal 120 Personen vorhanden waren. Es blieb damit das letzte Symposium am alten Ort. Im Jahr 2002 hat die Geothermische Vereinigung (GtV) die Tradition aus Rauischholzhausen wieder aufgenommen und die Vorträge zur oberflächennahen Geothermie bei der Geothermischen Fachtagung in Waren/Müritz zum 4. Symposium erdgekoppelte Wärmepumpen zusammengefasst. Inhaltlich und von der Teilnehmerzahl sicher bedeutender als die ersten Symposien, aber der genius loci des Schlosses fehlte natürlich etwas. 2004 fand das 5. Symposium anlässlich der Geothermischen Fachtagung in Landau statt, und die Tradition soll in zweijährigem Rhythmus fortgesetzt werden. Inzwischen gibt es ein breit gefächertes Angebot zum Thema erdgekoppelter Wärmepumpen, wie z. B. die jährlichen Seminare, die das OTTI (Ostbayerisches Technologietransfer Institut) in Zusammenarbeit mit der GtV anbietet.

Ein wesentlicher Schub für die weitere Entwicklung Anfang der 90er-Jahre wurde durch die Gründung zweier Vereine ermöglicht. 1991 wurde die Geothermische Vereinigung e.V. (GtV) gegründet, und 1994 der anfangs stark durch die Stromwirtschaft dominierte Initiativkreis Wärmepumpen e.V. (IWP), der heute als Bundesverband Wärmepumpen (BWP) auf einer wesentlich breiteren Basis steht. Beide haben durch Öffentlichkeitsarbeit, Lobbying und vielfältige Veranstaltungen entscheidend zum heute erreichten Stand von Technik und Markt beigetragen.

Bewegung in den Markt brachten vor allem zwei Förderprogramme, das Programm KeS-Solar der RWE zu Anfang der 90er-Jahre und das Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien des Bundes, das 1995 bis 1998 auch Wärmepumpen förderte. Durch entsprechend hohe Anforderungen (Jahresar-

beitszahl $\beta > 3,5$, später $\beta > 3,8$, keine chlorierten Kohlenwasserstoffe als Kältemittel) hat es gleichzeitig zur technischen Fortentwicklung beigetragen. Das stetige Anwachsen der Zahl verkaufter Wärmepumpen in den 90er-Jahren (**Abb. 3**) ist im Wesentlichen auf diese Fördermaßnahmen sowie ergänzende Maßnahmen in den neuen Bundesländern zurückzuführen. Anders als um 1980, als fast alle Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft arbeiteten und in bivalente Systeme eingebunden waren, ist bei diesem erneuten Anstieg die erdgekoppelte Wärmepumpe mit etwa 80 Prozent aller Anlagen führend.

Mit steigender Anzahl von erdgekoppelten Wärmepumpen wurde die unkoordinierte und teilweise nicht nachvollziehbare Genehmigungspraxis einzelner örtlicher Behörden zum Problem für die weitere Marktentwicklung. Am 22. Oktober 1996 konnte der Vorstand der GtV ein Gespräch mit dem damaligen baden-württembergischen Umwelt- und Verkehrsminister Schauffler zur Situation der Geothermie in seinem Land führen. Dabei hat der Autor eine klarere und einheitliche Regelung zur Genehmigung von erdgekoppelten Wärmepumpen, besonders von Erdwärmesonden, gefordert und eine Art Leitfaden für Behörden und Bauherren angeregt. Der Leitfaden für Baden-Württemberg, der ein Jahr später herausgegeben wurde, ist zum Vorbild vieler ähnlicher Regelungen geworden, so in Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und anderen Bundesländern. ▶



Quelle: Sanner

Abb. 4 Messe-Modell der Wellrohr-Sonde von Helmut Hund, Patentantrag DE 3139868 vom 7. Oktober 1981



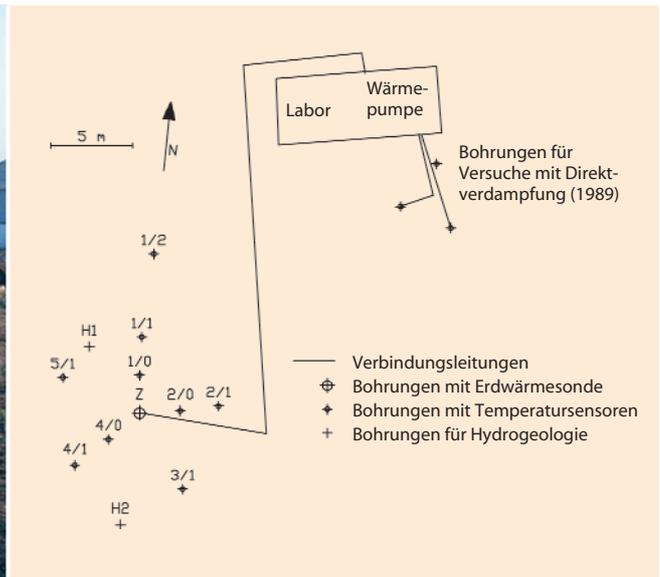
Sole für Erdwärmesysteme

umweltverträglich – leicht biologisch abbaubar

- Basis Ethylenglykol
- Basis Propylenglykol
- und glykolfreie Spezialsole

Lieferform: Konzentrat oder gebrauchsfertiges Gemisch

TYFOROP CHEMIE GmbH / Anton-Rée-Weg 7 / 20537 Hamburg
Tel. 040 20 94 97 - 0 / Fax - 20 / E-Mail: info@tyfo.de / www.tyfo.de



Quelle: Sanner

Abb. 5 Ansicht und Schema der Erdwärmesonden-Versuchsanlage Schöffengrund-Schwalbach: Diese Forschungsstation war von 1985 bis 1990 in Betrieb.

Für Baden-Württemberg liegt inzwischen die vierte, deutlich weiterentwickelte Auflage vor.

Genauso wichtig wurden technische Regeln, die funktionsfähige Anlagen garantieren und so letztlich den Kunden schützen sollen. Nach der deutschen Wiedervereinigung hatten einige Wärmepumpenverkäufer die Situation in der ehemaligen DDR so ausgenutzt, dass Anlagen mit deutlich unterdimensionierter Wärmequelle erstellt wurden. Die Wärmepumpe wurde verkauft und nur so viel an Erdwärmesondenlänge oder Kollektorfläche installiert, dass es zumindest im ersten Winter funktionierte. Eine Unterdimensionierung gerade bei Erdwärmesonden zeigt sich häufig nämlich nicht sofort, sondern erst durch eine von Winter zu Winter stetig sinkende Temperatur, bis irgendwann die minimal zulässige Temperatur unterschritten wird. Diese Erfahrung wurde übrigens schon mit einer der ersten Anlagen 1981 in Frauenfeld/ Schweiz gemacht, die durch die Installation einer weiteren Erdwärmesonde saniert werden musste.

Der Autor nahm diesen Missbrauch zum Anlass, im Frühjahr 1994 mit dem VDI über die Möglichkeiten einer einschlägigen Richtlinie zu sprechen. Nachdem die Gremien des VDI zugestimmt hatten, konnte sich der Richt-

linienausschuss VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds“ im Sommer 1995 konstituieren. Im Herbst 1998 wurden die Entwürfe („Gründruck“) der beiden ersten von insgesamt vier geplanten Teilen veröffentlicht, die endgültigen Fassungen („Weißdruck“) folgten 2000 und 2001. Seit 2004 liegen alle vier Teile („Blätter“) im Weißdruck vor. Der Richtlinienausschuss arbeitet jetzt an der Revision und Anpassung der ersten beiden Blätter, da sich bei Genehmigungen, thermischem Resonanztest, Verpressmaterial, Druckprüfung etc. Fortschritte ergeben haben. VDI 4640 wird in Deutschland und den Nachbarländern als Dokument zum Stand der Technik verwendet. Die genannten Leitfäden der Bundesländer schreiben die Ausführung nach VDI 4640 vor. Durch diese Richtlinie hat die erdgekoppelte Wärmepumpe endgültig das Stadium der Bastellei verlassen und ist zu einem ernsthaften Industrieprodukt geworden.

Ausblick

Für jemanden, der die frühe Phase der erdgekoppelten Wärmepumpen in Europa miterlebt hat, sind viele Wünsche von damals in Erfüllung gegangen. Die erdgekoppelte Wärmepumpe ist heute eine selbstverständliche Alternative zu anderen Heizsystemen. Immer mehr Bauherren, aber auch Handwerksfirmen wissen von den Vorteilen. Man

muss nicht mehr zu jeder unteren Wasserbehörde pilgern und versuchen, den Beamten das Prinzip verständlich zu machen. Die Technik hat einen Stand an Zuverlässigkeit erreicht, der konventionellen Anlagen in nichts nachsteht, und die Effizienz ist ständig gestiegen: In den 80er-Jahren hatten die besten Anlagen mit Erdwärmesonden Jahresarbeitszahlen um $\beta = 2,7-2,9$ (Knoblich et al., 1993), heute werden Werte um $\beta = 4$ erreicht. Früher wurde die Schweiz immer als das Vorbild mit der am weitesten verbreiteten Anwendung dargestellt; inzwischen befinden wir uns durchaus auf Augenhöhe.

Wichtige Aufgaben sind heute, neben der kontinuierlichen Verbesserung (und Verbilligung) der Anlagentechnik, vor allem die Qualitätssicherung und die Aus- und Fortbildung der entsprechenden Ingenieure, Anlagenbauer, Bohrmeister usw. Die erdgekoppelten Wärmepumpen haben sich aus dem FuE-Bereich in den Markt hinein entwickelt, und nun muss dieser Markt gesichert und gepflegt werden. Und nicht zuletzt kann deutsche Technik bei Wärmepumpen und Erdwärmesonden auch im Ausland eingesetzt werden, und der Exportmarkt für Material und Know-how steht erst am Anfang. Die weiteste Reise dürfte deutsches Material bislang nach Südkorea gemacht haben, wo 2003 in

Daejon mit koreanischen Partnern eine Erdwärmesonden-Versuchsanlage gebaut wurde (Sanner, 2005) und wohin inzwischen auch ein Gerät für thermische Resonsetests exportiert wurde.

Literatur

AEIC-EEI Heat Pump Committee (1953): Research Results concerning Earth as a Heat Source or Sink. - Edison Electr. Inst. Bull., Sept. 1953, S. 355-358, New York.

Bary, C. (1952): Residential Heat Pump Experiments in Philadelphia - Suggested Possibilities for Practical Applications. - AIEE Trans 71/II, S. 361-365, New York.

Bloomquist, G. (1999): Geothermal Heat Pumps - four plus decades of experience. - GeoHeat Centre Quart. Bull. 4/99: 13-18, Klamath Falls OR.

Crandall, A. C. (1946): House Heating with Earth Heat Pump. - Electrical World 126/19, S. 94-95, New York.

Drafz, H.- J. (1972): Wasser-Wasser-Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus - ETA elektrowärme int 30/A, S. 25, Essen.

Drafz, H. J. (1982): Erdreichsonden als Wärmequelle für Wärmepumpenheizungen. - ETA elektrowärme int 40/A, S. 222-226, Essen.

Hadley, W. A. (1949): Operation Characteristics of Heat Pump Ground Coils. - Edison Electr. Inst. Bull., Dec. 1949, S. 457-461, New York.

Harlow, J. H. & Klapper, G.E. (1952): Residential Heat Pump Experiments

in Philadelphia - Installation and Operating Experience. - AIEE Trans 71/II, S. 366-375, New York.

Hooper, F. C. (1952): An Experimental Residential Heat Pump. - Canadian Journal of Technology 30, S. 180-197, Ottawa.

Ingersoll, L.R. & Plass, H. J. (1948): Theory of the ground pipe heat source for the heat pump. - Heating, Piping & Air Conditioning 20/7, S. 119-122, Chicago.

Kemler, E. N. (1946): Heat for the Heat Pump. - Heating, Piping & Air Conditioning, Dec. 1946, S. 84-86, Cleveland.

Kemler, E.N. (1947): Methods of Earth Heat Recovery for the Heat Pump. - Heating and Ventilating, Sept. 1947, S. 69-72, New York.

Kidder, A. & Neher, J. (1952): Residential heat pump experiments in Philadelphia - Earth as a Heat Source. - AIEE Trans 71/II, S. 342-350, New York.

Knoblich, K., Sanner, B. & Klugescheid, M. (1993): Energetische, hydrologische und geologische Untersuchungen zum Entzug von Wärme aus dem Erdreich. - Giessener Geologische Schriften 49, 192 S., Gießen.

Mayor, J.-C., Mustoe, F. J. & Ray, A. (1977): Betriebsverhalten ausgeführter Wärmepumpenanlagen in der Schweiz. - VDI-Berichte Nr. 289, S. 129-134, Düsseldorf.

Rohner, E. (1991): Entwicklung und Stand der Erdsonden-Anlagen in der Schweiz. - Symp. Erdgekoppelte Wärmepumpen Rauischholzhausen, IZW-Berichte 3/91, S. 33-40, Karlsruhe.

Sanner, B., Brehm, D. R. & Knoblich, K. (1986): Erstes Betriebsjahr der Wärmepumpen-Versuchsanlage Schwalbach (1985/1986). - Z. Angew. Geowiss. H. 7, S. 43-60, Giessen.

Sanner, B. (1990): Ground Coupled Heat Pump Systems, R&D and practical experiences in FRG, in: Saito, T. & Igarashii, Y. (Hrsg.), Heat Pumps - Solving Energy and Environmental Challenges, S. 401-409, Pergamon Press, Oxford.

Sanner, B. (1992): Erdgekoppelte Wärmepumpen, Geschichte, Systeme, Auslegung, Installation. - 328 S., IZW-Berichte 2/92, Karlsruhe.

Sanner, B. & Choi, B.-Y. (2005): Ground Source Heat Pump Research in South Korea. - Proc. WGC 2005, paper No. 1435, CD-ROM, IGA, Reykjavik.

Waterkotte, K. (1972): Erdreich-Wasser-Wärmepumpe für ein Einfamilienhaus. - ETA elektrowärme int. 30/A, S. 39-43, Essen.

Zaugg, J. (1993): Marktsituation der Wärmepumpe in der Schweiz, Deutschland und Österreich. - ETA elektrowärme int. 51/A, S. 72-76, Essen.

Autor:

Dr. Burkhard Sanner
Vorsitzender der
Geothermischen Vereinigung e.V. (GtV)
Asterweg 2
35633 Lahnau
Tel.: 06441 96-3416
Fax: 06441 96-2526

E-Mail: sanner@sanner-geo.de
Internet: www.sanner-geo.de



An- und Verkäufe / Stellenmarkt

Wir suchen laufend für Export gebrauchte
**Bohrgeräte, Kompressoren,
Spülpumpen und Bohrzubehör.**

Zuschriften erbeten an den Verlag unter: **Chiffre 040401**

Mittelständisches Unternehmen im mittelfränkischen Raum sucht

Technischen Leiter

mit Erfahrung im erdverlegten Rohrleitungsbau Gas/Wasser/Tiefbau.
Zuschriften an den Verlag unter: Chiffre: bbr 060105

Zu verkaufen:

Bohranlage Fraste FS 250 auf Raupe, Baujahr 2002,
10 t Hauptwinde, 1 t Hilfswinde, FMC Kolben-
spülpumpe (Triplex), hydraul. Ausschwenkarm an
Bohrmast (1 t), Nordmeyer Drehtisch 323 mm Ø,
inkl. Tieflader zum Transport.

VHB 270.000,00 €

Zuschrift an den Verlag unter: Chiffre bbr 120105

Adresse für Chiffre-Zuschriften: **wvgw mbh** · Frau Eckern · Chiffre-Nr. · Josef-Wirmer-Str. 3 · 53123 Bonn