

„Temperatur- und Effizienzmessungen an erdgekoppelter Wärmepumpe mit Kolben- bzw. Scrollverdichter“

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

Langacherstr.11, CH-5417 Untersiggenthal

T. 0041/56/288 2467, E-Mail: klaus.staerk@swissonline.ch

1. Summary

Ground source heat pipes with heat pumps for heating of low energy buildings have spread strongly in the last 20 years. The ecological sense is undoubted, the economic success can be documented.

The experience with the heating of a single-family home over 24 years is throughout positiv. The ground source “heat” pipe delivers in summer a temperature between 8 and 16°C which is used for direct cooling (free-cooling) since 1996. In 2008 the old heat pump with a piston compressor was replaced by a new device with a modern Scroll-compressor.

Several details and facts should be checked using the same ground source heat pipes together with a more efficient heat pump. With temperature measurements and efficiency calculations the success in the heat pump development is shown.

1. Zusammenfassung

Erdwärmesonden zur Heizung von Gebäuden in Niedertemperaturlösung mit Wärmepumpen haben sich in den letzten 20 Jahren stark verbreitet. Der ökologische Sinn ist unbestritten, der ökonomische Erfolg belegbar.

Die Erfahrungen mit der Heizung eines Einfamilienhauses über 24 Jahre sind durchweg positiv. Da die Erd-„Wärme“-Sonde im Sommer Temperaturen von 8 bis ca. 16°C bietet, wird sie seit 1996 auch zur Direkten Kühlung genutzt. 2008 wurde die alte Wärmepumpe mit Kolbenkompressor durch eine neue Anlage mit Scrollverdichter ersetzt.

Es wird gezeigt, was eine Wärmepumpenerneuerung bedeutet und was man dabei berücksichtigen sollte, wenn die Erdwärmesonden unverändert weiterbenutzt wer-

den. Mit Temperaturmessungen und Effizienzrechnungen wird der Fortschritt in der Wärmepumpentechnik belegt.

2. Alte und neue Wärmepumpen

Zum Zeitpunkt von Planung und Bau des Gebäudes 1985 waren praktisch alle elektrisch betriebenen Wärmepumpen (WP) mit Kolbenkompressoren ausgestattet. Der WP-Markt war durch die niedrigen Heizölpreise fast vollständig zusammengebrochen. Grössere technische Entwicklungen wurden gestoppt. Erst mit steigenden Öl- und Gaspreisen kam die Nachfrage nach Wärmepumpen ab ca. 1996 wieder in Gang. Der Scrollkompressor mit deutlich besserem Wirkungsgrad kam etwa ab 2000 in Deutschland auf den Markt. Ohne oszillierende Teile (s. **Bild 1 und 2**) erreicht er bessere Verdichtungen bei geringerer Geräuscentwicklung und verspricht mindestens so gute Lebensdauern wie der Kolbenkompressor (>20 Jahre bei ca. 2000 Betriebsstunden pro Jahr), s. **Bilder 3 und 4**.

3. Betriebsoptimierungen

Auf Grund der genauen Kenntnis des Leistungsbedarfes des Einfamilienhauses durch Messungen über 24 Jahre konnte die Anlage weiter optimiert werden:

- Leistungsreduzierung der WP von ca. 11kW auf 9kW thermisch
- Laufzeiten im Hoch- bzw. Niedertarif optimiert durch Zeitschaltuhren
- Pufferspeicher weggelassen (spart eine Umwälzpumpe und reduziert Wärmeverluste, keine Aufladung über Bedarfstemperatur)
- Sperrzeiten vom Netzbetreiber können bei Bedarf wegfallen, da Antriebsleistung unter 3kW
- Messung der Heizleistung mit einem Wärmemengenzähler und sep. Stromzähler für Wärmepumpe und Warmwasser (z.Z. noch elektrisch)

Die ermittelten Jahresarbeitsziffern betragen 2.6 (alt) und 3.6 (neu) s. **Bilder 5 und 6**

4. Messungen

Mit Thermoelementen an allen Sondenrohren, sep. Stromzählern für WP und Warmwasser, Wärmemengenzähler im Heizungsrücklauf, interner und externer Tempera-

turmessung sowie den Daten des WP-Kontrollers konnte der Wärmebedarf und die Abhängigkeiten in den Jahren 1985-2010 für die Heizung sowie von 1996-2009 für die Kühlung genau ermittelt werden.

Die **Bilder 7 und 8** zeigen die Erdsondentemperaturen am Ende der intensiven Heizperiode. Die Temperatur zwischen Vor- und Rücklauf der EWS liegt bei ca. 3K und bestätigt die richtige Auslegung. Die EWS-Temperatur erreicht im Heizbetrieb ca. 0°C und die Taktzyklen dauern etwa 1 Stunde. Im Detail sieht man das in **Bild 9**. Die Direkte Kühlung erzeugt eine Temperaturdifferenz Rücklauf-Vorlauf im Fussboden von ca. 1.5K, s. **Bild 10**. Bei lang anhaltender Kühlphase wird die EWS bis auf ca. 18°C aufgewärmt, mit steigender Temperatur nimmt die Kühlwirkung des Fussbodens entsprechend langsam ab, s. **Bilder 11 und 12**. Eine zu starke Kühlung des Fussbodens sollte besonders am Beginn der Kühlperiode vermieden werden, da die EWS noch kalt ist und die Gefahr von Kondenswasser besteht. Die EVU-Sperrzeit verursachte fälschlicherweise in der WP einen Stopp der Heizungsumwälzpumpe, was in der Sperrzeit die Kühlung unterbrach, s. **Bild 13**. Dieser Fehler, der auch im Heizbetrieb die Wärmeverteilung im Haus störte, wurde inzwischen durch eine Software-Änderung behoben. **Bild 14** zeigt die möglichen Temperaturdifferenzen im Fussboden- und Erdwärmesondenkreislauf im Kühlbetrieb.

Bezieht man den aufgewendeten Stromverbrauch auf die Heizgradtage nivellieren sich unterschiedlich kalte Winter und man kann einzelne Jahre besser mit einander vergleichen, s. **Bild 15**. So wird deutlich, dass die Erneuerung der Wärmepumpe eine Effizienzsteigerung (Jahresarbeitsziffer JAZ bzw. Systemnutzungsgrad SNG) von ca. 30% ergab. Über alle 24 Betriebsjahre erkennt man einen Anstieg ab 1996 durch die Leistung der Umwälzpumpen im Kühlbetrieb im Sommer und die Reduzierung des Stromverbrauchs durch die neue WP mit Scroll-Verdichter, **Bild 16**.

5. Ausblick

Die Erfahrungen mit der Erdwärmeheizung mit Wärmepumpe sind überaus positiv. Ohne Defekt wurde die alte Wärmepumpe nach 23 Betriebsjahren durch eine neue Wärmepumpe mit Scroll-Kompressor ersetzt. Die Lebensdauer der Erdwärmesonden wird allgemein (ohne def. Langzeiterfahrungen) mit ca. 50 bis 100 Jahren für Amorti-

sationsrechnungen angenommen. Wird eine Wärmepumpe durch eine höhereffiziente Anlage ersetzt, sind einige Randbedingungen zu beachten:

- Die Belastung der EWS steigt bei gleicher Heizleistung
- Die Laufzeit der WP steigt, wenn die Gesamtleistung reduziert wird.
- Die Belastung der EWS und die Laufzeit der WP steigen, wenn mit der WP zusätzlich das Brauchwarmwasser erzeugt wird.

Massnahmen sind zu ergreifen, wenn die Belastung der EWS und der WP reduziert werden soll ohne die EWS zu erweitern:

- Thermographie und Gebäudesanierung, s. **Bilder 17 und 18**
- Nutzung der „Erfahrungsplattform“ Internet
- Brauch-Warmwassererzeugung mit Solarkollektorunterstützung
- Direkte Kühlung zur Regenerierung der EWS im Sommerhalbjahr

Eine direkte Versorgung der WP mit Strom aus eigener Photovoltaik (PV) ist nicht möglich. Trotzdem kann bei einem Einfamilienhaus eine PV-Anlage den Strom über das Jahr ins Netz einspeisen, den die Wärmepumpe und ggf. das ganze Haus an Strom verbraucht (Richtwert ca. 100kWh/m² und Jahr).



Bild 1+2: Scroll-Bauweise und Verdichterprinzip



Bild 3+4: Alte Anlage (1985) mit WP, Pufferspeicher und externem Plattenwärmetauscher 1996) zur Direkten Kühlung sowie kompakte neue Anlage (2008)

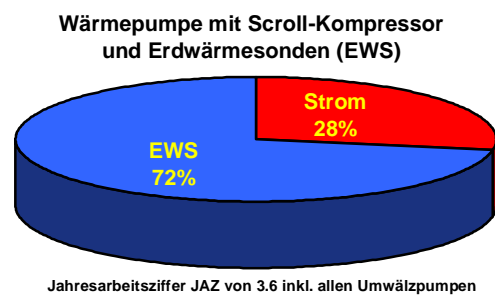
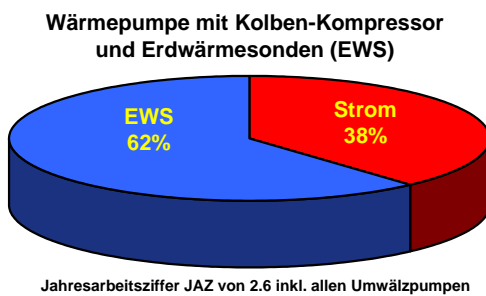


Bild 5+6: Jahresarbeitsziffern (JAZ) der alten (2.6) und neuen (3.6) Anlage (JAZ als Gesamt-Anlagen-Wirkungsgrad inkl. aller Umwälzpumpen)

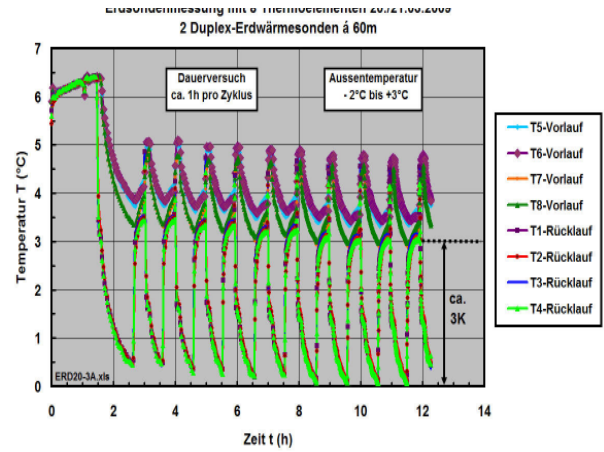
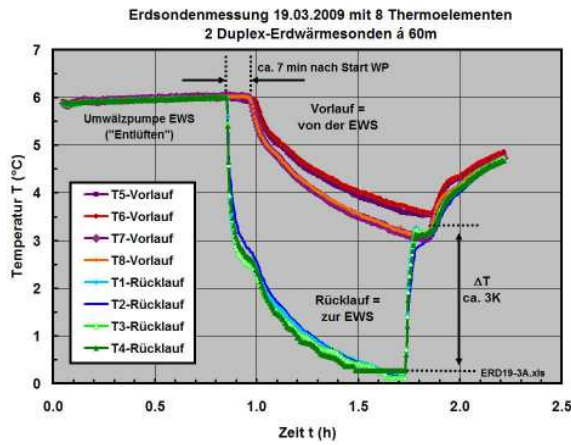


Bild 7+8: Messungen in der Heizperiode 2009 an den Erdwärmesondenrohren

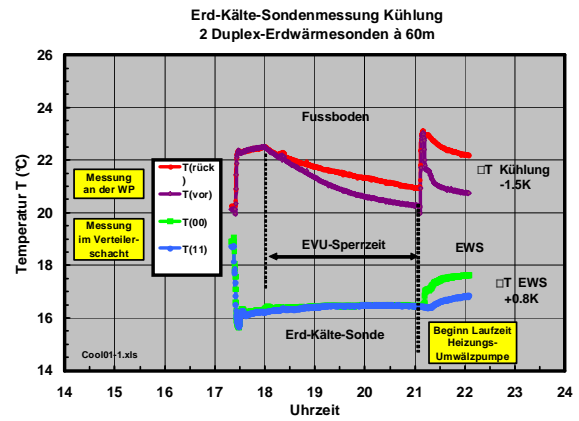
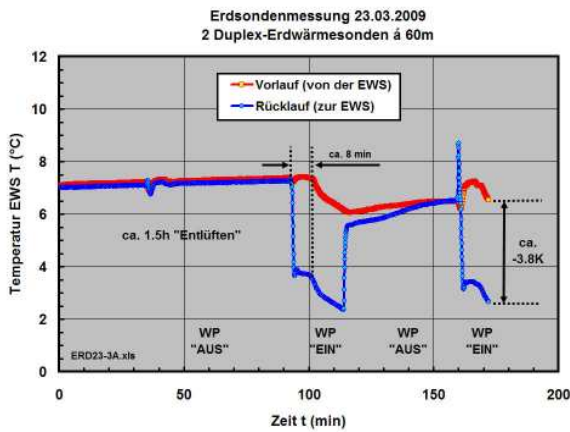


Bild 9+10: Wärmepumpenschaltzyklen und EVU-Sperrzeiten bei Heizung und Kühlung

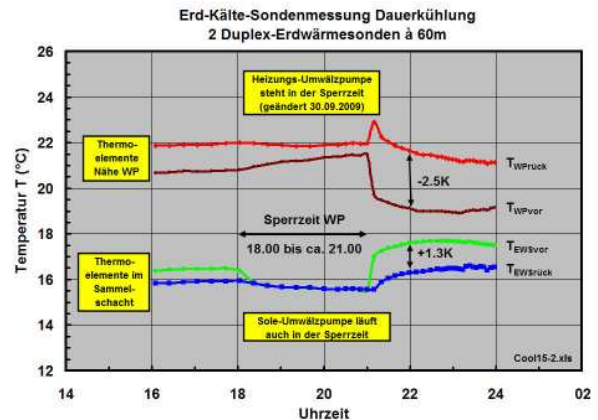
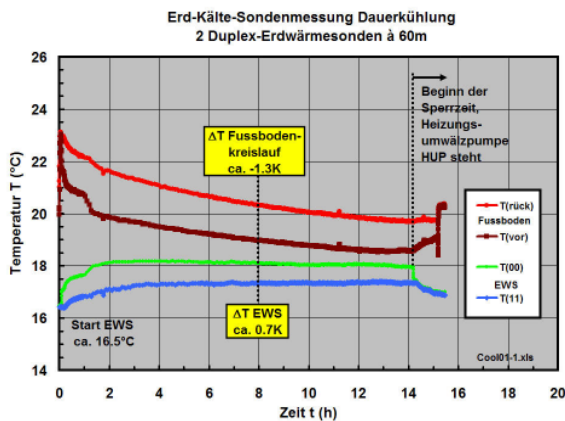


Bild 11+12: „Dauer“-Kühlung im Sommer 2009

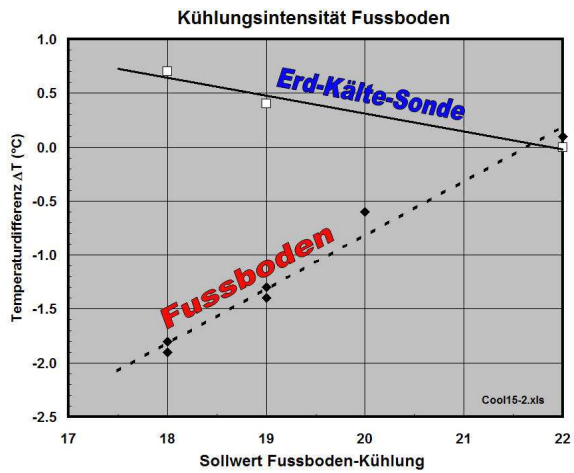
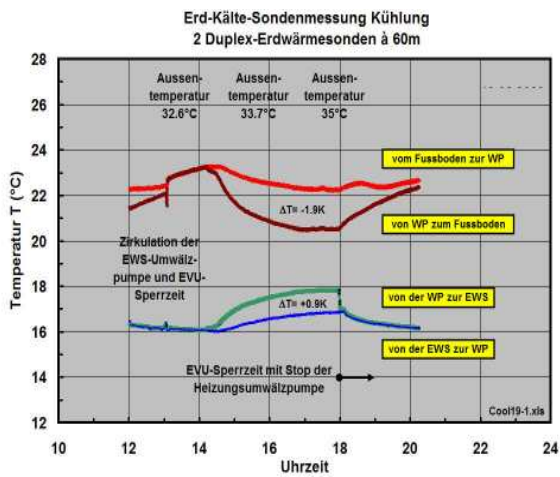


Bild 13+14: Fussbodenkühlung und Kühlleistung im Hochsommer 2009

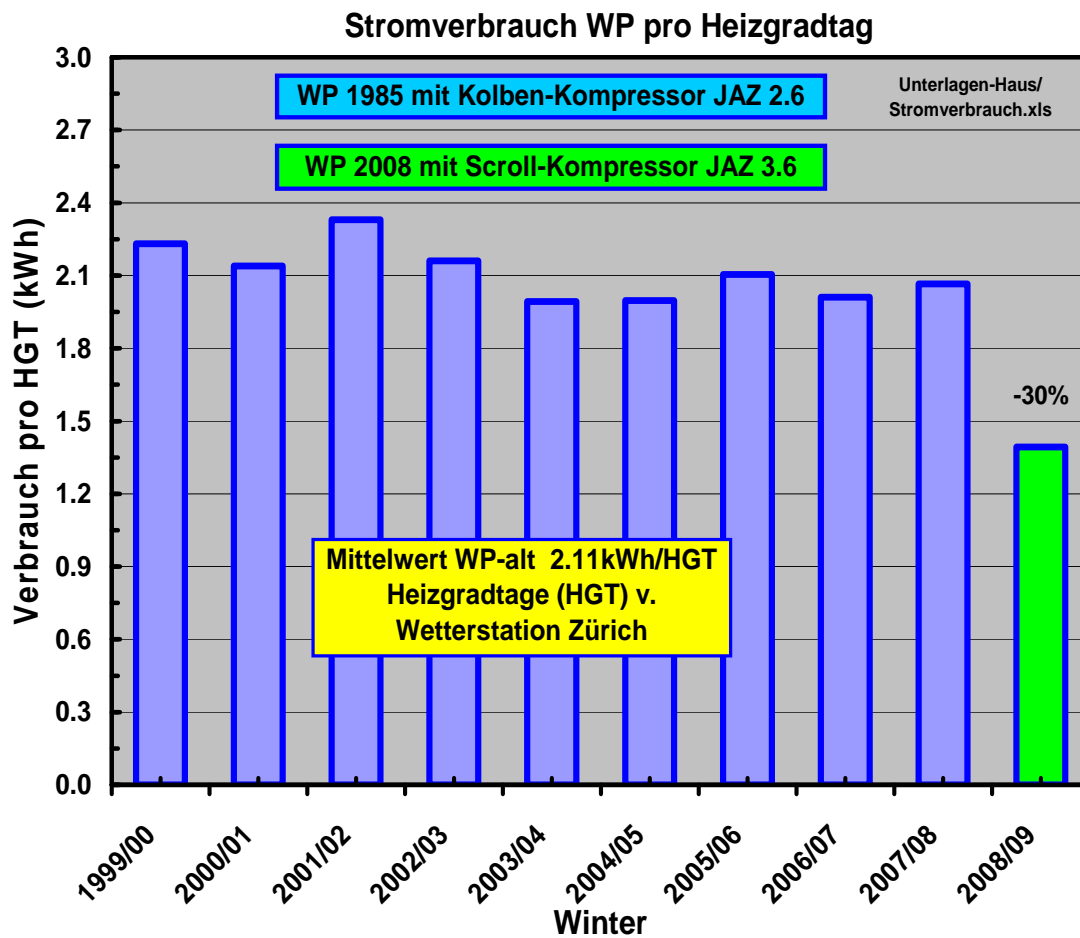


Bild 15: Stromverbrauch für Heizung mit alter bzw. neuer Wärmepumpe pro Heizgradtag (HGT)

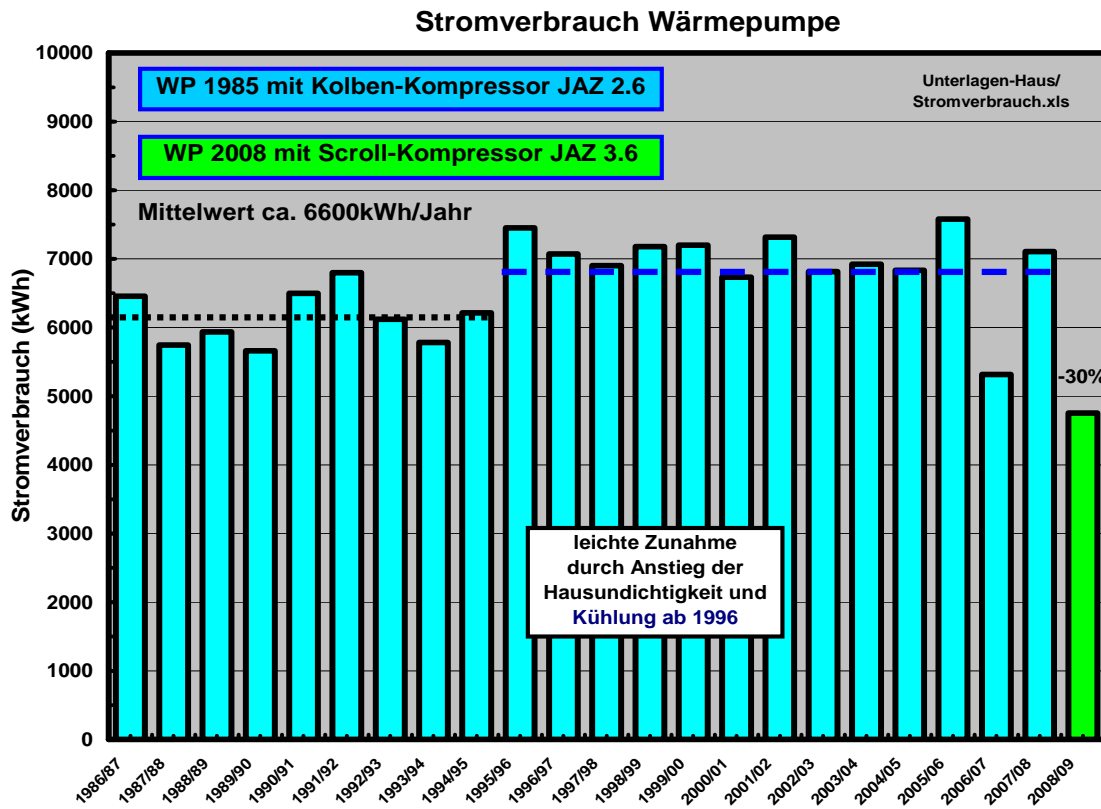


Bild 16: Stromverbrauch für Heizung mit alter bzw. neuer Wärmepumpe

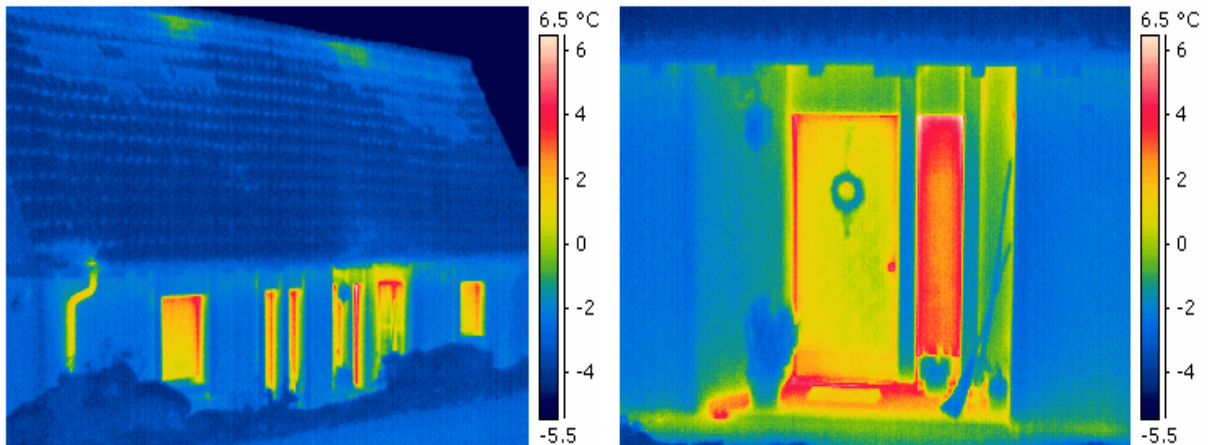


Bild 17+18: Schwachstellenanalyse mit der Thermographie