

# Simulation von Anlagen mit WP-OPT<sup>®</sup>

Dipl.-Phys. Christina Hönig, WPsoft GbR Dresden

## 1. Einführung

Für den Anwender von Wärmepumpenheizungen stellen Prognosen zum Betriebsverhalten der Anlage ein wesentliches Kriterium bei der Kaufentscheidung dar. Sie erwarten für einen langjährig störungsfreien Betrieb nicht nur die richtige Dimensionierung aller Systemkomponenten, sondern auch einen geringen Elektroenergieverbrauch.

Prognosen hierfür erfordern wegen der in Abbildung 1 dargestellten Temperaturabhängigkeit der technischen Daten von Wärmepumpenheizungen einen hohen rechentechnischen Aufwand.

Vorlauf-temp.(°C)	35	50	35	50	35	50	35	50
Quellentemp.(°C)	Heizleistung in kW		Leistungsaufnahme in kW		Leistungszahl		Kälteleistung in kW	
-5	15,90	15,20	4,00	5,80	3,97	2,62	12,00	9,50
-2	17,50	16,60	4,10	5,80	4,27	2,86	13,70	11,00
0	18,90	17,30	4,10	5,80	4,61	2,98	14,80	12,00
2	20,00	18,60	4,10	5,80	4,88	3,21	16,00	12,90
5	22,00	20,30	4,10	5,80	5,37	3,50	18,10	14,70
7	23,40	21,40	4,10	5,80	5,71	3,69	19,60	15,90
10	25,80	23,40	4,20	5,80	6,14	4,03	21,80	17,80

Tabelle 1: Typische technische Daten einer Sole-Wasser-Wärmepumpe

## 2. Prinzip der Simulationsrechnungen

Ausgehend von den Klimadaten am jeweiligen Gebäudestandort und der Auslegungstemperatur für die Gebäudeheizung ergeben sich entsprechend der technischen Parameter der Wärmepumpe und der Quellentemperatur Stromverbrauch und Kälteleistung. Schrittweise sinkt mit Beginn der Heizperiode bei der Wärmequelle Erdreich durch den Wärmeentzug die Quellentemperatur, so dass allmählich auch die Leistungszahl abnimmt. Hierfür sind für Sonden und Horizontalabsorber Berechnungsformalisten eingebunden.

Die Ergebnisse der Iteration werden z.B. für einen Betriebskostenvergleich oder zur Visualisierung des Temperaturgangs in der Wärmequelle beim wasserwirtschaftlichen Genehmigungsverfahren verwendet.

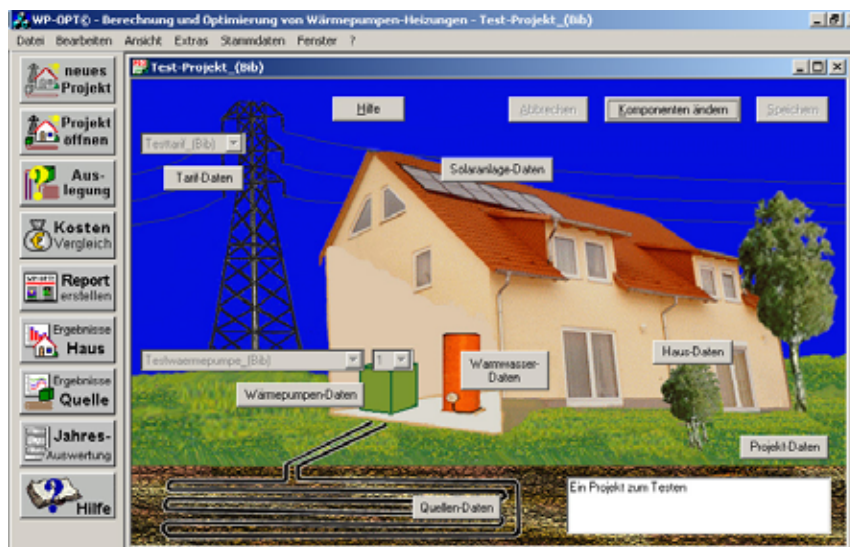


Abb. 1 Startmenü von WP-OPT<sup>®</sup>

### 3. Spezielle Wärmepumpenanwendungsfälle

Für Standardanwendungen gibt es Erfahrungswerte sowie die VDI 4650 zur überschlägigen Ermittlung von Jahresarbeitszahlen. Anwendungsfälle wie monoenergetische und bivalente Anlagen, besondere Wärmequellen oder die Einbeziehung der Warmwasserbereitung sind komplizierter zu erfassen, so dass Simulationsrechnungen hilfreich sind.

Einige Sonderanwendungen sollen hier kurz vorgestellt werden.

#### 3.1 Wasserspeichernde Erdabsorber

##### 3.1.1 Hintergrund

Wasserführende Böden weisen günstige physikalische Eigenschaften zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie auf. Entsprechend VDI 4640 schwankt die mögliche spezifische Entzugsleistung bei horizontalen Erdabsorbern zwischen 10 und 40 W/m<sup>2</sup>. Auf Grund dieses hohen Einflusses der Feuchtigkeit auf die Wärmeentzugsfläche streben immer wieder Anbieter eine Erhöhung des Wasseranteils rings um das Absorberrohr an. Hintergrund dieser Bestrebungen sind die hervorragenden thermodynamischen Eigenschaften von Wasser. Neben seiner relativ hohen spezifischen Wärmekapazität ist die hohe Latentwärme beim Gefrieren vorteilhaft. Sie erreicht etwa die gleiche Größe wie die gewonnene Wärme bei einer Wasserabkühlung von 80 auf 0°C!

##### 3.1.2 Berechnungsergebnisse

Je nach Bodenfeuchte findet auch die Nutzung der Latentwärme bei der Phasenumwandlung von Wasser in Eis Eingang in die Berechnungen mit WP-OPT<sup>®</sup>. Die Umwandlungsenergie wird mit der benötigten Kälteleistung verglichen. Erst wenn die Kälteleistung größer als die Umwandlungsenergie ist, sinkt die Temperatur weiter. Diese Energie muss dann auch bei der Erwärmung erst wieder aufgebracht werden, bevor die Quelltemperatur steigt.

Die Berechnung mit WP-OPT<sup>®</sup> ergab die in Abbildung 2 gezeigten Temperaturverhältnisse im Erdreich.

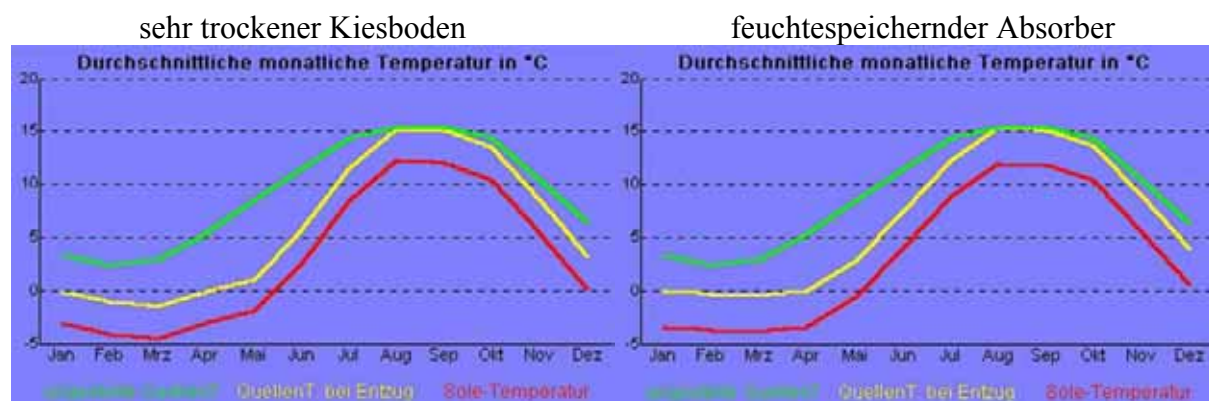


Abb. 2 Vergleich der Berechnungsergebnisse für einen feuchtespeichernden Absorber mit einem Absorber in sehr trockenem Erdreich (Simulationsergebnisse mit WP-OPT<sup>®</sup>)

Die obere Linie zeigt die ungestörte Quelltemperatur, die darunter liegende den Verlauf der Temperatur in unmittelbarer Umgebung des Absorberrohres bei Wärmeentzug. Mit Beginn der Heizperiode wird die Temperaturdifferenz durch den Wärmeentzug zunehmend größer, regeneriert jedoch in den Sommermonaten wieder vollständig. Durch die Wärmeübergangsverluste zwischen Erdreich und Sole ergibt sich dann die unterste Kurve.

Zusätzlich beachtet werden muß hierbei, dass die benötigte Absorberfläche im Fall des feuchtespeichernden Absorbers auf ca. ein Viertel reduziert werden konnte. Deutlich erkennbar ist hierbei im rechten Bild der bei 0°C verharrende Verlauf der Erdreichtemperatur, der durch die Phasenumwandlung bedingt wird.

### 3.2 Spezielle Wärmequellen

Da eine hohe Quellentemperatur wie in Tabelle 1 ersichtlich besonders gute Leistungszahlen bedingt, werden in manchen Projekten ganzjährig hohe Temperaturen genutzt. Geeignete Quellen hierfür sind beispielsweise Abwasser- oder Fernwärmeleitungen, industrielle Abwärme oder Bereiche konstanter Temperatur (z.B. Gruben im Erzgebirge).

Der Temperaturgang kann vom Benutzer in WP-OPT<sup>©</sup> frei vorgegeben werden. Die eingetragenen Temperaturwerte werden dann dem Rechenformalismus zu Grunde gelegt.

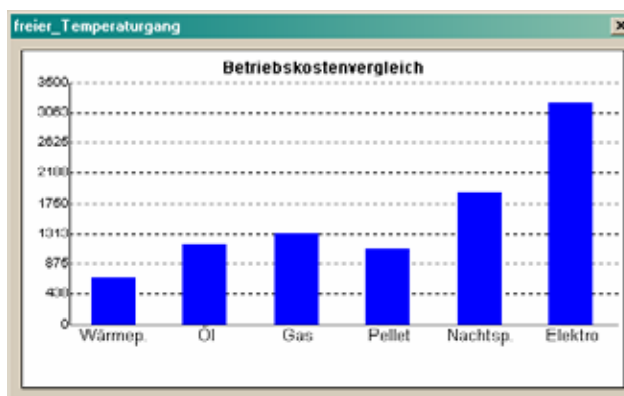


Abb. 3 Beispiel für Berechnungsergebnisse des Betriebskostenvergleichs für eine mit konstanter Quellentemperatur von 12°C (bzw. Außentemperatur) betriebene Luft-Wasser-Wärmepumpe

### 3.3 Kombination von Solaranlagen und Wärmepumpen

Solare Erträge können außer für Warmwasser, Heizung oder Prozesswärme auch dazu verwendet werden, die Wärmequellentemperatur zu erhöhen. Damit wird auch das niedrigere Temperaturniveau nutzbar und die Wärmepumpe kann mit höheren Leistungszahlen arbeiten. WP-OPT<sup>©</sup> ermittelt bei vergleichenden Rechenläufen die Einspeisereihenfolge mit dem geringsten Bedarf an Hilfsenergie.

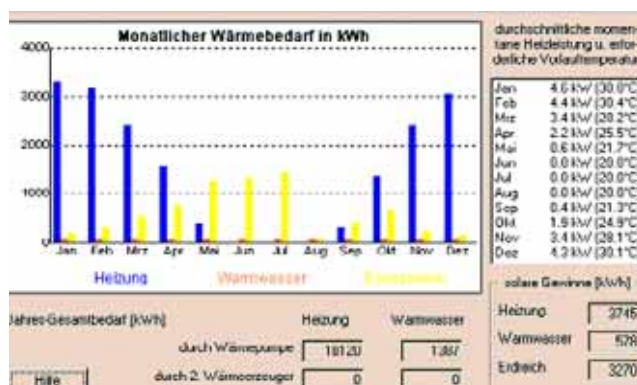


Abb. 4 Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasser sowie solare Gewinne einer 14 m<sup>2</sup> großen thermischen Solaranlage für Warmwasser, Heizung und Erdreichregenerierung

Im dargestellten Beispiel wird während der Sommermonate das durch einen zu gering dimensionierten Erdabsorber ausgekühlte Erdreich wieder regeneriert.