

Bewertung eines Hybridspeichers zur saisonalen Wärmespeicherung

Jens Müller – Landtechnik Weihenstephan

April 2000

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen.....	4
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Symbole	9
1 Einführung und Problemstellung.....	13
2 Stand des Wissens.....	15
2.1 Stand der Wärmespeichertechnik.....	15
2.1.1 Saisonale Wärmespeicherung im Untergrund - Geschichte.....	16
2.1.2 Techniken zur Wärmespeicherung im Untergrund.....	19
2.2 Berechnungsverfahren zur saisonalen Wärmespeicherung.....	27
2.2.1 Mathematische Beschreibung der physikalischen Zusammenhänge	27
2.2.2 Existierende Berechnungsverfahren.....	28
3 Zielstellung	33
4 Entwicklung des Simulationsmodells.....	35
4.1 TRNSYS-Modelle zur Simulation von saisonalen Wärmespeichern	35
4.1.1 Beschreibung des DST-Modells (<i>Duct Ground Heat Storage Model</i>).....	36
4.1.2 Beschreibung des MPS- und XST-Modells (<i>Multiport Store Model</i> bzw. <i>Multi-Flows Stratified Temperature Storage Model</i>)	45
4.2 Erforderliche Modellmodifikationen zur Simulation des Hybridspeichers	47
4.2.1 Anpassung der globalen Diskretisierung d. Speicherbereichs (DST-Modell)....	47
4.2.2 Anpassung der Randbedingungen (DST-Modell).....	49
4.2.3 Anpassung des MPS-Modells.....	51
4.2.4 Sonstige Maßnahmen	51
4.3 Validierung des Hybridspeichermodells.....	54
4.4 Gültigkeitsbereich des Hybridspeichermodells	60
5 Energetische Betrachtung des Hybridspeichers	61
5.1 Solare Nahwärmeversorgung der Gemeinde Attenkirchen.....	61
5.2 Systemkonfigurationen und Speicherarten	61
5.2.1 System mit Erdwärmesondenspeicher.....	62
5.2.2 System mit Erdwärmesondenspeicher und Pufferspeicher	63
5.2.3 System mit Hybridspeicher	65
5.2.4 System mit Wasserspeicher	66
5.3 Eigenschaften von Systemkomponenten und Annahmen zur Simulation	67

5.3.1	Solarkollektor.....	68
5.3.2	Pufferspeicher	68
5.3.3	Erdwärmesondenspeicher	69
5.3.4	Hybridspeicher/ Wasserspeicher	71
5.3.5	Lastkreislauf mit Wärmepumpe	71
5.3.6	Lastkreislauf mit Nachheizkessel.....	72
5.3.7	Sonstige Annahmen und Vereinbarungen	73
5.4	Kosten von Systemkomponenten.....	74
5.4.1	Solarkollektor.....	75
5.4.2	Pufferspeicher	75
5.4.3	Erdwärmesondenspeicher	75
5.4.4	Hybridspeicher/ Wasserspeicher	76
5.5	Hilfsmittel zur Vorauslegung des Systems.....	77
5.6	Resultate der Systemsimulationen	78
5.6.1	Nahwärmesystem mit Erdwärmesondenspeicher	78
5.6.1.1	Variation Gesamtsondenlänge/Bohrlochabstand	78
5.6.1.2	Variation Kollektorfläche/Sondenlänge.....	80
5.6.1.3	Geometrieverhältnis.....	82
5.6.2	Nahwärmesystem mit Erdwärmesondenspeicher und Pufferspeicher	86
5.6.2.1	Einfluß des Pufferspeichervolumens auf den Systemertrag	86
5.6.2.2	Variation Kollektorfläche/ Sondenlänge/ Pufferspeichervolumen.....	89
5.6.2.3	Variation des Sondenabstands	96
5.6.3	Nahwärmesystem mit Hybridspeicher.....	98
5.6.3.1	Einfluß des Erdbeckenspeichervolumens auf den Systemertrag.....	98
5.6.3.2	Variation Kollektorfläche/ Sondenlänge/ Erdbeckenspeichervolumen	101
5.6.3.3	Anpassung der Geometrie	106
5.6.4	Nahwärmesystem mit Wasserspeicher.....	111
5.7	Identifizierung der optimalen Speicherkonfigurationen und Gegenüberstellung der Speichersysteme	114
5.8	Diskussion und Bewertung der Ergebnisse	118
5.8.1	Folgerungen aus den Simulationsergebnissen	118
5.8.2	Beurteilung der Vorgehensweise zur Ermittlung der optimalen System- einstellungen	121
5.8.3	Güte der Simulationsergebnisse.....	121
5.8.4	Weitere Optimierungsmöglichkeiten und Systemkonzepte	122
5.8.5	Empfehlungen für das geplante Nahwärmeversorgungssystem der Gemeinde Attenkirchen	126
6	Konstruktive Betrachtung des Hybridspeichers	129
6.1	Typische Konstruktionsweisen von unterirdischen Wasserspeichern	129
6.2	Anforderungen an den Erdbeckenbehälter eines Hybridspeichers	130
6.2.1	Temperaturverteilung in der Behälterwand während des Betriebs	131

6.2.1.1	Berechnungsmodell	131
6.2.1.2	Ergebnisse.....	137
6.2.2	Beanspruchung des Speicherbehälters (Berechnungen nach [22])	145
6.3	Diskussion der Ergebnisse	149
7	Zusammenfassung.....	151
8	Literaturverzeichnis	155
Anhang		
A1	Überblick zur Vorgehensweise bei der Bestimmung der optimalen Systemparameter	159
A2	Überprüfung des Finite-Differenzen-Modells zur Berechnung des Temperaturfelds in der seitlichen Wand des Erdbeckenbehälters	161