

# **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. Multi-Flows Stratified Temperature Storage Model) .....	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