

INHALTSVERZEICHNIS

Bildverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XII
1. Einführung	1
2. Der Speicher als Systemelement eines Solarkraftwerks	11
2.1 Solare Einstrahlung und Speicherkapazität	11
2.2 Das Solarvielfache	18
2.3 Der Kapazitätsfaktor und der Deckungsfaktor	21
3. Modell eines passiven Gesteinsspeichers	24
3.1 Thermodynamische Beschreibung des Speichermoduls	28
3.1.1 Differentialgleichungen des Wärmeaustauschs	33
3.1.2 Numerische Lösung mittels Differenzenverfahren	37
3.2 Technische Auslegung des Speichermoduls	39
3.2.1 Geometrie des Speichermantels	40
3.2.2 Geometrie der Besatzmatrix	44
3.2.3 Materialwerte des Speicherbesatzes	58
3.2.4 Speicherverluste und Wärmedämmung	61
3.2.5 Definition des Referenzmoduls	75
3.3 Dynamisches Verhalten des Referenzmoduls	75
3.3.1 Einschwingen der Speicherprofile	76
3.3.2 Einfluß der Beaufschlagungsfunktion	80
3.3.3 Einfluß der Dauer des Ladezyklus	83
3.3.4 Einfluß der Menge der zugeführten Beaufschlagung	85
4. Das Solarturmkraftwerksmodell PROSES-PLANT	96
4.1 Einstrahlungsmodul	97
4.1.1 Astronomische Modellgleichungen	97
4.1.2 Atmosphärische Trübung	98
4.1.3 Eingabeparameter zum Einstrahlungsmodul	100
4.2 Der Spiegelfeldmodul	102
4.2.1 Cosinusverluste	102

VIII

4.2.2	Auffangverluste	103
4.2.3	Atmosphärenverluste	103
4.2.4	Blockierung	103
4.2.5	Abschattung	103
4.2.6	Eingabeparameter zum Spiegelfeldmodul	104
4.3	Der Receivermodul	105
4.3.1	Wärmeleitungsverluste des Receivers	108
4.3.2	Konvektionsverluste des Receivers	109
4.3.3	Rückstrahlungsverluste des Receivers	110
4.3.4	Receiverwirkungsgrad von GAST 20	110
4.3.5	Eingabeparameter zum Receivermodul	112
4.4	Der Gaskreislauf	116
4.4.1	Thermodynamische Beschreibung	116
4.4.2	Eingabeparameter zum Kreislaufmodul	118
4.5	Der Speichermodul	120
4.5.1	Regelung von Ladung und Entladung	120
4.5.2	Eingabeparameter zum Speichermodul	120
4.6	Der Steuermodul	122
4.6.1	Die Systemsteuerung	122
4.6.2	Die Eingabeparameter zum Steuermodul	125
5.	PROSES-Rechnungen mit einem 20 MW _{el} Referenzkraftwerk	127
5.1	Auslegung eines 20 MW _{el} Referenzkraftwerkes	127
5.1.1	Standort und Einstrahlung	129
5.1.2	Heliostatenfeld	129
5.1.3	Receiver	131
5.1.4	Offener Gaskreislauf	132
5.2	Ergebnisse der Jahressimulationen mit PROSES 20	133
5.2.1	Mittlere Jahreswirkungsgrade	133
5.2.1.1	Heliostatenfeldwirkungsgrad	133
5.2.1.2	Receiverwirkungsgrad	134
5.2.1.3	Kreislaufwirkungsgrad	134
5.2.1.4	Systemwirkungsgrad	135
5.2.2	Jährliche Energieausbeute	138
6.	Wirtschaftlichkeit des modularen Speichersystems	143
6.1	Kostenanalyse von Solarturmkraftwerken	143
6.2	Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung	145

6.3 Das Kostenprogramm PROSES-COSTS	152
6.3.1 Eingabeparameter von PROSES-COSTS	153
6.3.1.1 Programmsteuerungsvariablen	154
6.3.1.2 Relevante Zeitangaben für die Kostenrechnung	155
6.3.1.3 Jahresarbeit	155
6.3.1.4 Allgemeine Kostendaten	155
6.3.1.5 Anlagenspezifische Kostendaten	156
6.4 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse	159
7. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	168
Bedeutung der verwendeten Symbole	174
Literaturverzeichnis	180