

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Überblick	1
1.2	Stand der Technik	2
1.3	Zielsetzung	3
2	Grundlagen	5
2.1	Solare Strahlung	5
2.1.1	Allgemeines	5
2.1.2	Strahlungsphysikalische Größen	6
2.1.3	Richtungsverteilung der solaren Strahlung	7
2.2	Solare Turmkraftwerke	9
2.2.1	Überblick und Abgrenzung	9
2.2.2	Aufbau und Funktionsweise	10
2.2.3	Heliostatfeld	12
2.2.3.1	Heliostate	12
2.2.3.2	Anordnung der Heliostate im Feld	13
2.2.3.3	Optische Verluste in Heliostatfeldern	14
2.2.4	Receiver	17
2.3	Berechnung von Flussdichteverteilungen	18
2.3.1	Flussdichteintegral	18
2.3.2	Strahlverfolgung und Monte Carlo-Integration	20
3	Strahlverfolgungsmodell	21
3.1	Motivation	21
3.2	Modellansatz	22
3.3	Koordinatensysteme	25
3.4	Heliostatmodell	26
3.5	Solarstrahlungsmodell	27
3.5.1	Motivation	27
3.5.2	Erzeugung von Sonnenvektoren	28
3.5.3	Erzeugung von Zufallszahlen	29
3.5.4	Verteilungen	30

Inhalt

3.5.4.1	Pillbox-Verteilung	30
3.5.4.2	Normalverteilung	31
3.5.4.3	Beliebige Verteilung	32
3.6	Reflexion am Spiegel	33
3.7	Abblock- und Abschattungsmodell	33
3.7.1	Dreistufiger Modellansatz	33
3.7.2	Erste Stufe	34
3.7.3	Zweite Stufe	35
3.7.4	Dritte Stufe	38
3.7.5	Einfluss der Hierarchiebreite auf die Rechenzeit	38
3.8	Atmosphärische Transmissionsverluste	39
3.9	Berechnung einer Flussdichteverteilung	39
3.10	Systematische Fehler der Modellierung	40
3.10.1	Überblick	40
3.10.2	Diskretisierung der Spiegeloberfläche	40
3.10.3	Heliostatausrichtung	46
3.10.4	Betrachtung der Facetten als ebene Flächen	48
3.10.5	Refraktion an der Spiegeloberfläche	49
3.10.6	Terrestrische Refraktion	50
4	Strahlverfolgungsprogramm STRAL	53
4.1	Motivation und Überblick	53
4.2	Aufbau und Ablauf	53
4.2.1	Modularer Aufbau	53
4.2.2	Berechnungssequenz	54
4.3	Daten- und Speichermanagement	56
4.4	Numerische Effekte der Gleitkommaarithmetik	58
4.5	Reduktion der Rechenzeit	59
4.5.1	Ausnutzung der Vektorfähigkeit eines Prozessors	59
4.5.2	Parallelisierung	61
4.5.2.1	Parallelisierung auf Rechnerzebene	61
4.5.2.2	Parallelisierung auf Rechnernetzebene	64

5	Validierung des Strahlverfolgungsmodells	67
5.1	Motivation und Überblick	67
5.2	Messung der Strahlungsflussdichteverteilungen	69
5.3	Deflektometrische Messung der Konzentratorenform	71
5.4	Simulation	72
5.5	Vergleichende Analyse von Strahlungsflussdichteverteilungen	73
5.6	Ergebnisse	75
5.7	Messunsicherheiten	79
6	Optimierung von Zielpunktverteilungen	83
6.1	Motivation und Überblick	83
6.2	Bewertung von Zielpunktverteilungen	83
6.3	Charakterisierung des Optimierungsproblems	84
6.4	Verfahren zur beschleunigten Berechnung der Qualitätsgröße	85
6.5	Der Ameisenalgorithmus	87
6.5.1	Einführung	87
6.5.2	Ant System-Algorithmus	88
6.5.3	Ant Colony System-Algorithmus	89
6.5.4	Übertragung auf das Zielpunkt-Optimierungsproblem	91
6.6	Anwendung des Optimierungsverfahrens	94
6.6.1	Überblick	94
6.6.2	Anwendung am Beispiel einer Aperturleistungs- Maximierung unter Nebenbedingungen	95
6.6.2.1	Receivermodell	95
6.6.2.2	Zielpunkte	95
6.6.2.3	Ergebnisse der Optimierung	96
6.6.2.4	Variation der Optimierungsparameter	99
6.6.3	Anwendung am Beispiel eines Receivers mit hochkonzentrierender Photovoltaik	105
6.6.3.1	Receiver-Modell	105
6.6.3.2	Zielpunkte	107
6.6.3.3	Ergebnisse der Optimierung	109
6.7	Zielpunktwechsel	112

