

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung.....	1
Literatur über nichtabbildende Optik.....	2
Neue Entwicklungen im Rahmen der Arbeit	3
1. Strahlungsangebot für konzentrierende Systeme.....	6
1.1. Strahlungsverteilung am Himmel	6
1.1.1. Sonnenstand	6
1.1.2. Zirkumsolarstrahlung	8
1.2. Strahlungsmessungen und Strahlungsmodelle.....	9
1.3. Vergleich der Einstrahlung auf statische und nachgeführte Systeme	11
1.4. Winkelabhängige Strahlungssummen auf die Apertur	14
1.4.1. Struktur der Quellen für statische und nachgeführte Systeme	15
1.4.2. Berechnung der Intensitätsverteilung innerhalb der Quellen mit den Testreferenzjahren.....	17
1.4.3. Einfluß von Zirkumsolarstrahlung und Nachführfehler auf die Quelle	19
1.5. Zusammenfassung.....	21
2. Konzentration von Solarstrahlung.....	22
2.1. Thermodynamische Beschreibung idealer und realer Konzentratoren	22
2.1.1. Das Phasenraumvolumen einer Quelle	22
2.1.2. Verdünnung von Solarstrahlung	24
2.1.3. Erhaltungssätze bei der Konzentration von Solarstrahlung	26
2.1.4. Ideale und ideal lambertsche Konzentratoren	28
2.1.5. Konzentratoren mit maximalem Wirkungsgrad und Konzentratoren mit optimaler Verstärkung.....	29
2.2. Abbildende und nichtabbildende Konzentratoroptik	32
2.2.1. Freiheitsgrade bei der Konstruktion von zwei- und dreidimensionalen Konzentratoren.....	32

2.2.2. Das Vektorflußprinzip zur Konstruktion von idealen zweidimensionalen Konzentratoren.....	34
2.2.3. Das Vektorflußprinzip im Dreidimensionalen.....	38
2.3. Zusammenfassung.....	41
3. Der einachsig nachgeführte PV-Konzentrator mit dreidimensionaler zweiter Stufe	43
3.1. Funktionsprinzip	43
3.2. Thermodynamische Obergrenze des Verstärkungsfaktors.....	44
3.3 Der lineare Vorkonzentrator	46
3.3.1. Parabolrinnen	47
3.3.2. Linearkonzentratoren auf Totalreflexionsbasis.....	51
3.4. Die zweite Konzentratorstufe.....	53
3.4.1. Die Quelle für die zweite Stufe.....	53
3.4.2. Lineare und rotationssymmetrische CPCs	55
3.4.3. Hintereinandergeschaltete lineare CPCs	56
3.4.4. Gekreuzte Konzentratoren.....	57
3.4.4.1. Gekreuzter Standard-CPC	58
3.4.4.2. Gekreuzter θ_{in}/θ_{out} -Konverter	59
3.4.4.3. Winkelabhängigkeit des optischen Wirkungsgrads und der Intensitätsverteilung am Ausgang der zweiten Stufe.	64
3.4.4.4. Mittlere Zahl der Reflexionen im Konzentrator.....	67
3.4.4.5. Gekreuzte Konzentratoren mit anderen Profilen.....	68
3.4.5. Dreidimensionale Sekundärkonzentratoren mit dem Vektorflußprinzip	69
3.5. Optimierung des Gesamtsystems.....	71
3.5.1. Optimale Relation zwischen geometrischem Konzentrationsfaktor und optischem Wirkungsgrad	72
3.5.2. Optimierung des Gesamtwirkungsgrads	77
3.5.3. Wirtschaftliches Optimum von zweistufigen Konzentratoren.....	79
3.6. Zusammenfassung.....	83

4. Herstellung, Vermessung und Auswertung von zweistufigen Konzentratoren	85
4.1. Meßverfahren für den winkelabhängigen optischen Wirkungsgrad	85
4.2. Die erste Konzentradorstufe	87
4.2.1. Herstellung	87
4.2.2. Bestimmung der Intensitätsverteilung in der Brennebene	89
4.3. Die zweite Konzentradorstufe.....	93
4.3.1. Herstellungsverfahren	93
4.3.2. Optische Verluste in der zweiten Konzentradorstufe.....	94
4.3.2.1. Verluste durch Absorption und Streuung im Volumen des Konzentrators	94
4.3.2.2. Totalreflexionsverluste	96
4.3.2.3. Reflexionsverluste an der Solarzelle	97
4.3.3. Messung des optischen Wirkungsgrads von dielektrischen Sekundärkonzentratoren und Vergleich mit der Simulation	99
4.4. Das zweistufige Gesamtsystem.....	101
4.4.1. Symmetrische und asymmetrische zweistufige Konzentratoren.....	101
4.4.2. Kühlung der Solarzellen.....	103
4.4.3. Messung des winkelabhängigen optischen Gesamtwirkungsgrades.....	104
4.4.4. Effektive Quelle für das Gesamtsystem	106
4.4.5. Elektrischer Wirkungsgrad des zweistufigen Konzentrators	108
4.5. Ausblick auf weiterführende Konzepte.....	109
4.5.1. Kompakte nichtabbildende Primärkonzentratoren.....	109
4.5.2. Systeme mit interner Nachführung	110
4.6. Zusammenfassung.....	112
5. Zusammenfassung und Ausblick	114
5.1. Zusammenfassung.....	114
5.2. Ausblick	116
Literaturverzeichnis	117