



Fraunhofer Institut
Solare Energiesysteme

Technologievergleich
**Parabolrinnen- und Fresnel-Technologie
im Vergleich**

März 2004

Erstellt von
Hansjörg Lerchenmüller
Gabriel Morin
Dr. Volker Quaschnig

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Vorgehensweise.....	2
2	Technologiebeschreibung.....	3
2.1	Parabolrinne	3
2.2	Fresnel-Technologie	4
3	Kraftwerkssimulationen mit »Greenius«	6
3.1	Einführung in »Greenius«	6
3.2	Verwendete Strahlungsdatensätze und Simulationsparameter.....	8
3.3	Ergebnisse der Simulationen im Vergleich	9
4	Vergleich von Umweltaspekten	11
5	Sozio-ökonomischer Vergleich.....	14
6	Zusammenfassung und Fazit	16

1 Einleitung und Vorgehensweise

In dieser Untersuchung werden die beiden Kollektortypen Parabolrinne und Fresnel-Kollektoren für den Einsatz in solarthermischen Kraftwerken einander gegenübergestellt.

Mit Hilfe von Greenius, einem vom DLR entwickelten Programm zur Simulation von Stromerzeugungsanlagen auf der Basis regenerativer Energiequellen, wurden die Energieerträge und die Wirtschaftlichkeit von Referenzkraftwerken ermittelt. Die verwendeten Kollektormodelle bilden die Ertrags- und Kosteneigenschaften des Fresnel-Konzepts der Firma Solarmundo sowie den Euro-trough mit UVAC-Röhre und dem Arbeitsmedium Thermoöl ab. Die betrachteten Kraftwerke sind reine Solarkraftwerke ohne Hybridfeuerung und ohne thermischen Speicher.

Neben den Ertrags- und Wirtschaftlichkeitssimulationen werden die beiden Technologien weiterhin bezüglich ökologischer Aspekte verglichen. Im Wesentlichen werden hier die Ergebnisse der Öko-Analyse von Dr. Peter Viebahn zusammenfassend dargestellt. Im letzten Kapitel behandelt eine sozio-ökonomische Diskussion volkswirtschaftliche Aspekte und alternative bzw. hybride Nutzungsmöglichkeiten der Technologie.

Es sei bereits einleitend angemerkt, dass Kennzahlen für eine vergleichende Bewertung der Technologien nicht uneingeschränkt beurteilungsrelevant sind, da Parabolrinne und Fresnel-Kollektor über sehr unterschiedliche Technologie-Reifen verfügen. Während bei der Parabolrinne auf Bau- und langjährige Betriebserfahrung zurückgegriffen werden kann, ist dies bei Fresnel-Kollektoren kaum möglich, da der Betrieb eines Fresnel-Kollektors im Kraftwerk noch nicht getestet werden konnte. Die Berechnungen zum Fresnel-Kollektor basieren weitgehend auf Annahmen, die zwar realistisch erscheinen, jedoch im realen Kraftwerk noch validiert werden müssen.

2 Technologiebeschreibung

2.1 Parabolrinne

Die Parabolrinne ist ein technisch ausgereiftes Kollektorkonzept, das sich seit über zehn Jahren in zuverlässiger Produktion großer Mengen an Solarstrom bewährt hat. In Kalifornien wurden zwischen 1984 und 1991 insgesamt neun Rinnenkraftwerke mit einer installierten Gesamtleistung von 354 MW_{el} errichtet. Durch technische Weiterentwicklungen und optimierte Betriebs- und Wartungsstrategien konnten große Lerneffekte erzielt werden. Die Stromgestehungskosten konnten von anfänglich 27 auf heute 11 ct/kWh signifikant gesenkt werden.¹

Nach 1991 wurden keine Neuanlagen mehr gebaut. Jedoch erfuhr die solarthermische Kraftwerksbranche und im Besonderen die Parabolrinnentechnologie in den letzten Jahren neuen Auftrieb. Mehrere Rinnenprojekte sind weltweit in Planung, beispielsweise in den USA und in Spanien.

Insbesondere verdienen die beiden Andasol-Kraftwerke besondere Beachtung. In Kürze wird der Baubeginn des ersten der beiden Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von jeweils 50 MW erwartet. Während in Kalifornien bis zu 25% Erdgaszuführung erlaubt sind, ist in Spanien in der Ausgestaltung der Einspeisebedingungen («Real Decreto 2818/1998») der fossile Hybridbetrieb derzeit nicht zulässig. Vor diesem Hintergrund wurde das Solarfeld sehr groß dimensioniert, um mit Hilfe eines thermischen Salzspeichers die Volllaststunden der Anlage zu steigern.

Die Parabolrinnenkraftwerke in Kalifornien werden mit Thermoöl als Wärmeträgermedium betrieben, und auch die derzeit in Planung befindlichen kommerziellen Projekte basieren auf dem synthetischen Öl. Jedoch stellen direkt-verdampfende Kollektoren eine interessante Alternative dar. Vorteile liegen in der Möglichkeit höherer Frischdampftemperaturen. Damit verbunden sind höhere Prozesswirkungsgrade, Kostenvorteile sowie ökologische Vorteile². In einer Testanlage in Almería konnte gezeigt werden, dass die Direktverdampfung in Parabolrinnenkollektoren technisch beherrschbar ist.

¹ H.Price and D. Kearney, NREL:
»Reducing the Cost of Energy from Parabolic Trough Solar Power Plants «

² 0,1% bis 1% des Thermoöls laufen jedes Jahr unkontrolliert aus.

2.2 Fresnel-Technologie

Ebenso wie Parabolrinnen fokussieren auch Fresnel-Kollektoren die direkte Solarstrahlung auf eine Brennlinie, um ein Absorberrohr zu erwärmen. Während die Parabolrinne derzeit noch weitgehend auf der Basis eines Thermoöls als Arbeitsmedium arbeitet, wird beim Fresnel-Kollektor Wasser direkt im Rohr verdampft.

An weltweit drei Stellen waren in jüngster Vergangenheit Aktivitäten zu dieser Technik zu verzeichnen, in Deutschland wurde vom DLR die Fix-Focus-Rinne für Niedertemperaturwärme entwickelt, für den Einsatz in Dampfkraftwerken sind je eine Entwicklung aus Australien (David Mills, SHP) und Belgien (Solarmundo) bekannt.

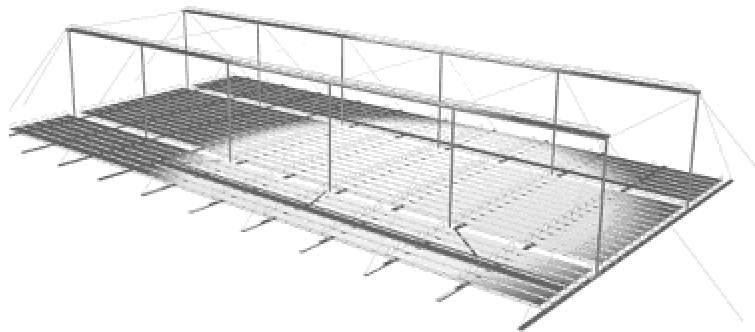


Abbildung 1: Fresnel-Kollektor nach David Mills, Quelle: SHP Europe



Abbildung 2: Fresnel-Kollektor nach Solarmundo (grafische Simulation), Quelle: Fraunhofer ISE

Der wichtigste Unterschied zwischen dem australischen und dem belgischen Konzept besteht darin, dass SHP viele kleine Kollektorrohre als Receiver verwendet, wohingegen Solarmundo ein einziges Rohr mit größerem Durchmesser und zusätzlich einem Sekundärreflektor vorsieht.

In Liddell, Australien, geht in den nächsten Wochen ein Fresnel-Kollektor mit einer Leistung von ca. $1,2 \text{ MW}_{\text{th}}$ (Reflektorfläche ca. 1800 m^2) in Betrieb. Der Kollektor dient zum Test der Dampferzeugung. Nächster Meilenstein ist die

Erweiterung des Kollektors und dessen Verwendung zur Speisewasservorwärmung in einem Kohlekraftwerk, wodurch eine elektrische Mehrleistung von 7 MW erreicht werden soll.

Ein Vorteil der Fresnel-Konzepte gegenüber dem Rinnenkollektor liegt in der Verrohrung. Durch die Rohrlänge von mehreren hundert Metern kann auf die Strömungsumlenkung in Verbindungsschläuchen bzw. Kugelgelenken verzichtet werden. Damit sind die Druckverluste in Fresnel-Kollektoren vergleichsweise gering.

In Liège, Belgien, errichtete Solarmundo einen Prototyp-Kollektor mit einer Fläche von 25 m x 100 m. Anhand dieses Prototypen wurden insbesondere konstruktive Aspekte untersucht, sowie erste Versuche zur Regelung und zur Verdampfung durchgeführt. Das Fraunhofer ISE hat sich in den vergangenen Jahren genauer mit dem Fresnel-Ansatz der Firma Solarmundo beschäftigt. Das Solarmundo-Konzept ist die Grundlage des im Folgenden dargestellten Technologievergleichs.

3 Kraftwerkssimulationen mit »Greenius«

3.1 Einführung in »Greenius«

»Greenius« ist ein in den letzten Jahren vom DLR entwickeltes Simulationsprogramm, das es ermöglicht, technische und ökonomische Analysen von Kraftwerksprojekten im Bereich der regenerativen Energie durchzuführen.³

Mit Hilfe von meteorologischen Datensätzen, technischen und standort-spezifischen Angaben sowie ökonomischen Rahmenbedingungen berechnet diese Software die Systemerträge, Systemwirkungsgrade, Stromgestehungskosten und weitere technische und ökonomische Parameter.

In der folgenden Abbildung ist die Benutzeroberfläche von Greenius anhand eines Screenshots dargestellt.

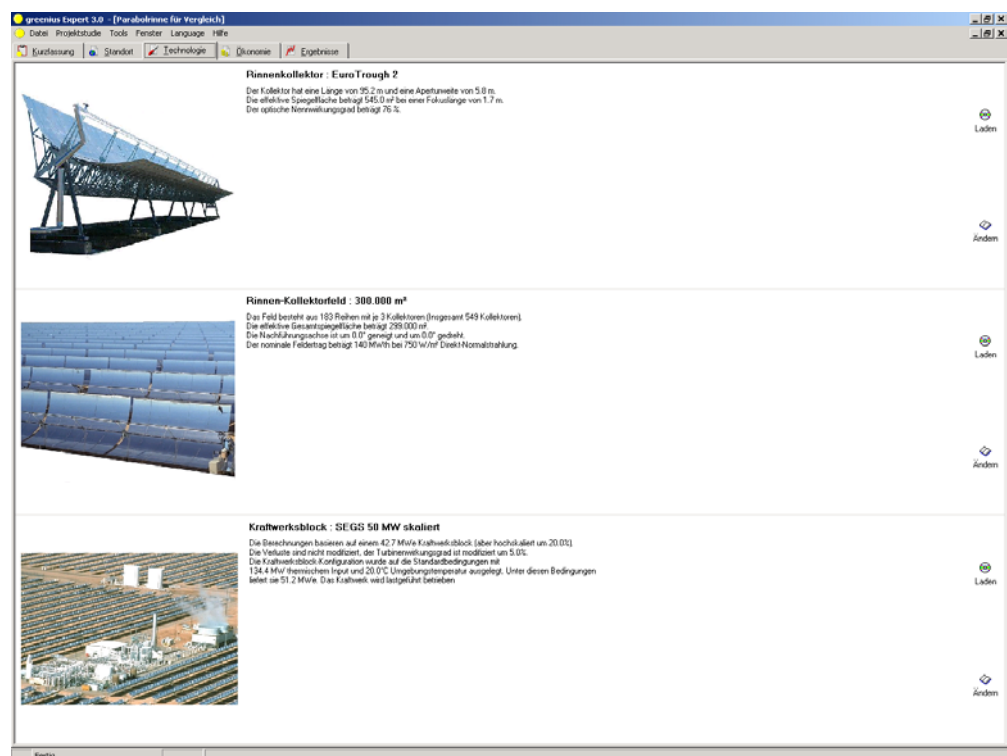


Abbildung 3: Screenshot des Technologieauswahlfensters von »Greenius«

Aufgrund der Flexibilität und Schnelligkeit, beispielsweise bei der Berechnung der Stromgestehungskosten oder des Jahresenergieertrags, eignet sich dieses Tool besonders für vergleichende Berechnungen zwischen verschiedenen

³ www.greenius.de

Systemen und Standorten. Darüber hinaus können sehr bequem verschiedene Eingangsgrößen variiert und deren Einfluss auf das Gesamtergebnis analysiert werden. Zugunsten dieser Vorteile verzichtet Greenius jedoch auf die allzu detaillierte Abbildung aller technischer Einflussfaktoren.

Am Fraunhofer ISE wurde ein detailliertes Modell zur Auslegung und Optimierung von Fresnel-Kraftwerken erstellt, welches im Kollektor-Simulationsprogramm ColSim implementiert wurde. In Greenius ist die Modellierung eines Fresnel-Kraftwerks einfacher gehalten, da die komplexen iterativen Optimierungsalgorithmen für den Verwendungszweck von Greenius zu komplex wären. Greenius dient weniger als Auslegungstool, sondern vielmehr dazu, verschiedene Technologien an unterschiedlichen Standorten zu vergleichen. Um nun aber zu gewährleisten, dass die beiden Werkzeuge dennoch näherungsweise gleiche Ergebnisse liefern, wurden anhand von acht Simulationsrechnungen die Ergebnisse verglichen.⁴ Die Ergebnisse zeigen, dass die berechneten Wärmeerträge und Stromgestehungskosten – nach Anpassung der Parameter – für die vier untersuchten Varianten mit Abweichungen zwischen 1% und rund 4% sehr gut zusammen passen.

⁴ vgl. SOKRATES-Bericht (Lerchenmüller, Morin, Mertins): »Solarthermische Kraftwerke mit Fresnel-Kollektoren – Vergleich verschiedener Simulationsberechnungen«.

3.2 Verwendete Strahlungsdatensätze und Simulationsparameter

Im Folgenden werden die Annahmen und Randbedingungen zu den Simulationsrechnungen der beiden Referenz-Kraftwerke dargestellt. Für fünf Standorte mit den entsprechenden Wetterdaten wurden Simulationsrechnungen zu jeweils einem Fresnel- und einem Parabolrinnenkraftwerk à 50 MW_{el} durchgeführt.

In der folgenden Tabelle sind die Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten dargestellt:

Tabelle 1: Annahmen zur Berechnung der Stromgestehungskosten für die beiden unterschiedlichen Kraftwerksvarianten.

	Parabolrinne	Fresnel-Technologie
Nettoleistung [MW]	49,9	50,3
Kraftwerksleistung (Brutto) [MW]	51,4	51,2
Kühlsystem	Frishwasserkühlung	Frishwasserkühlung
Spezische Power-Block-Investition [€/kW_{brutto}]	700	700
Solarfeldkosten⁵, bezogen auf die Spiegelfläche bzw. Aperturweite. [€/m²]	220	150
Lebensdauer [a]	25	25
Diskontrate	8%	8%

⁵ Die spezifischen Kosten des Fresnel- sowie des Parabolrinnen-Kollektors entsprechen einem »dritten« Kraftwerk, bei dem die mit neuen Technologien verbundenen unvorhersehbaren Startschwierigkeiten bewältigt wurden. Bei der Parabolrinne sind Wärmetauscher und Thermoöl in den spezifischen Solarfeldkosten enthalten.

3.3 Ergebnisse der Simulationen im Vergleich

In folgender Tabelle sind die Ergebnisse der Simulationsrechnungen für die verschiedenen Standorte dargestellt. Zur Ermittlung der Solarfeldgröße wurde diese jeweils iterativ LEC-minimal eingestellt.

Tabelle 2: Ergebnisse der Simulationsrechnung: Kosten und Ertragsdaten für beide Technologien an unterschiedlichen Standorten (oben spanische, unten afrikanische Standorte)

Spanische Standorte		Murcia		Tabernas	
Direktnormalstrahlung (DNI)	kWh/m ² a	1.851		2.201	
System-Auslegung		Fresnel	Rinne	Fresnel	Rinne
Kollektorfläche	m ²	456.000	319.000	400.000	302.000
Investition					
Power Block Investition	T€	36.027	35.846	36.027	35.846
Solarfeld-Investition	T€	68.400	70.141	59.940	66.545
Andere Kosten (inkl. Landkosten, ...)	T€	9.808	10.249	9.047	9.925
Unvorhergesehene Ausgaben	5%	5.712	5.812	5.251	5.616
Investition gesamt	T€	119.946	122.048	110.264	117.932
Erträge (jährlich)					
Solarstrahlung gesamt (DNI)	GWh/a	844	590	880	665
Wärmeenergie (solar)	GWh/a	227	218	265	275
Elektrische Energie (netto)	GWh/a	78,0	66,0	92,9	87,5
Jährl. Wirkungsgrad th. zu el.		34,4%	30,3%	35,1%	31,8%
Jährl. Wirkungsgrad DNI zu el.		9,2%	11,2%	10,6%	13,2%
Stromgestehungskosten	ct/kWh_{el}	19,2	23,1	14,9	16,9

Afrikanische Standorte		Bechar - Algerien		Sohag - Ägypten		Aswan - Ägypten	
Direktnormalstrahlung (DNI)	kWh/m ² a	2.431		2.733		3.071	
System-Auslegung		Fresnel	Rinne	Fresnel	Rinne	Fresnel	Rinne
Kollektorfläche	m ²	372.000	294.000	360.000	278.000	388.000	262.000
Investition							
Power Block Investition	T€	36.027	35.846	36.027	35.846	36.027	35.846
Solarfeld-Investition	T€	55.800	64.746	54.000	61.149	43.200	57.552
Andere Kosten (inkl. Landkosten, ...)	T€	8.674	9.763	8.512	8.512	7.540	9.116
Unvorhergesehene Ausgaben	5%	5.025	5.518	4.927	5.322	4.338	5.126
Investition gesamt	T€	105.526	115.873	103.466	111.756	91.105	107.640
Erträge (jährlich)							
Solarstrahlung gesamt (DNI)	GWh/a	904	715	984	760	884	805
Wärmeenergie (solar)	GWh/a	295	304	338	349	337	382
Elektrische Energie (netto)	GWh/a	102,3	95,5	119,2	114,3	118,0	128,0
Jährl. Wirkungsgrad th. zu el.		34,7%	31,5%	35,2%	32,8%	35,0%	33,5%
Jährl. Wirkungsgrad DNI zu el.		11,3%	13,4%	12,1%	15,0%	13,3%	15,9%
Stromgestehungskosten	ct/kWh_{el}	13,0	15,2	10,9	12,3	9,8	10,6

In nachfolgender Grafik sind die Stromgestehungskosten an den verschiedenen Standorten, geordnet nach Strahlungsintensitäten, dargestellt.

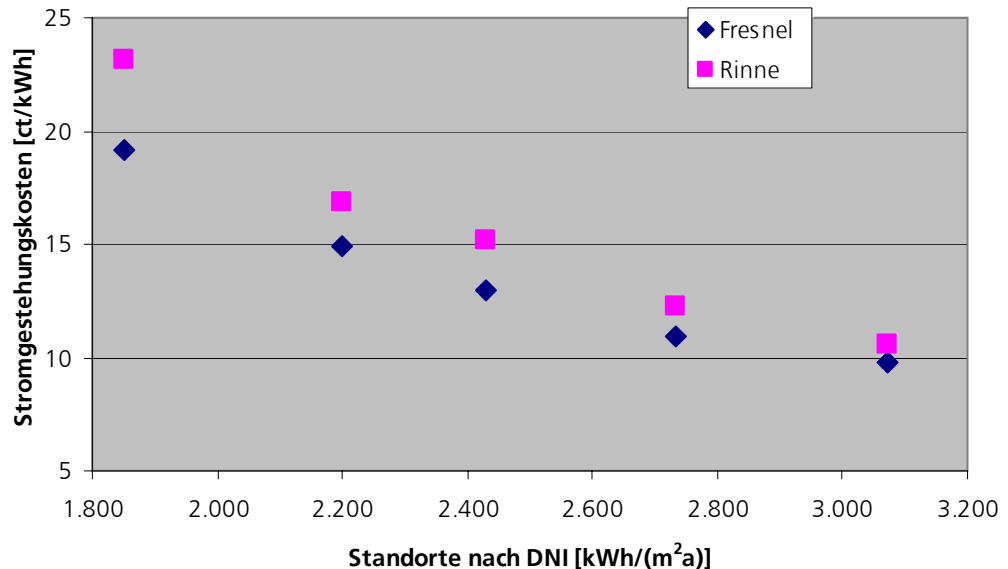


Abbildung 4: Stromgestehungskosten eines Fresnel- und eines Parabolrinnenkraftwerks an den unterschiedlichen Standorten (Kollektorkosten Fresnel: 150 €/m² Parabolrinne: 220 €/m²)

In Abbildung 4 wird deutlich, dass die Stromgestehungskosten des Fresnel-Kraftwerks unter den getroffenen Annahmen an allen betrachteten Standorten günstiger ausfallen als bei den Parabolrinnenkraftwerken. Die erwarteten Kostenvorteile des Fresnel-Kollektors überkompensieren also dessen Nachteile eines geringeren Kollektor-Wirkungsgrads.

In Abbildung 4 ist allerdings auch zu sehen, dass die Vorteile des Fresnel-Kollektors an Standorten mit zunehmender Strahlungsressource geringer ausfallen. Sie reduzieren sich von 17% beim strahlungsärmsten Ort auf 8% beim untersuchten strahlungsstärksten Standort. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Solarfelder an strahlungsstärkeren Standorten kleiner zu dimensionieren sind, was in diesen Simulationen berücksichtigt wurde. Dadurch sinken die anteiligen Solarfeldkosten an den Gesamtkosten, und der Kostennachteil der Rinne relativiert sich.

Beide Technologien sind ohne thermischen Speicher ausgestattet. Für den direkt-verdampfenden Fresnel-Kollektor ist derzeit kein adäquates Speichersystem bekannt. Dagegen könnten die Ergebnisse des Parabolrinnenkollektors günstiger ausfallen, wenn das System mit einem thermischen Speicher (z.B. Salzschnmelze) versehen würde, wie beispielsweise bei den Andasol-Projekten in Südspanien vorgesehen.

Zudem gibt es zum Parabolrinnenkollektor langjährige Betriebserfahrung. Auch wenn in Bezug auf die Fresnel-Technologie derzeit keine prinzipiellen Probleme bezüglich der Realisierbarkeit und der getroffenen Annahmen bestehen, so gilt es dennoch, die Direktverdampfung und die viel versprechenden Ergebnisse der Simulationsrechnungen anhand eines Einsatzes in Kraftwerken zu validieren.

4 Vergleich von Umweltaspekten

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der detaillierten Ökobilanz-Analyse, die von Dr. Peter Viebahn im Rahmen dieses Forschungsprojekts erstellt wurde, zusammenfassend dargestellt (siehe auch P. Viebahn: »Ökobilanzen von SEGS-, FRESNEL- und DSG-Kollektoren« AP 2.2).

Die Technologien wurden mit der Ökobilanzierungssoftware Umberto® abgebildet und gemäß ISO-Vorgehensweise in Bezug auf Emissionen und Ressourcenverbrauch bewertet. Bezüglich der Emissionen sei an dieser Stelle nochmals angemerkt, dass es sich um reine Solarkraftwerke ohne Hybridfeuerung handelt. Der größte Teil der mit den Solartechnologien verbundenen Emissionen fällt in der Errichtung der Kraftwerke und in der Herstellung der Komponenten an (z.B. Stahlherstellung). Die solaren Technologien wurden nach den Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Versauerung, Sommersmog, Eutrophierung und Partikel/Humantoxizität sowie dem Ressourceneinsatz von Eisen, Bauxit (Aluminium), Kupfer und erschöpflichen Energieressourcen (Strommix) untersucht. Bezüglich des Ressourceneinsatzes wurden empirische Recyclingquoten veranschlagt. So wird beispielsweise für die Verwendung von Stahl ein rezyklierter Schrottanteil von 46% angenommen. Dieser Wert entspricht einer Fortschreibung der Quote (weltweit) für das Jahr 2010, da mit dem Bau von solarthermischen Kraftwerken in großem Umfang erst in einigen Jahren zu rechnen ist.

Neben dem Vergleich Parabolrinne (SEGS) – Fresnel werden die beiden solaren Stromerzeuger einem GuD-Kraftwerk und dem Strommix (2010) gegenübergestellt.

Wie in Abbildung 5 deutlich wird, bestätigen sich bei den beiden untersuchten solaren Kraftwerkstechnologien die beiden zentralen ökologischen Argumente für regenerative Energien: Schonung der erschöpflichen Energieressourcen und Klimaverträglichkeit. Für die Herstellung einer kWh elektrischer Energie wird beim hocheffizienten GuD sowie beim Strommix etwa das 50-fache an erschöpflicher Primärenergie benötigt. Die energetische Amortisationsdauer der SEGS-Anlage beträgt 4,5 Monate, die eines Fresnel-Kraftwerks 6,7 Monate. Bezüglich des Treibhauseffekts liegen die Relationen zwischen den vier genannten Technologien in ähnlichen Dimensionen.

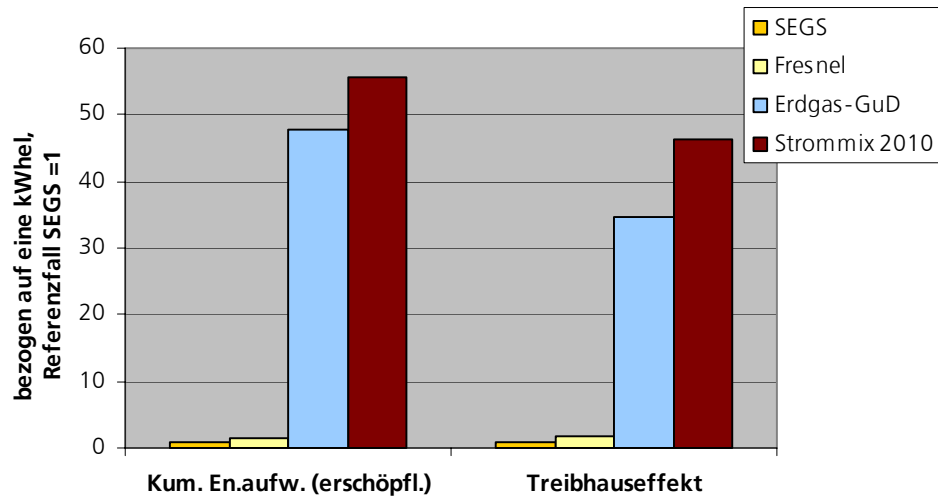


Abbildung 5: Bedarf an erschöpflicher Primärenergie und Einfluss auf den Treibhauseffekt, Bezugsgröße 100% (bzw. 1) ist die SEGS-Anlage.

Auch in Bezug auf Sommersmog und Versauerung schneiden die solaren Technologien deutlich umweltverträglicher ab als GuD und Strommix, wie in Abbildung 6 deutlich wird (Strommix Deutschland 2010 ist Referenzfall 100%).

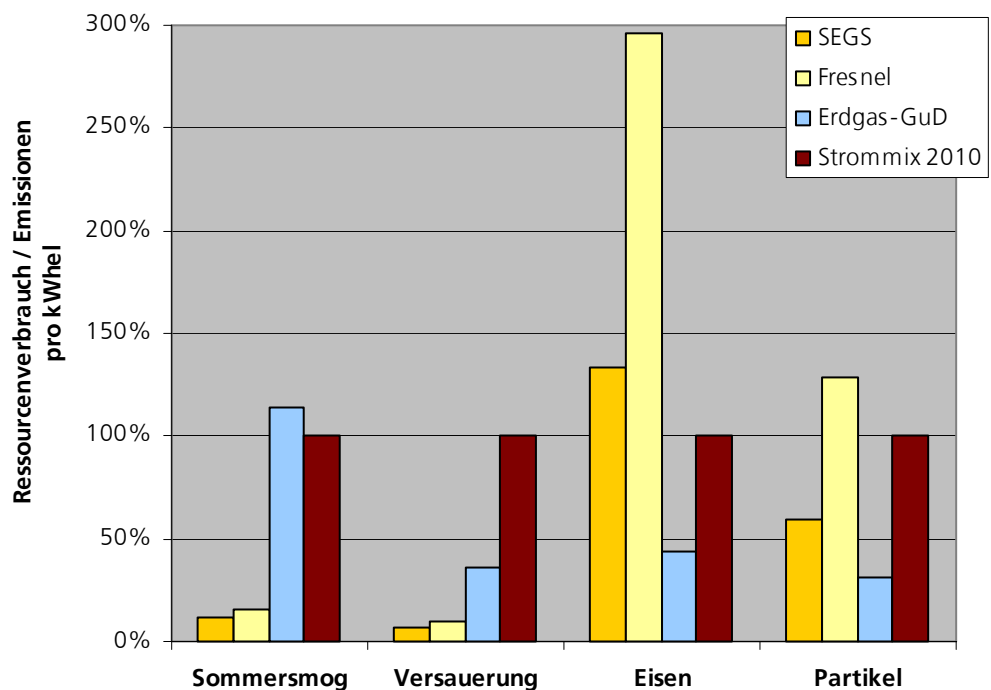


Abbildung 6: Ressourcenverbrauch und Emissionen pro kWh_{el}, 100% entsprechen dem deutschen Strommix 2010.

Im Besonderen sticht in Abbildung 6 der hohe Eisenverbrauch des Fresnel-Kollektors ins Auge. Dieser ist auf den hohen Stahleinsatz insbesondere bei der Kollektorkonstruktion zurückzuführen. Jedoch ist diesem Kriterium eine geringere Bedeutung beizumessen als beispielsweise der Schonung der Energieressourcen und dem Treibhauseffekt.

Bemerkenswerterweise liegen die Partikel-Emissionen (z.B. Ruß) bei der Fresnel-Technologie über denen des deutschen Strommix 2010, der zu großen Anteilen aus Kohlekraft besteht. Auch dies ist wiederum auf den hohen Stahlanteil und dabei im Speziellen auf die Stahlherstellung zurückzuführen.

Bezüglich aller hier dargestellten ökologisch relevanten Aspekte weist die Parabolrinne wegen des geringeren Material- (insbesondere Stahl-)Einsatzes günstigere Werte als die Parabolrinne auf. Sowohl bezüglich des Primärenergie-Einsatzes als auch hinsichtlich der klimarelevanten Emissionen sind allerdings beide Solarkraftwerks-Technologien deutlich umweltverträglicher als die fossile Alternative. Jedoch sind die Partikelemissionen durch den hohen Stahleinsatz bei den solaren Technologien relativ hoch, im Besonderen bei der Fresnel-Technologie.

Nicht nur um Ressourcen zu schonen, sondern vor allem auch aus wirtschaftlichen Gründen sollten insbesondere beim Solarmundo-Kollektor besondere Anstrengungen in Richtung einer Kollektorkonstruktion mit deutlich geringerem Stahleinsatz unternommen werden, ähnlich dem Fresnel-Kollektor nach David Mills (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2).

5 Sozio-ökonomischer Vergleich

In diesem Kapitel werden die beiden Technologien einem Vergleich in Bezug auf volkswirtschaftliche und besondere technische Aspekte unterzogen.

Gegenüber Parabolrinnenkollektoren basieren Fresnel-Kollektoren weitgehend auf standardisierten Komponenten, die ohne hochtechnologisches Know-how herzustellen sind (Stahlträger, Stahlrohr, ebene Spiegel, etc.). Der Vorteil dabei liegt darin, dass ein Großteil der Komponenten und der Kollektor selbst im Zielland hergestellt werden können, was die Wertschöpfung für die Zielländer, meist Entwicklungs- und Schwellenländer, erhöht. In derzeit laufenden Verhandlungen zwischen ägyptischen und deutschen Entscheidungsträgern zum Bau eines Fresnel-Kollektors erwies sich dies als entscheidendes Argument der ägyptischen Seite für die konstruktiv einfachere Fresnel-Technologie.

Weiterhin erfordert der Bau von Parabolrinnenkollektoren ein höheres Maß an Know-how, über das nur wenige Firmen verfügen. Dies führt zu einem weiteren volkswirtschaftlichen Nachteil: Durch die Monopol- bzw. Oligopol-Stellung der Anbieter ist der Wettbewerb stark eingeschränkt. Dieser Nachteil dürfte sich allerdings dann relativieren, wenn sich das Parabolrinnengeschäft als gewinnträchtiger Markt erweist und Konkurrenten in den Markt drängen. Bis dahin wird allerdings noch einige Zeit vergehen, da der Einstieg in diese Technologie mit hohen Markteintrittshürden verbunden ist.

Ein Vorteil für die Anbieternationen von Parabolrinnenkollektoren liegt allerdings in der erhöhten Wertschöpfung in deren Land. Dies wiederum könnte politische Entscheidungsträger dazu motivieren, derartige technologische Projekte zu unterstützen, da die Politik nicht zuletzt das Ziel der eigenen Wirtschaftsförderung verfolgen muss. Dies könnte politische Entscheidungsträger in Ländern mit Solarkraftwerks-Know-how, wie beispielsweise Deutschland, zu Anschubsubventionen lenken, als volkswirtschaftlich sinnvolle Investition in zukünftigen Export.

Der Landbedarf für Fresnel-Kollektoren ist deutlich geringer als der von Parabolrinnen. Fresnel-Kollektoren nutzen ca. 70% der Landfläche, um sie mit Spiegeln zu versehen, wohingegen die Parabolrinne nur ca. 30% der Grundfläche nutzt. Ein geringfügiger Ausgleich ergibt sich durch den höheren Wirkungsgrad des Parabolrinnenkollektors. Je nach Verfügbarkeit von Platz und Land könnte dies ein Argument zugunsten von Fresnel sein, beispielsweise beim hybriden Einsatz des Fresnel-Kollektors in Zusammenhang mit einem bestehenden Dampfkraftwerk.

Neben dem geringeren Landverbrauch liegt beim Fresnel-Kollektor nach dem Solarmundo-Konzept ein Vorteil in der möglichen Doppelnutzung der Solarfeldfläche. Unterhalb der Primärspiegel befindet sich ein relativ großer schattenreicher Platz, der in sonnenreichen Gegenden wertvoll sein kann, um diesen beispielsweise für Bepflanzungen oder Viehweiden zu nutzen.

Großes Potenzial bei beiden Technologien liegt in der Kopplung der Stromproduktion mit thermischen Prozessen zur Meerwasserentsalzung oder zur Kühlung. Möglicherweise reagieren derartige sekundäre Systeme eingeschränkt flexibel auf Leistungsschwankungen, die mit der fluktuierenden Solarstrahlung einhergehen. Vor diesem Hintergrund sind diesbezüglich Vorteile bei Systemen mit thermischem Speicher zu erwarten. Hier liegt nach momentanem Stand der Technik ein Vorteil bei der Parabolrinne.

6 Zusammenfassung und Fazit

Wie Kapitel 3 zeigt, birgt der Fresnel-Kollektor gegenüber dem Rinnen-Kollektor das Potenzial, solaren Strom kostengünstiger erzeugen zu können. Dieser Vorteil zugunsten der Fresnel-Technologie fällt noch stärker aus, wenn Optimierungen im Kollektordesign vorgenommen werden. Derartige Untersuchungen am Fraunhofer ISE haben ergeben, dass die Stromgestehungskosten dadurch um weitere ca. 20% gesenkt werden können. Auch bei der Parabolrinne gibt es ein erhebliches Kostensenkungspotenzial, beispielsweise durch Direktverdampfung und Massenfertigung, da die Rinnentechnologie jedoch bereits weiter entwickelt ist, dürfte das relative Entwicklungspotenzial geringer sein.

Im ökologischen Vergleich der beiden Technologien erweist sich die Parabolrinnentechnologie gegenüber dem Fresnel-Konzept von Solarmundo als vorteilhafter. Jedoch relativiert sich dieser Vorteil, wenn die Ergebnisse den Referenzen Strommix und GuD gegenübergestellt werden. Weiterhin sei hier angemerkt, dass insbesondere die stahlintensive Konstruktion des Solarmundo-Kollektor bei der Ökobilanz negativ zu Buche schlägt. Die Stahlkonstruktion wurde bislang weder in Bezug auf ökologische noch wirtschaftliche Gesichtspunkte systematisch untersucht. Möglicherweise liegt in einer schlankeren Absorberkonstruktion (vgl. australisches Konzept) weiteres Optimierungspotenzial, was es – unter Einbeziehung entsprechender Fachleute – genauer zu untersuchen gilt.

Bezüglich volkswirtschaftlicher Aspekte birgt jede der beiden Technologien Vorteile – je nachdem, ob die Förderung der Exportwirtschaft oder Entwicklungshilfe vorrangiges Ziel der Politik ist. Interessant ist bei Fresnel-Kollektoren die mögliche Nutzung des Schattenplatzes unterhalb des Kollektors beispielsweise für landwirtschaftliche Zwecke.

Die Fresnel-Technologie erscheint zum derzeitigen Zeitpunkt sehr viel versprechend. Jedoch basieren die getroffenen Aussagen weitgehend auf theoretischen Annahmen, die in Testfeldern und im Kraftwerksbetrieb noch validiert werden müssen. Es wird sich erst in einigen Jahren zeigen, wie der Wirtschaftlichkeitsvergleich im Kraftwerksbetrieb ausfällt und ob sich ein Kollektor für bestimmte Anwendungen durchsetzen kann. Der Markt und die Notwendigkeit solarer Stromerzeugung lassen Platz für beide Technologien.