Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 77 (1986)

Heft: 6

Artikel: Vergleich "Solarthermik-Photovoltaik" beim Solarkraftwerk in Almeria

Autor: Toggweiler, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904176

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vergleich «Solarthermik–Photovoltaik» beim Solarkraftwerk in Almeria

P. Toggweiler

Während die Stromproduktion photovoltaischer Anlagen etwa proportional zur eingestrahlten Globalstrahlung ist, sind solarthermische Kraftwerke auf die Direktstrahlung angewiesen. Je nach Standort und Anlagengrösse kann der Vergleich zwischen solarthermischer und photovoltaischer Stromerzeugung unterschiedlich ausfallen.

Alors que la production d'électricité des installations photovoltaiques est plus ou moins proportionnelle au rayonnement global reçu, celle des centrales thermiques solaire dépend du rayonnement direct. Suivant le site et la grandeur de l'installation, la comparaison entre la production d'électricité d'origine thermique solaire et celle d'origine photovoltaïque peut donner des résultats différents.

1. Einleitung

Für die Umwandlung der Sonnenenergie in elektrische Energie sind eine grosse Anzahl verschiedener physikalischer Prozesse denkbar. Nur zwei dieser Prozesse wurden jedoch bis heute soweit entwickelt, dass die grossmassstäbliche Anwendung technisch möglich ist, nämlich die solarthermische und die photovoltaische Elektrizitätserzeugung.

Die Frage, welches der beiden Prinzipien unter gegebenen Voraussetzungen besser geeignet ist, beschäftigt die Fachleute schon seit der Einführung solcher Technologien.

Anfangs fehlten geeignete Unterlagen, um schlüssige Vergleiche anzustellen. In der Zwischenzeit wurden in der Schweiz zwei Studien zu diesem Thema verwirklicht.

Die Resultate der Studie an einem konkreten Standort in den Alpen werden im vorangehenden Beitrag dargestellt (s. S. 298). Nachfolgend ist die Vergleichsstudie, welche in Zusammenhang mit dem Betrieb des Sonnenkraftwerkes in Almeria verfasst wurde, zusammengefasst.

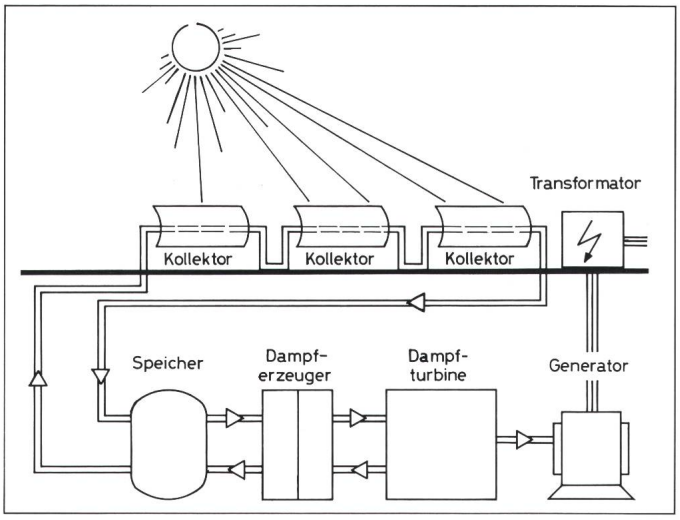
2. Grundlagen

Vom September 1981 bis Dezember 1985 wurden in Almeria (Spanien) von der internationalen Energieagentur zwei thermische Sonnenkraftwerke mit 500 kW Spitzenleistung am selben Standort betrieben (IEA-SSPS-Projekt). Die eine der beiden Anlagen ist ein Kraftwerk mit Heliostaten (grossen Spiegeln), die das Licht auf einen zentralen Empfänger konzentrieren (Central Receiver System, CRS), während die zweite die Sonnenstrahlung mittels Parabol-Kollektoren einfängt (Distributet Collector System, DCS).

Die Technik eines Heliostatenkraftwerkes ist im vorangehenden Artikel beschrieben, das Prinzipschema eines Kraftwerkes mit Parabol-Kollektoren zeigt Figur 1.

Um den Vergleich der Resultate der beiden solarthermischen Kraftwerktypen in Almeria mit dem Verhalten eines hypothetischen 500-kW-Photovoltaik-Kraftwerks (PVS) durchführen zu können, wurden auf dem Gelände dieser Anlagen drei Solarzellen-Panels installiert und während einiger Monate ausgemessen. Da photovoltaische

Fig. 1
Prinzipschema eines Kraftwerkes mit Parabol-Kollektoren



Adresse des Autors
Peter Toggweiler, El.-Ing. HTL, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, 8022 Zürich

Kraftwerke modular aufgebaut sind, liessen sich aus diesen Daten die Betriebswerte eines hypothetischen Kraftwerkes der gleichen Leistungsklasse wie die solarthermischen Kraftwerke in guter Näherung mittels eines numerischen Modells errechnen.

Damit waren die Basisdaten für die Vergleichsstudie vorhanden, wobei darauf hinzuweisen ist, dass wegen technischer Probleme nur wenig zuverlässige Daten vom Heliostatenkraftwerk vorhanden sind.

Die vorliegende Untersuchung befasste sich vor allem mit dem Energieertrag der drei Kraftwerkstypen, wobei sowohl einzelne Tage als auch der Jahresverlauf betrachtet wurden. Ausgehend von den Resultaten vom Standort Almeria wurden Rechnungen für einen typischen Schweizer Standort durchgeführt, wobei Strahlungsdaten von Davos verwendet wurden.

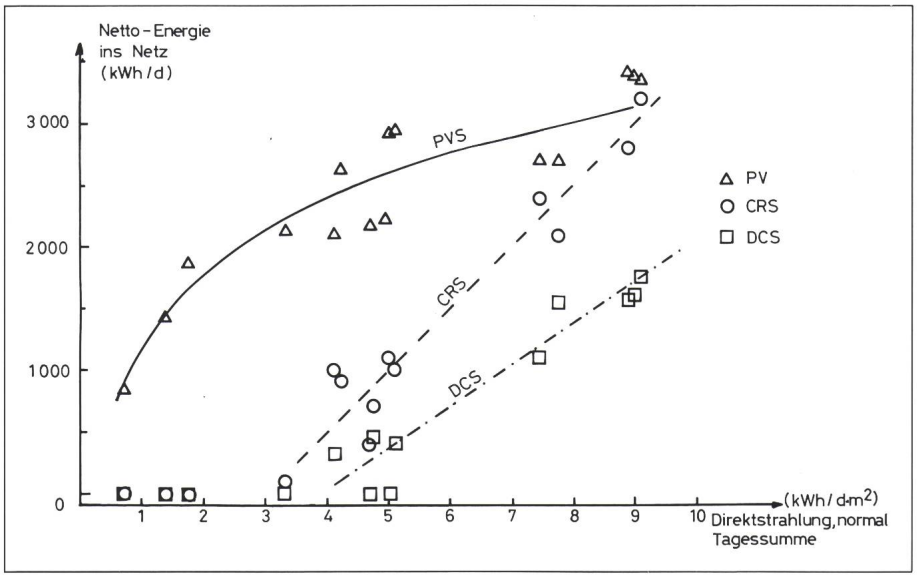


Fig. 3 Tägliche Energieproduktion (elektrisch, netto) als Funktion der Direktstrahlungssumme
PV Photovoltaisch CRS Heliostatenkraftwerk DCS Parabolkollektor-Kraftwerk

3. Resultate

Der Vergleich der Elektrizitätsproduktion der drei Anlagen für einzelne Tage am Standort Almeria ist in den Figuren 2 und 3 dargestellt. Figur 2 zeigt die Energiesummen an vier Tagen. In Figur 3 ist die Netto-Elektrizitätsproduktion pro Tag in Funktion der täglichen Direkt-Normal-Strahlungssumme aufgetragen.

Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass die Tagesproduktion beim Heliostatenkraftwerk und beim Kraftwerk mit Parabol-Kollektoren an sehr klaren Tagen (Strahlungssumme etwa 9 kWh/m²) etwa gleich ist. Mit abnehmender Strahlungssumme nimmt die Produktion des Heliostatenkraftwerks sehr viel rascher ab als die Produktion des photovoltaischen Systems und erreicht den Nullpunkt bei etwa 3 kWh/Tag. Bei diesem Schwellenwert beträgt die photovoltaische Produktion noch rund zwei Drittel des Wertes eines idealen Tages. Die Produktionskurve der Parabolkollektorenanlage ist derjenigen des Heliostatenkraftwerkes ähnlich. Die Werte liegen jedoch wesentlich tiefer, da das Kollektorfeld im Vergleich zur Turbinenleistung zu klein ausgelegt wurde.

Diese Gegenüberstellung zeigt, dass die solarthermischen Anlagen auf eine hohe tägliche Direktstrahlungssumme angewiesen sind, im Gegensatz zum photovoltaischen System, dessen Produktion ungefähr proportional zur Globalstrahlungssumme ist.

Der Jahresvergleich der Elektrizitätsproduktion der drei Kraftwerke wurde für die Periode Oktober 1982 bis September 1983 durchgeführt. Für die beiden solarthermischen Kraftwerkstypen wurden dabei «idealisierte» Werte verwendet, welche unter der Annahme errechnet wurden, dass die Anlagen durchgehend einwandfrei funktionierten. Das Resultat für die genannte Periode ist in Tabelle I dargestellt. Die interessanteste Vergleichszahl ist dabei das Verhältnis der idealisierten Produktion eines Heliostatenkraftwerkes zur photovoltaischen Produktion, welches etwa 0.6 beträgt.

Für schweizerische Verhältnisse ist natürlich der Standort Almeria nicht repräsentativ. Unter Verwendung von Strahlungsdaten von Davos wurden deshalb die Produktionszahlen für solarthermische (CRS) und photovoltaische Anlagen für diesen alpinen Standort errechnet. Die Resultate sind in Tabelle II dargestellt.

Beim alpinen Standort Davos hat die Direktstrahlung im Mittel eine höhere Intensität. Diese wird jedoch verglichen mit Almeria häufiger mit Wolken unterbrochen, was bei den

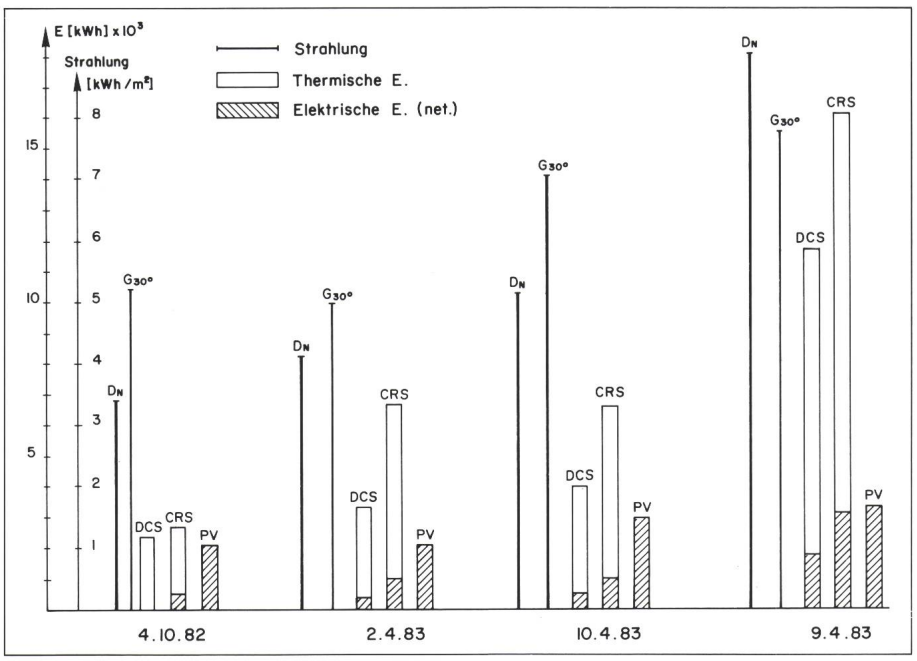


Fig. 2 Energiesummen an vier Tagen, Standort Almeria

thermischen Systemen zu zusätzlichen Verlusten führt.

Interessanterweise ist die Jahresproduktion solarthermischer Kraftwerke mit Heliostaten an beiden Standorten etwa 60% der photovoltaischen Jahresproduktion. Die Gründe sind allerdings verschieden. Während in Almeria die meist tiefe Intensität der Direktstrahlung infolge Dunst und Staub die Hauptrolle spielt, sind am Standort Davos vor allem die häufigen Wolkendurchgänge für diesen Unterschied verantwortlich.

Aufgrund der Jahresproduktionszahlen wurde abschliessend eine grobe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Diese zeigt, dass das photovoltaische System in der 500-kW-Leistungsklasse zwar eine höhere Investition als das solarthermische bedingt. Infolge des höheren Energieertrags und der geringen Betriebskosten sind jedoch die Gestehungskosten der Elektrizität beim photovoltaischen System deutlich geringer.

Zusammenstellung der Energieproduktion über 12 Monate (Oktober 1982 bis September 1983) am SSPS-Standort in Almeria Tabelle I

	Kraftwerk mit Parabol-Kollektoren (DCS)	Heliostaten-Kraftwerk (CRS)	Photovoltaisches System (PVS)
Effektiv gemessene Produktion	142 MWh	-	-
Idealisierte Produktion	296 MWh	530 MWh	-
Berechnete Produktion	-	-	888 MWh

4. Diskussion

Die Vergleichsstudie am Standort Almeria zeigt im Gegensatz zu derjenigen für den alpinen Standort Val Maroz (siehe vorangehenden Beitrag) wesentlich günstigere Resultate zugunsten der Photovoltaik. Begründen lässt sich die unterschiedliche Aussage mit der Kraftwerksgrösse. Im Fall Almeria beträgt die elektrische Spitzenleistung 500 kW, im Beispiel Val Maroz ist sie rund vierzigmal grösser. Die Frage, bei welcher Leistung die beiden Technologien ebenbürtig sind, kann nur von Fall zu Fall beantwortet werden. Klimatische und geographische Standorteigenschaften beeinflussen die Eignung des einen oder des andern Kraftwerkstyps massgebend. Für den schweizerischen Alpenraum dürfte der Schnittpunkt gegenwärtig zwischen 10 und 20 MWe Spitzenleistung liegen. Das kann sich aufgrund technischer Entwicklungen oder veränderter wirtschaftlicher Rahmenbedingungen rasch wieder ändern. Als Beispiel dazu: In der Studie Metaroz wurden die Solarzellenpreise mit 5 $ pro Watt und ein Wechselkurs von Fr. 2.60 angenommen. Die neusten Offerten für grössere Stückzahlen liegen bei 3 $ pro Watt bei Lieferung im Jahr 1987. Je nachdem, wo der Dollarkurs liegt, ergeben sich daraus wesentlich tiefere Stromgestehungskosten, als heute allgemein noch angenommen wird.

Monatssummen aus der Simulationsrechnung für den Standort in Davos Tabelle II

Monat	Globalstrahlung 45°, süd [kWh/m²]	Photovoltaische Stromproduktion netto [MWh]	Direktstrahlung auf Normalfläche [kWh/m²]	Solarthermische Energieproduktion (CRS) [MWh]	Solarthermische Stromproduktion (CRS), netto [MWh]
Januar	73,6	30,8	59,0	140,5	16,4
Februar	92,4	39,8	65,9	150,8	20,8
März	116,1	50,4	68,0	143,7	17,1
April	157,1	69,2	94,9	196,2	29,7
Mai	190,0	84,7	157,3	324,9	58,8
Juni	140,0	60,1	108,8	208,2	32,4
Juli	153,1	66,0	120,8	238,6	38,9
August	146,9	64,1	121,8	260,0	43,8
September	158,4	71,3	161,3	383,7	72,8
Oktober	112,3	48,9	97,6	223,0	35,3
November	83,1	35,5	66,7	160,5	21,5
Dezember	64,7	26,7	53,0	123,2	12,9
Total	1488	646	1175	2553	383