

# KONZENTRIERTE SOLAR-ENERGIE IN ZENTRALASIEN

## NUTZUNG VON HOCHTEMPERATUR-SOLARWÄRME ZUR ELEKTROENERGIEERZEUGUNG IN USBEKISTAN



Bild 1: Solarofen 1 MW, Parkent, Usbekistan

In den letzten Jahren wurden in Usbekistan viel versprechende Projekte im Bereich Solarenergieerzeugung durchgeführt. Diese haben gezeigt, dass Usbekistan mit 300 Sonnentagen im Jahr und einer Solareinstrahlung von 1.900 kWh/(m<sup>2</sup>-a) ein großes Potenzial besitzt. Usbekistan betreibt 42 thermische Kraftwerksblöcke mit jeweils 160 bis 300 MW Blockleistung, davon sind 19 älter als 30 Jahre. Sie bedürfen dringend größerer Erhaltungsinvestitionen und müssen an geänderte Betriebsbedingungen angepasst werden, um die Wirtschaftlichkeit zu erhalten und weniger CO<sub>2</sub> zu emittieren.

Einige Kraftwerke können aufgrund defekter Dampferzeuger nicht mehr mit Volllast betrieben werden, Ertüchtigungen und Modernisierungen sind deshalb notwendig. Es bietet sich deshalb an, in diesem Zuge einen weitergehenden Technologieschritt in Richtung eines Solar-Hybrid-Konzeptes zu gehen. Dadurch müssen Dampfturbinen nicht mehr in einem schlechteren Teillast-Wirkungsgrad betrieben werden. Der

solar erzeugte Dampf kann aber auch in bislang noch bei Volllast betreibbaren Anlagen eingespeist werden, um fossilen Brennstoff einzusparen und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden. Der Nutzen der Einspeisung ist dabei abhängig vom jeweiligen Zustand des Kraftwerks und den technischen Möglichkeiten vor Ort. Dabei kann die Wärme des solar erzeugten Dampfes je nach Einspeiseort etwa mit dem Wirkungsgrad des fossilen Kraftwerkes verstromt werden. Die solar erzeugte elektrische Leistung fällt zur Spitzenlastzeit des Stromverbrauchs an.

### Konzentrierende Systeme im Vorteil

Die solare Direktstrahlung wird bei Parabolrinnen-, Solarturm- und Paraboloidkraftwerken über Reflektoren gebündelt, um mit der so konzentrierten Energie beispielsweise Wasser zu verdampfen und damit im angeschlossenen konventionellen Dampfkraftwerk Strom zu erzeugen. Anstelle durch Verbrennung von fossilen Energieträgern wird die elektrische Energie

in solarthermischen Kraftwerken mittels konzentrierter Solarstrahlung erzeugt.

Langfristig können und müssen solarthermische Kraftwerke und andere Erneuerbare Energiesysteme fossil befeuerte Kraftwerke ersetzen. Die Möglichkeiten der Energiespeicherung, dem Hybridbetrieb und die Anwendung als effiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen machen die Solarthermie dabei zur flexibelsten erneuerbaren Stromerzeugungstechnologie. In der Kraft-Wärme-Kopplung wird neben der Stromproduktion zusätzlich überschüssige thermische Energie für Heiz- und Prozesszwecke genutzt.

Die Parabolrinnen-Technologie verfügt derzeit über eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Konzepten. Dazu zählen die nachgewiesene Marktreife, Anerkennung und Förderung durch die Weltbank sowie die Möglichkeit zur Realisierung strahlungsentkoppelter Betriebsweisen.

### Nationales Programm zur Nutzung der Sonnenenergie

Usbekistan erzeugt 12% seiner Elektrizität aus Wasserkraft, der überwiegende Teil wird konventionell mit Öl und Gas hergestellt. Zukünftig kann ein Großteil der Energieproduktion durch Windkraft oder Solarenergie ersetzt werden. Mehr als 60% der usbekischen Bevölkerung leben auf dem Lande. Die Siedlungsgebiete sind, bedingt durch die Wüstenlandschaft Usbekistans, weit verstreut. Daraus resultiert eine große Zahl weit voneinander entfernt siedelnder Energieverbraucher, die nicht über ständige und sichere herkömmliche Energiequellen verfügen. Auch deshalb genießt die Nutzung von kleinen sogenannten Mikrowasserkraftwerken, der Windenergie und der Solarenergie verstärkte Aufmerksamkeit.

Es wurde ein „Nationales Programm zur Nutzung der Sonnenenergie in Usbekistan bis zum Jahre 2010“ verabschiedet. Gegenwärtig wird die Nutzung autonom arbeitender Solarsysteme für die Warmwasserversorgung getestet. Hierfür

**Tabelle 1: Die Stromerzeugung in Usbekistan, 1992–99 (in GWe) (im Netz)**

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Wasserkraft	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71
Nuklear	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Geothermie/ Solar Wind/ Biomasse	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Konventionell thermisch	9.72	9.72	9.71	9.71	10.02	10.10	10.06	10.06
Gesamtkapazität	11.43	11.43	11.42	11.42	11.73	11.81	11.77	11,77

**Tabelle 2: Erreichte Betriebszeit des Kraftwerksparkes von „Usbekenergo“**

Betriebs- jahre	Leistung		Zahl der Turbinen der entsprechenden Größenordnung							
	MW	%	800 MW	300 MW	210 MW	150-165 MW	100-110 MW	50-60 MW	25-30 MW	Insgesamt
Insgesamt	10644	100	1	17	4	16	9	12	5	64
30 und mehr	4634	43,54	-	3	-	16	7	10	5	41
25-30	1610	15,13	-	5	-	-	2	-	-	7
20-25	1020	9,58	-	2	2	-	-	-	-	4
15-20	1770	16,63	-	5	1	-	-	2	-	8
10-15	510	4,79	-	1	1	-	-	-	-	2
Bis 10	300	2,82	-	1	-	-	-	-	-	1
Bis 5	800	7,52	1	-	-	-	-	-	-	1

wurde das Unternehmen „Usheliospezmontage“ zur Montage und technischen Wartung gegründet. Ein weiteres Projekt mit usbekischen Wissenschaftlern soll es ermöglichen, schwer zugängliche und abgelegene Regionen Usbekistans mit elektrischer Energie zu versorgen.

Einige staatliche Programme fördern die stufenweise Umstellung der Wirtschaft und der sozialen Bereiche auf moderne, ressourcenschonende Technologien. Ziel ist es, die Energievorräte der Republik Usbekistan effizienter zu nutzen und die Entwicklung alternativer Quellen voranzutreiben. Im Programm zur Entwicklung und Modernisierung der Stromerzeugung für den Zeitraum 2001–2010 steht vor allem die stärkere Nutzung von Solar- und Windenergie im Fokus.

### Austausch mit Deutschland

Die klimatischen, geografischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für solarthermische Kraftwerke sind in Usbekistan wesentlich günstiger in Deutschland. Die individuellen Vorteile solarer Technik und konventioneller Kraftwerke können hier vorteilhaft kombiniert werden. Dabei kann die Solarenergie mit sehr hohem Gesamtwirkungsgrad in elektrische Energie umgewandelt werden. Zudem fällt die solar erzeugte elektrische Leistung zur mittäglichen Spitzenlastzeit des

Verbrauchs an. Usbekistan forciert momentan den fachlichen Austausch auf wissenschaftlicher Ebene mit Deutschland. Das betrifft sowohl die solare als auch die fossile Technologie.

### Kraftwerkspark noch aus Sowjetzeiten

Usbekistan hat einen Kraftwerkspark mit insgesamt 12,3 GW installierter elektrischer Leistung. Thermische Kraftwerke generieren dabei 10.620 MW<sub>el</sub> und Wasserkraftwerke erzeugen etwa 12% der Elektrizität. Die mittlere Blockleistung der thermischen Kraftwerke liegt bei etwa 300 MW<sub>el</sub>. Die Brennstoffe sind zu 87% Gas, 8,6% Schweröl und 4,4% Kohle.

Der zu Sowjetzeiten errichtete zentralasiatische Elektrizitätsverbund vernetzt die zentralasiatischen Länder mit einer Gesamtkapazität von 25.000 MW<sub>el</sub>. Usbekistan liefert in diesem Verbund mit 52% den größten Beitrag an Strom (Tadschikistan 16%, Kirgisistan 15%, Turkmenistan 11%, Kasachstan 6%). Insgesamt sind 83 Kraftwerke angeschlossen, davon 29 Wärme- und 48 Wasserkraftwerke. Die Schaltzentrale, die die Leistung im Verbund regelt, sitzt in Taschkent.

Zurzeit haben viele Kraftwerke schon ihre ursprüngliche Lebenserwartung erreicht. Einige werden nur noch mit reduzierter Leistung betrieben. In der Tabelle

2 ist das Alter der thermischen Kraftwerke von „Usbekenergo“ dargestellt.

Usbekistan ist die größte unter den zentralasiatischen Republiken und hat auch den größten Anteil an der Erzeugung von elektrischer Energie. Ein Großteil der Erzeugungskapazität ist in schlechtem Zustand und viele Einheiten müssen saniert und modernisiert werden. Tabelle 3 zeigt eine Zusammenfassung einiger Kraftwerke in Usbekistan.

Mit der Einkopplung von Solarenergie in ein Dampfkraftwerk werden nicht nur fossile Brennstoffe eingespart, sondern auch in größerem Maße CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden. Die Solarwärme kann mit dem recht hohen Wirkungsgrad des Bestandskraftwerkes verstromt werden, wobei Kohlekraftwerke im usbekischen Durchschnitt einen Wirkungsgrad von etwa 37 Prozent aufweisen. Dieser Wirkungsgrad erreicht zwar nicht das Niveau von heutigen Neubaukohleblöcken nach Stand der Technik, liegt aber immerhin mindestens auf dem Niveau derzeitiger in der Entwicklung befindlicher Solar-kraftwerke sowie weit über dem Niveau bisheriger Solarkraftwerkstechnik. Weiterhin wird eine Wirkungsgradsteigerung durch die Einbindung solarer Wärme in den Kessel erwartet.

Die Kombination von solarer und fossiler Energie in Bestandsanlagen ist damit wirtschaftlich und betriebstechnisch sehr günstig, da:

- Investitionen fast ausschließlich für das Solarfeld anfallen,
- keine Speicherung von Solarwärme nötig ist, um eine hohe Verfügbarkeit und Auslastung der Gesamtanlage sicherzustellen,
- Schwankungen der solaren Einstrahlung durch das fossile Kraftwerk kompensiert werden können und
- das Temperaturniveau des erzeugbaren Solardampfes zu den zu betrachtenden Kesselstrukturen passt.



**Bild 2: Zentralasiatische Elektrizitätsverbund, Schaltzentrale in Taschkent**

Tabelle 3: Thermische Kraftwerke in Usbekistan (ab 2000)

Kraftwerke	Technology	Treibstoff	Einheiten	pr. Leistung (MWe)	tr. Leistung (MW)
Syrdarya (Shirin)	Konventionell, thermisch	Gas, Schweröl	10	2.180	3000
Taschkent-1	Konventionell, thermisch	Gas, Schweröl	12	1.730	1960
Novo-Angren (Nurabad)	Konventionell, thermisch	Kohle, Gas	7	1.500	2100
Navoi	Konventionell, thermisch	Gas, Schweröl	11	850	1250
Takhiatash	Konventionell, thermisch	Gas, Schweröl	5	600	730
Angren	Konventionell, thermisch	Kohle	3	205	500
Fergana	Konventionell, thermisch (Cogeneration) (Kraft-Wärme-Kopplung)	Gas, Schweröl		150	300
Mubarek	Konventionell, thermisch (Cogeneration) (Kraft-Wärme-Kopplung)	Gas, Schweröl	2	50	100
Taschkent-2	Konventionell thermisch (Cogeneration) (Kraft-Wärme-Kopplung)	Kohle, Gas	1	22,5	30

Der geringe Wirkungsgrad eines fossil beheizten Dampfkraftwerks lässt sich teilweise mit dem Exergieverlust bei Erhitzung, Verdampfung und Überhitzung des Wassers durch die heißen Verbrennungsgase begründen. Die Wärme wird von den heißen Verbrennungsgasen an das vergleichsweise kalte Wasser bzw. den Dampf übertragen und verliert dabei vor allem im Verdampfungsabschnitt des Kessels Arbeitsfähigkeit (Exergie). Bei Verdampfung teilweise oder ganz außerhalb des Kraftwerks in einem Solarkollektor können diese Verluste reduziert werden.

Dies führt zu einem größeren Dampfmassestrom (zu erkennen aus der geringeren Steigung des Temperaturverlaufes im Überhitzer) und damit zu einer höheren Leistungsbereitstellung für die Dampfturbine.

Wenn man den effektiven Gewinn an elektrischer Leistung auf die Solarlei-

stung bezieht, ergibt sich eine im Bereich des Kraftwerkswirkungsgrads liegende solare Effizienz. Ohne die Investition in einen neuen solarthermischen Dampfturbinenteil kann der Solarstrom somit im vorhandenen Kohlekraftwerk erzeugt werden. Für das Konzept eines Solar-Hybrid-Dampfkraftwerkes können auf der Grundlage eines bestehenden fossilen Kraftwerkes folgende Aussagen zur technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit getroffen werden:

Das Kraftwerk dient

- der kostengünstigen Produktion von Solarstrom,
- der Deckung von Verbrauchsspitzen im elektrischen Netz,
- dem Ersatz von fossiler Energie (fuel saver),
- der CO<sub>2</sub>-Ersparnis: 700 kg CO<sub>2</sub>/ (m<sup>2</sup>-a)

bei überschaubarem Investitionsaufwand durch Weiterverwendung der bestehenden Anlagenteile.

Die Sonnenenergie ist für Usbekistan die Erneuerbare Energie mit dem deutlich größten Potential.

(\* IEuA – Institut für Energie- und Automatisierungstechnik der usbekischen Akademie der Wissenschaften)

ZUM AUTOR:

► Ravshanjon Khujanov  
Institut f. Energie- u. Automatisierungstechnik

khujanov@mail.ru

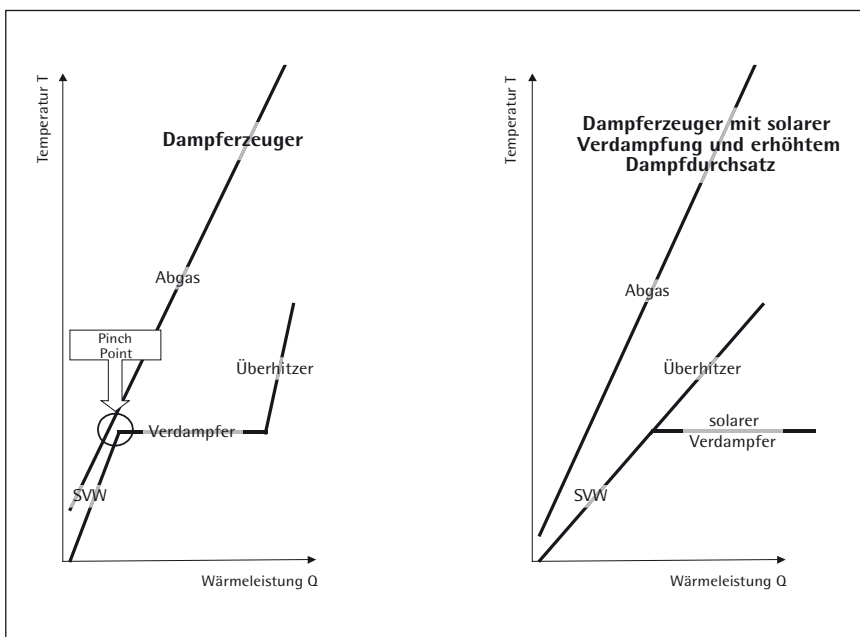


Bild 3: Dampferzeuger ohne und mit solarer Verdampfung



Bild 4: 1 kW-DISH-Sterling-Anlage, Durchmesser des Solar-Konzentrator = 5 m