

Auslegung und Vergleich zweier Receiverkonzepte für solar befeuerte Gasturbinensysteme

Andrea Jensch, Michael Puppe, Ralf Uhlig, Stefano Giuliano

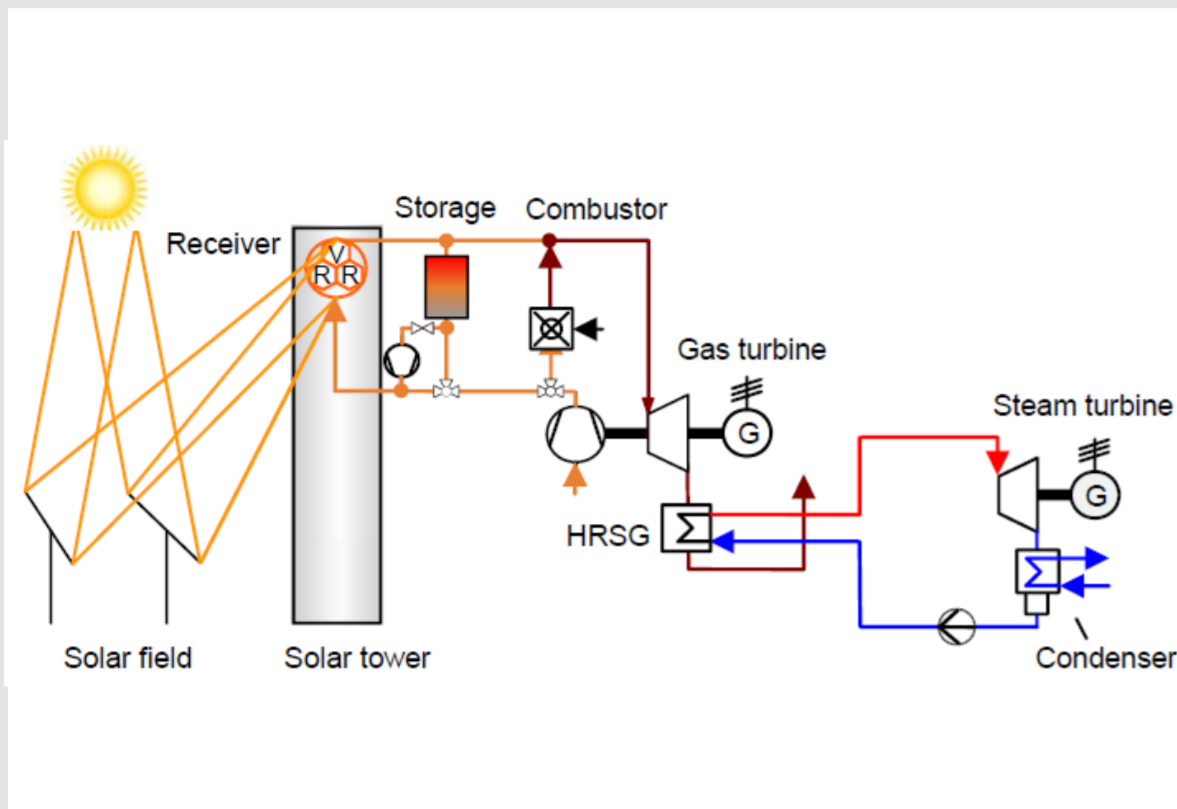


Abbildung 1: Hybride solare Gasturbinenanlage mit sekundärem Dampfprozess (HYGATE, Solare GuD)

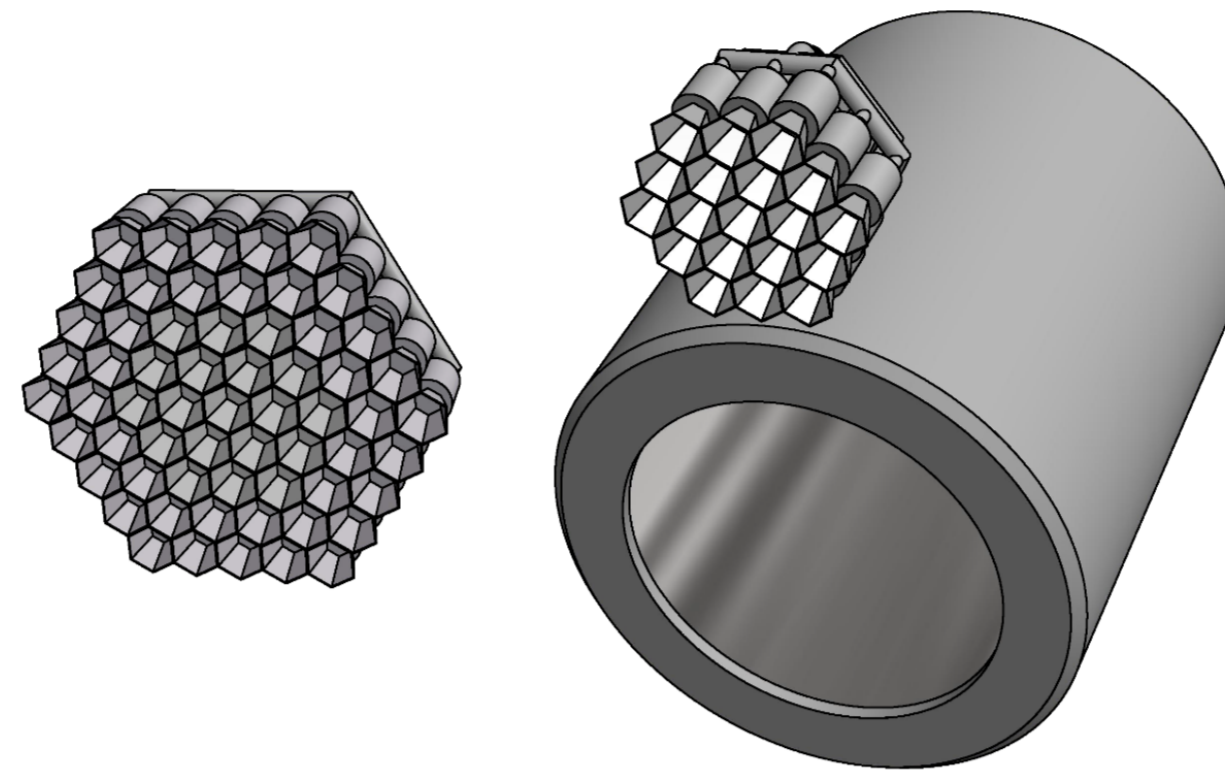


Abbildung 2: Receiversysteme für thermische Leistung von 75 MW (Solar Multiple 3) - links: Volumetrisches Cluster (PVR); rechts: Kombiniertes Receiver (RR+PVR);

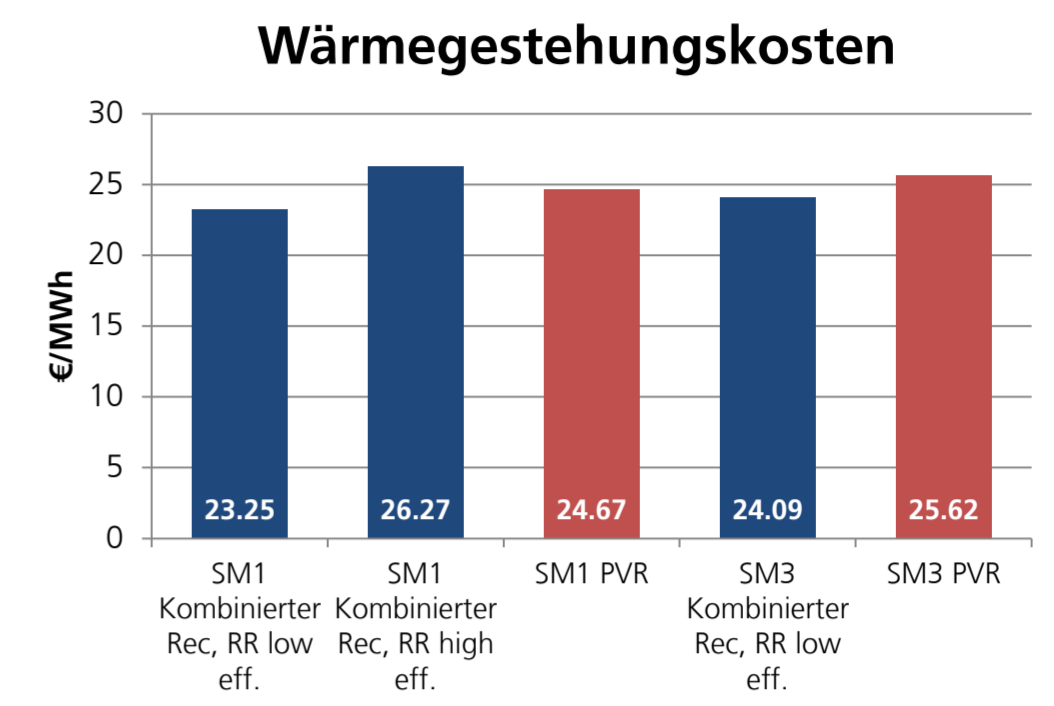


Abbildung 3: Vergleich der Wärmegestehungskosten für die untersuchten Receivervarianten

Solar befeuerte Gasturbinensysteme

Solare Gasturbinensysteme arbeiten mit deutlich höherer Prozesstemperatur als die im CSP Bereich üblichen Dampfprozesse und ermöglichen eine Steigerung des Kraftwerkwirkungsgrads. Weitere Vorteile sind schnelle Regelbarkeit und die Möglichkeit, den Wasserbedarf zu verringern.

Im Rahmen des Forschungsprojekts HYGATE wurden Hybride Solare Gasturbinenprozesse mit einer Eintrittstemperatur von 950°C untersucht. Für rein solaren Betrieb muss der zwischen Kompressor und Gasturbine angeordnete Solarreceiver die Prozesstemperatur bei 10 bar erreichen.

Receiverkonzepte

Für solare Gasturbinensysteme werden Druckluftreceiver benötigt, deren Wärmeträgermedium die aus dem Verdichter der Gasturbine entnommene, komprimierte Luft ist. Zwei verschiedene Typen von Druckluftreceivern werden aktuell am DLR entwickelt: Volumetrische Receiver (Pressurized Volumetric Air Receiver, kurz PVR) und Rohrreceiver (RR). Für die Auslegung eines Receivers für das geplante Demokraftwerk im Projekt HYGATE wurde untersucht, wie diese beiden Receiver Typen optimal kombiniert werden können bzw. ob der Einsatz eines einzigen großen PVR-Cluster im Vergleich zur Kombination zweier Systeme die günstigere Variante darstellt.

Der „Kombinierte Receiver“, ein System bestehend aus einem Rohrreceiver für die Luftvorwärmung (aus Materialgründen bis max. 800 °C) und einem PVR-Cluster als Hochtemperaturstufe (bis 950 °C), wurde dabei verglichen mit dem reinen „PVR“: Ein PVR-Cluster bestehend aus Niedertemperaturstufe und Hochtemperaturstufe.

Untersucht wurden im Rahmen von HYGATE Receiver für ein Kraftwerk ohne Speicher (SM 1; 25 MW_{th}) und für die Speichereinbindung (SM 3; 75 MW_{th}).

Receiverauslegung

Für die unterschiedlichen Leistungsklassen wurde die optimale Verschaltung (Reihen- und Parallelschaltung, Stufungstemperatur) der Receiver Typen untersucht. Dazu wurde für die Cluster volumetrischer Receiver die Verrohrung thermohydraulisch dimensioniert und in der Ermittlung der Kosten berücksichtigt. Die Rohrreceiver wurden unter Einhaltung thermohydraulischer Randbedingungen vordimensioniert, wobei ein Kostenoptimum gesucht wurde. Bei der anschließenden thermodynamischen Simulation mit FEM wurden Wirkungsgradkennfelder für die Systemsimulation ermittelt.

Konzeptvergleich

Für den Konzeptvergleich wurden auf die Wärmegestehungskosten optimierte Solarfelder für die jeweiligen Receiversysteme ausgelegt.

Im Vergleich (siehe Abb. 3) weist der Kombinierte Receiver gegenüber dem PVR-Cluster sowohl bei SM1 als auch SM3 einen Kostenvorteil auf. Zwar kann der PVR deutlich höhere Receiverwirkungsgrade erzielen (bei erhöhten Investitionskosten). Allerdings erreichen die Heliostatfelder der PVR Varianten einen geringeren Feldwirkungsgrad und sind dementsprechend größer. Grund dafür ist v.a. das aufgrund des Sekundärkonzentrators eingeschränkte Sichtfeld des PVR.

Für die abschließende Bewertung wurden neben den Kosten weitere Einflussfaktoren wie Wartung, Sicherheit, Zertifizierbarkeit (siehe Abb. 4) berücksichtigt, bei denen insgesamt der Kombinierte Receiver einen Vorteil aufweist. Für das im Projekt HYGATE geplante Demokraftwerk wird daher ein Kombiniertes Receiver mit 50 MW Rohrreceiver und 25 MW PVR-Cluster gewählt.

	Kombiniertes Receiver RR+PVR	PVR
Wärmegestehungskosten	+	0
Lebensdauer / Zuverlässigkeit	0	0
Wartungsaufwand	+	-
Betriebssicherheit	0	-
Zertifizierbarkeit	-	-
Modularität (Komponenten)	0	+
Skalierbarkeit (Leistung)	0	0
Weiterentwicklungspotenzial	+	+

Abbildung 4: Gegenüberstellung der Konzepte