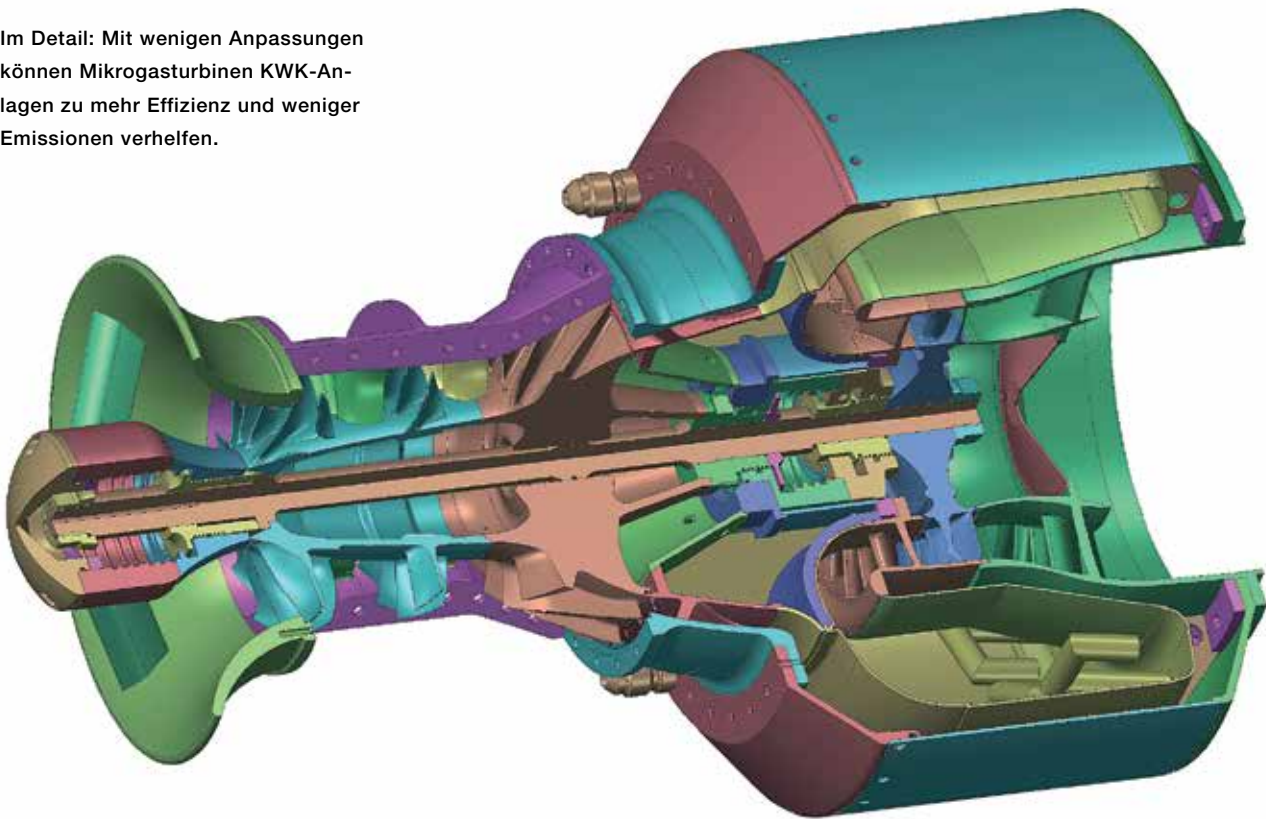



Im Detail: Mit wenigen Anpassungen können Mikrogasturbinen KWK-Anlagen zu mehr Effizienz und weniger Emissionen verhelfen.



## Schritt für Schritt zur hocheffizienten Mikrogasturbine

Heute kennt man Mikrogasturbinen aus Nischenanwendungen wie Modellflugsport und aus vereinzelt industriellen Anwendungen der Energiewandlung. Mit einigen Modifikationen kann sie jedoch als hocheffizientes Herzstück dezentraler KWK-Anlagen künftig eine entscheidende Rolle spielen.

TEXT: Ulrich Siller, AeroDesignWorks BILDER: AeroDesignWorks  [www.energy20.net/PDF/51009E20](http://www.energy20.net/PDF/51009E20)

Ihre Komponenten hat so mancher Autofahrer unter der Haube, ohne es zu wissen: Insbesondere Verdichter und Turbine heutiger Mikrogasturbinen basieren auf Turboladertechnologie aus Pkw und Nutzfahrzeugen. Diese Komponenten sind jedoch nicht optimal für eine

KWK-Anwendung abgestimmt. Daraus leitet sich ein Potenzial ab, die elektrische Effizienz durch Maßnahmen am Kreisprozess und optimierte Komponenten um mehr als 10 Prozentpunkte auf über 40 Prozent anzuheben. Damit könnte die Mikrogasturbine in ihrer Effizienz zu

modernen, hochaufgeladenen Kolbenmotoren aufschließen.

Notwendig hierfür sind einige tiefgreifende technologische Maßnahmen:

- Erhöhung der Turbineneintrittstemperatur auf etwa 1400 K:

Eine monolithische Hochtemperaturkeramik könnte dabei die aufwendigen Schaufelkühlkonzepte der großen Vorbilder in Flugtriebwerk und Gasturbine ersetzen. Projekte hierzu laufen beispielsweise beim Fraunhofer IFF (Projekt „Turbokeramik“).

- Deutliche Steigerung des Druckverhältnisses im Verdichter.
- Einbringung eines Rekuperators (Luft-Luft-Wärmetauscher zur Vorwärmung der Luft vor dem Brennkammereintritt) auf einem deutlich höheren Druck- und Temperaturniveau.

## Fluggasturbine für Hubschrauberdrohnen

Im Rahmen einer derzeit laufenden Entwicklung eines Kleintriebwerks als Wellenleistungsantrieb für leichtes Fluggerät wie Helikopterdrohnen sind diese Überlegungen teilweise bereits umgesetzt. Deshalb wird diese Entwicklung als Basisdesign für eine Weiterentwicklung hinsichtlich der KWK-Anwendung dargestellt.

AeroDesignWorks hat die Triebwerksentwicklung mit einem Partnerunternehmen seit 2012 betrieben. Noch in diesem

Sommer soll ein Prototyp erste Tests durchlaufen. Die Abbildung links zeigt den Gasgenerator des Wellenleistungsantriebs für 75 kW Ausgangsleistung nach einer Drehzahluntersetzung von 85.000 rpm auf 850 rpm. Das Aggregat ist sehr kompakt: Der maximale Durchmesser beträgt 250 mm im Bereich des Brennkammergehäuses.

Von den genannten Maßnahmen ist ein hocheffizienter, kompakter Verdichter mit einem Druckverhältnis deutlich über dem bestehender Turbolader ein Schlüsselement. Bei der Auslegung des Flugantriebs wurden zu Projektbeginn



Gemeinsam mehr erreichen.

- Modulprüfungen
- Anlagen Services (z.B. Anlagenabnahmen, Bankability Prüfungen und Zertifizierung von PV-Anlagen)
- Qualitätssicherung
- Qualifizierung von Installateuren



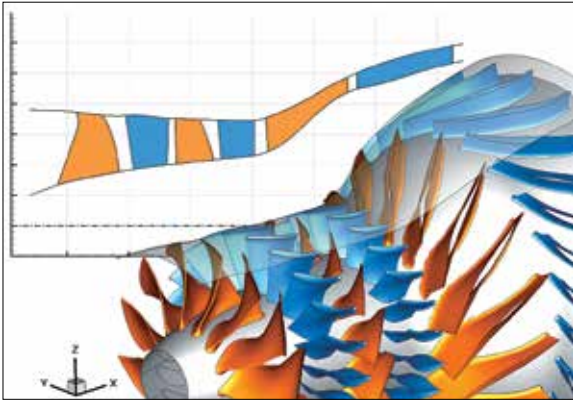
Es muss Ihnen nicht spanisch vorkommen, wenn wir in Deutschland über das modernste Labor verfügen.

Besuchen Sie uns  
auf der Intersolar -  
Halle A1, Stand 713.

Die Experten von TÜV Rheinland bieten Ihnen eine umfassende Beratung bei der Realisierung Ihrer Photovoltaikprojekte. Hierbei stets im Fokus: Ihr wirtschaftlicher Erfolg.  
[is@de.tuv.com](mailto:is@de.tuv.com) · [www.tuv.com](http://www.tuv.com)



**TÜVRheinland®**  
Genau. Richtig.



Hochbelasteter dreistufiger Verdichter: Kanalführung und Ansicht der Beschaufelungen; Rotoren sind orange, Statoren blau dargestellt.

auf Basis mehrerer Flugmissionspunkte (Flughöhe und Leistungsbedarf) umfangreiche Kreisprozessstudien durchgeführt, um das beste Verdichterkonzept für eine Neuauslegung abzuleiten. Ein hochbelasteter, dreistufiger Verdichter mit zwei axialen Frontstufen und einer abschließenden Diagonalstufe stellt sowohl hinsichtlich der thermodynamischen Güte des Kreisprozesses als auch unter Bau- raumgesichtspunkten ein Optimum dar. Die Abbildung oben zeigt Beschaufelung und Gaspfad des Verdichters. Diese Konfiguration leistet bei Nenndrehzahl von 105.000 rpm ein Druckverhältnis von 6,25 im Arbeitspunkt mit einem Wirkungsgrad um 80 Prozent.

### KWK-Derivat ohne keramische Turbine

Für den rekuperierten Kreisprozess verschiebt sich das optimale Verdichterdrukverhältnis zu kleineren Werten verglichen mit dem nicht-rekuperierten Fall.

Im vorliegenden Fall erfolgt eine Absenkung des Druckverhältnisses von 6,25 auf 5,25 über eine Reduktion der Drehzahl auf 92 Prozent der Nenndrehzahl. Das geht einher mit einer deutlichen Reduktion der mechanischen Belastung der rotierenden Komponenten für die geforderten, deutlich längeren Wartungsintervalle einer stationären Anwendung. Die Turbineneintrittstemperatur verbleibt auf 1100 K mit dem bestehenden Turbinenwerkstoff, dem Superalloy MAR M-247. Eine Skalierung der Maschine auf den doppelten Maximaldurchmesser des Brennkammergehäuses von 500 mm würde in einer elektrischen Leistung von 335 kW resultieren bei einem leistungsspezifischen Brennstoffverbrauch (power-specific fuel consumption, PSFC) von 0,24 kg/kWh unter Verwendung von Erdgas mit 43 MJ/kg. Unter Annahme eines Generatorwirkungsgrads von 95 Prozent und einem Ausbrand von 98 Prozent wird ein elektrischer Bruttowirkungsgrad um 35 Prozent erreicht.

### KWK-Derivat mit keramischer Turbine

Die Einbringung einer keramischen Hochdruckturbinen würde eine Erhöhung der Turbineneintrittstemperatur auf 1400 K zulassen. Die Güte des Kreisprozesses kann hierdurch deutlich gesteigert werden: Unter Beibehaltung der obigen Annahmen verbessert sich der PSFC um rund 20 Prozent auf 0,19 kg/kWh, die elektrische Leistung kann bei gleichen Abmessungen auf 570 kW gesteigert werden und der elektrische Bruttowirkungsgrad beträgt nun 44 Prozent.

### Weitere Informationen

- Kreisprozess und Verdichterdesign: Kröger, G. et al. (2014) Towards a Highly Efficient Small Scale Turbo-shaft Engine. Part I: Engine Concept and Compressor Design. ASME Turbo Expo 2014, Düsseldorf.
- Turbinenauslegung: Siller, U. et al. (2014) Towards a Highly Efficient Small Scale Turboshaft Engine. Aero-Mechanical Turbine Design and Optimization. ASME Turbo Expo 2014, Düsseldorf. □

#### PROJEKTENTWICKLUNG MIT PARTNERN

Kleingasturbinen haben ein enormes Entwicklungspotenzial als kompakte, hocheffiziente und emissionsarme Kraft-Wärme-Anlagen. Notwendig für diesen Entwicklungsschritt sind innovative Konzepte und Lösungen bei Verdichter, Rekuperation, Turbinenwerkstoff sowie ein wartungsfreies Lagerkonzept. Der Ingenieurdienstleister Aero-DesignWorks strebt die Weiterentwicklung eines neuartigen Luftfahrt-Wellenleistungsantriebs zu einer KWK-Mikrogasturbine an – technologische und strategische Partner sind willkommen.



**Ulrich Siller**, geschäftsführender Gesellschafter der AeroDesignWorks GmbH in Köln.