

## RO-TEG

# Thermoelektrische Abwärmeverstromung direkt am Rohr

Runde Bauform – kostengünstig, kompakt und effizient

Die Nutzung von Abwärme ist für viele industrielle Branchen und Anwendungen ein wichtiger Baustein, um die ehrgeizigen Energiesparziele zu erreichen. Thermoelektrische Generatoren (TEG) können Abwärme ohne mechanische Bewegung direkt in elektrische Energie umwandeln. Allerdings sind TEG meist plattenförmig, während wärmetragende Fluide in runden Rohren fließen. Mit RO-TEG bietet Fraunhofer IPM TEG mit optimierter Bauform an, die direkt um Rohre herum gebaut werden können.

### Thermoelektrische Abwärmenutzung

Abwärme fällt in der Industrie, im privaten Haushalt oder im Verkehr an und bleibt oftmals ungenutzt. Besonders große Mengen an Abwärme verpuffen in Feuerungsanlagen, Gießereien, Härtereien, Schmieden oder industriellen Verbrennungs- und Trocknungsanlagen. Thermoelektrische Generatoren (TEG) wandeln diese Wärme sehr effizient direkt in elektrische Energie um – und können so einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.

Thermoelektrische Systeme sind sehr robust und arbeiten ganz ohne bewegliche Teile. Sie sind modular aufgebaut und können daher gut skaliert und für unterschiedliche Abwärmequellen adaptiert werden. Die Systeme stellen

eine Alternative zu Turbinen und Generatoren dar, insbesondere für Applikationen mit wechselnden Lasten und variierenden Betriebszuständen, für mittlere Leistungen bis zu einigen Kilowatt. Von besonderem Interesse ist auch der Einsatz in Feuerungsanlagen: Hier kann die thermoelektrisch gewonnene elektrische Leistung zum Betrieb einer energieautarken Regelungstechnik, der Feinstaubabscheidung oder anderer Systemkomponenten wie z. B. einer Umwälzpumpe genutzt werden.

### Runde Bauform für optimierte, kostengünstige Integration am Rohr

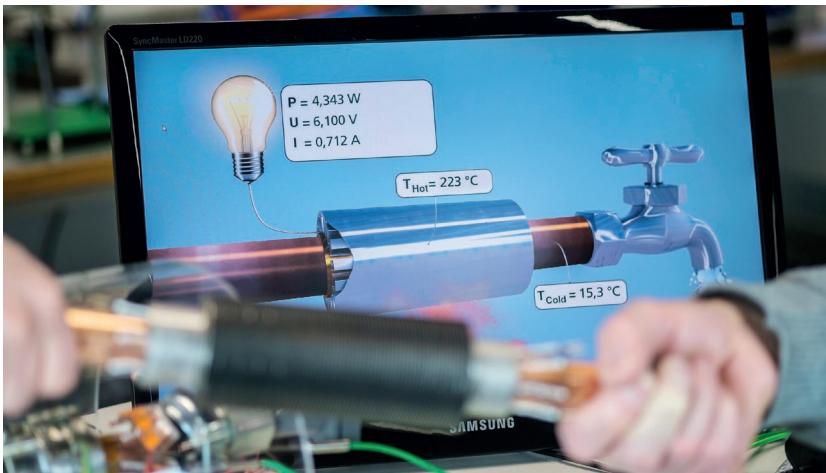
TEG sind traditionell meist plattenförmig, während die wärmetragenden Fluide in vielen

*Thermoelektrische Module, perfekt angepasst an die Rohrgeometrie, wandeln Abwärme in Strom um oder temperieren als Peltierkühler sehr präzise die in Rohren fließenden Medien.*

### Unser Angebot

Maßgeschneiderte thermoelektrische Module und Systeme für die Abwärmenutzung und Temperierung

- Kundenspezifische Beratung und Studien
- Simulation und Entwicklung: von mW bis kW
- Strukturelle Charakterisierung von Modulen und Aufbauten, z. B. mit 3D-Computertomographie
- Thermisch-elektrische Charakterisierung, z. B. Leistungsmessung Module und Systeme bei definierten Temperaturen und Wärmeströmen (auch als Langzeitversuche)



*Leistungsdaten eines ersten Prototypen des RO-TEG im laufenden Betrieb. Aus einer Temperaturdifferenz zwischen Heiß- und Kaltseite von ca. 200 K werden 4,3 W an elektrischer Leistung erzeugt.*

industriellen Prozessen in runden Rohren fließen. In der Praxis werden die Rohre (z. B. von marktüblichen, robusten Rohr-bündelwärmetauschern) durch kostspielige, flache und wartungsintensive Wärmetauscher ersetzt und in einem massiven Aufbau an die thermoelektrischen Module angeschlossen. Fraunhofer IPM hat mit RO-TEG einen TEG mit neuartiger, runder Bauform entwickelt. Das zum Patent angemeldete Aufbauverfahren ist kostenoptimiert und ermöglicht eine Abwärmenutzung mit geringem baulichen Aufwand und niedrigen Kosten. RO-TEG wurde als einsatzbereiter Demonstrator realisiert.

### Flexibel anpassbar für maximale Abwärme-Ausbeute

Der wesentliche Bestandteil der TEG, die Schenkel aus Halbleitermaterial, sind beim RO-TEG sternförmig zwischen einem inneren und einem äußeren Rohr angeordnet. Das Fertigungsverfahren erlaubt den Einsatz von Rohren mit zusätzlichen Wärmeübertragungsstrukturen, wie z. B. berippten Außenrohren. Der RO-TEG ermöglicht einen Paradigmenwechsel bei der Abwärmeverstromung mit geringem Platzbedarf und perspektivischen Investitionskosten von unter 1 Euro pro Watt an erzeugbarer elektrischer Leistung.

Ein weiterer Vorteil: Beim RO-TEG kann der thermische Widerstand sehr flexibel an äußere Wärmeübertragungswiderstände angepasst werden (Impedanzanpassung), denn die Anzahl der thermoelektrischen Schenkel pro Fläche lässt sich einfach variieren. Für jeden spezifischen Anwendungsfall lässt sich damit ein optimales System aufbauen, mit dem die Ausnutzung der Abwärme maximiert wird.

Auf dem RO-TEG basierende thermoelektrische Systeme können vielseitig für die Abwärmenutzung eingesetzt werden:

- In Rohrbündelwärmetauschern, z. B. zum Einsatz in Zentralheizungen, Kleinf Feuerungsanlagen, BHKWs und Schiffen
- In Rohrleitungen in der Prozesschemie, Kunststoffherstellung

und pharmazeutischen Industrie, zur elektrisch autarken und damit resilienten Versorgung kostengünstiger Sensorik, inkl. Datenverbindung per Funk

- In Wärmemengenzählern in Haushalten und in der Industrie

Ein am Fraunhofer IPM bereits umgesetztes Anwendungsbeispiel sind Holzöfen: Deren Emissionen (Feinstaub, schädliche Gase) werden aus Umweltschutzgründen immer strenger reglementiert. Mittels thermoelektrisch erzeugter elektrischer Energie lassen sich elektrostatische Abscheider und/oder die Verbrennungsregelung ohne Anschluss an eine externe Stromversorgung betreiben. Die Feuerungsanlage liefert selbst die notwendige Energie für einen schadstoffarmen Betrieb.

### Peltier-Kühlung

Der Aufbau des RO-TEG lässt sich auch als Peltier-Kühler für die sehr präzise, schnelle und lokale Temperierung von in Rohren fließenden Medien einsetzen. Dabei kommen dieselben Vorteile zum Tragen: Kostengünstiger Aufbau, geringer Platzbedarf, kleine thermische Übergangswiderstände durch direkte Ankopplung an das Rohr und flexible Anpassung des Aufbaus.

### Kontakt

Dr. Olaf Schäfer-Welsen  
Abteilungsleiter Thermische Energiewandler  
Telefon +49 761 8857-173  
olaf.schaefer-welsen@ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM  
Georges-Köhler-Allee 301  
79110 Freiburg  
www.ipm.fraunhofer.de

