

< Für den Energiebedarf der vielen Milliarden an Sensoren, die das Internet der Dinge (IoT) ausmachen, sind energieautarke Lösungen gefragt. Thermoelektrische Generatoren sind dabei eine vielversprechende Option.

GRUPPE THERMOELEKTRISCHE SYSTEME

Thermoelektrische Generatoren: Minikraftwerke für das IoT

Thermoelektrische Generatoren gewinnen elektrische Energie aus kleinsten Temperaturunterschieden. Damit sind sie bestens geeignet, um geringe Strommengen dezentral bereitzustellen – genug für den kabellosen Betrieb von Sensoren und die Datenübertragung im »Internet of Things« (IoT). Fraunhofer IPM entwickelt sowohl einzelne thermoelektrische Komponenten als auch komplette Plattformen für den Einsatz in Sensornetzwerken.

Die Welt vernetzt sich. Das gilt für die Menschen, die über das Netz kommunizieren, zunehmend aber auch für Dinge. Das IoT erfährt seit einigen Jahren eine rasante Entwicklung. Viele Milliarden Geräte und Systeme sind bereits vernetzt und es werden täglich mehr. Die Sprache des IoT besteht dabei nicht aus Worten, sondern aus Sensordaten. An immer mehr Orten wird Sensorik installiert. So lassen sich Geräte, Systeme, Prozesse oder Infrastruktur kontinuierlich überwachen und steuern. Zahlreiche Anwendungen gibt es bereits – vom »Smarthome« über »Smart Lighting« bis hin zu »Smart Roads«. Und auch die Industrie setzt stark auf die vernetzte Produktion. Auch wenn einige der Anwendungen das Ziel haben, Energie zu sparen, so gerät der Energieverbrauch der immer leistungsfähigeren vernetzten Sensoren stärker in den Fokus von Forschung und Entwicklung. Neue Konzepte für energieeffiziente, energieautarke Sensoren und Strategien für das Datenmanagement sind daher gefragt. Dabei geht der Trend in Richtung Dezentralisierung: Ziel ist es, Energie lokal bereitzustellen und Daten dezentral auszuwerten.

Vorreiter Flugzeug

Eine Option für die energieautarke Stromversorgung von Sensoren sind thermoelektrische Generatoren (TEG). Sie

gewinnen geringe Mengen an Strom aus Temperaturunterschieden bzw. zeitlichen Temperaturänderungen, um damit Sensoren batterieless und somit wartungsfrei mit Energie zu versorgen. Für den Einsatz im Flugzeug ist das »Energy Harvesting« von besonderem Interesse. Hier ist ein kabelloser Betrieb vorteilhaft, denn Kabel bedeuten Gewicht und damit erhöhten Treibstoffbedarf, zudem steigt durch die Verkabelung die Komplexität des Systems. Fraunhofer IPM hat in den vergangenen zehn Jahren in verschiedenen Projekten energieautarke Sensoren für Luftfahrtanwendungen entwickelt, die dort vor allem zur Materialüberwachung (Structural Health Monitoring) und vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance) eingesetzt werden. Installiert am Flugzeugrumpf überwachen sie beispielsweise mechanische Lasten im Betrieb und ermöglichen es so, Materialverschleiß frühzeitig zu erkennen. In einem Ende 2017 abgeschlossenen Projekt hat Fraunhofer IPM die Technologie im Hinblick auf den Einsatz an kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) weiterentwickelt und eine entsprechende Testumgebung zur Simulation von Flugtemperaturprofilen entwickelt. Die thermoelektrischen Minikraftwerke ziehen ihre Energie dabei entweder aus dem Temperaturunterschied zwischen Flugzeuginnenraum und -rumpfaußenseite oder aus der Temperaturänderung bei Start und Landung. Bei stationä-

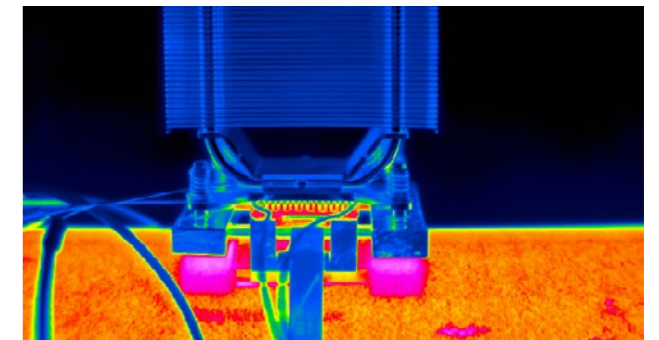
THERMOELEKTRISCHE GENERATOREN (TEG) wandeln Wärmeströme in elektrischen Strom. Der Wirkmechanismus beruht auf dem sogenannten »Seebeck-Effekt«: Danach entsteht ein elektrisches Feld, wenn an zwei miteinander verbundenen metallischen Leitern unterschiedliche Temperaturen vorherrschen. Vorhandene Temperaturgefälle können also genutzt werden, um Strom zu »ernten«. Für den energieautarken Betrieb von Sensoren reichen Temperaturgefälle von 5–10 Kelvin für die Erzeugung von elektrischer Leistung im Milliwatt-Bereich.

ren Temperaturdifferenzen von ca. 40 K erzeugt der TEG so elektrische Leistung in einer Größenordnung von etwa 1 Milliwatt pro 10 Gramm.

Das Konzept der Nutzung zeitlicher Temperaturveränderungen, wie sie im Flugzeug regelmäßig bei Start und Landung auftreten, lässt sich auch gut auf andere Anwendungen übertragen: Brücken oder Gebäude haben eine große thermische Masse, die nur sehr träge auf Temperaturveränderungen reagiert. Bei tageszeitlich schwankenden Temperaturen entsteht ein lokales Temperaturgefälle, das zum Betrieb von thermoelektrisch versorgten Sensoren verwendet werden kann. Neben der Nutzung großer thermischer Massen können darüber hinaus auch der Phasenübergang von Phase-Change-Materialien (PCM) oder reversible chemische Prozesse zum »Energy Harvesting« aus zeitlichen Temperaturschwankungen für den Betrieb von thermoelektrisch versorgten Sensoren genutzt werden.

Edge Computing: Datenauswertung am Messort

Im Kontext des IoT rücken – über die Energieversorgung von Sensoren hinaus – zunehmend Strategien zur Sensordatenauswertung und -übertragung in den Fokus. Voraussetzung für die digitale Vernetzung unzähliger Sensoren ist, dass Daten dezentral, also am Messort, reduziert und vorausgewertet werden. Nur so lässt sich die Datenmenge auf ein Maß begrenzen, das problemlos per Funk übertragen werden kann. Fraunhofer IPM arbeitet aktuell gemeinsam mit Partnern an einer energieautarken Messplattform,



Energieautarkes Monitoring von Rohrleitungen: Installiert an der warmen Außenwand des Rohrs liefert der TEG elektrischen Strom für den Betrieb von Sensoren, Powermanagement und Funksensorik.

die neben der Energieversorgung (mittels TEG) und der Sensorik auch Technik für das Powermanagement und die Funksensorik umfasst. Das Messsystem lässt sich u. a. an der Außenwand eines warmen Rohrs installieren und erzeugt elektrische Energie aus dem Temperaturgefälle zwischen der Rohrwand und dem umgebenden Medium. Parameter wie z. B. Temperatur, Feuchte oder Durchflussgeschwindigkeit können gemessen werden. Die Messdaten werden vor Ort verarbeitet und per Langstreckenfunk an einen Cloud-Dienst übertragen. Langfristiges Ziel ist es, mithilfe von TEG so viel Energie zu »ernten«, dass Messdaten kontinuierlich erhoben und am Sensor vollumfänglich prozessiert werden können. Auswertestrategien auf Basis Künstlicher Intelligenz (KI) können dann dafür sorgen, dass solche Systeme erst ab einem bestimmten Schwellenwert Messdaten nach außen funken.