

Alles Energie

Vibrationen, Temperaturunterschiede, Elektrosmog, Abwärme: Was bei vielen technischen Vorgängen als eher unerwünschter Abfall entsteht, nutzen Energy-Harvester, um daraus Energie zu gewinnen. Viele Anwendungen in Messtechnik und IT werden damit erst möglich – etwa die Überwachung der Strukturfestigkeit von Bauwerken.



Der sechsjährige Leon ist stolz auf seine coolen Turnschuhe, die ihm die Aufmerksamkeit seiner Mitschüler garantieren: Im Absatz des Schuhs sind Blitzer eingebaut, die ziehen ganz automatisch Blicke an. Eine Batterie benötigt die Blitz-Elektronik im Schuh nicht. Die nötige Energie erzeugt Leon mit seinen Bewegungen: Jedes Mal, wenn er den Fuß auf den Boden setzt, wird ein kleiner piezoelektrischer Generator aktiviert, der die kinetische Energie von Leons Kinderschritten in elektrische umwandelt. Die damit gewonnene Spannung speist eine Reihe von Leuchtdioden in der Sohle des Schuhs. Was in Leons Sportschuhen als Mode-Gag genutzt wird, beschäftigt eine zunehmende Anzahl Ingenieure und Forscher in Unternehmen und Universitäten: Wie kann man aus physikalischen oder chemischen Vorgängen Energie gewissermaßen als Abfallprodukt gewinnen, um damit Sensoren, Kommunikationsschaltkreise und Displays zu versorgen? Fragestellungen, welche die Querschnittstechnologie Energy-Harvesting, »Energieernten«, beschäftigen.

So viel vorweg: Eine genaue Definition ist schwierig, denn die Grenzen zur konventionellen Energiegewinnung sind fließend. So kann beispielsweise die Photovoltaik zum Energy-Harvesting gerechnet werden oder eben auch nicht – die Bewertung ist eine Frage der Perspektive. »Beim Energy-Harvesting geht es in der Regel nicht um die Einspeisung der Energie in das Netz, sondern um die Versorgung kleiner elektronischer Systeme, die dadurch unabhängig von Netzen agieren können«, wagt Peter Spies, Leiter der Abteilung Integrierte Energieversorgungen am FraunhoferInstitut für Integrierte Schaltungen in Erlangen, eine Beschreibung. In der Regel werden nur minimale Energiemengen erzeugt; die angeschlossene Auswertelogik muss deshalb mit äußerst knappen Stromrationen auskommen.

Die Einsatzmöglichkeiten für das Energieernten sind so vielfältig wie die Methoden der Energiegewinnung. Praktisch jegliche Energieform lässt sich nutzen: von der kinetischen Energie über die Energie, die aus Temperaturunterschieden resultiert, bis hin zu elektrochemischen Vorgängen. Und es muss auch keineswegs immer nur elektrische Energie sein, die im Rahmen von Energy-Harvesting geerntet wird – die

Automatikuhr am Handgelenk etwa wandelt die Bewegungen ihres Trägers in mechanische Energie, die ihre Zeiger antreibt.

Den Durchblick im Harvesting-Dschungel bringt die Betrachtung der Energieform, die angezapft wird: Es gibt photovoltaische Wandler, Piezo-Generatoren, elektrodynamische und elektromagnetische Wandler sowie Thermogeneratoren. Photovoltaische Umformer begegnen uns im Alltag am häufigsten. Sie erzeugen Elektrizität aus Licht. Bekannt ist das Verfahren aus der Solartechnologie. Dazu gesellt sich in der Praxis oft ein Energiespeicher. Der Lichtspezialist Hella KGaA beispielsweise bietet eine Straßenbeleuchtung an, deren Solarzellen tagsüber einen Akku aufladen. Dieser versorgt seinerseits des Nachts eine aus sparsamen Leuchtdioden aufgebaute Straßenlaterne mit Strom. Auch die meisten Taschenrechner besorgen sich ihren Strom aus dem Umgebungslicht.

Ingenieurtechnisch pfiffig geht es bei Thermogeneratoren zu, die zur Energiegewinnung überall vorhandene Temperaturunterschiede heranziehen. Meist handelt es sich dabei um Peltier-Elemente, die in Halbleitern abhängig vom Temperaturunterschied kleine Spannungen erzeugen. In der Praxis werden dazu Serienschaltungen aus multiplen Abfolgen etwa von Bismut oder Tellurit einerseits und Silizium beziehungsweise Germanium andererseits verwendet. »Damit lässt sich beispielsweise der Temperaturunterschied zwischen der menschlichen Haut und ihrer Umgebung von zwei bis drei Grad Celsius nutzen, um einen medizintechnischen Sensor mit Energie zu versorgen«, erläutert Fraunhofer-Forscher Spies.

Auch der etwas exotische Seebeck-Effekt, der bei der Kombination unterschiedlicher Metalle eine Thermospannung erzeugt, kommt zum Einsatz. In technischen Anwendungen sind Vibrationswandler verbreitet. Sie setzen die Energie um, die etwa durch die Vibration von Motoren entsteht. Bei der Entwicklung von Vibrationswandlern nutzen die Ingenieure ein breites Spektrum technischer Effekte, beispielsweise elektrodynamische, elektrostatische, elektromagnetische und Piezo-Verfahren. Stromsparen ist allerdings nur selten ein Einsatzziel von Energy-Harvestern. Vielmehr soll damit Energie an Plätzen bereitstehen, die schwer zugänglich sind und an denen eine normale Energieversorgung daher aufwendig bis unmöglich wäre – etwa Schwingungssensoren auf rotierenden Kurbelwellen. Oder Luftdrucksensoren in Autoreifen.

Heute übliche Reifensensoren sind mit Batterien bestückt, die bis zu zehn Jahre lang die Sensorelektronik mit ihrem kleinen Funksender versorgen, der die Messwerte an einen Empfänger im Fahrzeugchassis weitergibt. Künftig, so prognostiziert das britische Marktforschungsinstitut IDTechEx, sollen jedoch verstärkt Energy-Harvester die Stromversorgung dieser Sensoren übernehmen. Ein Grund: geringere Umweltbelastung durch Verzicht auf die in vielen Millionen Reifen enthaltenen Batterien.

Stromerzeugung ist aber nicht die einzige Aufgabe. Häufig liefert der Harvester das zu analysierende Signal gleich mit, wie bei der Überwachung der Strukturfestigkeit von Brücken und anderen Bauwerken. Eingelagert in den Beton und unzugänglich für jede Wartung, generieren kleine Piezo-Generatoren aus den Vibrationen des über

die Brücke rollenden Verkehrs die Versorgungsspannung für die Auswerteschaltkreise und gleichzeitig die Informationen. »Der Piezo-Generator wird mit der Eigenfrequenz der Brücke – etwa zwei bis drei Hertz – angeregt«, erläutert Spies. »Wenn sich ein Riss bildet oder die Brückenstruktur sonstigen Schaden nimmt, ändert sich diese Frequenz. Der Sensor stellt fest, dass etwas faul ist, und setzt eine Warnmeldung ab.« Nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten viele Energieernter mit Überwachungsfunktionen: Eingebaut in der Kurbelwelle eines Motors, analysieren die mit ihnen in einer Einheit integrierten Schaltkreise das Vibrationsspektrum und lösen gegebenenfalls Alarm aus.

Viele Anwendungsfälle setzen voraus, dass das Energy-Harvesting auch zur Übermittlung von Informationen genutzt wird. »Das gehört zwar nicht zur üblichen Definition, ist in der Praxis aber sehr eng damit verbunden«, erklärt Spies. »Vor allem drahtlose Sensornetze sind eines der größten Anwendungsgebiete.« Wegen der Heterogenität seiner Anwendungen gilt Energy-Harvesting als lupenreine Querschnittstechnologie; als Studienfach ist es (noch) nirgendwo verankert. Allerdings widmen einige Universitäten diesem Thema eigene Lehrveranstaltungen. »Energy-Harvesting ist meist im Bereich der Elektrotechnik angesiedelt, gelegentlich auch im Maschinenbau«, erklärt Norbert Schwesinger, der das Fach an der TU München betreut.

Weil die Anwendungen über so viele Einsatzgebiete verstreut sind, hält er es für schwierig bis unmöglich, die wirtschaftliche Relevanz dieser Querschnittstechnologie abzuschätzen. Nachgerechnet haben die Marktforscher von IDTechEx aus dem britischen Cambridge: Den Weltmarkt für Bauteile und Systeme im Bereich des Energy-Harvestings – ohne die von den Sensoren gesteuerten nachgeschalteten Displays, Maschinen oder Systeme – schätzen sie für das laufende Jahr auf 700 Millionen Dollar. Mit rosigen Aussichten: Bis 2021 soll das Marktvolumen auf 4,4 Milliarden Dollar anschwellen. Für künftige Ingenieurgenerationen wird die Querschnittstechnologie damit interessant.

Das leisten Energy-Harvester



An unzugänglichen Orten Strom liefern

Sensoren für die Strukturüberwachung von Bauwerken benötigen Strom. In den Beton einer Brücke eingegossene Energy-Harvester gewinnen ihre Energie aus den Vibrationen ihrer Umgebung und treiben damit die Sensoren an. Ein Batteriewechsel wäre hier nicht möglich.



Unbeschränkte Stand-by-Zeiten realisieren

Ein Projekt der US-Streitkräfte zur Überwachung entlegener Grenzen sah sich vor das Problem gestellt, dass Batterien zum Betrieb der Sensornetze nur eine

begrenzte Haltbarkeit aufweisen und ein regelmäßiger Austausch nicht möglich war. Elektrodynamische Energy-Harvester gewannen die Energie aus dem Signal, das sie detektierten: aus dem Trittschall von Menschen und Tieren, die sich dort aufhielten.



Handys aufladen

Nokia experimentiert seit geraumer Zeit mit verschiedenen Methoden, Handys unabhängiger von einem Netzladegerät zu machen. Das finnische Unternehmen testet unter anderem Solarzellen, elektrodynamische Generatoren und die Rückgewinnung elektrischer Energie aus den überall gegenwärtigen Funkwellen.



Licht ein- und ausschalten

Die Firma EnOcean hat einen Lichtschalter entwickelt, der gar nicht ans Stromnetz angeschlossen ist. Er wird beliebig im Raum platziert, ein Druck auf den Schalter generiert mithilfe eines Piezo-Generators einen kleinen Stromstoß. Dieser aktiviert einen Sender, der den passenden kurzen Funkbefehl an sein Gegenstück in einem Schaltschrank der Hausinstallation sendet und damit den Schaltvorgang bewirkt.



Hilfe holen

Im Projekt »PiezoTex« wollen Forscher des Fraunhofer Instituts gemeinsam mit Partnern aus Schweden und Portugal piezoaktive Fäden in das Gewebe von Kleidungsstücken einarbeiten. Diese sollen aus den Bewegungen der Benutzer die Energie für den Betrieb medizinischer Überwachungssensoren liefern. Damit könnte dann etwa ein automatischer Notruf für alleinlebende Senioren implementiert werden.

Energie, die aus dem Körper kommt.

Elektrische Energie aus Körperwärme. Je größer die Temperaturunterschiede, desto mehr Strom. Beispielhafter Versuchsaufbau: Der thermoelektrische Generator auf der Handfläche erzeugt Strom durch das Temperaturgefälle zwischen Umgebungstemperatur und Handfläche. Die erzielten Werte werden zur Kontrolle an einen PC übertragen. // Quelle: Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen.

