

Triboelektrische Nanogeneratoren

In den letzten Jahren hat sich die Zahl kleiner elektronischer Geräte enorm erhöht. Die hier zunehmend benötigten Energiespeicher würde man gern ersetzen, vor allem wo deren Einsatz unpraktisch, unwirtschaftlich oder gar völlig ausgeschlossen ist. Hier gibt es also einen Bedarf an neuen Energiequellen, die zuverlässig und uneingeschränkt Energie zur Verfügung stellen, möglichst keine Wartung benötigen und zudem möglichst leicht und flexibel sind. Ein großes Potenzial verspricht man sich dabei vom sogenannten Energy-Harvesting, also der Nutzbarmachung von in der Umgebung ohnehin vorhandener Energie. Hier gibt es bereits eine Reihe mehr oder weniger weit fortgeschrittener Lösungsansätze. Eine besondere Rolle könnten in Zukunft Triboelektrische Nanogeneratoren (TENGs) spielen, die mechanische Energie – also Bewegungen wie Vibrationen oder Rotationen – in elektrische Energie umwandeln. TENGs wurden erstmals im Jahr 2012 beschrieben, seitdem gab es aber bereits enorme Entwicklungsfortschritte. So wurden schon Systeme mit einem Wirkungsgrad von bis zu 85 Prozent vorgestellt. Zudem sind TENGs kostengünstig und lassen sich durch ihren einfachen Aufbau in eine Vielzahl von Systemen integrieren. Darüber hinaus ist es möglich, TENGs eine hohe mechanische Flexibilität zu verleihen, sodass sie als Energiequelle für flexible Elektronik dienen können. Von dieser erhofft man sich alltagstauglichere, robustere und leichtere elektronische Geräte, die sich biegen, einrollen oder falten lassen, und die beispielsweise bei einem Sturz nicht brechen. Beispiele für weitere mögliche Anwendungen von TENGs sind autonome Sensornetzwerke, die sich selbstständig über einen längeren Zeitraum mit Energie versorgen, oder Touchscreens, die durch die Berührungen des Nutzers zumindest einen Teil ihres Energieverbrauchs decken können. Der typische Aufbau eines TENG besteht aus dünnen Schichten zweier verschiedener Materialien mit möglichst geringer elektrischer Leitfähigkeit. Werden diese Schichten in Kontakt gebracht, tauschen sie Elektronen aus und laden sich dadurch

gegenseitlich auf (sog. triboelektrischer Effekt). Werden die Schichten anschließend wieder voneinander getrennt, baut sich durch elektrostatische Induktion eine Spannung auf, und mittels an den Schichten angebrachter Elektroden lässt sich ein Strom abgreifen. Danach werden die Schichten erneut in Kontakt gebracht, wodurch sich die Elektronen wieder in die andere Richtung bewegen. So werden periodisch entgegengesetzt gerichtete Strompulse ausgelöst, indem die beiden Schichten immer wieder aufeinander zu und voneinander weg bewegt werden.

Aufbauend auf diesem simplen Design wurden in den letzten Jahren hauptsächlich drei weitere experimentelle Umsetzungen von TENGs entwickelt. Der erste Ansatz besteht darin, die beiden Schichten permanent in Kontakt zu lassen und sie anstelle der Auf-und-Ab-Bewegung horizontal gegeneinander zu verschieben. Durch die entstehende Reibung wird eine größere Ladungstrennung und damit eine höhere Effizienz bei der Energieumwandlung erzielt, und durch den leicht anderen Aufbau lässt sich eine größere Zahl unterschiedlicher Umgebungsenergiequellen nutzen. Eine weitere Neuentwicklung sind TENGs aus nur einer festen triboelektrischen Schicht. Die zweite Schicht kann eine beliebige andere Oberfläche in der Umgebung sein, mit der die erste Schicht periodisch in Kontakt kommt. Ein Beispiel dafür wäre ein in einen Schuh integrierter TENG, bei dem die Schuhsohle die feste Schicht bildet, die immer wieder mit dem Boden – der zweiten Schicht – in Kontakt gebracht wird und so mit jedem Schritt elektrischen Strom generiert. Dieser Aufbau bietet eine noch größere Freiheit bezüglich der Integration der TENGs in Alltagsgegenstände, und gleichzeitig sind solche Nanogeneratoren auch sehr robust. Allerdings ist die Effizienz solcher TENGs auch geringer im Vergleich zum ursprünglichen Aufbau. Eine Weiterentwicklung dieses Prinzips stellt der dritte Ansatz dar, bei dem ebenfalls nur noch eine triboelektrische Schicht vorhanden ist. Hier ist diese allerdings nicht fest verankert, sondern wird frei zwischen zwei Elektroden hin und her bewegt. Prinzipiell lässt

sich durch diesen Aufbau vermutlich eine höhere Effizienz erzielen als beim zweiten Ansatz, die Forschung dazu befindet sich allerdings noch im Anfangsstadium.

Neben der Weiterentwicklung und Optimierung dieser vier Typen von TENGs sind auch noch einige generelle Herausforderungen zu bewältigen, ehe diese Generatoren verbreitet eingesetzt werden können. Eine wichtige Forschungsrichtung besteht derzeit darin, die Ladungsübertragung und damit auch die Effizienz und Stromdichte der Nanogeneratoren durch eine gezielte Optimierung der Oberflächen weiter zu verbessern. Daneben wird auch intensiv daran gearbeitet, das Einsatzspektrum der Generatoren noch weiter zu vergrößern, unter anderem durch eine Integration in textile Gewebe. Dadurch könnte es beispielsweise möglich werden, beim Betreten Strom erzeugende Teppichböden zu entwickeln oder die Bewegung von am Körper getragenen Kleidungsstücken zur Energieerzeugung zu nutzen. Für Anwendungen wie z. B. Touchscreens ist es zudem notwendig, hochtransparente TENGs zu entwickeln. Schließlich lassen sich TENGs auch mit anderen Nanogeneratoren kombinieren, z. B. mit den bereits seit längerem erforschten piezoelektrischen Nanogeneratoren, um deren Vorteile zu kombinieren.

Da es sich bei TENGs derzeit noch um ein junges Forschungsfeld handelt, ist ein praktischer Einsatz dieser Generatoren noch nicht abzusehen. Aufgrund der genannten Vorteile wie Robustheit und mechanische Flexibilität weisen sie jedoch ein großes Potenzial für eine Vielzahl an Anwendungen auf. Daher ist davon auszugehen, dass sie zukünftig eine große Rolle in der Energieversorgung der stetig steigenden Zahl an elektronischen Geräten spielen werden. Hier könnten sie zunächst die weiter vorhandenen Energiespeicher unterstützen und den Einsatz von Batterien mit geringerer Kapazität ermöglichen. Mittel- bis langfristig ist aber auch ihr Einsatz als alleinige Energiequelle in Klein- und Kleinstverbrauchern zu erwarten, wodurch sie diesen eine größere Autonomie verleihen würden.

Dr. Ramona Langner