
Energy Harvesting am menschlichen Körper

Kooperationsforum Energie & Gesundheit



Peter Spies, Fraunhofer IIS

Nürnberg, 17.06.2015

Energy Harvesting am menschlichen Körper

1. Einführung und Architektur
2. Mechanische Wandler und Beispiele
3. Thermische Wandler und Demonstrator
4. Zusammenfassung und Ausblick

Energy Harvesting am menschlichen Körper

Einführung

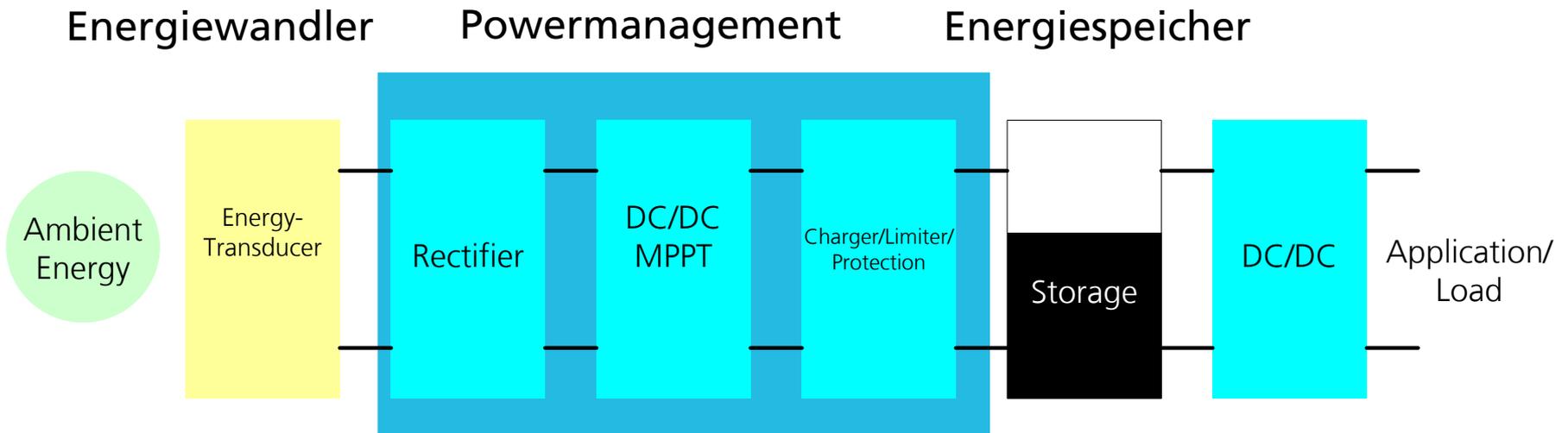
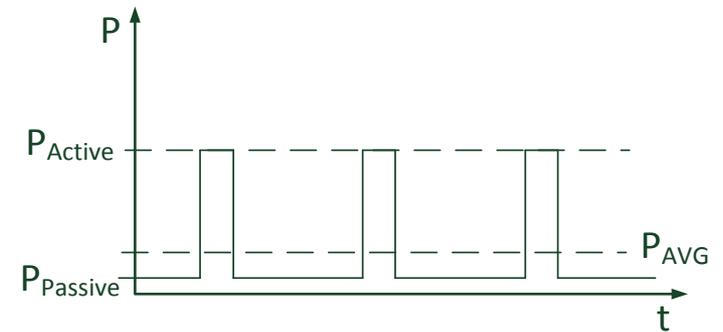
- Energy Harvesting erzeugt elektrische Energie aus Umweltenergie
- Energiewandler: Solarzellen, Thermogeneratoren, piezoelektrische und induktive Generatoren
- Versorgung von kleinen elektronischen Verbrauchern wie Sensoren, Aktoren, Funksendern, Displays
- Batterien ersetzen, Ladeintervalle vergrößern oder wartungsfreie Systeme mit unbegrenzter Betriebszeit schaffen
- Anwendungsbeispiele: Bauwerke, Anlagen, Maschinen und Fahrzeuge, menschlicher Körper



Energy Harvesting am menschlichen Körper

Architektur

- Energiewandler
- Powermanagement
- Energiespeicher



Energy Harvesting am menschlichen Körper

Typische Performance

Energy Source	Challenge	Typical Impedance	Typical Voltage	Typical Power Output	Cost
Light	Conform to small surface area; wide input voltage range	<i>Varies with light input</i> Low k Ω to 10s of k Ω	<i>DC: 0.5V to 5V</i> [Depends on number of cells in array]	10 μ W-15mW (Outdoors: 0.15mW-15mW) (Indoors: <500 μ W)	\$0.50 to \$10.00
Vibrational	Variability of vibrational frequency	<i>Constant impedance</i> 10s of k Ω to 100k Ω	<i>AC: 10s of volts</i>	1 μ W-20mW	\$2.50 to \$50.00
Thermal	Small thermal gradients; efficient heat sinking	<i>Constant impedance</i> 1 Ω to 100s of Ω	<i>DC: 10s of mV to 10V</i>	0.5mW-10mW (20° C gradient)	\$1.00 to \$30.00
RF & Inductive	Coupling & rectification	<i>Constant impedance</i> Low k Ω s	<i>AC: Varies with distance and power</i> 0.5V to 5V	Wide range	\$0.50 to \$25.00

Steve Grady, Cymbet Corporation, „Advanced Energy Harvesting Power Chain Design Techniques“, IDTechEX Energy Harvesting and Storage, Santa Clara, USA, November 2013.

Energy Harvesting am menschlichen Körper

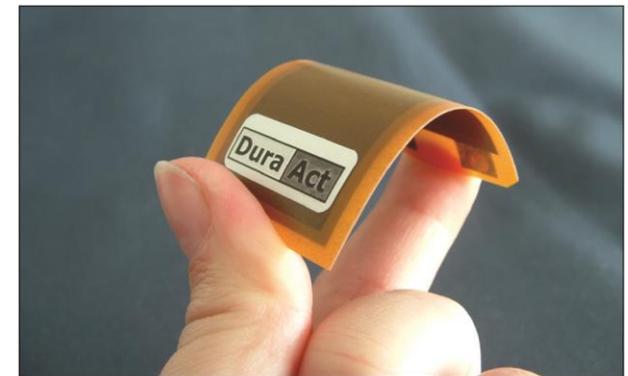
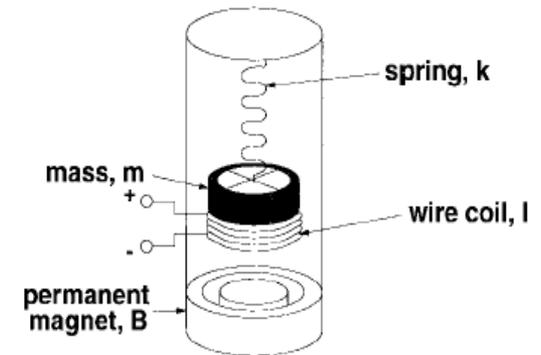
Typische Performance

Energy Source	Harvested Power
<i>Vibration/motion</i>	
Human	4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Industrial	100 mW/cm^2
<i>Temperature difference</i>	
Human	25 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Industrial	1-10 mW/cm^2
<i>Light</i>	
Indoor	30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Outdoor	15 mW/cm^2

Energy Harvesting am menschlichen Körper

Wandler für mechanische Energie

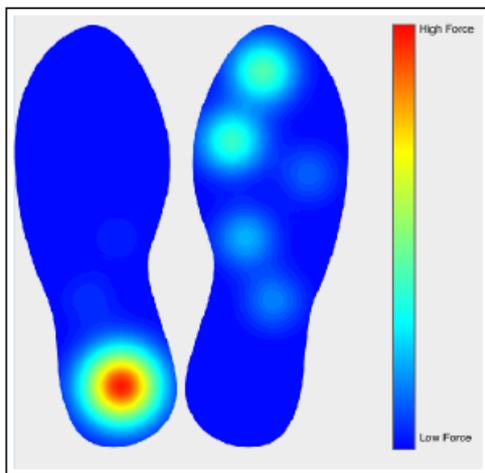
- Vibrationen und mechanische Energie: elektro-dynamische Verfahren oder piezoelektrische Materialien
- elektro-dynamische Verfahren (induktiv): Dynamo-Prinzip
- piezoelektrische Materialien reagieren auf mechanische Verformung mit Ladungstrennung
- durch elektrische Beschaltung in Form von Elektroden werden Ladungen als elektrischer Strom abgegriffen
- Resonanzverhalten: maximale Energieumwandlung findet nur bei einer bestimmten, festen Frequenz statt



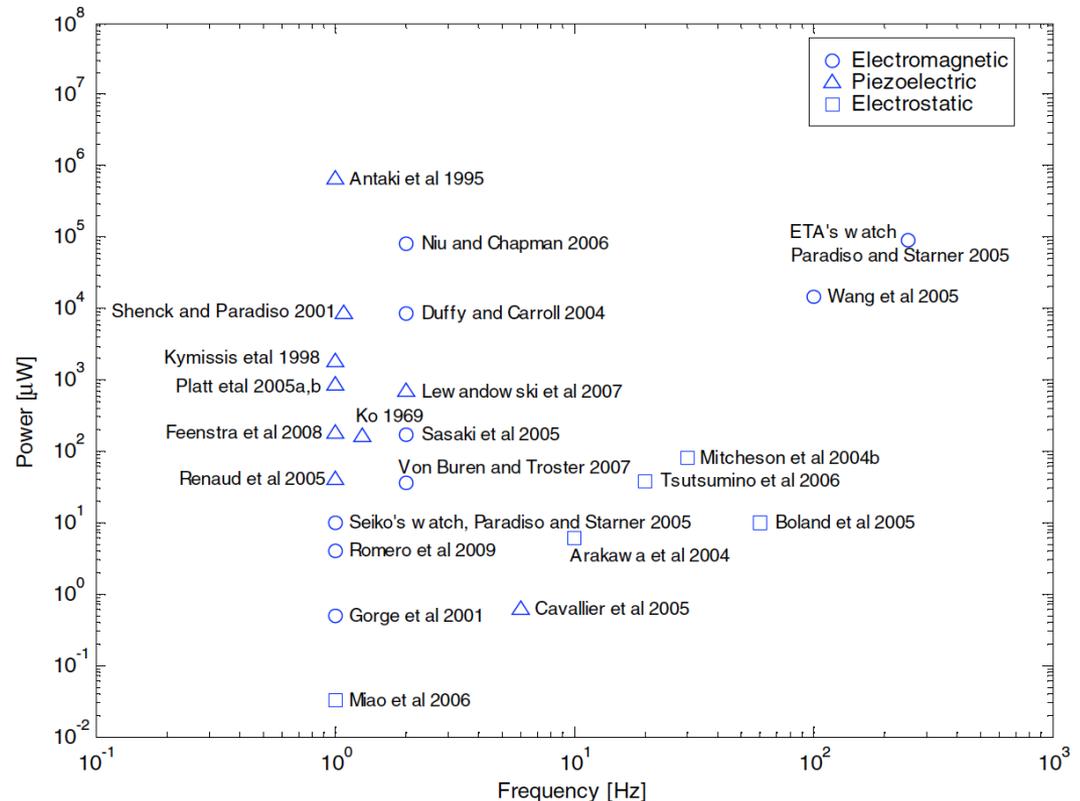
Energy Harvesting am menschlichen Körper

Mechanische Wandler

- Am Fuß können große Kräfte zur Energieumwandlung genutzt werden



[Kymissis]

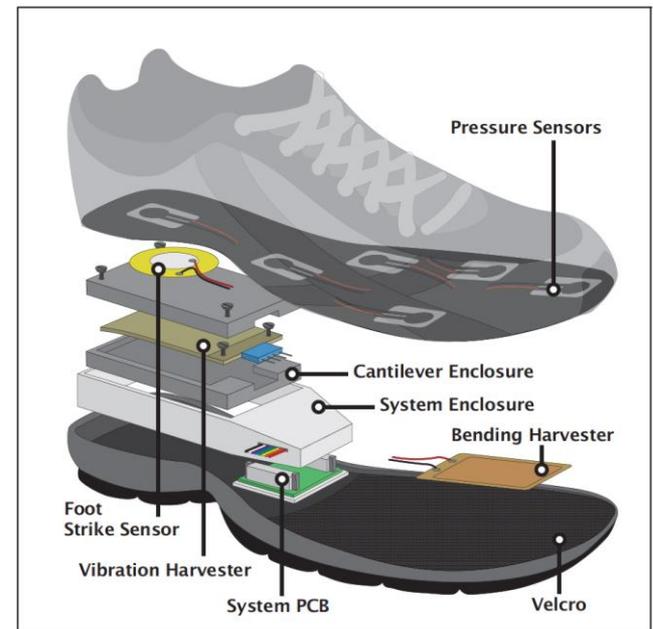
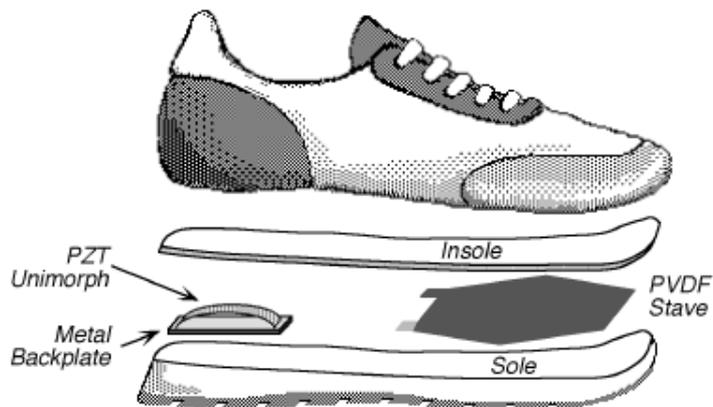


E. Romero, R. O. Warrington and M. R. Neuman: Energy scavenging sources for biomedical sensors, *Physiological Measurement* 30 (2009) R35-R62.

Energy Harvesting am menschlichen Körper

Mechanische Wandler

- Am menschlichen Körper sind Volumen und Gewicht von ausschlaggebender Bedeutung
- Wandler mit piezoelektrischen Materialien vorteilhaft

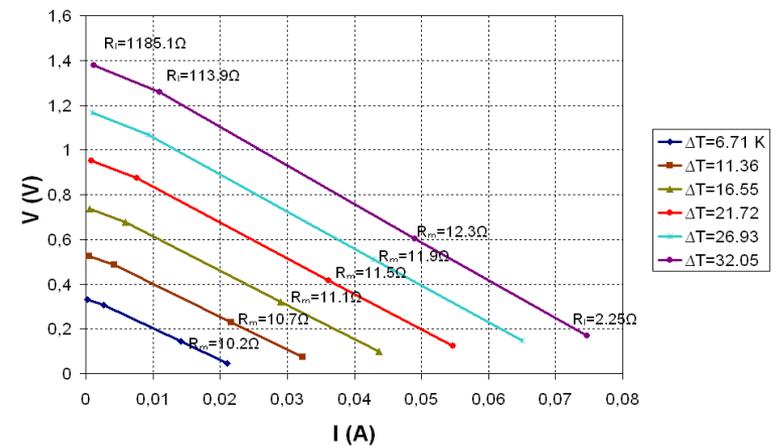
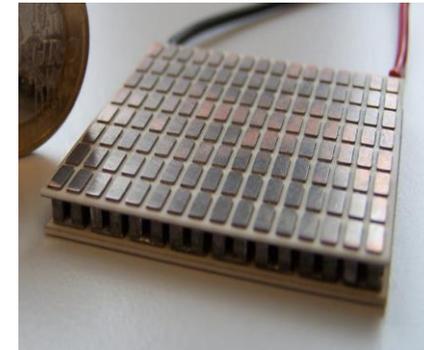


[Shenck, Paradiso], [Meier, Almog]

Energy Harvesting am menschlichen Körper

Wandler für thermische Energie

- Temperaturunterschiede: Thermogeneratoren nutzen Seebeck-Effekt
- Temperaturdifferenz an einer Grenzfläche nötig
- Spannung proportional zum nutzbaren Temperaturunterschied
- Spezieller IIS-Spannungswandler macht minimale Temperaturunterschiede nutzbar (z.B. 2 K)



Energy Harvesting am menschlichen Körper

Wandler für thermische Energie

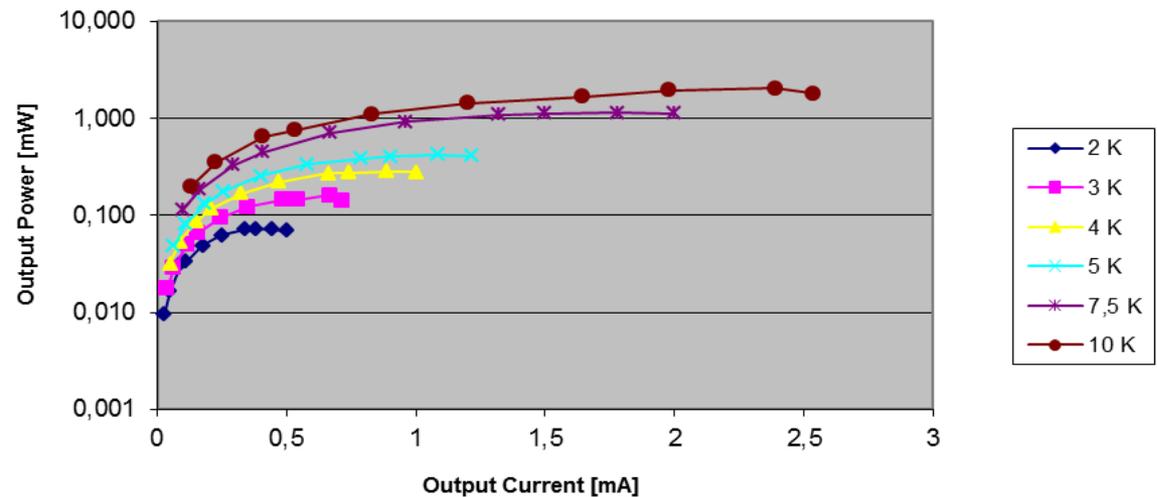
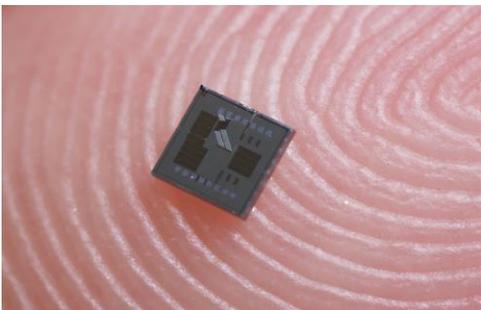
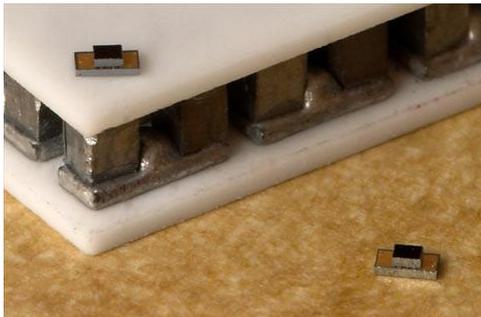
- Sensorarmband mit Bluetooth Low Energy (BLE) Funkverbindung
- Energieversorgung vollständig über kommerziellen Thermogenerator und Spannungswandler des Fraunhofer IIS
- Ca. 150 μW bei 2-3 K Temperaturunterschied
- Sensordaten, die per BLE übertragen werden: Temperatur und Beschleunigung
- Anwendungsgebiete: Multifunktionsuhren, Trackingsysteme, medizinische Sensoren, generell drahtlose Sensorik an Heizkörpern, Fenstern, Maschinen, etc.



Energy Harvesting am menschlichen Körper

Wandler für thermische Energie

- Dünnschicht-Thermogeneratoren eignen sich für Integration in Textilien
- Durch größere Flächen lässt sich Energieausbeute steigern



Energy Harvesting am menschlichen Körper

Zusammenfassung und Ausblick

- Sowohl aus Licht, Wärme als auch Bewegung kann am menschlichen Körper elektrische Energie gewonnen werden
- Hohe Mengen an Energie am Fuß (bzw. Bein), hier aber wenig Anwendungspotential (Schritterkennung, -analyse, Umweltsensorik, etc.)
- Mit Solarzellen und Thermogeneratoren lassen sich am Oberkörper signifikante Energiemengen umsetzen
- Anwendungen: Smart Watches, Activity Tracker, medizinische Sensoren, Trackingsysteme, LEDs (Sicherheit), etc.



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Gibt es Fragen.....?

- Kontakt: Dr. Peter Spies
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen
Nordostpark 93
90411 Nürnberg
Tel. 0911 / 58061 6363
peter.spies@iis.fraunhofer.de