

## ■ Wie aus dem Nichts

„Energieernter“ machen Schalter und Sensoren unabhängig von Batterien oder Stromanschluss.

Von nichts kommt nichts, aber manchmal sieht es wenigstens so aus. Zum Beispiel im Hotel Platzl in der Münchner Innenstadt, direkt neben dem Hofbräuhaus. Seit vier Jahren gibt es dort 1300 Lichtschalter der besonderen Art: Sie sind nicht über Leitungen an die Elektroinstallation angeschlossen, sondern steuern die Lampen in den Räumen per Funkbefehl. Die dafür notwendige Energie liefert keine Batterie, sondern der Gast höchstpersönlich – indem er auf den Lichtschalter drückt.

Solche Energieernter gelten als eine der Zukunftstechnologien, wenn es um die Versorgung verteilter Sensornetze mit elektrischer Energie geht. Eine Verkabelung scheidet da häufig aus Platz- oder Kostengründen aus, eine Batterie wegen des hohen Wartungsaufwands.

Das Herz der Lichtschalter ist ein elektrodynamischer Wandler, der umgekehrt wie ein Relais funktioniert: In einer Spule steckt ein Eisenkern, den eine äußere Kraft geringfügig verschiebt, sodass sich der Magnetfluss verändert. So wird in der Spule ein Spannungsimpuls induziert, der groß genug ist, um damit kurzzeitig den Funksender zu betreiben. Dabei spannt der Gast mit seinem Fingerdruck zunächst eine kleine Feder, die dann ihre gespeicherte mechanische Energie schlagartig freigibt. Diese reicht aus, um damit ein „Funk-



Blick ins Innere der Mausefalle.



In Lebensmittel verarbeitenden Betrieben dürfen Mäuse nur lebendig gefangen werden. Doch wie soll der Kammerjäger zig Fallen täglich kontrollieren? Per Funk kann er sich den Zustand dieser

Falle anzeigen lassen, den Strom für das Senden der Nachricht erzeugt die gefangene Maus selbst durch einen elektrodynamischen Energieernter.

telegramm“ in Innenräumen über maximal 30 Meter zu übertragen. Der in die Gebäudeautomatisierung integrierte Empfänger schaltet dann die per Codierung festgelegte Lampe ein oder aus. In Europa funken solche Schalter bei 868 MHz, weil unterhalb von einem Gigahertz die Absorption von typischen Baustoffen nur wenig stört und es sich um eine frei nutzbare Frequenz handelt.

Die Kraft, die erforderlich ist, damit der Schalter funktioniert, liegt bei fünf Newton, der Stellweg bei zwei Millimetern. Letztlich erreicht der Schalter einen Wirkungsgrad von knapp fünf Prozent; die nutzbare elektrische Energie liegt bei 350  $\mu$ Ws. Ein Funktelegramm verschlingt ein Siebtel davon – vergleichbar mit dem Anheben einer Masse von einem Gramm um fünf Millimeter.

Solche energieerntenden Schalter gibt es inzwischen für viele weitere Anwendungen: für die Bedienung von Jalousien, Duschen oder als Fensterkontakt, der beim Öffnen die Heizung abschaltet, um Energie zu sparen. In der Industrie dient die Technik zum Beispiel als Endlagenschalter, um ein Werkstück in einer automatisierten

Fertigung dem nächsten Arbeitsschritt zuzuführen, oder als freipositionierbarer Fußschalter für die Bedienung einer Maschine.

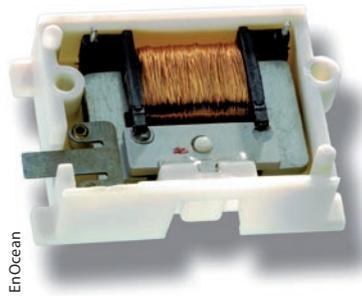
Es gibt sogar Mausefallen, die dank Energieernter ihren Status („Maus gefangen“) zentral an den Kammerjäger melden können. Was zunächst amüsant klingt, hat einen ernstesten Hintergrund: In der Gastronomie und in Lebensmittel verarbeitenden Betrieben sind Nager ein gern verschwiegenes Problem. Fangen darf man sie hier aufgrund der hygienischen Anforderungen nur mit Lebendfallen. Diese in einer Produktionshalle oder einer Großküche zu kontrollieren, ist sehr zeitaufwändig – mit Statusmeldungen der einzelnen Fallen geht so etwas deutlich schneller.

Neben elektrodynamischen Wandlern gibt es auch Energieernter, die mit Solarzellen arbeiten, ihr Einsatzgebiet sind Bewegungsmelder, Sensoren für die Kontrolle von Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Kohlendioxidkonzentration sowie in der Lebensmittelindustrie zur Überwachung von Kühlketten. Sie nutzen amorphe Solarzellen, die einen Wirkungsgrad von etwa fünf Prozent haben – der schlechteste Wirkungsgrad aller Zellentech-

nologien, aber eben auch die billigste Technik. Sie haben bei 100 Lux Beleuchtungsstärke, die zum Beispiel in Bürofluren und Hotel-treppenhäusern herrscht, rund  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  Ausbeute. Das reicht zunächst nicht, um die Funktele-gramme zur Steuerung zu senden. Daher wird die Energie in einem Kondensator gespeichert, während sich das System die meiste Zeit in einem Schlafmodus befindet. Nur ein Timer läuft immer mit, der es periodisch oder bei einer Aktivität aufweckt. Hochfahren, senden und zurück in den Schlafmodus dauern insgesamt nur eine Millisekunde – solche Ernter arbeiten also energie-optimiert, nicht leistungsoptimiert. Soweit optimiert reichen zwei bis drei Quadratzentimeter Solarzel-lenfläche dann letztlich aus, um genug Saft für die Funktelegramme zu sammeln.

Sowohl die elektrodynamischen als auch die Solarzellen-basierten Energiewandler sind nicht einfach miniaturisierte Ausgaben bestehen-der Geräte, sondern müssen von Grund auf neu entwickelt werden, weil nur für ein optimiertes Ge-samtsystem die knappe Ressource Energie ausreicht. Ein Außenther-mometer für den Hausgebrauch et-wa, bei dem der Temperaturfühler seinen Messwert an die Basis im Zimmer sendet, verbraucht hun-dertmal mehr Strom als das Funk-modul in einem Energieernter.

Limitierend bei der Produktent-wicklung wirkt aber nicht nur die begrenzte Effizienz der Wand-



EnOcean

Ein Fingerdruck auf die Feder links unten reicht aus, um mithilfe der Spule einen kurzen Spannungspuls zu erzeugen. Dieser speist einen Sender, der den Befehl abschickt, um zum Beispiel das Licht im Zimmer anzuschalten.

lung, sondern auch die weiteren Anforderungen, durch die ein Energieernter überhaupt erst konkurrenzfähig wird: billig, langlebig, klein. Knopfzellen, heutzutage die erste Wahl bei der kabellosen Energieversorgung, sind da starke Konkurrenten. Dass es heute keine Schalter mehr gibt, die auf dem Piezoeffekt beruhen, liegt gerade an den vier Schlüsselkriterien Kosten, Wirkungsgrad, Baugröße und Lebensdauer. Piezokristalle schneiden da zwei- bis zehnmals schlechter ab als Energieernter mit elektrodynamischen Wandlern. Dazu kommt, dass sie ihre eigentlichen Stärken bei der Anwendung als Schalter gar nicht ausspielen können.

Die Entwicklung der Energie-ernter steht erst am Anfang, selbst an Minibrennstoffzellen wird ge-forscht.<sup>\*)</sup> Bis zur Marktreife ist es aber häufig noch ein langer Weg. Typen, die thermoelektrisch ar-



EnOcean

Mit solchen Modulen lassen sich zum Beispiel Bewegungsmelder ausstatten, die dann autark und wartungsfrei ihre Sensoren mithilfe der Energie aus dem Umgebungslicht betreiben können.

beiten und Temperaturunterschiede in der Umgebung ausnutzen können, sind da schon eher in Reichweite. Zwar ist ihr Wirkungsgrad bei Raumtemperatur mit rund einem Prozent extrem schlecht, aber selbst die Abkühlung eines Wassertropfens um ein Grad reicht für 25 000 der beschriebenen Funk-telegramme aus. Der tägliche Tem-peraturgang würde also schon viel wandelbare Energie liefern, etwa für die Überwachung von Wasser-versorgungsnetzen oder von Nutz-pflanzen und Saatgut auf Feldern. Und bereits nächstes Jahr dürfte ein nachrüstbarer Energieernter-Ther-mostat auf den Markt kommen, der einen Heizkörper selbstständig abschalten kann, wenn ein Fenster offen ist und dadurch die Tempera-tur im Raum sinkt.

Michael Vogel

<sup>\*)</sup> vgl. Physik Journal, Oktober 2007, S. 33

Michael Vogel,  
vogel\_m@gmx.de



Prof. Dr. Bernd Schultrich  
(Fraunhofer IWS Dresden)

## Lexikon der Dünnschichttechnologie

### Das A-Z der Dünnschichttechnologie

Erschienen am 20. April 2010

72 Seiten

EUR 23,80 inkl. MwSt.

Gerne senden wir Ihnen unverbindlich unseren Bestellschein mit der Kapitelübersicht.

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA · Postfach 10 11 61 · D-69451 Weinheim  
Tel.: (06201) 606-570 · Fax: (06201) 606-550 · E-Mail: sedam@wiley-vch.de

 WILEY-VCH