



## Anwendungen von morgen – Installationen von gestern Teil 4

Mit der Beschreibung von Möglichkeiten, die Hausvernetzung auch über vorhandene Zweidrahtleitungen und das Stromnetz vorzunehmen oder zu ergänzen, sowie einer innovativen draht- und batterielessen Technik zur Gebäudeautomation schließen wir diese Serie ab.

### Die Verteilmedien

#### Zweidrahtleitungen

Die ergänzende Verlegung eines zwei- oder mehrdrähtigen Kabels parallel zu Koax-, TP- und POF-Leitungen ist für unterschiedlichste Zwecke sinnvoll. Natürlich würde ein zusätzliches TP-Kabel all diese Aufgaben ebenso erfüllen, wäre aber geringfügig teurer. Darüber könnte, z. B. wie eben beschrieben, die Stromversorgung optisch/elektrischer Medienwandler am Ende einer Lichtwellenleiterstrecke erfolgen, es ließen sich Aktoren ansteuern, Messfühler (Sensoren) abfragen, eine Telefon-Nebenstellenanlage realisieren oder ganz allgemein eine Gleichspannung (typ. 12 V) für mit Kleinspannung betriebene Geräte bereitstellen.

Gerade im letztgenannten Anwendungsfall könnte eine hochwertige Stromversorgung im zentralen Wohnungsverteiler eine Vielzahl von Steckernetzteilen ersetzen. Dies wäre ein

signifikanter Fortschritt in Bezug auf Sicherheit und Energieverbrauch. Nach Angaben des Bundesumweltamtes werden in einem durchschnittlichen Haushalt jährlich 400 kWh elektrische Energie durch Leerlaufverluste nicht genutzt, im Stand-by-Betrieb befindlicher Geräte verursacht. Daran haben die zahlreichen Steckernetzteile einen erheblichen Anteil. Ein verlustleistungsarm gespeistes Kleinspannungsnetz in jedem Haushalt wäre also eine wichtige Investition in den Umweltschutz, denn nicht verbrauchte Energie senkt den CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Kraftwerke mit all seinen negativen Auswirkungen auf das globale Klima und spart zudem Geld.

#### Powerline

Bei der Powerline-Communication (PLC) wird das in jedem Haus vorhandene Stromnetz zum Signaltransport herangezogen. Hier ist es also genau umgekehrt wie bei PoE, wo ein Datenverteilsystem zum Transport von Betriebsenergie

„missbraucht“ wird. Die wohl bekannteste analoge PLC-Anwendung für jedermann ist bereits seit Jahrzehnten als „Babyfon“ bekannt. Für die Übertragung von Rundsteuerkommandos wie z. B. zur Freischaltung von Nachtspeicherstrom durch Energieversorgungsunternehmen und als Verteilnetz für Radioprogramme (Drahtfunk) durch Rundfunkanstalten wird PLC-Technologie bis heute angewendet. Der Schweizer Telefonrundspruch zur drahtgebundenen Radioversorgung benutzte bis 1998 für den gleichen Zweck das Telefonnetz. Powerline im häuslichen Bereich setzt zur Erhöhung der Störsicherheit eine Modulation ein, bei der die digitalen Daten auf viele Trägerfrequenzen verteilt (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplex) und mit der 50-Hz-Netzwechselspannung gebäudeweit übertragen werden. Die Ein- und Ausleitung ins Stromnetz kann über sogenannte Powerline-Adapter an jeder 230-V-Steckdose erfolgen (Abbildung 27).



**Bild 27:** Mit einem Powerline-Adapter ist im Prinzip an jeder 230-V-Steckdose auch der Zugriff auf das heimische PLC-Datennetz möglich.

Die Adapter verfügen über eine Ethernet-Schnittstelle und meist einige Leuchtdioden zur Anzeige des Betriebszustands. Die Doppelnutzung des Stromnetzes erspart im Prinzip das Verlegen von Datenkabeln. Nachteilig sind aber eine relativ niedrige Datenübertragungsrate – besonders bei störenden Geräten wie z. B. einem Staubsauger mit Bürstenfeuer am Motorkollektor – und die unerwünschte Abstrahlung des Powerline-Signalspektrums über die ungeschirmten Stromnetzleitungen. Dieser wesentliche Beitrag zum allgegenwärtigen elektromagnetischen Smog ist der Grund dafür, dass Funkamateure Powerline heftig ablehnen.

## HomePNA

Die Phoneline Networking Alliance (PNA) ist ein Zusammenschluss namhafter Kommunikationsunternehmen aus aller Welt, die sich das Ziel gesetzt haben, die bestehenden Heimverkabelungen (im Wesentlichen das Telefon- und das Koax-Kabelnetz) als Träger für ein multimediales, breitban-

diges Datennetz zu verwenden. Dabei sollen interoperable Produkte ohne oder zumindest mit minimalem Konfigurationsaufwand zu einem leistungsfähigen Triple-Play-System (Telefon, Radio und TV, Internet) vereinigt werden. Wie man sich unter [www.homepna.org](http://www.homepna.org) überzeugen kann, ist die Vielfalt zertifizierter Produkte bereits beachtlich. Die Konformität mit den HomePNA-Richtlinien bestätigt das HomePNA-Logo (Abbildung 28).



**Bild 28:** Geräte mit diesem Logo können mit geringstmöglichem Aufwand in ein PNA-spezifiziertes Netz eingebunden werden. Es erweitert die bestehende Telefon- und Koaxverkabelung zum Datennetz.

Schon das HomePNA-Motto „No New Wires“ macht deutlich, dass es sich hierbei um eine Technik handelt, die den verkabelungstechnischen Notstand in älteren Wohngebäuden entschärfen soll. Eine Heimverkabelung nach der DIN EN 50173 Teil 4 macht sie eigentlich überflüssig oder gibt ihr bestenfalls als Notbehelf eine Berechtigung. Für den dürftig verkabelten Großteil des Gebäudebestandes kann sie jedoch äußerst sinnvoll sein.

Abbildung 29 zeigt die Rückseite einer HomePNA-Bridge des amerikanischen Herstellers Motorola. Man sieht links eine



**Bild 29:** Klein und preiswert: eine HomePNA-Bridge zum Transport von Telefon und TCP/IP-Daten über eine Zweidrahtleitung. (Quelle Motorola)

RJ-L-Buchse mit der Bezeichnung HPNA, die über eine bestehende Zweidraht-Telefonleitung mit der entfernten HomePNA-Bridge verbunden wird. Ein kleines Vernetzungsbeispiel ist in Abbildung 30 auf der nächsten Seite dargestellt. Eine Telefonanlage und ein DSL-Router stellen die Verbindung zum Telefon- und Internetanbieter her. Der Telefonport der unteren HomePNA-Bridge wird mit einem Port der Telefonanlage verbunden, einer seiner beiden LAN-Ports mit einem LAN-Port des IP-Switches. LAN und Telefon stehen nun auch an den entsprechenden Ports der oberen HomePNA-Bridge zur Verfügung. Wir haben also zwei Lokationen über eine zweidrahtige Leitung telefon- und datenmäßig gekoppelt.

## Ethernet und PoE über zwei Drähte

Speziell für die umfassende Kommunikation mit einer modernen TCP/IP-basierten Türfreisprecheinrichtung (Türstation), die eine hoch auflösende Kamera mit Mikrofon, Lautsprecher, Klingelknöpfe, Türöffner usw. beinhaltet, hat die Mobotix AG ([www.mobotix.com](http://www.mobotix.com)) das Produkt Mx2wire entwickelt.

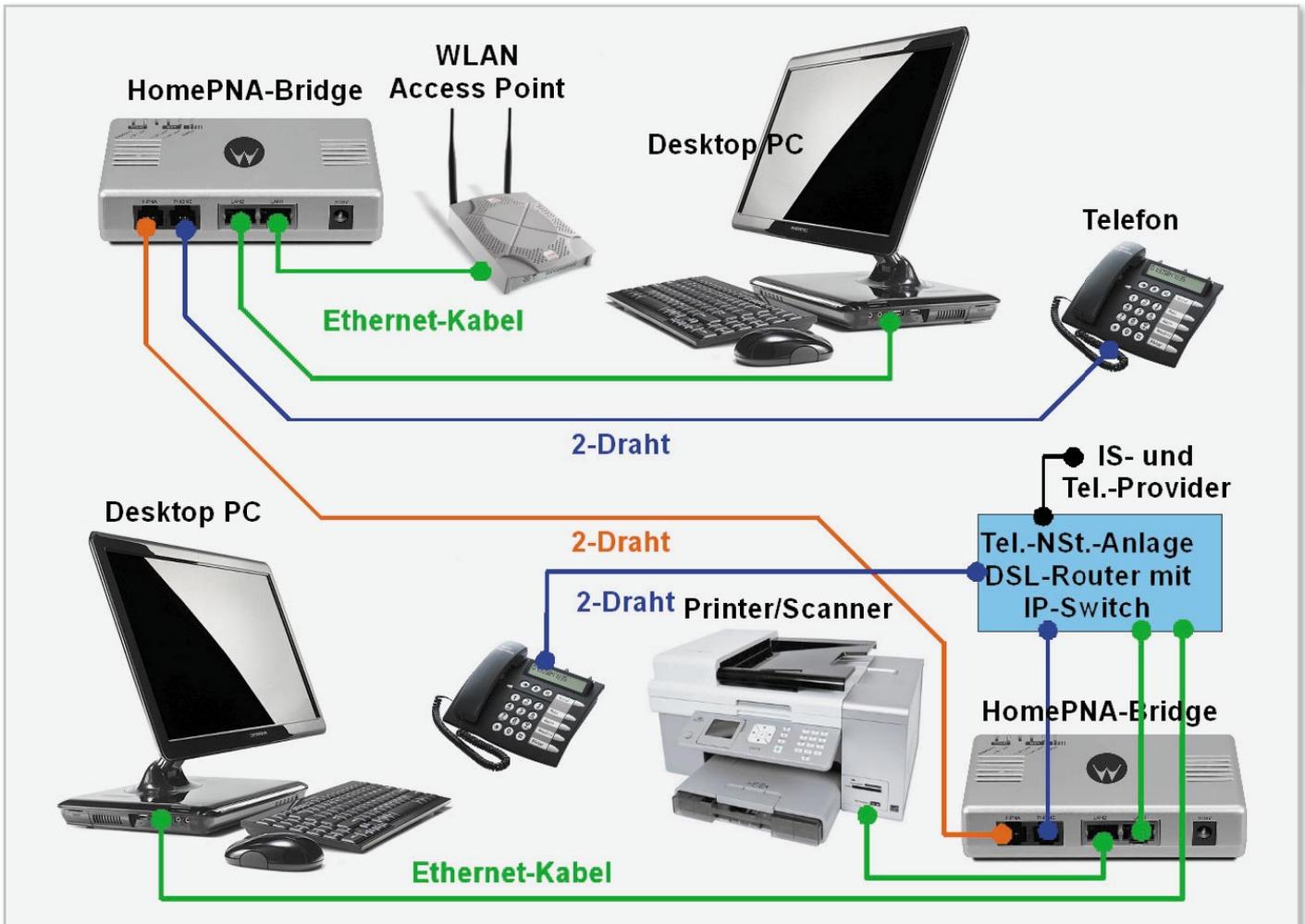


Bild 30: Ein Anwendungsbeispiel für die Bereitstellung von Telefon und Daten über eine Zweidrahtleitung

Es stellt eine völlig transparente Ethernet- mit PoE-Verbindung zwischen zwei bis zu 500 m entfernten Punkten über zwei Telefonadern, Klingeldrähte o.Ä. her (Abbildung 31). Diese Fähigkeit erlaubt eine Fülle weiterer Einsatzfälle, in denen ein PoE-fähiges 100-Mbit-Ethernetgerät (WLAN-Access-Point, IP-Kamera, IP-Telefon oder IP-Türstation) an einem Ort genutzt werden soll, zu dem nur eine Zweidrahtverbindung besteht. Dazu wird jeweils ein identisches Mx2wire-Gerät (Knoten) am Anfang (local) und Ende (remote) der Leitung benötigt. Beide Knoten beziehen ihre

Betriebsenergie über das lokale einspeisende Netzwerkkabel. Die am entfernten Knoten (remote) angeschlossenen PoE-Geräte werden mit einer Gesamtleistung von bis zu 8 Watt mitversorgt. Es ist also keine 230-V-Steckdose am entfernten Ort erforderlich, wenn dort nur PoE-fähige Geräte mit entsprechender Gesamtleistungsaufnahme betrieben werden sollen. Die Knoten konfigurieren sich automatisch als „local“ und „remote“. Die Netto-Datenrate beträgt bis zu 40 Mbit/s, bei 500 m Klingeldraht noch etwa 15 Mbit/s.

### Drahtlose Vernetzungsalternativen

Ein großzügig ausgelegtes Vernetzungssystem mit Twisted-Pair-Kabeln kann viele Probleme lösen. Weil für die ursprüngliche Aufgabe der Kopplung von Ethernet-Geräten mit 10/100 Mbit/s nur zwei Adernpaare erforderlich sind, stehen die beiden freien Adernpaare für andere Zwecke zur Verfügung. Oft jedoch liegen die Anschlussdosen als Zugänge zum Ethernet für Mess-, Steuer- und Regelungsaufgaben ungünstig, falls sie überhaupt vorhanden sind. Man denke an Rauch-, Bewegungs- und Feuchtemelder, Markisen-, Rollläden- und Fenstersteuerungen, Heizkörpersteller und vieles mehr. Hier gibt es zahlreiche Ergänzungen zum draht- oder LWL-gebundenen Medium wie Wireless LANs nach den Standards der Serie IEEE 802.11, Bluetooth für Sprache und Daten, Sprach- und Datenkommunikationssysteme nach dem DECT-Standard (Digital Enhanced Cordless Telecommunications, am häufigsten eingesetzt für schnurlose Telefone),

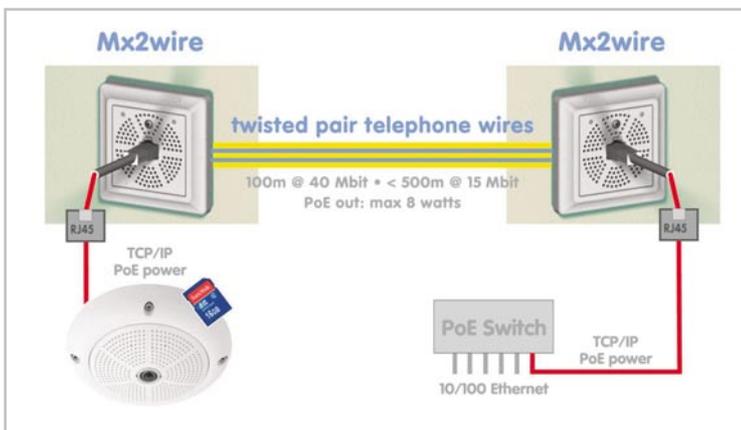


Bild 31: Mit Mx2wire lassen sich zwei Klingeldrähte zur Herstellung einer vollwertigen PoE-Verbindung nutzen. Das ist ideal zum Nachrüsten einer modernen Türkommunikationsanlage mit Mikrofon, Lautsprecher, Kamera und Klingeltastern. (Quelle: Mobotix)

ZigBee (basierend auf IEEE 802.15.4, für Sensor- und Steueretzwerke), Infrarot-Module nach IrDA zur Kommunikation mit Peripheriegeräten, drahtlose Tastaturen, Mäuse und andere Eingabegeräte, UWB (Ultra-Wideband) zur Anbindung von Peripheriegeräten mit hohen Datenraten und andere Verfahren zur drahtlosen Kommunikation im unmittelbaren Nahbereich (NFC: Near Field Communication, beispielsweise RFID: Radio Frequency Identification). Eine Gegenüberstellung der wichtigsten Kenngrößen heute etablierter Funksysteme zeigt Abbildung 32.

### Batterielose Sensoren, Sender & Empfänger

Drahtlose Steuerungs- und Automatisierungsnetzwerke bestehen aus Sensoren, Aktoren, Sendern und Empfängern. Für die Errichtung mit herkömmlichen Technologien sind dabei stets Batterien als Lieferanten der Betriebsenergie erforderlich. Batterien sind zwar nicht teuer und haben oft eine erstaunlich lange Betriebszeit, müssen aber dennoch regelmäßig erneuert werden, um die Funktion des Funknetzes aufrechtzuerhalten. Ein zuverlässiger Betrieb ist also nicht ohne Wartungsaufwand möglich. Der Vorteil eines drahtlosen Systems wird durch diesen Nachteil zumindest teilweise kompensiert. Nicht zuletzt muss auf den Umweltaspekt hingewiesen werden. Schließlich verbraucht ein batteriebasierendes Funknetz über die Jahre eine große Anzahl dieser elektrochemischen Energiespeicher, deren Herstellung und Entsorgung eine vermeidbare Belastung der Umwelt darstellen. Dabei ist in unserer Umwelt genügend Energie für moderne sparsame Elektronik verfügbar, man muss sie sich nur zunutze machen. Tastendrucke, Temperaturgefälle, Umgebungslicht, das Drehen eines Handgriffs usw. liefern mehr als genug Energie, um eine physikalische Größe zu erfassen, aufzubereiten und an eine zentrale Auswerteeinrichtung zu senden. Die 2001 gegründete EnOcean GmbH ([www.enocean.com](http://www.enocean.com)) – ein Spin-off-Unternehmen von Siemens – hat dafür eine patentierte Technologie entwickelt, mit der es möglich ist, Energie aus den unterschiedlichsten Umweltquellen zu „ernsten“ (Energy Harvesting). Dies ist die Grundlage für drahtlose,

wartungsfreie Sensorlösungen, die in ihrer Zuverlässigkeit an die „verdrahteten“ Alternativen heranreichen oder sie in manchen Fällen sogar übertreffen können. Das Motto des jungen Unternehmens ist in das Firmenlogo integriert: Green, Smart, Wireless (Abbildung 33).



Bild 33: Produkte mit diesem Logo zeichnen sich durch eine batterie-lose Funktechnologie aus.

Abbildung 34 zeigt das Blockschaltbild eines EnOcean-Sendemoduls. Es entnimmt seiner Umgebung Energie, die es zum Absetzen einer kurzen Zustandsmeldung per Funk verwendet. Um den extrem geringen Energieverbrauch zu veranschaulichen: Die Abkühlung eines Wassertropfens um 1 Grad setzt Energie für rund 20.000 EnOcean-Funktelegramme frei. In der

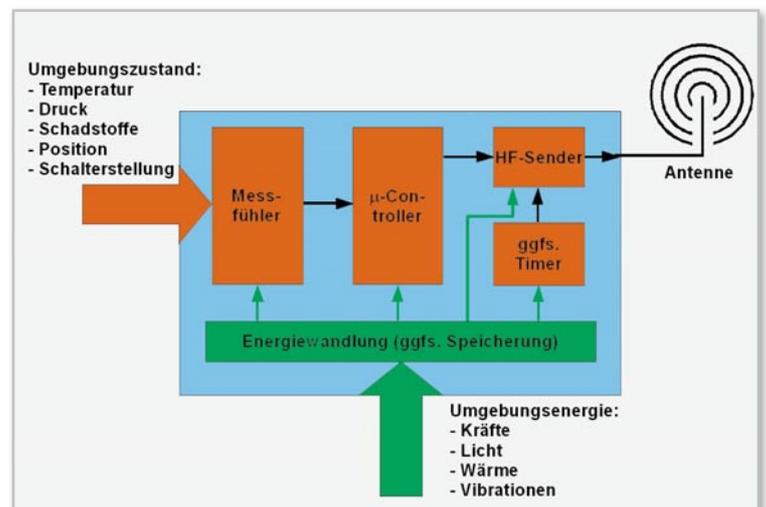


Bild 34: Ein EnOcean-Sendemodul gewinnt seine Betriebsenergie aus seinem Umfeld. So stellt z. B. die Betätigung einer Schaltwippe genügend Energie zur Verfügung, um diese Aktion weiterzumelden.

	EnOcean	Z-Wave / KNX-RF	ZigBee (802.15.4)	ZigBee (802.15.4)	Bluetooth (802.15.1)	WLAN (802.11)
Frequenz (MHz)	868	868	868	2400	2400	2400
Datenrate (KB/s)	125	9,6 / 20	20	250	720	11000-54000
Minimale Telegrammlänge (ms)	0,6	20	30	4	0,7	n.a.
Energiebedarf (inkl. Start-up)	extrem gering	gering	gering	gering	mittel	hoch
Grundbelastung	gering	gering	gering	hoch	hoch	hoch
Frequenzband						
Risiko einer Datenkollision	sehr gering	mittel	mittel	gering	sehr gering	hoch
Batterielose Funksender möglich?	ja	nein	nein	nein	nein	nein
Lebenszykluskosten (LCC)	sehr gut	gut	n.a.	gut	gut	weniger gut
Optimale Lösung für folgende Aufgaben	wartungsfreie batterielose Funksensor- systeme	batterie- betriebene Funksensor- systeme	batterie- betriebene Funksensor- systeme	batterie- betriebene Funksensor- systeme	Computer- vernetzung mit Druckern und PDAs	Computerver- netzung (Web, E-Mail, Video)

Bild 32: Kennwertevergleich einiger Funksysteme (Quelle: EnOcean)

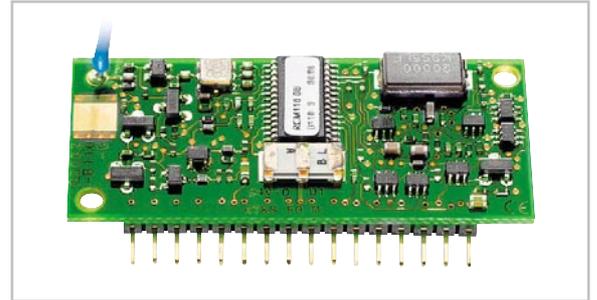
Meldung enthalten ist auch eine 32 Bit lange Kennung zur Unterscheidung von bis zu  $2^{32} = 4.294.967.296$  Modulen. Jede dieser einzigartigen Adressen wird den Modulen bei der Herstellung eingespeichert. Sollten sich zufällig die Meldungen zweier Module zeitlich überschneiden, entsteht eine Datenkollision. Wegen der Kürze der Meldungen ist die Kollisionswahrscheinlichkeit jedoch äußerst gering. Um dennoch für einen solchen Fall gerüstet zu sein, wird jede Meldung mit einer Checksumme versehen und mehrfach in zufallsgesteuerten Zeitabständen wiederholt, damit der Empfänger sicher über mindestens je eine ungestörte Meldung der Funkmodule verfügt. So ist eine enorm hohe Funktionssicherheit gewährleistet, selbst wenn mehrere hundert Sensoren in einem gemeinsamen Empfangsbereich arbeiten. Dazu tragen auch die energiesparende und robuste ASK-Modulation (ASK: Amplitude Shift Keying) und ein robustes Übertragungsprotokoll mit geringem Daten-Overhead bei. Das Prinzip eines System-Funkmoduls zur Steuerung eines Aktors ist in Abbildung 35 dargestellt. Für besondere Einsatzfälle hat EnOcean auch bidirektional arbeitende Empfangsmodule entwickelt. Sie dienen wahlweise zur Erhöhung der Funkreichweite in größeren Gebäuden oder der Rückmeldung von Schaltaktivitäten in sicherheitsrelevanten Anwendungen.

### Wenig Energie – hohe Sendeleistung

Die aus einem kleinen Umfeld zu gewinnende elektrische Energie ist naturgemäß nicht groß. Bekanntlich ist Energie das Produkt aus Leistung und Zeit, deshalb muss der Sendevorgang der erfassten Kenngröße möglichst kurz sein, um mit entsprechend hoher Sendeleistung erfolgen zu können. Ein typisches EnOcean-Funktelegramm dauert weniger als 1 ms und wird mit einer radial ausgestrahlten Hochfrequenzleistung (EIRP) von 10 mW im 868-MHz-Frequenzband gesendet. Die typische Übertragungsgeschwindigkeit liegt bei 125 Kbit/s. Entsprechend kurz ist auch die Aktivitätsphase des  $\mu$ -Controllers. Das Resultat: Für das Erzeugen und Absetzen einer Funkmeldung sind nur äußerst geringe Energiemengen erforderlich und dennoch Reichweiten bis 300 m erzielbar. Abbildung 36 zeigt ein typisches Sendemodul (PTM230). Die Abmessungen (B x H x T) der dargestellten Platine betragen 20 x 25 x 6 mm, ihr Energieverbrauch für eine Funkmeldung 0,54 mWs. Zur Aktivierung genügt ein Impuls mit



**Bild 36:** Das EnOcean-Sendemodul PTM230 ist kaum briefmarkengroß und verbraucht etwa eine halbe Milliwattsekunde an Energie, um ein Sensorsignal aufzubereiten und auszusenden. (Quelle: EnOcean)

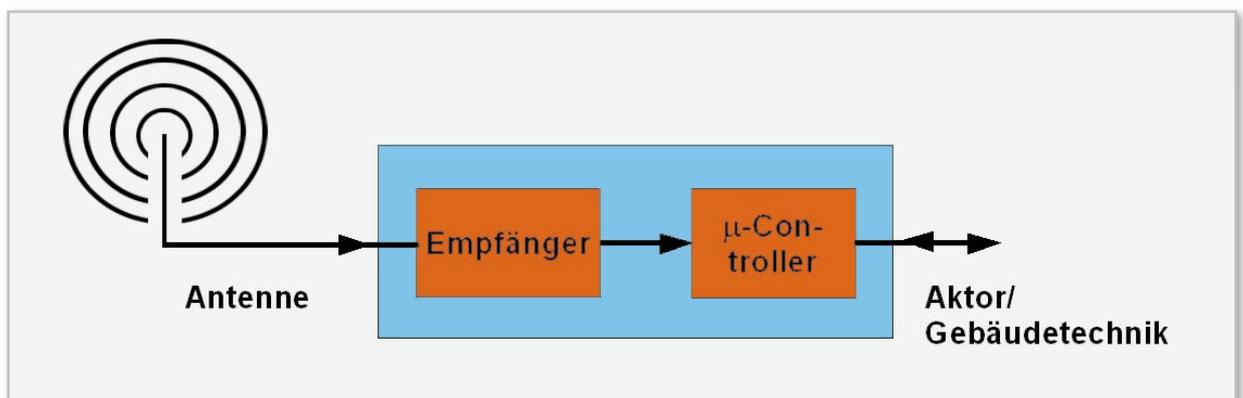


**Bild 37:** Ein Empfangsmodul ist durch zahlreiche Betriebsmodi und Lernfähigkeit äußerst flexibel an die Aufgabenstellung anpassbar. (Quelle: EnOcean)

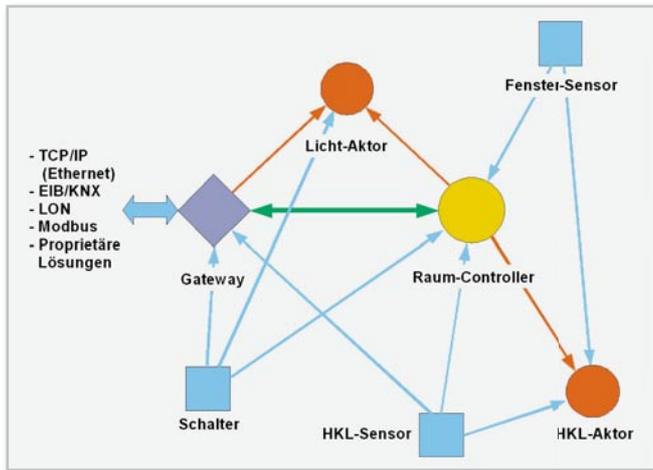
einer Dauer zwischen zwischen 0,001 und 11 ms. Ein Empfangsmodul (RCM110) zeigt Abbildung 37. Mit Abmessungen (B x H x T) von 18 x 42 x 5,5 mm, zahlreichen Betriebsmodi und Anpassbarkeit an unterschiedliche Aufgabenprofile (Lernfähigkeit) ist es äußerst vielseitig einsetzbar.

### Batterielose Funkaktoren?

Wenn Aktoren eine mechanische Stellaufgabe erfüllen, benötigen sie dazu meist nicht unerhebliche elektrische Energiemengen. Ein Beispiel ist das funkgesteuerte Heizkörperventil, das herkömmlich über einen batterie- oder netzbetriebenen Stellmotor in Position gebracht wird. Schätzungen des Bremer Energieinstituts gehen von 20 bis 30 % Heizenergieeinsparung bei zeit-, orts- und anwesenheitsabhängiger Beeinflussung der Raumtemperatur aus. Wegen seiner Bedeutung für einen nachhaltigen Umgang mit Energie hat EnOcean



**Bild 35:** Das System-Funkmodul empfängt ein Funktelegramm und setzt es in einen Steuerbefehl für einen Aktor oder eine andere haustechnische Einrichtung um. (Quelle: EnOcean)



**Bild 38:** Ein EnOcean-Funknetz besteht aus Sendern (Sensoren), Empfängern (Aktoren), Controllern und Gateways zur Anbindung an etablierte Vernetzungssysteme. Mit Hilfe von Repeatern ist es nahezu beliebig ausdehnbar und an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen. (HKL: Heizung, Klima, Lüftung)

eine Konzeptstudie erstellt, um zu prüfen, ob aus der Temperaturdifferenz zwischen Heizkörper und Raumluft mittels Peltier-Elementen die notwendige Stellenergie bezogen werden kann. Weil die Spannung an den Platten eines Peltier-Elements pro Grad Temperaturdifferenz nur ca. 12 mV beträgt und die verfügbare Leistung von 1 cm<sup>2</sup> Plattenfläche knapp 40 µW, ist ein Spannungswandler erforderlich, der die Elementspannung auf einige Volt zum Speichern in einem Kondensator (Goldcap) hochsetzt. Wenn dieser „Thermo-Stromgenerator“ genügend Energie angesammelt hat, kann der Aktor in Betrieb genommen werden. Ausgehend von herkömmlichen Stellantrieben mit Batterieantrieb benötigt ein Stellvorgang von Normal- auf Absenkbetrieb des Heizkörpers etwa 1 Ws. Für vier Stellvorgänge in 24 Stunden muss also eine kontinuierliche Leistung von knapp 50 µW akkumuliert werden. Das ist bei entsprechender Dimensionierung des Peltier-Elements, einer Wirkungsgradoptimierung des Spannungswandlers und konsequenter Abschaltung der Energieverbraucher in Phasen der Inaktivität durchaus möglich.

## Netztopologie

Den grundsätzlichen Aufbau eines Sensor-Aktor-Netzes mit Interface zu anderen etablierten Vernetzungssystemen erläutert Abbildung 38. Die Sensoren können die Aktoren direkt oder über einen Raum-Controller ansprechen. Als Schnittstelle zu einem bestehenden Netz, z. B. Ethernet (TCP/IP), dient ein Gateway, über das sich die Netzfunktionen auch aus beliebigen Distanzen steuern oder in übergeordnete Automatisierungssysteme einbinden lassen. Raum-Controller und



**Bild 39:** Intelligente Fenster- und Türgriffe melden ihren Zustand per Funk und helfen damit sparen. Komfort, Sicherheit und Umweltbewusstsein lassen sich damit vereinen. (Quelle: www.hoppe.com)

Gateway sind über eine bidirektionale ZigBee-Luftschnittstelle miteinander verbunden. Die flächenhafte Erweiterung des Netzes und eine verbesserte Funkabdeckung ermöglichen Repeater.

Inzwischen bieten über 70 OEM-Kunden Produkte an, die auf der EnOcean-Technologie und deren Halbleiter-Chips beruhen. Diese Hersteller haben sich in der EnOcean-Alliance zusammengeschlossen mit dem Ziel, innovative, interoperable Automatisierungslösungen für nachhaltige Projekte der Gebäudesystemtechnik/Home-Automation zu schaffen. Viele hundert Module und Endprodukte mit integrierter EnOcean-Technologie stehen dafür heute bereits zur Verfügung. Als Beispiel sei die Integration von Sensoren in Fenster- und Türgriffe genannt, welche den Status (offen, gekippt, geschlossen) an den Raumcontroller melden, der dann bedarfsweise die Heizung absenkt, bei Regen eine Meldung erzeugt, beim Verlassen des Hauses einen Hinweis gibt usw. (Abbildung 39). Es liegt auf der Hand, damit auch Einbruchmeldefunktionen (Glasbruchmelder) zu verbinden. Ein derart intelligent gemachter Haustürgriff kann beim Betreten des Hauses das Licht einschalten und beim Verlassen allen unnötigen Verbrauchern den Strom abschalten. Hier werden also Nachhaltigkeit, Komfort und Sicherheit gleichzeitig bedient. Besonders bei Objekten mit flexibler Raumstruktur und/oder Glastrennwänden, in alten und denkmalgeschützten Bauten, bei Sanierungen, unter Feng-Shui- und Elektromog-Aspekten kommen die Vorteile draht- und batterieloser Technik ästhetisch und funktional voll zur Geltung.

Draht- und batterielose Vernetzungskomponenten sind aber nicht nur auf den Einsatz in Heiz-, Klima- und Lüftungsanwendungen beschränkt. Vielmehr lassen sich zahllose weitere Verwendungsmöglichkeiten in den Bereichen Security, Health-Care, Automation usw. finden. Besonders die Möglichkeit, ein EnOcean-Netz in ein Ethernet zu integrieren, erweitert den Wirkungsbereich dieser Technik. Lokale Netze mit globalem Zugriff werden so auf einfache Art und Weise möglich.

Eine wesentliche Voraussetzung für den breiten Einsatz im privaten Wohnbereich ist eine einfach zu handhabende Bedienoberfläche, mittels derer der interessierte Anwender (und nicht nur der Fachmann) per PC-Maus komplexe Aufgabenstellungen der Gebäudeautomation wenn nicht projektieren und visualisieren, so doch zumindest programmieren kann.

ELV