



## White Paper

### KNX und EnOcean

#### ***Neue Möglichkeiten für die KNX Gebäudeautomation durch Einbindung batterieloser Funksensoren***

Das Zusammenwirken von batterielosen EnOcean-Funksensoren mit dem KNX-System vereint die maximale Flexibilität eines Funksystems mit der Leistungsfähigkeit eines Bussystems. Das Ergebnis ist ein durchgängiges System aus Funk, Twisted Pair und bei Bedarf auch IP (Ethernet). Durch die Erweiterung mit KNXnet/IP werden die Daten der Funksensoren auch in sehr großen Anlagen nutzbar und über das Internet verfügbar.

*Thomas Weinzierl, Dr.-Ing. (Weinzierl Engineering GmbH) und Armin Anders, Dipl.-Ing. (EnOcean GmbH)*

Die EnOcean-Technologie wurde entwickelt, um Sensordaten ohne Batterie oder externe Stromzufuhr zu erfassen und drahtlos weiterzuleiten. Die Funkreichweite beträgt im Gebäude bis zu 30 Meter und im Freifeld bis zu 300 Meter. Dabei genügen winzige Energiemengen aus der Umwelt – von rund 50 Mikrojoule pro Aktion – um einen Funktelegramm zu versenden. Ähnlich dem Dynamoprinzip der Energieerzeugung beim Fahrradlicht sorgt ein winziger elektrodynamischer Wandler dafür, dass aus dem Fingerdruck eine elektrische Spannung wird. Das jeweils zugehörige Funktelegramm wird dabei vom EnOcean-Funkschalter beim Drücken beziehungsweise Loslassen der Taste übertragen. Ein KNX-Gateway empfängt das Funksignal und generiert die entsprechenden KNX-Telegramme auf dem Bus zum Ein- und Ausschalten, zum Dimmen oder zur Lamellenverstellung.

Sensoren, die zyklisch ihre Umgebung überwachen sollen, können mittels einer Mini-Solarzelle versorgt werden. Zum Aufrechterhalten der Funktion über Nacht dient hier ein kleiner Energiespeicher (Goldcap 0,1 F), der tagsüber geladen wird (minimal rund 50 lx).

In einem typischen Szenario wird alle 10 Sekunden der Sensor für etwa 5 Millisekunden geweckt, um eine Messung durchzuführen. Dabei wird der gegebenenfalls geänderte Messwert übertragen. Spätestens nach 15 Minuten wird ein sogenanntes „Präsenzsignal“ gesendet. Zu 99,95 Prozent der Zeit befindet sich der Sensor im Schlafzustand – bei minimalem Strombedarf eines ultra-low-power Timers, dessen Verbrauch (typ. 100 nA) die Energiebilanz dominiert.

EnOcean nutzt jedoch zur Spannungserzeugung auch andere Energiequellen aus der Umgebung – wie zum Beispiel Wärmeunterschied. So reichen einem sich in Entwicklung befindlicher Thermowandler zwei Grad zum Versenden eines Signals. Das ist weniger als die Temperaturdifferenz zwischen der Raumluft und der Oberfläche von warmen Heizkörpern oder Maschinenteilen.



## **Sichere Funkübertragung – Auch in Systemen mit Hunderten Sensoren**

Das Prinzip für Niedrigstenergie-Funktechnik ist einfach: Energie ist das Produkt aus Leistung multipliziert mit der Zeitdauer. Die Sendeleistung (rund 10 mW) bestimmt die Funkreichweite, deswegen muss die Technologie hier extrem schnell sein. Die EnOcean-Funktelegramme sind nur rund eine tausendstel Sekunde lang (Energie = 10 mW x 1 ms = rund 10 Mikrojoule) und werden mit einer Datenübertragungsrate von 125 Kilobit pro Sekunde gesendet. Der Mikroprozessor und der Hochfrequenzsender des Funksensors werden pro Aktion für nur einige wenige Millisekunden angeschaltet und lassen sich deswegen mit den winzigen Umweltenergien betreiben. Die Prozessor-Daten werden von angeschlossenen Sensorelementen geliefert. Die übertragene Datenmenge kann variabel an den Bedarf angepasst werden. Typische Datenmenge beträgt 4 Byte. Diese Daten werden dann mit einer 32-Bit Identifikationsnummer und einer Checksumme versehen und als digitales Datentelegramm vom Hochfrequenzsender verschickt. Das EnOcean-Funksignal verwendet die Frequenzbänder 868 MHz und 315 MHz und ist daher weltweit einsetzbar.

## **Geringe Kollisionsgefahr durch extrem kurze Funktelegramme**

Beim Betrieb mehrerer Sender auf derselben Frequenz besteht prinzipiell das Risiko, dass zwei Datentelegramme zeitgleich gesendet werden und die Informationen dadurch miteinander kollidieren. Die Kollisionswahrscheinlichkeit der EnOcean-Funktelegramme ist durch die ihre kurzen Signallängen sehr gering. Zudem werden die Telegramme innerhalb weniger Millisekunden drei Mal nacheinander zufällig zeitversetzt ausgesendet. Dadurch kann ein Empfänger das für ihn bestimmte Signal auch dann noch erkennen, wenn in seinem Empfangsradius Hunderte von Funksensoren gleichzeitig arbeiten. Zur weiteren Absicherung schickt jeder Sensor seine persönliche Identifikationsnummer als 32-Bit-Adresse. Damit lassen sich mehr als 4.000.000.000 Sender voneinander unterscheiden.

## **Ökologisch: Keine Batterieentsorgung und geringere Strahlungsbelastung als konventionelle Lichtschalter**

Neben dem ökologischen Aspekt des ständigen Batterieverbrauchs wird häufig eine mögliche Strahlungsbelastung eines Funksystems hinterfragt. Das renommierte ECOLOG Institut in Hannover hat die low-power-Funklichtschalter mit EnOcean-Technologie untersucht. Das Ergebnis ist, dass die durch einen EnOcean Funkschalter entstehende Abstrahlung 100 Mal geringer als bei einem herkömmlichen drahtgebundenen Schalter ist. Grund dafür ist, dass bei herkömmlichen Schaltern während des Schaltens ein breitbandiger Strahlungsimpuls direkt am Schalter entsteht. Dieser Strahlungsimpuls löst sich nach einer geringen Strecke nahezu auf, er trifft jedoch fast immer die Person, die den Schalter berührt.



Beim Funkschalter mit low-power-Elektronik hingegen entsteht im Moment des Schaltens kein Funkenabritt, sondern es wird für eine tausendstel Sekunde ein Funksignal minimaler Energie zu einem Empfänger versendet. Der Strom wird am Schaltrelais geschaltet, dieses befindet sich aber meistens einige Meter von der Person entfernt, so dass der Elektrosmog in der Luft absorbiert wird.

### EnOcean Sensorprofile

Aus energetischen Gründen müssen die EnOcean-Funktelegramme so kurz wie möglich gehalten werden. Daher informiert der Sensor seinen Empfänger nur während der einmaligen Einlernphase über seine Eigenschaften und Datendekodierung. Hierzu dient das sogenannte „EnOcean Equipment Profile“ (EEP), eine Telegrammprofilnummer die auf eine Interpretationstabelle im Empfänger verweist. Um die Interoperabilität von Geräten unterschiedlicher Hersteller sicherzustellen, wurde ein Standard für die Einlernprozedur, den Austausch der Daten und für das EEP-Geräteprofil definiert. Bislang war die Spezifikation beschränkt auf unidirektionale Sensorkommunikation (rund 50 EEPs), diese wird aktuell jedoch auf die bidirektionale Sensorkommunikation und bidirektionale Kommunikation eines Gateways mit EnOcean-Funkaktoren erweitert.

Byte#	Description
SYNC_BYTE 0	Synchronization Byte (0xA5)
SYNC_BYTE 0	Synchronization Byte (0x5A)
TYPE	Telegram info, e.g. length, Rx/Tx
ORG	Telegram info, e.g. PTM/STM
DB_3	Data byte 3
DB_2	Data byte 2
DB_1	Data byte 1
DB_0	Data byte 0
ID_3	Byte 3 of transmitter ID
ID_2	Byte 2 of transmitter ID
ID_1	Byte 1 of transmitter ID
ID_0	Byte 0 of transmitter ID
STATUS	Status info, e.g. repeater level
CHK	Checksum (LSB)

Bild 1: Serielles Datenprotokoll eines EnOcean-Funksenders am Empfängeranfang



Bild 2: Serielles Datenprotokoll während der Einlernphase (EEP Geräteprofil)

## Der KNX Standard

KNX hat sich zum wichtigsten Kommunikationssystem in der Gebäudesteuerung entwickelt, und wurde als weltweiter Standard für die Gebäudesystemtechnik bestätigt (ISO/IEC 14543-3-x). KNX eignet sich unter anderem für die Steuerung der Beleuchtung, der Jalousien oder des Raumklimas.

Die technische Basis des Systems bilden die verschiedenen Kommunikationsmedien, ein garantiertes Interworking mit festgelegten Datentypen sowie skalierbare Konfigurationsmethoden für die verschiedenen Anwendungen und Märkte.

## KNX Medien

KNX Twisted Pair ist heute das wichtigste Medium für KNX Produkte. Dieses verbindet eine hohe Qualität der Datenübertragung mit der Möglichkeit der Spannungsversorgung der angeschlossenen Geräte.

KNX Power Line (PL) verwendet für die Datenübertragung das Stromnetz, das meist bereits in den Gebäuden installiert ist, und wird somit insbesondere in Altbauten eingesetzt.

KNX-RF ist eine bidirektionale Funklösung, die die Leistungsmerkmale von KNX drahtlos nutzbar macht. KNX RF nutzt für die Datenmodulation FSK (Frequency Shift Keying) mit einer Mittenfrequenz von 868.30 MHz.

Internet Protokoll KNXnet/IP ist als eigenständiges Medium in KNX spezifiziert und öffnet die Tür zur Top Level Kommunikation im Gebäude – wie zum Beispiel Telekommunikation oder Multimedia. Das Internet Protokoll ermöglicht zudem einen Zugriff von außen auf die KNX Installation.



## **KNX Configuration Modes**

Der KNX-Standard beinhaltet leistungsfähige Methoden für das Netzwerkmanagement, die als 'Configuration Modes' bezeichnet werden. Für komplexe Installationen wird in der Regel der sogenannte System Mode eingesetzt. Dieser ist wie alle anderen Modi herstellerunabhängig und basiert auf dem PC Programm ETS™ (Engineering Tool Software). Für die ETS stellt jeder Hersteller eine Produktdatenbank bereit, in der die jeweiligen Eigenschaften seiner Geräte beschreiben werden. Des Weiteren ist ein den sogenannter Easy Mode vorhanden, der eine Konfiguration ohne PC erlaubt.

## **KNX Interworking**

Ein wesentlicher Pfeiler der KNX Technologie ist das streng definierte Interworking, das die Kompatibilität der Produkte unterschiedlicher Hersteller und unterschiedlicher Anwendungsbereiche garantiert. Dazu ist in KNX ein kompletter Satz von Datentypen für eine große Anzahl von Funktionen genormt.

## **KNX/EnOcean-Gateway der Weinzierl Engineering GmbH**

Das KNX ENO 622 dient als Gateway zwischen EnOcean-Funksensoren und dem Installationsbus KNX. Es verfügt über 32 Kanäle, die mit jeweils einer der folgenden Funktionen belegt werden können:

- Tastsensor eines Schaltmoduls
  - Schalten (Ein/Aus/Um/Wertgeber)
  - Schalten und Dimmen
  - Jalousie auf/ab
- Temperatursensor mit Auswahlmöglichkeit für
  - Präsenztaster / -schalter
  - Sollwertsteller
  - Stufenschalter
  - Feuchtigkeitssensor
- Fensterkontakt
- Fenstergriff
- Binäreingang
- Lichtsensor
- Bewegungsmelder

Dabei werden die Funktelegramme von den EnOcean-Sensoren interpretiert und die Daten auf KNX-Gruppenobjekte abgebildet – unter Berücksichtigung der KNX Datenpunkttypen.



Bild 3: KNX EnOcean Gateway KNX ENO 622 von Weinzierl

Die Funktion jedes Kanals wird in der ETS Software über Parameter ausgewählt. Abhängig von der eingestellten Funktion werden die EnOcean-Telegramme auf bis zu 6 Kommunikationsobjekte pro Kanal abgebildet. Nach dem Programmieren des Gerätes mit der ETS können die Funksensoren angelernt werden. Dazu befinden sich im Gerät zwei Taster und ein Display, das die Kanalnummern und die Belegung anzeigt.

Tastsensoren können als Ein-Tasten-Bedienung oder als Wippe konfiguriert werden. Es können bis zu 4 Taster/Wippen auf einen Kanal eingelernt werden. Bei der Funktion "Fensterkontakt" können ebenfalls bis zu vier Sensoren mit einem Kanal verbunden werden. "Fenster offen" wird über KNX gemeldet, wenn mindestens ein Fenster geöffnet ist, "Fenster geschlossen" nur dann, wenn alle Fenster geschlossen sind. Bei den Funktionen für Temperatur, Feuchte und Helligkeit kann pro Kanal nur ein Sensor eingelernt werden.

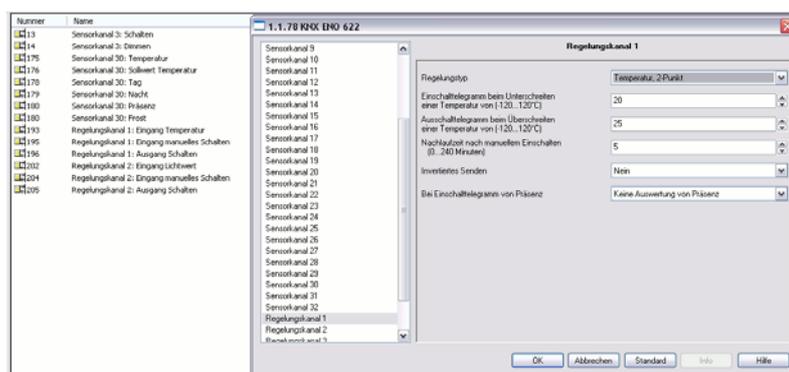


Bild 4: Darstellung KNX ENO 622 in der ETS

Darüber hinaus bietet das KNX ENO 622 sechs Reglerkanäle an. Jedem dieser Kanäle kann eine der folgenden Funktionen zugeordnet werden:

- Temperaturregler kontinuierlich

- Temperaturregler 2-Punkt
- Lichtregler kontinuierlich
- Lichtregler 2-Punkt

Die Reglerkanäle nutzen als Eingangswerte die empfangenen Daten der Encean-Sensoren und steuern die entsprechenden Aktoren über den KNX Bus.

### Anwendungsbeispiel Heizungsregelung

Bild 5 zeigt das Beispiel einer Heizungsregelung. Sowohl die Ist-Temperatur als auch die Sollwert-Temperatur werden von einem Raumbediengerät gesendet. Der Regler im Gateway errechnet daraus die Stellgröße und sendet diese über den KNX Bus zum Heizungsventil. Sind ein Präsenzmelder oder ein Fensterkontakt im System integriert, so können deren Werte von der Regelung für eine optimale Energieeffizienz berücksichtigt werden.

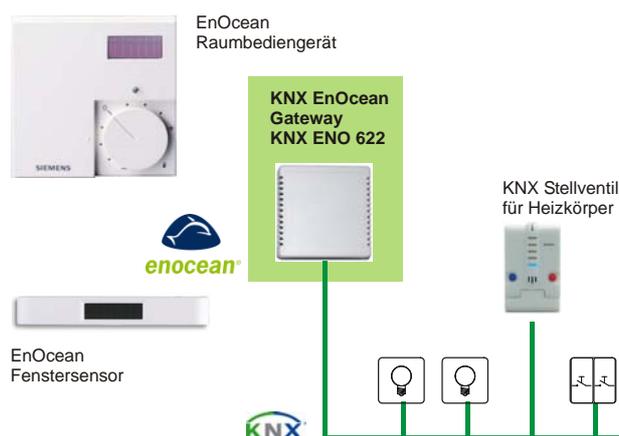


Bild 5: Beispiel Heizungsregelung

### Anwendungsbeispiel Lichtsteuerung

Ein weiteres Beispiel zur Energieeinsparung ist die Lichtsteuerung mit dem KNX ENO 622, wie in Bild 6 zu sehen. Durch eine entsprechende Parametrierung des Gerätes lässt sich eine Energiesparfunktion realisieren, bei der der Nutzer das Licht bei Bedarf selbst einschaltet. Der Regler schaltet das Licht jedoch aus, wenn dieses offensichtlich vergessen wurde auszuschalten. Somit wird die Störung der Nutzer durch die Automatik minimiert und der Bewohner oder Mitarbeiter kann immer noch selbst entscheiden, wann er das Licht ein- oder ausschalten will. Ein automatisches Einschalten ist jedoch auch parametrierbar.

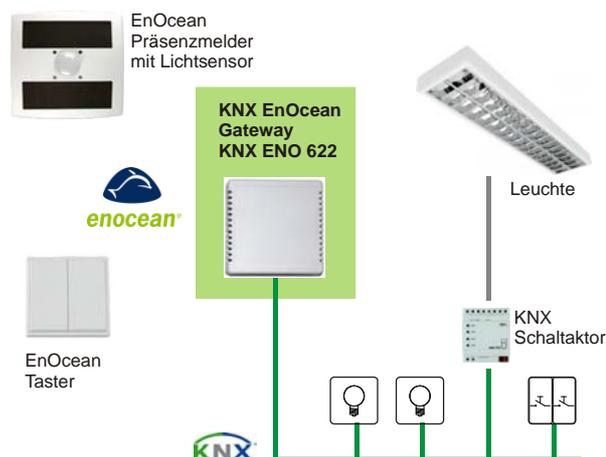


Bild 6: Beispiel Lichtsteuerung

### Aktuelle KNX/EnOcean-Referenzen

Mittlerweile gibt es europaweit zahlreiche Installationen, bei denen KNX und EnOcean erfolgreich eingesetzt wurden – wie zum Beispiel der SAP Firmensitz in Walldorf. Dort steuern 2000 batterielose Licht- und Jalousieschalter die Gebäudeautomation auf rund 25.000 Quadratmeter Fläche.

2008 wurde ein 249 Meter hoher Wolkenkratzer in Madrid vollständig mit Funk ausgestattet und in Betrieb genommen: Der Torre Cristal. Licht, Beschattung und Klima in 52 Stockwerken werden über ein KNX-Automatisierungssystem von Siemens gesteuert. Rund 4000 batterielose Funkknoten sind über Gateways der Firma Weinzierl mit dem KNX-System verbunden.



## Über EnOcean Alliance

Weltweit führende Unternehmen aus der Gebäudebranche haben sich zur EnOcean Alliance zusammengeschlossen, um innovative Automatisierungslösungen für nachhaltige Gebäudeprojekte zu etablieren – und so Gebäude energieeffizienter, flexibler und kostengünstiger zu machen. Die Kerntechnologie der Alliance ist die batterielose Funktechnik von EnOcean für flexibel positionierbare, wartungsfreie Sensorlösungen. Die EnOcean Alliance hat sich zum Ziel gesetzt, die EnOcean-Funktechnologie zu standardisieren, zu internationalisieren und die Interoperabilität der Produkte verschiedener OEM-Partner zu sichern. Derzeit gehören über 80 Unternehmen der EnOcean Alliance an. Der Hauptsitz der Non-Profit-Organisation befindet sich in San Ramon, Kalifornien.

Weitere Informationen: [www.enocean-alliance.org](http://www.enocean-alliance.org)

## Über Weinzierl Engineering GmbH

Die Weinzierl Engineering GmbH entwickelt Software- und Hardwarekomponenten für die Gebäudesystemtechnik. Der Schwerpunkt liegt in der Kommunikationstechnik basierend auf dem KNX Standard. Durch die starke Fokussierung auf Komponenten und Werkzeuge für die KNX-Entwicklung wird die KNX-Technologie umfassend abgedeckt. Im Mittelpunkt des Angebots stehen die Stack-Implementierungen für die verschiedenen Medien und Profile der KNX Spezifikation. Darauf aufbauend entwickelt die Weinzierl Engineering GmbH Lösungen für verschiedene Anwendungen. Ein wichtiges Produkt ist hierbei das KNX ENO 622, ein Gateway zwischen EnOcean Funk und KNX Twisted Pair. Die Weinzierl Engineering GmbH ist Mitglied der KNX Association und aktiv in verschiedenen technischen Gremien des Verbands.

Weitere Informationen: [www.weinzierl.de](http://www.weinzierl.de)

## Über KNX Association

Die KNX Association ist ein Herstellerverband und wurde 1999 aus folgenden Verbänden gegründet:

- EIBA (European Installation Bus Association)
- EHSA (European Home Systems Association)
- BCI (BatiBUS Club International)

Die Association ist Eigentümer des KNX Standards und auch Eigentümer der weltweiten KNX Schutzmarke. KNX Association ist eine gewinnorientierte Gesellschaft nach belgischem Recht (cvba).

Die Ziele der KNX Association sind die Weiterentwicklung und Förderung des weltweiten STANDARDS für Haus- und Gebäudesystemtechnik.

Weitere Informationen: [www.knx.org](http://www.knx.org)