



EVALUATION UND KONZEPTION VON SYSTEMEN ZUR EINFACHEN NACHRÜSTUNG VON BELEUCHTUNGEN MIT BEDARFS-STEUERUNGEN

Jahresbericht 2007

Autor und Koautoren	Martin Stalder, René Naef
beauftragte Institution	Arb. Gemeinschaft Martin Stalder Ing. Büro, Naef Energietechnik
Adresse	Engelgasse 22, 8911 Rifferswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	044 764 11 57, m.stalder@energienetz.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	101479/151843
BFE-Projektleiter	Charles Fillieux
Dauer des Projekts (von – bis)	Feb. 2006 – Jul. 2008
Datum	23.11.07

ZUSAMMENFASSUNG

Auf Grund der Analyse der Beleuchtungsinstallationen von Schulzimmern und Büroräumen wurden Sanierungskonzepte für die einfache Umrüstung auf Bedarfssteuerung mit Präsenzmeldern entwickelt. Aufgrund der daraus gewonnenen Erkenntnisse wurde vom Industriepartner Hardmeier Electronics ein Funk-Präsenzmelder (PIR) entwickelt, der von mit einer Indoor Fotozelle gespeist wird und so ohne die Installation von Versorgungsleitungen montiert werden kann.

Dieser Präsenzmelder wurde im Berichtsjahr in einem Pilotobjekt der Uni Zürich an der Attenhoferstrasse in 23 Beleuchtungsinstallationen installiert und getestet. Analysen der Einschaltzeiten der Beleuchtung über das Leitsystem haben gezeigt, dass die Steuerungen einwandfrei funktionieren. Der Funk-PIR und der dazugehörige Funk-Aktor (der in der bestehenden Schaltstelle oder in einer Schlaufdose montiert werden kann) sind inzwischen zur Marktreife weiterentwickelt worden und werden Anfang 2008 im Handel erhältlich sein.

Zurzeit ist ein weiterer Funk-Aktor in Entwicklung, der für Stehlampen geeignet ist. Prototypen dieses Aktor wurden diesen Herbst im Careum der Uni Zürich installiert und werden im Moment getestet. Das hier verfolgte Steuerkonzept verspricht eine zufriedenstellendere Lösung für Präsenzsteuerungen als dies mit in der Stehlampe montierten Präsenzmeldern möglich ist.

Die Analyse der Beleuchtungsinstallationen wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Die vorgefundenen Situationen wurden miteinander verglichen und katalogisiert. Bezüglich der Tauglichkeit der Installationen für den Einsatz des Funk-PIR ergaben sich folgende Erkenntnisse:

- Zu viele Schaltgruppen (bis zu 6 pro Klassenzimmer) sind für den Benutzer eher verwirrend.
 - Reduktion bei der Umrüstung auf 2 bis maximal 3 Schaltgruppen (z.B. Fenster-, Innenzone und Wandtafel).
- Wider erwarten weisen die meisten Installationen keine Schlaufdose auf.
 - Der Aktor muss direkt hinter der Schaltstelle angebracht werden können.

Wichtige Informationen zum Thema Beleuchtungssteuerungen und die Ergebnisse des Forschungsprojekts werden auf einer Website präsentiert. Die Website ist in Arbeit und wird mit ersten Inhalten noch im Dezember 07 unter der Domäne www.beleuchtungssteuerung.ch aufgeschaltet.

Projektziele

Viele Schulräume und Büros sind mit Beleuchtungen ausgerüstet, die manuell ein- und ausgeschaltet werden müssen. Gerade bei den häufig vorkommenden Deckenleuchten mit Spiegelraster realisiert man bei stetig steigendem Tageslicht nicht mehr, dass diese eingeschaltet sind. Dies führt häufig dazu, dass die Beleuchtung am Morgen eingeschaltet und bis am Mittag oder Abend nicht mehr ausgeschaltet wird.

In diesen Fällen würde die Nachrüstung mit einer Bedarfssteuerung erhebliche Energieeinsparungen bewirken.

Neue Produkte, wie z.B. piezoelektrisch getriebene Funkschalter und fotovoltaisch gespeiste Präsenzmelder können ohne Batterien oder separate Speisung betrieben werden. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die Entwicklung von Konzepten für Bedarfssteuerungen, die mit wesentlich einfacheren Installationen auskommen.

Gelingt es, die Kosten entsprechend tief zu halten, könnten Beleuchtungen oft innerhalb eines ordentlichen Betriebsbudgets mit einer Bedarfsteuerung nachgerüstet werden. Die Finanzierung solcher Massnahmen würde dadurch wesentlich einfacher.

Das Projekt verfolgt folgende Ziele:

- Entwicklung und Konzeption von Bedarfssteuerungen für die kostengünstige Nachrüstung von bestehenden Beleuchtungen und Nachweis deren Wirtschaftlichkeit.
- Erstellen eines Katalogs der gängigsten Beleuchtungsinstallationen und deren Konzepte für eine Nachrüstung mit einer Bedarfssteuerung.
- Erstellen eines Leitfadens für die Nachrüstung von Beleuchtungen mit Bedarfssteuerungen.
- Realisation und Dokumentation von Nachrüstungen als P+D Anlagen.
- Präsentation der Steuerungskonzepte, Dokumentationen und aktuell erhältlicher Produkte im Internet.
- Aufzeigen weiterer energetisch sinnvoller Einsatzgebiete der neuen Komponenten.

Für die Berichtsjahre 2006/07 wurden folgende Ziele angestrebt:

Katalog der gängigsten Beleuchtungsinstallationen und Konzepte für Nachrüstung

Die Beleuchtungsinstallationen von Räumen in 5 Primar und Sekundar Schulhäusern und einem Bürogebäude wurde analysiert und ausgewertet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurden verschiedene Konzepte für die Nachrüstung entwickelt. Der Katalog der Beleuchtungsinstallationen ist noch nicht vollständig erstellt, da noch vier Begehungen in Büroräumen fehlen.

Funktionstests neuer fremdspeisungsfreier Präsenzmelder (PIR)

Die Firma *Hardmeier Electronics* [1] hat 50 Prototypen fremdspeisungsfreier Präsenzmelder hergestellt, die zur Zeit in einem Funktionstest, dem so genannten Selbsttest unterzogen werden. 3 Labormodelle des Präsenzmelders sind an verschiedenen Orten (Gang, Büro und Labor) im Einsatz und werden unter realen Bedingungen getestet.

Realisation und Dokumentation von Nachrüstungen als P+D Anlagen

Zur Zeit werden an der Attenhoferstrasse 8, Zürich in 23 Räumen der *Universität Zürich* Umbauten vorgenommen. Im Rahmen dieser Umbauten werden die Beleuchtungsanlagen mit den neuen fremdspeisungsfreien Präsenzmeldern ausgerüstet. Die Dokumentation ist noch nicht abgeschlossen, da die Umbauten noch andauern.

Umfrage der Benutzerzufriedenheit

Die Benutzerzufriedenheit konnte noch nicht begonnen werden, da die Umbauten der P+D Anlagen noch nicht abgeschlossen sind.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Neue Elektronik-Komponenten

Die Analyse bestehender Beleuchtungsinstallationen hat gezeigt, dass diese mit entsprechenden Funk-Komponenten einfach mit einer Beleuchtungssteuerung nachgerüstet werden können. Das untenstehende Schema zeigt das Funktionsprinzip einer solchen umgerüsteten Beleuchtungsanlage:

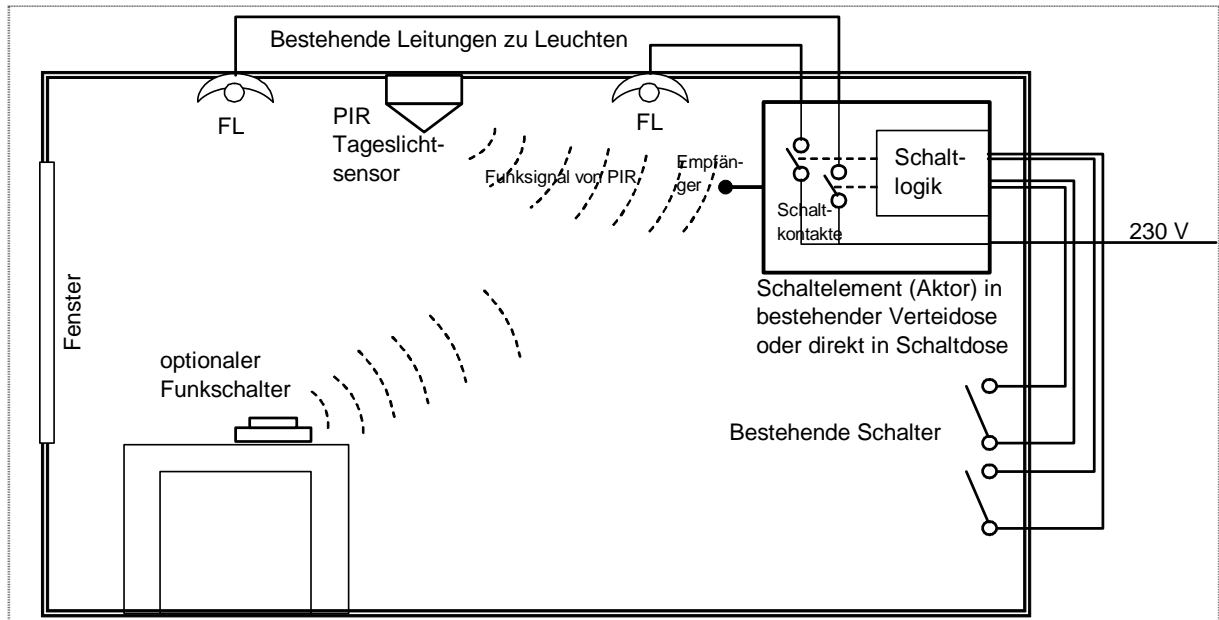


Fig. 1 Prinzipschema einer nachgerüsteten Beleuchtungsanlage mit Funk-PIR (ohne fremde Stromversorgung und Schaltaktor zur Steuerung der Beleuchtung).

Funktionsweise

Ein Funk-Präsenzmelder (Funk-PIR), der ohne fremde Stromversorgung und damit ohne entsprechende Installationen auskommt, übermittelt das Präsenzsensignal und den Zustand des Tageslicht-Schaltwertes per Funk an einen Schaltaktor. Der Schaltaktor wird ebenfalls an die bestehenden Schalter und Impulstaster angeschlossen. Die Schaltlogik ist so programmiert, dass bei Betätigung der bestehenden Schalter das Licht eingeschaltet wird (Auswertung der Schaltflanke bei konventionellen Schaltern oder des Schaltimpulses bei Impulstaster). Die Beleuchtung wird dann automatisch wieder ausgeschaltet, wenn vom Funk-PIR keine Präsenz mehr gemeldet wird oder der Tageslicht Sollwert erreicht ist. Ein manuelles Ausschalten der Beleuchtung über die bestehenden Schalter ist ebenfalls möglich.

Entwicklung benötigter Elektronikkomponenten

Für die Entwicklung der für die Nachrüstungskonzepte benötigten Elektronikkomponenten haben wir *Hardmeier Electronics* als Projektpartner ausgewählt. Diese Firma besitzt grosse Erfahrung im Bau von Präsenzmeldern und auch mit der Funktechnologie von EnOcean® [2], mit der sie schon Elektronikkomponenten hergestellt hat. Zudem hatte die Entwicklungsabteilung von *Hardmeier Electronics* bereits vor Projektbeginn mit Bewegungsmeldern experimentiert, die von einer Photozelle versorgt werden.

Fremdspeisungsfreier Präsenzmelder (PIR) mit Tageslichtsensor

Zentrales Element für die Nachrüstungskonzepte ist ein Funk-PIR, der ohne fremde Energieversorgung oder Batterien auskommt. Dies ist deshalb so wichtig, weil bei bestehenden Beleuchtungs-Installationen es oft sehr schwierig und aufwändig ist, die Versorgungsleitungen für den PIR optisch befriedigend zu installieren. Zudem soll der Installationsaufwand möglichst minimiert werden.

Der Firma *Hardmeier Electronics* ist es gelungen einen PIR zu entwickeln, dessen Stromverbrauch so tief ist, dass eine Indoor Photozelle (ca. 50 cm²) ausreicht um ihn mit soviel Energie zu versorgen, dass er, wenn der Speicher voll geladen ist, 2 – 3 Tage ohne Licht funktionstüchtig bleibt. Zudem ist der PIR, wenn der Speicher leer ist, bei genügend Licht (z.B. bei wieder eingeschalteter Beleuchtung) innerhalb weniger Minuten wieder einsatzbereit.

50 Prototypen des PIR, wurden hergestellt. 23 davon sind seit Februar 2007 in unserer P+D Anlage an Attenhoferstrasse 8 im Einsatz (siehe weiter unten).

In der Zwischenzeit hat die Firma *Hardmeier Electronics* den Präsenzmelder weiterentwickelt und zur Marktreife gebracht. Das Produkt hat jetzt den offiziellen Namen **SENSOLUX**.



Fig. 2 Der neu entwickelte **SENSOLUX** Funk-Präsenzmelder. Zwei Indoor-Photozellen (dunkle Streifen) erzeugen die für den Betrieb des Präsenzmelders notwendige Energie.

Die Firma *Hardmeier Electronics* war an der diesjährigen Ineltec Elektronik Messe mit diesem Produkt mit einem eigenen Stand vertreten und stiess auf reges Interesse. Die Markteinführung findet Anfang 2008 statt. Vertriebswege in der Schweiz und in Deutschland sind bereits gesichert und versprechen einen breiten Absatz.

Schaltaktor (Schaltelement)

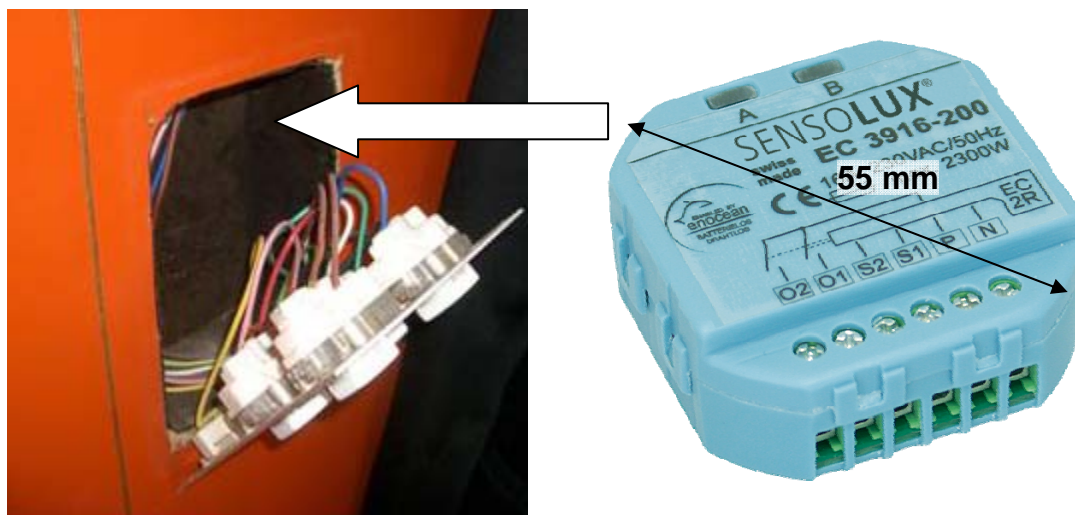


Fig. 3 Der neu entwickelte **SENSOLUX**-Aktor. Mit einem Actor können zwei Beleuchtungsgruppen individuell geschaltet werden. Der Actor hat so kleine Abmessungen, dass er bequem in einer Schaltdose hinter dem bestehenden Schalter Platz findet. Die bestehenden Schalter werden auf die Anschlüsse S1 und S2 geführt.

Das SENSOLUX System umfasst den Sensor (SENSOLUX Funk-Präsenzmelder) und den Schaltaktor, der die Funksignale des SENSOLUX PIR empfängt, auswertet und die Beleuchtung entsprechend ein- oder ausschaltet. Der Schaltaktor hat neben dem Funkempfänger noch zwei fest verdrahtete

Steuereingänge. Damit ist es möglich eine Beleuchtungsanlage umzubauen, ohne dass Veränderungen an der Schaltstelle vorgenommen werden müssen. Die Drähte der Schaltgruppen müssen nur an den Aktor angeschlossen werden. Der Aktor wird dann entweder im Verteilkasten oder direkt hinter der bestehenden Schaltstelle montiert. Der Steuereingang reagiert sowohl auf Impulstaster als auch auf Schalter.

Ebenfalls kann der SENSOLUX Schaltaktor die Signale von verschiedenen piezoelektrisch betriebenen Funkschaltern (keine Batterie notwendig) auswerten und in Schaltaktionen umsetzen. Damit kann eine Beleuchtungsanlage ohne Installationsaufwand mit zusätzlichen Schaltstellen erweitert werden. Eine Anwendung hierfür ist zum Beispiel ein zusätzlicher Schalter auf dem Lehrerpult oder am Arbeitsplatz.



Fig. 4 Das SENSOLUX System kann mit batterieless betriebenen Funkschaltern ergänzt werden. Ein Hand-sender dient zum bequemen Einstellen der Sollwerte und Parameter der Steuerung.

P+D Anlagen Attenhoferstrasse 8



Fig. 5 Pilotanlage Attenhoferstrasse 8 mit SENSOLUX (Prototyp, Pfeil) ausgerüsteter Raum. Einfache Montage des Präsenzmelders durch Anschrauben oder ankleben einer Grundplatte an der Decke. Der PIR wird über einen Bajonettverschluss an der an der Grundplatte befestigt.

Partner für die Realisation der P+D ist die *Universität Zürich* (Herr Bernhard Brechbühl, Abteilung Bauten und Räume). Die *Uni Zürich* hat grosse Erfahrung im Einsatz von Präsenzmeldern für die Beleuchtungssteuerung.

Als P+D Anlagen für die Erprobung der neuen Beleuchtungssteuerungskonzepte wurden 23 Räume an der Attenhoferstrasse 8 in Zürich mit Prototypen des SENSOLUX Systems ausgerüstet. Diese Räume wurden im Rahmen eines Benutzerwechsels umgebaut und im Februar 07 in Betrieb genommen.

Erste Erfahrungen

Als Funktionsüberprüfung der Beleuchtungssteuerung wurde über das Betriebssignal der Beleuchtung von 10 Räumen aufgezeichnet. Damit lässt sich die korrekte Funktionsweise der Steuerung indirekt überprüfen. Die untenstehende Grafik der Betriebssignale zeigt, dass die Beleuchtung ausserhalb der Betriebszeiten immer ausgeschaltet ist. Ebenfalls zeigt sich, dass die Beleuchtung an schönen Tagen deutlich weniger lang eingeschaltet ist (Tageslichtnutzung).

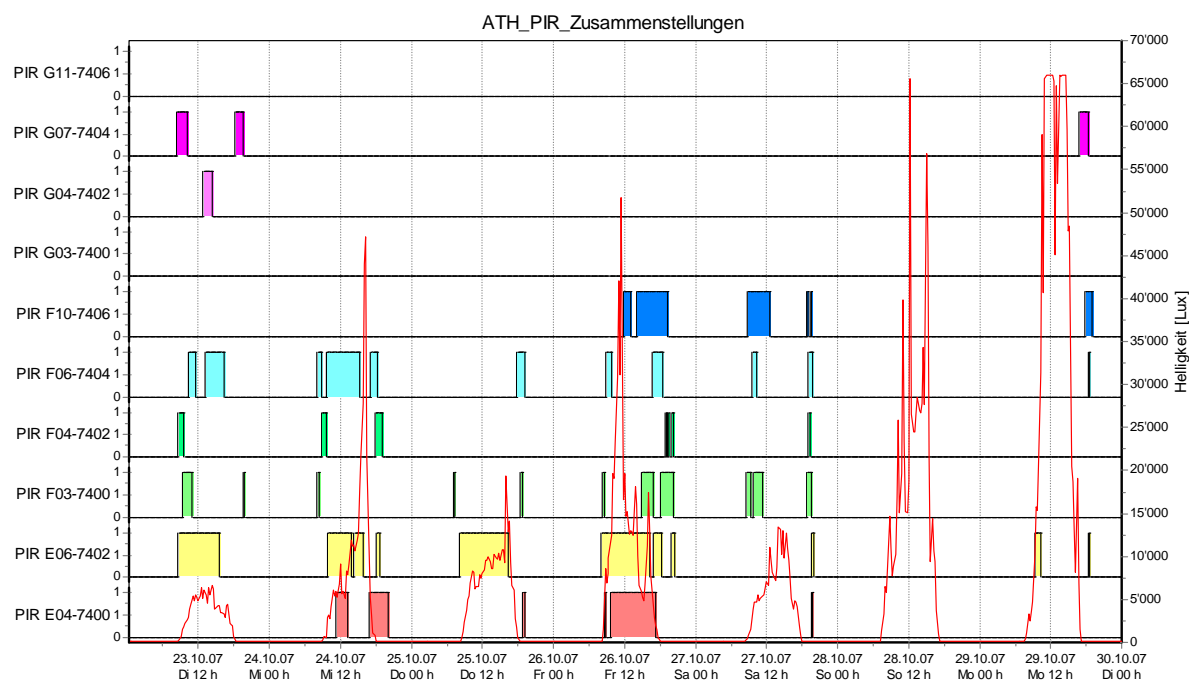


Fig. 6 Aufzeichnung der Einschaltzeiten der Beleuchtung von 10 Räumen. Dem Diagramm überlagert ist Aussenhelligkeit (rote Kurve)

Aus den Messungen lässt sich nicht erkennen, ob für das Ausschalten der Beleuchtung jeweils die Steuerung oder das manuelle Ausschalten der Beleuchtung durch den Benutzer für das konsequente Ausschalten der Beleuchtung verantwortlich ist. Um dies noch besser überprüfen zu können werden wir mit einer Videokamera von der Fassade Zeitrafferaufnahmen durchführen und so eine Funktionskontrolle der Steuerung der beobachteten Fassade liegenden Räume durchführen. Um den Datenschutz zu gewähren werden die Bilder in der Qualität so reduziert, dass auf ihnen keine Personen zu erkennen sind.

Ebenfalls ist eine Benutzerumfrage in Vorbereitung. Diese wird im 1. Quartal 2008 durchgeführt

Einsatz des Funk-PIR bei Stehleuchten

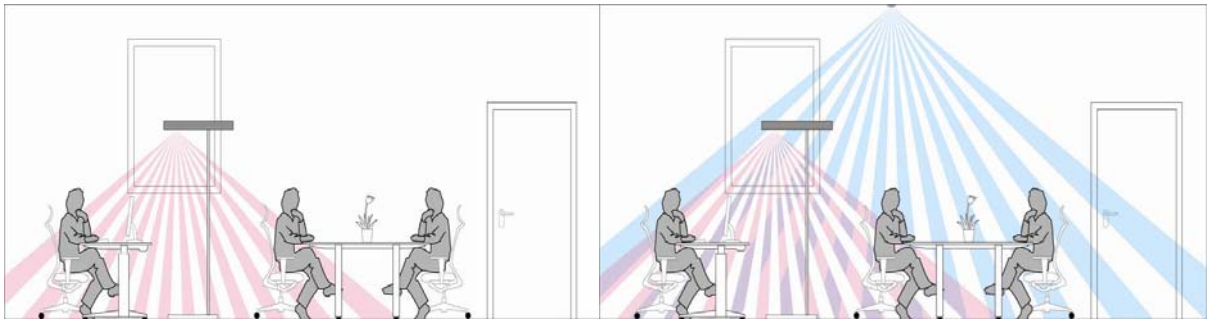


Fig. 7 In Stehleuchten eingebaute Präsenzmelder haben einen kleinen Erfassungsbereich. Von der Stehleuchte ausgeleuchtete Randbereiche wie z.B. eine Sitzungscke werden vom Präsenzmelder ungenügend erfasst (Grafik links). Mit einem an der Decke montierten Funk-PIR, kann ein grösserer Bereich erfasst werden. Mit einem in der Zuleitung der Stehleuchte angeschlossenen Aktor kann damit das Schaltverhalten deutlich verbessert werden.

Zurzeit gibt es diverse Stehleuchten, die mit einem Präsenzmelder und einem Tageslichtsensor ausgerüstet sind. Dieser hat die Aufgabe, die Stehleuchte auszuschalten, wenn keine Präsenz mehr am jeweiligen Arbeitsplatz registriert wird, oder wenn das Tageslicht ausreichend ist. Da der Präsenzmelder in der Leuchte integriert ist hat dies gewisse Einschränkungen für Funktion der Steuerung zur Folge.

- Der Erfassungsbereich des Präsenzmelders ist klein und nicht immer ideal auf den Arbeitsplatz ausgerichtet.
- Üblicherweise funktioniert die Steuerung vollautomatisch (automatisch ein- und ausschalten), da im Dunkeln der Schalter an der Leuchte nur schwer gefunden werden kann. Der Benutzer wird entmündigt, weiteres Energiesparpotential wird nicht genutzt. Zudem schalten vorbeigehende Personen die Beleuchtung automatisch ein, auch wenn dies nicht gewünscht und oft nicht nötig ist.
- Das Einschalten von einem Schalter am Eingang des Büros ist nicht möglich.

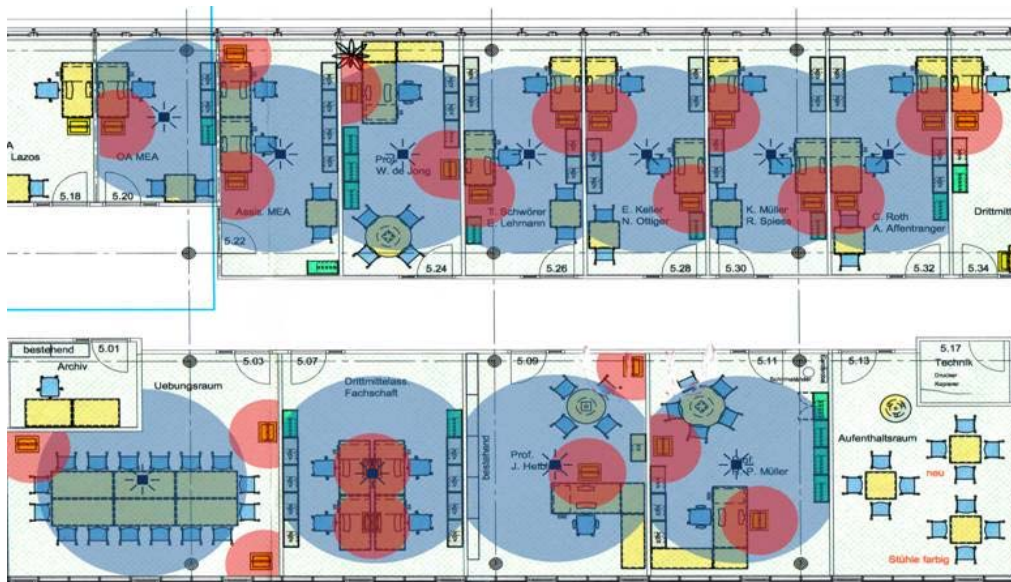


Fig. 8 Beispiel eines Büroplans in dem die Räume mit Stehleuchten ausgeleuchtet sind. Rot (kleine Kreise:) Erfassungsbereich des Stehleuchten-PIR, blau (grosse Kreise): Erfassungsbereich Funk-PIR. In den meisten Möblierungssituationen ergeben sich mit dem Funk-PIR bessere Situationen für die Erfassung der Präsenz.

Mit dem SENSOLUX Funk-PIR und einem entsprechenden SENSOLUX Aktor, der in der Zuleitung zur Stehleuchte angeschlossen wird, können die oben erwähnten Probleme gelöst werden. Der SENSOLUX Aktor kann auch mit Funkschaltern von beliebigen Stellen im Raum ein- und ausgeschaltet werden.

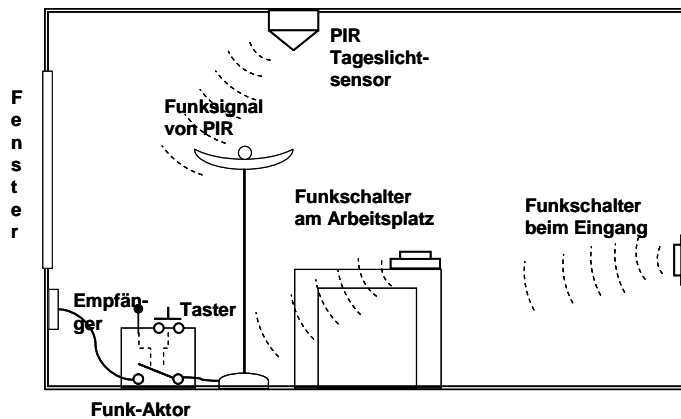


Fig. 9 Links: Prinzipielle Funktionsweise Stehleuchte mit an der Decke Montierten Funk-PIR. Rechts: Prototyp des Funkaktors für Stehleuchten.

Um das oben Beschriebene Konzept zu testen, hat die Firma Hardmeier Electronics einen Aktor-Prototyp für Stehleuchten entwickelt, der einfach zwischen Lampe und Steckdose gesteckt werden kann. Dieser neue Aktor wird zur Zeit in einer weiteren Pilotanlage, im Gebäude „Careum“ an der Uni Zürich getestet

Erkenntnisse aus Feldanalyse von ausgeführten Schaltungen

In älteren Schulhäusern wurden in der Regel die Beleuchtungsanlagen zwischen 1980 und 2000 mit Spiegelrasterleuchten erneuert. Teilweise wurden dabei auch die Schaltungen angepasst. Bei den besuchten Schulhausanlagen in Baar und Thalwil haben wir einige typische Schaltungen vorgefunden. In der Regel werden zwei bis drei FL-Bänder parallel zu den Fenstern und ein FL-Band oft mit zwei Leuchten parallel zur Tafel installiert. Bei älteren Objekten, sind noch separat geschaltete FL für die Kartenbeleuchtung (oder Leinwandbeleuchtung) neben der Wandtafel zu finden.

Üblicherweise werden die FL-Bänder separat geschaltet. Wenn das Schulzimmer über zwei innenliegende FL-Bänder verfügt werden diese auch oft mit einem eigenen Schaltkreis zusammengefasst. Im Gespräch mit den Benutzern wurde festgestellt, dass zu viele Schalmöglichkeiten oft nicht genutzt werden. Zu viele Schaltkreise mit unklaren Bezeichnung und Anordnung der Schalter können die Benutzer auch verwirren und bringen den erhofften Komfort nicht.

Schulzimmer für ca. 25 Schüler und Büroräume für ca. 6 bis 8 Personen haben in der Regel eine Raumbreite von 6m bis 9m und eine Fläche von ca. 50m² bis 100m².

Die spezifisch installierten Leistungsdichten reichen von ca. 8.8W/m² bis ca. 19.2W/m².

Festgestellt wurde, dass keine generelle Standard-Lösung im Bereich der Schaltungen vorgefunden wurden. Die installierten Schaltungen sind grundsätzlich ähnlich. Der SENSOLUX ist bei allen vorgefundenen Schaltungen einsetzbar.

Nachfolgend sind die vorgefundenen elektrischen Schaltungen in den betrachteten Schulhäusern grob skizziert und bildlich dargestellt.

Gebäude	Schaltkreise / Verdrahtung	Leitungsführung
Sternmatt I	5 Schaltkreise 230V direkt	mit Schlaufdose
Sternmatt II	4 Schaltkreise 230V direkt, mit Dimmer	von Schaltstelle direkt zu Leuchten
Marktgasse	4 Schaltkreise mit Taster	von Tableau mit Schrittschaltern zu Leuchten
Feld	6 Schaltkreise 230V direkt	von Schaltstelle direkt zu Leuchten

Grundsätzlich kann für Schulzimmer folgendes festgestellt werden:

- Die Beleuchtungsanlagen sind oft mit drei bis sechs Schaltkreisen unterteilt.
- Die Schaltkreise werden direkt mit 230V oder über einen Taster und Schrittschalter verdrahtet.
- Der Funk-Aktor muss in den Lampenkreis im Schalter oder der Lampe eingebaut werden können. In der Regel wurden keine Schlaufdosen im Schulzimmer vorgefunden.

Schulhaus Sternmatt I, Baar, Ausweichzimmer

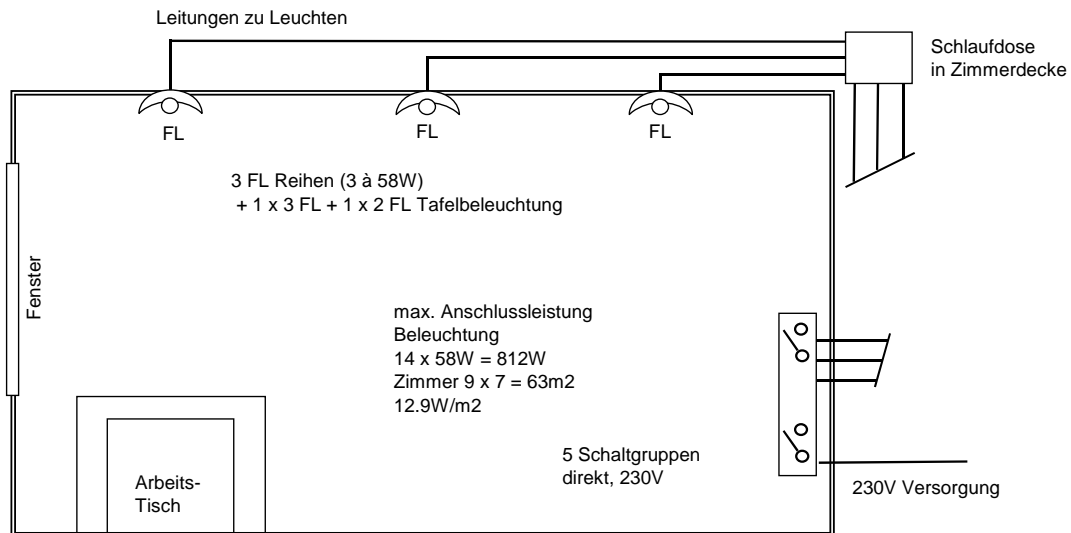


Fig. 10 Schulhaus Sternmatt I ca. 1960, Baar:
5 Schaltkreise direkt 230V verdrahtet, Leitung über Schlaufdose im Korridor geführt

Schulhaus Sternmatt II Baar, Raum 213

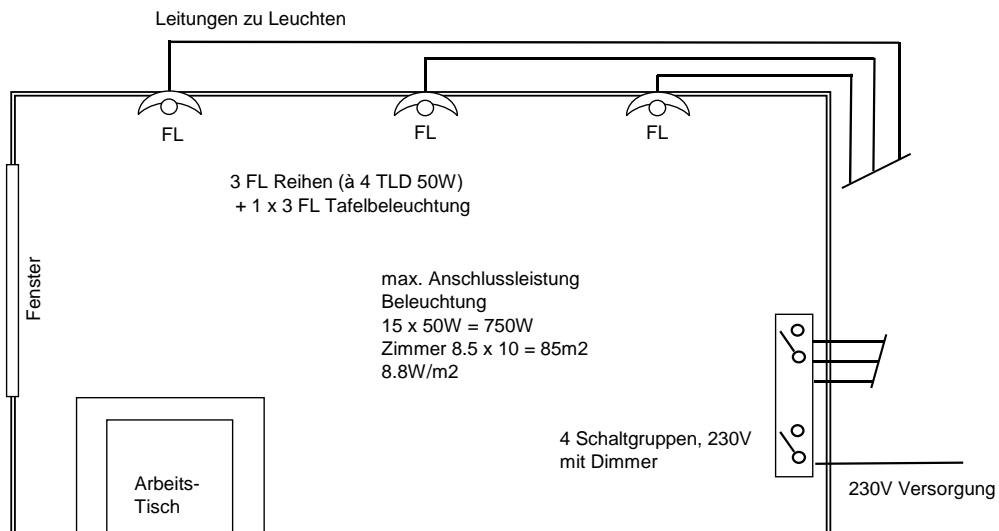


Fig. 11 Schulhaus Sternmatt II 1995, Baar:
4 Schaltkreise direkt 230V verdrahtet mit Dimmer, Leitung direkt zu Leuchten geführt

Schulhaus Marktgasse 2, Baar, Zimmer 15

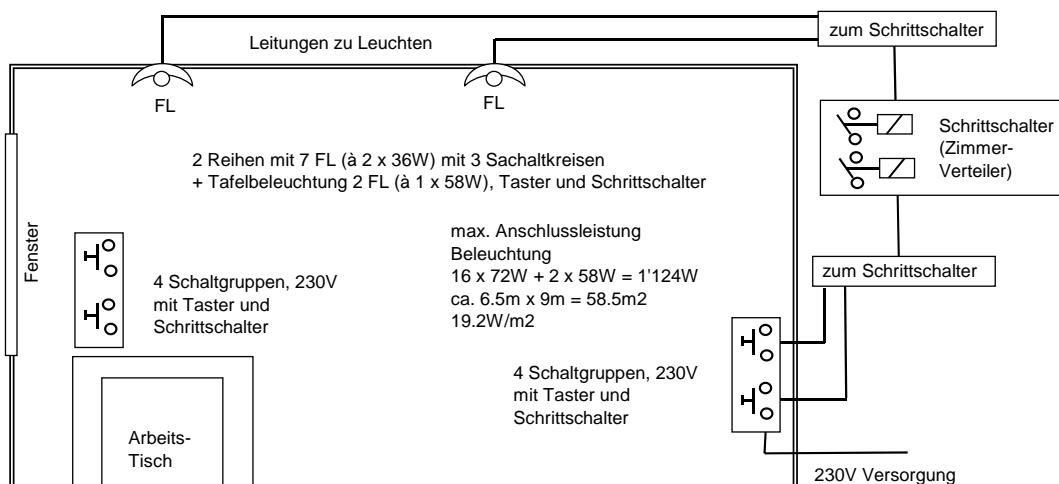


Fig. 12 Schulhaus Marktgasse ca. 1940, Baar:
4 Schaltkreise mit Taster und Schrittschalter, Leitung von Tableau zu Leuchten geführt

Schulhaus Feld, Thalwil, Zimmer 13 (mehrere Zimmer gleich)

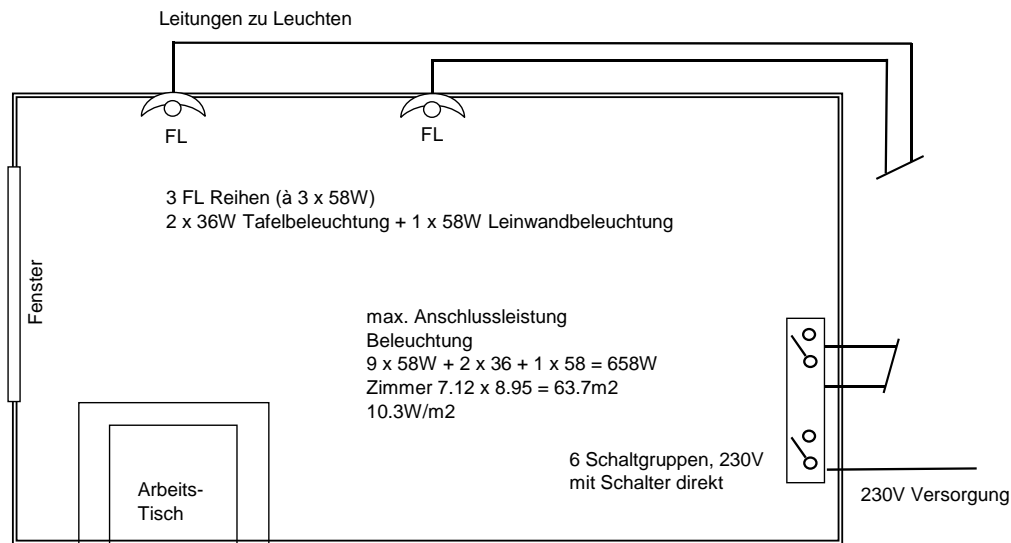


Fig. 13 Sekundar-Schulhaus Feld ca. 1950, Thalwil:
6 Schaltkreise direkt 230V verdrahtet, Leitung direkt zu Leuchten geführt

Website

Mit der im Projekt offerierten Erstellung einer Website mit Informationen zum Thema Beleuchtungssteuerung wurde begonnen. Erste Inhalte werden im Dezember 07 publiziert.

Diese können dann unter

www.beleuchtungssteuerung.ch
 angeschaut werden.



Fig 13 Erscheinungsbild Homepage beleuchtungssteuerung.ch

Nationale Zusammenarbeit

Im Projekt besteht folgende Zusammenarbeit:

Universität Zürich Abteilung Bauten und Räume Herr Bernhard Brechbühl

Hardmeier Electronics Winterthur Herr Willy Beugger Geschäftsführer

Die Rolle der beiden Partner ist im Text bereits erwähnt

Internationale Zusammenarbeit

Zurzeit besteht keine internationale Zusammenarbeit.

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Die Erfahrungen mit der Pilotanlage an der Attenhoferstrasse haben gezeigt, dass das Konzept mit dem fremdspeisungsfreien Funk-PIR gut funktioniert und sich bewährt. Das Konzept ist nicht nur für Sanierungen interessant. Auch für Neuinstallationen bietet das Konzept mehr Flexibilität, da der Funk-PIR einfach versetzt werden kann, wenn sich z.B. in einem Büro die Möblierung und Arbeitsplatzeinteilung ändert. Ebenfalls kann die Installation einfach durch weitere Funk-PIR ergänzt werdend, wenn dies die Situation erfordert.

Die Markteinführung der neu entwickelten Funk Komponenten im 2008 ist vielversprechend. Die Firma Hardmeier Electronics konnte hierfür auch in Deutschland einen Vertriebspartner finden. Somit kann das Produkt in einem grossen Markt lanciert werden.

Im 2008 wird Das Forschungsprojekt abgeschlossen. Mit den neu entwickelten Produkten, der Website mit praktischen Tipps und den Erkenntnissen aus der Projektarbeit hoffen die Projektpartner zur weiteren Verbesserung der Effizienz von Beleuchtungsanlagen beizutragen.

Referenzen

[1] <http://www.hardmeier-electronics.ch/>

[2] <http://www.enocean.de/indexd.html>