



NACHRÜSTUNG VON BELEUCHTUNGEN MIT BEDARFSSTEUERUNG

Jahresbericht 2006

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-Programmleiter	Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	Feb. 2006 – Jul. 2008
Datum	14.12.06

ZUSAMMENFASSUNG

Auf Grund der Analyse der Beleuchtungsinstallationen von Schulzimmern und Büroräumen wurden Sanierungskonzepte für die einfache Umrüstung auf Bedarfssteuerung mit Präsenzmeldern entwickelt. Kernstück dieser Konzepte sind neue elektronische Sensoren die über Enocean® Funktechnologie elektronische Schalter (Aktoren) steuern. Diese Technologie erlaubt eine Nachrüstung ohne aufwändige Elektroinstallationen.

Kernstück der Sanierungskonzepte ist ein Präsenzmelder (PIR), der von mit einer Indoor Fotozelle gespeist wird und so ohne die Installation von Versorgungsleitungen montiert werden kann.

Die Firma Hardmeier Electronics hat einen solchen Präsenzmelder entwickelt. Zurzeit sind 50 Prototypen im Selbsttest und können Ende Jahr in einem Feldversuch getestet werden.

Im Rahmen eines Umbaus an der Universität Zürich werden die neuen Präsenzmelder eingesetzt und als P+D Anlagen 2007 getestet.

Die Analyse der Beleuchtungsinstallationen hat folgende wichtige Erkenntnisse ergeben:

- Zu viele Schaltgruppen (bis zu 5 pro Klassenzimmer) sind für den Benutzer eher verwirrend.
→ Reduktion bei der Umrüstung auf 2 bis maximal 3 Schaltgruppen (z.B. Fenster- und Innenzone).
- Wider erwarten weisen die meisten Installationen keine Schlaufdose auf.
→ Der Aktor muss direkt hinter der Schaltstelle angebracht werden können.
- Die meisten untersuchten Schulzimmer weisen Spiegelrasterleuchten auf.
→ Hier ist die Umrüstung auf Bedarfssteuerung besonders sinnvoll, da bei genügend Tageslicht nicht mehr realisiert wird, dass die Beleuchtung eingeschaltet ist.

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 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 das Berichtsjahr 2006 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.

Antrag auf Projektverlängerung

Offizieller Projektstart, Realisation der P+D Anlagen und Entwicklung der Präsenzmelder haben zeitliche Verzögerungen erfahren. Hierfür liegen folgende Gründe vor:

- Der Offizielle Projektstart hat sich aus Finanztechnischen Gründen von September 05 auf Februar 06 verzögert.
- Der für die Realisation der P+D Anlagen vorgesehene Umbau an der Attenhoferstrasse hat sich aus Organisatorischen Gründen in den Herbst/Winter 06 verzögert
- Die Entwicklung des Präsenzmelders hat sich ebenfalls verzögert, da andere Entwicklungsprojekte in der Firma *Hardmeier Electronics* vorgezogen werden mussten.

Dem entsprechend wurde ein Antrag um Projektverlängerung um ein Jahr bei der für das Projekt zuständigen Stelle eingereicht.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Analyse gängiger Beleuchtungsinstallationen

Die Aufnahmen in den fünf Schulhäusern mit Erstellungsjahren von ca. 1950 bis 2001 sind alle bereits seit der Erstellung oder seit Umbauarbeiten mit Spiegelrasterleuchten ausgerüstet. Die Primar- und Sekundarschulhäuser sind typischerweise für Klassengrößen von ca. 25 Schüler konzipiert und weisen eine Grösse von ca. 8m Tiefe und 12m Länge auf. Bei den Begehungen wurden Klassenzimmer mit drei bis sechs Schaltgruppen vorgefunden. Bei den älteren Objekten sind die Phase auf die Schaltstelle und der Lampendraht von der Schaltstelle auf die Lampe geführt. Es existiert weder eine Schlaufdose in der Decke oberhalb der Schaltstelle noch eine Schlaufdose im Korridorbereich direkt ausserhalb des Klassenzimmers. In neueren Gebäuden werden an der Schaltstelle bei der Türe des Klassenzimmers Taster eingesetzt. Die Impulstaster und die Lampendrähte werden in einem zentralen Geschossverteiler zusammengeführt. Die Schaltung erfolgt über im Geschossverteiler installierten Schützen.

In diversen Klassenräumen ist teilweise nur eine Lampengruppe über eine Wechselschaltung (Schema 3) auch vom Lehrerpult oder in unmittelbarer Nähe davon geschaltet werden.

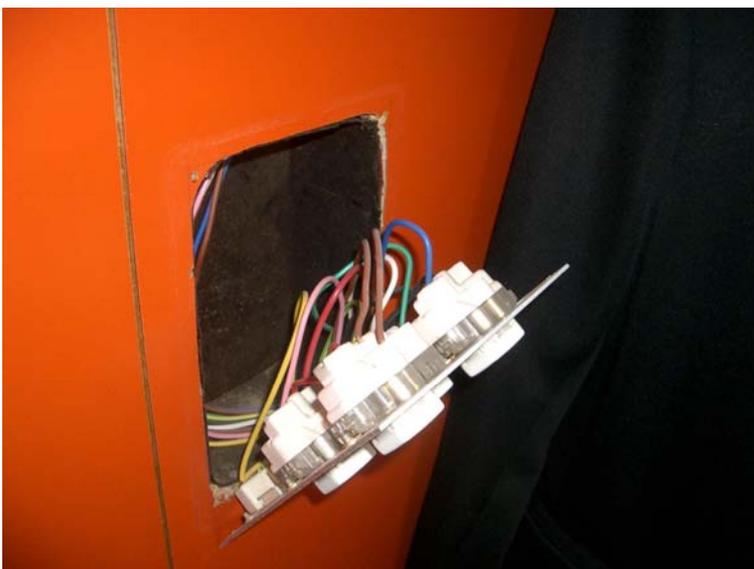


Bild 1 Schaltstelle in einem Klassenzimmer, Sekundarschulhaus Sternmatt II in Baar der Schaltaktor muss im Hohlraum hinter der Schaltstelle untergebracht werden (evtl. aufbohren)



Bild 2 Schaltstelle in einem Klassenzimmer in Thalwil, zu viele Schaltgruppen sind eher verwirrend, der Akteur könnte an der frei werdenden Stelle eines Schalters installiert werden

Die Luxmessungen wurden jeweils an der Decke der Räume, an der Stelle wo der Solar-Funk-PIR montiert wird gemessen. Nahezu alle Schulzimmer haben grossen Fenster und selten eine grössere Raumtiefe als 7 bis 9m. Die vorgefundenen Raumgrössen haben eine Innenraumfläche von 63m² bis 85m² und werden für verschiedene Unterrichtsstunden genutzt. Der Solar-Funk-PIR wird in der Regel mit einem Abstand von 3 bis 4m zum Fenster montiert. Kurz vor der Dämmerung wurde im Frühling an der Decke eine minimale Lichtstärke von 70lx gemessen. Der Solar-Funk-PIR könnte aber auch in Fensternähe an einer Stelle mit guter Besonnung angebracht werden. Dies würde die Ladung des Energiespeichers wesentlich begünstigen.

Die elektrischen Aufnahmeleistungen der Deckenbeleuchtung in den oben erwähnten typischen Klassenzimmern beträgt ca. 650W bis 1'270W. Üblicherweise sind 10 bis 16 Stück FL-Leuchten mit einer Aufnahmeleistung von 36W oder 58W pro Stück installiert. Es wurden spezifisch installierte Leistungsdichten von 8.8W/m² bis 12.9W/m² festgestellt.

Aus den Begehungen wurden folgende wichtige Erkenntnisse festgestellt.

- nahezu alle Schulräume sind mit Spiegelrasterleuchten ausgerüstet.
→ Hier ist die Umrüstung auf Bedarfssteuerung besonders sinnvoll, da bei genügend Tageslicht nicht mehr realisiert wird, dass die Beleuchtung eingeschaltet ist.
- zu viele Schaltgruppen sind für die diversen unterschiedlichen Benutzer eher verwirrend (siehe Bild 2 Beispiel Klassenzimmer in Thalwil).
→ Reduktion bei der Umrüstung auf 2 bis maximal 3 Schaltgruppen (z.B. Fenster- und Innenzone). Die frei werdende Stelle eines Schalters schafft Platz für den Akteur.
- viele Lampengruppen sind ohne Schlaufdosen direkt ab der Schaltstelle verdrahtet. Dies benötigt Platz für den Akteur in der Schaltstelle oder in einer separat installierten Aufputzdose (siehe Bild 1 Beispiel Schulhaus Sternmatt II in Baar).
→ Der Akteur muss direkt hinter der Schaltstelle angebracht werden können.

Das Institut der Universität Zürich an der Attenhoferstrasse 8 besteht weitgehend aus Büroräumen zwischen 13m² und 22m² Grundfläche. Die Büros werden von einer bis drei Personen belegt. Zusätzlich werden zwei Konferenzräume mit Flächen von 25m² und 39m² erstellt. Der Innenausbau inkl. der Beleuchtung wird zurzeit (Sept. 06 bis Jan. 07) neu gestaltet. Die Solar-Funk-PIR werden an der Decke in der Raumachse in ca. 1/3 der Raumlänge zum Fenster installiert. Die alten Büroräume waren alle mit konventionellen Schaltern an der Bürotüre (Sch3 oder Sch1) ausgerüstet.

Konzepte für Nachrüstungen

Aus den Erkenntnissen der bisher untersuchten Beleuchtungsinstallationen wurden bisher 5 verschiedene Konzepte für die Nachrüstung mit einer Bedarfssteuerungen entwickelt. Als Beispiel für ein solches Konzept ist hier die Situation mit einer Beleuchtungsanlage mit mindestens zwei geschalteten Beleuchtungsgruppen aufgezeigt (siehe Bild 3):

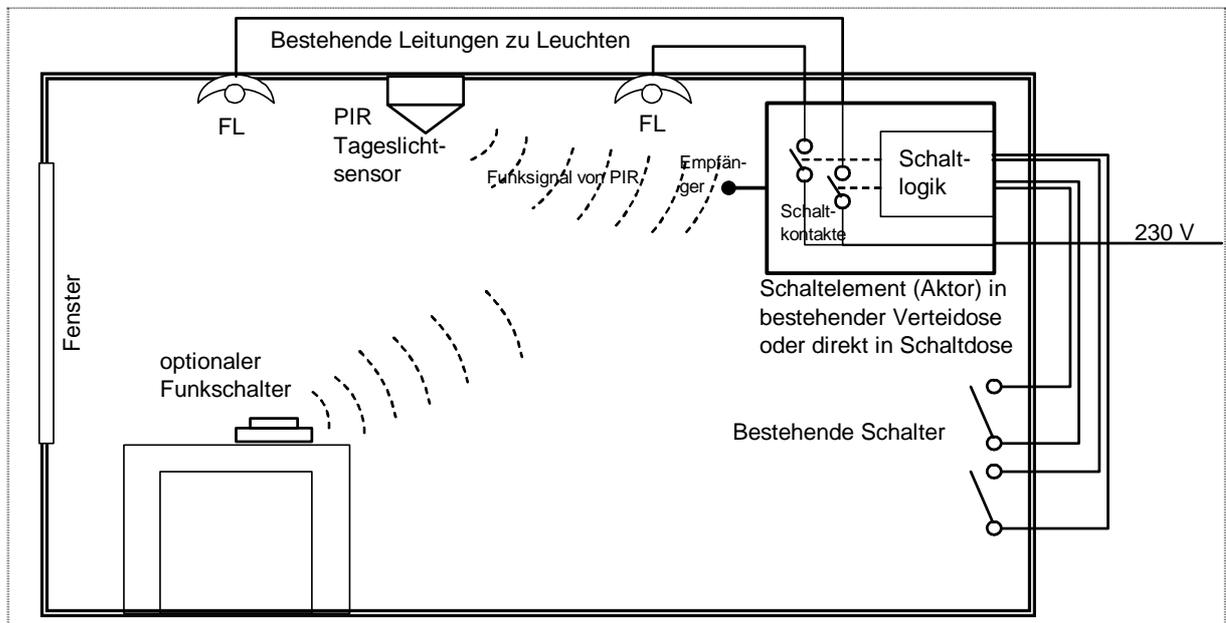


Bild 3 Prinzipschema für eine Nachrüstung einer Beleuchtung mit zwei oder mehr geschalteten Beleuchtungsgruppen. Der Aktor kann entweder in der Verteildose oder direkt in der Schaltdose untergebracht werden

Bestehende Installation / Voraussetzungen

Mehrere Beleuchtungszonen werden über jeweils einen Handschalter geschaltet. Es besteht eine Verteildose von der aus die Leitungen zu den Schaltern und zu den Leuchten verdrahtet sind. Die Verteildose besitzt einen 230 V Anschluss. Alternativ besteht die Möglichkeit, das Schaltelement (Aktor) direkt in der Schaltstelle (Schalterkombination) unterzubringen (genügend Platz vorhanden oder Aufbohren der Dose)

Funktion der Sanieren Beleuchtung

Über den bestehenden Handschalter kann das Licht zonenweise manuell ein- und ausgeschaltet werden.

Wenn keine Personen mehr anwesend sind (PIR) oder genügend Tageslicht vorhanden ist, wird vom PIR ein Funksignal ausgesendet, das in der Schaltlogik bewirkt, dass das Licht ausgeschaltet wird.

Benötigte Steuer- und Schaltkomponenten und deren Funktion

Präsenzmelder (PIR) mit Tageslichtsensor: Der PIR ist so konstruiert, dass er ohne Fremdspeisung auskommt (z.B. Speisung über Indoor Photozelle)

Wenn der PIR nach einer bestimmten einzustellenden Nachlaufzeit keine Bewegung feststellt, oder genügend Tageslicht gemessen wird, sendet er ein Funksignal zum Ausschalten der Beleuchtung aus.

Für den Tageslichtsensor können zwei unterschiedliche Schwellenwerte eingestellt werden. Damit können zwei Beleuchtungsgruppen gestaffelt ausgeschaltet werden (z.B. Fensterreihe und Innenreihe).

Schaltelement montiert in oder neben der bestehenden Verteildose oder direkt in der Schaltdose: Das Schaltelement besitzt zwei oder mehr Eingänge an die die bestehenden Leitungen zu den Schaltern angeschlossen werden können. Die Logik des Schaltelements detektiert die Änderung des Schaltzustandes und benutzt diese Änderung als Schaltbefehl um den aktuellen Zustand des Schalt-

kontaktes zu ändern (von ein zu aus oder umgekehrt. Ein Empfänger empfängt die Steuersignale des PIR und schaltet die Beleuchtung bei Bedarf wieder aus. Optional kann das Schaltelement auch von einem externen Funkschalter (z.B. Piezo-Funkschalter) aus geschaltet werden.

Optionaler Funkschalter: Zusätzlich zu den bestehenden Schaltern können noch weitere piezoelektrisch betriebene Schalter im Raum montiert werden, mit denen das Licht über das Schaltelement ein oder ausgeschaltet werden kann (z.B. am Lehrerpult)

Die so beschriebenen Sanierungskonzepte wurden an die Entwickler von *Hardmeier Electronics* weitergegeben und dienen als Grundlage für die Entwicklung der benötigten Elektronikkomponenten (PIR mit Tageslichtsensor und Aktor mit verdrahteten Schalteingängen)

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 PIR experimentiert, die von einer Photozelle versorgt werden.

Fremdspeisungsfreier Präsenzmelder (PIR) mit Tageslichtsensor

Zentrales Element für die Nachrüstungskonzepte ist ein PIR, der ohne Fremde Energieversorgung oder Batterien auskommt. Dies ist deshalb so wichtig, weil bei bestehenden Beleuchtungen 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. 60 cm²) ausreicht um den PIR mit soviel Energie zu versorgen, dass er, wenn der Speicher voll geladen ist, 2 – 3 Tage ohne Licht funktionstüchtig bleibt.

Drei Labormodelle werden zurzeit in verschiedenen Räumen (Gang, Büro und Labor) getestet. Dabei kommt jetzt mit dem Winter eine interessante Zeit, in der es sich zeigt, ob die Photozelle bei geringerem Tageslicht und das Kunstlicht der Beleuchtung noch genügend Energie liefern, um die Versorgung sicher zu stellen.

50 Prototypen, die in den P+D Anlagen eingesetzt werden sollten, sind produziert und werden zurzeit einem Selbsttest (Tests in denen die geforderten Spezifikationen überprüft werden) unterzogen.

Der Montageaufwand für diese Präsenzmelder ist gering. Mit einer Schraube wird ein Sockel an der Decke montiert, auf den der PIR gesteckt werden kann.

Aktor (Schaltelement)

Aktoren, die mit *Enocean*[®] Funktechnologie arbeiten sind bereits in verschiedener Form erhältlich. *Hardmeier Electronics* hat ebenfalls solche Aktoren produziert. Die Analyse der bestehenden Installationen hat jedoch gezeigt, dass der Aktor neben dem Funkempfänger auch noch fest verdrahteten Steuereingang haben sollte. 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 am Verteilkasten oder direkt hinter der Schaltstelle montiert. Um einen möglichst flexibel einsetzbaren Aktor zu erhalten, sollte der Steuereingang sowohl auf Impulstaster als auch auf Schalter reagieren. Da Aktoren mit diesen Spezifikationen noch nicht auf dem Markt erhältlich sind, wird von *Hardmeier Electronics* zurzeit eine solche Komponente entwickelt.

Funkschalter

Verschiedene piezoelektrisch betriebene Funkschalter (keine Batterie notwendig) sind auf dem Markt erhältlich und können problemlos ins Konzept integriert werden.

P+D Anlagen

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 sind ca. 23 Beleuchtungsanlagen an der Attenhoferstrasse 8 in Zürich vorgesehen. Diese Räume werden zurzeit im Rahmen eines Benutzerwechsels umgebaut und im Januar 07 mit den neuen PIR und Elektronikkomponenten ausgerüstet.

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 2006 und Ausblick 2007

Das Projekt hat einige Verzögerung erfahren. Die Gründe hierfür wurden weiter oben bereits erwähnt.

Die Analyse der ersten 6 Objekte hat gezeigt, dass mit den entsprechenden Elektronikkomponenten, bestehende Anlagen mit wenig Installationsaufwand mit Bedarfssteuerungen ausgerüstet werden können. Wichtige Erkenntnisse aus der Analyse konnten in die Entwicklung der Komponenten einfließen.

Da sich die *Uni Zürich* bereit erklärt hat an der Attenhoferstrasse alle Beleuchtungssteuerungen mit den neuen Komponenten auszurüsten, stehen wesentlich mehr P+D Anlagen zur Verfügung als die zwei im Projekt offeriert zur Verfügung. Damit können breiter abgestützte Feldtests durchgeführt werden. Die Bereitschaft der *Uni Zürich* P+D Anlagen in einem grösseren Umfang zu realisieren, war für Hardmeier Electronics eine wichtige Motivation die Entwicklung ihrer Komponenten stärker voranzutreiben.

Anfang Februar 2007 werden die P+D Anlagen in betrieb gehen. Durch die beantragte Projektverlängerung ist es möglich, die Anlagen über einen längeren Zeitraum und verschiedene Jahreszeiten hinweg zu beobachten. Es ist dann möglich eine umfassendere Beurteilung der Entwickelten Anlagenkonzepte abzugeben.

Die fehlenden vier Analysen der Anlagen werden noch durchgeführt und ein Katalog typischer Installationen erstellt. Da bis jetzt vor allem Schulen als Untersuchungsobjekte gewählt wurden wird man sich bei den fehlenden vier Anlagen auf Büroräume konzentrieren.

Referenzen

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

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