"Digitalstrom funktioniert, jetzt müssen wir Partner finden"

Autor(en): **Santner, Guido**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **99 (2008)**

Heft 3

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-855821

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

«Digitalstrom funktioniert, jetzt müssen wir Partner finden»

Ein Interview mit Ludger Hovestadt

Konventionelle Raumautomation setzt sich in Privathäusern und -wohnungen nicht durch, obwohl sie seit mehreren Jahren ausgereift ist. Zu kompliziert und zu teuer, heisst es. In diese Lücke will Digitalstrom springen, ein Standard, der unter dem Patronat der ETH Zürich entwickelt wird. Damit sollen elektrische Geräte wie Lampen oder Rollläden gesteuert sowie deren Stromverbrauch gemessen werden. Die Vision beginnt beim winzigen Dimmer, der bereit ist für Digitalstrom, und geht bis zum automatisierten Haus, das über das Internet überwacht und geschaltet wird.

Mit Digitalstrom sollen die elektrischen Verbraucher im Haushalt untereinander kommunizieren. Ziel ist, dass in jedem Verbraucher ein kleiner Chip steckt, über den das Gerät identifiziert und gesteuert werden kann – wobei die Datenraten gering sind, also in erster Linie einfache Funktionen wie Lichtszenen oder Verbrauchsmessungen realisiert werden sollen. Dabei kommunizieren die Schalter und Lampen über den 230-V-Draht, Digitalstrom braucht keine zusätzlichen Busleitungen. Sowohl Lampe als auch Schalter werden parallel als Verbraucher angeschlossen. Der Chip bei der Lampe schaltet diese ein, wenn der Chip beim Schalter das Kommando gibt. Zusätzliche Leitungen vom Schalter zur Lampe entfallen.

Guido Santner

Der Chip im Schalter oder Lampensockel überträgt die Daten nahe des Nulldurchgangs der Sinusschwingung, indem er einen kurzen Puls von geringer Spannung auf die Leitung gibt (respektive die Stromzufuhr vor oder nach dem Nulldurchgang für 10 bis 100 Mikrosekunden abschaltet). Zurzeit erreicht der Chip eine Datenrate von 200 Bit pro Sekunde. Indem der Chip während des Pulses Wirkleistung überträgt, stören induktive Lasten das System nicht wie bei ähnlichen Systemen, die zwar ebenfalls den Nulldurchgang zur Übertragung von Daten nutzen, jedoch keine Wirkleistung übertragen.

Wie wird Digitalstrom in der Praxis angewendet? Wie weit ist die Technologie? Ein Interview mit Ludger Hovestadt, Professor der ETH Zürich und Präsident der Allianz Digitalstrom.

Guido Santner: *Herr Hovestadt, wo liegt die grössere Herausforderung, bei der Technik von Digitalstrom oder deren Vermarktung?*

Ludger Hovestadt: Natürlich ist die Technik noch nicht fertig entwickelt, hier sehen wir aber keine Risiken mehr, hier müssen wir nur noch fleissig sein. Wir rechnen mit zwei weiteren Durchgängen bei der Chipentwicklung, also noch etwa ein Jahr, bis wir grössere Stückzahlen liefern können. In dieser Zeit feilen wir den Chip technisch aus und bauen ihn für Tests in verschiedene Geräte ein – zusammen mit Partnern. 2009 sollten erste Produkte dieser Partner auf dem Markt sein.

Und wie steht die Vermarktung?

Hier liegt die Herausforderung: Wie kriegt man grosse, potente Partner, die den Chip in Geräte oder Dienstleistungsmodelle einbauen, Standards formulieren und zusammen das Marketing koordinieren? Wie wir da rauskommen, wissen wir noch nicht. Wir kommen allerdings gut voran, obwohl wir die Latte der Verbindlichkeiten für unsere zukünftigen Partner hoch legen. Unser grösstes Risiko ist, dass wir Partner haben, die das Ganze später blockieren.

Was ist die Rolle der Allianz Digitalstrom?

Die Digitalstrom-Allianz baut keine eigenen Geräte, sie wirbt für die Technologie und formuliert zusammen mit den Partnern den Standard. Auch Aizo, unser Technologieträger, liefert nur den Chip. Die Geräte entwickeln unsere Partner, die alles marktführende Firmen ihres Segments sein sollen.

Aus welchem Bereich kommen diese Partner?

Electrosuisse

Bild 1 «Digitalstrom muss einfach sein, es soll die Raumautomation massenfähig machen.»

Wir konzentrieren uns im Moment auf den deutschsprachigen Raum, auf Firmen, die im Bereich Energie, Licht und Komfort Geräte anbieten. Also auf Energieversorger, Hersteller von Stromzählern – nicht zuletzt für das Lastmanagement – und natürlich auf Hersteller von weisser Ware: Waschmaschinen, Kochherde etc.

Die grossen Stückzahlen werden aus dem Bereich Licht kommen: Leuchtmittel, Leuchten, Schalterhersteller und Sicherungsautomaten.

Dann ist in Zukunft in jeder Glühbirne ein Chip drin?

Wir haben einen Prototyp einer Energiesparlampe, in deren Sockel der Chip integriert ist. Die Lampe ist dimmbar – ohne zusätzlichen Dimmer – und kommuniziert. In Glühbirnen können wir den Chip nicht einbauen. Nicht weil er zu gross ist, sondern weil die Temperatur im Sockel zu hoch ist.

Dann ist der Chip immer in der Lampe, also nicht in der Steckdose?

Der Chip steckt immer im Gerät. Die Steckdose ist kein guter Ort, weil wir nicht wissen, was man da reinsteckt. Der Verbraucher soll intelligent sein, die Steckdose überträgt nur die Energie.

Gibt es eine Killerapplikation, die Digitalstrom den Durchbruch ermöglicht, ähnlich wie das SMS beim Natel?

Digitalstrom bietet keine Funktion, die man noch nicht kennt. Unser Vorwurf anderen Systemen gegenüber ist ja gerade, dass diese eine Riesenmenge Funktionen anbieten, aber nur die 5% Freaks erreichen, die viel Geld für Technik ausgeben. All diese Demohäuser für intelligentes Wohnen sind doch nur Shows für Freaks. Wir wollen keine neuen Funktionen. Das charmante an Digitalstrom ist, dass es tatsächlich so einfach funktioniert – nicht nur beim Freak zu Hause. Dass man die 10% Funktionen, die man wirklich will, auch nutzen kann, diese also massentauglich macht.

Muss ich nun das ganze Haus umrüsten, wenn ich Digitalstrom will?

Nein. In einem ersten Schritt kommen Produkte auf den Markt, die ins alte Umfeld integriert werden. Also ein Dimmer, der im Schalter der Stehlampe steckt. Dass dieser über Digitalstrom kommunizieren kann, merkt man gar nicht. Das ist wichtig.

Und wie kompliziert wird es für den Elektroinstallateur, wenn er eine ganze Wohnung ausrüsten soll?

Der Installateur muss nur die Farbcodes kennen, also die gelben Chips für die Leuchten, Sicherheit ist rot, Geräte wie Waschmaschinen sind weiss. In den Schaltschrank installiert er einen sogenannten Digitalstrom-Meter, einen Lastschutz, der aussieht wie ein konventioneller LS, aber mit Digitalstrom kommuniziert.

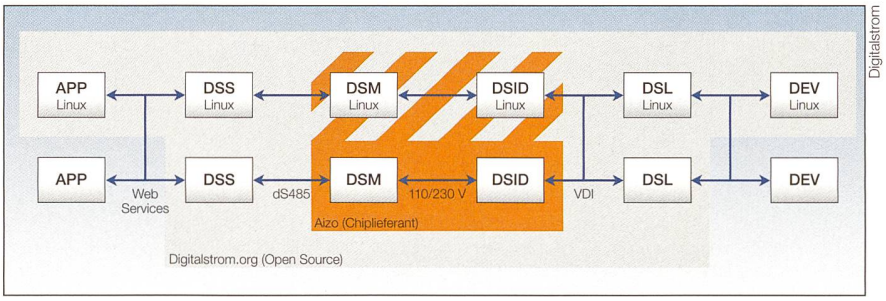

Bild 2 Die verschiedenen Komponenten von Digitalstrom.
Der Digitalstrom-Meter DSM, ein spezieller Leistungsschütz, kommuniziert mit den Geräten mit Digitalstrom-Chip (DSID) im Stromkreis. Der Server (DSS) übernimmt Funktionen für die ganze Wohnung und kommuniziert seriell mit den DSM sowie über das Internetprotokoll nach aussen. Geräte mit Digitalstrom-Chip DSID können wiederum über eine galvanische Trennung mit dem Schwesterchip dSL kommunizieren, um beispielsweise über digitale Ein- und Ausgänge den Stand-by einer Settopbox oder eines Fernsehers zu regeln. Sämtliche Komponenten (obere Reihe) können auch simuliert werden, um Applikationen zu entwickeln.

Wie viel kostet eine Wohnungsinstallation?

Digitalstrom darf nichts kosten. Im Neubau muss die Installation gleich teuer kommen, ob konventionell oder mit Digitalstrom. Wir installieren zwar zusätzliche Komponenten, sparen aber an Kabel und Planungsaufwand. Bei den etablierten Automatisierungssystemen fällt ein Grossteil der Kosten beim Engineering an, bei der Planung und Programmierung. Hier kann man sparen.

Was muss der Elektroplaner beachten?

Vor dem Bau muss er nichts beachten, ausser für jeden Raum einen Stromkreis mit eigener Sicherung vorzusehen. Mit dem Kunden muss er nichts besprechen, das ist gerade das Schöne. Mit der konventionellen Elektroinstallation ist das anders, das habe ich gerade bei unserem eigenen Haus erlebt. Da kommt man her, schaut in den Grundrissen, wo man die Steckdosen und Schalter will, und daraus resultieren dann diese unsäglichen Spinnennetze von Plänen, worüber der Elektroplaner mit Laien sprechen muss – was ja gar nicht geht. Irgendwann sagt dann der Bauherr, das wird schon gut ... Und bei uns haben sie prompt das Schema vom Stock darunter erwischt, also alle Rohre falsch in die Wand gelegt. Es folgte ein Riesentheater, bis wir genervt aufgaben. Der Elektriker läuft also systematisch in den Streit hinein, weil er mit dem Kunden gar nicht im Vorhinein alles besprechen kann.

Und bei Digitalstrom soll dies besser sein?

Mit Digitalstrom ist es viel entspannter. Der Installateur zieht in jedem Raum ein Rohr mit einem 230-V-Kabel der Fussleiste entlang, zur Türe und an die Mitte der Decke. Ein Leerrohr pro Raum, überall gleich. Dann geht er mit dem Kunden in den Raum und fragt ihn, wo er die Steckdosen haben will. Malt diese mit Kreide an und setzt die Unterputzdosen – auf das Kabel. Dann wird alles verputzt, die Lampen installiert, und der Elektroinstallateur geht mit dem Kunden durch die fertige Wohnung und fragt ihn, wie er die Leuchten programmiert haben will. Dies macht er gleich vor Ort, während der Übergabe. Jetzt ist der Elektriker der Ermöglicher! Wenn der Kunde einzieht, darf er nochmals wegen der Stehleuchten kommen, statt sich im Streit zu trennen.

Wie schaltet der Kunde eine bestimmte Lichtszene ein?

Es gibt für jeden Raum 4 Szenen plus eine Aus-Szene. Wenn man den Schalter mehrmals schnell hintereinander drückt, wandert man durch die 4 Szenen und wieder auf 0 zurück. Wenn man mehr als eine halbe Sekunde wartet, schaltet man nur zwischen Ein und Aus hin und her, also zwischen der vorbestimmten Szene und der Szene 0. Wer das System nicht kennt, merkt gar nicht, dass er Szenen wählen kann.

Und der Schalter kommuniziert nur die Szene?

Ja, jeder Chip weiss, was er in der jeweiligen Szene tun muss. Wenn noch nichts programmiert ist, hat er voreingestellte Werte. Eine Lampe ist generell bei Szene 0 ausgeschaltet und bei allen anderen 4 Szenen eingeschaltet.

Die Schaltzeiten hängen also nicht davon ab, wie viele Geräte im Raum installiert sind?

Genau. Nur beim Programmieren kommunizieren wir mit den einzelnen Geräten. Der Benutzer kommuniziert immer mit dem ganzen Raum. Also welche Szene oder heller und dunkler. Dann gibt es noch Kommandos für die ganze Wohnung: Ich gehe, ich komme rein, im bin im Urlaub etc.

Und wie programmiert man die Lampen?

Man kann entweder in einer Szene jede Lampe einzeln vom zentralen Lichtschalter aus einstellen, oder man stellt jede Lampe vor Ort so ein, wie sie sein soll, und übernimmt dann die Werte in die aktuelle Szene. Bei beiden Versionen muss man erst am Sicherungskasten die Programmierung freigeben.

Bei der ersten Variante drückt man den Lichtschalter kurz-lang, dann blinkt der Stromkreis kurz, und man ist im Programmiermodus. Mit einem Doppelklick wandert man jetzt von Lampe zu Lampe. Wenn die Lampe dran ist, die ich programmieren will, schalte ich sie so ein, wie sie sein soll, und geh dann zur nächsten Lampe. Ich dimme beispielsweise die Lampe, indem ich auf dem Schalter draufbleibe, bis die Helligkeit stimmt.

Bei der zweiten Variante geht man im Raum von Lampe zu Lampe, stellt jede so ein, wie sie sein soll, und programmiert dann mit Kurz-lang die gesamte Szene.

Kann man auch die ganze Szene dimmen?

Ja, wenn man in einer Szene auf dem Schalter bleibt, dimmt man diese. Typisch werden die Szenen auch der Reihenfolge nach immer heller, also Szene 0 ist aus, und von Szene 1 bis 4 wird es immer heller.

Gibt es immer nur einen Schalter pro Raum?

Sie können beispielsweise einen zusätzlichen Schalter für die Leseszene installieren, sagen wir mal für die Szene 3. Dieser schaltet dann nur die Szene 3 ein. Im Exremfall kann man auch 4 Schalter für die 4 Szenen installieren, wobei der Schalter einfach an einer bestimmten Stelle im Loop steht. Wenn man ihn schnell hintereinander drückt, rotiert man im Loop. Dem Schalter wird also nur eine bestimmte Szene zugeordnet. Wenn man nicht schnell hintereinander drückt, springt er nur zwischen dieser Szene und der Szene 0 hin und her.

Man kann aber auch eine einzelne Lampe dimmen?

Ja, wenn man an die Lampe selbst geht, hat diese eine höhere Priorität. Wenn ich also auf dem Sofa liege und die Stehlampe einschalte, muss diese so bleiben, auch wenn meine Frau in den Raum kommt, das Licht im Raum einschaltet und beim Rausgehen wieder ausschaltet.

Wie ist es bei Storen?

Auch hier haben wir Szenen, beispielsweise alles unten oder alles oben. Programmiert werden die Szenen wie beim Licht. Nur haben die Schalter und Klemmen hier einen grauen Farbcode.

Kann man die Helligkeit mit den Lampen und Storen regeln?

Regelkreise sind möglich, wobei wir dazu den Digitalstrom-Server brauchen, den DSS. Diesen kann man über das Internetprotokoll programmieren. Der DSS kommuniziert dann über ein serielles Protokoll mit dem Digitalstrom-Meter (DSM), unserem LS. Im Betrieb regelt dann der DSM die Helligkeit im Raum.

Das ist also ein hierarchisches System. Sobald zwei Chips miteinander kommunizieren wollen, muss man einen Digitalstrom-Meter (DSM) in den Sicherungskasten einsetzen. Wenn wir ins Internet wollen, brauchen wir einen Digitalstrom-Server (DSS) auf Wohnungsebene. Es gibt also drei Ebenen, den Chip, den Meter und den Server. So kann man mit dem Gerät, dem Raum und der Wohnung kommunizieren.

Und woher weiss das System, wie hell es im Raum ist?

Der Digitalstrom-Chip kann verschiedene Umweltfaktoren messen. Wir haben Schalter, die nebenbei Temperatur, Helligkeit und Lautstärke messen. Letzteres ist ganz nützlich, um die Anwesenheit von Personen zu erkennen.

Sie verkaufen den Chip unter anderem mit dem Argument, Energie zu sparen respektive die Energie einzelner Geräte zu messen.

Unser System misst den Strom. Dazu gibt es zwar bereits Geräte, aber das kriegt man kaum unter 100 Franken hin. Und diese Messgeräte verbrauchen nie weniger als 3 Watt. Unser Chip hat das drin und verbraucht 0,3 Watt – also das Netzteil zusammen mit dem Prozessor, der Strommessung und der Kommunikation. Im Labor haben wir Aufbauten mit 0,08 Watt Verbrauch.

Und der Chip misst genügend genau?

Der Chip misst nicht sehr genau. Zudem können wir diesen Stromverbrauch nicht ständig kommunizieren, da fehlt uns die Bandbreite. Der Chip misst grob vor Ort und kommuniziert Stromänderungen. Der Digitalstrom-Meter (DSM), der Schütz im Sicherungskasten, misst den Strom präzise und ordnet die Sprünge den einzelnen Geräten zu. Also: Eine Lampe meldet «Ich brauch jetzt mehr Strom», und der Meter, der

Electrosuisse

Bild 3 «Für Installateure wird es einfacher, sie ordnen die Lampen erst zu, wenn die Wohnung fertig ist.»

genau messen kann, ordnet den Strom der Lampe zu.

Wie grosse Ströme kann der Chip schalten und messen?

Das System ist zwiebelförmig aufgebaut, in mehreren Schalen: Der Chip steuert in der Rohform bis zu 7 Watt. Dies beinhaltet das Netzteil und den Prozessor mit einigen Niedervoltapplikationen, die Steuerung für LED-Beleuchtungen, die Strommessung, die Phasenanschnittsteuerung zum Dimmen sowie 4 bis 8 binäre Eingänge und einen analogen Ein- und Ausgang. Leistungen bis 7 Watt schaltet der Chip also direkt, beispielsweise als kleines Ladegerät für Natels. Wir haben allerdings noch keine galvanische Trennung auf dem Chip. Dazu entwickeln wir jetzt eine kleine Trafoversion, damit wir kompatibel sind mit den heute üblichen Geräten.

Und für grössere Leistungen?

Dann kommt die nächste Zwiebelschale dazu, die Leistungselektronik. Die Leuchtenklemme, die als Effektivwertdimmer arbeitet, schaltet heute 120 Watt, wir rechnen mit 150 Watt für zukünftige Produkte. Man kann nun diese Leistungselektronik weglassen und ein Relais einbauen für noch grössere Leistungen. Wir haben ausserdem bistabile Versionen, 1-0-1, um Rolläden anzusteuern. Oder wir können eine Version für Schrittmotoren bauen.

Wenn nun der Blitz einschlägt, sind dann alle Digitalstromgeräte tot?

Sehen sie: Dieses grosse gelbe Ding ist der Blitzschutz. In jede Leuchtenklemme kommt so ein Varistor. Dieser schützt den Chip, zusammen mit der Abschirmung. Wir hoffen, dass Sie, wenn Sie eine Wohnung mit 60 unserer Chips ausgestattet haben, automatisch auch alle anderen Geräte schützen vor Blitzschlägen. Das müssen wir noch testen, rechnerisch sollte es aber gehen.

Nach welcher Blitzschutznorm richten Sie sich?

Wir erfüllen die entsprechenden Normen. Welche das genau sind, müsste ich meine Kollegen fragen.

Die Pulse von 10 bis 100 Mikrosekunden Dauer, über die Digitalstrom kommuniziert, resultieren in Störungen mit Frequenzen im Bereich 5 bis 50 kHz. Wie sieht das aus, wenn 3 Milliarden Elektrogeräte in Deutschland solch einen Chip in sich tragen?

Wir haben eine hierarchische Struktur, die Signale springen nicht auf die anderen Stromkreise über. Sonst würden wir uns selber stören und hätten die Sicherheit nicht im Griff. Beim DSM, also beim Schütz, ist Schluss mit den Signalen. Dadurch haben wir dieses Skalierungsproblem nicht. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu Funk oder Powerline. Nur Systeme mit einem zusätzlichen Draht für den Bus sind ähnlich skalierbar und sicher.

Energieunternehmen träumen davon, Digitalstrom einzusetzen, um Elektromobile zu identifizieren, wenn sie Strom tanken. Wie werden die Chips adressiert?

Jeder Chip hat eine weltweit eindeutige Adresse, wie die MAC-Adresse bei Ethernet. Darüber kann ein Elektromobil identifiziert werden. Im Raum nutzen wir allerdings nur 60 000 logische Adressen, damit die Bandbreite klein bleibt.

Also kurze logische Adressen im Stromkreis und nach aussen eine lange physikalische, um das Gerät anzumelden?

Ja. So skalieren wir das System. Digitalstrom bleibt im Raum mit den 60 000 Adressen. Bis zu 16 Stromkreise aus der Wohnung kommunizieren über das serielle Protokoll (2–4 Mbit/s) mit dem Server. Ausserhalb kommuniziert das System mit dem Internetprotokoll, also mit TCP/IP.

Darf eine Firma einen eigenen Chip entwerfen, wenn sie sich für Digitalstrom entscheidet?

Am Anfang darf sie es nicht, damit wir einen Standard aufbauen können, der auch wirklich funktioniert. Aber uns ist klar, dass wir eine Secondsource brauchen, und später, wenn der Standard genau definiert ist, dürfen unsere Partner auch einen eigenen Chip entwickeln. Wir sind im Moment daran, auf einer zweiten Linie mit anderer Technologie und anderen Chipfabriken eine Secondsource zu entwickeln, um die technischen Risiken zu minimieren. Etwa ein Dreivierteljahr versetzt, haben wir also einen zweiten Chip mit derselben Funktionalität zur Verfügung, der auf einer separaten Linie produziert wird.

Was bezahlen die Partner?

Der Partnerschaftsvertrag kostet praktisch nichts. Solange der Partner mit der Software, die wir ihm zur Verfügung stellen, kein Geld verdient, muss er nichts bezahlen. So hoffen wir, Hochschulen oder kleine Firmen motivieren zu können. Als Gegenleistung müssen sie die Software aber wiederum freistellen. Sobald eine Firma mit ihrer Software Geld verdient, muss sie Lizenzgebühren bezahlen. Muss dann aber ihre Software auch nicht freistellen.

Gibt es ein Development-Kit?

Mit einer Softwaresimulation können Hochschulen und Elektriker noch dieses Jahr mit den Kernfunktionen des Systems spielen – schauen, was das System kann, und weiterführende Ideen entwickeln. Ausgewählte Leute kriegen Hardware. Unser Fokus liegt hier aber bei den grossen Herstellern, den Geräteentwicklern. Für das erste Quartal 2009 planen wir ein Development-Kit für Planer und Installateure im grösseren Stil.

Vielen Dank für das Gespräch.

Angaben zum Autor

Guido Santner, dipl. El.-Ing. ETH, ist Redaktor des Bulletins SEV/VSE.
Electrosuisse, 8320 Fehraltorf,
guido.santner@electrosuisse.ch

Résumé

«Le courant numérique fonctionne, il ne nous reste qu'à trouver des partenaires»

Interview avec Ludger Hovestadt. L'automation conventionnelle des locaux ne parvient pas à s'imposer dans les maisons et logements privés, bien qu'elle soit au point depuis plusieurs années. C'est trop compliqué, c'est trop cher, dit-on. Cette lacune doit être comblée par le courant numérique, une norme développée sous le patronat de l'EPF de Zurich. Cette technique doit permettre de commander les appareils électriques tels que lampes ou stores ainsi que de mesurer leur consommation. La vision commence par le minuscule variateur de lumière, prêt pour le courant numérique, et va jusqu'à la maison automatisée surveillée et commutée par internet.

Technology is our business

Gewinne CHF 10 000.–

Innovationspreis Energietechnik (ETG)
Innovationspreis Informationstechnik (ITG)

für Diplomarbeiten und Dissertationen

Abgabefrist: ab sofort bis 15. März 2008

Infos: www.electrosuisse.ch

electrosuisse