Urbane Lichtanwendungen als Teil des Smart Grids

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Bastian, Dipl.-Inf. (FH) Andreas Kusow

HTWK Leipzig
Fachbereich Informatik, Mathematik und Naturwissenschaften
Karl-Liebknecht-Str. 145
04277 Leipzig
bastian@imn.htwk-leipzig.de
akusow@imn.htwk-leipzig.de

Abstract: Die Straßen- und Fassadenbeleuchtung in den urbanen Gebieten spielen heute im Kontext von Smart Grids eine untergeordnete Rolle. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man als technische Plattform Gasentladungslampen akzeptiert. Durch die neuartige Option, Gasentladungslampen durch Festkörperleuchtmittel zu ersetzen, könnte dies anders werden. Das hier vorgestellte Projekt untersucht diesen Gegenstand. Es widmet sich der Frage, ob Stadtbeleuchtung auf Basis von LED-Technologie als Komponente in einem intelligenten elektrischen Energienetz eine sinnvolle Rolle spielen kann. Bei diesem Projekt handelt es sich um ein am 1.04.2011 gestartetes Vorhaben. Der Beitrag ist daher als ein offener Arbeitsbericht zu verstehen. Im Umfang dieses Dokumentes wird lediglich ein Projektüberblick und Zielrichtung dargestellt. Eine detaillierte Diskussion der Kommunikations- und Steuerungstechnik sowie eine genaue Darstellung einer Smart Grid-Integration findet nicht statt.

1 Ausgangslage

Städte und Gemeinden könnten mit moderner Stadt-Beleuchtung viel Energie und damit CO2 einsparen und so neben der Vorbildfunktion hinsichtlich des Umweltschutzes ihre Haushaltskassen entlasten. Vor diesem Hintergrund wird vermehrt die Frage nach Lichtsystemen auf der Basis von Licht emittierenden Dioden (LED) als Alternative zu Leuchten mit Gasentladungslampen gestellt. Betrachtet man jedoch die allgemeinen technischen und ökonomischen Parameter von LED-Beleuchtungsanlagen im Vergleich zu den klassischen Beleuchtungssystemen, so sind Straßenleuchten in LED-Technik gegenwärtig und vermutlich auch in Zukunft gegenüber der Gasentladungstechnik wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig.

erschienen im Tagungsband der INFORMATIK 2011
Lecture Notes in Informatics, Band P192
ISBN 978-3-88579-286-4

Erst die Nutzbarmachung aller spezifischen Eigenschaften von Solid State Lighting für individuelle, integrierbare, adaptive und steuerbare Lichtanwendungen lässt ökonomisch konkurrenzfähige Lösungen erwarten. Ein hierfür erforderliches Gesamtsystem, welches einerseits über sämtliche mechanische, elektrische, optische und logische Komponenten und andererseits über eine nachprüfbare Energieeinsparung bei gleichzeitiger Verbesserung der Verkehrssicherheit verfügt, ist momentan nicht bekannt.

Die Entwicklung und Umsetzung eines solchen Gesamtsystems setzt ein breites Kompetenzfeld voraus, welches organisatorisch durch Gründung eines Innovationsnetzwerks geschaffen wurde. Bestehend aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die in den erforderlichen Teilbereichen Stadtbeleuchtung, LED-Technologie, Kommunikation und Softwaresysteme umfangreiche Kompetenzen besitzen, hat das Netzwerk „intelligente LED-Anwendungen“ das Potential dieses Vorhaben erfolgreich umzusetzen.

2 Innovationsnetzwerk

Das Netzwerk widmet sich auf LED-Technik basierenden Systemen zur Beleuchtung insbesondere von Straßen, Wegen und Plätzen. Grundlage dafür sind zu entwickelnde intelligente Steuerungssysteme für individuelle, integrierbare und adaptive Lichtanwendungen, die eine optimale Nutzung der technischen Möglichkeiten von LED bezüglich Energieeffizienz, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Die durch die einzelnen Netzwerkpartner dazugewonnenen Kompetenzen sowie entstandenen Kooperationsstrukturen sollen so gefestigt und ausgebaut werden, dass sich das Netzwerk zu einem anerkannten Kompetenzzentrum für LED-Beleuchtungstechnik entwickelt.

Das Netzwerk hat bereits gemeinsam mit mehreren Kommunen Beiträge für den Bundeswettbewerb „Kommunen in neuem Licht“ erarbeitet. Mit den Projekten sollen verallgemeinerungsfähige Gesamtlösungen aufgezeigt und damit auf andere Städte übertragbare Erfahrungen gesammelt werden.

Für die thüringische Landeshauptstadt Erfurt wurde für das "Einsatzfeld Außenbeleuchtung mittels LED" die Ausleuchtung des wichtigen innerstädtischen Straßenzuges "Nordhäuser Straße/ Andreasstraße" gewählt. Grundideen des Wettbewerbsbeitrages sind Straßenbeleuchtung mit energieeffizienten LED-Leuchten, signifikante Verbesserung der Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit, hochwertige Lichtarchitektur und Steuerung der Beleuchtung auf der Grundlage von Sollwerten messbarer Parameter zur Einstellung verschiedener Lichtszenen.

Der Wettbewerbsbeitrag der Stadt Müncheberg demonstriert Möglichkeiten der Beleuchtung mit LED im ländlichen Raum.

ISBN 978-3-88579-286-4

Für die Stadt Calbe soll das Gesamtensemble aus Markt, Kirchplatz und dem Saaleufer an der alten Mühle und am Wehr durch eine innovative Beleuchtung städtebaulich, touristisch und soziologisch deutlich aufgewertet werden. Das Vorhaben betrifft eine typische Situation einer ländlichen Kleinstadt mit historischem Stadtzentrum.

3 Kommunen im neuen Licht

Der innovative Charakter des Beitrags der Stadt Erfurt zum Wettbewerb „Kommunen im neuen Licht“ setzt auf die wissenschaftliche Beratung und Evaluierung durch unabhängige Forschungseinrichtungen wie das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin oder die Informatik bzw. Informationstechnik der HTWK Leipzig. Sie begleiten das Vorhaben bei der lichttechnischen (TU Berlin) und kommunikationstechnischen (HTWK Leipzig) Realisierung der Beleuchtungssysteme und ihrer Integration in bestehende und zukünftige Infrastrukturen.

Die Schwerpunkte bei TU Berlin liegen in der Ermittlung der erreichten Energieeffizienz und der wirtschaftlichen, sozialen und technischen Verträglichkeit. Auch spezielle wissenschaftliche Fragestellungen wie die Ermittlung spezifischer photometrischer Normwerte für LED-Beleuchtungen und zukünftige Nutzungsszenarien der neu geschaffenen Infrastrukturen sind von Interesse.

Durch den Einsatz neuartiger, logisch gekoppelter Festkörperleuchtmittel an Stelle der verbreiteten Gasentladungslampen ergeben sich aus der Sicht der HTWK Leipzig erweiterte Aufgabenstellungen. Die gegenüber herkömmlichen Beleuchtungen erforderliche erweiterte technische Infrastruktur – es geht hier um Steuerungs- und Kommunikationsnetze, digitale Vorschaltgeräte, Interfacesysteme – generiert Kosten, die allein aus der funktionellen Sicht nicht zu finanzieren sind. Eine Verknüpfung mit anderen Systemen und Diensten kann eine Brücke bauen. Es sind hierzu mögliche Anwendungen zu beschreiben, Modelle zu entwickeln, Interfaces zu definieren und diese für eine heterogene Systemwelt zu implementieren und zu erproben. Eine künftige auf fluktuierenden erneuerbaren Energien basierende elektrische Energieversorgung wird völlig neue Anforderungen an elektrische Netze und Stromkunden stellen. Das betrifft die mögliche Versorgungssicherheit mit ihren Auswirkungen auf die Kontinuität einer Stadtbeleuchtung, dynamische Strompreise mit dramatischen Sparerfordernissen für kommunale Haushalte und geht bis zu in der Fläche angebotenen elektrischen Services wie Stromtankstellen oder der Bereitstellung von Regelleistung. Es erweist sich als ein besonderer Glücksfall, dass in diesem Projekt ein intelligentes System geplant ist, welches als Element eines künftigen Smart Grids gestaltet werden kann.

ISBN 978-3-88579-286-4

Im Erfurter Projekt werden originär die Straßenbeleuchtung der Andreasstraße und der angrenzenden Wege zum Andreasviertel sowie zur Zitadelle Petersberg mit LED-Leuchten und einer intelligenten Steuerung ausgestattet. Diese soll intelligentes Dimmen, Anpassung an Verkehrssituationen insbesondere in den Haltestellenbereichen, Möglichkeiten der Einstellung verschiedener Lichtszenen und Strategien für konkurrierendes Licht ermöglichen. Die Gesamtlösung soll den Einsatz von LED-Beleuchtungstechnik für die stadttypische Situation einer Einfallstraße mit Weiterführung zur Innenstadt und Wegebeziehungen zu angrenzenden Quartieren demonstrieren. Eine Betrachtung als e-Energy-System wäre eine thematische Erweiterung, die sowohl ökonomische als auch energiepolitische Aspekte beinhaltet.

4 Projektziele

Mit der Installation von individuell steuerbaren LED-Leuchten einher geht die Schaffung einer von herkömmlichen Straßenbeleuchtungen abweichenden Infrastruktur. Hat man bisher zwei geschaltete Phasen in einer 230V-Linie, welche für die volle und die Halbnachtschaltung den Strom liefern, so können diese Phasen nun permanent unter Spannung stehen und müssen nur für Servicearbeiten freigeschaltet werden. Zusätzlich muss ein Kommunikationsnetz aufgebaut werden, durch welches Leuchtencontroller individuelle Kommandos für Zustandsänderungen erhalten und Sensoren Daten übermitteln können. Betrachtet man das Vorhaben also aus dieser Sicht, so bietet es neben den neuartigen Möglichkeiten der Lichtbeeinflussung eine permanent verfügbare elektrische Versorgung sowie eine im gesamten Installationsbereich nutzbare Kommunikationstrasse. Vor diesem Hintergrund lassen sich neue Ideen entwickeln, die unter den Oberbegriffen e-Energy und Smart Grid subsummiert werden können.

Der Begriff Smart Grid umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und -verteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung [SGrid]. Ein Smart Grid soll also alle Akteure auf dem Strommarkt in ein Gesamtsystem integrieren. Hierzu zählen Interfaces, die Systemnachrichten an angrenzende intelligente Systeme weitergeben bzw. von ihnen beziehen. Dazu zählt aber auch die Mitbenutzung der Kanäle durch andere Dienste. So könnten Stadtwerke über diesen Kommunikationskanal eine permanente Zugangstrasse zu ihren intelligenten Zählern im Anliegerbereich erhalten. Aber auch Leistungsreserven auf den Stromleitungen könnten genutzt werden, um weitergehende Services zu ermöglichen. Aus aktuellem Anlass würden wir hier an das Thema e-Mobility denken und die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge an Straßenlaternen aufzuladen und dafür auch eine Abrechnungsschnittstelle bereitzustellen. Auch die Bereitstellung von negativer oder positiver Regelleistung ist ein hochkomplexer aber interessanter Aspekt. Schließlich gibt es heute noch keine praktischen Erfahrungen über die (In-)Stabilität eines künftigen auf fluktuierenden erneuerbaren Energien basierenden elektrischen Netzes. Man kann sich aber vorstellen, welche Anforderungen sich daraus für eine Stadtbeleuchtung ergeben.

ISBN 978-3-88579-286-4

4.1 Modellvorstellung Kommunikation

Im privaten und geschäftlichen Endkundenbereich ist Bandbreite die dynamischste Größe bei der Entwicklung von Netzwerken. Waren noch 1999 die Haushalte und Kleinunternehmen mit 56 kBit Modem oder 64 kBit ISDN über Wählverbindungen im Internet, so sind 10 Jahre später 6 MBit DSL Verbindungen an diese Position getreten, d. h. es hat eine Steigerung um den Faktor 100 gegeben. (Ausnahmen in ostdeutschen Großstädten wie Berlin, Dresden, Leipzig, Magdeburg, in denen Telekom Glasfasertechnologie (OPAL) durch Monopolpreise eine Erschließung mit Breitbandtechnik unterbindet und im ländlichen Raum begrenzt durch die zulässige Länge der Kupferdoppelader.) Eine weitere Steigerung der Transfergeschwindigkeit um den Faktor 100 in den nächsten zehn Jahren ist durchaus im Bereich des Möglichen, wenn beispielsweise in breitem Rahmen hoch aufgelöstes Fernsehen (HDTV) über Internettechnologien (IPTV) in die Haushalte kommt.

Interessant ist, dass diese Angebote heterogen verfügbar sind und keinesfalls flächendeckend. Während 3% der Kunden noch auf Modem- oder ISDN-Wählverbindungen angewiesen sind, können bereits geschätzte andere 3% über FTTx Breitband Glasfaser Technik nutzen. Internetkosten in der Größenordnung zwischen 10 und 50 €/Monat werden hier durchaus toleriert.

Die im Gegensatz hierzu zu betrachtenden kommerziellen Systeme aus den Smart Grids haben völlig andere Anforderungen an Kommunikationsnetze. Sie werden zunächst beschrieben durch die in Verwendung befindlichen proprietären Bitbussysteme. Sie sind vor allem dadurch charakterisiert, dass sie hinsichtlich der Übertragungsbandbreite schlecht skalieren und eher im Bereich niedriger Bandbreiten angesiedelt sind (Schmalband-Kommunikation). Dies könnte Vorteile bringen hinsichtlich der erreichbaren Vertraulichkeit, der Betriebskosten und eventuell der Robustheit gegen externe Einflüsse wie z. B. elektromagnetische Störungen. Tatsächlich ist uns von Lampensteuerungen für Straßenbeleuchtung bekannt, dass Datenraten in Bit/s gemessen werden und damit um das 1.000fache unter den frühen Wählverbindungen liegen. Dabei vermuten wir, dass der entscheidende Vorteil dieser Technologien ist, dass die Leitungen und Services nach der Installation praktisch nichts kosten! Nur unter der Voraussetzung von Null Betriebskosten scheinen heute solche Kommunikationssysteme überhaupt denkbar.

Während im Kommunikations- und Medienbereich Ethernet- und Internet-Technologien schnell voranschreiten und durch Skalenfaktoren beachtliche Einsparpotenziale freisetzen, die zum Eindringen dieser Technologien in benachbarte Anwendungsfelder führen, ist der Bitbus-Bereich weitgehend blockiert. Preise sind unverrücklich und Anwendungen beschränken sich auf hochproduktive und kostenintensive Bereiche. Kleine Ingenieurbüros sind in der Lage, nachträgliche Verknüpfungen der heterogenen Architekturen intellektuell zu bewältigen und verdienen mit Netzübergängen und Anpassungen verschiedener Konzepte weiterhin ihr Geld.

ISBN 978-3-88579-286-4

Mit der Einführung von Smart Grids, d. h. von intelligenten Netzen der Energieversorgung, könnte sich dies ändern. Einheitliche Transporttechnologien und Transportprotokolle sind das Gebot der Stunde. Dienste orientierte Systeme ermöglichen eine weitgehende Automatisierung von Installation, Wartung und Betrieb der Komponenten. Allerdings scheint aus heutiger Sicht problematisch, dass die Zugangstechnik Betriebskosten generiert, die noch nicht akzeptabel sind. Es ist auch sofort klar, dass die Breitbandtransportnetze wie Ethernet oder Breitband-Powerline völlig überdimensioniert sind und damit zwei Aspekte, die zunächst völlig unabhängig voneinander existieren, in Zusammenhang gebracht werden.

Während wir im Heimbereich vermuten, dass Ethernet und IP sich als Backbone durchsetzen und Heimautomation zunehmend diese Technologien mitbenutzt, muss man im öffentlichen Bereich diese Entwicklung explizit als Strategie formulieren und hierfür Ansätze und Modelle entwickeln, die eine solche Entwicklung sinnvoll erscheinen lassen. Das heißt, hier benötigt man einerseits technische Lösungen, die die Machbarkeit eines solchen Modells demonstrieren und andererseits Geschäftsmodelle, welche die beteiligten Anwender in eine für alle Parteien vorteilhafte Situation bringen. Nur dann wird es auch zur Implementierung von intelligenten Netzen kommen.

Die Entwicklung und Implementierung einer Kommunalstrategie ist sehr fraglich. Vermutlich bedarf es gesetzlicher Vorgaben wie z. B. der Beschlüsse zum Einsatz intelligenter Zähler (oder auf ganz anderem Gebiet des Verbots von Glühlampen), um die Verantwortungsträger in die Zwangslage zu bringen, dass sie nach Lösungen suchen, welche es gestatten, die Auflagen zu erfüllen. Wir sehen uns in diesem Projekt als Vordenker, die Lösungen untersuchen und anbieten, für welche es noch keine Zwangslagen gibt.

4.2 Modellvorstellung eMobility

Ohne eine Ladeinfrastruktur sind Elektromobile singuläre Systeme für Hausbesitzer. Sobald in städtischen Bereichen Elektoautos im öffentlichen Raum geparkt werden, besteht das Problem der Lademöglichkeit. Dabei sind die Aufgaben abhängig von der Verbreitung dieser Systeme. Wenn 2 Millionen Elektroautos nach Feierabend gleichzeitig ins Netz gehen und unkoordiniert jeweils 10 kWh abrufen, dann bedeutet dies einen zusätzlichen Bedarf von 20 GWh elektrische Arbeit, die binnen 10 Stunden oder weniger zu liefern ist. Hier ist sicherlich Koordination erforderlich, auch hinsichtlich eines Angebots von positiver oder negativer Regelleistung.

Am Anfang des Entwicklungsprozesses, wenn 2000 Elektroautos Arbeit nachfragen, muss man sich darum noch nicht kümmern.

ISBN 978-3-88579-286-4

Vermutlich werden die ersten elektrischen Laternenparker einfach ein Verlängerungskabel aus dem Kellerfenster über den Gehweg ziehen und so ihr Fahrzeug mit Energie versorgen. Als Alternative könnte die Straßenleuchte eine verschlossene Steckdose aufweisen, zu der ein autorisierter Kunde Zugang hat, um über ein individuelles Abrechnungssystem Ladestrom zu beziehen. Sobald mehr als ein Fahrzeug Ladebedarf hat, muss die Kapazität der Strominfrastruktur in der Straße beachtet werden und elektrische Arbeit zugeteilt werden. Fragen wie Datenschutz und Vandalismusfestigkeit kämen hinzu.

4.3 Modellvorstellung eStreet-Light

Das E-Street-Projekt gilt als das erste europäische Vorhaben, welches alle Aspekte intelligenter Straßenbeleuchtung untersuchte und dabei vor allem praktische Fragen wie Energieeinsparpotenzial und Contracting-Modelle adressierte [eStreet]. Die konzipierte Infrastruktur war heterogen, die realisierten Anwendungen zeigten recht deutlich die Kostenprobleme, welche intelligente Systeme verursachen. Eine multiple Nutzung der Infrastrukturen stand seinerzeit nicht in der Projektagenda. Gerade diesen Aspekt interpretieren wir als Anliegen von Smart Grids.

Eine Steuerung, basierend auf IP, ermöglicht offene Systeme. Wie weit diese Offenheit reicht und ob sie insbesondere bis zur Leuchte durchgehalten wird, ist Gegenstand der Diskussion. Im Gegensatz zu E-Street-Light soll der Transport auf Breitbandbasis erfolgen. Damit entstehen neue Möglichkeiten der Konföderation mit anderen Smart Grid Anwendungen.

4.4 Modellvorstellung SOA

Als Informatiker sehen wir seit vielen Jahren das Hauptproblem der Steuerungstechnik in ihren inhomogenen und zum Teil proprietären Systemen. Sie eignen sich zwar trefflich zur schnellen und manchmal auch preiswerten Realisierung von Insellösungen, einen durchgängigen Entwicklungsansatz kann man aber in den seltensten Fällen mit ihnen realisieren. Ein offenes Vorgehensmodell bewegte uns schon in einer Reihe anderer Vorhaben unter der allgemeinen Überschrift ‚Eingebettete System-Netzwerke'.

Ausgangspunkt ist die Erfahrung, dass die globalen Konzepte in den seltensten Fällen – nicht einmal bei Neubauten – durchgängig realisiert werden können. Stattdessen beginnen Innovatoren an verschiedenen Ecken, kleine Baustellen zu eröffnen, die dann nach Verknüpfungen rufen. Wir plädieren für offene Systeme und wohl definierte Schnittstellen, die diesen Prozess nachträglich mit überschaubarem Aufwand realisierbar halten.

ISBN 978-3-88579-286-4

Dies kann mit SOA erreicht werden. Tatsächlich ist die Frage längst nicht mehr, ob das Smart Grid Modell SOA-konform gestaltet werden soll, sondern was getan werden muss, um dieses Modell serviceorientiert zu machen. Die Vereinheitlichung der Kommunikationsprotokolle reicht noch nicht aus, um die Heterogenität des Modells zu überwinden. Service orientierte Architekturen sind keine Technologien oder Produkte. SOA ist viel mehr eine Integrationsstrategie für die Umsetzung einer Umgebung, in welcher Dienste angeboten werden, die einen geringen Grad der Abhängigkeit der Komponenten untereinander aufweisen [SOA].

Eine Lösung dafür kann ein an der HTWK-Leipzig verfolgter Buttom-Up-Ansatz sein [SHome], der sich deutlich von anderen Vorgehensmodellen abhebt. Im speziellen Fall wollen wir die Optionen einer urbanen Beleuchtungsinfrastruktur als Grundlage für die Servicemodellierung nehmen und schauen, wie davon ein intelligentes Energienetz profitieren kann. Die Problemstrukturen sind dementsprechend deutlich feiner und damit auch anders geartet als in den globalen Ansätzen der e-Energy-Modellregionen bisher verfolgt [eEner]. Charakteristisch für diesen Ansatz ist die primär informatische Vorgehensweise, die sich von einer primär technischen Vorgehensweise unterscheidet. Wir wollen nicht Insellösungen nachträglich adaptieren sondern suchen nach einer zwanglosen Gesamtkonzeption, die sich partiell in einzelnen Schritten realisieren lässt, ohne ihre Offenheit und Interagierbarkeit einzubüßen.

Literaturverzeichnis

[SGrid] http://www.smartgrid.gov/the_smart_grid, 30.05.2011.
[eStreet] http://www.e-streetlight.com/german.htm, 30.05.2011.
[SOA] http://www.energyblogs.com/tonygiroti/index.cfm/2010/8/23/Using-SOA-wisely-for-Smart-Grid-Integration, 30.05.2011.
[SHome] Forschung für die Zukunft, CeBIT 2007 Standbroschüre, 01.02.2007; S. 4.
[eEner] http://www.modellstadt-mannheim.de/moma/web/de/projekt/eenergymodellregionen/eenergymodellregionen_1.html, 30.05.2011.