1 Zusammenfassung

1.1 Resümee (Deutsch)

Das Thema dieser Diplomarbeit war, das Gebäudeautomations- oder auch Energiemanagementsystem der Fa. eSMART Technologies AG aus Ecublens VS, aus wirtschaftlicher und technologischer Sicht mit anderen bekannten Systemen auf dem Markt zu vergleichen. Die Fa. eSMART Technologies AG ist ein im Jahr 2011 gegründetes Unternehmen, welches aus der Universität Lausanne hervorgegangen ist und gleichzeitig der Auftraggeber der vorliegenden Diplomarbeit ist. Zusätzlich musste durch die Erstellung einer konkreten Projektstudie, d.h der Aufbau einer Demonstrationswand mit dem System eSMART, alle typischen Verbraucher eines Haushaltes steuerbar und messbar dargestellt werden.

Der Energieverbrauch eines Haushaltes, sei es der Strom-, Heizungs- oder Warmwasserverbrauch, ist zurzeit in aller Munde. Der Energieverbrauch pro Jahr ist in der Schweiz in den letzten Jahren stetig gestiegen. Aus diesem Grund entwickelte die Fa. eSMART Technologies AG ein intelligentes Steuerungssystem, um den Energiehaushalt zu überwachen und zu steuern. Zusätzlich lassen sich damit sämtliche Haustechnikpunkte, wie Licht und Jalousie über das System ein- und ausschalten bzw. hoch- und runterfahren. Die Nachfrage nach solchen Automationssystemen wird immer grösser. Aus diesem Grunde sind der Automatisierungsmarkt und dazu die Konkurrenz in den letzten Jahren immer grösser geworden. Durch die vielen verschiedenen neuen und alten Systemen auf dem Markt, wurde die Übersichtlichkeit über die Technologien und die Wirtschaftlichkeit immer geringer. Ein tabellarischer Vergleich und eine Umfrage zu den Bedürfnissen der Endkunden bringt Klarheit und Struktur.

Technologischer Systemvergleich

Beim technologischen Systemvergleich war von Anfang an klar, dass in erster Linie sämtliche Unterlagen aus Sicht des Elektroplaners, welche die Systeme in einer Überbauung plant, erstellt werden müssen. Hierzu gehören Elektro-Apparatepläne, Elektro-Ausführungspläne und die dazugehörigen Schemas der Wohnungs-Unterverteilungen. Zusätzlich musste der Aufbau und die Funktionen der Systeme festgehalten werden. Hier wurde festgestellt, dass unter den Systemen grosse Unterschiede im Platzbedarf, Material- und Arbeitsaufwand der Installationen bestehen. Dies liegt unter anderem auch darin, dass 2 der 6 verglichenen Systeme Bus-Systeme mit Aktoren in der Unterverteilung darstellen. Die hohe Bandbreite des eSMART-Systems von über 28kbit/s überragt jedoch auch die Bus-Systeme (KNX, ABB-free@home), welche lediglich mit einer Bandbreite von 9.6kbit/s arbeiten. Hinzu kommt eine tiefe Reaktionszeit von unter 150ms des eSMART-Systems.

Wirtschaftlicher Systemvergleich

Für den wirtschaftlichen Systemvergleich wurde ein Preisvergleich über die Investitionskosten eines Bauherrn für sämtliche Elektroinstallationen einer Überbauung von 10 Wohnungen (5x3.5 + 5x2.5 Zi. Whg.) erstellt. Dies wurde mithilfe einer Elektro-Ausschreibung, welche die Elektro-Installationsfirmen ebenfalls für eine Offerierung benötigen, erstellt.

Für die gerechnete Überbauung wurde ein Ausbaustandard der Wohnungen festgelegt, um so ein Verhältnis zu den beschriebenen Funktionen der verschiedenen Systeme zu erhalten. Durch den reinen Preisvergleich konnte noch nicht ein abschliessendes Fazit gezogen werden, da nicht alle verglichenen Systeme die gleichen Funktionen aufweisen. Jedoch konnte durch den Preisvergleich der Mehrpreis zu einer Wohnung mit Standard-Ausrüstung ermittelt werden. Die Systeme eSMART, Feller Zeptrion und ABB-free@home liegen mit ca. 33% Mehrpreis im gleichen Range. Lediglich die Systeme digitalSTROM und KNX schlagen mit 43% bzw. 68% Mehrpreis oben aus. Durch das Verhältnis vom durchschnittlichen Kostenaufwand einer Wohnung und den möglichen Funktionen, konnte ein sehr guter Überblick geschaffen werden. Mit einem Kostenaufwand von ca. 25‘600.- und 12 möglichen Funktionen (ca. 2‘130.-/Funktion) liegt das System eSMART auf Rang 1 von 6. Alle anderen Systeme sind im Minimum doppelt so teuer wie das System eSMART.

Marktforschungsanalyse in Form einer Umfrage

Bei der vorliegenden Umfrage ging es darum, die aktuellen Bedürfnisse der Endkunden über Automationssysteme und deren Energiehaushalt darzustellen. Bei einer Teilnehmerzahl von über 300 Personen konnte ein schlagkräftiges Resultat aus den Fragen gezogen werden. Bei der Analyse der Umfrage wurde überraschend festgestellt, dass über 40% der Befragten die Nebenkostenabrechnung bzw. Stromrechnung hinterfragen. Dieser Wert liegt eher hoch. Gestärkt wird der Wert dadurch, dass über 80% der Befragten die Gewohnheiten für einen nachhaltigeren Energieverbrauch beeinflussen würden. Durch die Umfrage konnte ebenfalls herausgefiltert werden, welche möglichen Funktionen in Wohnungen begrüsst werden. Über 68% der Befragten würden die Funktionen „Aktuelle Verbrauchsanzeige“ und „Zeitsteuerungen“ in ihren Wohnungen am ehesten begrüssen.

Konkrete Fallstudie

Die konkrete Fallstudie fordert den Aufbau einer Demo-Wand, mit allen typischen Verbrauchern eines Haushalts. In erster Linie wurde ein Testaufbau einzelner Komponenten ohne Verkabelung der Demo-Wand erstellt. Durch diesen Aufbau konnte festgestellt werden, wo es Probleme geben könnte und wie der Platzbedarf im Allgemeinen aussieht. Zusätzlich war klar, dass das definitive Design möglichst rasch erstellt und in Auftrag gegeben werden muss. Während dessen wurden alle anderen Anlagen (Wasserkreislauf, Storensimulation etc.) berechnet, geprüft und getestet. Nach Erhalt der definitiven Demo-Wand konnten alle möglichen Komponenten platziert und befestigt werden. Durch die Lieferung und den Zusammenbau des Rahmenprofils der Fa. Item Industrietechnik GmbH konnten anschliessend der Rest der Komponenten montiert werden. Als schlussendlich die Hauptzuleitung angeschlossen wurde, konnte die Demo-Wand eingeschalten und in Betrieb genommen werden. Ausser einigen Kleinigkeiten funktionierte das vorprogrammierte System eSMART tadellos. Beim erneuten Betrieb des Wasserkreislaufs wurden einige undichte Stellen festgestellt, welche anschliessend nachgebessert wurden. Als Fazit kann gesagt werden, dass der Aufbau der Demo-Wand mehr Aufwand generiert hat, als erwartet. Jedoch ist das Resultat auch besser als erwartet.

9.1.7 Tabellenauswertung (Bewertungsmatrix)

9.1.7.1 Funktionen

Eine Funktion beschreibt eine Wirkungsweise einer Sache, auch Aufgabe eines Systems genannt. Wie bereits in den Systemerklärungen kurz beschrieben, haben alle Systeme verschiedene Funktionen, die angeboten werden.

Da alle Systeme verschiedene Funktionen aufweisen, müssen diese tabellarisch dargestellt werden, um die Anzahl möglichen Funktionen herauszufiltern und übersichtlich darzustellen. Die Tabelle 3 ist auf der nächsten Seite zu erkennen.

Bei diesem Vergleich haben wir diejenigen Funktionen zur Machbarkeitsprüfung herausgesucht, welche im System eSMART möglich sind. Dadurch haben wir einen Massstab für die anderen Systeme.

Folgende Funktionen werden verglichen:

- Verbrauchsanzeige (Strom, Heizung, Warmwasser)
- Management von Heizungs-Sollwerten und Temperaturregelung
- Bedienung von Lampen und Storen etc.
- Bedienung über iPad, iPhone, Android
- Programmierung und Speichern von Szenen
- Zeitsteuerungen
- Zentral-Aus (Licht, Storen)
- Bedienterminal (Touchscreen in Whg.)
- Infoplattform auf Bedienterminal (SBB-Fahrplan, Wetter etc.)
- Videogegensprechanlage auf Bedienterminal
- Alarm
- M-Bus-Anbindung
- Nebenkostenabrechnung

In der Tabelle 3 auf der nächsten Seite sind die Funktionen mit drei Symbolen zur Machbarkeit der Funktion kenntlich gemacht. In der Tabelle 2 sind diese drei Symbole beschrieben.

Symbol	Beschreibung
🟢	Funktion möglich und ist in den nachfolgenden Kostenrechnungen (Preisvergleich) eingerechnet.
🟡	Funktion möglich, ist jedoch erst durch einen Mehraufwand an Kosten zu erstellen. Der Mehraufwand wäre so gross, dass diese Funktion nicht wirtschaftlich wäre.
🚫	Funktion nicht möglich.

Tabelle 2 = Beschreibung der Symbole der Funktionstabelle

Bewertungsmatrix:

System / Funktion	eSMART	KNX	ABB-free@home	digitalSTROM	Feller Zeptrion	Standard
Verbrauchsanzeige (Strom, Heizung, Warmwasser)	🟢	🟡	🚫	🟡	🚫	🚫
Management von Heizungs-Sollwerten und Temperaturregelung	🟢	🟢	🟢	🟢	🚫	🚫
Bedienung von Lampen, Storen etc.	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Bedienung über iPad, iPhone, Android	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🚫
Programmierung und Speichern von Szenen	🟢	🟢	🟢	🟢	🚫	🚫
Zeitsteuerungen	🟢	🟢	🟢	🟢	🚫	🚫
Zentral-Aus(Licht, Storen)	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🚫
Bedienterminal (Touchscreen in Whg.)	🟢	🟢	🟢	🟢	🚫	🚫
Infoplattform auf Bedienterminal (SBB-Fahrplan, Wetter etc.)	🟢	🟡	🟡	🟡	🚫	🚫
Videogegensprechanlage auf Bedienterminal	🟢	🟡	🟢	🚫	🚫	🚫
Alarm	🟡	🟡	🟡	🟡	🚫	🚫
M-Bus-Anbindung	🟢	🟢	🚫	🚫	🚫	🚫
Nebenkostenabrechnung	🟢	🚫	🚫	🚫	🚫	🚫

Tabelle 3 = Bewertungsmatrix Funktionen

Bewertungsmatrix:

System / Eigenschaften	Standard	eSMART	digitalSTROM	KNX	Feller Zeptrion	ABB-free@home
Bandbreite	-	28.8 kbit/s	Klemme->dSM400bit/s dSM->Klemme100bit/s	9.6 kbit/s	-	9.6 kbit/s
Übertragungsmedium	-	Powerline	Powerline	2x2x0.8mm Kabel	Steuerdraht 1.5mm²	2x2x0.8mm Kabel
Reaktionszeit	sofort	< 150ms	ca. 2s	Programmierungsabh.	ca. 160ms	Programmierungsabh.
Topologie	Elektro Installation	Elektro Installation	Elektro Installation	BUS	Hierarchisch	BUS
Preis/Leistung (Rang)	6.	1.	3.	4.	5.	2.
Garantie	5 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	je nach Hersteller	5 Jahre	2 Jahre
Platzbedarf in der Unterverteilung (TE)	24	23	34	45	24	57
Einsatzgebiet	-	Wohnung, Haus, komplette Überbauung	Wohnung, Haus, komplette Überbauung	Wohnung, Haus, komplette Überbauung	Wohnung, Haus	Wohnung, Haus, komplette Überbauung
Einbau möglich in bestehende Standard Installation	-	Ja	Ja, wenn genügend Platzreserve in der UV	Nein, es braucht zusätzliche Leitungen/Rohre	Ja, Zusätzlicher Draht wird benötigt	Nein, es braucht zusätzliche Leitungen/Rohre
Programmierung durch Laien möglich	-	Keine Programmierung notwendig	Ja	Nein	Keine Programmierung notwendig	Ja
Max. Teilnehmer	-	1024 Kanäle	128 pro Meter	64 pro Linie	Max. 4 Hierarchiestufen	64

Tabelle 4 = Bewertungsmatrix Eigenschaften

Fr. / Systemfunktion (Preis- /Leistungsverhältnis):

Beschreibung	Standard	eSMART	digitalSTROM	KNX	Feller Zeptrion	ABB-free@home
Elektroanlagen (Überbauung, 10 Whg.)	Fr. 193‘817,75	Fr. 256‘215,00	Fr. 275‘729,00	Fr. 324‘846,50	Fr. 255‘637,75	Fr. 260‘570,50
Elektroanlagen (1 Whg.)	Fr. 19‘317,78	Fr. 25‘621,50	Fr. 27‘572,90	Fr. 32‘484,65	Fr. 25‘563,78	Fr. 26‘057,05
Anzahl Funktionen (gem. Bewertungsmatrix)	1	12	7	8	3	8
Fr. / Systemfunktion	**Fr. 19‘317,78**	**Fr. 2‘135,13**	**Fr. 3‘938,99**	**Fr. 4‘060,58**	**Fr. 8‘521,26**	**Fr. 3‘257,13**

Rang	**6**	**1**	**3**	**4**	**5**	**2**

Tabelle 10 = Fr. / Systemfunktion (Preis-/ Leistungsverhältnis)

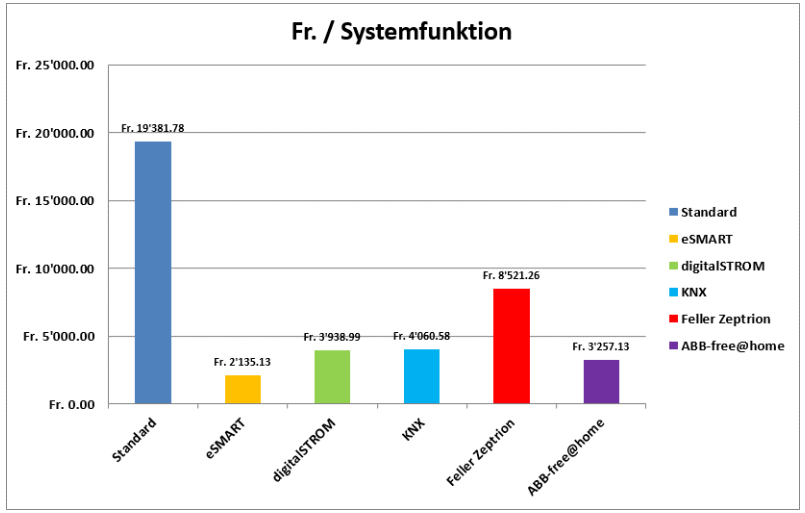

Abbildung 54 = Diagramm Fr. / Systemfunktion

9.3.3 Vor- und Nachteile der Systeme (Zusammenfassend)

Zusammenfassend über den technologischen und wirtschaftlichen Vergleich der Systeme, können folgende Vor- und Nachteile herausgezogen werden.

System		Vorteile	Nachteile
Standard		• Einfache Installation • Kostengünstig	• Stark eingeschränkter Funktionsumfang • Preis/Leistung (6. Rang)
eSMART		• Hohe Bandbreite (28.8 kbit/s) • Echtzeitverbrauchmessung • Nebenkostenabrechnung • Preis/Leistung (1. Rang) • Keine Programmierung notwendig • Verbreitete Technologie (EDF, ENEL) • Einbau in bestehenden Bau	• Benötigt für den Einbau in Altbau-Wohnungen tiefere Einbaugehäuse hinter den Tastern • Platzbedarf im BHV für die eSMART-box
digitalSTROM		• Preis/Leistung (3. Rang) • Einbau in bestehenden Bau • Geringer Installationsaufwand	• Reaktionszeiten • Platzbedarf UV • Benötigt für den Einbau in Altbau-Wohnungen tiefere Einbaugehäuse hinter den Tastern • Tiefe Bandbreite (50 bit/s) • Störungsanfällig (Filter nötig)
KNX		• Mittlere Bandbreite (9.6 kbit/s) • Freie Produktewahl • Hohe Flexibilität	• Preis/Leistung (4. Rang) • Platzbedarf UV • Komplexe Programmierung
Feller Zeptrion		• Keine Programmierung notwendig • Einfache Erweiterung in eine best. Wohnung	• Eingeschränkter Funktionsumfang • Preis/Leistung (5. Rang)
ABB-free@home		• Mittlere Bandbreite (9.6 kbit/s) • Einfache Programmierung • Preis/Leistung (2. Rang)	• Platzbedarf UV • Ungeeignet für Umbau

Tabelle 11 = Zusammenfassung Vor- und Nachteile der Systeme