

Bachelorarbeit

Entwicklung und Visualisierung eines kundenorientierten Smartmetering-Systems unter Einsatz der Systeme digitalSTROM, EnOcean, LCN, Rutenbeck und IP-Symcon

Marcel Rohkamm

Matrikelnummer: 7085472

16.09.2016

Erstprüfer: Prof. Dr. Bernd Aschendorf

Zweitprüfer: Dipl.[om](#)-Ing.[enieurin](#) Sandra Stahlberg

Vorwort

In der heutigen hektischen und schnelllebigen Zeit wird der Ruf nach Entspannung, Komfort, Zeitersparnis und Sicherheit immer lauter. Auch im heimischen Umfeld, sprich im eigenen Gebäude oder der Eigentumswohnung bzw. Wohnung, wird der Ruf nach diesen Dingen lauter. Vor nun mehr einigen Jahren kam das Thema „Gebäudeautomation“ und „Smart Metering“ schon zur Sprache. Dieser neuen Technik wurde großes Potential zugesprochen und es wurde prophezeit, dass die normale Gebäudeinstallation schon in ein paar Jahren nicht mehr vorhanden sein wird. Dies ist bis heute jedoch nicht geschehen, vielmehr wird die neue und komfortable Technik von den meisten Branchen immer noch sehr stiefmütterlich behandelt. Sollte diese auf Nachfrage des potentiellen Kunden dann doch angeboten werden, raten viele Verkäufer mit der Argumentation des viel zu hohen Preises gegenüber der konventionellen Technik dem Kunden ab und informieren gar nicht weiter. Gerade in einer Zeit, in der Umweltbewusstsein und Ressourcenmanagement eine größere Rolle denn je spielen, sollte die moderne Gebäudeautomation in Kombination mit Smart-Metering mehr Verwendung finden. In dieser Arbeit wird eine Kombinationsmöglichkeit verschiedener Systeme aufgezeigt, welche möglichst flexibel für unterschiedlichste Gegebenheiten und Situationen gestaltet wurde. Diese Kombination soll die verschiedenen Vor- und auch Nachteile der einzelnen Systeme zeigen und darstellen, dass eine Lösung mittels nur eines Systems in den meisten Fällen wenig sinnvoll erscheint und oft sogar nicht möglich ist. Um die Systeme sinnvoll miteinander kombinieren zu können, muss auf eine übergeordnete Software zurückgegriffen werden. Diese Software muss in der Lage sein, die untergeordneten Systeme zu steuern und miteinander zu vernetzen. Genauso sollte es möglich sein, Daten zu erfassen und diese ansprechend zu visualisieren.

Zusammenfassung

Diese Bachelorthesis befasst sich im Allgemeinen mit dem Thema Gebäudeautomation und Energiemanagement. Es wurde ein kundenorientiertes Smartmetering-System mit einer übergeordneten Software und dazu passender Visualisierung erstellt. Die verwendete übergeordnete Software ist IP_Symcon, die verwendeten weiteren Systeme sind digitalSTROM, LCN, EnOcean und Rutenbeck. Mit der Kombination dieser Systeme und der entsprechenden Software wurde ein möglichst flexibles und vielseitiges System für den Kunden geschaffen.

Abstract

This bachelorthesis

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract	4
Abkürzungen	1
Einleitung	2
Energiemanagement	3
IP-Symcon	5
SymBox	14
digitalSTROM	18
digitalSTROM Komponenten	<u>2223</u>
LCN	<u>2829</u>
LCN Komponenten	<u>3031</u>
Rutenbeck TC IP 1 WLAN	<u>3233</u>
Zusammenführung der Systeme mit IP-Symcon	<u>3435</u>
Integration von digitalSTROM in IP-Symcon	<u>3536</u>
Integration von LCN in IP-Symcon	<u>4243</u>
Integration von Rutenbeck in IP-Symcon	<u>4849</u>
Verwendete Gateways	<u>5152</u>
EnOcean Gateway	<u>5253</u>
LCN Gateway	<u>5455</u>
Fazit	<u>6061</u>
Abbildungsverzeichnis	<u>6364</u>
Literaturverzeichnis	<u>6566</u>

Abkürzungen

PHP = Hypertext Preprocessor

UDP = User Datagram Protocol

dS = digitalSTROM

LCN = Local Control Network

BUS = Binary Unit System

Einleitung

In einer Zeit, in der die Rohstoffpreise fast täglich steigen und eine Änderung dieser Situation in naher Zukunft nicht in Sicht ist, wird der Ruf nach einem nachhaltigen Ressourcenmanagement und damit verbundenen Kosteneinsparungen immer lauter. Das Bewusstsein für Nachhaltigkeit und zukunftsorientiertes Energiemanagement steigt stetig. In den wenigsten Privat- als auch Objektgebäuden ist es möglich gezielt Energieverbräuche zu erfassen, diese Daten dann nutzbar zu machen und zu visualisieren. Allerdings ist nur durch gezieltes Erfassen von Ressourcenverbräuchen eine Analyse und somit auch eine Einsparung möglich. Mit Hilfe der modernen Gebäudeautomation und damit verbundenem Smart-Metering wird eine Möglichkeit geschaffen, die Energieverbrauchsdaten bereitzustellen. Auch ermöglicht diese moderne Technik, die erfassten Daten ansprechend zu visualisieren. Hierzu werden in dieser Arbeit als übergeordnete Software IP-Symcon und als untergeordnete Systeme digitalSTROM, EnOcean, LCN und Rutenbeck verwendet. Die Idee einer Kombination der verschiedenen Systeme und die Steuerung mit einer übergeordneten Software zu nutzen, rührt daher, dass bei den am Markt verfügbaren Systemen meist nicht alle gewünschten Funktionen mit einem System abgedeckt werden. Mit Hilfe der Kombination verschiedenster Systeme lässt sich nahezu jede gewünschte Funktion realisieren. Wichtig ist hierbei, dass die vorangestellte Software nur auf die von den einzelnen Herstellern zur Verfügung stehenden Ports zugreift und diese nutzt, und nicht einen eigenen Zugang zum System kreiert, der möglicherweise Fehler oder gar Schäden am Originalsystem verursacht. Das heißt, es können nur offene Systeme genutzt werden. Es gilt auch, gewisse Hindernisse der Kommunikation zwischen den Systemen im Voraus zu erkennen und diese dann möglichst auszuschließen. Somit entstehen bei einer Kombination verschiedenster Systeme immer allerhand-sehr viele Schwierigkeiten, welche zu meistern sind, um eine Ideallösung zu schaffen.

Energiemanagement

Energiemanagement bedeutet im Grunde den sinnvollen Umgang mit Ressourcen. Das heißt, den bestmöglichen Nutzen aus den vorhandenen oder zur Verfügung stehenden Ressourcen zu ziehen. Im Gebäudeautomationsbereich bedeutete dies erst-zunächst die Ressourcenverbräuche sichtbar zu machen, also diese zu erfassen. Hierzu gibt es in der modernen Gebäudeautomation mehrere Möglichkeiten. Schon vor einiger Zeit wurden hierzu so genannte Smart Meter (Abbildung 1) entwickelt. Ein Smart Meter ist vom Prinzip her eine kommunikationsfähige elektronische Messeinrichtung. Diese erfasst die Energieverbräuche und stellt sie zur weiteren Verarbeitung und Nutzung in digitaler Form zur Verfügung.



Abbildung 1 Smart Meter¹

Energiemanagement mit einem Smart Meter allein ist allerdings in den meisten Fällen eher weniger produktiv. Ein sinnvolles Management ist in den meisten Fällen nur mit einer Anbindung an ein Gebäudeautomationssystem möglich. Das bloße Erfassen von Energieverbräuchen macht noch kein sinnvolles Energiemanagement möglich. Dies geschieht erst nach der Auswertung der erfassten Daten und den daraus gewonnenen Erkenntnissen.

¹http://www.enbausa.de/typo3temp/pics/smartmeter_vattenfall_0149397ce8.jpg<http://www.enbausa.de/heizung-warmwasser/aktuelles/artikel/zahlungsbereitschaft-fuer-smart-meter-bleibt-gering-2956.html>

Hier können dann Einsparpotentiale erkannt werden und diese durch geschickte Anwendung der digitalen Technik ausgenutzt werden. Zum Beispiel kann so erkannt werden, ob die Modernisierung der Beleuchtung durch den Einsatz von effizienter LED-Technik sinnvoll ist und welche Einsparpotentiale sich dort verbergen. Das Gebäudeautomationssystem kann in Bezug auf Energiemanagement allerdings noch weitere nützliche Funktionen aufweisen. Mit einigen Systemen ist zum Beispiel ein gezieltes Erfassen von Einzelverbrauchern möglich und somit auch ein gezieltes Management dieser. Andere Systeme verfügen wiederum nicht über diese Funktion und bieten nur ein gesamtes Metering des kompletten eigenen Systems. Diese Problematik führt wiederum zu dem Gedanken, eine Kombination aus verschiedenen Systemen zu schaffen, um ein flexibles Gesamtpaket zu erhalten.

IP-Symcon

Das Unternehmen Symcon [GmbH](#) entwickelte die Software IP-Symcon, als unabhängiger Hersteller von Software, um vorhandene Schnittstellen zu gängigen Gebäudeautomationssystemen nutzbar zu machen und eine Verbindung zu einem PC herzustellen. Besonders einfach ist dies möglich, wenn das Gebäudeautomationssystem über einen Ethernet-IP-Zugang verfügt. IP-Symcon erschließt nahezu die gesamte Automationspyramide von der Feldebene angefangen, indem es fast alle Gebäudessysteme adaptieren kann. Die freie Programmierung mit PHP macht IP-Symcon unvorstellbar flexibel. Umfassende Vorkenntnisse für den Umgang mit der Software sind nicht von Nöten. Nach einer kurzen Einarbeitungszeit erschließen sich dem Anwender fast ungeahnte Möglichkeiten in der modernen Gebäudeautomation. Auf der Website (Abbildung 2) wird dem Nutzer ein vielfältiges Angebot präsentiert. Hier steht auch eine Demo-Version von IP-Symcon zum Download zur Verfügung. Des Weiteren wird auch sofort eine Hilfestellung angeboten durch so genannte Vor-ort-Integratoren. Auch eine Online-Hilfe und eine kompetente Community in einem Forum stehen zur Verfügung.



Abbildung 2 Symcon Website²

² <https://www.symcon.de/>

Nach Erwerb der Software erhält der Kunde ein Lizenzfile, mit dem er über die Web-Seite das Programm IP-Symcon herunterladen kann. Nach der Installation stehen dem Nutzer zwei Programme zur Verfügung, die „IP-Symcon Konsole“ und „IP-Symcon Tray“ (Abbildung 3), wobei das meist genutzte die „IP-Symcon Konsole“ sein wird. Nach der Installation kann direkt mit der Programmierarbeit über die „IP-Symcon Konsole“ begonnen werden. Sind Eingriffe am Programmiersystem IP-Symcon oder Informationen oder Updates notwendig, so erfolgt dies über „IP-Symcon Tray“.

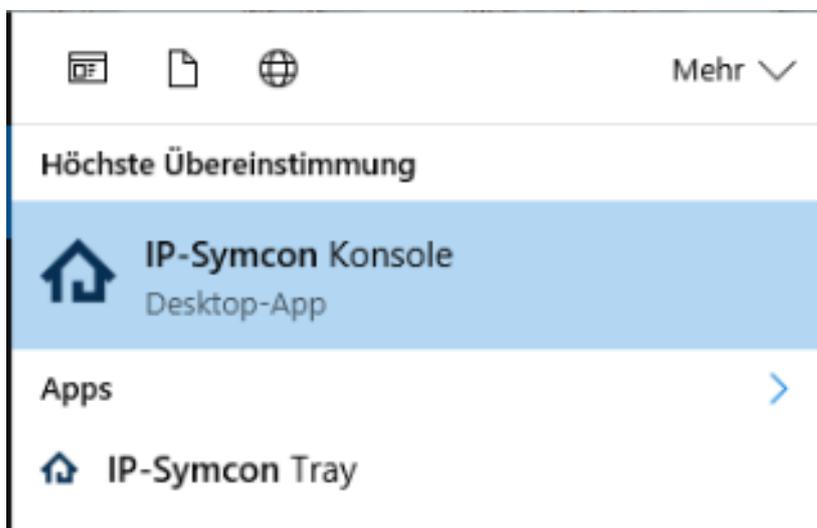


Abbildung 3 Symcon Programme

Öffnet man die „IP-Symcon Konsole“ wird dem Nutzer eine strukturierte und leicht verständliche Ansicht geboten (Abbildung 4).

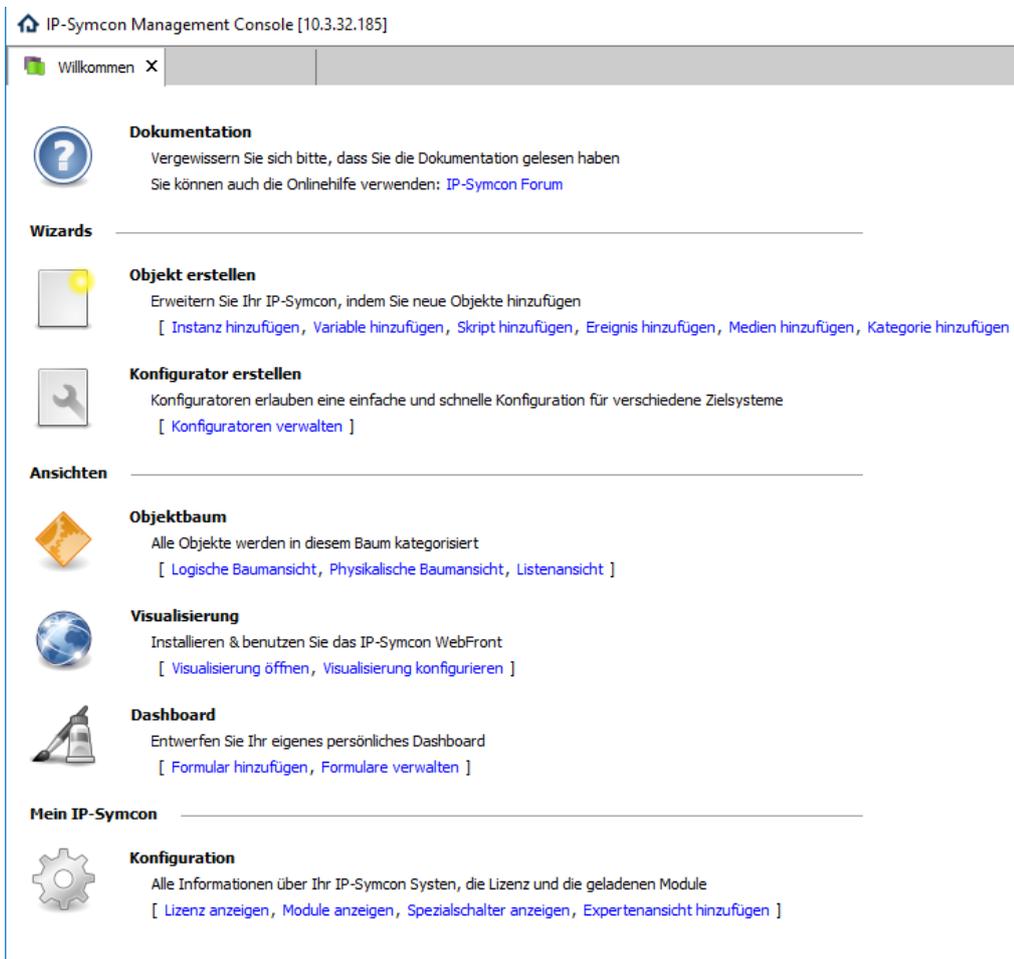


Abbildung 4 IP-Symcon Konsole

Hier können Objekte und Konfiguratoren erstellt werden, ebenfalls kann sofort eine Visualisierung erstellt werden. IP-Symcon arbeitet objektorientiert, die zur Verfügung stehenden Objekte sind Instanzen, Variablen, Skripten, Ereignisse, Medien und Kategorien.

Instanzen (Abbildung 5) sind Komponenten der einzelnen Gebäudebussysteme, zum Beispiel Sensoren und Aktoren aber auch Mail-Systeme und andere Programme, mit denen eine Gebäudeautomation aufgebaut wird. Hinter Instanzen verbergen sich also die einzelnen Gebäudebussysteme.

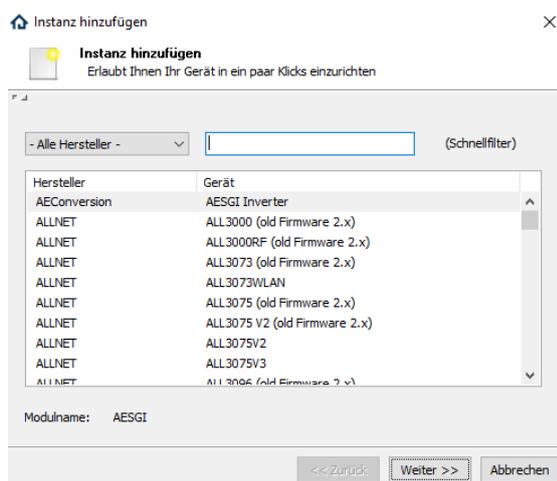


Abbildung 5 IP-Symcon Instanz

Variablen (Abbildung 6) sind Boolean, Integer-, Float- oder String-Variablen, in denen Systemzustände abgelegt oder mit denen Berechnungen und logische Verknüpfungen ausgeführt werden können. So empfiehlt es sich, die Daten von Sensoren, zum Beispiel von einer Smart Meter zunächst in eine Variable umzuspeichern, damit diese auch nach einem Sensortausch noch vorhanden sind.

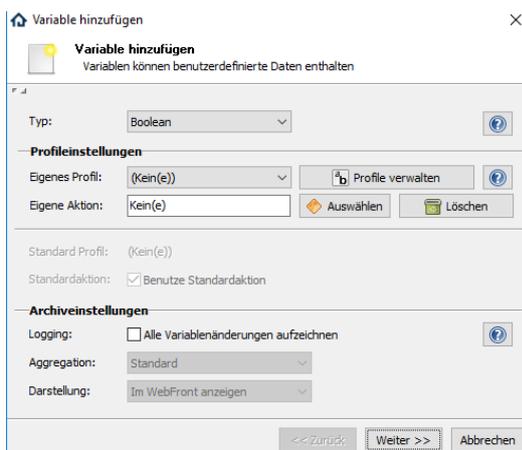


Abbildung 6 IP-Symcon Variable

Skripten (Abbildung 7) sind PHP-Skripte, mit denen komplexe Programmabläufe, Logiken oder Berechnungen erstellt werden können. Innerhalb der Skripten stehen für jedes einzelne Gebäudebussystem bzw. für jede mögliche Anwendung Befehle zur Verfügung.

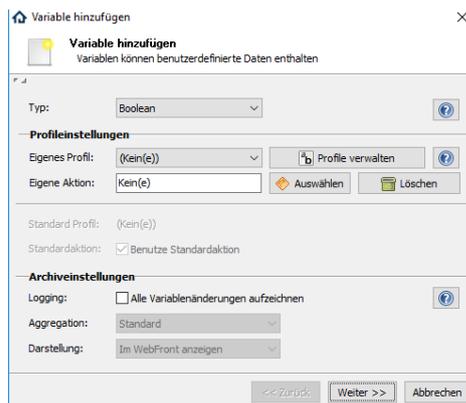


Abbildung 7 IP-Symcon Variable

Skripten (Abbildung 8) sind PHP-Skripte, mit denen komplexe Programmabläufe, Logiken oder Berechnungen erstellt werden können. Innerhalb der Skripten stehen für jedes einzelne Gebäudebussystem bzw. für jede mögliche Anwendung Befehle zur Verfügung.

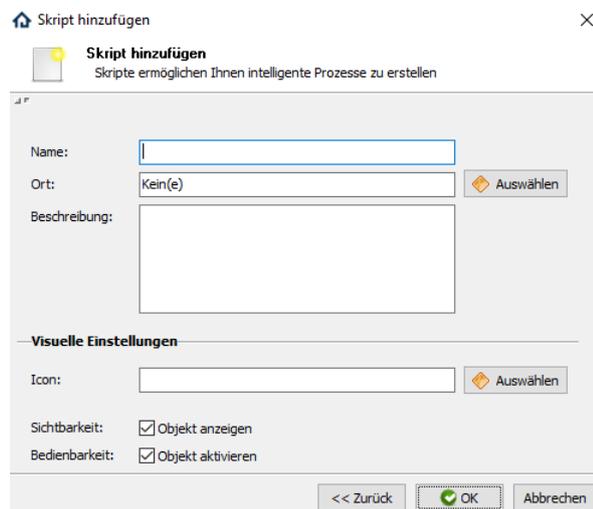


Abbildung 8 IP-Symcon Skript

Ein Ereignis (Abbildung 9) ist z. B. eine Variablen- oder Zustandsänderung, die wiederum eine Variable ändern oder ein Skript aufrufen kann. Darüber hinaus können Ereignisse zyklische Aufrufe oder Kalender sein.

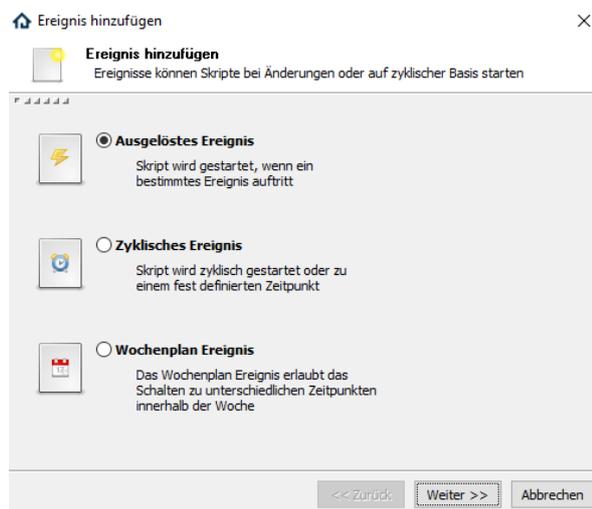


Abbildung 9 IP-Symcon Ereignis

Medien (Abbildung 10) sind z. B. Audio- oder Bilddateien, welche wiedergegeben oder zur Anzeige gebracht werden können. Denkbar sind hier zum Beispiel personalisierte Visualisierungsoberflächen für die einzelnen Nutzer.

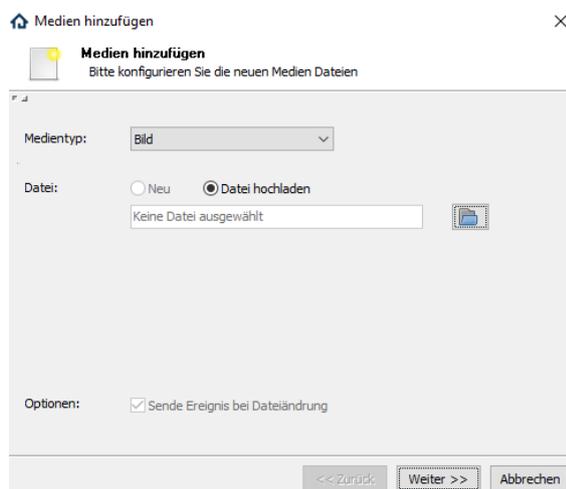


Abbildung 10 IP-Symcon Medien

Kategorien (Abbildung 11) sind im Grunde mit Ordnern zu vergleichen, mit denen Strukturen (Erdgeschoss, Obergeschoss usw.) auch kaskadiert aufgebaut werden

können. So werden klare Strukturen erstellt, in denen die Hardware abgelegt wird sowie spezielle Ansichten für mehr oder weniger geübte Nutzer des Systems, also zum Beispiel für Vater, Mutter und Kinder.

 Objekt anzeigen' and 'Bedienbarkeit: Objekt aktivieren'. At the very bottom are 'OK' and 'Abbrechen' buttons." data-bbox="237 219 592 437"/>

Abbildung 11 IP-Symcon Kategorie

Ein Umgang mit Sensoren und Aktoren von Gebäudebussystemen kann unter Umständen mehr oder weniger komplex sein. Manche Gebäudeautomationssysteme, wie zum Beispiel KNX über die ETS, bauen bereits Organisationsstrukturen auf, um diese sinnvollen Strukturen in IP-Symcon zu nutzen. So kann zum Beispiel bei KNX ein OPC-Export durchgeführt werden, um die zugehörige [.esf](#)-Datei in IP-Symcon über einen Konfigurator (Abbildung 12) einzulesen. IP-Symcon liest über diesen Konfigurator Strukturen und Benennungen der Sensoren und Aktoren ein und bildet die Struktur innerhalb von IP-Symcon ab.

Bei anderen Gebäudeautomationssystemen, wie z. B. digitalSTROM oder LCN, werden die einzelnen Busteilnehmer aus einer Datenpunktliste, direkt online aus den Modulen oder vom Server übernommen. Dies erleichtert den Umgang mit IP-Symcon ungemein, wenn bereits umfangreiche Bussysteme verbaut wurden. Die erstellten Strukturen mit den einzelnen Geräten, Objekten etc. werden in einem Objektbaum, der in etwa mit dem Windows-Explorer vergleichbar ist, übersichtlich abgelegt.

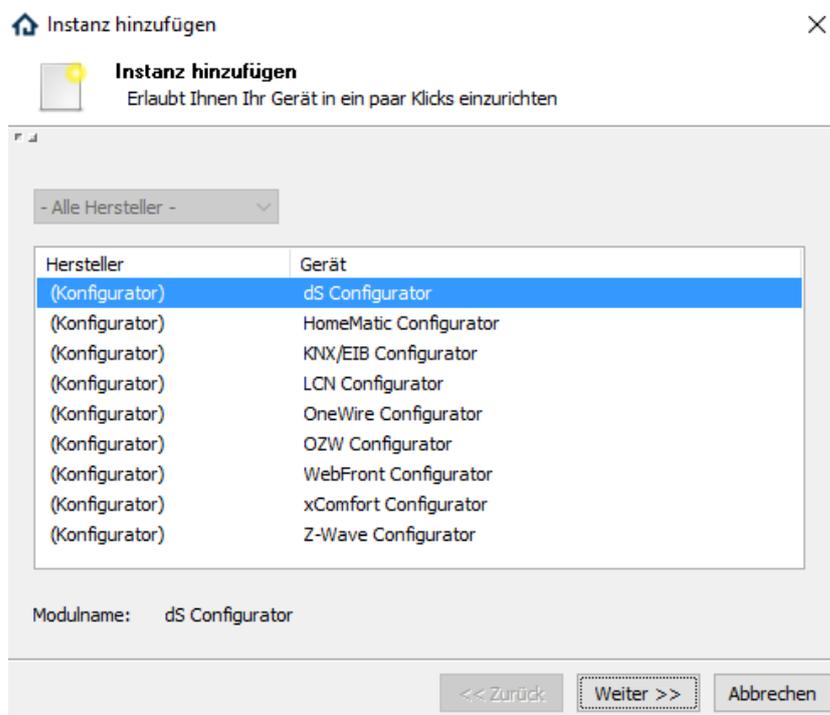


Abbildung 12 Symcon Konfigurator

Der Objektbaum (Abbildung 13) kann in drei Ansichten dargestellt werden. Diese sind die Logische und die Physikalische Baumansicht, sowie eine Listenansicht. Die sinnvollste zu nutzende Ansicht ist die physikalische Baumansicht. Mit dem Aufbau eines Objektbaums baut IP-Symcon bereits eine tabellenorientierte Visualisierung auf, was einzigartig und sehr nützlich ist. Nach der Anlage der Gebäude- oder Hardwarestruktur besteht also mittels des „WebFront“ (Abbildung 14) bereits eine Visualisierung, die voll funktionsfähig ist. Dies kann anschließend auf einem geeigneten Browser,

z.-B. Firefox, Safari oder Google Chrome visualisiert werden.

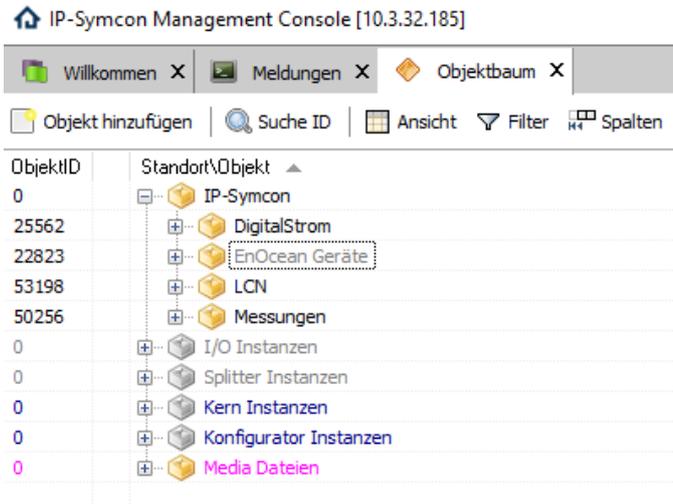


Abbildung 13 IP-Symcon Objektbaum

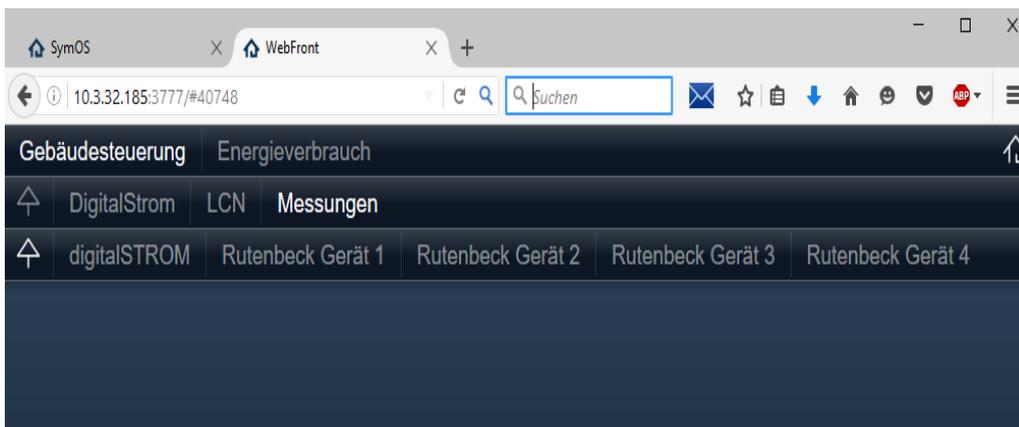


Abbildung 14 IP-Symcon WebFront

SymBox

Die SymBox wird von der Symcon GmbH als die Komplettlösung für die Gebäudeautomation dargestellt. Die SymBox (Abbildung 15) präsentiert sich als Einplatinencomputer in einem vier Teilungseinheiten großen Gehäuse mit einem Netzwerkanschluss, einem Micro-USB Recoveryanschluss und einem Spannungsversorgungsanschluss.



Abbildung 15 SymBox

Auf der SymBox selbst läuft das Symcon eigene Betriebssystem SymOS. Das SymOS ist speziell für IP-Symcon entwickelt worden und übernimmt sämtliche Systemkonfigurationen. Das Betriebssystem ist wartungsfrei gestaltet, um dem Nutzer ein Maximum an Komfort und Sicherheit zu bieten. Hierdurch werden Updates, Datensicherung und Einrichtung von IP-Symcon extrem vereinfacht. Auf der SymBox selbst ist ein vollständiges IP-Symcon installiert, womit weiterhin alle Skripte, Module und Erweiterungen zur Verfügung stehen. Die Verwaltung und Konfiguration der Gebäudeautomation geschieht weiterhin über die gewohnte und bewährte IP-Symcon Verwaltungskonsole. Zur Visualisierung der erstellten Hausautomation steht über das SymOS das gewohnte WebFront Tool zur Verfügung. Die SymBox ist mit allen IP-Gateways von Symcon unterstützten Hausautomationssystemen kompatibel. Die Installation der SymBox gestaltete sich denkbar einfach. Die SymBox benötigt lediglich eine Stromversorgung über das separat bestellbare 5V Netzteil, welches wiederum eine 230V Stromversorgung benötigt und einen Netzwerkanschluss über ein Netzkabel. Sobald die Versorgungen bereitgestellt und angeschlossen sind, kann die Box nach kurzer Wartezeit über das Netzwerk erreicht werden. Hierzu wird

ein externer Computer benötigt, welcher als Zugriffspunkt über einen Webbrowser für die SymBox dient. Mit Hilfe des SymBox Webinterfaces wird durch die Eingabe "symbox.local/" in Webbrowser Adresszeile die SymOS Startseite (Abbildung 16) geöffnet.

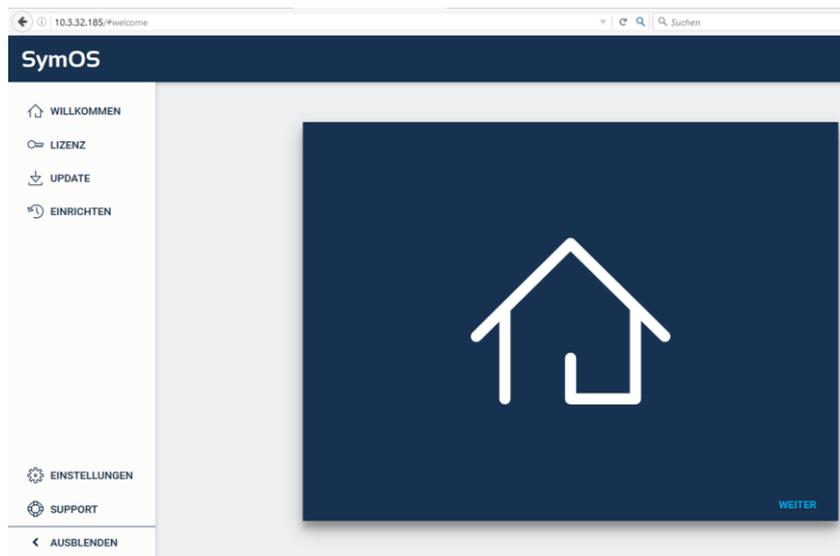


Abbildung 16 SymBox SymOS Startseite

Nach dem Öffnen der Startseite können nun alle wichtigen Einstellungen vorgenommen werden, wie z. zum Beispiel das Eingeben der Lizenz, ein Update des bereits vorinstallierten IP-Symcon und die Einrichtung, ob auf ein Backup zurückgegriffen wird oder das System neu aufgesetzt wird. Nach diesen Einstellungen ist die Einrichtung der SymBox abgeschlossen und sie kann genutzt werden. Im laufenden Betrieb zeigt sich nun die Übersichtsseite (Abbildung 17) mit allen relevanten Links und Einstellungen.

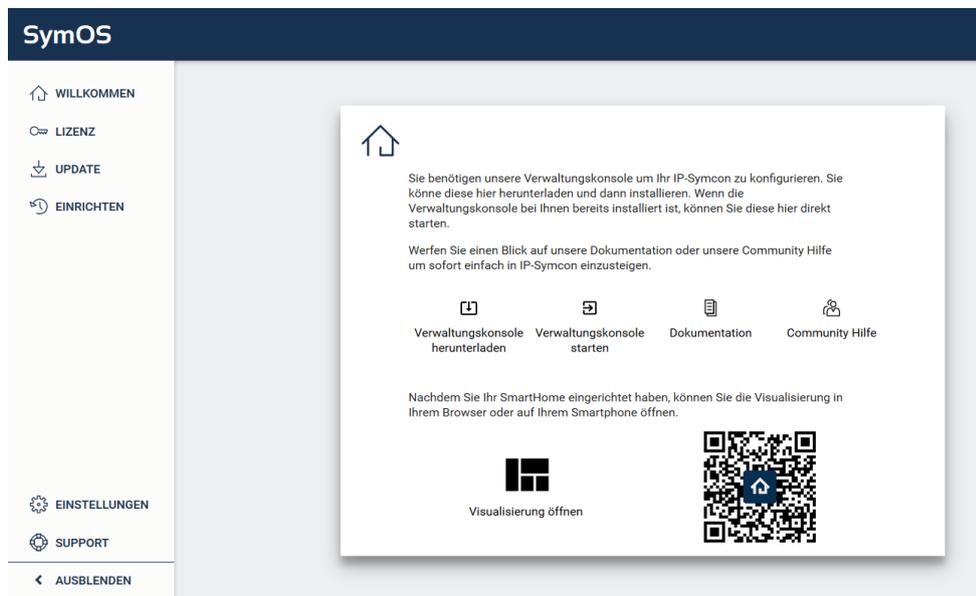


Abbildung 17 SymBox Übersichtsseite

Von der Startseite aus können nun die Verwaltungskonsolle und auch die Visualisierung gestartet werden. Ebenfalls können von hier aus alle relevanten Einstellungen (Abbildung 18) sowohl für IP-Symcon als auch für die SymBox getätigt werden.

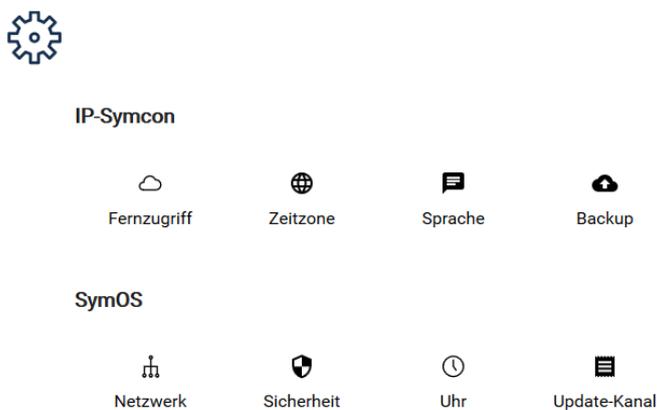


Abbildung 18 Symcon Einstellungen

Sind auch hier alle relevanten Einstellungen vorgenommen, kann nun mit der Gebäudeautomation begonnen werden. Durch die SymBox ist der Nutzer nun nicht mehr an

einen Windows-PC gebunden, was zusätzliche Sicherheit und vor allem Stabilität des Systems bringt. Auch bei einem eventuellen Stromausfall stellt die SymBox kein Problem dar, denn das System wird selbständig neu gestartet und alles funktioniert wieder wie zuvor. Ein Nachteil ist jedoch erkennbar, und zwar verfügt die SymBox, trotz Raspberry-Pi als genutzter Hardware, nicht über zusätzliche USB Anschlüsse was aber von der Symcon GmbH durchaus gewollt zu sein scheint. Somit besteht keine externe Zugriffsmöglichkeit auf die Hardware, und ein eventueller Anschluss von Gateways ist nicht möglich. Dies ist eigentlich sehr schade, da so wieder zusätzliche Hardware benötigt wird.

digitalSTROM

digitalSTROM (dS) ist ein Unternehmen, welches seit 2012 wieder auf dem Gebäudeautomationsmarkt ist, nachdem die Markteinführung 2010 komplett gestoppt wurde. Laut eigener Beschreibung des Herstellers, eignet es sich für die Anwendungsbereiche Neubau, Sanierung, Erweiterung und Nachrüstung. Auf der Aktoren Seite werden elektronische Lüsterklemmen mit Leistungen von 150 W bei Dimmern und 1.400 W bei Schaltaktoren angeboten, sowie Zwischenstecker für die Steckdose mit 2.300 W. Die Lüsterklemmen machen den Eindruck, als dass sie aufgrund ihrer geringen Größe sehr gut in vorhandene Elektroinstallationen integriert werden können. Smart-Metering-Anwendung realisiert digitalSTROM über sogenannte dS-Meter, welche in den Stromkreisverteiler integriert werden. Gleichzeitig wird der Stromkreis hierdurch digitalSTROM fähig. Um Interaktionen von Funktionen zwischen Stromkreisen zu ermöglichen, werden die dS-Meter über einen RS485-Bus zusammengefasst und auf einen dS-Server aufgeschaltet. Der dS-Server ermöglicht dann die übergeordneten Gebäudeautomationsfunktionen, welche nötig sind, um Smart-Metering basiertes Energiemanagement zu ermöglichen. Die gesamte Elektroinstallation wird durch den dS-Filter komplettiert, um das digitalSTROM-System, welches ein Powerline-System ist, vom Versorgungsnetz abzuschotten und Störfaktoren zu minimieren.

digitalSTROM ist auf den ersten Blick ein normales Powerline-System mit allen bekannten Problemen. Mitte 2010 wurde die Markteinführung gestoppt. Vermutlich ist dies darauf zurückzuführen, dass das unter Laborbedingungen entwickelte System durch Störungen im normalen Alltagsbetrieb nicht verwendbar war und überarbeitet werden musste. Als Störer bei Powerline-Systemen gelten zum Beispiel PC-Systeme, Schaltnetzteile, Energiesparleuchten, Bohr- und Haushaltsmaschinen. Die Probleme wurden behoben und die Markteinführung und [Portfolio-Portfolio-Erweiterung](#) ab Mitte 2012 intensiv vorangetrieben. Prof. Ludger Hovestadt vom Department Architektur an der ETH Zürich hat digitalSTROM mit einem neuartigen Verfahren für die digitale Informationsübertragung über die existierende Stromleitung entwickelt. Dadurch kann erstmals mit einem einzigen integrierten Hochvoltchip gearbeitet werden.

Die Powerline Kommunikation von digitalSTROM stellt sich allerdings doch als etwas Besonderes dar. Denn digitalSTROM verunreinigt mit seiner Powerline Kommunikation nicht die Frequenz. Hier wird mit Hilfe zweier Kurzschlüsse, die sich in einer Halbwelle der Sinusschwingung bei $\pm 30^\circ$ befinden, eine Frequenz erzeugt, wodurch die Sinusschwingung nicht verunreinigt wird, wie es bei vielen anderen Powerline-Systemen der Fall ist. Daraus ergibt sich eine ungefähre Datenübertragungsrate von 200 Bit/s. Die Kommunikation findet hier vom dS-Server zu den dS-Klemmen über „downstream communication“ statt und umgekehrt über „upstream communication“. Die gesamte Technik für die Kommunikation, Regelung und Steuerung ist auf einem Hochvoltchip untergebracht, was im Moment am Markt wirklich einzigartig ist. Der sogenannte dSID-Chip (Abbildung 19) ist mit einer Größe von nur 6×4 mm so klein, dass er als echtes Massenprodukt in jedes elektrische Gerät eingebaut werden kann. Dieser Chip bietet eine Fülle von möglichen Funktionen und verbraucht im Standby-Modus weniger als 0,3 W, was ein Zehntel des Verbrauchs des Netzteils eines modernen Smartphones ist. Eine Innovation seitens digitalSTROM ist, dass der Chip die Standby-Funktion aller angeschlossenen Elektrogeräte übernehmen kann und sozusagen jeden einzelnen Stromkreis aufwecken kann.

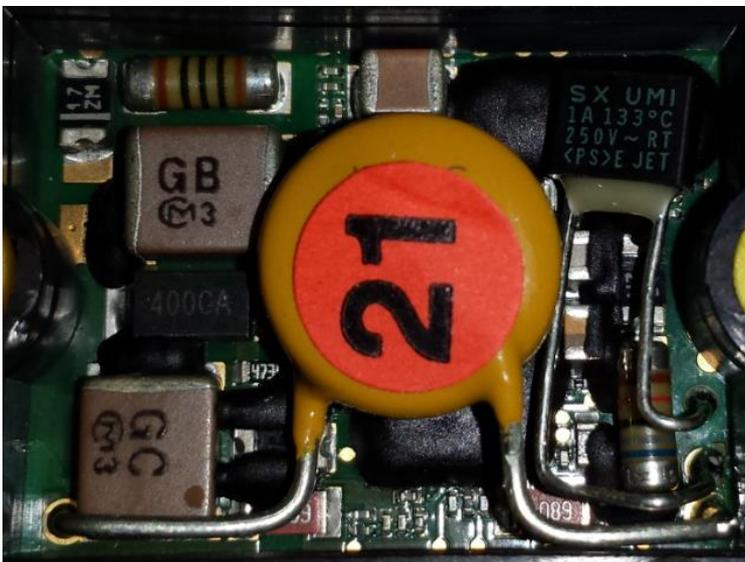


Abbildung 19 digitalSTROM Chip

Das Stromsparpotenzial ist allein schon in der Schweiz, dem Land des Entwicklers von digitalSTROM gewaltig, wenn man die mehr als 300 Millionen elektrischen Geräte berücksichtigt.

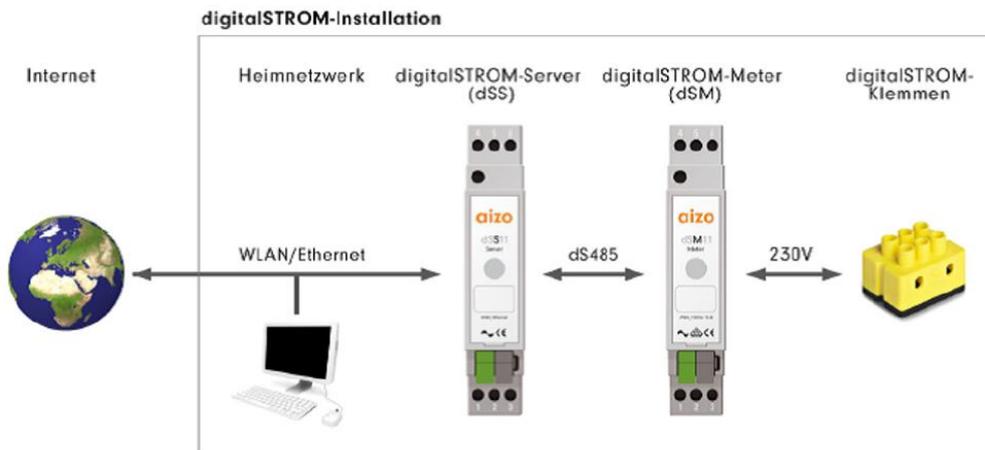


Abbildung 20 dS Installation³

Mit der in Abbildung 20 zu sehenden Installation von digitalSTROM wird die Nutzbarkeit sehr deutlich. Durch den Server wird eine Verbindung zum Internet hergestellt, was wiederum die externe Steuerung der installierten Anlage über die von digitalSTROM zur Verfügung gestellten App (Abbildung 21) oder den über einen Internet-Browser (Abbildung 22) zur Verfügung stehenden digitalSTROM-Konfigurator ermöglicht. In Abbildung 20 nicht dargestellt ist der dS-Filter, welcher dafür sorgt, dass die im Netz vorhandenen Störfaktoren keinen Einfluss auf das System haben.

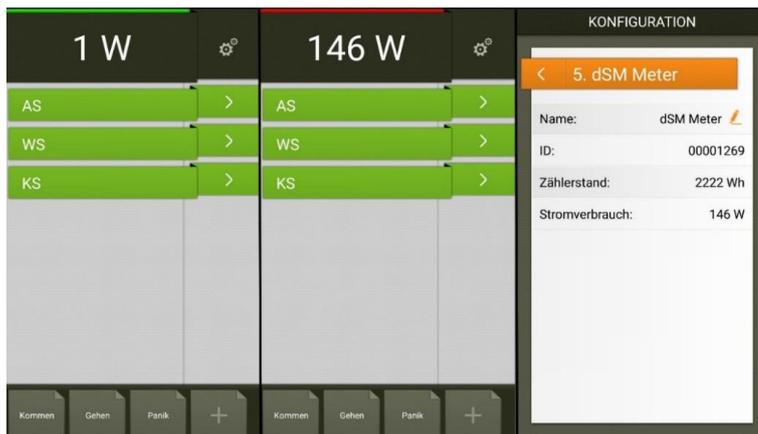


Abbildung 21 digitalSTROM App

³Bild entnommen aus:
 Aschendorf, B.: Energiemanagement durch Gebäudeautomation, Heidelberg 2014, S. 236

digitalSTROM-Konfigurator



Abbildung 22 digitalSTROM Konfigurator

In der von digitalSTROM zur Verfügung gestellten App sind alle Funktionen ansprechend visualisiert. Es können sowohl alle einzelnen Stromkreise bzw. Verbraucher geschaltet werden, als auch zuvor konfigurierte Szenen genutzt werden. Als zusätzliche und sehr nützliche Funktion können übergeordnete Anwendungen, wie eine Funktion „Kommen“ genutzt werden, in der bestimmte zuvor definierte Geräte oder Stromkreise gleichzeitig geschaltet werden. Ein denkbares Szenario wäre hier das nach Hause kommen des Eigentümers, welcher kurz vor seiner Ankunft die Funktion „Kommen“ betätigt, wodurch dann zum Beispiel das Garagentor geöffnet wird, die Außenbeleuchtung und das Flurlicht eingeschaltet werden. Natürlich sind auch noch weitaus kompliziertere Funktionen denkbar und realisierbar.

Des Weiteren verfügt die App über eine Visualisierung des dS-Meters, in welcher sowohl der aktuelle Verbrauch als auch der gesamte Verbrauch direkt abgelesen werden können. Alles in allem bietet digitalSTROM eine Vielzahl an Möglichkeiten, sowohl in der Neubaubranche, als auch in der Sanierung von Bestandsobjekten.

digitalSTROM Komponenten

Typische Komponenten von digitalSTROM sind Sensoren und Aktoren, wobei Aktoren auch mit Sensoren zusammengeführt sein können. Prinzipiell funktionieren alle digitalSTROM-Sensoren und Aktoren auch ohne zusätzliche Systemkomponenten.

Aufgrund der Vielzahl an Geräten wird in dieser Arbeit nur auf die verwendeten Geräte genauer eingegangen. Ein erweiterter Funktionsumfang, der auch Smart-Metering ermöglicht, ist nur durch Systemkomponenten möglich.

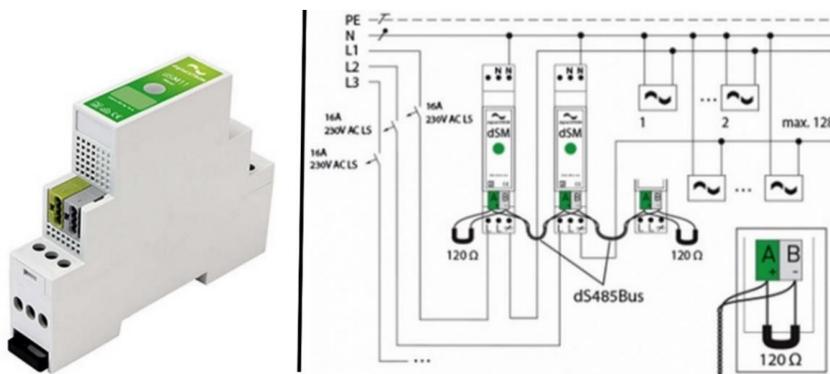


Abbildung 23 dS-Meter⁴

Hierzu wird der dS-Meter (Abbildung 23) benötigt, welcher eine Stromkreislinie öffnet und die erweiterte Kommunikation zwischen digitalSTROM-Geräten in dieser Linie ermöglicht. Darüber hinaus erfasst der dS-Meter auch den Stromverbrauch oder die Leistung im demensprechenden Stromkreis und stellt den aktuellen, sowie den Langzeitwert zur Verfügung. Der digitalSTROM-Meter wird im Stromkreisverteiler installiert. Anschließend wird die Phasenverbindung zum Stromkreis aufgetrennt und über den dS-Meter geschleift. Der dS-Meter funktioniert wie ein Strom-Messgerät in Verbindung mit der Spannung zwischen L und N. Die Schnittstellen und der Anschlussplan sind in Abbildung 23 zu erkennen. In einem solchen Stromkreis können vom Prinzip her maximal 128 digitalSTROM-Geräte genutzt werden. Die Kosten für einen dS-Meter betragen momentan 240,00 €⁵ (Stand 09.09.2016).

⁴ <https://tbbhyststypo3media.blob.core.windows.net/media/products/dSM12/dsm12-2.jpg>
https://tbbhyststypo3media.blob.core.windows.net/media/_processed_/6/6/csm_dsm12_neu_f92bd5bc7e.png

⁵ <http://www.digitalstrom.de/Shop/Sicherungskasten/digitalSTROM-Meter-12.html>

Erweitert wird das digitalSTROM Portfolio mit dem dS-Server (Abbildung 24), welcher vom Prinzip her als sehr kleiner PC beschrieben werden kann. Dieser ermöglicht zum einen die Kommunikation zum digitalSTROM-System über einen Web-UI und stellt auch die Kommunikation zwischen den einzelnen dS-Metern her. Um die Kommunikation zwischen dem dS-Server und den zugeordneten dS-Metern zu ermöglichen, werden diese über einen zweiadrigen RS485-Bus miteinander verbunden. Über die dS-Meter sind nun die einzelnen digitalSTROM-Geräte mit dem dS-Server verbunden, die Kommunikation ist möglich. Der RS485-Bus muss am dS-Server und am letzten dS-Meter mit einem Abschlusswiderstand abgeschlossen werden. Die passenden Widerstände liegen dem dS-Server und dS-Meter bei. Über den digitalSTROM-Server erhält der Endanwender bidirektional Zugriff auf die digitalSTROM-Klemmen der gesamten Installation. Zur Installation des dS-Meter wird allerdings ein 24V Netzteil benötigt, welches der Lieferung beiliegt. Der dS-Meter verfügt über zwei Schnittstellen, nämlich einen Ethernet-Anschluss und eine USB 2.0 Schnittstelle. In Abbildung 24 sind der Anschlussplan und die Schnittstellen zu erkennen. Die Kosten für einen dS-Server betragen momentan 430,00 €⁶ (Stand 09.09.2016).

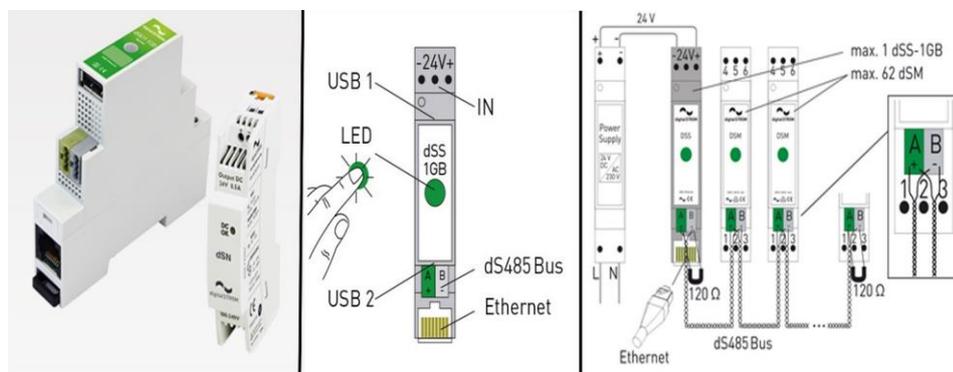


Abbildung 24 dS-Server⁷

⁶ <http://www.digitalstrom.de/Shop/Sicherungskasten/digitalSTROM-Server.html>

⁷ https://tbbhysdstypo3media.blob.core.windows.net/media/_processed_b/7/csm_dss11-1gb-n_servernetzteil1_400x400_8000cbe2c3.png

https://tbbhysdstypo3media.blob.core.windows.net/media/products/dSS11-1GB-N/dss11_1gb-2.jpg

Abschließend wird ~~dann noch~~ der digitalSTROM-Filter (Abbildung 25) benötigt, welcher im Wesentlichen eine Bandsperre darstellt und dazu dient, eine gleichbleibende Signalqualität sicherzustellen, um laut digitalSTROM die gesamte Installation abhörsicher gegenüber der Außenwelt zu machen. Außerdem ermöglicht der dS-Filter die Installation von mehreren unabhängigen digitalSTROM-Systemen in einem Haus. Die Kosten für einen dS-Filter betragen momentan 58,50 €⁸ (Stand 09.09.2016).

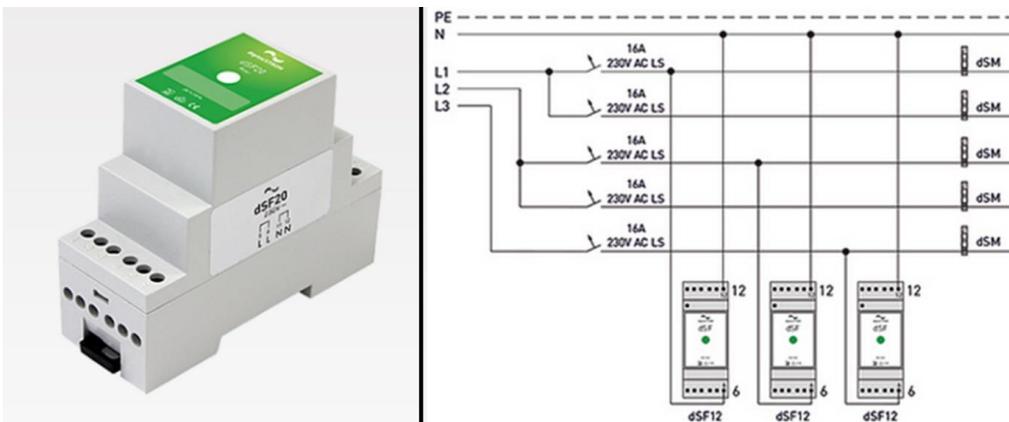


Abbildung 25 dS-Filter⁹

⁸ <http://www.digitalstrom.de/Shop/Sicherungskasten/digitalSTROM-Filter-oxid.html>

⁹ https://tbbhysdstypo3media.blob.core.windows.net/media/products/%20dSF20/dSF20_Montage2.jpg
https://tbbhysdstypo3media.blob.core.windows.net/media/_processed_/0/a/csm_digitalstrom_dsf20_6b0968464b.png

Die sensorischen Elemente im digitalSTROM-Portfolio sind zurzeit auf einige wenige Taster-Klemmen mit einem, zwei oder vier Eingängen zum Anschluss von z. B. Tasten reduziert, an denen jedoch auch Kontakte angeschlossen werden können. Die Taster-Klemmen sind eine Abwandlung der Standard digitalSTROM-Aktoren, jedoch ohne Leistungsteil. Mit der Tasterklemme SW-TKM200 (Abbildung 26) können bis zu 4 herkömmliche Taster in digitalSTROM fähige Taster verwandelt werden. Die Taster-Klemme ermöglicht es, verschiedenste Taster aus beliebigen Hersteller-Serien zu verwenden. Die Kosten für eine dS-Tasterklemme betragen momentan 94,00 €¹⁰ (Stand 09.09.2016).

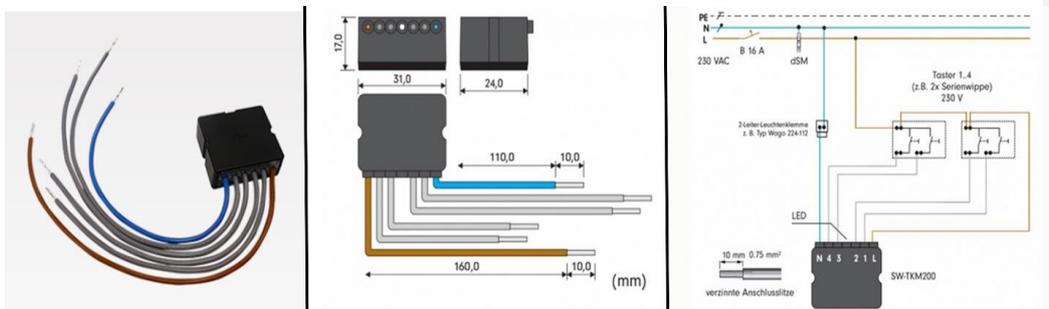


Abbildung 26 dS-Tasterklemmen¹¹

¹⁰ <http://www.digitalstrom.de/Shop/Fuer-Taster/Joker-Tasterklemme-200.html>

¹¹ https://tbbhyststypo3media.blob.core.windows.net/media/products/SW-TKM200/sw_tkm200_210-1.jpg
https://tbbhyststypo3media.blob.core.windows.net/media/products/SW-TKM200/sw_tkm200_210-2.jpg

Die gelbe dS-Klemme GE-TKM210 steht im digitalSTROM-System zur Steuerung des Lichts zu Verfügung. Seitens des Herstellers wird angegeben, dass sie zum Schalten und Dimmen geeignet ist und hier eine maximale Leistung von ~~n~~150W/105VA (kapazitiv/Phasenabschnitt) beherrscht. Des Weiteren wird angegeben, dass die Klemme nicht für den Betrieb mit induktiven Lasten geeignet ist. Aufgrund ihrer Bauform und Baugröße, ist sie für den Einbau in Gerätedosen geeignet.



Abbildung 27 dS-Klemme gelb¹²

Die digitalSTROM-Klemmen (Abbildung 27) erhalten ihre Funktionszuordnung entsprechend ~~nach~~ ihrer Farbe, sowie einer erweiterbaren Parametrierung über den dS-Server. Die Parametrierung über den dS-Server könnte als Gruppenadressierung angesehen werden. Im digitalSTROM-System kommunizieren Geräte mit gleicher Farbe innerhalb eines Stromkreises direkt miteinander. Dieses bedeutet, dass für einfache Installationen keine weitere Hardware als die Klemmen selbst benötigt würde. Um allerdings eine komfortable und voll funktionstüchtige Installation im Sinne einer Gebäudeautomation zu erstellen, sind ~~dann doch zusätzlich~~ die weiteren Bauteile wie dS-Server, dS-Filter und dS-Meter von Nöten. Derzeit sind dS-Klemmen mit den Farben Blau, Cyan, Gelb, Grau, Grün, Magenta, Rot, Schwarz und Weiß vorhanden, womit die Funktionalitäten Klima, Audio, Licht, Schatten, Zugang, Video, Sicherheit, Joker und Haushaltsgeräte abgebildet werden können. Die Zuordnung zwischen Farben und Funktionen können der Tabelle (Abbildung 29) entnommen werden. Die Kosten für eine dS-Klemme betragen momentan 94,00 €¹³ (Stand 09.09.2016).

¹² https://tbbhystypo3media.blob.core.windows.net/media/products/GE-KM200/GE-KM200_Montageanleitung-1.jpg

¹³ <http://www.digitalstrom.de/Shop/Licht/Licht-Klemme-M.html>



Abbildung 28 dS-Farbellere¹⁴

Farbe	Gruppe	Funktionsbeispiel
Blau	Klima	Heizung, Klima, Lüftung
Cyan	Audio	Soundsystem, Radio, Audiogeräte
Gelb	Licht	Leuchten, Lampen, Dimmen
Grau	Schatten	Jalousien, Sichtschutz, Beschattung
Grün	Zugang	Türöffner, Klingel
Magenta	Video	Fernseher, Projektor
Rot	Sicherheit	Brandmelder, Schutzfunktion, Sicherheitssysteme
Schwarz	Joker	Frei wählbare Funktion
Weiß	Haushaltsgeräte	Herd, Kühlschrank, Waschmaschine

Abbildung 29 dS-Farbenlehre tabellarisch

¹⁴ http://www.digitalstrom.com/out/pictures/wysiwigpro/ps_2.jpg

Bild entnommen aus:

Aschendorf, B.: Energiemanagement durch Gebäudeautomation, Heidelberg 2014, S. 239

LCN

Der LCN gehört seit 1992 zu den am Markt etablierten Gebäudeautomationssystemen. Mit diesem System lassen sich sowohl Einfamilienhäuser, als auch größere Liegenschaften automatisieren. Hersteller des LCN ist die Firma Issendorff, die ihren Hauptsitz in der Nähe von Hannover hat. LCN bietet die Möglichkeit Bedienelemente des KNX, wie zum Beispiel Taster, Bewegungsmelder der verschiedensten Elektroinstallationsunternehmen wie: ABB, Berker, Busch-Jaeger, GIRA, Jung, Merten, Siemens und auch eigene Entwicklungen zu verwenden. Hinzu kommen die flexiblen Einbaulösungen im Stromkreisverteiler und den Installationsdosen. Hierdurch gestaltet sich das gesamte System sehr flexibel. Durch Mikroprozessorgesteuerte Module lassen sich auch komplizierte Lichtsteuerungen und andere komplexe Anwendungen realisieren. Durch die Mikroprozessor-Steuerung ist jedes Modul in der Lage, zu rechnen, zählen, beobachten, kommunizieren, agieren und reagieren. Die einzelnen Module unterscheiden sich nur in der Bauform und der Art und Anzahl der Anschlüsse und Ausgänge. Sie sind als Unterputz- oder Hutschienenmodul erhältlich. Die Module können je nach Typ und Ausstattung mit einem T-, I- und P-Port ausgestattet sein. Am T-Port werden über passende Peripherieelemente zum Beispiel Taster bekannter Elektroinstallationstechnikhersteller angeschlossen. Ebenfalls ist es möglich, die Eigenentwicklungen der Firma LCN direkt ohne zusätzlichen Adapter anzuschließen. Der I-Port ist der Impulssensoranschluss, hier können verschiedene Sensoren wie LCN-Displaymodule (GT-Serie), Tastenumsetzer, Binärsensoren, Temperatursensoren, usw. und so weiter angeschlossen werden. Der P-Port dient zum Anschluss weiterer Peripheriegeräte wie Relais oder Stromsensoren. Zusätzlich sind neben dem Mikroprozessor noch ein Netzteil und der Busankoppler integriert. Dadurch, dass für die Kommunikation bei LCN nur eine zusätzliche Ader neben L, N und PE in der Leitung benötigt wird, kann das System sowohl im Neubau, als auch im Altbau und für Sanierungs- und Erweiterungsmöglichkeiten Verwendung finden. Die Bedienung des Hauses über PC, Smartphone, Tablet und komplexeste Automatisierungen ist möglich. Die zur Programmierung zwingend zu verwendende Software LCN-Pro ist ein Windows-basiertes Konfigurator-Tool, mit dem die LCN Module des Bussystems konfiguriert werden.

Die Software dient auch zur segmentübergreifenden Parametrierung der Module.

LCN-Pro unterstützt auch die offline Programmierung im Gegensatz zu den Vorversionen. Einer der wesentlichen Vorteile der Systemsoftware ist die Rücklesbarkeit.

Der Endkunde kann ohne Probleme den Installateur wechseln oder bei Datenverlust die Anlage neu auslesen. Des Weiteren steht die LCN-GVS als Software für den

Endanwender zur Verfügung. Sie dient zur Visualisierung und Steuerung der einzelnen LCN-Komponenten. Dabei kann zum einen der Status von Komponenten angezeigt werden und zum anderen können die Komponenten auch über die Software gesteuert werden. Durch die Installation auf einem PC, der Verbindung zum LCN-Bus

haben muss, kann mit Hilfe der GVS auch eine Steuerung des Systems über Smartphone, Tablet, usw. und so weiter realisiert werden. Die grafische Darstellung erlaubt große Freiheit bei der optischen Gestaltung der Bedienoberfläche. Des Weiteren

steht die Software LCN-PCHK zur Verfügung. Sie dient der Kopplung einer LCN-Anlage mit dem Ethernet / Internet. So können Programme wie LCN-PRO oder das Visualisierungs-System LCN-GVS Netzwerkintern oder über das Internet auf die Anlage zugreifen. Mit LCN-PCHK ist es möglich, über nur einen Koppler LCN-PKU mit

mehreren Programmen gleichzeitig auf den LCN-Bus zuzugreifen. Mittels Internetverbindung ist dieses auch weltweit möglich. LCN-PCHK unterstützt zwei Protokolle. Zum einen den internen Modus für LCN-PRO und LCN-GVS und zum anderen den PCHK-Modus, mit dem Fremdprogramme, wie zum Beispiel IP-Symcon den LCN-Bus sehr komfortabel steuern können und automatisch alle Statusinformationen erhalten. Eine Verbindung ist in der Grundlizenz enthalten, weitere können über

Schlüssellizenzen freigeschaltet werden.

Schlüssellizenzen freigeschaltet werden.

Schlüssellizenzen freigeschaltet werden.

Schlüssellizenzen freigeschaltet werden.

LCN Komponenten

Das LCN-SH Standard-Hutschiene-modul (Abbildung 30) ist ein Sensor-/Aktor-Modul zur Installation in der Gebäudeautomationstechnik. Es verfügt über zwei schalt- bzw. dimmbare elektronische Ausgänge 230V. Weiterhin verfügt das LCN-SH über T-, I- und P-Port zur Aufnahme der LCN Sensoren. Das interne Betriebsprogramm ist mittels der LCN-Systemsoftware LCN-PRO frei parametrierbar. Die Montage des LCN-SH Moduls erfolgt üblicherweise auf Hutschiene in Verteilerschränken. Mit diesem Modul ist eine Vielzahl von Funktionen realisierbar, wie zum Beispiel: hochwertige Lichtsteuerungen, aufwändige Lichteffekte, vom Tageslicht abhängige Lichtregelungen, Steuerung von Beschattungen und Wintergärten, Kühlung, Heizung, Lüftung, Zugangskontrolle mit IR-Fernsteuerung und Transponder und Alarmanlagen. Es bietet viel Funktionalität bei kostengünstiger Mehrfachnutzung von Sensoren und Aktoren. Die aktuellen Kosten für ein LCN-SH Modul betragen 166,96 €¹⁵.

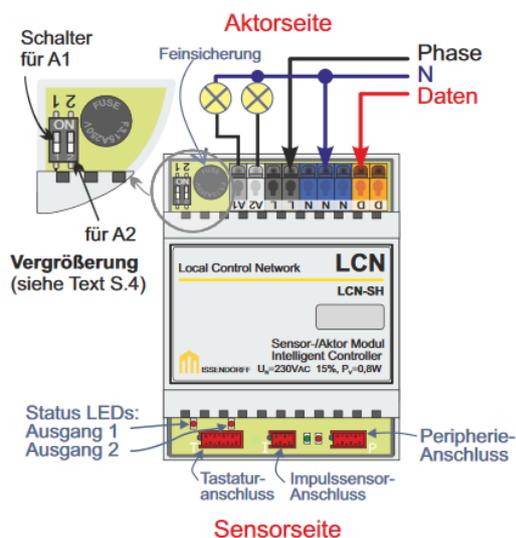


Abbildung 30 LCN SH-Modul¹⁶

Der LCN-PKU (Abbildung 31) ist ein passives Koppelmodul für das LCN-Bussystem. Welches über eine USB-Schnittstelle einen Anschluss

¹⁵ <http://www.bus-profi.com/LCN-SH>

¹⁶ <http://lcn.eu/images/Dokumente/Installationsanleitungen/LCN-SH.pdf>

an den LCN-Bus erstellt und so die Verbindung zum PC hergestellt. Der LCN-PKU verfügt über keinen eigenen Prozessor, somit ist eine Parametrierung durch die LCN-Systemsoftware LCN-PRO nicht erforderlich. In LCN-Anlagen dient er als Systemzugang für Laptops/ PCs. Über diesen Zugang wird die Parametrierung des LCN-Systems vom Installateur vorgenommen. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Anbindung der LCN Visualisierung. Mit Hilfe der Systemsoftware LCN-GVS erfolgt der direkte und bidirektionale Datenaustausch zwischen LCN- Systemzuständen und Änderungen, wie auch direkten Steuerkommandos vom Visualisierungs- PC. Der LCN-PKU verfügt über eine ~~fünffach~~-Fünffach-LED-Anzeige, mit deren Hilfe der Gerätezustand genau abgelesen werden kann. Die aktuellen Kosten für ein LCN-SH Modul betragen 159,84 €¹⁷.

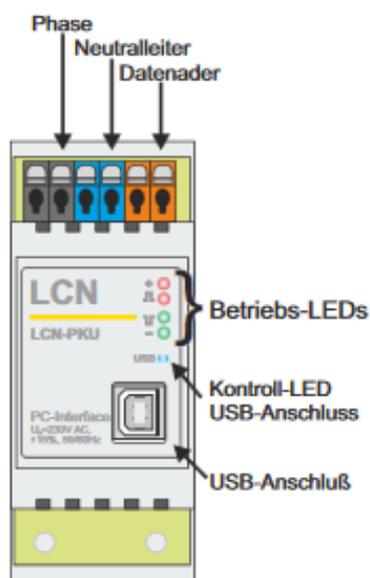


Abbildung 31 LCN-PKU¹⁸

¹⁷ http://www.bus-profi.com/epages/63840897.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/63840897/Products/203040

¹⁸ <http://lcn.eu/images/Dokumente/Installationsanleitungen/LCN-PKU.pdf>

Rutenbeck TC IP 1 WLAN

Die Firma Rutenbeck produziert seit mehr als 60 Jahren Produkte für die Kommunikationstechnikbranche und entwickelte vor einigen Jahren auch eine Messeinrichtung in Form einer Steckersteckdose. Mit dem Energy Manager TC IP 1 WLAN können Geräte über ein TCP/IP-Netzwerk geschaltet, sowie ihre Verbrauchsdaten erfasst und gespeichert werden. Zur Inbetriebnahme muss der Energy Manager mit einer 230V Steckdose und dem gewünschten Netzwerk zuerst per Patchkabel verbunden werden. Das Gerät ist nun über die Adressen <http://192.168.0.4> oder <http://TCIP1W> von jedem Rechner des gleichen Subnetzes über einen Webbrowser zu erreichen.



Abbildung 32 Energy Manager

Der Energy Manager beherrscht folgende Funktionen: Schalten über LAN/WLAN, manuelles schalten, Zeitschaltuhrfunktionen, Zufallsschalten, Impulsbetrieb, Temperatur-/Lastabhängiges schalten, Alarmierungsfunktion per E-Mail sowohl Leistungs- als auch Temperaturgebunden, Protokollierung der Leistung des angeschlossenen Verbrauchers, direkte Ansteuerung über UDP und automatische Uhrzeit Synchronisierung über das Internet.

Bei der Protokollierung der Leistung ist hervorzuheben, dass nicht nur die Wirkleistung, sondern auch Scheinleistung und Blindleistung mit erfasst werden, ebenso werden Strom, Spannung und der $\cos \varphi$ gemessen. Die direkte Ansteuerung über UDP kann dazu genutzt werden, die Verbrauchsdaten des angeschlossenen Geräts über eine externe Software, wie zum Beispiel IP-Symcon zu erfassen und weiter zu verarbeiten. Der Energy Manager verfügt allerdings auch über eine sehr gute eigene Bedienoberfläche (Abbildung 33). Mit dieser ist es ebenfalls möglich, die Leistung des angeschlossenen Verbrauchers zu dokumentieren und auch zu speichern.

The screenshot shows the 'TC IP 1 WLAN' interface. At the top, the status is 'An' (On) with an 'Ausschalten' (Turn Off) button. There are controls for 'Impuls senden' (Send Impulse) with radio buttons for 'Ein' (On) and 'Aus' (Off), and a timer set to '00:00:00' with a 'Senden' (Send) button. The system time is 'Donnerstag, 01.09.2016, 08:24:58'. The current power consumption is '0,00 W' and the temperature is 'nicht angeschlossen' (not connected).

The main content area is divided into two columns. The left column contains a navigation menu with items: Messungen, Zeitschaltuhr, Überwachung, Konfiguration, Netzwerk, and Update. The right column contains two tables:

Messungen	
Spannung	231,33 V
Strom	0,00 A
cos φ	1,000
Scheinleistung	0,00 VA
Wirkleistung	0,00 W
Blindleistung	0,00 var

Kostenprognose	
pro Jahr	0,0 €
Cent pro kWh -	25,00
Energie	0,023395 kWh
Kosten	0,01 €
Einschaltdauer seit: 31.08.2016 10:46:48	0:43 h <input type="button" value="Zurücksetzen"/>

Below the measurement table is the 'Messprotokoll' (Measurement Protocol) section, which includes a dropdown for 'Aufzeichnungsdauer' (Recording Duration) set to '1 Woche [1 min]' and a 'Bericht' (Report) section with 'Laden' (Load) and 'Neu' (New) buttons.

Abbildung 33 Rutenbeck Bedienoberfläche

Diese Funktionen machen ein gezieltes Metering von Einzelverbrauchern möglich, um ihre Verbrauchsdaten zu erfassen und zu analysieren. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse lassen sich für Energieeinsparungen nutzen. Bei der Aufzeichnung der Messprotokolle ist die Aufzeichnungsdauer frei wählbar. Besonders zu erwähnen ist noch, dass selbst eine Kostenprognose möglich ist. Die aktuellen Kosten für ein Energy Manager TC IP 1 WLAN betragen 198,90 €¹⁹

¹⁹ <http://www.fmt-shop.de/ip-steckdose-wlan-energy-manager-tc-ip-1-wlan.html>

Zusammenführung der Systeme mit IP-Symcon

Die Systeme in einem realen Objekt zu integrieren ist nur unter erheblichem Aufwand möglich und würde den Rahmen dieser Arbeit deutlich überschreiten. Auf Grund dessen wurde entschieden, mit einer Simulationswand (Abbildung 34) zu arbeiten, um zu zeigen dass die Kombination der Systeme möglich ist. Mit Hilfe von IP-Symcon wird daraus ein funktionierendes und sehr individuelles Smartmetering-System entstehen, welches in vielen Anwendungsfällen die flexibelste und ideale Lösung darstellt.



Abbildung 34 Simulationswand

Mit Hilfe der Simulationswand lassen sich so gut wie alle gängigen Szenarien in Bezug auf die Beleuchtung in einem Gebäude simulieren. Hier kann nicht nur geschaltet und gedimmt, sondern auch die einzelnen Verbräuche der Leuchtmittel erfasst werden.

Integration von digitalSTROM in IP-Symcon

In IP-Symcon sind sehr viele Gebäudeautomationssysteme bereits über Konfiguratoren eingebunden (Abbildung 35). Dies ist auch bei digitalSTROM der Fall. Damit gestaltet sich die Integration bereits etwas einfacher, da nicht erst ein eigener Konfigurator erstellt werden muss.

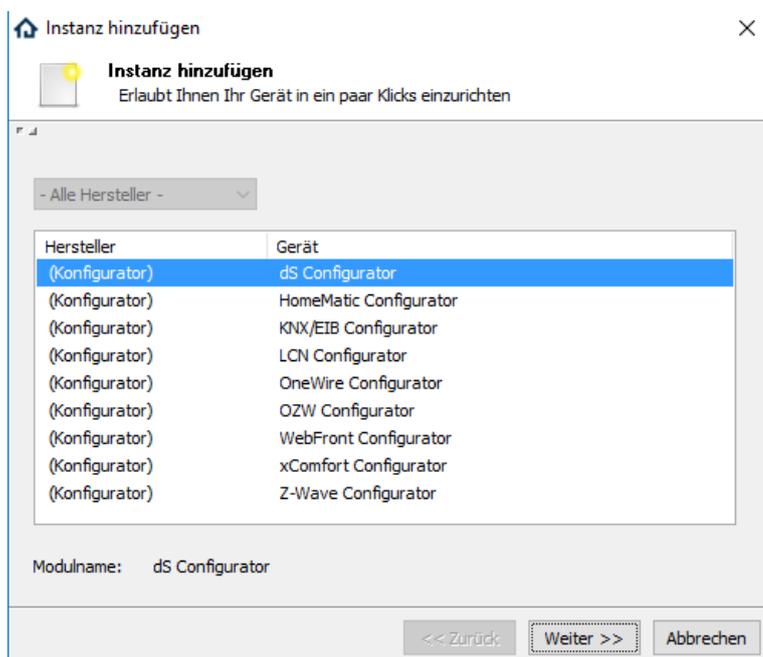


Abbildung 35 digitalSTROM Konfigurator

Der Konfigurator (Abbildung 36) liest automatisch alle vorhandenen digitalSTROM Geräte aus, soweit diese eingeschaltet und über den digitalSTROM-Server korrekt mit dem Netzwerk verbunden sind. Nach dem Auslesen sind die gefundenen Geräte auch sofort in IP-Symcon verwendbar. Die Geräte, wie zum Beispiel die gelbe dS-Klemme, werden jetzt mit Hilfe des Konfigurators in IP-Symcon konfiguriert, ihnen wird eine feste Objekt-ID gegebenvergeben. Nach dieser Konfiguration sind die Geräte vollständig über IP-Symcon steuerbar.

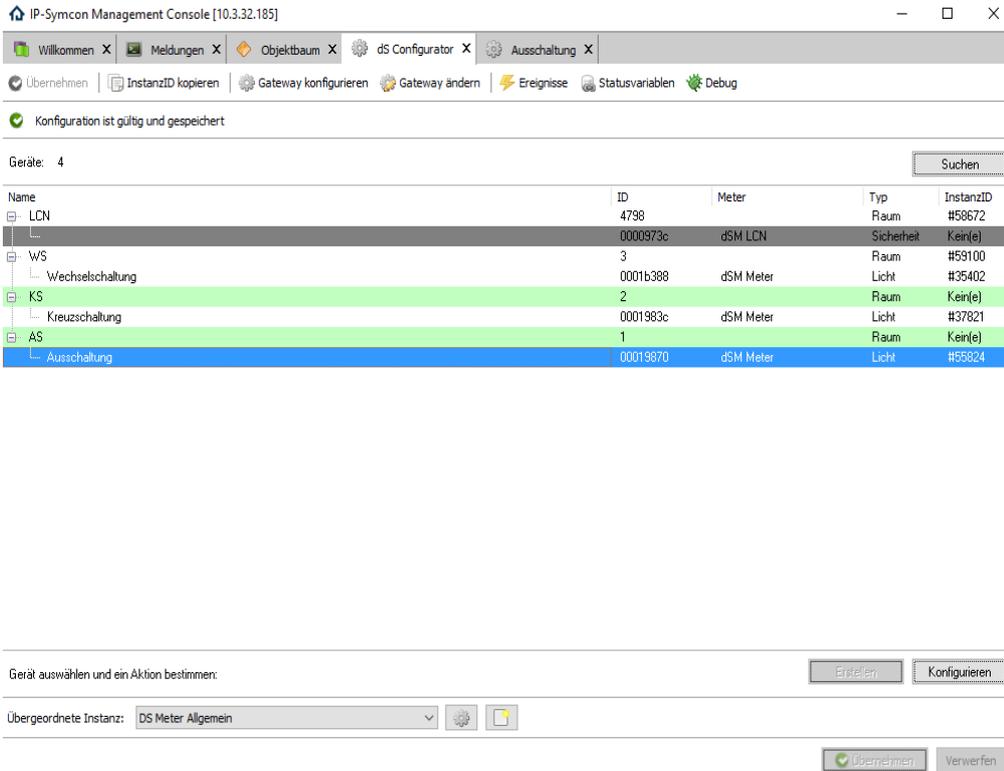


Abbildung 36 dS-Konfigurator Ansicht

Sobald die Konfiguration des Gerätes, in diesem Fall der gelben dS-Klemme, welche bereits im Vorhinein über die digitalSTROM eigene Programmieroberfläche als „Aus-schaltung“ benannt wurde, abgeschlossen ist, öffnet sich ein neues Fenster in IP-Symcon (Abbildung 37), worin eine Testumgebung zur Verfügung steht.

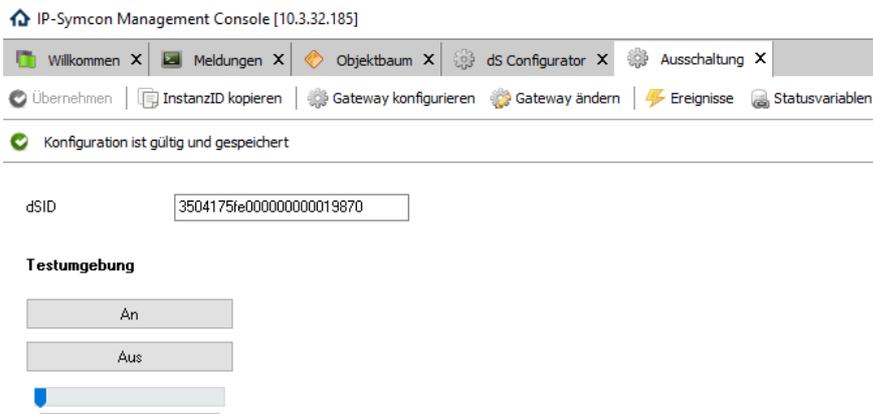


Abbildung 37 IP-Symcon Testumgebung

Anschließend wird ein Objekt (Abbildung 38) erstellt und so eine Instanz geschaffen, die von IP-Symcon automatisch dem Objektbaum hinzugefügt wird.

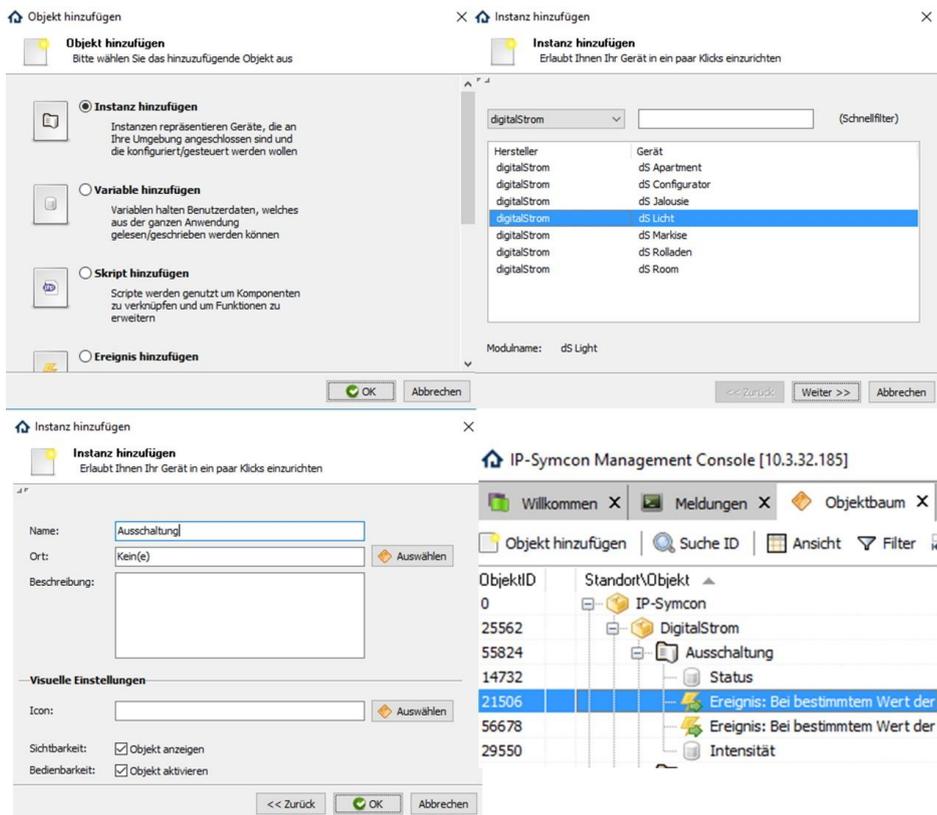


Abbildung 38 dS-Objekt in IP-Symcon

Im Anschluss können alle in IP-Symcon zur Verfügung stehenden Funktionen an diesem Objekt angewendet werden. In diesem Fall wurde ein EnOcean Taster (PTM200) als zentraler Aus- und Einschalter eingebunden, um die digitalSTROM-Klemmen separat zentral schalten zu können. Es wurde ein EnOcean Taster verwendet, um zu zeigen, dass auch diese Kombination möglich ist und die zentrale Schaltstelle für digitalSTROM somit mobil und für den Nutzer beweglich gestaltet ist. Für die Verwendung des EnOcean-Tasters muss allerdings ein eigenes Gateway in IP-Symcon integriert werden, auf dessen Details im Abschnitt verwendet Gateways näher eingegangen wird. Für das aufgebaute Testsystem wurden noch zwei weitere dS-Klemmen verwendet. Diese sind ebenfalls gelbe Lichtklemmen und wurden mit einem Verbraucher versehen und in der digitalSTROM Anlage installiert. Auch diese Klemmen wurden, wie bereits zuvor beschrieben, in IP-Symcon eingebunden (Abbildung 39).

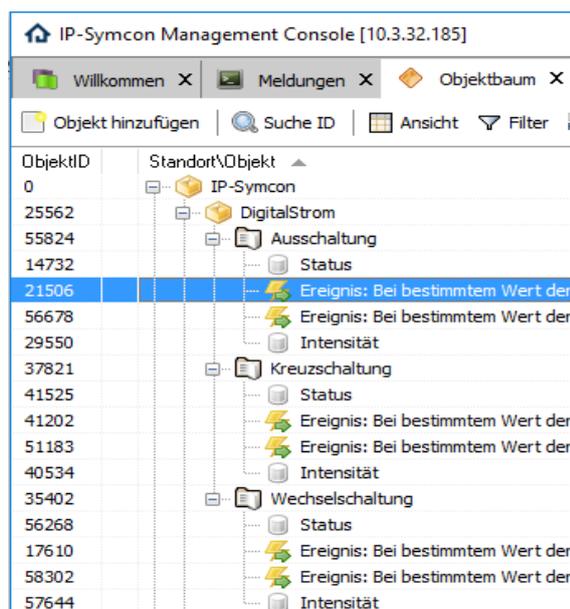


Abbildung 39 dS-Klemmen im Objektbaum

Um die zentral Ein- und Ausschaltfunktion zu realisieren, wurde den Objekten jeweils ein Ereignis für das Einschalten und ein weiteres für das Ausschalten hinzugefügt.

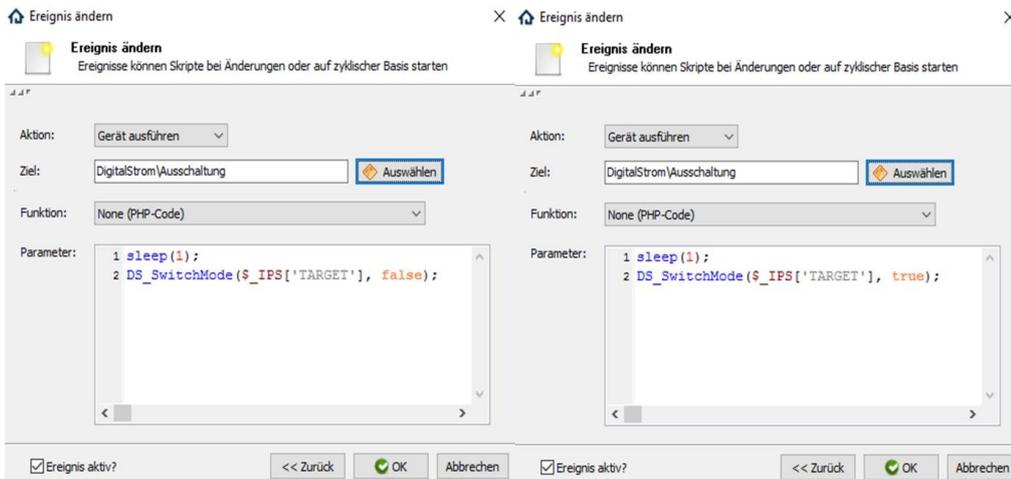


Abbildung 40 dS Zentral EIN/AUS

Als Auslöser dieser Ereignisse muss hier als „Bei bestimmtem Wert“ gesetzt werden, da der EnOcean Taster einen [booleschen-Boole-schen](#) Wert liefert. Das Ereignis selbst wird dann mittels PHP-Code ausgeführt. Diese Steuerung funktioniert einwandfrei, bis die Klemmenanzahl, welche gesteuert werden soll, mehr als zwei übersteigt. Hier ist eindeutig festzustellen, dass seitens des digitalSTROM-Servers ein Performance-Problem vorherrscht, denn ab der dritten zu steuernden dS-Klemme verselbständigt sich die komplette Steuerung. Das heißt, es wird mal die eine Klemme geschaltet und mal die andere, zum Teil schalten zwei Klemmen gleichzeitig ab. Allerdings niemals alle drei, so wie es sein soll. Wird jetzt im PHP-Code eine Zwangspause vor dem jeweiligen Befehl gesetzt, funktioniert die gesamte Schaltung wieder einwandfrei. Dabei muss diese Zwangspause allerdings so angelegt sein, dass nie mehr als zwei Klemmen gleichzeitig angesprochen werden. Die Schlussfolgerung ist, dass der dS-Server schlichtweg mit der Datenmenge überfordert ist, womit eine vernünftige Steuerung nicht möglich ist. Das Metering bei digitalSTROM geschieht komplett über das dS-Meter. Hier wird der dS-Server nur zur Kommunikation nach außen genutzt. Die Visualisierung seitens digitalSTROM ist hier schon relativ ansprechend im Webbrowser dargestellt. Mit Hilfe von IP-Symcon lässt sich jedoch noch wesentlich mehr gestalten. So ist es möglich, mit einem PHP-Skript (Abbildung 41) in IP-Symcon eine gezielte Kostenprognose zu erstellen und diese auch ansprechend in der Visualisierung darzustellen.

Hierzu wird der Wert des dS-Meters mittels des Skriptes ausgelesen und anschließend im Skript auf die gewünschten Zeiträume umgerechnet, hier einmal als aktuelle Kosten, monatliche Kosten und jährliche Kosten. Schade ist, dass der dS-Meter nur ca. alle 50 Sekunden aktualisiert und somit keine sekundengenauen Werte liefert. Diese Zeitspanne lässt sich nicht beeinflussen, auch mit Hilfe von IP-Symcon ist hier keine Lösung in Sicht. Das hat zur Folge, dass ein Einzelgeräte Metering nur eingeschränkt oder ungenau möglich, ist da die Messintervalle doch recht groß sind.

```

IP-Symcon Management Console [10.3.32.185]
Willkommen X | Meldungen X | Objektbaum X | LCN Verbrauch X | Verbrauch digitalSTROM X
Speichern | ScriptID kopieren | Befehl hinzufügen | Ereignis hinzufügen

1 <?
2
3 $verbrauch=getvalue(37390); // Wert aus Variable holen
4 $verbrauchinKWh=($verbrauch)/1000; // kWh berechnen
5 print_r($verbrauch); //Wert zur Kontrolle ausgeben
6 $kosten=$verbrauchinKWh*0.25; // Berechnung nach Tarif
7 print_r ($kosten); //Wert zur Kontrolle ausgeben
8 $kostenmonat=$kosten*720; // Berechnung monatliche Kosten
9 print_r ($kostenmonat); //Wert zur Kontrolle ausgeben
10 $kostenjahr=$kosten*8760; // Berechnung jährliche Kosten
11 setvalue(15810 , $kosten); // Wert an Variable aktuelle Kosten
12 setvalue(58768 , $kostenmonat); // Wert an Variable monatliche Kosten
13 setvalue(31910 , $kostenjahr); // Wert an Variable jährliche Kosten
14 ?>

```

Abbildung 41 Kostenberechnung dS mit Skript

Um in der IP-Symcon Visualisierung permanent aktuelle Werte zu haben, wurde dem Skript noch ein Ereignis vorgeschaltet, welches das Skript sekundlich ausführt. In der WebFront Visualisierung von IP-Symcon werden die Werte, welche mittels des Skripts erstellt und in Variablen gespeichert werden, dann ansprechend und für den Nutzer sehr übersichtlich dargestellt.

Gebäudesteuerung Energieverbrauch	
DigitalStrom LCN Messungen	
digitalSTROM	LCN Rutenbeck Gerät 1 Rutenbeck Gerät 2 Rutenbeck Gerät 3 Rutenb
0. aktuelle Kosten in €	0,0035 ↕
1. monatliche Kosten in €	2,52 ↕
2. jährliche Kosten in €	30,66 ↕
Leistung dS-Meter	14,0 W ↕

Abbildung 42 Messung digital-STROM

In Abbildung 42 sind in der WebFront die einzelnen Variablen wie aktuelle Kosten, monatliche Kosten, jährliche Kosten und die aktuelle Leistung in Zahlen dargestellt. Auf Wunsch des Nutzers können diese Variablen auch als Graph visualisiert werden (Abbildung 43). Hier stehen dem Nutzer noch viele Möglichkeiten zur Verfügung die graphische Darstellung anzupassen.

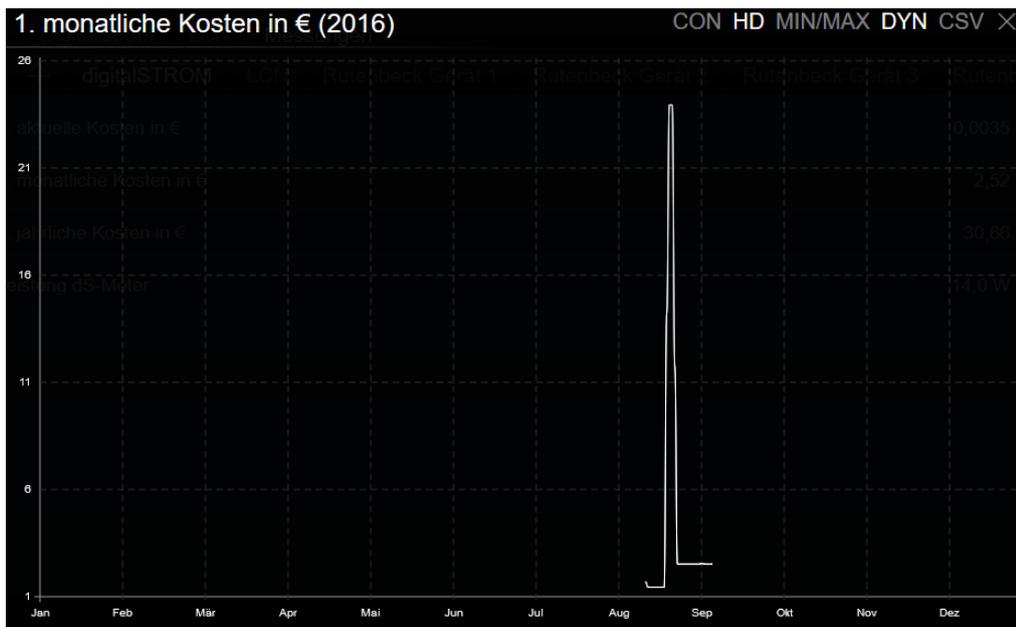


Abbildung 43 dS-Messung als Graph

Integration von LCN in IP-Symcon

Um LCN in IP-Symcon zu integrieren, kann auch der bereits vorhandene Konfigurator benutzt werden. Zuerst muss jedoch mit Hilfe des LCN-PKU (Abbildung 31) eine stabile Verbindung zum Netzwerk aufgebaut werden. Hierzu wird auch eine zusätzliche Software seitens LCN benötigt. Auf die Details dieser Verbindung wird im Abschnitt verwendete Gateways genauer eingegangen. Der für LCN in IP-Symcon vorhandenen Konfigurator wird über die Verwaltungskonsole aufgerufen.

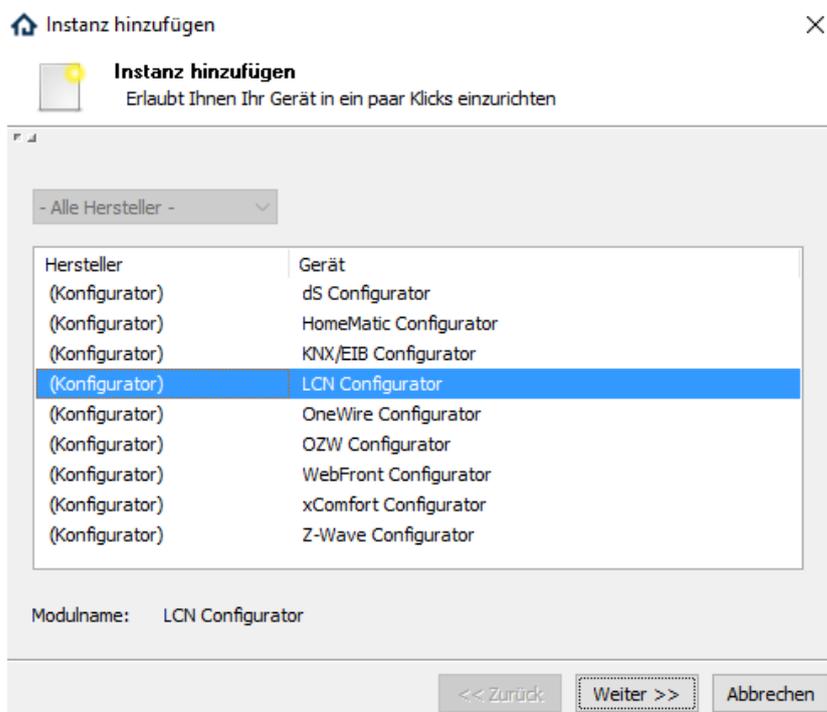


Abbildung 44 LCN Konfigurator

Nach dem Öffnen des Konfigurators kann das angeschlossene LCN-System in IP-Symcon eingelesen werden. Es erscheinen automatisch alle erreichbaren Module (Abbildung 45).

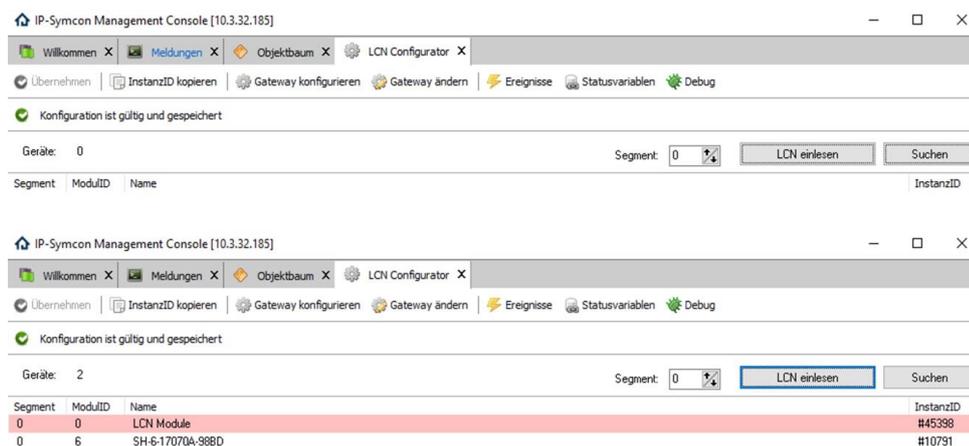


Abbildung 45 LCN einlesen

Die Konfiguration der einzelnen Module kann nach dem Einlesen des LCN-Systems direkt erfolgen. Diese gestaltet sich sehr übersichtlich und einfach, da wirklich alles frei eingestellt werden kann (Abbildung 46).

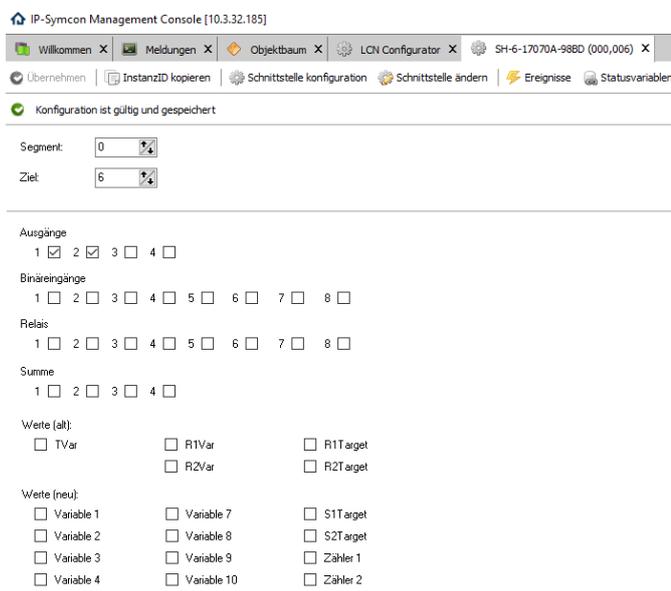


Abbildung 46 LCN-Modul konfigurieren

Nach der Konfiguration der Module erscheinen diese sofort im Objektbaum (Abbildung 47) und können verwendet werden. Hier wird nur ein Modul verwendet, um an diesem Beispielhaft, zu zeigen, dass die Integration in IP-Symcon problemlos möglich ist.

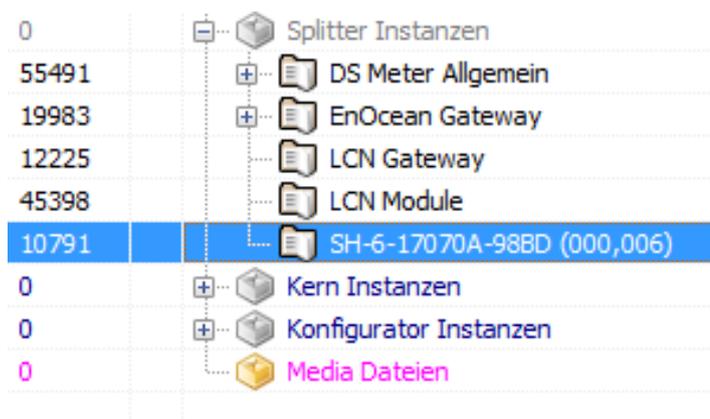


Abbildung 47 LCN-Modul im Objektbaum

Das hier gezeigte Modul wird dazu genutzt, um mit seinen beiden Ausgängen jeweils eine Lampe zu schalten. Der Schaltbefehl wird hier mit einem EnOcean PTM200 Taster für beide Lampen gegeben. Um dies zu realisieren, wird mittels zweier Instanzen (Abbildung 48), jeweils eine pro Modulausgang, in IP-Symcon gearbeitet.

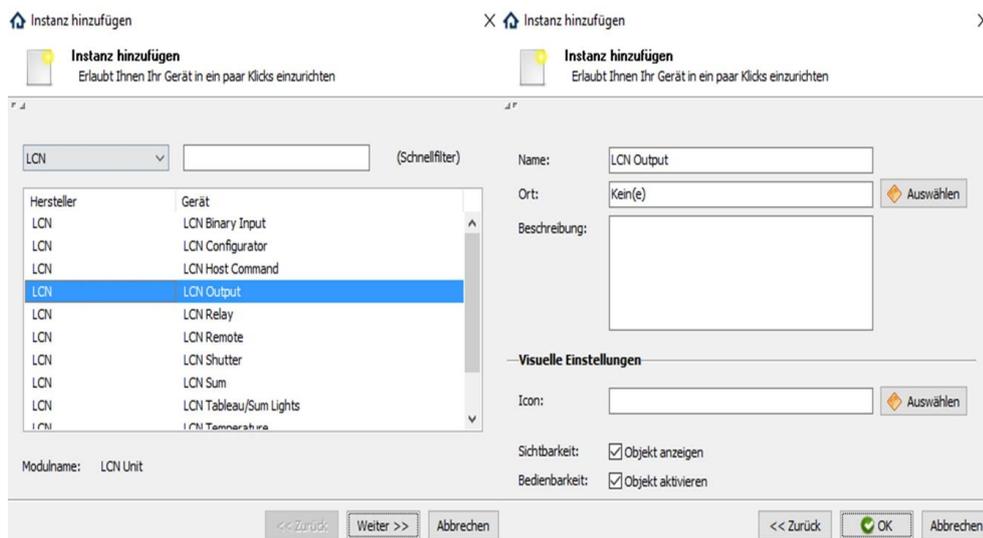


Abbildung 48 LCN Instanz

Nachdem die Instanzen hinzugefügt sind, können jetzt die einzelnen Ausgänge des LCN-Moduls parametrieren und auch sofort getestet werden, das von IP-Symcon bereits während der Parametrierung eine Testumgebung für den Ausgang angelegt wird (Abbildung 49).

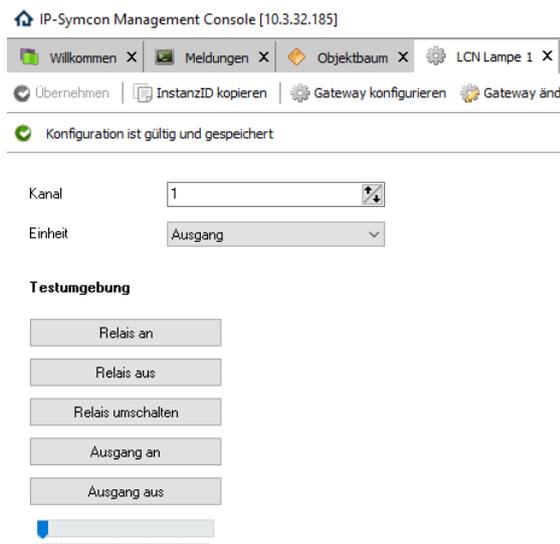


Abbildung 49 LCN-Ausgang parametrieren

Um den parametrierten Ausgang über den EnOcean Taster schalten zu können, welcher einen [boolesches Boole-sches](#) „true“ oder „false“ liefert, wird ein Ereignis verwendet, welches bei „Variablen Änderung“ den jeweils zugewiesenen LCN-Modulsausgang schaltet.

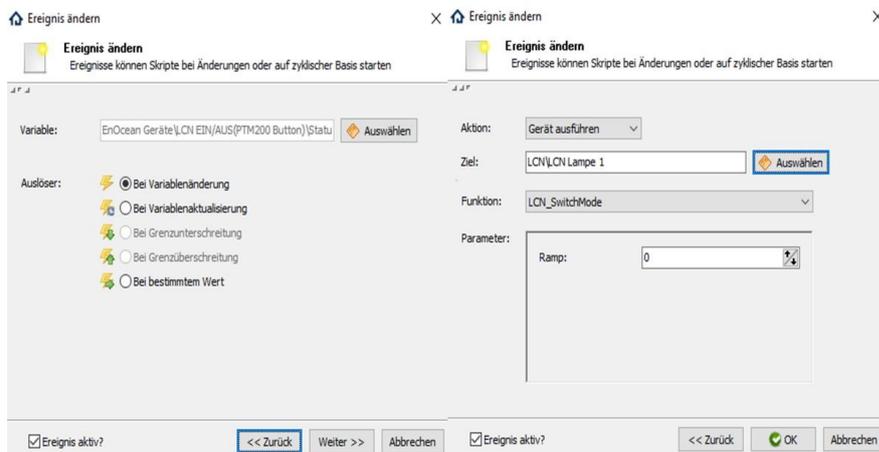


Abbildung 50 LCN Ereignis

Mit Hilfe der nun eingebundenen Ereignisse (Abbildung 50) ist es jetzt möglich, mittels des EnOcean Tasters, die beiden Ausgänge des LCN-Moduls bzw. die beiden daran angeschlossenen Leuchtmittel zu schalten. Hier ist -auch eine zentrale Funktion des EnOcean Tasters denkbar, [zum-z-Beispiel-B-](#) als vom Nutzer frei positionierbarer, zentraler Einschalter für Beleuchtungsszenarien. Es sind dem Nutzer keine Grenzen gesetzt, da hier keine Performance-Probleme bei mehreren zu schaltenden Modulen auftreten und auch nicht zu erwarten sind. In einem [SmartmeteringSmart-Metering](#)-System sollten natürlich auch die Verbrauchsdaten von LCN erfasst und visualisiert werden. Um das angeschlossene und integrierte LCN-System metern zu können, wurde ein weiteres dS-Meter verwendet, welches an den bereits vorhandenen dS-Server angeschlossen ist und in IP-Symcon integriert wurde. Hierzu wurde in IP-Symcon ein Skript (Abbildung 51) erstellt, welches sich die aktuellen Verbrauchsdaten aus dem dS-Meter holt und diese dann auf die aktuellen Kosten für die Visualisierung umrechnet. Das Skript wird mit der Hilfe eines Ereignisses sekundlich ausgeführt, um die Werte immer aktuell zu halten.

```

1 <?
2
3 $verbrauch=getvalue(14132 );// Wert aus Variable holen
4 $verbrauchinKWh=(($verbrauch)/1000);// kWh berechnen
5 print_r($verbrauch); //Wert zur Kontrolle ausgeben
6 $kosten=$verbrauchinKWh*0.25; // Berechnung nach Tarif
7 print_r ($kosten);// Kontrollausgabe
8 $kostenmonat=$kosten*720;// Berechnung monatliche Kosten
9 $kostenjahr=$kosten*8760;// Berechnung jährliche Kosten
10 setvalue(20302 , $kosten);// Wert an Variable aktuelle Kosten
11 setvalue(39534 , $kostenmonat);// Wert an Variable monatliche Kosten
12 setvalue(39214 , $kostenjahr);// Wert an Variable jährliche Kosten
13 ?>

```

Abbildung 51 LCN Skript Messung

Die mit dem Skript errechneten Werte können nun im WebFront ansprechend visualisiert werden und gleichzeitig auch prognostiziert. So hat der Nutzer stets eine Übersicht der auf ihn zukommenden Kosten.

Gebäudesteuerung		Energieverbrauch
↑	DigitalStrom	LCN
Messungen		
<	↑	digitalSTROM
		LCN
		Rutenbeck Gerät 1
		Rutenbeck Gerät 2
		Rutenbeck Gerät 3
		Rutenb
		>
0.	aktuelle Kosten in €	0,035
1.	monatliche Kosten in €	25,2
2.	jährliche Kosten in €	306,6
	Leistung LCN Meter	140,0 W ↘

Abbildung 52 LCN Messung

Integration von Rutenbeck in IP-Symcon

Die Systeme und Geräte der Firma Rutenbeck sind leider nicht in IP-Symcon über Konfiguratoren oder sonstiges eingebunden. Da die Rutenbeck Geräte aber über eine Anbindung ans Netzwerk verfügen, stellt dies in IP-Symcon kein allzu großes Problem dar. Hier wird eine stabile Verbindung durch ein Skript geschaffen, welches in IP-Symcon integriert und alle 5 Sekunden über ein Ereignis ausgeführt wird, wodurch die Messwerte ständig aktualisiert werden. Das Skript öffnet eine Socket-Verbindung über die IP-Adresse und den entsprechenden UDP-Port des angewählten Gerätes. Anschließend werden die aktuellen Messwerte des Gerätes ausgelesen und gespeichert. Danach werden die gespeicherten Werte gerundet und die tatsächlichen Verbrauchskosten für die Visualisierung berechnet. Die berechneten Werte werden in den zuvor in IP-Symcon dafür erzeugten Variablen gespeichert und in der Visualisierung verwendet.

```
if(getvalue(51634)==true)//Wert aus Variable mit ID: 51634
{
    $fp=fsockopen("udp://10.3.34.222",30303); // UDP Port öffnen
    print '1 ';
    print_r ($fp);// Ausgabe zur Kontrolle
    fwrite($fp,"OUT1 1");// Spannungsversorgung einschalten
    fclose($fp);
    $fp=fsockopen("udp://10.3.34.222",30303);// UDP Port öffnen
    fwrite($fp,"P ?");// Leistung abfragen
    $wert=str_replace("P=", "", fread($fp,100));// Liest aus und übergibt die
    Werte
    print ' 2 ';
    print_r ($wert);// Ausgabe zur Kontrolle

    // $s = $wert;
    $f = str_replace(',','.', $wert);// Ersetzt "," durch "." und schreibt in f
    $wert2 = $f;

    // $t = $wert2;
    $x = str_replace('P =','',$wert2);// Löscht "P="
    $wert2 = $x;

    print 'Ausgabe ohne P = /// ';// Textausgabe
    print_r ($wert2);// Kontroll Ausgabe
```

```

$verbrauch=($wert2/1000);//Verbrauch in kWh umrechnen
print ' 3 Ausgabe in kWh      ';// Textausgabe
print_r ($verbrauch);// Kontroll Ausgabe
$kosten=($verbrauch*0.25);// Tarifkosten
$roundedkosten = round($kosten, 3);// Rundet auf 3 Nachkommastellen
setvalue(49586,$roundedkosten);// Gibt der Variable mit ID 49586(Kosten
aktuell) den Wert von $roundedkosten
setvalue(58000,$wert2);// Gibt der Variable mit ID 58000(Wirkleistung) den
Wert von $wert2

$verbrauch2=$wert2/1000;// kWh Umrechnung
$kostenstunde=$verbrauch2*0.25;// Tarifkosten
$roundedkostenstunde = round($kostenstunde, 2);// Rundet auf 2
Nachkommastellen
setvalue(14299,$roundedkostenstunde);// Gibt der Variable mit ID
14299(Kosten Stunde) den Wert von $roundedkostenstunde

$kostentaeglich=$kostenstunde*24;// Stündlicher Verbrauch auf täglichen
Verbrauch
$roundedkostentaeglich = round($kostentaeglich, 2);// Rundet auf 2
Nachkommastellen
setvalue(20812,$roundedkostentaeglich);// Gibt der Variable mit ID 20812
(Kosten Täglich) den Wert von $roundedkostentaeglich

$kostenjaehrlich=$kostentaeglich*365;// Täglicher Verbrauch auf jährlichen
Verbrauch
$roundedkostenjaehrlich = round($kostenjaehrlich, 2);// Rundet auf 2
Nachkommastellen
setvalue(50210/*(Einzelmessung\Kosten)*,$roundedkostenjaehrlich);// Gibt
der Variable mit ID 50210 (Kosten Jährlich) den Wert von
$roundedkostenjaehrlich

print '  Ausgabe Kosten  ///';//Textausgabe
print_r ($roundedkosten);//Kontroll Ausgabe

print '  Ausgabe Verbrauch 2      ///';//Textausgabe
print_r ($verbrauch2);//Kontroll Ausgabe

print '  Ausgabe Kosten Stunde  ///';//Textausgabe
print_r ($roundedkostenstunde);//Kontroll Ausgabe

print '  Ausgabe Kosten täglich  ///';//Textausgabe
print_r ($roundedkostentaeglich);//Kontroll Ausgabe

print '  Ausgabe Kosten jährlich  ///';//Textausgabe
print_r ($roundedkostenjaehrlich);//Kontroll Ausgabe
}
fclose($fp);//schließe $fp

```

In der WebFront Visualisierung bietet sich dem Nutzer dann eine übersichtliche Anordnung der ermittelten Werte wie Kosten aktuell, Kosten monatlich prognostiziert, Kosten jährlich prognostiziert und der Wirkleistung. Hier sind noch viele weitere Szenarien denkbar, da die Kombination aus dem Energy Manager TC IP 1 WLAN und IP-Symcon mittels PHP-Skripten und die damit verbundenen Möglichkeiten sehr flexibel und vielfältig sind. Denkbar ist, zum Beispiel noch eine Fernschaltfunktion zu integrieren, um auch die Steuerung von Stecker gebundenen Geräten zu ermöglichen.

digitalSTROM	LCN	Rutenbeck Gerät 1	Rutenbeck Gerät 2	Rutenbeck Gerät 3	Rutenbeck
0. Aktuell in €		0,041		↕	
1. stündlich in €		0,04		↕	
2. täglich in €		0,99		↕	
3. jährlich in €		362,18		↕	
Wirkleistung Gerät 2		165,3 W		↕	

Abbildung 53 Visualisierung Rutenbeck

Verwendete Gateways

Um die verschiedenen Systeme in IP-Symcon zusammenführen zu können, muss für jedes System eine IP-Verbindung hergestellt werden. Bei digitalSTROM geschieht dies direkt, da der dS-Server über eine direkte Netzwerkverbindung verfügt. Bei LCN wird die Netzwerkverbindung über den LCN-PKU, eine zusätzliche Software LCN_PCHK und einen externen Rechner, in diesem Fall einen Raspberry-PI hergestellt, da es seitens LCN kein eigenes IP-Gateway gibt. Für die verwendeten EnOcean Geräte kann auf ein IP-Gateway von der Symcon GmbH zurückgegriffen werden, welches über eine aufgebaute Funkschnittstelle die Netzwerkverbindung für EnOcean Geräte herstellt. Die verwendeten Rutenbeck Geräte benötigen kein eigenes Gateway, da sie über eine direkte Netzwerkanbindung verfügen.

EnOcean Gateway

Das TCM 310 LAN Gateway (Abbildung 54) dient zur Netzwerkanbindung für die EnOcean 868 MHz Funksysteme. Es bietet eine bidirektionale Funkschnittstelle an einem Ende und eine bidirektionale serielle Schnittstelle am anderen Ende. Die Funkelegramme werden transparent über die serielle Schnittstelle in beide Richtungen von und zu einem extern angeschlossenen Host-Prozessor oder Host-PC gesendet.



Abbildung 54 TCM 310 LAN

Das TCM 310 LAN wird in IP-Symcon über eine Instanz als Splitter (Abbildung 55) integriert und kann sofort verwendet werden.

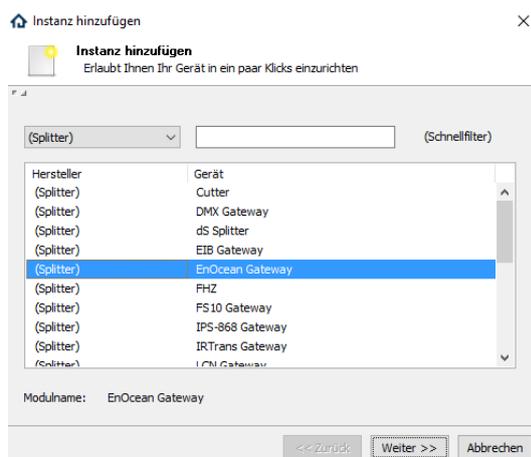


Abbildung 55 TCM 310 Instanz

Nach dem Erstellen der Instanz müssen über die Gateway Konfiguration (Abbildung 56) in IP-Symcon lediglich noch die passende IP-Adresse und der Port für den TCM 310 eingestellt werden. IP-Symcon zeigt anschließend sofort an, ob die Schnittstelle zur Verfügung steht und geöffnet ist. Ist dies der Fall, können ab sofort die EnOcean Funkgeräte über das Gateway in IP-Symcon eingelesen, verwaltet und gesteuert werden. Probleme treten hier teilweise mit den Firewall Einstellungen des verwendeten Rechners auf. Es müssen dann die verwendeten Ports separat freigegeben werden. Ein weiteres häufiges Problem ist eine falsch eingestellte Baudrate an der Schnittstelle. Selbst dieses kann innerhalb der eigenen Einstellungen in der Schnittstelle geändert werden. Hierzu werden mittels Aufruf der IP-Adresse in einem Webbrowser die Einstellungen der Schnittstelle geöffnet und können geändert werden. Das Einrichten des TCM 310 gestaltet sich in IP-Symcon im Normalfall problemlos und schnell.

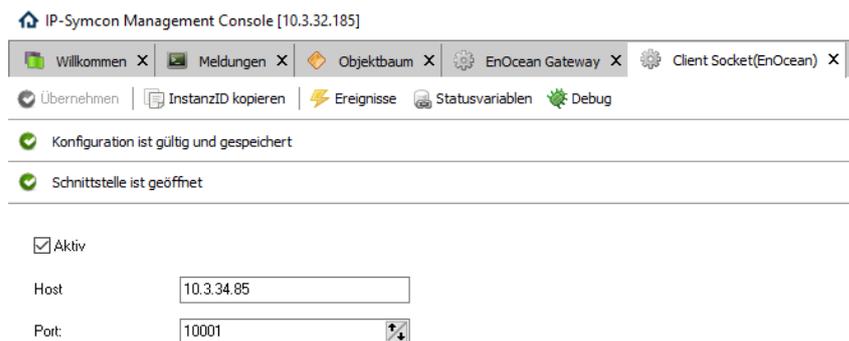


Abbildung 56 Gateway Konfiguration

LCN Gateway

Da LCN leider über kein eigenes IP-Gateway verfügt, sondern lediglich eine USB-Schnittstelle über das LCN-PKU Modul bietet, musste für diese Arbeit eine andere Lösung her. Die verwendete SymBox verfügt leider nicht über einen USB-Anschluss der zu Verbindung mit LCN genutzt werden könnte. Es kam die Idee auf, einen kleinen und kostengünstigen Einplatinencomputer als Gateway zu nutzen. Hierzu wurde dann auf einen Raspberry-PI (Abbildung 57) zurückgegriffen.



Abbildung 57 Raspberry-PI

Diese Entscheidung kam zustande, da von LCN auch die passende PCHK-Software für das Linux basierte Betriebssystem des Raspberry zur Verfügung gestellt wurde. Im Prinzip stellten sich hier noch keine Probleme dar. Die zur Verfügung stehende Software wurde heruntergeladen und auf dem Raspberry ordnungsgemäß nach Anleitung (Abbildung 58) installiert.

```
1.Datei "config.sh" ausfuehrbar machen (chmod 755 config.sh)
2.Datei "config.sh" ausfuehren (./config.sh)
3.Anweisungen folgen
BITTE BEACHTEN: ALLE Abfragen MUESSEN ausgefuehrt werden!
```

Das wars!

Sollte es zu Problemen oder einer Fehleingabe gekommen sein, die lcnpchk.xml Datei loeschen und config.sh erneut ausfuehren.

Bei Fragen besuchen Sie unser Forum auf <http://www.lcn.de/forum>

OR am 24.10.2014

Abbildung 58 PCHK-Anleitung

Die vorhandenen Lizenzen wurden in der Konfigurationsdatei „config.sh“ (Abbildung 59) eingetragen und die Datei anschließend ausgeführt.



```
config - Editor
Datei Bearbeiten Format Ansicht ?
echo "Willkommen beim Konfigurationsscript der LCN-PCHK
Bitte alle Eingaben vollstaendig ausfuehlen!"read -p "Bitte den Lizenznamen eingeben:" lizenznameread -p "
Bitte den Lizenzkey eingeben(Ohne Leerzeichen und Trennstriche.
Sollte ein & enthalten sein, muss dies durch ein &amp; ersetzt werden!):" lizenzread -p "
PCHK Benutzername eingeben:" userread -p "
Bitte Passwort eingeben:" passpassword="echo -n $pass | md5sum | awk '{print $1}'" echo "<?xml version='1.0' encoding='UTF-8' ?>
<LcnPchkConfiguration xmlns:xsi='http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance' xsi:noNamespaceSchemaLocation='lcnpchconfig.xsd'>
<Header> <Version major='1' minor='0' />
<Generator>LCN-PCHK 2.7</Generator> </Header> <Global> <Language>de</Language>
</Global> <LicenseInformation> <Licensee>$lizenzname</Licensee> <LicenseKeys>
<licenseKey xsi:type='AutoKey'>$lizenz</licenseKey> </LicenseKeys> </LicenseInformation>
<LcnRealTimeClockSync xsi:type='SyncAutoDetect' /> <Communication> <LCNPort>ttyUSB0</LCNPort>
<HostPort>TCP/IP</HostPort> <TCPPortNum>4114</TCPPortNum> <TCPInactivityTimeout>1800</TCPInactivityTimeout>
<User>$user:$password</User> <HostId>4</HostId> <RemoteConfigurationXmlRpcPort>4220</RemoteConfigurationXmlRpcPort>
</Communication> </LcnPchkConfiguration>" > ./lcnpchk.xml./install.sh/etc/init.d/pchk start
```

Abbildung 59 PCHK "config.sh"

LCN-PCHK wurde erfolgreich auf dem Raspberry-PI installiert und gestartet. Jetzt muss die Verbindung zum System hergestellt werden. Hierzu wird auf einem weiteren Rechner die PCHK-Software installiert und korrekt lizenziert. Der LCN-PCHK-Monitor wird geöffnet und ausgewählt, dass für den Dienst ein Computer im Netzwerk verwendet werden soll (Abbildung 60).

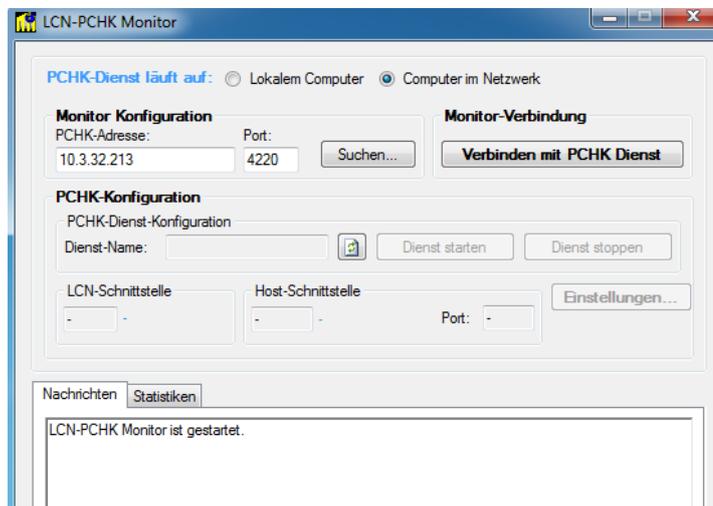


Abbildung 60 LCN PCHK-Monitor

Anschließend muss die Verbindung zum Raspberry gesucht werden. Wenn dieser dann angezeigt wird, kann auch eine Verbindung hergestellt werden. Sehr wichtig ist hier, dass nicht der Port 4220 gewählt wird, sondern der Port 4114, da der andere nur zu remote Zwecken genutzt wird (Abbildung 61). Ist der richtige Port angewählt, wird vom PCHK-Monitor eine Verbindung hergestellt (Abbildung 62).

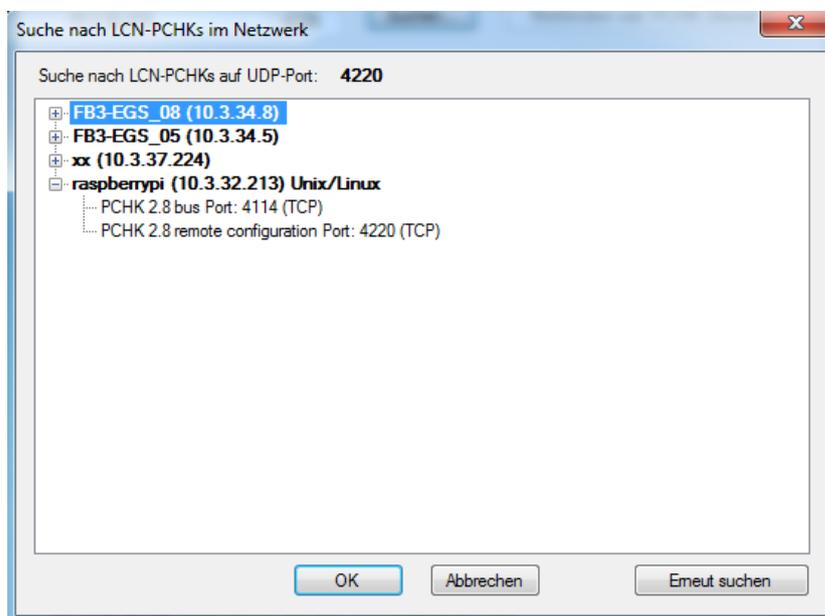


Abbildung 61 Raspberry mit PCHK verbinden

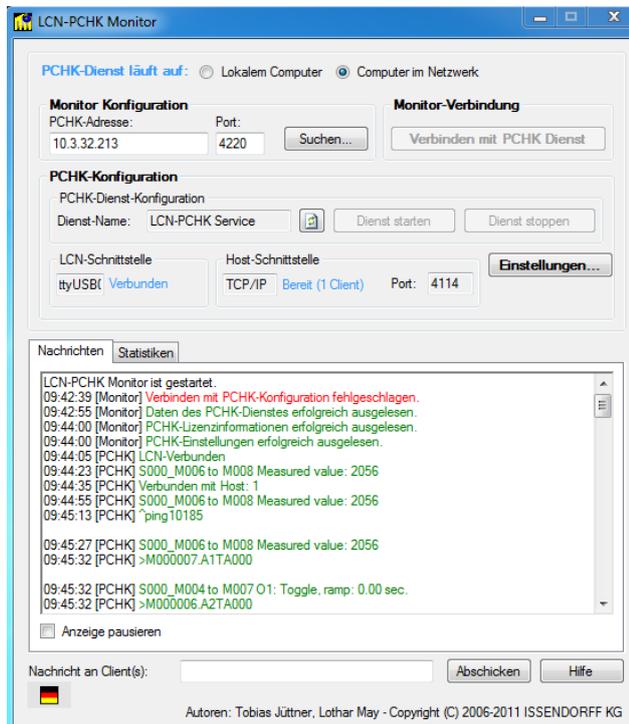


Abbildung 62 PCHK Verbindung hergestellt

Nach Herstellung der Verbindung ist das LCN-System erfolgreich mit dem Netzwerk verbunden. Jetzt kann LCN in IP-Symcon integriert werden. Die Integration findet hier auch über das Einfügen einer Instanz als Splitter in IP-Symcon statt.

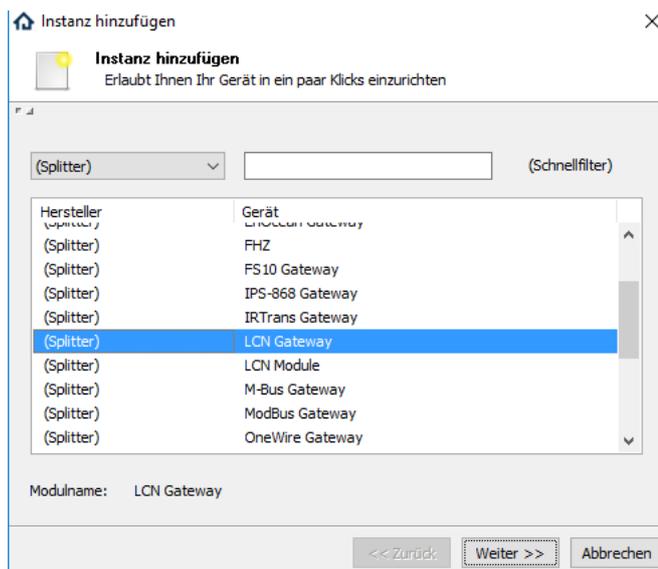


Abbildung 63 LCN-Splitter

Ist die Instanz hinzugefügt, wird die Schnittstelle konfiguriert, indem die zugehörige IP-Adresse und der passende Port hier 4114 eingetragen werden (Abbildung 64). Im Anschluss muss noch das zuvor in LCN-PCHK vergebene Passwort eingegeben werden. IP-Symcon stellt nun eine Verbindung zu LCN her und zeigt diese auch sofort an. Wenn eine erfolgreiche und stabile Verbindung steht, ist das Auslesen der angeschlossenen LCN-Module und deren Bearbeitung sofort möglich.

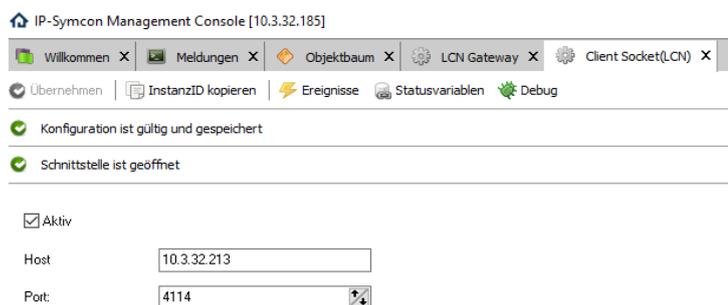


Abbildung 64 IP-Adresse LCN

Nachdem alle Einstellungen korrekt vorgenommen sind, erhält man eine sehr stabile Verbindung zum Netzwerk über den Raspberry-Pi. Der Windows Rechner wird ab diesem Zeitpunkt nicht mehr benötigt. Dieses hier beschriebene Verfahren stellt den idealen Weg der Herstellung einer Verbindung zwischen LCN und IP-Symcon dar. In der Realität sieht dies leider anders aus. Das Auffinden des Raspberry-Pi mit der aktuellen LCN-PCHK Software auf einem Windows 10 Rechner war hier einfach nicht möglich. Wurde hingegen ein Windows 7 Rechner mit älterer PCHK Software verwendet, erschien der Raspberry-Pi sofort als anwählbares Gerät. Dies lässt die Vermutung zu, dass Kompatibilitäts-Probleme zwischen den verschiedenen PCHK Versionen bestehen. Leider war auch über den Windows 7 Rechner eine stabile Verbindung nicht sofort möglich. Erst nach mehrmaliger Neuinstallation der Konfigurationsdatei auf dem Raspberry-Pi mit unterschiedlichen vorhandenen LCN-Lizenzen, was jedes Mal mit erheblichem Aufwand verbunden war, gelang es, eine stabile Verbindung herzustellen. Da LCN eigentlich über eine sehr kooperative Hotline verfügt, wurde auch diese zu den Problemen kontaktiert.

Leider stellte sich heraus, dass hier keine Hilfe zu erwarten ist, da laut Hotline Aussage ein Support für Linux Software von LCN nicht angeboten wird. Der Nutzer bzw. der Anwender bleibt hier also auf sich allein gestellt. Für die Zukunft sollte sich LCN hier besser und hilfsbereiter darstellen, um dem Nutzer einen idealen Service an einem sonst sehr ausgereiften und sehr gut aufgestellten Gebäudeautomationssystem zu bieten.

Fazit

Betrachtet man das in dieser Arbeit aufgebaute und programmierte Gesamtsystem nach seiner Fertigstellung noch einmal genauer, wird deutlich, dass durch die Kombination der einzelnen Gebäudeautomationssysteme mit Hilfe von IP-Symcon schnell und mit relativ geringem Aufwand ein Ganzes geschaffen werden kann. Betrachtet man digitalSTROM als einzelnes System, wurde hier seitens des Herstellers schon ein relativ komplettes System geschaffen. Was allerdings durchaus Vor- und Nachteile mit sich bringt. So ist besonders die Bauform und die damit verbundene Baugröße der Klemmen positiv zu erwähnen, denn kein anderes am Markt verfügbares System ist so kompakt aufgebaut, dass es von der reinen Baugröße her beurteilt, sogar im Nachrüstungssektor seinen Platz finden könnte. Auch positiv hervorzuheben ist die Powerline Kommunikation welche bei diesem System nicht die Netzfrequenz beeinflusst. Die Fähigkeit, digitalSTROM ohne zusätzliche Software programmieren zu können, ist innovativ und positiv hervorzuheben. Das Portfolio an APPs, die für das System zur Verfügung stehen, ist nicht schlecht aufgestellt und bietet bereits einige gute Möglichkeiten. Die Nachteile beginnen dann, wenn andere Systeme, wie zum Beispiel EnOcean integriert werden sollen. Hier wurde angekündigt, dass dies auch über eine APP möglich sein wird. Leider ist dies bis dato nicht geschehen. Was auch immer wieder zu Problemen führt, ist die Performance des dS-Servers, welcher leider relativ oft an seine Grenzen stößt. Das macht das System unnötig langsamer oder teilweise auch funktionsunfähig. In Kombination mit IP-Symcon sieht digitalSTROM, was die Integration anderer Systeme und die [Systemeigene systemeigene](#) Bedienung angeht, hingegen sehr positiv aus. Alles funktionierte problemlos, bis darauf dass, [dass](#) um alle verwendeten Geräte zu erkennen, ein mehrfacher Neustart des dS-Servers nötig war. Als die übergeordnete Funktion des zentralen EnOcean Tasters eingebunden war und mit diesem dann mehr als zwei Klemmen gleichzeitig geschaltet werden sollten, kam der dS-Server an seine Grenzen und eine gezielte Bedienung war nicht mehr möglich. Hier besteht eindeutig Handlungsbedarf, was die Performance angeht. Wenn man dann noch die Preise des Systems betrachtet, wird schnell deutlich, warum eine flächendeckende Verbreitung am Markt noch nicht stattgefunden hat.

Betrachtet man LCN als einzelnes System, so wird deutlich, dass es ein sehr gut funktionierendes und auch am Markt etabliertes System ist. Das Produktportfolio lässt im Grunde keine Wünsche offen. Auch [softwaretechnisch](#) befindet sich das System auf einem guten Weg. Besonders hervorzuheben sind auch die technisch und designtechnisch hervorragenden, selbst entwickelten Taster- und Displaymodule. Diese Designinnovation ist wirklich einzigartig am Markt und auch das Preis- / Leistungs- Verhältnis ist durchaus konkurrenzfähig gegenüber anderen am Markt verfügbaren Systemen. Die Bedienung und der dazugewonnenen Komfort sind durchweg positiv zu bewerten. In Bezug auf die Integration in IP-Symcon betrachtet, zeigt LCN, was wirklich möglich ist. Die Einbindung ist [dD](#)ank vorhandenem Konfigurator problemlos möglich. Jegliche Arten von Steuerungen wie Lichts*ie*nen, Lüftungsregelungen und so weiter sind zu realisieren. Auch in Bezug auf die Performance stellt sich kein Problem dar. Das einzig negative bei diesem System ist das nicht vorhandene IP-Gateway. Durch die USB-Schnittstelle mit Hilfe des LCN-PKU ist der Nutzer immer an einen Rechner gebunden, welcher wiederum die Netzwerkverbindung mittels Softwaretool herstellt. Dies ist wirklich keine ideale Lösung, denn es führt immer wieder zu Problemen, dadurch, dass der genutzte Windows Rechner immer eingeschaltet sein muss. Eventuelle Stromausfälle können hier immer zu Problemen führen. Die hier erstellte Lösung mittels Raspberry-PI stellt eine kostengünstige und sichere Lösung dar. Leider wird seitens LCN diese Lösung nicht besonders unterstützt, was schon an der mangelnden Unterstützung von Linux basierten Systemen sehr deutlich wird. Nicht einmal die Hotline bietet hier einen zufriedenstellenden Support und auch das große und eigentlich immer recht hilfreiche Forum ist hier nicht gut aufgestellt. Alles in allem betrachtet ist LCN ein sehr gut aufgestelltes Gebäudeautomationssystem, was sich auch am Markt zu präsentieren weiß. Nachholbedarf besteht auf jeden Fall im [Gateway](#)-Bereich. Die Nutzung neuester Technik könnte hier schnell Abhilfe schaffen.

Die Firma Rutenbeck hat den Energy Manager TC IP 1 WLAN bereits vor einiger Zeit auf den Markt gebracht. Das Gerät ist sehr gut konzipiert und für eine genaue Datenerfassung geschaffen. Die zusätzlichen Funktionen wie Fernschalten, Zeitschaltuhren, Leistung gebundenes Schalten runden den Gesamteindruck ab. Der Energy Manager TC IP 1 WLAN ist durchweg positiv zu bewerten, lediglich der Preis ist etwas hoch. Schade ist allerdings, dass die Entwicklung seitens Rutenbeck hier nicht weiter vorangetrieben wurde und es auch keine weitere Auflage des Energy Manager geben wird, denn das Gerät eignet sich bestens zur Ermittlung der Verbrauchsdaten von sämtlichen Stecker Geräten. ([Hinweis Drehstromlösung problemlos möglich, E-Mobil-Markt](#))

Mit Hilfe von IP-Symcon ließ sich aus den drei Systemen schnell und komfortabel ein Gesamtsystem schaffen, welches viele Problemstellungen am Gebäudeautomationsmarkt löst. Nach kurzer Einarbeitungsphase in das eigentlich nur aus sechs Zeilen bestehende Programm erschließen sich dem Nutzer zuvor ungeahnte Möglichkeiten, denn mit Hilfe von IP-Symcon ist fast alles möglich.

Wenn man jetzt den heutigen Gebäudeautomationsmarkt, mit der Vielzahl der darin vorhandenen Systeme betrachtet und dann noch das Potential am Gesamtmarkt für diese Systeme, wird einem nicht gleich klar, warum diese doch so viel versprechende Technik nicht viel weiter verbreitet ist. Doch geht man dann, wie in dieser Arbeit geschehen, näher heran und untersucht einzelne Systeme genauer auf eventuelle Lücken und Fehler oder gar auf fehlende Geräte, so wird eines schnell deutlich, nämlich dass es zum jetzigen Zeitpunkt kein perfektes System von einem einzigen Hersteller gibt. Vielmehr wird relativ schnell deutlich, dass die Zukunft der Gebäudeautomation viel eher darin liegt, die Vorteile verschiedenster Systeme zu nutzen, indem sie mit einer übergeordneten Software wie IP-Symcon zusammengeführt werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Smart Meter	3
Abbildung 2 Symcon Website	5
Abbildung 3 Symcon Programme	6
Abbildung 4 IP-Symcon Konsole	7
Abbildung 5 IP-Symcon Instanz.....	8
Abbildung 6 IP-Symcon Variable	8
Abbildung 7 IP-Symcon Variable	9
Abbildung 8 IP-Symcon Skript.....	9
Abbildung 9 IP-Symcon Ereignis	10
Abbildung 10 IP-Symcon Medien	10
Abbildung 11 IP-Symcon Kategorie	11
Abbildung 12 Symcon Konfigurator	12
Abbildung 13 IP-Symcon Objektbaum	13
Abbildung 14 IP-Symcon WebFront.....	13
Abbildung 15 SymBox	14
Abbildung 16 SymBox SymOS Startseite	15
Abbildung 17 SymBox Übersichtsseite	16
Abbildung 18 Symcon Einstellungen	16
Abbildung 19 digitalSTROM Chip	19
Abbildung 20 dS Installation	20
Abbildung 21 digitalSTROM App	2021
Abbildung 22 digitalSTROM Konfigurator	21
Abbildung 23 dS-Meter	2223
Abbildung 24 dS-Server.....	2324
Abbildung 25 dS-Filter	2425
Abbildung 26 dS-Tasterklemmen.....	2526
Abbildung 27 dS-Klemme gelb	2627
Abbildung 28 dS-Farbellehre	2728
Abbildung 29 dS-Farbenlehr tabellarisch.....	2728
Abbildung 30 LCN SH-Modul.....	3031
Abbildung 31 LCN-PKU	3132
Abbildung 32 Energy Manager	3233
Abbildung 33 Rutenbeck Bedienoberfläche.....	3334
Abbildung 34 Simulationswand.....	3435
Abbildung 35 digitalSTROM Konfigurator	3536
Abbildung 36 dS-Konfigurator Ansicht	3637
Abbildung 37 IP-Symcon Testumgebung.....	37
Abbildung 38 dS-Objekt in IP-Symcon	3738
Abbildung 39 dS-Klemmen im Objektbaum	3839
Abbildung 40 dS Zentral EIN/AUS.....	39

Abbildung 41 Kostenberechnung dS mit Skript	<u>4041</u>
Abbildung 42 Messung digital-STROM.....	<u>4041</u>
Abbildung 43 dS-Messung als Graph	<u>4142</u>
Abbildung 44 LCN Konfigurator	<u>4243</u>
Abbildung 45 LCN einlesen	<u>4344</u>
Abbildung 46 LCN-Modul konfigurieren	<u>4344</u>
Abbildung 47 LCN-Modul im Objektbaum.....	<u>4445</u>
Abbildung 48 LCN Instanz	<u>4445</u>
Abbildung 49 LCN-Ausgang parametrieren	<u>4546</u>
Abbildung 50 LCN Ereignis.....	<u>4647</u>
Abbildung 51 LCN Skript Messung	<u>4748</u>
Abbildung 52 LCN Messung	<u>4748</u>
Abbildung 53 Visualisierung Rutenbeck	<u>5051</u>
Abbildung 54 TCM 310 LAN	<u>5253</u>
Abbildung 55 TCM 310 Instanz	<u>5253</u>
Abbildung 56 Gateway Konfiguration	<u>5354</u>
Abbildung 57 Raspberry-PI.....	<u>5455</u>
Abbildung 58 PCHK-Anleitung.....	<u>5556</u>
Abbildung 59 PCHK "config.sh"	<u>5556</u>
Abbildung 60 LCN PCHK-Monitor	<u>5657</u>
Abbildung 61 Raspberry mit PCHK verbinden.....	<u>5657</u>
Abbildung 62 PCHK Verbindung hergestellt	<u>5758</u>
Abbildung 63 LCN-Splitter	<u>5758</u>
Abbildung 64 IP-Adresse LCN.....	<u>5859</u>

Literaturverzeichnis

Aschendorf, B. (2014). *Energiemanagement durch Gebäudeautomation*. Heidelberg: Springer Vieweg.

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von GE-KM200:
www.digitalstrom.de/products/ean/4290046000010 abgerufen

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von Übersicht:
<http://www.digitalstrom.com/System/UEbersicht/> abgerufen

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von Klemme:
<http://www.digitalstrom.de/Shop/Licht/Licht-Klemme-M.html> abgerufen

digitalSTROM. (03. 09 2016). *digitalSTROM*. Von dS Handbuch:
http://www.digitalstrom.com/documents/Anwenderhandbuch_A1121D001V010_DE_2013-11-12.pdf abgerufen

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von dS Planerhandbuch:
http://www.digitalstrom.com/documents/digitalSTROM_Planerhandbuch_A1121D003V003_DE_2013-11-12.pdf abgerufen

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von Bilder Tasterklemme:
<http://www.digitalstrom.de/products/ean/4290046000904> abgerufen

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von Tasterklemme:
<http://www.digitalstrom.de/Shop/Fuer-Taster/Joker-Tasterklemme-200.html>
abgerufen

digitalSTROM. (03. 09 2016). *digitalSTROM*. Von Bild dS-Filter:
<http://www.digitalstrom.de/products/ean/7640156791532> abgerufen

digitalSTROM. (03. 09 2016). *digitalSTROM*. Von Bilder dS-Meter:
<http://www.digitalstrom.com/products/ean/7640156790573> abgerufen

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von Bilder dS-Server:
<http://www.digitalstrom.de/products/ean/4290046000966> abgerufen

digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von dS-Meter:
<http://www.digitalstrom.de/Shop/Sicherungskasten/digitalSTROM-Meter-12.html> abgerufen

digitalSTROM. (03. 09 2016). *digitalSTROM*. Von dS-Server:
<http://www.digitalstrom.de/Shop/Sicherungskasten/digitalSTROM-Server.html>
abgerufen

- digitalSTROM. (02. 09 2016). *digitalSTROM*. Von dS-Filter:
<http://www.digitalstrom.de/Shop/Sicherungskasten/digitalSTROM-Filter-oxid.html> abgerufen
- LCN. (05. 09 2016). *LCN*. Von LCN allgemein: <http://www.lcn.de/> abgerufen
- LCN. (05. 09 2016). *LCN*. Von LCN-SH:
<http://www.lcn.eu/index.php/de/komponenten/bus-module/lcn-sh> abgerufen
- LCN. (05. 09 2016). *LCN*. Von LCN-PKU:
<http://www.lcn.eu/index.php/de/komponenten/koppler/lcn-pku> abgerufen
- LCN. (05. 09 2016). *LCN*. Von LCN Forum:
<http://lcn.de/forum/index.php?page=Board&boardID=6&s=f130d9b097a37dc4a14f887a58cf85928ca0e0dd> abgerufen
- LCN. (06. 09 2016). *LCN*. Von LCN Forum Raspberry:
<http://lcn.de/forum/index.php?page=Thread&threadID=726> abgerufen
- Rutenbeck. (06. 09 2016). *Rutenbeck*. Von Energy Manager:
<http://www.rutenbeck.de/produkte/c/fernschaltgeraete-ip/p/tc-ip-1.html>
abgerufen
- Rutenbeck. (05. 09 2016). *Rutenbeck*. Von Rutenbeck Datenblatt Energy Manager:
http://www.rutenbeck.de/uploads/tx_commercedownloads/700902610de.pdf
abgerufen
- Rutenbeck. (05. 09 2016). *Rutenbeck*. Von Rutenbeck Energy Manager Anleitung:
http://www.rutenbeck.de/fileadmin/user_upload/pdfs_downloadbereich/Bedienung/TF/Ger%C3%A4te/de/TC%20IP%201.pdf abgerufen

NACH VORN

Erklärung nach §17 Abs. 5 der Bachelor-Prüfungsordnung

Hiermit versichere ich, dass die von mir vorgelegte Prüfungsleistung selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist. Alle verwendeten Quellen sind in der Arbeit so aufgeführt, dass Art und Umfang der Verwendung nachvollziehbar sind.

Dortmund, 16.09.2016

Unterschrift

