

Bachelor Thesis
zur Erlangung des Akademischen Grades
Bachelor of Engineering

Untersuchung der Realisierbarkeit von zentralem Smart-
Metering zur Kostenreduktion unter Zuhilfenahme gängiger
Gebäudeautomationssysteme

Verfasser:

Matthias Braune MR: 7083724

Erstprüfer: Dr. Prof. Bernd Aschendorf

Christian Ewald MR: 7084020

Zweitprüfer: Dipl. Ing. Sandra Stahlberg

Dortmund, den 26.08.2013

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass die von mir vorgelegte
Prüfungsleistung selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden
ist. Alle verwendeten Quellen sind in der Arbeit so aufgeführt, dass Art und Um-
fang der Verwendung nachvollziehbar sind.

Dortmund, den _____

Matthias Braune (Unterschrift)

Dortmund, den _____

Christian Ewald (Unterschrift)

Inhalt der Bachelor Thesis

Aufgrund steigender Energiekosten und fortschreitendem Klimawandel wird es mehr und mehr notwendig auch im privaten Bereich Energie einzusparen. Hierzu hat der Privatanwender die Möglichkeit auf Smart-Metering zurückzugreifen und so seinen Energiebedarf im Blick zu behalten bzw. zu senken. Untersuchungsgegenstand dieser Bachelor Thesis ist, in wie weit eine sinnvolle Smart-Metering Lösung mit gängigen Gebäudeautomationssystemen realisierbar ist und ob die verwendeten Sensoren hinreichend genau sind. Hierzu wurden einige Systeme ausgewählt, und durch Testaufbauten mit Verbrauchern verschiedener Art (ohmsch, kapazitiv und induktiv) belastet und die von den Systemen erzielten Messwerte mit einem Präzisionsmessgerät abgeglichen. Um die Messwerte richtig interpretieren zu können, wurde im Vorfeld eine genauere Definition des Begriffs Leistung erarbeitet und der Begriff „Smart-Metering“ genauer definiert. Abschließend wurde eine Amortisierungsrechnung durchgeführt anhand eines Dreipersonenhaushaltes.

Content of this Bachelor-Thesis

In these times energy consumption becomes a more and more important factor regarding rising costs for electric energy and the change of climate in the world. In this Bachelor-Thesis we analyze another possibility to save energy in private houses called “Smart-Metering”. Smart-Metering means to observe electric device in a building regarding the amount of energy they need with devices called Smart-Meter. The generated data has to be processed so that the house owner is able to understand it even without any knowledge about the electrical fundamentals. These Smart-Meters are available from different manufacturers in different price segments and with a large spectrum of functions. The aim of this thesis is to analyze if it is possible for a regular person to save energy with these systems and also to save money. Therefor we have to check if the systems are easy to install in an existing building, if the costs for the needed number of smart-meters are saved in an acceptable time by saving energy and if the precision of these smart-meters is good enough. Most meters are only able to measure the effective power which is sufficient for most private households to save money because a private person doesn't have to pay for reactive power.

Erstellte Abschnitte von Herrn Braune: Inhaltsangabe, Abschnitt 1; 2; 3; 4; 8.

Erstellte Abschnitte von Herrn Ewald: Abschnitte: 5; 6; 7; 8; Layout.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Versicherung.....	1
Inhalt der Bachelor Thesis	I
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Vorgehensweise.....	2
2 Erläuterung von Grundbegriffen.....	3
2.1 Was ist Smart-Metering.....	3
2.2 Was ist Leistung	5
3. Übertragungstechniken.....	12
3.1 Die S0-Schnittstelle	12
3.2 KNX.....	13
3.3 EnOcean.....	15
3.4 Z-Wave	16
4. Vorstellung der Systeme	17
4.1 Vorstellung AIZO „Digitalstrom“	17
4.2 Vorstellung Eltako Electronics	20
4.3 Vorstellung ABB DELTAplus DBB13000	22
4.4 Vorstellung Aeon Labs Home Energy Meter.....	24
4.5 Vorstellung Eaton xComfort.....	25
4.6 Vorstellung Wago SPS	29
4.7 Vorstellung Voltcraft VSM-103.....	31
4.7 Vorstellung NorthQ Power Reader	33
4.8 Beispielrechnung verschiedener Abtastzeiten der Leistung.....	33
4.9 Vorstellung IP-Symcon	36
5 Einrichtung der Systeme in IP-Symcon.....	43
5.1 Einrichtung Digitalstrom.....	43
5.2 Einrichtung Eltako	50

5.3 Einrichtung ABB DELTAplus DBB13000	54
5.4. Einrichtung AeonLabs Home Energie Meter (Z-Wave)	69
5.5 Einrichtung NorthQ Power Reader (Z-Wave).....	74
5.6 Einrichtung xComfort.....	75
5.7 Einrichtung Wago SPS	80
5.8 Einrichtung Voltcraft VSM-103.....	92
6 Auswertung der Messergebnisse.....	95
6.1 Auswertung Digitalstrom.....	95
6.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher.....	95
6.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	96
6.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher	96
6.2 Auswertung Eltako	97
6.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher.....	97
6.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	97
6.2.3 Auswertung induktiver Verbraucher	98
6.2.4 Gesamtauswertung Eltako.....	98
6.3 Auswertung ABB DELTAplus DBB13000	98
6.3.1 Auswertung der Wirkleistungsmessung des ABB DELTAplus DBB13000	98
6.3.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher.....	99
6.3.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	99
6.3.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher	99
6.3.2 Auswertung der Blindleistungsmessung des ABB DELTAplus DBB13000	100
6.3.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher.....	100
6.3.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	100
6.3.2.3 Auswertung induktiver Verbraucher	101
6.3.3 Auswertung der Scheinleistungsmessung des ABB DELTAplus DBB13000.....	101
6.3.3.1 Auswertung ohmsche Verbraucher.....	101
6.3.3.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	102
6.3.3.3 Auswertung induktiver Verbraucher	102
6.3.4 Gesamtauswertung des ABB DELTAplus DBB13000	102
6.4 Auswertung AeonLabs Home Energie Meter (Z-Wave)	103
6.4.1 Auswertung ohmsche Verbraucher.....	103

6.4.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	104
6.4.3 Auswertung induktiver Verbraucher	104
6.4.4 Gesamtauswertung AeonLabs Home Energie Meter(Z-Wave)	105
6.5 Auswertung xComfort	106
6.5.1 Auswertung ohmsche Verbraucher	106
6.5.1.1 Zwischenstecker	106
6.5.1.2 Unterputz-Gerät	106
6.5.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	107
6.5.2.1 Zwischenstecker	107
6.5.2.2 Unterputz-Gerät	107
6.5.3 Auswertung induktiver Verbraucher	108
6.5.3.1 Zwischenstecker	108
6.5.3.2 Unterputz-Gerät	108
6.5.4 Gesamtauswertung xComfort	108
6.6 Auswertung Wago SPS	109
6.6.1 Auswertung der Wirkleistungsmessung der Wago SPS	109
6.6.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher	109
6.6.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	110
6.6.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher	110
6.6.2 Auswertung der Blindleistungsmessung der Wago SPS	111
6.6.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher	111
6.6.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	111
6.6.2.3 Auswertung induktive Verbraucher	112
6.6.3 Auswertung der Scheinleistungsmessung der Wago SPS	112
6.6.3.1 Auswertung ohmsche Verbraucher	112
6.6.3.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	113
6.6.3.3 Auswertung induktive Verbraucher	113
6.6.4 Gesamtauswertung Wago SPS	113
6.7 Auswertung NorthQ Power Reader	114
6.8 Auswertung Voltcraft VSM–103	114
6.8.1 Auswertung der Wirkleistungsmessung von Voltcraft VSM–103	115
6.8.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher	115
6.8.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	115
6.8.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher	116

6.8.2 Auswertung der Blindleistungsmessung von Voltcraft VSM–103	116
6.8.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher	116
6.8.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher	117
6.8.2.3 Auswertung induktiver Verbraucher	117
6.8.3 Gesamtauswertung Voltcraft VSM–103	118
7. Amortisierung	119
7.1 Betrachtung der einzelnen Räume eines Dreipersonenhaushaltes	119
7.2 Amortisierungsrechnung	122
7.2.1 Amortisierungsrechnung Digitalstrom	123
7.2.2 Amortisierungsrechnung Eltako	124
7.2.3 Amortisierungsrechnung ABB DELTAplus DBB13000	124
7.2.3 Amortisierungsrechnung AeonLabs Home Energie Meter (Z-Wave)	125
7.2.4 Amortisierungsrechnung xComfort	125
7.2.5 Amortisierungsrechnung Wago SPS	126
7.2.6 Amortisierungsrechnung Voltcraft VSM–103	126
7.2.7 Amortisierungsrechnung NorthQ Power Reader	127
8 Fazit	128
Literaturverzeichnis	130

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Leistungskurve 40W Glühlampe	9
Abbildung 2 Leistungskurve Leuchtstoffröhre	10
Abbildung 3 Leistungskurve Energiesparlampe	11
Abbildung 4 SO-Schnittstelle	12
Abbildung 5 Uebertragungstechnik Wellenform des Ausgangsimpulses	13
Abbildung 6 KNX Baumstruktur	14
Abbildung 7 KNX Telegrammaufbau.....	15
Abbildung 8 Oszillogramm dS Datenübertragung auf der Sinusspannung	18
Abbildung 9 dS-Meter	19
Abbildung 10 geöffnete dS-Klemme	19
Abbildung 11 Eltako FWZ12-16A.....	21
Abbildung 12 EnOcean Funkempfänger.....	21
Abbildung 13 ABB DELTAplus DBB13000	22
Abbildung 14 ZS/S 1.1 Adapter.....	23
Abbildung 15 Siemens KNX/Ethernet Adapter (5WG1 148-1AB21)	23
Abbildung 16 Aeon Labs Home Energy Meter mit einer Messklemme	25
Abbildung 17 xComfort UBS-Konfigurationsadapter	26
Abbildung 18 xComfort RS232 Konfigurationsadapter.....	26
Abbildung 19 xComfort Unterputzsensor	27
Abbildung 20 xCmfort Leistungssensor als Zwischenstecker	28
Abbildung 21 Fertig beschaltete Wago SPS	30
Abbildung 22 Voltcraft VSM-103	31
Abbildung 23 IP-Symcon EKM 868.....	32
Abbildung 24 Waschmaschine Leistungsaufnahme in 30s Schritten	34
Abbildung 25 Waschmaschine Leistungsaufnahme in 12min Schritten	35
Abbildung 26 Waschmaschine Leistungsaufnahme 12min verschoben	36
Abbildung 27 Objektbaum Beispiel	38
Abbildung 28 IP-Symcon Web Front.....	39
Abbildung 29 Objektbaum erweitert	40
Abbildung 30 IP-Symcon Web Oberfläche erweitert	41
Abbildung 31 dS Webinterface Anmeldefenster	43

Abbildung 32 dS Webinterface Serveroberfläche Hardware	44
Abbildung 33 dS Webinterface Klemme Geräteeigenschaften	45
Abbildung 34 IP-Symcon Oberfläche	45
Abbildung 35 dS IP-Symcon Konfigurator hinzufügen	46
Abbildung 36 dS IP-Symcon dSKonfigurator ohne Gerät	46
Abbildung 37 dS IP-Symcon dS Splitter.....	47
Abbildung 38 dS IP-Symcon WWW Reader	47
Abbildung 39 dS IP-Symcon dS Splitter Token anfragen.....	48
Abbildung 40 dS Webinterface, System, Zugriffsberechtigung	48
Abbildung 41 dS IP-Symcon dS Konfigurator mit Geräten.....	49
Abbildung 42 dS IP-Symcon Objektbaum mit dS Gerät.....	50
Abbildung 43 Eltako Instanz hinzufügen	51
Abbildung 44 Eltako FWZ 12 hinzufügen.....	51
Abbildung 45 Eltako Instanz	52
Abbildung 46 Eltako Serial Port	52
Abbildung 47 Eltako Geräte suchen.....	53
Abbildung 48 Eltako Gerät erfolgreich eingerichtet.....	54
Abbildung 49 DELTAplus ETS 3 Startoberfläche.....	55
Abbildung 50 DELTAplus ETS3 Gebäude + Raum.....	56
Abbildung 51 DELTAplus ETS 3 Gerät hinzufügen Router.....	56
Abbildung 52 DELTAplus ETS 3 Gerät hinzufügen Zählerschnittstelle.....	57
Abbildung 53 DELTAplus ETS 3 Schnittstellen Parameter bearbeiten 1	58
Abbildung 54 DELTAplus ETS 3 Schnittstellen Parameter bearbeiten 2	58
Abbildung 55 DELTAplus ETS 3 Router konfigurieren.....	59
Abbildung 56 DELTAplus ETS 3 RS 232 Schnittstelle hinzufügen	59
Abbildung 57 DELTAplus ETS 3 Kommunikation einrichten.....	60
Abbildung 58 DELTAplus ETS 3 Kommunikation konfigurieren.....	60
Abbildung 59 DELTAplus ETS 3 Router programmieren	61
Abbildung 60 DELTAplus ETS 3 Pys. Adr. programmieren	62
Abbildung 61 DELTAplus ETS 3 Mittelgruppe hinzugefügt.....	63
Abbildung 62 DELTAplus ETS 3 Wirkleistung L1 verbinden.....	63
Abbildung 63 DELTAplus ETS 3 Ausgänge in Gruppenadressen angelegt.....	64
Abbildung 64 DELTAplus ETS 3 Geräte programmieren.....	65

Abbildung 65 DELTAplus IP-Symcon KNX Konfigurator hinzufügen	66
Abbildung 66 DELTAplus IP-Symcon KNX Konfigurator.....	67
Abbildung 67 DELTAplus IP-Symcon UDP Socket	67
Abbildung 68 DELTAplus IP-Symcon KNX Konfigurator mit Gruppenadressen	68
Abbildung 69 DELTAplus IP-Symcon mit ABB Instanzen	68
Abbildung 70 DELTAplus IP-Symcon ABB Instanz einstellen.....	69
Abbildung 71 AeonLabs IP-Symcon Konfigurator hinzufügen	70
Abbildung 72 AeonLabs IP-Symcon Serial Port.....	70
Abbildung 73 AeonLabs IP-Symcon Konfigurator	71
Abbildung 74 AeonLabs IP-Symcon Gerät hinzufügen	71
Abbildung 75 AeonLabs IP-Symcon Gerät erfolgreich hinzugefügt	72
Abbildung 76 AeonLabs IP-Symcon Geräteinstanz erstellt.....	72
Abbildung 77 AeonLabs IP-Symcon Geräteinstanz	73
Abbildung 78 AeonLabs IP-Symcon Geräteinstanz mit Variablen	73
Abbildung 79 NorthQ Parameter einstellen.....	74
Abbildung 80 NorthQ Parameter eintragen.....	75
Abbildung 81 xComfort RF-System Port Einstellung.....	76
Abbildung 82 xComfort RF-System Geräte einlesen	76
Abbildung 83 xComfort RF-System Geräte geladen	77
Abbildung 84 xComfort IP-Symcon Konfigurator hinzufügen	78
Abbildung 85 xComfort IP-Symcon Konfigurator mit Geräten	79
Abbildung 86 xConfort IP-Symcon Objektbaum mit Instanzen	79
Abbildung 87 Wago SPS CoDeSys Zielsystem Einstellungen	80
Abbildung 88 Wago SPS CoDeSys Zielsystem Einstellungen vorgenommen ..	81
Abbildung 89 Wago SPS CoDeSys Ressourcen einstellen	82
Abbildung 90 Wago SPS CoDeSys Ressourcen Element anhängen	82
Abbildung 91 Wago SPS CoDeSys Bibliotheksverwalter Einstellungen	83
Abbildung 92 Wago SPS CoDeSys Baustein hinzufügen	84
Abbildung 93 Wago SPS CoDeSys Klemmen Baustein	84
Abbildung 94 Wago SPS CoDeSys Baustein Variablen anlegen.....	85
Abbildung 95 Wago SPS CoDeSys Baustein Eingänge belegen.....	86
Abbildung 96 Wago SPS CoDeSys Globale Variablen erstellen.....	87
Abbildung 97 Wago SPS CoDeSys Baustein mit Ausgängen.....	88

Abbildung 98 Wago SPS CoDeSys Messung in PLC_PRG aufrufen	89
Abbildung 99 Wago SPS IP-Symcon Instanz hinzufügen	90
Abbildung 100 Wago SPS IP-Symcon Instanz Datentyp auswählen	90
Abbildung 101 Wago SPS IP-Symcon Client Socket	91
Abbildung 102 Wago SPS IP-Symcon empfangender Wert	91
Abbildung 103 Voltcraft IP-Symcon Instanz hinzufügen	92
Abbildung 104 Voltcraft IP-Symcon Instanz Werteeingabe.....	93
Abbildung 105 Voltcraft IP-Symcon I/O Instanz hinzufügen.....	93
Abbildung 106 Voltcraft IP-Symcon Client Socket Einstellungen.....	94
Abbildung 107 Voltcraft IP-Symcon ProJet Gateway	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Gesamtauswertung der Systeme	95
Tabelle 2 dS ohmsche Verbraucher.....	95
Tabelle 3 dS kapazitive Verbraucher	96
Tabelle 4 dS induktive Verbraucher	96
Tabelle 5 Eltako ohmsche Verbraucher	97
Tabelle 6 Eltako kapazitive Verbraucher.....	97
Tabelle 7 Eltako induktive Verbraucher	98
Tabelle 8 DELTAplus Wirkleistung ohmsche Verbraucher	99
Tabelle 9 DELTAplus Wirkleistung kapazitive Verbraucher	99
Tabelle 10 DELTAplus Wirkleistung induktive Verbraucher.....	99
Tabelle 11 DELTAplus Blindleistung ohmsche Verbraucher.....	100
Tabelle 12 DELTAplus Blindleistung kapazitive Verbraucher	100
Tabelle 13 DELTAplus Blindleistung induktive Verbraucher	101
Tabelle 14 DELTAplus Scheinleistung ohmsche Verbraucher.....	101
Tabelle 15 DELTAplus Scheinleistung kapazitive Verbraucher	102
Tabelle 16 DELTAplus Scheinleistung induktive Verbraucher	102
Tabelle 17 AeonLabs ohmsche Verbraucher Scheinleistung.....	103
Tabelle 18 AeonLabs ohmsche Verbraucher Wirkleistung	104
Tabelle 19 AeonLabs kapazive Verbraucher Scheinleistung	104
Tabelle 20 AeonLabs kapazive Verbraucher Wirkleistung.....	104
Tabelle 21 AeonLabs induktive Verbraucher Scheinleistung	104
Tabelle 22 AeonLabs induktive Verbraucher Wirkleistung.....	105
Tabelle 23 xComfort Zwischenstecker ohmsche Verbraucher	106
Tabelle 24 xComfort Unterputz-Gerät ohmsche Verbraucher	106
Tabelle 25 xComfort Zwischenstecker kapazitive Verbraucher	107
Tabelle 26 xComfort Unterputz-Gerät kapazitive Verbraucher	107
Tabelle 27 xComfort Zwischenstecker induktive Verbraucher	108
Tabelle 28 xComfort Unterputz-Gerät induktive Verbraucher	108
Tabelle 29 Wago SPS Wirkleistung ohmsche Verbraucher	109
Tabelle 30 Wago SPS Wirkleistung kapazitive Verbraucher.....	110
Tabelle 31 Wago SPS Wirkleistung induktive Verbraucher	110

Tabelle 32 Wago SPS Blindleistung ohmsche Verbraucher	111
Tabelle 33 Wago SPS Blindleistung kapazitive Verbraucher	111
Tabelle 34 Wago SPS Blindleistung induktive Verbraucher	112
Tabelle 35 Wago SPS Scheinleistung ohmsche Verbraucher	112
Tabelle 36 Wago SPS Scheinleistung kapazitive Verbraucher	113
Tabelle 37 Wago SPS Scheinleistung induktive Verbraucher	113
Tabelle 38 Voltcraft Wirkleistungsmessung ohmsche Verbraucher	115
Tabelle 39 Voltcraft Wirkleistungsmessung kapazitive Verbraucher	115
Tabelle 40 Voltcraft Wirkleistungsmessung induktive Verbraucher	116
Tabelle 41 Voltcraft Blindleistungsmessung ohmsche Verbraucher	116
Tabelle 42 Voltcraft Blindleistungsmessung kapazitive Verbraucher	117
Tabelle 43 Voltcraft Blindleistungsmessung induktiver Verbraucher	117
Tabelle 44 Amortisierung Kosten der Systeme und Amortisierungszeitraum ..	119
Tabelle 45 Verbraucher Küche	119
Tabelle 46 Verbraucher Wohnzimmer	120
Tabelle 47 Verbraucher Badezimmer	121
Tabelle 48 Verbraucher restliche Räume	121

Abkürzungsverzeichnis

Ds	Digital Strom
Ind	induktive Verbraucher
Kap	kapazitive Verbraucher
kW/h	Kilowatt pro Stunde
Ohm	ohmsche Verbraucher
SPS	Speicher Programmierbare Steuerung
Yoko	Yokogawa Messgerät

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

In der heutigen Zeit wird es zunehmend wichtiger Energie einzusparen und auf klimaneutrale Energiequellen umzusteigen, um den schnell voran schreitenden Klimawandel zu stoppen. Ein Großteil des weltweiten Energieverbrauchs wird von der Industrie erzeugt. Dennoch gibt es auch bei privaten Haushalten ein erhebliches Energieeinsparpotential. Gelingt es dieses einzusparen, kommt es sowohl dem Klima zu gute, als auch eine dem Verbraucher, da er Kosten einsparen kann. Um Energie einsparen zu können, muss der Verbraucher allerdings eine Möglichkeit bekommen, seinen Energieverbrauch einschätzen zu können, um diesen zu senken. Hierzu ist das Thema Smart-Metering in den letzten Jahren immer wichtiger geworden. Aus diesem Grund versuchen viele Firmen möglichst schnell auf diesen Zug aufzuspringen und eigene Produkte auf den Markt zu bringen. In dieser Arbeit werden einige Systeme unter verschiedenen Aspekten untersucht, um eine objektive Einschätzung zu ermöglichen, in wie weit die Firmen den beworbenen Fähigkeiten des Produktes gerecht werden.

1.2 Vorgehensweise

Zunächst wurden zu allen Systemen im Versuch Testaufbauten erstellt und diese anschließend mit verschiedenen Verbrauchern belastet. In unserem Versuch handelt es sich um einen ohmschen Verbraucher (40W Glühbirne von der Firma Osram), einen kapazitiven Verbraucher (15W Energiesparlampe) und einen induktiven Verbraucher (11W Leuchtstoffröhre von GE und Vorschaltgerät von der Firma Vossloh Schwabe).

Diese werden jeweils mit ein, zwei und drei Lampen geschaltet, um verschieden starke Lasten der jeweiligen Verbraucher simulieren zu können. Aus diesen Messungen soll abgelesen werden können, in welchen Bereichen das System gut einzusetzen ist und damit dem Verbraucher ermöglicht, seinen Energieverbrauch besser verstehen zu können um Einsparungen zu erzielen.

Alle Messungen werden auf ein Messgerät der Firma Yokogawa bezogen, dessen angezeigte Werte als richtig angesehen werden.

2 Erläuterung von Grundbegriffen

2.1 Was ist Smart-Metering

Der Begriff Smart-Metering tauchte in den letzten Jahren zunehmend häufiger in den Medien auf. Unter Smart-Metering versteht man das intelligente Überwachen des Stromverbrauchs in Privathaushalten und größeren Gebäuden wie beispielsweise Firmengebäuden. Hierzu gibt es mittlerweile eine große Auswahl an Hardware, welche dem Benutzer wesentlich mehr Möglichkeiten bietet, als es der bisher übliche Stromzähler tat. Ziel ist es, dem Benutzer eine detaillierte Auswertung und Analyse seines Stromverbrauchs zu ermöglichen. Die erhältlichen Systeme unterscheiden sich hierbei zunächst in ihrem Aufbau und ihren Fähigkeiten. Die meisten Smart-Meter sind dazu ausgelegt, in einem Gebäude mit vorhandener Gebäudeautomation genutzt zu werden. Sie erweitern somit die vorhandenen Funktionen, wie beispielsweise Licht ein/aus/dimmen, um die Funktion des Messens des Stromverbrauchs. Hierbei muss natürlich beachtet werden, dass nicht jeder Smart-Meter in jede Gebäudeautomation eingebaut werden kann, sondern auf das gleiche Grundsystem aufsetzen muss. An dieser Stelle hat sich bisher kein Standard durchsetzen können, sodass bei der Planung eines Gebäudes bereits die Vielfalt der Möglichkeiten jedes Systems beachtet werden muss. Ein weiteres Problem in Bezug auf Smart-Metering sind die Preise der einzelnen Komponenten und somit auch deren Wirtschaftlichkeit, da sie in der Anschaffung hohe Kosten verursachen können. Smart-Metering soll vor allem dazu dienen, Energieeinsparmöglichkeiten für den Benutzer offen zu legen, sodass nachhaltig Energie und Geld gespart werden kann. Um eine detaillierte Auswertung zu ermöglichen, muss jedoch jeder Verbraucher, oder wenigstens jeder zusammengehörige Strang (z.B. Küchengeräte), mit einem eigenen Meter ausgestattet werden, was unter Umständen erhebliche Kosten nach sich ziehen kann. Ob sich ein Smart-Metering System rentiert, ist also fraglich, wenn man bedenkt, dass ein einzelnes Meter bei vielen Herstellern ca. 80€ kostet und hierbei die Auswertung noch nicht inbegriffen ist. Abgesehen von der Nutzung innerhalb eines eigenständigen Hauses, ist auch die Einführung von „intelligenten Stromzählern“ (also Smart-Metern) von den Energieversorgern in Planung. Der Energieversorger hat hierdurch nicht nur die Möglich-

keit permanent den Zählerstand seiner Kunden aus der Ferne auszulesen, sondern auch verschiedene Tarife anzubieten. So sind Modelle denkbar, in denen der Strompreis nicht fix geregelt ist, sondern von Angebot und Nachfrage abhängig gemacht wird. Dies kann für den Kunden durchaus einen finanziellen Vorteil bringen, was jedoch eine Änderung des Verbrauchsverhaltens notwendig macht. Ein Teil dieser Veränderungen des Verbrauchsverhaltens kann aber durch die Entwicklung intelligenter Geräte abgefangen werden, welche selbstständig den günstigsten Zeitpunkt bestimmen, im Hinblick auf die Stromkosten. So kann beispielsweise eine Waschmaschine automatisch den Waschvorgang starten, wenn der Strompreis gerade niedrig ist. Ein Aspekt, der in der heutigen Zeit jedoch nicht zu vernachlässigen ist, ist der des Datenschutzes. Durch die Vernetzung zwischen Energieerzeuger und Endverbraucher ist es unter Umständen möglich, für den Erzeuger Profile über das Verbrauchsverhalten des Kunden zu erstellen. Es ist ohne Probleme möglich, einzelne Verbraucher anhand der Ströme, die sie beziehen, aus dem Gesamtverbrauch zu erkennen, wie zum Beispiel einen Elektroherd. Selbst die Analyse welches Fernsehprogramm der Kunde konsumiert, ist theoretisch möglich. Die Leistungsaufnahme eines Fernsehgerätes ist nicht konstant, sondern schwankt, je nachdem wie hell das angezeigte Bild ist. Die so entstehende Leistungskurve kann mit dem Hell-Dunkel-Verlauf eines bestimmten Programms abgeglichen werden und so das konsumierte Programm bestimmt werden. Ein weiteres Problem ist die Sicherheit der Übertragung der Daten vom Kunden zum Energieversorger. Diese muss so verschlüsselt werden, dass keine Unbefugten an die übertragenen Daten kommen können. In der Praxis hat sich jedoch schon häufig gezeigt, dass viele Verschlüsselungen umgangen werden können. Dies könnte dann mit sich ziehen, dass anhand des Stromverbrauches bestimmt werden kann, ob sich eine Person zu Hause befindet, was ein nicht unerhebliches Sicherheitsrisiko bedeuten kann.

2.2 Was ist Leistung

Um sich dem Thema Smart-Metering nähern zu können, muss zunächst einmal der Begriff der elektrischen Leistung genauer erklärt werden. In vielen Fällen wird dem privaten Benutzer von Smart-Metering Produkten nur den Begriff „Watt“ bisher geläufig sein, was dadurch zustande kommt, dass genau das der für den Benutzer ausschlaggebende Faktor ist in Bezug auf dessen finanziellen Aufwand. Der Begriff „Watt“ ist die Einheit der sogenannten Wirkleistung, welche der Anteil an der gesamten elektrischen Leistung eines Gerätes ist, welcher in andere Energieformen umgewandelt wird, wie z.B. mechanische oder thermische Energie. Dieser Teil der gesamten Leistung wird in Privathaushalten von den Stromzählern erfasst und entsprechend vom Energieversorger in Rechnung gestellt.

In der Elektrotechnik gibt es allerdings eine weitaus komplexere Betrachtung der Leistung. Dies kommt zustande, da nicht die gesamte Leistung, die ein Gerät bezieht, Wirkleistung ist, sondern noch weitere Anteile hinzukommen, nämlich die Verschiebungsblindleistung und die Verzerrungsblindleistung.

Die Verschiebungsblindleistung kommt zustande durch nichtlineare Verbraucher, die sich kapazitiv bzw. induktiv verhalten. In der Praxis sind kapazitive Verbraucher Geräte, die große Kondensatoren beinhalten wie z.B. Schaltnetzteile. Induktive Verbraucher sind Geräte, welche größere Spulen beinhalten wie z.B. Motoren. In beiden Fällen sorgen die Komponenten des Gerätes für eine Verschiebung zwischen der Spannungs- und der Stromwelle. Diese Verschiebung zwischen Strom und Spannung sorgt für den Bezug von Verschiebungsblindleistung. Sie wird benötigt, um die Kondensatoren (oder allgemein Kapazitäten) bzw. Spulen (Induktivitäten) umzuladen beim Umpolen der Wechselspannung. Die Verschiebungsblindleistung pendelt somit lediglich nur auf der Leitung hin und her und verrichtet folglich keine Arbeit. Dennoch bewirkt die Blindleistung Verluste in Form von Wärme auf den Zuleitungen vom Kraftwerk zum Verbraucher, durch den höheren Strom, welcher durch die Zuleitung fließt. Die Verzerrungsblindleistung ist ebenfalls Leistung, die nicht zur eigentlichen Funktion des Verbrauchers beiträgt. Sie entsteht immer dann, wenn der Strom eines Verbrauchers nicht mehr ideal sinusförmig, sondern verzerrt ist. Weiterhin tritt Verzerrungsblindleistung auf, wenn die Netzspannung nicht ideal sinusfö-

mig ist, was in der Realität immer mehr der Fall ist. Dennoch ist der weitaus größere Anteil durch den Verzerrungsblindleistung entsteht, ein nicht sinusförmiger Strom. Solche Stromaufnahmen werden in der heutigen Zeit meist durch Schaltnetzteile und Energiesparlampen aufgrund ihrer inneren Konstruktion erzeugt. Auch Dimmer, die nach dem Prinzip der Phasenanschnitt oder Phasenabschnittsteuerung arbeiten, erzeugen eine nicht unerhebliche Verzerrungsblindleistung durch ihren nicht sinusförmigen Strom.

Wenn ein Strom nicht sinusförmig ist, bedeutet das, dass es zusätzlich zu der Grundschiwingung von 50Hz noch weitere Oberschwingungen geben muss. Jeder beliebige Verlauf einer Strom- und somit auch einer Leistungskurve kann durch eine Überlagerung von Sinus- und Cosinus-Schwingungen dargestellt werden. Jedes Sinus- und Cosinusglied hat als Parameter jeweils ein Vielfaches der Grundfrequenz und wird mit einem Faktor a_k bzw. b_k stärker oder schwächer bewertet. Die so entstehende Gesamtfunktion bildet, je nach Anzahl der berechneten Sinus- und Cosinusglieder, die Ursprungsfunktion mehr oder weniger präzise nach.

Der Vorteil dieser Methode in Bezug auf die Berechnung der Verzerrungsblindleistung liegt darin, dass direkt durch die einzelnen Sinus- und Cosinusglieder auf die Oberwellen geschlossen werden kann. Die Sinusanteile der Reihe sind die Anteile, die Verzerrungsblindleistung erzeugen. Diese Anteile können direkt auf ihre Oberwellen aufgeteilt werden und somit kann eine Einschätzung gegeben werden, wie stark der entsprechende Verbraucher das Netz im jeweiligen Frequenzbereich belastet.

Die grundlegenden Definitionen von Wirkleistung, Verschiebungs- sowie Verzerrungsblindleistung sind somit definiert. Im Folgenden werden die mathematischen Zusammenhänge nochmals deutlich dargestellt. Die Wirkleistung wird im weiteren Verlauf P (Einheit W für Watt), die Verschiebungsblindleistung Q und die Verzerrungsblindleistung D (Einheit jeweils var für Volt Ampere réactife) genannt. Die gesamte Leistungsaufnahme bezeichnet man als Scheinleistung, die durch den Buchstaben S (Einheit VA für Volt Ampere) gekennzeichnet wird. Die Wirkleistung lässt sich recht einfach bestimmen, indem der Mittelwert der Leistungskurve bestimmt wird. Dies lässt sich durch folgende Rechenvorschrift bewerkstelligen:

$$P := \frac{1}{T} \cdot \int_{t_1}^{t_1+T} u(t) \cdot i(t) dt \quad (1)$$

Zur genaueren Analyse der Leistung muss die Leistungskurve durch eine Fourierreihe nachgebildet werden (Fourier-Synthese). Hierzu werden zunächst ausreichend viele Stützstellen der Kurven von Strom und Spannung innerhalb einer Periode aufgenommen und anschließend miteinander multipliziert, um somit auf eine ausreichende Anzahl von Stützstellen der Leistungskurve zu kommen. Wie viele Stützstellen aufgenommen werden müssen, hängt davon ab, wie genau die Leistungskurve nachgebildet werden soll, bzw. bis zur wievielten Oberwelle die Leistungsaufnahme betrachtet werden soll. Dies kann durch das Nyquist-Shannonsche Abtasttheorem bestimmt werden. Das Theorem besagt, dass mindestens mit der doppelten Frequenz der höchsten auftretenden Oberwelle in der Ausgangsfunktion abgetastet werden muss, um das Ursprungssignal exakt nachbilden zu können.

$$f_{\text{abtast}} := f_{\text{max}} \cdot 2 \quad (2)$$

Auf die so bestimmten Stützstellen der Leistungsfunktion wird nun das Verfahren der Fourier-Synthese angewendet, um die Funktion nachzubilden und spektral zu zerlegen. Die Rechenvorschrift hierzu lautet:

$$f_n(t) := \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n \left(a_k \cdot \cos(k\omega t) + b_k \cdot \sin(k\omega t) \right) \quad (3)$$

Bei dieser Rechenvorschrift ist k die Anzahl der überlagerten Wellen und somit auch die Anzahl der betrachteten Oberwellen im Ausgangssignal. Die Kreisfrequenz ω ergibt sich aus $2 \cdot \pi \cdot f$, wobei f die Grundfrequenz des Ausgangssigna-

les ist. Die Koeffizienten a_k und b_k müssen jeweils einzeln bestimmt werden, werden, was bei einer diskreten Funktion nur durch die diskrete Fourier-Transformation möglich ist. Auf eine nähere Beschreibung dieses Verfahrens wird an dieser Stelle verzichtet. Die so bestimmten Koeffizienten werden nun in die Funktion eingesetzt und man erhält die nachgebildete Ausgangsfunktion. Diese vorgenommene Zerlegung bietet den entscheidenden Vorteil, dass jedes Sinusglied der Funktion mit dem entsprechenden Koeffizienten b_k die Blindleistung der entsprechenden Oberwelle widerspiegelt. Eine Zerlegung in Verschiebungsblindleistung und Verzerrungsblindleistung ist mit diesem Verfahren ebenfalls möglich. Das Sinusglied der Grundschiwingung ($k=1$) entspricht hierbei der Verschiebungsblindleistung.

$$Q_{\text{verschiebung}} := b_1 \cdot \sin(\omega t) \quad (4)$$

Die Verzerrungsblindleistung entspricht der pythagoreischen Addition der Sinusglieder aller weiteren Oberwellen.

$$Q_{\text{verzerrung}} := \sqrt{\sum_{k=2}^m (b_k \cdot \sin(k\omega t))} \quad (5)$$

Dies ermöglicht eine relativ genaue Analyse der umgesetzten Leistungen in den einzelnen Oberwellen und bietet zudem einen Überblick, wie stark oberwellenbehaftet die Leistungskurve des Verbrauchers ist. Besonders die dritte (150Hz) und neunte (450Hz) harmonische Oberwelle des Stromes (also auch indirekt der Leistung) sind wichtige Faktoren, da sich diese im dreiphasigen Stromnetz nicht gegeneinander aufheben und so zu einer Überbeanspruchung des Neutralleiters führen können. Auch alle weiteren durch drei teilbaren Oberwellen tragen zu diesem Effekt bei. In Deutschland existieren daher genaue Vorgaben, wie stark oberwellenbehaftet ein Strom sein darf.

Aus den so gewonnenen Beträgen von Wirkleistung, Verschiebungs- und Verzerrungsblindleistung kann die Scheinleistung durch pythagoreische Addition wieder rekonstruiert werden.

Die in dieser Arbeit genutzten Verbraucher sind in Bezug auf deren Leistungskurve sehr unterschiedlich, um eventuelle Schwachstellen der Meter aufdecken zu können. In allen gemachten Messungen wurde zunächst ein (nahezu) rein ohmscher Verbraucher angeschlossen, in Form einer Glühlampe. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass keine Blindleistung umgesetzt wird, was durch eine Messung bestätigt wurde. Es ergibt sich folgende Leistungskurve:

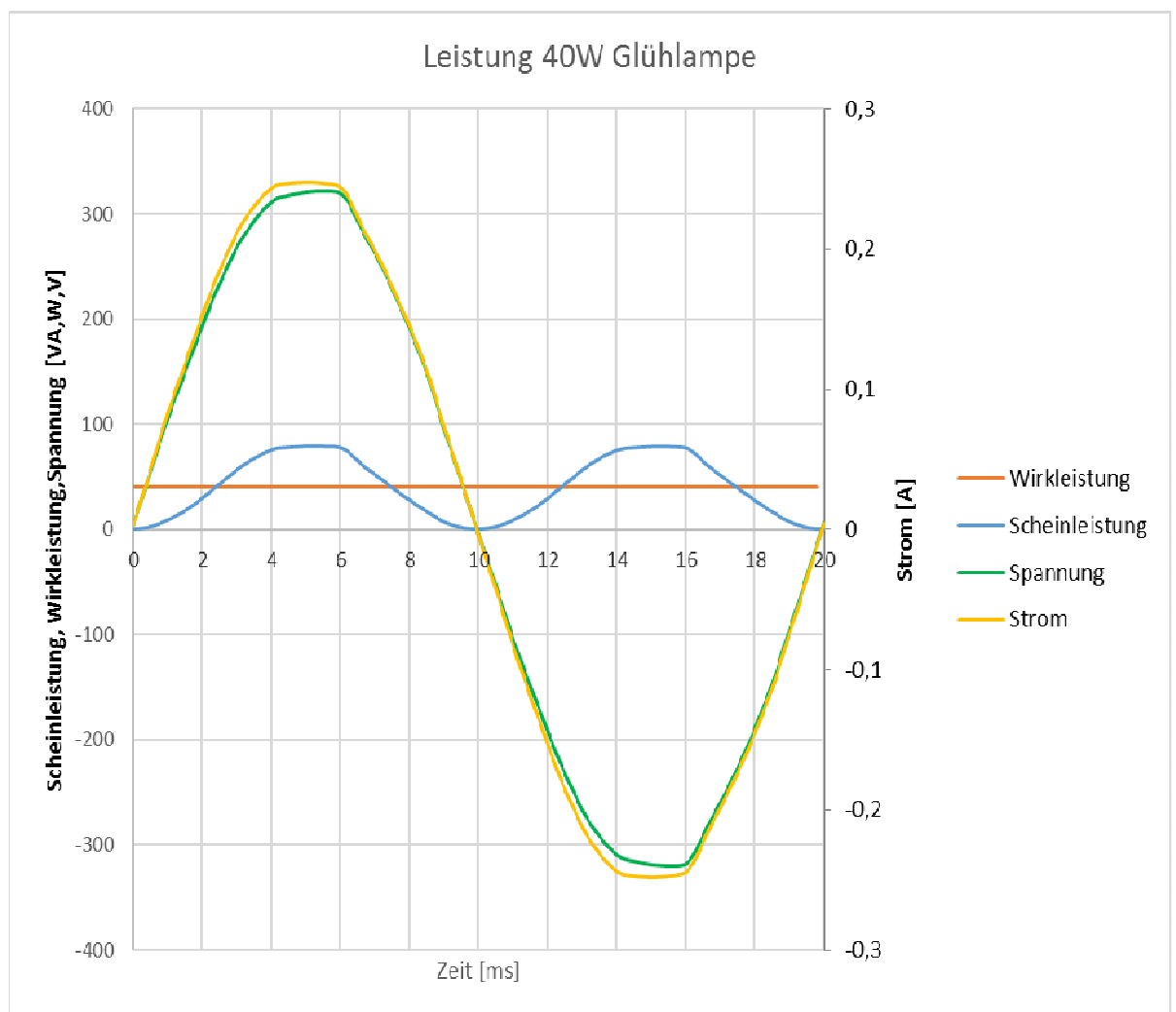


Abbildung 1 Leistungskurve 40W Glühlampe

Deutlich erkennbar ist, dass der Mittelwert der Scheinleistung die Wirkleistung von rund 40W darstellt. Die Scheinleistung schwingt zudem, wie aufgrund des

mathematischen Zusammenhangs zwischen Strom und Spannung zu erwarten, mit 100Hz.

Ein anderes Bild ergibt sich bei dem nächst komplexeren Verbraucher in der Versuchsreihe. Hierzu wurde eine Leuchtstofflampe mit konventionellem Vorschaltgerät als Verbraucher genutzt, was eine induktive Last darstellt. Wie zu erwarten ergibt sich durch die verbauten Spulen im Vorschaltgerät eine Verschiebung zwischen Strom und Spannung, jedoch keine Verfälschung der Sinusform dergleichen. Ebenfalls sehr gut zu sehen ist, dass durch die Verschiebung zwischen Strom und Spannung die Scheinleistungskurve in den negativen Bereich schwingen kann, was den Mittelwert der Kurve, und somit die Wirkleistung, deutlich nach unten verschiebt.

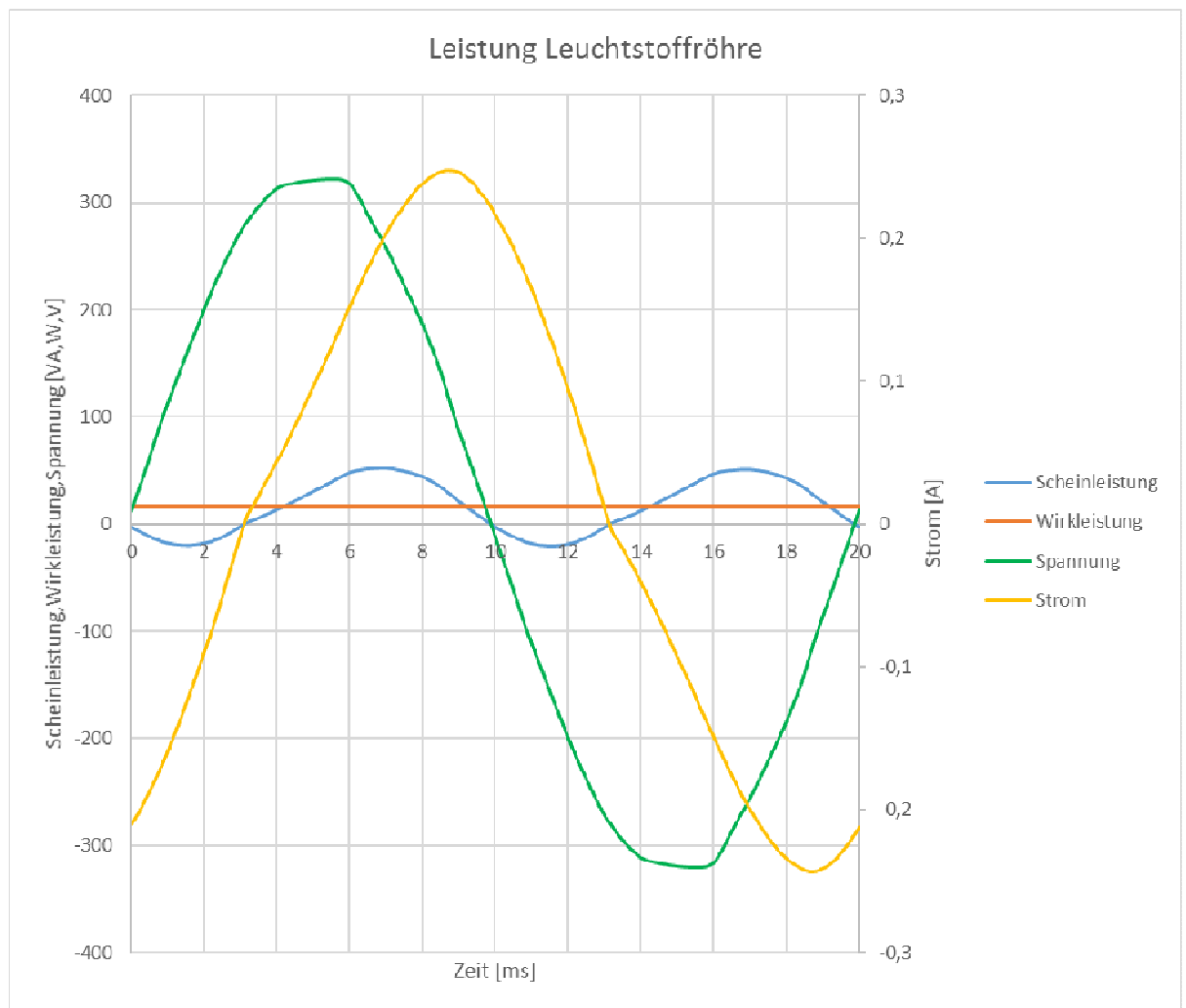


Abbildung 2 Leistungskurve Leuchtstoffröhre

Der Effekt eines Verbrauchers mit nicht sinusförmiger Stromaufnahme wurde in dieser Arbeit durch den Einsatz einer Energiesparlampe nachgebildet. Die in solchen Lampen verwendeten Vorschaltgeräte haben intern vergleichsweise große Kapazitäten, welche impulsförmig geladen werden, was einen sehr schnellen Stromanstieg zur Folge hat. Die Entladekurve dieser Kapazitäten ist ebenfalls nicht sinusförmig und trägt somit ebenfalls zur Verzerrung der Kurve bei. In folgendem Diagramm ist ebenfalls der Effekt auf die resultierende Scheinleistungskurve zu sehen.

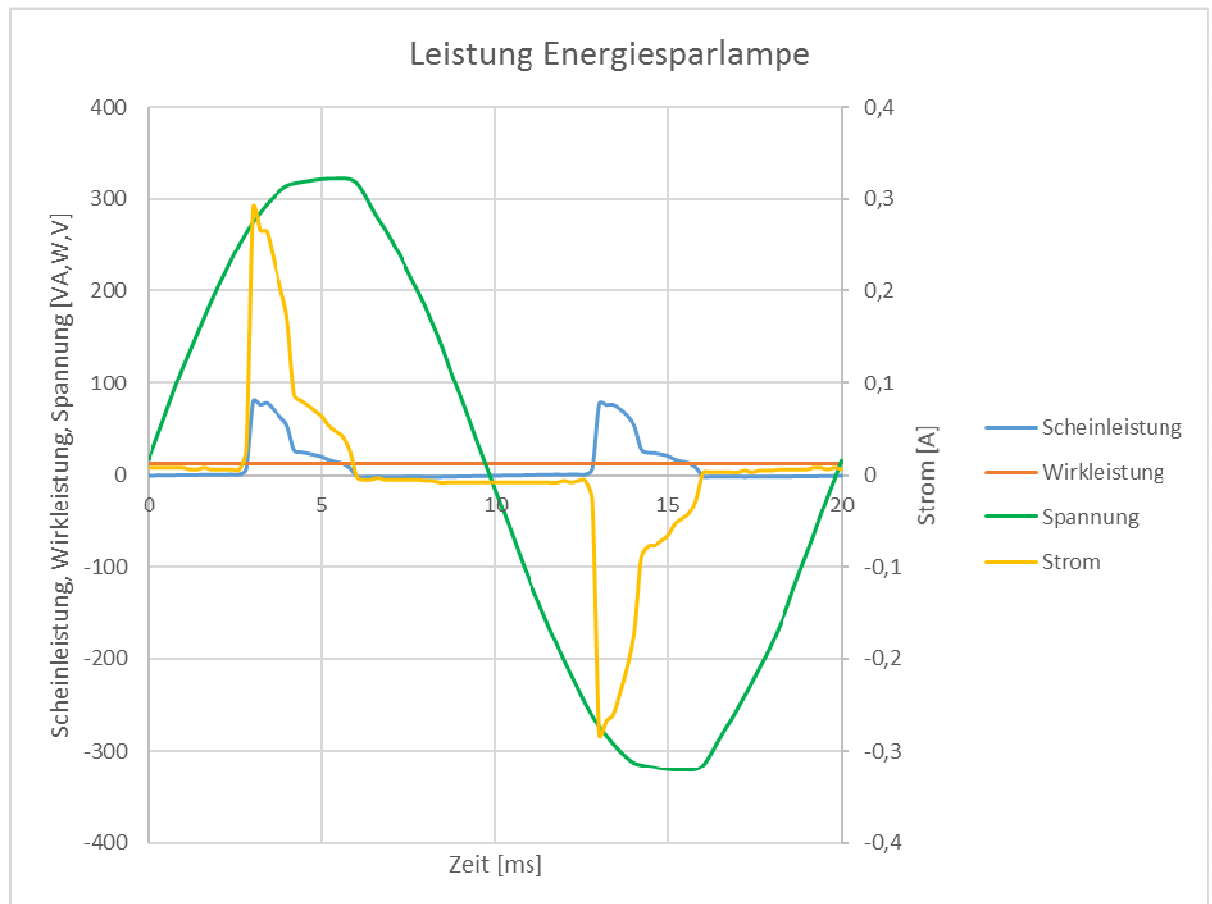


Abbildung 3 Leistungskurve Energiesparlampe

Die entstehende Scheinleistungskurve lässt sich nur noch durch Überlagerung von einzelnen Sinus- und Cosinuswellen mit unterschiedlichen Frequenzen (sprich Oberwellen) nachbilden. Damit ein Meter somit die Werte für Wirk- und Blindleistung sauber bestimmen kann, muss intern das oben beschriebene Rechenverfahren durchgeführt werden, was einen enormen Rechenaufwand erfordert und somit nur in Geräten der oberen Preiskategorie durchgeführt wird.

3. Übertragungstechniken

3.1 Die S0-Schnittstelle

Bei der S0-Schnittstelle handelt es sich um eine standardisierte Schnittstelle zur Übertragung von Messwerten im Bereich der Gebäudeautomation. Sie wird sehr häufig in Strom-, Gas- und Wasserzählern eingesetzt, um die Zählerstände bzw. Messwerte mit anderen Instrumenten weiter zu verarbeiten. Eine genaue Definition der Schnittstelle ist in der EN 62053-31 zu finden. Die Schnittstelle ist kabelgebunden, wird aber auch häufig optisch nach außen geführt. Elektronisch gesehen handelt es sich um einen offenen Kollektor eines lediglich an der Basis angesteuerten Transistors. Um eine galvanische Trennung, welche laut Standard gefordert wird, zu gewährleisten, wird intern in den Geräten der Ausgang mit Hilfe eines Optokopplers realisiert.

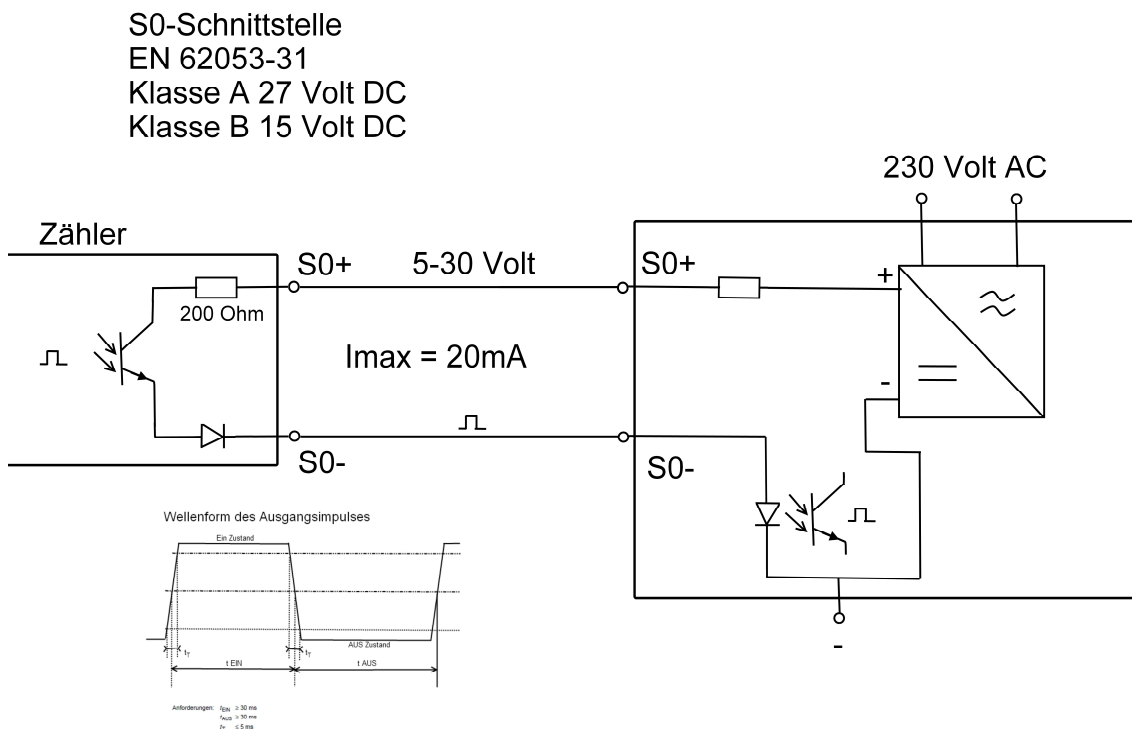


Abbildung 4 S0-Schnittstelle

Quelle: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/S0-Schnittstelle.jpg>

Abgerufen 30.07.2013

Die Übertragung eines Messwertes bzw. Zählerstandes wird durch Impulsfolgen am Optokoppler realisiert, wobei auf jedem Gerät eine Angabe gemacht werden

muss, wie viele Impulse pro Einheit erzeugt werden. So ist z.B. in der Betriebsanleitung des in dieser Arbeit benutzten Drehstromzählers „Voltcraft VSM-103“ angegeben, dass 400 Impulse pro kWh übertragen werden. Die Elektronik zum Auswerten kann so aus den Impulsen errechnen, wie der aktuelle Zählerstand ist. Damit dies reibungslos funktioniert, gibt es zwei unterschiedliche Klassen der S0-Schnittstelle für kurze bzw. lange Übertragungswege. Diese unterscheiden sich in der Spannung, welche an die Schnittstelle durch die auswertende Elektronik angelegt werden darf und somit auch in dem maximalen Strom. Zusätzlich ist festgelegt, wie lang ein Impuls mindestens sein muss und wie schnell die Anstiegszeit sein muss. Folgendes Bild verdeutlicht dies.

Wellenform des Ausgangsimpulses

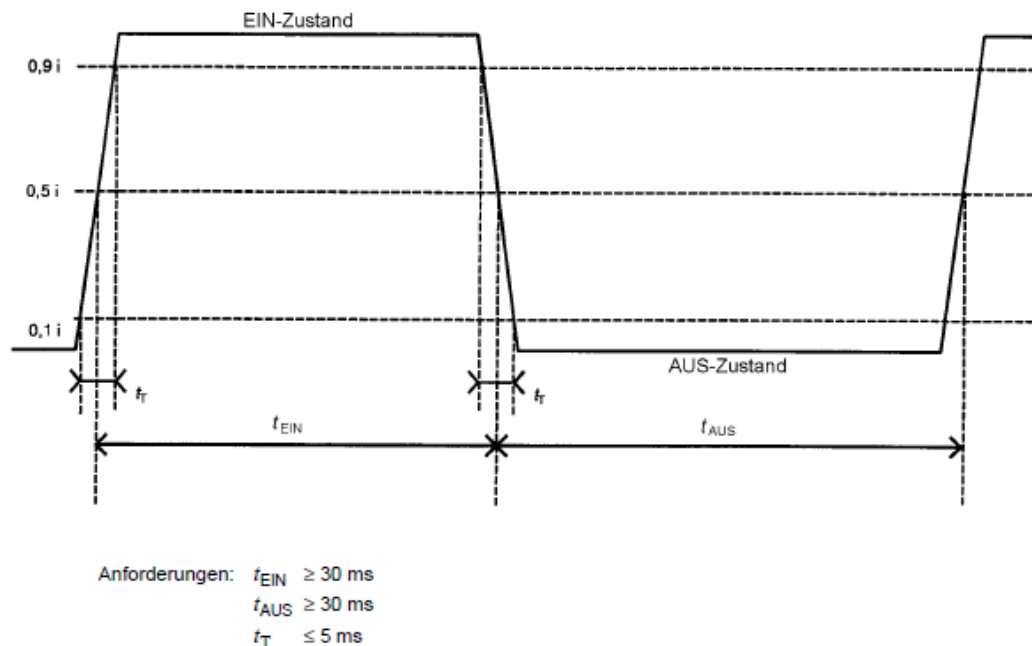


Abbildung 5 Uebertragungstechnik Wellenform des Ausgangsimpulses

Quelle: http://wiki.volkszaehler.org/_media/hardware/channels/meters/wellenform.png

Abgerufen 30.07.2013

3.2 KNX

Bei KNX handelt es sich um einen Feldbus, welcher zum größten Teil in der Gebäudeautomation zum Einsatz kommt. Er bietet die Möglichkeit einzelne Geräte innerhalb eines Hauses über verschiedene Übertragungsmedien unterein-

ander zu verbinden, wobei die Verbindung über eine einfache Zweidrahtleitung (Twisted-Pair) die in dieser Arbeit gewählte Verbindungsmethode ist. Zusätzlich kann der Bus auch über ein lokales Netzwerk (Ethernet) weiter verteilt werden. Um ein Gerät mit KNX steuern zu können, muss dieses entweder von Haus aus KNX-fähig sein, oder aber ein KNX Aktor vorgeschaltet werden. Diese Aktoren sind an den KNX Bus angebunden, erhalten Daten von diesem und steuern das angeschlossene Gerät entsprechend. Beispielsweise kann zwischen eine Deckenlampe und ihre Versorgungsspannung ein KNX Aktor angeschlossen werden, welcher die Deckenlampe ein- und ausschalten bzw. dimmen kann. Der physikalische Aufbau eines KNX Netzes ist eine Baumstruktur, welches in Bereiche, Linien und Teilnehmer aufgeteilt ist. Ein KNX Aktor kann über seine Physikalische Adresse angesprochen werden, welche seine physikalische Position innerhalb des Netzes repräsentiert. So befindet sich ein Aktor mit der Adresse 3.5.211 beispielsweise im Bereich 3, der Linie 5 und ist der Teilnehmer 211. Folgendes Bild veranschaulicht diese Topologie:

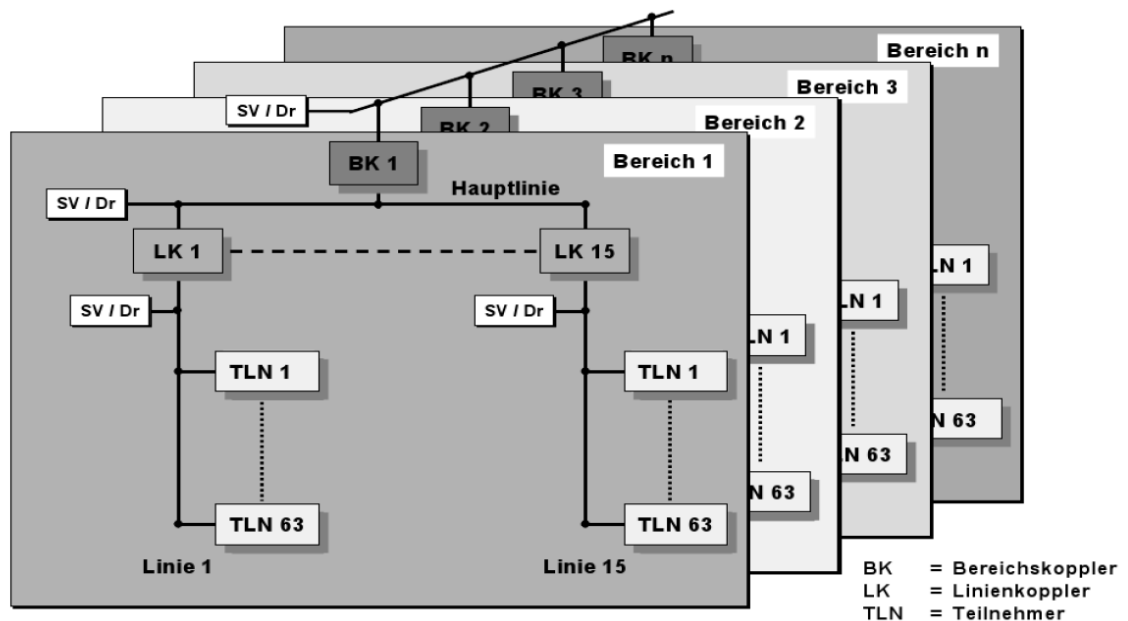


Abbildung 6 KNX Baumstruktur

Quelle: Script Prof. Fischer FH-Dortmund „KNP2 – Teil2“

Logisch gesehen gibt es hingegen eine andere Struktur, welche die Zusammengehörigkeit von einzelnen Aktoren zueinander repräsentiert. Jedem KNX Aktor kann eine Logische Adresse zugewiesen werden, um diese Struktur zu erzeugen und somit auf die jeweiligen Anforderungen anzupassen. So kann

beispielsweise die Zusammengehörigkeit eines Schalters mit einer bestimmten Lampe jederzeit geändert werden, sodass der Schalter danach eine andere Lampe ansteuert.

Die Kommunikation auf dem Bus erfolgt mit 9,6 kBit/s über ein standardisiertes Protokoll. Hierbei wird ein Telegramm folgendermaßen aufgebaut:

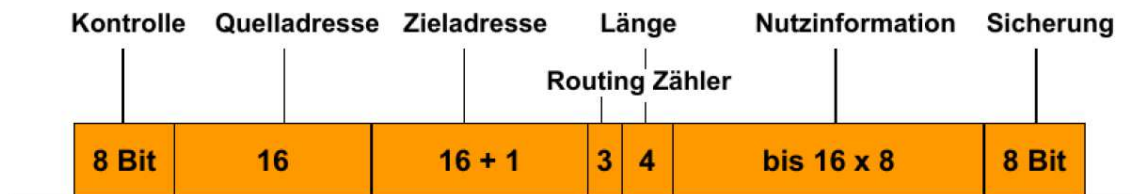


Abbildung 7 KNX Telegrammaufbau

Quelle: Script Prof. Fischer FH-Dortmund „KNP2 – Teil 3“

Die Übertragung auf dem Bus selber wird hierbei mit Hilfe der NRZ-Codierung realisiert und ist „Null-dominant“. Sollte es somit zu einer Kollision zweier Datenpakete auf dem Bus kommen, setzt sich immer das Bit mit dem Wert Null durch. KNX ist zudem nach dem CSMA/CA (Carriersense Multiple Access/Collision Avoidance) ausgelegt. Das heißt, dass bei einer Kollision der Teilnehmer, welcher die Kollision bemerkt sofort seine Übertragung abbrechen muss und zu einem späteren Zeitpunkt einen erneuten Sendeversuch unternehmen muss. Dieses Verfahren hat den großen Vorteil, dass Prioritäten innerhalb des Netzwerkes festgelegt werden können. Die Priorität eines Telegramms ist innerhalb des Kontrollfeldes festgelegt.

3.3 EnOcean

Bei EnOcean handelt es sich um eine Technologie, welche darauf ausgelegt ist, eine Funkkommunikation mit möglichst geringem Energiebedarf zu realisieren. Hiermit können beispielsweise Schalter entworfen werden, welche alleine mit der aufgebrachten kinetischen Energie durch das Betätigen des Schalters ein Funktelegramm versenden. Auch andere Energieformen werden bereits zum Versenden von Funktelegrammen genutzt wie z.B. Wärme und Licht.

Um eine möglichst energiesparende Übertragung zu realisieren, ist es notwendig, das Funkprotokoll möglichst klein zu halten. Standardisiert wurde das Funkprotokoll unter ISO/IEC 14543-3-10.

Aus elektronischer Sicht arbeitet das Funksystem durch Amplitudenumtastung auf einer Trägerfrequenz von 868MHz (Deutschland) bzw. 315MHz (International).

3.4 Z-Wave

Z-Wave beschreibt einen weiteren Kommunikationsstandard auf Funkbasis. Entwickelt wurde die Technologie von der Firma Sigma Designs und der Z-Wave Alliance, welche aus mehr als 160 verschiedenen unabhängigen Herstellern für Hausautomationshardware besteht. Eine Liste der zur Z-Wave-Alliance gehörenden Firmen ist unter <http://www.z-wavealliance.org/member-companies> zu finden. Eine Standardisierung ist für den MAC-Layer und den Physical-Layer seit 2012 von der ITU-T definiert (G.9959). Technisch basiert Z-Wave auf einem vermaschten Funknetz, was den Vorteil hat, dass auch nicht direkt miteinander in Kontakt stehende Geräte untereinander kommunizieren können, indem der Weg über ein anderes Gerät genommen wird. Das System ist also routingfähig. Die Übertragung findet mit einer Geschwindigkeit von 9600 bit/s oder 40 Kbit/s per Frequenzumtastung des ISM-Bandes im Bereich von 900 MHz statt. Die genaue Übertragungsfrequenz ist hierbei abhängig vom jeweiligen Einsatzland. Die Anzahl der Teilnehmer eines Z-Wave Netzwerks ist auf 232 Geräte beschränkt, kann jedoch durch die Benutzung von Bridges indirekt erweitert werden. Durch die Tatsache, dass es sich nicht um eine herstellereigene Technologie handelt, sondern um einen offenen Standard, ermöglicht eine sehr große Bandbreite an Produkten von verschiedenen Herstellern. Der Endbenutzer hat somit die freie Wahl zwischen einzelnen Herstellern und Preissegmenten.

4. Vorstellung der Systeme

Im folgenden Kapitel werden die jeweiligen Systeme vorgestellt.

4.1 Vorstellung AIZO „Digitalstrom“

Die Firma AIZO bietet mit dem System „Digitalstrom“ ein weiteres Hausautomationsystem, welches recht einfach in bestehende Installationen eingebunden werden kann. Die Besonderheit dieses Systems liegt darin, dass die Kommunikation der einzelnen Komponenten direkt über das Stromnetz läuft, und somit keine extra Leitungen verlegt werden müssen und keine Funkbelastung entsteht. AIZO teilt das System in drei grundlegende Komponenten ein:

Das dS-Meter (224,91€)¹

Den dS-Filter (58,31€)²

Die Klemmen (Gelb: 82,11€)³

Das dS-Meter ist ein Hutschinengerät, welches zwischen Sicherung und Stromkreis eingesetzt wird und den Stromkreis so generell digitalstromfähig macht. Jeder Verbraucher, welcher angesteuert werden soll bzw. gemetert werden soll, benötigt zusätzlich eine sogenannte „dS-Klemme“. AIZO bietet hier verschiedene Klemmen mit unterschiedlichen Funktionen für verschiedene Einsatzbereiche an (z.B. gelbe Klemme für „Licht“). Die Klemmen sind in der Bauform einer Lüsterklemme gehalten, sodass eine einfache Installation an jedem Verbraucher möglich ist.

Die Kommunikation zwischen Klemme und Meter wird von AIZO durch Modifizieren der Sinuskurve der Versorgungsspannung realisiert. Messungen zeigen, dass die Kommunikation nahe des Nulldurchgangs der Spannung stattfindet, durch kurzes absenken der Spannung. Das genaue Protokoll konnte jedoch nicht entschlüsselt werden.

¹ Vgl: <http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/joker-verteiler/> Abgerufen 24.07.2013

² Vgl: <http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/joker-verteiler/> Abgerufen 24.07.2013

³ Vgl: <http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/licht/> Abgerufen 24.07.2013

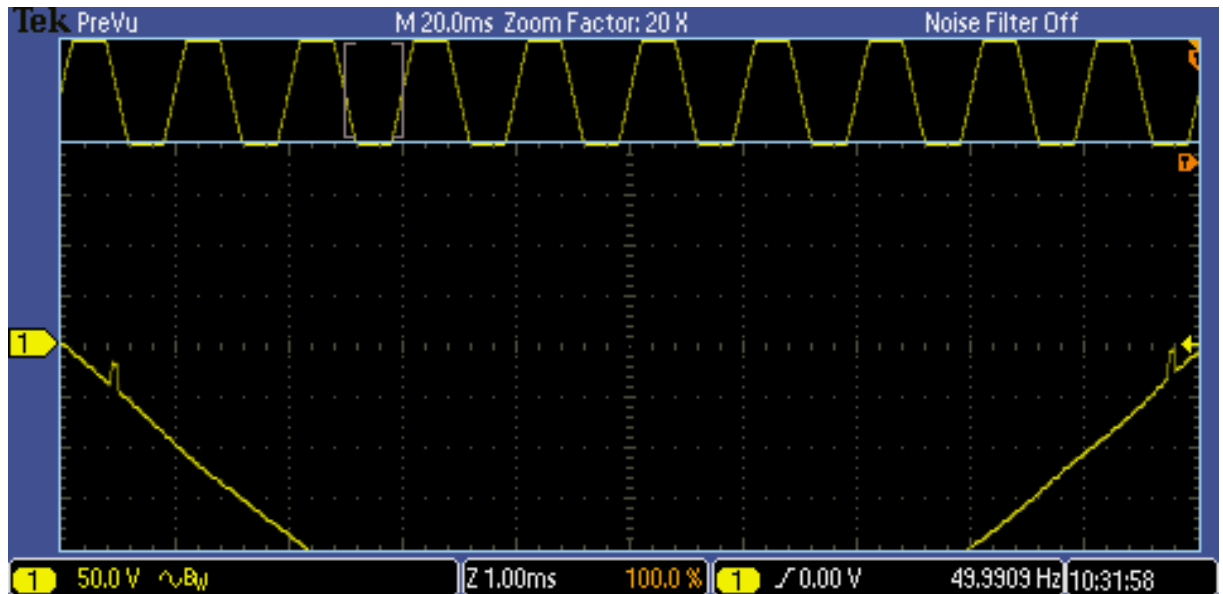


Abbildung 8 Oszillogramm dS Datenübertragung auf der Sinusspannung

Damit keine Rückwirkungen durch die Kommunikation auf der Versorgungsspannung entstehen, ist es notwendig, einen Filter zu installieren, welcher ebenfalls bei AIZO erhältlich ist. Dieser sorgt zum einen dafür, dass keine Störungen auf das Versorgungsnetz einwirken, und zum andern auch keine Störungen aus dem Versorgungsnetz die Kommunikation zwischen Meter und Klemme behindern.

Die eigentliche Leistungsmessung innerhalb des Systems findet im dS-Meter statt und wird mit Hilfe eines Shuntwiderstandes durchgeführt. Nach näherer Untersuchung der verschiedenen Klemmentypen wurde klar, dass auch in vielen der dS-Klemmen Shuntwiderstände verbaut sind. Die in dieser Arbeit zur Messung genutzten Klemmen jedoch verfügten nicht über einen eigenen Shuntwiderstand, sodass die gesamte Leistung im dS-Meter bestimmt werden musste. Dies hat den entscheidenden Nachteil, dass nicht genau analysiert werden kann, welcher Verbraucher wie viel Leistung bezieht, sondern nur noch gemessen werden kann, welche Gesamtleistung in dem jeweiligen Strang umgesetzt wird. Zu umgehen ist dieses Problem nur durch Abschalten aller anderen Verbraucher, um die Leistung eines bestimmten Verbrauchers zu bestimmen. Sollte es sich bei allen verwendeten Klemmen um schaltbare Aktoren handeln, ist es auch denkbar, eine automatisierte Prozedur zu implementieren, welche nach und nach alle Verbraucher einmal einzeln einschaltet und deren

4. Vorstellung der Systeme

Leistung bestimmt. Dies erfordert aber eine spezielle Programmierung mittels IP-Symcon, was weitere Kosten nach sich zieht. Damit überhaupt eine Kommunikation zwischen mehreren Stromkreisen möglich ist (also über mehrere dS-Meter hinweg), ist es notwendig, eine weitere Komponente in das System zu integrieren. AIZO bietet hierzu den sogenannten dS-Server (403,41€)⁴ an, welcher alle dS-Meter über eine RS-485 Verbindung zusammenfasst. Über den Server können dann wesentlich komplexere Funktionen implementiert werden und das Digitalstrom-System erst vollends nutzbar gemacht werden. Im Rahmen dieser Arbeit war der dS-Server beispielsweise notwendig, um mit IP-Symcon über Ethernet auf die einzelnen Digitalstrom Komponenten zugreifen zu können.



Abbildung 9 dS-Meter

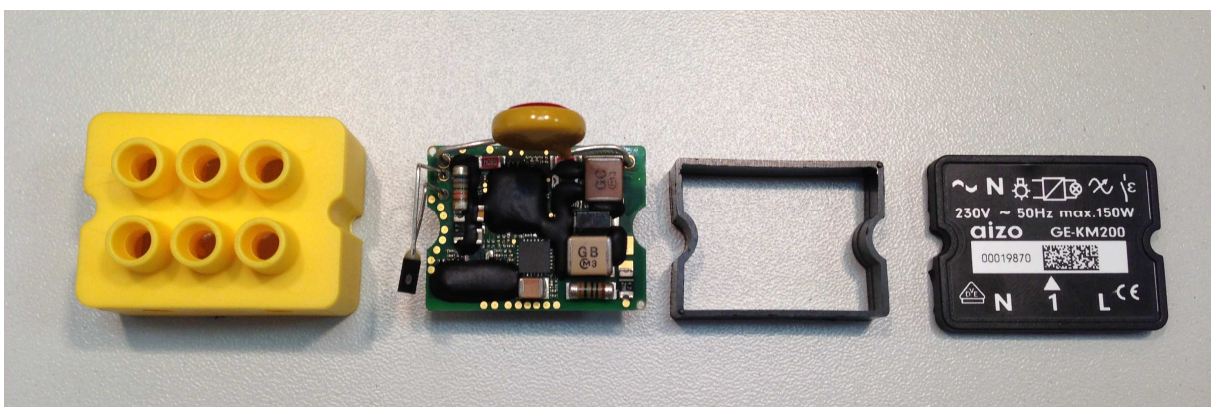


Abbildung 10 geöffnete dS-Klemme

⁴ Vgl: <http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/joker-verteiler>

Abgerufen am 24.07.2013

4.2 Vorstellung Eltako Electronics

Die Firma Eltako Electronics bietet ein Hausautomationssystem an, welches mit der EnOcean Funktechnologie arbeitet. Auch bei diesem Hausautomationssystem sind alle gängigen Sensoren und Aktoren erhältlich, die für eine sinnvolle Hausautomation notwendig sind. Ein großer Vorteil der eingesetzten EnOcean Funktechnologie ist, dass für viele Komponenten keine externe Stromversorgung benötigt wird, sondern die zum Versenden eines Funktelegramms notwendige Energie aus anderen Quellen bezogen wird, wie beispielsweise der kinetischen Energie, die bei Betätigen eines Schalters aufgebracht wird. Im Rahmen dieser Arbeit ist jedoch der von Eltako angebotene Smart-Meter „FWZ12-16A“ genauer betrachtet worden. Es handelt sich hierbei um ein Hutschinengerät, welches dazu bestimmt ist, zwischen Sicherung und Stromkreis verdrahtet zu werden. Durch die Bauform ist der Sensor leicht in bestehende Installationen nachrüstbar, wenngleich so lediglich ganze Stromkreise und keine einzelnen Verbraucher gemessen werden können. Das FWZ12-16A Meter bietet dem Benutzer die Möglichkeit, die aktuell bezogene Wirkleistung zu erfassen und besitzt zudem zwei interne Stromzähler für Hochtarif und Nebentarif. Das Meter sendet automatisch alle zehn Minuten ein Telegramm mit der aktuellen Wirkleistung, und ebenfalls innerhalb von 20 Sekunden nach Leistungsänderung um mindestens 10%. Die Übertagung erfolgt auch hier über den EnOcean Funkstandard, auch wenn die hierzu notwendige Energie direkt aus dem Stromnetz bezogen wird. Zum Empfang am PC ist dementsprechend ein Gateway notwendig, welches die EnOcean Funktelegramme empfangen kann und an den PC weiterleitet.

Intern erfasst das FWZ12-16A Meter die Leistungsaufnahme durch Strombestimmung über einen Shuntwiderstand.

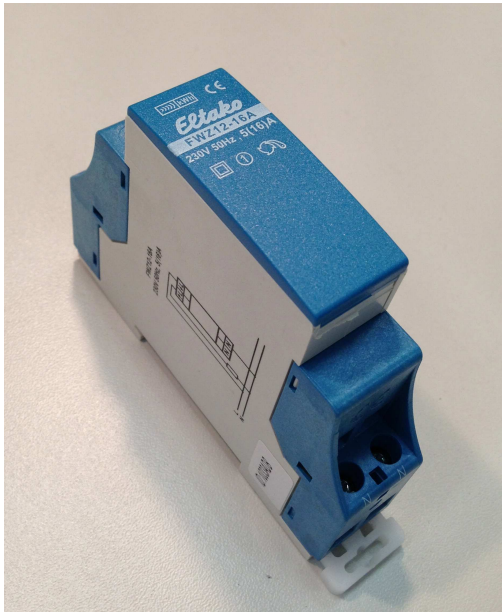


Abbildung 11 Eltako FWZ12-16A



Abbildung 12 Enocean Funkempfänger

Eltako bietet den Leistungssensor „FWZ12-16A“ für 67,87€⁵ an, was vergleichsweise günstig ist. Die Funkschnittstelle schlägt mit weiteren 135,82€⁶ zu Buche.

⁵ Vgl: <http://www.elektroland24.de/products/Funk/Eltako-Funksteuerung/Energieverbrauch/Eltako-FWZ12-16A-Funk-Wechselstromzaehler-Sendemodul.html> Abgerufen am 24.07.2013

⁶ Vgl: <http://www.amazon.de/Eltako-Funk-Antennenmodul-FAM-USB/dp/B004FPOMH8> Abgerufen am 24.07.2013

4.3 Vorstellung ABB DELTAplus DBB13000

Die Firma bietet mit dem DBB13000 ein Messgerät an, welches in ein Hausautomationssystem eingebunden werden kann. ABB sieht hierzu eine Infrarotschnittstelle vor, über die die gemessenen Werte ausgegeben werden. Es können alle drei Phasen direkt ohne Messwandler an das Meter angeschlossen werden, um Spannung, Strom, Wirkleistung, Blindleistung und Phasenlage zu überwachen. Das Gerät ist zur Hutschinenmontage entworfen worden, was eine recht unkomplizierte Montage in bestehende Installationen ermöglicht. Aufgrund der recht hohen Anschaffungskosten von 568,05€⁷ ist eine Messung einzelner Räume bzw. Stränge innerhalb eines Gebäudes zwar möglich mit einer entsprechenden Anzahl an Metern, aber nicht sinnvoll.

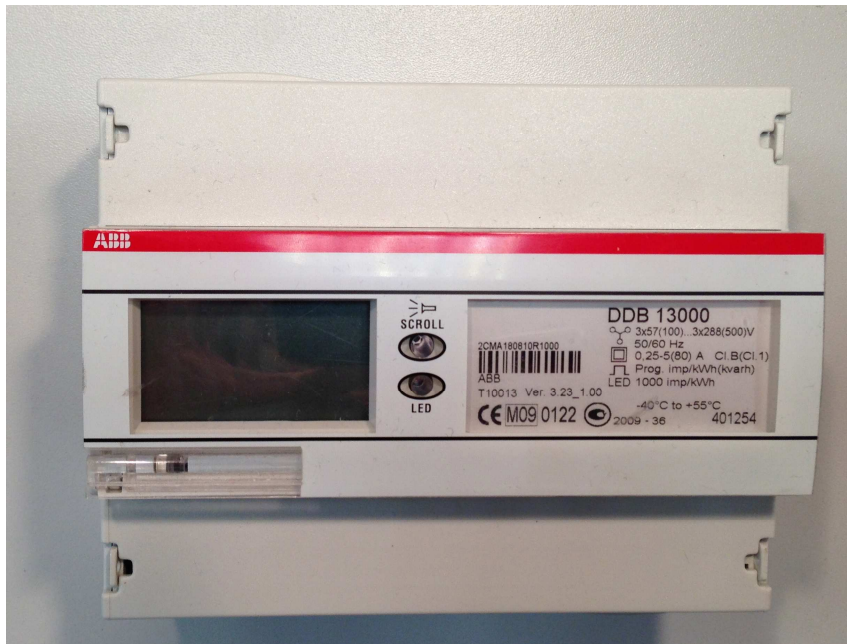


Abbildung 13 ABB DELTAplus DBB13000

Zur Auswertung der Messgenauigkeit des vorliegenden Meters wurde die Infrarotschnittstelle mit Hilfe eines Schnittstellenadapters der Firma ABB (Typ ZS/S 1.1, 168,68€)⁸ auf KNX adaptiert und anschließend mit Hilfe eines Adapters der Firma Siemens über Ethernet verfügbar gemacht.

⁷ Vgl: <http://www.voltus.de/hausautomation/knx-eib/aktorik/energiezaehler/abb/abb-dbb13000-direktmessende-zaehler-deltaplus-wirkleistungszaehler.html> Abgerufen am 26.07.2013

⁸ Vgl: <http://www.amazon.de/ABB-Stotz-Z%C3%A4hlerschnittstelle-ZS-1-1/dp/B0023EC55Y>

Abgerufen am 26.07.2013

4. Vorstellung der Systeme



Abbildung 14 ZS/S 1.1 Adapter



Abbildung 15 Siemens KNX/Ethernet Adapter (5WG1 148-1AB21)

Messtechnisch ermittelt ABB den fließenden Strom jeder Phase über Shuntwiderstände und berechnet die Wirk- bzw. Blindleistung wie folgt:

$$\text{Wirkleistung} = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

$$\text{Blindleistung} = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$$

$$\text{Scheinleistung} = U \cdot I$$

Die im Kapitel „Was ist Leistung“ beschriebenen Zusammenhänge machen an dieser Stelle deutlich, dass die Berechnung der Blindleistung in diesem Fall nicht die Verzerrungsblindleistung mit einschließt, sondern lediglich die Verschiebungsblindleistung berechnet.

4.4 Vorstellung Aeon Labs Home Energy Meter

Aeon Labs bietet mit dem Home Energy Meter eine Lösung der Leistungsmessung an, welche keine direkte Änderung der Verkabelung erfordert, da der fließende Strom induktiv über jeweils eine Spule gemessen wird, welche per Klemme um einen Leiter gelegt wird. Das Meter gibt seine Messwerte per Funk im Z-Wave Standard weiter und kann so auch mit Geräten von anderen Herstellern kombiniert werden. Ausgelesen werden kann sowohl die Scheinleistung, als auch ein interner Stromzähler, welcher seine Werte in kWh speichert. Systembedingt ist die Genauigkeit dieses Meters allerdings stark anzuzweifeln. Durch die fehlende galvanische Verbindung kann die interne Berechnung der Scheinleistung nur mithilfe einer als ideal angenommenen Sinusspannung erfolgen. In der Realität zeigt sich hingegen, dass die Spannung im Versorgungsnetz häufig nicht den geforderten 230V Effektivwert entspricht und auch keine ideale Sinuskurve darstellt. Dies führt in der Berechnung der Scheinleistung zu Fehlern, welche proportional zur Abweichung der tatsächlichen Spannung zu der idealen Sinusspannung verlaufen. In der Praxis halten sich die Fehler jedoch in Grenzen, da die Abweichungen der Spannung vom Ideal recht gering sind.

Die Konfiguration bzw. das Einbinden des Meters in das Z-Wave Netzwerk stellte sich mehr als mühselig dar, da eine Kommunikation mit dem Meter scheinbar zufällig war. Auch nach Annäherung von Meter und Z-Wave Empfänger konnte keine signifikante Verbesserung der Kommunikation erreicht werden. Ist das Meter jedoch erfolgreich mit dem Z-Wave Netzwerk verbunden, sendet es seine Messwerte in Abständen von rund zwölf Minuten von sich aus. Hier ist allerdings anzumerken, dass nicht alle Messwerte einzeln übertragen werden, sondern lediglich der Wert für die Gesamtleistung aller drei Phasen übertragen wird. Nur auf eine Aktualisierungsanfrage reagierte das Meter zuverlässig, so dass zur Realisierung von Smart-Metering zusätzlicher Programmieraufwand notwendig ist, um ständig die Messwerte aller drei Phasen vom Meter zu erfassen. Ein weiteres negatives Merkmal ist, dass das Meter eine Leistungsänderung scheinbar nicht registriert und lediglich den Momentanwert der Leistung sendet. Dies hat zur Folge, dass bei Verbrauchern mit stark variabler Leistungsaufnahme eventuelle Leistungsspitzen unter Umständen gar nicht bemerkt

werden und so nicht in die Messung eingehen. Zu umgehen ist dieses Problem nur durch engmaschiges Abfragen der Momentanleistung, was die Batterielaufzeit des Meters drastisch senken würde. Berücksichtigt man die recht eingeschränkte Funktionalität, ist der Preis von 153,51€⁹ als eher hoch einzuordnen. Der benötigte Z-Wave Empfänger ist hingegen relativ günstig für 49,00€¹⁰ zu bekommen.



Abbildung 16 Aeon Labs Home Energy Meter mit einer Messklemme

4.5 Vorstellung Eaton xComfort

Die Firma Eaton Industries GmbH (ehemals Moeller GmbH) bietet mit „xComfort“ eine vollwertige Lösung zur Hausautomation, wobei die Ausrichtung eher auf private Haushalte als auf Bürogebäude ausgelegt ist. Eaton bietet hierzu eine Vielzahl von Sensoren und Aktoren an, welche per Funk untereinander kommunizieren. Über das genutzte Protokoll kann an dieser Stelle leider keine Aussage getroffen werden, da sich die Firma mit Informationen hierzu recht be-

⁹ Vgl:

http://store.zwaveeurope.com/product_info.php?products_id=774&XTCsid=2ba77e16a94b1a8f8fa48a Abgerufen 12.07.2013

¹⁰ Vgl: <http://www.zwave-shopping.com/de/pc-adapter/78-usb-stick-mit-eingebauter-batterie.html> Abgerufen 12.07.2013

4. Vorstellung der Systeme

deckt hält. Eaton bewirbt xComfort als eigenes Funksystem, was die Nutzung von anderen gängigen Funkprotokollen bzw. Systemen wie Z-Wave oder EnOcean ausschließt.

Zur Konfiguration der Hausautomatisierung liefert Eaton eine eigene Software, mit welcher auf einer grafischen Oberfläche die einzelnen Sensoren und Aktoren mit in die Hausautomation eingebunden werden können. Um dies zu ermöglichen, ist ein Konfigurationsadapter notwendig, welcher sowohl als serieller Adapter als auch als USB-Gerät erhältlich ist.

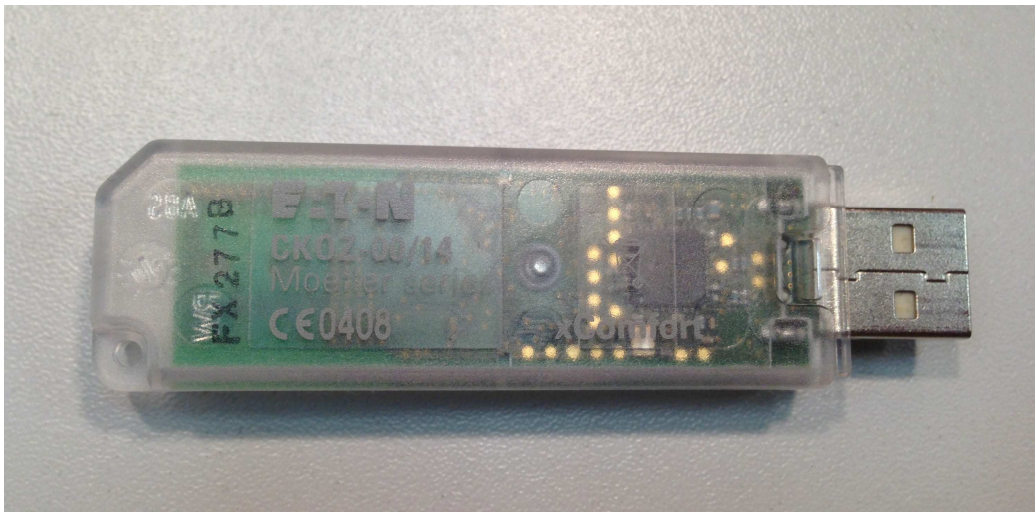


Abbildung 17 xComfort UBS-Konfigurationsadapter

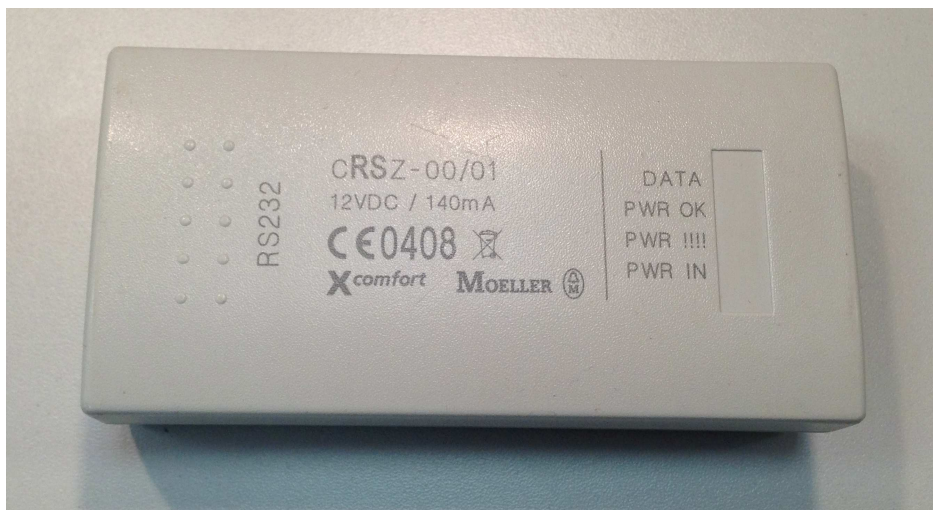


Abbildung 18 xComfort RS232 Konfigurationsadapter

Um Smart-Metering mit dem xComfort-System zu ermöglichen, bietet Eaton diverse Sensoren, welche sich jedoch grundlegend nur in ihrer Bauform unter-

4. Vorstellung der Systeme

scheiden. So bietet Eaton unter anderem einen Leistungssensor zum Unterputz-Einbau an und einen Leistungssensor in Form eines Zwischensteckers. Nach Öffnen des Zwischensteckers ist jedoch festzustellen, dass es sich nicht nur um dieselbe Elektronik handelt, sondern sogar intern um dieselbe Bauform wie die des Unterputzsensors.



Abbildung 19 xComfort Unterputzsensor



Abbildung 20 xCmfort Leistungssensor als Zwischenstecker

Beide Sensoren bestimmen die Leistung über Shuntwiderstände, welche in den Strompfad des Verbrauchers eingebunden werden. Eaton beschränkt sich auf die Bestimmung der Wirkleistung und lässt keine Analyse von Blindleistung zu. Die so bestimmten Leistungen werden in regelmäßigen Abständen gesendet oder sofort bei Laständerung, was eine relativ genaue Aufbereitung der Messwerte in Bezug auf Smart-Metering ermöglicht. Um eine Aufbereitung mit einem PC zu ermöglichen, bietet Eaton einen USB-Kommunikations-Stick an, welcher die Kommunikation mit den einzelnen Aktoren und Sensoren ermöglicht. IP-Symcon ist in der Lage mit diesem Stick zu kommunizieren, sodass eine Messwertaufbereitung hiermit möglich ist.

Preislich liegt Eaton mit dem xComfort-System im Mittelfeld. Ein Leistungssensor zur Unterputzmontage liegt bei 119,00€¹¹ pro Stück. Für den gleichen Sensor als Zwischenstecker müssen 126,00€¹² bezahlt werden. Zusätzlich zu den Sensoren kommen das Gateway mit 124,24€¹³ und die Programmierschnittstelle mit 154,76€¹⁴ hinzu.

4.6 Vorstellung Wago SPS

Die Firma Wago bietet ebenfalls eine Möglichkeit mit Hilfe einer SPS ein Smart-Metering System aufzubauen. Durch die modulare Bauweise des Wago SPS Systems ist es möglich, auch eine bestehende SPS Smart-Metering-fähig zu machen. Hierzu muss lediglich die Messklemme 750-493 in den SPS Bus mit eingefügt werden und diese entsprechend beschaltet werden. An dieser Stelle ist es möglich, die Stromaufnahme direkt über die Klemme zu messen, oder aber über Messwandler einzuspeisen. Durch die Verwendung einer Wago SPS vom Typ 750-881 ist es nach entsprechender Konfiguration und Programmierung der SPS sofort möglich die Wirk- und Scheinleistung mit IP-Symcon zu empfangen. Negativ muss hierbei jedoch bemerkt werden, dass die Einrichtung der SPS in IP-Symcon sehr kompliziert ist und nicht ohne Hintergrundwissen durchführbar ist. Dies ist damit zu begründen, dass IP-Symcon kein direktes Modul zur Kommunikation mit einer Wago SPS besitzt und somit der Umweg über den direkten Zugriff auf den MODBUS der SPS gegangen werden muss. Auch preislich ist diese Lösung als recht kostenintensiv zu bewerten. Zum Be-

¹¹ Vgl: https://www.distrelec.de/ishopWebFront/xmlCatalog/node.do/para/groupId/is/MO-136477.html?utm_source=KPLUS_DE&utm_medium=kplus&utm_campaign=kplus_MO

Abgerufen 16.07.2013

¹² Vgl: <http://zaufli.at/shop/index.php?page=product&info=47> Abgerufen 16.07.2013

¹³ Vgl: <http://www.ehomeportal.de/Funk-System-Xcomfort/Gateways.htm?shop=shop&SessionId=&a=catalog&t=1600&c=5300&p=5300>

Abgerufen 16.07.2013

¹⁴ Vgl: <http://www.ehomeportal.de/Funk-System-Xcom-fort/Programmiergeraete.htm?shop=shop&SessionId=&a=catalog&t=1600&c=5301&p=5301>

Abgerufen 16.07.2013

4. Vorstellung der Systeme

trieb der Wago SPS muss diese mit einem 24V Netzteil versorgt werden, welches ebenfalls von Wago erhältlich ist und mit 64,26€¹⁵ recht teuer ist. Die SPS selber ist der teuerste Faktor des Gesamtsystems. Die in dieser Arbeit genutzte SPS vom Typ 750-881 kostet im freien Handel 375,00€¹⁶. Die zusätzlich notwendige Klemme zur Leistungsmessung vom Typ 750-493 in der 5A Ausführung liegt preislich bei 248,73€¹⁷ und benötigt noch einen Abschlusswiderstand um den Bus der SPS zu terminieren. Wago bietet hierzu die Klemme vom Typ 750-600 an, welche weitere Kosten in Höhe von 18,44€¹⁸ generiert.



Abbildung 21 Fertig beschaltete Wago SPS

¹⁵ Vgl: <http://www.conrad.de/ce/de/product/518978/WAGO-EPSITRON-COMPACT-POWER-787-1002-Hutschiene-Netzteil-Schaltnetzteil-DIN-Netzgeraet-24-VDC-13-A-312-W>

Abgerufen am 17.07.2013

¹⁶ Vgl: <http://www.insystems-shop.de/index.php?page=product&info=298>

Abgerufen am 17.07.2013

¹⁷ Vgl: <http://www.conrad.de/ce/de/product/191894/WAGO-3-Phasen-Leistungsmessklemme-750-493000-001-ueber-Systemspannung-Klemmenbus-Inhalt-1-St>

Abgerufen am 17.07.2013

¹⁸ Vgl: <http://www.conrad.de/ce/de/product/191977/WAGO-Busendklemme-750-600025-000-Inhalt-1-St> Abgerufen am 17.07.2013

4.7 Vorstellung Voltcraft VSM-103

Das Voltcraft VSM-103 ist ein digitaler Stromzähler für die Hutschiene, welcher von der Firma Conrad Electronic unter der Eigenmarke Voltcraft vertrieben wird. Es ist möglich alle drei Phasen des Drehstromnetzes anzuschließen und zu überwachen im Hinblick auf Strom, Spannung, Frequenz, Wirkleistung, Blindleistung und Scheinleistung. Der Leistungsfaktor jeder Phase wird ebenfalls ausgegeben. Die Werte werden sowohl auf dem integrierten Display des Zählers angezeigt, als auch über zwei S0-Schnittstellen direkt oder per Infrarot ausgegeben. Zusätzlich bietet das Voltcraft VSM-103 eine RS-485 Schnittstelle zum Anschluss des Zählers an ein ebenfalls von Voltcraft erhältliches Gateway zur Funkanbindung des Systems. Zur Kommunikation zwischen Gateway und Meter wird das MODBUS RTU-Protokoll verwendet, welches ebenfalls zur Kommunikation der Infrarotschnittstelle genutzt wird. Gemessen wird auch bei diesem Gerät der fließende Strom jeder Phase über Shuntwiderstände oder alternativ über separat angeschlossene Stromwandler, welche im Stromzähler im Hinblick auf deren Übersetzungsverhältnis konfiguriert werden können. Zur internen Berechnung der Leistungswerte gibt Voltcraft im Datenblatt des VSM-103 leider keine Information.



Abbildung 22 Voltcraft VSM-103

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Voltcraft VSM-103-Meter über die integrierten S0-Schnittstellen mit Hilfe des Adapters für IP-Symcon angeschlossen (IP-Symcon EKM 868). Der Adapter wird von der Firma Pro-Jet vertrieben und bietet vier separate S0-Schnittstellen-Eingänge, welche per Funk zu einem LAN-Gateway weiter geleitet werden und so mit IP-Symcon per Ethernet ausgelesen werden können.



Abbildung 23 IP-Symcon EKM 868

Die Nachrüstbarkeit des Zählers ist recht einfach durchzuführen, da dieser problemlos in einen vorhandenen Installationskasten mit Hutschiene einzubauen ist, vorausgesetzt, die Platzverhältnisse lassen dies zu. Durch die Messwertweitergabe per Funk über das IP-Symcon EKM 868 Gateway kann die Aufbereitung der Messwerte an anderer Stelle durchgeführt werden, ohne weitere Kabel verlegen zu müssen.

Preislich ist diese Lösung im unteren Segment anzusiedeln, da der Zähler selber lediglich 79,00€¹⁹ kostet und die zusätzlich notwendige Schnittstelle für IP-Symcon ebenfalls mit 49,95€²⁰ (14) relativ günstig ist.

¹⁹ Vgl: <http://www.conrad.de/ce/de/product/125442/VOLTCRAFT-VSM-103-DREHSTR-ZAeHLER> Abgerufen am 17.07.2013

²⁰ Vgl: <http://www.solajet.de/index.php?a=100gl> Abgerufen am 17.07.2013

4.7 Vorstellung NorthQ Power Reader

Die Firma NorthQ bietet mit dem Power Reader eine Lösung an, um analoge Drehstromzähler digital auslesbar zu machen. Hierzu stattet NorthQ den vorhandenen Stromzähler mit einer optischen Ausleseeinheit aus, welche im Wesentlichen eine Reflexlichtschranke darstellt, die auf die Markierung auf der Drehscheibe des Zählers reagiert und so Impulse sendet. Die so gewonnenen Messwerte überträgt NorthQ dann per Funk im Z-Wave Standard. Der Benutzer erhält somit eine sehr einfach nachrüstbare Möglichkeit seinen Stromverbrauch digital zu erfassen, um so beispielsweise eine Verbrauchskurve zu erstellen. Die Inbetriebnahme des Power Readers erfordert etwas Geschick, da das exakte Anbringen der optischen Einheit auf dem Drehstromzähler sehr wichtig ist. Leider stellte sich dies in den gemachten Versuchen dieser Arbeit als sehr kritisch heraus, trotz mitgelieferter Schablone. Durch das Fehlen eines Display auf dem Power Reader ist eine Konfiguration des Gerätes ebenfalls recht kritisch, da die Konfiguration lediglich durch Blinksignale einer LED ausgegeben werden kann. Der Zugriff über IP-Symcon ist hingegen relativ einfach möglich, wenn das Gerät in das Z-Wave Netzwerk eingebunden ist.

Der NorthQ Power Reader ist über das Internet für 85,00€²¹ zu beziehen und liegt somit von den Kosten her im Mittelfeld wenn man die relativ geringe Funktionalität berücksichtigt. Ein Z-Wave Empfänger für den USB Port ist bereits für 49,00€²² zu bekommen.

4.8 Beispielrechnung verschiedener Abtastzeiten der Leistung

Um zu verdeutlichen welchen Einfluss eine nicht kontinuierliche Erfassung der Leistung im Rahmen von Smart-Metering hat, wird im Folgenden eine exemplarische Berechnung des Energiebedarfs einer Waschmaschine für einen Waschgang bei kontinuierlicher und nicht-kontinuierlicher Leistungserfassung durchgeführt.

²¹ Vgl: <http://www.zwave-shopping.com/de/messen/133-z-wave-stromzahler-bundle.html>

Abgerufen 12.08.2013

²² Vgl: <http://www.zwave-shopping.com/de/pc-adapter/78-usb-stick-mit-eingebauter-batterie.html> Abgerufen 12.08.2013

Grundlage für die Untersuchung ist eine real aufgenommene Leistungskurve einer Bosch Waschmaschine vom Typ „Maxx 6“ im 30°C Waschprogramm

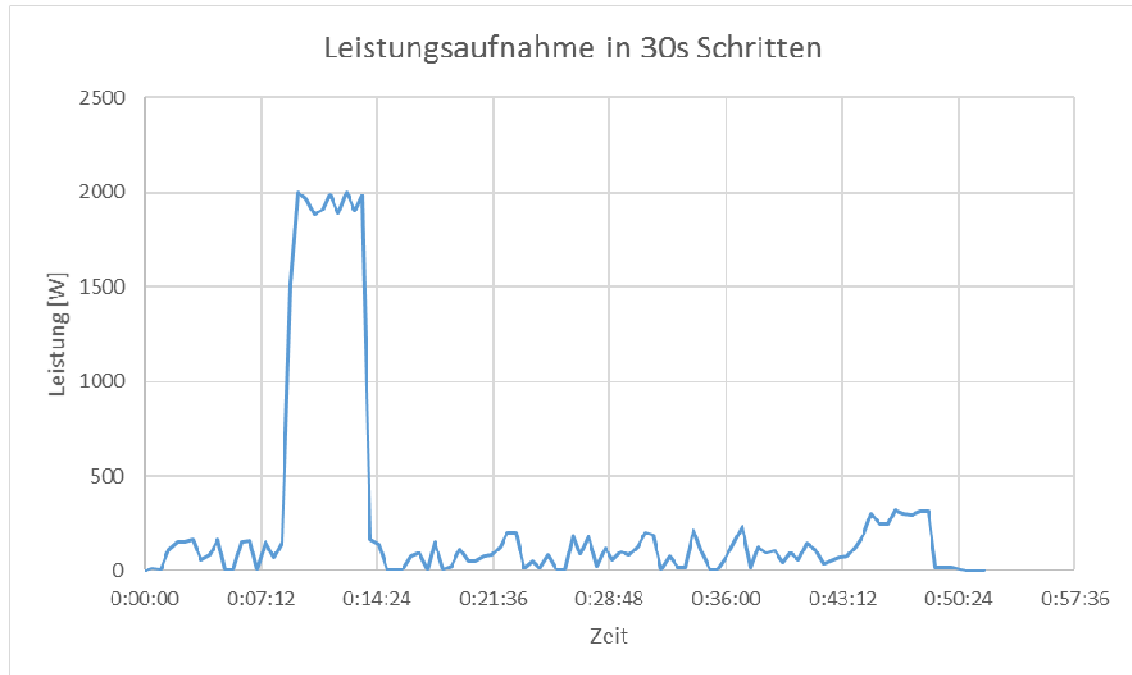


Abbildung 24 Waschmaschine Leistungsaufnahme in 30s Schritten

Die Momentanleistung wurde in 30s Schritten aufgezeichnet, um eine hinreichende Auflösung zu garantieren. Der Energiebedarf des Waschgangs beläuft sich auf Grundlage dieser Daten auf 0,23612083 kWh.

Unter der Annahme, dass im Rahmen eines Smart-Metering Projektes innerhalb eines Haushaltes die Momentanleistung mit einem Meter erfasst wird, welches die Momentanleistung in wesentlich größeren Zeitabständen erfasst, kann es, wie bereits beschrieben, zu gravierenden Fehlern in der Berechnung kommen. Ein Beispiel hierfür ist das vorgestellte AeonLabs Home Energy Meter, welches ohne weiteren Softwareaufwand seine Leistungswerte nur ca. alle zwölf Minuten zur Weiterverarbeitung sendet. Wird die Abtastzeit der Leistung auf zwölf Minuten herab gesetzt, ist bereits im Diagramm die entstehende Ungenauigkeit zu erkennen.

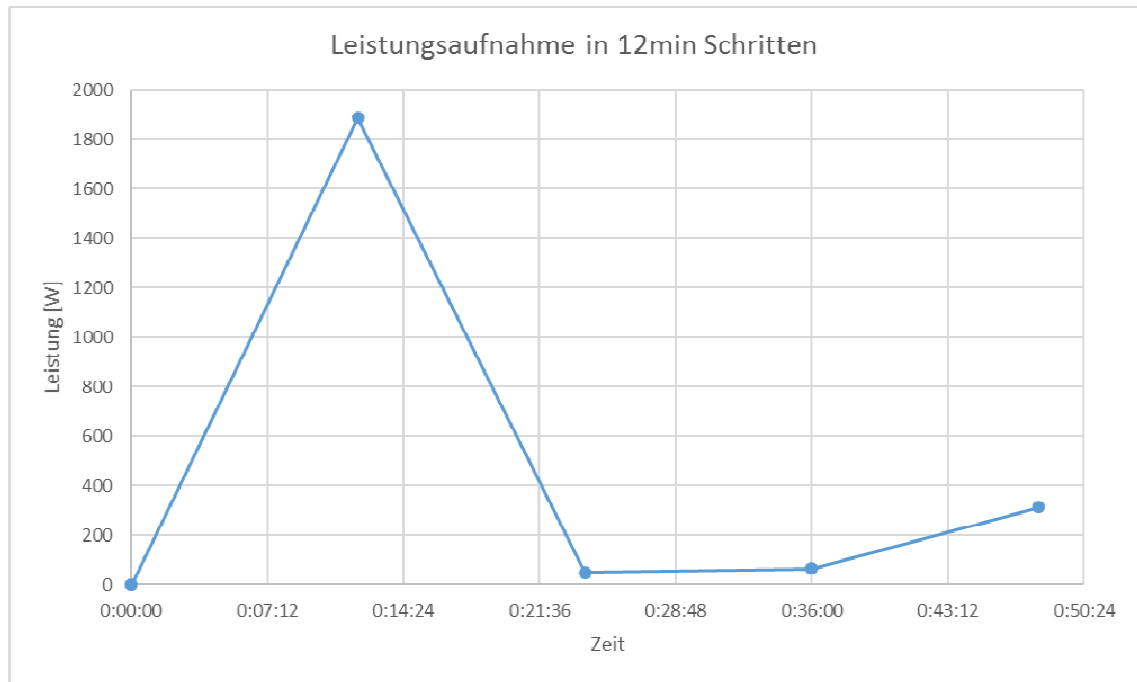


Abbildung 25 Waschmaschine Leistungsaufnahme in 12min Schritten

Berechnet man allein auf Grundlage dieser Daten den Energiebedarf des gemessenen Waschgangs, wird ein Energiebedarf von 0,464 kWh prognostiziert. Hierbei ist noch anzumerken, dass die Zeitpunkte der Leistungsmessung in diesem Beispiel sogar noch sehr gut gewählt sind, da die Lastspitze während des Aufheizens mit einem Messpunkt genau getroffen wird. Eine Verschiebung der Messintervalle um wenige Minuten würde diese Lastspitze nicht mehr erfassen, sodass der errechnete Energiebedarf deutlich niedriger ausfallen würde. Bei einer Verschiebung um 2 Minuten sieht man im Diagramm deutlich, welchen großen Einfluss die Zeitpunkte der Messung bei einer so groben Messwerterfassung haben.

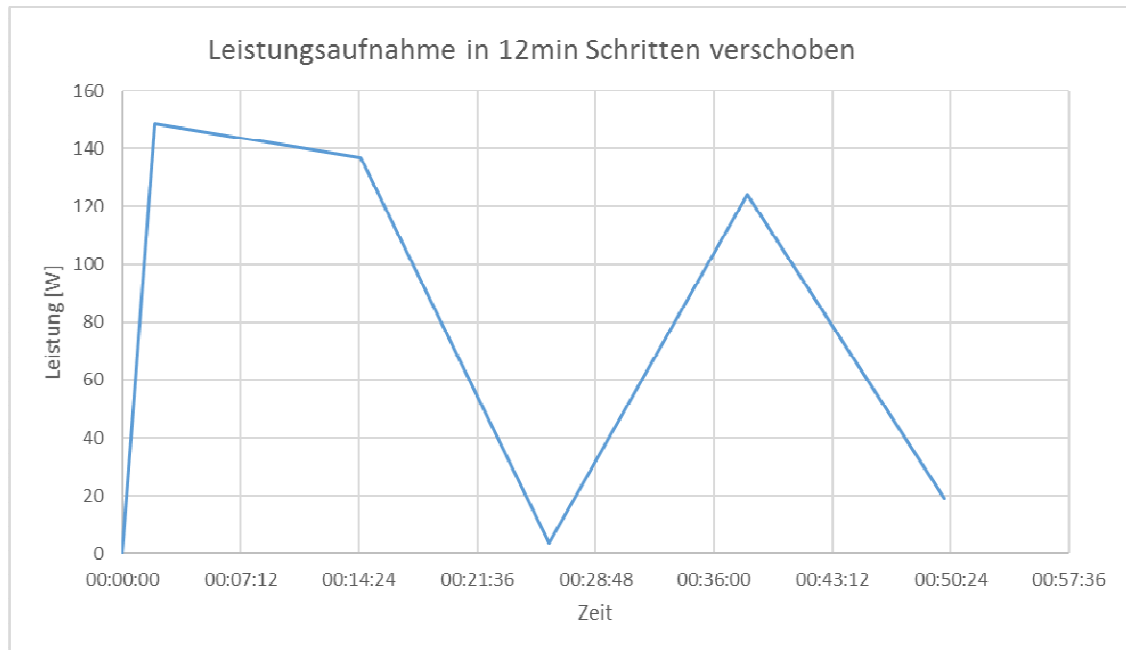


Abbildung 26 Waschmaschine Leistungsaufnahme 12min verschoben

Auf Grundlage dieser Messwerterfassung berechnet sich der Energiebedarf zu 0,0864 kWh, was von der Realität extrem abweicht.

Letztendlich muss somit festgestellt werden, dass eine solch grobe zeitliche Auflösung der Messungen im Bereich von Smart-Metering absolut unbrauchbar ist. Abhilfe kann hier nur die kontinuierliche Abfrage der Momentanleistung vom Meter schaffen, was jedoch die Batterielaufzeit eines solchen Gerätes, sofern es nicht netzversorgt ist, drastisch senken würde. Ein Kompromiss könnte eine interne Mittelwertbildung innerhalb des Meters sein, was jedoch den Nachteil hätte, dass ein Momentanwert nicht mehr abgefragt werden kann.

4.9 Vorstellung IP-Symcon

Bei IP-Symcon handelt es sich um eine Software zur Hausautomation. Sie bietet dem Benutzer die Möglichkeit sehr viele verschiedene Hardwarekomponenten von verschiedenen Herstellern in ein Gesamtsystem zusammenzufassen, und mit Hilfe der Programmiersprache PHP zu programmieren. Der Benutzer erhält mit der Software die Möglichkeit, eine für sich individuell zugeschnittene Benutzeroberfläche zu erstellen mit entsprechenden Funktionalitä-

ten. Diese Benutzeroberfläche ist über einen Webbrowser erreichbar, was eine Steuerung auch über das Internet ermöglicht.

Innerhalb der Software müssen zunächst die verwendeten Hardwarekomponenten eingebunden werden. Hierzu stellt IP-Symcon sogenannte Konfiguratoren bereit, die das Einbinden der Hardware erleichtern und in manchen Fällen erst möglich machen. Will man beispielsweise das in dieser Arbeit benutzte System der Firma Digitalstrom mit IP-Symcon ansprechen, muss der entsprechende Konfigurator hinzugefügt werden und mit den entsprechenden Einstellungen versehen werden, um die Kommunikation zum Digitalstrom Server aufzubauen. Die einzelnen Komponenten der Systeme, einzelne Schaltaktoren oder Sensoren, können einzeln in IP-Symcon als sogenannte Instanzen angelegt werden. Durch das Anlegen der einzelnen Instanzen werden automatisch die vom Gerät gesendeten Werte (bei einem Schaltaktor An/Aus) in Variablen angelegt, welche der Instanz untergeordnet sind. Damit nicht alle Komponenten des gesamten Hauses in einem gemeinsamen Objektbaum liegen, können Oberkategorien angelegt werden, die den Objektbaum unterteilen. So kann für jeden Raum im Haus eine eigene Kategorie angelegt werden, unter der dann die im jeweiligen Raum vorhandenen Komponenten, wie Aktoren und Sensoren zu finden sind. Das folgende Bild zeigt beispielhaft wie ein solcher Aufbau aussehen kann:

4. Vorstellung der Systeme

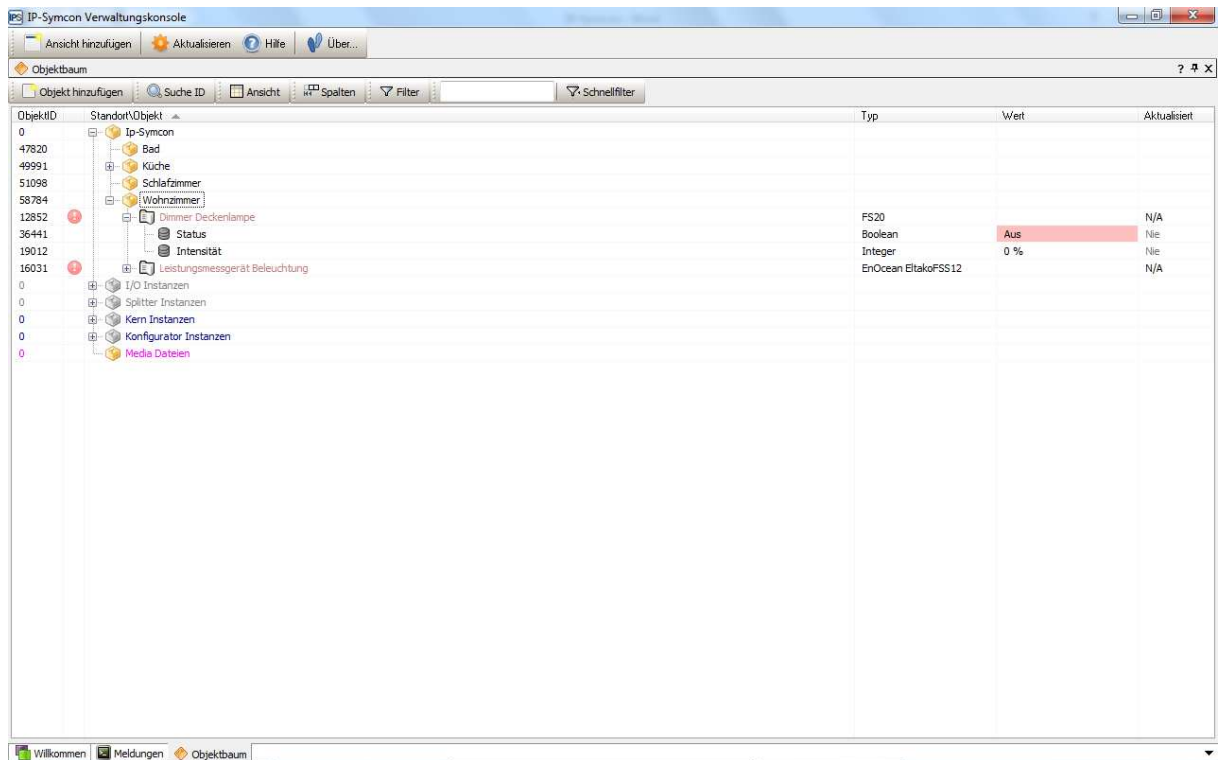


Abbildung 27 Objektbaum Beispiel

So entsteht Schritt für Schritt eine Gesamtübersicht aller Komponenten des Hauses in Form des Objektbaums. Die eigentliche Steuerung des Hauses erfolgt, wie bereits erwähnt, über den Webbrowser in Form der sogenannten Webfront. IP-Symcon erstellt automatisch aus dem Objektbaum eine Weboberfläche. Diese kann über den Willkommen Bildschirm von IP-Symcon aufgerufen werden. Eine weitere Möglichkeit, um zu der Weboberfläche zu gelangen ist es in einem Webbrowser die IP-Adresse des Rechners, auf welchem IP-Symcon läuft, einzugeben. Dies geschieht immer über den Port 82.

Der oben gezeigte Objektbaum wird in der Webfront folgendermaßen angezeigt:

4. Vorstellung der Systeme

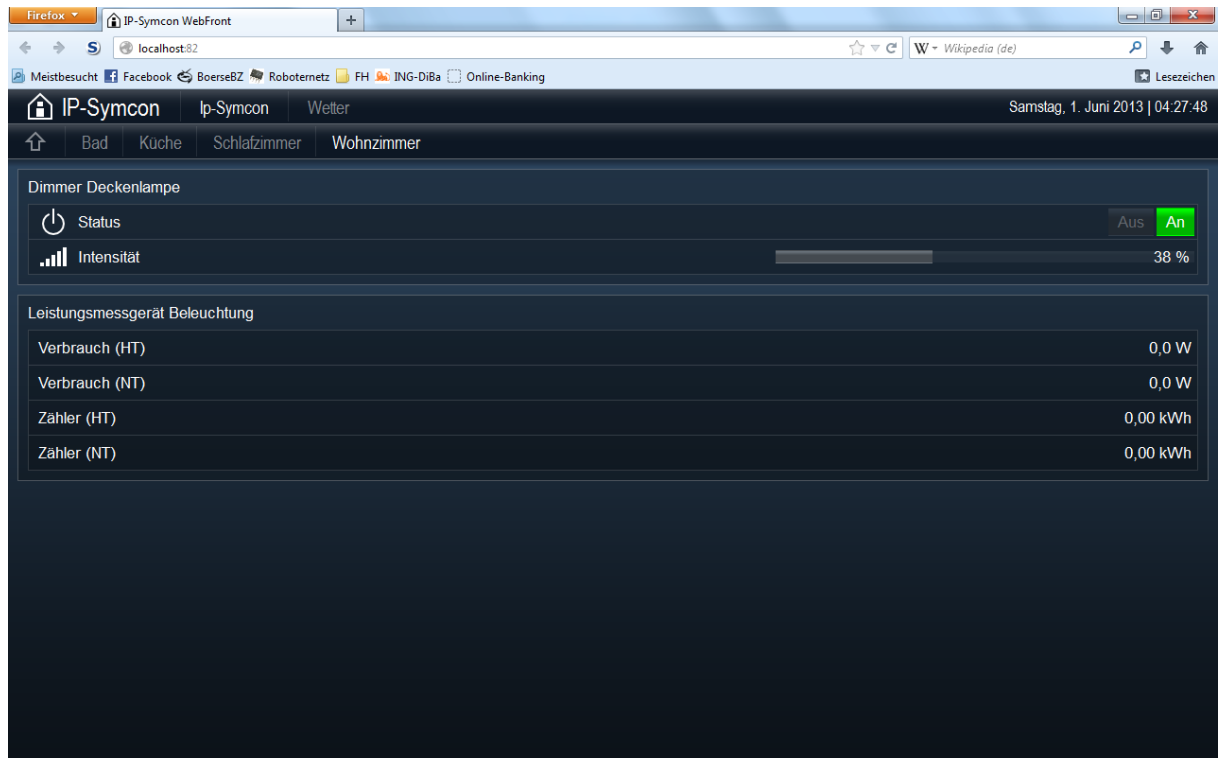


Abbildung 28 IP-Symcon Web Front

Die so erstellte Benutzeroberfläche ermöglicht zunächst nur die Steuerung bzw. die Erfassung einzelner Komponenten. Um jedoch weitere Funktionalitäten wie z.B. das gleichzeitige Ein- und Ausschalten mehrerer Geräte zu ermöglichen, bietet IP-Symcon die Möglichkeit eigene Skripte zu schreiben, die über die Webfront aufrufbar sind oder aber auch automatisch im Hintergrund laufen. Hierzu bedient sich IP-Symcon der Programmiersprache PHP, welche für die Webseiten Programmierung im Internet häufig Verwendung findet. IP-Symcon erweitert den Funktionsumfang von PHP mit eigenen Funktionen, diese greifen auf die einzelnen Variablen und Instanzen zu. So kann jeder Wert einer Variable innerhalb von IP-Symcon in einem PHP-Script weiter verarbeitet werden durch Nutzen der Funktion `GetValue(ID)`. PHP existiert mittlerweile in der Version 5.4 und bietet mittlerweile einen relativ großen Funktionsumfang bei recht einfacher Programmierstruktur. PHP ist genaugenommen keine „echte“ Programmiersprache, sondern eine reine Skriptsprache, welche für die Erstellung von Internetseiten entwickelt wurde. Sie erweitert die statische Funktionalität durch die Möglichkeit dynamische Webseiten zu erstellen mit wesentlich größerem Funktionsumfang. Die Wahl, diese Skriptsprache in IP-Symcon einzuset-

4. Vorstellung der Systeme

zen ist somit eine sehr gute, da die Benutzer-oberfläche nahezu beliebig mit PHP ergänzt werden kann.

Um ein Script in IP-Symcon zu schreiben, kann dieses durch einfaches Hinzufügen an jeder beliebigen Position im Objektbaum erstellt werden. Es ist dann an entsprechender Stelle in der Webfront sichtbar und ausführbar. Die Skripte können aber auch durch bestimmte Ereignisse automatisch gestartet werden wie z.B. durch die Veränderung einer Variablen oder zu bestimmten Zeitpunkten bzw. in Zeitintervallen. Anhand eines Beispiels kann das Prinzip verdeutlicht werden. Der im oberen Beispiel verwendete Leistungssensor vom Typ Eltako FSS12-16A, unterstützt die Unterscheidung zwischen Hochtarif und Niedertarif, für die IP-Symcon jeweils eigene Variablen anlegt. Ein automatisches aufgerufenes Script, welches die Zählerstände der Variablen „Zähler (HT)“ und „Zähler (NT)“ addiert, ermöglicht es den Gesamtverbrauch zu berechnen und in einer weiteren Variable zu speichern und anzuzeigen. Als Startbedingung für das Script bietet sich hier die Änderung der Variablen „Zähler (HT)“ und „Zähler (NT)“ an.

Der Objektbaum erweitert sich durch die beschriebene Funktionalität wie folgt:

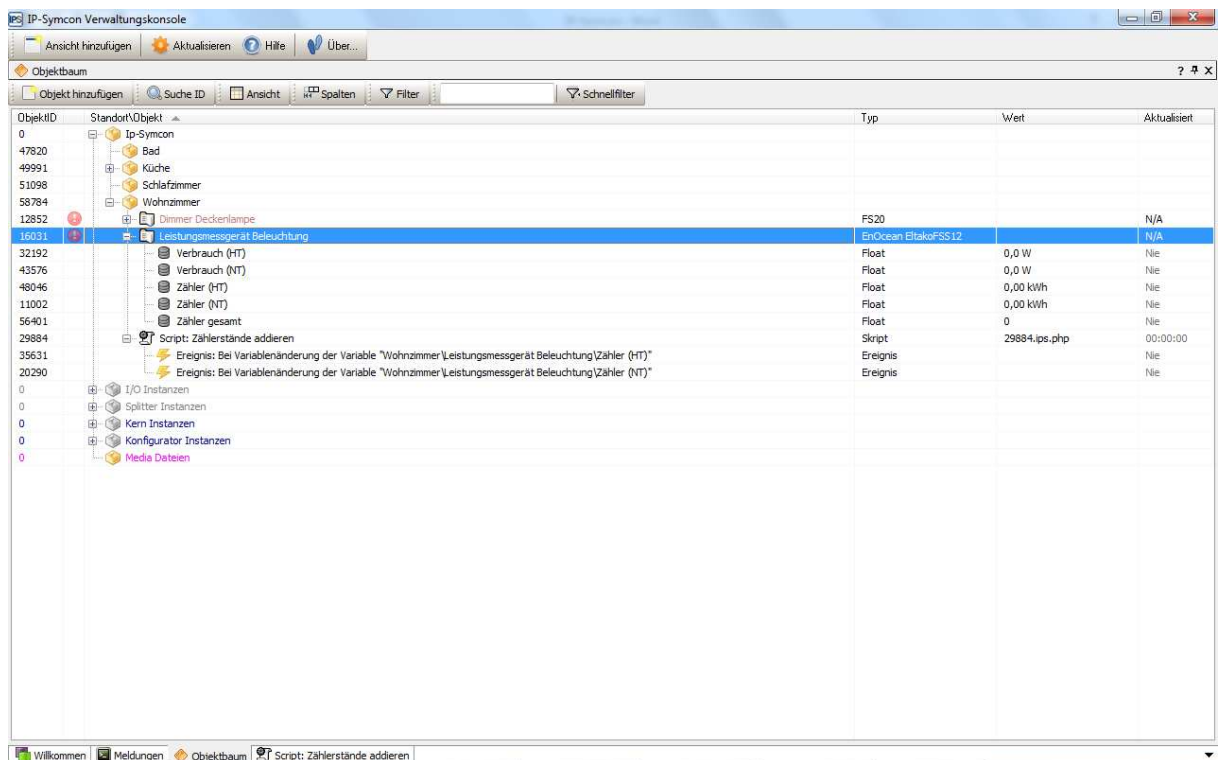


Abbildung 29 Objektbaum erweitert

4. Vorstellung der Systeme

Zu sehen ist das erstellte Script „Zählerstände addieren“ mit den entsprechenden Ereignissen die das Script starten und die zusätzlich angelegte Variable „Zähler gesamt“. Da das Script automatisch ausgeführt wird, ist es nicht zwingend notwendig, dass dieses auch auf der Benutzeroberfläche erscheint. Um dies zu realisieren, bietet IP-Symcon bei jedem Objekt die Möglichkeit dieses zu verstecken (Rechtsklick->Objekt bearbeiten->Optionen ->Versteckt). Die Benutzeroberfläche stellt sich nach Hinzufügen des Skriptes bzw. der Variablen wie folgt dar:

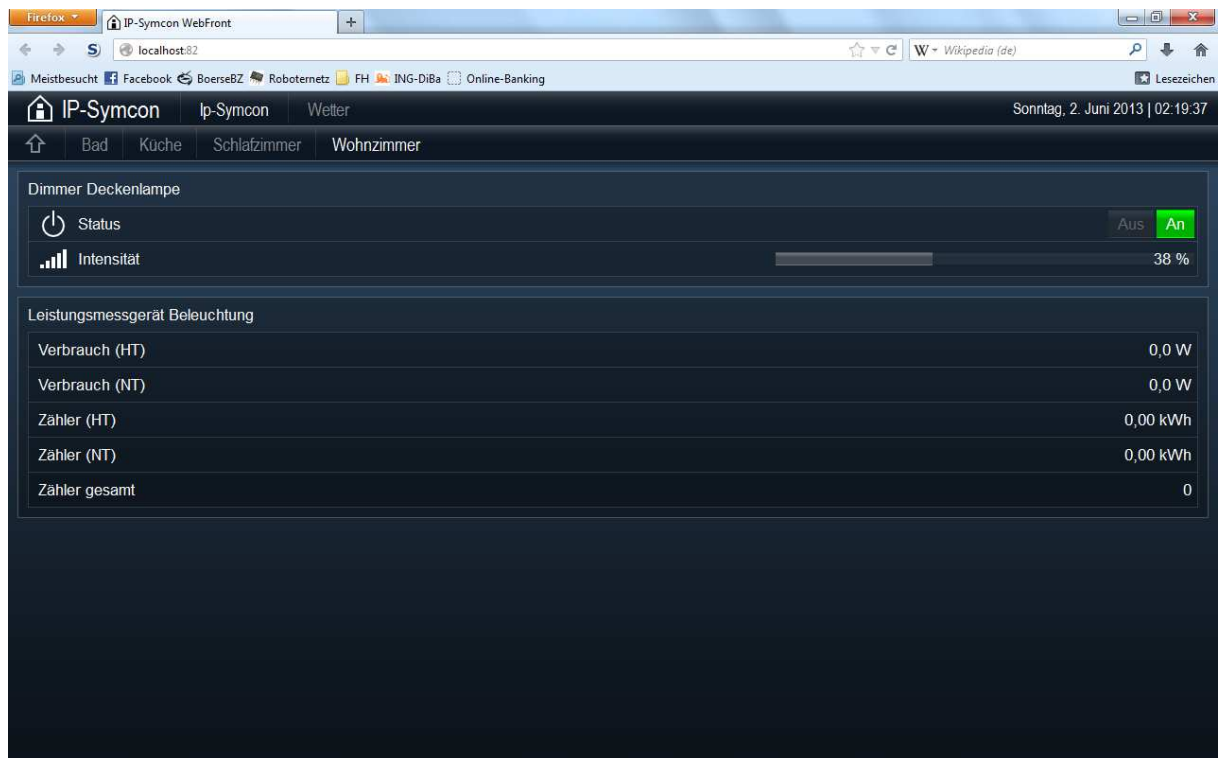


Abbildung 30 IP-Symcon Web Oberfläche erweitert

Mit Hilfe dieser einzelnen Komponenten (Instanzen, Variablen und Skripte) sind die Möglichkeiten nahezu unbegrenzt. Es lassen sich fast alle Szenarien in der Hausautomation nachbilden, vereint mit einer ansprechenden Benutzeroberfläche. Die Erweiterungsmöglichkeiten der Benutzeroberfläche gehen dank PHP weit über die Grenzen der Funktionalität von IP-Symcon hinaus. So bietet IP-Symcon zwar die Möglichkeit einzelne Variablen zu „loggen“ und aus den gespeicherten Werten ein Diagramm zu erstellen, aber die von Google bereitgestellten APIs bieten wesentlich mehr Gestaltungsmöglichkeiten und Analysefunktionen. Diese können problemlos mit Hilfe von PHP eingebunden werden.

Auch das Nutzen einer Datenbank außerhalb von IP-Symcon, wie z.B. MySQL, zum Speichern einzelner Werte oder zum Bereitstellen anderer Daten ist ohne weiteres möglich und in vielen Fällen sinnvoll. Abschließend kann festgestellt werden, dass IP-Symcon im Vergleich zu den Programmen, welche die Hersteller von Gebäudeautomationssystemen mitliefern, oft weit überlegen ist. Zudem ist der Benutzer nicht auf ein System eines bestimmten Herstellers festlegen. Auch im Hinblick auf die Kosten ist IP-Symcon deutlich überlegen zu anderen Produkten mit ähnlichem Funktionsumfang. So bekommt man eine Basis Version von IP-Symcon bereits für ca. 100€ und die Spitzenversion, welche das Anlegen von mehreren verschiedenen Benutzeroberflächen ermöglicht, für ca. 500€. Im Vergleich zu den Anschaffungskosten der Hardware zur Gebäudeautomation, ist die Anschaffung der Software verschwindend gering. Nachteilig an IP-Symcon ist derzeit noch, dass zwingend ein PC mit Windows als Betriebssystem als Server permanent laufen muss, was je nach PC-System recht hohe Energiekosten nach sich zieht. Um dieses Problem zu lösen arbeitet der Hersteller der Software bereits an einer Version, welche auf Embedded Systemen laufen kann (Stand Mai 2013).

5 Einrichtung der Systeme in IP-Symcon

In den folgenden Kapiteln wird für jedes System beschrieben, welche Vorbereitungen und Schritte in IP-Symcon getroffen werden müssen, um die Messergebnisse empfangen zu können.

5.1 Einrichtung Digitalstrom

Bevor es IP-Symcon möglich ist auf die gemessenen Werte zuzugreifen, müssen folgende Schritte durchgeführt werden.

Als erstes muss eine Verbindung zum Digitalstrom Server hergestellt werden. Dies geschieht durch Eingabe der IP-Adresse in einem beliebigen Browser (z.B. Firefox). In unserem Fall ist dies die: 10.3.34.80

Als nächstes gelangt man zu dem in Abbildung 31 dargestellten Anmeldefenster.



Abbildung 31 dS Webinterface Anmeldefenster

In dem oben dargestellten Fenster (Abbildung 31) muss als Benutzername und als Passwort *dssadmin* eingegeben werden, um sich auf dem Server einzuloggen. Sind die Daten richtig eingegeben, gelangt man zu der Serveroberfläche. Nun unten rechts auf „Erweiterte Ansicht“ klicken, um Zugriff auf alle Optionen zu bekommen. Es erscheint die Spalte „Hardware“ (siehe Abbildung 32).

5. Einrichtung der Systeme

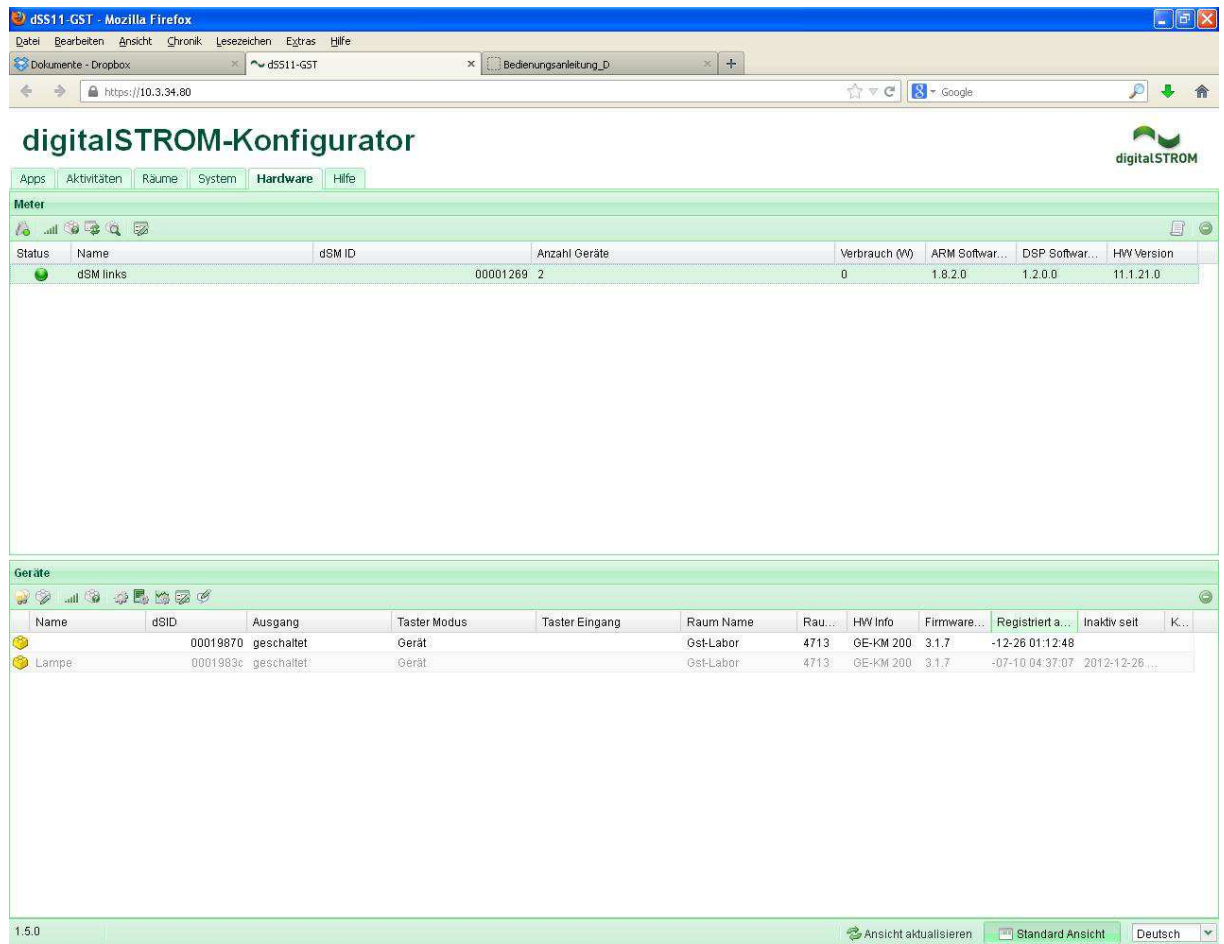


Abbildung 32 dS Webinterface Serveroberfläche Hardware

Auf der in Abbildung 32 dargestellten Oberfläche werden alle angeschlossenen Klemmen angezeigt und registriert. Mit einem Rechtsklick auf die gewünschte Klemme kann der Name oder die Geräteeigenschaften geändert werden.

5. Einrichtung der Systeme

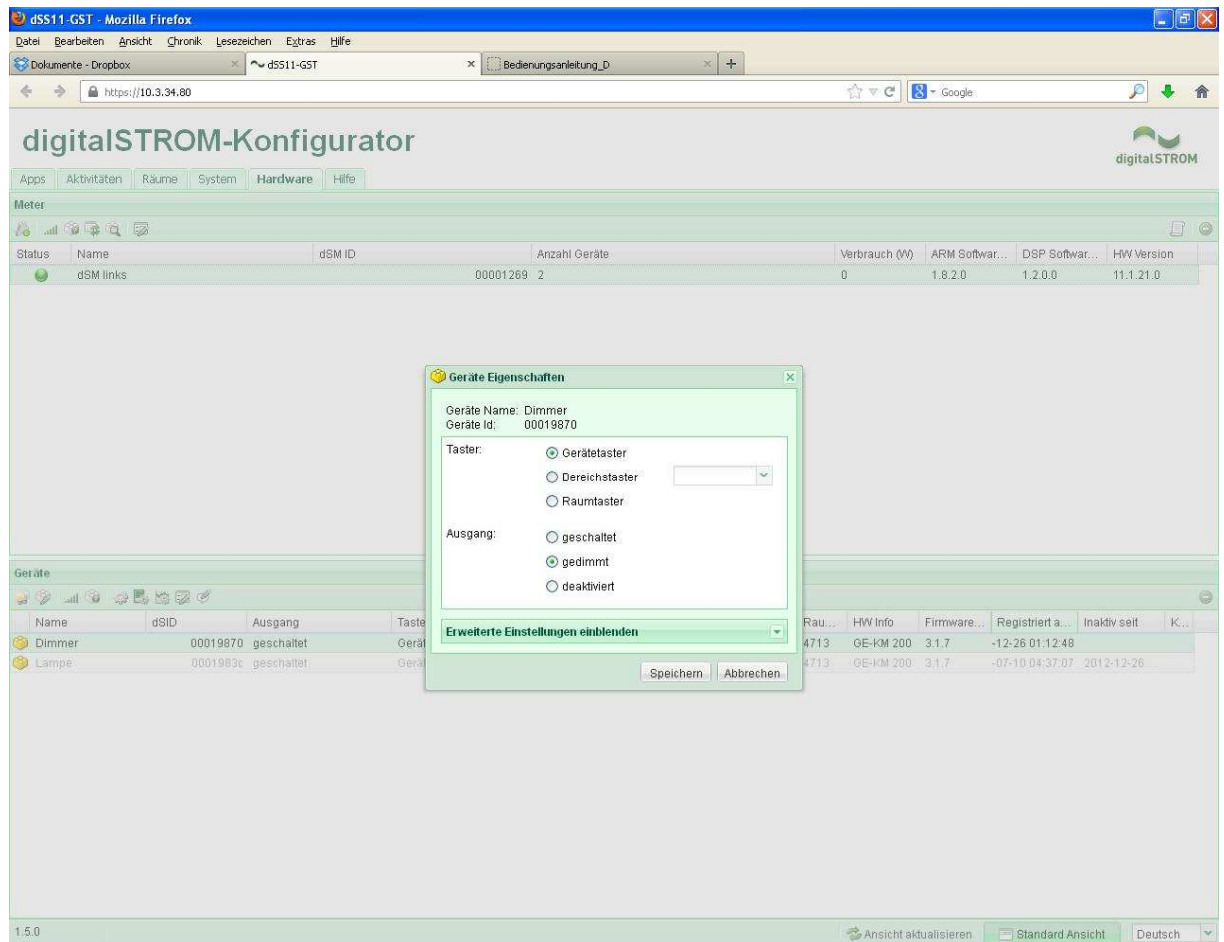


Abbildung 33 dS Webinterface Klemme Geräteeigenschaften

IP-Symcon kann nun geöffnet werden.

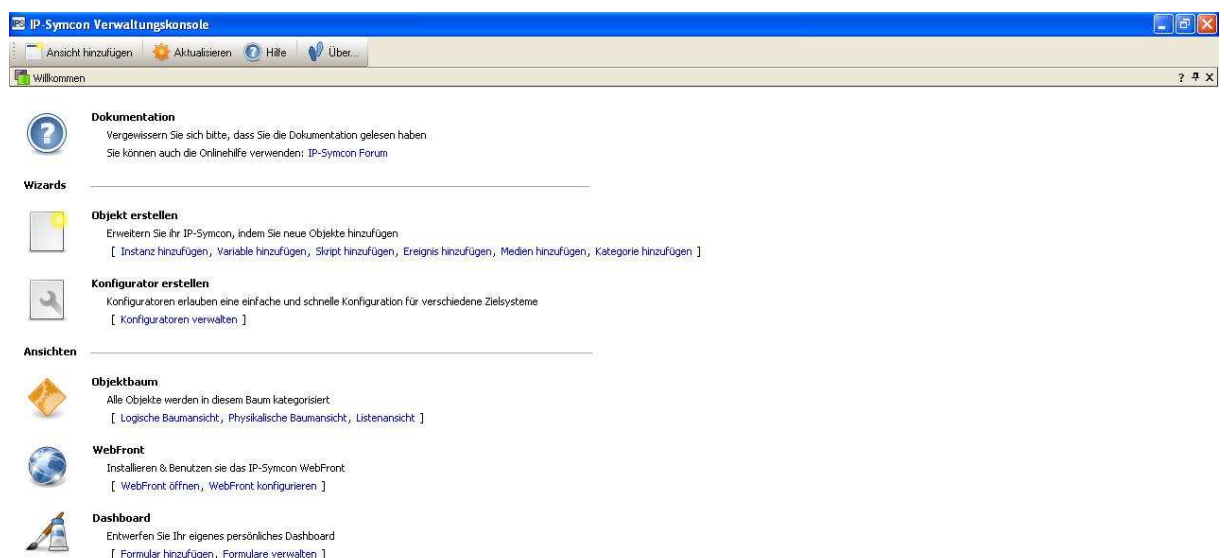


Abbildung 34 IP-Symcon Oberfläche

5. Einrichtung der Systeme

Als erstes muss ein neuer Konfigurator erstellt werden. Dies geschieht über die Schaltfläche *Konfigurator verwalten* und anschließend durch Auswählen der Möglichkeit *neu*.

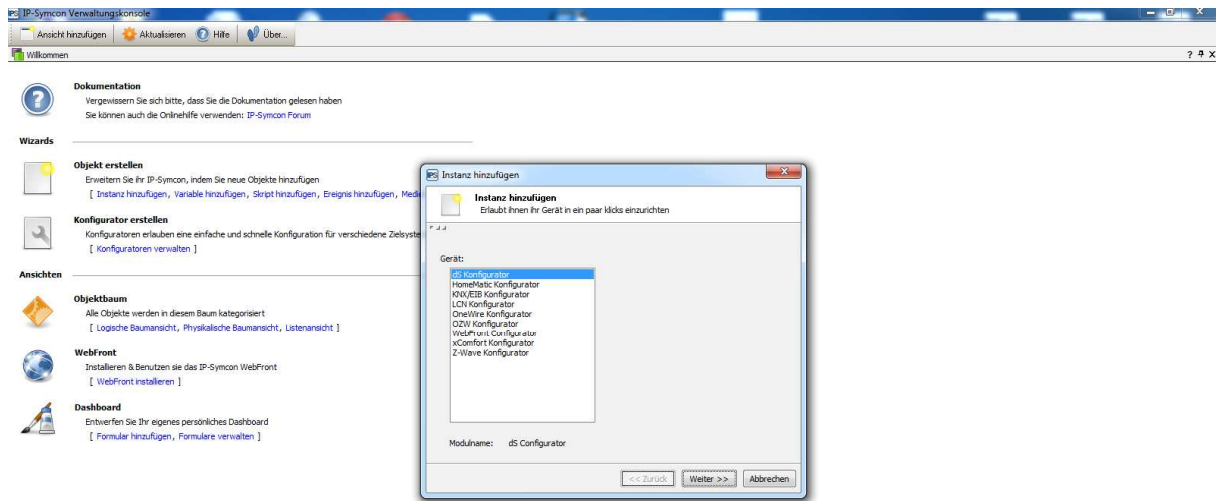


Abbildung 35 ds IP-Symcon Konfigurator hinzufügen

Dort wird der „ds Konfigurator“ ausgewählt (vgl. Abbildung 35). Ist dieser hinzugefügt, öffnet sich dieser automatisch, wie in Abbildung 36 zu sehen ist.

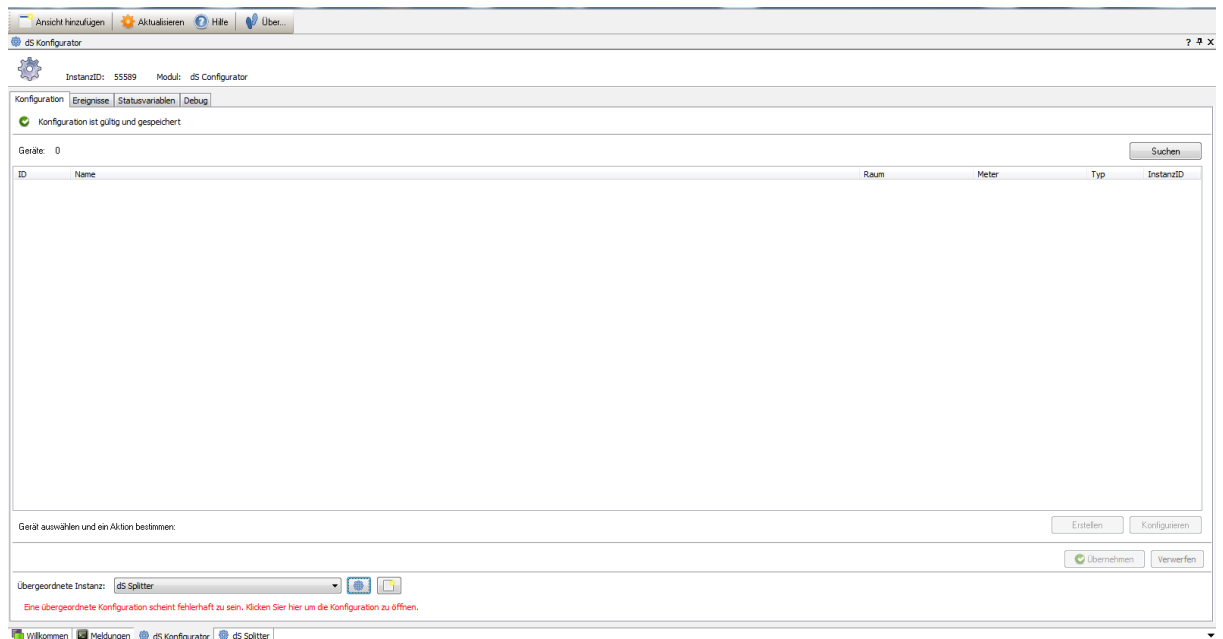


Abbildung 36 ds IP-Symcon dSKonfigurator ohne Gerät

5. Einrichtung der Systeme

Diese Oberfläche ist zu diesem Zeitpunkt leer. Um dies zu ändern, muss unten auf das Zahnrad geklickt werden. Man gelangt zum Splitter.

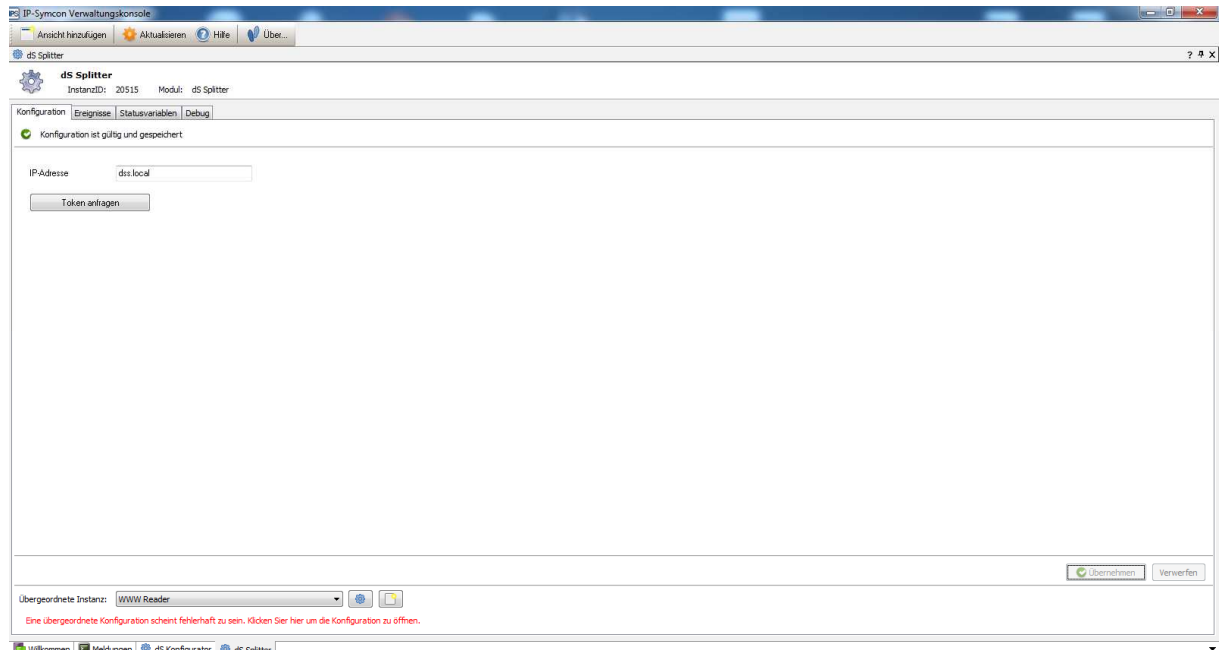


Abbildung 37 dS IP-Symcon dS Splitter

Dort erneut auf das Zahnrad klicken, um zum „WWW Reader“ zu gelangen.

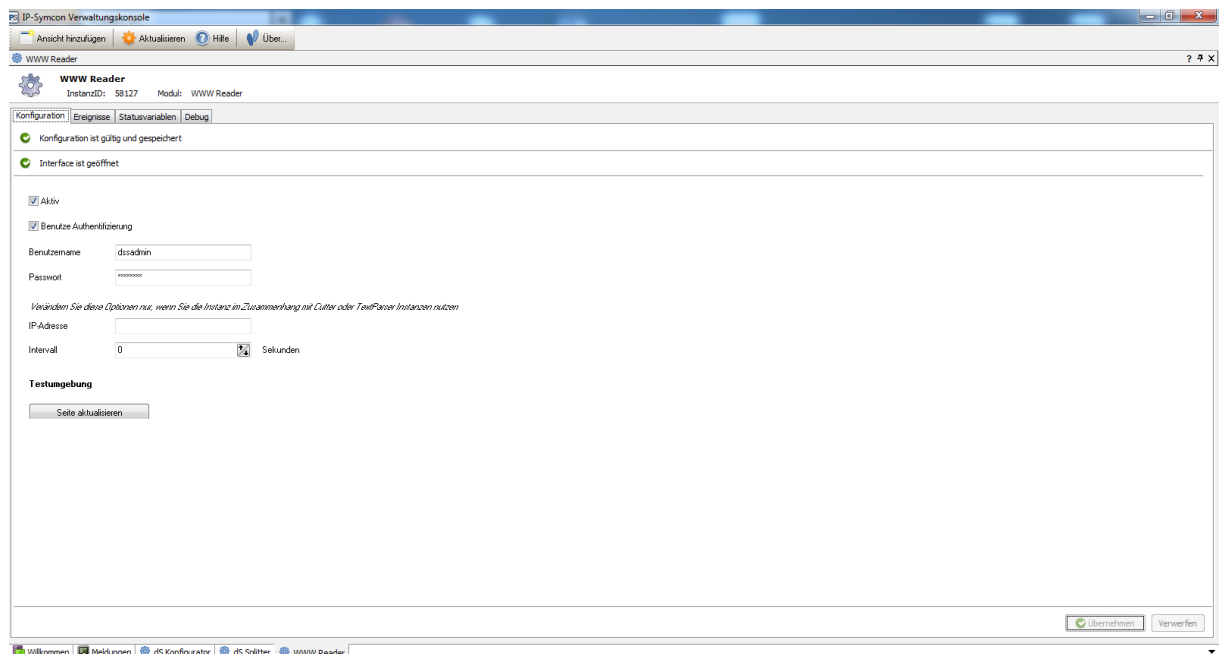


Abbildung 38 dS IP-Symcon WWW Reader

Hier muss erneut der Benutzername und das Passwort *dssadmin* eingeben werden. Unten rechts mit *Übernehmen* bestätigen. Sind die Benutzerdaten rich-

5. Einrichtung der Systeme

tig eingegeben, erscheint in der oberen Leiste „Interface ist geöffnet“. Der WWW Reader kann geschlossen werden. Im dS Splitter muss die IP eingegeben und ein Token angefragt werden.

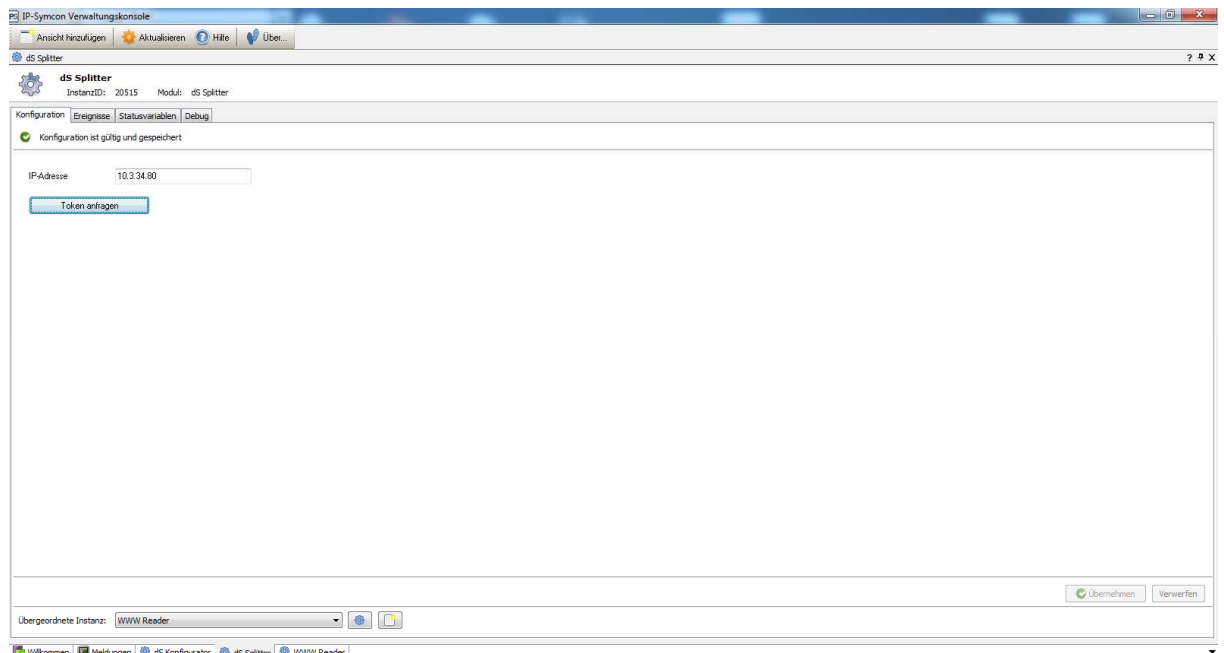


Abbildung 39 dS IP-Symcon dS Splitter Token anfragen

Nach Beendigung dieser Schritte kehrt man auf den Server zurück (Abbildung 40). Nun auf die Spalte *System* → *Zugriffsberechtigung* klicken.

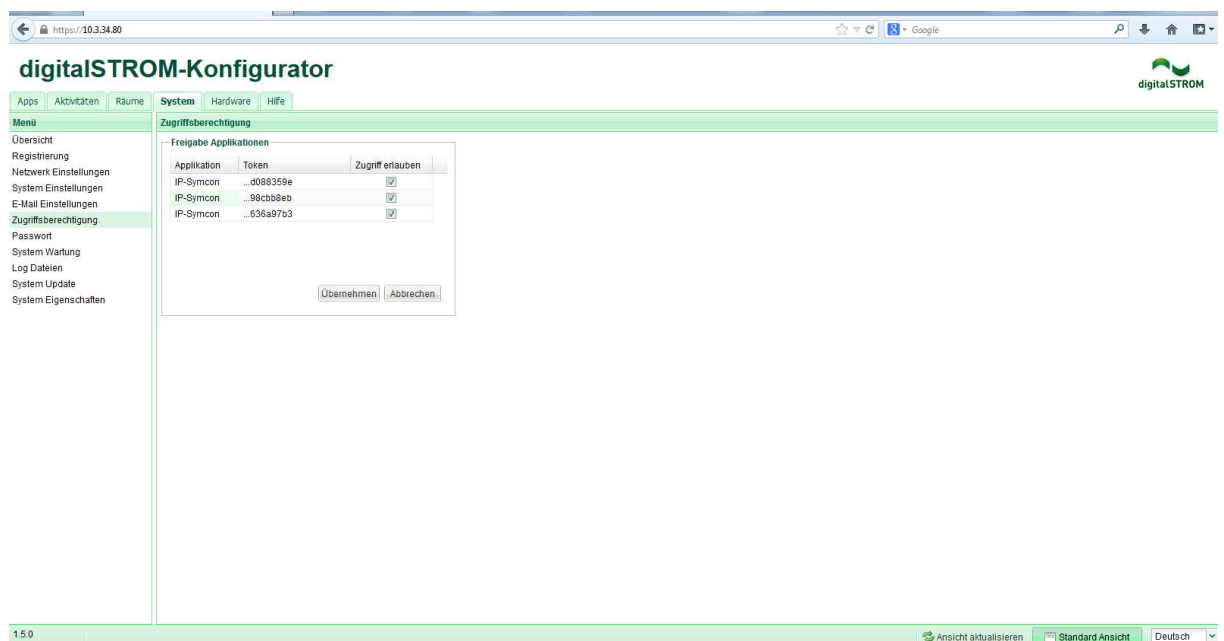


Abbildung 40 dS Webinterface, System, Zugriffsberechtigung

5. Einrichtung der Systeme

In diesem Fenster ist die Tokeanfrage von IP-Symcon zu sehen. Diese mit einem Haken bestätigen (siehe Abbildung 40), damit IP-Symcon von nun an berechtigt ist, die Daten vom Server abzufragen.

Als nächstes über IP-Symcon den dS Configurator öffnen. Durch klicken auf *Suchen* werden die zuvor benannten Klemmen angezeigt.

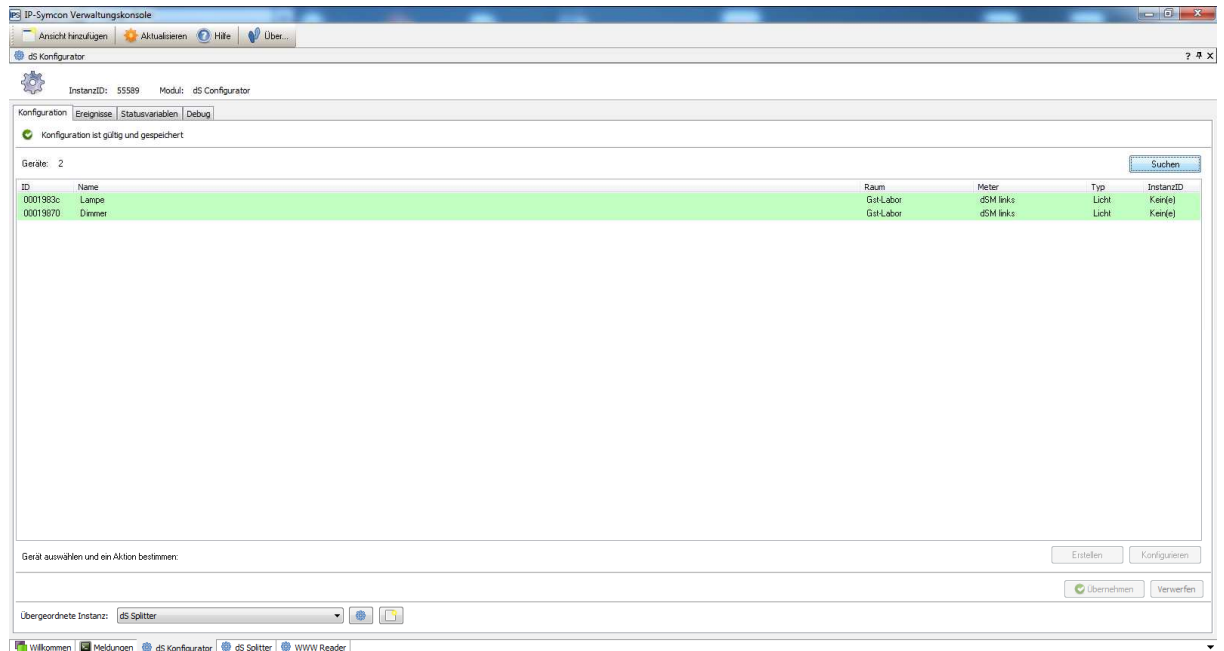


Abbildung 41 dS IP-Symcon dS Konfigurator mit Geräten

Das gewünschte Gerät kann nun ausgewählt werden. Im Anschluss unten rechts auf „Erstellen“ drücken, womit das Gerät automatisch in den IP-Symcon Objektbaum hinzugefügt wird.

5. Einrichtung der Systeme

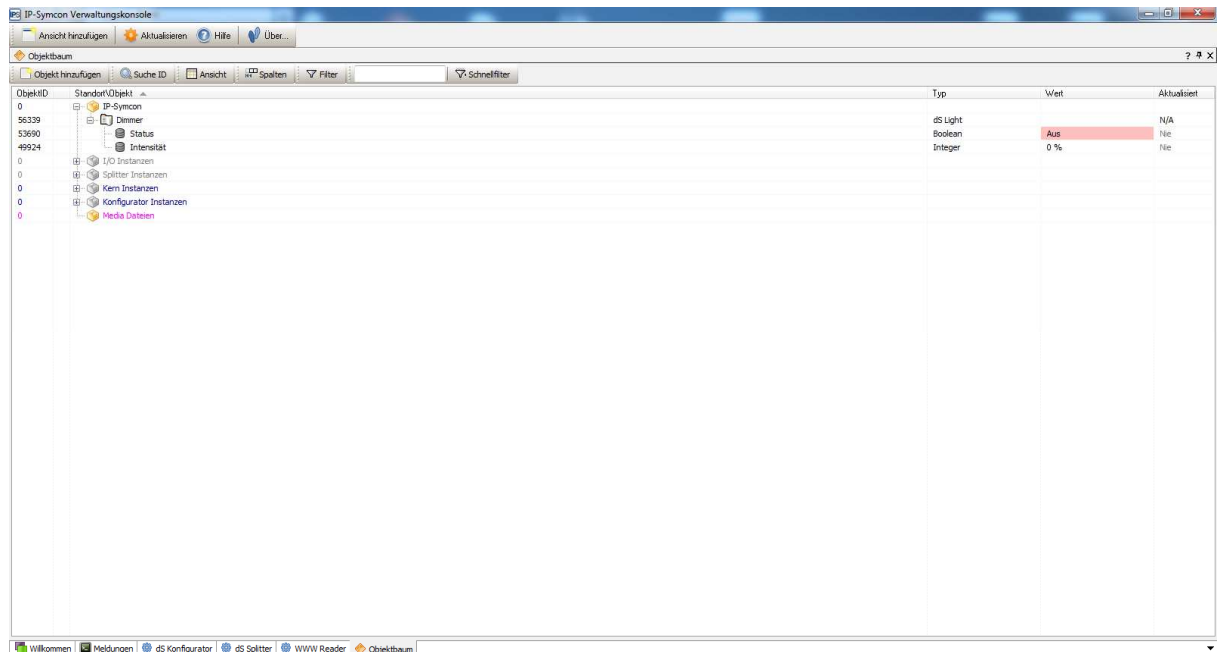


Abbildung 42 dS IP-Symcon Objektbaum mit dS Gerät

Um die Leistung abfragen zu können, muss unter „Splitter Instanzen“ „dS Splitter“ geöffnet werden. Hier erscheinen die aufsummierten Leistungen der Klemmen, die an dem Meter angeschlossen sind. Diese Werte werden ab jetzt mütlich aktualisiert.

5.2 Einrichtung Eltako

Die Geräte von Eltako lassen sich gut in die vorbereitete Umgebung von IP-Symcon hinzuzufügen. Hierzu muss als erstes, wie in Abbildung 43 gezeigt, eine neue Instanz hinzugefügt werden.

Rechtsklick auf den *Objektbaum* → *Objekt hinzufügen* → *Instanz hinzufügen*.

5. Einrichtung der Systeme

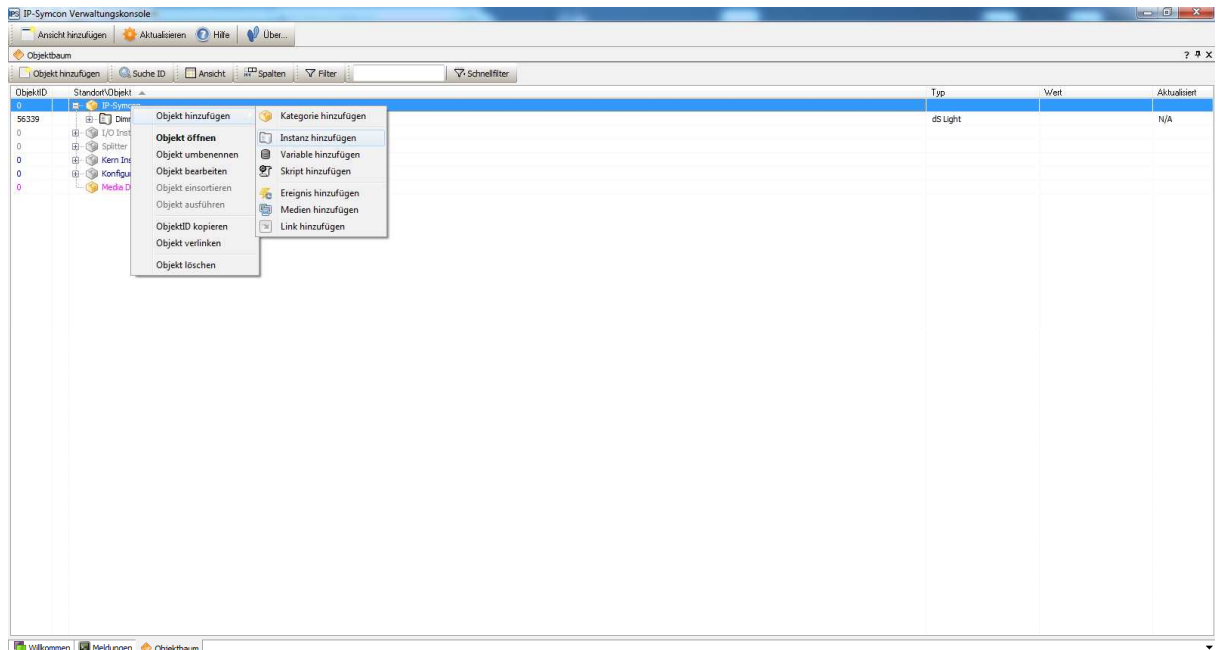


Abbildung 43 Eltako Instanz hinzufügen

Es öffnet sich das in Abbildung 44 gezeigte Fenster. Dort unter System „EnOcean“ und unter Gerät das von uns verwendete „Eltako FWZ 12“ auswählen.

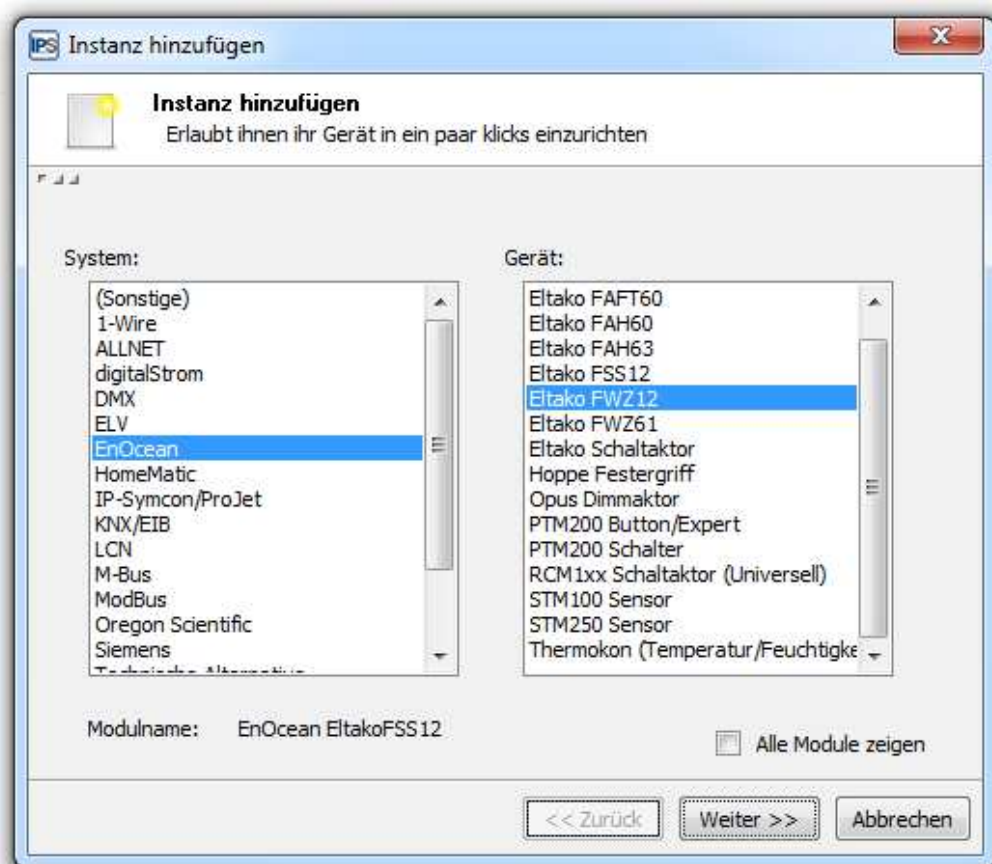


Abbildung 44 Eltako FWZ 12 hinzufügen

5. Einrichtung der Systeme

Nach anlegen einer neuen Instanz öffnet sich diese automatisch (Abbildung 45).

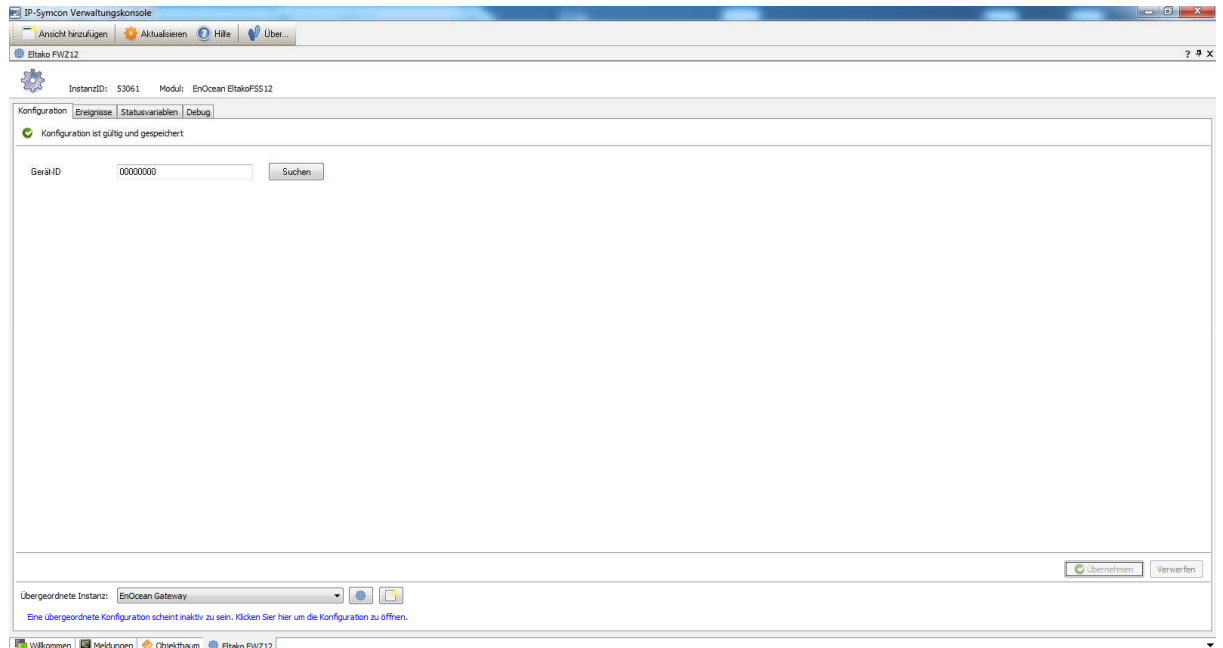


Abbildung 45 Eltako Instanz

In dieser Abbildung unten auf das Zahnrad klicken, um zum „EnOcean Gateway“ zu gelangen. Hier nochmals auf das Zahnrad klicken, um den „Serial Port“ zu öffnen (Abbildung 46).

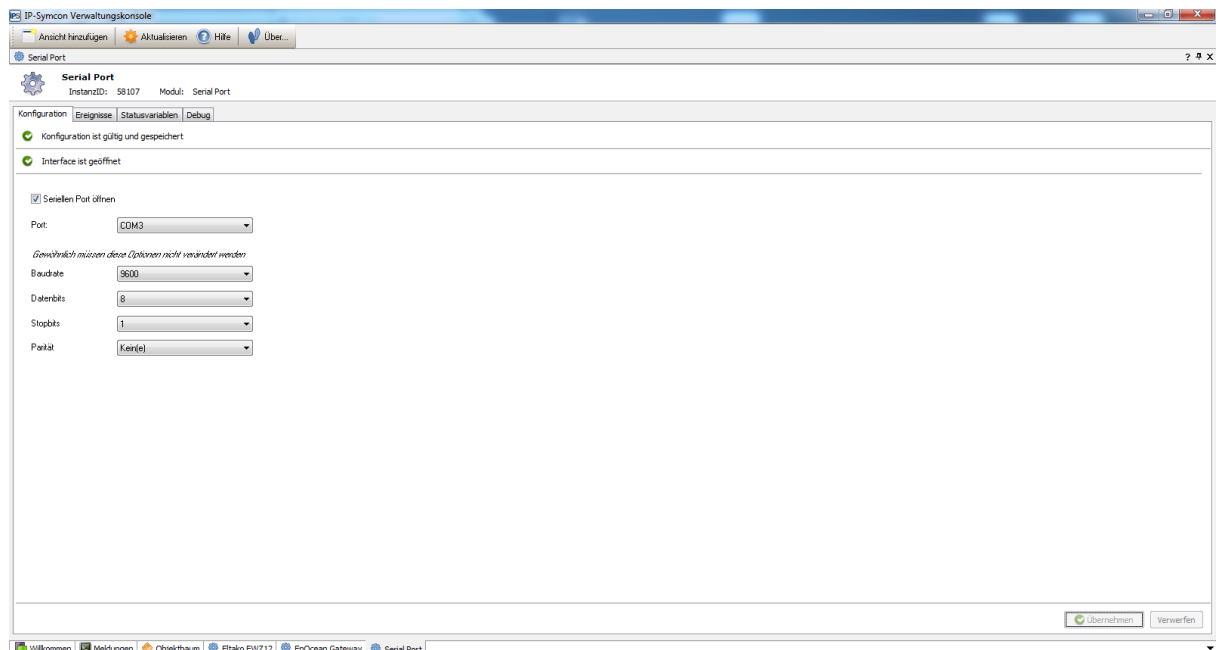


Abbildung 46 Eltako Serial Port

5. Einrichtung der Systeme

Als nächstes das Häkchen bei *Serial Port öffnen* setzen und den COM Port des USB Empfängers auswählen. Dies bewirkt, dass das System nun in der Lage ist, die Daten über den richtigen USB Controller zu empfangen.

Jetzt wieder auf die „FWZ 12 Instanz“ zurückkehren und direkt die Geräte ID eingeben. Ist die Geräte ID unbekannt, über einen Klick auf *Suchen* das in Abbildung 47 gezeigte Fenster öffnen.

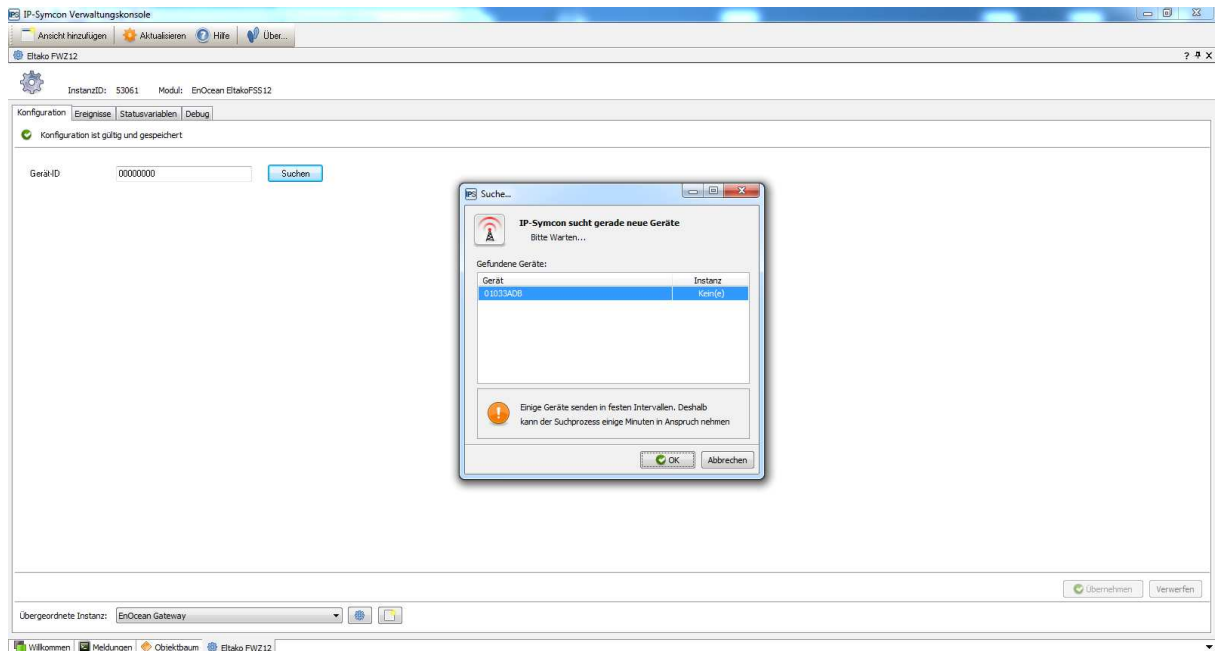


Abbildung 47 Eltako Geräte suchen

Damit das Gerät angezeigt wird, muss ein Sendeimpuls erzeugt werden. Dies gelingt durch kurze Trennung des Eltako Gerätes vom Strom. Sobald es wieder mit Strom versorgt wird, wird automatisch ein Sendeimpuls gesendet. Dadurch wird das Gerät nun im „Suchen Fenster“ angezeigt. Durch bestätigen mit *OK* wird das Gerät hinzugefügt.

Abbildung 48 zeigt, wie das erfolgreich hinzugefügte Gerät im Objektbaum angezeigt wird. Von nun an werden gleichbleibende Daten alle 10 Minuten vom Gerät an IP-Symcon gesendet. Ändert sich die Leistung um mehr als 10%, wird die Änderung sofort übermittelt. Die Änderung des Zählers wird sofort übermittelt.

5. Einrichtung der Systeme

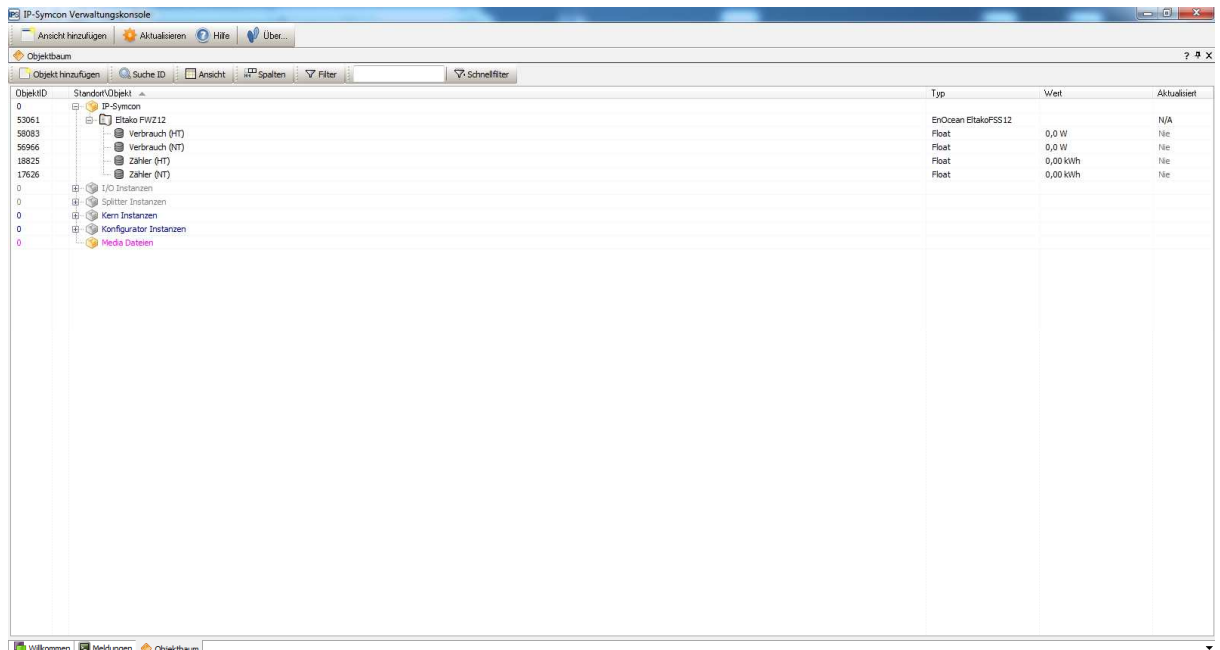


Abbildung 48 Eltako Gerät erfolgreich eingerichtet

5.3 Einrichtung ABB DELTAplus DBB13000

Zu Beginn zunächst die Software „ETS3“ starten. Zum Anlegen eines neuen Projektes unter *Datei* → *neues Projekt* den Namen des Projektes eingeben. In diesem Beispiel wurde „Metering“ gewählt. Ist dieser Vorgang beendet gelangt man zu der in Abbildung 49 gezeigten Startoberfläche.

Als nächstes im rechten Fenster „Gebäude in Metering“ ein neues Gebäude hinzufügen. Mit einem Klick auf die rechte Maustaste auf „Gebäude/Gewerke“ gehen und mit *hinzufügen* bestätigen. In dem neuen Fenster wird die Anzahl der Gebäude und deren Namen (Bsp. „Metering Gebäude“) eingeben. Das neue Gebäude erscheint jetzt in der Liste. Anschließend in dieses Gebäude wie zuvor beschrieben noch einen Raum hinzufügen. In Abbildung 50 ist das Ergebnis dargestellt.

5. Einrichtung der Systeme

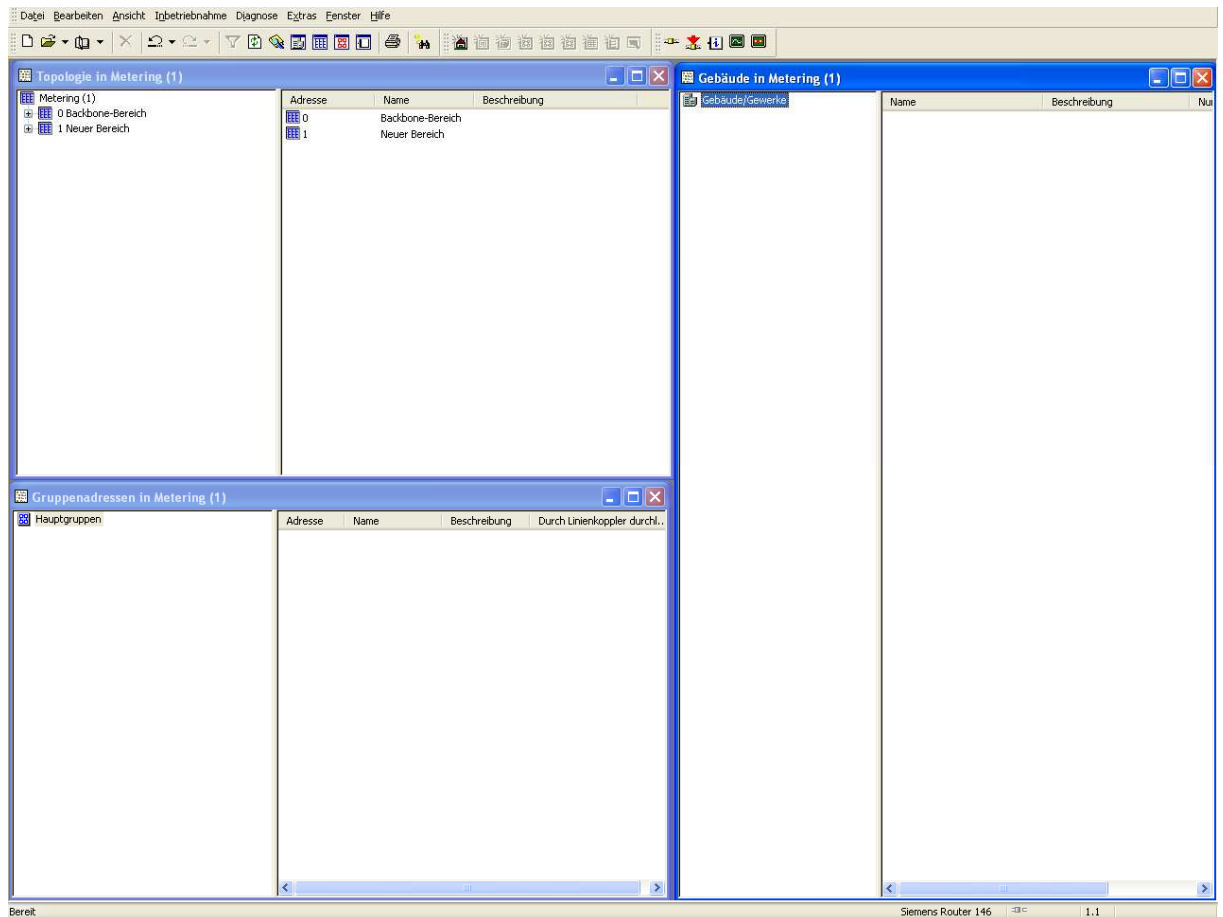


Abbildung 49 DELTAplus ETS 3 Startoberfläche

Im nächsten Schritt müssen in diesen Raum noch die gewünschten Geräte hinzugefügt werden. Dafür wieder mit Rechtsklick auf den Raum gehen und *Gerät hinzufügen* auswählen. Nach Auswahl des Herstellers kann über *Suchen* das gewünschte Gerät in der Liste angeklickt werden. Es Beim Vorliegenden Versuch ist dies die Schnittstelle von KNX auf LAN, damit eine Verbindung zwischen den Systemen möglich ist. Das ausgewählte Gerät dann über *Einfügen* bestätigen.

Als nächstes die weiteren Geräte wie oben beschrieben hinzufügen. In diesem Fall die Zählerschnittstelle. Hierfür wieder *Gerät hinzufügen* und wieder den Hersteller eingeben (Abbildung 52). Um die Auswahl zu verkleinern unter „Produktname“ „Zählerschnittstelle“ eingeben.

5. Einrichtung der Systeme

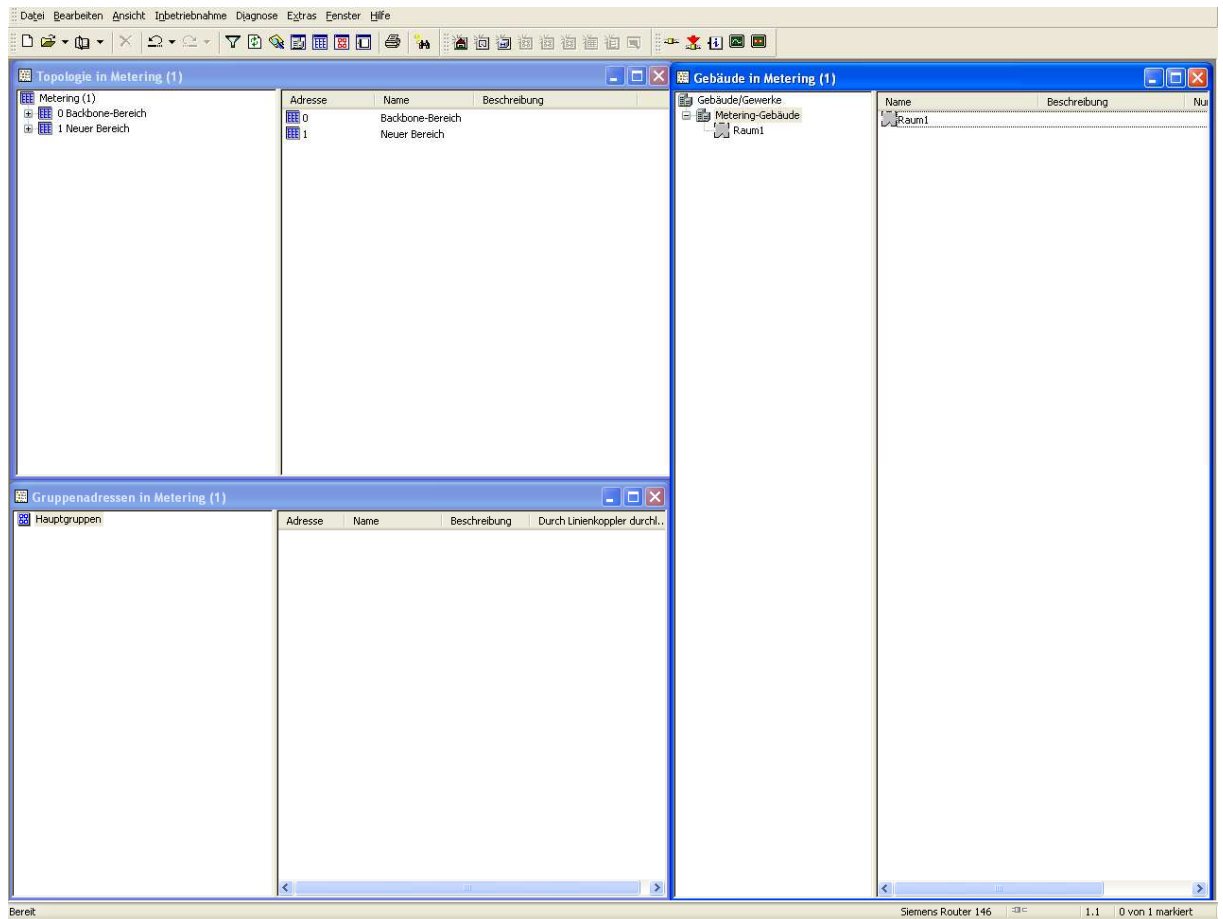


Abbildung 50 DELTAplus ETS3 Gebäude + Raum

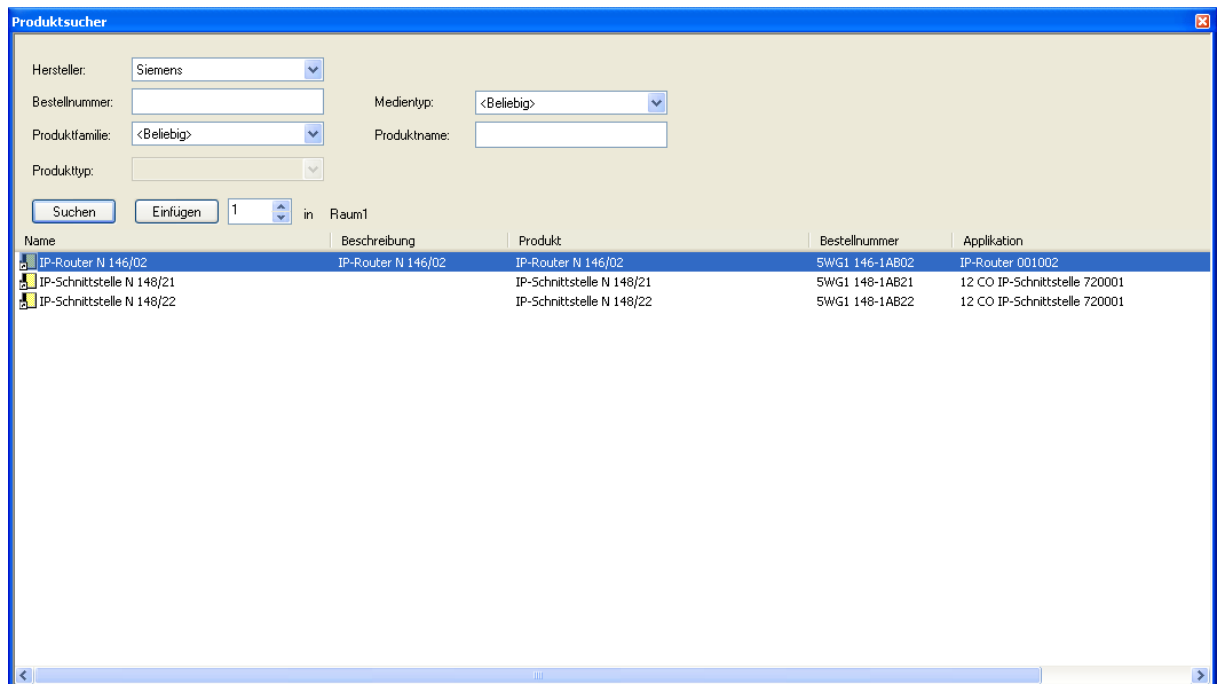


Abbildung 51 DELTAplus ETS 3 Gerät hinzufügen Router

5. Einrichtung der Systeme

Für dieses Gerät jetzt die richtigen Parameter durch einen Rechtsklick auf das Gerät und anschließend auf *Parameter bearbeiten* einstellen (Abbildung 53 und Abbildung 54). Unter diesem Punkt wird auch die Häufigkeit der Datenübertragung eingestellt. Dies ist von 1sek - 172800sek möglich.

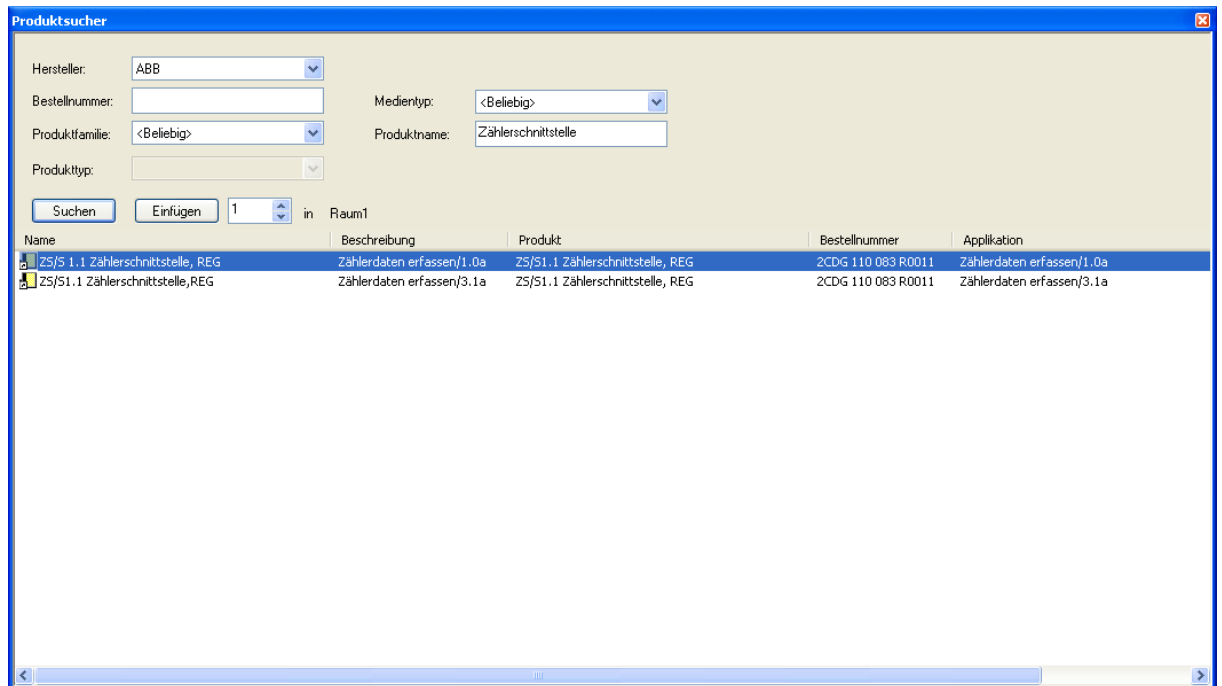


Abbildung 52 DELTApplus ETS 3 Gerät hinzufügen Zählerschnittstelle

Als weiteren Schritt muss der oben aufgeführte Vorgang für den Router wiederholt werden (Abbildung 55). Die IP-Adresse angeben und alle Filter auf „Weiterleiten“ stellen, um alle Daten von der KNX-Seite auf die LAN-Seite weiterzuleiten. Ansonsten würden keine Daten in IP-Symcon ankommen.

Anschließend noch das letzte Gerät hinzufügen. Die „Serielle Schnittstelle RS 232“. Diese wird zum ersten Programmieren des Systems benötigt. Später kann dies auch über den Router durchgeführt werden. Abbildung 56 zeigt den Vorgang des Hinzufügens.

5. Einrichtung der Systeme

The screenshot shows the 'Allgemein' tab of the '1.1.1 ZS/S1.1 Zählerschnittstelle, REG' configuration window. The left sidebar contains a tree view with 'Allgemein' selected. The main area contains the following settings:

Parameter	Value
Zählertyp	DELTApus
Ausführung	Kombinationszähler (direkt messend)
Netzart	4-Leiter (L1, L2, L3, N)
Tarife	keine Tarife
Sendeverzögerung (Gerätenummer * Basisverzögerungszeit)	nein
Objekt "In Betrieb" senden	nein

Buttons at the bottom: OK, Abbrechen, Standard, Info, Hilfe.

Abbildung 53 DELTApus ETS 3 Schnittstellen Parameter bearbeiten 1

The screenshot shows the 'Leistungswerte' tab of the '1.1.1 ZS/S1.1 Zählerschnittstelle, REG' configuration window. The left sidebar contains a tree view with 'Leistungswerte' selected. The main area contains the following settings:

Parameter	Value
Leistungswerte zyklisch senden	ja
Zykluszeit in s [1...172.800]	10
Leistungswerte auf Anforderung senden	ja
Leistungswerte bei Änderung senden	ja
0 = nicht senden	
Wirkleistung in W senden bei +/- [0...65.535]	1
Blindleistung in var senden bei +/- [0...65.535]	1
Scheinleistung in VA senden bei +/- [0...65.535]	1
Phasenwinkel Leistung in Grad senden bei +/- [0...90]	0
Leistungsfaktor senden bei +/- 0,01 * Wert [0...100]	0

Buttons at the bottom: OK, Abbrechen, Standard, Info, Hilfe.

Abbildung 54 DELTApus ETS 3 Schnittstellen Parameter bearbeiten 2

5. Einrichtung der Systeme

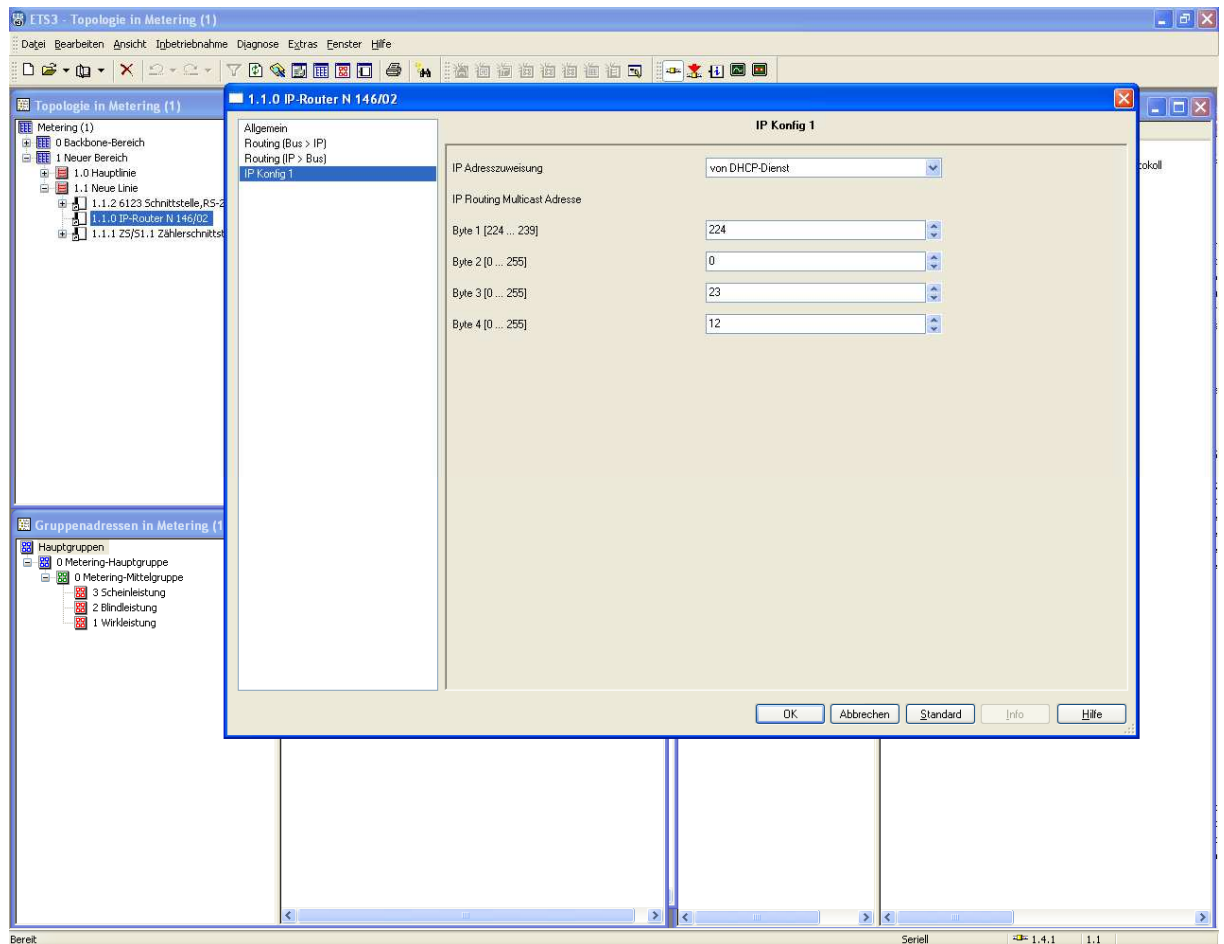


Abbildung 55 DELTApplus ETS 3 Router konfigurieren

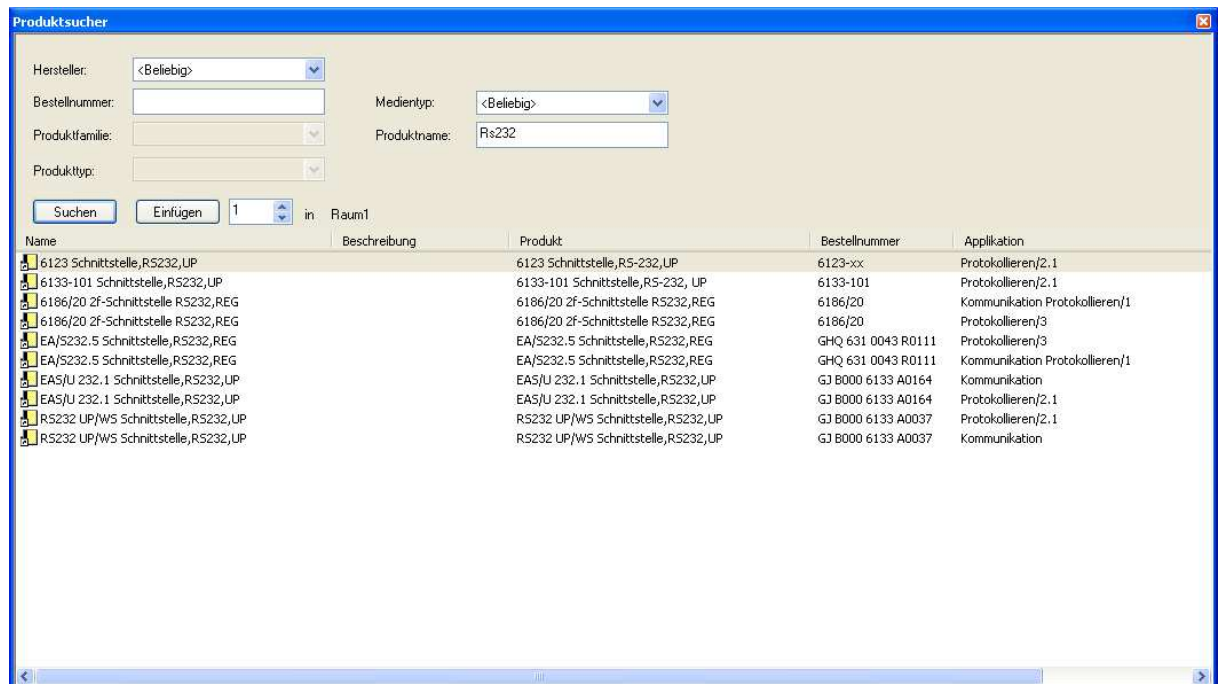


Abbildung 56 DELTApplus ETS 3 RS 232 Schnittstelle hinzufügen

5. Einrichtung der Systeme

Nach hinzufügen aller weiteren Geräte kann die Schnittstelle im Hauptfenster über *Extras* → *Optionen* → *Kommunikation* ausgewählt werden (Abbildung 57).

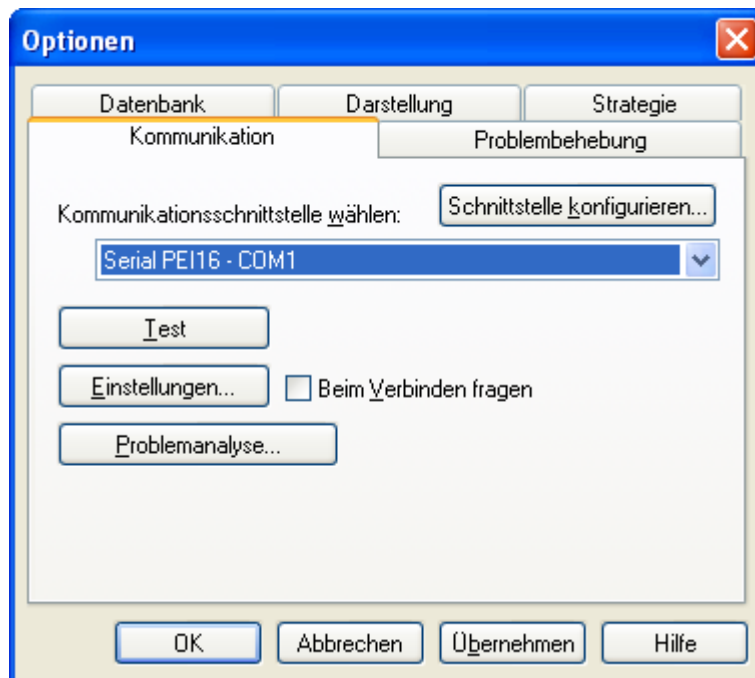


Abbildung 57 DELTApplus ETS 3 Kommunikation einrichten

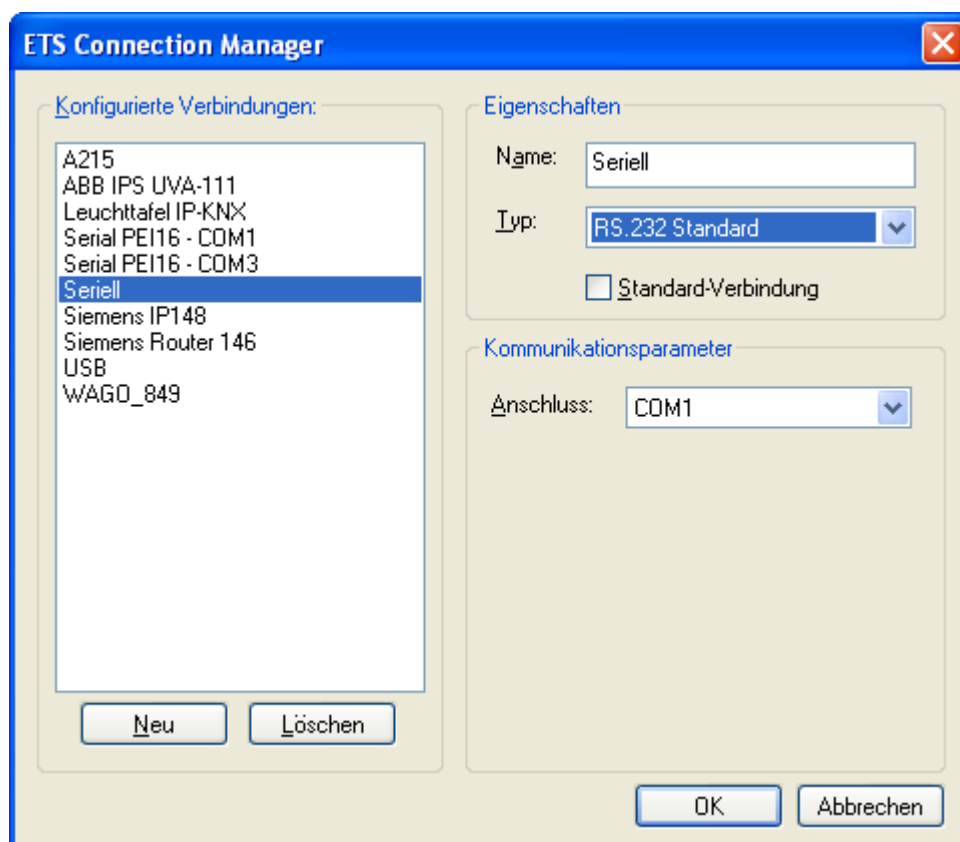


Abbildung 58 DELTApplus ETS 3 Kommunikation konfigurieren

5. Einrichtung der Systeme

Auf der vorliegenden Oberfläche über *Schnittstelle konfigurieren* (Abbildung 58) die Schnittstelle auswählen oder eine neue anlegen. Diese Einstellungen sind notwendig, damit das Programm eine Verbindung zu den Geräten herstellen kann um diese zu programmieren.

Anschließend kann mit der Programmierung der Geräte begonnen werden. Hierzu das Gerät im Fenster „Topologie in Metering“ auswählen. Über Rechtsklick auf den „IP-Router“ und *programmieren* auswählen (Abbildung 59).

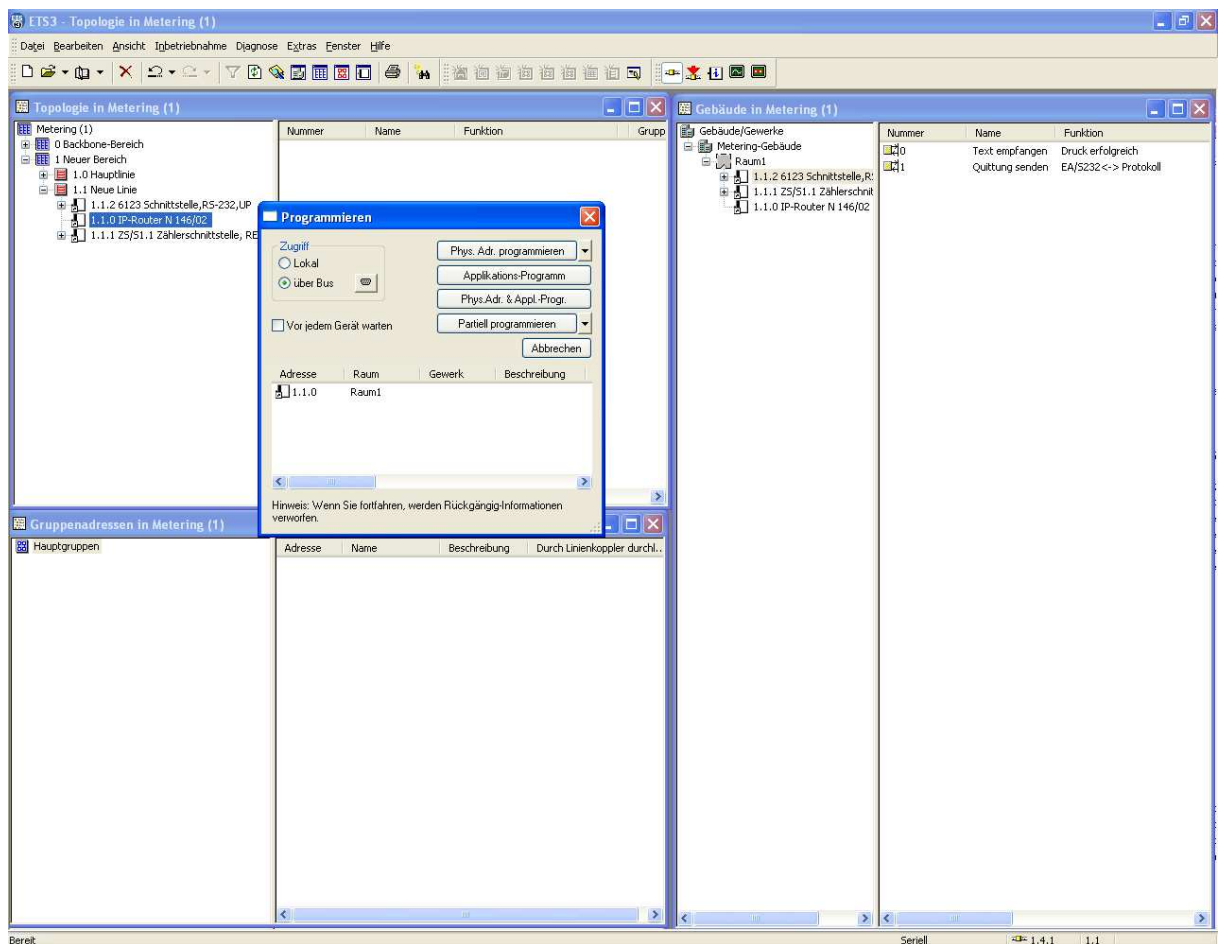


Abbildung 59 DELTAplus ETS 3 Router programmieren

Als nächstes über *Phys. Adr. programmieren*. Nach Aufforderung den *Prog. Knopf* an dem Gerät betätigen (Abbildung 60). Dies muss auch mit den anderen Geräten durchgeführt werden. Dadurch werden den Geräten feste Adressen zugewiesen, damit diese eindeutig zu bestimmen sind.

5. Einrichtung der Systeme

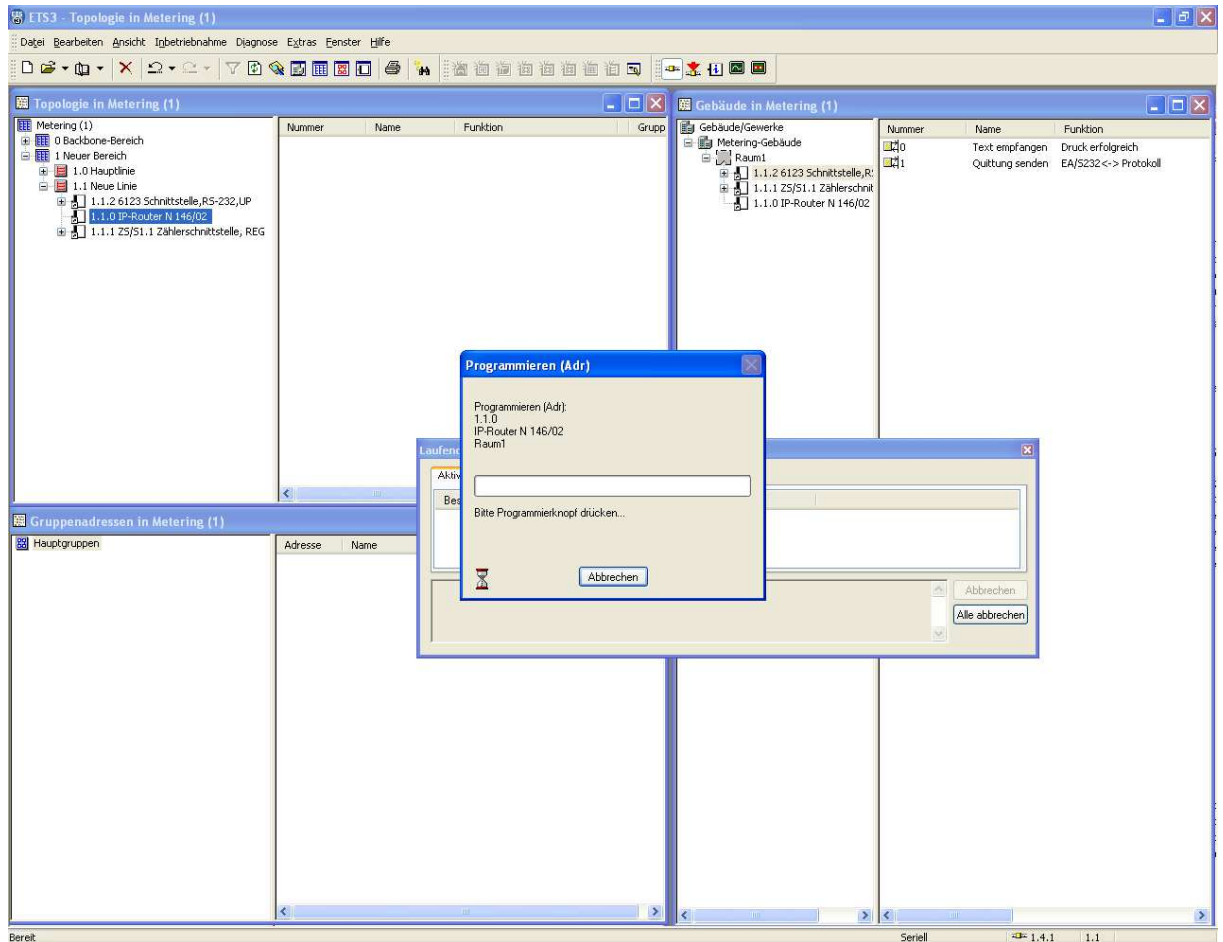


Abbildung 60 DELTAplus ETS 3 Pys. Adr. programmieren

Jetzt im dritten Fenster „Gruppenadresse in Metering“ die gewünschten Gruppenadressen hinzufügen. Dafür mit einem Rechtsklick auf *Hauptgruppen* → *Hauptgruppen hinzufügen*. Nun noch eine Mittelgruppe erstellen. Dieser Vorgang ist identisch mit dem der Hauptgruppe. Mit einem Rechtsklick auf die *neue erstellte Gruppe* → *Mittelgruppe hinzufügen* (Abbildung 61).

Als nächstes wieder im Fenster „Topologie“ auf *Zählerschnittstelle* wechseln. Hier werden alle möglichen Ausgänge angezeigt. Auf Ausgang 25 „Wirkleistung L1“ gehen und dort mit einem Rechtsklick *verbinden mit* auswählen (Abbildung 62). Die gewünschte Adresse und den Namen eingeben. Ebenso wird mit der „Blindleistung L1“ und der „Scheinleistung L1“ verfahren.

5. Einrichtung der Systeme

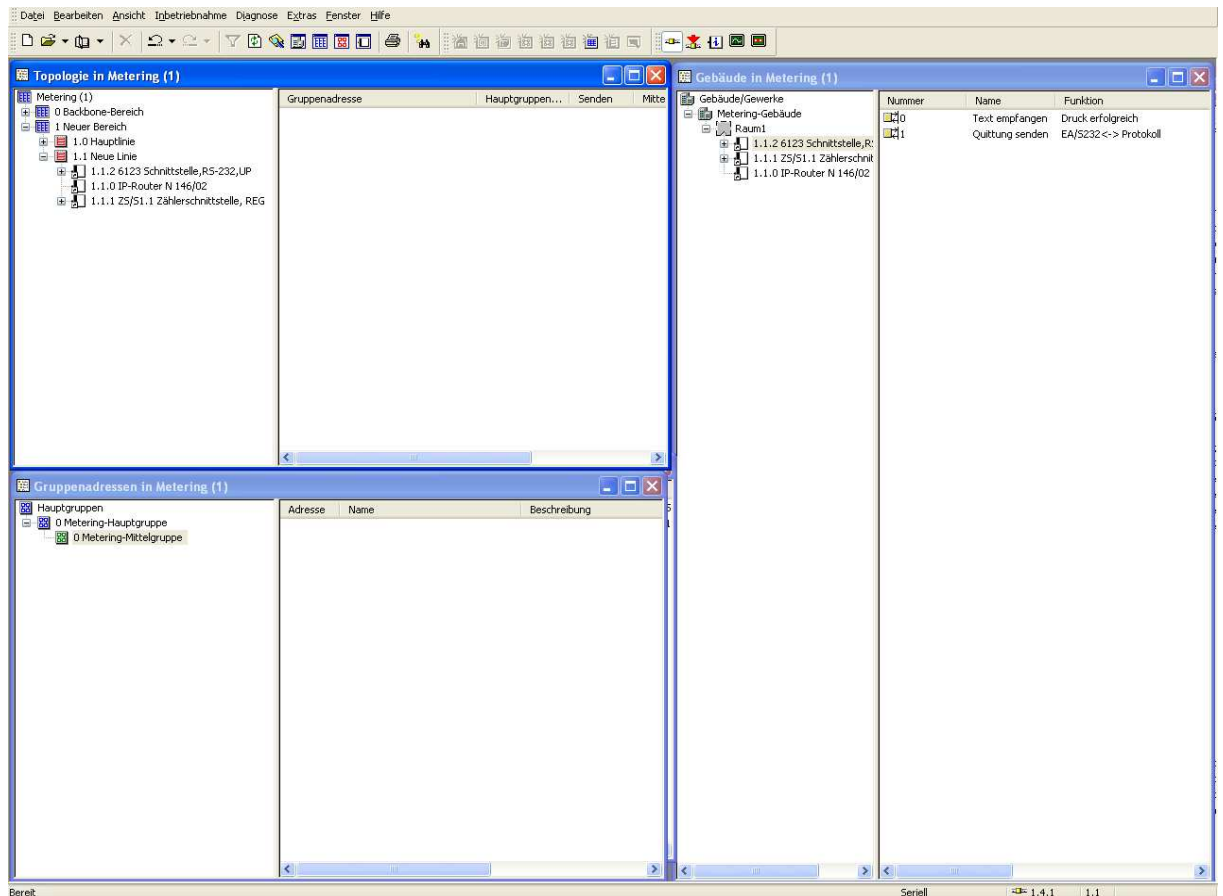


Abbildung 61 DELTAplus ETS 3 Mittelgruppe hinzugefügt

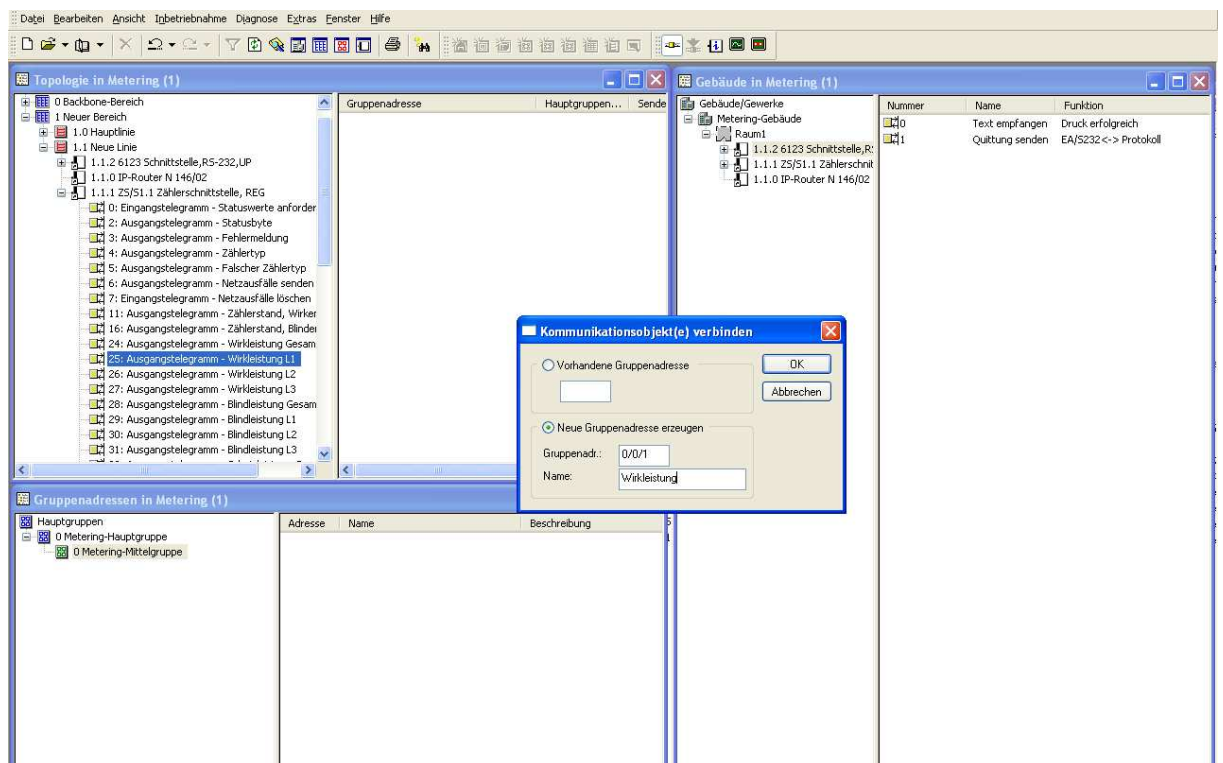


Abbildung 62 DELTAplus ETS 3 Wirkleistung L1 verbinden

5. Einrichtung der Systeme

Nach Durchführung dieser Schritte sind die ausgewählten Ausgänge im Fenster „Gruppenadressen“ zu sehen (vgl. Abbildung 63)

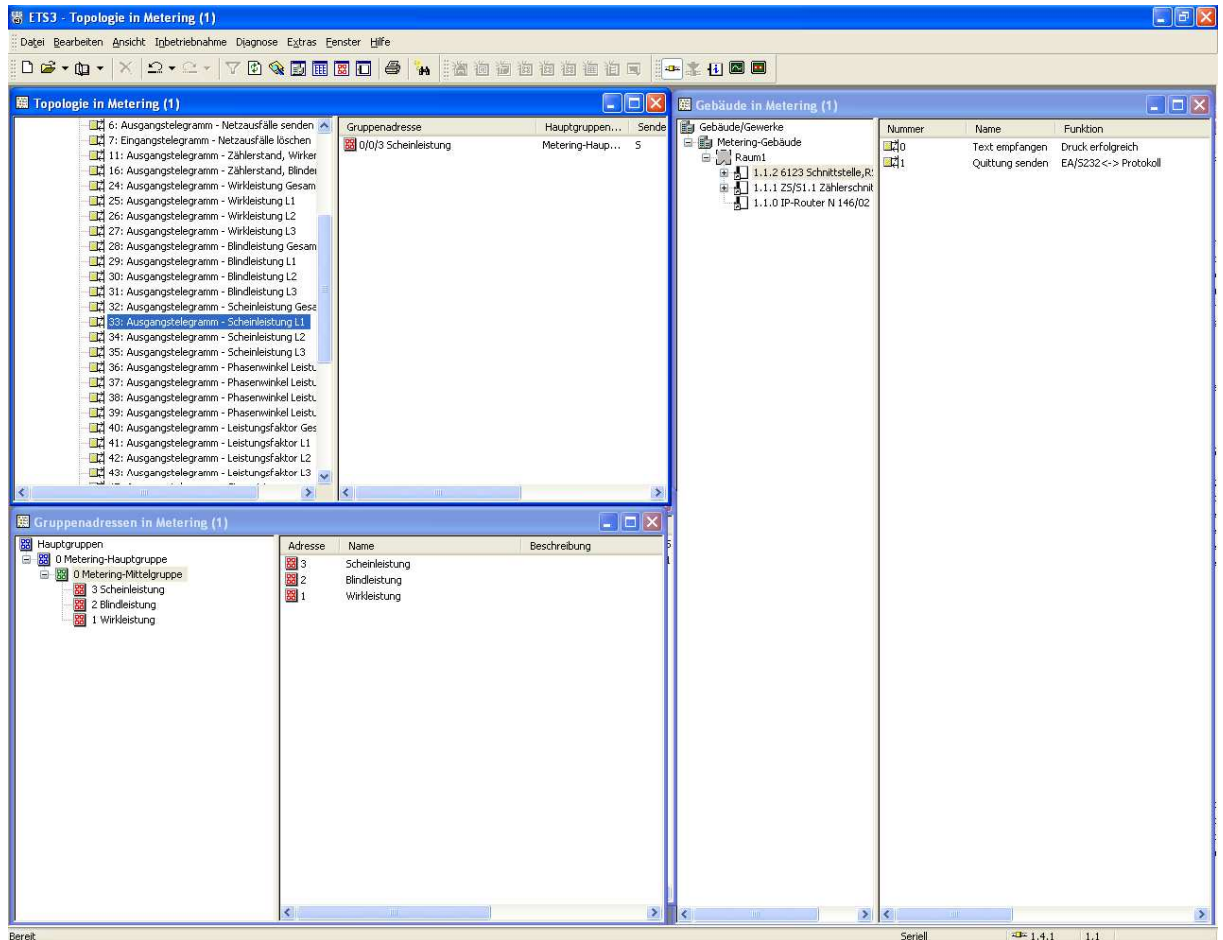


Abbildung 63 DELTAplus ETS 3 Ausgänge in Gruppenadressen angelegt

Diese Änderungen müssen nun an die Geräte übertragen werden. Hierfür wieder mit einem Rechtsklick auf *Zählerschnittstelle* → *programmieren* gehen. Diesmal aber auf „Applikations Programm“ klicken und danach noch mal auf *Patiell Prog.* Dieser Vorgang nimmt etwas Zeit in Anspruch (Abbildung 64).

5. Einrichtung der Systeme

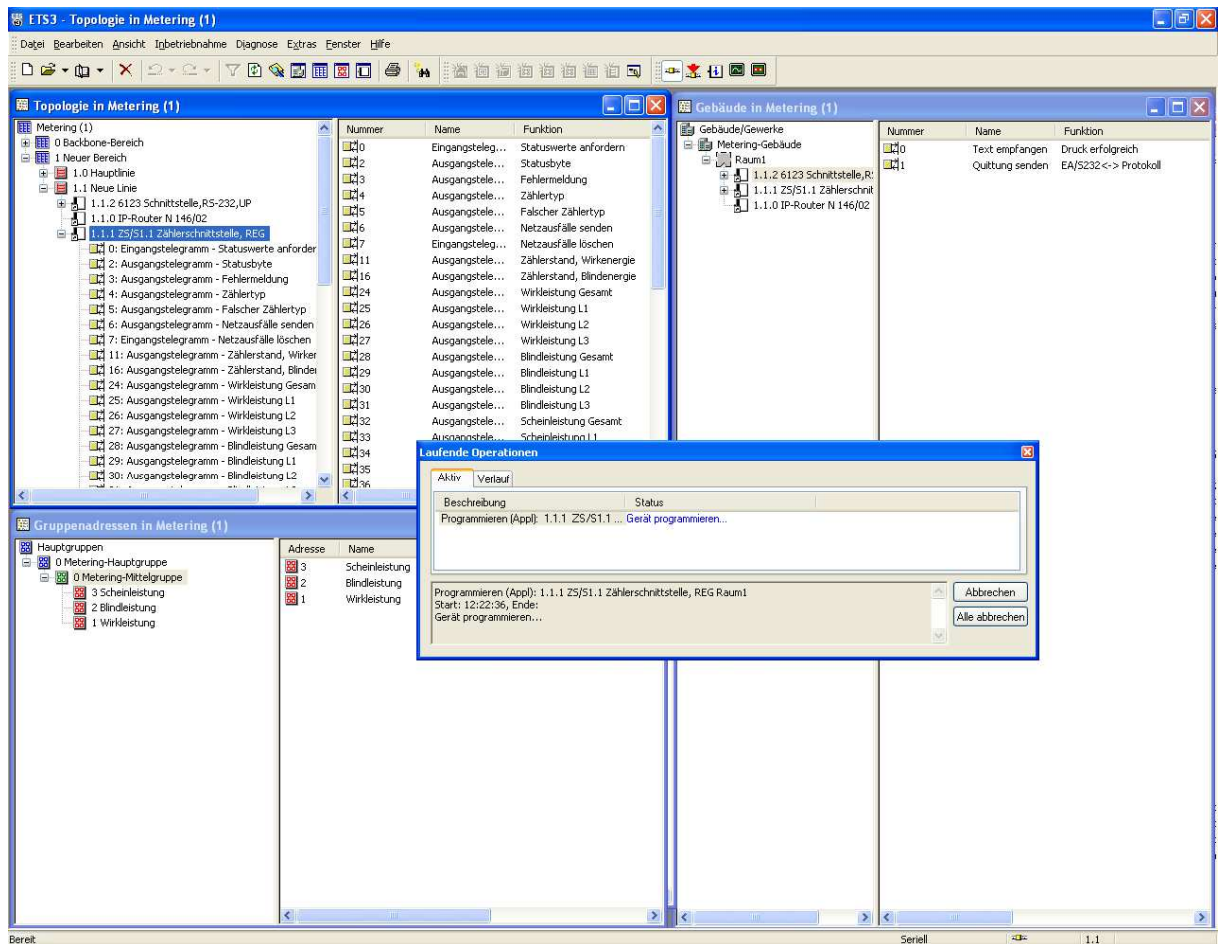


Abbildung 64 DELTAplus ETS 3 Geräte programmieren

Diese Schritte müssen nun auch noch mit dem Router durchgeführt werden. Danach ist die Einrichtung der Geräte in ETS 3 durchgeführt und die gesendeten Werte können in IP-Symcon eingefügt werden. Bevor ETS 3 geschlossen werden kann, muss noch eine OPC Datei erstellt werden, in welcher die Adressen für IP-Symcon abgespeichert werden. Hierfür auf *Datei* → *Datenaustausch* gehen, *Export zum OPC-Server* auswählen und auf *Export* klicken.

IP-Symcon kann nun gestartet werden.

Dort einen neuen Konfigurator für KNX im Startfenster über *Konfiguratoren verwalten* hinzufügen. Es öffnet sich das in Abbildung 65 gezeigte Fenster in welchem der *KNX/EIB Konfigurator* ausgewählt werden muss.

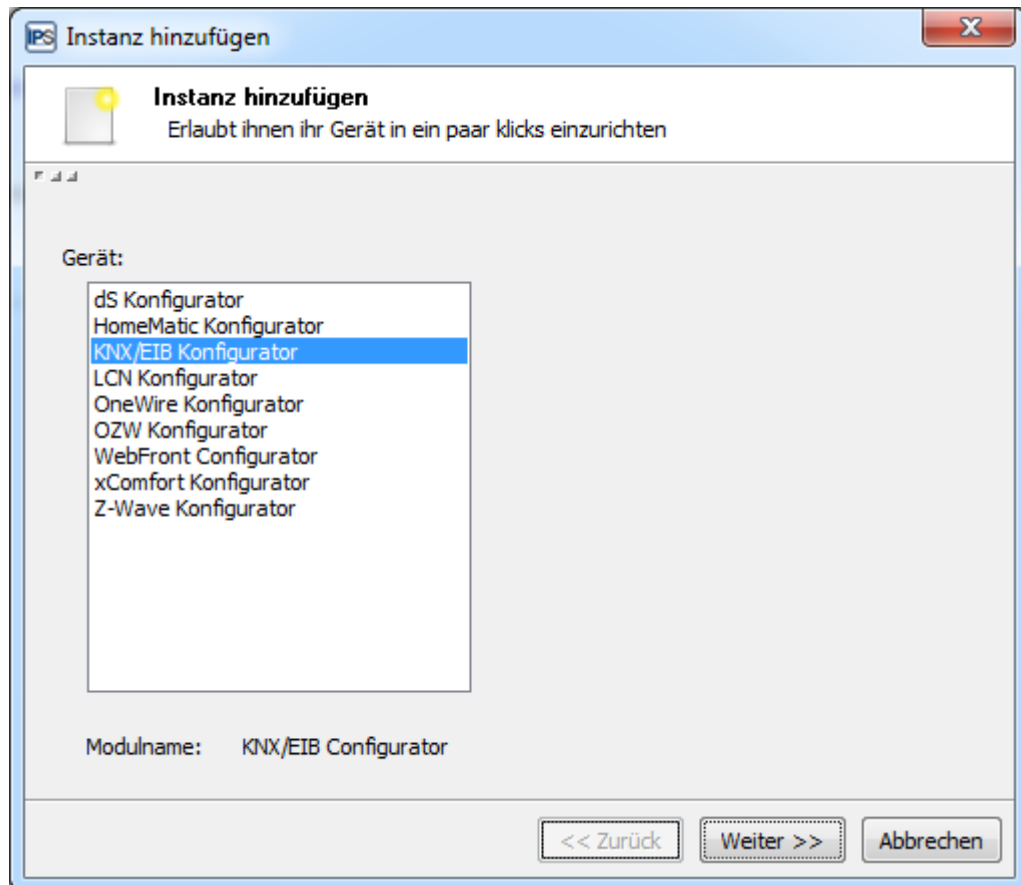


Abbildung 65 DELTAplus IP-Symcon KNX Konfigurator hinzufügen

Dieser öffnet sich darauf automatisch (Abbildung 66). Im Bedienfeld des „KNX/EIB Konfigurator“ unten auf das *Zahnrad* gehen. Es öffnet sich das „EIB Gateway“. Dort gelangt man erneut durch Betätigung des *Zahnrades* zu dem UDP Socket, wo die IP-Adresse des Siemens Routers, der Serial Port und der Empfangs Port eingegeben werden müssen (Abbildung 67). Damit besteht nun eine Kommunikation zwischen IP-Symcon und dem KNX System. Jetzt wieder zurück zum „KNX/EIB Konfigurator“ gehen (Abbildung 66) und die zuvor erstellte OPC Datei hochladen. Es werden nun in der Liste die zuvor ausgewählten Ausgänge angezeigt (Abbildung 68).

5. Einrichtung der Systeme

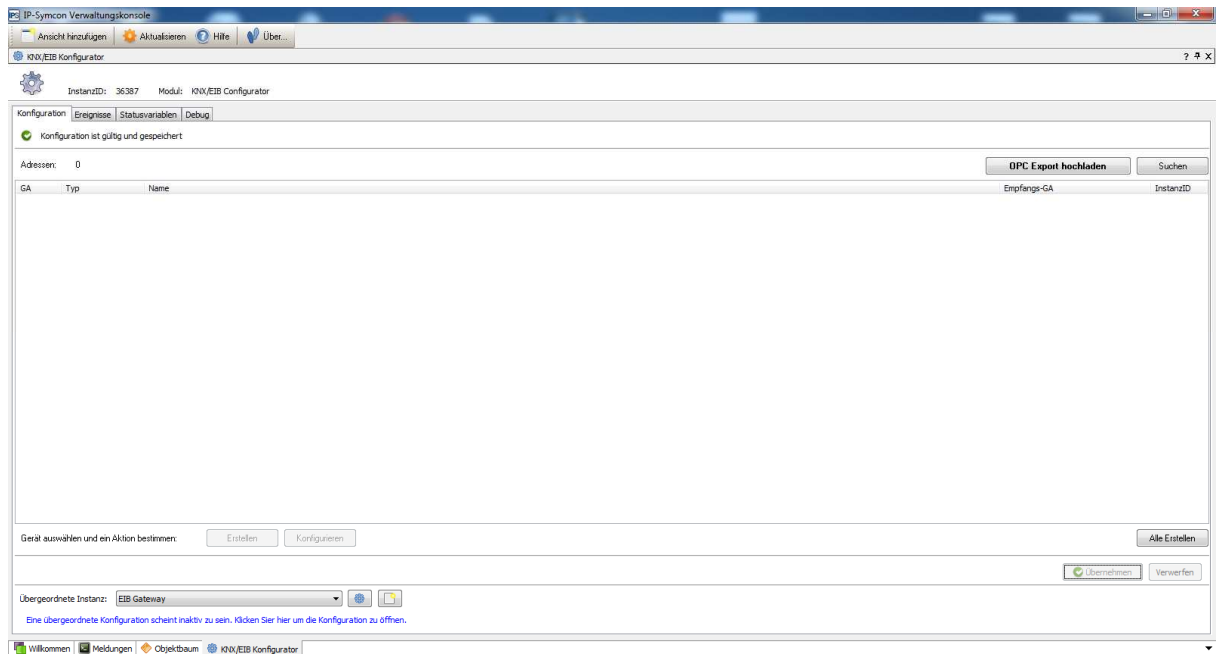


Abbildung 66 DELTAplus IP-Symcon KNX Konfigurator

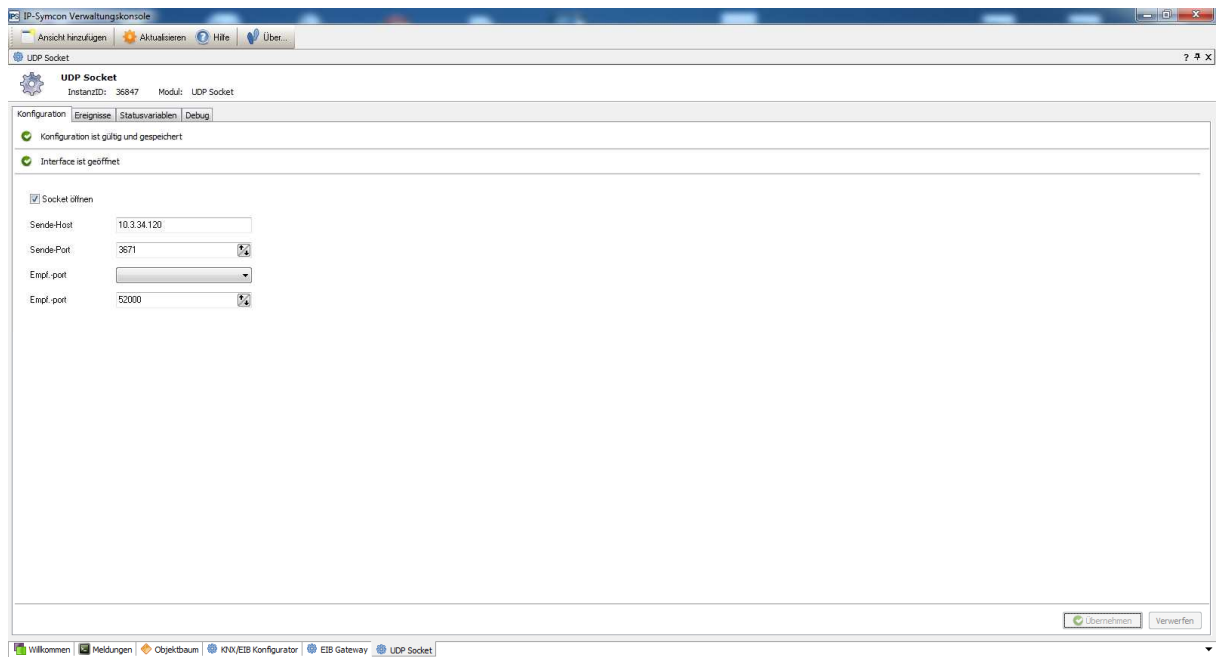


Abbildung 67 DELTAplus IP-Symcon UDP Socket

5. Einrichtung der Systeme

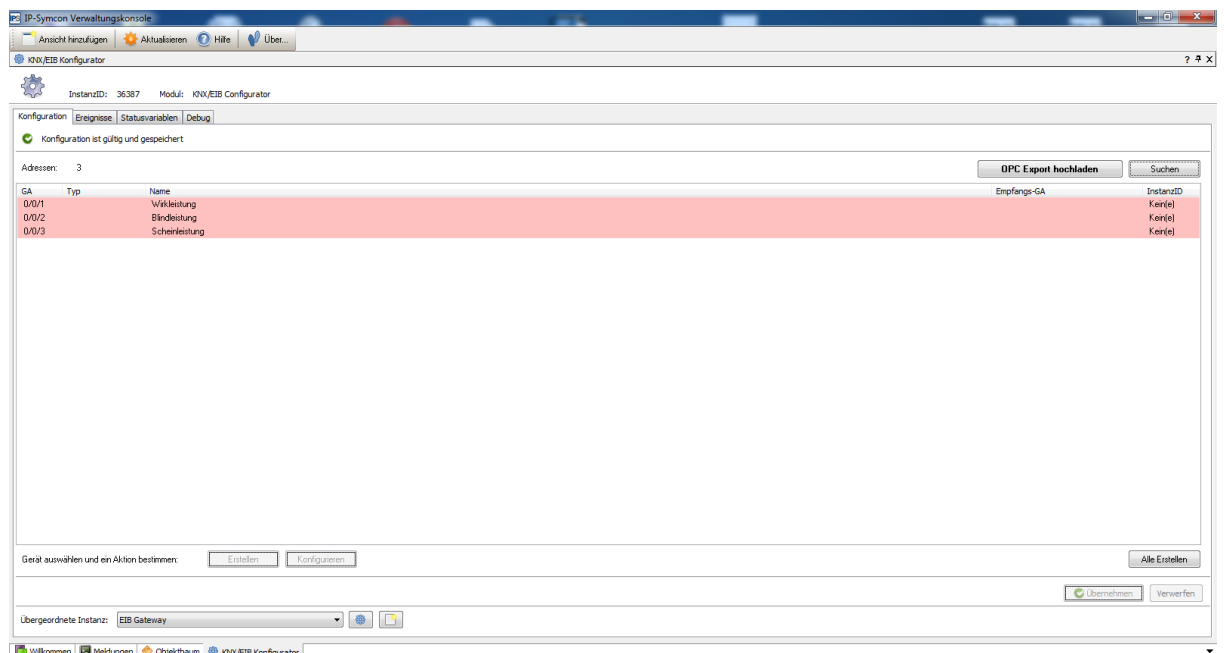


Abbildung 68 DELTAplus IP-Symcon KNX Konfigurator mit Gruppenadressen

Die dort angezeigten Adressen auswählen und über *erstellen* im Objektbaum hinzufügen. Im Objektbaum sind nun die automatisch erstellten Instanzen zu sehen (Abbildung 69).

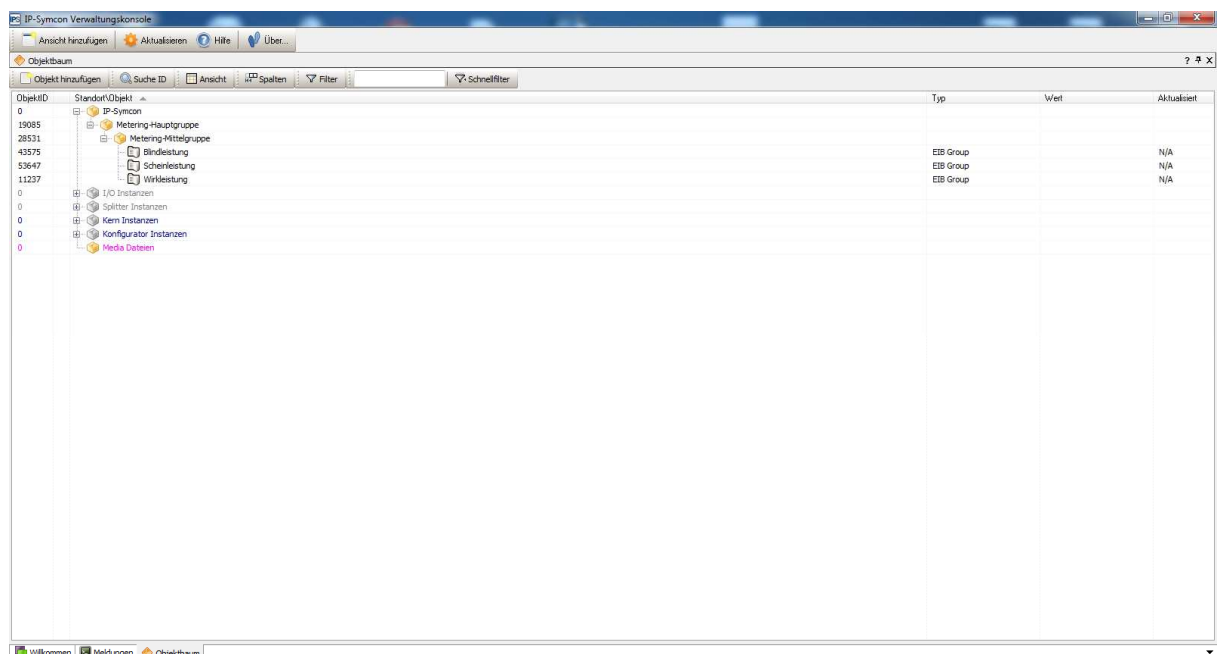


Abbildung 69 DELTAplus IP-Symcon mit ABB Instanzen

Als nächstes in jeder Instanz unter „Funktion“ *Float Value* als Datentyp auswählen, damit IP-Symcon mit den empfangenen Daten arbeiten kann.

5. Einrichtung der Systeme

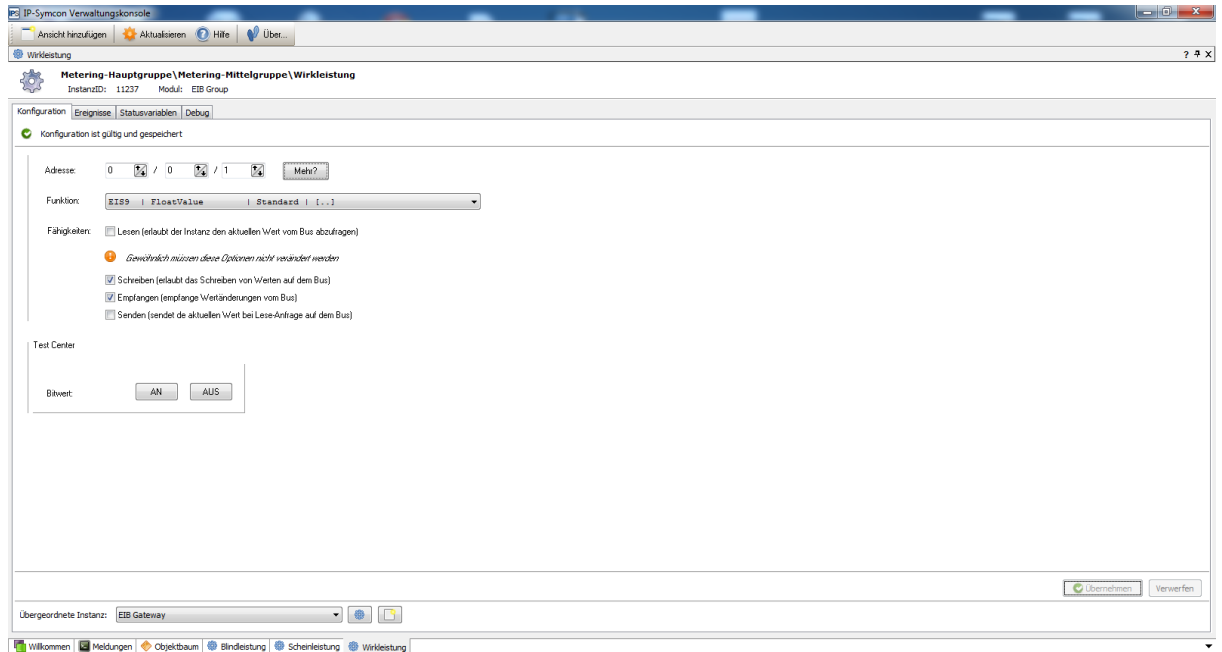


Abbildung 70 DELTApplus IP-Symcon ABB Instanz einstellen

Nach Beendigung dieser Vorgänge ist das System nun komplett eingerichtet und kann verwendet werden. Die Leistungswerte werden regelmäßig übermittelt. Das Zeitintervall wurde vorher bei der Konfiguration der Zählerschnittstelle eingeben.

5.4. Einrichtung AeonLabs Home Energie Meter (Z-Wave)

Z-Wave Komponenten sind recht einfach in IP-Symcon einzubinden. Hierzu als erstes ein neuer Konfigurator im Hauptfenster von IP-Symcon unter *Konfiguratoren verwalten* → *Z-Wave Konfigurator* anlegen (Abbildung 71). Ist dieser hinzugefügt öffnet er sich automatisch. In dem Fenster dann unten auf das *Zahnrad* klicken, um zum „Z-Wave Gateway“ zu gelangen. Dort wieder auf das *Zahnrad* klicken, damit sich das Fenster vom „Serial Port“ öffnet (Abbildung 72).

5. Einrichtung der Systeme

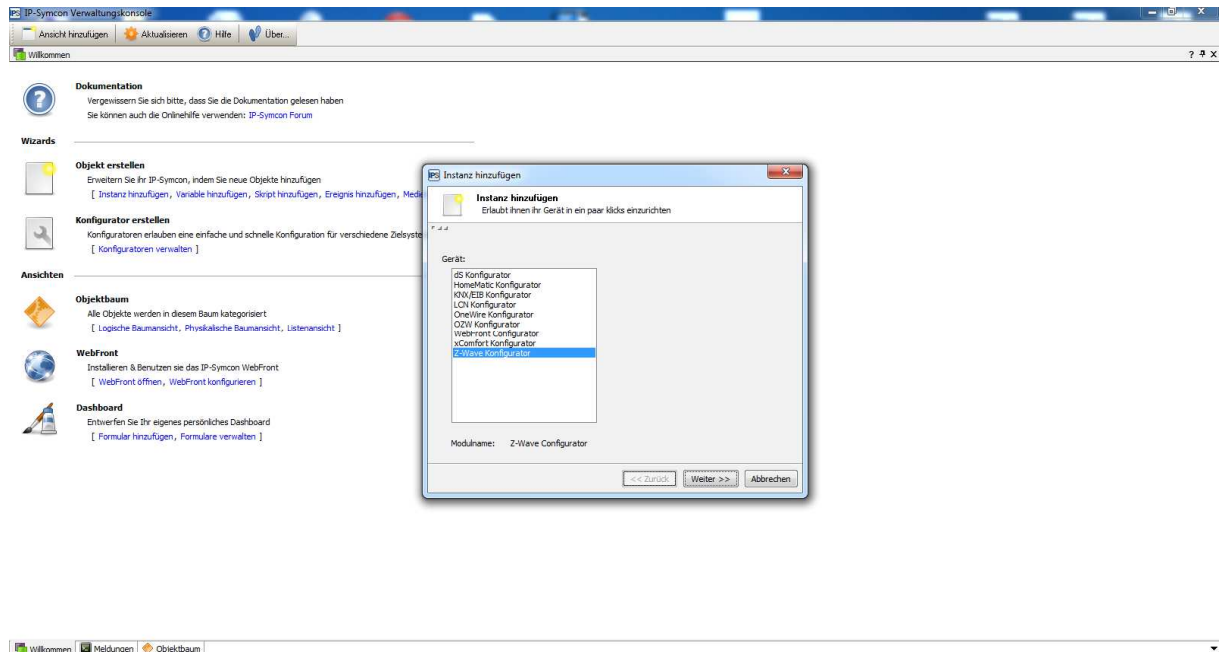


Abbildung 71 AeonLabs IP-Symcon Konfigurator hinzufügen

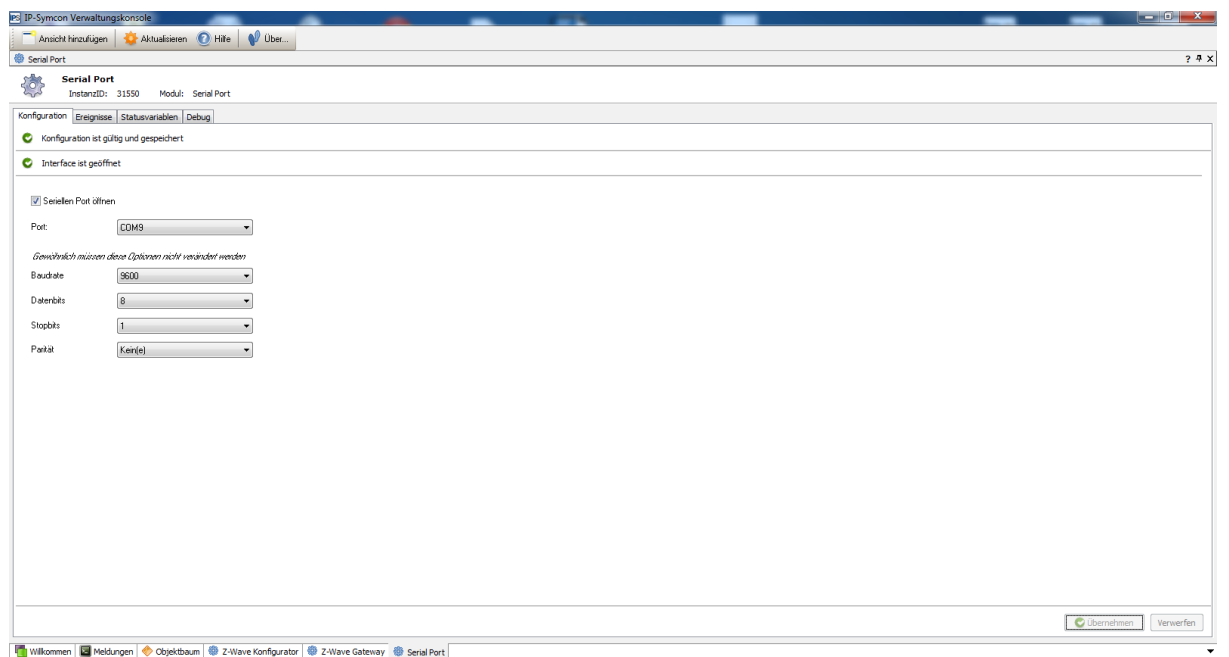


Abbildung 72 AeonLabs IP-Symcon Serial Port

Den Haken bei *Serial Port öffnen* setzen, damit das System weiß, über welchen COM Anschluss der USB-Stick die empfangenen Daten weiterleitet.

Nach dieser Einstellung wieder zum „Z-Wave Konfigurator“ zurückkehren (Abbildung 73). Dort werden alle bereits hinzugefügten Z-Wave Geräte ange-

5. Einrichtung der Systeme

zeigt. Ist das gewünschte Gerät noch nicht in der Liste, kann dieses über *Gerät hinzufügen* nachgeholt werden.

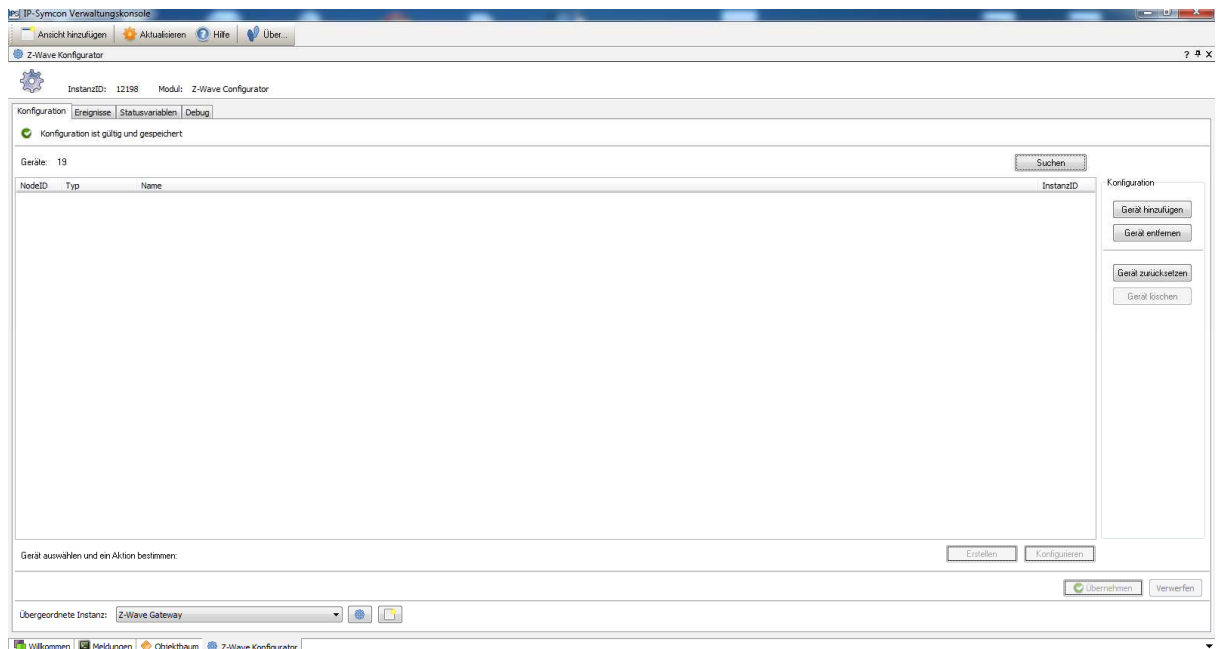


Abbildung 73 AeonLabs IP-Symcon Konfigurator

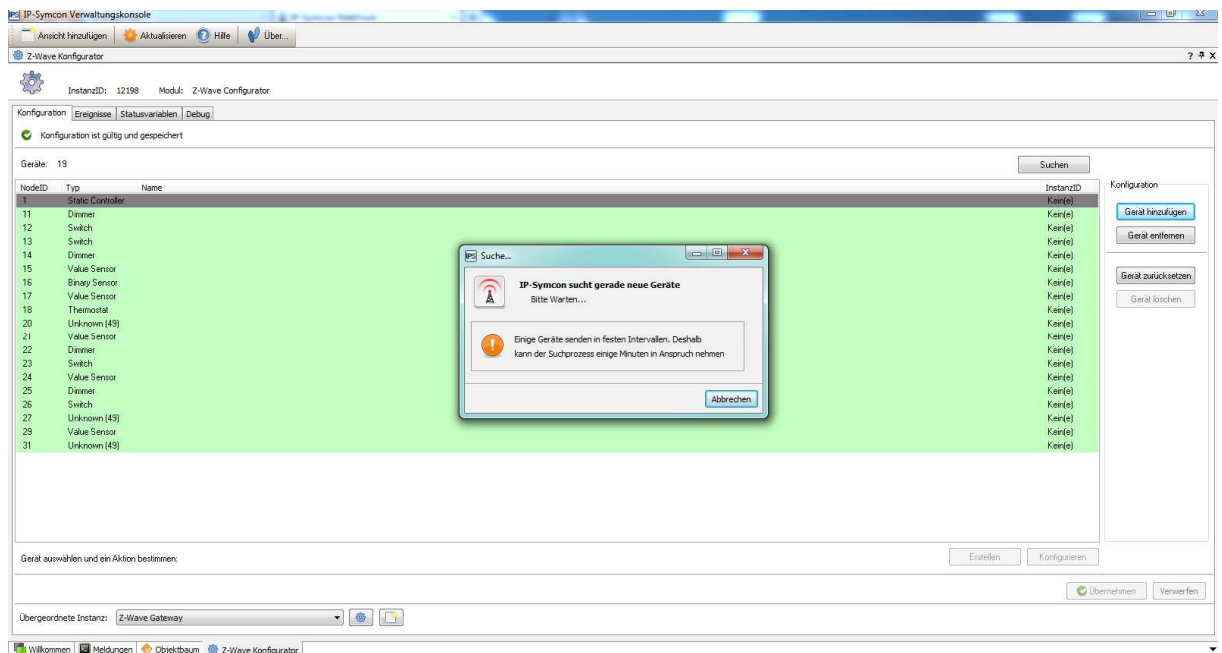


Abbildung 74 AeonLabs IP-Symcon Gerät hinzufügen

Das System beginnt nun mit der Suche. Um diese Suche zu beschleunigen an dem Z-Wave Gerät den *Sendeknopf* drücken, damit das Gerät direkt mit dem Senden beginnt. Das Gerät wird nach kurzer Zeit angezeigt. Ist dies nicht der

5. Einrichtung der Systeme

Fall, muss der Vorgang wiederholt werden. Abbildung 75 zeigt das neu gefundene Gerät. Dieses Gerät nun markieren und auf *erstellen* klicken. Damit wird die Geräteinstanz automatisch im Baum erstellt (Abbildung 76).

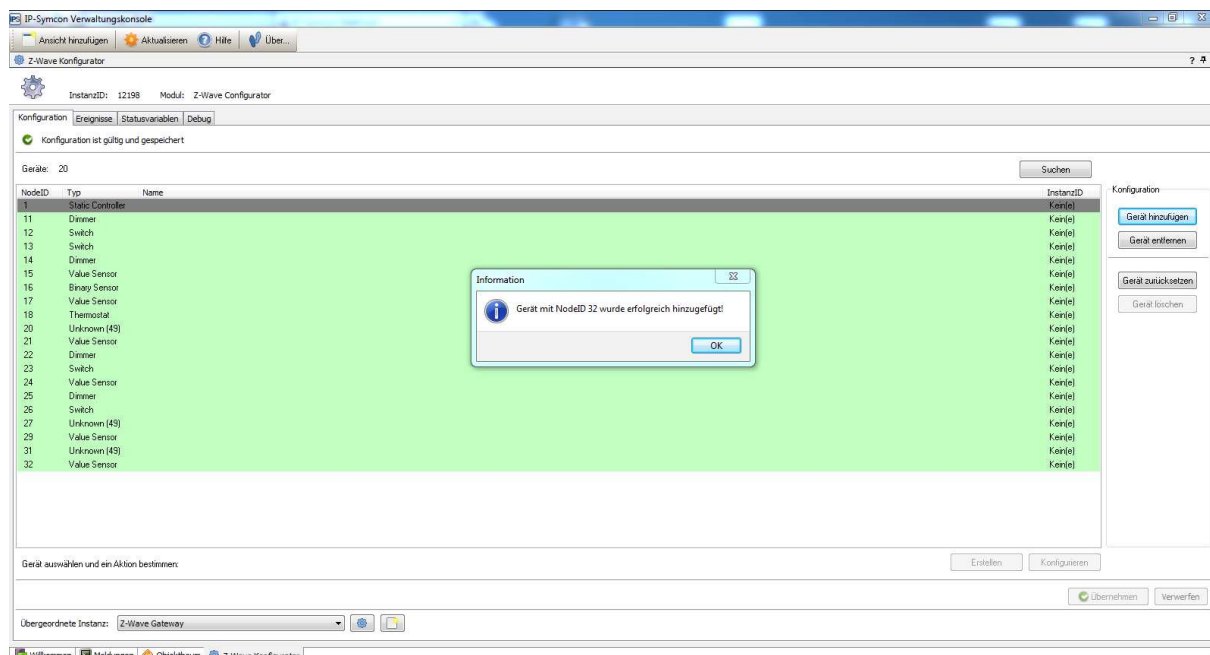


Abbildung 75 AeonLabs IP-Symcon Gerät erfolgreich hinzugefügt

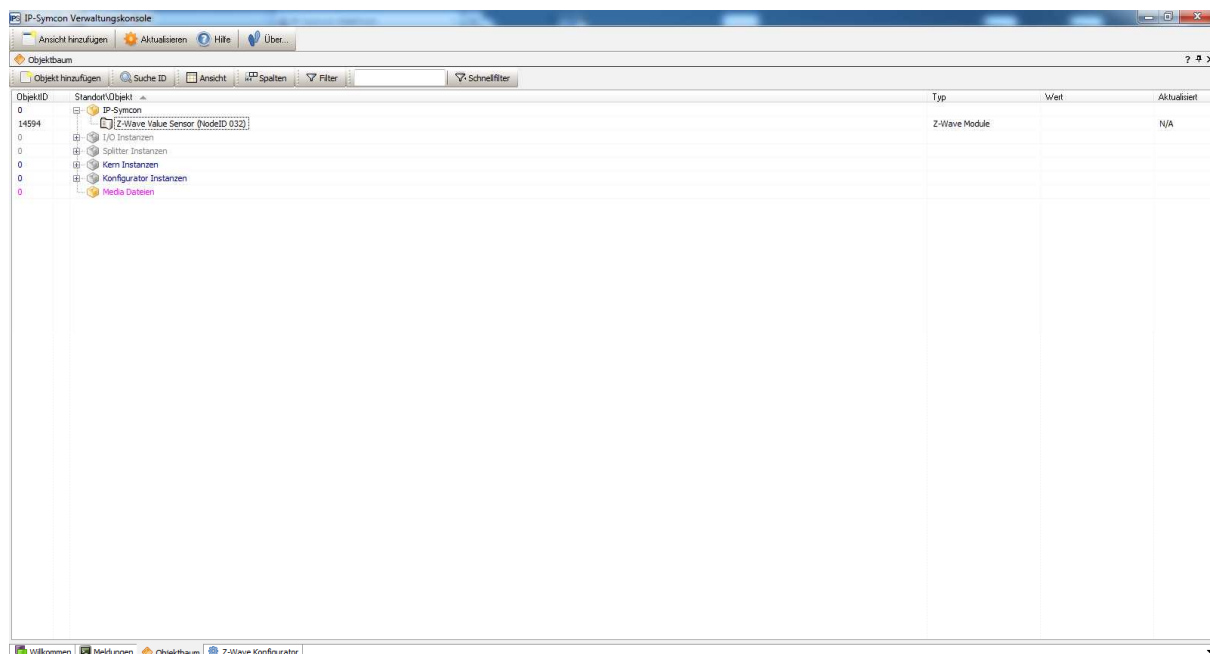


Abbildung 76 AeonLabs IP-Symcon Geräteinstanz erstellt

5. Einrichtung der Systeme

Diese erstellte Instanz anschließend öffnen (Abbildung 77) und bei „Gerätekonfiguration“ auf *Laden* klicken. Durch diesen Vorgang ruft IP-Symcon vom Gerät alle Variablen ab, die angezeigt werden können (Abbildung 78).

Parameter des Gerätes können in der geöffneten Instanz unter „Parameter“ geändert werden. Die Nummern der jeweiligen Parameter findet man in der jeweiligen Geräteanleitung.

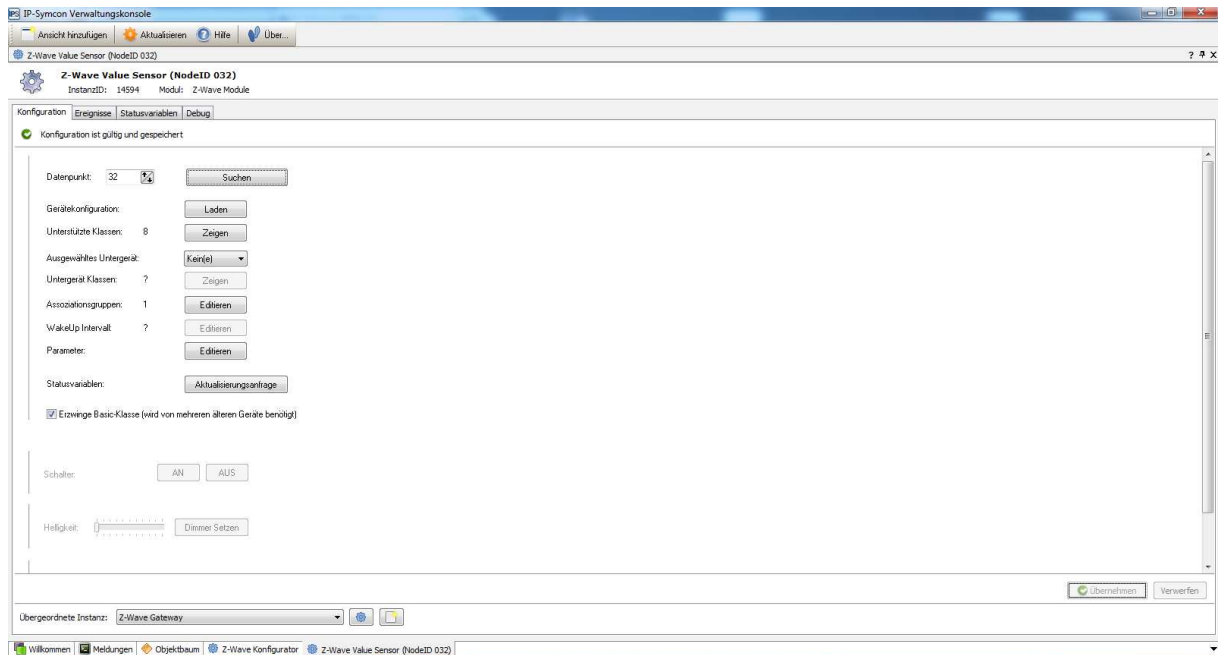


Abbildung 77 AeonLabs IP-Symcon Geräteinstanz

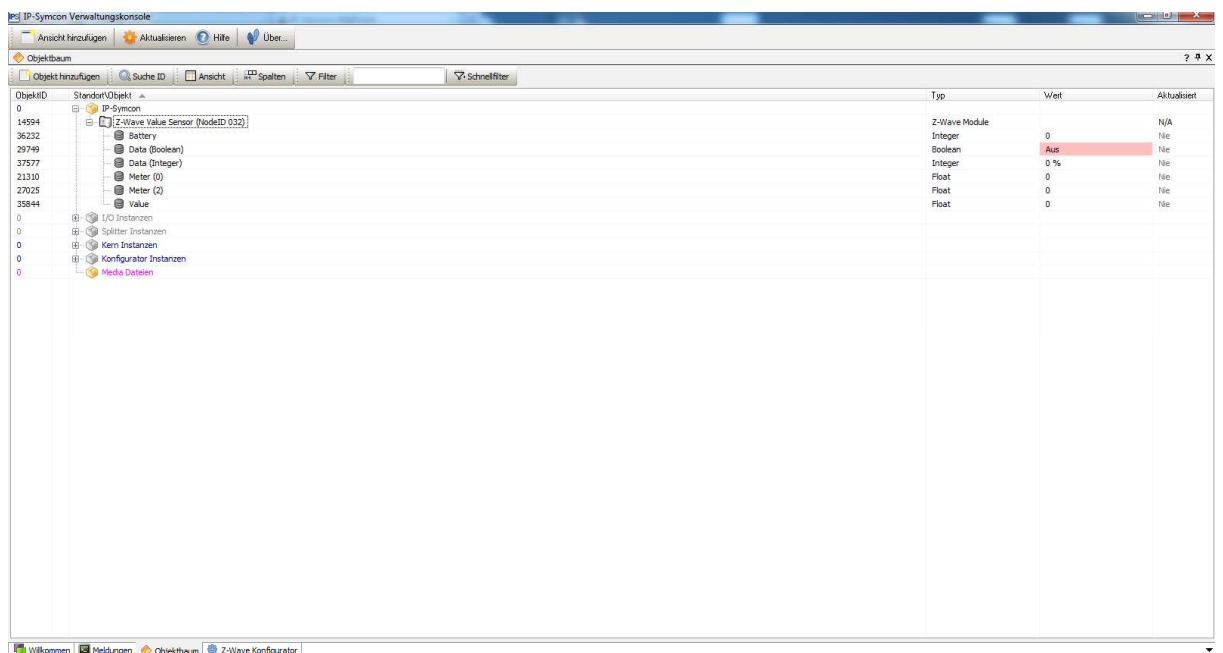


Abbildung 78 AeonLabs IP-Symcon Geräteinstanz mit Variablen

Die von uns verwendete 3-Phasen-Messklemme der Firma sendet nun die drei Phasen aufsummiert in einem Abstand von 12 Minuten. Die Leistungen in den Zwischenzeiten werden bei diesem Gerät nicht erfasst. Es wird nur der Momentanwert gesendet. Es kann auch nicht dazwischen entschieden werden, welche Phase welche Leistung hat. Dafür müssen die Werte mittels des Sendeknopfes am Gerät gesendet oder über IP-Symcon eine Aktualisierungsabfrage gestartet werden.

5.5 Einrichtung NorthQ Power Reader (Z-Wave)

Die Einrichtung des NorthQ ist wie in Abschnitt 4.4 beschrieben durchzuführen. Der Unterschied besteht darin, dass eine Veränderung der Parameter vorgenommen werden muss. Dafür in der NorthQ Instanz bei Parameter auf *Editieren* klicken (Abbildung 79). Im Benutzerhandbuch²³ des Gerätes werden die jeweiligen Parameter beschrieben. In diesem Fall muss Parameter 1 geändert werden. Er gibt das Verhältnis zwischen Umdrehungen und Kilowattstunden im Stromzähler an. Das Verhältnis des in diesem Beispiel verwendeten Stromzählers liegt bei 750. Laut Anleitung muss der 10-fache Wert in den Parameter eingetragen werden (Abbildung 80).

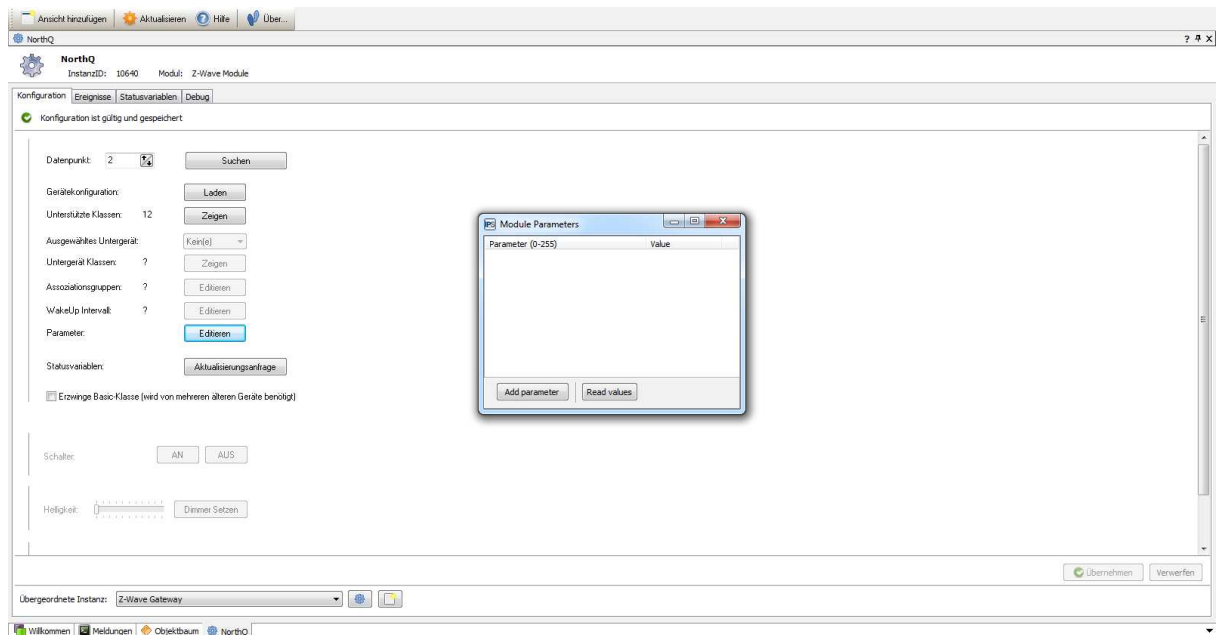


Abbildung 79 NorthQ Parameter einstellen

²³ http://doc.eedomus.com/files/NORTHQ_NQ-92021_MANUEL_US.pdf Stand: 12.8.2013

5. Einrichtung der Systeme

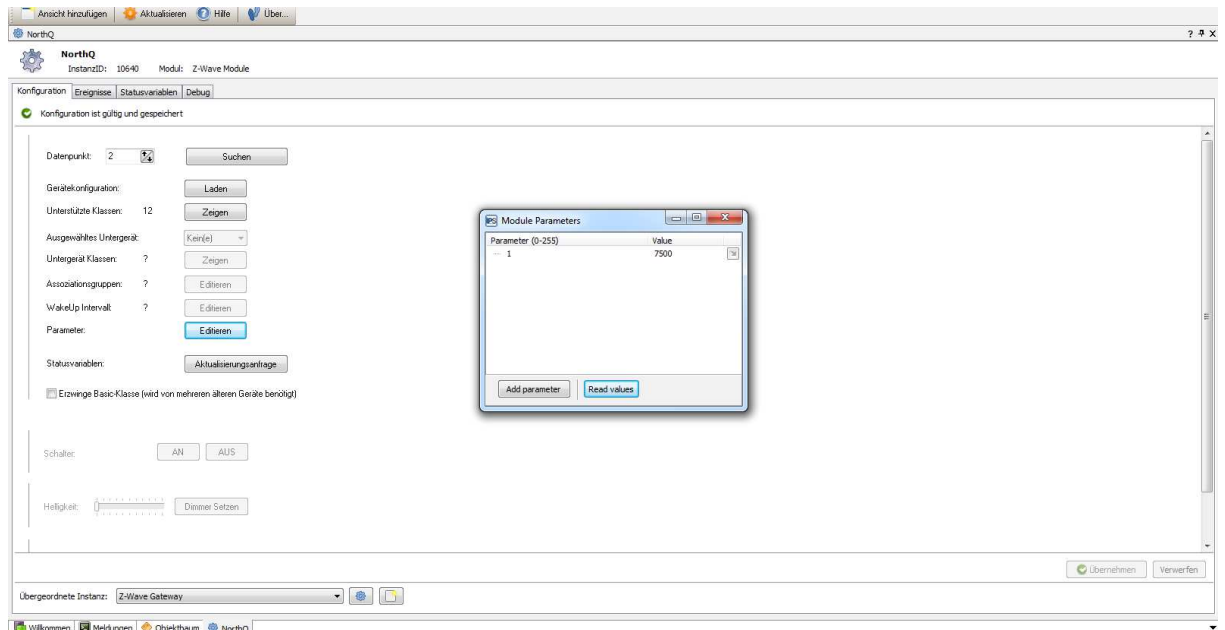


Abbildung 80 NorthQ Parameter eintragen

Von jetzt an kann das Gerät den Verbrauch berechnen und aus diesem die Leistung bestimmen.

5.6 Einrichtung xComfort

Um das xComfort System erfolgreich einzurichten, muss zunächst die Software „RF-System“ direkt von der Homepage der Firma Moeller heruntergeladen²⁴ werden.

Nach Installation der Software kann der Konfigurator angeschlossen werden. Nach starten der Software zunächst die Verbindung zum „Konfigurator/Gateway“ herstellen. Hierzu im RF-System auf *Bearbeiten* → *Option* → *Port einstellen* gehen. Das nun folgende Fenster ist in Abbildung 81 abgebildet. Dort muss die richtige COM Schnittstelle angegeben werden, damit das Programm die Daten dem richtigen Empfänger zuordnen kann.

²⁴ Vgl Moeller:

http://www.moeller.net/de/products_solutions/power_distribution/buildings/xcomfort/download/download_funksystem.jsp Abgerufen 06.08.2013

5. Einrichtung der Systeme

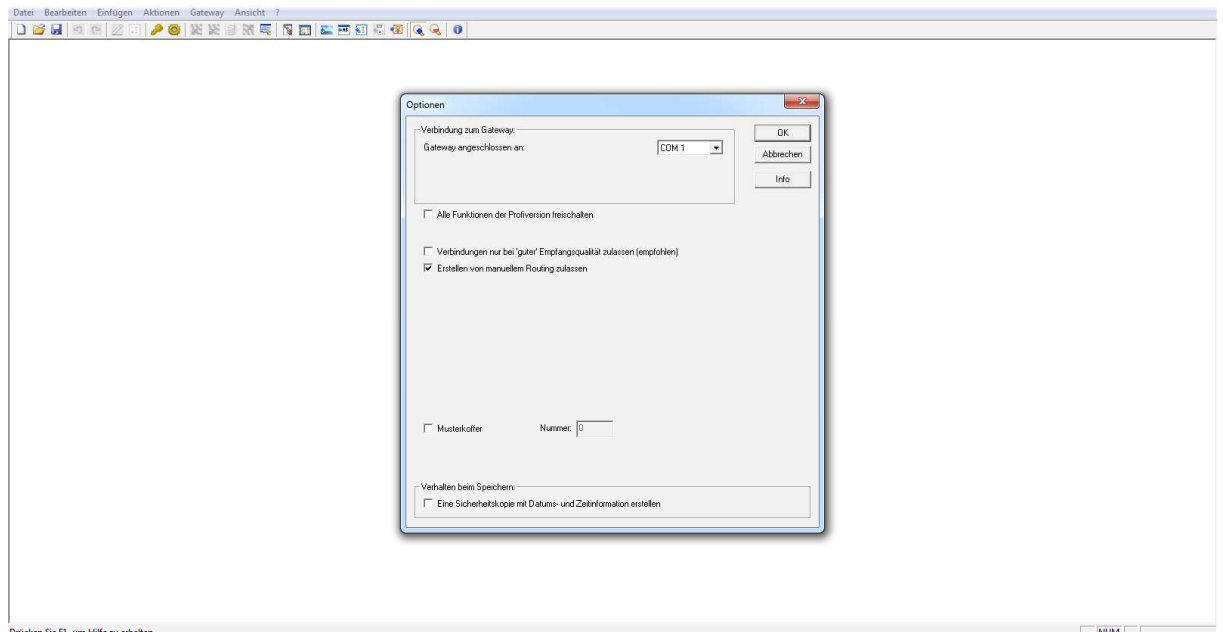


Abbildung 81 xComfort RF-System Port Einstellung

Nachdem die zuvor genannten Einstellungen erfolgreich durchgeführt wurden kann das Gateway über *Gateway verbinden* verbunden werden.

Jetzt kann über das Gateway nach den verfügbaren Geräten gesucht werden. Dies geschieht über den Vorgang *Aktionen* → *Einlesen*. Dieser Vorgang kann eine Zeit in Anspruch nehmen (Abbildung 82).

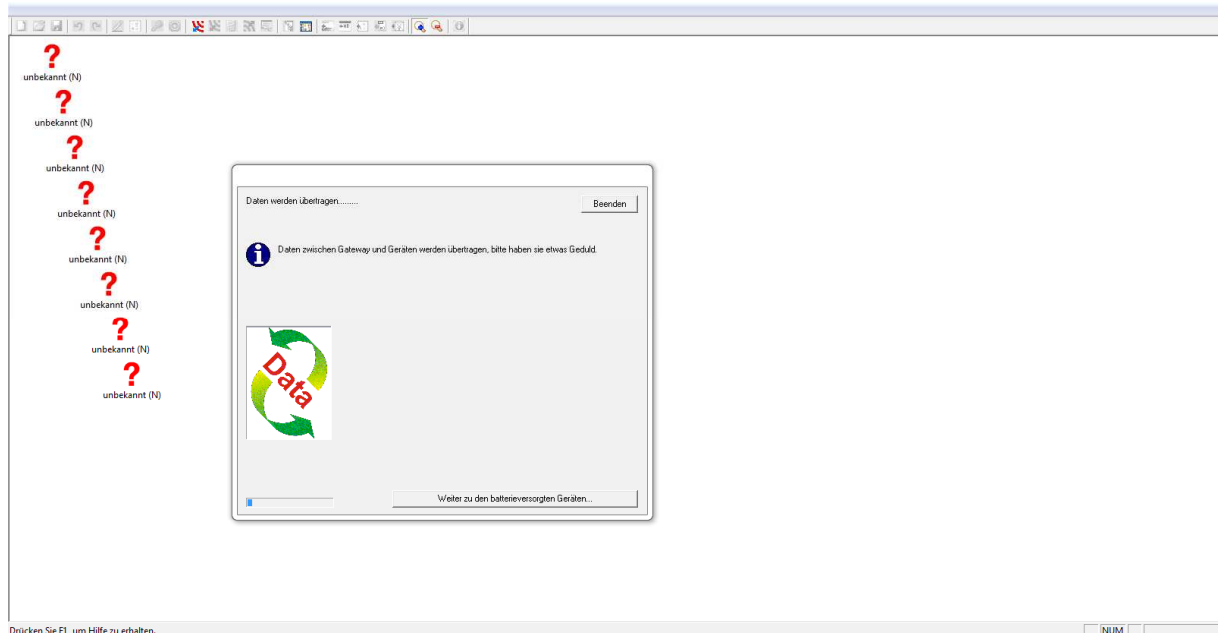


Abbildung 82 xComfort RF-System Geräte einlesen

5. Einrichtung der Systeme

Sind alle gewünschten Geräte gefunden, kann durch einmaligen Klick auf *Beenden* die Suche abgeschlossen werden und das Laden der Geräteeinstellungen beginnt. Dieser Vorgang darf durch einem zweiten Klick auf *Beenden* nicht abgebrochen werden, da sonst der gesamte Vorgang wiederholt werden muss. Das laden der Geräte nimmt wieder einige Zeit in Anspruch. Ist das Laden abgeschlossen erscheint das Fenster wie in Abbildung 83 dargestellt.

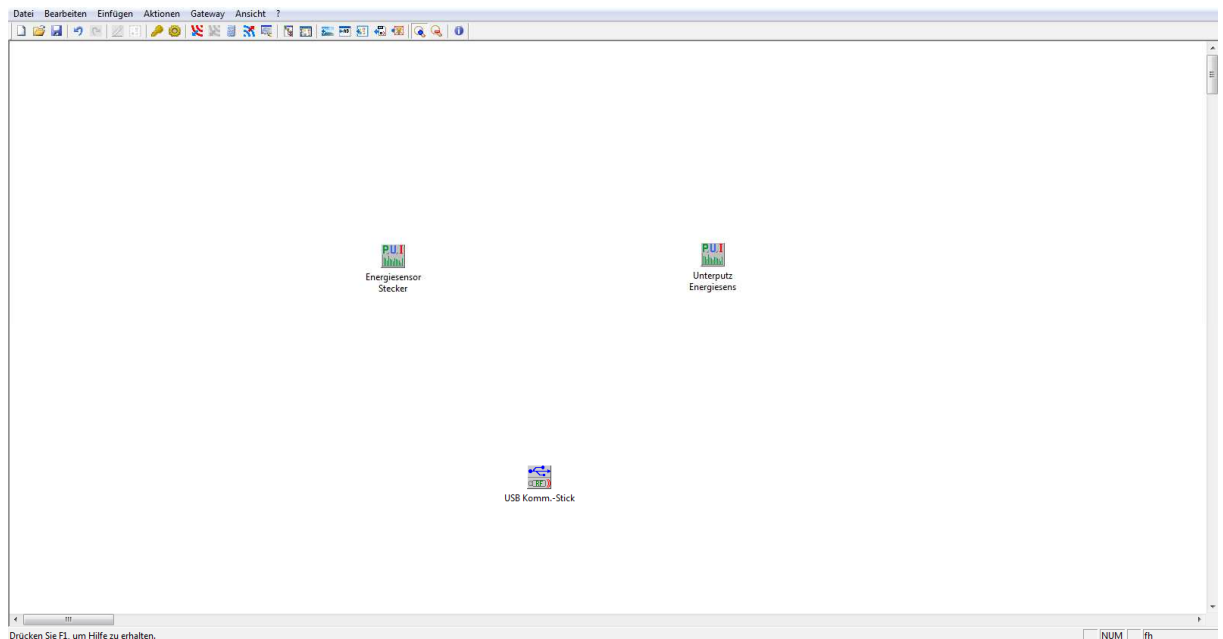


Abbildung 83 xComfort RF-System Geräte geladen

Nun können die Verbindungen zwischen den gewünschten Geräten hergestellt werden. Hierzu oben in der Leiste auf den *Stift* klicken, um zum Verbindungsmodus zu wechseln. Durch einen Klick auf den USB-Stick und das zugehörige Gerät werden die beiden Geräte mit einer Linie verbunden und können somit kommunizieren. Durch einen Rechtsklick auf das jeweilige Gerät können Namen vergeben oder Einstellungen vorgenommen werden.

Alle Änderungen müssen nun an die Geräte über *Aktionen* → *Änderungen laden* übermittelt werden.

Als letzten Schritt im RF-System muss nun noch die Datenpunktliste für IP-Symcon erstellt werden. Das gelingt durch einen Rechtsklick auf den USB-Stick und auswählen des Unterpunktes *Datenpunktliste erstellen*. Als nächstes muss der Punkt *als Datei gespeichert* ausgewählt werden. Damit ist das Einrichten in

5. Einrichtung der Systeme

dem Programm RF-System abgeschlossen und es kann im Programm IP-Symcon mit der Einfügung der Geräte begonnen werden.

Als erstes muss ein neuer Konfigurator hinzugefügt werden. Dafür im Hauptfenster auf *Konfiguratoren verwalten* klicken und der xComfort Konfigurator auswählen (Abbildung 84).

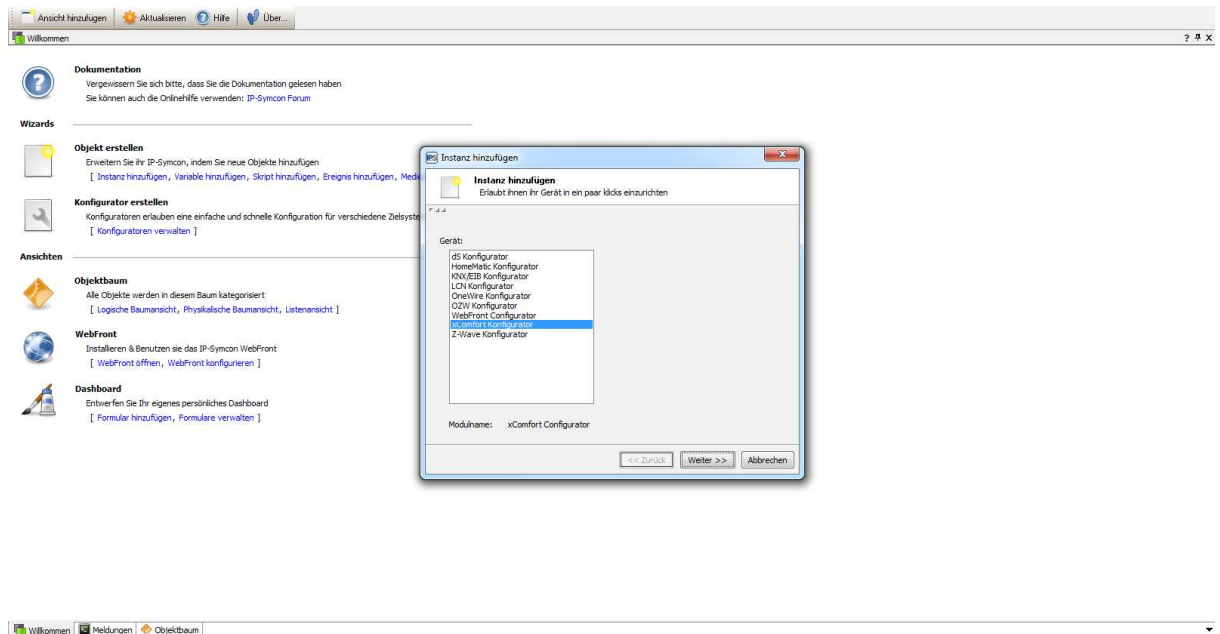


Abbildung 84 xComfort IP-Symcon Konfigurator hinzufügen

Ist dieser hinzugefügt wird er automatisch geöffnet. Im unteren Teil des Fensters auf das *Zahnrad* klicken um zum Gateway zu gelangen. Dort wiederum auf das *Zahnrad* klicken um zum „HID“ zu gelangen. Anschließend muss nun der Hacken bei *HID Gerät öffnen* gesetzt und der USB-Stick ausgewählt werden. Damit kann IP-Symcon nun mit den Geräten kommunizieren. Es kann zum „Konfigurator“ zurück gekehrt werden. In diesem Fenster kann nun die zuvor erstellte Datenpunktliste einfügen. Dafür auf *Datenpunktliste hochladen* klicken und die erstellte Datei auswählen. Es werden nun die zuvor konfigurierten Geräte angezeigt (Abbildung 85). Die gewünschten Instanzen anklicken und über *Erstellen* automatisch in den Objektbaum einfügen (Abbildung 86).

5. Einrichtung der Systeme

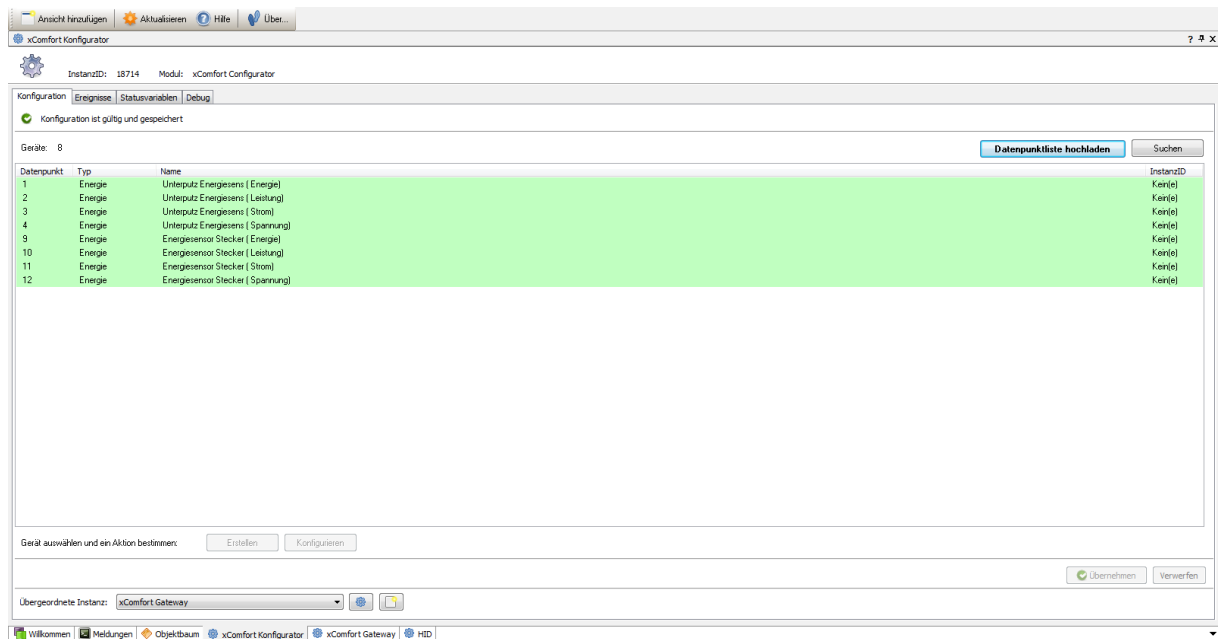


Abbildung 85 xComfort IP-Symcon Konfigurator mit Geräten

Ab jetzt werden die gesendeten Daten von IP-Symcon empfangen. Selbst geringe Abweichungen werden direkt von den Leistungsmessgeräten übertragen.

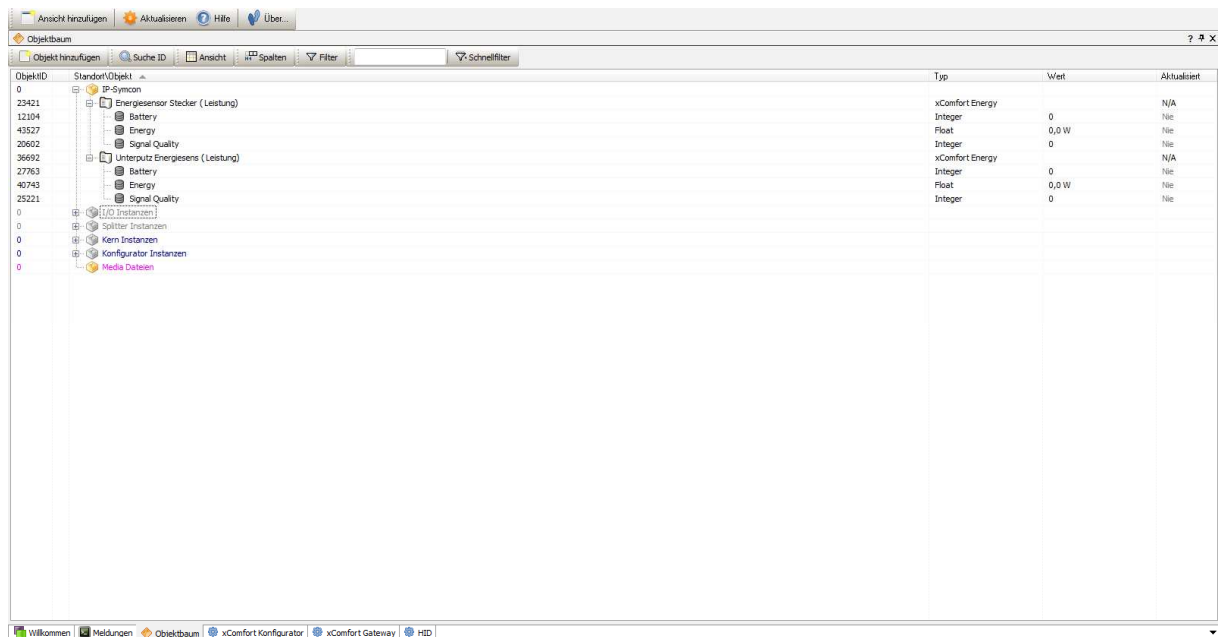


Abbildung 86 xConfort IP-Symcon Objektbaum mit Instanzen

5.7 Einrichtung Wago SPS

Die Einrichtung der Wago SPS ist umfangreicher als die der anderen Geräte, da mehr Schritte nötig sind und es vom Vorteil ist, wenn man Programmierkenntnisse besitzt. Nach dem Start des Programms CoDeSys muss als erstes das Zielsystem eingestellt werden (Abbildung 87). Hierzu sollte eine eigene SPS angelegt werden. In den Einstellungen muss die genaue Bezeichnung der verwendeten Wago SPS angegeben werden. In diesem Beispiel wird zum Programmieren die Einstellung *CFC und Programmieren* verwendet (Abbildung 88). Dies ist nun die Umgebung in der die SPS programmiert wird. Bevor damit begonnen werden kann, muss die Kommunikation zwischen Computer und Wago SPS erst hergestellt werden. Dies gelingt über den Reiter *Online* → *Kommunikationsparameter*. Dort muss die IP-Adresse der Wago SPS und der Port eingegeben werden, damit sie über das Netzwerk gefunden werden kann. Alternativ könnte aber auch die Serielle-Schnittstelle zur Programmierung verwendet werden.

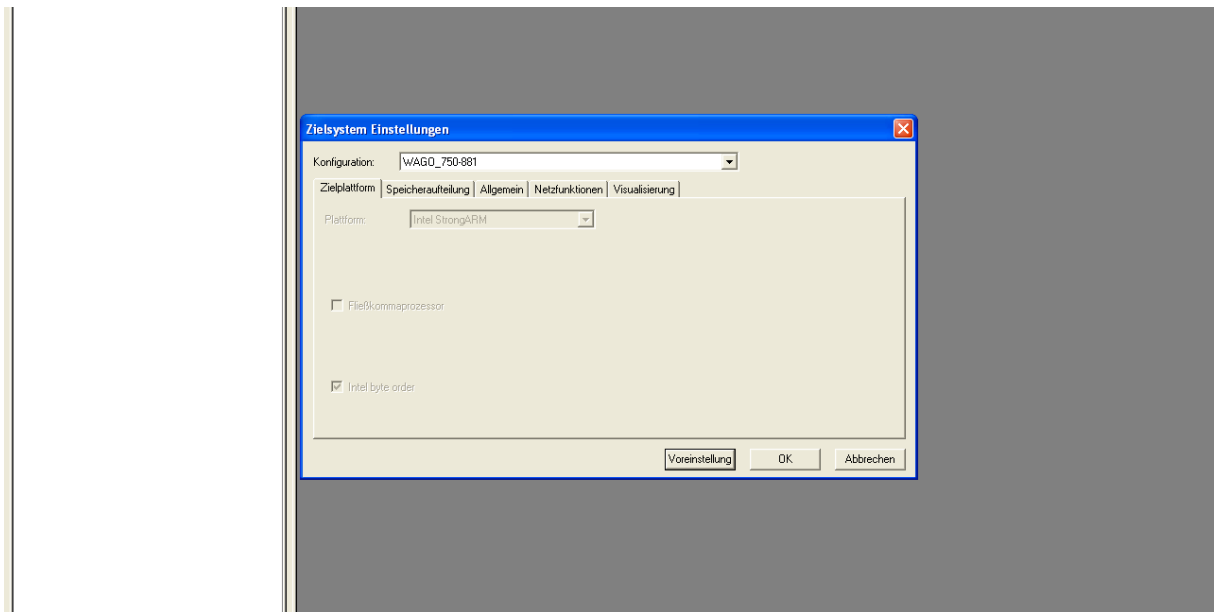


Abbildung 87 Wago SPS CoDeSys Zielsystem Einstellungen

5. Einrichtung der Systeme

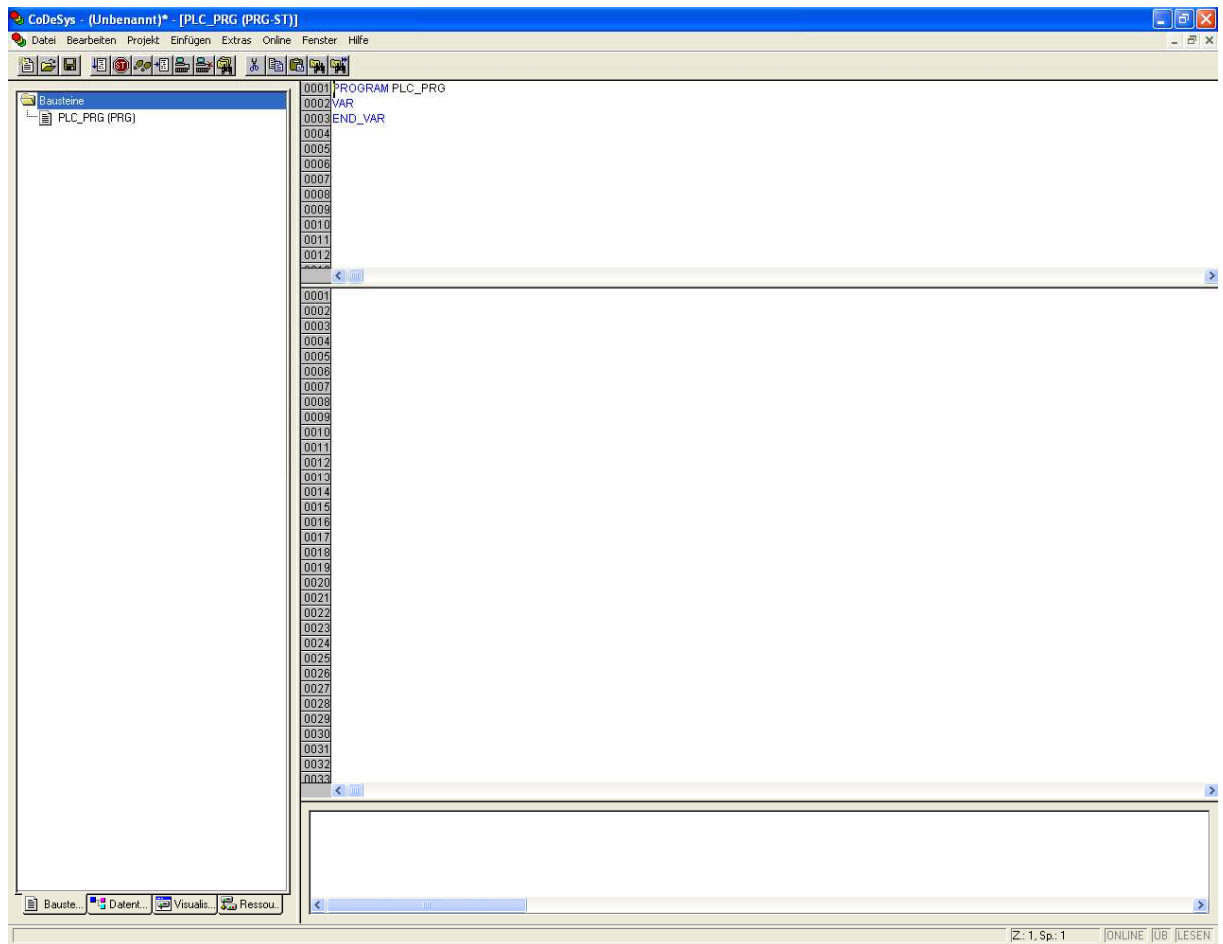


Abbildung 88 Wago SPS CoDeSys Zielsystem Einstellungen vorgenommen

Nun müssen der Wago SPS die angeschlossenen Komponenten und ihre Reihenfolge mitgeteilt werden, damit mit den empfangenen Daten umgegangen werden kann. Hierzu im linken Fenster unten den Reiter *Ressourcen* betätigen und den Punkt *Steuerkonfiguration* auswählen (Abbildung 89). Mit einem Rechtsklick auf *K-Bus(FIX)* gehen und *Element anhängen* → *hinzufügen* auswählen. Hier kann die entsprechende Klemme gesucht werden. In diesem Beispiel wurde die Klemme mit der Nummer 493 (3-Phasen Power Measurement Module) verwendet (Abbildung 90). Diese dann über den Doppelpfeil nach rechts hinzufügen.

Nach dem Hinzufügen der Klemme müssen im *Bibliotheksverwalter*, an der linken Seite zu finden, Einstellungen vorgenommen werden.

Hier muss nun die Bibliothek des Bausteins hinzugefügt werden (Abbildung 91). In diesem Beispiel ist dies „Power Measurment_03.lib“

5. Einrichtung der Systeme

Nach Abschluss dieses Vorgangs kann unten der Reiter *Ressourcen* verlassen werden und auf *Bausteine* gewechselt werden.

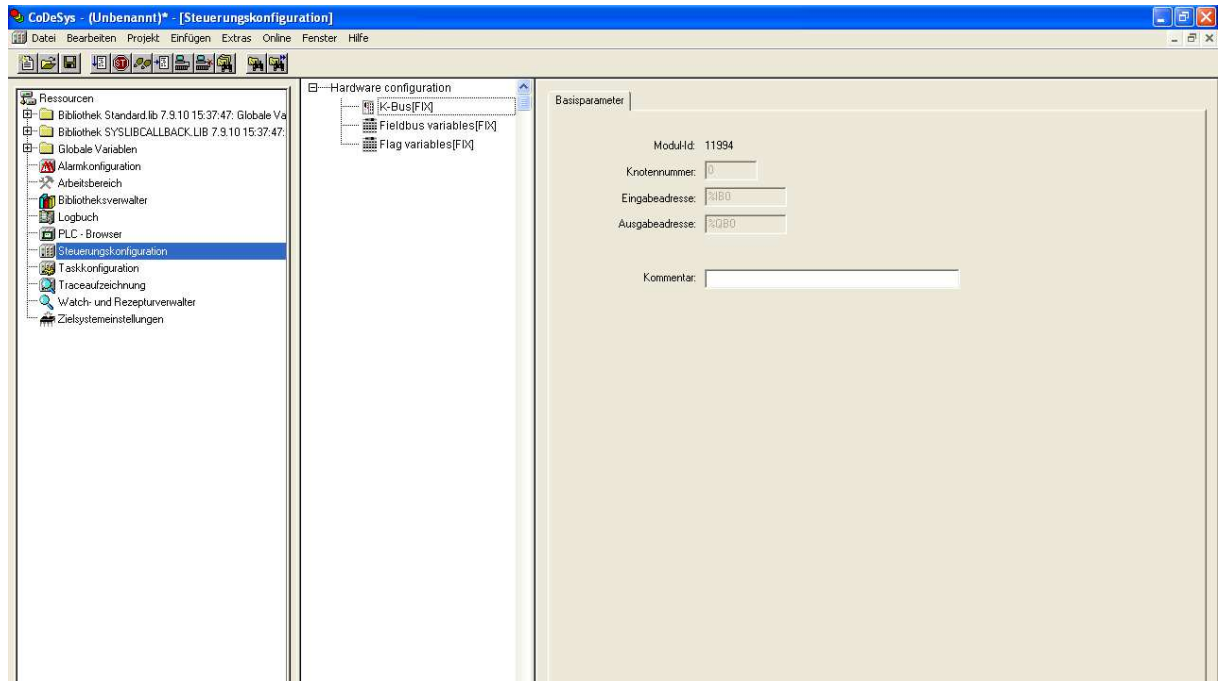


Abbildung 89 Wago SPS CoDeSys Ressourcen einstellen

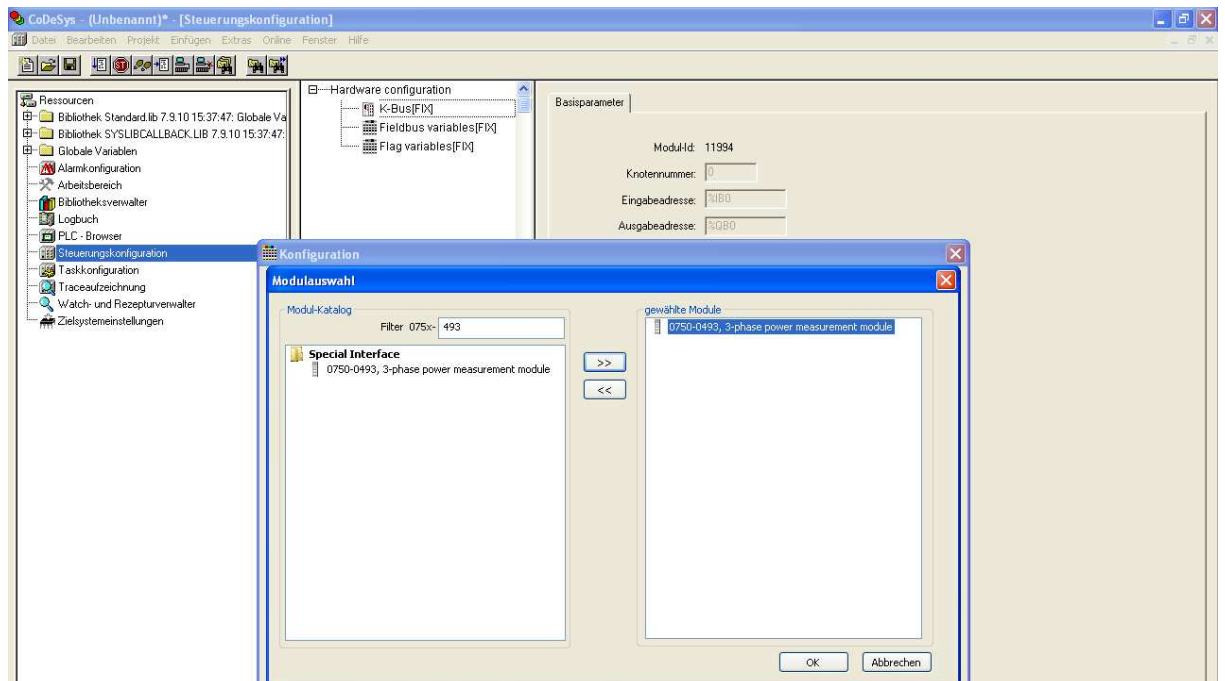


Abbildung 90 Wago SPS CoDeSys Ressourcen Element anhängen

5. Einrichtung der Systeme

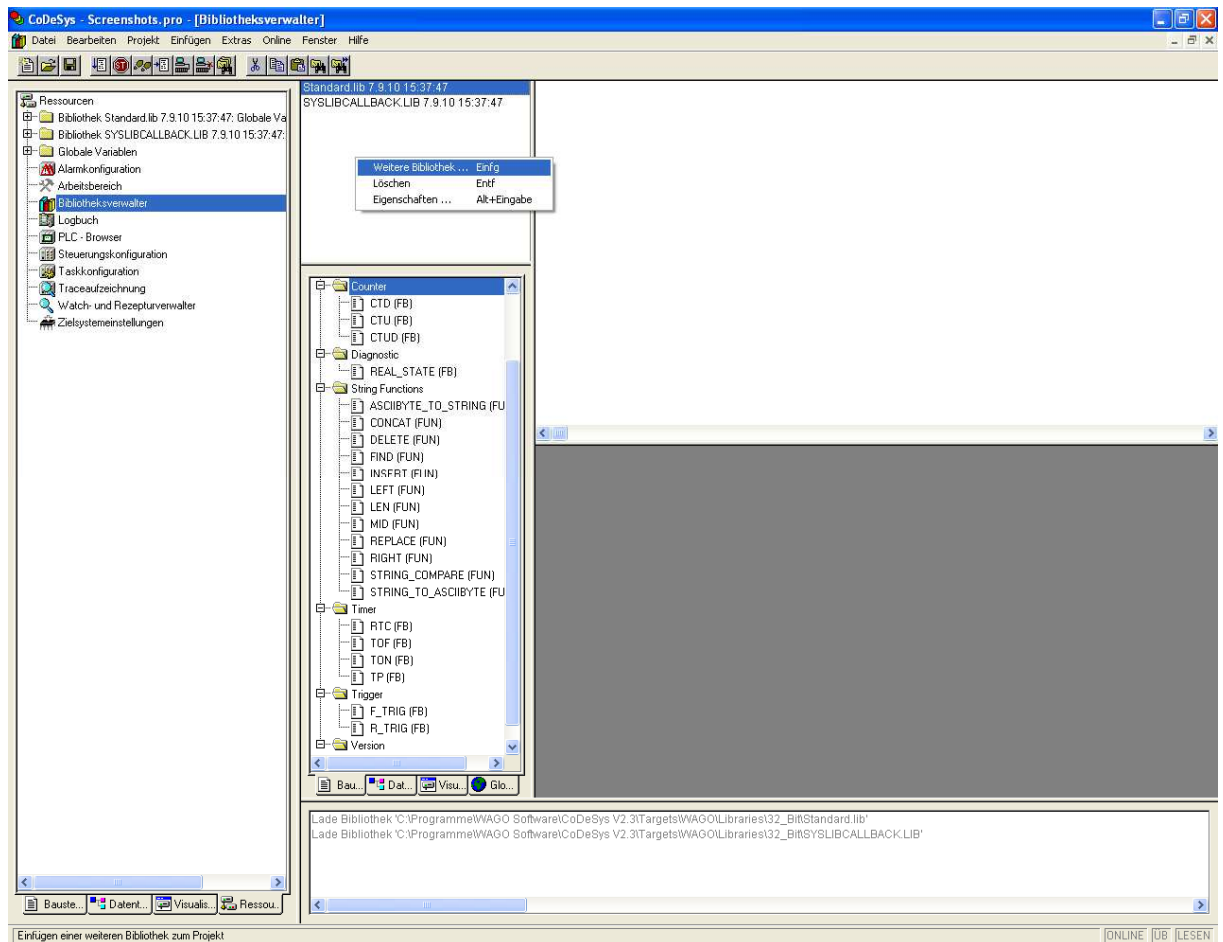


Abbildung 91 Wago SPS CoDeSys Bibliotheksverwalter Einstellungen

Dort mit einem Rechtsklick auf *Bausteine* → *Objekt einfügen* → *Neuer Baustein* einen neuen Baustein hinzufügen (Abbildung 92). Hier den Namen des neuen Bausteins eingeben und die Programmiersprache auswählen.

Jetzt im mittleren Hauptfenster mit einem Rechtsklick auf *Baustein* klicken, um einen neuen Baustein zu erzeugen. Dieser wird zunächst immer erst als ein AND Baustein angelegt. Dies kann aber geändert werden, indem man auf das AND klickt und dort den Namen des Bausteins eingibt, der benötigt wird z.B. OR. In diesem Beispiel wurde der Baustein: „Fb750_493_Master1Phase_1“ (Abbildung 93) gewählt. Es öffnet sich ein Fenster, welches bestätigt werden muss. Nun müssen die Variablen noch wie in Abbildung 94 beschrieben angelegt werden.

5. Einrichtung der Systeme

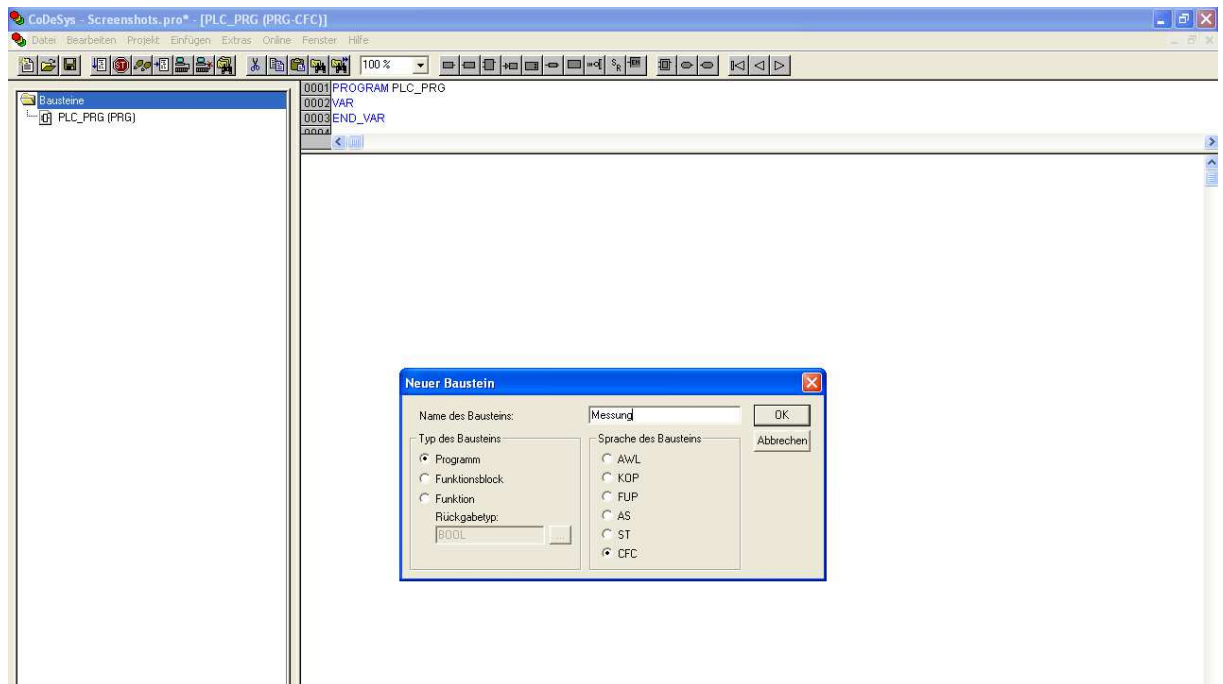


Abbildung 92 Wago SPS CoDeSys Baustein hinzufügen

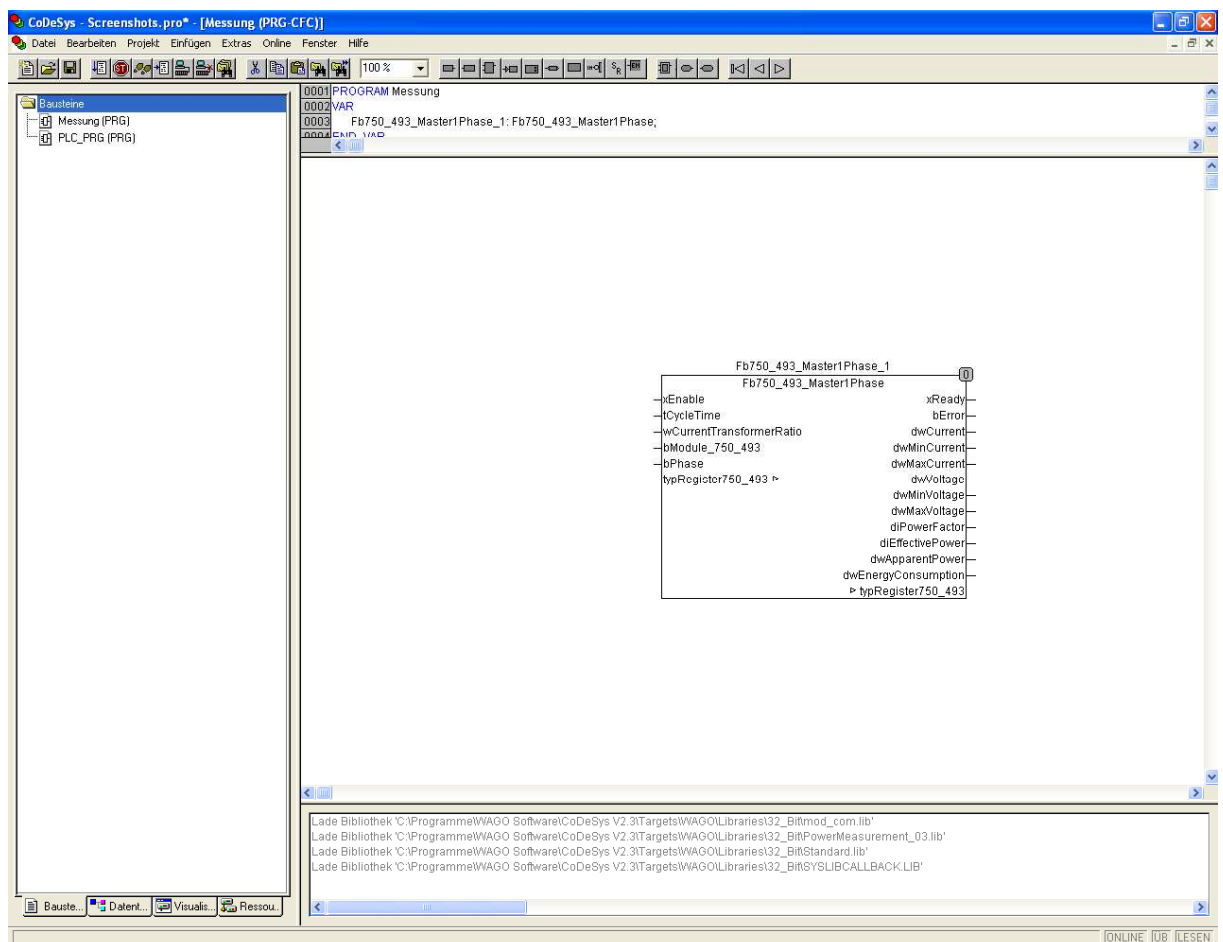


Abbildung 93 Wago SPS CoDeSys Klemmen Baustein

5. Einrichtung der Systeme

Als nächstes muss der vorgefertigte Baustein mit Eingängen belegt werden. Hierfür neben dem Baustein mit einem Rechtsklick auf *Eingänge erstellen* gehen. Diese dann mit dem Baustein verbinden und mit Variablen füllen, die vorher erstellt wurden. Der Eingang „bModule_750_493“ entspricht der Position, an welcher die Klemme im BUS (Steckplatz) steckt. Die Variable „bPhase“ gibt die zu messende Phase an (Abbildung 95).

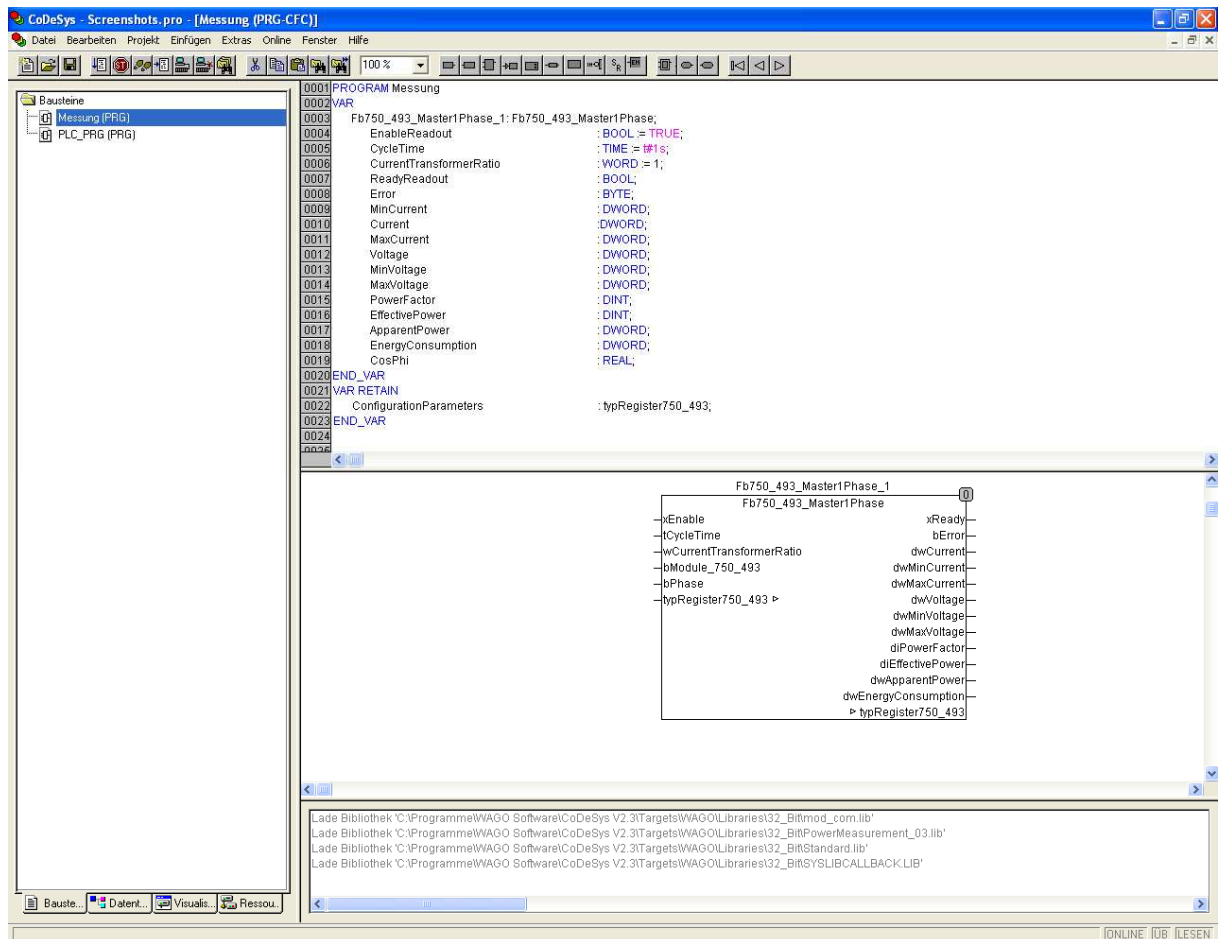


Abbildung 94 Wago SPS CoDeSys Baustein Variablen anlegen

Damit die gemessenen Werte später auch von IP-Symcon abgerufen werden können, müssen Globale Variablen angelegt werden, auf welche von außerhalb zugegriffen werden kann. Dies wird wieder über den Vorgang *Ressourcen* → *Globale Variablen* → *Globale Variablen* gemacht. Dargestellt wird dies in Abbildung 96. Den Variablen wird ein bestimmter Bereich im internen Speicher der SPS zugewiesen, welcher als „Merker Bereich“ bezeichnet wird. Je nach Länge der benutzten Datentypen muss der Speicherort der jeweiligen nächsten

5. Einrichtung der Systeme

Variablen berechnet werden, da intern immer der nächste mögliche freie Platz belegt wird. Dies ist in Abbildung 96 in grüner Schrift zu sehen.

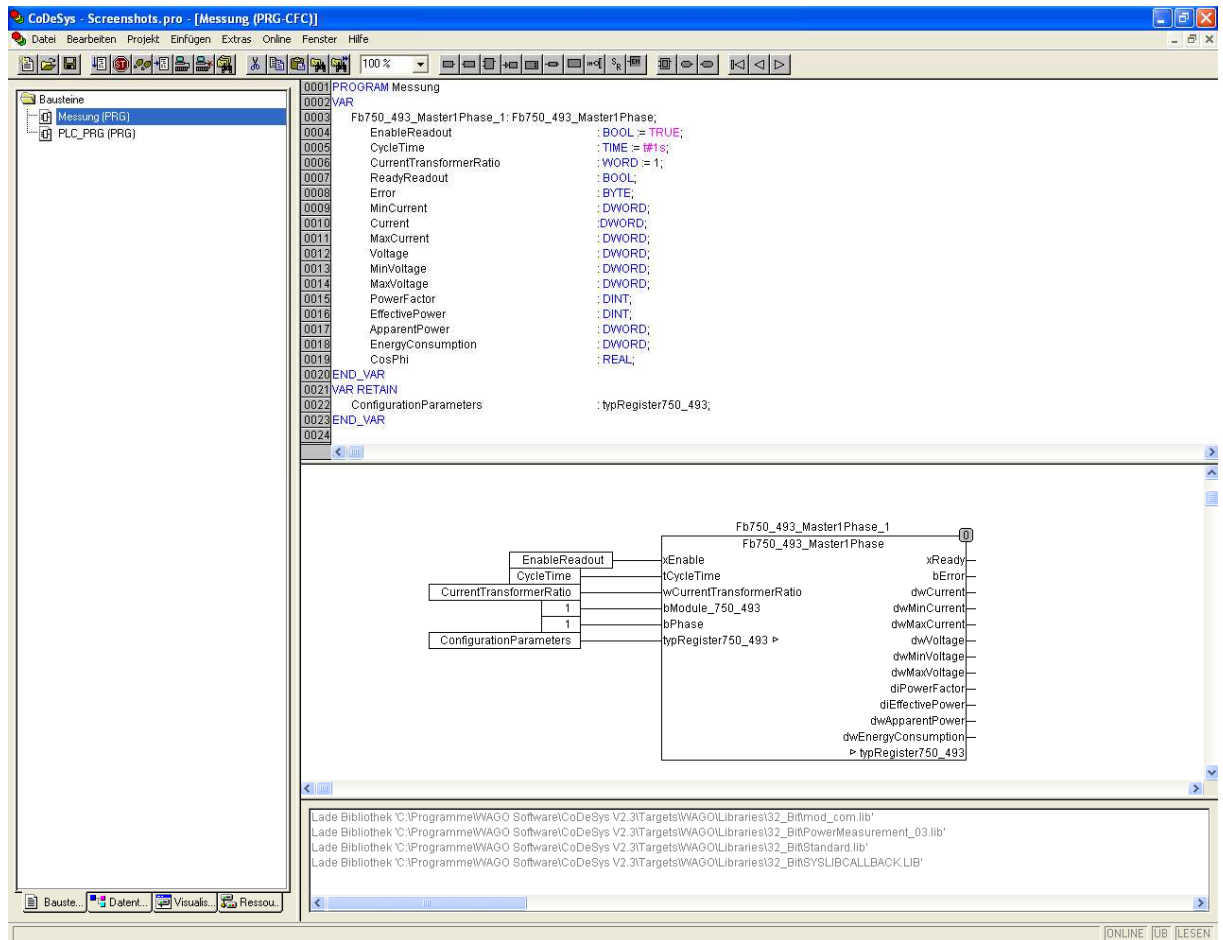


Abbildung 95 Wago SPS CoDeSys Baustein Eingänge belegen

Die ausgerechneten Werte entstehen in diesem Beispiel durch die Benutzung der Variablentypen DWORD und DINT, welche jeweils mit 16 Bit belegt sind und somit mit zwei Speicherabschnitten belegt werden. Um später mit IP-Symcon auf diese Werte zugreifen zu können muss die genaue Startposition der Merker-Adresse bestimmt werden. Hierzu muss im Benutzerhandbuch die Moduladresse des Merker Bereichs herausgesucht²⁵ werden. Die Modbus-Adressen sind dann wie die Merker-Adressen in 16 Bit eingeteilt.

²⁵ Vgl:

http://www.wago.com/wagoweb_china/public/750/ger_manu/coupler_controller/m07500881_0000000_0de.pdf ab Seite 223 Abgerufen 21.05.2013

5. Einrichtung der Systeme

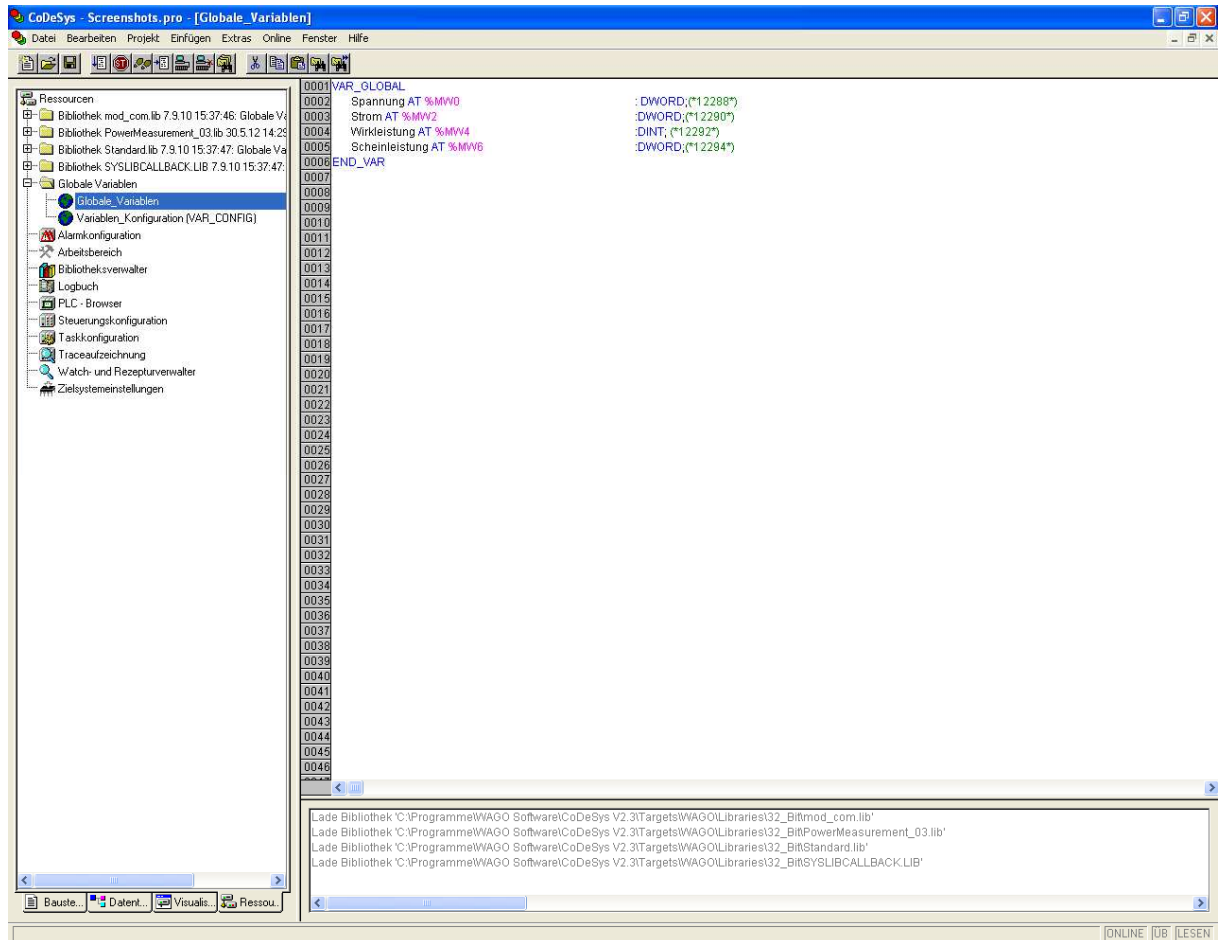


Abbildung 96 Wago SPS CoDeSys Globale Variablen erstellen

Merker-Adresse		Modbus-Adresse
%MW0	$\underline{\underline{\wedge}}$	12288
%MW1	$\underline{\underline{\wedge}}$	12289
%MW2	$\underline{\underline{\wedge}}$	12290

Nun kann zurück gekehrt werden zu *Baustein* → *Messung*, um die Ausgänge des Bausteins zu belegen. Dieser Vorgang ist identisch mit dem der Eingängen. In Abbildung 97 ist der fertige Baustein zu sehen.

Unter *PLC_PRG* muss nun noch das Messprogramm aufgerufen werden, da die Wago SPS sonst nicht in den Baustein springen kann. Dies geschieht über einen neu hinzugefügten Baustein. In diesen Baustein muss der Name des zu-

5. Einrichtung der Systeme

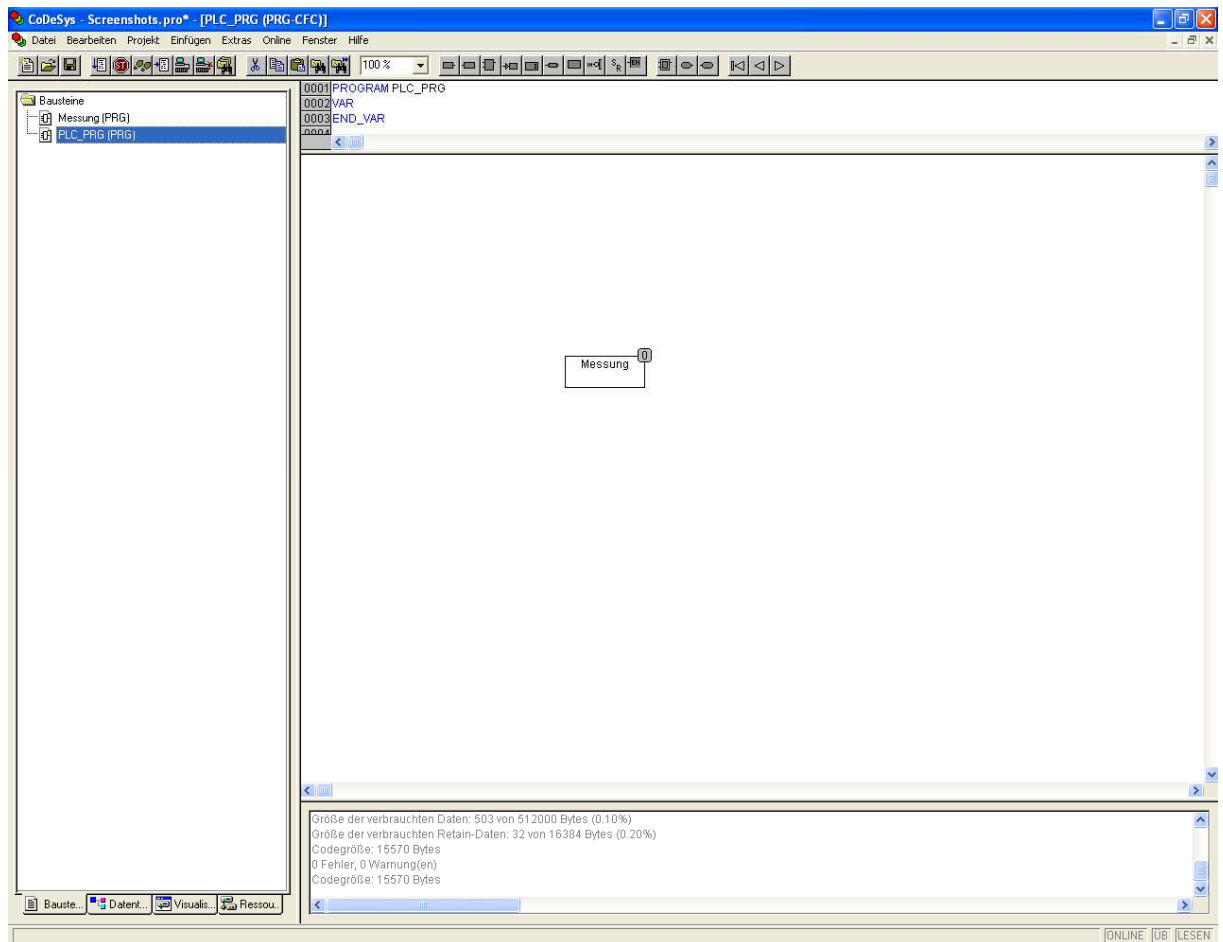


Abbildung 98 Wago SPS CoDeSys Messung in PLC_PRG aufrufen

IP-Symcon kann nun gestartet werden. Im *Objektbaum* muss eine neue Instanz hinzugefügt werden. *Rechtsklick* → *Instanz hinzufügen* → *ModBus* → *ModBus Gerät* (Abbildung 99).

Der zuvor programmierte Datentyp muss ausgewählt und die errechnete Leseadresse eingegeben werden. Danach unten auf das *Zahnrad* klicken, um zum *ModBus RTU TCP* zu gelangen. Durch erneuten Klick auf das *Zahnrad* erscheint der *Client Socket*, in welchem die IP-Adresse der Wago SPS und der Port eingegeben werden müssen (Abbildung 101).

5. Einrichtung der Systeme

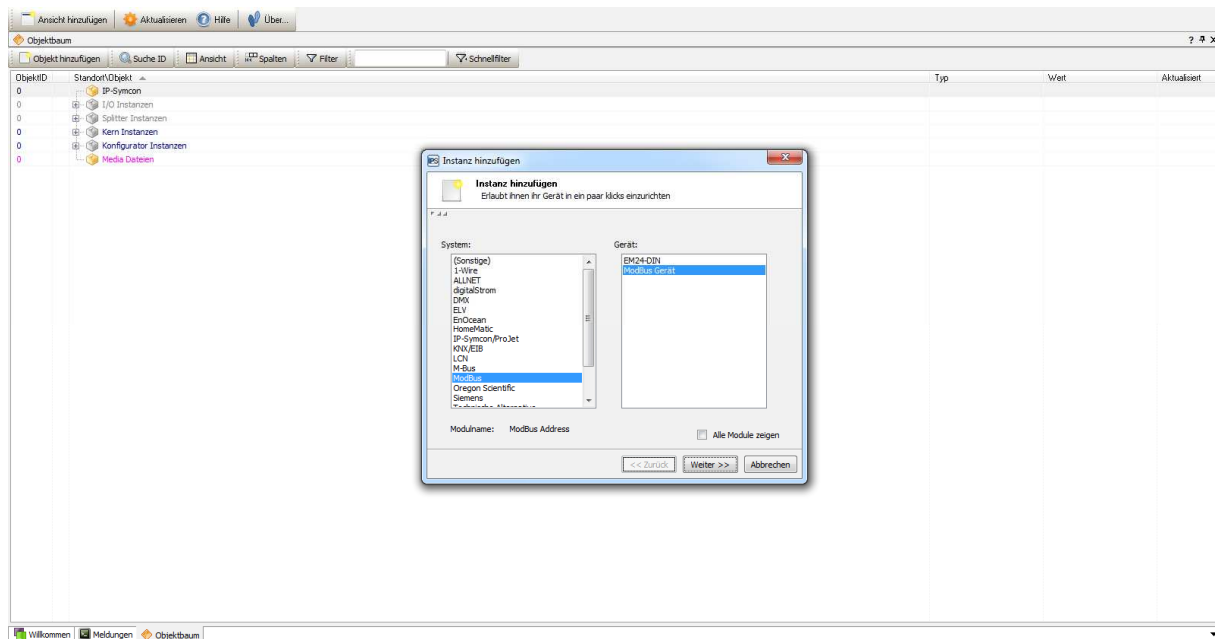


Abbildung 99 Wago SPS IP-Symcon Instanz hinzufügen

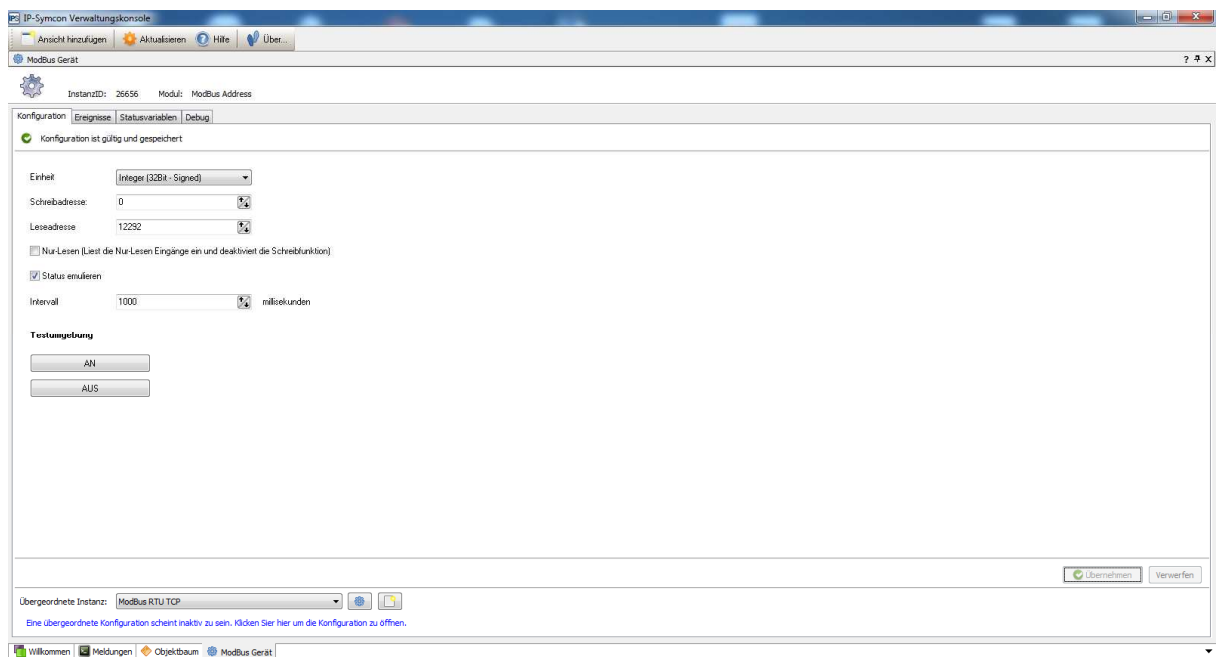


Abbildung 100 Wago SPS IP-Symcon Instanz Datentyp auswählen

5. Einrichtung der Systeme

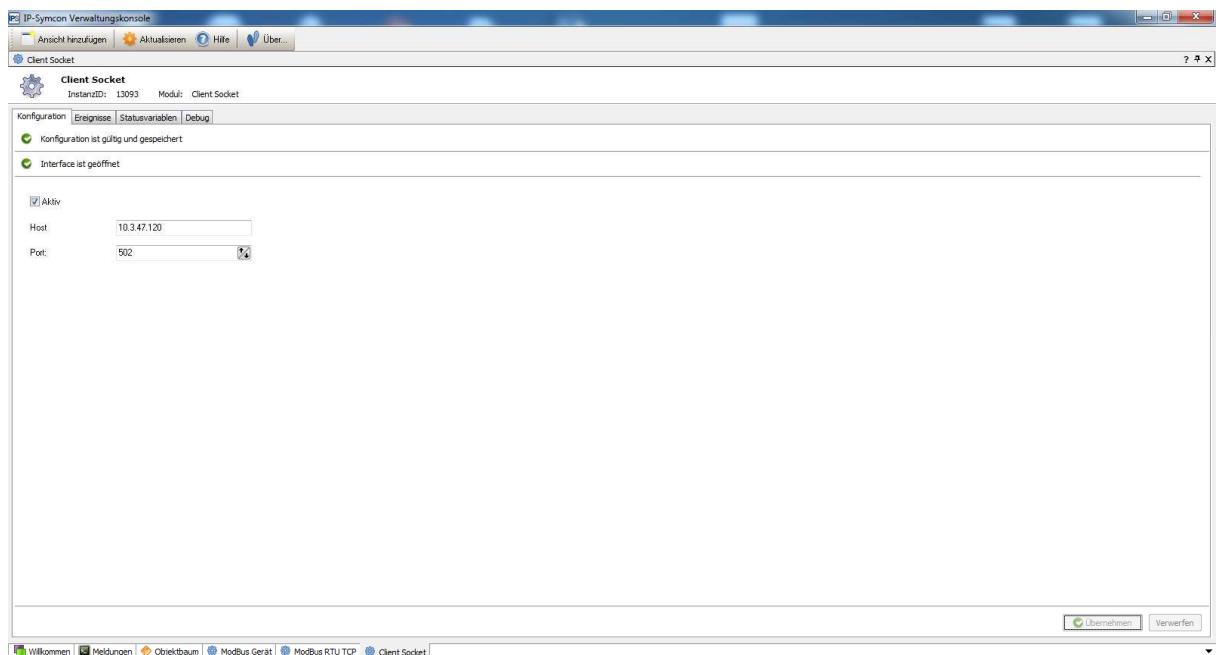


Abbildung 101 Wago SPS IP-Symcon Client Socket

Für jede weitere Variable, die von der Wago SPS bereitgestellt wird, muss nun eine neue Instanz erzeugt werden.

Da in diesem Beispiel ohne einen Stromwandler gemessen wird, sind die empfangenen Werte um den Faktor 10 zu groß und müssen daher neu skaliert werden. Dies kann über ein PHP Skript realisiert werden.

Die Daten können nun von IP-Symcon empfangen und angezeigt werden (Abbildung 102).

In den jeweiligen Instanzen kann das Abrufintervall frei auf den eigenen Bedarf eingestellt werden.

ObjektID	Standard/Objekt	Typ	Wert	Aktualisiert
0	IP-Symcon			
26656	ModBus Gerät			
54374	Value	ModBus Address	345	N/A
0	LJO Instanzen	Integer		12:21:32
0	Splitter Instanzen			
0	Kern Instanzen			
0	Konfigurator Instanzen			
0	Media Dateien			

Abbildung 102 Wago SPS IP-Symcon empfangender Wert

5.8 Einrichtung Voltcraft VSM–103

Die Einrichtung des Voltcraft Gerätes stellt sich recht einfach dar, da die verwendete Schnittstelle einfach in IP-Symcon zu implementieren ist. Zu Beginn muss im Objektbaum von IP-Symcon eine neue Instanz hinzugefügt werden *Instanz hinzufügen* → *IP-Symcon/ProJet* → *EKM-868* (Abbildung 103). Daraufhin öffnet sich die Instanz automatisch, in welche die Geräte-ID, Zähler-ID und die Impulse pro Kilowattstunde eingesetzt werden. Bei dem Voltcraft VSM–103 belaufen sich diese auf 400. Die Zähler-ID gibt an, welcher der vier möglichen Eingänge ausgewählt wurde. In Abbildung 104 ist dies genau dargestellt. Zusätzlich kann das Abfrageintervall eingestellt werden. Nach Einstellung der Werte kann diese Instanz wieder geschlossen werden. Es wird nun unter „I/O Instanzen“ eine neue Instanz hinzugefügt (*I/O*) → *Client Socket*. Um diese Auswahl angezeigt zu bekommen muss im Fenster unten rechts *Alle Module anzeigen* angeklickt sein (Abbildung 105).

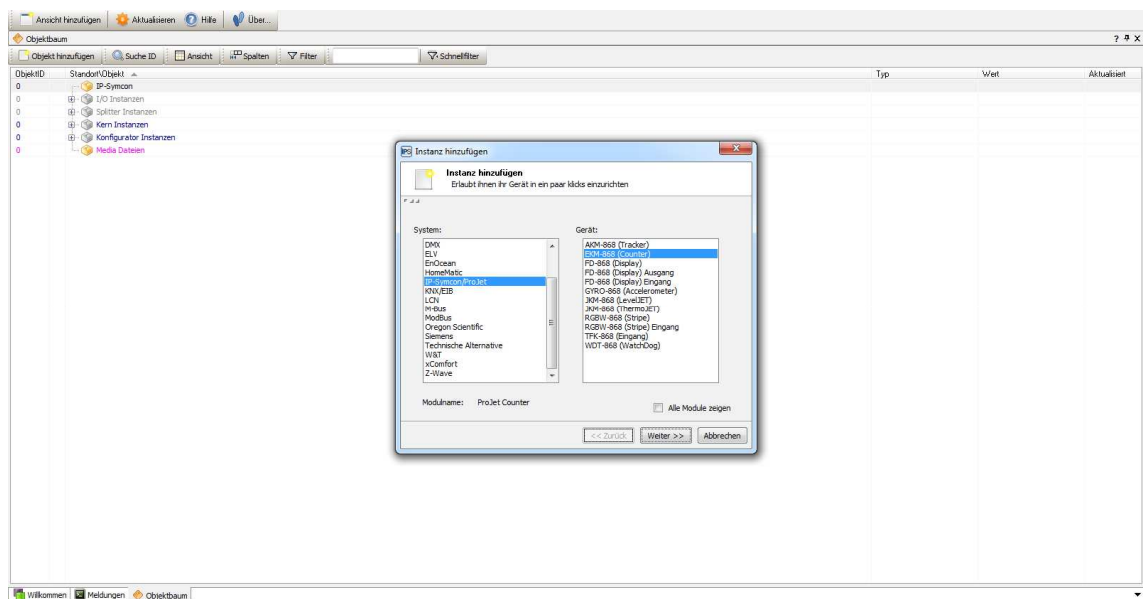


Abbildung 103 Voltcraft IP-Symcon Instanz hinzufügen

5. Einrichtung der Systeme

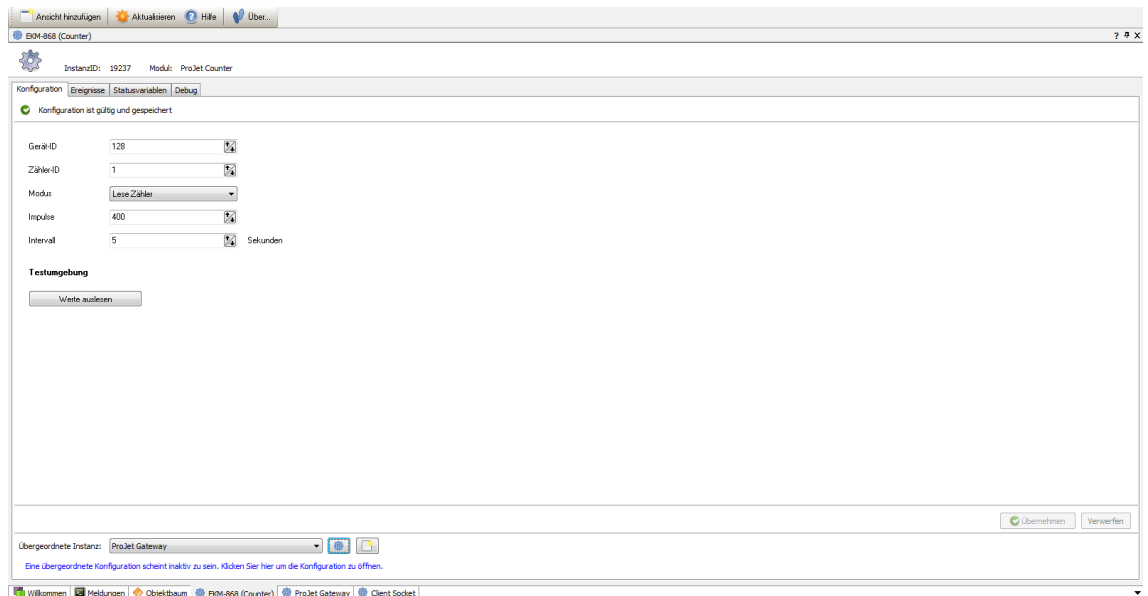


Abbildung 104 Voltcraft IP-Symcon Instanz Werteeingabe

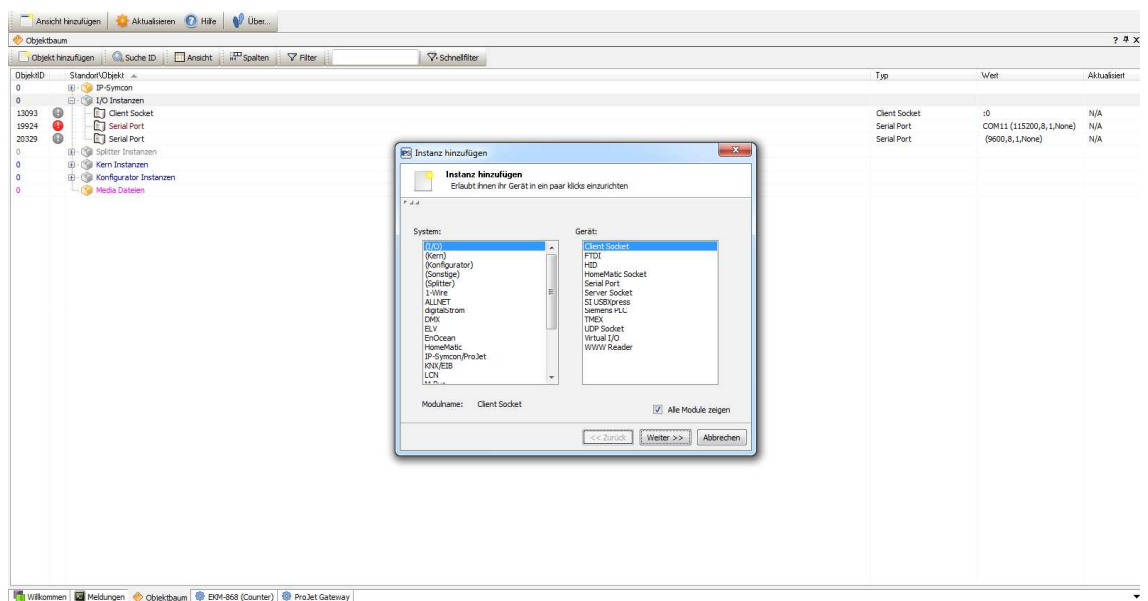


Abbildung 105 Voltcraft IP-Symcon I/O Instanz hinzufügen

In der Client Socket Instanz kann nun die IP des Empfängers und der Port eingegeben werden. In diesem Fall ist dies die des LAN-T 868 von Pro Jet die mit 10.3.46.93 und 10001 einzugeben ist (siehe Abbildung 105). Als letztes muss der Haken bei *Aktiv* gesetzt werden um den Socket zu aktivieren.

5. Einrichtung der Systeme

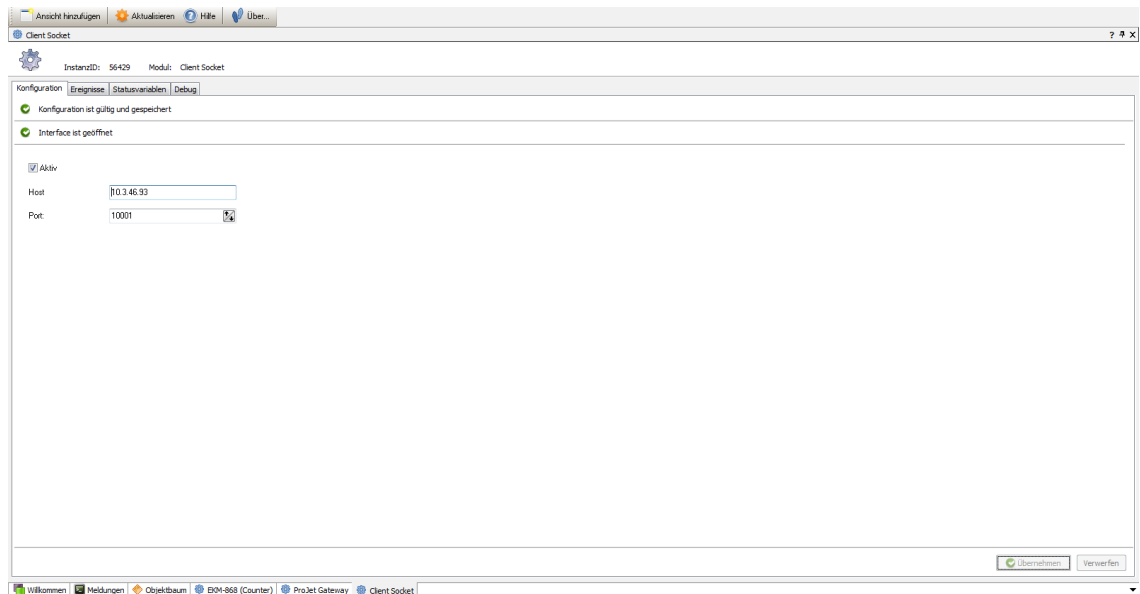


Abbildung 106 Voltcraft IP-Symcon Client Socket Einstellungen

Nach dem diesem Schritt kann zur EKM 868 Instanz zurück gekehrt werden, in welcher unten auf das Zahnrad gedrückt werden muss um zum „ProJet Gateway“ zu gelangen. In diesem muss, dann wie in Abbildung 107 markiert ist der neu erstellte „Client Socket“ ausgewählt werden. Das System ist nun fertig konfiguriert und kann die gesendeten Daten empfangen.

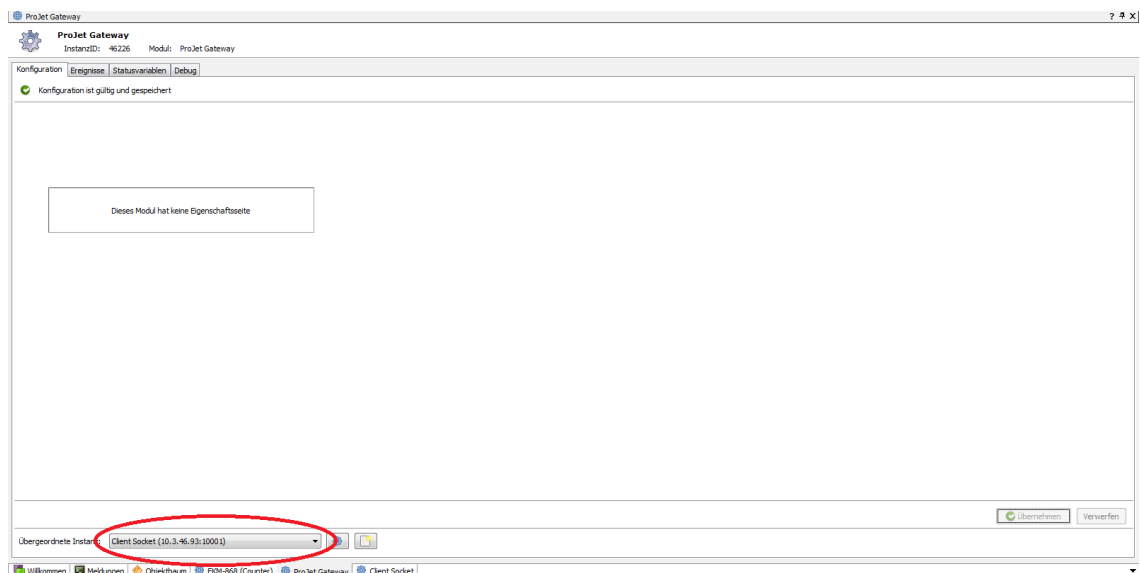


Abbildung 107 Voltcraft IP-Symcon ProJet Gateway

6 Auswertung der Messergebnisse

Tabelle 1 Gesamtauswertung der Systeme

Gerät	Wirkleistungs- messung	Blindleis- tungs- messung	Scheinleis- tungs- mes- sung	Durchschnitt- licher Fehler in[%]	Verbrauc- hsmes- sung	Komu- nikati- onsart	Nach- rüstbar keit
Digitalstrom	Ja	Nein	Nein	3,98	Nein	Kabel	mittel
Eltako	Ja	Nein	Nein	2,61	Ja	Funk	mittel
ABB DEL- TApus DBB13000	Ja	Ja	Ja	0,83	Ja	Kabel	schwer
AeonLabs	Nein	Nein	Ja	58,26 ²⁶	Ja	Funk	leicht
xComfort unter Putz	Ja	Nein	Nein	1,12	Nein	Funk	mittel
xComfort Stecker	Ja	Nein	Nein	1,26	Nein	Funk	Leicht
Wago SPS	Ja	Ja	Ja	2,11	Nein	Kabel	schwer
NorthQ	Ja	Nein	Nein	-	Ja	Funk	leicht
Voltcraft VSM-103	Ja	Ja	Ja	4,28	Nein	Funk	mittel

6.1 Auswertung Digitalstrom

In der Auswertung des Messgerätes der Firma AIZO wird nur die Wirkleistungsmessung betrachtet, da dieses Messgerät Blind- und Scheinleistung nicht erfassen kann.

6.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 2 dS ohmsche Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	40	41,07	2,605308011
2 Ohm 80W	81	81,55	0,674432863
3 Ohm 120W	122	121,86	0,114885935

Wie in der obigen Tabelle 2 zu sehen ist, liefert das Meter sehr gute Ergebnisse. Durch die Messung in Ein-Watt-Schritten, ergeben sich größere Fehler. Anhand der ersten Messung wird die Problematik deutlich, da ein größer Fehler

²⁶ Bezieht sich auf die Wirkleistung da mit dieser Geworben wird

6. Auswertung der Messergebnisse

vorliegt. Die beiden anderen Messungen sind entsprechen der ein Watt-Skalierung recht genau.

Ein durchschnittlicher Fehler von 1,13% bedeutet ein gutes Ergebnis.

6.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 3 dS kapazitive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	13	13,67	4,901243599
2 Kapa 30W	25	25,55	2,152641879
3 Kapa 45W	37	37,2	0,537634409

In Tabelle 3 ist die Messung der Kapazitiven Verbraucher dargestellt. Da allerdings nur in Ein-Watt-Schritten gemessen wird, können die gezeigten Fehler auftreten. Davon abgesehen stimmen die Messungen des Meters sehr genau mit denen des Yokogawa Messgerät überein.

Bei einem durchschnittlichen Fehler von 2,53% ist auch dieses ein gutes Ergebnis.

6.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 4 dS induktive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	15	16,96	11,55660377
2 Ind 22W	31	33,91	8,581539369
3 Ind 33W	48	50,35	4,667328699

Tabelle 4 zeigt die Auswertung der Induktiven Lasten. Im Vergleich zu den ohmschen und induktiven Messungen treten hier größere Fehler auf. Es liegt ein durchschnittlicher Fehler von 8,27% vor.

6.2 Auswertung Eltako

In der Auswertung des Messgerätes der Firma Eltako wird nur die Wirkleistungsmessung betrachtet, da dieses Messgerät Blind- und Scheinleistung nicht erfassen kann.

6.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 5 Eltako ohmsche Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	41	41,04	0,097465887
2 Ohm 80W	82	81,86	0,171023699
3 Ohm 120W	124	122,27	1,414901448

Wie in Tabelle 5 zu sehen ist, liefert das Meter sehr genaue Ergebnisse. Durch die Anzeige in Ein-Watt-Schritten tritt zwangsläufig eine Ungenauigkeit der Messwerte auf.

Der durchschnittliche Fehler liegt bei 0,56%, was ein sehr gutes Ergebnis darstellt.

6.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 6 Eltako kapazitive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	12	13,22	9,228441755
2 Kapa 30W	25	25,33	1,302803
3 Kapa 45W	37	37,43	1,148811114

Tabelle 6 zeigt die Auswertung der kapazitiven Verbraucher. Der durchschnittliche Fehler dieser Messung liegt bei 2,53%, was ein akzeptables Ergebnis darstellt. Wie in Abschnitt 5.2.1 ist auch dieser Fehler auf die Anzeigeweise in nur Ein-Watt-Schritten zurückzuführen. Die erste Messung lässt erschließen, dass sich dieses Gerät nicht besonders für die Messung von kleinen kapazitiven Verbrauchern eignet.

6.2.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 7 Eltako induktive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	16	16,96	5,660377358
2 Ind 22W	33	33,78	2,309058615
3 Ind 33W	50	51,09	2,13348992

In Tabelle 7 sind die Messergebnisse der induktiven Verbraucher aufgelistet. Der durchschnittliche Fehler beträgt 3,36%. Dieser liegt in einem akzeptablen Bereich. Auch hier ist ein Teil des Fehlers auf die Ein-Watt-Anzeige zurückzuführen.

6.2.4 Gesamtauswertung Eltako

Der durchschnittliche Fehler bei allen Leistungsmessungen beläuft sich auf 2,61%. Das erhaltene Messergebnis ist für ein Gerät dieser Preiskategorie als sehr gut zu bewerten. Für den Einsatz im Haushalt ist dieses Gerät durchaus empfehlenswert.

Auch für „Langzeit Verbrauchsmessungen“ ist eine Empfehlung auszusprechen, da die Leistungen kontinuierlich aufgenommen werden und somit einen sehr genauen Verbrauch des Gerätes wiedergeben.

6.3 Auswertung ABB DELTAplus DBB13000

In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Leistungsmessungen bewertet.

6.3.1 Auswertung der Wirkleistungsmessung des ABB DELTAplus DBB13000

Im folgenden wird Wirkleistungsmessung für verschiedene Verbraucher bewertet.

6.3.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 8 DELTAplus Wirkleistung ohmsche Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	41,469	41,44	0,069980695
2 Ohm 80W	82,47	82,46	0,012127092
3 Ohm 120W	124,299	124,15	0,12001611

In Tabelle 8 ist die Wirkleistungsmessung der ohmschen Verbraucher abgebildet, bei denen ein durchschnittlicher Fehler von 0,06% vorliegt.

Nach den Auswertungskriterien dieser Arbeit ist dies als ein sehr genaues Ergebnis zu werten. Es handelt sich sogar um die genaueste Messung des gesamten Versuches. Das Gerät ist daher sehr gut für Messungen dieser Art geeignet.

6.3.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 9 DELTAplus Wirkleistung kapazitive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	12,759	12,47	2,317562149
2 Kapa 30W	25,859	25,7	0,618677043
3 Kapa 45W	39,979	39,81	0,424516453

Tabelle 9 zeigt das Messergebnis der kapazitiven Messung. Wegen des sehr geringen Fehlers von 1,12% ist das Gerät auch für diese Messung sehr gut geeignet. Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass die zu messenden Größen nicht zu klein werden. Dies ist anhand der ersten Messung zu erkennen, da dort im Verhältnis zu den weiteren Messungen ein großer Fehler aufgetreten ist.

6.3.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 10 DELTAplus Wirkleistung induktive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	16,789	16,77	0,113297555
2 Ind 22W	33,63	33,45	0,538116592
3 Ind 33W	50,259	50,24	0,037818471

Wie in Tabelle 10 zu sehen ist, ist das Gerät auch für Messungen induktiver Verbraucher sehr gut geeignet. Es liegt ein durchschnittlicher Fehler von 0,23% vor (vgl. 5.3.1.1, 5.3.1.2).

6.3.2 Auswertung der Blindleistungsmessung des ABB DELTAplus DBB13000

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung der Blindleistungsmessung statt. Hierfür wurden verschiedene Verbraucher eingesetzt.

6.3.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 11 DELTAplus Blindleistung ohmsche Verbraucher

	Meter in $ [\text{var}] $	Yokogawa in $ [\text{var}] $	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	0,639	0,47	35,95744681
2 Ohm 80W	1,129	0,97	16,39175258
3 Ohm 120W	1,759	1,27	38,50393701

In Tabelle 11 ist die Blindleistungsmessung der ohmschen Verbraucher abgebildet. Der durchschnittliche Fehler liegt hier bei 30,28%. Da es sich hier allerdings um sehr niedrige Werte handelt, entstehen auch bei geringen Abweichungen relativ hohe prozentuale Fehler. Aus diesem Grund ist das Gerät trotz des hohen Fehlers für Blindleistungsmessungen mit ohmschen Verbrauchern gut geeignet. Allerdings ist das Gerät für Messungen unter 2 var wegen der geringen Empfindlichkeit nicht geeignet.

6.3.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 12 DELTAplus Blindleistung kapazitive Verbraucher

	Meter in $ [\text{var}] $	Yokogawa in $ [\text{var}] $	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	5,559	5,31	4,689265537
2 Kapa 30W	11,109	11,01	0,899182561
3 Kapa 45W	17,779	17,34	2,53171857

Die Messergebnisse der Blindleistungsmessung mit kapazitiven Verbrauchern sind in Tabelle 12 dargestellt. Der durchschnittliche Fehler beträgt 2,71%. Dies

sind für den Heimgebrauch sehr genaue Messergebnisse, weshalb das Gerät für diese Art von Messungen zu empfehlen ist.

6.3.2.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 13 DELTAplus Blindleistung induktive Verbraucher

	Meter in [var]	Yokogawa in [var]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	33,159	33,4	0,721556886
2 Ind 22W	66,29	66,31	0,030161363
3 Ind 33W	96,819	97,12	0,309925865

Tabelle 13 zeigt die Blindleistungsmessung der induktiven Verbraucher. Bei einem durchschnittlichen Fehler von 0,35% zeigt das Gerät auch hier gute Ergebnisse.

6.3.3 Auswertung der Scheinleistungsmessung des ABB DELTAplus DBB13000

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung der Scheinleistungsmessung statt. Hierfür wurden verschiedene Verbraucher eingesetzt.

6.3.3.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 14 DELTAplus Scheinleistung ohmsche Verbraucher

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	41,54	41,44	0,241312741
2 Ohm 80W	82,629	82,46	0,204947854
3 Ohm 120W	124,329	124,15	0,144180427

Die Messergebnisse der Scheinleistungsmessung der ohmschen Verbraucher sind in Tabelle 14 zu finden. Der durchschnittliche Fehler bei diesen Messungen beläuft sich auf 0,19%. Anhand dieser Messung kann auch hier eine Empfehlung für dieses Gerät ausgesprochen werden.

6.3.3.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 15 DELTAplus Scheinleistung kapazitive Verbraucher

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	21,729	21,03	3,32382311
2 Kapa 30W	43,129	43,235	0,245171736
3 Kapa 45W	66,709	65,65	1,613099772

Die in Tabelle 15 aufgeführten Ergebnisse zeigen die Scheinleistungsmessungen der kapazitiven Verbraucher. Es liegt ein durchschnittlicher Fehler von 1,72% vor. Das Gerät ist nach den für diesen Versuch gültigen Kriterien auch für diese Messungsart empfehlenswert.

6.3.3.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 16 DELTAplus Scheinleistung induktive Verbraucher

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	37,389	37,517	0,341178666
2 Ind 22W	74,33	74,202	0,172502089
3 Ind 33W	109,229	109,642	0,376680469

In Tabelle 16 ist die Scheinleistungsmessung der induktiven Verbraucher zu sehen. Da auch hier wieder nur ein durchschnittlicher Gesamtfehler von 0,29% vorliegt, ist wie in allen vorherigen Messungen eine Empfehlung auszusprechen.

6.3.4 Gesamtauswertung des ABB DELTAplus DBB13000

Der Gesamtfehler sämtlicher Messreihen beläuft sich auf 0,83%, wenn die Messungen der Blindleistung von ohmschen Verbräuchen nicht mit einberechnet werden. Dieser Fall wurde aus der Berechnung heraus genommen, da es das Gesamtergebnis zu sehr verfälschen würde. Diese Messung zeigt die einzige Schwachstelle des Gerätes. Prozentual gesehen sind die Fehler bei Messungen unter 2 Messeinheiten sehr hoch. Für den Hausgebrauch ist dies jedoch unbedeutend, da es sich hier gewöhnlich um größere Verbraucher handelt.

Ansonsten ist das Messgerät für viele unterschiedliche Verbraucher und Messarten sehr geeignet. Die Messungen zeigen, dass das Messgerät sowohl Si-

nusförmigeverbraucher genau misst, aber auch bei nicht Sinusförmigen sehr gut abschneidet. Die guten Ergebnisse sind auch darauf zurückzuführen, dass alle nötigen Werte gemessen werden und nicht wie bei anderen Geräten mit festen Werten gerechnet wird (z.B. wird der $\cos(\varphi)$ bestimmt und es wird nicht von einer konstanten Spannung ausgegangen).

6.4 Auswertung AeonLabs Home Energie Meter (Z-Wave)

In der Auswertung des Messgerätes der Firma AeonLabs wird nur die Scheinleistungsmessung betrachtet, da dieses Messgerät Blind- und Wirkleistung nicht erfassen kann. In der Beschreibung der Firma wird jedoch fälschlicher Weise mit einer Wirkleistungsmessung²⁷ geworben. Aus diesem Grund werden in dieser Auswertung zum einen die Messergebnisse mit den Referenzwerten der Scheinleistung verglichen, und zum anderen mit denen der Wirkleistung, die laut Beschreibung gemessen werden sollte.

6.4.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 17 AeonLabs ohmsche Verbraucher Scheinleistung

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	40,48	41,41	2,24583434
2 Ohm 80W	81,42	82,43	1,225282058
3 Ohm 120W	122,13	123,5	1,109311741

Tabelle 17 und Tabelle 18 zeigen die Messungen des Gerätes von AeonLabs. Im Fall der ohmschen Verbraucher sind die Messungen identisch. Deswegen wird im weiteren nur auf Tabelle 17 eingegangen.

Der durchschnittliche Gesamtfehler beträgt bei dieser Messung 1,52%. Dies ist für dieses Gerät ein guter Wert, da von einer konstanten Spannung von 230V ausgegangen wird. Es findet nur eine induktive Messung des Stromes statt. Die geringen Messabweichungen können aus diesem Grund mehrere Ursachen

²⁷

http://store.zwaveeurope.com/product_info.php?products_id=774&XTCsid=2ba77e16a94b1a8f8fa48a4d89bd4242 Abgerufen am 8.8.2013

6. Auswertung der Messergebnisse

haben. Zum einen könnte die Spannung nicht konstant gewesen sein oder die Strommesszange ist zu ungenau.

Tabelle 18 AeonLabs ohmsche Verbraucher Wirkleistung

	Meter in [VA]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	40,48	41,41	2,24583434
2 Ohm 80W	81,42	82,42	1,213297743
3 Ohm 120W	122,13	123,49	1,101303749

6.4.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 19 AeonLabs kapazive Verbraucher Scheinleistung

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	19,78	20,337	2,738850371
2 Kapa 30W	39,79	43,731	9,011913745
3 Kapa 45W	64,63	65,252	0,953227487

In Tabelle 19 sind die Ergebnisse der kapazitiven Messung dargestellt. Der durchschnittliche Fehler liegt bei 4,23%. Dies ist unter Berücksichtigung der Fehlerquellen (Abschnitt 5.4.1) ein akzeptables Ergebnis. Betrachtet man allerdings die Wirkleistung, die das Gerät laut Anleitung (vgl. Abschnitt 5.4) messen soll, steigt der Fehler drastisch an auf 60,39% (Tabelle 20). Dies ist ein viel zu hoher Fehler, womit die Messung als unbrauchbar zu betrachten ist.

Tabelle 20 AeonLabs kapazive Verbraucher Wirkleistung

	Meter in [VA]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	19,78	11,9	66,21848739
2 Kapa 30W	39,79	26,25	51,58095238
3 Kapa 45W	64,63	39,56	63,37209302

6.4.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 21 AeonLabs induktive Verbraucher Scheinleistung

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	35,88	36,42	1,482701812
2 Ind 22W	72,22	72,11	0,152544723
3 Ind 33W	109,25	110,19	0,853071967

Die Messung der Scheinleistung ist in Tabelle 21 dargestellt. Der durchschnittliche Fehler dieser Messung beträgt 0,83%. Aufgrund der möglichen Fehlerquellen (Kapitel 5.4.1) erscheint diese Messung allerdings als eher positiv.

In diesem Fall müssen alle fest eingestellten Werte der Realität entsprochen haben. Von diesem Fall kann aber nicht immer ausgegangen werden. In Tabelle 22 sind die Messergebnisse mit der tatsächlichen Wirkleistung aufgelistet. Diese Messung ist wie die kapazitive Messung nicht zu verwenden, da der durchschnittliche Fehler hier sogar noch höher ist als der der kapazitiven. Er liegt bei 112,86%.

Tabelle 22 AeonLabs induktive Verbraucher Wirkleistung

	Meter in [VA]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	35,88	16,91	112,1821407
2 Ind 22W	72,22	33,71	114,2390982
3 Ind 33W	109,25	51,49	112,1771218

6.4.4 Gesamtauswertung AeonLabs Home Energie Meter(Z-Wave)

Der durchschnittliche Fehler beläuft sich bei allen Messungen auf 58,26%, wenn von der Wirkleistung ausgegangen wird, mit der in der Anleitung (vgl. Abschnitt 5.4) geworben wird. Dieser Fehler ist zu groß für eine repräsentative Messung. Wird allerdings von der gemessenen Scheinleistung ausgegangen, liegt der durchschnittliche Fehler bei nur 2,19%, welches ein positiver Wert für ein Gerät in dieser Preisklasse ist. Dieses Ergebnis ist allerdings mit Vorsicht zu betrachten, da von diesem Gerät nur der Strom gemessen werden kann. Die Spannung und der $\cos(\varphi)$ werden als konstant angesehen, was in der Realität leider nicht immer der Fall ist.

Würde dem Verbraucher mitgeteilt, dass es sich bei der Messung um die Scheinleistung und nicht um die Wirkleistung handelt, wäre das Gerät allerdings eingeschränkt zu empfehlen, da es leicht zu installieren ist und kein großer Verkabelungsaufwand durchgeführt werden muss. Dies liegt an den Klemmen, da diese nur um das zu messende Kabel gelegt werden müssen.

Eine genaue Verbrauchsmessung ist jedoch nicht möglich, da die Leistung nur zu dem jeweiligen Messzeitpunkt aufgenommen wird (ca. alle 12min) und das

Gerät die aufgenommene Leistung in der Zwischenzeit nicht registriert. Aus diesem Grund ist das Gerät für diese Aufgabe ungeeignet.

6.5 Auswertung xComfort

In der Auswertung des Messgerätes xComfort der Firma Eaton wird nur die Wirkleistungsmessung betrachtet, da die beiden Sensoren Blind- und Scheinleistung nicht erfassen können.

6.5.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung des Zwischenstecker und des Unterputz-Gerätes statt. Hierfür wurden ohmsche Verbraucher eingesetzt.

6.5.1.1 Zwischenstecker

Tabelle 23 xComfort Zwischenstecker ohmsche Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	40,4	41,02	1,511457825
2 Ohm 80W	80,6	81,71	1,358462856
3 Ohm 120W	120,7	122,45	1,429154757

In Tabelle 23 ist die Messung des Eaton Zwischensteckers dargestellt. Bei einem durchschnittlicher Fehler von 1,43%. Aufgrund des geringen Fehlers liefert das Gerät gute Ergebnisse, die nah an denen des Vergleichsgerätes liegen. Es ist damit bedenkenlos empfehlenswert.

6.5.1.2 Unterputz-Gerät

Tabelle 24 xComfort Unterputz-Gerät ohmsche Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	40,7	40,94	0,586223742
2 Ohm 80W	80,8	81,56	0,931829328
3 Ohm 120W	120,8	122,25	1,18609407

6. Auswertung der Messergebnisse

Die Messung ohmscher Verbraucher ist in Tabelle 24 zu sehen. Der durchschnittliche Fehler beträgt bei diesen Messungen 0,90%. Das Gerät kann von daher bedenkenlos für derartige Messungen verwendet werden.

6.5.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung der Zwischenstecker und des Unterputz-Gerätes statt. Hierfür wurden kapazitive Verbraucher eingesetzt.

6.5.2.1 Zwischenstecker

Tabelle 25 xComfort Zwischenstecker kapazitive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	12,4	12,38	0,161550889
2 Kapa 30W	25,7	26,12	1,607963247
3 Kapa 45W	37,7	38,93	3,159517082

Tabelle 25 zeigt die Messwerte der kapazitiven Verbraucher und ergaben einen durchschnittlichen Fehler von 1,64%. Dies ist ein gutes Ergebnis für das Gerät und damit auch für diese Verbraucher empfehlenswert.

6.5.2.2 Unterputz-Gerät

Tabelle 26 xComfort Unterputz-Gerät kapazitive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	12,5	12,79	2,267396403
2 Kapa 30W	25,7	26,2	1,908396947
3 Kapa 45W	39	38,75	0,64516129

Tabelle 26 zeigt die Messung des Unterputz-Gerätes. Es liegt ein durchschnittlicher Fehler von 1,61% vor. Dies ist wie beim Zwischenstecker ein gutes Ergebnis, womit dieses Gerät ebenfalls für derartige Messungen zu empfehlen ist.

6.5.3 Auswertung induktiver Verbraucher

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung der Zwischenstecker und des unter Putz Gerätes statt. Hierfür wurden induktive Verbraucher eingesetzt.

6.5.3.1 Zwischenstecker

Tabelle 27 xComfort Zwischenstecker induktive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	16,8	16,88	0,473933649
2 Ind 22W	33,9	34,14	0,702987698
3 Ind 33W	51,2	51,69	0,947958986

Tabelle 27 zeigt die Messung des Zwischensteckers bei induktiven Verbrauchern. Der durchschnittliche Fehler beträgt bei dieser Messung 0,71%. Aufgrund dieser Messung ist das Gerät auch bei induktiven Verbrauchern sehr genau und damit empfehlenswert.

6.5.3.2 Unterputz-Gerät

Tabelle 28 xComfort Unterputz-Gerät induktive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	16,5	16,71	1,256732496
2 Ind 22W	33,1	33,35	0,749625187
3 Ind 33W	49,7	49,98	0,56022409

In Tabelle 28 ist die Messung des unter Putz Gerätes der induktiven Verbraucher dargestellt. Es ergab sich ein durchschnittlicher Fehler 0,85%. Somit ist auch dieses Gerät bei induktiven Verbrauchern sehr genau und damit empfehlenswert.

6.5.4 Gesamtauswertung xComfort

Wie die Untersuchung zeigt sind beide Geräte prinzipiell baugleich und liefern bis auf kleine Unterschiede auch die gleichen Messergebnisse.

Die geringen Unterschiede lassen sich durch minimale Bauteilabweichungen erklären. Es liegt ein gesamter durchschnittlicher Fehler von 1,19% vor. Der Verbraucher kann sich also zwischen einem fest installierten und einem tragbaren Gerät mit gleicher Messleistung entscheiden. Es muss nur entschieden werden, ob ein fest installiertes Gerät benötigt wird, welches bei der Installation Fachpersonal erfordert, da es Unterputz an die Stromleitung angeschlossen wird. Oder sich für ein leicht tragbares Gerät, was nur in die Steckdose gesteckt wird, entscheidet. Dieses ist allerdings für den Bewohner sichtbar und nimmt einen gewissen Platz ein.

Für Einzelmessungen ist der Zwischenstecker eine gute Alternative, da an diesen leicht verschiedenen Verbraucher angeschlossen werden können um deren Leistung zu erfassen

6.6 Auswertung Wago SPS

Die Messklemme der Wago SPS ist in der Lage zwei Leistungsarten zu messen. Die Wirk- und die Scheinleistung. Die Blindleistung wird mittels Skript in IP-Symcon berechnet. Die Auswertung ist in die jeweiligen Leistungsarten aufgeteilt, um diese besser beurteilen zu können.

6.6.1 Auswertung der Wirkleistungsmessung der Wago SPS

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung der Wirkleistungsmessung statt. Hierfür wurden verschiedene Verbraucher eingesetzt.

6.6.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 29 Wago SPS Wirkleistung ohmsche Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	41	41,16	0,388726919
2 Ohm 80W	82,5	82,14	0,438276114
3 Ohm 120W	124	123,08	0,747481313

Die in Tabelle 29 dargestellten Ergebnisse zeigen die Wirkleistungsmessung der ohmschen Verbraucher. Dabei liegt ein durchschnittlicher Fehler von 0,52% vor. Ein Teil des Fehlers lässt sich darauf zurückführen, dass die Ausgabe nur in 0,5 Watt-Schritten möglich ist. Es ist durchaus möglich, dass die Messung genauer ist, als die Anzeige. Trotz dieser kleinen Einschränkung ist das Gerät für Wirkleistungsmessungen von ohmschen Verbrauchern sehr gut geeignet.

6.6.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 30 Wago SPS Wirkleistung kapazitive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	12	12,19	1,558654635
2 Kapa 30W	25,5	25,22	1,110229976
3 Kapa 45W	39	38,98	0,051308363

In Tabelle 30 ist die Wirkleistungsmessung der kapazitiven Verbraucher zu sehen. Es liegt ein durchschnittlicher Fehler von 0,91% vor. Auch diese Messung kann als gut betrachtet werden und daher ist auch bei dieser Messungsart eine Empfehlung auszusprechen.

6.6.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 31 Wago SPS Wirkleistung induktive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	16,5	16,86	2,135231317
2 Ind 22W	34	33,89	0,324579522
3 Ind 33W	52	51,66	0,658149439

Die Wirkleistungsmessung induktiver Verbraucher ist in Tabelle 31 dargestellt. Es ergibt sich ein durchschnittlicher Fehler von 1,04%. Da dies wiederum ein gutes Ergebnis ist, kann das Gerät auch für diese Messungsart empfohlen werden.

6.6.2 Auswertung der Blindleistungsmessung der Wago SPS

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung der Blindleistungsmessung statt. Hierfür wurden verschiedene Verbraucher eingesetzt.

6.6.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 32 Wago SPS Blindleistung ohmsche Verbraucher

	Meter in [var]	Yokogawa in [var]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	0	1,535	100
2 Ohm 80W	0	1,906	100
3 Ohm 120W	0	2,427	100

In Tabelle 32 ist die Blindleistungsmessung von ohmschen Verbrauchern zu sehen. Obwohl rechnerisch ein durchschnittlicher Fehler von 100% vorliegt, ist diese Messung nicht so schlecht zu beurteilen, wie es prozentual den Anschein hat. In diesem Fall liegt ein mathematisches Problem vor, da der Ausgabewert des Meters 0 beträgt. Der absolute Fehler beträgt maximal 2,427 var. Dies ist für ein Gerät dieser Preisklasse zu hoch. Aus diesem Grund sollte bei dieser Art von Messungen ein anderes Gerät ausgewählt werden, welches auch diesen Messbereich abdecken kann.

6.6.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 33 Wago SPS Blindleistung kapazitive Verbraucher

	Meter in [var]	Yokogawa in [var]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	15,5	17,117	9,446748846
2 Kapa 30W	33,5	35,372	5,29232161
3 Kapa 45W	50,5	53,275	5,208822149

In Tabelle 33 sind die Messergebnisse der Blindleistungsmessung für kapazitive Verbraucher abgebildet. Es stellte sich ein durchschnittlicher Fehler von 6,65% und ein maximaler absoluter Fehler von 2,775 var heraus. Dies ist wie in Punkt 5.6.2.1 zu deuten, deshalb sollte von diesem Gerät bei derartigen Messungen abgesehen werden.

6.6.2.3 Auswertung induktive Verbraucher

Tabelle 34 Wago SPS Blindleistung induktive Verbraucher

	Meter in [var]	Yokogawa in [var]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	31,39	32,223	2,585110015
2 Ind 22W	64,03	64,671	0,991170695
3 Ind 33W	96,52	97,518	1,023400808

Die Messergebnisse der Blindleistungsmessung für induktive Verbraucher sind in Tabelle 34 zu sehen. Bei dieser Messung stellte sich ein durchschnittlicher Fehler von 1,53% und einem maximalen absoluten Fehler von unter einem var ein. Dies ist durchaus ein akzeptables Ergebnis. Dem Gerät kann deswegen für diese Messungsart eine eingeschränkte Empfehlung ausgesprochen werden. Auf diese wird in Punkt 5.6.4 weiter eingegangen.

6.6.3 Auswertung der Scheinleistungsmessung der Wago SPS

In den folgenden Abschnitten findet die Auswertung der Scheinleistungsmessung statt. Hierfür wurden verschiedene Verbraucher eingesetzt.

6.6.3.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 35 Wago SPS Scheinleistung ohmsche Verbraucher

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	41	41,16	0,388726919
2 Ohm 80W	82,5	82,15	0,426049909
3 Ohm 120W	124	123,09	0,73929645

In Tabelle 35 sind die Ergebnisse der Scheinleistungsmessung für ohmsche Verbraucher zu sehen. Es ergibt sich ein durchschnittlicher Fehler von 0,51%. Der maximale absolute Fehler liegt bei 0,91 VA. Die Werte liegen sehr nahe an den von uns als richtig angenommen Werten. Aus diesem Grund ist diese Art von Messung mit diesem Gerät gut durchzuführen.

6.6.3.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 36 Wago SPS Scheinleistung kapazitive Verbraucher

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	19,6	20,978	6,568786348
2 Kapa 30W	41,5	42,561	2,492892554
3 Kapa 45W	63,5	66,29	4,208779605

Die Messergebnisse der Scheinleistungsmessung für kapazitive Verbraucher ist in Tabelle 36 zu finden. Es ergibt sich ein durchschnittlicher Fehler von 4,42% und ein maximal absoluter Fehler von 2,79 VA. Der Verbraucher muss bei diesem Gerät entscheiden ob die erbrachte Genauigkeit seinen individuellen Ansprüchen genügt. Aus diesem Grund wird das Gerät als bedingt empfehlenswert eingeschätzt.

6.6.3.3 Auswertung induktive Verbraucher

Tabelle 37 Wago SPS Scheinleistung induktive Verbraucher

	Meter in [VA]	Yokogawa in [VA]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	35,7	36,323	1,715166699
2 Ind 22W	72,7	72,912	0,290761466
3 Ind 33W	108,3	110,383	1,887065943

In Tabelle 37 ist die Scheinleistungsmessung der induktiven Verbraucher dargestellt. Es ergibt sich ein durchschnittlicher Fehler von 1,29% und eine maximale absolute Abweichung von 2,083 VA. Das Gerät ist somit für diese Messung als bedingt geeignet einzuschätzen.

6.6.4 Gesamtauswertung Wago SPS

Die Messungen der Wago SPS liefern nicht immer die gewünschten genauen Ergebnisse. Es ergibt sich ein durchschnittlicher Gesamtfehler von 2,11%. Zum Teil liegt dies an der zu groben Ausgabe der Messergebnisse, die auf 0,5 Einheiten beschränkt ist. Es ist also durchaus möglich, dass die Wago SPS genauere Werte ausgeben könnte, diese aber nicht ausreichend genau an IP-Symcon übertragen werden können. Bei der Wirkleistungsmessung zeigt das Gerät sehr gute Ergebnisse. Für derartige Messungen ist dieses Gerät ohne

Bedenken einzusetzen. Bei den Blindleistungs- und Scheinleistungsmessungen sind die Ergebnisse eher durchschnittlich. Zum einen lässt sich feststellen, dass die Wago SPS nicht gut mit nicht Sinusförmigen Stromverbrauchern umgehen kann. Die Messungen sind sehr ungenau (Tabelle 33 und Tabelle 36). Ein weiterer negativer Punkt kristallisierte sich bei sehr kleinen Verbrauchern heraus (Tabelle 32). Das Gerät liefert bei Werten unter 2,5 Einheiten keine Werte. Für sehr kleine Verbraucher ist die Wago SPS deshalb nicht zu empfehlen. Wer jedoch ausschließlich größere Verbraucher messen möchte, welche relativ sinusförmigen Strom beziehen, kann mit der Wago SPS gute Messergebnisse erzielen.

6.7 Auswertung NorthQ Power Reader

Das Gerät der Firma NorthQ hat die aus der Anleitung versprochene Messung wie gewünscht durchgeführt. Die Messergebnisse wurden in dem vorgeschriebenen Zeitraum gesendet und passten mit der Anzeige am Stromzähler überein. Der Nutzwert des Power Readers ist jedoch relativ gering, da sich der Funktionsumfang lediglich auf das Auslesen eines vorhandenen Drehstromzählers beschränkt. Nützlich kann der Power Reader jedoch sein, wenn auf einfache Weise der Stromverbrauch des gesamten Haushalts digitalisiert werden soll. Dies legt beispielsweise die Möglichkeit offen Lastspitzen ausfindig zu machen und eine Langzeitentwicklung des Stromverbrauchs aufzuzeichnen.

6.8 Auswertung Voltcraft VSM–103

Das Gerät VSM–103 der Firma Voltcraft ist in diesem Versuch mit der Schnittstelle EKM 868 von Pro Jet ausgestattet. Diese empfängt die Daten durch gesendete Impulse des Voltcraft Gerätes. Intern hat das Gerät jedoch nur eine Auflösung von 16Bit und eine Taktung von 1/100. Dies bedeutet, dass nur Impulse mit einer Länge von 655 Sekunden (ca. 11 Minuten) erfasst werden können²⁸. Größere Abstände werden von dem Gerät als 0 gewertet. Da das VSM–

²⁸ Vgl: Ip-Symcon:

<http://www.ip-symcon.de/service/dokumentation/modulreferenz/ips-868/ekm-868/>

103 mit 400 Impulsen pro Messeinheit arbeitet, können keine Werte die kleiner als 13,73 [Messeinheiten] sind empfangen werden.

$$P = \frac{3600 * 1000 * 100}{2^{16} * 400} = 13,73W$$

6.8.1 Auswertung der Wirkleistungsmessung von Voltcraft VSM-103

In den folgenden Abschnitten ist die Auswertung der Wirkleistungsmessung aufgeführt. Hierfür wurden verschiedene Verbraucher eingesetzt.

6.8.1.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 38 Voltcraft Wirkleistungsmessung ohmsche Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	42,69	41,14	3,767622752
2 Ohm 80W	82,79	81,45	1,645181093
3 Ohm 120W	123,89	122,31	1,291799526

In Tabelle 38 ist die Wirkleistungsmessung der ohmschen Verbraucher dargestellt. Es ergibt sich ein durchschnittlicher Fehler von 2,23%. Dies ist ein durchschnittliches Messergebnis. Aus diesem Grund ist das Gerät bedingt empfehlenswert. In Abschnitt 5.8.3 wird auf diesen Punkt näher eingegangen.

6.8.1.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 39 Voltcraft Wirkleistungsmessung kapazitive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	-	11,75	-
2 Kapa 30W	25,9	23,9	8,368200837
3 Kapa 45W	37,38	35,43	5,50381033

Die in der Tabelle 39 gezeigten Messergebnisse der Wirkleistungsmessung von kapazitiven Verbrauchern ist leider nicht vollständig. Dies ist allerdings nicht durch das Voltcraft Messgerät bedingt, sondern durch die Auflösung der Schnittstelle. Am Messgerät selber wäre das Ablesen der Werte möglich gewe-

sen (sehr umständlich und benötigt sehr viel Geduld, da immer alle durchgeführten Messungen nacheinander im Display angezeigt werden und diese nicht fixiert werden können). Deswegen sind dieses Gerät in dieser verwendeten Kombination für kleine Messungen ungeeignet. Bei den möglichen Messungen ergab sich ein durchschnittlicher Fehler von 6,94%, welches darüber hinaus eine erhebliche Abweichung darstellt.

6.8.1.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 40 Voltcraft Wirkleistungsmessung induktive Verbraucher

	Meter in [W]	Yokogawa in [W]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	18,38	16,67	10,25794841
2 Ind 22W	34,87	33,21	4,998494429
3 Ind 33W	51,56	49,91	3,305950711

Die Wirkleistungsmessung der induktiven Verbraucher ist in Tabelle 40 aufgelistet. Der durchschnittliche Fehler liegt bei 6,18%. Dies ist wie bei den kapazitiven Verbrauchern eine erhebliche Abweichung, weshalb für derartige Messungen ein anderes Gerät ausgewählt werden sollte.

6.8.2 Auswertung der Blindleistungsmessung von Voltcraft VSM-103

In den folgenden Abschnitten wird nun die Auswertung der Blindleistung betrachtet. Hierfür wurden verschiedene Verbraucher eingesetzt.

6.8.2.1 Auswertung ohmsche Verbraucher

Tabelle 41 Voltcraft Blindleistungsmessung ohmsche Verbraucher

	Meter in [Var]	Yokogawa in [Var]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ohm 40W	-	1,526	-
2 Ohm 80W	-	1,912	-
3 Ohm 120W	-	2,462	-

Tabelle 41 zeigt die Messergebnisse der Blindleistungsmessung von ohmschen Verbrauchern. Wie jedoch zu sehen ist waren die Werte nicht aufnehmbar. Auf diese Messproblem wurde in Abschnitt 5.8.1.2 bereits näher eingegangen. Für kleine Verbraucher ist dieses System deswegen ungeeignet.

6.8.2.2 Auswertung kapazitive Verbraucher

Tabelle 42 Voltcraft Blindleistungsmessung kapazitive Verbraucher

	Meter in [Var]	Yokogawa in [Var]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Kapa 15W	-	5,38	-
2 Kapa 30W	-	10,21	-
3 Kapa 45W	15,92	15,28	4,188481675

Die Blindleistungsmessung der kapazitiven Verbraucher ist in Tabelle 42 zu sehen. Aufgrund des im Punkt 5.8 beschriebenen Schnittstellenproblems können für die ersten beiden Messungen keine Werte von IP-Symcon empfangen werden. Eine Auswertung mit nur einem Messwert ist deshalb nicht möglich. Das System ist unter diesem Aspekt für derartige Messungen nicht geeignet.

6.8.2.3 Auswertung induktiver Verbraucher

Tabelle 43 Voltcraft Blindleistungsmessung induktiver Verbraucher

	Meter in [Var]	Yokogawa in [Var]	Fehler Yoko Meter in [%]
1 Ind 11W	32,2	33,15	2,865761689
2 Ind 22W	65,7	67,04	1,998806683
3 Ind 33W	95,49	94,82	0,706601983

Die Blindleistungsmessung der induktiven Verbraucher ist in Tabelle 43 zu sehen. Der durchschnittliche Fehler beträgt bei dieser Messung 1,85%. Im Vergleich zu den anderen Messungen ist dies ein guter Wert und das Messgerät kann für diese Messung eingesetzt werden.

6.8.3 Gesamtauswertung Voltcraft VSM–103

Das Gerät VSM–103 der Firma Voltcraft liefert nur für starke Verbraucher realitätsnahe Ergebnisse. Je kleiner der Messwert war, desto größer war auch der Fehler. Bei sehr kleinen Verbrauchern unterhalb von 13,73 [Messeinheiten] ist keine Messung möglich, was auf die Schnittstelle zurückzuführen ist (siehe Punkt 5.8). Abschließend ist bei diesem recht preisgünstigen Gerät zu sagen, dass es für große Verbraucher zu empfehlen ist.

7. Amortisierung

Tabelle 44 zeigt den Amortisierungszeitraum für ein Dreipersonenhaushalt in einem Einfamilienhaus. Eine Amortisierungsrechnung ist an dieser Stelle notwendig, da hiermit dem Benutzer des Systems aufgezeigt werden kann, ab welchem Zeitpunkt sich das ausgewählte System rentieren kann. Abschnitt 6.1 zeigt den Jahresverbrauch der verwendeten Geräte. In der folgenden Rechnung (Abschnitt 6.2) werden die möglichen Einsparungspotenziale der jeweiligen Systeme und die Dauer ihrer Amortisierung bestimmt. In Tabelle 44 ist das Ergebnis dieser Auswertung zu sehen.

Tabelle 44 Amortisierung Kosten der Systeme und Amortisierungszeitraum

Gerät	Anschaffungskosten [€]	Ungefäher Amortisierungszeitraum [Jahre]
Digitalstrom	3273,41	10
Eltako	1366,92	4,5
ABB DELTAplus DBB13000	4927,96	14,5
AeonLabs	1214,01	4
xComfort	2250,47	7
Wago SPS	2020,76	6,5
NorthQ	203,9	5 ²⁹
Voltcraft VSM-103	660,54	2

7.1 Betrachtung der einzelnen Räume eines Dreipersonenhaushaltes

Tabelle 45 Verbraucher Küche

Räume	Gerät	Leistung [W]	Verbrauch im Jahr [kWh]
Küche	E-Herd Siemens EK730501	7600	1387
	Kühlschrank AEG SANTO S53600CSS0	120	214
	Waschmaschine Bauknecht WAK 24	750	165
	Spülmaschine Bauknecht GSIK 5020	1115	312
	Licht	180	131

In dem folgenden Rechenbeispiel wurde sich für den Elektro-Herd Siemens EK730501³⁰ entschieden. Laut Hersteller hat dieser eine Leistung von 7600W.

²⁹ Nur durch Ersparnis der Bewegungssensoren. Siehe Abschnitt 6.2.7

7. Amortisierung

Es wird davon ausgegangen, dass dieser Herd täglich 30min mit voller Leistung in Betrieb ist. Aus diesen Daten ergibt sich ein Jahresverbrauch von 1387kWh.

$$0,5h * 7600W * 365d \approx 1387kWh$$

Der Kühlschrank AEG SANTO S53600CSS0³¹ hat laut Hersteller einen Jahresverbrauch von 214 kWh bei einer Leistung von 120W.

Als Beispiel für eine Waschmaschine wurde das Gerät WAK 24³² der Firma Bauknecht ausgewählt. Diese hat laut Hersteller eine Leistung von 750W und einen angenommenen Jahresverbrauch von 165kWh bei 220 Waschvorgängen. Das letzte Küchen-Großgerät ist die Spülmaschine GSIK 5020³³ der Firma Bauknecht. Diese hat einen angegebenen Jahresverbrauch von 312kWh bei 280 Durchläufen im Jahr.

Der letzte Verbraucher der Küche ist das Licht. Es wird mit einer installierten Lichtleistung von 180W gerechnet, welche zwei Stunden pro Tag eingeschaltet ist. Daraus ergibt sich ein Jahresverbrauch von 131kWh.

$$2h * 180W * 365d \approx 131kWh$$

Tabelle 46 Verbraucher Wohnzimmer

Räume	Gerät	Leistung [W]	Verbrauch im Jahr [kWh]
Wohnzimmer	TV PanasonicTX-P42STW60	133	242
	Licht	120	219

Im Wohnzimmer wird mit einem Fernseher der Firma Panasonic vom Typ TX-P42STW60³⁴ gerechnet. Hierbei wird von einer täglichen Betriebszeit von fünf

³⁰ Vgl: Siemens: <http://www.siemens-home.de/produktsuche/kochen-und-backen/kochfelder-und-kochstellen/kochfelder/EK730501.html?source=browse> Abgerufen 19.8.2013

³¹ Vgl: AEG: Kühlschrank:
<http://www.aeg.de/Products/Wäschepflege/Waschautomaten/Frontlader/L98685FL> Abgerufen 19.8.2013

³² Vgl: Bauknecht:
[http://www.bauknecht.de/waschmaschine-\(5-kg\)-\[WAK-14\]-201457/855464003000/](http://www.bauknecht.de/waschmaschine-(5-kg)-[WAK-14]-201457/855464003000/) Abgerufen 19.8.2013

³³ Vgl: Bauknecht:
[http://www.bauknecht.de/produkte-1/geschirrspülen-2/standard--geschirrspüler-\(60cm\)-3/integrierbarer-geschirrspüler-\[GSIK-5020-SD-IN\]-201377/854850222530/](http://www.bauknecht.de/produkte-1/geschirrspülen-2/standard--geschirrspüler-(60cm)-3/integrierbarer-geschirrspüler-[GSIK-5020-SD-IN]-201377/854850222530/)
Abgerufen 19.8.2013

7. Amortisierung

Stunden bei einer durchschnittlichen Leistung von 133W ausgegangen. Darauf ergibt sich ein Jahresverbrauch von 242kWh.

$$5h * 133W * 365d \approx 242 \text{ kWh}$$

Im Wohnzimmer wird von einer installierten Lichtleistung von 120W ausgegangen, welche täglich fünf Stunden eingeschaltet ist. Daraus ergibt sich ein Jahresverbrauch von 219kWh.

$$5h * 120W * 365d \approx 219 \text{ kWh}$$

Tabelle 47 Verbraucher Badezimmer

Räume	Gerät	Leistung [W]	Verbrauch im Jahr [kWh]
Badezimmer	Durchlauferhitzer Siemens DE21401	21000	3833
	Licht	150	109

Im Badezimmer wird mit dem Durchlauferhitzer DE21401³⁵ der Firma Siemens gerechnet. Dieser besitzt eine Leistung von 21kW und wird am Tag ca. 30 Minuten unter Vollast genutzt, um den Warmwasserverbrauch der Familie zu gewährleisten.

$$0,5 * 21000W * 365 \approx 3833 \text{ kWh}$$

Des Weiteren ist im Badezimmer eine Lichtleistung von 150W verbaut, mit einer Laufzeit von zwei Stunden pro Tag. Anhand dieser Werte werden in diesem Raum 109kWh Strom im Jahr für das Licht benötigt.

$$2h * 150W * 365d \approx 109 \text{ kWh}$$

Tabelle 48 Verbraucher restliche Räume

Räume	Gerät	Leistung [W]	Verbrauch im Jahr [kWh]
Schlafzimmer	Licht	80	10
Kinderzimmer	Licht	120	176
Keller	Licht	80	2
Flur	Licht	120	88

In den verbleibenden Räumen wird nur noch von Lichtquellen ausgegangen. Das Licht im Schlafzimmer wird mit einer Leistung von 80W angenommen bei

³⁴ Vgl: Panasonic: http://www.panasonic.de/html/de_DE/Produkte/TV-Geräte/PRIME/TX-P42STW60/Spezifikation/12449154/index.html?trackInfo=true Abgerufen 19.8.2013

³⁵ Vgl: Siemens: <http://www.siemens-home.de/produktsuche/warmwasser/durchlauferhitzer/elektronische-durchlauferhitzer/DE21401.html> Abgerufen 19.8.2013

einer Betriebsdauer von 20 Minuten am Tag. Dieser Raum erhöht den Stromverbrauch daher um 10kWh im Jahr.

$$1/3h * 80W * 365d \approx 10kWh$$

Im Kinderzimmer ist eine 120W Lampe in Betrieb, die vier Stunden pro Tag leuchtet. Hieraus berechnet sich ein Jahresverbrauch von 176kWh.

$$4h * 120W * 365d \approx 176kWh$$

Der Keller wird lediglich mit einer Lichtquelle von 80W ausgeleuchtet, welche täglich fünf Minuten in Gebrauch ist und damit 2kWh im Jahr benötigt.

Die letzte Lichtquelle befindet sich im Flur des Gebäudes mit einer Leistung von 120W. Diese Lichtleistung wird täglich zwei Stunden in Anspruch genommen und benötigt daher 88kWh im Jahr.

$$2h * 120W * 365d \approx 88kWh$$

7.2 Amortisierungsrechnung

Anhand dieses Hausmodells kann nun die Amortisierungsrechnung der einzelnen Systeme vorgenommen werden. Hierfür wird von einem Strompreis von 0,25€/kWh ausgegangen. Für jedes aufgezählte Gerät muss ein Meter angeschafft werden, mit dem jeweilig dazugehörenden System, damit eine genaue Auswertung des Stromverbrauches möglich ist. Für den Herd und den Durchlauferhitzer sind jedoch jeweils drei Meter nötig, da beide Geräte mit Starkstrom angeschlossen werden und daher drei Phasen benötigen. In diesem Rechenbeispiel werden deshalb 17 Meter der jeweiligen Systeme benötigt. Um diese Werte abrufen zu können ist die Software IP-Symcon notwendig. Diese kostet in der für den Hausverbrauch ausreichenden Basisversion 99,99€³⁶.

Anhand der erhaltenen Werte ist es den Benutzern möglich, Einsparpotential zu finden oder weitere Geräte anzuschaffen, die dabei helfen können den Stromverbrauch zu reduzieren. Dies sind die beiden wichtigsten Punkte der folgenden Amortisierungsrechnung. In diesem Beispiel werden daher zusätzlich zwei Bewegungs- Anwesenheitssensoren installiert, mit denen im Durchgangszimmer

³⁶ Vgl: <http://www.ip-symcon.de/shop/> Abgerufen 20.08.2013

Flur und im Kinderzimmer Strom gespart werden kann, indem das Licht dort nur dann eingeschaltet wird, wenn es benötigt wird.

Der gesamte Stromverbrauch des Hauses beträgt 6888kWh pro Jahr, was bei dem angenommenen Strompreis Jahreskosten von 1722€ bedeutet. Mit Hilfe der jeweiligen Systeme ist es dem Hausbesitzer nun möglich, die größten Verbraucher im Haus zu bestimmen und den Stromverbrauch der jeweiligen Geräte zu senken. Dies kann beispielsweise durch einen Austausch oder kürzere Nutzungszeiten des Gerätes gelingen. Mit Hilfe der Bewegungssensoren kann die Leuchtdauer im Kinderzimmer z.B. von vier auf zwei Stunden reduziert werden, da davon ausgegangen wird, dass das Kind das Licht beim Verlassen des Raumes anlässt. Das gleiche ist im Flur der Fall, da dieser meistens nur als Durchgangszimmer genutzt wird aber das Licht fast immer eingeschaltet ist. Daher wird angenommen, dass hier die Einschaltzeit der Lampe sogar von zwei Stunden auf 15 Minuten reduziert werden kann. Dies bedeutet eine Einsparung von ca. 77kWh im Flur und 88kWh im Kinderzimmer. Im Jahr wird eine Ersparnis von 41,25€ angenommen. Anhand der gewonnenen Daten kann gesehen werden, dass der größte Anteil des Gesamtstromverbrauchs auf das Warmwasser zurück zu führen ist. Durch geändertes Duschverhalten könnte die Betriebsdauer des Durchlauferhitzers auf 20 Minuten reduziert werden. Ausgegangen von diesem Wert kommt es zu einer erheblichen Energieersparnis von 1278kWh, welche eine Kostenersparnis von 319,50€ bedeutet. Es wird demnach von einer gesamten Kostenersparnis in Höhe von 360,75€ ausgegangen. Anhand dieser neu errechneten Daten wird die Amortisierungsrechnung durchgeführt. Des Weiteren würden noch die Installationskosten hinzukommen, welche allerdings stark variieren können und daher in dieser Rechnung nicht mit betrachtet werden.

7.2.1 Amortisierungsrechnung Digitalstrom

Die Anschaffungskosten des Systems von AIZO belaufen sich auf 3103,52€. Darunter fallen die 13 Klemmen für die jeweiligen Geräte und die 7 Meter für die jeweiligen Räume.

$403,41\text{€ (Server)} + 58,31\text{€ (Filter)} + 82,11\text{€} * 13 + 224,91\text{€ (Meter)} * 7 = 3103,25\text{€}$

Mit den zusätzlichen zwei Bewegungsmeldern GEV LightBoy³⁷ (jeweils 34,95€) und den Kosten für IP-Symcon wird von einem Gesamtpreis von 3273,41€ ausgegangen.

Anhand des zuvor ausgerechneten Einsparpotentials von Jährlich 360,75€ und den Anschaffungskosten des Systems, würde sich die Amortisierung des Systems auf 9,1 Jahre belaufen. Da allerdings mit einem steigenden Strompreis zu rechnen ist und das System gegebenenfalls von einem Techniker gewartet werden muss, ist von einem Amortisierungszeitraum von ca. 10 Jahren auszugehen.

7.2.2 Amortisierungsrechnung Eltako

Für das Eltako System fallen Anschaffungskosten in Höhe von 1018,13€ an.

$135,82\text{€ (Gateway)} + 67,87\text{ (Meter)} * 13 = 1018,13\text{€}$

Die Kosten für die Bewegungsmelder FBH55AP³⁸ belaufen sich auf jeweils 124,40€. Die gesamte Anschaffungssumme ist daher mit 1366,92€ mit der Ip-Symcon Lizenz zu beziffern. Anhand dieser Summe lässt sich ein Amortisierungszeitraum von 3,8 Jahre berechnen. Auch bei diesem System muss mit Wartungsarbeiten und steigendem Strompreis gerechnet werden. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die Amortisierung etwa 4,5i Jahre dauert.

7.2.3 Amortisierungsrechnung ABB DELTAplus DBB13000

Beim Meter DELTAplus DBB 13000 handelt es sich um ein Drei-Phasen-Messgerät. Daher kann in dieser Rechnung die Meteranzahl von 13 auf 6 reduziert werden. Es fallen Anschaffungskosten von 4672,91€ an.

³⁷ Vgl: <http://www.elv.de/gev-lightboy-unterputz-bewegungsmelder-relaisversion.html> Abgerufen 19.8.2013

³⁸ Vgl: http://www.voltus.de/?cl=details&anid=d3b2c66cc58982a3b5f122fcee2f123&utm_source=psmi&utm_medium=cpc&utm_campaign=preisvergleiche Abgerufen am 20.08.2013

$135,82\text{€ (Gateway)} + 137,68\text{€ (Zählerschnittstelle)} * 6 + 302,71\text{€ (KNX Ethernet Gateway)} + 568,05\text{€ (Meter)} * 6 = 4672,91\text{€}$

Es wurden die Bewegungsmelder HAGER WYT510³⁹ verbaut, mit einem Einzelpreis von 77,53€. Damit kostet das komplette System 4927,96€. Der Amortisierungszeitraum bei diesen Kosten beläuft sich auf 13,7 Jahre. Durch Wartungskosten oder steigende Strompreise kann sich dieser Wert leicht erhöhen und es ist von einem Zeitraum von etwa 14,5 Jahren auszugehen.

7.2.3 Amortisierungsrechnung AeonLabs Home Energie Meter (Z-Wave)

Bei dem Home Energie Meter der Firma AeonLabs handelt es sich um eine Drei-Phasen-Messklemme. Daher ist bei geschickter Verkabelung eine Reduzierung der Meter auf 6 möglich. Es fallen also für die Meter und den USB-Empfänger Kosten von 970,06€ an.

$49,00\text{€ (USB-Empfänger)} + 153,51\text{€ (Meter)} * 6 = 970,06\text{€}$

Als Bewegungsmelder wurde sich für den Z-Wave Bewegungsmelder EVR_SP814⁴⁰ entschieden (71,98€/Stück). Damit belaufen sich die Gesamtkosten des Systems auf 1214,01€. Anhand dieser Werte ist ein Amortisierungszeitraum von 3,4 Jahren zu errechnen.

7.2.4 Amortisierungsrechnung xComfort

Beim System xComfort wurden zwei verschiedene Metertypen getestet. Der Zwischenstecker und der Unterputz-Meter. Da beide Geräte preislich fast iden-

³⁹ Vgl:

<http://www.voltus.de/schalterprogramme/hager/gebaeudesystemtechnik/knx-sensorik/knx-bewegungsmelder/hager-wyt510-bewegungsmelder-knx-180-standard-reinweiss.html>

Abgerufen 20.08.2013

⁴⁰ Vgl: http://store.zwaveeurope.com/product_info.php?products_id=12262

Abgerufen 20.8.2013

tisch sind, wird für beide Geräte nur eine Rechnung durchgeführt und das teure in dieser Rechnung zugrunde gelegt.

Die Anschaffungskosten für das System belaufen sich auf 1917€.

$$124,24\text{€ (Gateway)} + 154,76\text{€ (Programmierschnittstelle)} + \\ 126\text{€ (Meter)} * 13 = 1917\text{€}$$

Mit der Lizenz für IP-Symcon und den Bewegungsmeldern CBMA-02/01⁴¹ (jeweils 116,74€) entstehen Gesamtkosten von 2250,47€. Hierbei entsteht ein Amortisierungszeitraum von 6,2 Jahren. Aufgrund der steigenden Strompreise und möglichen Wartungsarbeiten ist eine Amortisierung nach ca. 7 Jahren möglich.

7.2.5 Amortisierungsrechnung Wago SPS

Da es mit der Messklemme der Wago SPS möglich ist, gleichzeitig drei Phasen zu messen, reichen sechs Klemmen für die Hausinstallation aus.

Die Anschaffungskosten des Systems belaufen sich auf 1950,06€.

$$375\text{€ (Wago SPS)} + 248,73\text{€ (Messklemmen)} * 6 + 64,24\text{€ (Netzteil)} + 18,44\text{€ (Abschlussklemme)} = 1950,06$$

Mit den beiden Bewegungssensoren Light Boy und der Lizenz für IP-Symcon entstehen Kosten in Höhe von 2085€. Die Amortisierung bei diesem Betrag beläuft sich auf 5,7 Jahre. Auch bei steigenden Strompreisen und Wartungskosten stellt sich eine Amortisation des Systems ab 6,5 Jahren ein.

7.2.6 Amortisierungsrechnung Voltcraft VSM-103

Da das Voltcraft VSM-103 nur die Summe der Leistungswerte aller drei Phasen an der S0-Schnittstelle ausgeben kann, ist es nicht möglich, einzelne Leistungswerte von jeder Phase auszulesen. Dies ist im Rahmen von Smart-

⁴¹ Vgl: <http://www.ehomeportal.de/Funk-System-Xcomfort/Sensoren/Funk-PIR-Bewegungsmelder-CBMA-02-01.htm?shop=shop&SessionId=&a=article&ProdNr=EA-104921&t=1122&c=1122&p=1122> Abgerufen am 20.08.2013

Metering nicht akzeptabel. Bei der Amortisierungsrechnung davon ausgegangen, dass anstelle der S0-Schnittstelle die ebenfalls vorhandene RS485-Schnittstelle zum Auslesen der Leistungswerte jeder einzelnen Phase genutzt wird, um die Kosten für die Installation zu minimieren. Hierzu könnte der Anschluss DA-70157⁴² von DIGITUS verwendet werden (ist nicht getestet worden). Ansonsten müsste für jedes Gerät auch ein eigenes Meter verwendet werden. Die Verwendung dieser Schnittstelle erfordert nur ein einziges Gateway für alle im Haus verbauten Voltcraft VSM-103, welche alle an dem RS485 Bus angeschlossen sind. Nachteilig an der Lösung ist allerdings die Notwendigkeit eines kabelgebunden Bus-Systems zwischen den einzelnen Metern und ein relativ hoher Programmieraufwand.

Die Anschaffungskosten für dieses System der Firma Voltcraft beläuft sich auf 490,65€. Bei diesem Gerät handelt es sich um ein Drei-Phasen-Messgerät, weshalb in diesem Beispielhaus nur 6 Meter verbaut werden müssen.

$10,95\text{€ (Schnittstelle)} + 79,95\text{€ (Meter)} \cdot 6 = 490,65\text{€}$

Als Bewegungssensor wird der GEV LightBoy aus Abschnitt 6.2.1 verwendet. Für das gesamte System fallen daher Kosten von 660,54€ an. Bei diesem System liegt also eine Amortisierungszeit von etwa zwei Jahren vor.

7.2.7 Amortisierungsrechnung NorthQ Power Reader

Für dieses System sind nur die Anschaffungskosten von 134€ zu beziffern.

$49,00\text{€ (USB-Empfänger)} + 85\text{€ (Meter)} = 134\text{€}$

Erweitert man dieses System nun noch mit den Bewegungssensor GEV LightBoy müssen weitere 203,9€ investiert werden. Da bei diesem System nicht erkannt werden kann, was die stärksten Verbraucher im Haus sind wird bei dieser Rechnung nur die Ersparnis der Bewegungsmelder eingerechnet. Es ergibt sich von daher ein Amortisierungszeitraum von 4,9 Jahren, welcher sich aber nicht

⁴² Vgl:

<http://www.reichelt.de/USB-Konverter/DIGITUS-DA-70157/3//index.html?ACTION=3&GROUPID=5253&ARTICLE=122187&SHOW=1&START=0&OFFSET=16&> Abgerufen am 20.08.2013

auf das NorthQ Gerät zurückführen lässt, sondern nur auf den Einsatz der Bewegungsmelder.

8 Fazit

Die von uns durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Realisierung von Smart-Metering in Privathaushalten ein komplexes Thema ist und bereits die Auswahl eines Systems gravierenden Einfluss auf die Möglichkeit der Energie- und Kostenersparnis haben kann. So stellte sich bereits nach genauerer Untersuchung des Begriffs der Leistung heraus, dass dieses Themengebiet für Personen ohne Elektrotechnische Ausbildung nicht komplett zu überblicken ist. So stellt das Messen der Blindleistung bereits einen gesteigerten Rechenaufwand dar, der nicht von allen Systemen geleistet wird. Lediglich die Systeme der Firma ABB, Wago und Voltcraft waren in der Lage, die Blindleistung zu messen und darzustellen. Hierbei stellte sich das ABB Messgerät als vergleichsweise genau heraus, wodurch der relativ hoch angesetzte Anschaffungspreis erklärt werden kann. Im Bereich der Wirkleistungsmessung, welche zum Zweck der Kostenersparnis in Privathaushalten der ausschlaggebende Faktor ist, lieferten alle Systeme mit Messfehlern unterhalb von fünf Prozent für den privaten Bereich akzeptable Werte. Negativ aufgefallen ist lediglich das „Home Energy Meter“ der Firma Aeon Labs, da dieses lediglich die Scheinleistung der gemeterten Verbraucher messen kann und somit für den Privatanutzer keine verwertbaren Daten liefert. Sobald ein Verbraucher mit induktiven oder kapazitivem Verhalten angeschlossen ist, was in der heutigen Zeit durch die verstärkte Anwendung von Schaltnetzteilen und Energiesparlampen sehr wahrscheinlich ist.

Im Bereich der Einrichtung der Systeme zeigten sich deutliche Unterschiede. So ist z.B. die Einrichtung des Eaton xComfort Systems innerhalb von IP-Symcon sehr einfach zu realisieren. Wohingegen sich die Einrichtung der Z-Wave Geräte, wie dem des „Home Energy Meter“ der Firma Aeon Labs, als sehr mühselig darstellte, aufgrund der Schwierigkeiten diese in das Z-Wave Netzwerk einzubinden. Mit Abstand den größten Installationsaufwand benötigte jedoch die Wago SPS, was darauf zurückzuführen ist, dass diese eigentlich für einen vollkommen anderen Zweck entwickelt wurde. Dieses System als Smart-

Meter zu nutzen, ist somit unter dem Aspekt des Einrichtungsaufwands gesehen eher nicht empfehlenswert.

Deutliche Unterschiede ließen sich auch im Bereich der Amortisierung der Systeme erkennen, wobei hierzu gesagt werden muss, dass die Amortisierung eines Systems stark vom Verbrauchsverhalten des Benutzers abhängig ist und nicht pauschal beantwortet werden kann. Dennoch zeichnet sich anhand des zugrunde gelegten exemplarischen Haushalts eine Tendenz ab, welche der Systeme sich schnell amortisieren. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass in der Berechnung die Kosten für die Installation des Systems nicht mit einbezogen wurden und diese unter Umständen besonders bei kabelgebundenen Systemen recht hoch ausfallen können.

Abschließend ist festzustellen, dass im Allgemeinen Smart-Metering in privaten Haushalten eine Lösung sein kann, um dem Benutzer sein Verbrauchsverhalten übersichtlich darzustellen um dieses ggf. zu ändern. Zudem bietet es dem Benutzer die Möglichkeit einen Überblick zu bekommen, welche Verbraucher einen großen Anteil am Gesamtstromverbrauch haben, um einen eventuellen Austausch dieser in Betracht zu ziehen. Wie groß das Einsparpotential durch Smart-Metering ist, hängt jedoch stark davon ab, inwieweit der Benutzer bereit ist sein Verbrauchsverhalten zu verändern und wie dieses vor dem Einsatz eines Smart-Metering Systems war.

Literaturverzeichnis

Bildquellen: Alle in dieser Arbeit verwendeten Abbildungen sind, wenn nicht anders ausgewiesen, eigene Darstellungen.

ABB DELTAplus DBB13000:

<http://www.niederspannungskatalog.de/product.php?identnr=2CMA180801R1000>

Abgerufen 15.05.2013

<http://www.abb.de/product/seitp329/d9ef7b967afe8968c1257aa0003cfd29.aspx/tabKey=2&gid=ABB2CMA180801R1000&cid=9AAC100487>

Abgerufen 15.05.2013

AEG:

<http://www.aeg.de/Products/Wäschepflege/Waschautomaten/Frontlader/L98685FL>

Abgerufen 19.8.2013

Amazon:

<http://www.amazon.de/Eltako-Funk-Antennenmodul-FAM-USB/dp/B004FPOMH8>

Abgerufen am 24.07.2013

<http://www.amazon.de/ABB-Stotz-Z%C3%A4hlerschnittstelle-ZS-1-1/dp/B0023EC55Y>

Abgerufen am 26.07.2013

Bauknecht:

[http://www.bauknecht.de/waschmaschine-\(5-kg\)-\[WAK-14\]-201457/855464003000/](http://www.bauknecht.de/waschmaschine-(5-kg)-[WAK-14]-201457/855464003000/)

Abgerufen 19.08.2013

[http://www.bauknecht.de/produkte-1/geschirrspülen-2/standard--geschirrspüler-\(60cm\)-3/integrierbarer-geschirrspüler-\[GSIK-5020-SD-IN\]-201377/854850222530/](http://www.bauknecht.de/produkte-1/geschirrspülen-2/standard--geschirrspüler-(60cm)-3/integrierbarer-geschirrspüler-[GSIK-5020-SD-IN]-201377/854850222530/)

Abgerufen 19.08.2013

Conrad:

<http://www.conrad.de/ce/de/product/518978/WAGO-EPSITRON-COMPACT-POWER-787-1002-Hutschienen-Netzteil-Schaltnetzteil-DIN-Netzgeraet-24-VDC-13-A-312-W>

Abgerufen am 17.07.2013

<http://www.conrad.de/ce/de/product/191894/WAGO-3-Phasen-Leistungsmessklemme-750-493000-001-ueber-Systemspannung-Klemmenbus-Inhalt-1-St>

Abgerufen am 17.07.2013

<http://www.conrad.de/ce/de/product/191977/WAGO-Busendklemme-750-600025-000-Inhalt-1-St> Abgerufen am 17.07.2013

<http://www.conrad.de/ce/de/product/125442/VOLTCRAFT-VSM-103-DREHSTR-ZAeHLER>

Abgerufen am 17.07.2013

Eaton xComfort:

www.eaton.eu/Europe/Electrical/ProductServices/Residential/xComfort/index.htm

Abgerufen 14.05.2013

eHome:

<http://www.ehomeportal.de/Funk-System-Xcomfort/Sensoren/Funk-PIR-Bewegungsmelder-CBMA-02-01.htm?shop=shop&SessionId=&a=article&ProdNr=EA-104921&t=1122&c=1122&p=1122> Abgerufen am 20.08.2013

Elektroland 24:

<http://www.elektroland24.de/products/Funk/Eltako-Funksteuerung/Energieverbrauch/Eltako-FWZ12-16A-Funk-Wechselstromzaehler-Sendemodul.html> Abgerufen am 24.07.2013

Eltako Electronics:

http://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/Katalog/eltako_funk_high_res.pdf

Abgerufen 14.05.2013

http://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/Datenblatt/FUNK_datenblatt_FWZ12.pdf

Abgerufen 14.05.2013

ELV:

<http://www.elv.de/gev-lightboy-unterputz-bewegungsmelder-relaisversion.html>

Abgerufen 19.08.2013

EnOcean:

[http://www.enocean-](http://www.enocean-allian-)

[allian-](http://www.enocean-allian-)

[ce.org/fileadmin/redaktion/enocean_alliance/pdf/EnOcean_Equipment_Profiles_2.0.pdf](http://www.enocean-alliance.org/fileadmin/redaktion/enocean_alliance/pdf/EnOcean_Equipment_Profiles_2.0.pdf)

Abgerufen 08.07.2013

[http://www.enocean-](http://www.enocean-alliance.org/fileadmin/redaktion/pdf/articles/perpetuum_funkstandards_de.pdf)

[alliance.org/fileadmin/redaktion/pdf/articles/perpetuum_funkstandards_de.pdf](http://www.enocean-alliance.org/fileadmin/redaktion/pdf/articles/perpetuum_funkstandards_de.pdf)

Abgerufen 08.07.2013

KNX:

http://www.knx.org/fileadmin/downloads/08%20-%20KNX%20Flyers/Grundlagenwissen%20zum%20KNX%20Standard/Grundlagenwissen_zum_KNX_Standard_German.pdf Abgerufen am 06.07.2013

Script Prof. Fischer FH-Dortmund „KNP2 – Teil2“

Script Prof. Fischer FH-Dortmund „KNP2 – Teil 3“

Moeller:

http://www.moeller.net/de/products_solutions/power_distribution/buildings/xcomfort/download/download_funksystem.jsp Abgerufen am 06.08.2013

NorthQ:

http://doc.eedomus.com/files/NORTHQ_NQ-92021_MANUEL_US.pdf

Abgerufen 12.08.2013

NorthQ Power Reader:

northq.com/products/Newbrochure5.09.2012-1.pdf Abgerufen 25.06.2013

doc.eedomus.com/files/NORTHQ_NQ-92021_MANUEL_US.pdf Abgerufen 25.06.2013

Panasonic:

http://www.panasonic.de/html/de_DE/Produkte/TV-Geräte/PRIME/TX-P42STW60/Spezifikation/12449154/index.html?trackInfo=true Abgerufen 19.08.2013

Reichelt:

<http://www.reichelt.de/USB-Konverter/DIGITUS-DA-70157/3//index.html?ACTION=3&GROUPID=5253&ARTICLE=122187&SHOW=1&START=0&OFFSET=16&> Abgerufen am 20.08.2013

Siemens:

<http://www.siemens-home.de/produktsuche/kochen-und-backen/kochfelder-und-kochstellen/kochfelder/EK730501.html?source=browse> Abgerufen 19.08.2013

<http://www.siemens-home.de/produktsuche/warmwasser/durchlauferhitzer/elektronische-durchlauferhitzer/DE21401.html> Abgerufen 19.08.2013

SO-Schnittstelle:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/SO-Schnittstelle.jpg>

Abgerufen 30.07.2013

Solajet:

<http://www.solajet.de/index.php?a=100gl> Abgerufen am 17.07.2013

Uebertragungstechnik Wellenform des Ausgangsimpulses:

http://wiki.volkszaehler.org/_media/hardware/channels/meters/wellenform.png

Abgerufen 30.07.2013

Voltus:

http://www.voltus.de/?cl=details&anid=d3b2c66cc58982a3b5f122fcee2f123&utm_source=psmido&utm_medium=cpc&utm_campaign=preisvergleiche Abgerufen 20.08.2013

<http://www.voltus.de/schalterprogramme/hager/gebaeudesystemtechnik/knx-sensorik/knx-bewegungsmelder/hager-wyt510-bewegungsmelder-knx-180-standard-reinweiss.html>

Abgerufen 20.08.2013

<http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/joker-verteiler/>

Abgerufen am 24.07.2013

<http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/joker-verteiler/>

Abgerufen am 24.07.2013

<http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/licht/> Abgerufen am 24.07.2013

<http://www.voltus.de/hausautomation/digitalstrom/joker-verteiler/>

Abgerufen am 24.07.2013

<http://www.voltus.de/hausautomation/knx-eib/aktorik/energiezaehler/abb/abb-dbb13000-direktmessende-zaehler-deltaplus-wirkleistungszaehler.html> Abgerufen am 26.07.2013

Wago:

http://www.wago.com/wagoweb_china/public/750/ger_manu/coupler_controller/m07500881_00000000_0de.pdf ab Seite 223 Abgerufen 21.05.2013

Wogo SPS:

<http://www.insystems-shop.de/index.php?page=product&info=298>

Abgerufen am 17.07.2013

xComfort:

https://www.distrelec.de/ishopWebFront/xmlCatalog/node.do/para/groupId/is/MO-136477.html?utm_source=KPLUS_DE&utm_medium=kplus&utm_campaign=kplus_MO

Abgerufen 16.07.2013

<http://zaufi.at/shop/index.php?page=product&info=47> Abgerufen 16.07.2013

<http://www.ehomeportal.de/Funk-System->

[Xcomfort/Gateways.htm?shop=shop&SessionId=&a=catalog&t=1600&c=5300&p=5300](http://www.ehomeportal.de/Funk-System-Xcomfort/Gateways.htm?shop=shop&SessionId=&a=catalog&t=1600&c=5300&p=5300)

Abgerufen 16.07.2013

<http://www.ehomeportal.de/Funk-System->

[Xcom-](http://www.ehomeportal.de/Funk-System-Xcom-)

[fort/Programmiergeraete.htm?shop=shop&SessionId=&a=catalog&t=1600&c=5301&p=5301](http://www.ehomeportal.de/Funk-System-fort/Programmiergeraete.htm?shop=shop&SessionId=&a=catalog&t=1600&c=5301&p=5301)

Abgerufen 16.07.2013

Z-Wave:

www.z-wavealliance.org Abgerufen 10.7.2013

<http://de.wikipedia.org/wiki/Z-Wave> Abgerufen 10.7.2013

Z-Wave Store:

http://store.zwaveeurope.com/product_info.php?products_id=774&XTCsid=2ba77e16a94b1a8f8fa48a4d89bd4242 Abgerufen am 8.8.2013

http://store.zwaveeurope.com/product_info.php?products_id=12262

Abgerufen 20.08.2013

http://store.zwaveeurope.com/product_info.php?products_id=774&XTCsid=2ba77e16a94b1a8f8fa48a Abgerufen 12.07.2013

<http://www.zwave-shopping.com/de/pc-adapter/78-usb-stick-mit-eingebauter-batterie.html> Abgerufen 12.07.2013

<http://www.zwave-shopping.com/de/messen/133-z-wave-stromzähler-bundle.html>

Abgerufen 12.08.2013

<http://www.zwave-shopping.com/de/pc-adapter/78-usb-stick-mit-eingebauter-batterie.html> Abgerufen 12.08.2013