

BACHELOR THESIS  
Ilona Bühlmann

# Konzeptionierung und prototypische Implementierung eines Systems zur Energieoptimierung sowie des Spitzenlastmanagements anhand einer verfahrenstechnischen Anlage

---

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK  
Department Informations- und Elektrotechnik

Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Information and Electrical Engineering

Ilona Bühlmann

Konzeptionierung und prototypische  
Implementierung eines Systems zur  
Energieoptimierung sowie des  
Spitzenlastmanagements anhand einer  
verfahrenstechnischen Anlage

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung  
im Studiengang *Bachelor of Science Elektro- und Informationstechnik*  
am Department Informations- und Elektrotechnik  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Heike Neumann  
Zweitgutachter: Prof. Dr. Annabella Rauscher-Scheibe

Eingereicht am: 17. März 2023

**Ilona Bühlmann**

**Thema der Arbeit**

Konzeptionierung und prototypische Implementierung eines Systems zur Energieoptimierung sowie des Spitzenlastmanagements anhand einer verfahrenstechnischen Anlage

**Stichworte**

Energieoptimierung, Spitzenlastmanagement, DIN EN 61557-12, DIN EN 61000-4-30, DIN EN 61000-4-7, Speicherprogrammierbare Steuerung, WinCC V7.5, Datenbank, Qlik Sense Desktop, Energiemessung, Nemo 96HD+

**Kurzzusammenfassung**

In der vorliegenden Bachelorarbeit wird ein Prototyp zur Energieoptimierung und für das Spitzenlastmanagement einer verfahrenstechnischen Anlage beschrieben. Dafür wird die Anlage mit einem Messgerät nachgerüstet. Die Daten werden über eine Modbus TCP Verbindung in die SPS transferiert. Es wird aufgezeigt, wie eine ODBC-Verbindung vom SCADA-System in die Datenbank MariaDB und in die Auswertepattform Qlik Sense implementiert werden kann. Das gegebene Messgerät wird hinsichtlich der Normen untersucht. Es werden Messwerte ausgewählt, die in Bezug auf die Energieoptimierung aussagekräftig sind. Die Aufbereitung der Daten erfolgt im WinCC V7.5 und in Qlik Sense. Das Konzept des Spitzenlastmanagements basiert auf dem aktuellen Viertelstundenwert.

**Ilona Bühlmann**

**Title of Thesis**

Conceptual design and prototypical implementation of a system for energy optimization and peak load management based on a process plant

**Keywords**

energy optimization, peak load management, DIN EN 61557-12, DIN EN 61000-4-30, DIN EN 61000-4-7, programmable logic controller, WinCC V7.5, database, Qlik Sense Desktop, energy measurement, Nemo 96HD+

---

## **Abstract**

In this bachelor thesis, a prototype for energy optimization and peak load management of a process plant is described. Therefore the system is retrofitted with a measuring device. The data is transferred to the PLC via a Modbus TCP connection. It is explained how an ODBC connection can be implemented from the SCADA system to the database called MariaDB and to the evaluation platform Qlik Sense . The given measuring device is examined with regard to the standards. Values are selected that are necessary in terms of energy optimization. The data is processed in WinCC V7.5 and in Qlik Sense. The concept of peak load management is based on the current quarter hour value.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	xii
Abkürzungen	xiv
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Software	3
2.1.1 Speicherprogrammierbare Steuerung	3
2.1.2 SIMATIC WinCC V7.5	3
2.1.3 Qlik Sense Desktop	3
2.1.4 Open Database Connection - Schnittstellen	4
2.1.5 Funktionsweise des Bibliotheksbaustein MB_Client	5
2.2 Grundlagen der Energiewirtschaft	9
<b>3 Rahmenbedingungen</b>	<b>10</b>
3.1 Ausgangssituation	10
3.2 Anforderungen	11
<b>4 Methodik</b>	<b>14</b>
<b>5 Grundlegende Implementierungen</b>	<b>17</b>
5.1 Installation	17
5.2 Erste Inbetriebnahme des Multimessgeräts	17
5.3 Auslesen der Energiedaten aus einem Nemo 96 HD+ Messgerät über Modbus TCP	19
5.3.1 Implementierung des Funktionsbausteins	19
5.3.2 Funktionsweise	21

5.4	Skript zur Erstellung der Datenbank . . . . .	24
5.5	Einrichtung der ODBC Datenquelle . . . . .	26
5.6	Skript Datenbank WinCC V7.5 . . . . .	27
<b>6</b>	<b>Untersuchung des Messgerätes Nemo 96HD+</b>	<b>29</b>
6.1	Einführung der relevanten Normen für Messgeräte . . . . .	29
6.1.1	DIN EN 61557-12 . . . . .	29
6.1.2	DIN EN 61000-4-7 . . . . .	31
6.1.3	DIN EN 61000-4-30 . . . . .	32
6.2	Gegenüberstellung der Messgeräte anhand der Normen . . . . .	33
6.3	Sichtung der relevanten Messwerte . . . . .	34
6.4	Vergleich der Messgeräte Nemo 96HD+ und UMG 96 RM-PN . . . . .	50
6.5	Zusammenfassung und Entwicklung des UDT EnergyData . . . . .	55
<b>7</b>	<b>Implementierung der Detailbilder in WinCC V7.5</b>	<b>58</b>
7.1	Einfügen der Bildfenster . . . . .	58
7.2	Einfügen der Variablen . . . . .	59
7.3	Detailbildaufruf durch Skripte . . . . .	61
7.3.1	Anlegen der Trends . . . . .	66
<b>8</b>	<b>Konzept für das Spitzenlastmanagement</b>	<b>69</b>
8.1	Baustein für das Spitzenlastmanagement . . . . .	70
8.2	Detailbild für das Spitzenlastmanagement . . . . .	73
8.3	Implementierung des Trends . . . . .	74
8.4	Erweiterbarkeit . . . . .	75
<b>9</b>	<b>Auswertung in Qlik Sense Desktop</b>	<b>76</b>
9.1	Anbindung an die Datenbank . . . . .	76
9.2	Erstellung des Ladeskripts . . . . .	78
9.3	Auswertung des Energieverbrauchs . . . . .	79
9.3.1	Aufbau des Dashboards . . . . .	80
9.3.2	Aufbereitung der Messdaten . . . . .	81
9.3.3	Ausblick . . . . .	87
<b>10</b>	<b>Fazit</b>	<b>88</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>90</b>

<b>A Anhang</b>	<b>94</b>
A.1 Source Code . . . . .	94
A.2 Gegenüberstellung der Messwerte aus dem ersten Entwicklungszyklus . . .	94
A.3 Datenblatt Nemo 96HD+ . . . . .	109
A.4 Datenblatt UMG 96RM-PN . . . . .	117
A.5 Statischer, temporärer und konstanter Bereich der SPS Funktionsbausteine	120
A.6 Variablen WinCC V7.5 . . . . .	120
A.6.1 Interne Variablen . . . . .	120
A.6.2 Variablen . . . . .	121
Selbstständigkeitserklärung . . . . .	125

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Logo der Firma Qlik . . . . .	4
2.2	Schematische Darstellung der ODBC-Schnittstelle . . . . .	5
2.3	Funktionsbaustein MB_CLIENT . . . . .	6
2.4	Auszug aus dem Datenblatt . . . . .	7
3.1	Schematische Zeichnung des Systems . . . . .	10
4.1	Ablauf des Projektes . . . . .	14
5.1	Beispielhafte Änderung der IP-Adresse . . . . .	18
5.2	Fenster zur Eingabe des Passworts . . . . .	18
5.3	Fenster zur Konfiguration . . . . .	19
5.4	Einstellung des Datenbausteins für die Speicherung der Messwerte . . . . .	20
5.5	Interface des Funktionsbausteins FB404 . . . . .	20
5.6	Schematischer Ablauf FB 404 . . . . .	22
5.7	Gesamtübersicht über die Schrittkette . . . . .	23
5.8	Auszug aus der Excel-Tabelle für die Auswahl der Messwerte . . . . .	24
5.9	Steuerfelder für die Generierung des Codes . . . . .	25
5.10	Windows Dialog zum Einrichten der ODBC-Datenquelle . . . . .	26
5.11	Notwendige Einstellungen der ODBC-Datenquelle . . . . .	27
5.12	Dialog eines erfolgreichen Verbindungstests . . . . .	27
5.13	Auszug aus der VBS-Aktion - SQL-Befehl zum Auswählen der Daten aus der bestehenden Tabelle . . . . .	28
5.14	Auszug aus der VBS-Aktion - Konfiguration der Verbindungs-DNS . . . . .	28
5.15	Schleife zum Auslesen der Daten . . . . .	28
6.1	Darstellung der Wirkleistung . . . . .	40
6.2	Darstellung der Teilzähler für die Scheinarbeit . . . . .	46
6.3	Verhältnis THD und Leistungsfaktor [4] . . . . .	48

7.1	Einfügen der Bildfenster für die Detailbilder im WinCC V7.5 . . . . .	59
7.2	Ausschnitt der Variablen-tabelle . . . . .	60
7.3	Parametrierung der Detailbilder mithilfe von Präfix-Adressierung . . . . .	60
7.4	Ablauf des Detailbildaufrufs . . . . .	61
7.5	Icons für die Messwerte und Spitzenlastmanagement . . . . .	62
7.6	Funktionsaufruf für die Einblendung des Detailbild . . . . .	62
7.7	Skript "DETAILPIC_MEAS" . . . . .	63
7.8	Skript "DETAILPIC_DET_MEAS" . . . . .	64
7.9	Gesamtübersicht über das Detailbild der Messdaten . . . . .	65
7.10	Anlegen der Variablen für die Trends . . . . .	66
7.11	Einstellung des Trends für die Spannung . . . . .	66
7.12	Detailbild Energiemesswerte - Trendaufrufe . . . . .	67
7.13	Skript Energiemesswerte - Trendaufrufe . . . . .	68
8.1	Funktionsbaustein 4 für das Spitzenlastmanagement . . . . .	70
8.2	Schema des Funktionsbaustein . . . . .	71
8.3	Detailbild für das Spitzenlastmanagement . . . . .	73
8.4	Abschnitt der Funktion für die Konfiguration des Trends . . . . .	74
9.1	Erstellung der ODBC-Verbindung für Qlik Sense Desktop . . . . .	76
9.2	Navigation zum Ladeskript . . . . .	77
9.3	Erstellen des Datenladeskripts im Qlik Sense Desktop . . . . .	77
9.4	Beispiel zur Organisation der Daten . . . . .	78
9.5	Gesamtübersicht über das Detailbild der Messdaten . . . . .	79
9.6	Darstellung des Dashboards . . . . .	80
9.7	Wirkenergie pro Monat . . . . .	81
9.8	Auswertung Wirkenergie Heatmap . . . . .	82
9.9	Auswertung Hochtarif Heatmap . . . . .	83
9.10	Auswertung Niedertarif Heatmap . . . . .	83
9.11	Wirkenergie pro Zustand . . . . .	84
9.12	Auswertung verbrauchter Wirkenergie pro Zustand und Kalenderwoche . . . . .	85
9.13	Aufzeichnung der Viertelstundenwerte . . . . .	86
9.14	Darstellung der maximalen der Viertelstundenwerte pro Monat . . . . .	86
A.1	Leiterspannung . . . . .	94
A.2	Maximale Strangspannung . . . . .	94
A.3	Minimale Strangspannung . . . . .	95

A.4	Phasenverschiebung der Spannungen . . . . .	95
A.5	Strangspannung . . . . .	95
A.6	$THD_U$ - Teil 1 . . . . .	95
A.7	$THD_U$ - Teil 2 . . . . .	96
A.8	Crestfaktoren der Leiterströme . . . . .	96
A.9	Durchschnittleiterströme . . . . .	96
A.10	Durchschnittswert des Stroms . . . . .	96
A.11	Leiterströme . . . . .	97
A.12	Neutralleiterstrom . . . . .	97
A.13	Phasenverschiebung des Stromes . . . . .	97
A.14	Spitzenleiterströme . . . . .	97
A.15	Scheinenergie . . . . .	98
A.16	Scheinenergie hoch . . . . .	98
A.17	Scheinenergie niedrig . . . . .	98
A.18	negative Blindenergie . . . . .	98
A.19	negative Blindenergie hoch . . . . .	99
A.20	negative Blindenergie niedrig . . . . .	99
A.21	positive Blindenergie . . . . .	99
A.22	positive Blindenergie hoch . . . . .	99
A.23	positive Blindenergie niedrig . . . . .	100
A.24	negative Wirkenergie . . . . .	100
A.25	negative Wirkenergie hoch . . . . .	100
A.26	positive Wirkenergie niedrig . . . . .	100
A.27	positive Wirkenergie . . . . .	101
A.28	positive Wirkenergie hoch . . . . .	101
A.29	positive Wirkenergie niedrig . . . . .	101
A.30	Durchschnittsscheinleistung . . . . .	101
A.31	PMD Scheinleistung . . . . .	102
A.32	PMD Scheinleistung VA . . . . .	102
A.33	Scheinleistung gesamt . . . . .	102
A.34	Scheinleistung der Phasen . . . . .	102
A.35	Blindleistung gesamt . . . . .	102
A.36	Blindleistung L1 . . . . .	103
A.37	Blindleistung L2 . . . . .	103
A.38	Blindleistung L3 . . . . .	103
A.39	Vorzeichen der Blindleistung . . . . .	103

A.40 Durchschnittsblindleistung var . . . . .	104
A.41 Durchschnittsblindleistung . . . . .	104
A.42 negative Blindleistung . . . . .	104
A.43 PMD Blindleistung . . . . .	104
A.44 positive Blindleistung . . . . .	105
A.45 Teilblindleistung . . . . .	105
A.46 Teilwirkenergie . . . . .	105
A.47 Wirkleistung gesamt . . . . .	105
A.48 Wirkleistung L1 . . . . .	106
A.49 Wirkleistung L2 . . . . .	106
A.50 Wirkleistung L3 . . . . .	106
A.51 PMD Wirkleistung - Teil 1 . . . . .	106
A.52 PMD Wirkleistung - Teil 2 . . . . .	107
A.53 Spitzenbedarf Wirkleistung . . . . .	107
A.54 Teilwirkleistung hoch . . . . .	107
A.55 Teilwirkleistung niedrig . . . . .	107
A.56 Vorzeichen der Wirkleistung . . . . .	108
A.57 Validierung des Wirkleistungszählers . . . . .	108
A.58 interne Variablen . . . . .	120

# Tabellenverzeichnis

2.1	Datentyp "TCON_IP_v4" . . . . .	7
2.2	Datentyp "IP_V4" . . . . .	8
3.1	Anforderung für den SPS-Baustein zur Kommunikation . . . . .	11
3.2	Anforderung WinCC-Skript . . . . .	12
3.3	Erprobung Gerät . . . . .	12
3.4	Anforderung für das Spitzenlastmanagement . . . . .	12
3.5	Anforderung für die Visualisierung . . . . .	13
3.6	Anforderung für die Qlik Sense Auswertung . . . . .	13
5.1	Schnittstelle des Funktionsbausteins "COM_NEMO96" . . . . .	21
6.1	Relevanten Größe übernommen aus der Norm DIN EN 61557-12 [18] . . . . .	30
6.2	Gegenüberstellung der Genauigkeitsklassen der Messgeräte . . . . .	33
6.3	Übersicht Ströme . . . . .	35
6.4	Übersicht Messwerte der Spannung . . . . .	36
6.5	Übersicht Messwerte der Wirkleistung . . . . .	38
6.6	Übersicht Messwerte der Blindleistung . . . . .	39
6.7	Übersicht Messwerte der Scheinleistung . . . . .	40
6.8	Übersicht Messwerte der Leistungsfaktoren . . . . .	42
6.9	Übersicht Messwerte der Wirkenergie . . . . .	44
6.10	Übersicht Messwerte der Blindenergie . . . . .	45
6.11	Übersicht Messwerte der Scheinenergie . . . . .	45
6.12	Übersicht Messwerte der $THD_U$ -Werte . . . . .	47
6.13	Grenzwerte der Oberschwingungsströme bei $R_{sce} = 33$ . . . . .	48
6.14	Grenzwerte Klasse 3 der Oberschwingungsanteile der Spannung ungerade Oberschwingungen und keine Vielfachen von 3 . . . . .	49
6.15	Grenzwerte Klasse 3 der Oberschwingungsanteile der Spannung ungerade Oberschwingungen und keine Vielfachen von 3 . . . . .	49

6.16	Grenzwerte Klasse 3 der Oberschwingungsanteile der Spannung gerade Oberschwingungen . . . . .	49
6.17	Übersicht . . . . .	50
6.18	Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 1 . . . . .	51
6.19	Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 2 . . . . .	52
6.20	Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 3 . . . . .	53
6.21	Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 4 . . . . .	54
6.22	UDT EnergyData Teil 1 . . . . .	56
6.23	UDT EnergyData Teil 2 . . . . .	57
8.1	Schnittstelle des Funktionsbausteins . . . . .	72
8.2	Erweiterung des UDT EnergyData für das Spitzenlastmanagement . . . . .	73
A.1	Statischer, temporärer und konstanter Bereich des Funktionsbausteins für die Kommunikation mit dem Messgerät . . . . .	119
A.2	Statischer, temporärer und konstanter Bereich des Funktionsbausteins für das Spitzenlastmanagement . . . . .	120

# Abkürzungen

**ETL** Extract Transform Load.

**ODBC** Open Database Connectivity.

**PMD** Performance measuring and monitoring device.

**SCADA** Supervisory Control And Data Acquisition.

**SPS** Speicherprogrammierbare Steuerung.

**SQL** Structured Query Language.

**TCP** Transmission Control Protocol.

**THD** Total Harmonic Distortion.

**TIA** Totally Integrated Automation Portal.

**UDT** User Defined Typ.

**VBA** Visual Basic for Applications.

**WinCC** Windows Control Center.

# 1 Einleitung

Die Energiewende ist ein zentrales gesellschaftliches Thema. Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2030 einen Anteil von 80% des Stroms aus erneuerbaren Energien zu beziehen [2]. Laut der Jahresauswertung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE konnte 2022 bereits ein Anteil an erneuerbaren Energien von 49,6 % erzielt werden. Spitzenreiter im Strommix sind erneuerbare Energien, die aus Solar und Windkraft gewonnen werden. Die große Herausforderung ist die flexible Anpassung des Stromverbrauchs an die schwankende Stromerzeugung durch regenerative Energien. Ein Ansatz ist, die Nutzung von Strom in der Industrie flexibler zu gestalten. Neben Energieeinsparungen ist daher das gezielte Steuern von Lasten ein vielversprechendes Konzept. Aufgrund des großen Stromverbrauchs der Industrie, der in Deutschland bei 44% rangiert, sind dort die größten Energieeinsparpotentiale zu erwarten [10].

Ein weiteres Problem, das mit den Maßnahmen zur Energieeinsparung auftritt, ist das zunehmend Frequenzumrichter, sowie Softstarter, eingesetzt werden. Diese Geräte bringen wiederum nichtlineare Bauteile, wie beispielsweise Dioden oder Thyristoren mit sich, was zu Netzurückwirkungen führt. Netzurückwirkungen und Probleme mit der Netzqualität kosten die europäische Wirtschaft mehr als 150 Milliarden Euro pro Jahr. Diese Herausforderung betrifft ebenfalls die Industrie [12].

Die Bachelorarbeit wird für die Firma TIG Automation GmbH geschrieben. Die TIG Automation GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen mit 45 Mitarbeitern. Zum Kerngeschäft gehören der Bau, die Automatisierung und die Inbetriebnahme von Industrieschaltanlagen, welche in den Bereich der Wasseraufbereitung, der Abfallwirtschaft und der Abluftreinigung fallen. Ein weiteres Standbein ist der Vertrieb, sowie der Service von Frequenzumrichtern der Firma Danfoss. Neben Danfoss gehört die Firma ComSys, die aktive Netzfilter zur Vermeidung von Netzurückwirkungen vertreibt, zu den Systempartnern der TIG Automation. Grundlage für den Vertrieb von aktiven Netzfiltern sind Netzanalysen, die gleichermaßen zum Portfolio gehören [16].

Dieses Projekt wird anhand eines Teils einer Abluftreinigungsanlage in der Industrie durchgeführt. Der Teil der Abluftreinigung ist eine sogenannte Soleanlage, die dazu dient, Kälte für den Prozess der Abluftreinigung zu erzeugen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen Prototypen für die Energieoptimierung und das Spitzenlastmanagement für Industrieanlagen zu entwickeln. Dafür sollen Daten aus dem Messgerät an die Steuerung und von dort über eine Datenbank zur Auswertung bereit gestellt werden. Weiterhin wird herausgearbeitet, welche Messwerte für die Applikation aussagekräftig sind. Abschließend wird ein Dashboard zur Visualisierung der Messdaten erarbeitet.

## 2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen für das Projekt vorgestellt. Dazu werden zunächst die nötigen Softwaregrundlagen erklärt und schließlich Grundlagen zur Energiewirtschaft erläutert.

### 2.1 Software

#### 2.1.1 Speicherprogrammierbare Steuerung

Die Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) der Firma Siemens bildet die Grundlage für die Automatisierung. Die Projektierung erfolgt mit dem Totally Integrated Automation Portal (TIA). Mehr Informationen zur Programmierung und der Funktionsweise sind in der Quelle [23] zu finden.

#### 2.1.2 SIMATIC WinCC V7.5

Die Software Windows Control Center (WinCC) der Firma Siemens dient zur Projektierung von Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) Systemen. Die Quelle [13] ist eine umfassende Beschreibung über die Funktionsweise von WinCC V7.5.

#### 2.1.3 Qlik Sense Desktop

Qlik Sense Desktop ist eine Business Intelligence - Software, die von der Firma Qlik Technologies Inc. entwickelt wurde. Die folgende Beschreibung ist aus der Quelle [11] entstanden. Für das Arbeiten mit Qlik Sense Desktop sind die Dokumentationen [5], [6], [7], [8] und [9] empfehlenswert.

Das Logo der Firma ist in Abbildung 2.1 dargestellt.



Abbildung 2.1: Logo der Firma Qlik

Es handelt sich um ein Business-Intelligence-Tool und wird hauptsächlich für die Analyse von Unternehmensdaten verwendet. Der Begriff Business-Intelligence beschreibt diese Analyse von Unternehmensdaten, welche im Unternehmen zu Planungs-, Entscheidungs- und Steuerungszwecken eingesetzt werden. Daher besitzt Qlik Sense ein breites Spektrum an Schnittstellen. Es ist möglich, Daten aus Excel, aus verschiedenen Datenbanken oder aus Cloud-Services zu laden. Qlik Sense bietet die Möglichkeit, die Daten mittels verschiedener Diagramme darzustellen. Durch verschiedene Selektionen können Daten beispielsweise gezielt nach einem bestimmten Zeitraum gefiltert werden. Dies ermöglicht eine detaillierte Untersuchung einer großen Datenmenge.

Das Laden der Daten aus den Datenquellen ist in drei Funktionen unterteilt und nennt sich kurz ETL. Das steht für Extract Transform Load (ETL).

### **Extract**

Extract beschreibt den Vorgang des Lesens aus den Datenquellen.

### **Transform**

Transform ist die Filterung, Prüfung und Konvertierung von den geladenen Daten.

### **Load**

Das Laden der Daten wird mit Load bezeichnet.

Die Programmiersprache ist Structured Query Language (SQL).

## **2.1.4 Open Database Connection - Schnittstellen**

Dieses Kapitel basiert auf der Quelle [1]. Open Database Connectivity (ODBC) ist eine von Microsoft entwickelte standardisierte Schnittstelle. Die Schnittstelle ermöglicht die Kommunikation mit Datenbanken wie MS-QLServer oder MariaDB. Es kann mittels SQL-Befehlen direkt auf Datensätze oder Datenfelder über ODBC-Schnittstellen zugegriffen werden.

Wie der Zugriff aus einer Applikation auf eine Datenbank erfolgt, ist in Abbildung 2.2 dargestellt.

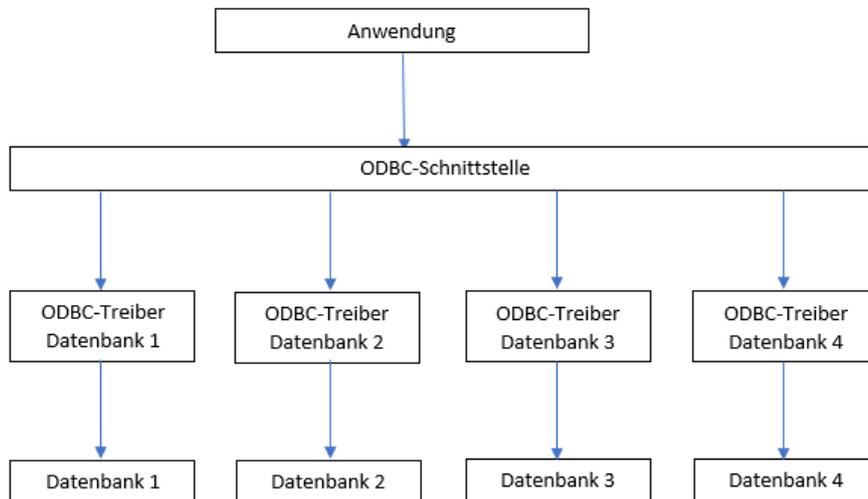


Abbildung 2.2: Schematische Darstellung der ODBC-Schnittstelle

Die Anwendung kann mittels SQL-Befehlen auf die Schnittstelle zugreifen. Für unterschiedliche Datenbanken müssen unterschiedliche Treiber installiert werden. Bei Datenbanken vom gleichen Typ werden die Datenquellen über den ODBC-Datenquellen-Administrator unter Angabe des Namen der Datenbank konfiguriert.

### 2.1.5 Funktionsweise des Bibliotheksbaustein MB\_Client

Diese Kapitel gibt Informationen der Dokumentation aus [14] wieder und erläutert diese. Der Baustein basiert auf dem Transmission Control Protocol (TCP).

Der Baustein "MB\_CLIENT" ist ein Standardbaustein der Firma Siemens und dient dazu, als Modbus-TCP-Client über Profinet zu kommunizieren. Der Baustein steht sowohl für die S7-1200 und S7-1500 CPU zur Verfügung.

Das Interface des Bausteins ist in Abbildung 2.3 dargestellt.

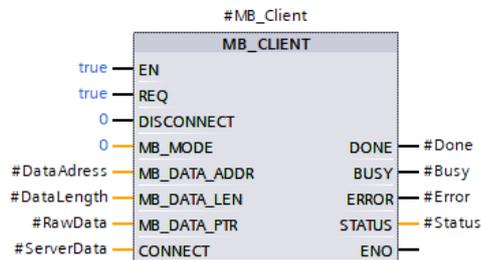


Abbildung 2.3: Funktionsbaustein MB\_CLIENT

Der Baustein ist durch das Ein-Signal am Enable-Eingang (EN) dauerhaft aktiv. Der Eingang REQ dient dazu eine Kommunikationsanfrage an den Modbus TCP-Server zu initiieren. Die Kommunikationsanfrage ist pegelgesteuert, was bedeutet, dass solange ein True-Signal anliegt, eine Anfrage gesendet wird. Durch die Beschaltung mit einem Nullsignal am Disconnect-Eingang wird der Verbindungsaufbau gestartet. Bei der Beschaltung mit einer Eins würde der Verbindungsabbau erfolgen.

Die Eingänge "MB\_MODE", "MB\_DATA\_ADDR" und "MB\_DATA\_LEN" sind gemeinsam zu betrachten. Über "MB\_MODE" kann bestimmt werden, ob ein Schreib- oder Lesezugriff erfolgen soll. Eine 0 an "MB\_MODE" gibt an, dass es sich um einen Lesezugriff handelt. Eine 1 steht für einen Schreibzugriff. Durch den angegebenen Adressbereich an "MB\_DATA\_ADDR" wird, der zu lesenden bzw. zu schreibende Adressbereich festgelegt. Für die gegebene Applikation müssen Halteregister gelesen werden, daher wird der Adressbereich bei 40001 bis 49999 und bei 400001 bis 465535 an den Baustein übergeben. Der Bereich steht für die Adressen 0 bis 9998 bzw. 0 bis 65534 im Messgerät. Mit "MB\_DATA\_LEN" wird angegeben, wie viele Halteregister gelesen werden. Halteregister besitzen die Länge von einem DWORD, was einer Länge von 32 Bit entspricht. Die Funktionsweise soll anhand von Abbildung 2.4 erklärt werden. Das ausführliche Datenblatt ist im Anhang unter A.3 zu finden.

Address	Format	Description	Unit / Note
0x1000	UD_WORD	Phase 1 : phase voltage	mV
0x1002	UD_WORD	Phase 2 : phase voltage	mV
0x1004	UD_WORD	Phase 3 : phase voltage	mV
0x1006	UD_WORD	Phase 1 : current	mA
0x1008	UD_WORD	Phase 2 : current	mA
0x100a	UD_WORD	Phase 3 : current	mA
0x100c	UD_WORD	Neutral current	mA
0x100e	UD_WORD	Chained voltage : L1-L2	mV
0x1010	UD_WORD	Chained voltage : L2-L3	mV
0x1012	UD_WORD	Chained voltage : L3-L1	mV

Abbildung 2.4: Auszug aus dem Datenblatt

Um die ersten drei Werte auszulesen, muss die Adresse  $(1000)_{16}$  in das Dezimalsystem umgerechnet werden. Das entspricht  $(4096)_{10}$  und muss mit 40001 addiert werden, da das laut Dokumentation der Adresse 0 entspricht. Somit wird für das Auslesen der ersten drei Werte als Startadresse 44097 übergeben. "MB\_DATA\_LEN" wird mit drei beschaltet. Der Eingang "MB\_DATA\_PTR" wird mit einem Array beschaltet, das die Daten speichern soll. Es ist darauf zu achten, dass "MB\_DATA\_LEN" nicht größer gewählt ist, als die Größe des Arrays an "MB\_DATA\_PTR". In der Dokumentation ist festgelegt, dass nur 1 bis maximal 125 Haltereister auf einmal gelesen werden können.

Die Variable "ServerData" (siehe Abbildung 2.3) ist für die Modbus TCP Kommunikation konfiguriert. Die Variable ist vom strukturierten Datentyp "TCON\_IP\_v4", welcher die Parameter für einen Verbindungsaufbau über IPv4 ermöglicht. Die Struktur enthält die, in der Tabelle 2.1 aufgelisteten, Variablen.

Tabelle 2.1: Datentyp "TCON\_IP\_v4"

Name	Datentyp	Funktion
InterfaceId	HW_ANY	Hardware Kennung
ID	CONN_OUC	Verbindungskennung
ConnectionType	Byte	Verbindungstyp 11=TCP/IP, 19=UDP
ActiveEstablished	Bool	aktiver/passiver Verbindungsaufbau
RemoteAddress	IP_V4	IP-Adresse vom Partner
RemotePort	UInt	TCP Port des entfernten Verbindungspartners
LocalPort	UInt	TCP Port der SPS

Um eine Verbindung aufzubauen, müssen die Parameter des Datentyps in der Tabelle 2.1 konfiguriert werden.

### InterfaceID

Die InterfaceID ist, im TIA-Portal unter Gerätekonfiguration mit einem Klick auf

die verbundene CPU und dann unter Systemkonstanten zu finden. Es muss die Profinet-Schnittstelle ohne Angabe eines Ports ausgewählt werden. In den überwiegenden Fällen ist dies die 64.

### **ID**

Bei der Verbindungskennung ist darauf zu achten, dass bei einem Einsatz von mehreren Modbus-Verbindungen eine eindeutige Adresse von 1 bis 4095 gewählt wird.

### **ConnectionType**

Als Verbindungstyp wird die 11 für TCP/IP ausgewählt.

### **ActiveEstablished**

Über ActiveEstablished wird die Art des Verbindungsaufbaus angegeben. Eine Beschaltung mit true steht für einen aktiven Verbindungsaufbau und ein passiver Verbindungsaufbau wird mit false initiiert.

### **RemotePort**

Der remote Port wird bei Kommunikation über Modbus TCP standardmäßig mit 502 beschaltet und ist die Port-Adresse des entfernten Verbindungspartners.

### **LocalPort**

Der lokale Port wird bei Kommunikation über Modbus TCP mit 0 beschaltet und ist die Port-Adresse des lokalen Verbindungspartners.

In dem strukturierten Datentyp befindet sich eine weitere Struktur vom Datentyp "IP\_V4", der sich wie in der Tabelle 2.2 gezeigt, zusammensetzt. Die Variable "IP\_V4" ist ein Array vom Typ Byte und besteht aus insgesamt vier Elementen.

Tabelle 2.2: Datentyp "IP\_V4"

<b>Name</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
ADDR[1]	Byte	erstes Oktett der IP-Adresse
ADDR[2]	Byte	zweites Oktett der IP-Adresse
ADDR[3]	Byte	drittes Oktett der IP-Adresse
ADDR[4]	Byte	viertes Oktett der IP-Adresse

## 2.2 Grundlagen der Energiewirtschaft

Es sollen im folgenden Kapitel der Einfluss von elektrotechnischen Größen und organisatorischen Möglichkeiten zur Energieoptimierung beleuchtet werden. Letztere führen nicht in allen Fällen dazu, Energie zu sparen. Es kann für den Anlagenbetreibenden finanzielle Vorteile bringen, ohne Energie einzusparen. Die Quelle [12] dient als Grundlage für dieses Kapitel.

Zunächst soll erläutert werden, welche Größen in Stromlieferverträgen für die Industrie relevant sind. Wesentlich sind für die Berechnung des Leistungspreises durch den Versorgenden der Monatsleistungspreis, der Jahresleistungspreis oder der Jahreshöchstleistungspreis. Der Monatsleistungspreis berücksichtigt den maximalen Viertelstundenwert des Monats. Der Viertelstundenwert macht eine Angabe darüber, wie viel Wirkarbeit in einer Viertelstunde verbraucht worden ist. Bei der Jahreshöchstleistung ist die insgesamt höchste Leistung des Jahres ausschlaggebend. Bei Anlagen, die jährlich über 100 MWh verbrauchen, werden die Lastgänge gemessen. Durch die Zuverlässigkeit der Lastgangsprognose können beim Versorger bessere Konditionen für den Stromliefervertrag ausgehandelt werden. Das hängt damit zusammen, dass keine großen Stromverbräuche und damit unerwarteten Schwankungen im Netz zu erwarten sind. Es findet eine Unterscheidung von Hoch- und Niedertarif statt, wobei tagsüber nach Hochtarif und nachts nach Niedertarif abgerechnet wird. Es kann ein Ansatz sein, Prozesse mit besonders hohem Strombedarf von dem Hochtarif- in den Niedertarifbereich zu verschieben.

Ein weiterer großer Einflussfaktor ist die Netzqualität. Nach DIN EN 50160 sind Parameter für den Übergabepunkt zwischen Versorgungsunternehmen und Anlagenbetreibenden relevant. Im folgenden werden die Parameter aufgeführt, die vom Verbrauchenden beeinflusst werden können.

1. schnelle Spannungsänderungen/Flicker
2. Spannungsunsymmetrien
3. Oberschwingungen und Zwischenharmonische

Aufgrund einer schlechten Netzqualität kann es zu Wärmeverlusten, sowie Beeinträchtigungen der Funktion der Anlage kommen.

# 3 Rahmenbedingungen

## 3.1 Ausgangssituation

Gegeben ist eine Bestandsanlage, die mit einem Multifunktionsmessgerät für Energiemessungen nachgerüstet werden soll. Das bestehende System besteht aus einer SPS S7-1500 und dem SCADA System WinCC V7.5. Dies ist in Abbildung 3.1 in grün dargestellt.

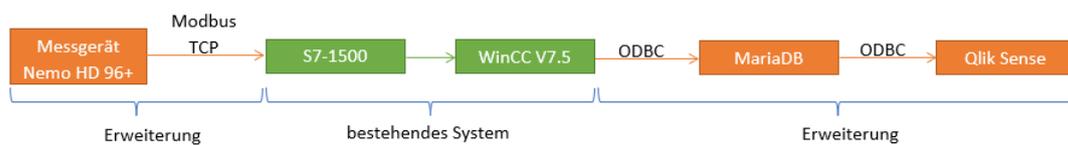


Abbildung 3.1: Schematische Zeichnung des Systems

Es ist das Multimessgerät Nemo 96HD+ der Firma IME vorgegeben. Das Gerät ist mit einem Ethernet-Kommunikationsmodul für das Protokoll Modbus TCP ausgestattet und wird erstmalig in einer Anlage eingesetzt. Die Daten des Multimessgeräts sollen mittels Modbus TCP an die SPS übermittelt werden. Da die Verbindung der SPS mit dem SCADA-System bereits realisiert ist, soll diese für die Weitergabe der Messdaten an das WinCC V7.5 genutzt werden. Es soll eine Erweiterung der Visualisierung erfolgen, um die für den Betrieb relevantesten Messdaten darstellen zu können. Über das SCADA-System sollen die Daten in die Datenbank geschrieben werden. Über eine weitere Verbindung werden die Daten aus der Datenbank an die Auswertungsplattform weitergegeben. Beide Verbindungen sollen über eine ODBC-Schnittstelle hergestellt werden. Als Datenbank ist die relationale Datenbank MariaDB vorgegeben. Die Auswertung soll mithilfe der Software QlikSense Desktop der Firma QlikTech International AB erfolgen.

## 3.2 Anforderungen

Das Messgerät Nemo 96HD+ der Firma IME wird zum ersten Mal eingesetzt. Bisher wurde das Multimessgerät UMG 96 RM-PN der Firma Janitza bei bisherigen Projekten verwendet. Das Hauptziel ist die Standardisierung und Anwendbarkeit auf neue und alte Anlagen, woraus die folgenden Anforderungen resultieren.

Tabelle 3.1: Anforderung für den SPS-Baustein zur Kommunikation

Nr.	Anforderung	Priorität
1	Lauffähig für die Steuerungstypen S7-1200 und S7-1500	Hoch
2	Software TIA Portal V16	Hoch
3	Auslesen der Daten über Modbus TCP	Hoch
4	Entwicklung User Defined Typ (UDT) zur Speicherung der Energiedaten	Hoch
5	Implementierung in Bestandsanlagen möglich	Hoch
6	Anpassung des UDT für Anwendbarkeit auf Messgerät der Firma Janitza	Mittel

In Tabelle 3.1 sind die Hauptanforderungen für die Erstellung des Kommunikationsbausteins beschrieben. Da der entwickelte Baustein eine hohe Übertragbarkeit auf neue sowie Bestandsanlagen aufweisen soll, muss der Baustein lauffähig für die Steuerungstypen S7-1200 und S7-1500 sein. Die beiden Steuerungstypen sind die standardmäßig eingesetzten Steuerungen der Firma TIG Automation.

Da es sich bei der gegebenen Anlage um eine Bestandsanlage handelt, ist das aktuelle Programm mithilfe des TIA Portal V16 (Totally Integrated Automation Portal) der Firma Siemens erstellt worden. Daher muss der Baustein auch mit dem TIA Portal V16 geschrieben werden, um Kompatibilitätsprobleme zu vermeiden.

Aufgrund der Ausstattung des Messgeräts Nemo 96 HD+ mit einem Modbus TCP-Kommunikationsmodul muss auch zwingend Modbus TCP als Kommunikationsprotokoll verwendet werden.

Die Speicherung der Daten soll über einen benutzerdefinierten Datentyp (UDT) erfolgen. Dieser soll standardisiert in Bestands- und Neuanlagen eingesetzt werden, daher muss er sowohl auf das Messgerät Nemo 96HD+ als auch auf das Janitza UMG 96 RM-PN anwendbar sein.

Tabelle 3.2: Anforderung WinCC-Skript

<b>Nr.</b>	<b>Anforderung</b>	<b>Priorität</b>
1	Schnittstelle ODBC	Hoch
2	Implementierung VBS-Skript	Hoch
3	hohe Robustheit	Hoch

In Tabelle 3.2 sind die Anforderungen an das Skript zur Übertragung der Daten vom SCADA-System zur Datenbank beschrieben. Die Verbindung zwischen dem SCADA-System und der Datenbank soll über eine ODBC-Schnittstelle erfolgen, was mit einem VBS-Skript zu realisieren ist. VBS steht für Visual Basic Script (VBS). Weiterhin ist ein essentielles Kriterium, dass die Speicherung und die Ausführung des Skriptes das System wenig belastet. Diese Anforderung ist speziell für das gegebene SCADA-System wichtig, da es im vorgefundenen Ausgangszustand bereits große Ausführungszeiten aufweist.

Tabelle 3.3: Erprobung Gerät

<b>Nr.</b>	<b>Anforderung</b>	<b>Priorität</b>
1	Auswahl der Messwerte	Hoch
2	Prüfung der Messwerte	Hoch
3	Vergleich Messgerät der Firma Janitza	Mittel

In Tabelle 3.3 sind die Anforderungen zur Untersuchung des Messgerätes aufgeführt. Es liegen noch keine Erfahrungswerte mit dem eingesetzten Messgerät vor, daher soll eine Prüfung auf Plausibilität der Messwerte erfolgen. Aufgrund dieser Analyse erfolgt die Entwicklung des benutzerdefinierten Datentyps. Ebenso wird recherchiert, welche Messwerte im Rahmen einer Energieoptimierung relevant sind.

Es soll ein Vergleich zu dem Messgerät UMG 96 RM-PN gezogen und bewertet werden, welches Messgerät für zukünftige Projekte geeigneter ist.

Tabelle 3.4: Anforderung für das Spitzenlastmanagement

<b>Nr.</b>	<b>Anforderung</b>	<b>Priorität</b>
1	Erarbeitung eines Konzepts für das Spitzenlastmanagement	Hoch
2	Entwicklung eines Bausteins für die SPS	Hoch

In Tabelle 3.4 sind die Anforderungen für die Implementierung des Spitzenlastmanagements gegeben. Für die Implementierung des Spitzenlastmanagements wird ein Konzept entwickelt, das die Konzeptionierung eines Bausteins für die SPS beinhaltet.

Tabelle 3.5: Anforderung für die Visualisierung

<b>Nr.</b>	<b>Anforderung</b>	<b>Priorität</b>
1	Anzeige der relevantesten Daten	Hoch
2	Darstellung der Messwertverläufe	Hoch
3	Schnelle Projektierung in Folgeprojekten	Mittel

In Tabelle 3.5 sind die Anforderungen für die Detailbilder im WinCC V7.5 aufgelistet. Hauptanforderung der Visualisierung ist die Anzeige der relevanten aktuellen Messdaten. Ebenso sollen die Messwertverläufe für die wichtigen Werte abgebildet werden. Das gilt sowohl für die Messung als auch für das Spitzenlastmanagement.

Ein weiterer Aspekt ist, dass die Projektierung mit sehr geringem Zeitaufwand erfolgen kann.

Tabelle 3.6: Anforderung für die Qlik Sense Auswertung

<b>Nr.</b>	<b>Anforderung</b>	<b>Priorität</b>
1	Detektion hoher Verbräuche und Spitzenlasten graphisch aufbereiten	Hoch
2	Detektion Zustände mit hoher Energie	Hoch

In Tabelle 3.6 sind die Anforderungen für die Auswertung mittels Qlik Sense aufgeführt. Abschließend soll exemplarisch anhand des Energieverbrauchs gezeigt werden, wie Qlik Sense eingesetzt werden kann, um Auffälligkeiten der Verbräuche und Spitzenlasten zu detektieren. Weiterhin soll der Energieverbrauch in Zusammenhang mit den Zuständen der Anlage in Verbindung gebracht werden.

# 4 Methodik

Im folgenden Kapitel wird kurz erläutert, wie der Ablauf des Projektes erfolgt. Dies ist in Abbildung 4.1 als Überblick dargestellt

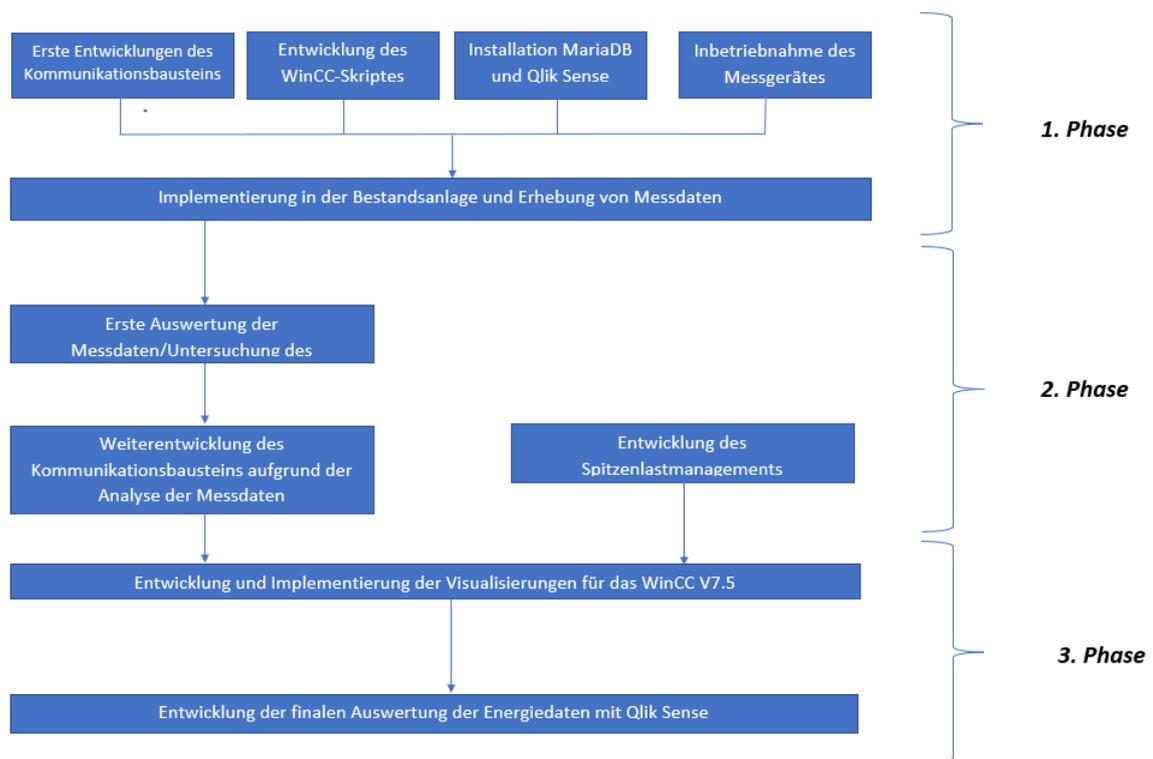


Abbildung 4.1: Ablauf des Projektes

## Phase 1

In der ersten Phase des Projektes werden die grundlegenden Funktionen des Systems entwickelt und implementiert. Dafür wird zunächst das Messgerät in Betrieb genommen und konfiguriert. Die Grundlage ist, dass alle erforderlichen Programme installiert werden. Bei

der Sichtung der verfügbaren Messwerte des Messgerätes wurde festgestellt, dass einige Werte laut Datenblatt potentiell mehrfach vorliegen können. Weiterhin ist aufgrund der Bezeichnung der Werte zum Teil unklar, welche Bedeutung die Messwerte haben. Es werden daher im ersten Schritt alle Messwerte des Datenblatts (siehe Anhang A.3) ausgelesen. Ziel dieses Arbeitsabschnittes ist es die grundlegende Verbindung zwischen dem Messgerät und der SPS herzustellen. Im Abschnitt Entwicklung des WinCC-Skripts soll eine Lösung für die Verbindung zwischen dem WinCC V7.5 und der Datenbank MariaDB entwickelt werden. Das Ziel ist die Implementierung des Kommunikationsbausteins, des WinCC-Skripts, sowie der erforderlichen Programme in dem Bestandsprogramm beim Kunden. Abschließend soll die Erhebung der Messdaten erfolgen. Die Intention ist es, über die Verbindung die Messdaten aus dem Messgerät aus der SPS auslesen zu können und aus dem WinCC V7.5 in die Datenbank schreiben zu können.

### **Phase 2**

In der zweiten Phase werden die erhobenen Messdaten analysiert. Nach dem ersten Auslesen erfolgt eine Prüfung auf Plausibilität und Sinnhaftigkeit der Messwerte. Zusätzlich wird geprüft, welche Werte in Hinblick auf die DIN-Norm erforderlich sind. In diesem Abschnitt wird untersucht, ob mögliche Grenzwerte bzw. kritische Werte existieren. Messwerte, die wertvoll für die Beurteilung des Energieverbrauchs sind oder Aufschluss auf eine gute Performance der Anlage liefern, werden in einen benutzerdefinierten Datentyp (kurz: UDT für **U**ser **D**efined **T**ype) aufgenommen. Weiterhin wird geprüft, inwieweit es Überschneidungen mit dem bereits eingesetzten Janitza-Gerät gibt. Basierend auf bereits gesammelten Erfahrungen in anderen Projekten mit dem Messgerät der Firma Janitza können zusätzliche Messwerte aufgenommen werden. Abschließend wird verglichen, welches Messgerät mehr Vorteile bietet.

Nach der Prüfung der Messwerte erfolgt eine Weiterentwicklung des Kommunikationsbausteins. Nicht zu betrachtende Messwerte werden nicht weiter mit ausgelesen. Nach der Fertigstellung des Kommunikationsbausteins kann nun ein Konzept für das Spitzenlastmanagement entwickelt und implementiert werden. Am Ende der Phase soll der benutzerdefinierte Datentyp fertiggestellt sein. Nachdem die Implementierung des Spitzenlastmanagements und die des Kommunikationsbausteins abgeschlossen sind, kann die Visualisierung erweitert werden. Hierbei sollen die relevantesten Daten für den laufenden Betrieb dargestellt werden.

### **Phase 3**

Zum Abschluss erfolgt die visuelle Aufbereitung, da die Visualisierung auf den Ergebnissen der ersten beiden Phasen basiert. Abschließend werden die Daten mithilfe von Qlik Sense Desktop aufbereitet und dargestellt. Ziel dieser Phase ist ein Dashboard zu schaffen, anhand dessen Spitzenlasten und der allgemeine Verbrauch von elektrischer Energie dargestellt werden kann.

# 5 Grundlegende Implementierungen

## 5.1 Installation

Im folgenden Kapitel wird die Installation und das Einrichten der Datenbank näher erläutert. Als Datenbank wird MariaDB inklusive ODBC-Treiber installiert. MariaDB ist eine Open Source Datenbank. Es wird MariaDB in der Version 10.10.1 Win64 mit einem ODBC-Treiber V3.1.17 Win32 installiert. Beide Installationsdateien können von der Seite [mariadb.org](http://mariadb.org) heruntergeladen werden. Bei der Installation des ODBC-Treibers ist nichts weiter zu beachten. Als Setup-Einstellungen wird "typical" ausgewählt.

## 5.2 Erste Inbetriebnahme des Multimessgeräts

Für die Konfiguration des Messgerätes wird keine zusätzliche Software benötigt und kann über den Internet Browser erfolgen. Im folgenden Abschnitt wird eine Anleitung gegeben, welche Angaben für die Kommunikation im Anlagennetz notwendig sind.

Das Messgerät wird mittels eines Netzkabels direkt an den PC angeschlossen. Die voreingestellte IP-Adresse lautet 192.168.1.100 und die Subnetzmaske 255.255.255.0. Das bedeutet, dass die IP-Adresse und die Subnetzmaske des PCs gegebenenfalls für die Parametrierung des Messgerätes angepasst werden müssen, um das Messgerät erreichen zu können.

Dies geschieht über Systemsteuerung → Netzwerk und Internet → Netzwerk- und Freigabecenter → Adaptoreinstellungen. Mit einem Rechtsklick auf den Ethernet-Adapter kann unter Eigenschaften die Adresse für das Protokoll TCP/IPv4 geändert werden. Dies ist beispielhaft in Abbildung 5.1 dargestellt.

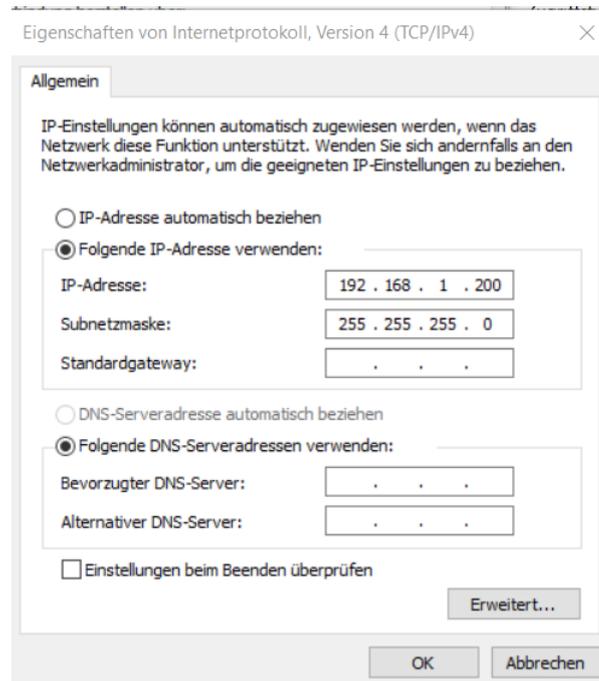


Abbildung 5.1: Beispielhafte Änderung der IP-Adresse

Es kann nun die voreingestellte IP-Adresse des Messgerätes in die Adresszeile des Browsers eingegeben werden. Es erscheint das Fenster, welches in Abbildung 5.2 gezeigt ist. Das standardmäßige Passwort lautet **Admin**.



Abbildung 5.2: Fenster zur Eingabe des Passworts

Nach der Eingabe erscheint das folgende Fenster aus Abbildung 5.3. Es sind nun die IP-Adresse und die Subnetzmaske auf das bestehende Anlagennetz anzupassen, um den Datenaustausch zwischen SPS und Messgerät zu ermöglichen.

**IME** 

### IF96015 Configuration

**Ethernet**

IP:

Subnet:

Gateway:

**Serial Port**

Speed:

**Serial-TCP**

Mode:

TCP Port: (0-65535)

TCP Timeout: (0-43200) Sec

SW Ver. 1.12

Abbildung 5.3: Fenster zur Konfiguration

Bis auf die IP-Adresse und die Subnetzmaske werden die Standardeinstellungen beibehalten.

## 5.3 Auslesen der Energiedaten aus einem Nemo 96 HD+ Messgerät über Modbus TCP

### 5.3.1 Implementierung des Funktionsbausteins

Es ist die finale Fassung des Bausteins dokumentiert. Für die erste Entwicklung des Systems ist eine aufwendigere Fassung des Bausteins verwendet worden. Es ist eine längere Schrittkette eingesetzt worden, um alle Daten auslesen zu können. Der Funktionsbaustein "COM\_NEMO96" dient zum Auslesen der Energiedaten aus einem Nemo 96 HD+ Messgerät der Firma IME Legrand. Um den Baustein einzusetzen, muss zusätzlich ein Datenbaustein vom Typ EnergyData erstellt werden. Dieser speichert die über Modbus TCP ausgelesenen Daten und stellt sie dem Visualisierungssystem zur Verfügung.

Die Einstellung bei der Erstellung des Datenbausteins sind aus Abbildung 5.4 zu entnehmen.

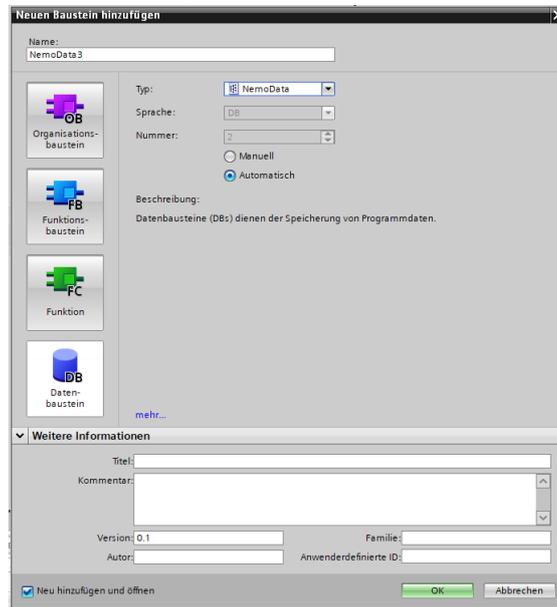


Abbildung 5.4: Einstellung des Datenbausteins für die Speicherung der Messwerte

In Abbildung 5.5 ist das Interface des Bausteins abgebildet. Die Parametrierung der Eingänge des Baustein entspricht der im Programm verwendeten Beschaltung.

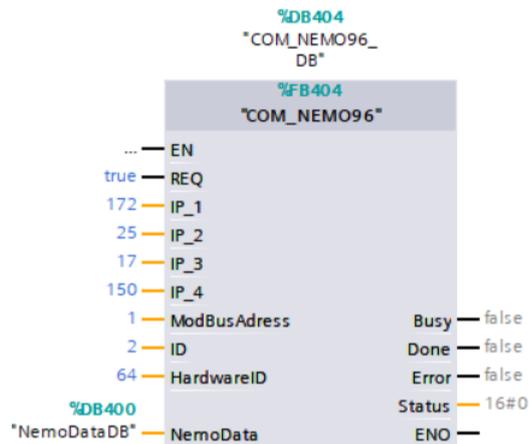


Abbildung 5.5: Interface des Funktionsbausteins FB404

In der Tabelle 5.1 ist kurz dargestellt, wie die Ein- und Ausgänge zu beschalten sind.

Tabelle 5.1: Schnittstelle des Funktionsbausteins "COM\_NEMO96"

<b>Eingang</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
REQ	Bool	Anforderung/Start des Auslesen
IP_1	Byte	erstes Okette der IP-Adresse
IP_2	Byte	zweites Okette der IP-Adresse
IP_3	Byte	drittes Okette der IP-Adresse
IP_4	Byte	vierte Okette der IP-Adresse
ModBusAdress	Byte	einstellbare Adresse des Gerätes
ID	CONN_OUC	Identifikationsnummer der Verbindung
HardwareID	HW_ANY	
<b>Ein-/Ausgang</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
NemoData	EnergyData	Speicherort der Daten
<b>Ausgang</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
Busy	Bool	1 = Auslesen aktiv, 0= Auslesen inaktiv
Done	Bool	1 = Auslesen beendet
Error	Bool	1 = Fehler
Status	Word	genauere Statusmeldung
ENO	Bool	Durchgereichter EN-Eingang

Sowohl die IP-Adresse als auch die Modbus-UnitID müssen am Messgerät eingestellt werden. Die HardwareID ist im TIA Portal unter Gerätekonfiguration festgelegt. Dort wird die CPU, die mit dem Multimessgerät kommuniziert, angewählt und unter dem Reiter Systemkonstanten ist die entsprechende Kommunikationsschnittstelle aufgelistet. Bei mehrfachen Einsatz des Bausteins in einem Projekt sind eindeutige IDs zu vergeben. Der Ein-/Ausgang wird mit dem Datenbaustein, der das Datengerüst für die Energiedaten enthält, beschaltet.

Bei den Ausgängen handelt es sich um die herausgeführten Ausgänge des intern aufgerufenen Funktionsbaustein "MB\_Client".

### 5.3.2 Funktionsweise

In Abbildung 5.6 ist der schematische Ablauf des Bausteins dargestellt. Dies wird im folgenden Abschnitt erläutert.

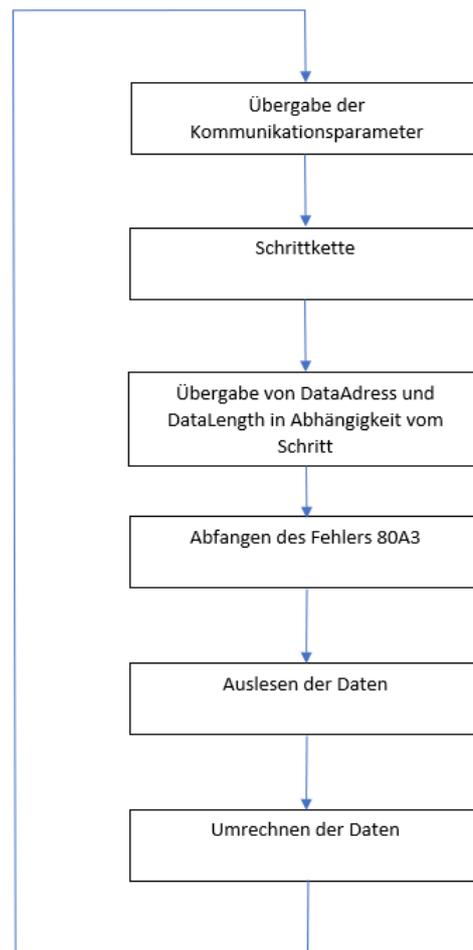


Abbildung 5.6: Schematischer Ablauf FB 404

In dem Schritt Übergabe der Kommunikationsparameter werden die in dem Grundlagenkapitel 2.1.5 besprochenen Parameter übergeben. Der exakte Ablauf der Schrittfolge ist in Abbildung 5.7 detailliert aufgeschlüsselt. In Abhängigkeit des Schrittes erfolgt das Auslesen und Umrechnen der Daten, sodass nur die für den Schritt relevanten Messdaten umgerechnet werden. Das Abfangen des Fehlers 80A3 geschieht unabhängig vom Schritt und wird in jedem Zyklus abgefragt. Bei der Entwicklung des Bausteins ist aufgefallen, dass beim Neuladen in die CPU der Fehler mit dem Statuscode 80A3 auftritt. Dies bedeutet, dass bereits eine Verbindung mit der ID besteht. Das Problem besteht darin, dass jede Modbus-Verbindung eine eindeutige ID als Verbindungsparameter hinterlegt haben muss. Um den Fehler vorzubeugen, wird beim Auftreten dieses Fehlers die Verbindung

mit der entsprechenden ID mithilfe des Bausteins TDISCON beendet. So kann die ID weiterhin verwendet werden und der Funktionsbaustein ohne Einschränkung arbeiten.

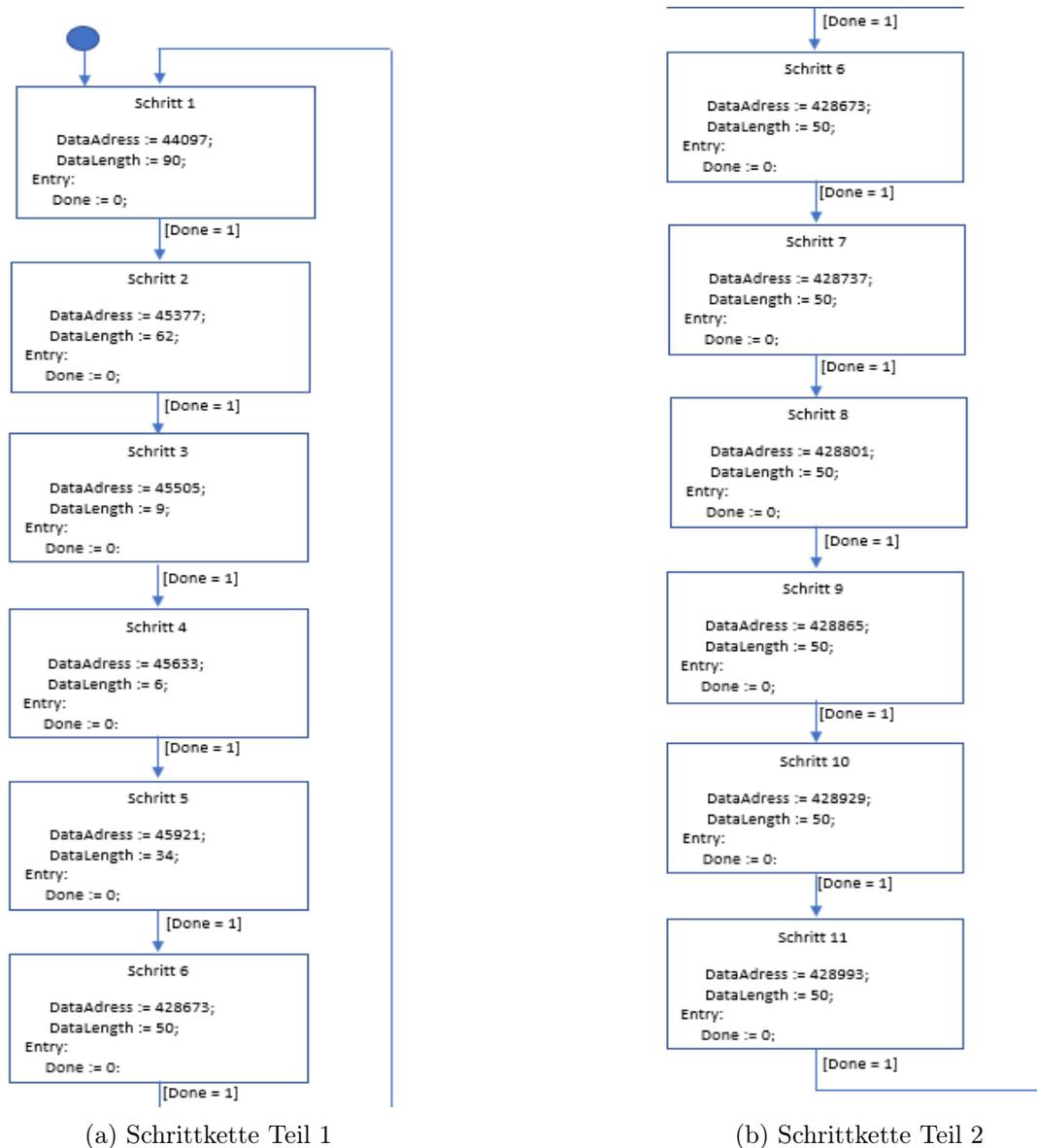


Abbildung 5.7: Gesamtübersicht über die Schrittkette

Die angesprochene Schrittkette ist in Abbildung 5.7 dargestellt. Sie besteht aus 11 Schritten, da ein Aufruf des Funktionsbausteins "MB\_CLIENT" nur bis zu 125 Wörter auslesen kann. Ein Schritt startet jeweils, wenn der vorherige Schritt erfolgreich ausgeführt wurde

und der Funktionsbaustein “MB\_CLIENT“ den Ausgang “Done“ setzt. Voraussetzung für den Start der Schrittkette ist, dass der Eingang “REQ“ auf true gesetzt ist. Das Signal ist pegelgesteuert. Wird der Eingang während des Ablaufs der Schrittkette false gesetzt, so bleibt der aktuelle Schritt aktiv bis das Signal wieder ein true bekommt. In den jeweiligen Schritten wird die Modbus-Adresse des zu lesenden Blocks sowie die Datenlänge an die Variablen “DataAdress“ und “DataLength “ übergeben. Diese übergeben die Werte wiederum dem Funktionsbaustein “MB\_CLIENT “, der die gewünschten Daten ausliest und in das Array RawData schreibt. In Abhängigkeit des aktiven Schrittes werden die gelesenen Daten nun in das gewünschte Format umgerechnet und an den angegebenen Datenbaustein mit der Struktur NemoData übergeben.

Aus Gründen der Vollständigkeit sind in Tabelle A.1 die temporären, statischen und konstanten Variablen des Bausteins mit kurzer Funktionserklärung aufgeführt.

## 5.4 Skript zur Erstellung der Datenbank

Das Skript wird mit Visual Basic for Applications (VBA) erstellt. Da es sich um viele Daten handelt, wird ein VBA-Skript für Excel geschrieben, was für eine schnelle Erstellung der Datenbank sorgen soll. In der Excel-Tabelle sind die Varianten für das Nemo HD96+ und für das Messgerät UMG 96 RM-PN mit den Kommunikationsoptionen Profinet und Modbus TCP vorhanden. Es können in den Spalten “NEMO“, “Janitza MB“ und “Janitza PN“ beliebig Kreuze gesetzt werden, je nachdem, welche Werte gewünscht sind. Es muss die rechte Spalte berücksichtigt werden, in der aufgeführt ist, ob ein Wert für das gegebene Messgerät und Protokoll möglich ist. Dies ist in Abbildung 5.8 gezeigt.

		NEMO	Janitza MB	Janitza PN	
U1_N	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
U2_N	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
U3_N	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
I1	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
I2	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
I3	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
IN	Real	x	x		Energie Daten .. Janitza MB, NEMO 96 HD+
U1_U2	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
U2_U3	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
U3_U1	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
P_TOTAL	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
Q_TOTAL	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
S_TOTAL	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+
PF_SEC_TOTAL	Int	x			Energie Daten .. NEMO 96 HD+
FRQ	Real	x	x	x	Energie Daten .. Janitza PN und MB, NEMO 96 HD+

Abbildung 5.8: Auszug aus der Excel-Tabelle für die Auswahl der Messwerte

In Abbildung 5.9 sind die Steuerelemente und nötigen Angaben für die Datenbank dargestellt.

<b>Name Datenbank:</b>	datenba2	
<b>Name Tabelle:</b>	energydatafinal3	
<b>Anwahl Messgerät</b>		
<input checked="" type="radio"/> Nemo HD 96 +	<input type="radio"/> Janitza MB	
	<input type="radio"/> Janitza PN	
<b>Datenbank</b>		

Abbildung 5.9: Steuerfelder für die Generierung des Codes

Es müssen der Name der Datenbank und der Tabelle in den entsprechenden Felder angegeben werden. Mit dem Button Datenbank erstellen wird eine txt-Datei in das Dateiverzeichnis C:\temp geschrieben. Der erstellte Code kann nun kopiert werden und als Abfrage eingefügt werden. Wird die Abfrage ausgeführt und die Datenbank aktualisiert, ist die Tabelle eingefügt.

## 5.5 Einrichtung der ODBC Datenquelle

Die ODBC-Schnittstelle hat die Aufgabe die Daten aus dem WinCC V7.5 in die Datenbank und von der Datenbank in QlikSense Desktop zu transferieren. Als ODBC-Datenquelle wird eine 32-Bit Architektur verwendet. Um die Datenquelle einzurichten, wird unter Windows in der Suchzeile der Begriff ODBC Data Source eingegeben (siehe Abbildung 5.10).

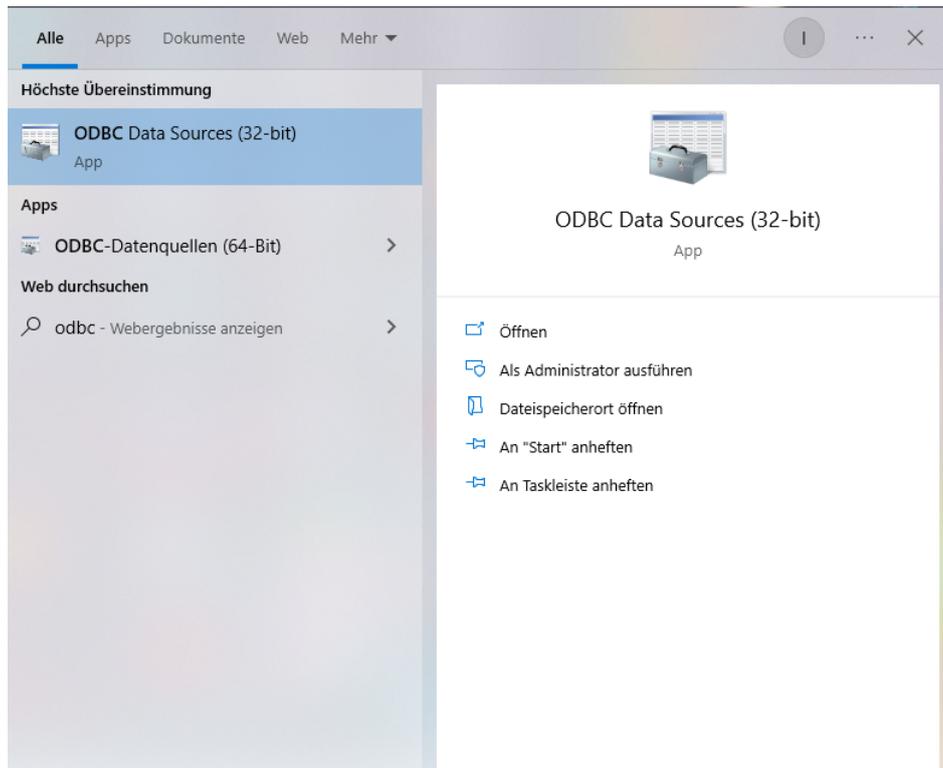


Abbildung 5.10: Windows Dialog zum Einrichten der ODBC-Datenquelle

Da es sich bei WinCC V7.5 um eine 32-bit Anwendung handelt, wird auch eine ODBC-Datenquelle für 32-Bit verwendet. Es wird eine Benutzer-DNS eingerichtet. Wichtig ist beim Hinzufügen die Angabe der richtigen Datenbank. Die Bezeichnung der Benutzer-DNS ist für das WinCC-Skript essentiell.

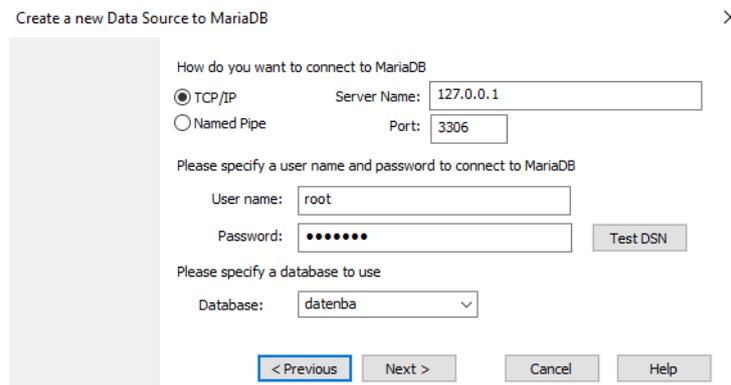


Abbildung 5.11: Notwendige Einstellungen der ODBC-Datenquelle

Die wichtigsten Einstellungen beim Einrichten der ODBC-Schnittstelle sind in Abbildung 5.11 dargestellt. Mit dem Button Test DSN kann die Verbindung zur Datenbank getestet werden. Bei erfolgreicher Einrichtung erscheint das Pop-Up-Fenster aus Abbildung 5.12.

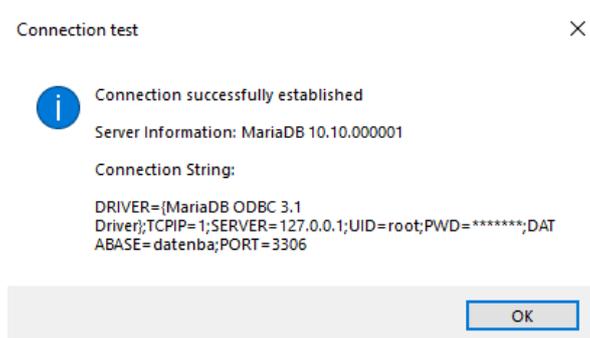


Abbildung 5.12: Dialog eines erfolgreichen Verbindungstests

## 5.6 Skript Datenbank WinCC V7.5

Das Skript ist als VBS-Aktion, die alle fünf Minuten ausgeführt wird, implementiert. Die Grundlage für die Entwicklung liefert die Dokumentation [15]. Das Skript lässt sich in drei Teile unterteilen. Zuerst erfolgt der Verbindungsaufbau, dann das Auslesen der Daten und zum Schluss die Freigabe von Speicherplatz. Am Ende wird die Verbindung getrennt. Es muss beachtet werden, dass bei anderen Datenbanken oder Tabellen Änderungen in den folgenden beiden Zeilen in Abbildungen 5.13 und 5.14 erfolgen.

```
'#####  
'# energydata durch den Tabellennamen tauschen  
'#####  
'constants  
Const SQLQuery = "SELECT * FROM energydata WHERE 0"
```

Abbildung 5.13: Auszug aus der VBS-Aktion - SQL-Befehl zum Auswählen der Daten aus der bestehenden Tabelle

In Abbildung 5.13 ist der gewünschte Tabellenname anstatt von “energydata“ anzugeben.

```
'#####  
'# Name der ODBC Datenquelle  
'#####  
strCnxxn = "DSN=MySQLTest"
```

Abbildung 5.14: Auszug aus der VBS-Aktion - Konfiguration der Verbindungs-DNS

In Abbildung 5.14 ist, wie bereits in Kapitel 5.5 angesprochen, die verwendete ODBC-Datenquelle für die gewünschte Datenbank anzugeben. Im zweiten Abschnitt erfolgt eine Schleife, sodass das Skript auch auf andere Tabellen der Datenbank mit verschiedenen Messwerten angewendet werden kann. Es hängt von der Tabelle der Datenbank ab, welche Variablen gelesen werden sollen. Daher müssen die Namen der Variablen im WinCC V7.5 identisch sein mit den Namen der Spalten der Datenbank.

```
For intLoop = 1 To (.Fields.Count - 1)  
    kennung = .Fields.Item(intloop).Name  
    .Fields(kennung) = HMIRuntime.Tags(kennung).Read  
  
Next
```

Abbildung 5.15: Schleife zum Auslesen der Daten

In Abbildung 5.15 ist die Schleife dargestellt. Sie bezweckt, dass die Namen der Spalten der Datenbanktabelle mit denen der WinCC Variablen verglichen werden und die entsprechenden Werte ausgelesen werden. Dies führt zu einer hohen Flexibilität des Skriptes und zu einer schnellen Projektierungszeit, da nur die bereits angesprochenen Zeilen geändert werden müssen.

# 6 Untersuchung des Messgerätes Nemo 96HD+

Im folgendem Kapitel soll zunächst anhand der relevanten Normen in Hinblick auf die Messwerte diskutiert werden, welches Messgerät höhere Präzision besitzt. Dafür wird zuerst beschrieben, welche Normen eine Relevanz besitzen, anschließend werden die Eigenschaften der beiden Messgeräte gegenübergestellt und abschließend analysiert.

## 6.1 Einführung der relevanten Normen für Messgeräte

Die hier beschriebenen Normen sind den Quellen [21], [19] und [18] entnommen.

### 6.1.1 DIN EN 61557-12

Die Norm beschreibt die Anforderungen an kombinierte Geräte für die Messung und Überwachung des Betriebsverhaltens. Diese Messgeräte werden auch Performance measuring and monitoring device (PMD) genannt. Es handelt sich dabei speziell um elektrische Parameter in Verteilernetzen. In diese Normen fallen die Größen, die in der Tabelle 6.1 dargestellt sind.

Tabelle 6.1: Relevanten Größe übernommen aus der Norm DIN EN 61557-12 [18]

<b>Symbol</b>	<b>Funktion</b>
$P$	Gesamt-Wirkleistung
$E_a$	Gesamt-Wirkenergie
$Q_A/Q_V$	Gesamt-Blindleistung, arithmetisch/Gesamt-Blindleistung, vektorielle
$E_{rA}/E_{rV}$	Gesamt-Blindenergie, arithmetisch/Gesamt-Blindenergie, vektorielle
$S_A/S_V$	Gesamt-Scheinleistung, arithmetisch/Gesamt-Scheinleistung, vektorielle
$E_{apA}/E_{apV}$	Gesamt-Scheinenergie, arithmetisch/Gesamt-Scheinenergie, vektorielle
$f$	Frequenz
$I$	Phasenstrom, einschließlich $I_p$ (Strom auf dem Außenleiter $p$ )
$I_N/I_{Nc}$	gemessener Neutralleiterstrom/berechneter Neutralleiterstrom
$U$	Spannung, einschließlich $U_{pg}$ (Spannung Außenleiter $p$ zu Außenleiter $g$ ) und $V_p$ (Spannung Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$U_{din}$	vereinbarte Eingangsspannung [IEC 61000-4-30]
$PF_A/PF_V$	Leistungsfaktor,arithmetisch/Leistungsfaktor, vektoriell
$PF_{st}/PF_{lt}$	Kurzzeit-Flicker/Langzeit-Flicker
$U_{dip}$	Spannungseinbrüche, einschließlich $U_{pgdip}$ (Einbrüche der Spannung Außenleiter $p$ zu Außenleiter $g$ ) und $V_{pdip}$ (Einbrüche der Spannung Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$U_{swl}$	Spannungsüberhöhung, einschließlich $U_{pgswl}$ (Außenleiter $p$ zu Außenleiter $g$ ) und $V_{pdip}$ (Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$U_{tr}$	transiente Überspannung, einschließlich $U_{pgtr}$ (Außenleiter $p$ zu Außenleiter $g$ ) und $V_{ptr}$ (Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$U_{int}$	Spannungsunterbrechung, einschließlich $U_{pgint}$ (Außenleiter $p$ zu Außenleiter $g$ ) und $V_{pint}$ (Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$U_{nb}$	Spannungsunsymmetrie in Bezug auf Phase und Amplitude, einschließlich $V_{pnb}$ (Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$U_{nba}$	Spannungsunsymmetrie in Bezug auf die Amplitude, einschließlich $V_{pnba}$ (Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$U_h$	Spannungsüberschwingung, einschließlich in Bezug auf die Amplitude, einschließlich $U_{pgh}$ (Außenleiter $p$ zu Neutralleiter) und $V_{ph}$ (Außenleiter $p$ zu Neutralleiter)
$THD_u$	THD der Spannung in Bezug auf die Grundschwingung
$THD - R_u$	THD der Spannung in Bezug auf den Effektivwert
$I_h$	Strom-Oberschwingungen, einschließlich $I_{ph}$ (Oberschwingungen auf dem Außenleiter $p$ )
$THD_i$	THD der Strom in Bezug auf die Grundschwingung
$THD - R_i$	THD der Strom in Bezug auf den Effektivwert
$M_{SV}$	Netzsignalspannung

Es gilt  $PF_V = \cos(\phi)$ , falls keine Oberschwingungen vorhanden sind. Der Wert für Total Harmonic Distortion (THD) gibt die gesamte harmonische Verzerrung an.

Ein Aspekt, den die Norm behandelt, sind die Genauigkeitsklassen. Die Genauigkeitsklasse drückt den systematischen Fehler in Prozent aus. So beschreibt Klasse 2 eine Abweichung von  $\pm 2\%$ .

Nach DIN EN 61557-12 können die Geräte in die Klassen PMD-I, PMD-II, PMD-III eingeteilt werden. Die Klassifizierung beschreibt den Einsatzzweck für das Messgerät.

#### **PMD-I**

Energienutzungseffizienz zur Bewertung der Energieeffizienz. Es muss mindestens die Größe  $E_a$  gemessen werden.

#### **PMD-II**

Diese Klasse beschreibt Geräte zur grundlegenden Leistungsüberwachung und zur Überwachung und Steuerung der elektrischen Energieverteilung in der Anlage. Es müssen mindestens die Größen  $P, Q, S, E_a, E_r, f, I, U$  und/oder  $V, PF$  gemessen werden.

#### **PMD-III**

In dieser Klasse sind Geräte zur erweiterten Leistungsüberwachung und Netzleistung zu finden. Es müssen mindestens die Größen  $P, Q, S, E_a, E_r, E_{ap}, f, I, I_N, U$  und/oder  $V, PF, THD_U$  und/oder  $THD_V$  und/oder  $THD - R_U$  und/oder  $THD - R_V, THD - R_I$  und/oder  $THD - R_I$  gemessen werden.

### **6.1.2 DIN EN 61000-4-7**

Die Norm DIN EN 61000-4-7 [19] stellt einen allgemeinen Leitfaden für Verfahren und Geräte zur Messung von harmonischen Oberschwingungen und zwischenharmonischen Oberschwingungen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten dar. Es wird in Klasse 1 und Klasse 2 unterschieden. Klasse 1 wird verwendet, wenn besonders genaue Messungen nötig sind, um eine Einhaltung der Normen zu bestätigen. Ein Gerät der Klasse 2 kann für allgemeine Übersichtsmessung eingesetzt werden.

### **6.1.3 DIN EN 61000-4-30**

Die DIN EN 61000-4-30 [21] befasst sich mit Verfahren zur Messungen von Spannungsqualität. Es wird zwischen den Klassen A und S unterschieden. Ein nach Klasse A spezifiziertes Gerät weist eine geringere Messabweichung als Klasse S auf und wird angewendet, falls sehr genaue Messungen, beispielsweise als Nachweis zur Einhaltung von Normen, gewünscht sind.

## 6.2 Gegenüberstellung der Messgeräte anhand der Normen

In Tabelle 6.2 sind die Genauigkeitsklassen für das Messgerät Nemo 96HD+ der Firma IME und das Messgerät UMG96 RM-PN der Firma Janitza gegenübergestellt.

Tabelle 6.2: Gegenüberstellung der Genauigkeitsklassen der Messgeräte

Symbol	Genauigkeitsklasse UMG96 RM-PN	Genauigkeitsklasse Nemo96 HD+
$P$	0,5	0,5
$E_a$	0,5	0,5
$Q_A/Q_V$	1	1
$E_{rA}/E_{rV}$	1	2
$S_A/S_V$	0,5	1
$E_{apA}/E_{apV}$	0,5	-
$f$	0,05	0,5
$I$	0,2	0,5
$U$	0,2	0,5
$I_N/I_{Nc}$	1	-
$U_{din}$	-	-
$PF_A/PF_V$	0,5	0,5
$PF_{st}/PF_{It}$	-	-
$U_{dip}$	-	-
$U_{swl}$	-	-
$U_{tr}$	-	-
$U_{int}$	-	-
$U_{nb}$	-	-
$U_{nba}$	-	-
$U_h$	KL. 1 (61000-4-7)	-
$THD_u$	1	2
$THD - R_u$	-	-
$I_h$	KL. 1 (61000-4-7)	-
$THD_i$	1,0	2
$THD - R_i$	-	-
$M_{SV}$	-	-

Aus Tabelle 6.2 ist ersichtlich, dass das Messgerät der Firma Janitza bei mehr Messwerten eine Angabe der Genauigkeitsklasse hat. So wird für die Scheinenergie, den Neutralleiterstrom, die Spannungsüberschwingungen  $U_h$  sowie die Stromüberschwingungen

$I_h$  eine Angabe gemacht. Weiterhin fällt auf, dass das Messgerät der Firma Janitza für die Blindenergie, Scheinleistung, Frequenz, den Strom und die  $THD_U$  und  $THD_I$  Werte präzisere Genauigkeitsklassen aufweist im Vergleich zum Messgerät Nemo HD96+. Es ist festzuhalten, dass für das Messgerät UMG96 RM-PN eine geringere Eigenunsicherheit vorliegt.

Weiterhin ist feststellbar, dass das Messgerät UMG96 RM-PN eine Spezifikation der Klasse 1 nach IEC 61000-4-7 bei den Größen Strom- und Spannungsüberschwingungen aufweist. Das Messgerät der Firma Janitza ist somit geeignet präzise Messungen durchzuführen, um die Einhaltung gegebener Normen nachzuweisen.

Für beide Messgeräte sind für die Spannungseinbrüche  $U_{dip}$ , Spannungsüberhöhungen  $U_{swl}$ , transiente Überspannungen  $U_{tr}$ , Spannungsunterbrechungen  $U_{int}$  und Spannungsunsymmetrien  $U_{nba}$  keine Angaben vorhanden. Es wäre wünschenswert, wenn eine Spezifikation nach IEC 61000-4-30 vorhanden ist. So kann mit einfachen, standardisierten Mitteln abgeschätzt werden, ob für den Kunden eine aufwendigere Netzanalyse sinnvoll ist.

In keinem der beiden Datenblätter ist eine Angabe zur PMD Klasse enthalten. Aufgrund der im Datenblatt spezifizierten Messwerte lässt sich darauf schließen, dass die Messgeräte der Firma Janitza und IME die Anforderungen für PMD-III nach DIN EN 61557-12 erfüllen. Die Messgeräte können zur erweiterten Leistungsüberwachung und Netzleistung eingesetzt werden.

### 6.3 Sichtung der relevanten Messwerte

Im folgenden Abschnitt werden relevante Messwerte gesichtet. Dabei soll herausgearbeitet werden, welche Werte in Bezug auf die elektrische Energieoptimierung relevant sind. Bei der Durchsicht des Datenblattes fällt auf, dass es Werte gibt, die identische Bezeichnungen besitzen. Daher werden diese Werte gegenübergestellt und überprüft, ob es sich um identische Werte handelt. Es wird zunächst eine Kurzübersicht über die Messwerte des Datenblattes gegeben, dann begründet, welche Werte für die Auswertung sinnvoll sind und abschließend die Grenzwerte diskutiert. Es werden dabei nicht die Daten in Bezug auf die Anlagenfunktion diskutiert. In Tabellen 6.3 bis 6.17 wird eine Kurzübersicht über die möglichen Messdaten, die über Modbus TCP aus dem Nemo 96HD+ ausgelesen werden können, gegeben. Das ausführliche Datenblatt befindet sich im Anhang. Die grün markierten Messwerte sind die Werte, mit denen weitergearbeitet werden soll. Die grau

markierten Werte sind für weitere Analysen nicht mehr berücksichtigt, was im folgenden begründet wird.

## Spannungen und Ströme

Tabelle 6.3: Übersicht Ströme

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Leiterstrom	Phase 1 : current Phase 2 : current Phase 3 : current
Durchschnittsstrom gesamt	$(I1+I2+I3)/3$
Durchschnittsstrom L1	Phase 1 : I1 average
Durchschnittsstrom L2	Phase 2 : I2 average
Durchschnittsstrom L3	Phase 3 : I3 average
Spitzenstrom L1	Phase 1 : I1 peak demand
Spitzenstrom L2	Phase 2 : I2 peak demand
Spitzenstrom L3	Phase 3 : I3 peak demand
Crestfaktor Leiterstrom L1	Phase 1 : current crest factor
Crestfaktor Leiterstrom L2	Phase 2 : current crest factor
Crestfaktor Leiterstrom L3	Phase 3 : current crest factor
Phasenverschiebung Strom L1-L2	phase displacement I1-I2
Phasenverschiebung Strom L2-L3	phase displacement I2-I3
Phasenverschiebung Strom L3-L1	phase displacement I3-I1

Tabelle 6.4: Übersicht Messwerte der Spannung

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Außenleiterspannung	Phase 1 : phase voltage Phase 2 : phase voltage Phase 3 : phase voltage
Leiter-Leiterspannung	Chained voltage L1-L2 Chained voltage L2-L3 Chained voltage L3-L1
minimale Spannung L1 minimale Spannung L2 minimale Spannung L3 maximale Spannung L1 maximale Spannung L2 maximale Spannung L3	Phase 1: V1 min Phase 2: V2 min Phase 3: V3 min Phase 1: V1 max Phase 2: V2 max Phase 3: V3 max
Crestfaktor Leiterspannung L1	Phase 1 : phase voltage crest factor
Crestfaktor Leiterspannung L2	Phase 2 : phase voltage crest factor
Crestfaktor Leiterspannung L3	Phase 3 : phase voltage crest factor
Crestfaktor Leiter-Leiterspannung L1	Chained voltage : L1-L2 crest factor
Crestfaktor Leiter-Leiterspannung L2	Chained voltage : L2-L3 crest factor
Crestfaktor Leiter-Leiterspannung L3	Chained voltage : L3-L1 crest factor
Phasenverschiebung Spannung L1-L2	phase displacement V1-V2 (V12-V23)
Phasenverschiebung Spannung L2-L3	phase displacement V2-V3 (V23-V31)
Phasenverschiebung Spannung L3-L1	phase displacement V3-V1 (V31-V12)

Aus den Abbildungen A.1 und A.5 im Anhang ist ersichtlich, dass die Strang- und Außenleiterspannungen plausible Messwerte liefern. Die Strangspannung liegt durchschnittlich bei ca. 220V und die Außenleiterspannung bei ca. 390 V. Nach Aussagen des Anlagenbe-

treibenden ist das, auf die falsche Spannungseinstellung des Transformators zurückzuführen. Die Höhe des Leiterstrom liegt laut Aussagen ebenfalls im erwartbaren Bereich.

Die Durchschnittsströme der Phasen, der Spitzenstrom, der Durchschnittsstrom aller Phasen und die minimalen und maximalen Spannungen sind über den kompletten Messzeitraum konstant. Dies ist in den Abbildungen A.2, A.3 und A.10 im Anhang dargestellt. Diese Werte werden aufgrund ihrer globalen Konstanz nicht weiter betrachtet. Um festzustellen, ob eine Umstellung am System Auswirkungen hat, wird die Auswertung in die Auswertepattform verlagert. So kann beispielsweise für bestimmte Zeitintervalle oder Anlagenzustände die jeweiligen Werte angezeigt und verglichen werden.

Die Messung der Phasenverschiebungen von Strom und Spannung liefert nach den Abbildungen A.4 und A.13 schlüssige Messwerte. Aufgrund der Betrachtung der Phasenverschiebungen, Außenleiterspannungen und Außenleiterströmen können Rückschlüsse auf die Symmetrie des Systems gezogen werden. Es müssen die beiden Bedingungen für ein symmetrisches dreiphasiges System erfüllt sein:

1. Die Phasenverschiebung liegt bei  $120^\circ$ .
2. Außenleiterspannungen sowie -ströme sind gleich groß.

Ein weiterer Indikator für eine Unsymmetrie der Spannung ist ein Stromfluss durch den Neutralleiter. Auch dieser Messwert wird vom Gerät geliefert und in die Auswertung aufgenommen. Unsymmetrien in der Spannung führen unter anderem zu erhöhten Strömen und durch Erwärmungen zu höheren Verlusten. Eine Messung der Unsymmetrien der Einspeisespannungen ist mit beiden gegebenen Geräten nicht möglich. Die Norm DIN EN 61000-2-4 [17] gibt eine Näherungsformel zur Berechnung der Spannungsunsymmetrie.

$$\text{Spannungsunsymmetrie} = \sqrt{\frac{6 \cdot (U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{21}^2)}{(U_{12} + U_{23} + U_{21})^2}} - 2 \quad (6.1a)$$

Der Neutralleiterstrom ergibt sich vektoriell aus den Strömen der drei Phasen. Bei symmetrischen Betriebsbedingungen fließt kein Neutralleiterstrom. Fließt ein Strom auf dem Neutralleiter kann dies ein Anzeichen für einen Kurzschluss oder Spannungsunsymmetrien sein. Dies gilt für dreiphasige Systeme.

Die folgenden Informationen wurden aus der Quelle [3] entnommen. Der Crestfaktor ist definiert als Verhältnis zwischen Scheitelwert und Effektivwert. Bei einer Sinusspannung

bzw. einem Sinusstrom liegt er bei  $\sqrt{2}$  und dient als Indikator für die Netzqualität. Dieser Wert wird mit aufgenommen, um die Lösung modular zu gestalten und einen Einsatz als Instrument für Netzanalysen nicht auszuschließen. Crestfaktoren im Bereich von 2 bis 5 deuten auf extreme Störungen hin.

## Wirkleistung

Tabelle 6.5: Übersicht Messwerte der Wirkleistung

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Wirkleistung	3-phase : active power
	3-phase : active PMD power
	Signed 3-ph Active power
	3-phase : active PMD power
	Signed 3-ph active power
Durchschnittswirkleistung	3-phase active average power
	3-phase active average power
Wirkleistung L1	Phase 1: active power
	Signed Phase 1 Active Power
	Signed phase1 active power
Wirkleistung L2	Phase 2 : active power
	Signed Phase 2 Active Power
	Signed phase2 active power
Wirkleistung L3	Phase 3 : active power
	Signed Phase 3 Active Power
	Signed phase3 active power

## Blindleistung

Tabelle 6.6: Übersicht Messwerte der Blindleistung

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Durchschnittsblindleistung	3-phase reactive average power 3-phase reactive average power
Blindleistung	3-phase : reactive power 3-phase : reactive PMD power Signed 3-ph Reactive power 3-phase : reactive PMD power Signed 3-ph reactive power
Blindleistung L1	Phase 1: reactive power Signed Phase 1 Reactive Power Signed phase1 reactive power
Blindleistung L2	Phase 2 : reactive power Signed Phase 2 Reactive Power Signed phase2 reactive power
Blindleistung L3	Phase 3 : reactive power Signed Phase 3 Reactive Power Signed phase3 reactive power

## Scheinleistung

Tabelle 6.7: Übersicht Messwerte der Scheinleistung

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Durchschnittsscheinleistung	3-phase apparent average power 3-phase apparent average power
Scheinleistung	3-phase : apparent power 3-phase : apparent PMD power Apparent power 3-phase : reactive PMD power
Scheinleistung L1	Phase 1: apparent power
Scheinleistung L2	Phase 2: apparent power
Scheinleistung L3	Phase 3: apparent power

Es ist festzustellen, dass sowohl bei Schein-, Blind- und Wirkleistung mehrere Messwerte möglich sind. Es konnte bei allen Werten beobachtet werden, dass es sich um die gleichen Werte handelt. In Abbildung 6.1 ist beispielhaft die gesamte Wirkleistung in Abhängigkeit von der Zeit abgebildet. Im Anhang sind die weiteren Vergleiche zu finden.



Abbildung 6.1: Darstellung der Wirkleistung

Es ist erkennbar, dass die drei Messwerte identisch sind. Daher wurde sich in dem Fall für den Wert mit den meisten Nachkommastellen entschieden. Dies ist der Wert SOLE4\_-P und hat im Gegensatz zu den anderen Messwerten zwei Nachkommastellen, während die anderen beiden Werte keine haben. Die gleiche Begründung gilt für die Schein- und

Blindleistung. Nachteile bei allen Werten ist, dass das Vorzeichen zusätzlich mit ausgelesen werden muss. Dies wird auf SPS-Ebene direkt mitverarbeitet, da eine Korrektur der Messwerte auf der Ebene der Auswertungsplattform zeitintensiver ausfällt.

Für alle drei Größen sind auch Durchschnittsleistungen messbar. Das Messgerät betrachtet den gesamten Messzeitraum (Vgl. A.41). Es wird mit derselben Begründung wie bei den Strömen und Spannungen auf die Durchschnittsleistung verzichtet.

Es sind für alle drei Größen die einzelnen Phasen und die jeweiligen Gesamtleistungen wichtig. Hier können gegebenenfalls Unregelmäßigkeiten in der Belastung auffallen. Die Werte werden mit ausgewertet, um die absolute Höhe der Leistungen und Leistungsspitzen erkennbar zu machen. In Abhängigkeit von den Zuständen kann ebenso ein Rückschluss gezogen werden, ob die Spitzen vermeidbar sind und was genau die Ursachen sind.

## Leistungsfaktoren

Tabelle 6.8: Übersicht Messwerte der Leistungsfaktoren

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Leistungsfaktor gesamt	3-phase:power factor
	Signed 3-ph Power Factor
	Signed 3-ph Power Factor
Leistungsfaktor L1	Phase 1:power factor
	Signed Phase 1 Power Factor
	Signed phase1 Power Factor
Leistungsfaktor L2	Phase 2:power factor
	Signed Phase 2 Power Factor
	Signed phase2 Power Factor
Leistungsfaktor L3	Phase 3:power factor
	Signed Phase 3 Power Factor
	Signed phase3 Power Factor
positive durchschnittlicher Leistungsfaktor negativer durchschnittlicher Leistungsfaktor	Positive average Power Factor
	negative average Power Factor
Sektor Leistungsfaktor	3-phase : sector of power factor (res, cap or ind)
Sektor Leistungsfaktor L1	Phase 1: sector of power factor (res, cap or ind)
Sektor Leistungsfaktor L2	Phase 2: sector of power factor (res, cap or ind)
Sektor Leistungsfaktor L3	Phase 3: sector of power factor (res, cap or ind)

Die Leistungsfaktoren beschreiben das Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung. Bei idealer Betrachtung ist der Leistungsfaktor 1. In der Praxis sind Werte von über 0,9 das Optimum. Liegt der Leistungsfaktor deutlich unter 0,9 deutet das auf einen hohen

Anteil an Blindleistung in der Anlage hin. In Hinblick auf die Anlagenperformance sollten Maßnahmen zur Kompensation der Blindleistung ergriffen werden. Es muss differenziert werden zwischen dem Leistungsfaktor und dem Wirkfaktor. Der Wirkfaktor beschreibt das Verhältnis zwischen Wirk- und Scheinleistung unter der Annahme, dass keine Oberschwingungen in der Anlage vorhanden sind. Neben den Leistungsfaktoren der einzelnen Phasen und dem gesamten Leistungsfaktor kann der Sektor der Leistungsfaktoren gemessen werden. Das bedeutet, dass eine Aussage darüber getroffen werden kann, ob eine Phase ohmsch, induktiv oder kapazitiv belastet wird.

Bei den Leistungsfaktoren liefert das Messgerät pro Wert drei Messwerte. Bei der Darstellung der Messwerte wird deutlich, dass es sich hier um die identischen Werte handelt. Der einzige Unterschied liegt in der Anzahl der Nachkommastellen. Es werden die Messwerte verwendet die drei Nachkommastellen aufweisen.

Zusätzlich wird der negative sowie der positive Durchschnittsleistungsfaktor gemessen. Die beiden sind in guter Näherung konstant und werden mit der gleichen Begründung, wie bei den Strömen und Spannungen nicht mehr betrachtet.

## Wirkenergie

Tabelle 6.9: Übersicht Messwerte der Wirkenergie

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Teil-Wirkenergie	3-phase : active partial energy
Teil-Wirkenergie hoch	Partial+ Active Energy High
Teil-Wirkenergie niedrig	Partial+ Active Energy Low
positive Wirkenergie	3-phase:positive active energy 3-phase:positive total active energy
negative Wirkenergie	3-phase:negative active energy 3-phase:negative total active energy
positive Wirkenergie niedrig	3-phase:positive active energy low 3-phase:partial active energy low Positive Active Energy - Low
positive Wirkenergie hoch	3-phase:positive active energy high 3-phase:partial active energy high Positive Active Energy - High
negative Wirkenergie niedrig	3-phase:negative active energy low negative Active Energy - Low
negative Wirkenergie hoch	3-phase:negative active energy high negative Active Energy - High

## Blindenergie

Tabelle 6.10: Übersicht Messwerte der Blindenergie

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Teil-Blindenergie	3-phase : reactive partial energy
Teil-Blindenergie hoch	Partial+ Reactive Energy High
Teil-Blindenergie niedrig	Partial+ Reactive Energy low
positive Blindenergie niedrig	3-phase:positive reactive energy low
	3-phase:partial reactive energy low
	positive reactive energy - Low
positive Blindenergie hoch	3-phase:positive reactive energy high
	3-phase:partial reactive energy high
	positive reactive energy - High
negative Blindenergie niedrig	3-phase:negative reactive energy low
	negative reactive energy - Low
negative Blindenergie hoch	3-phase:negative reactive energy high
	negative reactive energy - High
positive Blindenergie	3-phase:positive reactive energy
	3-phase:positive total reactive energy
negative Blindenergie	3-phase:negative reactive energy
	3-phase:negative total reactive energy

## Scheinenergie

Tabelle 6.11: Übersicht Messwerte der Scheinenergie

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Scheinenergie hoch	Apparent Energy high
Scheinenergie niedrig	Apparent Energy low
Scheinenergie	Apparent Energy

Es wird unterteilt in positive und negative Wirkenergie, was als verbrauchte und bereitgestellte Energie interpretiert wird. Da es sich hier um eine Anlage handelt, die keine bis wenig Energie bereitstellt, werden diese Werte bei der Analyse und im Datentyp vernachlässigt.

Das Messgerät gibt drei Werte aus, die mit Wirkenergie hoch und niedrig benannt sind. Es handelt sich dabei ebenfalls um den Datentyp UD\_WORD (unsigned Word). In allen Fällen müssen die beiden Teilzähler zusammen ausgewertet werden. Dies ist am Beispiel der Scheinarbeit in Abbildung 6.2 gezeigt. Es ist jeweils die Scheinarbeit in Abhängigkeit von der Zeit gezeigt. Erreicht der Wert "Scheinergie niedrig" (unterer Bildabschnitt) 1 MVAh, wird "Scheinergie hoch" (oberer Bildabschnitt) inkrementiert.

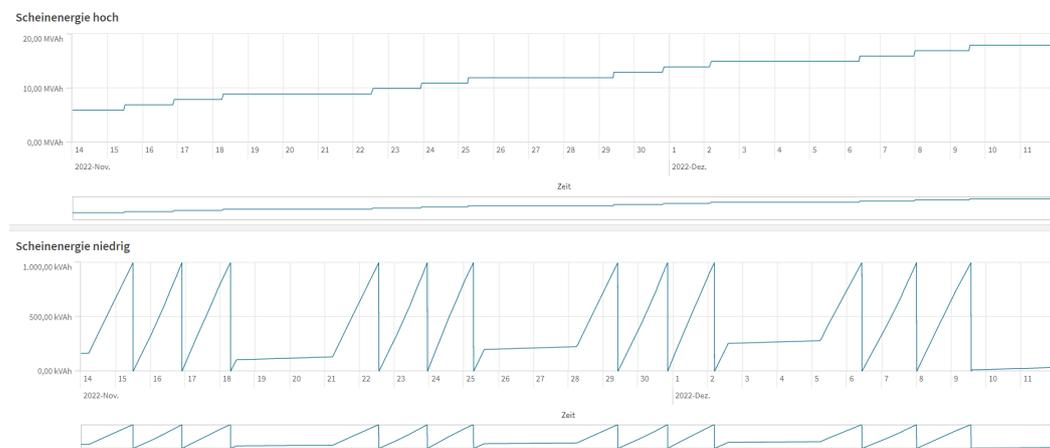


Abbildung 6.2: Darstellung der Teilzähler für die Scheinarbeit

Bei allen Energiezählern liegen die Teilzähler hoch und niedrig als UD\_WORD vor, was 32 Bit, also 4 Byte entspricht. Für den gesamten Messwert sind nur 32 Bit angegeben. Daher werden hoch und niedrig Zähler gewählt und auf SPS-Ebene bereits als Gesamtzähler zusammengerechnet und in den Datentyp UDInt geschrieben. Ein UDInt umfasst auch nur 32 Bit. Vorteilhaft ist für diese Anwendungen ein ganzzahliger Datentyp mit 64 Bit. Dieser existiert nur für die S7-1500 Steuerung. Bei der Blindarbeit sind sowohl positive und negative Blindarbeit aufgenommen worden. Die positive Blindarbeit repräsentiert die induktive Blindarbeit und die negative Blindarbeit repräsentiert die kapazitive Blindarbeit. Zwischen den drei verschiedenen Werten werden die Teilzähler ausgewählt, die die Schrittkette minimieren.

$THD_U, THD_I$  und Oberschwingungen

Tabelle 6.12: Übersicht Messwerte der  $THD_U$ -Werte

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
THDU L1	Phase 1 : THD V1
	THD V1
THDU L2	Phase 2 : THD V2
	THD V2
THDU L3	Phase 3 : THD V3
	THD V3
THDI L1	Phase 1 : THD I1
	THD I1
THDI L2	Phase 2 : THD I2
	THD I2
THDI L3	Phase 3 : THD I3
	THD I3
Harmonische Oberschwingung 1-50. Spannung L1	
Harmonische Oberschwingung 1-50. Spannung L2	
Harmonische Oberschwingung 1-50. Spannung L3	
Harmonische Oberschwingung 1-50. Strom L1	
Harmonische Oberschwingung 1-50. Strom L2	
Harmonische Oberschwingung 1-50. Strom L3	

Sowohl bei den  $THD_I$  und  $THD_U$ -Werten kann in den Abbildungen A.6 und A.7 kein Unterschied beobachtet werden. Beide Möglichkeiten weisen gleich viele Nachkommastellen auf, daher werden die Werte aufgenommen, die die Schrittkette möglichst kurz halten. In den Messgeräten wird nach DIN EN 61000-2-4 [17] meistens bis zur 50. Oberschwingung gemessen.

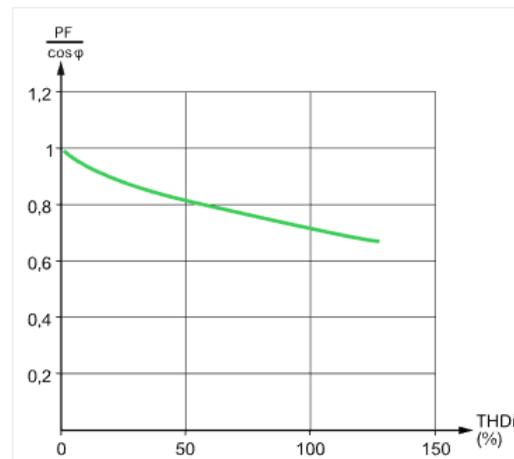


Abbildung 6.3: Verhältnis THD und Leistungsfaktor [4]

In Abbildung 6.3 ist der Leistungsfaktor in Abhängigkeit des  $THD_I$ -Wertes dargestellt. Es ist erkennbar, dass mit steigendem  $THD_I$ -Wert der Leistungsfaktor abnimmt. Der Leistungsfaktor gibt das Verhältnis von Wirk- zu Scheinleistung an. Treten keine Oberschwingungen auf, ist der Leistungsfaktor gleich dem Wirkfaktor  $\cos(\phi)$ . Optimalerweise liegt er über 0,9. Ansonsten müsste über eine Blindstromkompensation nachgedacht werden, um Energieverluste durch den Blindstrom-Anteil zu verhindern.

Weiterhin werden die harmonischen Oberwellen von der 1. bis zur 50. Ordnung ausgelesen. Diese Angabe erfolgt prozentual. Die Schwingung n-ter Ordnung wird dabei auf die Amplitude des Grundschwingungsstroms beziehungsweise der Grundschwingungsspannung bezogen. Für die Bestimmung der Grenzwerte wird die Norm DIN EN 61000-3-12 [20] zugrunde gelegt. Es wird angenommen, dass die zu untersuchenden Anlagen ein Kurzschlussverhältnis  $R_{sce} \geq 33$  aufweisen. Weiterhin behandelt die Norm Geräte und Einrichtungen mit einem Eingangsstrom  $>16A$  und  $\leq 75A$  je Leiter. Es wird die Tabelle 3 für beliebige einzelne symmetrische dreiphasige Geräte angewendet.

Tabelle 6.13: Grenzwerte der Oberschwingungsströme bei  $R_{sce} = 33$ 

Ordnung h	5	7	11	13
$I_h$ [%]	10,5	7,2	3,1	2

Für die Grenzwerte der Oberschwingungsanteile der Spannung wird die Norm DIN EN 61000-2-4 [17] betrachtet. Es werden drei elektromagnetische Umgebungsklassen unter-

schieden. Für die Anlage wird Klasse 3 zugrunde gelegt, da es sich um einen anlageninternen Anschlusspunkt in einer industriellen Umgebung handelt. Weitere Kriterien, die auf Klasse 3 zutreffen, sind dadurch erfüllt, dass große Motoren, die häufig gestartet werden, und schnell schwankende Lasten in der Anlage vorhanden sind. Für diese Klasse gelten die in den Tabellen 6.14, 6.15 und 6.16 angegebenen Grenzwerte.

Tabelle 6.14: Grenzwerte Klasse 3 der Oberschwingungsanteile der Spannung ungerade Oberschwingungen und keine Vielfachen von 3

<b>Ordnung h</b>	5	7	11	13	17	$17 < h \leq 49$
$U_h$ [%]	8	7	5	4,5	4	$4,5 \cdot \frac{17}{h} - 0,5$

Tabelle 6.15: Grenzwerte Klasse 3 der Oberschwingungsanteile der Spannung ungerade Oberschwingungen und keine Vielfachen von 3

<b>Ordnung h</b>	3	9	15	21	$21 < h \leq 45$
$U_h$ [%]	6	2,5	2	1,75	1

Tabelle 6.16: Grenzwerte Klasse 3 der Oberschwingungsanteile der Spannung gerade Oberschwingungen

<b>Ordnung h</b>	2	4	6	8	10	$10 < h \leq 50$
$U_h$ [%]	3	1,5	1	1	1	1

Bei den Grenzwerten muss genauer geschaut werden, welche Leistung in der Anlage zu dem Zeitpunkt gemessen worden ist, da bei geringen Leistungen ein hoher  $THD_I$  oder  $THD_U$ -Wert unproblematisch ist. Das Gegenteil ist bei hohen Leistungen der Fall.

## Sonstige Werte

Tabelle 6.17: Übersicht

Größe	Möglichkeiten im Datenblatt
Sonstiges	3-phase : average power 3-phase : peak maximum demand
Zeitwerte	<b>Frequenz</b> Time counter for average power run hour meter (hour) run hour meter (minutes)

Bei den Zeitwerten können bis auf die Frequenz nur konstante Verläufe festgestellt werden (siehe Anhang 6.3) und wird daher nicht weiter betrachtet. Die Durchschnittsleistung und die maximale Nachfrage werden ebenfalls nicht weiter berücksichtigt, da dies in zeitlichen Abschnitten in der Auswertepattform besser betrachtet werden kann. Nach DIN EN 50160 [22] gilt, dass die Frequenz sich für 99,5% der Zeit in einem Bereich von 50 Hz  $\pm 1\%$  aufhalten muss. Für das ganze Jahr gilt eine Toleranz von 50 Hz +4% und -6%. Das heißt die Frequenz muss sich zwischen 47 Hz und 52 Hz befinden.

## 6.4 Vergleich der Messgeräte Nemo 96HD+ und UMG 96 RM-PN

Für die Entwicklung des strukturierten Datentyps werden die gewählten Werte für das Nemo HD96+ betrachtet. Demgegenüber werden die Werte des Janitza Gerätes für die Kommunikation mit Profinet und Modbus-TCP gestellt. Die Entwicklung des Datentyps basiert auf der Analyse aus dem Abschnitt 6.3. Für die Entscheidung, welche Messwerte des Janitza Messgerätes verwendet werden, wird auf interne Erfahrungen zurück gegriffen.

Tabelle 6.18: Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 1

<b>Janitza Profinet</b>	<b>Janitza Modbus TCP</b>	<b>Nemo Modbus TCP</b>
Spannung L1-L3 Spannung L2-L1 Spannung L3-L2 Spannung L1-N Spannung L2-N Spannung L3-N	Spannung L1-L3 Spannung L2-L1 Spannung L3-L2 Spannung L1-N Spannung L2-N Spannung L3-N	Spannung L1-L3 Spannung L2-L1 Spannung L3-L2 Spannung L1-N Spannung L2-N Spannung L3-N
Strom L1 Strom L2 Strom L3 Strom L4 Summe Strom L1-L3	Strom L1 Strom L2 Strom L3 Strom N (Vektoriell aus Strom L1,L2,L3)	Strom L1 Strom L2 Strom L3 Strom N Strom L1-L3 (Durch Addition in SPS)
		Crestfaktor Strom L1 Crestfaktor Strom L2 Crestfaktor Strom L3
		Crestfaktor Spannung L1 Crestfaktor Spannung L2 Crestfaktor Spannung L3
		Phasenverschiebung Strom L1-L2 Phasenverschiebung Strom L2-L3 Phasenverschiebung Strom L3-L1
		Phasenverschiebung Spannung L1-L2 Phasenverschiebung Spannung L2-L3 Phasenverschiebung Spannung L3-L1
Frequenz	Frequenz	Frequenz

Sowohl bei den Messungen des Stroms, der Spannung und der Frequenz liefern beide Messgeräte die gleichen Werte. Darüber hinaus werden die Phasenverschiebungen sowie die Crestfaktoren für Strom und Spannung bei dem Nemo 96HD+ gemessen. Die Summe des Stromes wird beim Nemo nicht mitgemessen. Da dieser Wert wichtig ist, wird beim Nemo der Wert auf SPS-Ebene durch Addition der einzelnen Ströme der Phasen realisiert.

Tabelle 6.19: Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 2

<b>Janitza Profinet</b>	<b>Janitza Modbus TCP</b>	<b>Nemo Modbus</b>
Wirkleistung L1 Wirkleistung L2 Wirkleistung L3 Summe Wirkleistung	Wirkleistung L1 Wirkleistung L2 Wirkleistung L3 Summe Wirkleistung	Wirkleistung L1 Wirkleistung L2 Wirkleistung L3 Summe Wirkleistung
Blindleistung L1 Blindleistung L2 Blindleistung L3 Summe Blindleistung	Fund. Blindleistung L1 Fund. Blindleistung L2 Fund. Blindleistung L3 Fund. Summe Blindleistung	Blindleistung L1 Blindleistung L2 Blindleistung L3 Summe Blindleistung
Scheinleistung L1 Scheinleistung L2 Scheinleistung L3 Summe Scheinleistung	Scheinleistung L1 Scheinleistung L2 Scheinleistung L3 Summe Scheinleistung	Scheinleistung L1 Scheinleistung L2 Scheinleistung L3 Summe Scheinleistung
Leistungsfaktor L1 Leistungsfaktor L2 Leistungsfaktor L3 Leistungsfaktor L1-L3	Leistungsfaktor L1 Leistungsfaktor L2 Leistungsfaktor L3	Leistungsfaktor L1 Leistungsfaktor L2 Leistungsfaktor L3 Leistungsfaktor L1-L3
		Leistungsfaktor Sektor L1 Leistungsfaktor Sektor L2 Leistungsfaktor Sektor L3 Leistungsfaktor Sektor L1-L3

In Tabelle 6.19 sind die Leistungsmessungen der Geräte aufgeführt. Es ist feststellbar, dass das Janitza UMG 96 RM-PN keinen gesamten Leistungsfaktor misst. Der Sektor des Leistungsfaktors beim Nemo 96HD+ gibt an, ob eine Phase kapazitiv, induktiv oder ohmsch betrieben wird.

Tabelle 6.20: Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 3

<b>Janitza Profinet</b>	<b>Janitza Modbus TCP</b>	<b>Nemo Modbus TCP</b>
Temperatur 1 Temperatur 2		
	Drehfeld 1=rechts, 0= keins, -1=links	
	THD U L1-N THD U L2-N THD U L3-N THD I L1-N THD I L2-N THD I L3-N	THD U L1-N THD U L2-N THD U L3-N THD I L1-N THD I L2-N THD I L3-N
		1.-50. Harmonische Ober- welle Spannung L1 1.-50. Harmonische Ober- welle Spannung L2 1.-50. Harmonische Ober- welle Spannung L3
		1.-50. Harmonische Ober- welle Strom L1 1.-50. Harmonische Ober- welle Strom L2 1.-50. Harmonische Ober- welle Strom L3

In Tabelle 6.20 fällt für das Janitza UMG96 RM-PN auf, dass über Profinet Temperaturen gemessen werden können. Interne Erfahrungen haben gezeigt, dass diese Messung fehlerbehaftet ist. Für die Modbus TCP-Kommunikationsvariante kann das Drehfeld ausgegeben werden. Da die Messgeräte in den Anlagen als Einspeisemessungen verbaut werden, ist immer von einem rechten Drehfeld auszugehen. Bei den THD-Werten für Strom und Spannung können beide Messgeräte die gleichen Werte messen. Für das Profinet-Profil des Janitza UMG96 RM-PN sind im Datenblatt keine Möglichkeiten für die THD-Werte für Strom und Spannung gegeben. Das Nemo 96HD+ liefert darüber hinaus Messwerte für die erste bis zur fünfzigsten harmonischen Oberwelle.

Tabelle 6.21: Gegenüberstellung der Messwerte der verschiedenen Geräte - 4

<b>Janitza Profinet</b>	<b>Janitza Modbus TCP</b>	<b>Nemo Modbus TCP</b>
verbrauchte Wirkener- gie L1 verbrauchte Wirkener- gie L2 verbrauchte Wirkener- gie L3 verbrauchte Wirkener- gie L1-L3	verbrauchte Wirkenergie L1 verbrauchte Wirkenergie L1 verbrauchte Wirkenergie L1 verbrauchte Wirkenergie L1-L3	verbrauchte Wirkenergie L1-L3
bereitgestellt Wirkener- gie L1 bereitgestellt Wirkener- gie L2 bereitgestellt Wirkener- gie L3 bereitgestellt Wirkener- gie L1-L3	bereitgestellt Wirkenergie L1 bereitgestellt Wirkenergie L1 bereitgestellt Wirkenergie L1 bereitgestellt Wirkenergie L1-L3	bereitgestellt Wirkenergie L1-L3
Wirkenergie L1 Wirkenergie L2 Wirkenergie L3 Wirkenergie L1-L3	Wirkenergie L1 Wirkenergie L1 Wirkenergie L1 Wirkenergie L1-L3	Wirkenergie L1-L3
kapazitive Blindenergie L1 kapazitive Blindenergie L2 kapazitive Blindenergie L3 kapazitive Blindenergie L1-L3	kapazitive Blindenergie L1 kapazitive Blindenergie L2 kapazitive Blindenergie L3 kapazitive Blindenergie L1- L3	kapazitive Blindenergie L1- L3
induktive Blindenergie L1 induktive Blindenergie L2 induktive Blindenergie L3 induktive Blindenergie L1-L3	induktive Blindenergie L1 induktive Blindenergie L2 induktive Blindenergie L3 induktive Blindenergie L1- L3	induktive Blindenergie L1- L3
Blindenergie L1 Blindenergie L2 Blindenergie L3 Blindenergie L1-L3	Blindenergie L1 Blindenergie L2 Blindenergie L3 Blindenergie L1-L3	Blindenergie L1-L3

Aus Tabelle 6.21 ist ersichtlich, dass das Janitza UMG96 RM-PN für das Profinet über Modbus TCP identische Werte liefert. Es werden die Schein-, Wirk- und Blindenergie für alle Phasen und die gesamte Energie über alle Phasen gemessen. Das Nemo 96HD+ misst nur die gesamte Energie.

## 6.5 Zusammenfassung und Entwicklung des UDT EnergyData

Beim Abgleich der möglichen Messwerte fällt auf, dass das Messgerät Nemo 96HD+ den Vorteil gegenüber dem Messgerät UMG 96RM-PN besitzt, dass harmonische Oberschwingungen bis zur 50. Oberschwingung einzeln gemessen und ausgelesen werden können. Das bietet den Vorteil, Aussagen über die Qualität des Netzes zu sammeln und den Kunden gezielt zum Thema Netzanalyse und aktive Filter beraten zu können. Weiterhin besitzt das Nemo 96HD+ zusätzliche Werte, wie den Sektor der Leistungsfaktoren, die Crestfaktoren, sowie Phasenverschiebungen der Spannung und des Stroms, was das andere Gerät nicht liefert. Crestfaktoren und Phasenverschiebungen können ebenfalls als Hinweise auf eine schlechte Netzqualität/Störungen benutzt werden. Negativ fällt beim Nemo 96HD+ auf, dass es im Vergleich zum Messgerät der Firma Janitza keine Messung für Schein-, Blind- und Wirkenergie für die einzelnen Phasen liefert. Vergleicht man innerhalb des UMG96 RM-PN die Werte, die mittels Modbus und die, die mittels Profinet ausgelesen werden, wird festgestellt, dass Modbus mehr Werte liefert als Profinet. Dies gilt für die  $THD_U$  und  $THD_I$  Werte für die Phasen. Die Profinet-Kommunikation liefert für die gesamten Leistungsfaktoren einen Wert, was die Modbus-Kommunikation nicht leistet. Dies ist als unproblematisch einzustufen, da die Leistungsfaktoren für die einzelnen Phasen bei den beiden Protokollen mitgeliefert werden. Ein großer Nachteil im Hinblick auf die Beurteilung der Netzqualität ist das beim Profinet keine THD-Werte ausgelesen werden. Daher ist bei den nächsten Projekten gegebenenfalls Modbus dem Profinet vorzuziehen, um die hier dokumentierte Lösung anwendbarer zu machen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in Hinsicht auf die Messungen das Nemo HD96+ die meisten Vorteile besitzt. Die finale Fassung des UDT sieht wie in Tabellen 6.22 und 6.23 angegeben aus. Für die Energiemessungen der Phasen wird akzeptiert, dass das Nemo 96HD+ keine Messwerte liefert.

Tabelle 6.22: UDT EnergyData Teil 1

Symbol	Datentyp	Nemo 96HD+	Janitza Modbus	Janitza Profinet
U1_N	Real	✓	✓	✓
U2_N	Real	✓	✓	✓
U3_N	Real	✓	✓	✓
I1	Real	✓	✓	✓
I2	Real	✓	✓	✓
I3	Real	✓	✓	✓
IN	Real	✓	✓	-
U1_U2	Real	✓	✓	✓
U2_U3	Real	✓	✓	✓
U3_U1	Real	✓	✓	✓
P_TOTAL	Real	✓	✓	✓
Q_TOTAL	Real	✓	✓	✓
S_TOTAL	Real	✓	✓	✓
PF_SEC_TOTAL	Int	✓	-	-
FRQ	Real	✓	✓	✓
P_L1	Real	✓	✓	✓
P_L2	Real	✓	✓	✓
P_L3	Real	✓	✓	✓
Q_L1	Real	✓	✓	✓
Q_L2	Real	✓	✓	✓
Q_L3	Real	✓	✓	✓
S_L1	Real	✓	✓	✓
S_L2	Real	✓	✓	✓
S_L3	Real	✓	✓	✓
PF_SEC_L1	Int	✓	-	-
PF_SEC_L2	Int	✓	-	-
PF_SEC_L3	Int	✓	-	-
THDU1_L1	Real	✓	✓	-
THDU2_L2	Real	✓	✓	-
THDU3_L3	Real	✓	✓	-
THDI1_L1	Real	✓	✓	-
THDI2_L2	Real	✓	✓	-
THDI3_L3	Real	✓	✓	-
I_TOTAL	Real	✓	✓	✓
KWH_TOTAL	ULInt	✓	✓	✓
KWH_L1	ULInt	-	✓	✓
KWH_L2	ULInt	-	✓	✓
KWH_L3	ULInt	-	✓	✓

Tabelle 6.23: UDT EnergyData Teil 2

Symbol	Datentyp	Nemo 96HD+	Janitza Modbus	Janitza Profinet
KVAR_TOTAL	ULInt	-	✓	✓
KVAR_L1	ULInt	-	✓	✓
KVAR_L2	ULInt	-	✓	✓
KVAR_L3	ULInt	-	✓	✓
KVAR_CAP_TOTAL	ULInt	✓	✓	✓
KVAR_CAP_L1	ULInt	-	✓	✓
KVAR_CAP_L2	ULInt	-	✓	✓
KVAR_CAP_L3	ULInt	-	✓	✓
KVAR_IND_TOTAL	ULInt	✓	✓	✓
KVAR_IND_L1	ULInt	-	✓	✓
KVAR_IND_L2	ULInt	-	✓	✓
KVAR_IND_L3	ULInt	-	✓	✓
U_CF_L1	Real	✓	-	-
U_CF_L2	Real	✓	-	-
U_CF_L3	Real	✓	-	-
I_CF_L1	Real	✓	-	-
I_CF_L2	Real	✓	-	-
I_CF_L3	Real	✓	-	-
U_CF_L1_L2	Real	✓	-	-
U_CF_L2_L3	Real	✓	-	-
U_CF_L3_L1	Real	✓	-	-
U_PHI_L1_L2	Real	✓	-	-
U_PHI_L2_L3	Real	✓	-	-
U_PHI_U3-U1	Real	✓	-	-
I_PHI_I1_I2	Real	✓	-	-
I_PHI_I2_I3	Real	✓	-	-
I_PHI_I3_I1	Real	✓	-	-
PF_TOTAL	Real	✓	-	✓
PF_L1	Real	✓	✓	✓
PF_L2	Real	✓	✓	✓
PF_L3	Real	✓	✓	✓
KVA_TOTAL	ULInt	✓	✓	✓
KVA_L1	ULInt	-	✓	✓
KVA_L2	ULInt	-	✓	✓
KVA_L3	ULInt	-	✓	✓
I_HARM_L1_1-50	Real	✓	-	-
I_HARM_L2_1-50	Real	✓	-	-
I_HARM_L3_1-50	Real	✓	-	-
U_HARM_L1_1-50	Real	✓	-	-
U_HARM_L2_1-50	Real	✓	-	-
U_HARM_L3_1-50	Real	✓	-	-

# 7 Implementierung der Detailbilder in WinCC V7.5

Das folgende Kapitel liefert eine Beschreibung, wie die Detailbilder für die Messdaten und das, in Kapitel 8 vorgestellte, Spitzenlastmanagement implementiert und aufgerufen werden. Abschließend sollen die Detailbilder für die Messdaten vorgestellt werden.

## 7.1 Einfügen der Bildfenster

Die Implementierung erfolgt in ein bestehendes Projekt. In Abbildung 7.1 ist das Hauptbild abgebildet, aus dem die Detailbilder der Anlagen und Pop-Up Fenster aufgerufen werden. Für den Aufruf der Detailbilder werden Bildfenster projiziert. Es werden zwei Bildfenster für das Detailbild für die Messdaten und zwei Bildfenster für das Detailbild für das Spitzenlastmanagement vorgesehen. Das schafft die Möglichkeit, dass zwei verschiedene Detailansichten von verschiedenen Messungen einsehbar sind.

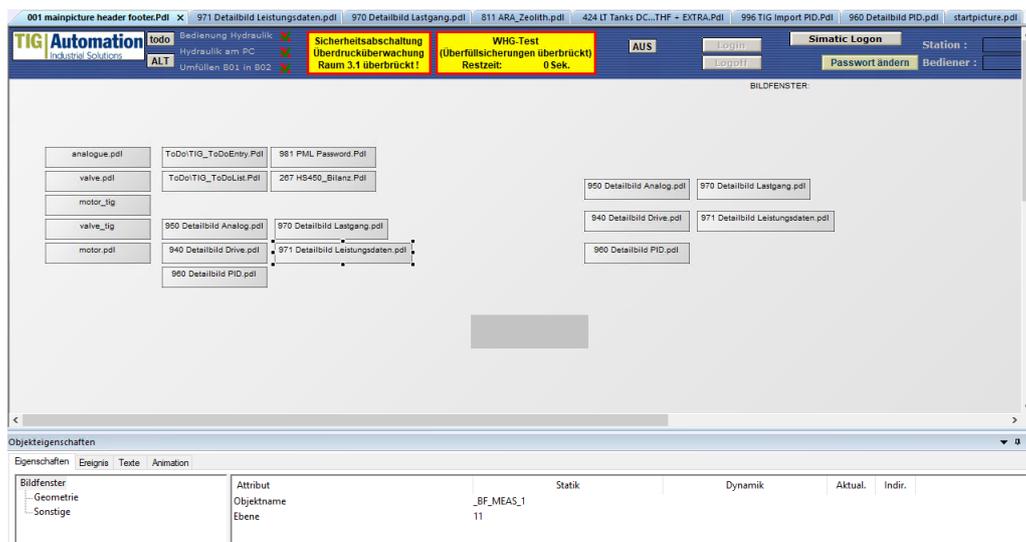


Abbildung 7.1: Einfügen der Bildfenster für die Detailbilder im WinCC V7.5

Dafür werden zwei Bildfenster in dem Bild "001 mainpicture header footer.Pdl" des aktuellen Projektes angelegt und mit dem Namen "\_BF\_LG\_1" und "\_BF\_LG\_2" für das Spitzenlastmanagement und "\_BF\_MEAS\_1" und "\_BF\_MEAS\_" für die Messdaten versehen. Dadurch werden die Detailbilder in dem aktuellen Bildfenster aufgerufen. Die Bildfenster dienen dazu, dass das Detailbild einmal gezeichnet werden muss und mit bestimmten Informationen aufgerufen werden kann.

## 7.2 Einfügen der Variablen

Es sind zwei Variablen Tabellen einzufügen, die im Anhang unter A.6.2 und A.6.1 aufgeführt sind. Die Tabelle A.6.1 mit den internen Variablen, welche für den Detailbildaufruf verantwortlich ist, kann in jedem Projekt ohne Einschränkungen weiter verwendet werden. Zusätzlich muss unter SIMATIC S7-1200, S7-1500 Channel die Variablen Tabelle für die Messungen eingefügt werden. Diese Tabelle enthält die Variablen von den Messungen, die in den Detailbildern dargestellt werden und in die Datenbank geschrieben werden sollen.

Ziel ist, dass nur ein Detailbild verwendet wird, was mithilfe von Präfix-Adressierung umgesetzt wird. Würde ohne Präfix-Adressierung gearbeitet werden, müssten für alle

gewünschten Messungen das Detailbild kopiert werden und für jedes Ein- und Ausgabefeld die Variable manuell eingefügt werden. Das würde bei großen Anlagen einen hohen zeitlichen Aufwand für die Projektierung bedeuten.

Die Funktionsweise der Präfix-Adressierung soll im Folgenden anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. In Abbildung 7.2 ist ein Ausschnitt aus der Variablen-tabelle des WinCC V7.5 gezeigt. Alle Variablennamen starten mit "ARA\_SOLE4". Erst danach folgt die nähere Beschreibung des Messwertes. In dem Beispiel sind die Ströme  $I_1$  bis  $I_N$  gezeigt. Würde als nächstes die Soleanlage 3 mit einer Energiemessung ausgestattet werden, könnten die Variablen mit "SOLE3" anstatt mit "ARA\_SOLE4" starten.

159	ARA_SOLE4_I1	0	Vorzeichenloser 32-Bit Wert
160	ARA_SOLE4_I2	0	Vorzeichenloser 32-Bit Wert
161	ARA_SOLE4_I3	0	Vorzeichenloser 32-Bit Wert
162	ARA_SOLE4_IN	0	Vorzeichenloser 32-Bit Wert

Abbildung 7.2: Ausschnitt der Variablen-tabelle

In Abbildung 7.3 ist der Vorteil der Präfix-Adressierung erkennbar. In der rot markierten Zeile ist für den Ausgabewert nur noch "\_I1" angegeben.

The screenshot shows a WinCC V7.5 control panel with several input fields for voltage and current measurements. Below the panel is the 'Objekteigenschaften' (Object Properties) window. The 'Ausgabewert' (Output Value) property is highlighted with a red oval. The table below shows the configuration for this property.

Attribut	Statisch	Dynamik	Aktuell	Indir.
Feldtyp	Ausgabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eingabewert	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ausgabewert</b>	0,000000e+00	<input checked="" type="checkbox"/> _I1	Bei Änderung	<input type="checkbox"/>
Datenformat	Dezimal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausgabeformat	s999999999999	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übernahme bei vollst. Eingabe	nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Übernahme bei Verlassen	nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Löschen bei Neueingabe	nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Löschen bei Fehleingabe	nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verdeckte Eingabe	nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 7.3: Parametrierung der Detailbilder mithilfe von Präfix-Adressierung

Über Skriptaufrufe wird das Präfix an das Detailbild übergeben, was dazu führt, dass das Detailbild für verschiedene Anlagenteile verwendet werden kann. Die genaue Funktionsweise und der Ablauf der Skripte wird in dem anschließenden Kapitel erläutert.

### 7.3 Detailbildaufruf durch Skripte

In der Abbildung 7.4 ist der detaillierte Ablauf des Detailbildaufrufs abgebildet. Grundsätzlich sind für das Detailbild der Messdaten die beiden Skripte mit dem Namen „DETAILPIC\_MEAS“ und „DETAILPIC\_DET\_MEAS“ implementiert. Für das Spitzenlastmanagement heißen die Skripte „DETAILPIC\_LG“ und „DETAILPIC\_DET\_LG“. Der Ablauf für den Aufruf der Detailbilder ist für das Spitzenlastmanagement und die Messungen identisch.

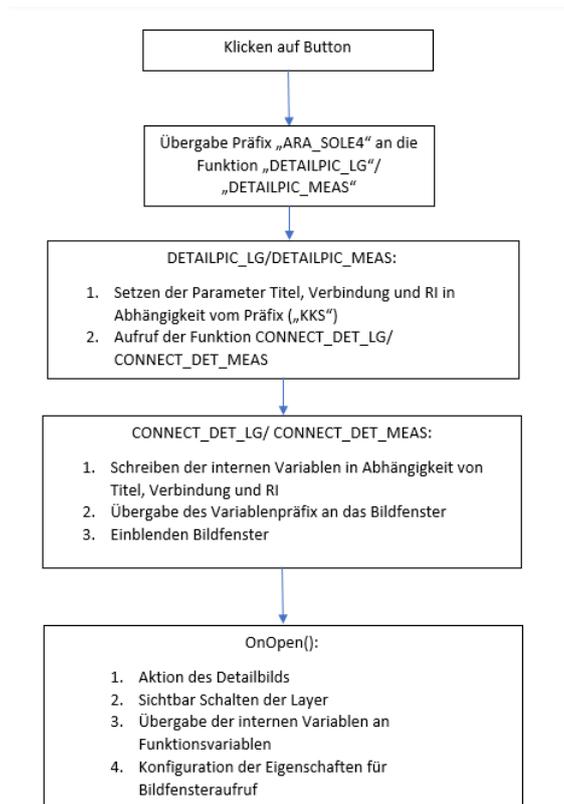
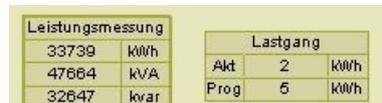


Abbildung 7.4: Ablauf des Detailbildaufrufs

Der Aufruf des Detailbilds startet, indem auf eines der beiden Icons in Abbildung 7.5 geklickt wird.



Leistungsmessung	
33739	kWh
47664	kVA
32647	kvar

Lastgang		
Akt	2	kWh
Prog	5	kWh

Abbildung 7.5: Icons für die Messwerte und Spitzenlastmanagement

Für beide Icons ist die in Abbildung 7.6 gezeigte Funktion implementiert. Es wird das Präfix “ARA\_SOLE4“ an die Funktion “DETAILPIC\_MEAS“ übergeben.

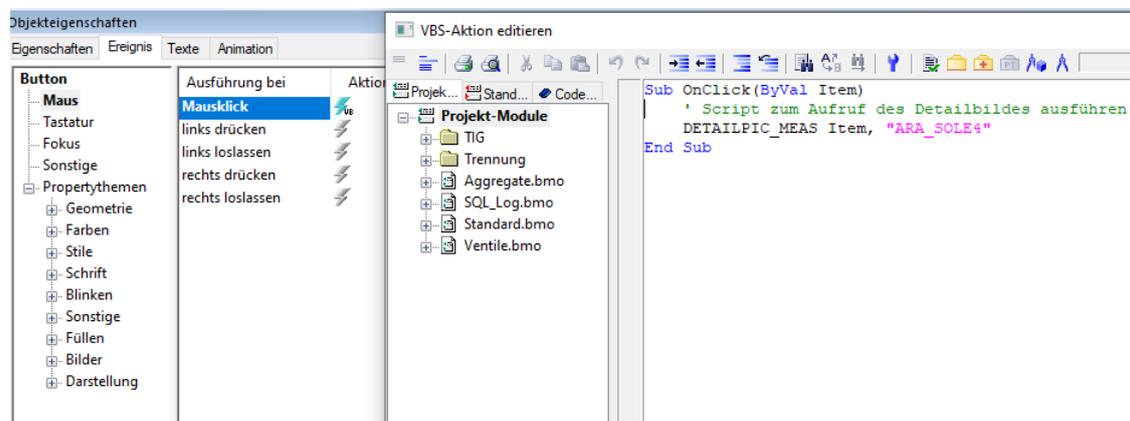


Abbildung 7.6: Funktionsaufruf für die Einblendung des Detailbild

In Abbildung 7.7 ist die aufgerufene Funktion "DETAILPIC\_MEAS" gezeigt. Diese muss angepasst werden, um weitere Detailbilder für Energiemessungen implementieren zu können. Um das Beispiel Soleanlage 3 aufzugreifen, müsste als Präfix (KKS) "SOLE3" gewählt werden und die gegebene If-Abfrage, die für den bestehenden Anlagenteil gegeben ist, kopiert werden. Die anderen Parameter sind frei wählbar. Die Variable "TIT\_1" ist der Titel des Detailbilds. Der Bildfensternamen wird über die Variable "RI" festgelegt. "CON" ist der Name der Verbindung und wird später bei der Parametrierung des Trends verwendet. Nachdem die Parameter beschrieben sind, werden die Parameter an die Funktion "DETAILPIC\_DET\_MEAS" übergeben.

```
Sub DETAILPIC_MEAS (Byval OBJ, KKS)

Dim RI, CON, TIT_1, TIT_2, EPLAN1, EPLAN2

' MsgBox OBJ.Parent.Parent.Parent.Parent.Parent.Parent.ObjectName
'Msgbox OBJ.Parent.Parent.Parent.Parent.ObjectName
' *****
' V91:P01
' *****
If KKS = "ARA_SOLE4" Then
    TIT_1 = "Energiemesswerte Soleanlage 4"
    TIT_2 = "SOLE_4"
    CON = "ARA"
    RI = "Energiemesswerte Soleanlage 4"
End If

CONNECT_DET_MEAS _
    OBJ.Parent.Parent.Parent.Parent.ObjectName, _
    KKS, _
    TIT_1, _
    CON, _
    RI
End Sub
```

Abbildung 7.7: Skript "DETAILPIC\_MEAS"

Der dritte Schritt ist der Aufruf des Skriptes "DETAILPIC\_DET\_MEAS" (siehe Abbildung 7.8). Dies dient dazu, die internen Variablen in Abhängigkeit von den übergebenen Parametern zu schreiben. Die Select-Case-Abfrage ist so programmiert, dass maximal zwei Bildfenster auf zwei verschiedenen Bildschirmen angezeigt werden können. Als letzte Aktionen werden die Bildfensterüberschrift gesetzt und das Präfix an das Bildfenster übergeben. Es wird das Detailbild eingeblendet.

```
Function CONNECT_DET_MEAS(Pic, Pre, Title, CON, RI)
    Dim MainPic, BF, MonNr, BFNr

    On Error Resume Next

    ' Bildobject des aktuellen Monitors
    Set MainPic = HMIRuntime.Screens(Pic) ' Bildname Monitor

    ' Nummer des Monitors ermitteln
    MonNr = MainPic.Parent.WindowMonitorNumber

    ' Prüfen, ob 1. Bildfenster bereits geöffnet ist => Bildfensternummer
    If MainPic.ScreenItems("BF_MEAS_1").Visible Then BFNr = 2 Else BFNr = 1

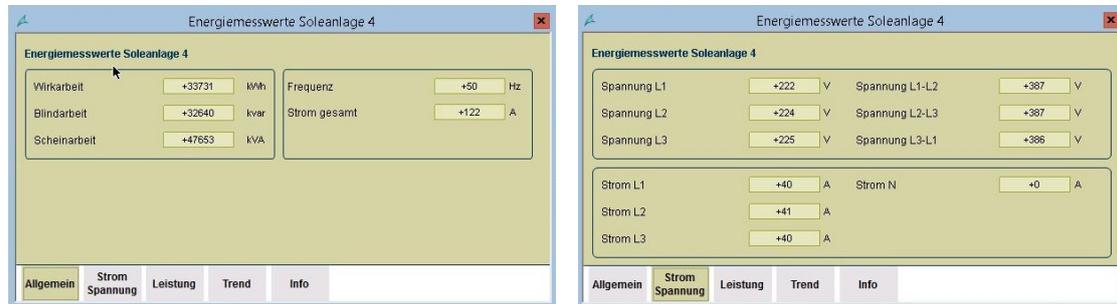
    ' Auswahl der internen Variablen je nach Monitor- und Bildfensternummer
    Select Case BFNr
        Case 1
            Set BF = MainPic.ScreenItems("BF_MEAS_1")
            Select Case MonNr
                Case 1
                    SmartTags("TIG_MEAS_TITLE_MON1_BF1") = Title
                    SmartTags("TIG_MEAS_CON_MON1_BF1") = CON
                    SmartTags("TIG_MEAS_RI_MON1_BF1") = RI
                Case 2
                    SmartTags("TIG_MEAS_TITLE_MON2_BF1") = Title
                    SmartTags("TIG_MEAS_CON_MON2_BF1") = CON
                    SmartTags("TIG_MEAS_RI_MON2_BF1") = RI
            End Select
        Case 2
            Set BF = MainPic.ScreenItems("BF_MEAS_2")
            Select Case MonNr
                Case 1
                    SmartTags("TIG_MEAS_TITLE_MON1_BF2") = Title
                    SmartTags("TIG_MEAS_CON_MON1_BF2") = CON
                    SmartTags("TIG_MEAS_RI_MON1_BF2") = RI
                Case 2
                    SmartTags("TIG_MEAS_TITLE_MON2_BF2") = Title
                    SmartTags("TIG_MEAS_CON_MON2_BF2") = CON
                    SmartTags("TIG_MEAS_RI_MON2_BF2") = RI
            End Select
    End Select

    ' Prefix als Bildfensterüberschrift verwenden
    BF.CaptionText = RI & " - (Mon:" & MonNr & "; BF-Nr:" & BFNr & ")"
    ' Prefix an Bildfenster übergeben
    BF.TagPrefix = Pre
    ' Bildfenster ausblenden
    BF.Visible = False
    ' Bildfenster einblenden
    BF.Visible = True
End Function
```

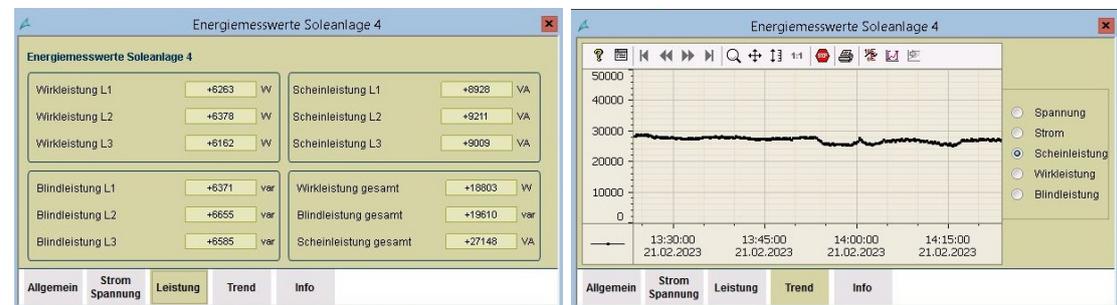
Abbildung 7.8: Skript "DETAILPIC\_DET\_MEAS"

Die OnOpen()-Funktion ist eine Funktion, die bei Bildanwahl ausgeführt wird. Das bedeutet sobald das Bild aufgerufen wird, werden die programmierten Aktionen für das Detailbild ausgelöst. Es werden die internen Variablen ausgelesen und Titel, Verbindung

und RI-Kennung an das entsprechende Bild auf dem entsprechenden Monitor gegeben. Es erscheinen die in Abbildung 7.9 gezeigten Detailbilder für die Messungen.



(a) Übersicht über die Wirk-, Blind und Schein- (b) Übersicht über die Strom- und Spannungs-  
arbeit messung



(c) Übersicht über die Leistungsmessung (d) Trend der Scheinleistung

Abbildung 7.9: Gesamtübersicht über das Detailbild der Messdaten

### 7.3.1 Anlegen der Trends

Sowohl das Detailbild für die Messdaten als auch das Detailbild für das Spitzenlastmanagement enthalten Trendaufrufe. Bei den Energiemesswerten handelt es sich um ein "WinCC OnlineTrendControl". Es dient dazu den zeitlichen Verlauf der Messwerte für die Strangspannung, Ströme, Schein-, Blind- und Wirkleistung anzuzeigen (siehe 7.9d). Für beide Arten von Trends muss im WinCC unter Tag Logging ein neues Prozesswertarchiv angelegt werden, um die gewünschten Werte zu speichern. Das ist anhand der Prozessvariablen für das Spitzenlastmanagement in Abbildung 7.10 dargestellt.

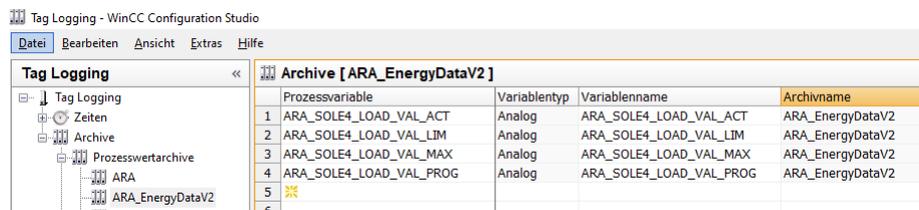


Abbildung 7.10: Anlegen der Variablen für die Trends

Die Parametrierung der Trends findet, wie bereits bei den anderen Detailbildern, in der Funktion OnOpen() statt.

```
'Einstellungen für Trendanzeige Spannung
PRFX = objText.Parent.Parent.TagPrefix
Set objTREND = objText.Parent.ScreenItems("_TREND_U")
objTREND.Online = False

'Angabe der Variablen im Prozesswertarchiv und Zuweisung Trend Indizes
PATH = CON & "_EnergyDataV2\" & PRFX & "_U1_N"
objTREND.TrendIndex = 2
objTREND.TrendTagName = PATH
PATH = CON & "_EnergyDataV2\" & PRFX & "_U2_N"
objTREND.TrendIndex = 1
objTREND.TrendTagName = PATH
PATH = CON & "_EnergyDataV2\" & PRFX & "_U3_N"
objTREND.TrendIndex = 0
objTREND.TrendTagName = PATH
objTREND.ValueAxisIndex = 0
objTREND.ValueAxisAutoRange = False

'Einstellung der Zeitachse
objTREND.TimeAxisTimeRangeBase = 3600000
objTREND.TimeAxisTimeRangeFactor = 1
objTREND.Activate
objTREND.TimeAxisIndex = 0
objTREND.Online = True
```

Abbildung 7.11: Einstellung des Trends für die Spannung

In Abbildung 7.11 ist das am Beispiel der Parametrierung des Trends für die Spannung angezeigt. Es wird das Präfix bestimmt und dann die entsprechenden Variablen mithilfe

der Verbindung und des Variablenpräfixes zusammengesetzt. Da es sich bei der Spannung um drei Messungen handelt, muss jedem Trend ein Index zugewiesen werden. Im letzten Abschnitt wird die Zeitachse auf 3600000 Millisekunden, was einer Stunde entspricht, skaliert. Es sind Trends für fünf Messungen angelegt, die über Radiobuttons sichtbar geschaltet werden können (siehe 7.12).

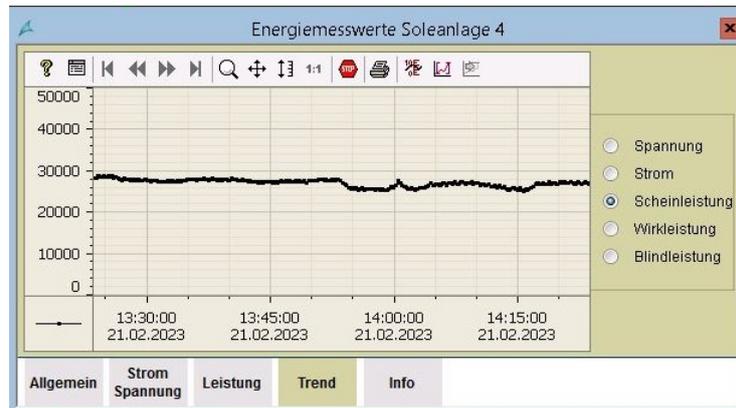


Abbildung 7.12: Detailbild Energiemesswerte - Trendaufrufe

In Abbildung 7.13 ist ein Programmausschnitt gezeigt, wie die einzelnen Trends sichtbar gemacht werden. Der Aufruf des Trends erfolgt mithilfe der Übergabe des Wertes des Radiobuttons. Je nachdem, welcher Wert in der Variable "value" hinterlegt ist, wird der gewünschte Trend ein- und ausgeblendet.

```
HMIRuntime.Tags("@NOP::TIG_MEAS_SELFIELD_MON1_BF1").Write Value
If HMIRuntime.Tags("@NOP::TIG_MEAS_SELFIELD_MON1_BF1").Read = 1 Then
ScreenItems("_TREND_U").Visible = True
ScreenItems("_TREND_I").Visible = False
ScreenItems("_TREND_S").Visible = False
ScreenItems("_TREND_P").Visible = False
ScreenItems("_TREND_Q").Visible = False
End If
If HMIRuntime.Tags("@NOP::TIG_MEAS_SELFIELD_MON1_BF1").Read = 2 Then
ScreenItems("_TREND_U").Visible = false
ScreenItems("_TREND_I").Visible = True
ScreenItems("_TREND_S").Visible = False
ScreenItems("_TREND_P").Visible = False
ScreenItems("_TREND_Q").Visible = False
End If
If HMIRuntime.Tags("@NOP::TIG_MEAS_SELFIELD_MON1_BF1").Read = 4 Then
ScreenItems("_TREND_U").Visible = false
ScreenItems("_TREND_I").Visible = False
ScreenItems("_TREND_S").Visible = True
ScreenItems("_TREND_P").Visible = False
ScreenItems("_TREND_Q").Visible = False
End If

If HMIRuntime.Tags("@NOP::TIG_MEAS_SELFIELD_MON1_BF1").Read = 8 Then
ScreenItems("_TREND_U").Visible = false
ScreenItems("_TREND_I").Visible = False
ScreenItems("_TREND_S").Visible = False
ScreenItems("_TREND_P").Visible = True
ScreenItems("_TREND_Q").Visible = False
End If

If HMIRuntime.Tags("@NOP::TIG_MEAS_SELFIELD_MON1_BF1").Read = 16 Then
ScreenItems("_TREND_U").Visible = false
ScreenItems("_TREND_I").Visible = False
ScreenItems("_TREND_S").Visible = False
ScreenItems("_TREND_P").Visible = False
ScreenItems("_TREND_Q").Visible = true
End If
```

Abbildung 7.13: Skript Energiemesswerte - Trendaufrufe

## 8 Konzept für das Spitzenlastmanagement

Bei vielen größeren Anlagen wird der Grenzwert von 100 MWh pro Jahr deutlich überschreiten. Daher wird vom energieversorgenden Unternehmen nach den Lastprofilen und damit auch basierend auf den höchsten Viertelstundenwerten abgerechnet. Da auf zu hohe Verbräuche sofort reagiert werden soll, wird das Spitzenlastmanagement auf SPS und SCADA-Ebene implementiert, um einen rechtzeitigen Eingriff möglich zu machen und gegebenenfalls Last abzuwerfen. Die langfristige Speicherung und Darstellung der Daten erfolgt über Qlik Sense Desktop und erfüllt den Zweck, Auffälligkeiten zu detektieren. Ein weiterer Ansatz der langfristigen Speicherung der Daten ist es, die Auswirkungen bei anderer Betriebsweise der Anlage gegenüberzustellen. So kann auf Betriebsführungsebene beurteilt werden, ob eine durchgeführte Maßnahme effizient war und dies kann auch mithilfe von exakten Zahlen und Graphiken abgebildet werden. Auf diesen Aspekt wird in Kapitel 9 genauer eingegangen.

## 8.1 Baustein für das Spitzenlastmanagement

Der Baustein dient dazu die aktuellen Viertelstundenwerte zu berechnen, eine Prognose zu erstellen und bei Überschreitung eines eingestellten Grenzwertes eine Warnung auszugeben. Ziel ist es sowohl die Viertelstundenwerte aufgrund der Werte einer Energiemessung, als auch basierend auf Pulse vom Energiezähler bilden zu können. In Abbildung 8.1 ist das Interface des Bausteins abgebildet.

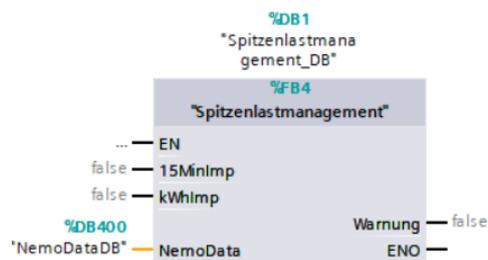


Abbildung 8.1: Funktionsbaustein 4 für das Spitzenlastmanagement

In Abbildung 8.2 ist der schematische Ablauf des Bausteins dargestellt und wird im folgenden Abschnitt näher beschrieben.

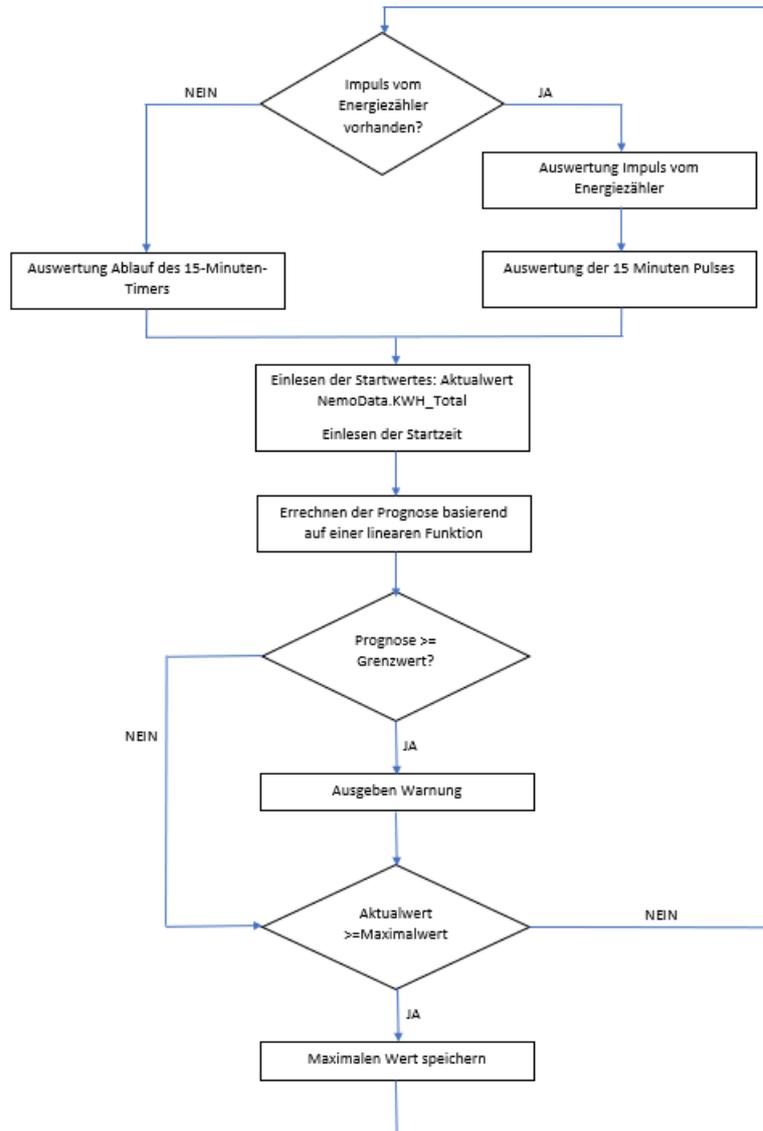


Abbildung 8.2: Schema des Funktionsbaustein

Der Baustein besitzt die Eingänge “15MinImp“ und “kWhImp“, welche zu beschalten sind, wenn ein 15-Minuten- oder ein Kilowattstunden-Impuls vom Energiezähler vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so werden die Eingänge mit “false“ beschaltet. Sind die Impulse vom Energiezähler vorhanden, so wird die Variable “NemoData.KWH\_TOTAL“ des UDT

EnergyData zum Zählen der Pulse verwendet und inkrementiert, wenn eine positive Flanke des Eingangs “kWhImp“ auftritt. Andernfalls wird diese Variable vom Auswertegerät beschrieben und wird direkt ausgewertet. Gleiches gilt für das Signal, welches anzeigt, wann fünfzehn Minuten abgelaufen sind. Entweder wird der Impuls vom Energiezähler verarbeitet oder es wird intern durch Abfrage der Systemzeit auf den Ablauf der Zeit reagiert. Startet die Zeit, so wird der aktuelle Wert von “NemoData.KWH\_TOTAL“ als Startwert und die aktuelle Systemzeit als Startzeit eingelesen. Zusätzlich wird der aktuelle Viertelstundenwert zurückgesetzt.

Anschließend wird zum Errechnen der Prognose und des Lastgangs die aktuelle Zeit abgefragt und die Differenz zur Startzeit gebildet. Da nicht direkt mit Zeiten gerechnet werden kann, wird die Zeitdifferenz in ein UDInt und später in einen Realwert umgewandelt. Es wird nun der aktuelle Viertelstundenwerte als Differenz aus “NemoData.KWH\_TOTAL“ und dem Startwert gebildet. Für die Prognose liegt die Annahme zu Grunde, dass die Wirkenergie linear ansteigt. Der errechnete Prognosewert wird mit dem eingestellten Grenzwert verglichen. Ist der Grenzwert überstiegen, so wird der Ausgang “Warnung“ des Funktionsbausteins gesetzt. Die Warnung kann dann entsprechend im SPS-Programm weiterverarbeitet werden und zu einem automatisierten Lastabwurf führen. In den Tabellen 8.1 und A.2 sind kurz die Variablen der Schnittstelle des Bausteins dargestellt

Tabelle 8.1: Schnittstelle des Funktionsbausteins

<b>Eingang</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
15MinImp	Bool	15 Minuten-Impuls vom Zähler
kWhImp	Bool	kWh-Impuls vom Zähler
<b>Ein-/Ausgang</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
EnergyData	NemoData	Speicherort der Daten
<b>Ausgang</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
Warnung	Bool	Warnung bei Überschreitung des Grenzwertes
ENO	Bool	Durchgereichter EN-Eingang

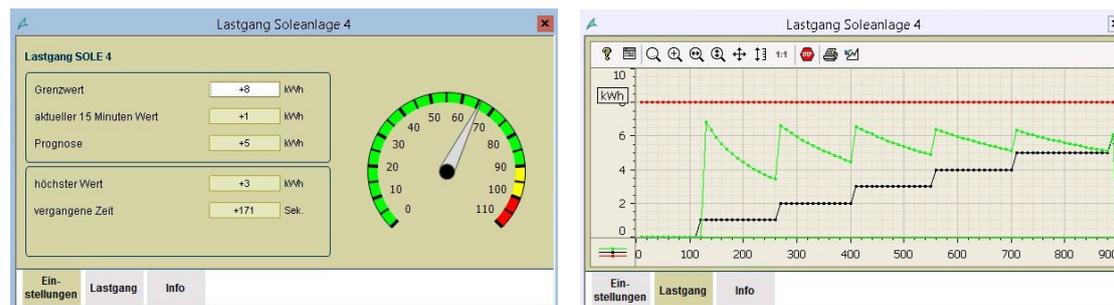
Für die Visualisierung des Spitzenlastmanagements werden ebenfalls Daten an das SCADA-System übergeben. Es wird der UDT EnergyData mit den in Tabelle 8.2 angegebenen Variablen erweitert.

Tabelle 8.2: Erweiterung des UDT EnergyData für das Spitzenlastmanagement

Eingang	Datentyp	Funktion
LOAD_TIME_DIF	TIME	Zeitdifferenz
LOAD_VAL_ACT	REAL	aktueller Viertelstundenwert
LOAD_VAL_PROG	REAL	Prognose Viertelstundenwert
LOAD_VAL_LIM	REAL	Grenzwert Viertelstundenwert
LOAD_VAL_MAX	REAL	maximaler Viertelstundenwert

## 8.2 Detailbild für das Spitzenlastmanagement

In dem folgenden Abschnitt soll auf die Funktionalität des Detailbilds und die Besonderheiten des Trendaufrufs eingegangen werden. In Abbildung 8.3 ist die graphische Aufbereitung des Spitzenlastmanagements abgebildet. Der Aufruf des Detailbilds funktioniert wie in Kapitel 7.3 beschrieben.



(a) Übersicht über Einstellungen und aktuelle Werte (b) Trendanzeige für das Spitzenlastmanagement

Abbildung 8.3: Detailbild für das Spitzenlastmanagement

In Abbildung 8.3a ist eine Übersicht über die Werte für das Spitzenlastmanagement gegeben. Es ist eine Einstellung im Feld des Grenzwerts vorzunehmen. Im oberen Kasten sind weiterhin der aktuelle Viertelstundenwert und die Prognose aufgeführt. Der aktuelle Viertelstundenwert beschreibt den Verbrauch, bis zur aktuellen Zeit. Im unteren Kasten kann eingesehen werden, was der maximale Viertelstundenwert war und die vergangene Zeit der aktuellen Viertelstunde. Anhand des Tachometers kann abgelesen werden, in welchem Bereich sich die Prognose in Relation zu dem Grenzwert befindet. Die Zahlen des Tachometers sind prozentual zu interpretieren, wobei der Wert 100 dem Grenzwert

entspricht. Dies würde in der Abbildung 8 kWh entsprechen. In der Abbildung zeigt die Tachonadel einen Wert von knapp 65% an. Dies entspricht in guter Näherung der aktuellen Prognose von 5 kWh, da die Nachkommastellen bei der Anzeige in den Textfeldern vernachlässigt werden. In dem Bereich von 100 bis 110 wird die Überschreitung des Grenzwertes abgebildet. In Abbildung 8.3b ist der Verlauf der aktuellen Viertelstunde abgebildet. Der rote Graph entspricht dem einstellbaren Grenzwert. Die schwarze Funktion beschreibt den Verlauf des Kilowattstundenzählers und die grüne den Verlauf der Prognose. Die Besonderheit an diesem Trend ist, dass es sich nicht um einen zeitlichen Trend handelt, sondern um einen sogenannten `AxFunctionTrendControl`. Es ist immer die aktuelle Viertelstunde auf der x-Achse aufgetragen und der Kilowattstundenzähler auf der y-Achse. Es kann jederzeit eingesehen werden, wie die Prognose für die aktuelle Viertelstunde verläuft.

### 8.3 Implementierung des Trends

Die grundlegenden Einstellungen für die Implementierung eines Trends sind bereits in Kapitel 7.3.1 beschrieben. Die Besonderheit bei der Implementierung der Funktion für die Bildanwahl ist, dass neben eines Wertes für die y-Achse zusätzlich eine Variable für die Konfiguration der x-Achse übergeben werden muss. Dies ist in dem Programmausschnitt in Abbildung 8.4 zu sehen.

```
' Einstellungen für Trendanzeige
  PRFX = objText.Parent.Parent.TagPrefix
  PATHX = CON & "_EnergyDataV2\" & PRFX & "_LOAD_TIME_DIF"

  Set objTREND = objText.Parent.ScreenItems("Controll")
  objTREND.Online = False

  PATH = CON & "_EnergyDataV2\" & PRFX & "_LOAD_VAL_LIM"
  objTREND.TrendIndex = 2
  objTREND.TrendTagNameY = PATH
  objTREND.TrendTagNameX = PATHX

  PATH = CON & "_EnergyDataV2\" & PRFX & "_LOAD_VAL_ACT"
  objTREND.TrendIndex = 1
  objTREND.TrendTagNameY = PATH
  objTREND.TrendTagNameX = PATHX

  PATH = CON & "_EnergyDataV2\" & PRFX & "_LOAD_VAL_PROG"
  objTREND.TrendIndex = 0
  objTREND.TrendTagNameY = PATH
  objTREND.TrendTagNameX = PATHX

'objTREND.ValueAxisIndex = 0
objTREND.Activate
objTREND.Online = True
```

Abbildung 8.4: Abschnitt der Funktion für die Konfiguration des Trends

Als "PATHX " wird die Zeitdifferenz übergeben und für jeden Wert der y-Achse als Variable für die x-Achse übergeben. Dies unterscheidet die Implementierung des Trends der Messdaten von dem Trend für das Spitzenlastmanagement.

## 8.4 Erweiterbarkeit

In den letzten Abschnitten wurden ein SPS-Baustein und die Visualisierung des Spitzenlastmanagements erarbeitet. Der Baustein kann wie beschrieben eingesetzt werden. Um ein Spitzenlastmanagement in einer Anlage implementieren zu können, ergeben sich für jede Anlage die folgend beschriebenen Fragestellungen.

Es muss die genaue Reaktion der Automatisierung auf eine Warnung diskutiert werden. Dafür ist es notwendig festzulegen, in welcher Reihenfolge und in welcher Größe Lasten entsprechend des kalkulierten Prognosewertes abgeworfen werden können. Aufgrund des Unterschiedes zwischen Höhe der Prognose und des Grenzwertes kann die Last bestimmt werden, die abgeschaltet werden muss, um unterhalb des Grenzwertes zu fallen.

Es wäre auch denkbar, je nach dem wann in der Viertelstunde die Überschreitung des Grenzwertes auftritt, Last zu reduzieren. Zu Beginn der Viertelstunde könnte man zeitverzögert auf das Ereignis reagieren. Beispielsweise wird so erst reagiert, wenn eine Minute nach Überschreitung der Prognose über den Grenzwert vergangen ist. Gegen Ende der Viertelstunde kann ein sofortiger Lastabwurf die Folge sein.

# 9 Auswertung in Qlik Sense Desktop

In dem folgenden Kapitel wird gezeigt, wie die Datenbank MariaDB mit Qlik Sense Desktop zu verbinden ist. Es wird auf einige Besonderheiten beim Erstellen des Ladeskriptes eingegangen. Abschließend wird exemplarisch die Auswertung des Energieverbrauchs erläutert.

## 9.1 Anbindung an die Datenbank

Im folgenden Abschnitt wird beschrieben, wie die Anbindung von Qlik Sense Desktop an die Datenbank MariaDB über die ODBC-Schnittstelle eingerichtet wird. Weiterhin wird erläutert, wie das Skript zum Laden der Daten aufgebaut ist. Abschließend erfolgt die Auswertung des Energieverbrauchs. Es muss eine Datenverbindung eingerichtet werden, welche mit dem Dateneditor zu parametrieren ist. Es wird für die Verbindung zur Datenbank die bereits vorhandene ODBC-Schnittstelle verwendet. Die nötigen Einstellungen sind in Abbildung 9.1 dargestellt.

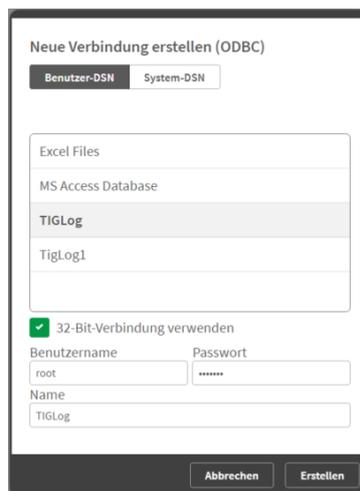


Abbildung 9.1: Erstellung der ODBC-Verbindung für Qlik Sense Desktop

Über den markierten Button in Abbildung 9.2 können die Daten der Datenbank einfach eingefügt werden.

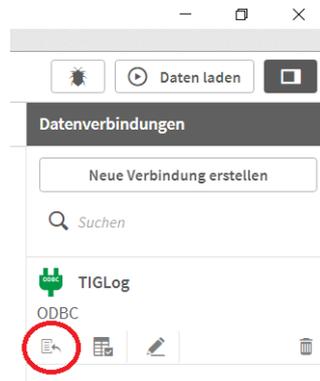


Abbildung 9.2: Navigation zum Ladeskript

Es erscheint der Dialog, der in Abbildung 9.3 gezeigt ist. Auf der linken Seite können die nötigen Tabellen ausgewählt werden. Für die Auswertung sind die Tabellen “energydata“ und “states“ notwendig. Es können Felder je nach Anwendung an- oder abgewählt werden. Dies ist unter Feldnamen dargestellt.

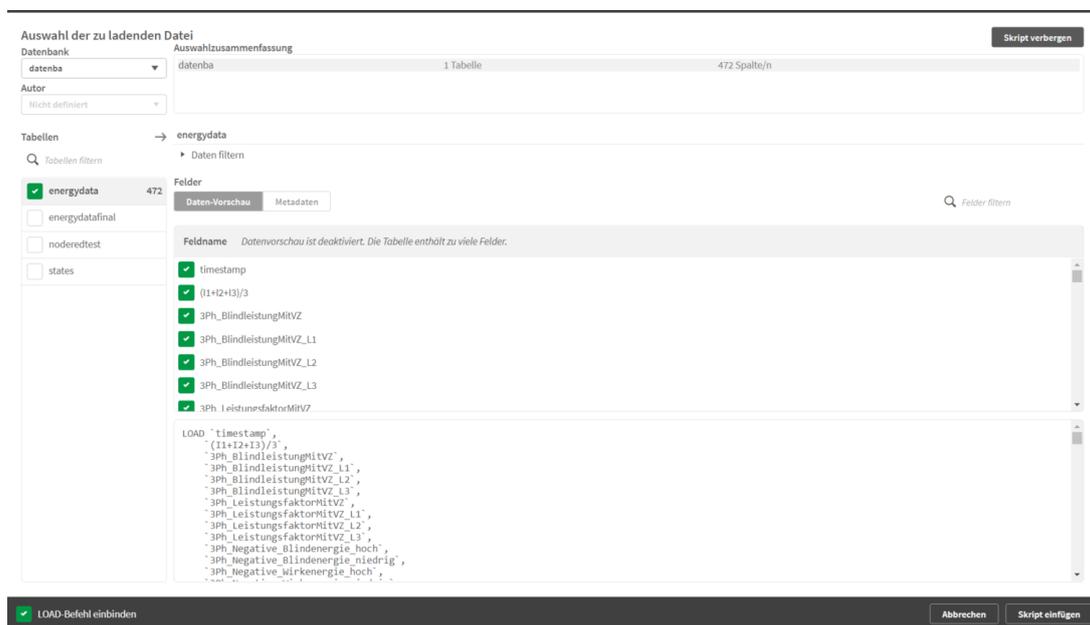


Abbildung 9.3: Erstellen des Datenladeskripts im Qlik Sense Desktop

Das Ladeskript funktioniert nach dem ETL-Prinzip, dabei werden zunächst die Daten aus der Datenbank geladen. Danach werden die Daten in entsprechende Tabellen unterteilt. Dies hat den Hintergrund, dass einige Messwerte noch bereinigt oder aufbereitet werden.

## 9.2 Erstellung des Ladeskripts

Wie der Programmcode zum Laden eingefügt wird, wurde im letzten Abschnitt beschrieben. In diesem Unterkapitel sollen die wichtigsten Ausschnitte aus dem Ladeskript besprochen werden. Zuerst werden alle Werte mithilfe eines SQL-Befehls aus der Datenbank geladen. Es werden die einzelnen physikalischen Größen in eigene Tabellen organisiert. Dies ist als Beispiel in 9.4 dargestellt.

```
587 Scheinleistungen:
588 Load
589     timestamp as Zeit,
590     SOLE4_S as Scheinleistung,
591     `Scheinleistung_L1`,
592     `Scheinleistung_L2`,
593     `Scheinleistung_L3`
594 RESIDENT [energydata];
595 Blindleistungen:
596 Load
597     timestamp as Zeit,
598     SOLE4_Q as Blindleistung,
599     `Blindleistung_L1`,
600     `Blindleistung_L2`,
601     `Blindleistung_L3`,
602     `Blindleistung_VZ`,
603     `Blindleistung_VZ_L1`,
604     `Blindleistung_VZ_L2`,
605     `Blindleistung_VZ_L3`
606 RESIDENT [energydata];
607
608 Wirkleistungen:
609 Load
610     timestamp as Zeit,
611     SOLE4_P as Wirkleistung,
612     `Wirkleistung_L1`,
613     `Wirkleistung_L2`,
614     `Wirkleistung_L3`,
615     `Wirkleistung_VZ`,
616     `Wirkleistung_VZ_L1`,
617     `Wirkleistung_VZ_L2`,
618     `Wirkleistung_VZ_L3`
619 RESIDENT [energydata];
```

Abbildung 9.4: Beispiel zur Organisation der Daten

Die Überschriften sind die Namen der Tabellen. Danach erfolgt der Ladebefehl mit der Angabe, welche Daten geladen werden sollen. Abschließend wird angegeben, aus welcher Tabelle geladen wird. Das passiert mit dem Befehl "RESIDENT [energydata]". Um eine Filterung nach einem bestimmten Zeitraum möglich zu machen, müssen die Zeitstempel der Messungen zusätzlich aufbereitet werden. Da es sich bei den Tabellen mit den Messdaten und den Aufzeichnungen für die Zustände um zwei verschiedene Tabellen mit unterschiedlichen Zeitpunkten handelt, müssen diese Tabellen kombiniert werden.

```

2361 tblZeit1:
2362 LOAD
2363     timestamp(timestamp) as Zeit,
2364     year (timestamp) as Jahr,
2365     date (timestamp) as Datum,
2366     month (timestamp) as Monat,
2367     week (timestamp) as Woche,
2368     weekday (timestamp) as Wochentag,
2369     day (timestamp) as Tag,
2370     hour (timestamp) as Stunde,
2371     minute (timestamp) as Minute
2372 RESIDENT [energydata];
2373
2374 LEFT JOIN LOAD * INLINE [
2375     Monat , Quartal
2376     1, 'Q1'
2377     2, 'Q1'
2378     3, 'Q1'
2379     4, 'Q2'
2380     5, 'Q2'
2381     6, 'Q2'
2382     7, 'Q3'
2383     8, 'Q3'
2384     9, 'Q3'
2385     10, 'Q4'
2386     11, 'Q4'
2387     12, 'Q4'];

```

(a) Skriptausschnitt der Tabelle für die Zeit

```

2417 timeFinal:
2418 NoConcatenate
2419 LOAD *
2420 Resident tblZeit1;
2421
2422 Concatenate (timeFinal)
2423 LOAD *
2424 Resident tblZeit2;
2425

```

(b) Zusammenführen der Tabellen für die Zeiten

Abbildung 9.5: Gesamtübersicht über das Detailbild der Messdaten

In Abbildung 9.5a werden die Bestandteile des Zeitstempels als alleinstehende Datenfelder extrahiert und im Anschluss in Abhängigkeit des Monats mit einer Quartalsbezeichnung kombiniert. Das wird sowohl für die Energiedaten als auch für die Zustandsdaten durchgeführt. In Abbildung 9.5b werden beide Tabellen zusammengeführt.

### 9.3 Auswertung des Energieverbrauchs

Im folgenden Abschnitt soll explizit nur auf die Auswertungen des Energieverbrauchs eingegangen werden. Es wird der Aufbau und die Funktionsweise des Dashboards erklärt. Abschließend werden die Grafiken erklärt und daraus resultierende Fragestellungen formuliert.

Das Ziel der Auswertung ist es, den Verbrauch der Wirkenergie in Abhängigkeit der Zeit zu betrachten. Dabei soll betrachtet werden, ob bestimmte Wochentage einen auffällig hohen oder niedrigen Energieverbrauch aufweisen. Ein weiteres Ziel ist die Betrachtung des Verbrauchs in Bezug auf die Zustände der Anlage. Die Anlage besitzt vier verschiedene Zustände. Abschließend sollen die Viertelstundenwerte dargestellt werden.

### 9.3.1 Aufbau des Dashboards

In der Abbildung 9.6 ist das Dashboard dargestellt.

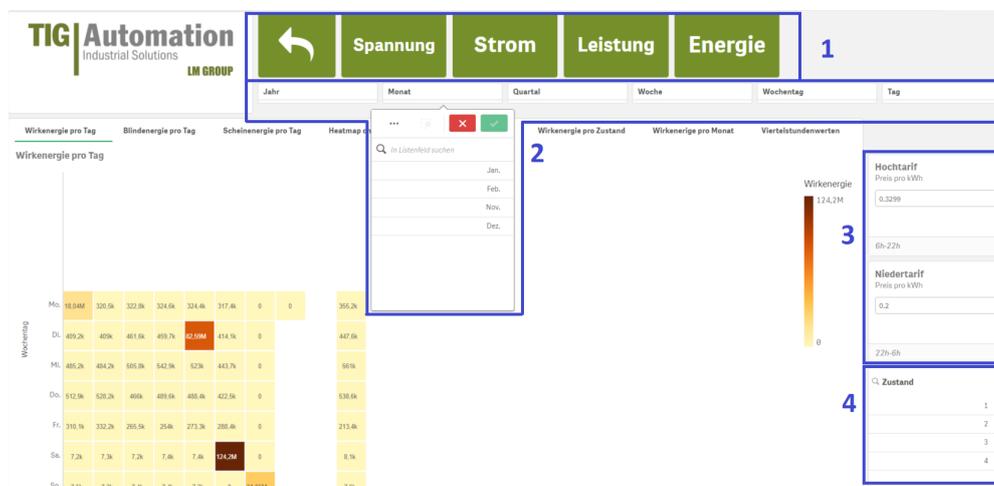


Abbildung 9.6: Darstellung des Dashboards

Über die Schaltflächen in Kasten 1 können die verschiedenen Messungen und graphischen Aufbereitungen für Spannung, Strom, Leistung und Energie eingesehen werden. Der Bediener kann über die Filterboxen in Kasten 2 nach Jahr, Monat, Quartal, Woche, Wochentag und/oder Tag filtern. In Kasten 3 kann eingegeben werden, wie hoch der Preis für den Hoch- bzw. Niedertarif pro kWh ist. Es wird davon ausgegangen, dass der Hochtarif von 6 bis 22 Uhr gilt und der Niedertarif dementsprechend von 22 Uhr bis 6 Uhr gilt. Dies muss gegebenenfalls angepasst werden. Im vierten Kasten können die Daten nach den Zuständen der Anlage gefiltert werden.

### 9.3.2 Aufbereitung der Messdaten

Eine grobe Übersicht über den Verbrauch der Wirkenergie liefert Abbildung 9.7. Es sind die absoluten Verbräuche pro Monat dargestellt, solange kein Filter für den Zeitraum oder den Zustand angewählt ist.

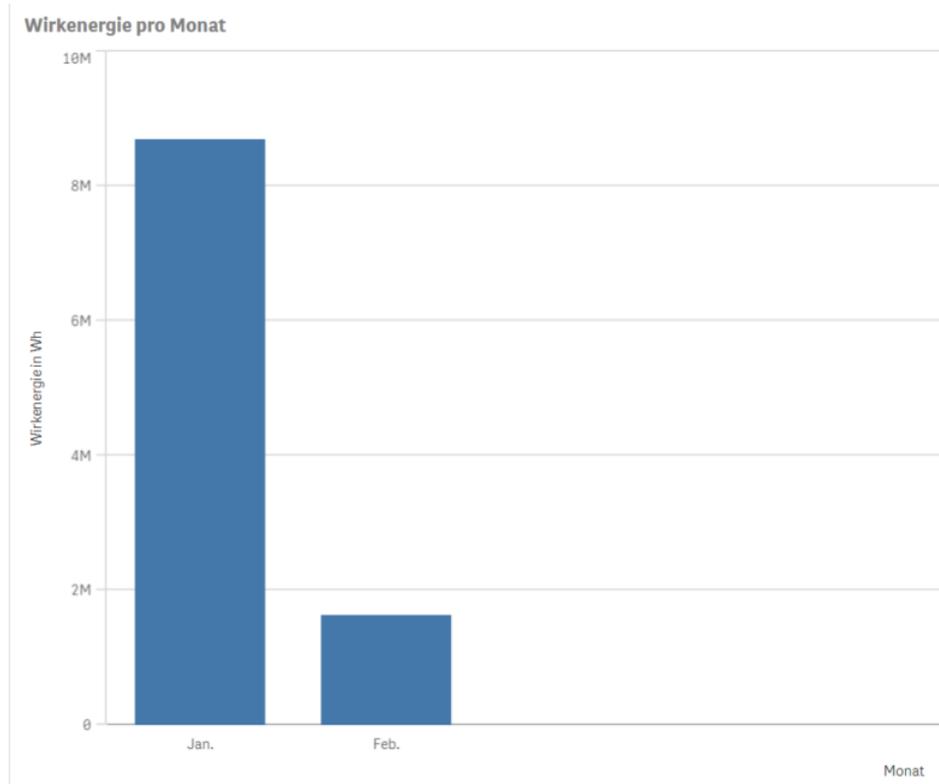


Abbildung 9.7: Wirkenergie pro Monat

Eine detaillierte Darstellung bietet die Heatmap in Abbildung 9.8, in der die verbrauchte Wirkenergie pro Tag dargestellt wird. Auf der x-Achse sind die Kalenderwochen aufgetragen. Die y-Achse repräsentiert den Wochentag der jeweiligen Kalenderwoche. Anhand dessen können Aussagen darüber getroffen werden, welche Wochentage einen besonders hohen Verbrauch haben. So ist erkennbar, dass an den Wochenenden in den Wochen 46-49 deutlich weniger Energie verbraucht worden ist als in der Kalenderwoche 50.

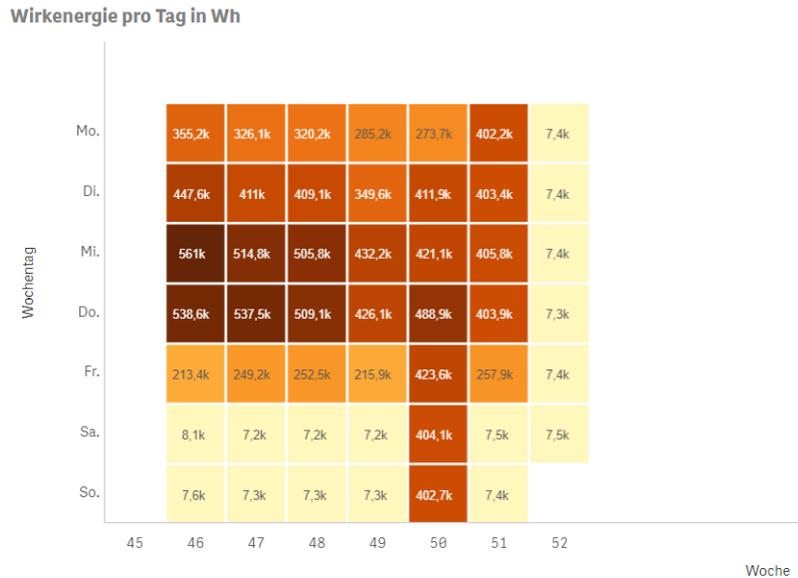


Abbildung 9.8: Auswertung Wirkenergie Heatmap

Weiterhin werden für die wirtschaftliche Analyse der Anlage die Kosten für den Hoch- und Niedertarif errechnet. Es ist einstellbar, was die Kilowattstunde für den Hochtarif und für den Niedertarif kostet. Es können pro Tag und Woche die Kosten betrachtet werden. Dies ist in den Abbildungen 9.9 und 9.10 dargestellt. In den Eingabefeldern neben dem Diagramm (siehe Abbildung 9.6, Kasten 3) können die Kosten für die Kilowattstunde angepasst werden.

	45	46	47	48	49	50	51
Mo.		100,92 €	93,39 €	93,82 €	83,89 €	78,15 €	88,58 €
Di.		98,74 €	90,59 €	90,00 €	77,00 €	90,49 €	88,91 €
Mi.		127,61 €	117,05 €	114,74 €	98,94 €	88,35 €	89,60 €
Do.		118,01 €	116,62 €	110,42 €	93,26 €	108,27 €	88,61 €
Fr.		32,36 €	46,12 €	46,42 €	38,96 €	89,44 €	51,70 €
Sa.		1,78 €	1,58 €	1,58 €	1,58 €	88,88 €	
So.	-	1,65 €	1,58 €	1,58 €	1,58 €	88,48 €	

Abbildung 9.9: Auswertung Hochtarif Heatmap

	45	46	47	48	49	50	51
Mo.		9,86 €	8,60 €	7,16 €	6,18 €	7,36 €	26,74 €
Di.		29,66 €	27,28 €	27,26 €	23,24 €	27,52 €	26,78 €
Mi.		34,84 €	32,00 €	31,60 €	26,46 €	30,66 €	26,84 €
Do.		36,18 €	36,80 €	34,88 €	28,68 €	32,14 €	27,06 €
Fr.		23,06 €	21,88 €	22,36 €	19,56 €	30,50 €	20,24 €
Sa.		0,54 €	0,48 €	0,48 €	0,48 €	26,94 €	-
So.	-	0,52 €	0,50 €	0,50 €	0,50 €	26,90 €	

Abbildung 9.10: Auswertung Niedertarif Heatmap

In Abbildung 9.11 ist die Wirkenergie pro Zustand aufgetragen. Dieses Diagramm dient zur Übersicht. Auf der x-Achse sind die Zustände 1 bis 4 abgebildet. Die Balken darüber repräsentieren die verbrauchte Wirkenergie in absoluten Zahlen.

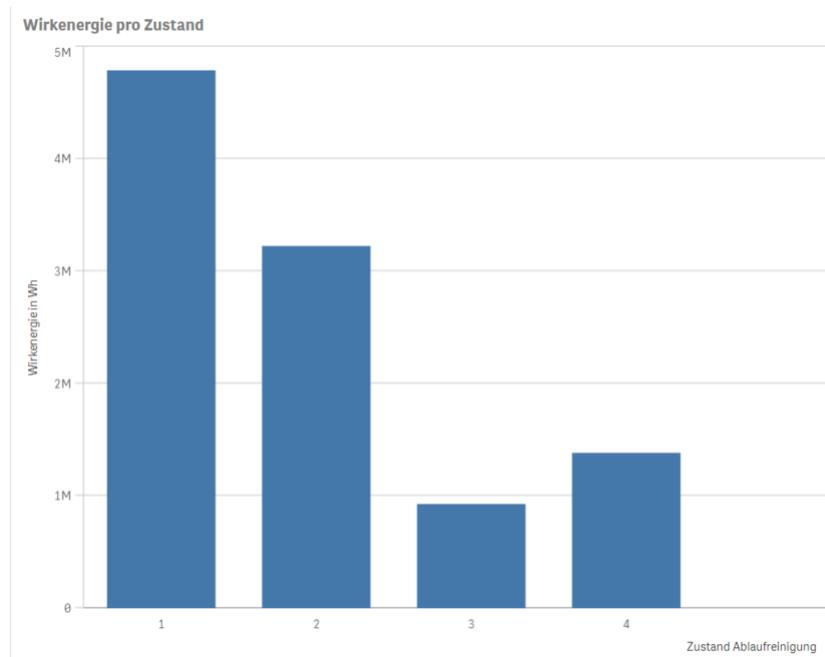


Abbildung 9.11: Wirkenergie pro Zustand

In Abbildung 9.12 ist der Verbrauch pro Zustand dargestellt. Die oberen Zahlen auf der x-Achse repräsentieren die Kalenderwochen 1 bis 5. Aus der y-Achse sind die Zustände 1 bis 4 aufgetragen. In den farbigen Kästchen lässt sich der Verbrauch in Wattstunden pro Woche und Zustand ablesen.

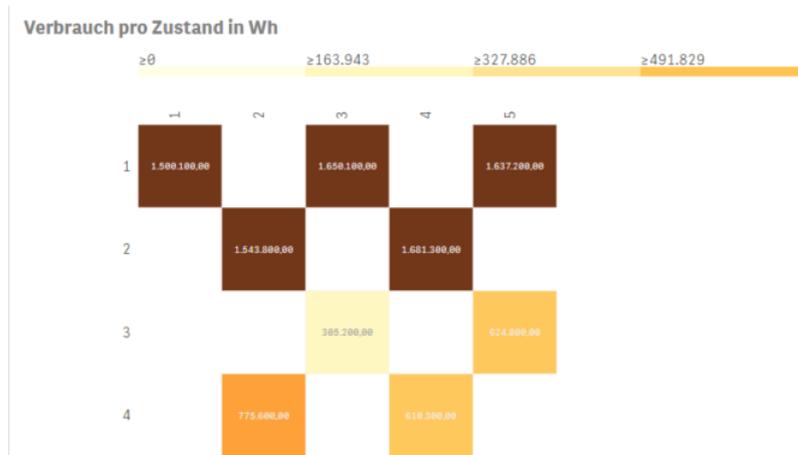


Abbildung 9.12: Auswertung verbrauchter Wirkenergie pro Zustand und Kalenderwoche

Die Grafik legt nahe, dass die Zustände 1 und 2 energieaufwendiger als die Zustände 3 und 4 sind. Es handelt sich dabei um absolute Zahlen ohne Berücksichtigung der Dauer des Zustandes. Um eine präzisere Aussage treffen zu können, sollte eine Skalierung auf einen fixen Zeitraum, beispielsweise einer Stunde durchgeführt werden.

Abschließend erfolgt die Auswertung der Viertelstundenwerte, wie in Abbildung 9.13 gezeigt. Es ist die Höhe der Viertelstundenwerte in Abhängigkeit der Zeit aufgetragen. Dies dient als Orientierung für das Spitzenlastmanagement. Es kann sich einen Überblick verschafft werden, an welchen Wochentagen Spitzenverbräuche auftreten.



Abbildung 9.13: Aufzeichnung der Viertelstundenwerte

Weiterhin wird in Abbildung 9.14 ein Balkendiagramm gezeigt, das den maximalen Viertelstundenwert des Monats angibt. Wie im Grundlagenkapitel 2.2 beschrieben, kann dies mitunter relevant für die Abrechnung sein.

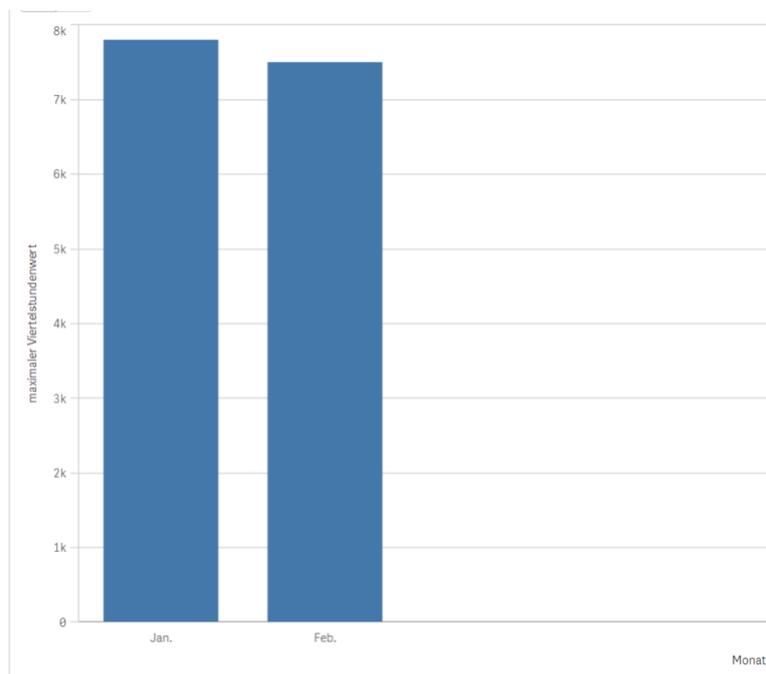


Abbildung 9.14: Darstellung der maximalen der Viertelstundenwerte pro Monat

### 9.3.3 Ausblick

Anhand der Diagramme können nun weitergehende Fragestellungen formuliert werden. Eine der Problemstellungen wäre es, zu untersuchen, woraus hohe Verbräuche und Spitzenwerte bei den Viertelstundenwerten resultieren. Aus der Auswertung der Viertelstundenwerte ergibt sich die Frage, woraus die Peaks resultieren. Eine These wäre, ob die Spitzen aufgrund gleichzeitiger Motoranläufe entstehen und ob es eine Alternative wäre Motoren hintereinander, zeitverzögert anlaufen zu lassen. Darüber hinaus ist eine Spitze erkennbar, nachdem die Anlage wieder eingeschaltet wird. Hier wäre eine Fragestellung, ob es lohnenswert ist, eine Anlaufroutine zu implementieren, die die Spitze abfängt. Aufgrund der Auswertung des Hoch- und Niedertarifs ergibt sich die Frage, ob es möglich ist, bestimmte Abläufe in den Niedertarifbereich auszulagern. Zusammenfassend kann man die Frage stellen, welche Korrelationen die Diagramme aufzeigen und untersuchen, ob ein kausaler Zusammenhang besteht.

## 10 Fazit

Ziel dieser Arbeit ist es ein System zur Energieoptimierung und für das Spitzenlastmanagement zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurden zwei Messgeräte gegenüber gestellt. Das Messgerät UMG 96 RM-PN der Firma Janitza befindet sich bereits im Einsatz, das Nemo 96HD+ wurde im Rahmen dieses Projektes untersucht. Es konnte, anhand der Genauigkeitsklassen, festgestellt werden, dass das Janitza-Messgerät präzisere Messwerte liefert. Bei der Untersuchung der Auswahl der Messwerte wurde festgestellt, dass beim Janitza-Gerät das Protokoll Modbus TCP mehr Messwerte liefert als über Profinet. Bei Anlagen in denen zukünftig das Messgerät der Firma Janitza zum Einsatz kommt, sollte geprüft werden, ob die Kommunikation über Modbus eine Alternative ist. Insgesamt stellt das Nemo 96HD+ mehr Messwerte unter anderem auch Messungen der Oberschwingung bis zur 50. Oberschwingung zur Verfügung. Das bieten den Vorteil erste Hinweise auf die Qualität des Netzes beim Kunden zu erhalten und gegebenenfalls zum Thema ausführliche Netzanalyse und aktive Filter zu beraten.

Der SPS Baustein zur Kommunikation mit dem Messgerät kann sowohl für den Steuerungstypen S7-1200, als auch für den Steuerungstypen S7-1500 eingesetzt werden. Die Daten werden über Modbus TCP aus dem Messgerät ausgelesen. Die wichtigsten Einstellungen für die Kommunikation des Bausteins mit einem Messgerät sind als Eingang des Bausteins deklariert und so kann der Baustein ohne große Änderungen in Bestandsanlagen implementiert werden. Bei der Entwicklung des benutzerdefinierten Datentypen wurde festgestellt, dass nicht alle Werte, die beim Nemo 96HD+ vorliegen, bei dem UMG 96 RM-PN existieren. Der benutzerdefinierte Datentyp besitzt somit Variablen, die nicht in beiden Geräten vorliegen. Die Verbindung des SCADA-System WinCC V7.5 zur Datenbank konnte über ODBC hergestellt werden. Gleiches gilt für die Verbindung der Datenbank zu Qlik Sense. Um das System für Kunden ohne WinCC V7.5 nutzbar zu gestalten, kann im nächsten Schritt geprüft werden, wie eine Verbindung aus einem Unified- oder Comfort Panel der Firma Siemens hergestellt werden kann. Das Spitzenlastmanagement konnte beim Kunden erfolgreich implementiert werden und soll in einem weiteren Projekt an der Einspeisung des Standortes Lasten vollautomatisiert abwerfen.

Das System zur Energieoptimierung soll auf vier weitere Teilanlagen ausgeweitet werden, sodass zusammen mit der Messung der Einspeisung am Standort mehr Daten erhoben werden können und in einer weiteren Arbeit der komplette Standort auf Optimierungsmöglichkeiten untersucht werden kann. Weitergehende Problemstellungen wurden bereits in Kapitel 8.4 diskutiert. Die Auswertung mit Qlik Sense wurde implementiert. Aufgrund der Diagramme können Thesen formuliert werden und geeignete Untersuchungen an der Anlage durchgeführt werden. Es wurden Überlegungen in dem Kapitel 9.3.3 als Ausblick gegeben.

# Literaturverzeichnis

- [1] BRAUN, Hans-Peter: *Facility Management - Erfolg in der Immobilienbewirtschaftung*. Springer Berlin Heidelberg New York, 2007. – ISBN 978-3-540-34701-9
- [2] BUNDESREGIERUNG: *Energiewende-Das Zeitalter der erneuerbaren Energien*. – URL <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/erneuerbare-energien-317608#:~:text=Die%20Bundesregierung%20hat%20beschlossen%2C%20als,bedarf%20es%20allerdings%20weiterer%20Anstrengungen..> – abgerufen am 09.02.2023 um 13:06
- [3] ELECTIC, Schneider: *Scheitelfaktor*. – URL <https://de.electrical-installation.org/dewiki/Scheitelfaktor>. – abgerufen am 13.03.2023
- [4] ELECTRIC, Schneider: *Gesamtverzerrungsfaktor (THD)*. – URL [https://de.electrical-installation.org/dewiki/Gesamtverzerrungsfaktor\\_\(THD\)#:~:text=Definition%20der%20THD,-Die%20THD%20wird&text=Die%20gesamte%20harmonische%20Verzerrung%20\(THD,im%20Allgemeinen%20in%20Prozent%20angegeben..](https://de.electrical-installation.org/dewiki/Gesamtverzerrungsfaktor_(THD)#:~:text=Definition%20der%20THD,-Die%20THD%20wird&text=Die%20gesamte%20harmonische%20Verzerrung%20(THD,im%20Allgemeinen%20in%20Prozent%20angegeben..) – abgerufen am 14.02.2023 um 10:57
- [5] INTERNATIONAL, QlikTech: *Erkunden, entdecken und analysieren*. Web. August 2022. – URL <https://help.qlik.com/de-DE/sense/August2022/pdf/Erkunden,%20entdecken%20und%20analysieren.pdf>. – abgerufen am 10.03.2023
- [6] INTERNATIONAL, QlikTech: *Erstellen von Apps und Visualisierungen*. Web. August 2022. – URL <https://help.qlik.com/de-DE/sense/August2022/pdf/Erstellen%20von%20Apps%20und%20Visualisierungen.pdf>. – abgerufen am 10.03.2023
- [7] INTERNATIONAL, QlikTech: *Qlik Sense Desktop*. Web. August 2022. – URL <https://help.qlik.com/de-DE/sense/August2022/pdf/Qlik%20Sense%20Desktop.pdf>. – abgerufen am 10.03.2023

- [8] INTERNATIONAL, QlikTech: *Skriptsyntax und Diagrammfunktionen*. Web. August 2022. – URL <https://help.qlik.com/de-DE/sense/August2022/pdf/Skriptsyntax%20und%20Diagrammfunktionen.pdf>. – abgerufen am 10.03.2023
- [9] INTERNATIONAL, QlikTech: *Verwalten von Daten*. Web. August 2022. – URL <https://help.qlik.com/de-DE/sense/August2022/pdf/Verwalten%20von%20Daten.pdf>. – abgerufen am 10.03.2023
- [10] ISE, Fraunhofer: *Nettostromerzeugung in Deutschland 2022: Wind und Photovoltaik haben deutlich zugelegt*. – URL <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2023/nettostromerzeugung-in-deutschland-2022-wind-und-photovoltaik-haben-deutlich-zugelegt.html#:~:text=In%20Summe%20produzierten%20die%20erneuerbaren,lag%20bei%2050%2C3%20Prozent..> – abgerufen am 09.02.2023 um 13:08
- [11] KAHL, Timo: *Interaktive Datenvisualisierung in Wissenschaft und Unternehmenspraxis*. Springer Vieweg, 2010. – ISBN 978-3-658-29562-2
- [12] MÜLLER, Egon: *Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. – ISBN 978-3-540-89644-9
- [13] SIEMENS: *WinCC V7.5 WinCC: Arbeiten mit WinCC*. Web. September 2018. – URL [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/739/109760739/att\\_962128/v1/WinCC\\_Working\\_with\\_WinCC\\_de-DE\\_de-DE.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/739/109760739/att_962128/v1/WinCC_Working_with_WinCC_de-DE_de-DE.pdf). – abgerufen am 08.03.2023
- [14] SIEMENS: *Modbus/TCP mit den Anweisungen MB\_CLIENT und MB\_SERVER*. Web. Juli 2019. – URL [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/340/102020340/att\\_118117/v7/net\\_modbus\\_tcp\\_s7-1500\\_s7-1200\\_de.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/340/102020340/att_118117/v7/net_modbus_tcp_s7-1500_s7-1200_de.pdf). – abgerufen am 13.12.2023
- [15] SIEMENS: *WinCC V7.5 SP1 WinCC: Scripting(VBS, ANSI-C, VBA)*. Web. November 2019. – URL [https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109773213/WinCC\\_Programming\\_de-DE\\_de-DE.pdf?download=true](https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109773213/WinCC_Programming_de-DE_de-DE.pdf?download=true). – abgerufen am 13.03.2023
- [16] TIG: *TIG Automation GmbH*. – URL <https://tig-automation.de/>. – abgerufen am 09.02.2023 um 11:02

- [17] VERLAG, VDE: *DIN EN 61000-2-4 (VDE 0839-2-4): 2003-05 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Umgebungsbedingungen - Verträglichkeitspegel für niederfrequente leitungsgeführte Störgrößen in Industrieanlagen (IEC 61000-2-4:2002); Deutsche Fassung EN 61000-2-4:2002.* Web. Mai 2003. – URL [https://normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#\\_\\_normenbibliothek\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%270839015\\_section\\_3.2.8%27%5D\\_\\_1678871395678](https://normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#__normenbibliothek__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%270839015_section_3.2.8%27%5D__1678871395678). – abgerufen am 28.11.2022
- [18] VERLAG, VDE: *DIN EN 61557-12 (VDE 0413-12): 2008-12: Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen Teil 12: Kombinierte Geräte zur Messung und Überwachung des Betriebsverhaltens (IEC 61557-12:2007); Deutsche Fassung EN 61557-12:2008.* Web. Dez. 2008. – URL [https://www.normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#\\_\\_normenbibliothek\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%270413027\\_section\\_Nationales\\_Vorwort%27%5D\\_\\_1669619827595](https://www.normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#__normenbibliothek__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%270413027_section_Nationales_Vorwort%27%5D__1669619827595). – abgerufen am 28.11.2022
- [19] VERLAG, VDE: *DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7): 2009-12: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 4-7: Prüf- und Messverfahren – Allgemeiner Leitfaden für Verfahren und Geräte zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten (IEC 61000-4-7:2002 + A1:2008); Deutsche Fassung EN 61000-4-7:2002 + A1:2009.* Web. Dez. 2009. – URL [https://www.normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#\\_\\_normenbibliothek\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%270413027\\_section\\_Nationales\\_Vorwort%27%5D\\_\\_1669619827595](https://www.normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#__normenbibliothek__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%270413027_section_Nationales_Vorwort%27%5D__1669619827595). – abgerufen am 28.11.2022
- [20] VERLAG, VDE: *DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12): 2012-06 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 3-12: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme, verursacht von Geräten und Einrichtungen mit einem Eingangsstrom > 16 A und ≤ 75 A je Leiter, die zum Anschluss an öffentliche Niederspannungsnetze vorgesehen sind (IEC 61000-3-12:2011); Deutsche Fassung EN 61000-3-12:2011.* Web. Juni 2012. – URL [https://normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#\\_\\_normenbibliothek\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%270838012\\_section\\_3.12%27%5D\\_\\_1678871395678](https://normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#__normenbibliothek__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%270838012_section_3.12%27%5D__1678871395678). – abgerufen am 28.11.2022

40attr\_id%3D%270838023\_section\_5%27%5D\_\_1678872042570. – abgerufen am 29.11.2022

- [21] VERLAG, VDE: *DIN EN 61000-4-30 (VDE 0847-4-30): 2016-01: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Teil 4-30: Prüf- und Messverfahren – Verfahren zur Messung der Spannungsqualität (IEC 61000-4-30:2015); Deutsche Fassung EN 61000-4-30:2015*. Web. Jan. 2016. – URL [https://www.normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#\\_\\_normenbibliothek\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%270413027\\_section\\_Nationales\\_Vorwort%27%5D\\_\\_1669619827595](https://www.normenbibliothek.de/vde-xaveropp/normenbibliothek/start.xav#__normenbibliothek__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%270413027_section_Nationales_Vorwort%27%5D__1669619827595). – abgerufen am 28.11.2022
- [22] VERLAG, VDE: *Merkmale der Spannung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen; Deutsche und Englische Fassung prEN 50160:2021*. PDF. September 2021. – abgerufen am 29.11.2022, sieht CD
- [23] WELLENREUTHER, Günter ; ZASTROW, Dieter: *Automatisieren mit SPS Theorie und Praxis*. Viewegs Fachbücher der Technik, 2005. – ISBN 978-3-322-96932-3

# A Anhang

## A.1 Source Code

Der Anhang zur Arbeit befindet sich auf CD und kann bei Heike Neumann eingesehen werden

## A.2 Gegenüberstellung der Messwerte aus dem ersten Entwicklungszyklus

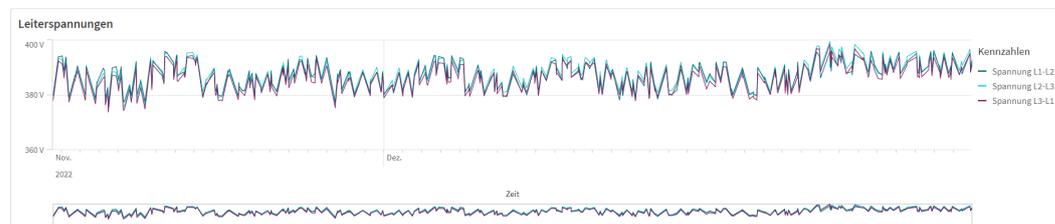


Abbildung A.1: Leiterspannung

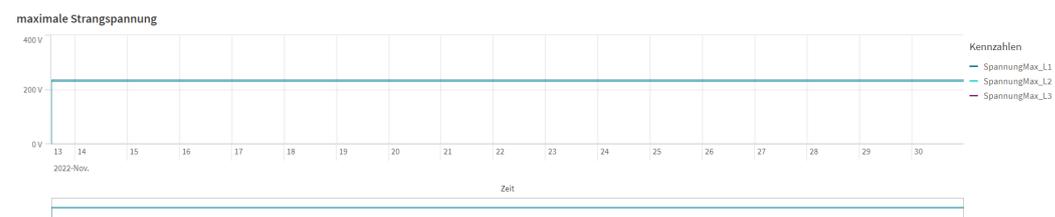


Abbildung A.2: Maximale Strangspannung

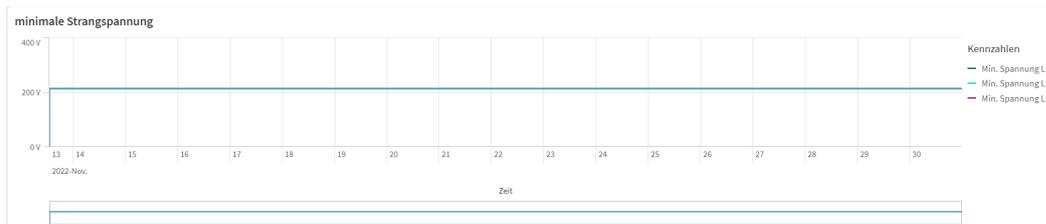


Abbildung A.3: Minimale Strangspannung

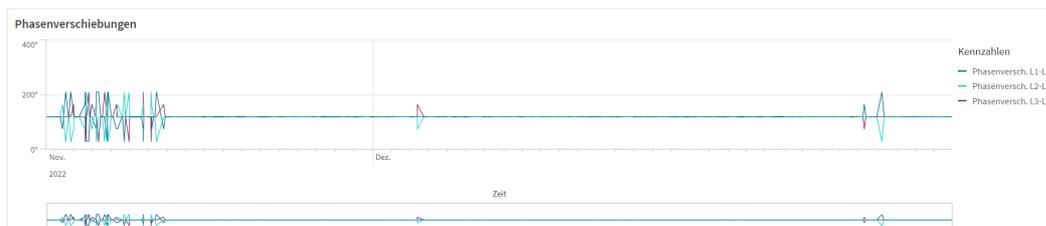


Abbildung A.4: Phasenverschiebung der Spannungen

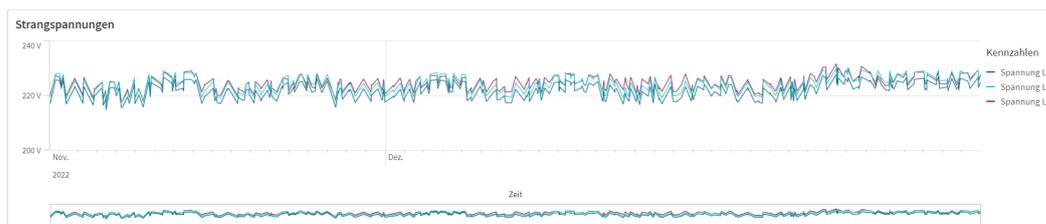


Abbildung A.5: Strangspannung

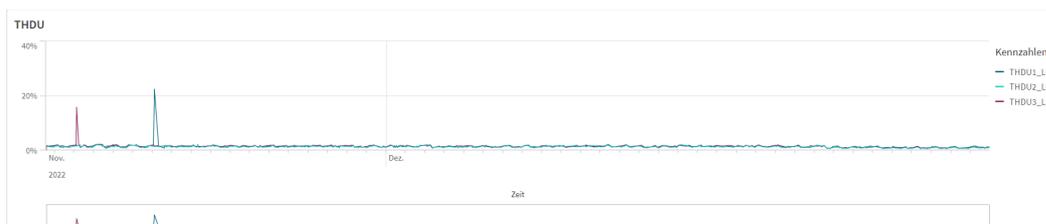


Abbildung A.6:  $THD_U$ - Teil 1



Abbildung A.7:  $THD_U$ - Teil 2



Abbildung A.8: Crestfaktoren der Leiterströme



Abbildung A.9: Durchschnittsleiterströme

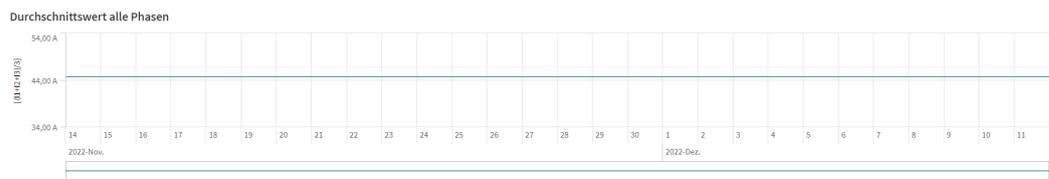


Abbildung A.10: Durchschnittswert des Stroms



Abbildung A.11: Leiterströme

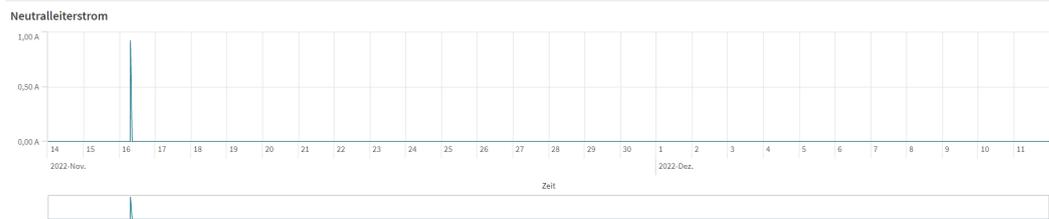


Abbildung A.12: Neutralleiterstrom

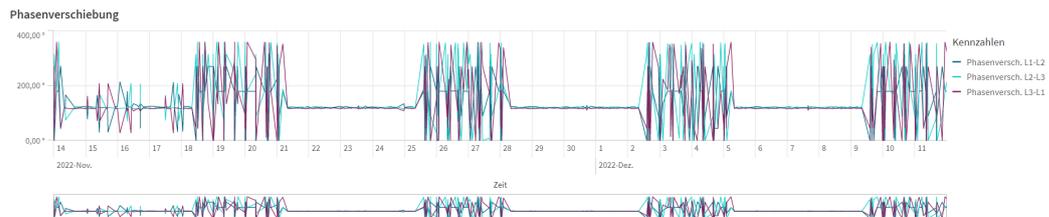


Abbildung A.13: Phasenverschiebung des Stromes

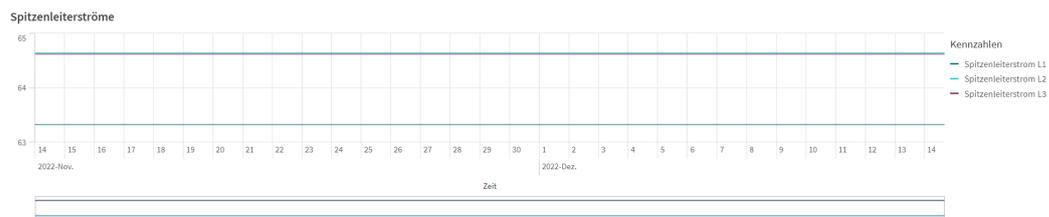


Abbildung A.14: Spitzenleiterströme

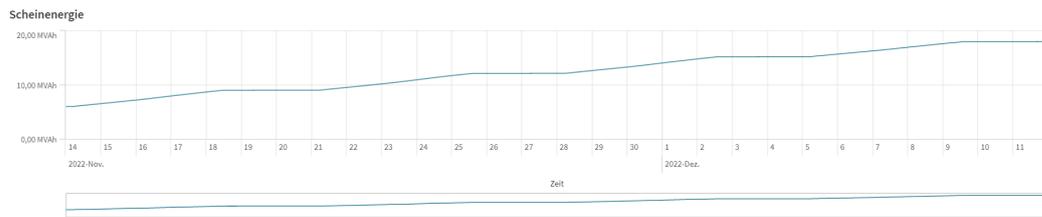


Abbildung A.15: Scheinenergie

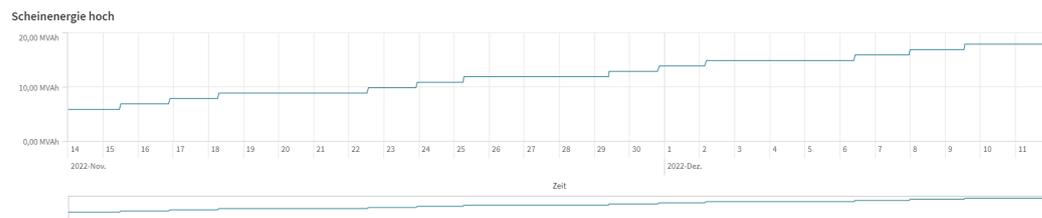


Abbildung A.16: Scheinenergie hoch



Abbildung A.17: Scheinenergie niedrig

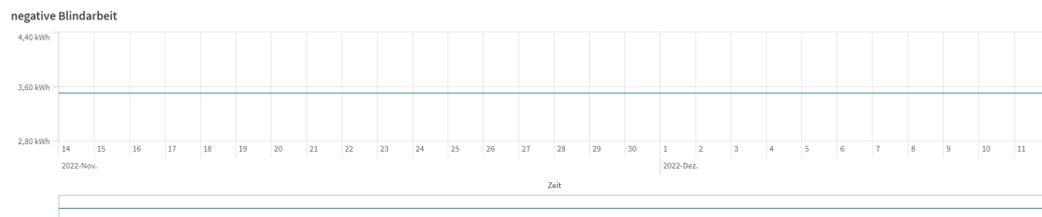


Abbildung A.18: negative Blindenergie

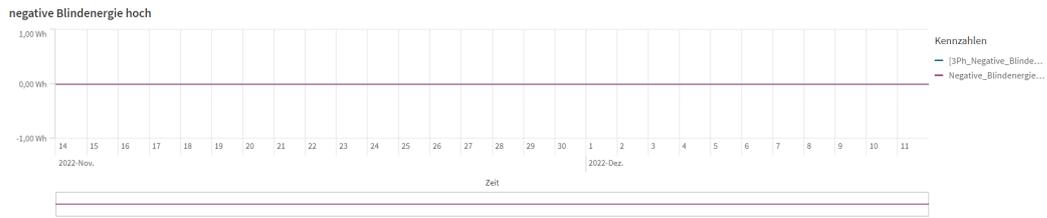


Abbildung A.19: negative Blindenergie hoch

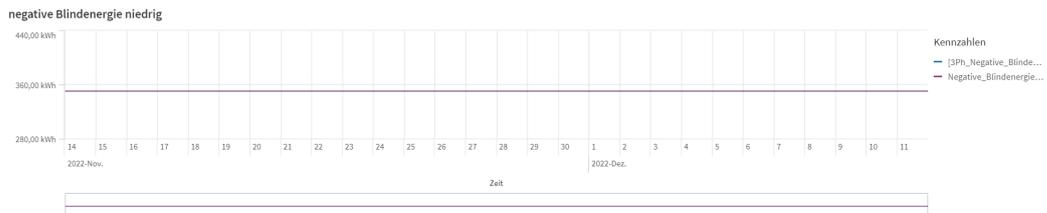


Abbildung A.20: negative Blindenergie niedrig

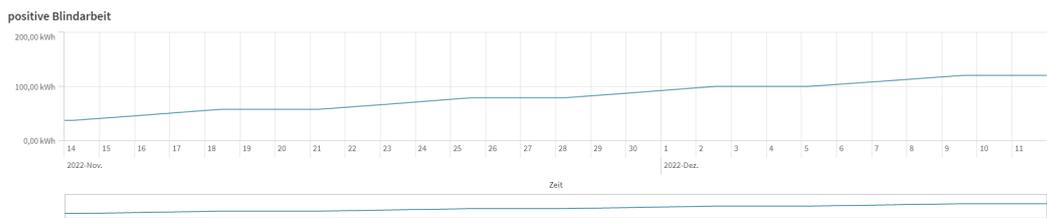


Abbildung A.21: positive Blindenergie



Abbildung A.22: positive Blindenergie hoch

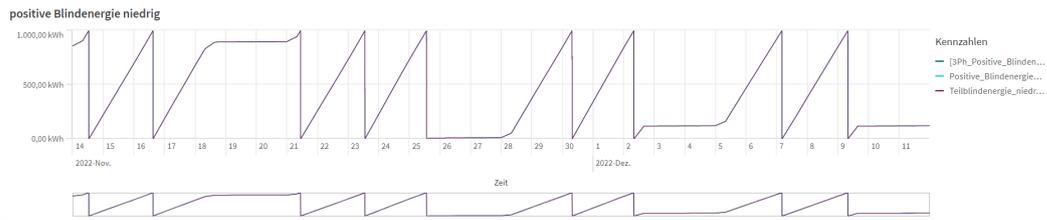


Abbildung A.23: positive Blindenergie niedrig

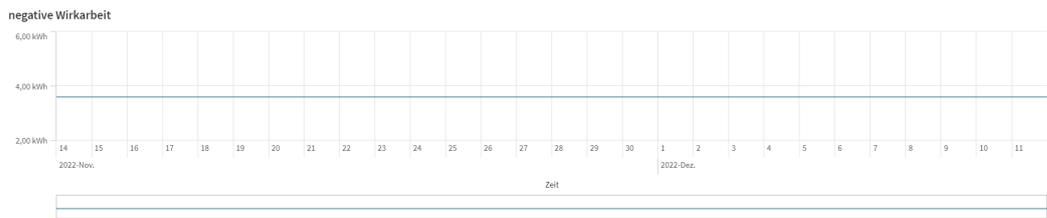


Abbildung A.24: negative Wirkenergie

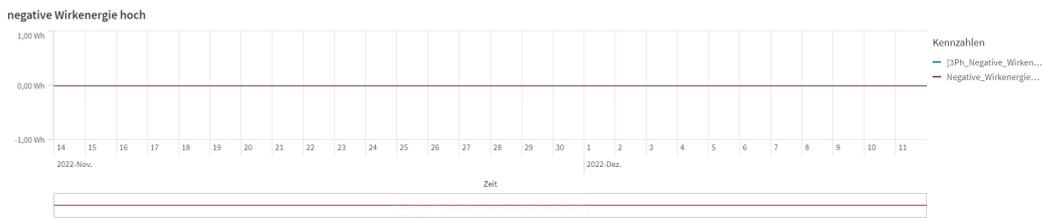


Abbildung A.25: negative Wirkenergie hoch



Abbildung A.26: positive Wirkenergie niedrig

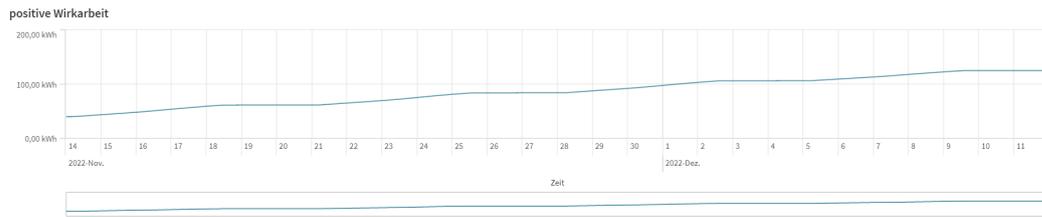


Abbildung A.27: positive Wirkenergie



Abbildung A.28: positive Wirkenergie hoch

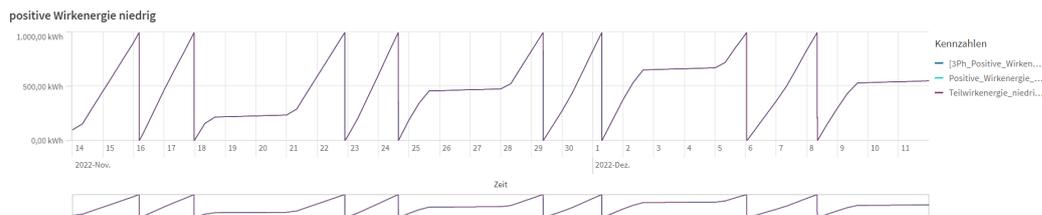


Abbildung A.29: positive Wirkenergie niedrig

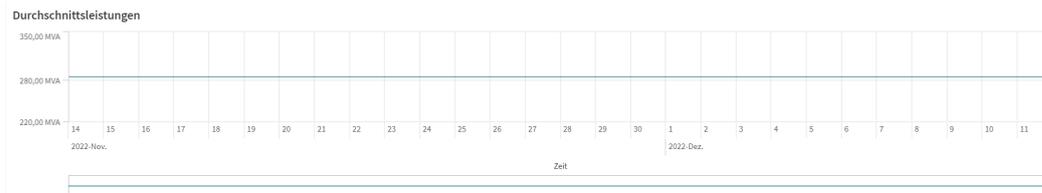


Abbildung A.30: Durchschnittsleistung

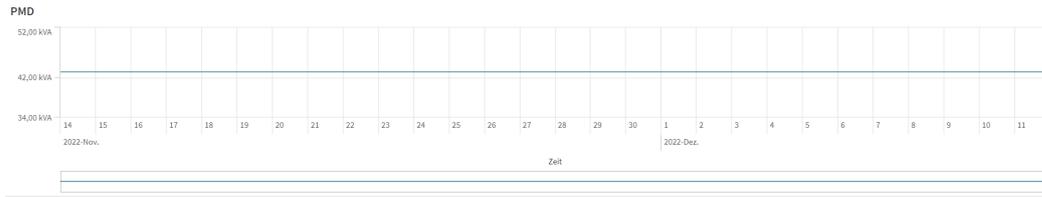


Abbildung A.31: PMD Scheinleistung

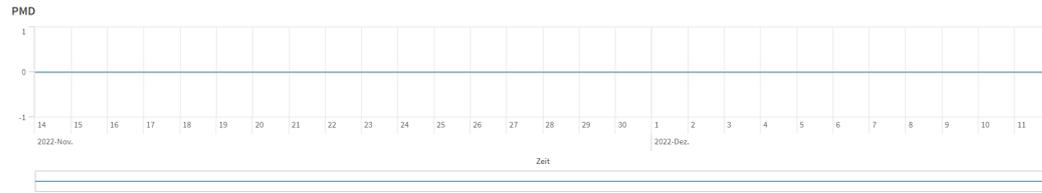


Abbildung A.32: PMD Scheinleistung VA

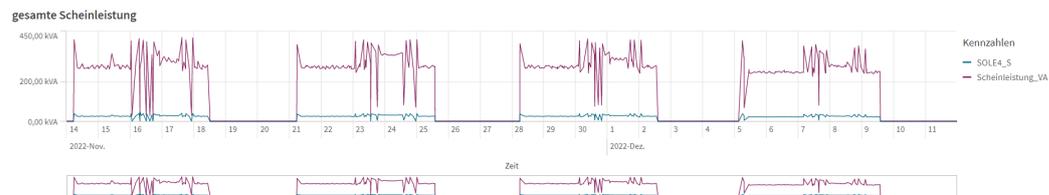


Abbildung A.33: Scheinleistung gesamt

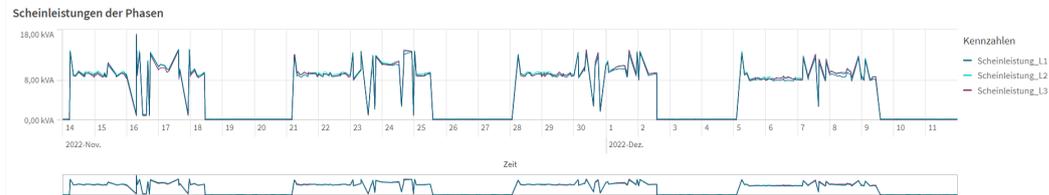


Abbildung A.34: Scheinleistung der Phasen



Abbildung A.35: Blindleistung gesamt

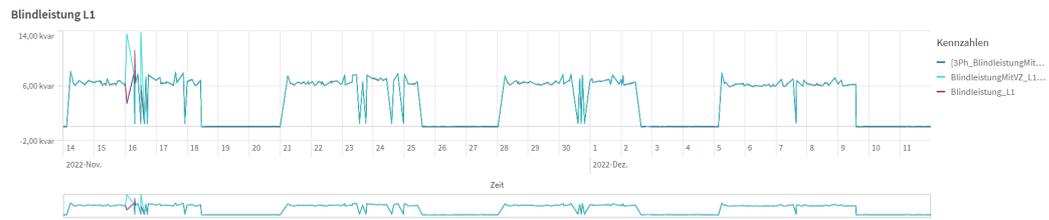


Abbildung A.36: Blindleistung L1



Abbildung A.37: Blindleistung L2



Abbildung A.38: Blindleistung L3



Abbildung A.39: Vorzeichen der Blindleistung



Abbildung A.40: Durchschnittsblindleistung var

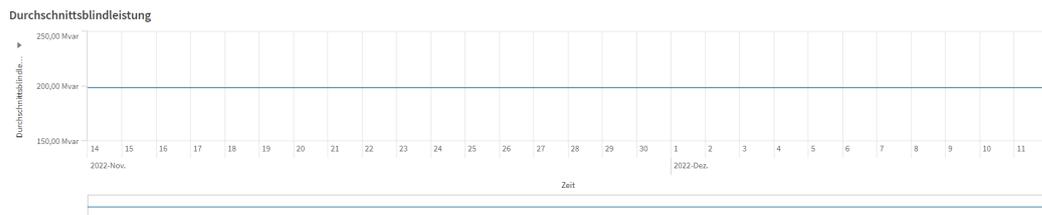


Abbildung A.41: Durchschnittsblindleistung

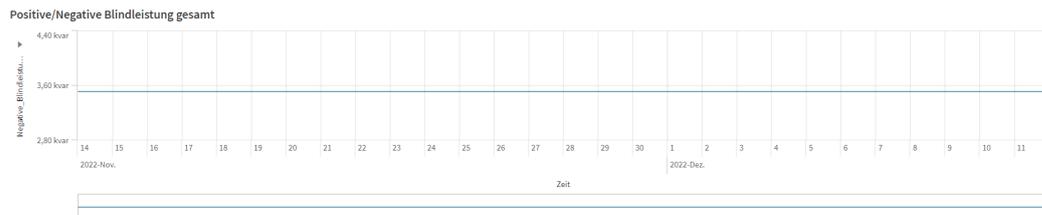


Abbildung A.42: negative Blindleistung

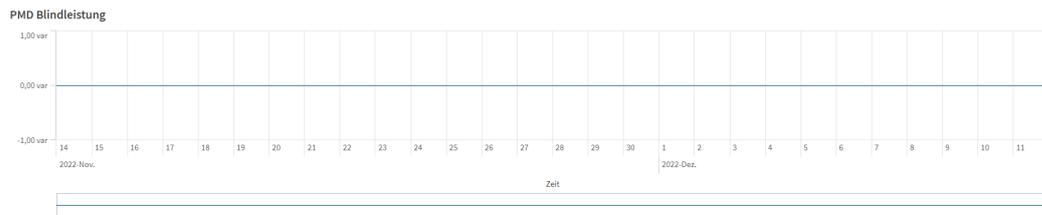


Abbildung A.43: PMD Blindleistung

Positive/Negative Blindleistung gesamt

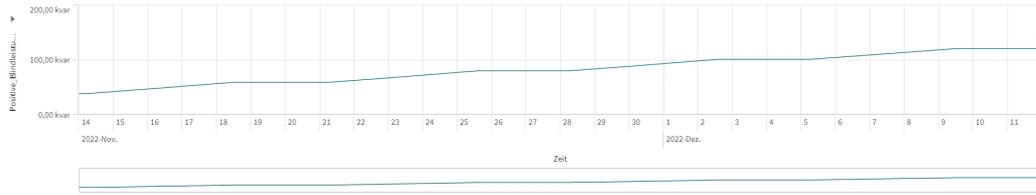


Abbildung A.44: positive Blindleistung

Teilblindleistung

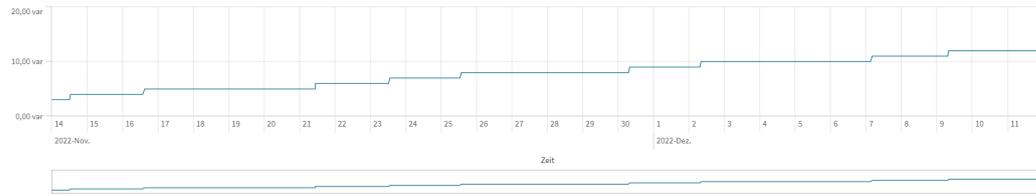


Abbildung A.45: Teilblindleistung

Teilwirkleistungen

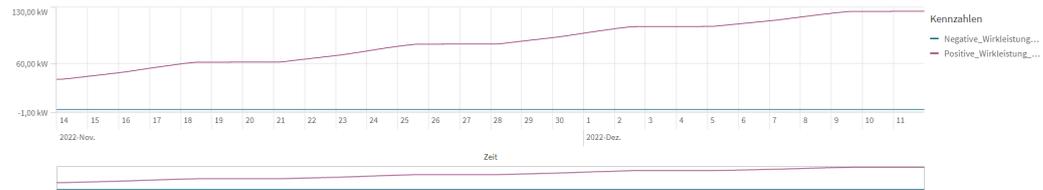


Abbildung A.46: Teilwirkenergie

allgemeine Wirkleistung

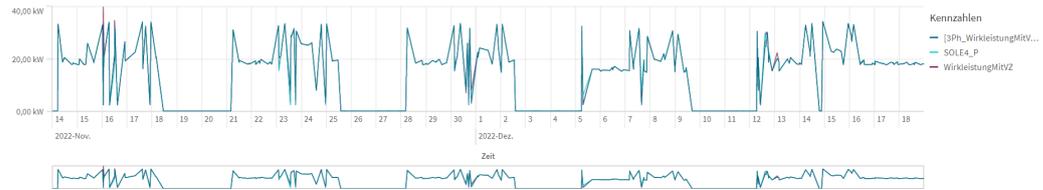


Abbildung A.47: Wirkleistung gesamt

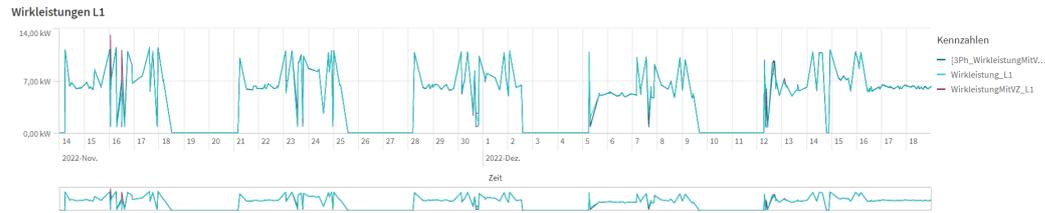


Abbildung A.48: Wirkleistung L1



Abbildung A.49: Wirkleistung L2

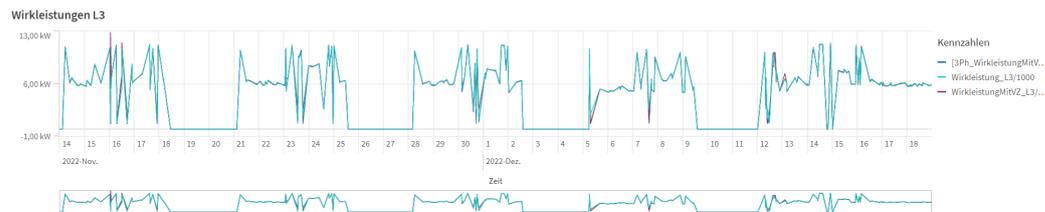


Abbildung A.50: Wirkleistung L3

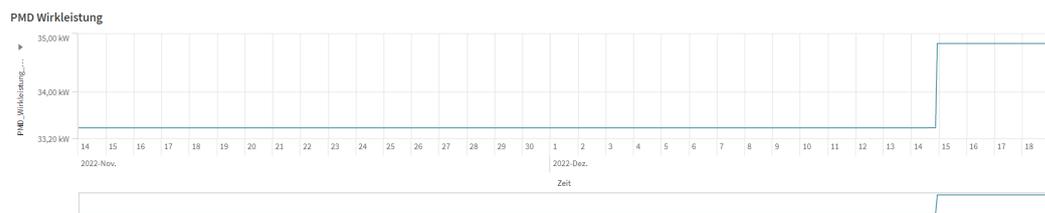


Abbildung A.51: PMD Wirkleistung - Teil 1



Abbildung A.52: PMD Wirkleistung - Teil 2

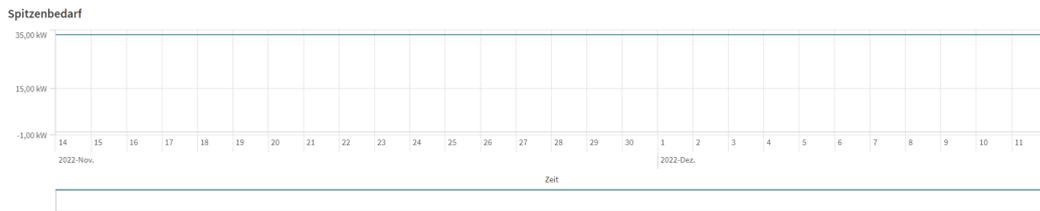


Abbildung A.53: Spitzenbedarf Wirkleistung

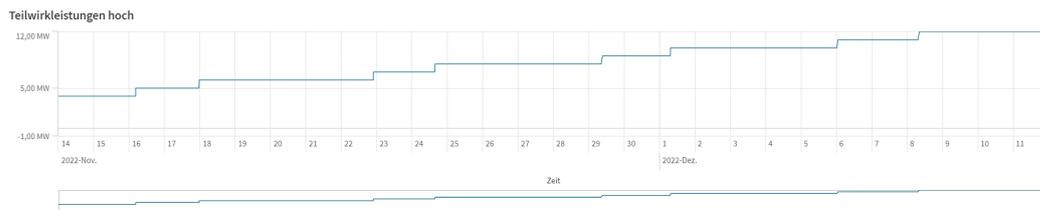


Abbildung A.54: Teilwirkleistung hoch



Abbildung A.55: Teilwirkleistung niedrig



Abbildung A.56: Vorzeichen der Wirkleistung

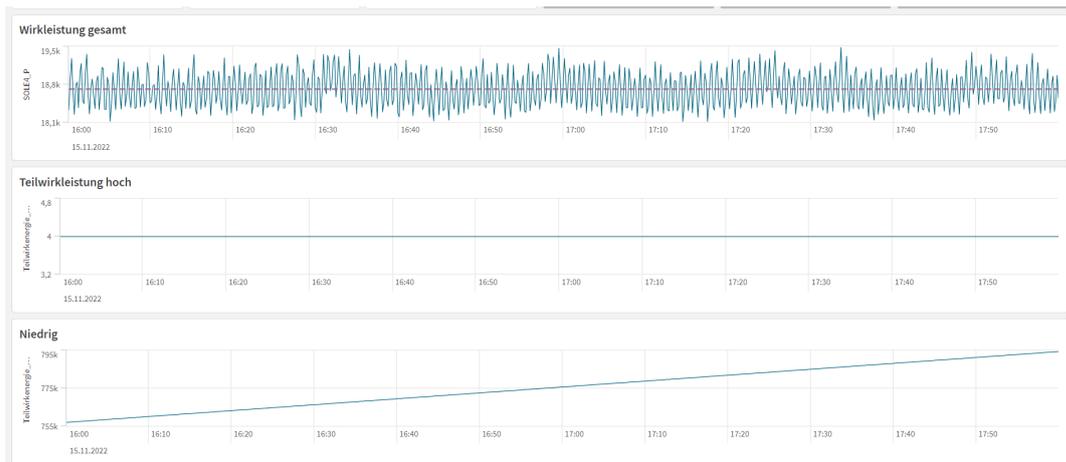


Abbildung A.57: Validierung des Wirkleistungszählers

## A.3 Datenblatt Nemo 96HD+

	COMMUNICATION PROTOCOL	ITP000598	Rev. A
		20/09/2018	Pag 1
Multifunction		Firmware ≥ 4.100	
A Group brand 	NEMO 96 HD+ ModBus		



### Sommario

1. ABSTRACT.....	2
1.1. Physical level.....	2
1.2. Data link level.....	2
1.3. Application level.....	2
2. DATA MESSAGE DESCRIPTION.....	3
2.1. Parameters description.....	3
2.2. Data format.....	4
2.3 Description of CRC calculation.....	4
2.4. Error management.....	5
2.5. Timing table.....	5
2.6. Requests.....	6
2.7. Assignments.....	6
3. VARIABLES.....	7
3.1. Notes.....	15
4. Setup parameters remote settings, Resets and Programming.....	16
5. Pulse Output Module – IF96003.....	17
6. Twin Alarm OUT module - IF96005.....	17
7. Twin Analogue OUT module – IF96004.....	18
8. Neutral Current module - IF96006.....	20
9. I/O module - IF96010 / IF96011.....	20
9.1. Pulse counting – Input status.....	20
9.2. Pulse counters - reset.....	21
9.3. Alarm out - setting.....	22
10. Double Temperature measurement module - IF96016.....	23
11. Standard Programming Parameters.....	24
12. Remote Reset and Programming.....	25
13. Historic Write Address Table.....	27
13.3. Historic Set and Reset.....	30
13.4. Historic Data record types.....	31
14.1. Real time data Type 4: bit mapped variable reading.....	34
14.2. Real time data Type 4 : bit mapped variable writing.....	35
14.3. Real time data reading.....	36

Revisione A	Donofrio M.	Rigamonti A.	Donofrio M.
	Compilato	Controllato	Approvato

	<b>COMMUNICATION PROTOCOL</b>	ITP000598	Rev. <b>A</b>
	<b>Multifunction</b>	20/09/2018	Pag 7
<b>NEMO 96 HD+ ModBus</b>		<b>Firmware ≥ 4.100</b>	
A Group brand 			

### 3. VARIABLES

Variables or groups of variables may be required up to 250 Bytes max.

Address	Format	Description	Unit / Note
0x100	U_WORD	Current transformer ratio (KTA)	No unit
0x102	U_WORD	Voltage transformer ratio (KTV)	1/10 (tenths)
0x104	U_WORD	Modules Configuration	(1)
0x106	U_WORD	Second decimal of Voltage transformer ratio (KTV) XXXX.Y1Y2 => Y2	
0x300	U_WORD	Device Model identifier	0x1111

**For variables in Old Table from address 0x301 see PR106 manual on our website.**

Address	Format	Description	Unit / Note
0xF00	U_WORD	identifier	0x1111
0xF01	U_WORD	Hw+sw release	0x4XXX(Fw vers)
0xF01	U_WORD	FC identifier	0x0

Address	Format	Description	Unit / Note
0x1000	UD_WORD	Phase 1 : phase voltage	mV
0x1002	UD_WORD	Phase 2 : phase voltage	mV
0x1004	UD_WORD	Phase 3 : phase voltage	mV
0x1006	UD_WORD	Phase 1 : current	mA
0x1008	UD_WORD	Phase 2 : current	mA
0x100a	UD_WORD	Phase 3 : current	mA
0x100c	UD_WORD	Neutral current	mA
0x100e	UD_WORD	Chained voltage : L1-L2	mV
0x1010	UD_WORD	Chained voltage : L2-L3	mV
0x1012	UD_WORD	Chained voltage : L3-L1	mV
0x1014	UD_WORD	3-phase : active power	(3)
0x1016	UD_WORD	3-phase : reactive power	(3)
0x1018	UD_WORD	3-phase : apparent power	(3)
0x101a	U_WORD	3-phase : sign of active power	(5)
0x101b	U_WORD	3-phase : sign of reactive power	(5)
0x101c	UD_WORD	3-phase : positive active energy	(4)
0x101e	UD_WORD	3-phase : positive reactive energy	(4)
0x1020	UD_WORD	3-phase : negative active energy	(4)
0x1022	UD_WORD	3-phase : negative reactive energy	(4)
0x1024	S_WORD	3-phase : power factor	1/100 signed
0x1025	U_WORD	3-phase : sector of power factor ( res, cap or ind)	<b>0</b> =res, <b>1</b> =ind, <b>2</b> =cap
0x1026	U_WORD	Frequency	Hz/10
0x1027	UD_WORD	3-phase : average power	(3)
0x1029	UD_WORD	3-phase : peak maximum demand	(3)
0x102b	U_WORD	Time counter for average power	minutes
0x102c	UD_WORD	Phase 1 : active power	(3)
0x102e	UD_WORD	Phase 2 : active power	(3)
0x1030	UD_WORD	Phase 3 : active power	(3)
0x1032	U_WORD	Phase 1 : sign of active power	(5)
0x1033	U_WORD	Phase 2 : sign of active power	(5)
0x1034	U_WORD	Phase 3 : sign of active power	(5)
0x1035	UD_WORD	Phase 1 : reactive power	(3)
0x1037	UD_WORD	Phase 2 : reactive power	(3)

Revisione A	M. Mancini	A. Rigamonti	M. D'Onofrio
	Compilato	Controllato	Approvato

	<b>COMMUNICATION PROTOCOL</b>	ITP000598	Rev. A
		20/09/2018	Pag 8
<b>Multifunction</b>		<b>Firmware ≥ 4.100</b>	
A Group brand 	<b>NEMO 96 HD+ ModBus</b>		

0x1039	UD_WORD	Phase 3 : reactive power	(3)
0x103b	U_WORD	Phase 1 : sign of reactive power	(5)
0x103c	U_WORD	Phase 2 : sign of reactive power	(5)
0x103d	U_WORD	Phase 3 : sign of reactive power	(5)
Address	Format	Description	Unit / Note
0x103e	UD_WORD	Phase 1 : apparent power	(3)
0x1040	UD_WORD	Phase 2 : apparent power	(3)
0x1042	UD_WORD	Phase 3 : apparent power	(3)
0x1044	S_WORD	Phase 1 : power factor	1/100 signed
0x1045	S_WORD	Phase 2 : power factor	1/100 signed
0x1046	S_WORD	Phase 3 : power factor	1/100 signed
0x1047	U_WORD	Phase 1 : power factor sector	0=res,1=ind, 2=cap
0x1048	U_WORD	Phase 2 : power factor sector	0=res,1=ind, 2=cap
0x1049	U_WORD	Phase 3 : power factor sector	0=res,1=ind, 2=cap
0x104a	U_WORD	Phase 1 : THD V1	% (0..100.0)
0x104b	U_WORD	Phase 2 : THD V2	% (0..100.0)
0x104c	U_WORD	Phase 3 : THD V3	% (0..100.0)
0x104d	U_WORD	Phase 1 : THD I1	% (0..100.0)
0x104e	U_WORD	Phase 2 : THD I2	% (0..100.0)
0x104f	U_WORD	Phase 3 : THD I3	% (0..100.0)
0x1050	UD_WORD	Phase 1 : I1 average	mA
0x1052	UD_WORD	Phase 2 : I2 average	mA
0x1054	UD_WORD	Phase 3 : I3 average	mA
0x1056	UD_WORD	Phase 1 : I1 peak maximum	mA
0x1058	UD_WORD	Phase 2 : I2 peak maximum	mA
0x105a	UD_WORD	Phase 3 : I3 peak maximum	mA
0x105c	UD_WORD	(I1+I2+I3)/3	mA
0x105e	UD_WORD	Phase 1 : V1 min	mV
0x1060	UD_WORD	Phase 2 : V2 min	mV
0x1062	UD_WORD	Phase 3 : V3 min	mV
0x1064	UD_WORD	Phase 1 : V1 max	mV
0x1066	UD_WORD	Phase 2 : V2 max	mV
0x1068	UD_WORD	Phase 3 : V3 max	mV
0x106a	UD_WORD	3-phase : active partial energy	(4)
0x106c	UD_WORD	3-phase : reactive partial energy	(4)
0x106e	U_WORD	Run hour meter	Hour
0x106f	U_WORD	Output relay status	(2)
0x1070	UD_WORD	3-phase : active average power	(3)
0x1072	UD_WORD	3-phase : reactive average power	(3)
0x1074	UD_WORD	3-phase : apparent average power	(3)
0x1076	UD_WORD	3-phase : active PMD power	(3)
0x1078	UD_WORD	3-phase : reactive PMD power	(3)
0x107a	UD_WORD	3-phase : apparent PMD power	(3)
0x107c	UD_WORD	Run hour meter	minutes
0x107e	UD_WORD	3-phase : Distortion Apparent Power	(3)

Address	Format	Description	Unit / Note
0x1200	U_WORD	Current transformer ratio (KTA)	No unit
0x1201	U_WORD	Voltage transformer ratio (KTV)	1/10 (tenths)
0x1202	UD_WORD	Future developments	---
0x1204	U_WORD	Device identifier	0x1111

Revisione A	M. Mancini	A. Rigamonti	M. D'Onofrio
	Compilato	Controllato	Approvato

	<b>COMMUNICATION PROTOCOL</b>	ITP000598	Rev. A
	<b>Multifunction</b>	20/09/2018	Pag 9
<b>NEMO 96 HD+ ModBus</b>		<b>Firmware ≥ 4.100</b>	
A Group brand 			

0x1206	U_WORD	Digital Input status	0x00 I1 O I2 O 0x01 I1 C I2 O 0x02 I1 O I2 C 0x03 I1 C I2 C
0x1207	U_WORD	Voltage transformer ratio (KTV)	1/100 (hundredths)

Address	Format	Description	Unit / Note
0x1250	UD_WORD	3-phase Positive total active energy	(4)
0x1252	UD_WORD	3-phase Positive total reactive energy	(4)
0x1254	UD_WORD	3-phase Negative total active energy	(4)
0x1256	UD_WORD	3-phase Negative total reactive energy	(4)

Address	Format	Description	Unit
0x1500	UD_WORD	3-phase : positive active energy low	Wh
0x1502	UD_WORD	3-phase : positive active energy high	MWh
0x1504	UD_WORD	3-phase : positive reactive energy low	Varh
0x1506	UD_WORD	3-phase : positive active energy high	MVarh
0x1508	UD_WORD	3-phase : negative active energy low	Wh
0x150a	UD_WORD	3-phase : negative active energy high	MWh
0x150c	UD_WORD	3-phase : negative reactive energy low	Varh
0x150e	UD_WORD	3-phase : negative active energy high	MVarh
0x1510	UD_WORD	3-phase : partial active energy low	Wh
0x1512	UD_WORD	3-phase : partial active energy high	MWh
0x1514	UD_WORD	3-phase : partial reactive energy low	Varh
0x1516	UD_WORD	3-phase : partial reactive energy high	MVarh
0x1518	SD_WORD	Signed 3-ph Active Power	W
0x151A	SD_WORD	Signed 3-ph Reactive Power	var
0x151C	SD_WORD	Signed Phase1 Active Power	W
0x151E	SD_WORD	Signed Phase2 Active Power	W
0x1520	SD_WORD	Signed Phase3 Active Power	W
0x1522	SD_WORD	Signed Phase1 Reactive Power	var
0x1524	SD_WORD	Signed Phase2 Reactive Power	var
0x1526	SD_WORD	Signed Phase3 Reactive Power	var
0x1528	SD_WORD	Signed 3-ph Power Factor	1/1000
0x152A	SD_WORD	Signed Phase1 Power Factor	1/1000
0x152C	SD_WORD	Signed Phase2 Power Factor	1/1000
0x152E	SD_WORD	Signed Phase3 Power Factor	1/1000
0x1530	UD_WORD	Apparent power	W
0x1532	UD_WORD	3-phase : active average power	W
0x1534	UD_WORD	3-phase : reactive average power	var
0x1536	UD_WORD	3-phase : apparent average power	VA
0x1538	UD_WORD	3-phase : active PMD power	W
0x153a	UD_WORD	3-phase : reactive PMD power	var
0x153c	UD_WORD	3-phase : apparent PMD power	VA
0x1540	U_WORD	positive active energy Wrap Around	
0x1541	U_WORD	positive reactive energy Wrap Around	
0x1542	U_WORD	negative active energy Wrap Around	
0x1543	U_WORD	negative reactive energy Wrap Around	
0x1544	U_WORD	apparent energy Wrap Around	
0x1580	U_WORD	Phase 1 : phase voltage crest factor	1/1000
0x1581	U_WORD	Phase 2 : phase voltage crest factor	1/1000
0x1582	U_WORD	Phase 3 : phase voltage crest factor	1/1000
0x1583	U_WORD	Phase 1 : current crest factor	1/1000
0x1584	U_WORD	Phase 2 : current crest factor	1/1000
0x1585	U_WORD	Phase 3 : current crest factor	1/1000
0x1586	U_WORD	Chained voltage : L1-L2 crest factor	1/1000
0x1587	U_WORD	Chained voltage : L2-L3 crest factor	1/1000

Revisione A	M. Mancini	A. Rigamonti	M. D'Onofrio
	Compilato	Controllato	Approvato

	<b>COMMUNICATION PROTOCOL</b>	ITP000598	Rev. A
	<b>Multifunction</b>	20/09/2018	Pag 10
<b>NEMO 96 HD+ ModBus</b>		<b>Firmware ≥ 4.100</b>	
A Group brand 			

Address	Format	Description	Unit
0x1588	U_WORD	Chained voltage : L3-L1 crest factor	1/1000
0x1600	U_WORD	phase displacement V1-V2 (V12-V23)	0.1 °
0x1601	U_WORD	phase displacement V2-V3 (V23-V31)	0.1 °
0x1602	U_WORD	phase displacement V3-V1 (V31-V12)	0.1 °
0x1603	U_WORD	phase displacement I1-I2	0.1 °
0x1604	U_WORD	phase displacement I2-I3	0.1 °
0x1605	U_WORD	phase displacement I3-I1	0.1 °

Address	Format	Description	Unit / Note
0x1620	UD_WORD	Pulse number - input 1	
0x1622	UD_WORD	Pulse number - input 2	
0x1624	UD_WORD	Pulse number - input 3	
0x1626	UD_WORD	Pulse number - input 4	
0x1628	U_WORD	Input 1 status	0: Open 1: Close
0x162a	U_WORD	Input 2 status	0: Open 1: Close
0x162c	U_WORD	Input 3 status	0: Open 1: Close
0x162d	U_WORD	Input 4 status	0: Open 1: Close
0x1700	UD_WORD	Positive Active Energy - Low	Wh
0x1702	UD_WORD	Positive Active Energy - High	MWh
0x1704	UD_WORD	Positive Reactive Energy - Low	varh
0x1706	UD_WORD	Positive Reactive Energy - High	Mvarh
0x1708	UD_WORD	Negative Active Energy - Low	Wh
0x170A	UD_WORD	Negative Active Energy - High	MWh
0x170C	UD_WORD	Negative Reactive Energy - Low	varh
0x170E	UD_WORD	Negative Reactive Energy - High	Mvarh
0x1710	UD_WORD	Partial+ Active Energy - Low	Wh
0x1712	UD_WORD	Partial+ Active Energy - High	MWh
0x1714	UD_WORD	Partial+ Reactive Energy - Low	varh
0x1716	UD_WORD	Partial+ Reactive Energy - High	Mvarh
0x1718		NOT USED	
0x171a		NOT USED	
0x171c		NOT USED	
0x171e		NOT USED	
0x1720	SD_WORD	Signed 3-ph active power	W
0x1722	SD_WORD	Signed 3-ph reactive power	var
0x1724	SD_WORD	Signed phase1 active power	W
0x1726	SD_WORD	Signed phase2 active power	W
0x1728	SD_WORD	Signed phase3 active power	W
0x172A	SD_WORD	Signed phase1 reactive power	var
0x172C	SD_WORD	Signed phase2 reactive power	var
0x172E	SD_WORD	Signed phase3 reactive power	var
0x1730	SD_WORD	Signed 3-ph Power Factor	1/100
0x1732	SD_WORD	Signed phase1 Power Factor	1/100
0x1734	SD_WORD	Signed phase2 Power Factor	1/100
0x1736	SD_WORD	Signed phase3 Power Factor	1/100
0x1738	UD_WORD	Positive average Power Factor	1/1000
0x173a	UD_WORD	Negative average Power Factor	1/1000
0x173c	UD_WORD	Apparent Energy low	Vah
0x173e	UD_WORD	Apparent Energy high	MVah
0x1740	UD_WORD	Apparent Energy	(4)

Revisione A	M. Mancini	A. Rigamonti	M. D'Onofrio
	Compilato	Controllato	Approvato

	COMMUNICATION PROTOCOL	ITP000598	Rev. A
		20/09/2018	Pag 13
	Multifunction	Firmware $\geq$ 4.100	
A Group brand 	NEMO 96 HD+ ModBus		

Address	Word #	Configuration	Note	Sw Rel
0x2000	16 U_WORD	Standard setup parameters	(*)	ALL
0x2100	24 U_WORD	Programming parameters of Module on <b>SLOT 1</b>	(*)	ALL
0x2200	24 U_WORD	Programming parameters of Module on <b>SLOT 2</b>	(*)	ALL
0x2300	24 U_WORD	Programming parameters of Module on <b>SLOT 3</b>	(*)	ALL

(\*)

-----  
 It is possible to read the setup parameters for each slot mounted in the device.  
 The data area dedicated for each slot is 24 WORDS long even if not all are used.  
 For instance: Pulse Output Module has three setup Parameters for each output (six for the whole Module),  
 instead Alarm Output Module has ten setup Parameters for each output (twenty for each Module).  
 For each module, 24 WORDS are always transmitted : W23 | ... | W0  
 W23 is the first transmitted WORD and W0 the last one.

Revisione A	M. Mancini	A. Rigamonti	M. D'Onofrio
	Compilato	Controllato	Approvato

	<b>COMMUNICATION PROTOCOL</b>	ITP000598	Rev. <b>A</b>
	<b>Multifunction</b>	20/09/2018	Pag 14
<b>NEMO 96 HD+ ModBus</b>		<b>Firmware ≥ 4.100</b>	
A Group brand			

Address	Format	Description	Unit / Note
0x7000	U_WORD	Current phase 1 – fundamental	1000
0x7001	U_WORD	Current phase 1 - 2 <sup>nd</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7031	U_WORD	Current phase 1 - 50 <sup>th</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7040	U_WORD	Current phase 2 – fundamental	1000
0x7041	U_WORD	Current phase 2 - 2 <sup>nd</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7071	U_WORD	Current phase 2 - 50 <sup>th</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7080	U_WORD	Current phase 3 – fundamental	1000
0x7081	U_WORD	Current phase 3 - 2 <sup>nd</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x70B1	U_WORD	Current phase 3 - 50 <sup>th</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x70C0	U_WORD	Voltage phase 1 - fundamental	1000
0x70C1	U_WORD	Voltage phase 1 - 2 <sup>nd</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x70F1	U_WORD	Voltage phase 1 - 50 <sup>th</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7100	U_WORD	Voltage phase 2 – fundamental	1000
0x7101	U_WORD	Voltage phase 2 - 2 <sup>nd</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7131	U_WORD	Voltage phase 2 - 50 <sup>th</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7140	U_WORD	Voltage phase 3 – fundamental	1000
0x7141	U_WORD	Voltage phase 3 - 2 <sup>nd</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7171	U_WORD	Voltage phase 3 - 50 <sup>th</sup> harmonic (percentage)	1/10 %
0x7200	UD_WORD	Current phase 1 - fundamental (rms)	mA
0x7262	UD_WORD	Current phase 1 - 50 <sup>th</sup> harmonic (rms)	mA
0x7280	UD_WORD	Current phase 2 – fundamental (rms)	mA
0x72e2	UD_WORD	Current phase 2 - 50 <sup>th</sup> harmonic (rms)	mA
0x7300	UD_WORD	Current phase 3 – fundamental (rms)	mA
0x7362	UD_WORD	Current phase 3 - 50 <sup>th</sup> harmonic (rms)	mA
0x7380	UD_WORD	Voltage phase 1 - fundamental (rms)	mV
0x73e2	UD_WORD	Voltage phase 1 - 50 <sup>th</sup> harmonic (rms)	mV
0x7400	UD_WORD	Voltage phase 2 – fundamental (rms)	mV
0x7462	UD_WORD	Voltage phase 2 - 50 <sup>th</sup> harmonic (rms)	mV
0x7480	UD_WORD	Voltage phase 3 – fundamental (rms)	mV
0x74e2	UD_WORD	Voltage phase 3 - 50 <sup>th</sup> harmonic (rms)	mV

Revisione A	M. Mancini	A. Rigamonti	M. D'Onofrio
	Compilato	Controllato	Approvato

	<b>COMMUNICATION PROTOCOL</b>	ITP000598	Rev. A
	<b>Multifunction</b>	20/09/2018	Pag 15
<b>NEMO 96 HD+ ModBus</b>		<b>Firmware ≥ 4.100</b>	
A Group brand 			

Address	Format	Description	Unit / Note
0x7500	U_WORD	THD I1	1/10 %
0x7501	U_WORD	THD I2	1/10 %
0x7502	U_WORD	THD I3	1/10 %
0x7503	U_WORD	THD V1	1/10 %
0x7504	U_WORD	THD V2	1/10 %
0x7505	U_WORD	THD V3	1/10 %

### 3.1. Notes

(1) -----

Variable			
MSB BYTE 3	BYTE 2	BYTE 1	LSB BYTE 0
Slot 3	Slot 2	Slot 1	Slot 0

Type of slot :  
 ' ': NO MODULE  
 'A': RS485  
 'b': PULSES OUT  
 'C': ALARMS OUT  
 'd': ANALOG OUT  
 'E': NEUTRAL CURRENT  
 'F': I/O MODULE  
 'h': TEMPERATURE

(2) -----

Device programmed in "Alarm Output" mode :

0: No active Alarm  
 1: Alarm active

(3) -----

W, var, VA / 100 if  $KTA \cdot KTV < 5000$   
 W, var, VA if  $KTA \cdot KTV \geq 5000$

(4) -----

Transformer ratio	Measurement unit	Display Format	Protocol Format
$1 \leq KTA \cdot KTV < 10$	Wh(varh) * 10	xxxxxx.yy k	xxxxxyy
$10 \leq KTA \cdot KTV < 100$	Wh(varh) * 100	xxxxxxx.y k	xxxxxxy
$100 \leq KTA \cdot KTV < 1000$	kWh(kvarh)	xxxxxxx k	xxxxxxx
$1000 \leq KTA \cdot KTV < 10000$	kWh(kvarh) * 10	xxxxxx.yy M	xxxxxyy
$10000 \leq KTA \cdot KTV < 100000$	kWh(kvarh) * 100	xxxxxxx.y M	xxxxxxy
$100000 \leq KTA \cdot KTV$	kWh(kvarh) * 100	xxxxxxx M	xxxxxxx

(5) -----

0 : positive    1 : negative

Revisione A	M. Mancini	A. Rigamonti	M. D'Onofrio
	Compilato	Controllato	Approvato

## A.4 Datenblatt UMG 96RM-PN

### UMG 96RM-PN

**Tabelle 2 - Modbus-Adressenliste**  
(häufig benötigte Messwerte)



Die in dieser Dokumentation aufgeführten Adressen im Bereich bis 800 sind direkt am Gerät einstellbar.  
Für die Programmierung von Vergleichern am Gerät steht der Adress-Bereich 800-999 zur Verfügung. Die Adressen ab 1000 können ausschließlich über Modbus bearbeitet werden!



Eine gesamt Übersicht der Parameter und Messwerte sowie Erklärungen zu ausgewählten Messwerten sind im Dokument „Modbus-Adressenliste“ auf der CD oder im Internet abgelegt.

Modbus Adresse	Adresse über Display	Format	RD/WR	Einheit	Bemerkung
19000	808	float	RD	V	Voltage L1-N
19002	810	float	RD	V	Voltage L2-N
19004	812	float	RD	V	Voltage L3-N
19006	814	float	RD	V	Voltage L1-L2
19008	816	float	RD	V	Voltage L2-L3
19010	818	float	RD	V	Voltage L3-L1
19012	860	float	RD	A	Current, L1
19014	862	float	RD	A	Current, L2
19016	864	float	RD	A	Current, L3
19018	866	float	RD	A	Vector sum; IN=I1+I2+I3
19020	868	float	RD	W	Real power L1
19022	870	float	RD	W	Real power L2
19024	872	float	RD	W	Real power L3
19026	874	float	RD	W	Sum; Psum3=P1+P2+P3
19028	884	float	RD	VA	Apparent power S L1
19030	886	float	RD	VA	Apparent power S L2

114

### UMG 96RM-PN

Modbus Adresse	Adresse über Display	Format	RD/WR	Einheit	Bemerkung
19032	888	float	RD	VA	Apparent power S L3
19034	890	float	RD	VA	Sum; Ssum3=S1+S2+S3
19036	876	float	RD	var	Fund. reactive power (mains frequ.) Q L1
19038	878	float	RD	var	Fund. reactive power (mains frequ.) Q L2
19040	880	float	RD	var	Fund. reactive power (mains frequ.) Q L3
19042	882	float	RD	var	Sum; Osum3=Q1+Q2+Q3
19044	820	float	RD	-	Fund.power factor, CosPhi; U L1-N IL1
19046	822	float	RD	-	Fund.power factor, CosPhi; U L2-N IL2
19048	824	float	RD	-	Fund.power factor, CosPhi; U L3-N IL3
19050	800	float	RD	Hz	Measured frequency
19052	-	float	RD	-	Rotation field; 1=right, 0=none, -1=left
19054	-	float	RD	Wh	Real energy L1
19056	-	float	RD	Wh	Real energy L2
19058	-	float	RD	Wh	Real energy L3
19060	-	float	RD	Wh	Real energy L1..L3
19062	-	float	RD	Wh	Real energy L1, consumed
19064	-	float	RD	Wh	Real energy L2, consumed
19066	-	float	RD	Wh	Real energy L3, consumed
19068	-	float	RD	Wh	Real energy L1..L3, consumed, rate 1
19070	-	float	RD	Wh	Real energy L1, delivered
19072	-	float	RD	Wh	Real energy L2, delivered
19074	-	float	RD	Wh	Real energy L3, delivered
19076	-	float	RD	Wh	Real energy L1..L3, delivered
19078	-	float	RD	VAh	Apparent energy L1
19080	-	float	RD	VAh	Apparent energy L2
19082	-	float	RD	VAh	Apparent energy L3
19084	-	float	RD	VAh	Apparent energy L1..L3
19086	-	float	RD	varh	Reaktive energy L1
19088	-	float	RD	varh	Reaktive energy L2
19090	-	float	RD	varh	Reaktive energy L3
19092	-	float	RD	varh	Reaktive energy L1..L3

115

UMG 96RM-PN

Modbus Adresse	Adresse über Display	Format	RD/WR	Einheit	Bemerkung
19094	-	float	RD	varh	Reactive energy, inductive, L1
19096	-	float	RD	varh	Reactive energy, inductive, L2
19098	-	float	RD	varh	Reactive energy, inductive, L3
19100	-	float	RD	varh	Reactive energy L1..L3, ind.
19102	-	float	RD	varh	Reactive energy, capacitive, L1
19104	-	float	RD	varh	Reactive energy, capacitive, L2
19106	-	float	RD	varh	Reactive energy, capacitive, L3
19108	-	float	RD	varh	Reactive energy L1..L3, cap.
19110	836	float	RD	%	Harmonic, THD, U L1-N
19112	838	float	RD	%	Harmonic, THD, U L2-N
19114	840	float	RD	%	Harmonic, THD, U L3-N
19116	908	float	RD	%	Harmonic, THD, I L1
19118	910	float	RD	%	Harmonic, THD, I L2
19120	912	float	RD	%	Harmonic, THD, I L3

Zahlenformate

Typ	Größe	Minimum	Maximum
short	16 bit	-2 <sup>15</sup>	2 <sup>15</sup> -1
ushort	16 bit	0	2 <sup>16</sup> -1
int	32 bit	-2 <sup>31</sup>	2 <sup>31</sup> -1
uint	32 bit	0	2 <sup>32</sup> -1
float	32 bit	IEEE 754	IEEE 754

HINWEIS

**Hinweis zum Speichern von Messwerten und Konfigurationsdaten:**  
 Da folgende Messwerte alle 5 Minuten in einem nicht-flüchtigen Speicher abgelegt werden, kann es bei einem **Betriebsspannungsausfall** zu einer Unterbrechung der Aufzeichnung von max. 5 Minuten kommen:

- Komparatortimer
- S0-Zählerstände
- Min. / Max. / Mittelwerte (ohne Datum und Uhrzeit)
- Energiewerte

Konfigurationsdaten werden sofort gespeichert.  
 Ausführliche Modbus-Adressen- und Parameterliste auf [www.janitza.de](http://www.janitza.de).

116

UMG 96RM-PN

Tabelle 3 - Messwerte im ProfiNet-Profil

Active Energy L1	Power Factor L1
Active Energy L1-L3 Sum	Power Factor L1-L3 Sum
Active Energy L2	Power Factor L2
Active Energy L3	Power Factor L3
Active Energy obtained L1	Reactive Energy capacitive L1
Active Energy obtained L1-L3 Sum	Reactive Energy capacitive L1-L3 Sum
Active Energy obtained L2	Reactive Energy capacitive L2
Active Energy obtained L3	Reactive Energy capacitive L3
Active Energy supplied L1	Reactive Energy inductive L1
Active Energy supplied L1-L3 Sum	Reactive Energy inductive L1-L3 Sum
Active Energy supplied L2	Reactive Energy inductive L2
Active Energy supplied L3	Reactive Energy inductive L3
Apparent Energy L1	Reactive Energy L1
Apparent Energy L1-L3 Sum	Reactive Energy L1-L3 Sum
Apparent Energy L2	Reactive Energy L2
Apparent Energy L3	Reactive Energy L3
Apparent Power L1	Reactive Power L1
Apparent Power L1-L3 Sum	Reactive Power L1-L3 Sum
Apparent Power L2	Reactive Power L2
Apparent Power L3	Reactive Power L3
Current L1	Real Power L1
Current L1-L3 Sum	Real Power L1-L3 Sum
Current L2	Real Power L2
Current L3	Real Power L3
Current L4	Temperature 1
Current L5	Temperature 2
Current L6	Voltage L1-L3
Digital I/O	Voltage L1-N
Frequency	Voltage L2-L1
	Voltage L2-N
	Voltage L3-L2
	Voltage L3-N

117

Tabelle A.1: Statischer, temporärer und konstanter Bereich des Funktionsbausteins für die Kommunikation mit dem Messgerät

<b>Statischer Bereich</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
ServerData	TCON_IP_v4	Parameter für den Verbindungsaufbau
RawData	Array[0..70] of DWord	Zwischenspeicher der ausgelesenen Daten
TDISCON_Instance	TDISCON	Verbindungsabbau im Fehlerfall
MB_Client	MB_CLIENT	Multiinstanz zum Auslesen der Daten
ST_1	Bool	Schritt 1 der Schrittkette
ST_2	Bool	Schritt 2 der Schrittkette
ST_3	Bool	Schritt 3 der Schrittkette
ST_4	Bool	Schritt 4 der Schrittkette
ST_5	Bool	Schritt 5 der Schrittkette
ST_6	Bool	Schritt 6 der Schrittkette
ST_7	Bool	Schritt 7 der Schrittkette
ST_8	Bool	Schritt 8 der Schrittkette
ST_9	Bool	Schritt 9 der Schrittkette
ST_10	Bool	Schritt 10 der Schrittkette
ST_11	Bool	Schritt 11 der Schrittkette
DataAdress	UDInt	Startadresse des auszulesenden Datenblocks
DataLength	UInt	Datenlänge des auszulesenden Datenblocks
<b>Temporärer Bereich</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
AXD	DWord	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
AXR	Real	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
AXR1	Real	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
AXR2	Real	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
AXI	Int	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
AXDI	DInt	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
AXDI1	DInt	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
<b>Konstanter Bereich</b>	<b>Datentyp</b>	<b>Funktion</b>
FAKTOR3	Real	Konstante zum Umrechnen der Daten
FAKTOR4	Real	Konstante zum Umrechnen der Daten

## A.5 Statischer, temporärer und konstanter Bereich der SPS Funktionsbausteine

Tabelle A.2: Statischer, temporärer und konstanter Bereich des Funktionsbausteins für das Spitzenlastmanagement

Statischer Bereich	Datentyp	Funktion
StartWert	Real	Eingelesener Startwert der Wirkenergie
StartZeit	Time	Eingelesene Startzeit der Wirkenergie
Flanke15MinImp	Bool	Flanke des Pulses für die 15 Minuten
FlankeWhImp	Bool	Flanke des Pulses des Kilowattstundenzählers
Temporärer Bereich	Datentyp	Funktion
AXR	Real	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
ZeitAktCalc	UDINT	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
ZeitAkt	Time	Hilfsvariable zum Umrechnen der Daten
Konstanter Bereich	Datentyp	Funktion
Const15MinTime	Time	Konstante zum Umrechnen der Daten
Const15MinReal	Real	Konstante zum Umrechnen der Daten

## A.6 Variablen WinCC V7.5

### A.6.1 Interne Variablen

Name	Kommentar	Wert	Datentyp	Länge	Formatanpassung	Verbindung	Gruppe	Adresse	Lineare Skalierung	AS VAS LO
1 TIG_LG_CON_MON1_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
2 TIG_LG_CON_MON1_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
3 TIG_LG_CON_MON2_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
4 TIG_LG_CON_MON2_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
5 TIG_LG_RL_MON1_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
6 TIG_LG_RL_MON1_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
7 TIG_LG_RL_MON2_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
8 TIG_LG_RL_MON2_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
9 TIG_LG_TITLE_MON1_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
10 TIG_LG_TITLE_MON1_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
11 TIG_LG_TITLE_MON2_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
12 TIG_LG_TITLE_MON2_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
13 TIG_MEAS_CON_MON1_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
14 TIG_MEAS_CON_MON1_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
15 TIG_MEAS_CON_MON2_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
16 TIG_MEAS_CON_MON2_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
17 TIG_MEAS_RL_MON1_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
18 TIG_MEAS_RL_MON1_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
19 TIG_MEAS_RL_MON2_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
20 TIG_MEAS_RL_MON2_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
21 TIG_MEAS_TITLE_MON1_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
22 TIG_MEAS_TITLE_MON1_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
23 TIG_MEAS_TITLE_MON2_BF1			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	
24 TIG_MEAS_TITLE_MON2_BF2			Textvariable 8-Bit Zeichensatz	255		Interne Variablen	TIG_MEASURE		<input type="checkbox"/>	

Abbildung A.58: interne Variablen









## **Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

---

Ort

Datum

Unterschrift im Original