



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

## **Bachelorarbeit**

Martin Vieregge

# **Implementierung eines Energiemanagementsystems an ausgewählten Anlagen unter Berücksichtigung von Industrie 4.0 - Aspekten**

*Fakultät Technik und Informatik  
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Mechanical Engineering and  
Production Management*

**Martin Vieregge**  
**Implementierung eines  
Energiemanagementsystems an  
ausgewählten Anlagen unter  
Berücksichtigung von Industrie 4.0 -  
Aspekten**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Maschinenbau Energie und Anlagensysteme  
am Department Maschinenbau und Produktion  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer/in: Prof. Dr.-Ing. Heike Frischgesell  
Zweitprüfer/in : Dipl.-Ing. Alexander von Stryk

Abgabedatum: 12.04.2019

# **Zusammenfassung**

## **Name des Studierenden**

Martin Vieregge

## **Thema der Bachelorthesis**

Implementierung eines Energiemanagementsystems an ausgewählten Anlagen unter Berücksichtigung von Industrie 4.0 - Aspekten

## **Stichworte**

Anlagensysteme, Big Data, Digitalisierung, Energiecontrolling, Energiedatenmanagement, Energieeffizienz, Energiemanagement, Energieüberwachung, Industrie 4.0, Kennzahl, Strom, Wärme, Zähler

## **Kurzzusammenfassung**

Durch die fortschreitende Digitalisierung, Speichermöglichkeiten für Daten und die einfache Zugänglichkeit dieser durch die Weltweite Vernetzung, entstehen neue Möglichkeiten der Wertschöpfung. Die Nutzung dieser Möglichkeiten wurde durch die deutsche Bundesregierung unter dem Begriff Industrie 4.0 vereint und wird im Sinne einer vierten industriellen Revolution gesehen. Innerhalb dieser Arbeit wird die Umsetzung eines departmentübergreifenden Energiemanagementsystems an der HAW Hamburg begleitet. Dessen Ziel die Vernetzung von Versuchsanlagen darstellt um so einen Mehrwert aus diesen zu erhalten.

## **Name of Student**

Martin Vieregge

## **Title of the paper**

Implementation of an energy management system at selected plants under consideration of industry 4.0 - aspects

## **Keywords**

big data, digitisation, electricity, energy controlling, energy data management, energy efficiency, energy management, energy monitoring, heat, industry 4.0, key figure, meters, plant systems

## **Abstract**

The advancing digitalization, storage possibilities for data and the easy accessibility of these through the worldwide networking, create new possibilities for value creation. The use of these possibilities was united by the German Federal Government under the term industry 4.0 and is seen in the sense of a fourth industrial revolution. Within this work, the implementation of a cross-departmental energy management system at HAW Hamburg will be accompanied. Its goal is the networking of test facilities in order to obtain added value from them.

## Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis .....	IV
Abkürzungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis .....	VI
Abbildungsverzeichnis .....	VII
1. Einleitung und Ziel dieser Arbeit.....	1
1.1 Einleitung in das Thema Energiemanagement.....	2
1.2 Einleitung Industrie 4.0 .....	2
1.3 Big Data.....	3
1.4 Energiemanagement/ Industrie4.0 .....	4
2. Projektplanung .....	6
2.1 Stakeholder .....	9
3. Netzwerkprotokolle .....	10
3.1 Das OSI- Modell .....	10
3.1.1 Layer 1 Physikalische Schicht.....	11
3.1.2 Layer 2 Datensicherungsschicht .....	11
3.1.3 Layer 3 - Netzwerk oder Verbindungsschicht .....	11
3.1.4 Layer 4 - Transportschicht .....	11
3.1.5 Layer 5 – Sitzungs- oder Kommunikationssteuerschicht .....	11
3.1.6 Layer 6 – Daten-Darstellungsschicht.....	11
3.1.7 Layer 7- Anwendungsschicht .....	11
3.2 Modbus TCP/IP .....	12
3.2.1 Layer1 Netzzugangsschicht .....	12
3.2.2 Layer 2 Internetschicht.....	12
3.2.3 Layer 3 Transportschicht.....	12
3.2.4 Layer 4. Anwendungsschicht .....	13
3.3 OPC UA .....	14
4. Konzeptioneller Aufbau des Energiemanagementsystems.....	15
4.1 Anlagenübergreifendes Messprinzip.....	15
4.2 Messpunktverzeichnis .....	21
4.2.1 Messpunktverzeichnis Vollklimaanlage .....	22
4.2.2 Messpunktverzeichnis Thermische Anlage .....	25
4.2.3 Messpunktverzeichnis Bearbeitungszentrum .....	28
4.2.4 Messpunktverzeichnis Drehmaschine .....	29
4.2.5 Messpunktverzeichnis Latent Wärmespeicher .....	30
4.2.6 Messpunktverzeichnis Sonnensimulator .....	31

4.3 Hardwareverzeichnis .....	33
4.4 Verzeichnis virtuelle Zähler und Kennzahlen .....	34
5 .Implementierungsprozess .....	37
5.1 Hardwareintegration .....	37
5.1.2 Installation Elektro Zähler.....	38
5.1.3 Installation Wärmemengenzähler .....	39
5.2 Software Implementierung.....	41
5.3 Anlagenimplementierung .....	41
5.3.1 Vollklimaanlage.....	41
5.3.2 Die Thermische Anlage.....	41
5.3.3 Bearbeitungszentrum .....	41
5.3.4 Drehmaschine.....	42
5.3.5 Latentwärmespeicher.....	42
5.3.6 Sonnensimulator .....	42
5.4 Systembeschreibung.....	43
6. Industrie 4.0 – Aspekte .....	45
6.1 Labor Energiemanagement.....	45
6.1.1 Bearbeitungszentrum und Drehmaschine .....	45
6.1.2 Vollklimaanlage.....	46
6.1.3 Latentwärmespeicher.....	47
6.1.4 Sonnensimulator .....	49
7. Projektstatus .....	50
7.1 Change –Management .....	50
7.2 Projektplan .....	51
7.3 Projektbewertung .....	53
7.4 Projektabschluss und – Übergabe.....	54
Literaturverzeichnis.....	55
Anhang .....	57

## Symbolverzeichnis

A	$\text{m}^2$	Fläche
C	$\text{J/K}$	Wärmekapazität
c	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	spezifische Wärmekapazität
$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Dichte
Q	J	Wärme
T	$^{\circ}\text{C}$	Temperatur
V	$\text{m}^3$	Volumen

## Abkürzungsverzeichnis

DNS	Domain Name System
EnMS	Energiemanagementsystem
FM	Facility Management
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften
http	Hypertext Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEE	Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen
IP	Internet Protocol
IPT	Institut für Produktionstechnik
IT	Informationstechnik
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture
OSI-Modell	Open Systems Interconnection Model
RZBT	Rechenzentrum Berliner Tor
SLIP	Serial Line Internet Protocol
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WMZ	Wärmemengenzähler
ZET	Zentrum für Energietechnik

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Schichten nach dem OSI Modell .....	10
Tabelle 2 Schichten nach dem Modbus TCP/IP Modell.....	12
Tabelle 3 Messpunktverzeichnis - Vollklimaanlage .....	24
Tabelle 4 Messpunktverzeichnis - Thermische Anlage.....	27
Tabelle 5 Messpunktverzeichnis - Bearbeitungszentrum .....	28
Tabelle 6 Messpunktverzeichnis - Drehmaschine .....	29
Tabelle 7 Messpunktverzeichnis - Latentwärmespeicher .....	31
Tabelle 8 Messpunktverzeichnis - Sonnensimulator .....	32
Tabelle 9 Hardwareverzeichnis .....	33
Tabelle 10 Verzeichnis virtuellen Zähler und Kennzahlen .....	36
Tabelle 11 Relevante Daten zur Hardware Implementierung .....	38
Tabelle 12 Relevante Änderungen während des Projektes .....	50

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aufbau eines EnMS DIN EN ISO 50001 [4].....	5
Abbildung 2 Projektplan - Aufbau eines Energiemanagements.....	7
Abbildung 3 überarbeiteter Projektplan - Aufbau eines Energiemanagements.....	8
Abbildung 4 Aufbau OPC UA Kommunikation [6].....	14
Abbildung 5 anlagenübergreifende Messprinzip.....	17
Abbildung 6 Messprinzip Vollklimaanlage .....	18
Abbildung 7 Messprinzip Thermische Anlage.....	19
Abbildung 8 Messprinzip Latentwärmespeicher .....	20
Abbildung 9 Messprinzip Sonnensimulator .....	20
Abbildung 10 Stromzähler Sonnensimulator .....	39
Abbildung 11 Stromzähler Wärmepumpe.....	39
Abbildung 12 Vollklimaanlage Wärmemengenzähler Nacherhitzer .....	40
Abbildung 13 Vollklimaanlage Wärmemengenzähler Vorerhitzer .....	40
Abbildung 14 Systemaufbau ResMa [10] .....	43
Abbildung 15 Beispielhafte Diagramerstellung [9].....	44
Abbildung 16 Aufteilung der Wärmeleistung nach Verbräuchern .....	46
Abbildung 17 spezifische Wärmeleistung im Verhältnis zum Gesamtverbrauch.....	47
Abbildung 18 Bestimmung Speicherverluste durch Be- und Entladung.....	48
Abbildung 19 Bestimmung der Speicherverluste mit der Temperatur des Speichermedium.....	49
Abbildung 20 Gantt Chart .....	52

# Aufgabenstellung

für die Bachelorthesis

von Herrn/Frau **Martin Vieregge**

Matrikel-Nummer: **2131443**

**Thema: Implementierung eines Energiemanagementsystems an ausgewählten Anlagen unter Berücksichtigung von Industrie 4.0 - Aspekten**

## Schwerpunkte:

Im Rahmen des Industrie 4.0 - Projektes des Departments M&P der HAW Hamburg wird ein Energiemanagementsystem an ausgewählten Anlagen im Zentrum für Energietechnik und im Institut für Produktionstechnik implementiert.

Folgende Arbeitsschritte sind dabei der Reihe nach, teilweise aber auch ineinandergreifend, auszuführen:

1. Analyse des Ist- Zustands
2. Weiterführende Implementierung des Energiemanagementsystems durch Installation der erworbenen Energiemanagement-Software und durch den Einbau der noch fehlenden Hardware
3. Integration der ausgewählten Anlagen in das implementierte Energiemanagementsystem
4. Inbetriebnahme des Energiemanagementsystems
5. Diskussion von Industrie 4.0 – Aspekten mit daraus folgenden Analyseempfehlungen für die Daten aus dem Energiemanagementsystem
6. Abschließende Bewertung des Energiemanagementsystems:
  - Aufdecken von Energieeffizienz-Potentialen an den Anlagen
  - Darstellung von Maßnahmen und Bewertung dieser Maßnahmen

Die Ergebnisse der Arbeit sind in entsprechender Schriftform darzustellen und zu dokumentieren. Der Fortgang der Arbeit ist in regelmäßigen Abständen mit den Betreuern der Arbeit zu diskutieren.

30.01.2019  
Datum

M. Vieregge  
Erstprüfer/in

## 1. Einleitung und Ziel dieser Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die wissenschaftliche Begleitung einer Implementierung von ausgewählten Anlagen in ein Energiemanagementsystem im folgenden EnMS genannt, welche innerhalb einer Abschlussarbeit zum „Bachelor of Science“ erfolgt. Ein wichtiger Schwerpunkt der Arbeit ist dabei die Erfassung und die Darstellung mit anschließender Analyse von anlagenspezifischen Daten. Die ganze Arbeit erfolgt anhand von Aspekten von Industrie 4.0. Das EnMS soll künftig der begleitenden Lehre, sowie zur Untersuchung von Verlusten und Wirkungsgraden dienen.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist die Vernetzung von Instituten und die Generierung eines Mehrwertes von bereits bestehenden Laboren durch die Erfassung der Daten *“Big Data“*. Aus diesen erfassten Daten können neue Laboraufgaben, Übungsaufgaben oder ein anwendungsorientierter Unterricht generiert werden.

Es folgt eine Einleitung in das Thema Energiemanagement, die Industrie 4.0 sowie die Datenerhebung im Sinne von Big Data. Diese werden im Anschluss aus dem Blickwinkel des Energiemanagements betrachtet. Anschließend wird der Ausgangszustand des Projektes und die daraus folgende Zeitplanung vorgestellt.

Zur Einführung des konzeptionellen Aufbaus des EnMS werden Grundlagen der Netzwerkkommunikation vorgestellt, welche für die Implementierung relevant waren. Im konzeptionellen Aufbau des EnMS werden die Anlagen und ihre Anbindung an das EnMS dargestellt und mit ihren relevanten Messstellen aufgeführt. Darauf folgt eine Beschreibung der Implementierung mit notwendigen Arbeitsschritten sowie aufgetretenen Problemen. Hierbei wird jede Anlage für sich beschrieben, umso eine möglichst detaillierte Übersicht über des Projektverlaufs zu gewährleisten.

Für die Erfassten Daten werden im Weiteren Analysemöglichkeiten aufgezeigt. Diese können für Laborversuche oder studentische Projekte verwendet werden.

Im abschließenden Kapitel Projektstatus werden Probleme und Problemlösungen, die im Laufe des Projektes aufgetreten sind, beschrieben. Ebenfalls wird der derzeitige Status des Projektes für eine Projektübergabe reflektiert.

## 1.1 Einleitung in das Thema Energiemanagement

Im Jahre 2015 hat sich die Weltgemeinschaft im Rahmen der UNFCCC im “Übereinkommen von Paris“ (Pariser Abkommen) verpflichtet die Erderwärmung bis Ende des Jahrhunderts deutlich unter 2°C zu halten. Dies beinhaltet eine Treibhausgasemissionsreduktion von mindestens 40 Prozent der EU Mitgliedsstaaten bis zum Jahre 2030 im Vergleich zu 1990 [1. vgl.]. Deutschland hat im „Klimaschutzplan 2050“ das Ziel gesetzt weitestgehend Klimaneutral zu werden. Dies soll durch einen Ausbau der erneuerbaren Energien und eine Einsparung des Primärenergieverbrauchs realisiert werden.

Im Jahre 2016 hatte Deutschland einen Treibhausgasausstoß von 905 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalenten davon sind rund 37,8 Prozent der Energiewirtschaft zuzuordnen. Zur Umsetzung der Politischen Ziele ist ein Mitwirken der Industrie unerlässlich. Nicht nur politisch, sondern auch gesellschaftlich besteht ein Interesse an energiebewusstem Handeln. Energiemanagementsysteme stellen hierbei einen zentralen Ansatz zur Optimierung dar. Ohne die mit der Digitalisierung verbundenen Möglichkeiten zur Sammlung, Speicherung, Verarbeitung und Analyse von Daten sind Erkenntnisse zu Entwicklung und Wirkung großer Herausforderungen wie dem Klimawandel nicht zu erlangen [15 vgl.].

Energiemanagementsysteme werden in der ISO 50001 wie folgt beschrieben: „Gesamtheit miteinander zusammenhängender oder interagierender Elemente zur Einführung einer Energiepolitik und strategischer Energieziele, sowie Prozesse und Verfahren zur Erreichung dieser strategischen Ziele“ [4 Kap.3.9].

## 1.2 Einleitung Industrie 4.0

„Digitalisierung und Industrie 4.0 haben bereits Einzug in unser Leben gehalten“ [15]. Mobile Geräte und intelligente Systeme wie beispielsweise Suchmaschinen sind unsere alltäglichen Begleiter geworden [15 vgl.].

Industrie 4.0 wird als die vierte industrielle Revolution verstanden, eine genaue Definition ist dabei nicht ganz eindeutig. Im Grunde handelt es sich um eine Fortführung der digitalen Revolution, da technisch gesehen am Markt bereits alles vorhanden war, was für die Industrie 4.0 benötigt wird [12 vgl.].

Die erste industrielle Revolution fand ca. zwischen 1760 bis 1840 statt und bestand in der Mechanisierung mittels Dampfmaschine.

Die zweite industrielle Revolution fand im späten 19. Jahrhundert und im frühen 20. Jahrhundert statt und bestand in der Massenfertigung mit Hilfe von Elektrizität und Fließbändern. Durch neue Möglichkeiten in der Kommunikation mit Telefonen und Telegrammen wurde die zweite industrielle Revolution weiter vorangetrieben.

Die dritte industrielle Revolution begann in den 1960 Jahren und bestand in der Digitalisierung. Durch Einsatz von Elektronik und IT-Technik war der Einsatz von speicherprogrammierbaren Steuerungen möglich, was zu einem hohen Maß an Automatisierung führte.

Die Vierte industrielle Revolution (Industrie 4.0) betrifft nun die intelligente Vernetzung von Anlagen und Produkten und umfasst die gesamte Wertschöpfungskette. In Verbindung mit Industrie 4.0 werden auch oft „Internet der Dinge“ so wie „Big Data“ verwendet. Dabei steht Internet der Dinge für die Vernetzung und Big Data für das Sammeln von Daten zur späteren Analyse. Verbunden mit der Hochschulausbildung im digitalen Zeitalter wird auch der Ausdruck „THE DIGITAL TURN“ verwendet [15 vgl.].

Industrie 4.0 ist ein durch die Bundesregierung initialisiertes Programm, um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Hersteller zum internationalen Wettbewerb zu gewährleisten [2 vgl.]. Durch eine wachsende Innovationsgeschwindigkeit und gleichzeitiger Individuellerer Anforderungen der Kunden sowie steigendem Internationalem Wettbewerb wächst der Druck auf Unternehmen. Eine Verschmelzung der realen- und der virtuellen Welt bis zur kompletten Vernetzung ist zukünftig unumgänglich. Unternehmen sind dann nur noch durch eine sehr hohe Verfügbarkeit der Produktionsanlagen konkurrenzfähig. Dies kann nur durch eine fehler- und störungsfreie Automatisierung realisiert werden [17 vgl.].

### 1.3 Big Data

Unter dem Begriff Big Data wird die Sammlung großer Mengen an Daten verstanden.

Die Sammlung aller gesammelten Daten seit der Entstehung der Menschheit bis zum Jahre 2000 beläuft sich auf etwa zwei Exabytes ( $2 \cdot 10^{18}$  Bytes) oder zwei Milliarden Gigabytes. Dies entspricht der Menge an Daten, die heute an einem einzigen Tag entsteht [12 vgl.]. Es wird deutlich welche große Menge an Daten in der heutigen Zeit gesammelt werden. „Daten

sind das Öl des 21. Jahrhunderts“ nur ohne lange Umwandlungsprozesse und ohne aufwendige Fördertechnik [13 vgl.].

Jedoch können nur wenige Prozent dieser Daten sinnvoll genutzt werden. Die meisten Daten werden ungeordnet auf Servern abgelegt. Die International Data Corporation schätzt, dass nur etwa 3 Prozent der Daten einem Sachverhalt zugeordnet werden können [12 vgl.].

Die Analyse der Daten stellt in Zukunft eine bedeutende wirtschaftliche Herausforderung als auch Möglichkeit dar. Die Grundlage für Industrie 4.0 ist die Sammlung von Daten und eine anlagenorientierte Interpretation. Die Analyse dieser Daten kann Aussagen über Herstellungsprozesse, Werkzeugqualität oder eventuelle bevorstehende Wartungen liefern. Ebenfalls könnten Analysen zu den Mitarbeitern erfolgen um Auffälligkeiten z.B. regelmäßige Ausfallzeiten, Fehlerhäufigkeiten und Arbeitsleistung der Mitarbeiter offen zu legen, daraus resultierend gezielte Schulungen durchzuführen, Anforderungen und Tätigkeiten anzupassen und Gesundheitsprogramme anzubieten oder zu optimieren.

#### 1.4 Energiemanagement/ Industrie4.0

In Abbildung 1 ist der Grundsätzliche Aufbau eines EnMS nach DIN EN ISO 50001 dargestellt. Dieses ist nach dem sogenannten PDCA Prinzip aufgebaut. Das PDCA Prinzip besteht aus den Phasen „Plan“, „Do“, „Check“, „Act“. Diese werden im Folgenden erläutert. Im Abschnitt „Plan“ werden notwendige Schritte zur Einführung festgelegt. In dem Abschnitt „DO“ werden die zuvor festgelegten Schritte umgesetzt. Im Abschnitt Check werden die Maßnahmen auf ihre Funktion und Effektivität geprüft. Im Abschnitt „Check“ werden aufgedeckte Schwachstellen des EnMS korrigiert [5 vgl.]. Dabei handelt es sich um einen Kreislauf zur kontinuierlichen Verbesserung, welcher einen maßgeblichen Teil an Automatisierung voraussetzt.



Abbildung 1 Aufbau eines EnMS DIN EN ISO 50001 [4]

Ein sinnvoller Einsatz eines EnMS ist also nur in Kombination mit Aspekten der Industrie 4.0 möglich. Dazu gehört in erster Linie die kontinuierliche Erfassung von energiebezogenen Daten wie Temperaturen, Massenströme oder Verbräuche. Zum anderen eine Netzwerkvernetzung, um einen Zugriff auf die gesammelten Daten zu ermöglichen. Hieraus resultierend kann eine kontinuierliche Überwachung der angebotenen Anlagen ermöglicht werden. Bei effizienter Analyse der ermittelten Daten können frühzeitig Wartungen und Reparaturen durchgeführt oder unnötige Verbräuche reduziert werden. Für eine effiziente Analyse und Nutzung der Daten ist eine kontinuierliche Schulung der Mitarbeiter notwendig sowie eine Sensibilisierung für das Thema Energiemanagement.

## 2. Projektplanung

Das Projekt ist eine Projektfortsetzung weshalb es bereits feste Bestandteile bezüglich grundsätzlicher Planung sowie ausgewählter EnMS Software und Anbieter gibt. Die Erworbene Software *ECO Explorer* wird auf *ResMa 100* upgegradet, da die Software ausläuft und durch *ResMa* ersetzt wird. die *100* im Titel der Software steht für die möglichen Datenpunkte, welche erfasst werden können.

Es besteht ein Restbudget von etwa 20.000€, welches für weitere Hardware und Dienstleistungen in Anspruch genommen werden kann. Zeitlich ist das Projekt auf 3 Monate ausgelegt mit der Option auf weitere Arbeiten zur Erweiterung des EnMS oder zur Datenanalyse. Ein grundsätzlicher Projektplan erfolgt mit Hilfe eines Ganttcharts. Das Projekt hat einen großen organisatorischen Teil, welcher durch die Abstimmung und Organisation von Lieferanten sowie Technikern zustande kommt.

Die Ausarbeitung hat einen technisch-konzeptionellen sowie einen IT-technischen Teil. Der kaufmännische Teil beschränkt sich auf das Einholen von Angeboten. Zur Vereinfachung der Implementierung wird die benötigte Hardware bei dem Anbieter der EnMS Software erworben um eine unkomplizierte Integration neuer Messstellen zu ermöglichen.

Tabelle 1 zeigt die Arbeitstakte und Meilensteine, die zum Projektbeginn erstellt wurden. Das Startdatum des Projektes war der 06.12.2018

	START DES PLANS	DAUER DES PLANS IN TAGEN
<b>Projektplanung</b>		
<b>Meilenstein: Anmeldung Batchelorthesis</b>	<b>31.01.2019</b>	<b>1</b>
<b>Analyse des Ist Zustand</b>	<b>06.12.2018</b>	<b>56</b>
<b>Bestellung Hardware</b>	<b>20.12.2018</b>	<b>21</b>
<b>Installation Hardware</b>	<b>24.01.2019</b>	<b>42</b>
<b>Meilenstein: Vollständige Hardware Installation</b>	<b>07.03.2019.</b>	<b>1</b>
<b>S7 SPS Adressen der Messtellen identifizieren</b>	<b>31.01.2019</b>	<b>35</b>
<b>IP Adressen Zuweisung</b>	<b>28.02.2019</b>	<b>35</b>
<b>Integration in das EnMS / Funktionsprüfung</b>	<b>21.03.2019</b>	<b>21</b>
<b>Schulung durch Weidmüller</b>	<b>28.03.2019</b>	<b>14</b>
<b>Parametrierung und Darstellung</b>	<b>28.03.2019</b>	<b>21</b>
<b>Analyseempfehlung für gewonnene Daten</b>	<b>06.12.2018</b>	<b>133</b>
<b>Meilenstein: Vollständige Verbindung mit Virtuellem Server</b>	<b>04.04.2019</b>	<b>1</b>
<b>Meilenstein: Inbetriebnahme EnMS</b>	<b>04.04.2019</b>	<b>1</b>
<b>Bewertung EnMS</b>	<b>04.04.2019</b>	<b>21</b>
<b>Meilenstein: Abgabe Bachelorthesis</b>	<b>12.04.2019</b>	<b>1</b>

Abbildung 2 Projektplan - Aufbau eines Energiemanagements

Im weiteren Projektfortschritt wurde eine Änderung der Planung durchgeführt. Die Implementierung der Thermischen Anlage wurde durch die Implementierung des Latentwärmespeichers und des Sonnensimulators ersetzt. Der überarbeitete Projektplan ist in Tabelle 2 zu sehen.

	START DES PLANS	DAUER DES PLANS IN TAGEN
<b>Projektplanung</b>		
<b>Meilenstein: Anmeldung Batchelorthesis</b>	<b>31.01.2019</b>	<b>1</b>
<b>Analyse des Ist Zustand</b>	<b>06.12.2018</b>	<b>56</b>
<b>Bestellung Hardware</b>	<b>20.12.2018</b>	<b>21</b>
<b>Installation Hardware</b>	<b>24.01.2019</b>	<b>42</b>
<b>Meilenstein: Vollständige Hardware Installation</b>	<b>07.03.2019.</b>	<b>1</b>
<b>S7 SPS Adressen der Messtellen identifizieren / SPS Tausch</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>IP Adressen Zuweisung</b>	<b>28.02.2019</b>	<b>35</b>
<b>Integration in das EnMS / Funktionsprüfung</b>	<b>21.03.2019</b>	<b>21</b>
<b>Schulung durch Weidmüller</b>	<b>28.03.2019</b>	<b>14</b>
<b>Parametrierung und Darstellung</b>	<b>28.03.2019</b>	<b>21</b>
<b>Analyseempfehlung für gewonnene Daten</b>	<b>06.12.2018</b>	<b>133</b>
<b>Meilenstein: Vollständige Verbindung mit Virtuellem Server</b>	<b>04.04.2019</b>	<b>1</b>
<b>Meilenstein: Inbetriebnahme EnMS</b>	<b>04.04.2019</b>	<b>1</b>
<b>Bewertung EnMS</b>	<b>04.04.2019</b>	<b>21</b>
<b>Meilenstein: Abgabe Bachelorthesis</b>	<b>12.04.2019</b>	<b>1</b>
<b>Messtellen Identifikation Sonnen Simulator</b>	<b>21.02.2019</b>	<b>21</b>
<b>Messtellen Identifikation Latentwärmespeicher</b>	<b>21.02.2019</b>	<b>21</b>
<b>Integrierung OPC UA Server</b>	<b>14.03.2019</b>	<b>21</b>

Abbildung 3 überarbeiteter Projektplan - Aufbau eines Energiemanagements

Neben der Anlagen Implementierung sollen parallel Ideen zur Datenanalyse und Anwendungsmöglichkeiten des EnMS entwickelt werden.

## 2.1 Stakeholder

Da es sich um eine Projektfortsetzung handelt, sind bereits alle Ansprechpartner über das Projekt informiert und wurden im Laufe des Projektes über dessen Fortsetzung und die neue Kontaktperson in Kenntnis gesetzt. Einige Ansprechpartner haben sich aufgrund des langen Zeitraumes zwischen Abschluss der Masterthesis und Projektübernahme im Rahmen dieser Bachelorthesis geändert und wurden über das Projekt in Kenntnis gesetzt.

Die Projektbeteiligten sind:

- Das Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen
- Das Facility Management
- Die Firma Weidmüller
- Das Rechenzentrum Berliner Tor
- Das Institut für Produktionstechnik

### 3. Netzwerkprotokolle

Zum Verständnis der Anbindung von Zählern, Anlagen und Rechnern an ein Netzwerk und der Kommunikation zum EnMS erfolgt eine Einführung in die Grundlagen der verschiedenen Netzwerkprotokoll-Modelle. Als erstes erfolgt eine Einführung in das OSI Referenzmodell, anschließend in das Modbus TCP/IP Referenzmodell und zuletzt folgt eine kurze Beschreibung von OPC UA, welches auf dem Modbus TCP/IP Modelles basiert und zur Vernetzung von Anlagen dient.

#### 3.1 Das OSI- Modell

Das OSI-Modell „Open Systems Interconnection Model“ ist ein Referenzmodell für Netzwerkprotokolle und wurde im Jahre 1984 entwickelt. In diesem Modell ist der grundsätzliche Kommunikationsablauf definiert. Dieser beläuft sich auf 7 Schichten, welche jeweils mit den anliegenden Schichten kommunizieren können. In Jeder Schicht werden spezifische Aufgaben übernommen, diese können in speziellen Fällen jedoch durch eine anliegende Schicht übernommen werden wodurch diese Schicht entfällt. Die Schichten 7, 6 und 5 sind anwenderorientiert während 4, 3, 2 und 1 transportorientiert sind. Bei einer Kommunikation durchlaufen die Daten erst alle Schichten beim Sender beginnend bei Schicht 7 bis zu 1 und im Anschluss beim Empfänger Schicht 1 bis 7 [7 vgl.].

7	Application Layer	Anwendungsschicht
6	Presentation Layer	Darstellungsschicht
5	Session Layer	Sitzungsschicht
4	Transport Layer	Transportschicht
3	Network Layer	Netzwerk./Verbindungsschicht
2	Data Link Layer	Verbindungssicherungsschicht
1	Physical Layer	Physikalische Schicht

*Tabelle 1 Schichten nach dem OSI Modell*

### 3.1.1 Layer 1 Physikalische Schicht

Die physikalische Schicht ist für die Bitübertragung zwischen zwei Kommunikationspunkten verantwortlich. Es erfolgt eine physikalische Anpassung auf das Übertragungsmedium z.B. Kabel. Im Falle von Hardware Problemen werden diese Informationen an die nächste Schicht weitergegeben [7 vgl.].

### 3.1.2 Layer 2 Datensicherungsschicht

In der Datensicherungsschicht erfolgt die Implementierung von Sicherheitsmechanismen vor fehlerhafter Übertragung. Es erfolgt ein Aufbau von physikalischen Verbindungen über welche Blöcke, also zusammengefasste Bitströme transportiert werden [7 vgl.].

### 3.1.3 Layer 3 - Netzwerk oder Verbindungsschicht

In dieser Schicht erfolgt das Routing, dabei handelt es sich um die Auswahl der optimalen Route zur Datenübertragung. Im Falle von mehreren möglichen Routen zur Datenübertragung wird die Optimale ausgewählt und im Falle von Ausfällen eine Umleitung generiert [7 vgl.].

### 3.1.4 Layer 4 - Transportschicht

Die Transportschicht gewährleistet eine zuverlässige und transparente Datenübertragung zwischen den Endpunkten. Es erfolgt eine „End-to-end“ Kontrolle der Daten. Zusätzlich werden Schnittstellenfunktionen mit den übergeordneten anwenderorientierten Schichten und den netzwerkorientierten Schichten hergestellt [7 vgl.].

### 3.1.5 Layer 5 – Sitzungs- oder Kommunikationssteuerschicht

Die Sitzungs- oder Kommunikationssteuerschicht synchronisiert die Kommunikation zwischen Anwendungsprozessen und stellt bei Verbindungsunterbrechung die stattgefundenen Dialoge und Synchronisationen wieder her, so dass diese nicht verloren gehen [7 vgl.].

### 3.1.6 Layer 6 – Daten-Darstellungsschicht

In der Daten-Darstellungsschicht erfolgt die anwendungsspezifische Formatierung, so dass die übertragenen Daten von unterschiedlichen Systemen einheitlich interpretiert werden können. Zur Formatierung dient die Beschreibungssprache ASN.1 (abstract syntax notation) [7 vgl.].

### 3.1.7 Layer 7- Anwendungsschicht

Die Anwendungsschicht stellt die Schnittstelle zwischen den implementierten Anwendungen dar. Sie ermöglicht den Einsatz jeglicher Software. Der Benutzer kann ohne Berücksichtigung der Hardware die Anwendungsprogramme wechseln [7 vgl.].

## 3.2 Modbus TCP/IP

Im Unterschied zum OSI Referenzmodell hat das TCP/IP Referenzmodell nur 4 Schichten, der Grundlegende Aufbau ist jedoch identisch. Die 7 Schichten werden in diesem Modell zusammengefasst [16 vgl.]. Das TCI/IP Referenzmodell wurde nach der Entwicklung des Kommunikationsprotokolls entwickelt, um dieses erklären zu können.

4	Application Layer	Anwendungsschicht
3	Transport Layer	Transportschicht
2	Internet Layer	Internetschicht
1	Network Layer	Netzzugangsschicht

*Tabelle 2 Schichten nach dem Modbus TCP/IP Modell*

### 3.2.1 Layer1 Netzzugangsschicht

Die Netzzugangsschicht beschäftigt sich mit den Merkmalen der verschiedenen Übertragungsmedien, also dem physischen Anschluss an das Medium. Durch das entsprechende Protokoll wird definiert wie viele Bits pro Sekunde gesendet werden können und ob eine Übertragung in beide Richtungen möglich ist. Ebenfalls ist die Sicherungsschicht hier integriert. Dabei handelt es sich um eine Sicherung vor Fehlern in der Bitfolge während der Übertragung. Hierzu werden die Bits in Rahmen (englisch: *Frames*) abgegrenzt und anschließend übertragen. Zur Fehlererkennung wird jedem Frame eine Prüfsumme zugefügt um fehlerhafte Frames zu erkennen [3 vgl.].

### 3.2.2 Layer 2 Internetschicht

Die Aufgabe der Internetschicht (englisch: Internet Layer) ist die Weitervermittlung von Daten zwischen logischen Netzen. Die Internetschicht definiert hierfür logische Adressen (IP Adressen). Die Vermittlung läuft auf der Grundlage von Sender und Empfänger. Ein Router stellt hierbei eine Zwischenstation dar und begrenzt die logischen Netze. Das Internet Protokoll ist hierbei das meist verwendete Protokoll [3 vgl.].

### 3.2.3 Layer 3 Transportschicht

Die Transportschicht ermöglicht über eine End-zu-End-Übertragung den Transport von Daten zwischen Prozessen auf unterschiedlichen Geräten. Die Adressierung erfolgt über sogenannte Portnummern und ermöglicht eine Zustellung an die richtige Anwendung. Die Daten werden hierzu in kleine Segmente aufgeteilt, die über die Internetschicht weitergeleitet werden. Es ist eine Unterteilung in verschiedene Kommunikationsformen möglich, die durch das

Transportprotokoll ermöglicht werden. Bei der verbindungslosen Kommunikation besteht eine Analogie zum Briefkasten, ohne Kontrolle der Zustellung. Eine Kontrolle kann hier nur über die Anwendungsschicht realisiert werden. Die Zweite Möglichkeit ist die verbindungsorientierte Kommunikation, analog zum Telefon. Dies bedeutet einen Verbindungsaufbau vor dem Datenaustausch und ein Verbindungsabbau nach dem Datenaustausch. Ebenfalls ist eine Datenkontrolle auf Verlustfreie Übertragung und der Reihenfolge der Daten möglich [3 vgl.].

#### 3.2.4 Layer 4. Anwendungsschicht

Die Anwendungsschicht (englisch: *Applicate Layer*) enthält Protokolle für die Zusammenarbeit mit Anwenderprogrammen z.B. Browser oder Email Programmen [3 vgl.].

### 3.3 OPC UA

OPC UA (*Open Platform Communications Unified Architecture*) dient der einfachen netzwerkabhängigen Kommunikation zwischen mehreren Beteiligten. Es wurde entwickelt, um eine Verknüpfung zwischen Geräten unterschiedlicher Hersteller zu gewährleisten. Es sind zwei Kommunikationsarten möglich.

- Client/Server  
der Client greift auf Informationen des Servers über eine feste Verbindung zu
- Publisher/Subscriber  
der Publisher sendet an einen unbekanntenen Subscriber ohne feste Verbindung. Dies können Sensoren sein, die Ihre Informationen an eine Cloud senden

Bei beiden stellt das Internet Protokoll die Basis dar [6 vgl.].

Der weitere Aufbau wird in Abbildung 4 dargestellt und kann mit dem Aufbau des TCP/IP Referenzmodelles verglichen werden.

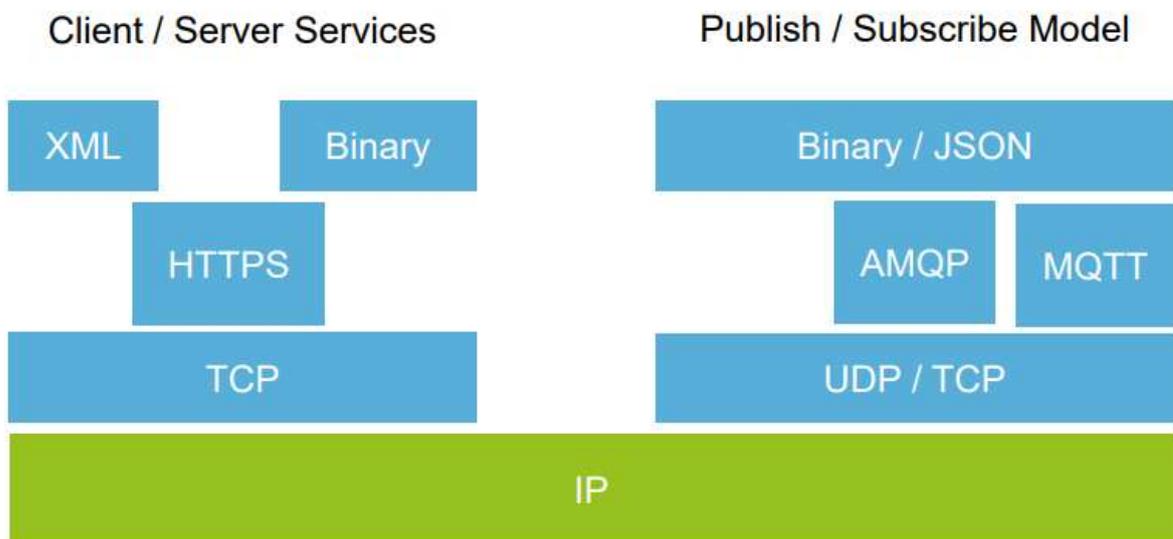


Abbildung 4 Aufbau OPC UA Kommunikation [6]

## 4. Konzeptioneller Aufbau des Energiemanagementsystems

Das EnMS vernetzt verschiedene Komponenten, Bauteile und Messeinrichtungen zu einem zusammenhängenden System, welches unterschiedliche Möglichkeiten der Überwachung und Analyse bietet. Im Folgenden Kapitel wird der Grundsätzliche Aufbau des EnMS sowie die Anlagen geplante Vernetzung aufgezeigt.

### 4.1 Anlagenübergreifendes Messprinzip

In dem Messkonzept werden die für das EnMS benötigten Messpunkte sowie deren Anbindung an das EnMS definiert. Diese waren teilweise bereits vordefiniert und wurden im den Rahmen dieser Arbeit überarbeitet. Im Lizenzpaket sind 100 Datenpunkte enthalten, daher ist eine Auswahl der geeigneten Datenpunkte notwendig. Nicht jeder erfasste Messwert soll von den Steuerungen an das EnMS übertragen werden. Eine Herausforderung stellte hierbei die Art der Anbindung an das EnMS dar. Die bestehende Anlagenstruktur musste beibehalten werden, um einen Ausfall der Anlagen im Laborbetrieb zu vermeiden. Die Software für das Managementsystem ist auf einem virtuellen Server der Hochschule installiert und über das Hochschulnetzwerk erreichbar. Diese kommuniziert über Modbus TCP, TCP/IP und OPC UA Protocol. Die Steuerungen der jeweiligen Anlagen sind mit dem Netzwerk der Hochschule verbunden und sind über IP Adressen abrufbar. Somit ist das EnMS in der Lage unter Angabe der IP Adressen der jeweiligen Steuerungen und der Abfrage der Adresse des jeweiligen Datenpunktes diesen abzurufen. Für die Anbindung der *Phoenix Contact* Steuerungen, des Latentwärmespeichers und des Sonnensimulators war die Installation eines OTC UA Servers notwendig, welcher die Daten der Steuerungen über das OTC Protokoll abrufen und wiederum von dem EnMS über das OTC UA Protokoll abgerufen werden kann [siehe auch Kap 4]. Die Thermische Anlage wird ebenfalls nach ihrer Umrüstung über den OPC UA Server mit dem EnMS verbunden [siehe auch Kap4].

In den folgenden Abbildungen ist das Messprinzip dargestellt. Die Kreise stellen Messpunkte dar, diese werden entweder von Sensoren aufgenommen und automatisch durch die entsprechende SPS abgerufen oder per Hand in das EnMS eingegeben. Die kleineren Rechtecke in dieser Ebene stellen Zähler dar, welche direkt einen Energiestrom messen, und werden ebenfalls über die entsprechende SPS abgerufen. Die übergeordneten großen Rechtecke stellen die jeweilige Steuerung dar.

In der Übertragungsebene befindet sich der OPC UA Server, welcher die Kommunikation zwischen EnMS mit dem OPC UA Protokoll und dem *Phoenix Contact* Steuerungen mit dem OPC Protokoll ermöglicht.

Grüne Felder stellen bereits bestehende Hardware dar.

Gelbe Felder stellen Hardware dar welche zusätzlich installiert werden muss oder noch nicht vollständig angeschlossen ist.

In Abbildung 5 ist das anlagenübergreifende Messprinzip dargestellt, in welchem die Anschlüsse aller in das EnMS integrierten Anlagensteuerungen aufgeführt sind.

Die SPS der Vollklimaanlage und die Stromzähler des Bearbeitungszentrums, der Drehmaschine, des Sonnensimulators sowie der Thermischen Anlage sind direkt im Netzwerk über das TCP/IP Protokoll abrufbar.

Die Thermische Anlage, der Latentwärmespeicher und der Sonnensimulator sind über den OPC UA Server abrufbar. Die jeweiligen Anlagen sind durch die Zwischenräume getrennt und unten mit der jeweiligen Anlagenbezeichnung beschriftet.

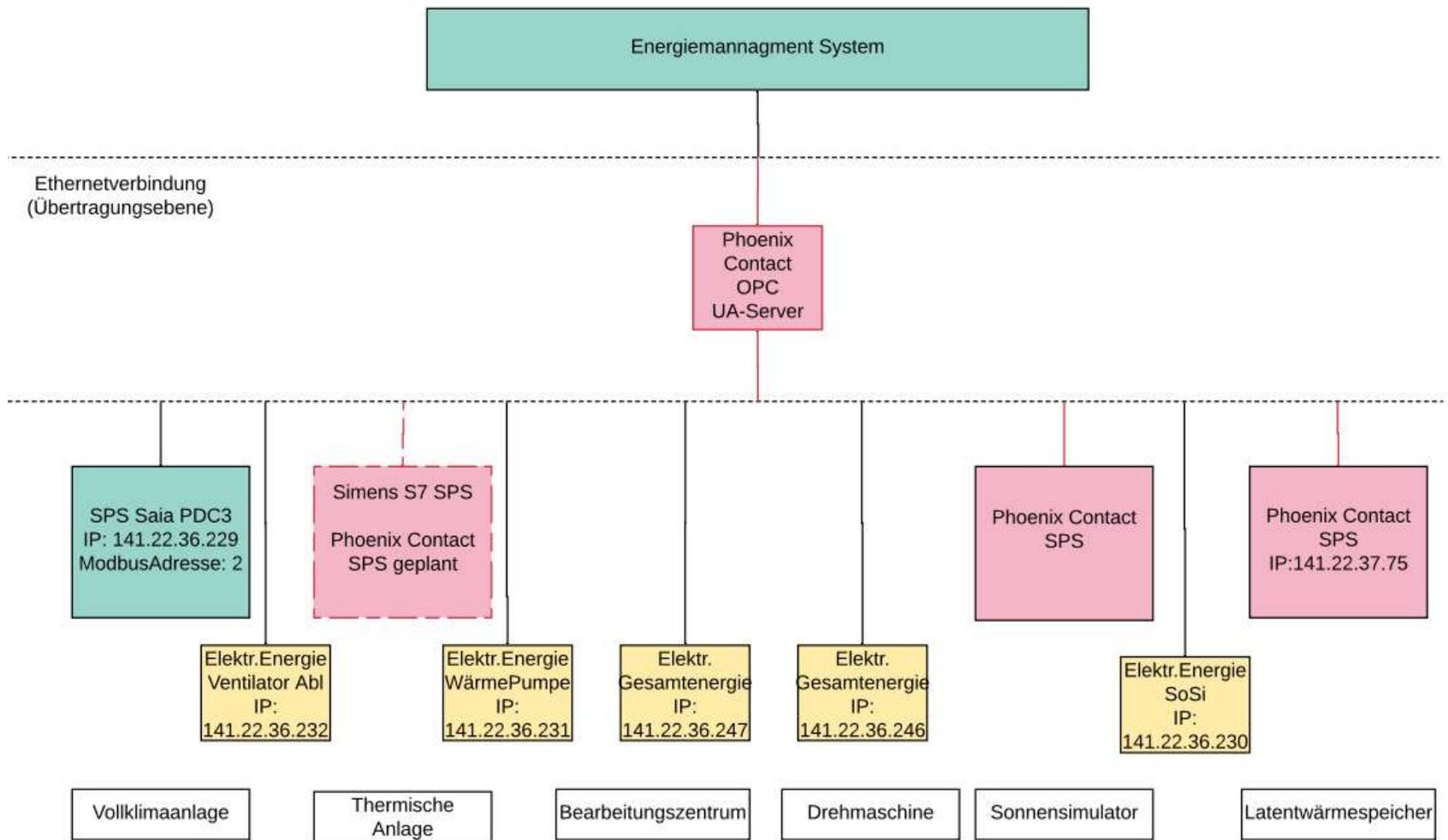


Abbildung 5 anlagenübergreifende Messprinzip

In Abbildung 6 ist die Vollklimaanlage mit sämtlichen Messpunkten und ihren spezifischen Adressen dargestellt.

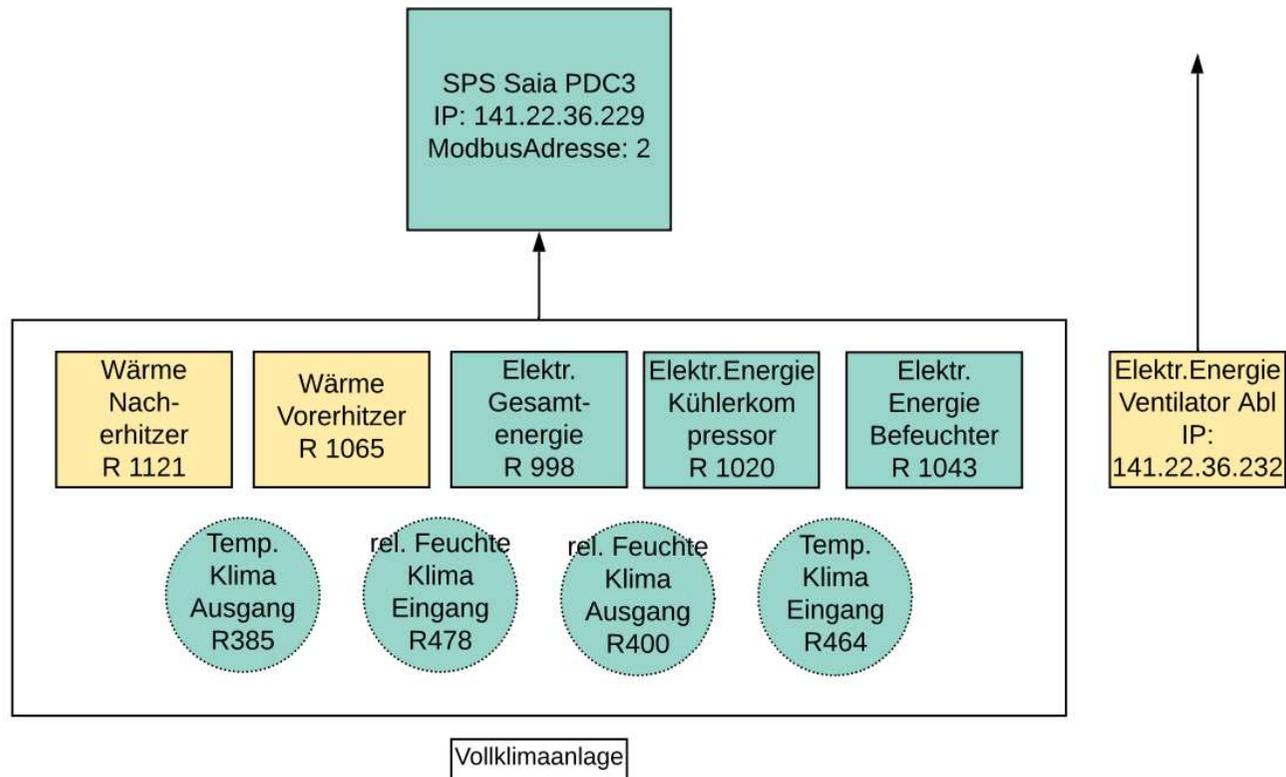


Abbildung 6 Messprinzip Vollklimaanlage

In Abbildung 7 ist die Thermische Anlage mit allen geplanten Messpunkten, welche integriert werden sollen, dargestellt. Die genauen Messtellenadressen können noch nicht angegeben werden, da diese erst nach der SPS Umrüstung bekannt sind.

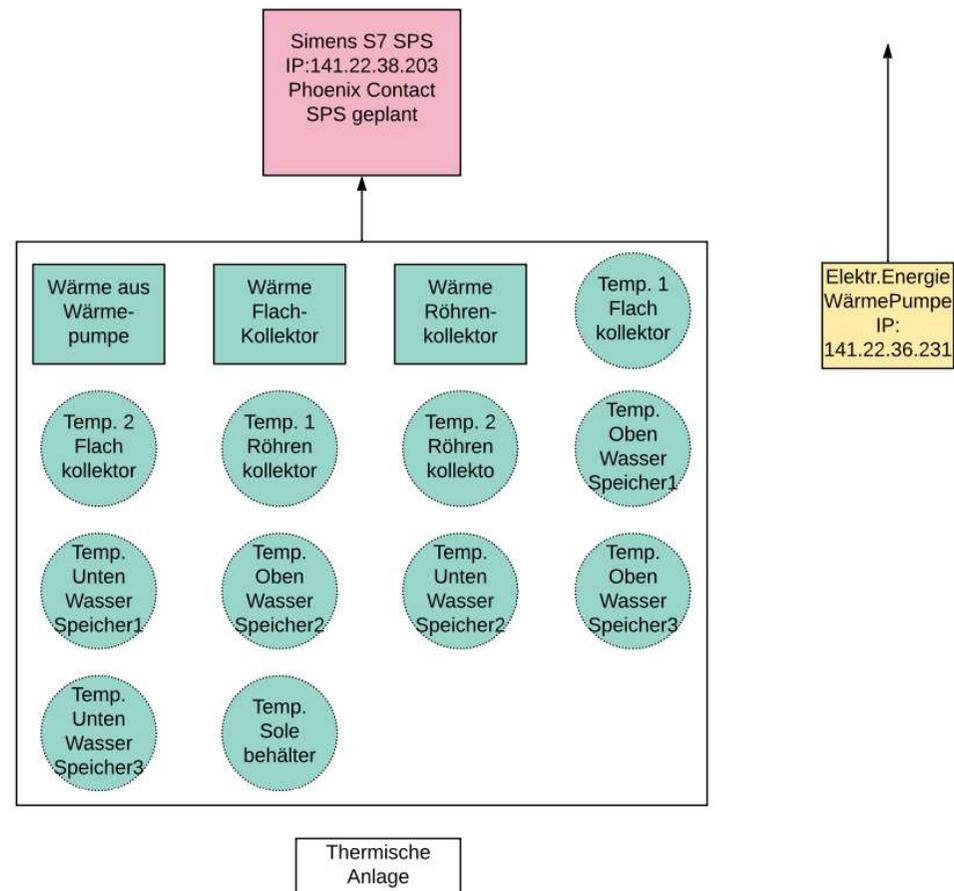


Abbildung 7 Messprinzip Thermische Anlage

In Abbildung 8 ist der Latentwärmespeicher mit allen Messpunkten und ihren spezifischen Adressen dargestellt.

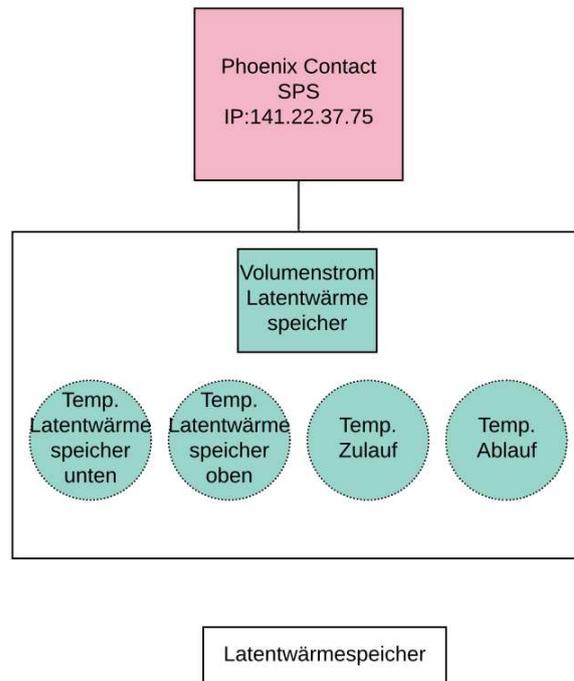


Abbildung 8 Messprinzip Latentwärmespeicher

In Abbildung 9 ist der Sonnensimulator mit allen Messpunkten und ihren spezifischen Adressen dargestellt.

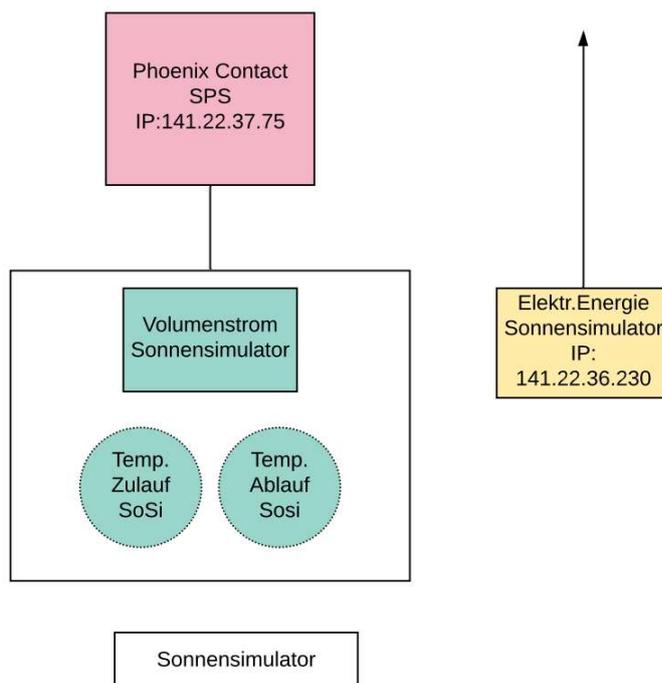


Abbildung 9 Messprinzip Sonnensimulator

## 4.2 Messpunktverzeichnis

In den folgenden Tabellen sind die Messpunkte der einzelnen Anlagen aufgeführt. Sie sind mit einer individuellen Messpunktnummer sowie einer entsprechenden Messpunktbezeichnung versehen. Soweit möglich sind noch Informationen zur Anbindung, Erreichbarkeit, physikalischen Einheit sowie weitere Informationen hinterlegt. Insgesamt sind 40 Messpunkte vorgesehen, welche automatisch von dem EnMS erfasst werden oder händisch eingegeben werden müssen. Außerdem sind noch 19 Kennzahlen oder virtuelle Zähler angegeben, diese werden virtuell aus bereits erfassten Daten generiert.

#### 4.2.1 Messpunktverzeichnis Vollklimaanlage

In Tabelle 3 auf der sind die bereits in der Masterthesis [14] geplanten Messstellen der Vollklimaanlage dargestellt. Es werden die elektrische Verbräuche sowie Wärmeströme der Anlage gemessen. Des Weiteren werden die Temperaturen und die relative Feuchte der Luft am Eingang und Ausgang der Klimaanlage aufgenommen

Messpunkt-nummer	Messpunktbezeichnung	Phys. Einheit	Anbindung	SPS-Adresse	Datentyp	Kennzahl	Virtueller Zähler	Zusätzliche Hardware
1.1	Elektr. Energieverbrauch Gesamt - Klimaanlage	kWh	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R998	16bit			
1.2	Elektr. Energieverbrauch Kühler - Klimaanlage	kWh	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R1020	16bit			
1.3	Elektr. Energieverbrauch Befeuchter - Klimaanlage	kWh	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R1043	16bit			
1.4	Temperatur Eingang - Klimaanlage	°C	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R464	16bit			

1.5	Relative Luftfeuchtigkeit Eingang - Klimaanlage	%	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R478	16bit	
1.6	Temperatur Ausgang - Klimaanlage	°C	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R385	16bit	
1.7	Relative Luftfeuchtigkeit Ausgang - Klimaanlage	%	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R400	16bit	
1.8	Wärme Vorerhitzer - Klimaanlage	kWh	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R 1065	16bit	x
1.9	Wärme Nacherhitzer - Klimaanlage	kWh	SPS - (Modbus TCP) - EnMS	R 1121	16bit	x
1.10	Elektr. Verbrauch Ventilator Abluft - Klimaanlage	kWh	(Modbus TCP/IP) - EnMS	141.22.36.232		
1.11	Anteil Kühler am elektr. Energieverbrauch Gesamt - Klimaanlage	%	-	-		x

1.12	Anteil Befeuchter am elektr. Energieverbrauch Gesamt - Klimaanlage	%	-	-	x
1.13	Anteil Ventilator Abluft am elektr. Energieverbrauch Gesamt - Klimaanlage	%	-	-	x
1.14	Elektr. Energiekosten - Klimaanlage	€/kWh	-	-	x
1.15	Therm. Energiekosten - Klimaanlage	€/kWh	-	-	x
1.16	Anzahl Laborteilnehmer - Klimaanlage	-	(Manuell) - EnMS		
1.17	Energiekosten je Laborteilnehmer - Klimaanlage	€/Student			x
1.18	Energiekosten je Fläche - Klimaanlage	€/m <sup>2</sup>			x

Tabelle 3 Messpunktverzeichnis - Vollklimaanlage

#### 4.2.2 Messpunktverzeichnis Thermische Anlage

In Tabelle 4 sind die bereits in der Masterthesis [14] geplanten Messstellen der Thermischen Anlage dargestellt. Es werden Wärmeströme und Temperaturniveaus sowie elektrische Verbräuche der Wärmepumpe gemessen.

Messpunkt- nummer	Messpunktbezeichnung	Phys. Einheit	Anbindung	SPS-Adresse	Datentyp	Kennzahl	Virtueller Zähler	Zusätzliche Hardware
2.1	Wärme Flachkollektoren - Therm. Anlage	kWh	OPC UA Server- EnMS					
2.2	Wärme Röhrenkollektoren - Therm. Anlage	kWh	OPC UA Server- EnMS					
2.3	Wärme Wärmepumpe ab - Therm. Anlage	kWh	OPC UA Server- EnMS					
2.4	Elektr. Energieverbrauch Wärmepumpe - Therm. Anlage	kWh	(Modbus TCP/IP) - EnMS	141.22.32.31				x
2.5	Temperatur Warmwasserspeicher 1 oben - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS					

2.6	Temperatur Warmwasserspeicher 1 unten - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS
2.7	Temperatur Warmwasserspeicher 2 oben - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS
2.8	Temperatur Warmwasserspeicher 2 unten - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS
2.9	Temperatur Warmwasserspeicher 3 oben -Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS
2.10	Temperatur Warmwasserspeicher 3 unten -Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS
2.11	Temperatur Flachkollektor 1 - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS
2.12	Temperatur Flachkollektor 2 - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS

2.13	Temperatur Röhrenkollektor 1 - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS	
2.14	Temperatur Röhrenkollektor 2 - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS	
2.15	Temperatur Solebehälter - Therm. Anlage	°C	OPC UA Server- EnMS	
2.16	Thermischer Energieinhalt Warmwasserspeicher 1 - Thermische Anlage	kWh		x
2.17	Thermischer Energieinhalt Warmwasserspeicher 2 - Thermische Anlage	kWh		x
2.18	Thermischer Energieinhalt Warmwasserspeicher 3 - Thermische Anlage	kWh		x
2.19	Leistungszahl Wärmepumpe - Therm. Anlage	-	-	x

Tabelle 4 Messpunktverzeichnis - Thermische Anlage

#### 4.2.3 Messpunktverzeichnis Bearbeitungszentrum

In Tabelle 5 sind die bereits in der Masterthesis [14] geplanten Messstellen des Bearbeitungszentrums dargestellt. Es wird lediglich der elektrische Gesamtverbrauch der Anlage gemessen.

Messpunkt- nummer	Messpunktbezeichnung	Phys. Einheit	Anbindung	SPS-Adresse	Datentyp	Kennzahl	Virtueller Zähler	Zusätzliche Hardware
3.1	Elektr. Verbrauch Gesamt - Bearbeitungszentrum	kWh	(Modbus TCP) - EnMS	141.22.36.247				x
3.2	Elektr. Energiekosten- Bearbeitungszentrum	€	-			x		
3.3	Anzahl Laborteilnehmer Bearbeitungszentrum	-	(Manuell) - EnMS					
3.4	Energiekosten je Laborteilnehmer Bearbeitungszentrum	€/Student	-			x		

Tabelle 5 Messpunktverzeichnis - Bearbeitungszentrum

#### 4.2.4 Messpunktverzeichnis Drehmaschine

In Tabelle 6 sind die bereits in der Masterthesis [14] geplanten Messstellen der Drehmaschine dargestellt. Es wird lediglich der elektrische Gesamtverbrauch der Anlage gemessen.

Messpunkt-nummer	Messpunktbezeichnung	Phys. Einheit	Anbindung	SPS-Adresse	Datentyp	Kennzahl	Virtueller Zähler	Zusätzliche Hardware
4.1	Elektr. Verbrauch Gesamt - Drehmaschine	kWh	(Modbus TCP) - EnMS	141.22.36.246				x
4.2	Elektr. Energiekosten- Drehmaschine	€	-			x		
4.3	Anzahl Laborteilnehmer Drehmaschine	-	(Manuell) - EnMS					
4.4	Energiekosten je Laborteilnehmer Drehmaschine	€/Student	-			x		

Tabelle 6 Messpunktverzeichnis - Drehmaschine

#### 4.2.5 Messpunktverzeichnis Latent Wärmespeicher

In Tabelle 7 sind die geplanten Datenpunkte für den Latentwärmespeicher dargestellt. Die Messstellen dienen der Messung der Be- und Entladung des Speichers sowie des Temperaturniveaus des Speichers. Eine direkte Messung der Verluste oder des Aggregatzustandes ist mit diesen Messstellen nicht möglich.

Messpunkt- nummer	Messpunktbezeichnung	Phys. Einheit	Anbindung	SPS-Adresse	Datentyp	Kennzahl	Virtueller Zähler	Zusätzliche Hardware
5.1	Temperatur Latentwärmespeicher oben	°C	OPC UA Server- EnMS		16bit			
5.2	Temperatur Latentwärmespeicher unten	°C	OPC UA Server- EnMS		16bit			
5.3	Temperatur Zulauf Latentwärmespeicher	°C	OPC UA Server- EnMS		16bit			
5.4	Temperatur Ablauf Latentwärmespeicher	°C	OPC UA Server- EnMS		16bit			
5.5	Volumenstrom Latentwärmespeicher	l/min	OPC UA Server- EnMS		16bit			

5.6	Wärmestrom Zulauf Latentwärmespeicher	kW	x
5.7	Wärmestrom Ablauf Latentwärmespeicher	kW	x

*Tabelle 7 Messpunktverzeichnis - Latentwärmespeicher*

Die Angabe der genauen Adresse unter welcher die Messpunkte abrufbar sind konnte aufgrund von Schwierigkeiten mit dem OPC UA Servers noch nicht erfolgen. [Siehe auch Kap. 5.2]

#### 4.2.6 Messpunktverzeichnis Sonnensimulator

In Tabelle 8 auf der folgenden Seite sind die geplanten Messpunkte für den Sonnensimulator dargestellt. Die Messstellen dienen der Messung der zugeführten elektrischen Energie sowie der Messung der abgeführten Wärmemengen. Analog zum Latentwärmespeicher können nicht alle Messpunktadressen aufgrund von Schwierigkeiten mit dem OPC UA Servers angegeben werden.

Messpunkt- nummer	Messpunktbezeichnung	Phys. Einheit	Anbindung	SPS-Adresse	Datentyp	Kennzahl	Virtueller Zähler	Zusätzliche Hardware
6.1	Temperatur Zulauf Sonnensimulator	°C	OPC UA Server- EnMS		16bit			
6.2	Temperatur Ablauf Sonnensimulator	°C	OPC UA Server- EnMS		16bit			
6.3	Volumenstrom Zulauf Sonnensimulator	l/min	OPC UA Server- EnMS		16bit			
6.4	Wärmestrom Ablauf Sonnensimulator	kW					x	
6.5	Elektr. Energieverbrauch Sonnensimulator	kWh	(Modbus TCP/IP) - EnMS	141.22.36.230				x
6.6	Wirkungsgrad Sonnensimulator	%				x		

Tabelle 8 Messpunktverzeichnis - Sonnensimulator

### 4.3 Hardwareverzeichnis

Alle im Rahmen dieses Projektes neu installierten Hardwarekomponenten werden im folgenden Hardwareverzeichnis aufgeführt. Bereits während der Masterthesis [14] installierte Hardware wird schattiert dargestellt. Die nicht installierten Wärmemengenzähler der Thermischen Anlage werden mit dem Tausch der SPS durchgeführt. Dies vermeidet einen Ausfall der Anlage für den laufenden Laborbetrieb und verhindert eine später nicht nachvollziehbare Umprogrammierung der Modbus Adressen.

Hardware-Art	Anlage	Messpunkt Nummer	Absicherung in [A]	Leitungsquerschnitt in [mm <sup>2</sup> ]	m <sup>3</sup> /h
Elektr. Zähler	Vollklimaanlage	1.10	4	-	
Elektro Zähler	Therm. Anlage	2.4	-	0,75	
Elektro Zähler	Bearbeitungszentrum	3.1	max 63	max 16	
Elektro Zähler	Drehmaschine	4.1	50	4	
Elektro Zähler	SonnenSimulator	6.7	4		
Wärmemengenzähler	Vollklimaanlage	1.8	-	-	1,5
Wärmemengenzähler	Vollklimaanlage	1.9	-	-	0,6

Tabelle 9 Hardwareverzeichnis

#### 4.4 Verzeichnis virtuelle Zähler und Kennzahlen

In der folgenden Tabelle 10 sind alle bereits aufgeführten virtuellen Zähler sowie Kennzahlen zur Übersicht erneut dargestellt. Diese können beliebig erweitert werden und unterliegen in ihrer Anzahl keiner Einschränkung durch die erworbenen 100 Datenpunkte.

Elektrische Energiekosten  $k_e = 0,28 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ;

Thermische Energiekosten  $k_w = 0,1 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ ;

Spezifische Wärmekapazität  $c \approx 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}}$ ;

Dichte  $\rho \approx 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;

Speichervolumen  $V_{W1} = 0,39\text{m}^3$ ;  $V_{W2} = 0,2\text{m}^3$ ;  $V_{W3} = 0,3\text{m}^3$ ;

Fläche Klimaanlage  $A_K \approx 5\text{m}^2$

Messpunkt- nummer	Messpunktbezeichnung	Anlage	Phys. Einheit	Beteiligte Messpunkte (Nummer)	Berechnung
1.11	Anteil Kühler am elektr. Energieverbrauch Gesamt - Klimaanlage	Vollklimaanlage	%	Elektr. Energieverbrauch Gesamt (1.1) Elektr. Energieverbrauch Kühler (1.2)	$= \frac{(1.2)}{(1.1)}$
1.12	Anteil Befeuchter am elektr. Energieverbrauch Gesamt - Klimaanlage	Vollklimaanlage	%	Elektr. Energieverbrauch Gesamt (1.1); Elektr. Energieverbrauch Befeuchter (1.10)	$= \frac{(1.3)}{(1.1)}$
1.13	Anteil Ventilator Abluft am elektr. Energieverbrauch Gesamt - Klimaanlage	Vollklimaanlage	%	Elektr. Energieverbrauch Gesamt (1.1); Elektr. Energieverbrauch Abluftventilator (1.10)	$= \frac{(1.10)}{(1.1)}$

1.14	Elektr. Energiekosten - Klimaanlage	Vollklimaanlage	€/kWh	Elektr. Energieverbrauch Gesamt (1.1)	$= k_e \cdot (1.1)$
1.15	Therm. Energiekosten - Klimaanlage	Vollklimaanlage	€/kWh	Wärme Vorerhitzer (1.8) Wärme Nacherhitzer (1.9)	$= k_w \cdot [(1.8) + (1.9)]$
1.17	Energiekosten je Laborteilnehmer - Klimaanlage	Vollklimaanlage	€/Student	Elektr. Energiekosten (1.14) Therm. Energiekosten (1.15) Anzahl Laborteilnehmer (1.16)	$= [(1.14) + (1.15)] / (1.16)$
1.18	Energiekosten je Fläche - Klimaanlage	Vollklimaanlage	€/m <sup>2</sup>	Elektr. Energiekosten (1.14) Therm. Energiekosten (1.15)	$= [(1.14) + (1.15)] / A_K$
2.16	Thermischer Energieinhalt Warmwasserspeicher 1 - Thermische Anlage	Thermische Anlage	kWh	Temperatur Warmwasserspeicher 1 oben (2.5) Temperatur Warmwasserspeicher 1 unten (2.6) Therm. Anlage	$= V_{W1} \cdot \rho \cdot c \cdot \left\{ \left[ \frac{(2.5) + (2.6)}{2} \right] - 20 \right\}$
2.17	Thermischer Energieinhalt Warmwasserspeicher 2 - Thermische Anlage	Thermische Anlage	kWh	Temperatur Warmwasserspeicher 2 oben (2.7) Temperatur Warmwasserspeicher 2 unten (2.8) Therm. Anlage	$= V_{W2} \cdot \rho \cdot c \cdot \left\{ \left[ \frac{(2.7) + (2.8)}{2} \right] - 20 \right\}$
2.18	Thermischer Energieinhalt Warmwasserspeicher 3 - Thermische Anlage	Thermische Anlage	kWh	Temperatur Warmwasserspeicher 3 oben (2.9) Temperatur Warmwasserspeicher 3 unten (2.10) Therm. Anlage	$= V_{W2} \cdot \rho \cdot c \cdot \left\{ \left[ \frac{(2.9) + (2.10)}{2} \right] - 20 \right\}$
2.19	Leistungszahl Wärmepumpe - Therm. Anlage	Thermische Anlage	-	Wärme Wärmepumpe ab (2.3) - Elektr. Energieverbrauch Wärmepumpe (2.4) - Therm. Anlage	$= \frac{(2.3)}{(2.4)}$

3.2	Elektr. Energiekosten- Bearbeitungszentrum	Bearbeitungszentrum	€	Elektr. Verbrauch Gesamt (3.1) Bearbeitungszentrum	$= k_e \cdot (3.1)$
3.4	Energiekosten je Laborteilnehmer Bearbeitungszentrum	Bearbeitungszentrum	€/Student	Elektr. Energiekosten (3.2) Anzahl Laborteilnehmer (3.3) Bearbeitungszentrum	$= \frac{(3.2)}{(3.3)}$
4.2	Elektr. Energiekosten- Drehmaschine	Drehmaschine	€	Elektr. Verbrauch Gesamt - Drehmaschine (4.1)	$= k_e \cdot (4.1)$
4.4	Energiekosten je Laborteilnehmer Drehmaschine	Drehmaschine	€/Student	Elektr. Energiekosten-Drehmaschine (4.2) Anzahl Laborteilnehmer-Drehmaschine (4.3)	$= \frac{(4.2)}{(4.3)}$
5.5	Wärmestrom Zulauf Latentwärmespeicher - Therm. Anlage	Latentwärmespeicher	kW	Temperatur Zulauf (5.3) Volumenstrom (5.5) Latentwärmespeicher	$= c \cdot \frac{(5.3) \cdot (5.5)}{60s}$
5.6	Wärmestrom Ablauf Latentwärmespeicher - Therm. Anlage	Latentwärmespeicher	kW	Temperatur Ablauf (5.4) Volumenstrom (5.5) Latentwärmespeiche	$= c \cdot \frac{(5.4) \cdot (5.5)}{60s}$
6.4	Wärmestrom Ablauf Sonnensimulator	Sonnensimulator	kW	Temperatur Zulauf (6.1) Temperatur Ablauf (6.2) Volumenstrom Zulauf (6.3)	$= c \cdot \frac{[(6.2) - 6.1] \cdot (6.3)}{60s}$
6.6	Wirkungsgrad SonnenSimulator	Sonnensimulator	%	Wärmestrom Ablauf (6.4) Elektr. Energieverbrauch (6.5)	$= \frac{(6.4)}{(6.5)}$

Tabelle 10 Verzeichnis virtuellen Zähler und Kennzahlen

## 5 .Implementierungsprozess

Die in Kap.3 vorgestellten Konzepte wurden im Laufe des Projektes umgesetzt. Einzelheiten zu den Implementierungen der einzelnen Anlagen werden im entsprechenden Kapitel behandelt und erläutert. Vorweg sei genommen, dass die Implementierung der Thermischen Anlage aus organisatorischen und kostentechnischen Gründen verschoben wurde. Diese kann nach Umrüstung der SPS in das EnMS aufgenommen werden.

### 5.1 Hardwareintegration

Im Zuge der Hardwareinstallation wurden bereits bestehende Wärmemengenzähler bei der Vollklimaanlage ersetzt. Bei diesen war das Eichdatum abgelaufen. Hierfür wurden baugleiche „PolluCom E“ Zähler über den Anbieter des EnMS „Weidmüller“ bestellt. Um einen reibungsfreien Betrieb zu ermöglichen, mussten diese Zähler mit der bereits vorhandenen Modbus TCP Adresse, welche in den alten Zählern hinterlegt war, programmiert werden. Zur Übermittlung des Bus Signals zur Steuerung der Vollklimaanlage wurden die bestehenden Kabel verwendet.

Ebenfalls wurden weitere Zähler zu den bereits installierten Hutschienen-Elektrozählern installiert. Diese sind baugleich und ebenfalls über „Weidmüller“ bestellt worden. Die Zähler können über Modbus TCP direkt mit dem EnMS kommunizieren. Hierfür ist es notwendig allen Stromzählern eine individuelle IP Adresse zu zuweisen. Teilweise sind diese bereits festgelegt, jedoch noch nicht im Zähler hinterlegt. Eine Anleitung hierfür befindet sich im Anhang [A1].

Nach erfolgreicher Zuweisung der IP Adresse erfolgt eine Kontrolle mit dem sogenannten Ping Test, ob der Zähler auch wirklich aus dem Netzwerk erreichbar ist. Hierbei ist wichtig, dass der Rechner, über den der Test erfolgt, direkt mit dem Netzkabel an das Netzwerk angeschlossen ist. Ebenfalls müssen die Elektrozähler über ein Netzkabel mit dem Netzwerk der Hochschule verbunden werden.

In Tabelle 11 sind die Hardware Komponenten mit relevanten Daten zur Integration in das EnMS dargestellt.

Hardware	Anlage	Raum/Ort	Netzwerk IP/ Bus -Adresse	Netzwerk Switch
Elektro Zähler	Drehmaschine	015/ Berliner Tor 21	141.22.36.246	A15
Elektro Zähler	Bearbeitungszentrum	015/ Berliner Tor 21	141.22.36.247	A17
Elektro Zähler	Vollklimaanlage	ZET / Berliner Tor 11	141.22.36.232	C13
SAIA System	Vollklimaanlage	ZET / Berliner Tor 11	141.22.36.229	C13
Elektro Zähler	Wärmepumpe	ZET / Berliner Tor 11	141.22.36.321	B7
Elektro Zähler	Sonnen Simmulator	ZET / Berliner Tor 11	141.22.36.230	B9
Wärmemengen Zähler	Vollklimaanlage Vorerhitzer	ZET / Berliner Tor 11	04340184	-
Wärmemengen Zähler	Vollklimaanlage Nacherhitzer	ZET / Berliner Tor 11	00840719	-

*Tabelle 11 Relevante Daten zur Hardware Implementierung*

### 5.1.2 Installation Elektro Zähler

Die Stromzähler wurden durch einen Techniker fachmännisch installiert.

Zuerst war eine Terminfindung zur Installation der Stromzähler schwierig. Dieses Problem konnte durch eine spontane Installation zwischen zwei anderen Aufträgen gelöst werden.

Die Stromzähler wurden nach der Installation mit Netzwerkkabeln an das Netz der HAW angeschlossen. Um einen Zugriff aus dem Netzwerk zu ermöglichen war es notwendig jedem Zähler eine eigene IP Adresse zuzuweisen, da sie Standardmäßig alle mit der IP Adresse 192.168.1253 programmiert waren. Eine Anleitung für die Stromzähler Programmierung befindet sich im Anhang [A1]. Die neuen Adressen sind in Tabelle 11 hinterlegt.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Stromzähler des Sonnensimulators und der Wärmepumpe. Der Stromzähler des Sonnensimulators wurde im zugehörigen Schaltschrank installiert. Der Stromzähler der Wärmepumpe wurde in einer kleinen Box am Geländer befestigt. Dies hat den Grund, dass die genaue Stromzuführung zur Wärmepumpe nicht bekannt ist und ein großer zeitlicher und somit finanzieller Aufwand nötig gewesen wäre, um diese zu ermitteln.



Abbildung 10 Stromzähler Sonnensimulator

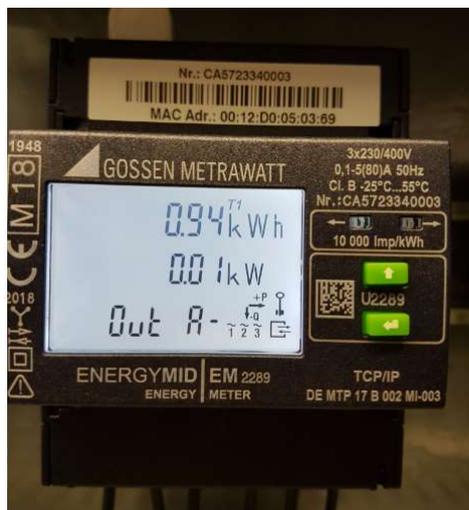


Abbildung 11 Stromzähler Wärmepumpe

### 5.1.3 Installation Wärmemengenzähler

Die Installation der Wärmemengenzähler beinhaltet den Abbau der Zähler mit abgelaufener Eichung, den Einbau der neuen Zähler und deren Anschluss an die bereits vorhandenen

Modbus Kabel. Um eine unkomplizierte Integration der neuen Zähler in die bestehende Steuerung zu ermöglichen, wurden den Zählern die jeweiligen Modbus Adressen der alten Zähler zugewiesen. Hierzu gehören die primäre Modbus Adresse, die sekundäre Modbus Adresse und die kundenspezifische Modbus Adresse. Standardmäßig ist die primäre Adresse 0, die sekundäre sowie die kundenspezifische Adresse entsprechen der Seriennummer des Zählers. Die folgenden Abbildungen zeigen die beiden neuen Wärmemengenzähler der Vollklimaanlage direkt nach dem Einbau. Die Betriebsanleitung der Zähler einschließlich der Beschreibung zur Konfiguration der BUS Adressen befindet sich im Anhang [A2].



Abbildung 12 Vollklimaanlage Wärmemengenzähler Nacherhitzer



Abbildung 13 Vollklimaanlage Wärmemengenzähler Vorerhitzer

## 5.2 Software Implementierung

Der OPC UA Server kann derzeit leider nicht in Betrieb genommen werden. Die Installation ist aus unbekanntem Gründen nicht möglich. Trotz Administrator rechten erhält der Installateur eine Meldung über unzureichende Rechte. Dies Problem wird in Rücksprache mit der Firma Phoenix projektunabhängig gelöst.

## 5.3 Anlagenimplementierung

### 5.3.1 Vollklimaanlage

Die Vollklimaanlage war bereits teilweise in das EnMS implementiert. Es fehlten noch die Wärmemengenzähler, welche wie bereits in unter 5.1 beschrieben, erst getauscht werden mussten, da die bereits verbauten Wärmemengenzähler ein abgelaufenes Eichdatum hatten. Bei dem Stromzähler für den Abluftventilator musste noch das Netzkabel verlegt und die IP Adresse im Stromzähler hinterlegt werden.

### 5.3.2 Die Thermische Anlage

Die Thermische Anlage wird derzeit über eine *Simatic S7 300* gesteuert, welche eine eigene Programmierung nicht zulässt. Alle programmiertechnischen Arbeiten müssen durch eine externe Firma vorgenommen werden und stellen damit einen erheblichen Kostenfaktor dar. Um die Thermische Anlage mit dem EnMS zu koppeln wäre eine Modbus TCP Bibliothek, weitere Hardware, sowie eine 3 Tage Arbeitspauschale durch einen Techniker notwendig. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf einen hohen vierstelligen Betrag. Aufgrund des oben genannten Aufwandes und dem mittelfristigen Wunsch des Zentrums für Energietechnik die *S7* gegen eine *Phoenix Contact* auszutauschen, wird die Thermische Anlage zurzeit nicht in das EnMS integriert.

Die Implementierung der Thermischen Anlage soll nach dem Austausch der SPS erfolgen. Diese wird dann mit einem OPC UA Server verbunden. Dieser ist in der Lage über das OPC UA Protokoll mit dem EnMS zu kommunizieren. Mit der *Phoenix Contact* ist es möglich Programmierungen eigenständig oder in studentischen Projekten durchführen zu lassen.

### 5.3.3 Bearbeitungszentrum

Die Installation des Stromzählers im Schaltschrank der Anlage stellte zunächst ein Problem dar. In dem Schaltschrank ist wenig Platz, daher wurde der Stromzähler in dem Schaltschrank an der linken Innenseite montiert.

Außerdem war zunächst die Terminfindung zur Installation erschwert, da die Anlage für die studentische Lehre in Laborversuchen benötigt wird. Es bestand seitens des Institutes für

Produktionstechnik die Sorge, dass die Anlage für längere Zeit ausfallen könnte und somit der Laborbetrieb gestört würde.

Schlussendlich erfolgte die Installation kurzfristig, ohne langfristige Terminabsprache vor dem gewöhnlichen Betrieb der Anlage und wurde ohne Probleme durchgeführt. Nach der Installation wurde die IP Adresse zugewiesen und der Zähler wurde mit einem Netzkabel an das Netzwerk der HAW angeschlossen.

#### 5.3.4 Drehmaschine

Der Stromzähler der Drehmaschine war bereits installiert jedoch noch nicht mit dem Netzwerk verbunden. Für den Anschluss zum EnMS war die Verlegung eines Netzkabels vom Schaltschrank zu der zugewiesenen Netzwerkdose sowie die IP Adressenzuweisung des Zählers notwendig.

#### 5.3.5 Latentwärmespeicher

Der Latentwärmespeicher wurde in die Planung aufgenommen nachdem die Anschaffung des OPC UA Servers beschlossen wurde. Es war keine weitere Installation von Hardware notwendig. Die Aufnahme des Latentwärmespeicher in das bestehende Projekt führte zu weiteren Problemen. Durch die späte zeitliche Eingliederung in das Projekt, der Lieferzeit des Servers sowie der noch nicht gelösten Installationsprobleme, ist die Eingliederung der Anlage erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich. Die anlagenspezifischen Messpunkte und ihre spezifischen Adressen müssen vor der Schulung an *Weidmüller* übermittelt werden, die spezifischen Adressen sind aber erst zugänglich nachdem der Server läuft.

#### 5.3.6 Sonnensimulator

Der Sonnensimulator wurde ebenfalls in die Planung integriert nachdem der Ausschluss der Thermischen Anlage feststand und die Anschaffung des OPC Servers beschlossen wurde. Bei dem Sonnensimulator war die Installation eines Stromzählers notwendig um die aufgewendete Leistung messen zu können. Der Stromzähler ist baugleich zu den bereits installierten Stromzählern der anderen Anlagen, um eine Einheitlichkeit herzustellen. Der Stromzähler kommuniziert über ein Netzwerk Anschluss mit dem TCP/IP Protokoll. Die Installation dieses Stromzählers war aufgrund des Arbeitspensums des Technikers ebenfalls schwierig. Bei dem Sonnensimulator trat entsprechend dem Latentwärmespeicher das identische Problem zur Implementierung in das EnMS auf [siehe auch Kap 5.2.5].

## 5.4 Systembeschreibung

Das EnMS wird mit der Software *ResMa 100* realisiert. Die Anschluss Möglichkeiten sowie der grundsätzliche Aufbau sind in Abbildung 14 dargestellt. Bei der Systemvariante handelt es sich um einen *ResMa* Server, welcher auf einer virtuellen Maschine installiert wurde. Hieraus entstehen keine festen Kosten und das System ist erweiterbar.

*ResMa Compact* wäre eine Systemvariante gewesen, bei der die Software auf einem Industrie PC installiert geliefert worden wäre und im Schaltschrank einer Anlage integriert worden wäre. Die *ResMA Cloud* wäre eine schnelle Start-Lösung, bei welcher die Nutzung auf Grundlage einer Mietbasis online umgesetzt worden wäre [11].

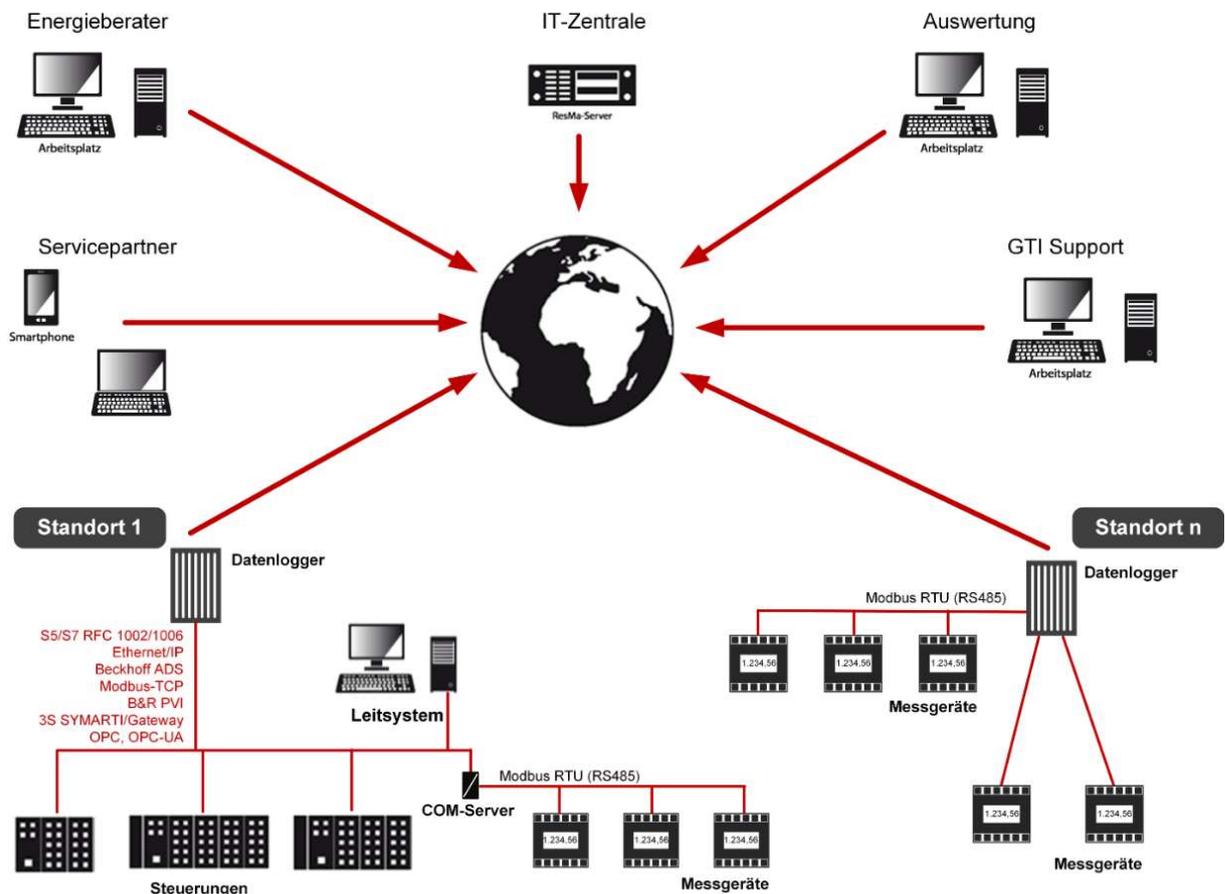


Abbildung 14 Systemaufbau ResMa [10]

Das *ResMa* ermöglicht eine auftragsorientierte Erfassung. Dies bedeutet, dass neben den zyklisch gelesenen Daten und Werten eine sekundengenaue Erfassung bei einem Auftragswechsel möglich ist. Dies ermöglicht in dem gewünschten Laborbetrieb ebenfalls eine genaue Erfassung für einzelne Laborversuche [8 vgl.].

Zur Datenanalyse stellt *ResMa* eine einfache Anwendung zur Verfügung, welche dem Benutzer erlaubt Diagramme durch das Hinzufügen einzelner Messstellen zu erzeugen. Das Programm stellt diese sofort dar, wobei Skalen und eine Legende automatisch erzeugt werden.

Die Darstellung dieser Diagramme kann bezüglich der Form (Linie, Balken, Kurve, etc.) sowie in der Darstellung der Farben beliebig angepasst werden. Zur vereinfachten Übersicht werden Minimal-, Maximal-, Durchschnitts- und Summenwerte bei Bedarf eingeblendet. Die Diagramme können als Profile abgespeichert werden und sind entweder dem entsprechenden User oder allen Usern zugänglich. Dabei kann der ausgewertete Zeitbereich fest oder variabel auf die letzten Stunden oder Tage eingestellt werden [9 vgl.]. Abbildung 15 zeigt als ein Beispiel die Erstellung eines Diagrammes aus Messstellen.



Abbildung 15 Beispielhafte Diagrammerstellung [9]

## 6. Industrie 4.0 – Aspekte

In dem Folgenden Kapitel wird auf die Umsetzung der Aspekte von Industrie 4.0 eingegangen. Hierzu werden mögliche Auswertungen zu den einzelnen Anlagen vorgestellt und teilweise mit Graphiken näher verdeutlicht.

Die Grundlage hierfür ist die Datenerfassung „*Big Data*“. Durch diese entstehen die auszuwertenden Daten und mitlaufendem Betrieb neue Möglichkeiten der Auswertung und Optimierung. Diese gesammelten Daten müssen aufgearbeitet werden und bieten Möglichkeiten für studentische Projekte. So könnte durch eine Analyse der Daten beispielsweise eine präventive, regelmäßige Wartung vermieden werden. Dies ist der Fall, wenn durch die Analyse, Faktoren identifiziert werden können, die Indikatoren für eine notwendige Wartung darstellen. Weitere Möglichkeiten für Projektarbeiten zur Datenanalyse sind bei den jeweiligen Anlagen folgend kurz dargestellt.

### 6.1 Labor Energiemanagement

Im Labor für Energiemanagement sollen die Studierenden in die Lage versetzt werden mit Hilfe eines EnMS Daten von Versuchsanlagen zu sammeln und diese sinnvoll zu interpretieren. Diese Datenerfassung kann zum Teil parallel zu bereits bestehenden anderen Laborübungen durchgeführt werden. Hieraus entsteht ein Mehrwert, ohne zusätzliche Leistung aufwenden zu müssen und ist somit der erste Schritt in der Industrie 4.0.

#### 6.1.1 Bearbeitungszentrum und Drehmaschine

Die Laborversuche im Institut für Produktionstechnik werden regelmäßig im ersten Semester durchgeführt. Aufgrund der neuen Situation des Studiums und der großen Anzahl an neuen Studierenden sind Wiederholungen des Versuches keine Seltenheit. Als sinnvolle Übungen lassen sich beispielsweise in dem IPT die energetischen Stückkosten oder die Energiekosten für den Versuch und somit die aufgewendeten Kosten für jeden Studierenden bestimmen. Dies kann zu einem gewissenhafteren Arbeiten führen und so die Anzahl der Wiederholungen verringern. Des Weiteren ist eine Zuordnung der Energieverbräuche der einzelnen Arbeitsschritte anhand der Masterthesis [14] möglich. Darüber hinaus wäre im Weiteren ebenfalls eine Analyse über den Zustand der Zerspanungswerkzeuge denkbar, sobald ausreichend Daten vorliegen.

### 6.1.2 Vollklimaanlage

Für die Vollklimaanlage ist eine Kostenanalyse denkbar. Hierbei gibt es zwei Ansätze. Erstens für einen dauerhaften Betrieb der Anlage auf normalem Temperaturniveau oder zweitens für den Fall, dass die Raumtemperatur erhöht werden soll bzw. für längere Zeit auf einer erhöhten Temperatur gehalten werden soll.

Diese Analyse könnte zu einer Sensibilisierung der Studierenden bei alltäglichen Anwendungen der Klimaanlage führen. Die Studierende erhalten so ein Verständnis dafür, welche Mengen Energie für ein Erhöhen der Raumtemperatur oder die Nutzung der Klimaanlage zur Abkühlung benötigt werden.

Hierfür können nach dem Versuch die benötigten Leistungen an Wärmemengen und elektrischer Leistung aus dem EnMS entnommen werden. Außerdem können die Leistungen den einzelnen Verbrauchern zugeordnet und gegenübergestellt werden.

In Abbildung 16 ist ein Beispiel für die Verteilung der benötigten Wärmeleistung dargestellt. Die Gesamtleistung (grau) setzt sich aus der Leistung des Vorerhitzers (orange) und des Nacherhitzers (blau) zusammen.

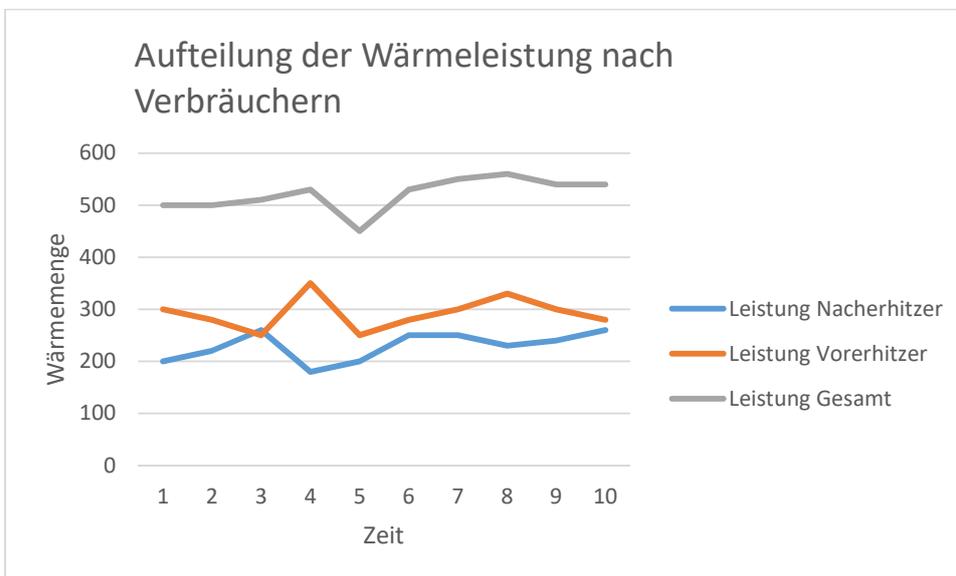


Abbildung 16 Aufteilung der Wärmeleistung nach Verbräuchern

Weiter können die Leistungen jeweils auf den Gesamtverbrauch bezogen werden, um so eine leichtere Einschätzung über deren Bedeutung und Relevanz zu erhalten.

In Abbildung 17 sind der Vorerhitzer und der Nacherhitzer anteilig auf den Gesamtverbrauch dargestellt.

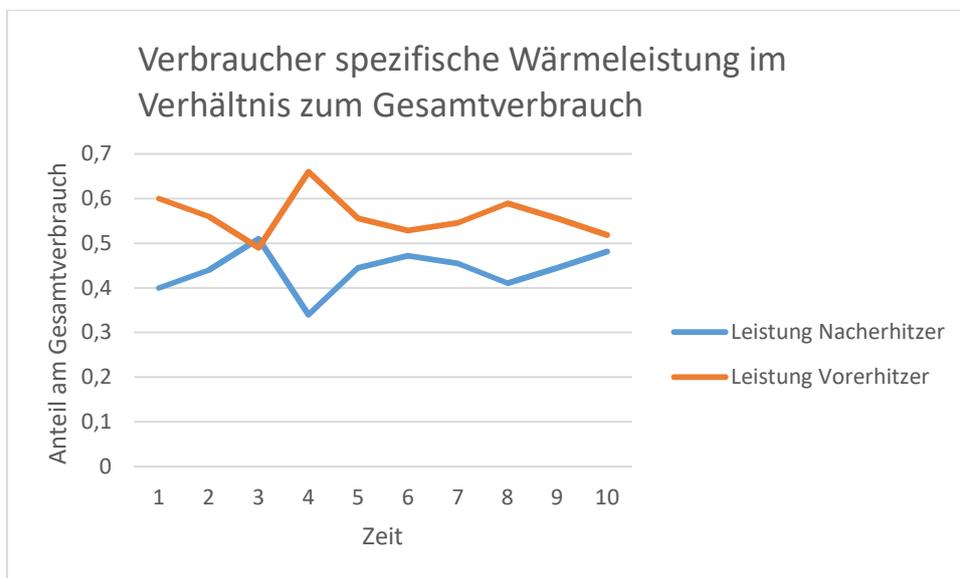


Abbildung 17 spezifische Wärmeleistung im Verhältnis zum Gesamtverbrauch

Ebenfalls sind Auswertungen denkbar, darüber welchen Einfluss die relative Luftfeuchtigkeit oder die Außentemperatur auf die einzelnen Verbraucher der Vollklimaanlage haben. Diese können vermutlich aber erst nach einer gewissen Zeit der Datenerfassung stattfinden, da nur so ausreichend Daten-Material für eine sinnvolle Auswertung vorliegen kann.

### 6.1.3 Latentwärmespeicher

Bei dem Latentwärmespeicher ist eine Messung bezüglich der Speicherverluste denkbar. Hierzu müsste der Speicher über einen gewissen Zeitraum mit einer Wärmemenge befüllt werden. Nach einer noch zu definierenden Zeit wird dann der Speicher entleert werden, um so die Differenz zwischen zugeführter und abgeführter Wärmemenge zu erhalten.

Die genauen Mengen und Zeiträume können über das EnMS genau erfasst werden. Die Differenz sollte bis auf die Temperaturunterschiede des Speichermediums, welche über die Stoffkonstanten ermittelt werden können, nur die Speicherverluste beinhalten.

Eine beispielhafte Darstellung eines solchen Versuchs ist in Abbildung 18 dargestellt. Die y-Achse entspricht der zugeführten und im Speicher befindlichen Wärmemenge. Die x-Achse entspricht einer nicht genau definierten Zeit über welche Messwerte aufgenommen werden. Die zugeführte und abgeführte Wärmemenge ist in blau dargestellt. Der Zwischenraum

zwischen 11 und 19 entspricht dabei der noch nicht definierten Wartezeit. In orange dargestellt ist der theoretische in dem Speicher befindliche Wärmemengeninhalt. In grau ist der zu berechnende tatsächliche Inhalt des Speichers gezeigt.

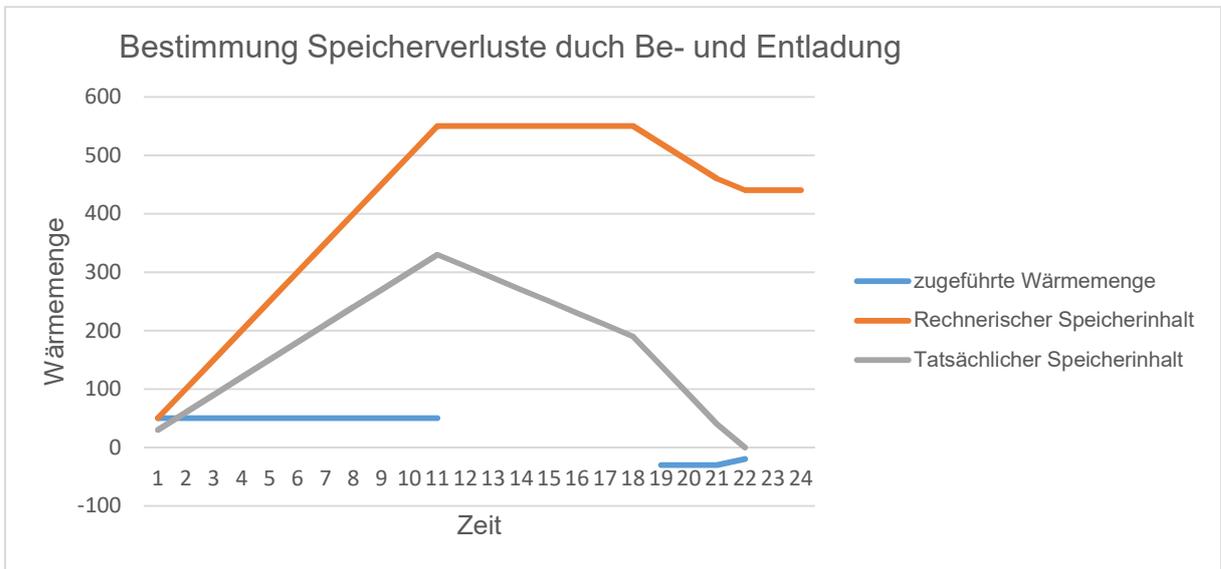


Abbildung 18 Bestimmung Speicherverluste durch Be- und Entladung

Alternativ kann die Messung auf die Zeit eingegrenzt werden, in welcher die Änderung des Aggregatzustandes stattfindet. In diesem Fall wird die Messung begonnen, sobald die Schmelztemperatur erreicht wird und endet sobald diese unterschritten wird. Dies kann ebenfalls durch das EnMS erzeugt werden. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 19 dargestellt, dieses folgt dem vorherigen Aufbau aus Abbildung 18.

Ergänzt ist die Temperatur des Speichermediums in Gelb. Ab dem Zeitpunkt 6 steigt diese nicht weiter und fällt ab dem Punkt 18 wieder. Die zwischen diesen Zeitpunkten aufgenommene Wärmemenge kann erfasst und über die Zeit betrachtet werden, um die Speicherverluste im Phasenwechsel zu bestimmen.

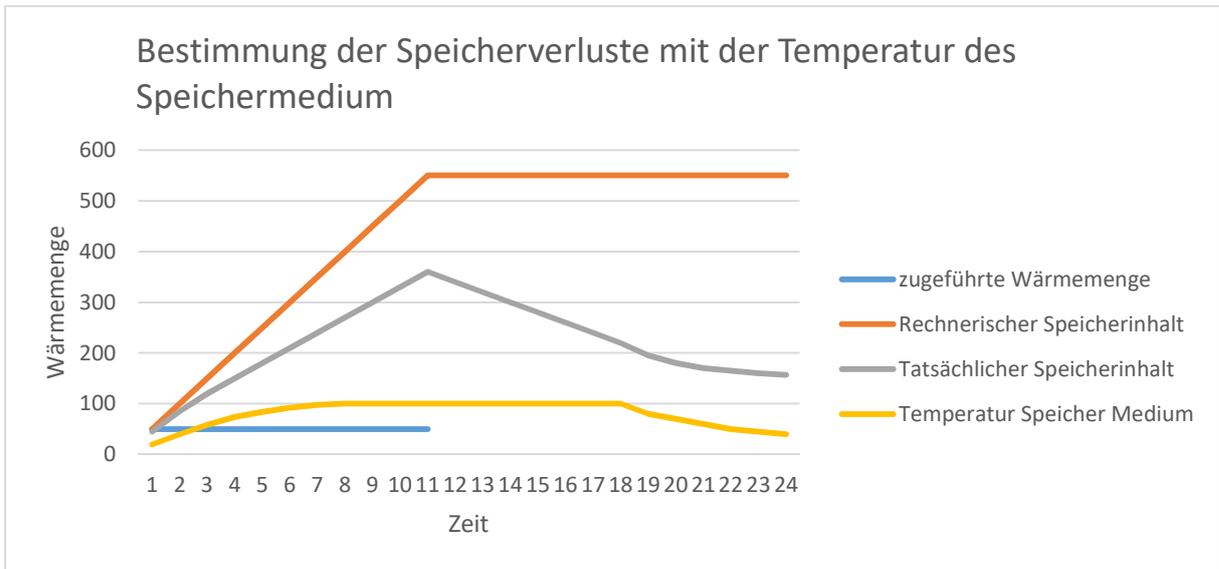


Abbildung 19 Bestimmung der Speicherverluste mit der Temperatur des Speichermedium

#### 6.1.4 Sonnensimulator

Bei dem Sonnensimulator ist eine Kostenermittlung für den Laborversuch denkbar.

Der Leistungseingang erfolgt über elektrische Leistung. Der Ausgang der Leistung erfolgt über die abgeführte Wärmemenge. Hieraus lässt sich der Wirkungsgrad der gesamten Anlage inklusive Steuerung und Wirkungsgrad der Kollektoren ermitteln. Weiter kann über den Zeitraum des Versuches der Stromverbrauch ermitteln und mit dem Strompreis verrechnet werden, um so die Gesamtkosten für den Versuch zu ermitteln. Diese können im Weiteren auf die Anzahl der Laborteilnehmer umgerechnet werden.

## 7. Projektstatus

### 7.1 Change –Management

Durch den praktischen Projektbezug gab es im Laufe des Projektes nötige Änderungen welche eine Änderung der Projektplanung erforderlich machten.

Der überarbeitete Projektplan ist im Kap. 2 zu finden.

Eine Übersicht über die Änderungen und Ihre Ursachen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Betroffener Bereich	Änderung	Ursache	Änderungsdatum
Zentrum für Energietechnik	Verschiebung der Integration der Thermischen Anlage	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zusätzliche Hardware erforderlich</li><li>• Aufwendige Programmierarbeiten</li><li>• geplanter Tauschen der SPS</li></ul>	20.02.2019
Zentrum für Energietechnik	Integration des Latentwärmespeichers	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anschaffung OPC UA Server</li><li>• Ausschluss der Thermischen Anlage</li></ul>	28.02.2019
Zentrum für Energietechnik	Integration des Sonnensimulators	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anschaffung OPC UA Server</li><li>• Ausschluss der Thermischen Anlage</li></ul>	28.02.2019

*Tabelle 12 Relevante Änderungen während des Projektes*

## 7.2 Projektplan

Im folgenden Gantt Chart ist die Projektplanung vom Anfang mit allen Änderungen die im Laufe des Projektes stattgefunden haben dargestellt. Links stehen die Arbeitspakete mit den dazugehörigen Meilensteinen. In der Mitte stehen die genauen Daten der geplanten und wirklichen Zeiträume. Rechts befindet sich der Gantt Chart, eingeteilt in Wochen. Für die Arbeitspakete wird immer die Gesamte Kalenderwoche eingeplant.

Die geplanten Zeiträume sind in braun, die wirklichen oder verlängerten Zeiträume sind in orange dargestellt. Arbeitspakete mit einem Abschluss von 0% konnten während der Projektzeit nicht umgesetzt werden.



### 7.3 Projektbewertung

Das Projekt wurde durch unerwartete Schwierigkeiten bei der Implementierung der Thermischen Anlage sowie durch die darauffolgende Implementierung des Latentwärmespeichers und des Sonnensimulators verzögert. Die Bestimmung der jeweiligen genauen Adressen der Messstellen und deren Erreichbarkeit können erst nach der Installation des OPCUA Servers erfolgen. Bei der Installation des OPC UA Servers gibt es Schwierigkeiten welche bis zum Projektabschluss nicht gelöst werden konnten.

Ein weiteres Problem stellte die Installation der Stromzähler dar. Diese müssen durch einen Techniker und das Facility Management installiert werden. Aufgrund mangelnder Kapazität konnten diese Arbeiten nicht planmäßig erfolgen wodurch kurzfristige Änderungen und Terminfindungen notwendig wurden. Die Hardware für die Wärmemengenzähler ist erst am 15 März geliefert worden. Hieraus entstand ebenfalls ein zeitliches Problem da eine Installation der Hardware sowie eine Überprüfung der gemessenen Daten erfolgen musste. Die Installation verlief ohne größere Probleme. Es war lediglich eine Umstellung der Modbus Adressen der Wärmemengenzähler notwendig.

Da eine Schulung durch *Weidmüller* erst nach einer kompletten Liste der Messstellen inklusive Netzwerkadressen und deren Erreichbarkeit durch den Server durchgeführt werden kann, wurde diese im Projektverlauf nicht durchgeführt und steht noch aus. Ein Termin konnte aufgrund der fehlenden Daten noch nicht festgelegt werden.

## 7.4 Projektabschluss und – Übergabe

Es konnten nicht alle geplanten Anlagen in das Energiemanagementsystem implementiert werden. Dies macht eine Projektübergabe notwendig. Die Implementierung der fehlenden Anlagen mit einer anschließenden Schulung durch *Weidmüller* kann in einer weiteren Abschlussarbeit zusammen mit einer Umrüstung der Steuerung der Thermischen Anlage erfolgen.

Neben einer möglichen Erweiterung des bisher geplanten Projektes sind fünf offene Punkte, welche noch umgesetzt werden müssen:

- Der OPC UA Server muss Installiert und in Betrieb genommen werden.
- Nach Inbetriebnahme des OPC UA Servers müssen die Phoenix Steuerungen und ihre Messpunkte mit diesem verknüpft werden.
- Übermittlung der kompletten Messstellenliste an Weidmüller.
- Terminabsprache mit Weidmüller für eine Schulung.
- Austausch der Steuerung bei der Thermischen Anlage in Kombination mit dem Austausch ihrer der Wärmemengenzähler.

## Literaturverzeichnis

- [1] bmu.de: Klimaschutz in Zahlen 2018  
„[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz\\_in\\_zahlen\\_2018\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_2018_bf.pdf)“, zuletzt aufgerufen am 08.04.2019
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Industrie 4.0  
„<https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Plattform/Hintergrund/hintergrund.html>“ zuletzt aufgerufen am 06.04.2019
- [3] Christian Baun: Computernetze kompakt Springer Vieweg, Berlin, 2012
- [4] DIN EN ISO 50001 Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 50001:2011); Deutsche Fassung EN ISO 50001:2011 Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011
- [5] Dirk Schramm Leitfaden zur Einführung DIN EN ISO 50001
- [6] Florian Pethig: Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation  
„[https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/18583764/08%20Pethig\\_Werkzeugkasten%20OPC%20UA\\_1499339519885.pdf/66203259-98b5-415e-9b50-c6e7267368eb](https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/18583764/08%20Pethig_Werkzeugkasten%20OPC%20UA_1499339519885.pdf/66203259-98b5-415e-9b50-c6e7267368eb)“ zuletzt aufgerufen am 10.04.2019
- [7] Gerhard Lienemann TCP/IP Grundlagen Protokolle und Routing 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Hannover Verlag Heinz Heise 2000
- [8] GTI: ResMa Datenerfassung  
„<https://resma.eu/datenerfassung/>“, zuletzt aufgerufen am 10.04.2019
- [9] GTI: ResMa Energieanalyse  
„<https://resma.eu/energieanalysen/>“, zuletzt aufgerufen am 10.04.2019
- [10] GTI: ResMa Systemaufbau  
„<https://resma.eu/resma-systemaufbau-2/>“, zuletzt aufgerufen am 10.04.2019
- [11] GTI: ResMa Systemaufbau  
„<https://resma.eu/systemvarianten-2/>“, zuletzt aufgerufen am 10.04.2019

- [12] Hartmut Hug : Industrie 4.0 1 Auflage 2018, Merkur Verlag Rinteln
- [13] Holm Landrock Anne Baumgärtel: Die Industriedrone- der fliegende Roboter SpringerVieweg
- [14] Qais Sultani: Konzeptioneller Aufbau eines Energiemanagementsystems, 2018
- [15] Ronald Deckert: Digitalisierung und Industrie 4.0 Springer Gabler
- [16] Uni Bielefeld: OSI Refferenzmodel & TCP/IP Refferenzmodell  
„[http://www.rvs.uni-bielefeld.de/~heiko/tcpip/tcpip\\_html\\_alt/kap\\_1\\_3.html](http://www.rvs.uni-bielefeld.de/~heiko/tcpip/tcpip_html_alt/kap_1_3.html)“
- [17] Vogel-Heuser, B., Bauernhansl, T., Hompel, M.: Handbuch Industrie 4.0 Bd.1 Produktion. 2. Auflage, Springer Vieweg, 2016

## Anhang

- A1 Auszug Schnittstelle der Mehrtarif-Zähler U228X-W4, U238X-W4
- A2 Wärme- / Kältezähler PolluCom E Einbau- und Betriebsanleitung

## TCP/IP

### Schnittstelle der Mehrtarif-Zähler U228X-W4, U238X-W4

3-349-937-01  
6/9.18



# 1 Allgemeines

## 1.1 Modbus TCP

Modbus TCP ist eine Variante von Modbus RTU. Hierbei wird ein Modbus RTU-Paket in eine TCP/IP-Sequenz gepackt. Durch die Verwendung des TCP/IP-Standards wird das Modbus RTU-Frame im Internet routebar. Bei geeigneter Konfiguration ist es damit nicht mehr nötig, dass alle Modbus Slaves im selben Subnetz sind. Bei Modbus RTU hängen dagegen alle Slaves physikalisch an einem Bus.

Begriffserklärung: Der Modbus-Slave ist der Zähler, er wird auch als Server bezeichnet, da er die Daten beinhaltet. Der Modbus Master ist der PC oder eine Summenstation, sie wird auch Modbus Client genannt.

## 1.2 Elektrischer Anschluss

Der Anschluss des Zählers an das Netzwerk geschieht über ein handelsübliches Netzwerkkabel mit RJ45-Stecker. Das andere Ende des Netzwerkkabels kommt in einen Ethernet-Switch, der die Verbindung zum restlichen Netzwerk herstellt.

## 1.3 TCP/IP Konfiguration des Zählers

Die Werkseinstellungen für die Netzwerkkonfiguration des Gerätes sind:

IP-Adresse: 192.168.1.253  
Subnetzmaske: 255.255.255.0  
Gateway: 0.0.0.0  
DNS Server: 8.8.8.8  
Benutzername: admin  
Passwort: admin

(Die Einstellungen für Gateway und DNS werden für die NTP Funktionalität benötigt.)

Die IP-Adresse kann direkt am Gerät über das Menü auf die Werkseinstellung zurückgesetzt werden, siehe Kapitel 5

Die IP-Adresse wird über die Weboberfläche des Zählers - wie nachfolgend beschrieben - eingestellt. Wenn Ihr Netzwerk ebenfalls den IP-Adressenbereich 192.168.1.x verwendet, dann müssen Sie an Ihrem PC nichts ändern. Sie müssen allerdings ausschließen, dass bereits ein Gerät die o.g. IP-Adresse benutzt. Dies können Sie beispielsweise mit dem „Ping“-Befehl prüfen. Schließen Sie den Zähler noch **NICHT** an Ihr Netzwerk an und öffnen Sie eine „DOS-Box“. Dort geben Sie

```
„Ping 192.168.1.253“
```

ein und drücken die Enter-Taste. Wenn als Antwort 4-mal

```
„Zeitüberschreitung der Anforderung“
```

erscheint, dann können Sie fortsetzen. Erscheint dagegen

```
„Antwort von 192.168.1.253: Bytes=.....“,
```

dann trennen Sie das Gerät mit dieser IP-Adresse temporär von Ihrem Netzwerk und prüfen erneut mit „Ping“. Sollte das Trennen nicht möglich sein oder Sie wissen nicht welches Gerät diese IP-Adresse nutzt, dann trennen Sie am besten den PC vom Netzwerk und verbinden ihn direkt mit dem Zähler.

Falls Ihr Netzwerk einen anderen IP-Adressenbereich als 192.168.1.x verwendet, muss dieser im Zähler angepasst werden. Dazu muss zunächst der Adressbereich Ihres Konfigurations-PC auf den oben genannten umgestellt werden. Die Vorgehensweise ist abhängig von Ihrem Betriebssystem. Anleitungen dazu finden Sie im Internet, suchen sie z. B. nach "XP IP-Adresse ändern".

Wenn obige Bedingungen erfüllt sind und der Zähler mit Spannung versorgt wird, verbinden Sie den Zähler über ein Netzwerkkabel mit Ihrem Netzwerk bzw. PC (siehe oben).

Starten Sie bitte Ihren Internetbrowser und geben als Adresse: "192.168.1.253" ein. Nach Drücken der Enter-Taste müssen Sie sich zunächst am Zähler anmelden. Benutzername und Passwort sind in der Werkseinstellung beide "admin". Wenn dies eingegeben und "OK" geklickt wurde, sollte folgende Seite erscheinen:

The screenshot shows the 'Energy Meter / Measurement' page. At the top, there are navigation links: [Measurement](#) | [Energy](#) | [Logger](#) | [Setup](#). The main content area displays several tables of data:

U1N	230.2 V	THD U1	0.4 %	P1	235 W	Tarif	1 RW
U2N	229.9 V	THD U2	0.4 %	P2	245 W	Time	14:44:38
U3N	229.9 V	THD U3	0.4 %	P3	255 W	Date	2018-02-06
U12	398.2 V	THD I1	0.4 %	P total	1294 W	Error Flags 1	0000
U23	398.2 V	THD I2	0.5 %	Q1	0 VAR	Error Flags 2	0000
U31	398.3 V	THD I3	0.4 %	Q2	0 VAR		
I1	1.001 A	PF1	1.000	Q3	0 VAR		
I2	1.501 A	PF2	1.000	Q total	0 VAR		
I3	2.998 A	PF3	1.000				
I4	1.000 A	PF total	1.000				
Frequency	50.01 Hz						

At the bottom, the GOSSEN METRAWATT logo is displayed along with device information: Device: EM238F 00 W0 P0 Q1 U4 V0 W4 Z0, Serial Number: 8C5592220003, MAC: 00-13-00-05-00-C6, Version: 1.20, 1.05, Logged: admin.

In diesem Bild sehen Sie die aktuellen Messwerte, den Tarif, Uhrzeit und Datum und die Fehlerflags. Um zur Einstellung der IP-Adresse zu gelangen, klicken Sie auf Setup.

Es erscheint folgende Seite:

The screenshot shows the 'Energy Meter / Setup' page. At the top, there are navigation links: [Measurement](#) | [Energy](#) | [Logger](#) | [Setup](#). The main content area displays the 'Parameters' section with the following options:

- CT ratio: [input field]
- CT ratio: [input field]
- Tarif: [radio button]
- Remote period [min.]: [input field]
- SET: [button]

At the bottom, the GOSSEN METRAWATT logo is displayed along with device information: Device: EM238F 00 W0 P0 Q1 U4 V0 W4 Z0, Serial Number: 8C5592220003, MAC: 00-13-00-05-00-C6, Version: 1.20, 1.05, Logged: admin.

Hier können Sie ggf. Zählerparameter ändern (je nach Zählervariante), die Uhrzeit stellen, die Zugriffspasswörter ändern und auch die IP-Adresse. Dazu klicken Sie auf „Network settings“

Auf dieser Seite können Sie jetzt die IP-Adresse ändern:

**Energy Meter / Setup**

| [Measurement](#) | [Energy](#) | [Logger](#) | [Setup](#) |

---

**Network settings**

| [Parameters](#) | [Time & Date](#) | [Network settings](#) | [BACnet options](#) | [user password](#) | [admin password](#) |

IP address	192.168.1.253
Subnet mask	255.255.255.0
Gateway	0.0.0.0
DNS Server	8.8.8.8
	<input type="button" value="SET"/>

---

 **GOSSEN METRAWATT**

Device: EM2389 D0 M0 P0 Q1 U6 V0 W4 Z0  
Serial Number: BC5592220003  
MAC: 00-12-D0-05-00-C6  
Version: 1.20, 1.05  
Logged: admin  
Bootloader Version: 1.01

Klicken Sie dazu einfach in das Feld "IP address" und ändern Sie die Adresse auf den IP-Adressbereich Ihres Netzwerks. **Achtung:** Nach klicken auf "SET" wird das TCP/IP-Modul des Zählers automatisch neugestartet und die Adresse sofort übernommen. Das bedeutet Sie müssen ab sofort die neu eingestellte Adresse verwenden. Wenn ein anderer IP-Adressbereich verwendet wird, müssen Sie diesen auch wieder an Ihrem PC ändern um erneut Zugriff auf den Zähler zu erhalten.

Wenn Sie mehrere Zähler einsetzen wollen, ist es somit sinnvoll zunächst alle Zähler entsprechend zu konfigurieren. **Bitte beachten:** Jede IP-Adresse darf nur einmal vergeben werden!

Der Kompaktzähler PolluCom E dient zur Energieverbrauchsmessung in Heizungs- oder Kälteanlagen mit dem Energieträgermedium Wasser.

Diese Einbau- und Betriebsanleitung beschreibt den Einbau und die Bedienung des Kompaktzählers PolluCom E und seiner Varianten. Sie ist Bestandteil des Lieferumfangs und muss dem Endanwender mit ausgehändigt werden.

### Lieferumfang

- PolluCom E
- 2 Dichtungen
- Plombiermaterial (2 bzw. 3 Selflockplomben, Plombierdraht)
- Bei Ausführung mit abnehmbarem Rechenwerk zusätzlich 1 Wandadapter, 2 Schrauben, 2 Dübel, 1 Selbstklebefolie
- Diese Einbau- und Betriebsanleitung

### Inhalt

1. Technische Daten.....	1
2. Sicherheitshinweise.....	1
3. Benötigtes Werkzeug.....	2
4. Einbau des Zählers.....	2
5. Temperaturfühlereinbau.....	3
5.1 Einbau in MID Erstausrüster-Set.....	3
5.2 Einbau in Tauchhülse.....	3
6. Anzeigemöglichkeiten.....	3
6.1 Benutzerebene.....	4
6.2 Stichtageebene.....	4
6.3 Archivebene.....	4
6.4 Serviceebene.....	5
6.5 Kontrollebene für Tarifzwecke.....	6
6.6 Parametrierebene.....	6
7. Funktionskontrolle, Plombierung.....	7
8. Eventuelle Fehlersituationen.....	7
9. Optische Schnittstelle und Optionsmodule.....	7
9.1 Optische Schnittstelle.....	7
9.2 M-Bus-Option gem. EN 13757-3.....	7
9.3 Mini-Bus-Option.....	7
9.4 Fernzähl-Option für Wärmemengenimpulse ...	8
9.5 M-Bus-Option / Mini-Bus-Option mit zwei	
Kontakteingängen.....	8
9.6 Optionaler integrierter Datenlogger.....	8

## 1. Technische Daten

Größenbezeichnung	q <sub>n</sub> 0,6	q <sub>n</sub> 1,5	q <sub>n</sub> 2,5
Nenndurchfluss q <sub>n</sub> in m <sup>3</sup> /h	0,6	1,5	2,5
Minimaldurchfluss q <sub>1</sub> in m <sup>3</sup> /h	0,006	0,015	0,025
Genauigkeitsklasse	2 oder 3 gem. EN 1434		
Verhältnis q <sub>1</sub> /q <sub>n</sub>	1:50 oder 1:100		
Maximaldurchfluss q <sub>max</sub> in m <sup>3</sup> /h (kurzzeitig)	1,2	3	5
Anlaufwert in m <sup>3</sup> /h (Durchschnittswert)	0,0015	0,0025	0,003
Temperaturmessbereich	5 ... 150 °C (-20 ... 150 °C bei Wasser- Frostschutz-Medien, ungeeicht)		
Temperaturdifferenz- bereich	3 ... 100 K		
Abschaltgrenze	0,15 K		
Zulässige Temperatur im Durchflusssensor	5 ... 90 °C (kurzzeitig: 110 °C)		
Durchlasswert bei 0,1 bar Druckverlust in m <sup>3</sup> /h	0,5	1,2	1,7
Druckverlust bei q <sub>n</sub> in bar	ca. 0,15	ca. 0,17	ca. 0,21
k <sub>v</sub> -Wert (Durchlasswert bei 1 bar Druckverlust in m <sup>3</sup> /h)	1,53	3,65	5,45
Zulässiger Betriebsdruck in bar	16		
Baulänge in mm	110	110	130
Nennweite	R 1/2"	R 3/4"	R 1"
Anschlussgewinde	G 3/8 B	G 1/2 B	G 1 B
Länge des Verbindungs- kabels bei Splitgerät	PolluCom E/S, EX/S: ca. 0,3 m		
Zulässige Umgebungstemperatur	5 ... 55 °C		
Umgebungsfeuchte (relative Luftfeuchte)	< 93 %, nicht kondensierend (bei Ausführung als Kältezähler und kombinierter Wärme- / Kältezähler ist eine äußere Betauung am Durchflusssensor zulässig)		
Elektromagnetische Umgebungsbedingung	Klasse E 1		
Mechanische Umgebungsbedingung	Klasse M 2		
Schutzart	IP 54		
Batterielebensdauer für PolluCom E, EX, E/S, EX/S	6 Jahre + 1 Jahr Reserve (Eichgültigkeitsdauer in Deutschland: Eichjahr + 5 Jahre)		
Batterielebensdauer für PolluCom E/S 10, EX/S 10	10 Jahre (Sonderausführung für Märkte ohne Eichgültigkeitsdauer)		

## 2. Sicherheitshinweise



Geltende Norm: EN 1434 Teil 1, 3, 6 u. VDE 0100

- Wärme- bzw. Kältezähler sind Messgeräte und sorgsam zu behandeln. Zum Schutz vor Beschädigung und Verschmutzung sollten sie erst unmittelbar vor dem Einbau aus der Verpackung genommen werden. Das Gerät darf nicht am Kabel getragen werden. Zur Reinigung nur ein mit Wasser befeuchtetes Tuch verwenden.
- Bei der Verwendung von mehreren Zählern in einer Abrechnungseinheit sollten im

Interesse einer möglichst gerechten Verbrauchs-Abrechnung gleiche Gerätarten und Einbaulagen gewählt werden.

- Beim Einbau der MID Erstausrüster-Sets und des PolluCom E, ist auf einwandfreie Montage zu achten, da sonst die Gefahr des Verbrühens durch austretendes Heizmedium besteht. Beim Ausbau sind deshalb zuerst die Absperrhähne zu schließen.
- Die Messingstutzensgewinde können produktionsbedingt scharfkantig sein. Wir empfehlen deshalb die Verwendung von Schutzhandschuhen.
- In dem Gerät befindet sich eine Lithiumbatterie. Diese darf nicht gewaltsam geöffnet werden, mit Wasser in Berührung kommen, kurzgeschlossen oder Temperaturen über 80 °C ausgesetzt werden. Leere Batterien, nicht mehr benötigte elektronische Geräte oder Bauteile sind Sondermüll und an geeigneten Sammelstellen zu entsorgen.

### 3. Benötigtes Werkzeug

- Gabelschlüssel SW 19, 30
- (Anschlussverschraubung Qp 0,6 – 1,5)\*  
Gabel-/Rollgabelschlüssel SW 25, 37
- (Anschlussverschraubung Qp 2,5)\*  
Gabelschlüssel SW 24 (Kugelhahn)\*
- Seitenschneider (Plombierdraht)

\*MID Erstausrüster-Sets Bestellnummern:

- 68505006 (R ½" / 110mm) für Qp 0,6 – 1,5
- 68505007 (R ¾" / 130mm) für Qp 2,5

Bestehend aus Passstück und 3 Spezialkugelhähnen.

### 4. Einbau des Zählers

PolluCom E kann als Wärme- und Kältezähler eingesetzt werden. Deshalb werden im nachfolgenden Text folgende Begriffe verwendet:

Rücklauf bei Heizungsanlagen: **Kälterer Strang**  
Vorlauf bei Heizungsanlagen: **Wärmerer Strang**

Rücklauf bei Kälteanlagen: **Wärmerer Strang**  
Vorlauf bei Kälteanlagen: **Kälterer Strang**

PolluCom E wird im kälteren Strang eingebaut. Für Einbaustellen im wärmeren Strang steht die Ausführung PolluCom EX zur Verfügung.

Wegen möglicher Kondenswasserbildung am Durchflusssensor sind in Kälteanlagen die Typen PolluCom E/S „Kältezähler“ oder EX/S „Kältezähler“ einzusetzen.

Das Rechenwerk wird vom Durchflusssensor abgenommen (nach oben abziehen) und mittels

des mitgelieferten Wandadapters an geeigneter Stelle separat montiert. Dies gilt sinngemäß auch für die kombinierten Wärme- / Kältezähler PolluCom E/S H oder EX/S H. Das Rechenwerk von PolluCom E ist um ca. 330 Grad bis zu einem fühlbaren Anschlag drehbar. Gewaltiges Überdrehen führt zur Beschädigung innerer Bauteile und zum Wegfall des Gewährleistungsanspruchs.

Die **Durchflussrichtung** des Heiz- bzw. Kühlmediums ist durch einen Pfeil auf dem Durchflusssensor gekennzeichnet. Zusätzliche gerade Ein- oder Auslaufstrecken müssen nicht vorgesehen werden. Der Durchflusssensor und die beiden Temperaturfühler müssen im selben Kreis der Heiz- bzw. Kühlanlage eingebaut werden. PolluCom E kann horizontal, horizontal um max. 90 Grad gekippt oder vertikal eingebaut werden. Vor dem Durchflusssensor (oder an einer anderen geeigneten Stelle im Heiz- bzw. Kühlkreis) ist ein Schmutzfänger sowie vor und nach dem Durchflusssensor eine Absperrarmatur einzubauen, damit der Zähler nach Ablauf der Eichgültigkeitsdauer ohne Entleerung der Rohrleitung ausgebaut werden kann. Wir empfehlen dazu unsere MID Erstausrüster Sets. Vor Einbau des Zählers Rohrleitung gründlich spülen, Passstück bzw. den alten Zähler entfernen und anschließend PolluCom E mit neuen Dichtungen montieren.

Hinweis: Achten Sie während der Installation auf die Ausrichtung des LCD, welches für eine optimale Batterielebensdauer immer horizontal ausgerichtet sein muss.

### Einbaubeispiel:

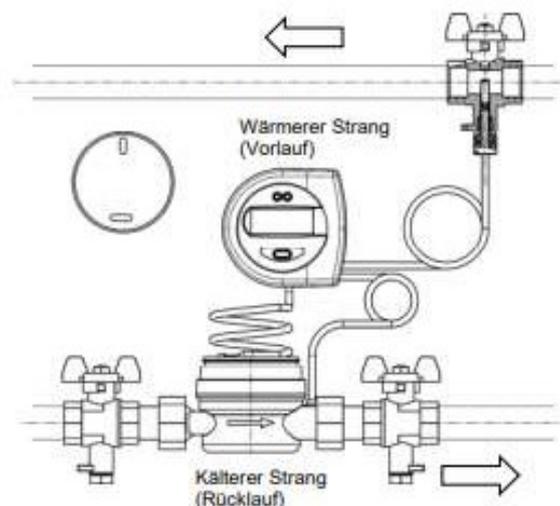


Abb. 1: Einbau PolluCom E/S im Rücklauf einer Heizungsanlage, Vorlauftemperaturfühlereinbau im Kugelhahn

## 5. Temperaturfühlereinbau

Je nach Ausführung verfügt PolluCom E über einen oder zwei externe Temperaturfühler. Die Standardkabellänge beträgt ca. 1,5 m (Sonderausführung: ca. 5 m und ca. 10 m). Für die Verlegung des Kabels sollte nach Möglichkeit ein Kabelkanal oder ein Leerrohr verwendet werden. Eine gemeinsame Verlegung in Kabelkanälen oder auf Kabelpritschen mit Netzversorgungsleitungen ist nicht zulässig. Der Mindestabstand für Niederspannungsleitungen nach EN 1434, Teil 6, von 50 mm muss eingehalten werden. Nach Einbau der Temperaturfühler ist eine Plombierung durchzuführen, um Manipulationen zu verhindern.

### 5.1 Einbau in MID Erstausrüster-Set

Nach Eichordnung Anlage 22 müssen bei Zählern mit einer Zulassung nach Anhang MI-004 der Richtlinie 2004/22/EG (MID) bei Rohrnennweiten  $\leq R 1''$  (DN 25) in Neuanlagen 'kurze' Temperaturfühler (z.B. 45mm oder DS 27,5) direkt in das Heiz- oder Kühlmedium eingebaut werden. Hierzu sollten unsere MID Erstausrüster-Sets verwendet werden. Diese bestehen aus Spezial-Kugelhähnen mit Temperaturfühleraufnahme M 10 x 1 mit integrierten Überwurfmutter und einem Passtück (siehe Datenblatt MH 1131 DE). Diese MID Erstausrüster-Sets sind kompatibel zu den Temperaturfühlertypen L = 45 mm / D = 5,2 mm und DS 27,5 und sind passend lieferbar. Als allgemeine Einbaurichtlinie kann EN 1434-2 herangezogen werden.



Abb. 2 MID Erstausrüster-Set

### 5.2 Einbau in Tauchhülse

Für Altanlagen (Zählertausch) mit Tauchhülsen sind die entsprechenden Übergangsregelungen zu beachten. Der Temperaturfühler wird bis zum Anschlag in die Tauchhülse gesteckt und danach mit Hilfe der Arretierschraube gegen Herausfallen gesichert.

## 6. Anzeigemöglichkeiten

Die verschiedenen Anzeigemöglichkeiten von PolluCom E sind in sechs Ebenen unterteilt. Je nach Ausführung des Zählers bzw. Maskierung der Anzeige können einige mit einem Stern (\*) gekennzeichneten Anzeigepositionen ausgeblendet sein. Bei Bedarf lässt sich die Maskierung mit der Servicesoftware MiniCom 3 über die optische Datenschnittstelle des Zählers ändern. Im Grundzustand schaltet sich die Anzeige im Intervall von 4 Sekunden für eine Sekunde ein und zeigt die kumulierte Wärmemenge. Durch einen Druck auf die rote Taste wird die erste Anzeigeposition in der Benutzerebene (kumulierte Wärmemenge) aktiviert. Die anderen fünf Ebenen werden durch einen Druck von 8 Sekunden auf die rote Taste erreicht. Es erscheint das Auswahlmü L1 bis L6:

L1	Benutzerebene
L2 *	Stichtageebene *
L3 Ⓢ	Archivebene *
* L4	Serviceebene
L5 Ctrl	Kontrollebene für Tarifzwecke *
L6 r	Parametrierebene *

Abb. 3: Wechsel der Anzeigebenen

Die Ebenen können durch kurzes Drücken der roten Taste in o. g. Reihenfolge angewählt werden. Wenn die gewünschte Ebene angezeigt wird, 2 Sekunden auf die rote Taste drücken, um in diese Ebene zu gelangen. Die einzelnen Anzeigepositionen in den Ebenen werden nacheinander durch jeweils einen kurzen Tastendruck aufgerufen. Erfolgt innerhalb von 4 Minuten keine Tastenbetätigung, kehrt die Anzeige automatisch in den Grundzustand zurück. In allen Ebenen werden eingehende Volumenimpulse durch ein blinkendes Flügelradssymbol (linke untere Displayecke) angezeigt. Die Zahlenwerte sind exemplarisch dargestellt.

**6.1 Benutzerebene**

	Fehlermeldung (nur wenn Fehler vorliegt)
	Kumulierte Wärme- bzw. Kälteenergie
	Stichtagsverbrauch mit zugehörigem Datum *
	Kumuliertes Volumen *
	Segmenttest
	Tarifverbrauch 1 * (falls aktiviert)
	Tarifverbrauch Kälte * (falls aktiviert)
	Verbrauch Impulszähler 1 * (optional)
	Verbrauch Impulszähler 2 * (optional)
	Aktueller Durchfluss *
	Aktuelle Leistung *
	Temperatur im wärmeren Strang *
	Temperatur im kälteren Strang *
	Temperaturdifferenz *
	Kundenspezifische Nummer *

	Primäre M-Bus Adresse (Werkseinstellung: 0) *
	Sekundäre M-Bus Adresse (Werkseinstellung: Fabrikationsnummer) *

**6.2 Stichtagebene**

Alle Anzeigepositionen sind mit einem Pfeilsymbol gekennzeichnet. Anzeige aller gespeicherten Werte zu einem einstellbaren Jahrestichtag.

	Stichtagswert für Wärme- bzw. Kälteenergie *
	Stichtagswert für Volumen *
	Stichtagswert für Tarif 1 (falls aktiviert) *
	Stichtagswert für Tarif Kälte (falls aktiviert) *
	Stichtagswert für Impulszähler 1 (optional) *
	Stichtagswert für Impulszähler 2 (optional) *
	Rückkehr in Auswahlménú (2 Sekunden drücken) *

**6.3 Archivebene**

Alle Anzeigenpositionen sind mit einem Kalenderblattsymbol gekennzeichnet. Ausgehend vom aktuellen Datum werden die Werte zum Wechsel der vergangenen 16 Monate angezeigt (Datum sechsstellig in der Form dd.mm.yy unterhalb der Hauptanzeige). Zusätzlich werden für den laufenden Monat (today) die Maxima für Durchfluss und Leistung angezeigt (mit Datum und Zeit), unterhalb der Hauptanzeige erscheint hierbei das Wort "today".

today ↓ 30-06-10 Ⓢ	Auswahl des gewünschten Monats beginnend mit today durch kurzen Tastendruck 16 Monate rückwärts, danach Taste 2 Sekunden drücken *
28053 kWh 3006.10 Ⓢ	Wärme- bzw. Kälteenergie *
895923 m <sup>3</sup> 3006.10 Ⓢ	Volumen *
2996 kWh 3006.10 Ⓢ	Tarifverbrauch 1 (falls aktiviert) *
4863 kWh 3006.10 Ⓢ	Tarifverbrauch Kälte (falls aktiviert) *
9830123 m <sup>3</sup> 3006.10 Ⓢ	Verbrauch Impulszähler 1 (optional) *
6890123 m <sup>3</sup> 3006.10 Ⓢ	Verbrauch Impulszähler 2 (optional) *
M 1453 m <sup>3</sup> /h 3006.10 Ⓢ	Maximaler Durchfluss im ausgewählten Monat mit Datum (gemittelt) *
M 1453 m <sup>3</sup> /h 08h59 Ⓢ	Maximaler Durchfluss im ausgewählten Monat mit Uhrzeit (gemittelt) *
M 34863 kW 3006.10 Ⓢ	Maximale Leistung im ausgewählten Monat mit Datum (gemittelt) *
M 34863 kW 08h59 Ⓢ	Maximale Leistung im ausgewählten Monat mit Uhrzeit (gemittelt) *
h 2 Ⓢ	Fehlerstunden *
return Ⓢ	Rückkehr in Auswahlmenü (2 Sekunden drücken) *

M 1453 m <sup>3</sup> /h 3006.10 Ⓢ	Absolutmaximum Durchfluss mit Datum (gemittelt) *
M 1453 m <sup>3</sup> /h 08h59 Ⓢ	Absolutmaximum Durchfluss mit Uhrzeit (gemittelt) *
M 34863 kW 3006.10 Ⓢ	Absolutmaximum Leistung mit Datum (gemittelt) *
M 34863 kW 08h59 Ⓢ	Absolutmaximum Leistung mit Uhrzeit (gemittelt) *
M 893 3006.10 Ⓢ	Absolutmaximum Temperatur im wärmeren Strang mit Datum *
M 528 3006.10 Ⓢ	Absolutmaximum Temperatur im kälteren Strang mit Datum *
28-07-10 DATE Ⓢ	Aktuelles Datum *
09h48 TIME Ⓢ	Aktuelle Uhrzeit *
31-07-10 Ⓢ	Nächster Stichtag *
d 35 Ⓢ	Betriebstage *
2996 BAtt Ⓢ	Batteriespannung * (errechnet)
h 68 Ⓢ	Kumulierte Fehlstunden *
2 PrAdr Ⓢ	Primäre M-Bus Adresse (Werkseinstellung: 0) *
03840275 SECAdr Ⓢ	Sekundäre M-Bus Adresse (Werkseinstellung: Fabrikationsnummer) *
ALL AMr Ⓢ	Datenübertragungsmodus (Länge und Struktur des M-Bus Protokolls) *
26 Ⓢ	Version der Firmware

#### 6.4 Serviceebene

Jede Anzeigeposition ist mit einem Männchensymbol gekennzeichnet. Die Serviceebene zeigt Maximalwerte und Einstellungen des Zählers an.

	Checksumme
	Hochauflösende Energieanzeige *
	Hochaufgelöstes Volumen *
	Rückkehr in Auswahlmnü (2 Sekunden drücken) *

### 6.5 Kontrollebene für Tarifzwecke

Jede Anzeigeposition ist mit dem Wort „CTRL“ gekennzeichnet. Die Einstellungen für die Tariffunktionen können hier kontrolliert werden.

	Eingestelltes Mittelungsintervall für Durchfluss und Leistung *
	Leistung im aktuellen Mittelungsintervall *
	Durchfluss im aktuellen Mittelungsintervall *
	Einstellung Tarif 1 Startzeit (falls aktiviert) *
	Einstellung Tarif 1 Endzeit (falls aktiviert) *
	Umschaltemperatur für Kältezählung (falls aktiviert) *
	Umschalttempunkt für negative Temperaturdifferenz Kältezählung (falls aktiviert) *
	Korrekturfaktor für Wasser-Frostschutz-Gemische *
	Rückkehr in Auswahlmnü (2 Sekunden drücken) *

### 6.6 Parametrierebene

Jede Anzeigeposition ist mit dem Werkzeugsymbol gekennzeichnet.

Diese Ebene ist passwortgeschützt. Das Passwort entspricht den letzten drei Stellen der achtstelligen Fabrikationsnummer am Zählergehäuse. Zunächst erscheint „000“. Anschließend die Taste für ca. 2 Sekunden drücken, und die linke Null beginnt zu blinken. Durch andauernden Tastendruck lässt sich der Wert der blinkenden Stelle verändern. Sobald der gewünschte Wert erreicht ist, Taste loslassen. Durch kurzen Tastendruck wird der eingestellte Wert bestätigt und zur nächsten Stelle weitergeschaltet. Hier wird wie bei der vorhergehenden Stelle verfahren. Nach Einstellung der letzten Stelle wird die Ebene freigeschaltet. Nun können die gewünschten Positionen durch kurzen Tastendruck ausgewählt werden; das Einstellen der Werte erfolgt analog der Passwortheingabe.

	Passwortabfrage *
	Einstellung Primäre M-Bus Adresse *
	Einstellung Sekundäre M-Bus Adresse *
	Einstellung Kundenspezifische Nummer *
	Einstellung Mittelungsintervall für Durchfluss und Leistung *
	Einstellung Datenübertragungsmodus (One, One Plus, All) *
	Impulswertigkeit des ersten externen Zählers (0,25 bis 10.000 L/Imp.) *
	Impulswertigkeit des zweiten externen Zählers (0,25 bis 10.000 L/Imp.) *
	Datum setzen *
	Uhrzeit setzen *
	Stichtag setzen *

	Rücksetzen Absolutmaxima *
	Rücksetzen Fehlstunden *
	Rückkehr in Auswahlmenü (2 Sekunden drücken) *

## 7. Funktionskontrolle, Plombierung

Absperrarmaturen langsam öffnen und die Installation auf Dichtigkeit prüfen.

Zu Kontrollzwecken können die aktuellen Werte von Durchfluss, Leistung sowie Vor- und Rücklauftemperatur im Display gemäß Kapitel 6.1 abgerufen werden.

Um den Zähler vor Manipulation zu schützen, muss er an folgenden Stellen mit den beiliegenden Selflock-Plomben plombiert werden:

- Verschraubung des Durchflusssensors
- Einbaustelle des separat eingebauten Temperaturfühlers (siehe auch Kapitel 3.1)

## 8. Eventuelle Fehlersituationen

PolluCom E ist mit einer automatischen Selbstüberwachungsfunktion ausgestattet. Im Fehlerfall erscheint auf der Anzeige eine vierstellige Fehlercodierung der Form „Err XYZW“. Für die Decodierung gilt folgende Zuordnung:

- X:** Überwachung der Temperaturfühler  
**Y:** Überwachung des Rechenwerks  
**Z:** Fehlerstatistik  
**W:** Fehler im Durchflusssensor

Auszug:

Codierung	Bedeutung
Err 1010	Temperaturfühler vertauscht bzw. Temperatur im kälteren Strang ist höher als im wärmeren Strang
Err 2010	Ein oder beide Temperaturfühler ist/sind kurzgeschlossen
Err 4010	Kabelbruch bei Temperaturfühler für kälteren Strang
Err 8010	Kabelbruch bei Temperaturfühler für wärmeren Strang
Err 0084	Fehler in der Flügelradabtastung

Die Fehlersituation „Err 1010“ wird in den meisten Fällen durch temporäre Anlagenzustände verursacht, bei denen die Temperatur im wärmeren Strang um mindestens 3 K unter die Temperatur im kälteren Strang sinkt.

Bei allen anderen Fehlersituationen benachrichtigen Sie bitte unsere Technisches Service Center.

## 9. Optische Schnittstelle und Optionsmodule

### 9.1 Optische Schnittstelle

Alle Zähler sind mit einer optischen Datenschnittstelle ausgerüstet. Über einen optischen Datenkoppler (z. B. Bestellnummer 04410230 für RS 232-Anschluss oder Bestellnummer 184023 für USB-Anschluss) können mit der Servicesoftware MiniCom 3 Einstellungen verändert oder der Zähler über das Auslesesystem DOKOM Mobil ausgelesen werden. Die Datenschnittstelle wird durch einen kurzen Tastendruck für eine Stunde aktiviert. Durch jede zwischenzeitliche Datenkommunikation beginnt dieser Zeitraum von neuem, sodass z. B. über längere Zeit eine viertelstündliche oder stündliche Loggerauslesung durchgeführt werden kann.

### 9.2 M-Bus-Option gem. EN 13757-3

Mit dieser Option kann der Zähler über seine Primär- oder Sekundäradresse mit einem M-Bus-Pegelwandler ausgelesen werden (300 und 2400 Baud, automatische Erkennung). Die Einstellung beider Adressen kann in der Parametrierebene (s. Kap. 6.6) oder mit der Servicesoftware MiniCom 3 vorgenommen werden (Hinweis: Die werkseitige Einstellung der Sekundäradresse entspricht der am Zählergehäuse vermerkten Gerätenummer). Die Primäradresse kann zwischen 0 und 250 eingestellt werden und steht werkseitig auf 0.

Das zweiadrige Optionskabel wird an geeigneter Stelle in die M-Bus-Installation eingebunden. Die Polarität der beiden Adern muss nicht beachtet werden.

### 9.3 Mini-Bus-Option

Mit dieser Option kann der Zähler mit einem induktiven Ablesepunkt (MiniPad, Best.Nr. 182079) verbunden werden. Die gesamte Länge des zweiadrigen Kabels zwischen Zähler und Ablesepunkt darf 50 Meter nicht überschreiten. Die Polarität der beiden Adern muss nicht beachtet werden. Das übertragene Protokoll entspricht dem M-Bus-Protokoll und der Zähler kann über den MiniReader (Best.Nr. 182080) oder mit dem Auslesesystem DOKOM Mobil ausgelesen werden.

#### 9.4 Fernzähl-Option für Wärmemengenimpulse

Impulswertigkeit:	1 kWh
Schließzeit:	125 ms
Prellzeit:	keine
Max. Spannung:	28 V DC oder AC
Max. Strom:	0,1 A

Das zweiadrige Kabel wird an ein geeignetes Impulssummiergerät oder einem Kontakteingang einer Gebäude-Leittechnik angeschlossen. Die Polarität der beiden Adern muss nicht beachtet werden.

#### 9.5 M-Bus-Option / Mini-Bus-Option mit zwei Kontakteingängen

Zusätzlich zu dem unter Kap. 9.2 bzw. 9.3 beschriebenen Modul können zwei externe Verbrauchszähler (Kaltwasser, Warmwasser, Strom, Gas, andere) mit passivem Fernzählkontakt (Reedschalter oder open collector) angeschlossen werden. Diese Option hat insgesamt zwei Anschlusskabel (1 x zweiadrig, 1 x vieradrig). Das zweiadrige Kabel (weiße und braune Ader) wird an geeigneter Stelle in die M-Bus- bzw. Mini-Bus-Installation eingebunden, die Polarität muss nicht beachtet werden.

Das vieradrige Kabel wird wie folgt angeschlossen:

Weiß =	Externer Zähler 1 / Pluspol
Braun =	Externer Zähler 1 / Minuspol
Grün =	Externer Zähler 2 / Pluspol
Gelb =	Externer Zähler 2 / Minuspol

Spezifikation der Kontakteingänge:

Erforderliche Schließzeit:	> 125 ms
Eingangsfrequenz:	≤ 3 Hz
Klemmenspannung:	3 V

Werkseitige Voreinstellung der beiden Kontakteingänge:

*Eingang 1:* Kaltwasserzähler, Impulswertigkeit 10 Liter, Anfangszählerstand 0,00 m<sup>3</sup>

*Eingang 2:* Warmwasserzähler, Impulswertigkeit 10 Liter, Anfangszählerstand: 0,00 m<sup>3</sup>

Die Aktivierung der Eingänge muss über die Servicesoftware MiniCom 3 erfolgen bei „Parameter des Impulseinganges setzen“. Dort müssen die Zählernummern (Zähler-ID) der Impulszähler und falls erforderlich die primären M-Bus Adressen eingegeben werden sowie der

Haken bei „Zähler 1 (2) auf M-Bus sichtbar“ gesetzt werden. Anfangszählerstand und Impulswertigkeit können ebenfalls angepasst werden. Danach sind die Impulszähler als selbständige M-Bus Zähler auf dem M-Bus verfügbar.

#### 9.6 Optionaler integrierter Datenlogger

Der integrierte Datenlogger speichert in einem wählbaren Zeitintervall (1 bis 1440 Minuten) Verbrauchswerte und Momentanwerte (Leistung, Durchfluss, Temperaturen). Die Loggerdaten können über die optische Schnittstelle, M-Bus oder Mini-Bus mit der Servicesoftware MiniCom 3 ausgelesen werden. Das Zeitintervall (Werkseinstellung: 60 Minuten) kann ebenfalls mit MiniCom 3 verändert werden.



Datum: 20.06.2017

**EU-Konformitätserklärung**  
**Nr. CE/PolluCom E/0617**

Hiermit erklären wir,

Sensus GmbH Ludwigshafen  
Industriestr. 16  
67063 Ludwigshafen

dass der von uns hergestellte Wärmehähler vom Typ **PolluCom E** die nachfolgenden einschlägigen Harmonisierungsrechtsvorschriften der Europäischen Union erfüllt:  
Richtlinie 2014/32/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014, einschließlich

Anhang I, Wesentliche Anforderungen  
Anhang VI, Wärmehähler (MI-004)

Richtlinie 2014/30/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014

Angewendete harmonisierte Normen bzw. normative Dokumente

- OIML-R 75, Ausgabe 2002
- DIN EN 1434, Ausgabe 2016
- DIN EN 55022, Ausgabe 2010

Weitere angewendete Regeln

- WELMEC Leitfaden 7.2, Ausgabe 2015
- EN 60751, Ausgabe 2009
- EN 13757-2, Ausgabe 2005
- EN 13757-3, Ausgabe 2013
- DIN EN ISO 4064-4, Ausgabe 2014
- DIN EN 60529, Ausgabe 2014
- DIN EN 60870, Ausgabe 2006

Das Konformitätsbewertungsverfahren wurde unter der Aufsicht der benannten Stelle PTB Kennnummer 0102 durchgeführt. Es wurde die EG-Baumusterprüfbescheinigung DE-07-MI004-PTB004 ausgestellt.

Diese Erklärung wird verantwortlich für den Hersteller abgegeben durch den Technical Director.

Sensus GmbH Ludwigshafen

Roland Rot  
Managing Director

Jürgen Westphal  
Director Metrology

Sensus GmbH Ludwigshafen

Bankverbindung: Deutsche Bank Ludwigshafen  
Konto: 024 913 600 (BLZ 846 700 94)  
www.sensus.com

Telefon: + 49 (0) 621 / 8904 - 0  
Telefax: + 49 (0) 621 / 8904 - 1490  
Amtsgericht: Ludwigshafen HRB 5153  
Geschäftsführung:  
Aufsichtsratsvorsitzender:

Industriestraße 16  
D-67063 Ludwigshafen  
Ust-Id-Nr.: DE 160261426  
Peter Karst, Roland Rot  
Christopher Dühnen



## Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

### Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Vierегge

Vorname: Martin

dass ich die vorliegende -bitte auswählen- bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Implementierung eines Energiemanagementsystems an ausgewählten Anlagen unter Berücksichtigung von Industrie 4.0 - Aspekten

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

*- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -*

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

Ort

10.04.2019

Datum

Unterschrift im Original