
Bachelorarbeit

Programmierung einer PILZ PNOZmulti Sicherheitssteuerung im Projekt „DREWAG Fernwärme Trasse Nord“

angefertigt von:	Stefan Maeße Geb. am 13.10.1988 Matrikelnummer: 18744 Spezialisierung Industrie- und Gebäudeautomation
Betreuung:	Prof. Dr.-Ing. Peter Helm Dipl. Ing. Wolfram Kürth
Bearbeitungszeitraum:	22.07.2013-22.10.2013

Eidesstattliche Erklärung



Name, Vorname

Geburtsdatum, Geburtsort

Datum

PLZ, Wohnort

Straße, Haus-Nr.

Matrikelnummer

Hochschule Merseburg (FH)

Dezernat für Akademische Angelegenheiten

Geusaer Straße

06217 Merseburg

Belehrt über die Bedeutung einer eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen der Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt, gebe ich folgende eidesstattliche Versicherung ab:

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass die von mir vorgelegten Dokumente im Rahmen der Geltendmachung einer unbilligen Härte vollumfänglich meine Einkünfte belegen und darüber hinausgehende Einkünfte von mir nicht bezogen werden.

Mir ist bekannt, dass bei einer falschen Versicherung an Eides statt eine Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder eine Geldstrafe verhängt werden kann (§ 156 Strafgesetzbuch).

.....

Unterschrift Antragsteller

Sperrvermerk

Die Abschlussarbeit von Herrn Stefan Maeße darf aus Gründen der Geheimhaltung weder veröffentlicht, noch nachgedruckt oder in irgendeiner Form Dritten zugänglich gemacht werden. Die nachfolgende Arbeit enthält vertrauliche Daten der Firma AllTec Automatisierungs- und Kommunikationstechnik GmbH.

Ausgenommen von dieser Verpflichtung sind die Wiedergabe der Kenntnisse und Einblicke im Rahmen des Prüfungsverfahrens und die Veröffentlichung der Zusammenfassung der Arbeit.

Nach Ablauf von fünf Jahren, gerechnet ab dem Abgabedatum der schriftlichen Arbeit, unterliegt diese nicht mehr der Geheimhaltung.

Die Verteidigung der Abschlussarbeit darf

- öffentlich
 - nicht öffentlich
- stattfinden.

Ort, Datum _____

(Unterschrift betriebl. Betreuer)

(Unterschrift Absolvent)

(Unterschrift Hochschulbetreuer)

Danksagung

Diese Bachelorarbeit entstand bei der Firma AllTec Automatisierungs- und Kommunikationstechnik GmbH.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinen Betreuern Herrn Professor Helm und Herrn Kürth bedanken, die es mir ermöglicht haben an diesem interessanten und praxisnahen Projekt mitarbeiten zu können. Insbesondere möchte ich meinen netten Kollegen bei AllTec für die Hilfestellungen und gute Zusammenarbeit danken. Zuletzt richte ich ein großes Dankeschön an meine Freundin Bettina, die mich immer unterstützt hat.

Inhalt

Eidesstattliche Erklärung

Sperrvermerk

Danksagung

Inhalt	1
Abbildungsverzeichnis.....	3
Abkürzungsverzeichnis.....	5
Tabellen	6
1 Einleitung	7
1.1 Fernwärme [1]	7
1.2 Aufgabe Firma AllTec	9
2 Konkretisierte Aufgabenstellung	11
3 Aufbau der Anlage und Topologie	12
3.1 Aufbau Wärmeübertragungsstation HKW Nord [5]	12
3.2 Topologie des Leitsystems	13
4 Sicherheitssteuerung PILZ PNOZmulti.....	15
4.1 Funktionale Sicherheit nach EN/IEC 62061 [7].....	15
4.1.1 Klassifikation der Schwere	16
4.1.2 Klassifikation der Häufigkeit und Dauer der Exposition	16
4.1.3 Klassifikation der Wahrscheinlichkeit.....	17
4.1.4 Klassifikation der Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens	17
4.1.5 Matrix der SIL Zuordnung.....	18
4.1.6 Anforderungen zur Wahrscheinlichkeit gefahrbringender zufälliger Hardwareausfälle.....	18
4.1.7 Gefahrenanalyse im Projekt DREWAG	19
4.1.8 SIL-Ermittlung mithilfe von „Safety Calculator PAScal“	21
4.2 Redundante sicherheitsgerichtete Steuerung PILZ PNOZ multi.....	27
4.2.1 Aufbau PILZ PNOZ m1p base unit (CPU) [10]	27
4.2.2 Funktionsbeschreibung PILZ PNOZ m1p base unit.....	28
4.3 Funktionen der PILZ PNOZ multi im Projekt DREWAG [11].....	29
4.3.1 Sicherheits-Temperaturbegrenzer Wü 1-6	29

4.3.2	Sicherheits-Druckbegrenzer Wü 1-6.....	30
4.3.3	Sicherheits-Druckbegrenzer max Rücklaufleitung.....	31
4.3.4	Sicherheits-Druckbegrenzer min Druckhaltung	31
4.3.5	Not-Halt WÜS HKW-Nord.....	32
4.4	Hardware	33
4.4.1	PILZ PNOZ m1p base unit	33
4.4.2	PILZ PNOZ mc3p Profibus 2	34
4.4.3	PILZ PNOZ mi1p 8input	34
4.4.4	PILZ PNOZ mo4p 4n/o	35
4.5	PILZ PNOZmulti Topologie im Projekt DREWAG.....	36
4.6	PILZ PNOZmulti Configurator [12].....	37
4.6.1	Anlegen eines Projektes.....	37
4.6.2	Anwenderprogramm	38
4.7	Datenmodell und Sicherheitsprogramm.....	42
4.7.1	Datenmodell PILZ PNOZmulti [13]	42
4.7.2	Sicherheitsschaltung im Projekt DREWAG Fernwärme Trasse .	44
4.8	Test im Labor.....	51
4.8.1	Montage der SPS	51
4.8.2	Profibusanbindung.....	54
4.9	Inbetriebnahme.....	57
4.9.1	Vorstellung der realen Anlage	57
4.9.2	Inbetriebnahme der SPSen	61
5	Zusammenfassung und Fazit	63
6	Glossar	64
7	Quellen.....	65
8	Anhang	67
9	Anlage.....	88

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Funktionsmodell von Fernwärme [2]	8
Abbildung 1-2 Fernwärmenetze der DREWAG [3]	8
Abbildung 1-3 Maschinenhalle HKW Dresden Nord.....	9
Abbildung 3-1 Aufbau der Wärmeübertragestation	13
Abbildung 3-2 Topologie Leitsystem - HKW Dresden-Nord Neubau WÜS [6]...	14
Abbildung 4-1 PAScal Arbeitsablauf	21
Abbildung 4-2 PAScal SRCF Erstellung.....	22
Abbildung 4-3 PAScal Bibliothek	23
Abbildung 4-4 PAScal Sensorerstellung.....	24
Abbildung 4-5 SIL Ermittlung.....	26
Abbildung 4-6 Aufbau PILZ PNOZ m1p base unit.....	27
Abbildung 4-7 PILZ PNOZ m1p base unit.....	33
Abbildung 4-8 PILZ PNOZ mc3p Profibus 2	34
Abbildung 4-9 PILZ PNOZ mi1p 8input	34
Abbildung 4-10 PILZ PNOZ mo4p 4n/o	35
Abbildung 4-11 PILZ PNOZmulti Hardwarekonfiguration DREWAG	36
Abbildung 4-12 PILZ PNOZmulti Hardwarekonfiguration	37
Abbildung 4-13 Kennwortebenen	38
Abbildung 4-14 Configurator Oberfläche.....	39
Abbildung 4-15 Hardwarekonfiguration DREWAG	44
Abbildung 4-16 Seitenaufteilung.....	45
Abbildung 4-17 Programm eines Wü	45
Abbildung 4-18 Eingangselemente.....	46
Abbildung 4-19 Eingangselement konfigurieren.....	47
Abbildung 4-20 Programm Not-Halt	48
Abbildung 4-21 Programm Netzpumpen	49
Abbildung 4-22 Programm 2v3 Auswahl	50
Abbildung 4-23 Makroeditor.....	50
Abbildung 4-24 PILZ PNOZmulti Baugruppe gesteckt.....	51
Abbildung 4-25 PILZ PNOZmulti Baugruppe mit Hutschiene	52
Abbildung 4-26 PILZ PNOZmulti mit Stromanschluss.....	52

Abbildung 4-27 Comsoft netTest2 Profibus Test Tool [14].....	54
Abbildung 4-28 Versuchsaufbau Profibus mit S7-315 2 PN/DP	55
Abbildung 4-29 Profibusanbindung PNOZ Feldbusmodul.....	55
Abbildung 4-30 Wärmeübertragerstation_Anlage.....	57
Abbildung 4-31 9MW-Wärmeübertrager.....	58
Abbildung 4-32 STBmax und SDBmax.....	59
Abbildung 4-33 2v3 SDBmax Rücklauf.....	59
Abbildung 4-34 Umwälzpumpen.....	60
Abbildung 4-35 Schaltschrank DREWAG	61

Abkürzungsverzeichnis

AbStröRV	Abströmregelventile
BMK	Betriebsmittelkennzeichen
CCF	common-cause failures
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DH	Druckhaltung
FUP	Funktionsplan
GSD	Gerätstammdatei
HeiWa	Heiß-Wasser
HFT	Hardware Fehlertoleranz
HKW	Heizkraftwerk
max	Maximum
min	Minimum
MPI	Multi Point Interface
NaSpPp	Nachspeisepumpen
NetUmwPp	Netzumwälzpumpen
PFHd-Wert	Probability of dangerous failure per hour (Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde)
PG	Programmiergerät
PL	Performance Level
RL	Rücklauf
SDB	Sicherheits-Druckbegrenzer
SekSe	Sekundärseite vom Wärmeübertrager
SIL	Safety integrity level
SILCL	Safety integrity level Claim Limit
SPS	Speicher programmierbare Steuerungen
SRCF	Safety Related Control Function
STB	Sicherheits-Temperaturbegrenzer
VL	Vorlauf
WÜS	Wärmeübertragungsstation
Wü	Wärmeübertrager
ZFHN	Zentrales Fernheimnetz

Tabellen

Tabelle 4-1 Klassifikation der Schwere.....	16
Tabelle 4-2 Klassifikation der Häufigkeit und Dauer der Exposition	16
Tabelle 4-3 Klassifikation der Wahrscheinlichkeit.....	17
Tabelle 4-4 Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens.....	17
Tabelle 4-5 Matrix der SIL Zuordnung	18
Tabelle 4-6 Wahrscheinlichkeit gefahrbringender zufälliger Hardwareausfälle .	18
Tabelle 4-7 PFHD-Werte.....	24
Tabelle 4-8 Aufbau PNOZmulti m1p base unit.....	27
Tabelle 4-9 m1p.....	33
Tabelle 4-10 mc3p.....	34
Tabelle 4-11 mi1p.....	35
Tabelle 4-12 mo4p	35
Tabelle 4-13 Datenmodell.....	42

1 Einleitung

Die Firma DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH plant einen wärmetechnischen Verbund zwischen dem Zentralen Fernheiznetz Dresden und dem bestehenden Fernwärme Inselnetz Dresden Klotzsche.

1.1 Fernwärme [1]

Zunächst ist zu klären, was der Begriff Fernwärme überhaupt bedeutet. Fernwärme entsteht in Heizkraftwerken, in denen fossile oder biogene Brennstoffe verbrannt werden. Die dadurch entstehende Wärme wird im Überhitzer benötigt, um Wasser in einem Wasserkreislauf zu erhitzen (siehe Abbildung 1-1). Der dabei entstehende Wasserdampf betreibt bei max. 520-560 °C und einem Druck von 160-250 bar eine Dampfturbine, welche an einen Generator angeschlossen ist, der Strom erzeugt. Der Strom wird dann in das Versorgungsnetz der örtlichen Stadtwerke eingespeist. Nachdem sich der Wasserdampf in der Turbine entspannt hat, wird er in der Regel in Kühltürmen abgekühlt. Damit die thermische Energie nicht verschwendet wird, muss der Dampf noch durch Wärmetauscher gefördert werden. Das durch den Wärmetauscher fließende Wasser wird auf ca. 130 °C erhitzt. Danach fließt es durch stark wärmeisolierte Leitungen zu den Endverbrauchern. Vorteile davon sind:

- Heizungen der Endverbraucher werden direkt an das Fernwärmenetz angeschlossen
 - Endverbraucher benötigen keinen Heizkessel mehr
 - weniger CO₂ Emissionen durch den Verbraucher
 - weniger CO₂ Emissionen durch das HKW weil Kühltürme weniger kühlen müssen
 - Versorgungssicherheit im Wärmeversorgungsgebiet wird erhöht
-

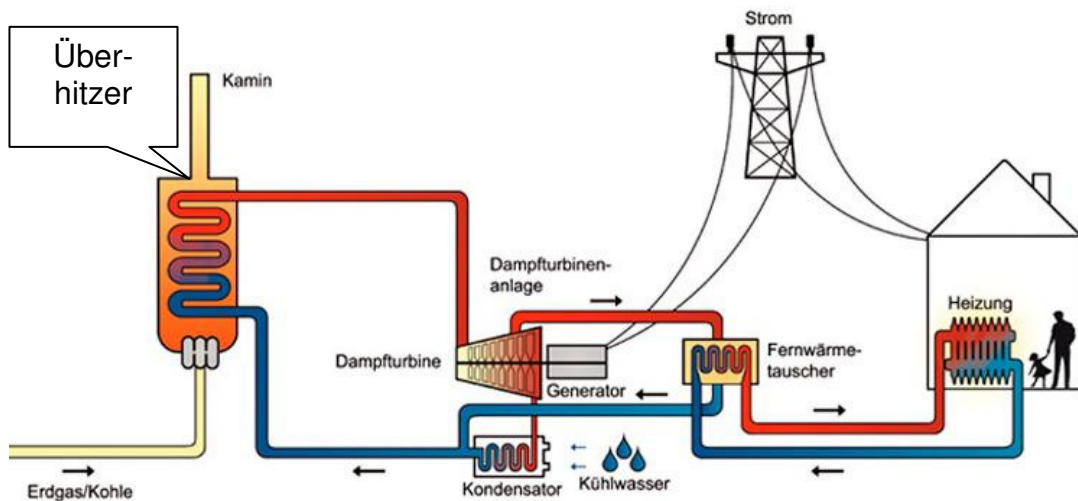


Abbildung 1-1 Funktionsmodell von Fernwärme [2]

Um die Fernwärme im Vorhaben der Firma DREWAG zu nutzen, wird eine Fernwärmeleitung bis in den Bestand des Inselnetzes Dresden Klotzsche errichtet (siehe Abbildung 1-2). Durch die neue Fernwärmeleitung werden Großabnehmer wie die Firma Infineon und viele Haushalte mit Wärme versorgt.

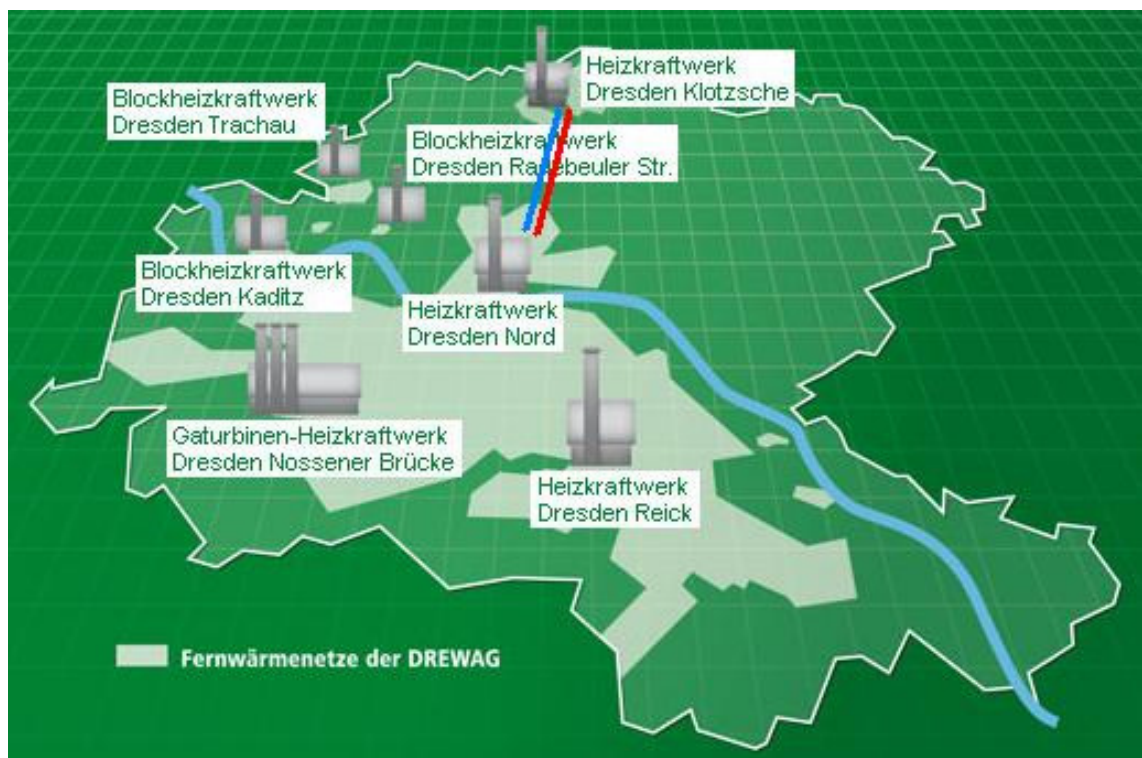


Abbildung 1-2 Fernwärmenetze der DREWAG [3]

Problem bei diesem Projekt ist der geodätische Höhenunterschied zwischen beiden Netzen [4]. Daher ist es erforderlich, eine hydraulische Wärmeübertragungsstation in der Maschinenhalle (siehe Abbildung 1-3) des HKW Dresden Nord zu errichten.



Abbildung 1-3 Maschinenhalle HKW Dresden Nord

1.2 Aufgabe Firma AllTec

Aufgaben der Firma AllTec sind:

- Lieferung und Montage der betriebsfertigen Feldgeräte
- Erweiterung des bestehenden Leitsystems mit WinCC OA
- Programmänderung, Erweiterung der vorhandenen SPS
- Inbetriebnahme

Aufgrund der Tatsache, dass an dem Fernwärmenetz namhafte Firmen wie Infineon angebunden sind, muss eine hohe Ausfallsicherheit gewährleistet

werden. Deswegen fordert der Auftraggeber den Verbau von zwei redundant geschalteter PILZ PNOZmulti Sicherheitssteuerungen mit SIL Zertifizierung nach EN/IEC 62061, worauf der Schwerpunkt dieser Bachelorthesis liegt.

2 Konkretisierte Aufgabenstellung

Hauptaufgabe des Praktikums ist die Projektierung und Programmierung einer sicherheitsgerichteten Steuerung PILZ PNOZmulti im Projekt DREWAG Fernwärme Trasse Nord, womit sich folgende Teilaufgaben ergeben:

- Einarbeitung in die Thematik der Sicherheitssteuerungen
 - Einarbeitung in die Thematik der SIL-Klassifizierung
 - Einarbeitung in das Pflichtenheft des Projektes
 - Bestellung von Hard- und Software
 - Einarbeitung in die Software PILZ PNOZmulti Configurator
 - Projektierung und Programmierung der PILZ-SPSen nach Pflichtenheft
 - Test und Versuchsaufbau der PILZ-SPSen im Labor
 - Inbetriebnahme Vor Ort
-

3 Aufbau der Anlage und Topologie

In diesem Kapitel wird der Aufbau und die Topologie der Anlage HKW Nord erläutert.

3.1 Aufbau Wärmeübertragungsstation HKW Nord [5]

Die WÜS HKW NORD besteht anlagenseitig aus einem 4 MW und fünf 9 MW Wärmeübertrager (siehe Abbildung 3-1). Im Betrieb sollen die Wü's je nach Leistungsbedarf nacheinander geschaltet werden. Aufgrund der Tatsache, dass ein 9 MW Wü keine niedrigen Leistungsanforderungen abdecken, ist es notwendig, einen 4 MW Wü zu installieren. Somit können auch kleinere Leistungsanforderungen erbracht werden. Ein Wü besteht aus zwei Primär- und Sekundärleitung, welche mit Wärme/-leitenden und -isolierenden Materialien ummantelt sind. Primärseitig befinden sich die Leitungen des Vor- und Rücklaufs vom ZFHN. Sekundärseitig befinden sich die Leitungen des Vor- und Rücklauf vom HKW Klotzsche. Durch vier Umwälzpumpen wird der Rücklauf von Klotzsche an die Wü's gefördert. Der VL des ZFHN versorgt den Wü mit Wärme und gibt sie an den VL Klotzsche ab. Nach dem Wärmetausch wird das ca. 130 C° heiße Wasser zum HKW Klotzsche zurück gefördert. Damit Temperaturen von 130 C° erreicht werden können, ist die Druckhaltung ein wichtiges Thema in der Anlage. Weil Wasser bei 100 C° verdampft, ist ein stetiger Überdruck in der Anlage zu halten. Damit der Überdruck gewährleistet werden kann, befinden sich an jedem Wü Druckbegrenzer-min und Temperaturbegrenzer-max. Sobald einer der Sensoren reagiert soll das zugehörige Regelventil des Wü schließen. Ausserdem sind im Rücklauf des ZFHN noch Nachspeisepumpen und Abströmventile montiert um den Druck zu regulieren. In Abbildung 3-1 werden nur Sicherheitsrelevante Ventile und Sensoren gezeigt, weil sie Hauptbestandteil der Pilzsteuerung sind. Das Komplette Anlagenschema ist auf der CD-Rom in der Anlage hinterlegt.

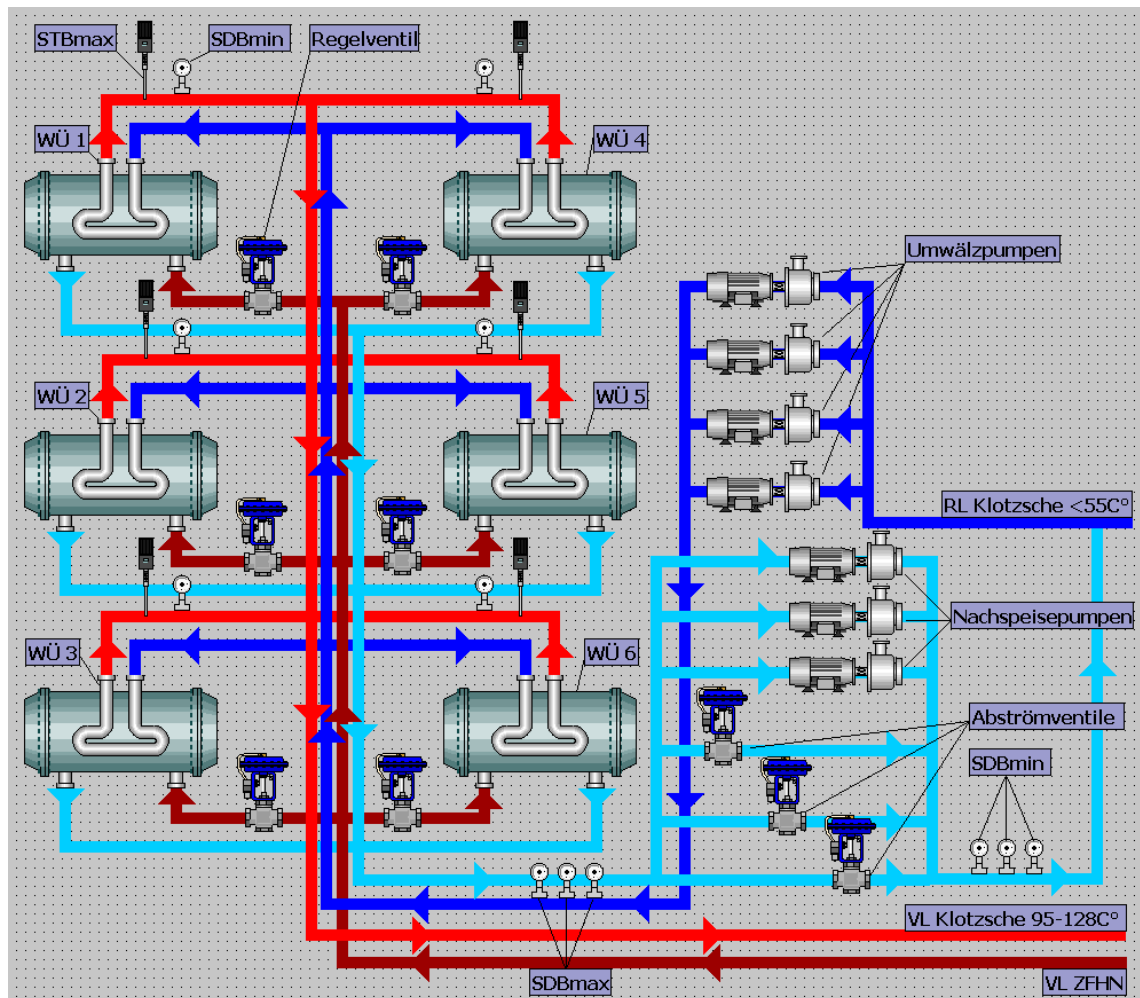


Abbildung 3-1 Aufbau der Wärmeübertragestation

3.2 Topologie des Leitsystems

Die zentrale Steuerung, Regelung und Überwachung für die nicht sicherheitsgerichteten Funktionen der Anlage übernimmt eine S7-400H-Steuerung. Eine dezentrale ET200M erfasst Ein- und Ausgangssignale. Die sicherheitsgerichteten Funktionen werden von zwei parallel geschalteten Pilz Steuerungen mit SIL-Klassifizierung realisiert. Aus Redundanzgründen werden zwei voneinander unabhängige Steuerungen verwendet. Die Ein- und Ausgänge werden auf beiden Geräte gleich verdrahtet, sodass beim Ausfall der Master-SPS ein zeitloser Übergang auf die Slave-SPS erfolgt. Als Erweiterung des bestehenden Leitsystems werden zwei S7-414 5H installiert, die in H-Schaltung parallel mit dem gleichen Programm im Master-/Slavemodus arbeiten. Das hat den Vorteil, dass bei Ausfall der MasterSPS die SlaveSPS

übergangslos den Betrieb übernimmt und die Anlage weitergefahren werden kann. Auch für Programmänderungen ist das sehr praktisch, da eine Sps geladen werden kann während die andere den Betrieb der Anlage übernimmt. Angeschlossen werden die 400er SPSen an das bestehende Ethernet Bussystem. Über den Profibus DP werden zwei ET200M zur Signalerfassung verbaut. Auch die PILZ Sicherheitssteuerungen sind am Profibus DP angeschlossen. (siehe Abbildung 3-2)

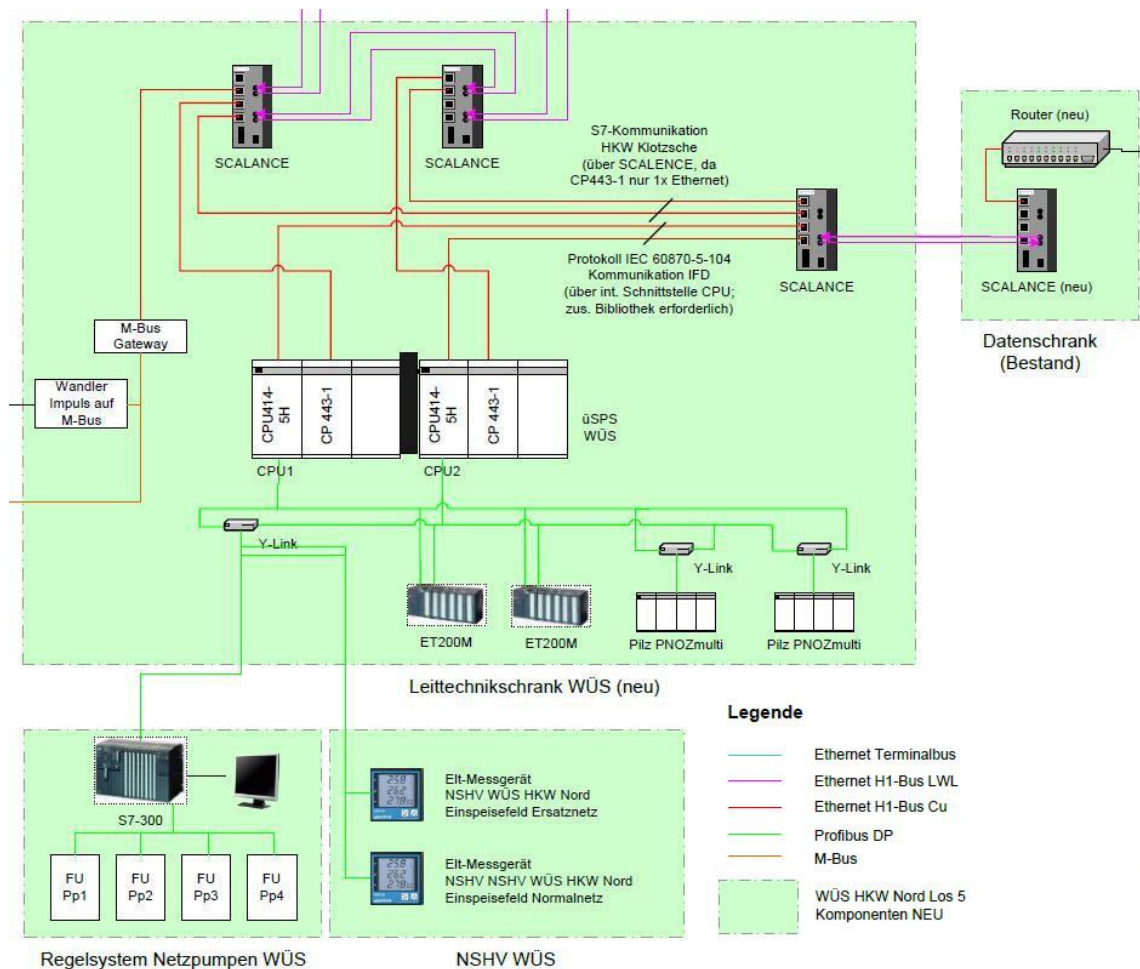


Abbildung 3-2 Topologie Leitsystem - HKW Dresden-Nord Neubau WÜS [6]

4 Sicherheitssteuerung PILZ PNOZmulti

Kapitel vier befasst sich ausschließlich mit der PILZ PNOZmulti Sicherheitssteuerung.

4.1 Funktionale Sicherheit nach EN/IEC 62061 [7]

Aufgrund der Tatsache, dass die PILZ Sicherheitssteuerung SIL zertifiziert ist, muss geklärt werden, was SIL bedeutet und nach welchen Kriterien es bewertet wird. In diesem Kapitel wird bewusst der Fokus auf die oben genannte Norm gelegt, weil die EN ISO 13849-1 eher für den Einsatz von pneumatischen und mechanischen Systemen empfohlen wird.

Die EN/IEC 62061 ist eine spezifische Norm unterhalb der IEC 61508. Sie befasst sich mit dem Entwurf sicherheitsgerichteter speicherprogrammierbarer Steuerungen von Maschinen und betrachtet den gesamten Lebenszyklus einer Anlage von der Projektierung bis hin zur Außerbetriebnahme. Grundlage der EN/IEC 62061 sind quantitative wie auch qualitative Betrachtungen von Sicherheitsfunktionen. Deswegen wird Hardware sowohl als auch Software betrachtet. [8]

Risikobetrachtung nach EN/IEC 62061

SIL bedeutet Sicherheits-Integritätslevel und wird nach der Gefahr, die von einem Steuerungstechnischen Prozess ausgeht ermittelt. Demnach erfolgt die Risikoabschätzung unter folgender Berücksichtigung:

- der Schwere der Verletzungen (**S**)
 - der Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition (**F**)
 - der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines gefahrbringenden Ereignisses (**W**)
 - der Möglichkeit zu Vermeidung oder Begrenzung des Schadens (**P**)
-

In den folgenden Tabellen wird gezeigt, wie diese Risikoabschätzungen bewertet werden und daraus der benötigte SIL berechnet wird.

4.1.1 Klassifikation der Schwere

Anhand der Klassifikation der Schwere wird das Risiko nach körperlichen Gefahren bewertet.

Tabelle 4-1 Klassifikation der Schwere

<u>Auswirkung</u>	<u>schwere(s)</u>
irreversibel: Tod, Verlust eines Auges oder Arms	4
irreversibel: gebrochene Gliedmaßen, Verlust eines/mehrer Finger(s)	3
reversibel: Behandlung durch einen Mediziner erforderlich	2
reversibel: Erste Hilfe erforderlich	1

4.1.2 Klassifikation der Häufigkeit und Dauer der Exposition

Anhand der Klassifikation der Häufigkeit und Dauer der Exposition wird das Risiko nach Dauer und Eintrittszahl eines gefährlichen Zustandes bewertet.

Tabelle 4-2 Klassifikation der Häufigkeit und Dauer der Exposition

<u>Häufigkeit der Exposition</u>	<u>Dauer (F) > 10 m*</u>
<= 1h	5
>1h bis <=1 Tage	5
>1 Tage bis <= 2 Wochen	4
>2 Wochen bis <= 1Jahr	3
> 1 Jahr	2

4.1.3 Klassifikation der Wahrscheinlichkeit

Anhand der Klassifikation der Wahrscheinlichkeit wird bewertet, wie hoch oder niedrig die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Gefahrenzustandes ist.

Tabelle 4-3 Klassifikation der Wahrscheinlichkeit

<u>Wahrscheinlichkeit des Auftretens</u>	<u>Wahrscheinlichkeit (W)</u>
sehr hoch	5
wahrscheinlich	4
möglich	3
selten	2
vernachlässigbar	1

4.1.4 Klassifikation der Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens

Anhand der Klassifikation der Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens wird bewertet, wie hoch die Möglichkeiten sind eine Gefahrensituation zu vermeiden oder zu verkleinern.

Tabelle 4-4 Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens

<u>Möglichkeit der Vermeidung oder Begrenzung</u>	<u>Vermeidung und Begrenzung</u>
Unmöglichkeit	5
selten	3
wahrscheinlich	1

Nachdem ermitteln von F, W und P kann die Berechnung des SIL vorgenommen werden.

Formel: $K = F + W + P$

Anhand der Klasse (K) und der Schwere (S) wird der SIL aus der folgenden Matrix abgelesen:

4.1.5 Matrix der SIL Zuordnung

Tabelle 4-5 Matrix der SIL Zuordnung

<u>Schwere</u> <u>(S)</u>	<u>Klasse (K)</u> <u>3-4</u>	<u>Klasse (K)</u> <u>5-7</u>	<u>Klasse (K)</u> <u>8-10</u>	<u>Klasse (K)</u> <u>11-13</u>	<u>Klasse (K)</u> <u>14-15</u>
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		(AM)	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2			(AM)	SIL 1	SIL 2
1				(AM)	SIL 1

(AM) andere Maßnahmen

4.1.6 Anforderungen zur Wahrscheinlichkeit gefahrbringender zufälliger Hardwareausfälle

In Tabelle 4-6 wird über den PFHd-Wert (vom Hersteller angegeben) der entsprechende SIL abgelesen

Tabelle 4-6 Wahrscheinlichkeit gefahrbringender zufälliger Hardwareausfälle

SIL Level nach EN 62061	Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde PFHd
SIL 3	$\geq 10 e^{-8}$ bis $< 10 e^{-7}$
SIL 2	$\geq 10 e^{-7}$ bis $< 10 e^{-6}$
SIL 1	$\geq 10 e^{-6}$ bis $< 10 e^{-5}$

4.1.7 Gefahrenanalyse im Projekt DREWAG

Damit der benötigte SIL im Projekt DREWAG ermittelt werden kann, muss eine Gefahrenanalyse erstellt werden. Durch den Einsatz von Sicherheitssteuerungen sollen gefahrbringende Situationen vermieden werden. Im Projekt DREWAG soll fordergründlich die Versorgungssicherheit der Endverbraucher erhöht werden. Die DREWAG verlangt mindestens eine SIL1 Zertifizierung. Hierbei sind folgende vier Gefahrenanalysen entstanden:

Störung: **-Temperatur in der Zuleitung vom Wü zu Hoch**

Ursache: -zu hohe Temperatur im VL ZFHN
-Druck im VL ZFHN zu hoch

Auswirkung: -eventuelle Zerstörung des Wü
-Medium wird zu heiß an den Endverbraucher gefördert

Gegenmaßnahme: -Sicherheitsventil mit Federrückstellung vor dem Wü

Störung: **-Druck in der Zuleitung vom Wü zu niedrig**

Ursache: -Medium fließt mit nicht ausreichendem Druck vom VL ZFHN

Auswirkung: -Medium wird bei Temperaturen über 100C° gasförmig
-Medium kann nicht mit ausreichender Temperatur an den Endverbraucher gefördert werden

Gegenmaßnahme: -Sicherheitsventil mit Federrückstellung vor dem Wü

Störung: -Druck in der Rückleitung zu hoch

Ursache: -Medium fließt vom RL Klotzsche mit zuviel Druck

Auswirkung: -Explosions-Gefahr durch Überdruck
-Zerstörung des Wü

Gegenmaßnahme: -ausschalten der Nachspeisepumpen

Störung: -Druck in der Druckhaltung zu niedrig

Ursache: -Medium wird durch Wü mit zu wenig Druck gefördert

Auswirkung: -Medium wird gasförmig bei hohen Temperaturen
-gewünschte Temperaturen werden nicht erreicht

Gegenmaßnahme: -ausschalten der Nachspeisepumpen
-schließen der Abströmventile
-schließen der Regelventile von Wü 1-6
-ausschalten der Umwälzpumpen

4.1.8 SIL-Ermittlung mithilfe von „Safety Calculator PAScal“

Die Firma PILZ bietet dem Anwender ein Programm Namens PAScal an. Mit dieser Software ist es möglich, Sicherheitslevel nach EN ISO 13849-1 oder EN/IEC 62061 einer Anlage zu berechnen. Durch die Verwendung von PAScal wird die komplexe Zusammenrechnung von einzelnen Komponenten eines Subsystems übersichtlicher und einfacher. Aufgrund der Tatsache, dass nur eine Demoverision des Programms zur Verfügung steht, wird in diesem Kapitel nur beispielhaft auf ein Subsystem der Gesamtschaltung eingegangen. Nach dem Öffnen von PAScal wird üblicherweise ein neues Projekt erstellt. Zu diesem Zeitpunkt wird gleich nachgefragt, nach welcher Sicherheitsnorm die Subsysteme bewertet werden sollen (siehe Abbildung 4-1). Zur Auswahl stehen:

- PL EN ISO 13849-1
- SIL EN/IEC 62061

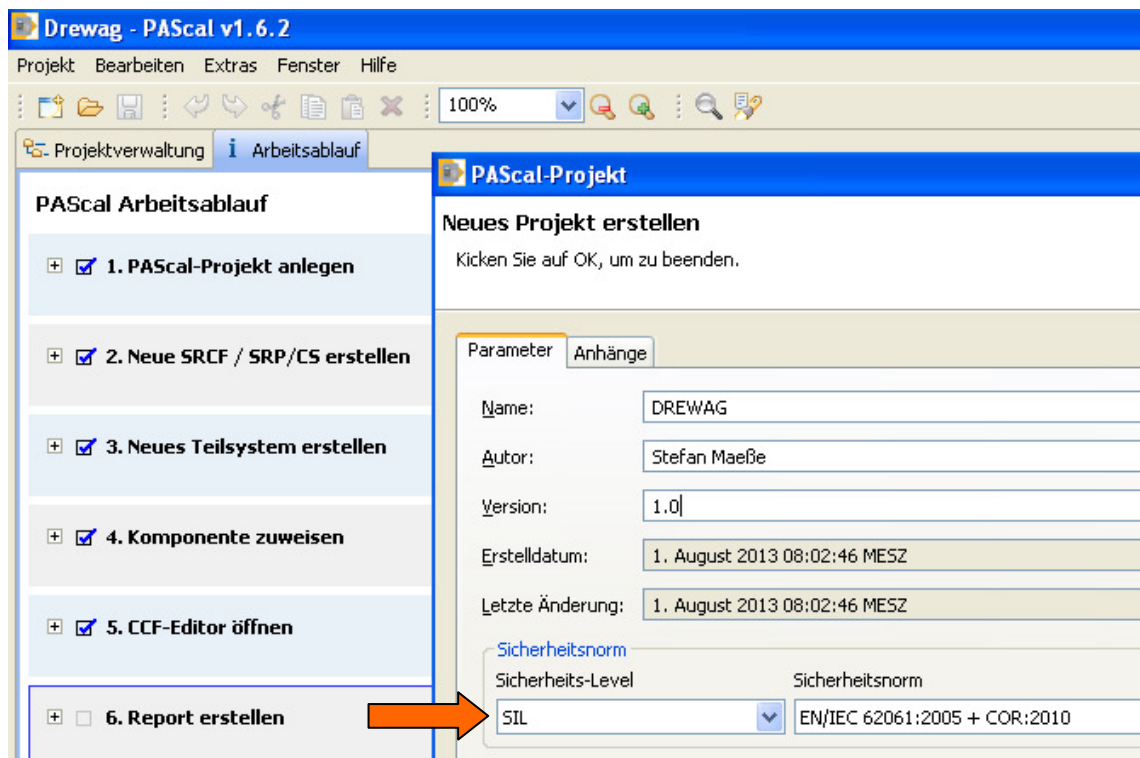


Abbildung 4-1 PAScal Arbeitsablauf

Nach dem SIL gewählt und ein neues Projekt angelegt wurde, können die einzelnen SRCF's erstellt werden. Benannt wird das erste Subsystem mit dem Namen Wü 1-6 Temperaturbegrenzung. Anschließend besteht die Möglichkeit eine fertige Vorlage einer SRCF zu benutzen. Hierfür sind folgende Konstellationen auswählbar (siehe Abbildung 4-2):

- Sensor – Eingang – Logik – Ausgang – Aktor
- Sensor – Logik – Aktor

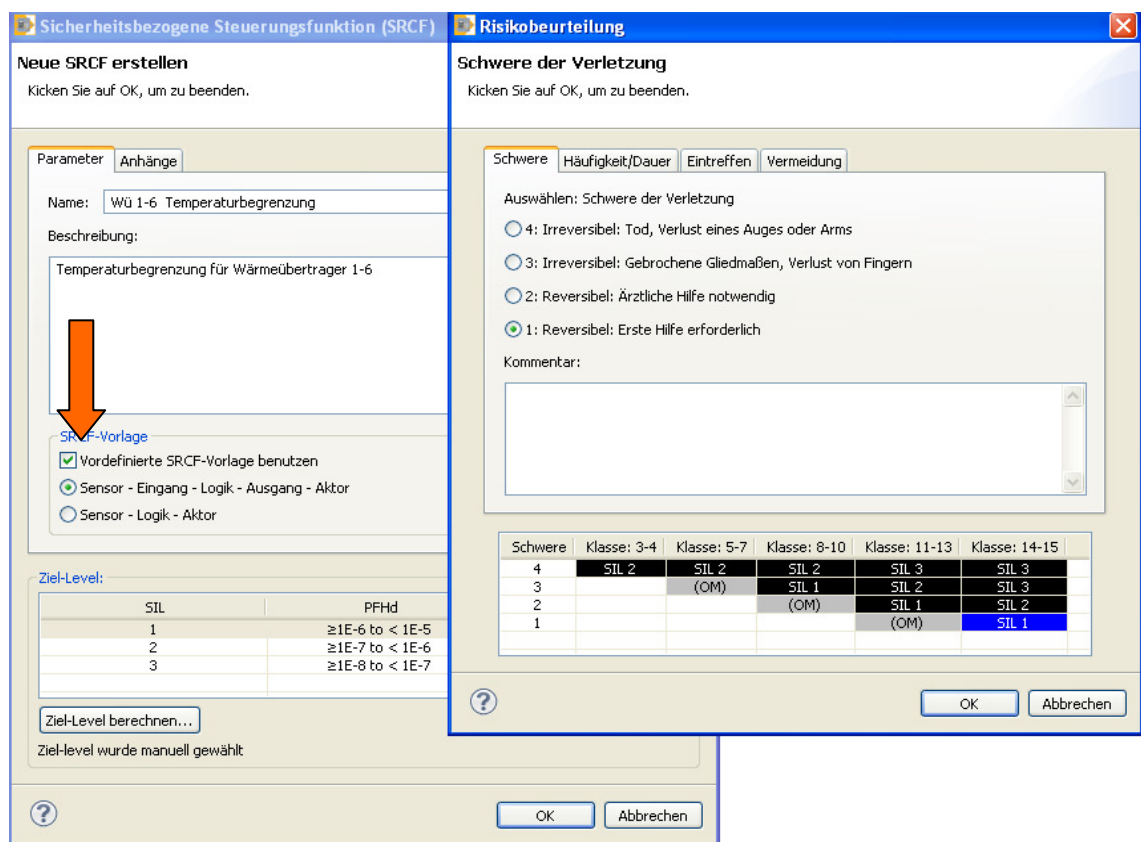


Abbildung 4-2 PAScal SRCF Erstellung

Aufgrund der Tatsache, dass das Subsysteme vom Sensor bis zum Aktor komplett bewertet werden soll, wird die erste SRCF-Vorlage gewählt. Im Anschluss daran wird das Ziellevel des Subsystems ermittelt. PAScal bietet hierfür eine Berechnungsfunktion an, die auf Grundlage der Risikobetrachtung nach EN/IEC 62061 arbeitet (siehe Kapitel 4.1 Risikobetrachtung nach EN/IEC 62061). Nach dem der geforderte SIL 1 ermittelt wurde, werden sämtliche Komponenten für Sensor, Eingang, Logik, Ausgang und Aktor per Drag &

Drop aus der Bibliothek gezogen. Jedoch besteht die Bibliothek nur aus Komponenten der Pilz-Produktpalette. Aber in der Realität bestehen nur wenige Anlagen ausschließlich aus Pilz-Komponenten (siehe Abbildung 4-3). Hierfür besteht die Möglichkeit, fertige Bibliotheken von anderen Herstellern zu importieren oder Komponenten selbst zu konfigurieren.

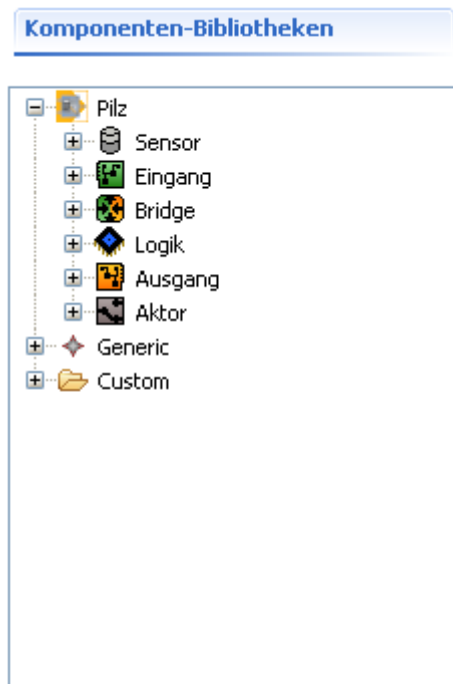


Abbildung 4-3 PAScal Bibliothek

Im Projekt der DREWAG wurden Sensoren und Aktoren verbaut, für die keine Bibliotheken vorhanden sind. Aus diesem Grund müssen diese mithilfe von Datenblättern selbst konfiguriert werden. Hierzu wird unter dem Reiter „Custom“ ein neuer Sensor oder Aktor angelegt. Per Rechtsklick auf dem erstellten Element lässt sich ein Komponententyp hinzufügen. Danach öffnet sich ein Fenster in dem die Beschreibung der Komponente erstellt wird (siehe Abbildung 4-4). Zuerst wird der Komponente ein Name vergeben. Im Anschluss daran erfolgt eine Typ-Auswahl wofür folgende vier Typen auswählbar sind:

- MTTFd[Jahr(e)]
- B10d
- PL/SIL
- Fehlerausschluss

Abschließend findet die Parametereinstellung statt. Sämtliche PFHD-Werte wurden den Datenblättern entnommen und in Tabelle 4-7 eingetragen.



Abbildung 4-4 PASCAL Sensorerstellung

Tabelle 4-7 PFHD-Werte

Bezeichnung	Bauelemente,..	PFHD-Wert
FernWT 1 SDB min Druck HeiWa	Sicherheitsdruckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
FernWT 1 STBmax Austrittstemp.	Widerstandsthermometer	$3,07 \cdot 10^{-10}$
	Sicherheitstemperaturschalter	
FernWT 2 SDB min Druck HeiWa	Sicherheitsdruckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
FernWT 2 STBmax Austrittstemp.	Widerstandsthermometer	$3,07 \cdot 10^{-10}$
	Sicherheitstemperaturschalter	
FernWT 3 SDB min Druck HeiWa	Sicherheitsdruckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
FernWT 3 STBmax Austrittstemp.	Widerstandsthermometer	$3,07 \cdot 10^{-10}$
	Sicherheitstemperaturschalter	
FernWT 4 SDB min Druck HeiWa	Sicherheitsdruckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
FernWT 4 STBmax Austrittstemp.	Widerstandsthermometer	$3,07 \cdot 10^{-10}$
	Sicherheitstemperaturschalter	
FernWT 5 SDB min Druck HeiWa	Sicherheitsdruckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
FernWT 5 STBmax Austrittstemp.	Widerstandsthermometer	$3,07 \cdot 10^{-10}$
	Sicherheitstemperaturschalter	
FernWT 6 SDB min Druck HeiWa	Sicherheitsdruckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
FernWT 6 STBmax Austrittstemp.	Widerstandsthermometer	$3,07 \cdot 10^{-10}$
	Sicherheitstemperaturschalter	
SDB max HeiWa RLf Ltg SekSe	Sicherheits-Druckbegrenzer	$7,7 \cdot 10^{-8}$
SDB max HeiWa RLf Ltg SekSe	Sicherheits-Druckbegrenzer	$7,7 \cdot 10^{-8}$
SDB max HeiWa RLf Ltg SekSe	Sicherheits-Druckbegrenzer	$7,7 \cdot 10^{-8}$
SDB min HeiWa DH Trasse Nord	Sicherheits-Druckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
SDB min HeiWa DH Trasse Nord	Sicherheits-Druckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$

SDB min HeiWa DH Trasse Nord	Sicherheits-Druckbegrenzer	$5,9 \cdot 10^{-8}$
Not-Halt WÜS Nord	PIT es Set	$8,20 \cdot 10^{-10}$
NetUmwPp 1 Not-Halt	Not-Aus Sicherheitsschaltgerät	$2,31 \cdot 10^{-10}$
	Not-Aus Sicherheits-Zeitrelais	$2,34 \cdot 10^{-10}$
	Frequenzumrichter	$7 \cdot 10^{-10}$
NetUmwPp 2 Not-Halt	Not-Aus Sicherheitsschaltgerät	$2,31 \cdot 10^{-10}$
	Not-Aus Sicherheits-Zeitrelais	$2,34 \cdot 10^{-10}$
	Frequenzumrichter	$7 \cdot 10^{-10}$
NetUmwPp 3 Not-Halt	Not-Aus Sicherheitsschaltgerät	$2,31 \cdot 10^{-10}$
	Not-Aus Sicherheits-Zeitrelais	$2,34 \cdot 10^{-10}$
	Frequenzumrichter	$7 \cdot 10^{-10}$
NetUmwPp 4 Not-Halt	Schütz	$7,3 \cdot 10^{-8}$
FernWT 1 HeiWaRV Sicherheitsfkt.	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
FernWT 2 HeiWaRV Sicherheitsfkt.	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
FernWT 3 HeiWaRV Sicherheitsfkt.	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
FernWT 4 HeiWaRV Sicherheitsfkt.	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
FernWT 5 HeiWaRV Sicherheitsfkt.	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
FernWT 6 HeiWaRV Sicherheitsfkt.	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
NaSpPp 1 Sicherheitsfunktion	Schütz	$7,3 \cdot 10^{-8}$
NaSpPp 2 Sicherheitsfunktion	Schütz	$1,0138 \cdot 10^{-10}$
NaSpPp 3 Sicherheitsfunktion	Schütz	$1,0138 \cdot 10^{-10}$
AbStröRV 1 Sicherheitsfunktion	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
AbStröRV 2 Sicherheitsfunktion	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
AbStröRV 3 Sicherheitsfunktion	Motorregelventil	PFD $2,3 \cdot 10^{-4}$
Sicherheitsgerichtete Steuerung	Basismodul	$4,90 \cdot 10^{-10}$
	Eingangsbaugruppe	$9,20 \cdot 10^{-10}$
	Ausgangsbaugruppe	$9,20 \cdot 10^{-10}$

Nachdem alle Komponenten erstellt wurden, können diese per Drag & Drop in die dafür vorgesehen Kästchen der SRCF gezogen werden. Am Beispiel der „Wü 1-6 Temperaturbegrenzung“ ergibt sich folgende Konstellation (siehe Abbildung 4-5).

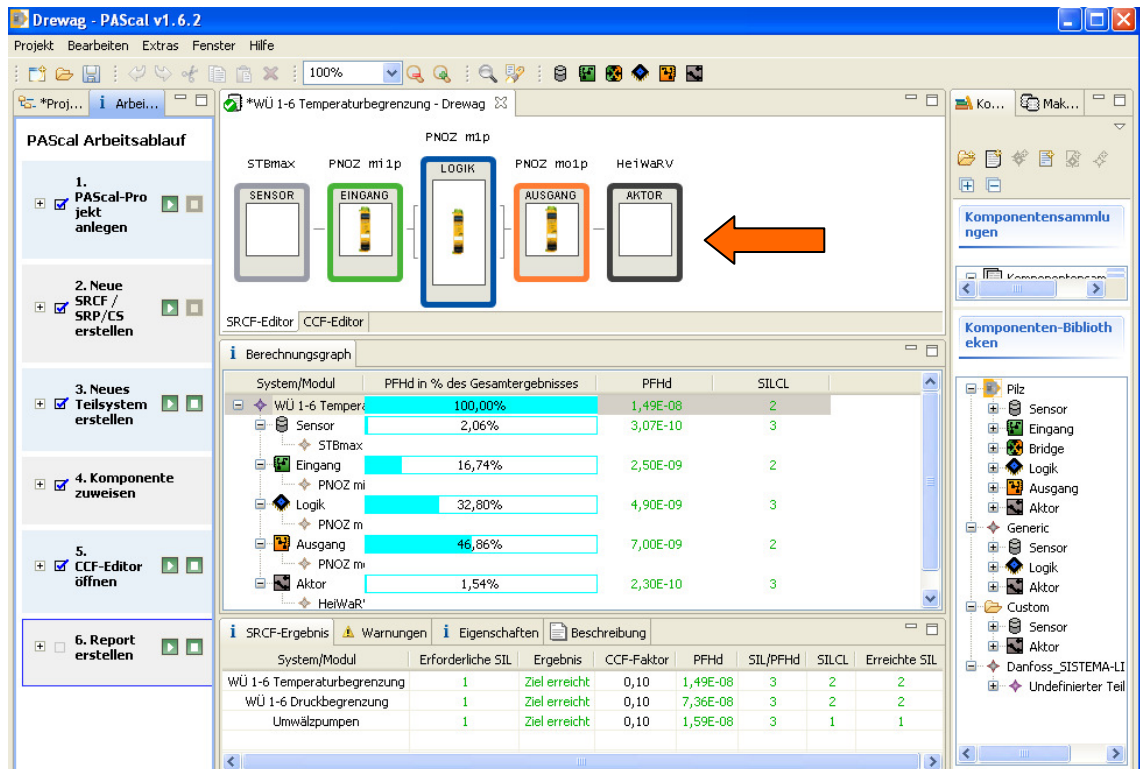


Abbildung 4-5 SIL Ermittlung

Unterhalb der eingefügten Komponenten ist ein Berechnungsgraph ersichtlich der sämtliche PFHd-Werte auflistet und addiert. Des Weiteren wird auch noch der jeweilige SILCL angezeigt. Abschließend wird das SRCF-Ergebnis angezeigt, indem ersichtlich ist, ob das geforderte SIL erreicht wurde oder nicht. Sollte das gewünschte SIL nicht erreicht worden sein, besteht die Möglichkeit über den CCF-Editor durch bestimmte Bau- oder Programmiermaßnahmen das SIL zu erhöhen. Im CCF-Editor werden folgende Unterpunkte zur Aufwertung angeboten:

- Trennung/Isolierung
- Diversität/Redundanz
- Komplexität/Entwurf/Anwendung
- Beurteilung/Analyse
- Überwachung der Umgebungsbedingungen

Am Ende besteht die Möglichkeit, einen Report zu erstellen, welcher zur Vorlegung beim TÜV oder Auftraggeber genutzt werden kann.

4.2 Redundante sicherheitsgerichtete Steuerung PILZ PNOZ multi

In diesem Kapitel wird kurz der Aufbau und die Funktionsweise des PILZ PNOZmulti Basisgeräts beschrieben.

4.2.1 Aufbau PILZ PNOZ m1p base unit (CPU) [10]

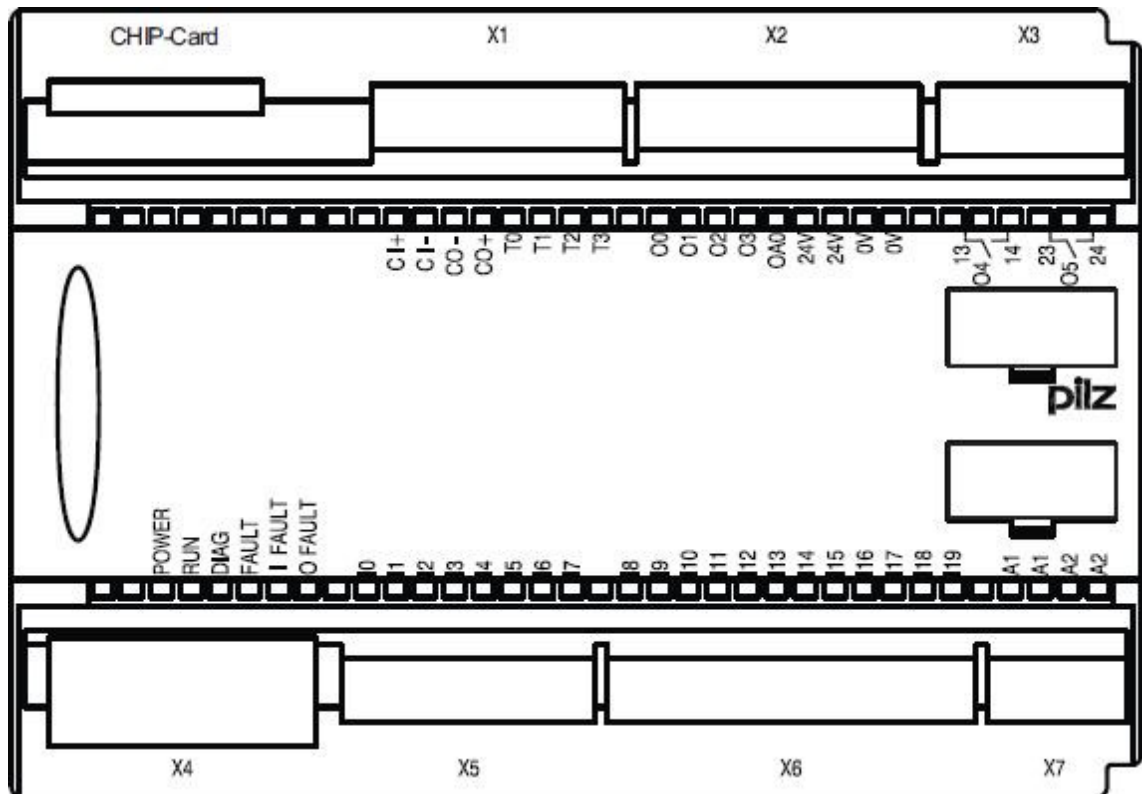


Abbildung 4-6 Aufbau PILZ PNOZ m1p base unit

Die entsprechende Legende zum Aufbau der base unit ist in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 4-8 Aufbau PNOZmulti m1p base unit

Position	
CHIP-Card	Schnittstelle Chipkarte
X1	Kaskadierein- und Ausgänge CI-CO
	Taktausgänge T0-T3
X2	Halbleiterausgänge O0-O3
	Hilfsausgang OA0

	Versorgungsanschlüsse
X3	Relaisausgänge O4-O5
X4	RS232-Schnittstelle
X5,X6	Eingänge I0-I19
X7	Netzteil
LED's	POWER
	RUN
	DIAG
	FAULT
	I FAULT
	O FAULT

4.2.2 Funktionsbeschreibung PILZ PNOZ m1p base unit

Die Arbeitsweise der Ein- und Ausgänge ist abhängig von der Sicherheitschaltung. Mit dem Programm PILZ PNOZmulti Configurator wird die Schaltung programmiert, welche mittels Chipkarte auf das Basisgerät übertragen wird. Die base unit verfügt über zwei interne Micro-Controller die sich gegenseitig überwachen. Dadurch werden Eingangskreise des Basisgeräts und sämtliche Erweiterungsmodule ausgewertet. Abhängig von dieser Auswertung werden Ausgänge geschaltet oder nicht geschaltet.

4.3 Funktionen der PILZ PNOZ multi im Projekt DREWAG [11]

Im Kapitel 4.3 wird auf die Aufgaben und Funktionen der PILZ PNOZmulti Steuerung im Projekt DREWAG eingegangen.

4.3.1 Sicherheits-Temperaturbegrenzer Wü 1-6

An jedem Wärmeüberträger ist sekundärseitig ein Sicherheits-Temperaturbegrenzer (STBmax) installiert. Dieser Begrenzer ist mit der zentralen S7-400 und der PILZ Sicherheitssteuerung verdrahtet. Sollte eine festgelegte Temperatur überschritten werden, (in diesem Fall 140 C°) hat die Zentrale SPS die Aufgabe das zu quittieren. Die Pilz Sicherheitssteuerung hat die Aufgabe, von diesem Zustand wegzuführen. Folgende sechs dieser Temperaturbegrenzer sind installiert:

- N5 NDD12 CT701 FernWT 1 STBmax Austrittstemp. SekSe
- N5 NDD22 CT701 FernWT 2 STBmax Austrittstemp. SekSe
- N5 NDD32 CT701 FernWT 3 STBmax Austrittstemp. SekSe
- N5 NDD42 CT701 FernWT 4 STBmax Austrittstemp. SekSe
- N5 NDD52 CT701 FernWT 5 STBmax Austrittstemp. SekSe
- N5 NDD62 CT701 FernWT 6 STBmax Austrittstemp. SekSe

Die Geräte schalten einstufig bei Überschreitung der kritischen Werte. In diesem Fall schließt das primärseitige Regelventil des Wärmeübertragers. Dies geschieht sicherheitsgerichtet durch Entzug der Spannungsversorgung und das Ventil schließt über Federkraft. Des Weiteren führt die Auslösung jeweils zur Sperrung der Temperaturregelung und der Regler stellt sich auf „Zwangshand“. Die Absperrklappe auf der Sekundärseite wird unverzüglich geschlossen. Beim Auslösen eines STBmax wird am Leitsystem eine Einzelmeldung mit Temperaturüberschreitung visualisiert.

4.3.2 Sicherheits-Druckbegrenzer Wü 1-6

An jedem Wärmeüberträger ist sekundärseitig ein Sicherheits-Druckbegrenzer (SDBmin) installiert. Dieser Begrenzer ist mit der zentralen S7-400 und der PILZ Sicherheitssteuerung verdrahtet. Sollte ein festgelegter kritischer Druck unterschritten werden, hat die Zentrale SPS die Aufgabe, das zu quittieren. Die Pilz Sicherheitssteuerung hat die Aufgabe von diesem kritischen Zustand wegzuführen. folgende sechs dieser Druckbegrenzer sind installiert:

- N5 NDD12 CP701 FernWT 1 SDBmin Druck HeiWa
- N5 NDD22 CP701 FernWT 2 SDBmin Druck HeiWa
- N5 NDD32 CP701 FernWT 3 SDBmin Druck HeiWa
- N5 NDD42 CP701 FernWT 4 SDBmin Druck HeiWa
- N5 NDD52 CP701 FernWT 5 SDBmin Druck HeiWa
- N5 NDD62 CP701 FernWT 6 SDBmin Druck HeiWa

Die Geräte schalten einstufig bei Unterschreitung der kritischen Werte. In diesem Fall schließt das primärseitige Regelventil des Wärmeübertragers. Dies geschieht sicherheitsgerichtet durch Entzug der Spannungsversorgung und das Ventil schließt über Federkraft. Des Weiteren führt die Auslösung jeweils zur Sperrung der Temperaturregelung und der Regler stellt sich auf „Zwangshand“. Die Absperrklappe auf der Sekundärseite wird unverzüglich geschlossen. Beim Auslösen eines SDBmin wird am Leitsystem eine Einzelmeldung mit Temperaturüberschreitung visualisiert.

4.3.3 Sicherheits-Druckbegrenzer max Rücklaufleitung

An der gemeinsamen Rücklaufleitung der sechs Wärmeübertrager sind drei SDB max installiert. Diese Druckbegrenzer werden ebenfalls mit der zentralen S7-400 und der PILZ Sicherheitssteuerung verdrahtet. Sollte ein festgelegter kritischer Druck überschritten werden, hat die zentrale SPS die Aufgabe das zu quittieren.

- N5 NDB15 CP701; XK01 HeiWa RLf Ltg SDBmax
- N5 NDB15 CP702; XK01 HeiWa RLf Ltg SDBmax
- N5 NDB15 CP703; XK01 HeiWa RLf Ltg SDBmax

Diese drei Druckbegrenzer werden nach sicherheitsgerichteter 2v 3-Technik ausgewertet. Das heißt, wenn ein Sensor den boolschen Wert „0“ hat, schaltet die Schaltung weiterhin durch. Sobald zwei Sensoren den Wert „0“ haben, erfolgt der Eingriff, der wieder in den sicheren Zustand führt. Dafür werden alle Nachspeisepumpen abgeschaltet, (sicherheitsgerichtet → Spannungsentzug) die für die Druckhaltung zuständig sind.

4.3.4 Sicherheits-Druckbegrenzer min Druckhaltung

In der gesamten Zuleitung der Wärmeübertrager sind drei SDB min verbaut. Diese Druckbegrenzer werden auch mit der zentralen S7-400 und der PILZ Sicherheitssteuerung verdrahtet. Sollte ein festgelegter kritischer Druck unterschritten werden, hat die Zentrale SPS die Aufgabe das zu quittieren.

- N5 NDK15 CP701; XK01 HeiWa DH Trasse Nord SDBmin
- N5 NDK15 CP702; XK01 HeiWa DH Trasse Nord SDBmin
- N5 NDK15 CP703; XK01 HeiWa DH Trasse Nord SDBmin

Diese drei Druckbegrenzer werden auch nach sicherheitsgerichteter 2v 3-Technik ausgewertet. Sobald zwei Sensoren den boolschen Wert „0“ haben, erfolgt der Eingriff, der wieder in den sicheren Zustand führt. Dafür werden alle

primärseitigen Regelventile, alle Abströmventile in der DH geschlossen und alle Netzpumpen abgeschaltet. (Sicherheitsgerichtet -> Spannungsentzug)

4.3.5 Not-Halt WÜS HKW-Nord

In der gesamten Anlage werden nach den Sicherheitsbestimmungen Not-Halt Taster verbaut, welche ebenfalls mit der zentralen S7-400 und der PILZ Sicherheitssteuerung verdrahtet werden. Sobald der Taster betätigt wird, werden die primärseitigen Regelventile aller Wärmeübertrager geschlossen. Dazu werden alle Umwälzpumpen und Nachspeisepumpen gestoppt. Zuletzt werden die Abströmventile der Druckhaltung zugefahren. Diese Eingriffe erfolgen wieder sicherheitsgerichtet mit Entzug der Spannung und Ventile werden per Federkraft verschlossen.

4.4 Hardware

Im Kapitel 4.4 werden kurz Hardwarekomponenten der PILZ PNOZmulti vorgestellt. Diese werden im Projekt der DREWAG zum Einsatz kommen.

4.4.1 PILZ PNOZ m1p base unit

Die base unit ist das Basisgerät der PILZ PNOZmulti Steuerung und beinhaltet:

- CPU
- Spannungsversorgung
- Speicherkarte
- Takteingänge
- digitale Eingänge
- Relaisausgänge
- Halbleiterausgänge
- RS232 Schnittstelle

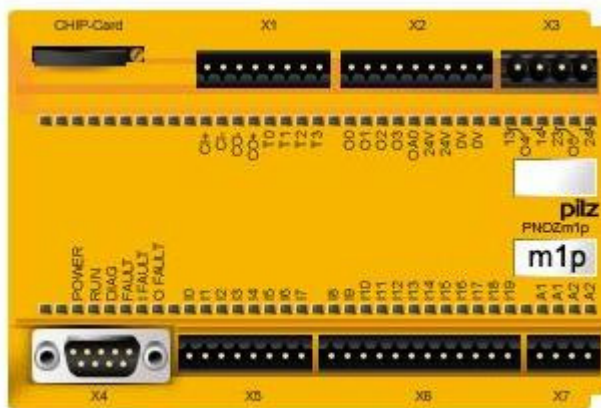


Abbildung 4-7 PILZ PNOZ m1p base unit

Tabelle 4-9 m1p

Anzahl digitale Eingänge:	20
Anzahl Testtakte:	4
Anzahl Relaisausgänge:	4
Anzahl Halbleiterausgänge:	2
Umgebungstemperatur:	0 – 60C°

4.4.2 PILZ PNOZ mc3p Profibus 2

Das mc3p-Modul ist das Feldbusmodul, welches die Steuerung mit dem Profibus verbindet.



Abbildung 4-8 PILZ PNOZ mc3p Profibus 2

Tabelle 4-10 mc3p

Feldbus-Schnittstelle:	Profibus DP
Feldbus-Typ:	Slave
Umgebungstemperatur:	0 – 60C°

4.4.3 PILZ PNOZ mi1p 8input

Das mi1p-Modul ist eine Eingangskarte, welche acht zusätzliche digitale Eingänge zur Verfügung stellt.



Abbildung 4-9 PILZ PNOZ mi1p 8input

Tabelle 4-11 mi1p

Anzahl digitale Eingänge:	8
Umgebungstemperatur:	0 – 60C°

4.4.4 PILZ PNOZ mo4p 4n/o

Das mo4p-Modul ist eine Ausgangskarte, welche vier zusätzliche Relaisausgänge zur Verfügung stellt.

**Abbildung 4-10 PILZ PNOZ mo4p 4n/o****Tabelle 4-12 mo4p**

Anzahl Relaisausgänge:	4
Umgebungstemperatur:	0 – 60C°

4.5 PILZ PNOZmulti Topologie im Projekt DREWAG

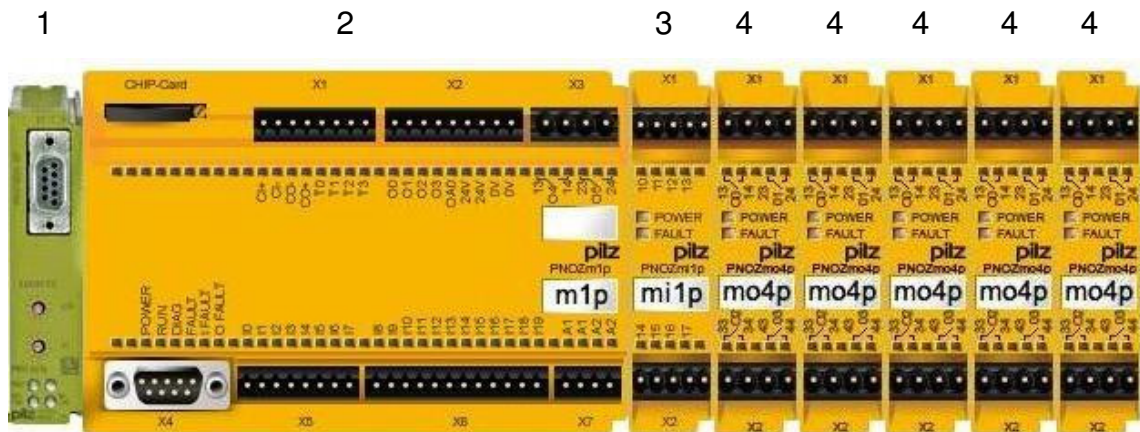


Abbildung 4-11 PILZ PNOZmulti Hardwarekonfiguration DREWAG

In der Abbildung 4-11 ist eine der zwei PILZ PNOZmulti Sicherheitssteuerungen zu sehen, welche in dieser Konstellation im Projekt der DREWAG zum Einsatz kommt. An der ersten Stelle befindet sich das mc3p Feldbusmodul, das die Verbindung zwischen der PILZ-SPS und dem Bussystem herstellt. Danach kommt die base unit. Mit ihren 20 digitalen Eingängen werden jegliche Sensoren verdrahtet. An dritter Stelle befindet sich die mi1p Input-Karte. Diese Baugruppe wird nicht verdrahtet, da sie lediglich acht Reserveeingänge zur Verfügung stellt. Am Ende der Steuerungen befinden sich fünf mo4p 4n/o-Karten. Jede Karte besitzt vier Ausgänge mit denen Pumpen, Regelventile und Abströmventile angesteuert werden. Je nach Auslastung der Wü's wird eventuell noch ein siebenter Wü installiert. Deswegen ist es erforderlich, genug Reserve Ein- und Ausgänge einzuplanen.

4.6 PILZ PNOZmulti Configurator [12]

Im Kapitel 4.6 soll auf den PILZ PNOZmulti Configurator näher eingegangen werden.

4.6.1 Anlegen eines Projektes

Nach dem Start des Programms muss über den Reiter „Projekt“ ein neues Projekt angelegt werden. Anschließend öffnet sich die Hardwarekonfiguration in der, auf der linken Seite eine Liste mit den verfügbaren Modulen erscheint (siehe Abbildung 4-12). Unterhalb davon befindet sich eine Modulbeschreibung, in der Produktinformationen zu den einzelnen Karten ersichtlich sind. Per Drag & Drop werden sie in das rechte Fenster gezogen. Zuerst muss immer ein Basisgerät (base unit) eingefügt werden. Unterhalb der ausgewählten Komponenten sind alle Module aufgelistet, die verwendet werden. Dort muss dann der Adressbereich vom Feldbusmodul eingestellt werden.

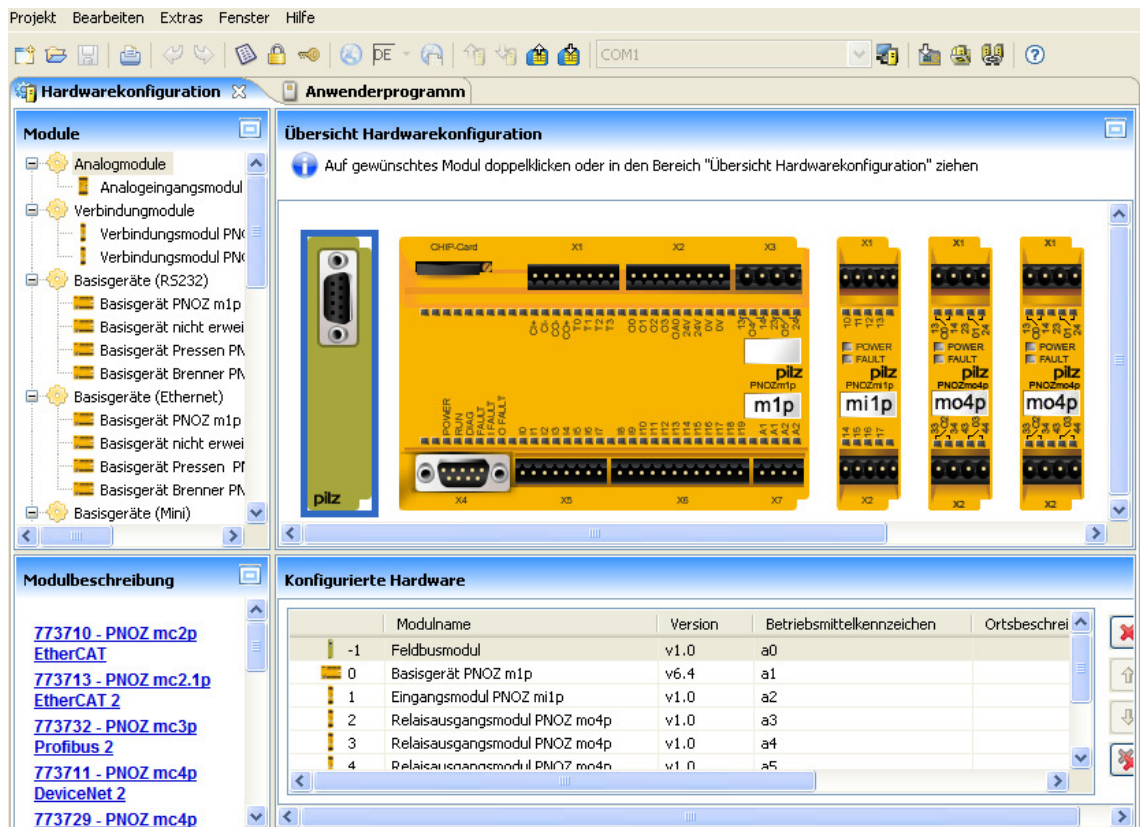


Abbildung 4-12 PILZ PNOZmulti Hardwarekonfiguration

Nachdem die Hardwarekonfiguration beendet ist, wird auf den Reiter Anwendungsprogramm geklickt. Anschließend öffnet sich die Programmieroberfläche vom PILZ PNOZmulti Configurator. Vor dem Programmieren wird das Projekt gespeichert. Dafür wird im Menü der Reiter Projekt und Speichern unter gewählt. Es erscheint ein Fenster zum Festlegen von Kennwörtern. Alle Projekte sind in die drei folgenden Kennwortebenen unterteilt (siehe Abbildung 4-13):

- Ebene 1 – Projektbearbeitung uneingeschränkt
- Ebene 2 – Projekt kann ausschließlich angesehen werden
- Ebene 3 – ausschließlich Zahlenwerte vom Projekt können geändert werden

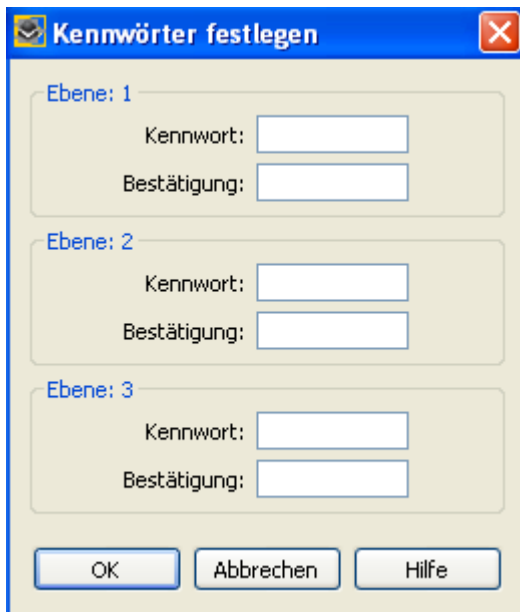


Abbildung 4-13 Kennwortebenen

4.6.2 Anwenderprogramm

Damit ein Anwenderprogramm erstellt werden kann, wird zuerst der Aufbau der Configurator Oberfläche erklärt. Sie besteht aus folgenden Elementen (siehe Abbildung 4-14):

- Menüleiste
- Symbolleiste

- Elementliste
- Makro-Bibliothek
- Arbeitsbereich
- Infofenster

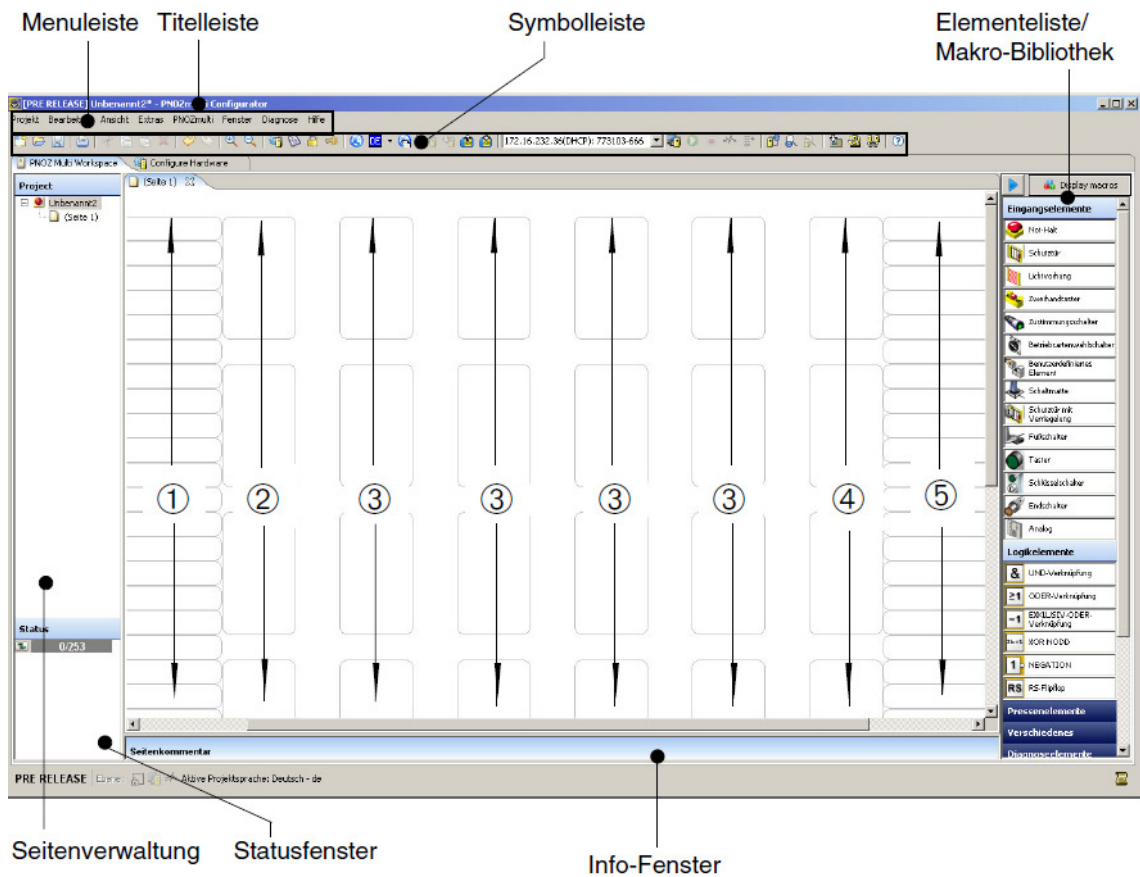


Abbildung 4-14 Configurator Oberfläche

Menüleiste

Die Menüleiste beinhaltet die folgenden neun Reiter:

- Projekt
- Bearbeiten
- Ansicht
- Extras
- PNOZmulti
- Fenster

- Makro
- Diagnose
- Hilfe

Symbolleiste

Über die Symbolleiste lassen sich oft verwendete Aktionen anklicken. Wichtige Symbole sind folgende:

- Module wählen...
- Zuordnungsliste
- Von Hardware laden
- In Hardware speichern
- Online
- PNOZmulti starten
- PNOZmulti stoppen
- Dynamische Programmanzeige

Elementliste

In der Elementliste befinden sich die eigentlichen Bausteine zum Erstellen eines Programms. Diese werden per Drag & Drop in den Arbeitsbereich gezogen und können verschaltet werden. Folgende Programmierbaustein-
gruppen sind vorhanden:

- Eingangselemente
- Logikelemente
- Ausgangselemente
- Anschlusspunkte

Makro-Bibliothek

In der Makro-Bibliothek lassen sich Logikschaltungen speichern. Diese sind dann als einzelnes Makroelement wieder verwendbar. Zum Beispiel beinhaltet die Elementliste keine Logikgatter wie XOR. Dieses Gatter kann ausschließlich aus UND-Bausteinen erstellt und als Makro-Element gespeichert werden.

Arbeitsbereich

In dem Arbeitsbereich wird das Programm für die Schaltung erstellt. Er wird in fünf Bereiche eingeteilt:

1. Im Bereich eins werden die Eingänge dem PNOZmulti Modul zugeordnet
2. Im zweiten Bereich werden die Eingangselemente angelegt z.B. Sensorik oder Schalter
3. Dem mittleren Bereich wird die Schaltlogik zugeordnet und mit Ein- und Ausgangselementen verschaltet
4. Im Bereich vier werden Ausgangselemente angelegt z.B. Relais oder Ventile
5. Ganz rechts werden die Ausgänge dem PNOZ multi Modul zugeordnet

Info-Fenster

Im Info-Fenster können folgende Aktionen angezeigt werden:

- Meldungen
 - Diagnosewort
 - Probleme
 - unzulässige Schleifen
 - Seitenkommentar
 - Log-Daten
-

4.7 Datenmodell und Sicherheitsprogramm

In diesem Kapitel wird eine Tabelle mit der Ein- und Ausgangsbelegung gezeigt. Im Anschluss daran wird das im PILZ PNOZmulti Configurator erstellte Programm erläutert.

4.7.1 Datenmodell PILZ PNOZmulti [13]

Tabelle 4-13 Datenmodell

E/A	Datentyp	Kommentar	Kartentyp
E1	BOOL	FernWT1 SDBmin Druck HeiWa SekSe	Base Unit
E2	BOOL	FernWT1 STBmax Austrittstemp. SekSe	
E3	BOOL	FernWT2 SDBmin Druck HeiWa SekSe	
E4	BOOL	FernWT2 STBmax Austrittstemp. SekSe	
E5	BOOL	FernWT3 SDBmin Druck HeiWa SekSe	
E6	BOOL	FernWT3 STBmax Austrittstemp. SekSe	
E7	BOOL	FernWT4 SDBmin Druck HeiWa SekSe	
E8	BOOL	FernWT4 STBmax Austrittstemp. SekSe	
E9	BOOL	FernWT5 SDBmin Druck HeiWa SekSe	
E10	BOOL	FernWT5 STBmax Austrittstemp. SekSe	
E11	BOOL	FernWT6 SDBmin Druck HeiWa SekSe	
E12	BOOL	FernWT6 STBmax Austrittstemp. SekSe	
E13	BOOL	SDBmax HeiWa RLf Ltg SekSe	
E14	BOOL	SDBmax HeiWa RLf Ltg SekSe	
E15	BOOL	SDBmax HeiWa RLf Ltg SekSe	
E16	BOOL	SDBmin HeiWa DH Trasse Nord	
E17	BOOL	SDBmin HeiWa DH Trasse Nord	
E18	BOOL	SDBmin HeiWa DH Trasse Nord	
E19	BOOL	Not-Halt WÜS Nord	
E20	BOOL		
A1	BOOL	NetUmwPp 1 Not-Halt	
A2	BOOL	NetUmwPp 2 Not-Halt	
A3	BOOL	NetUmwPp 3 Not-Halt	

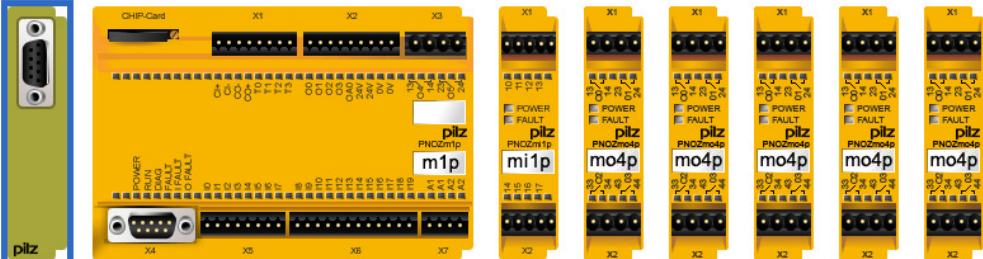
A4	BOOL	NetUmwPp 4 Not-Halt	
E21	BOOL		mi1p
E22	BOOL		
E23	BOOL		
E24	BOOL		
E25	BOOL		
E26	BOOL		
E27	BOOL		
E28	BOOL		
A5	BOOL	FernWT1 HeiWaRV Sicherheitsfunktion	mo4p
A6	BOOL	FernWT2 HeiWaRV Sicherheitsfunktion	
A7	BOOL	FernWT3 HeiWaRV Sicherheitsfunktion	
A8	BOOL	FernWT4 HeiWaRV Sicherheitsfunktion	
A9	BOOL	FernWT5 HeiWaRV Sicherheitsfunktion	mo4p
A10	BOOL	FernWT6 HeiWaRV Sicherheitsfunktion	
A11	BOOL	NaSpPp1 Sicherheitsfunktion	
A12	BOOL	NaSpPp2 Sicherheitsfunktion	mo4p
A13	BOOL	NaSpPp3 Sicherheitsfunktion	
A14	BOOL	AbStröRV1 Sicherheitsfunktion	
A15	BOOL	AbStröRV2 Sicherheitsfunktion	
A16	BOOL	AbStröRV3 Sicherheitsfunktion	mo4p
A17	BOOL		
A18	BOOL		
A19	BOOL		
A20	BOOL		mo4p
A21	BOOL		
A22	BOOL		
A23	BOOL		
A24	BOOL		

4.7.2 Sicherheitsschaltung im Projekt DREWAG Fernwärme Trasse

Zuerst wurden alle benötigten Module im Hardwarekonfigurator eingefügt (siehe Abbildung 4-15). Unterhalb der Konfiguration sind noch einmal alle Komponenten aufgelistet und mit einem Betriebskennzeichen versehen worden. Beim Feldbusmodul besteht die Möglichkeit, Anzahl der Ein- und Ausgänge einzustellen. Die Wahl liegt zwischen 24 oder 128. Weil 24 Adressen nicht genügen, wurde 128 gewählt. Auf die Notwendigkeit dieser Adressen wird am Ende des Kapitels eingegangen.

Übersicht Hardwarekonfiguration

Auf gewünschtes Modul doppelklicken oder in den Bereich "Übersicht Hardwarekonfiguration" ziehen



Konfigurierte Hardware

	Modulname	Version	Betriebsmittelkennzeichen	Ortsbeschreibung	E	A
-1	Feldbusmodul	v1.0	a0		128	128
0	Basisgerät PNOZ m1p	v6.4	a1		20	6
1	Eingangsmodul PNOZ mi1p	v1.0	a2		8	0
2	Relaisausgangsmodul PNOZ mo4p	v1.0	a3		0	4
3	Relaisausgangsmodul PNOZ mo4p	v1.0	a4		0	4
4	Relaisausgangsmodul PNOZ mo4p	v1.0	a5		0	4
5	Relaisausgangsmodul PNOZ mo4p	v1.0	a6		0	4
6	Relaisausgangsmodul PNOZ mo4p	v1.0	a7		0	4

Abbildung 4-15 Hardwarekonfiguration DREWAG

Anschließend wurden 12 Seiten für unterschiedliche Schaltfunktionen der Sicherheitssteuerung erstellt (siehe Abbildung 4-16). Darauf erfolgte die eigentliche Programmierarbeit.

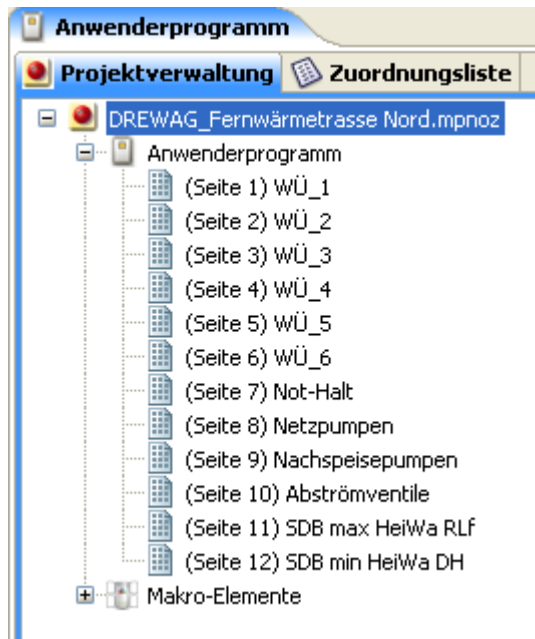


Abbildung 4-16 Seitenaufteilung

Zuerst wurden die einzelnen Wärmeübertrager programmiert. Aufgrund der Tatsache, dass alle sechs Wü's die gleiche Logik besitzen, wird hier nur der erste betrachtet (siehe Abbildung 4-17).

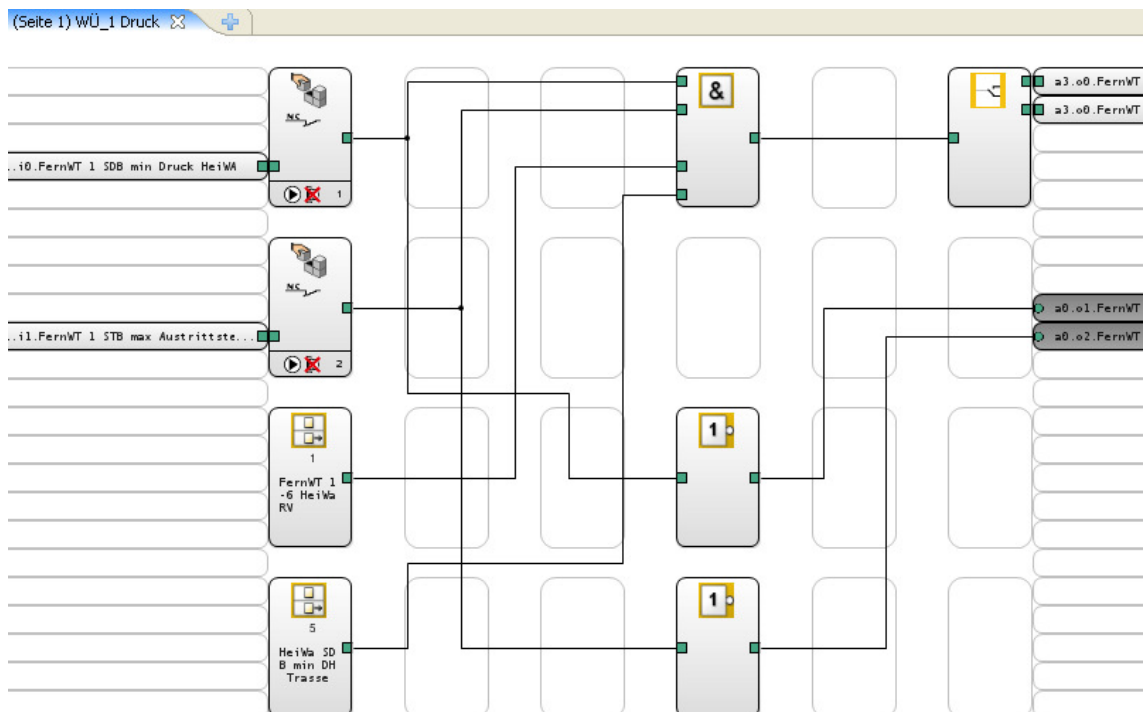


Abbildung 4-17 Programm eines Wü

Folgende zwei Sensoren besitzt jeder Wärmeübertrager:

- STBmax Austrittstemp. SekSe
- SDBmin Druck HeiWa

Weil es unter den Eingangselementen keine Temperatur- oder Drucksensoren gibt (siehe Abbildung 4-18), wird dafür ein Benutzerdefiniertes Element benutzt.

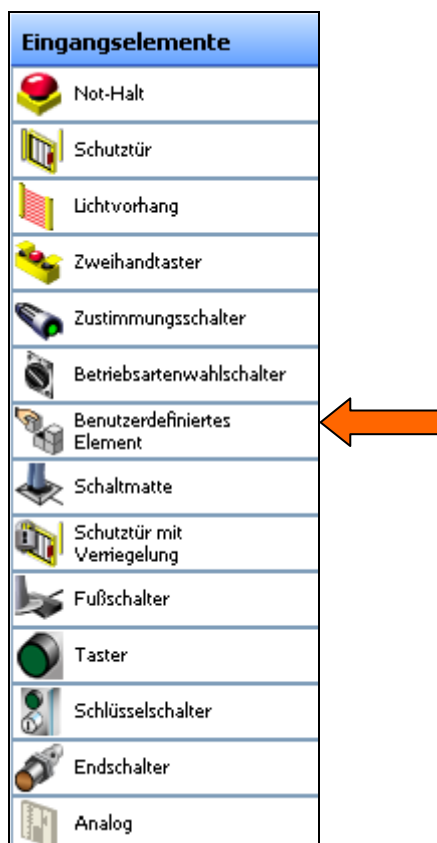


Abbildung 4-18 Eingangselemente

Nachdem das Eingangselement eingefügt wurde, öffnete sich das Fenster „Eingangselement konfigurieren“ (siehe Abbildung 4-19). Hier lassen sich diverse Schaltertypen einstellen. Über Anschlüsse wird die Logik mit den E/A's vom PNOZmulti verbunden. Zusätzlich kann die Funktion Querschlosserkennung im Eingangskreis gewählt werden. Mithilfe der Takteingänge erkennt das PNOZmulti Querschlüsse im Eingangskreis. Vier Testtakte stehen zur Verfügung.

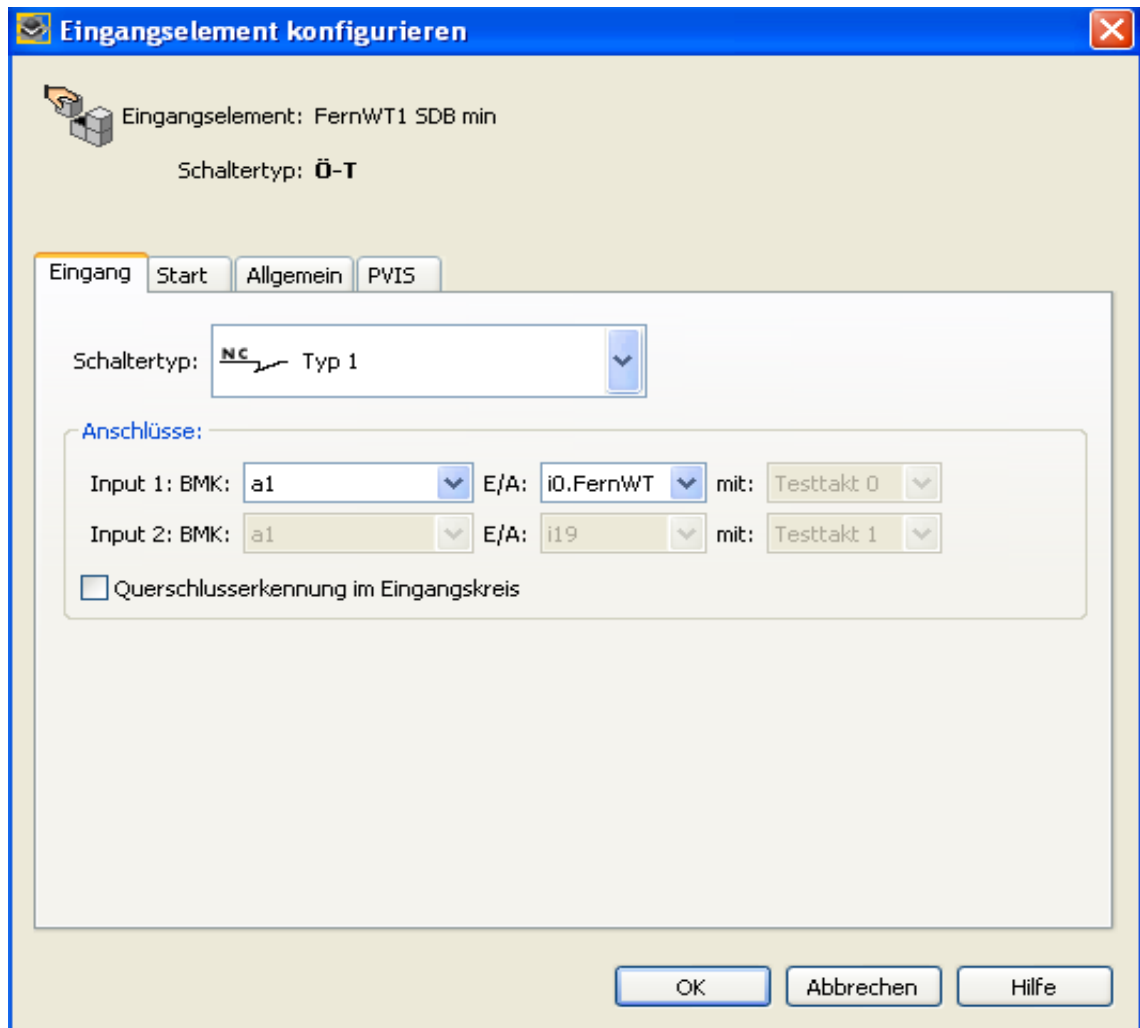


Abbildung 4-19 Eingangselement konfigurieren

Nach Erstellung der Eingangselemente wurden sie mit einem UND-Gatter verbunden und auf das Ausgangsrelais geführt. Angesichts dessen, dass die Sensoren sicherheitsgerichtet „Low-Aktiv“ sind, wird beim Auslösen der Sensoren dem Ausgangsrelais die Spannung entzogen. Folglich wird das Regelventil des Wü’s über eine Rückstellfeder geschlossen. Unterhalb der Eingangselemente befinden sich zwei Anschlusspunkte, welche auch mit dem UND-Gatter verbunden sind. Aufgrund dessen das Ein- und Ausgänge nicht seitenübergreifend verbunden werden können, wird dies mit Anschlusspunkten gelöst. Punkt eins ist auf einen Not-Halt-Schalter zurückzuführen. Punkt zwei ist auf die 2v3 Auslösung der SDBmin Druckhaltung zurückzuführen. Sobald der Druck einen kritischen Wert unterschreitet, werden die Regelventile ebenfalls über Rückstellfedern geschlossen. Letztlich befinden sich zwei NOT-Gatter im Netzwerk, welche jeweils auf dunkel hinterlegte Ausgangszellen führen.

Das sind virtuelle Ausgänge, die mit dem Adressbereich des Feldbusmoduls belegt sind. Aufgabe dieser Ausgänge ist die Weitergabe von Signalen an die Zentrale S7-414 5H. Das heißt, sobald ein Sensor ausgelöst wird, soll dies in der Visualisierung signalisiert werden.

Auf Seite sieben befindet sich der Not-Halt-Schalter der Anlage (siehe Abbildung 4-20). Die Verknüpfung dieses Schalters erfolgt mit vier Anschlussstellen auf alle Pumpen und Ventile. Des Weiteren existiert wieder ein NOT-Gatter mit einer Verbindung zum Feldbusmodul, sodass die Betätigung am Leitstand visualisiert wird.

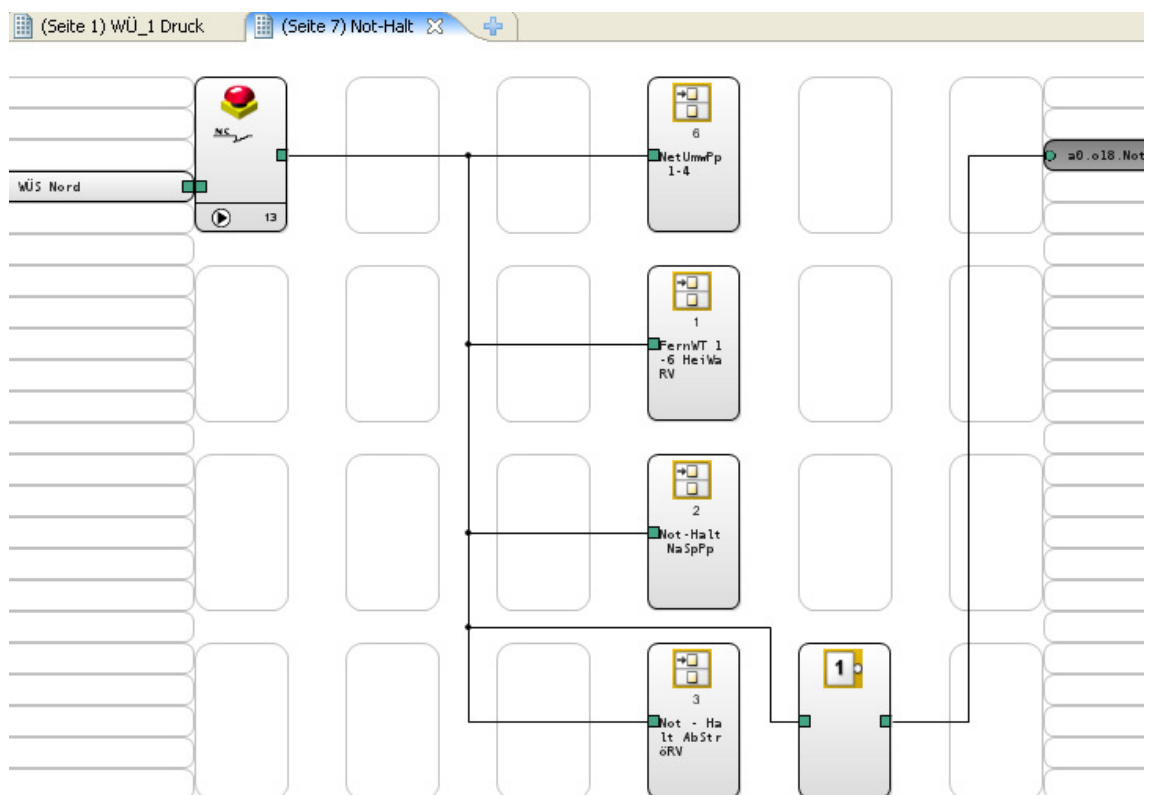


Abbildung 4-20 Programm Not-Halt

Auf Seite acht befindet sich das Netzwerk der Umwälzpumpen (siehe Abbildung 4-21). Weil die Schaltungen der Umwälzpumpen, Nachspeisepumpen und Abströmventile identisch sind, wird hier nur eine der drei Schaltungen betrachtet. Am Eingang befinden sich folgende zwei Anschlusspunkte:

- Not-Halt
- 2v3 SDBmin Druckhaltung

Sobald Not-Halt gedrückt wird sollen die Netzpumpen aufhören zu fördern. Dasselbe soll beim Unterschreiten bei zwei von drei Druckbegrenzern der Druckhaltung passieren. Wie in allen Netzwerken soll auch hier signalisiert werden, sobald dieser Zustand eintritt.

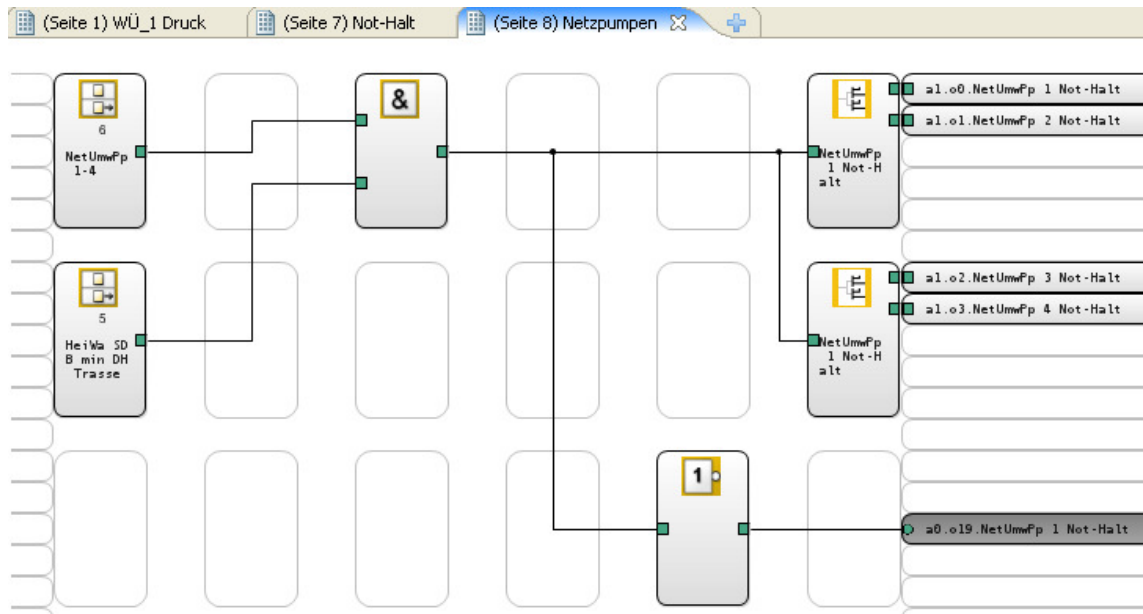


Abbildung 4-21 Programm Netzpumpen

Auf Seite 11 geht es um die gemeinsame Rückleitung der sechs Wärmeübertrager. In der Rückleitung sind drei SDBmax verbaut. Sobald zwei der drei Sensoren einen Überdruck signalisieren, werden die Nachspeisepumpen abgeschaltet. Links im Arbeitsbereich befinden sich für Sensorik drei Benutzerdefinierte Eingangselemente (siehe Abbildung 4-22). Diese sind alle auf ein Makro verschaltet. Hinter dem Makro ist eine Anschlussstelle geschaltet, welche das Signal an die Nachspeisepumpen weiterleitet. Des Weiteren sind alle Sensoren mit NOT-Gattern verknüpft, um ihr Auslösen an der Leitstelle visualisieren zu können. Die Schaltlogik der Druckhaltung auf Seite 12 arbeitet nach demselben Prinzip und wird deswegen nicht weiter erläutert.

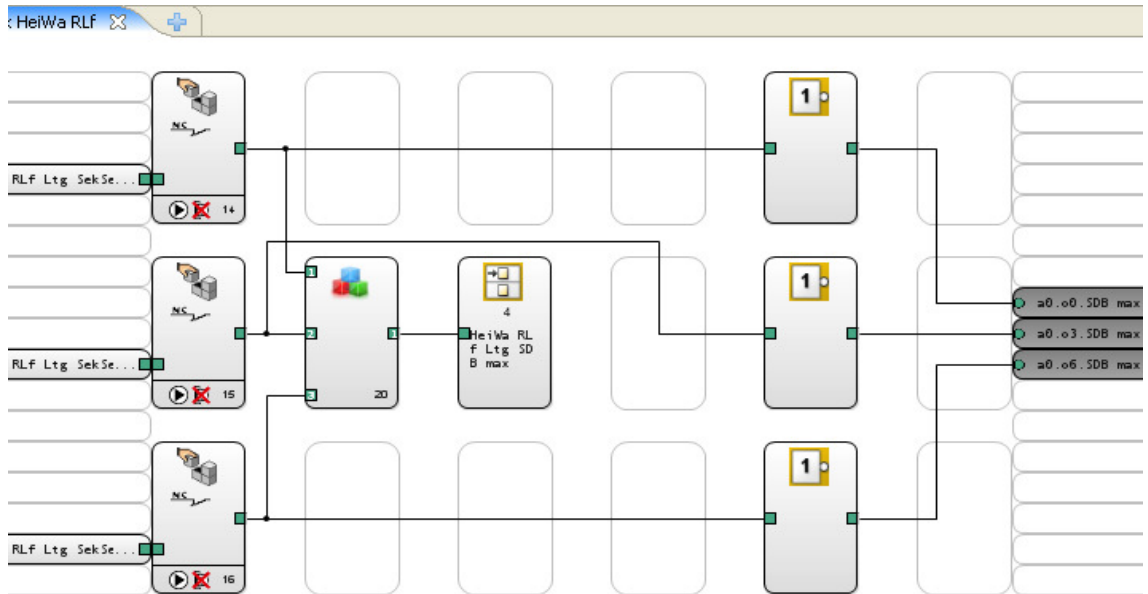


Abbildung 4-22 Programm 2v3 Auswahl

In der Abbildung 4-23 ist der Makro-Editor zu sehen. Links befinden sich drei Eingänge der SDBmax-Sensoren, welche alle auf zwei UND-Gatter verschaltet sind. Wenn an einem Sensor ein Low-Signal anliegt, werden zwei UND-Gatter Low und das ODER-Gatter bleibt auf High-Signal. Sobald an zwei Sensoren ein Low-Signal anliegt, werden alle UND-, ODER-Gatter Low. Infolgedessen, werden alle Nachspeisepumpen über Spannungsentzug gestoppt.

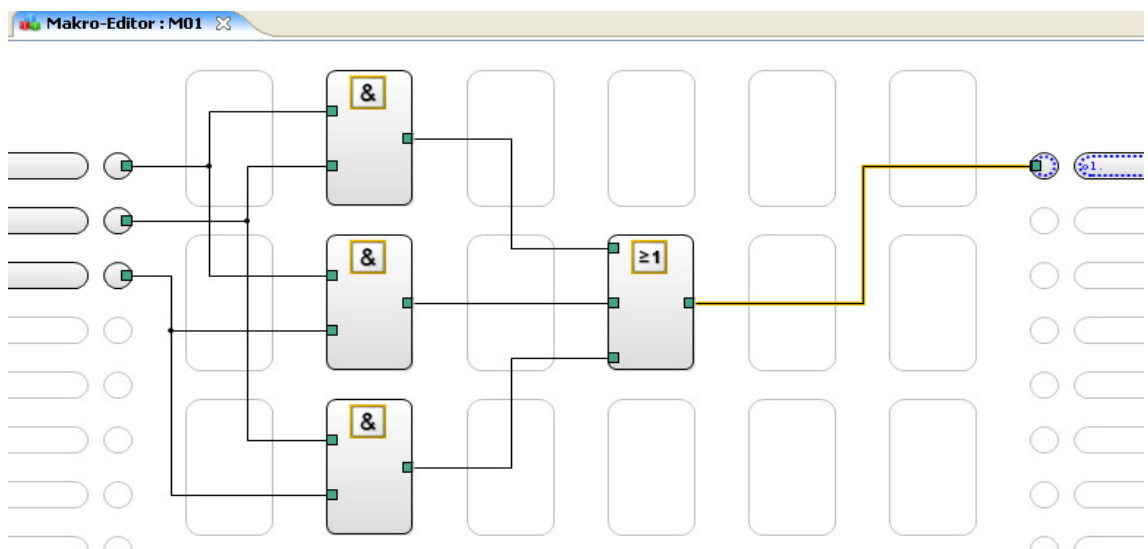


Abbildung 4-23 Makroeditor

Abschließend zur Programmierung wurde das Programm am 06.06.2013 an den TÜV weitergeben.

4.8 Test im Labor

Im Kapitel 4.8 wird die Montage, erste Inbetriebnahme und Profibusanbindung der SPS beschrieben.

4.8.1 Montage der SPS

Am 24.05.2013 ist die Lieferung der Firma PILZ im Lager angekommen. Bevor die zwei SPSen in den Schaltschränken verbaut werden, konnte eine der Steuerungen kurzzeitig zu Testzwecken entwendet werden. Die Montage der SPS gestaltete sich problemlos. Zuerst werden alle Module zusammen geschoben. Jedes Bauteil besitzt an den Seiten kleine Plastikführungen über die sie leicht zusammen zu schieben sind. Anschließend wurden auf der Rückseite die Verbindungsbrücken gesteckt, Es war zu beachten, dass am Ende ein Abschlussstecker gesteckt wird (siehe Abbildung 4-24). Jedoch darf der Abschlussstecker nur in die letzte Erweiterungskarte gesteckt werden.

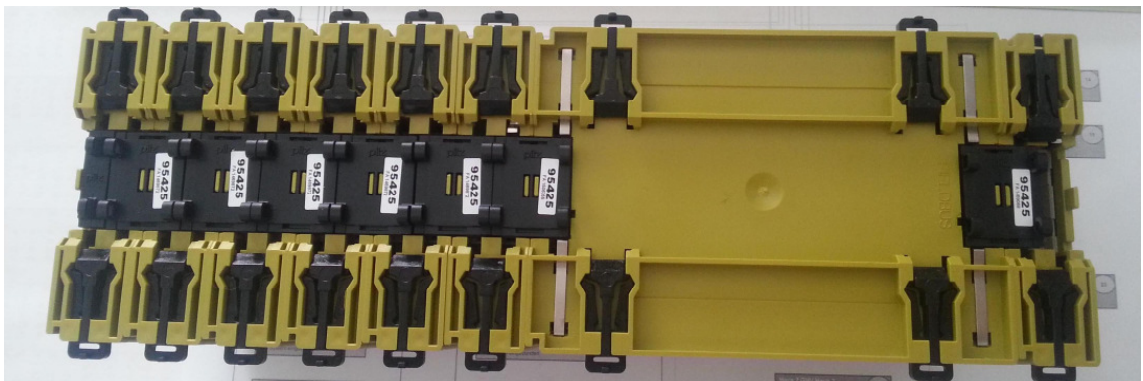


Abbildung 4-24 PILZ PNOZmulti Baugruppe gesteckt

Nach dem alle Teile fest miteinander verbunden waren, konnte die Baugruppe auf einer Hutschiene montiert werden. Diese wurde dann mit schwarzen Klipsen fixiert (siehe Abbildung 4-25).

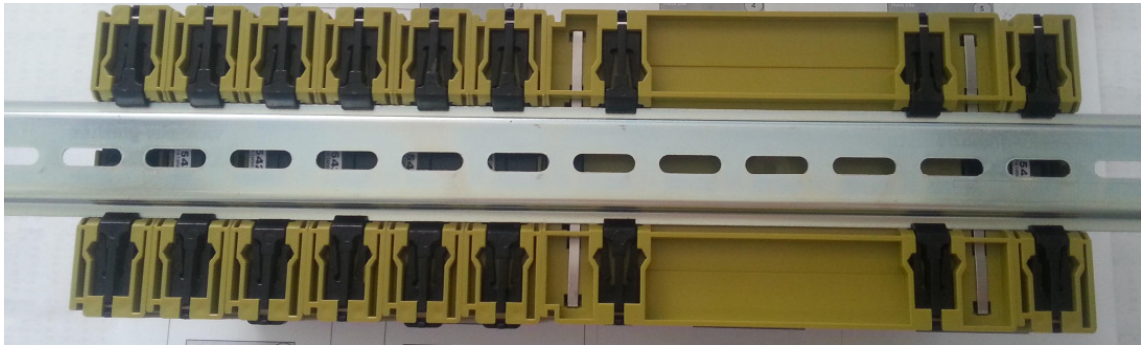


Abbildung 4-25 PILZ PNOZmulti Baugruppe mit Hutschiene

Darauf erfolgte der Anschluss an die Stromversorgung. Da SPSen immer mit einer Versorgungsspannung von 24 V arbeiten, wurde noch das dementsprechende Netzteil zwischengeschaltet. Beim Verdrahten war zu beachten, dass es für die Halbleiterausgänge und Netzteil jeweils zwei Stromanschlüsse gibt (siehe Abbildung 4-26). Dies wird aus Redundanzgründen gemacht, damit der weitere Betrieb nach einem Drahtbruch gewährleistet werden kann.



Abbildung 4-26 PILZ PNOZmulti mit Stromanschluss

Wichtig dabei ist, dass an A1 und an den Halbleiterausgängen 24 V anliegen. Ansonsten bleibt, wie sich im Labor herausgestellt hat, die SPS aus. Zuletzt musste die Chip-Karte in den dafür vorgesehenen Steckplatz gesteckt werden. Mit diesem Schritt war die SPS fertig montiert. Nach dem Anschalten des Netzteils leuchteten die meisten LED's zum Test auf wie es von herkömmlichen SPSen bekannt war. Fünf Sekunden später erlosch diese jedoch und es kam die übliche rote Fault-Lampe, weil noch kein Programm auf der Speicherkarte vorhanden war. Darauf konnte der Anschluss an den Computer über ein RS232-Kabel erfolgen. Danach wurde im PNOZmulti Configurator die Schnittstelle ausgewählt über die das PG mit der SPS kommunizieren sollte. Anschließend musste nur noch auf „Online“ geklickt werden und eine Verbindung wurde hergestellt. Somit konnte das Programm auf die Karte geladen werden. Nachdem das passiert ist erlosch die rote Lampe der SPS und die grüne Lampe bei „RUN“ leuchtete auf.

4.8.2 Profibusanbindung

Weil die SPS ab dann betriebsbereit war, musste nur noch die Profibusanbindung über das PILZ mc3p Feldbusmodul getestet werden. Dies wurde mit dem Gerät netTest 2 der Firma Comsoft (siehe Abbildung 4-27) realisiert.



Abbildung 4-27 Comsoft netTest2 Profibus Test Tool [14]

Nach dem Anschließen der Profibuskabel wurde auf dem Feldbusmodul über zwei rote Stellschrauben die Adresse des Profibuslaves eingestellt, beispielsweise fünf. Anschließend konnten in dem netTest-Gerät alle verfügbaren Geräte auf dem Profibus angezeigt werden. Wie erwartet wurde ein Slave auf dem Display mit der Adresse fünf angezeigt. Das PILZ Feldbusmodul besitzt unterhalb noch zwei Lampen, eine rote und eine grüne. Die rote steht für offline und die grüne für online. Da sich im Versuchsaufbau keine Masterstation befindet, (was vor Ort eine der zwei S7-414 5H sein wird)

leuchtete die Offline-Lampe dauerhaft rot. Angesichts dessen wurde der Versuchsaufbau mit einer S7-315 2 PN/DP erweitert und mit dem Profibuskabel verbunden (siehe Abbildung 4-28).



Abbildung 4-28 Versuchsaufbau Profibus mit S7-315 2 PN/DP

Im Anschluss daran war es möglich, der Pilz Slave SPS eine Master SPS überzuordnen. Dafür wurde zunächst im Step-7 ein neues Test-Projekt erstellt, danach die CPU im Hardwaremanager angelegt und der Profibus an der MPI/DP-Schnittstelle angehängen (siehe Abbildung 4-29).

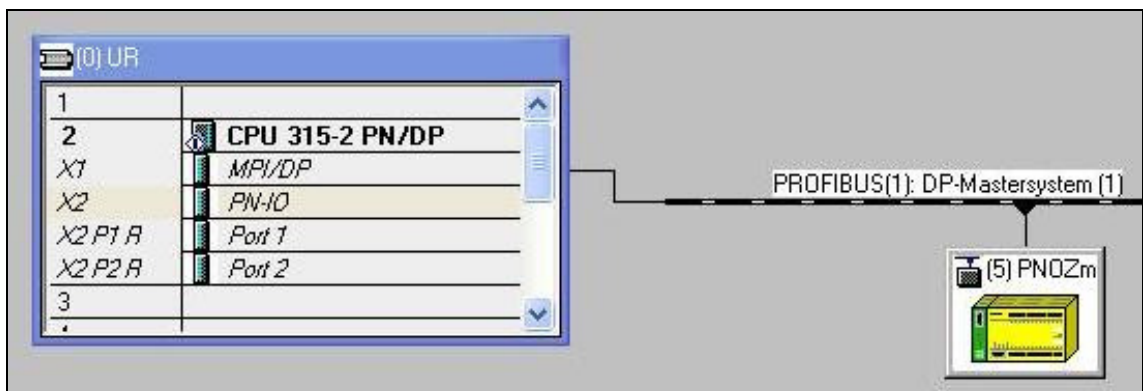


Abbildung 4-29 Profibusanbindung PNOZ Feldbusmodul

Angesichts dessen, dass die Firma AllTec nicht viel mit SPSEN der Firma Pilz arbeitet, war die dazugehörige GSD-Datei noch nicht im Hardwarekatalog vorhanden gewesen. Deswegen musste die GSD-Datei von der Herstellerhomepage heruntergeladen und im Katalog installiert werden. Darauf war das mc3p Feldbusmodul im Hardwaremanager auszuwählen und konnte an den Profibus angebunden werden (siehe Abbildung 4-29). Zuletzt wurde die Adresse fünf eingegeben und die Hardware gespeichert, übersetzt und in die Baugruppe geladen. Anschließend wechselt die rote Lampe auf grün und das System war online.

4.9 Inbetriebnahme

Im Kapitel 4.9 wird die reale Anlage vorgestellt und die Inbetriebnahme der PILZ SPSen beschrieben.

4.9.1 Vorstellung der realen Anlage

Nach dem der fertige Schaltschrank nach Dresden geliefert wurde, folgten am 10.06.2013 erste kleinere Tests mit der PILZ Steuerung. Zunächst wurde an der realen Anlage (siehe Abbildung 4-30) die Position der Einzelnen sicherheitsrelevanten Sensoren festgestellt. Im Bild sind drei der sechs Wärmeübertrager ersichtlich. Drei weitere Wärmeübertrager befinden sich auf der Rückseite der Anlage



Abbildung 4-30 Wärmeübertragerstation_Anlage

Anschließend wurden die einzelnen Wärmeübertrager begutachtet. In Abbildung 4-31 ist einer der sechs WÜ's ohne Isolierung zu sehen. Oberhalb

des Wü sind Primärleitung VL ZFHN (rechts) und Sekundärleitung VL HKW Klotzsche (links) erkennbar. Unterhalb sind ebenfalls zwei Leitungen wovon aber nur der primärseitige RL vom ZFHN ersichtlich ist. Vom Aufbau ist zu erkennen, dass der Wü komplett mit Kupfer ummantelt ist, weil Kupfer eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt. Abschließend wird der Wü zur Wärme-isolierung mit polystyrolähnlichen Platten verkleidet.

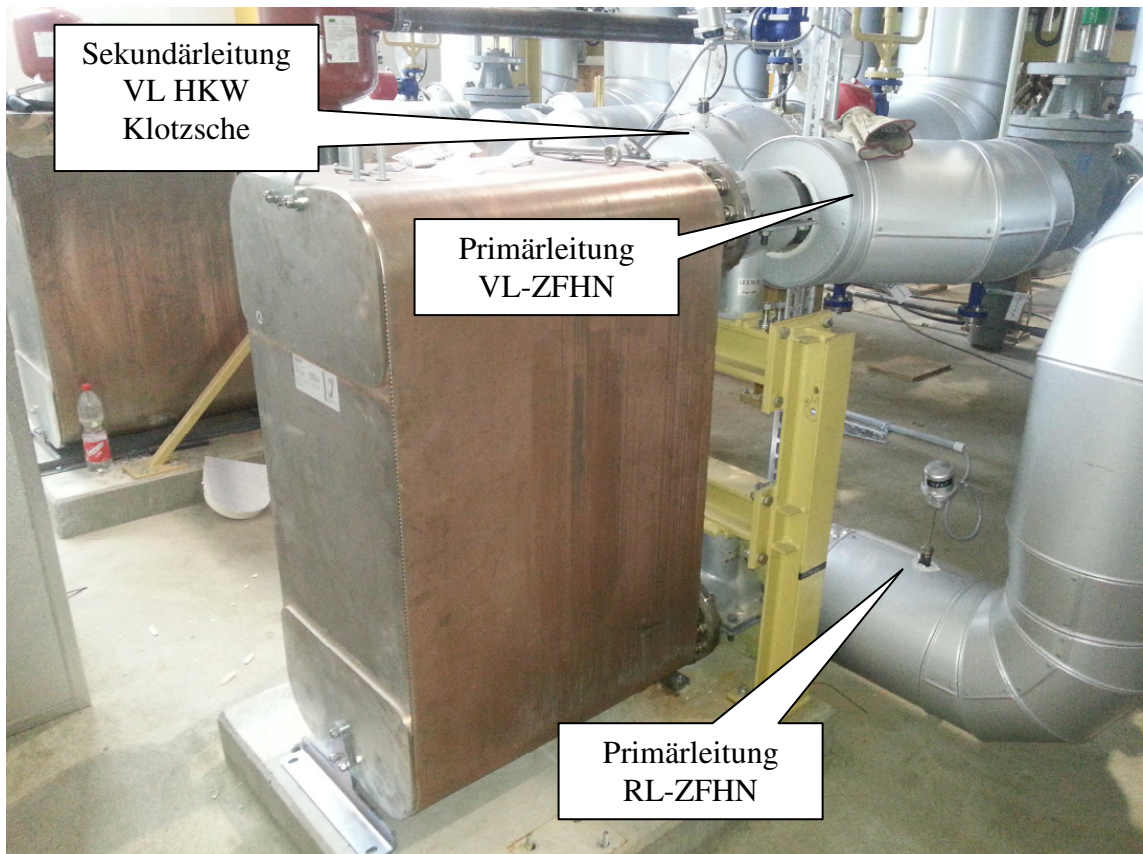


Abbildung 4-31 9MW-Wärmeübertrager

Im Bild 4-32 ist die primärseitige Leitung vom Wü zu sehen, welche die Wärme vom ZFHN liefert. In ihr ist das Sicherheits-Regelventil verbaut, welches durch Auslösen der Sensoren STBmax und SDBmin schließt. Desweiteren ist die Sekundärleitung ersichtlich, an der die Sensoren STBmax und SDBax erkennbar sind.

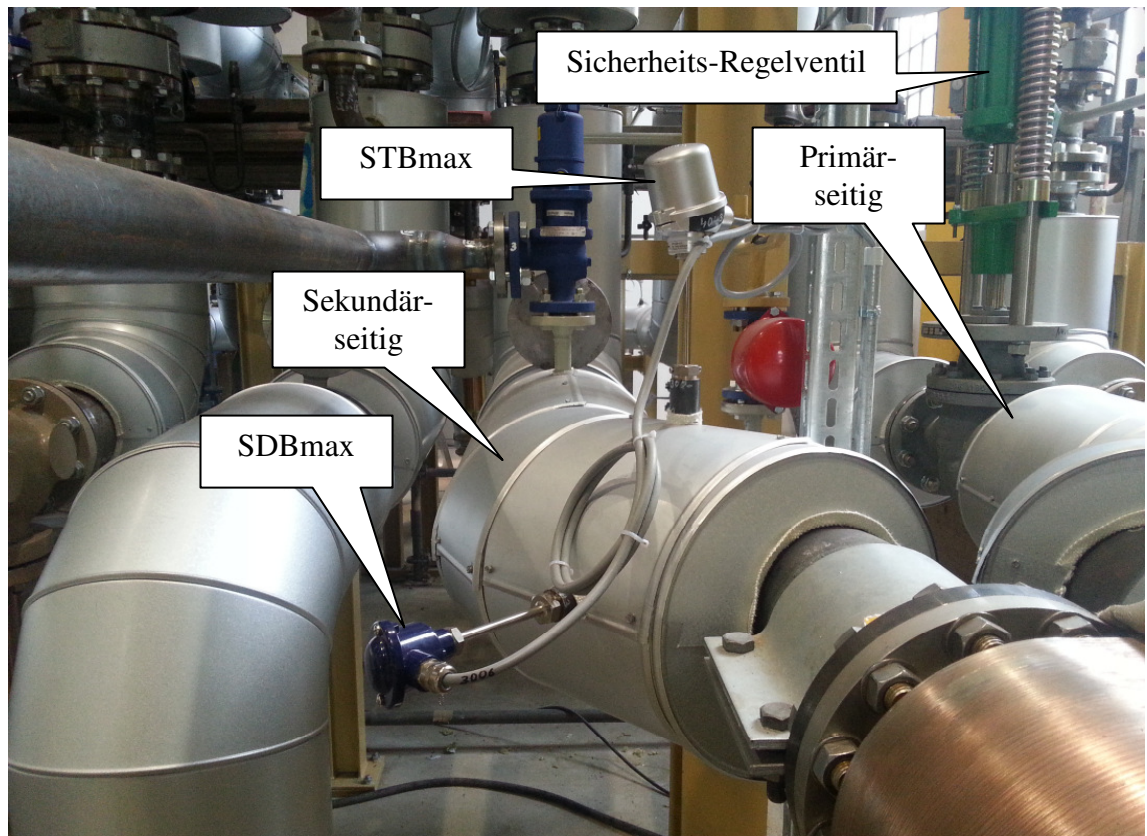


Abbildung 4-32 STBmax und SDBmax

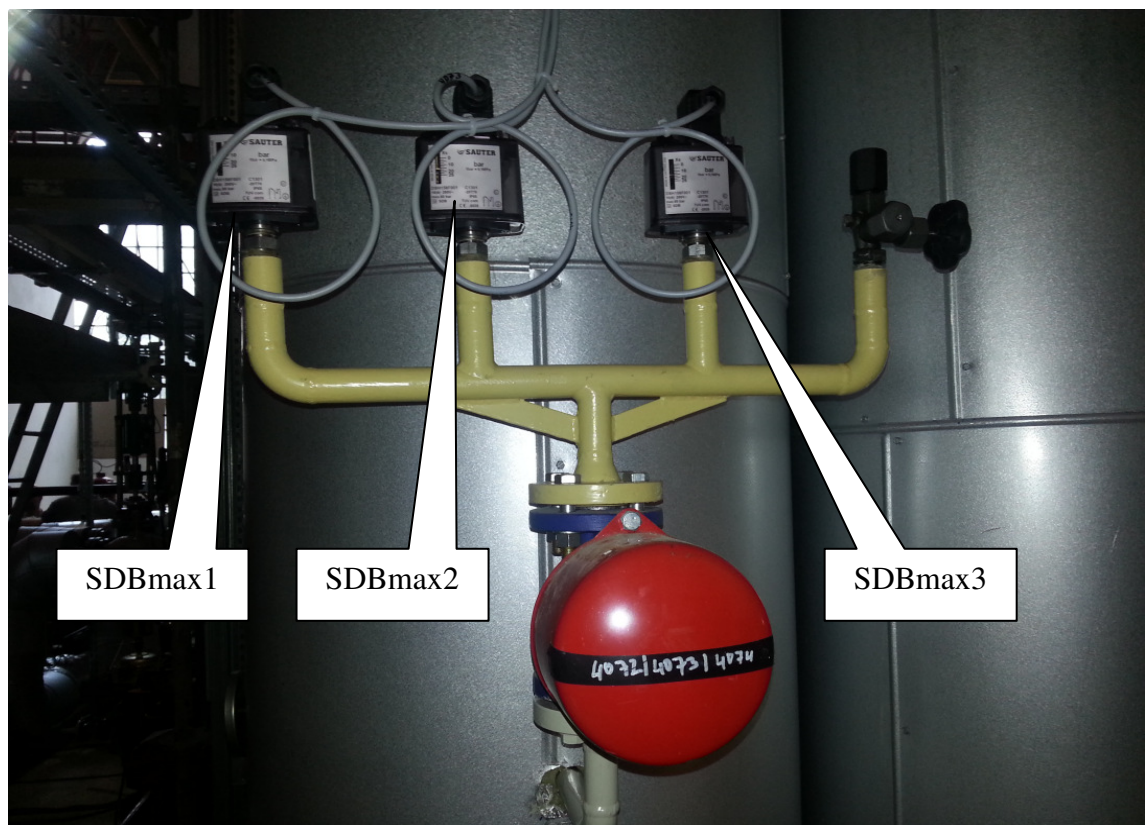


Abbildung 4-33 2v3 SDBmax Rücklauf

In Abbildung 4-33 sind drei SDBmax Drucksensoren zu sehen. Sie sind an der gemeinsamen Sekundär Rückleitung der sechs Wü's installiert. Sollten zwei der drei SDBmax auslösen bzw. ein festgelegter Überdruck vorhanden ist, werden die Nachspeisepumpen abgeschaltet damit der Druck sinkt.

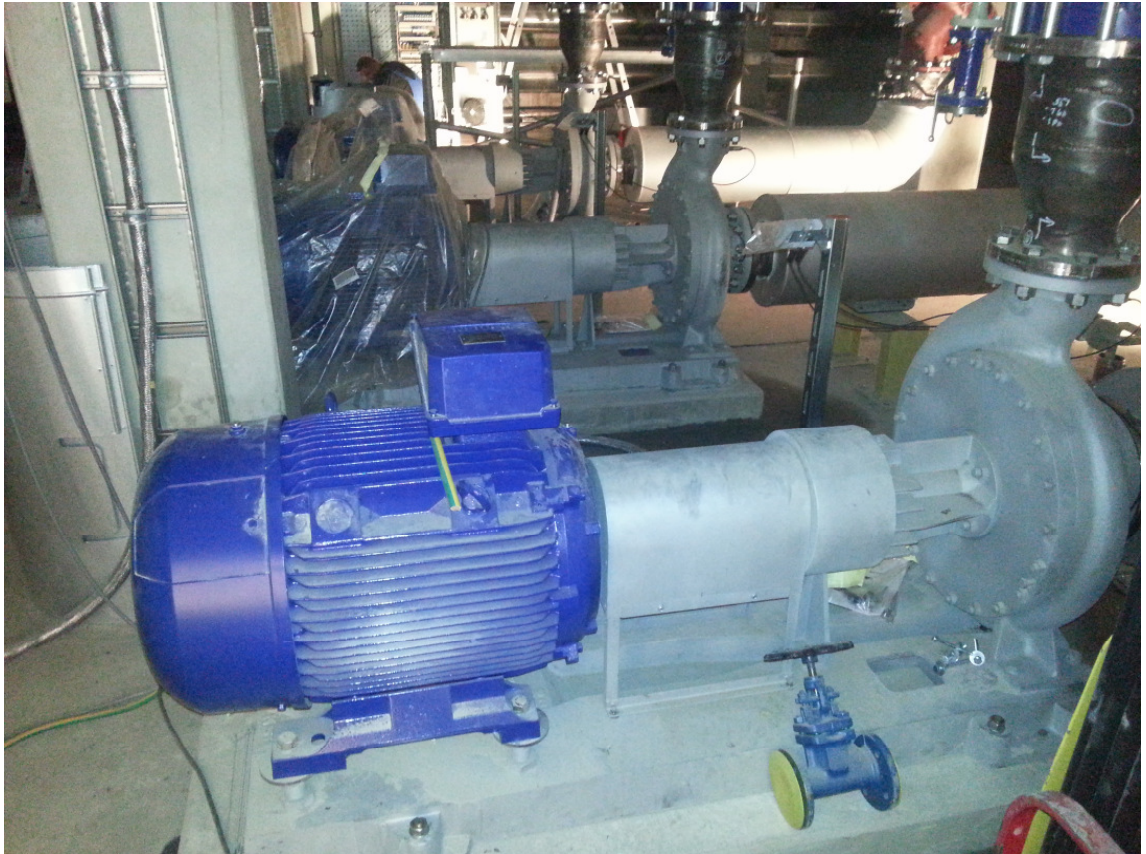


Abbildung 4-34 Umwälzpumpen

Im Keller der Maschinenhalle befinden sich die vier Umwälzpumpen der Anlage (siehe Abbildung 4-34), welche den Rücklauf von Klotzsche zu den Wü's fördern.

4.9.2 Inbetriebnahme der SPSen

Nachdem die wichtigsten Sensoren und Aktoren lokalisiert wurden, ging es an den Schaltschrank (siehe Abbildung 4-34).

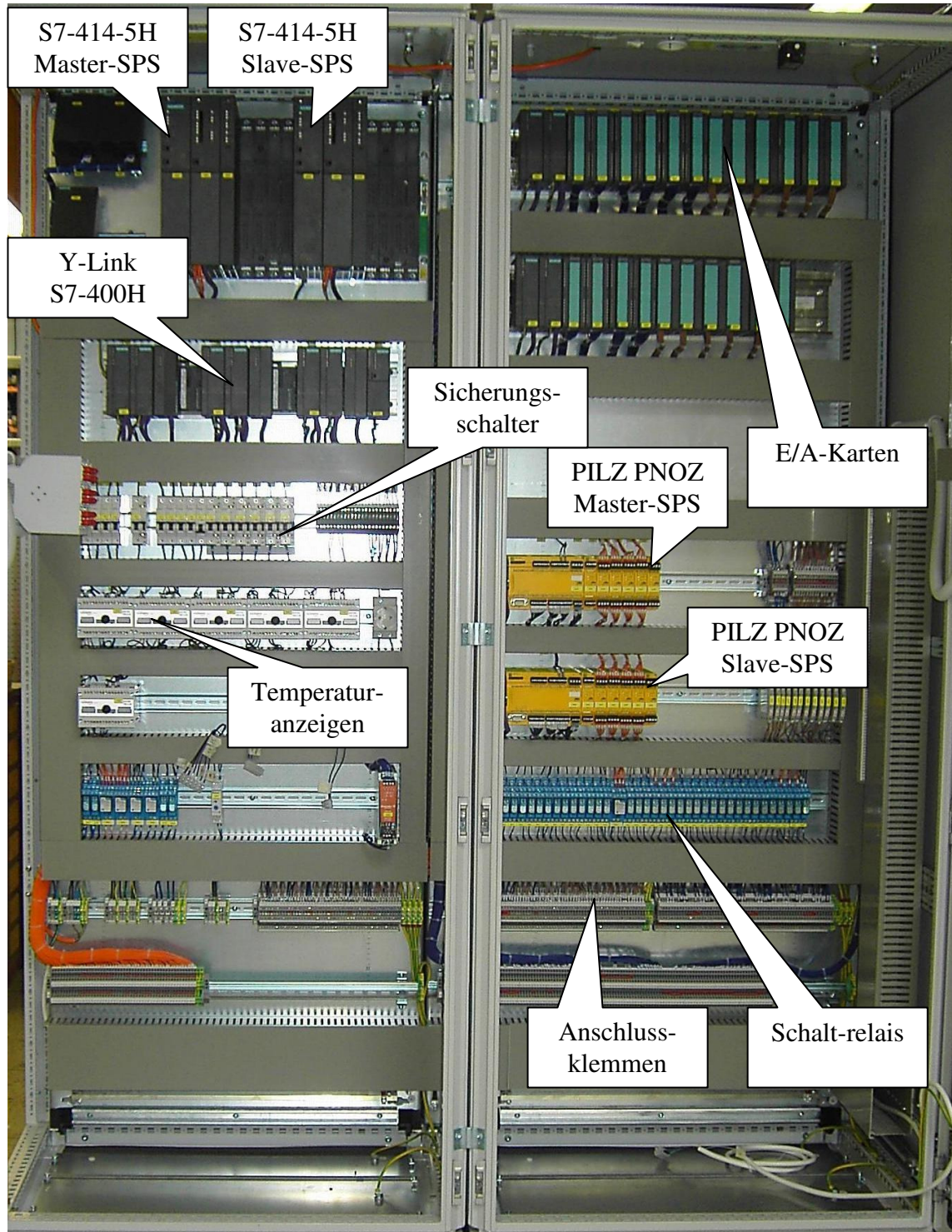


Abbildung 4-35 Schaltschrank DREWAG

Darauf wurden alle Sicherungsschalter eingeschaltet und es blinkte jeweils eine rote Lampe auf jeder PILZ SPS, welche für „Input Fault“ stand. Beim zweiten Blick auf die SPSen fiel auf, dass die zweite Spannungsversorgung fehlte. Nachdem ein Monteur der Firma Alltec eine zweite Spannungsversorgung angeschlossen hatte, zeigten die SPSen keine Fehler mehr an. Um die Funktionen der PILZ SPSen testen zu können, war es notwendig ein Low-Signal (Weil low-aktiv) der Eingänge zu simulieren. Dafür wurden die Klemmen der einzelnen Sensoren abgeklemmt, sodass an den Eingängen der SPSen ein Low-Signal angelegen hatte. Damit die Signale der Schaltungen beobachtet werden konnten, wurden PILZ Slave-SPS und S7-414 5H Master-SPS jeweils mit einem PG verbunden. Nach Checkliste wurden alle sicherheitsrelevanten Eingänge getestet. Mit dem PG für die S7-414 5H wurde getestet, ob die virtuellen Ausgänge funktionieren, die dem Leitsystem eine Meldung bringen sollen sobald einer der Sensoren auslöst. Bei den Tests stellte sich heraus, dass bei der Programmierung der PILZ Steuerungen ein Fehler unterlaufen war. Bei den Eingangselementen besteht die Möglichkeit einen Anlaufstest zu aktivieren. Hierbei wird überprüft ob sich in der Beschaltung Drahtbrüche oder andere Hardwarefehler befinden. Unter der Annahme, dass dies beim Start der SPSen automatisch passiert, wurde diese Funktion hinzugefügt. Jedoch war das nicht der Fall und jeder Sensor musste über die Klemme abgeklemmt werden, bis die Signale richtig angezeigt werden. Um diese Funktion nutzen zu können, müsste ein Taster verbaut werden, welcher beim Start alle Sensoren kurz aktiviert und wieder deaktiviert. Weil diese Funktion aber nicht von großer Bedeutung ist und die Anlage durchgängig läuft, wurde entschieden, sie weg zu lassen. Anschließend lösten alle Signale beim Abklemmen wie gewünscht aus. Danach wurde überprüft ob die Sicherheitsfunktionen weiterhin gewährleistet sind, sobald eine der zwei PILZ SPSen ausfällt. Diese wurde durch Herausziehen einer Sicherung realisiert. Wie erwartet wurde ein Error-code an die Zentrale SPS gesendet, dass eine der zwei Pilz Steuerungen ausgefallen ist. Jedoch lief der Betrieb übergangslos auf der zweiten PILZ Steuerung weiter.

5 Zusammenfassung und Fazit

Ziel dieser Bachelorarbeit war die Einarbeitung und Programmierung einer PILZ PNOZmulti Sicherheitssteuerung in einer Wärmeübertragerstation mit SIL 1 Zertifizierung. Dafür wurde anfangs viel Zeit in das Einlesen vom Pflichtenheft, Sicherheitsnormen und PILZ PNOZmulti Dokumentationen investiert. Hierfür musste geklärt werden welche Anforderungen die Schaltung erfüllen muss, damit sie eine SIL1 Zertifizierung erhält. Im Anschluss daran folgte eine Gefahrenanalyse, welche Ergebnisse über gefahrbringende Zustände für Mensch und Maschine liefern sollte. Nachdem die Grundlagen gefestigt wurden, begann die Projektierungsphase. Zu diesem Zweck, wurde ein Plan angefertigt wie das Sicherheitsprogramm der PILZ PNOZmulti aussehen soll. Die Programmierung der SPSen verlief aufgrund einer sehr übersichtlichen Oberfläche des PILZ PNOZmulti Configurator eher unproblematisch. Lediglich einige besondere Funktionen von Sicherheitssteuerungen wie Querschloss-erkennungen, Anlauftests, mehrkanalige Leitungen mit Testtakten stellten sich als kleinere Probleme heraus. Jedoch lösten diese sich durch einige Tests auf. Auch die Inbetriebnahme der Steuerung verlief eher unproblematisch, kleinere Fehler wie der Anlauftest der Eingangselemente wurden gelöst. So kam es z.B. am Anfang vor, dass Eingangselemente durch den Anlauftest bei manueller Aktivierung nicht auslösten. Infolgedessen wurde die Funktion Softwareseitig deaktiviert. Abschließend zum Projekt wurde die Sicherheitssteuerung vom TÜV SÜD ohne Beanstandungen abgenommen (siehe Anhang 8-17 - 8-20). Zusammenfassend wurde das Interesse mit dieser Bachelorarbeit in der Thematik der Sicherheitssteuerungen gefestigt und gestärkt. Vorausschauend wird Sicherheit in elektrischen Anlagen immer eine wichtige Rolle spielen und sich ständig weiterentwickeln.

6 Glossar

2v3 Technik	zwei von drei Sensoren müssen auslösen damit das Ausgangssignal durchgeschaltet wird
B10-Wert	Betätigungen pro Lebensdauer
Geodätische Höhe	Differenz von Höhenlage des saugseitigen und druckseitigen Flüssigkeitsniveaus.
Low-Aktiv	Für den Fall eines Stromausfalls fährt die Anlage durch Low-Aktive-Signale in den sicheren Zustand
Profibus	Process Field Bus
Step 7	Software zur Programmierung von Spsen Simatic S7-Familie der Siemens AG
Takteingang	getakteter Eingang zur Überwachung von Drahtbrüchen
WinCC OA	Windows Control Center Open Architectures
Querschluss	Leiterschluss zwischen Anschlussleitungen, kann nur durch zweikanalige Leitungen überwacht werden
Subsystem	erste Unterteilung eines Systems in Teile, die bei ihrem Ausfall zu einem Ausfall der Sicherheitsfunktion führen würden

7 Quellen

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizkraftwerk> (16.07.2013)
 - [2] http://ejournal.swd-ag.de/wp-content/uploads/2012/03/Fernwaerme_4.jpg
(23.05.2013)
 - [3] http://www.drewag.de/media/img/content/mehr-als-strom/dw_mehr-als-strom_drewag-fernwaerme.jpg (12.07.2013)
 - [4] http://www.alltec-borna.de/unternehmen/aktuelles/item/auftragseingang-drewag---leittechnik-wincc-oa.html?category_id=9 (10.05.2013)
 - [5] Autor: Claudius Kreißig, Pflichtenheft HKW Nord Rev 2.0.doc
(23.05.2013)
 - [6] Autor: Hachan, Anlage 4 - Topologie Leitsystem Nord Stand
01.02.2013.pdf (23.05.2013)
 - [7] <http://www.pilz.com/de-AT/company/news/sub/services/articles/06087>
(01.06.2013)
 - [8] http://www.pilz.com/deDE/knowhow/standards/standards/functional_safety/articles/00241 (28.05.2013)
 - [9] Siemens, safety Integrated, <https://www.automation.siemens.com/cd-static/material/info/e20001-a230-m103-v1.pdf> (01.06.2013)
 - [10] PILZ, PNOZ_m1p_Basiseinheit (ohne Ethernet).pdf ,Seite 2-3,4
(04.07.2013)
 - [11] Autor: Claudius Kreißig, Pflichtenheft HKW Nord Rev 2.0.doc
(23.05.2013)
-

- [12] PILZ, PNOZmulti_GetStarted_20885-DE-05.pdf (28.05.2013)

 - [13] Autor: Richard Schlinzig, Pflichtenheft HKW Nord Anlage 19 Datenmodel PILZ.pdf (30.05.2013)

 - [14] http://img.directindustry.de/images_di/photo-g/profibus-tester-36838-2827179.jpg (03.09.2013)

 - [15] Autor: Heiko Schubert, Pflichtenheft HKW Nord Anlage 3 - GT-HKW Nord Verriegelungsmatrix TÜV (05.08.2013)

 - [16] Pflichtenheft HKW Nord Anlagenschema WÜS Nord (05.08.13)

 - [17] Pflichtenheft HKW Nord Anlage 4 - Topologie Leitsystem Nord (05.08.13)

 - [18] Autor: Carsten Sparmann, TÜV-Bescheinigung WÜS HKW Nord (15.08.13)
-

8 Anhang

Anhang 8-1 Datenmodell PILZ PNOZmulti [13].....	68
Anhang 8-2 Verriegelungsmatrix-1 PILZ PNOZmulti [15].....	69
Anhang 8-3 Verriegelungsmatrix-2 PILZ PNOZmulti [15].....	70
Anhang 8-4 Netzwerk Wärmeübertrager 1.....	71
Anhang 8-5 Netzwerk Wärmeübertrager 2.....	72
Anhang 8-6 Netzwerk Wärmeübertrager 3.....	73
Anhang 8-7 Netzwerk Wärmeübertrager 4.....	74
Anhang 8-8 Netzwerk Wärmeübertrager 5.....	75
Anhang 8-9 Netzwerk Wärmeübertrager 6.....	76
Anhang 8-10 Netzwerk Not-Halt	77
Anhang 8-11 Netzwerk Netzpumpen	78
Anhang 8-12 Netzwerk Nachspeisepumpen.....	79
Anhang 8-13 Netzwerk Abströmventile.....	80
Anhang 8-14 Netzwerk Rücklauf	81
Anhang 8-15 Netzwerk Druckhaltung	82
Anhang 8-16 Netzwerk 2v3-Makro	83
Anhang 8-17 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 1 [18].....	84
Anhang 8-18 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 2 [18].....	85
Anhang 8-19 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 3 [18].....	86
Anhang 8-20 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 4 [18].....	87

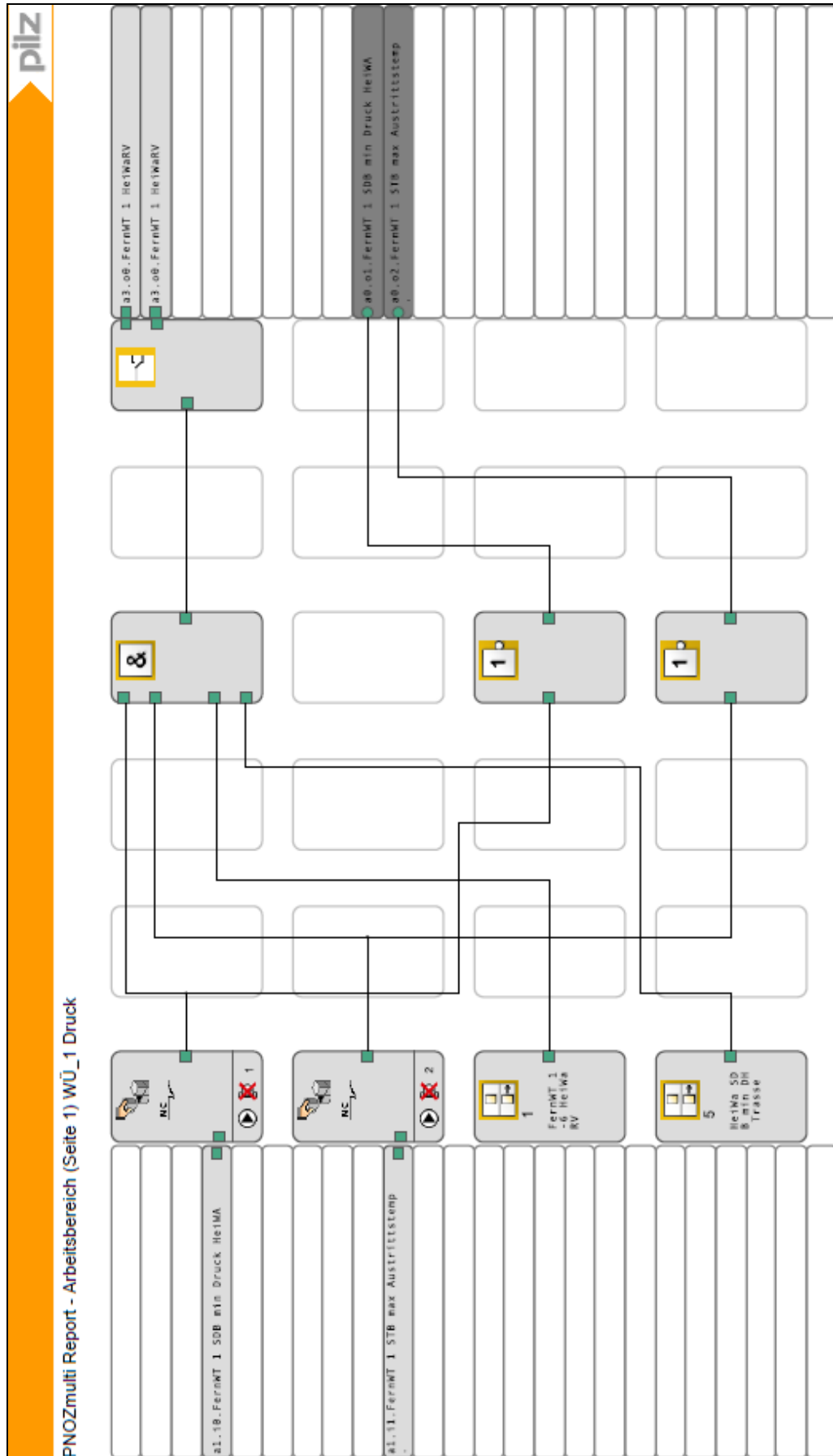
Anhang 8-2 Verriegelungsmatrix-1 PILZ PNOZmulti [15]

Auslösung Geber		Wirkung auf Anlagenteil Bezeichnung (KKS)										SIL	Bemerkung	Rev.											
		Druckhaltung				Wärmeübertrager 1 bis 6									Netzpumpen										
#	KKS - Nr. (Geber)	Bezeichnung	Kennzeichen	Grenzwert	Zeitver- zögerung	NSNDK11AP001 NaSpF 1	NSNDK12AP001 NaSpF 2	NSNDK13AP001 NaSpF 3	NSNDK21A.A051 AbStörV 1	NSNDK22A.A051 AbStörV 2	NSNDK23A.A051 AbStörV 3	NS NDD11 A.A051 FemWT 1 HeiWärV	NS NDD21 A.A051 FemWT 2 HeiWärV	NS NDD31 A.A051 FemWT 3 HeiWärV	NS NDD41 A.A051 FemWT 4 HeiWärV	NS NDD51 A.A051 FemWT 5 HeiWärV	NS NDD61 A.A051 FemWT 6 HeiWärV	NSNDK11AP001 NetUmpF 1	NSNDK12AP001 NetUmpF 2	NSNDK13AP001 NetUmpF 3	NSNDK14AP001 NetUmpF 4				
1		Allgemeiner Teil																							
2		Anlagen Not-Halt	-	-	-	AUS	AUS	AUS	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	AUS	AUS	AUS	AUS				
3		Druckhaltung Auswertung 2x3																							
4	N5NDK15CF701	Hei/Wa SDB min DH Trasse Nord	PZA-	8,6 bar(ü)	-				ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	AUS	AUS	AUS	AUS				
5	N5NDK15CF702	Hei/Wa SDB min DH Trasse Nord	PZA-	8,6 bar(ü)	-				ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	AUS	AUS	AUS	AUS				
6	N5NDK15CF703	Hei/Wa SDB min DH Trasse Nord	PZA-	8,6 bar(ü)	-				ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	ZU	AUS	AUS	AUS	AUS				
7		Wärmeübertrager 1																							
8	N5NDD12CF701	FemWT 1 SDB min Druck Hei/Wa	PZA-	8,6 bar(ü)	-							ZU													
10	N5NDD12CT701	FemWT 1 STBmax Austrittstemp. SekSe	TZA+	140°C	-							ZU													
12		Wärmeübertrager 2																							
13	N5NDD22CF701	FemWT 2 SDB min Druck Hei/Wa	PZA-	8,6 bar(ü)	-							ZU													
15	N5NDD22CT701	FemWT 2 STBmax Austrittstemp. SekSe	TZA+	140°C	-							ZU													
17		Wärmeübertrager 3																							
18	N5NDD32CF701	FemWT 3 SDB min Druck Hei/Wa	PZA-	8,6 bar(ü)	-									ZU											
21	N5NDD32CT701	FemWT 3 STBmax Austrittstemp. SekSe	TZA+	140°C	-									ZU											

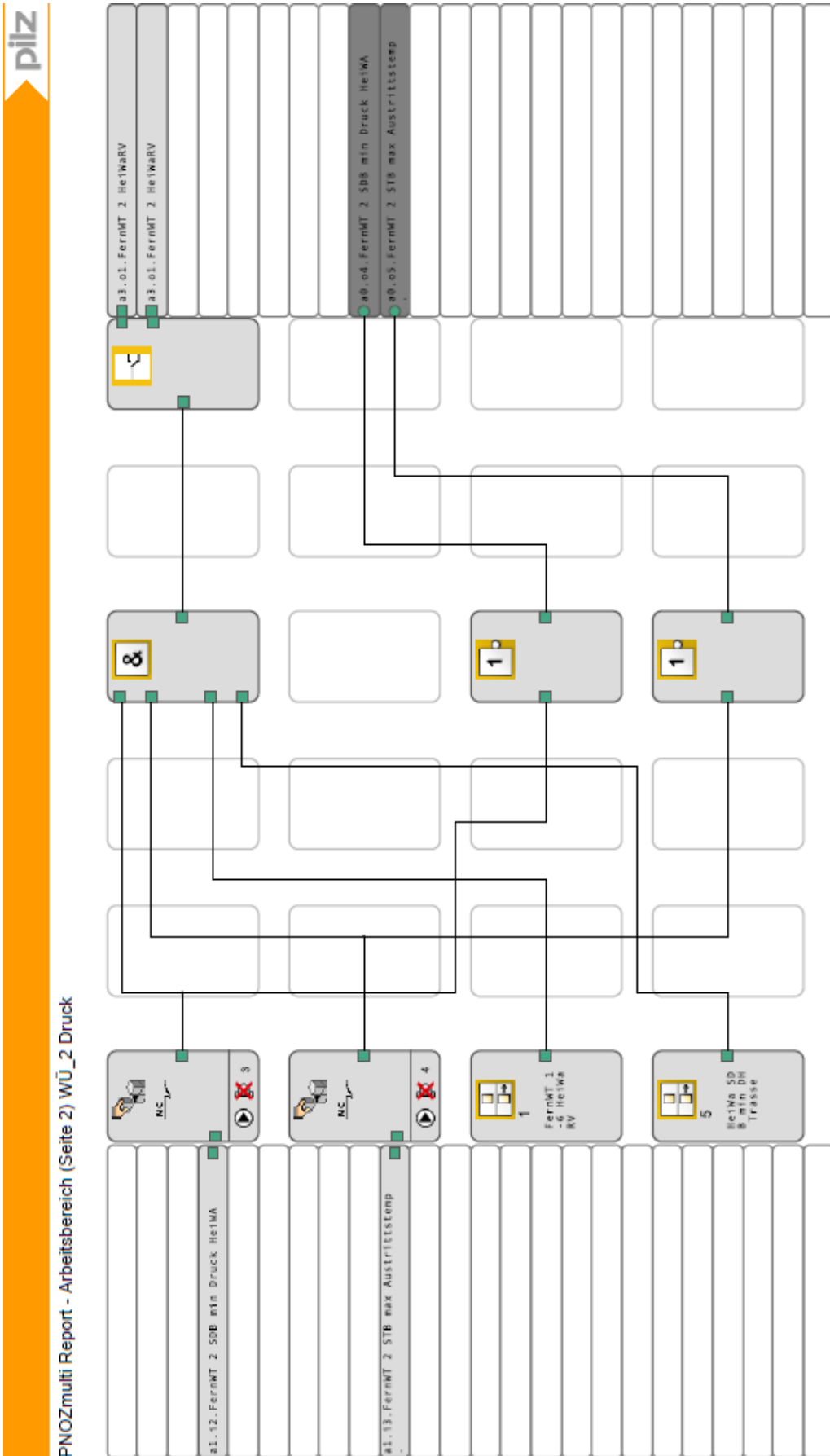
Stand: Revision 3 - 13.12.2012 - GESA/ Schubert
 erstellt: GESA/ Schubert
 keine Auswirkung auf Anlagenteil

Stand: 07.11.2012
 Basis: Gefahren-
 und Risikoanalyse

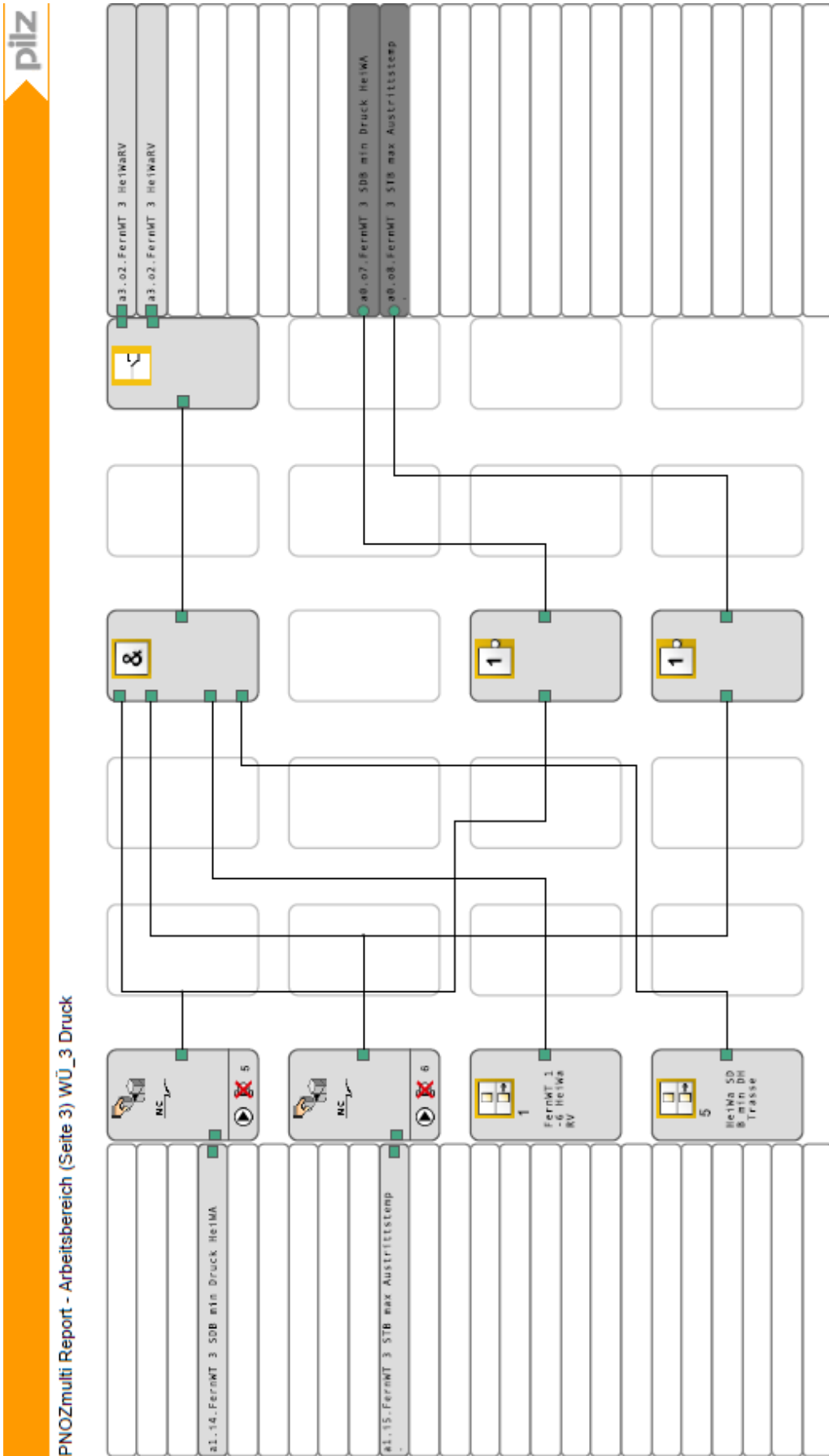
Anhang 8-4 Netzwerk Wärmeübertrager 1



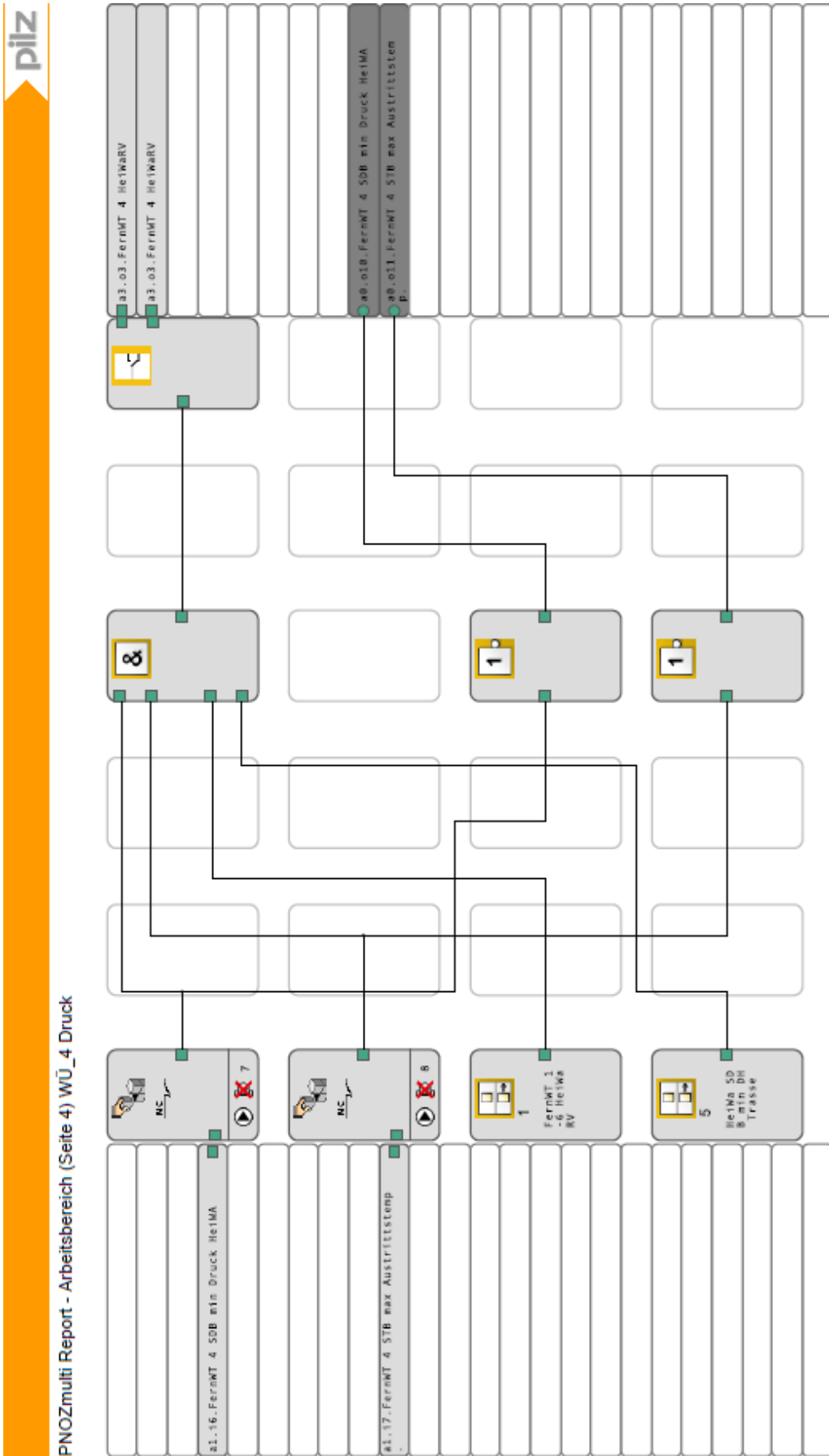
Anhang 8-5 Netzwerk Wärmeübertrager 2



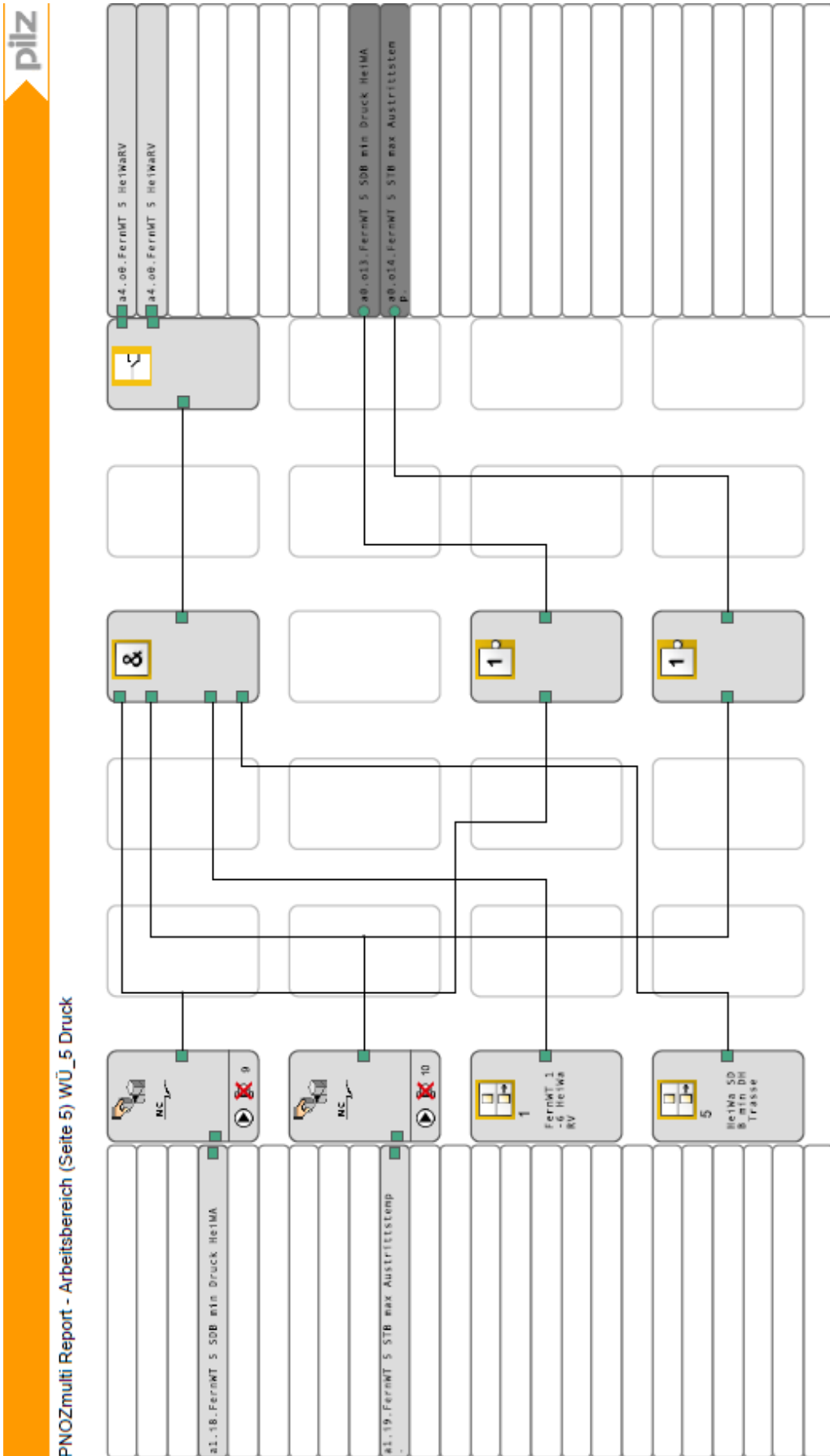
Anhang 8-6 Netzwerk Wärmeübertrager 3



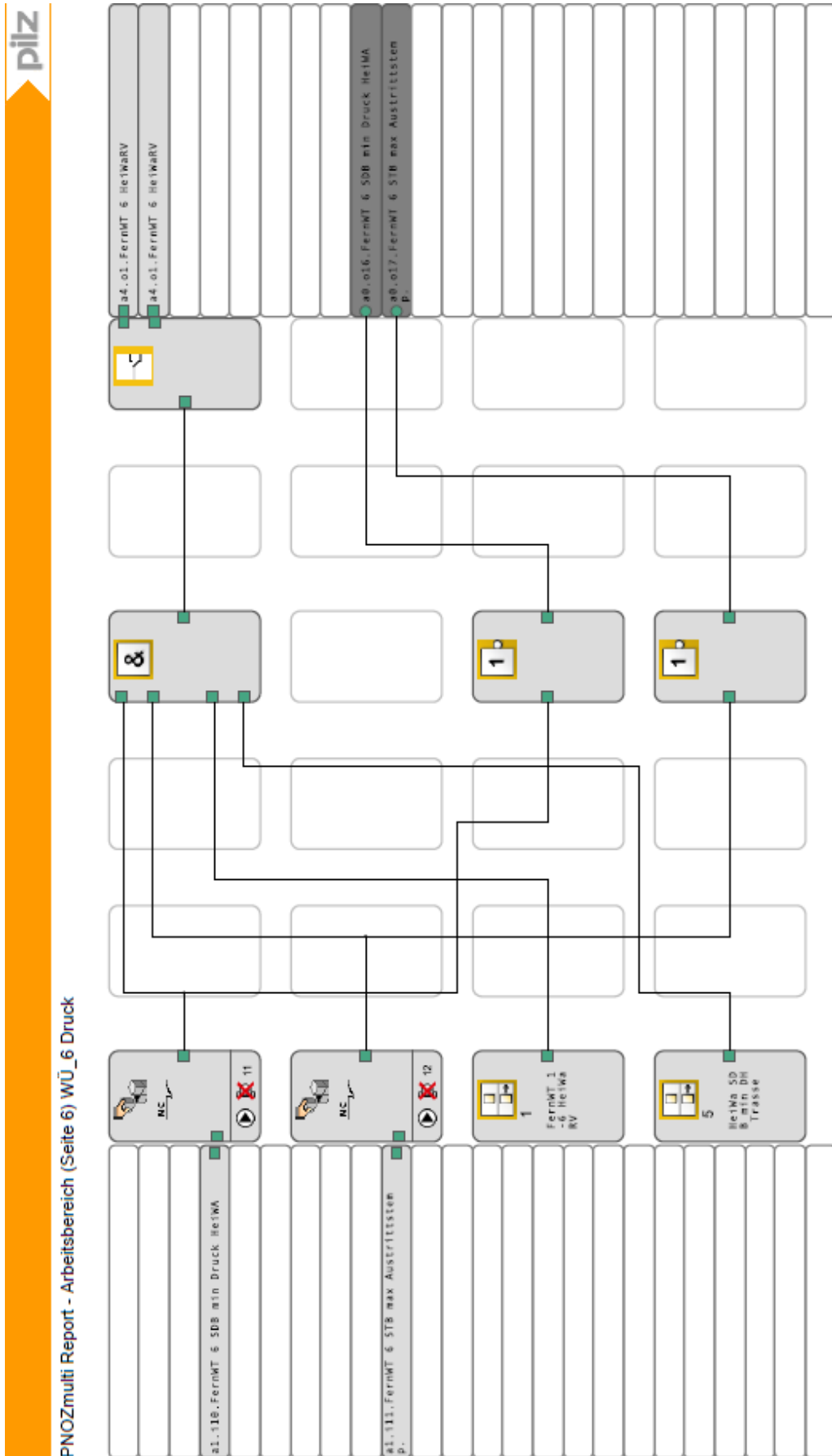
Anhang 8-7 Netzwerk Wärmeübertrager 4



Anhang 8-8Netzwerk Wärmeübertrager 5



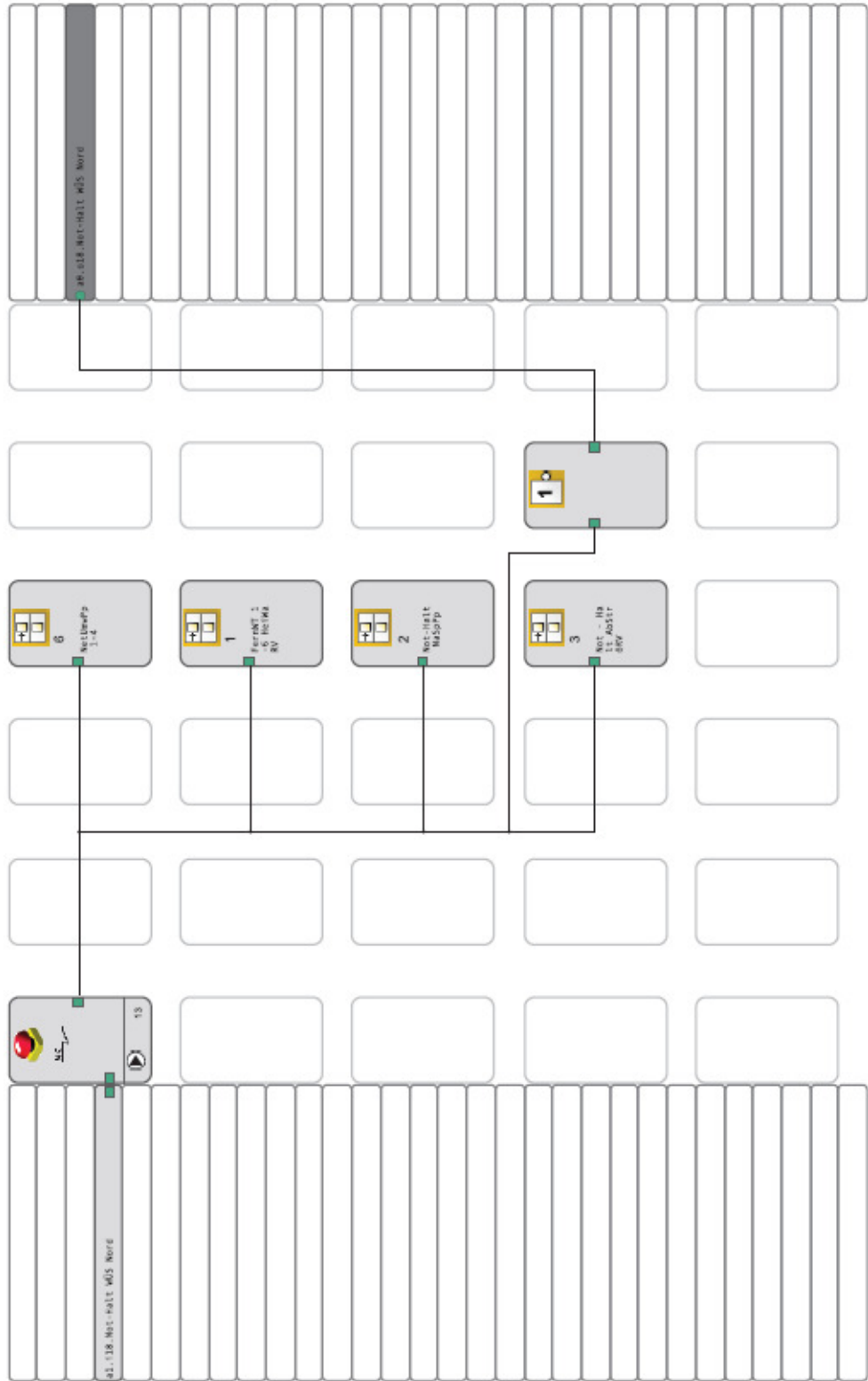
Anhang 8-9 Netzwerk Wärmeübertrager 6



Anhang 8-10 Netzwerk Not-Halt



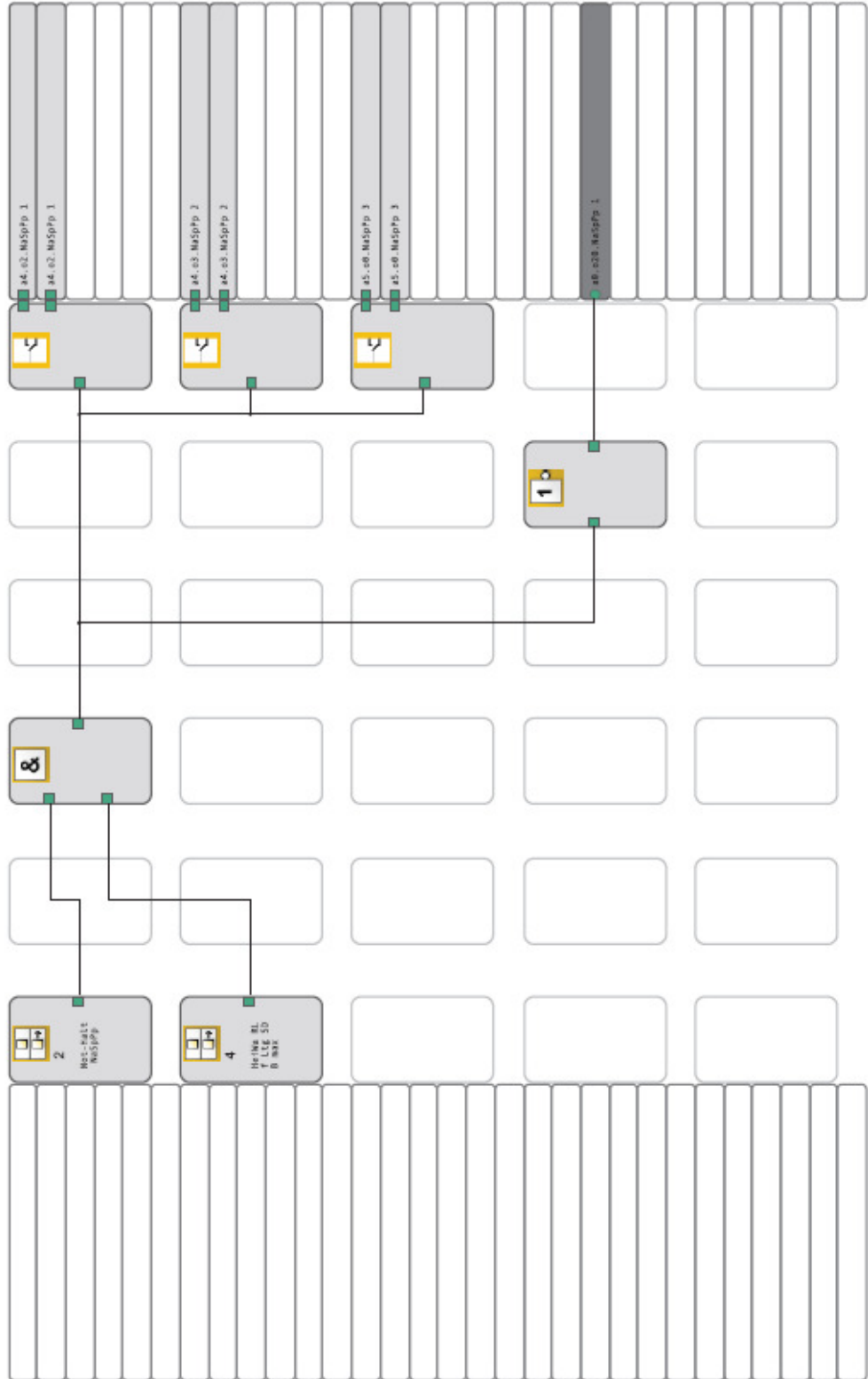
PNOZmulti Report - Arbeitsbereich (Seite 7) Not-Halt



Anhang 8-12 Netzwerk Nachspeisepumpen



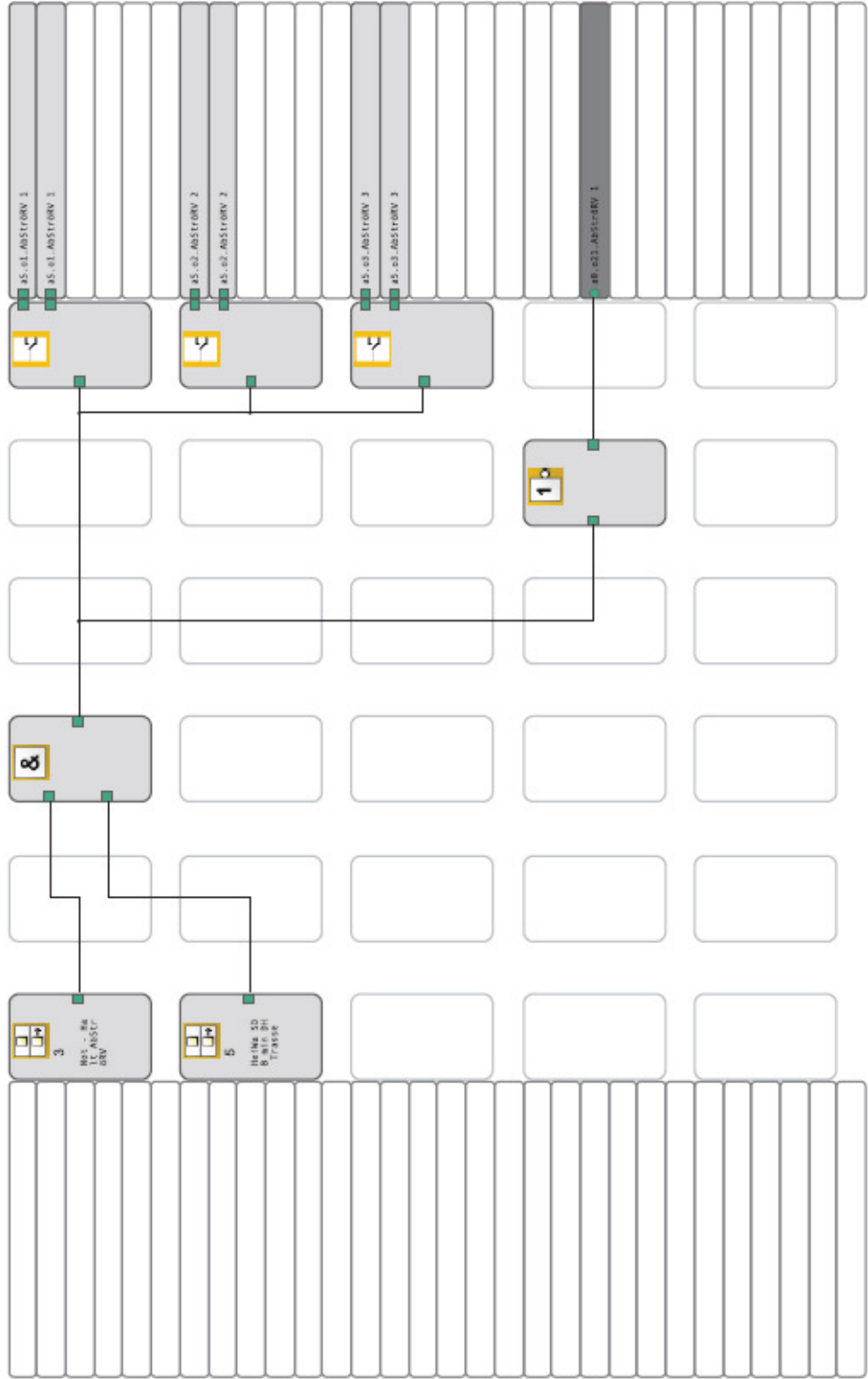
PNOZmulti Report - Arbeitsbereich (Seite 9) Nachspeisepumpen



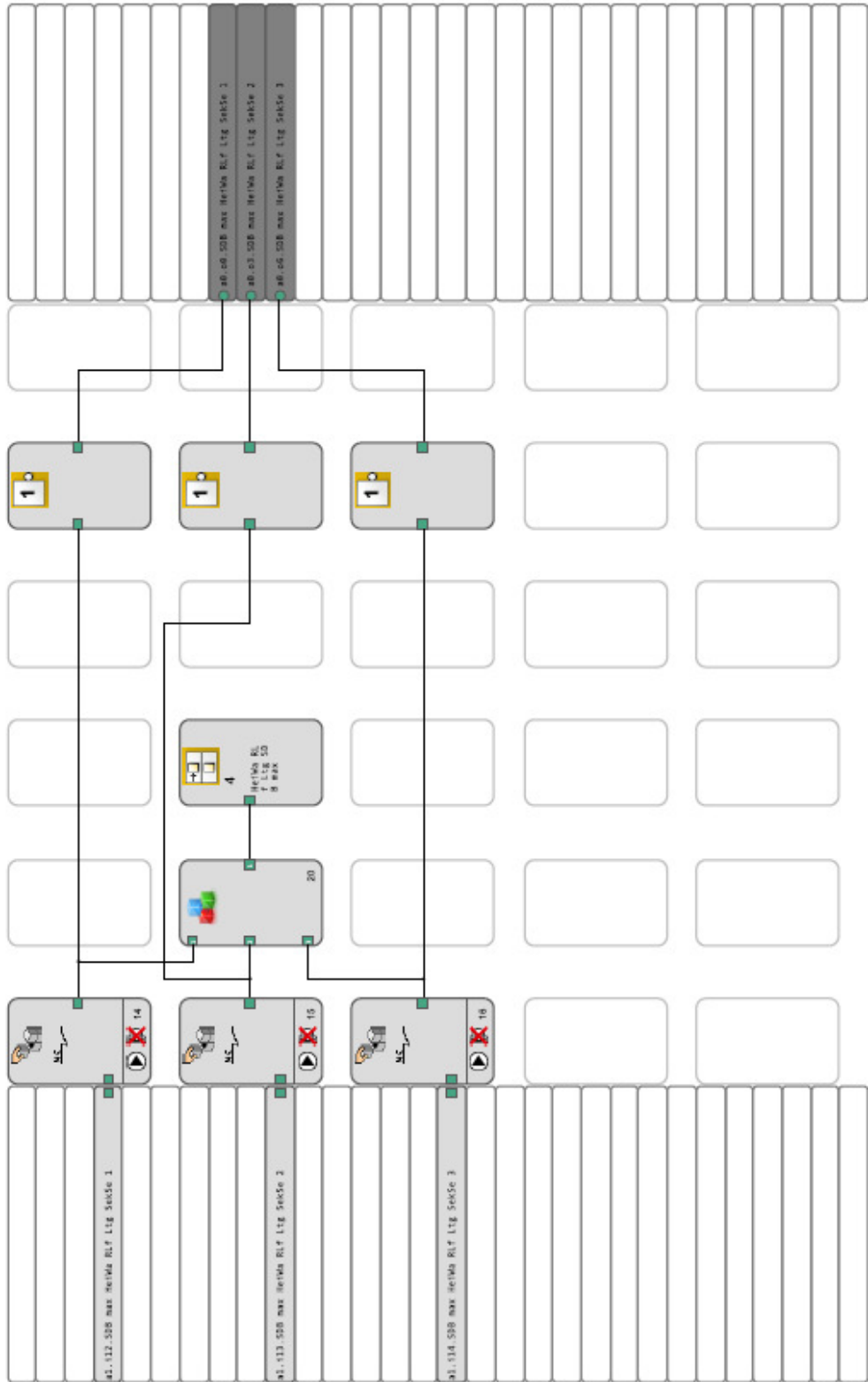
Anhang 8-13 Netzwerk Abströmventile



PNOZmulti Report - Arbeitsbereich (Seite 10) Abströmventile



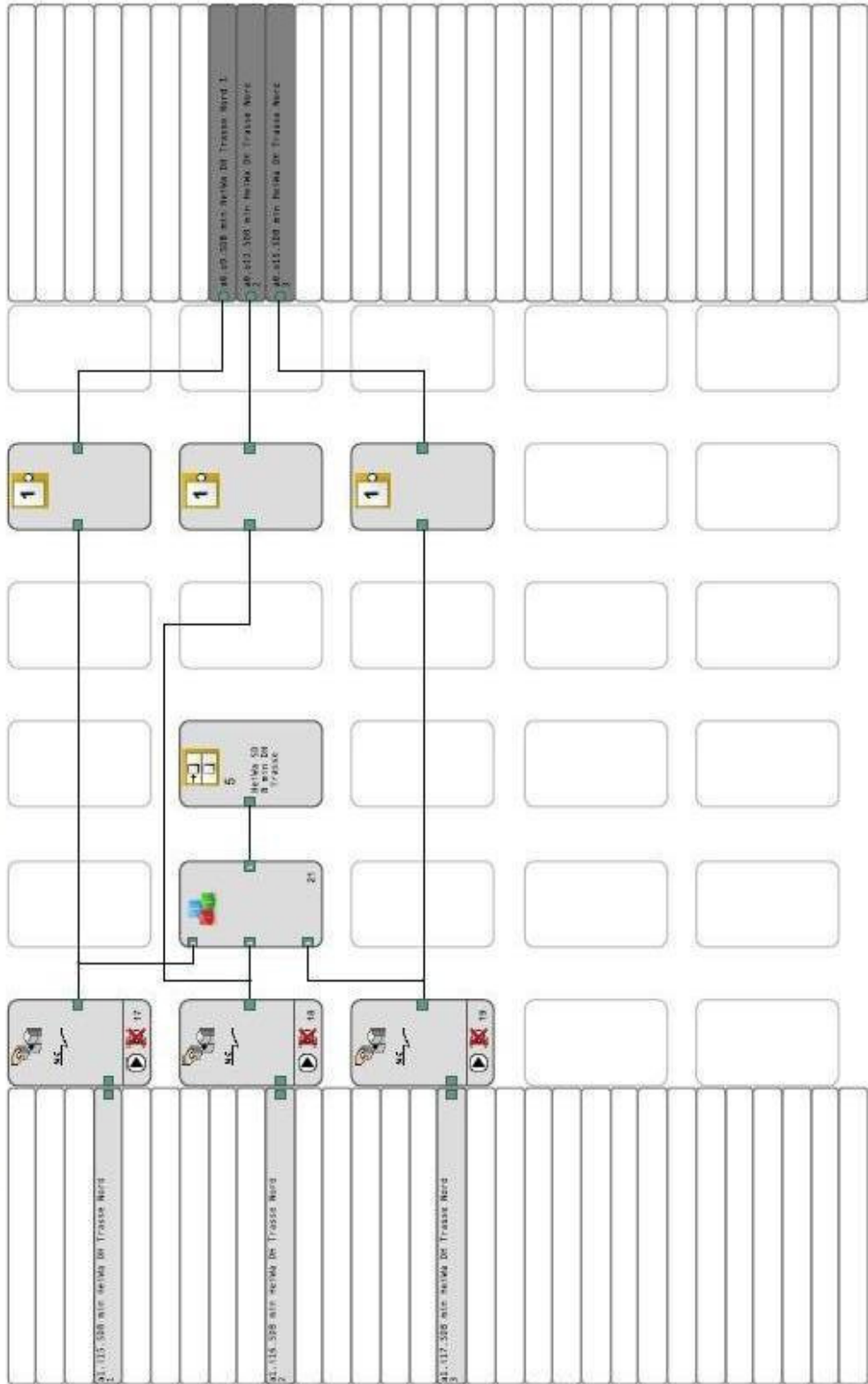
Anhang 8-14 Netzwerk Rücklauf



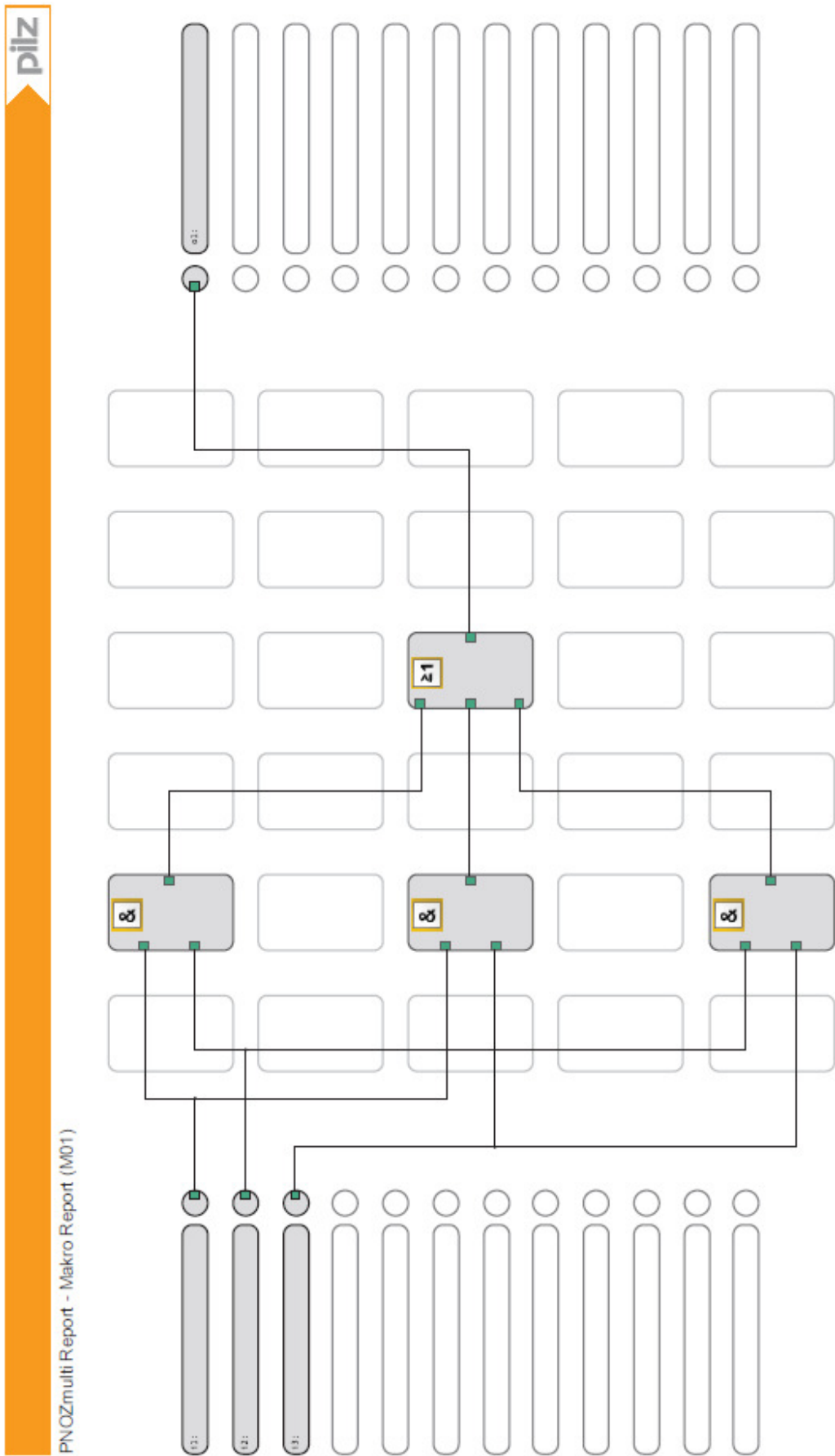
Anhang 8-15 Netzwerk Druckhaltung






PNOZmulti Report - Arbeitsbereich (Seite 12) SDB min HeiWa DH



Anhang 8-16 Netzwerk 2v3-Makro



Anhang 8-17 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 1 [18]

<p>DREWAG 5</p> <p>Eing. 05. Aug. 2013</p> <p>Poststelle</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">KT</td> <td style="width: 50%;">DREWAG - KT</td> <td style="width: 10%;">KT</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;">  Industrie Service </td> </tr> <tr> <td>KFK</td> <td>Posteingang</td> <td>KTZ</td> </tr> <tr> <td>KTM</td> <td>05. Aug. 2013</td> <td>KFS</td> </tr> <tr> <td>KTE</td> <td>Nr.: <u>KI.905/13</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kopien:</td> <td></td> <td>Rückspr.</td> </tr> </table> <p>Seite 1 von 4</p>	KT	DREWAG - KT	KT	 Industrie Service	KFK	Posteingang	KTZ	KTM	05. Aug. 2013	KFS	KTE	Nr.: <u>KI.905/13</u>		Kopien:		Rückspr.
KT	DREWAG - KT	KT	 Industrie Service														
KFK	Posteingang	KTZ															
KTM	05. Aug. 2013	KFS															
KTE	Nr.: <u>KI.905/13</u>																
Kopien:		Rückspr.															

**Bescheinigung über die Prüfung
der elektrischen Steuer- und Sicherheitseinrichtungen
einer überwachungsbedürftigen Anlage**

Vor-Ort-Prüfung
Bestandteil der Prüfung nach §2 BetrSichV

Prüfbescheinigung Nr.: 02/08/13/SP2879

Anlage: **Wärmeübertragerstation WÜS**
WÜ 01 bis 06
Wärmetauscher Heißwasser / Heißwasser
indirekt beheiztes Druckgerät
T_{max} Primär 150°C

Schutzsystem: **2x Klein SPS PNOZmulti, Fa. Pilz jeweils mit
Basisgerät m1p
Ausgangsmodul mo4p (5x)
Eingangsmodul mi1p (1x)**

Betreiber: DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH
Rosenstraße 32, 01067 Dresden

Aufstellungsort: **HKW Dresden Nord**
Hermann-Mende-Straße 2, 01099 Dresden

Prüfgrundlagen:

1 allgemein

/ 1.1 / DIN EN 50156-1 03.2005, Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen

2 anlagenspezifisch

/ 2.1 / DIN 4747-1 November 2003
Fernwärmanlagen, Sicherheitstechnische Ausrüstung

/ 2.2 / Anlagenschema (R&I) WÜS HKW Nord, Zeichnungs-Nr.: 5-AN-S-01 B
GESA Rev E vom 27.06.2013

TÜV Süd INDUSTRIE SERVICE GmbH TÜV Drescherhäuser 5 01159 Dresden Tel. 0351/4 202-202

Anhang 8-18 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 2 [18]



Industrie Service

Seite 2 von 4

- / 2.3 / Bescheinigung über die Konzeptprüfung Nr.: 03/09/12/SP2759
- / 2.4 / Verriegelungsmatrix WÜS GESA Rev. 3 vom 13.12.2013
- / 2.5 / „Gefahren- und Risikoanalyse bezogen auf Personenschäden nach DIN EN 61805-5 Anhang B.3 (Version Matrix 3.1)* zur SIL-Festlegung der Sicherheitsfunktionen DREWAG, Mallon Rev. 1 vom 07.11.2012
- / 2.6 / **Bescheinigung über die Vorprüfung Nr.: 16/07/13/SP2870**

3 gerätespezifisch

- / 3.1 / Liste zur Verfolgung der Versionsfreigaben für PNOZmulti, zu Bericht PO80773 TÜV Süd vom 05.12.2011, Rev 2.6
- / 3.2 / Sicherheitshandbuch Modulares Sicherheitssystem PNOZmulti Fa. Pilz, 2008
- / 3.3 / Betriebsanleitung 808885-03, Temperaturschalter TRS 5-50, GESTRA Steam Systems
- / 3.4 / RTK-Herstellerdokumentation Schnellschlussventil ST 6150 mit Logikbaustein LB 6150
- / 3.5 / Datenblatt Not-Aus-Schaltgerät PNOZ s4, Fa. Pilz
- / 3.6 / Datenblatt sicheres Zeitrelais/ Kontakterweiterung PNOZ s9, Fa. Pilz

Prüfgegenstand:

/ I / PNOZmulti I und II identisch

Bezeichnung	:	Applikation PNOZmulti (Report)
Bestandteile	:	Logik (Arbeitsbereich) Hardwarekonfiguration Querverweisliste Zuordnungsliste
CRC sicher/ letzte Änderung	:	AE38, 02.08.2013 09:30:00
Ersteller	:	Alltec

/ II /

Bezeichnung (Stromlaufplan)	:	Neubau WÜS u.a. E/A Verschaltung PILZ
Stromlaufplan- Nummer	:	33300492
Blatt (Seite von/ bis)	:	1 bis 308
Ausgabestand bzw. letzte Änderung	:	03.07.2013, 17.07.2013 und Handrev. bis 02.08.13
Ersteller	:	AllTec Borna

/ III /

Bezeichnung (Stromlaufplan)	:	Netzumwälzpumpen 1 bis 3
Stromlaufplan- Nummer	:	OKD01
Blatt (Seite von/ bis)	:	Hyamaster SPS3-900+1-150/3FU/C3/IP54 1 bis 248
Ausgabestand bzw. letzte Änderung	:	06.07.2013
Ersteller	:	KSB Frankenthal

Anhang 8-19 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 3 [18]



Industrie Service

Seite 3 von 4

/ IV /	
Bezeichnung (Stromlaufplan)	: Druckhaltepumpen N5 NDK11/12/13 AP001
Stromlaufplan- Nummer	: =HKW
Blatt (Seite von/ bis)	: 1 bis 76
Ausgabestand bzw. letzte Änderung	: 03.07.2013
Ersteller	: AllTec Borna

Fett gekennzeichnet ist gegenüber dem vorangegangenen Prüfstand / 2.6 / geänderte oder neue Dokumentation.

Prüfumfang:

Gegenstand dieser Bescheinigung war die Umsetzung der elektrischen / programmierbaren Sicherheitsfunktionen, Umfang und Sicherheitsrelevanz gemäß / 2.4 / der WÜS bezüglich Vollständigkeit und Fehlersicherheit.

Die Prüfung gliederte sich in Vorprüfung (Prüfung der MSR- Dokumentation zur Umsetzung des Konzeptes) und Vor-Ort-Prüfung (ohne Funktionstests).

Prüfvorgehen/ Prüfergebnis:

Die Vor-Ort-Prüfung erfolgte im Beisein u.a. der Fa. Gesa, Herrn Schubert, der Fa. Alltec, Herrn Schlienzig und des Betreibers, Herrn Rammer am 2. August 2013.

Es wurden u.a. folgende Prüfschritte durchgeführt:

- Prüfung Versionen der PNOZmulti-Baugruppen
- Prüfung Realisierung der Punkte der Vorprüfung
- Prüfung Änderungen Programm gegenüber Vorprüfstand
- Prüfung Änderungen Stromlaufplan gegenüber Vorprüfstand
- Sichtprüfung sicherheitsrelevante Ausrüstung
- Kontrolle Einstellung Betriebsarten und Test Zeitwerte für PNOZ s4 (K5) und PNOZ s9 (K6) (Netzumwälzpumpen), 5s-6s
- Prüfung ausreichende Dimensionierung Leistungsschütze 2K2, 3K1, 3K2 3RT1034-1AP00 für Druckhaltepumpen N5 NDK11/12/13 AP001

Folgende Punkte sind noch zu realisieren.

1. Plan / II /, Blatt 63
Als Ausgangsklemme ist A3: 2 anstelle X1: 2 aufgeführt (gilt sinngemäß für alle F-DO PILZ).
2. Not-Halt Schalter am Schaltschrank und Schalter Kellergeschoß
Die Schalter sind zu bezeichnen mit Plankennzeichen und Not-Halt WÜS.

Anhang 8-20 TÜV-Bescheinigung Sicherheitseinrichtungen 4 [18]

Industrie Service

Seite 4 von 4

3. Not-Halt Schalter am Schaltschrank und Schalter Kellergeschoß
Die Verschaltung dieser Schalter ist vollständig darzustellen.

Die endrevidierten Pläne / II / sind nachzureichen.

Ausgenommen von Punkt 1 sind alle Punkte der Vorprüfung realisiert bzw. geklärt und i.O..

Nach Realisierung der vorgenannten Punkte entspricht der elektrische Teil der gemäß / 2.4 / sicherheitsrelevanten Funktionen der Anlage den Prüfgrundlagen insbesondere DIN VDE 0116, Abschnitt 10.5.

Dresden, 2. August 2013




Carsten Spämann
Der Sachverständige

9 Anlage

In der Anlage zu dieser Bachelorarbeit befindet sich eine CD-ROM mit folgendem Inhalt:

- Bachelorarbeit_Stefan_Maeße.pdf
 - 5-AN-S-01_Anlagenschema WÜS Nord-5-AN-S-01 - VORABZUG.pdf [16]
 - Topologie HKW Dresden Nord – Neubau WÜS [17]
 - PILZ PNOZ Porgramm – Report
 - Sperrvermerk.pdf
-