



Finden von Kriterien für die wirtschaftliche Realisierung einfacher Automations-Aufgaben, einschließlich praktischen Beispiels

Studienarbeit I

Mats Bernsdorff

Studiengang Elektrotechnik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim

Bearbeitungszeitraum	02.10.2013 bis 06.01.2014
Matrikelnummer, Kurs	6895326, TEL11BET
Ausbildungsfirma	Wagner & Co., Cölbe
Betreuer der Ausbildungsfirma	Erich Kleiner

Erklärung

Gemäß § 5 (2), der „Studien- und Prüfungsordnung DHBW Technik“ vom 18 Mai 2009

Ich habe die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet

Mats Bernsdorff

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	iii
1 Einführung	1
1.1 Abstract	1
1.2 Aufgabenstellung	2
2 Grundlagen	4
2.1 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	4
2.2 Verbindungsprogrammierte Steuerung (VPS)	4
2.3 Vorteile einer SPS	4
2.4 Nachteile einer SPS.....	5
3 Erstellen der Stromlaufpläne	6
3.1 Pumpe ohne Berücksichtigung Absperrschieber und ohne Zeitverzögerungen ...	6
3.2 Pumpe mit Berücksichtigung Absperrschieber und Zeitverzögerung	8
3.3 SPS „LOGO!“	10
4 Realisierung Pumpenansteuerung	12
5 Steuerprogramm der „LOGO!“	14
6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung SPS/VPS	16
6.1 Kostenberechnung mit EXCEL	17
6.2 Planungs- und Verdrahtungskosten.....	19
6.3 Auswertung verschiedener Szenarien	20
7 Fazit	23
8 Literaturverzeichnis	24
Anhang	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Pumpe ohne Berücksichtigung Absperrschieber	7
Abbildung 2: Pumpe mit Berücksichtigung Absperrschieber	9
Abbildung 3: Absperrschieber.....	9
Abbildung 4: LOGO! Pumpe	10
Abbildung 5: LOGO! Absperrschieber	11
Abbildung 6: Aufbau Pumpenansteuerung	12
Abbildung 7: Simulation des Pt100-Fühlers.....	13
Abbildung 8: Simulation des 4-20mA Signals.....	13
Abbildung 9: Steuerprogramm in Funktionsbausteinsprache	15
Abbildung 10: Tabelle 1 aus der Excel-Datei.....	17
Abbildung 11: Tabelle 2 aus der Excel-Datei.....	18
Abbildung 12: Vergleich ohne Zeitverzögerungen, ohne Analoge Signale	20
Abbildung 13: Diagramm ohne Analoge Signale mit Verzögerungen	21
Abbildung 14: Diagramm mit Verzögerungen, mit Analogen Signalen	22

1 Einführung

1.1 Abstract

Bei der Planung kleiner Automationsaufgaben stellt sich die Frage ob, eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) eventuell überdimensioniert ist oder einfach teurer als eine Verbindungsprogrammierte Steuerung (VPS). In dieser Arbeit wird Anhand einer verfahrenstechnisch gegebenen Steuerung ein Algorithmus entwickelt, der den Preis einer SPS und VPS in Abhängigkeit ihrer Parameter vergleicht und somit die Wirtschaftlichkeit dieser beiden Lösungsansätze aufzeigt. Die gegebene Automationsaufgabe wird zudem mit einer VPS realisiert um den Planungs- und Verdrahtungsaufwand besser einschätzen zu können.

1.2 Aufgabenstellung

Beschreibung:

Einfache Automationsaufgaben werden noch oft mit Relais gelöst, z.B. Leistungsschutz mit Hilfsschützen. Es gibt aber auch sehr preisgünstige Lösungen mit kleinen Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), z.B. „LOGO!“ von Siemens.

Im Internet finden sich viele Vergleiche zwischen SPS-Lösungen, die aber nur die SPS, nicht aber die ganze Realisierung einschließlich der Aktoren betrachten.

Anhand einer einfachen Aufgabenstellung, die die Erfassung von Prozesszuständen und Schalten von Drehstrommotoren enthält sollen Entscheidungskriterien gefunden werden ab welchem Punkt sich der Einsatz einer SPS wirtschaftlich lohnt. Dabei sollen Material- und Arbeitskosten für die Erstellung berücksichtigt werden, sowie die Art der zu verwendenden Sensoren (analog oder binär).

Aufgaben:

- Planen und Aufbau einer Relaisrealisierung. Dabei in der Planung zwei Varianten betrachten: ohne und mit Ventil
- Einarbeitung in Produktpalette und Handhabung von „LOGO!“
- Planen (und evtl. Hardware-Aufbau) in LOGO!, zumindest Simulation im Engineeringtool
- Bestimmung von Entscheidungskriterien und Darstellung in Algorithmen oder / und Graphiken

Aufgabenstellung für die zu untersuchenden Realisierungen:

Verfahrenstechnik:

Ein Wasserwerk soll einen zusätzlichen Brunnen bekommen. Er wird 5 Meter tief. Sein Wasser soll durch eine Pumpe in einen höher gelegenen Vorratsbehälter gepumpt werden. Hinter der Pumpe befindet sich ein Absperrventil (also zwischen Pumpe und Vorratsbehälter).

Wenn die Pumpe eingeschaltet wird, dann soll das Ventil erst 2 Sekunden nach dem Einschalten geöffnet werden. Beim Ausschalten der Pumpe soll zuerst das Ventil geschlossen werden und dann erst die Pumpe ausgeschaltet werden.

Die Pumpe darf nur eingeschaltet werden, wenn der Wasserstand im Brunnen höher als „TIEF“ ist, was z.B. 1 Meter entspricht. Sie muss automatisch abgeschaltet werden, wenn der Wasserstand unter „MIN“ sinkt, z.B. 0,5 Meter oder wenn die Motortemperatur höher „MAX“ ist.

Daten:

Pumpe: 4,5 kW, 400 V 3~

Absperrschieber: 0,5 kW, 400 V 3~, mit mechanischen Endsaltern für AUF und ZU

Niveaumessung: kontaktlose Sensoren, mechanisch einstellbar, schalten max. 24 V durch bei >

oder: Ultraschallmessung, liefert 0-20 mA für 0-5 m, Versorgung: 24 V DC

Motortemperatur: Thermistor (PTC, ähnlich Widerstandsthermometer)

Bedienung:

von zentraler Warte: Tastenbefehle EIN und AUS für Pumpe mit 24 V DC

an zentrale Warte: Rückmeldungen PUMPE EIN und PUMPE AUS als potentialfreie Kontakte

vor Ort: Tasten für Pumpe EIN/AUS, mit 240 V betreibbar, parallel zu den Befehlen der Warte wirkend, NOT-AUS-Taste, vorrangig, mechanisch verklinkt, mit 240 V betreibbar.

2 Grundlagen

2.1 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

Eine Speicherprogrammierbare Steuerung ist ein digital arbeitendes System, welches durch digitale oder analoge Eingangs- oder Ausgangssignale Maschinen oder Anlagen steuert oder regelt. Sie enthält einen programmierbaren Speicher, in dem mit anwenderorientierten Programmiersprachen spezifische Funktionen, wie z.B. Verknüpfungen, Abläufe, Zeit- und Zählerfunktionen und arithmetische Funktionen, einfach realisiert werden können [wiki1]. Eine SPS ist so konzipiert, dass sie sich leicht in industrielle Steuerungssysteme einbinden lässt. Zudem übernimmt eine SPS nicht nur Steuerungs-, sondern auch Regelungsfunktionen [Klei10].

2.2 Verbindungsprogrammierte Steuerung (VPS)

Die Verbindungsprogrammierte Steuerung, umgangssprachlich auch festverdrahtete Steuerung oder festverdrahtete Logik, übernimmt Regelungs- und Steuerungsaufgaben in der Prozess- und Automatisierungstechnik. Die Bauelemente sind festverdrahtet wodurch auch die Logik der Steuerung nicht variabel ist im Gegensatz zur SPS dessen Logik umprogrammiert werden kann [wiki2].

2.3 Vorteile einer SPS

Einfache Änderungen: Bei der Realisierung einer Steuerung können Änderungen einfach durch eine Überarbeitung des SPS-Programmes durchgeführt werden.

Weniger Material: Die Auswertung von Zuständen, Verknüpfungen, Zeit- und Zählerfunktionen werden bei einer SPS intern realisiert. Dadurch fallen z.B. Hilfsrelais und Zeitrelais weg. Dies hält den Platzbedarf kleiner

- Vervielfältigung: Ein Steuerprogramm kann man beliebig oft kopieren und einsetzen. Damit wirkt sich eine SPS bei der Vervielfältigung von Steuerungsaufgaben finanziell deutlich günstiger aus.
- Dokumentation: Im Steuerprogramm können einfach Kommentare hinterlegt werden, die ein späteres Verstehen fördern und ggf. Änderungen erleichtern.
- Zeitersparnis: Kürzere Montagearbeit und weniger Verdrahtung. Es ist eine parallele Bearbeitung möglich. Teilprogramme können zu einem Gesamtkonzept zusammengeführt werden
- Fernwartung: Es gibt die Möglichkeit eine SPS mit anderen IT-Anlagen zu vernetzen, somit lassen sich SPS Programme von einem anderen Ort aus überwachen, steuern und ändern.

2.4 Nachteile einer SPS

Durch zusätzliche Technik und Infrastruktur wie Datenträger, Programmiergeräte und Sicherungsgeräte kann eine SPS für weniger komplexe Anlagen teurer als eine VPS sein. Des Weiteren ist für die Realisierung einer SPS höher qualifiziertes Personal notwendig [sps1].

3 Erstellen der Stromlaufpläne

Im Folgenden wird das Erstellen von drei verschiedenen Stromlaufplänen erklärt und erläutert. Ein Stromlaufplan soll die Ansteuerung der Pumpe ohne einen Absperrschieber und ohne Zeitverzögerungen beschreiben. Ein weiterer die mit einem Absperrschieber und Zeitverzögerungen und ein dritter Stromlaufplan soll die Verdrahtung einer SPS „LOGO!“ zeigen.

3.1 Pumpe ohne Berücksichtigung Absperrschieber und ohne Zeitverzögerungen

Die Pumpe soll über Taster, sowohl vor Ort als auch aus der Warte, ein und ausgeschaltet werden können. Dies erfordert eine Selbsthaltung des Relais „K4“. Die Taster EIN sind durch „TE“ (Taster vor Ort) und „K6“ (Taster Warte) im Stromlaufplan gekennzeichnet, siehe Abbildung 1. Sie müssen parallel liegen, damit bei Betätigung eines Tasters der parallel liegende Schließer des Selbsthalterelais „K4“ anspricht und die beiden Taster überbrückt. Die beiden Taster AUS, gekennzeichnet durch „TA“ (Taster vor Ort) und „K7“ (Taster Warte), liegen in Reihe zur Selbsthaltung von „K4“. Über das Relais „K4“ wird auch das Leistungsschütz „K1“ angesprochen, deshalb liegt der Öffner des Thermistor-Motorschutzrelais „K3“ auch in Reihe zur Selbsthaltung von „K4“. Bei einer zu hohen Temperatur wird somit die Pumpe ausgeschaltet und kann erst bei unterschreiten dieser Grenztemperatur wieder eingeschaltet werden. Über die Füllstandmessung, mit einem 4-20mA Signal, wird mit einem Schwellwertschalter, mit zwei einstellbaren Grenzwerten, die Pumpe bei einem zu geringen Füllstand abgeschaltet und kann erst ab einem bestimmten Füllstand wieder eingeschaltet werden. Die Abschaltung bei einem zu geringem Füllstand ist über einen Öffner „K2.2“ realisiert, welcher in Reihe zur Selbsthaltung von „K4“ steht. Über den Schließer „K2.1“, welcher parallel zur Selbsthaltung „K4“ und in Reihe zu den Tastern EIN „TE“ und „K6“ liegt kann die Pumpe bei einem zu geringem Füllstand nicht mehr über die Taster eingeschaltet werden. Der NOT-AUS Schalter ist ebenfalls in Reihe zur Selbsthaltung „K4“ gelegt und stoppt die Pumpe im Notfall. Die dreiphasige Pumpe wird über das Leistungsschütz „K1“ angesteuert. Ein

weiteres Hilfsrelais „K5“ wird über den Hilfskontakt von „K1“ angesprochen. Das Hilfsrelais „K5“ hat einen Öffner und einen Schließer und liefert der Warte über zwei potentialfreie Kontakte den Zustand der Pumpe.

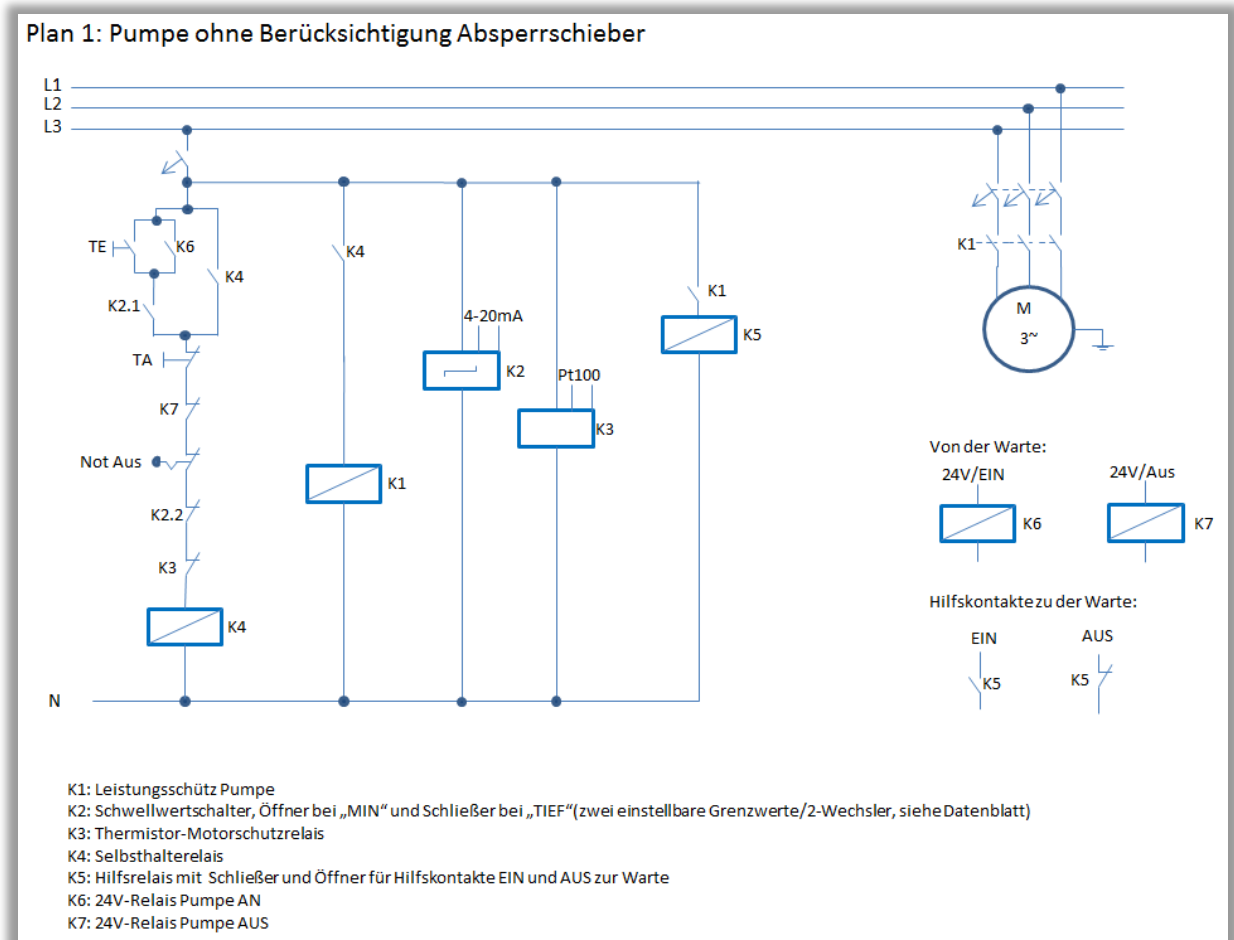


Abbildung 1: Pumpe ohne Berücksichtigung Absperrschieber

3.2 Pumpe mit Berücksichtigung Absperrschieber und Zeitverzögerung

Der Stromlaufplan für die Variante „mit Absperrschieber und Zeitverzögerung“ ist sehr ähnlich wie die Variante „ohne Absperrschieber und ohne Zeitverzögerung“. Der Unterschied besteht darin, dass durch das Relais „K4“ nicht das Leistungsschütz „K1“ direkt angesprochen wird, sondern ein ansprechverzögertes Zeitrelais „K8“ und ein rückfallverzögertes Zeitrelais „K9“ angesprochen werden, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Über den Schließer von „K8“ wird das Steuerrelais „K10“ des Absperrschiebers angesprochen. Das Steuerrelais „K10“ hat einen Schließer und einen Öffner, welche der Steuerung einer Wendeschützschaltung dienen. Diese ist in Abbildung 3 zu sehen. Die Wendeschütze „K1“ und „K2“ sind über den jeweiligen Hilfskontakt mechanisch gegeneinander abgesichert, so dass es zu keinem Kurzschluss zwischen den Phasen kommen kann. Zudem verfügt der Absperrschieber über zwei Endkontakte, welche in Reihe mit „K1“ und „K2“ liegen um den Motor des Absperrschiebers beim Erreichen seiner Endposition abzuschalten. Durch das ansprechverzögerte Zeitrelais „K8“ wird der Absperrschieber beim Einschalten der Pumpe, ein paar Sekunden nachdem Einschalten der Pumpe aufgehen, damit sich ein gewisser Druck aufbauen kann um das Wasser aus dem Brunnen zu pumpen. Beim Ausschalten der Pumpe, wird diese, durch das rückfallverzögerte Zeitrelais „K9“, erst nach dem Schließen des Absperrschiebers ausgeschaltet.

Plan 2: Pumpe mit Berücksichtigung Absperrschieber / Seite 1

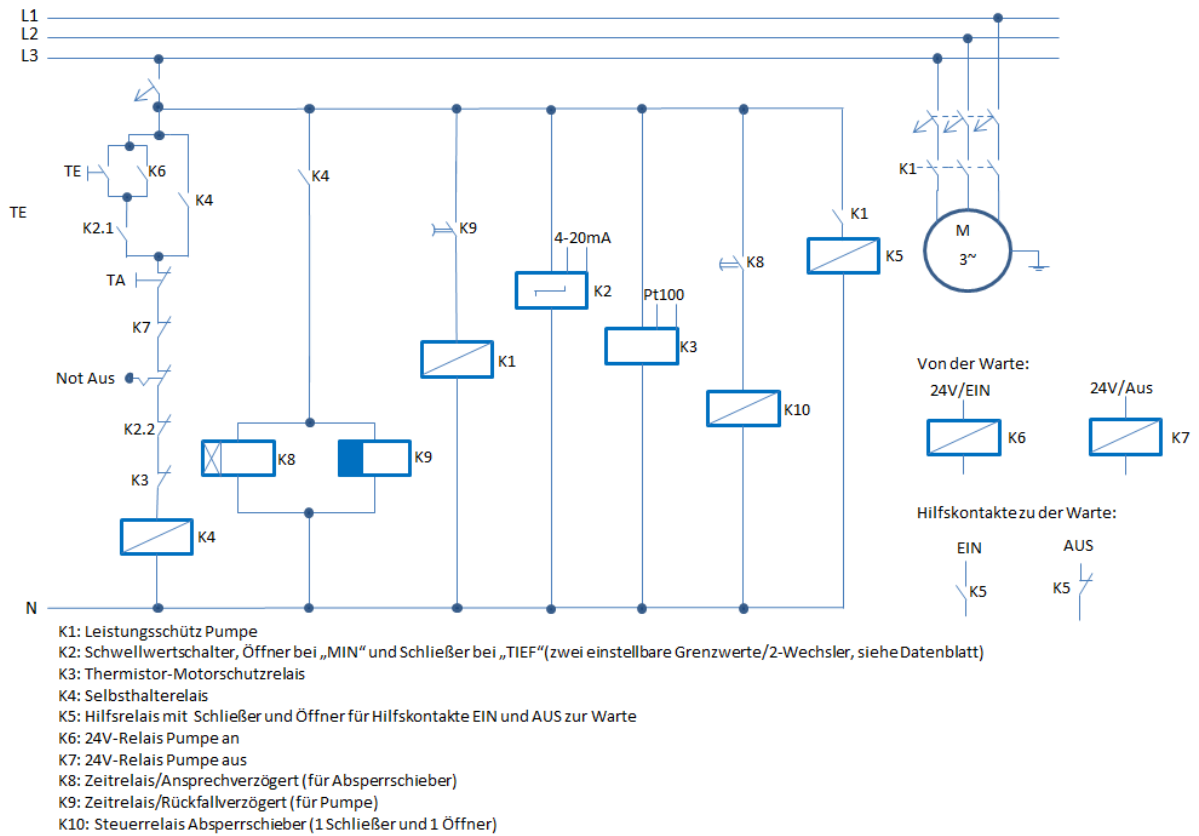


Abbildung 2: Pumpe mit Berücksichtigung Absperrschieber

Plan 3: Schieber / Seite 2

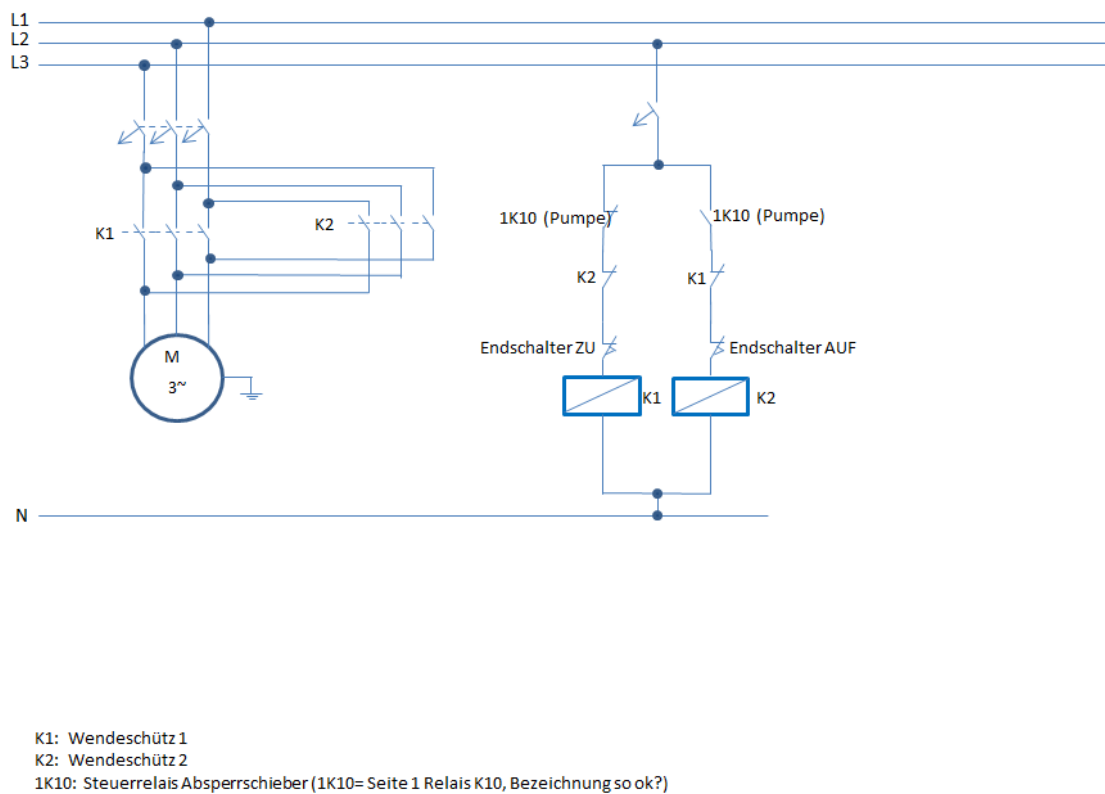


Abbildung 3: Absperrschieber

3.3 SPS „LOGO!“

Der Stromlaufplan bei der Realisierung mit einer SPS „LOGO!“ fällt wesentlich unkomplizierter aus. Die „LOGO!“ benötigt eine 24V DC Versorgung, siehe Abbildung 4. Zudem kommen noch zwei Analogmodule „AM2“ und „AM2 RTD“ um das 4-20mA Signal und den Pt100 Temperaturfühler zu integrieren. Auf den Eingängen der „LOGO!“ liegen die Taster für EIN und AUS von der Warte so wie von vor Ort, die Endkontakte des Absperrschiebers und das Signal für NOT-AUS. Über die Ausgänge wird die Pumpe und der Absperrschieber geschaltet. Schließt der Ausgang „Q1“ wird das Leistungsschütz „K1“ der Pumpe angesprochen. Parallel dazu liegt das Relais „K2“. Zu diesen beiden Relais liegt in Reihe der NOT-AUS Schalter. Die Ausgänge „Q2“ und „Q3“ öffnen oder schließen den Absperrschieber, siehe Abbildung 5. Die Wendeschützschaltung ist, bis auf die Auswertung der Endkontakte identisch mit der Realisierung als VPS.

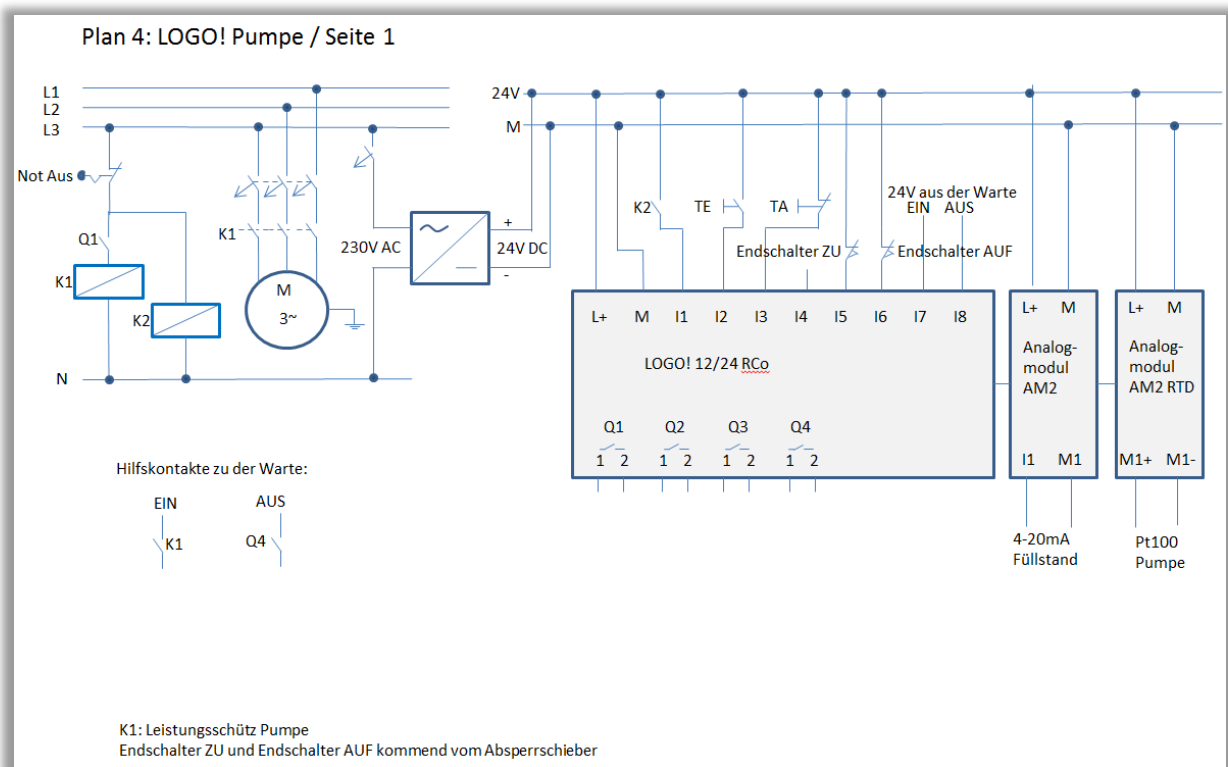
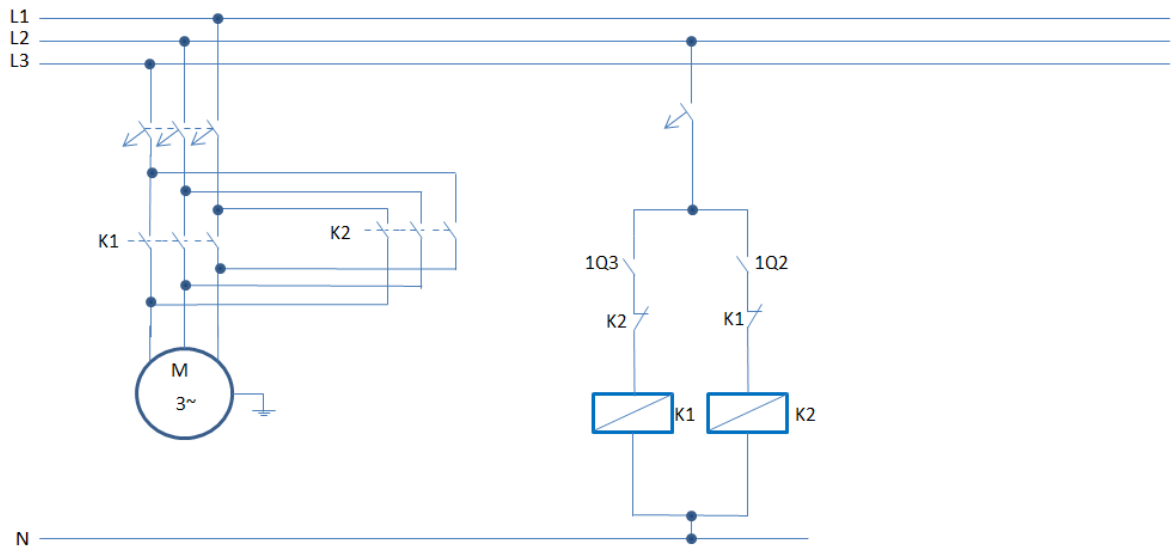


Abbildung 4: LOGO! Pumpe

Plan 5: LOGO! Schieber / Seite 2



K1: Wendschütz 1
K2: Wendschütz 2

Abbildung 5: LOGO! Absperrschieber

4 Realisierung Pumpenansteuerung

Bei der Realisierung der Pumpenansteuerung konnte aufgrund des zeitlichen Umfangs nur der festverdrahtete Aufbau fertiggestellt werden.

Der gesamte Aufbau wurde in einem Schaltschrank mit HUT-Schienen installiert und dient alleine zur Überprüfung der Steuerungsfunktionen. Das heißt das dreiphasige Leistungsschutz und die Wendeschützschaltung sind nicht an ein dreiphasen Netz angeschlossen, sondern sind lediglich mit der festverdrahteten Logik verbunden um deren Funktionalität überprüfen zu können. Bei diesem Testaufbau wurden die Befehle und Rückmeldungen aus und zu der Warte vernachlässigt, ebenfalls der NOT-AUS Schalter. Abbildung 6 zeigt den Aufbau im besagten Schaltschrank.

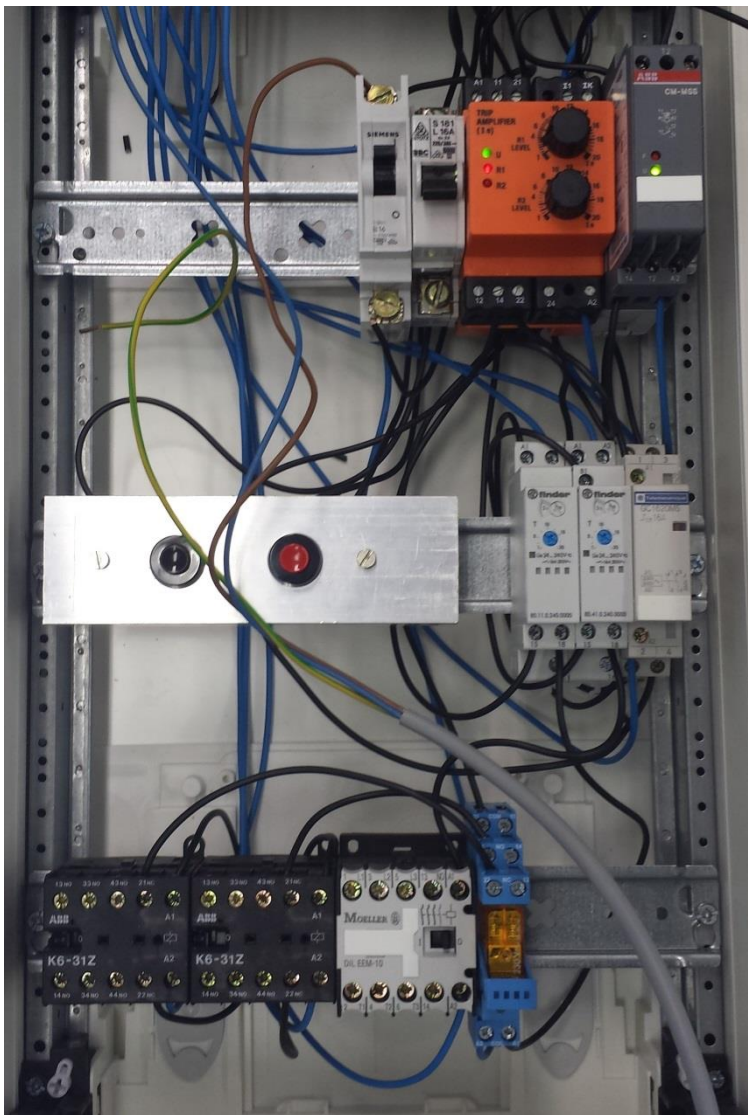


Abbildung 6: Aufbau Pumpenansteuerung

Zum testen der Logik musste ein 4-20mA-Signal und ein Pt100-Fühler simuliert werden. Der Pt100-Fühler wurde über ein einfaches Potentiometer simuliert und das 4-20mA-Signal über eine Spannungsquelle mit Vorwiderstand. Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen den Aufbau des Tests.



Abbildung 7: Simulation des Pt100-Fühlers

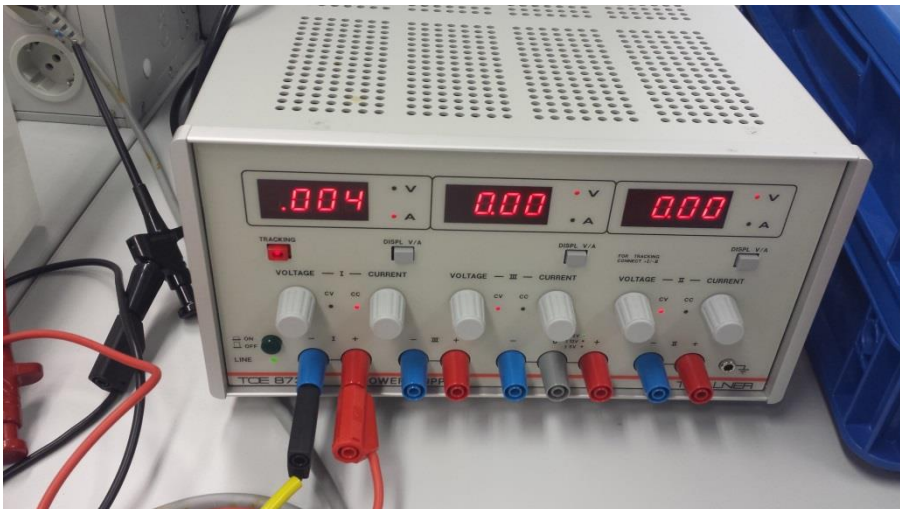


Abbildung 8: Simulation des 4-20mA Signals

5 Steuerprogramm der „LOGO!“

Mit dem Programm „LOGO!Soft Comfort“ lässt sich ein grafischer Schaltplan mit der Funktionsbausteinsprache (FBS) erstellen. Die verschiedenen Bausteine können per Drag&Drop in dem Schaltplan platziert und anschließend verbunden werden.

Abbildung 9 zeigt, dass die beiden Eingänge „Taster EIN“ und „Warte EIN“ ODER-Verknüpft werden und mit dem Binärsignal „TIEF“ UND-Verknüpft sind. Das Binärsignal „TIEF“ entsteht durch das 4-20mA-Analogsignal. Dieses wird über das Analogmodul „AM2“ in die „LOGO!“ aufgenommen und über einen analogen Schwellwertschalter in ein binäres Signal gewandelt. Ist der Füllstand „TIEF“ wird TRUE ausgegeben. Die UND-Verknüpfung geht auf den Set-Eingang eines RS-Flipflops, welches den Zustand Pumpe AN oder AUS speichert. Auf dem Reset-Eingang liegen folgenden Signale ODER-Verknüpft: die Eingänge „Taster AUS“ und „Warte AUS“, der negierte NOT-AUS Schalter, das über einen analogen Schwellwertschalter aus dem 4-20mA Signal umgewandelte Binärsignal „MIN“ und das Binärsignal „Temp MAX“ auch von einem analogen Schwellwertschalter umgewandelt. In dem Baustein des analogen Schwellwertschalters lassen sich die benötigten Grenzen einstellen. Der NOT-AUS Schalter liegt negiert an der ODER-Verknüpfung um bei einem Kabelbruch oder ähnlichem auszulösen. Das RS-Flipflop „EIN/AUS“ gibt seinen Zustand an die Ausschaltverzögerung „Pumpe EIN“, an die Einschaltverzögerung „Schieber AUF“ und „Schieber ZU“ weiter. Vor dem Ausgang „Schieber AUF“ wird das Signal mit dem negierten Signal „Endschalter AUF“ UND-Verknüpft, um den Motor bei offenem Schieber zu stoppen. Der Ausgang „Schieber ZU“ sitzt hinter einer UND-Verknüpfung der beiden negierten Signale „Endschalter ZU“ und „EIN/AUS“. Damit die Pumpe beim betätigen des NOT-AUS Schalters auch direkt ausgeht und nicht wie im normalen Betrieb mit einer Verzögerung ausgeschaltet wird, ist das Signal hinter der Ausschaltverzögerung mit dem Signal des NOT-AUS Schalters UND-Verknüpft. Die potentialfreie Rückmeldung zur Warte kann nicht komplett über die Ausgänge der „LOGO!“ realisiert werden, da ein Ausgang fehlt. Deshalb wird die Rückmeldung „EIN zur Warte“ über den Hilfskontakt des Leistungsschützes „K1“ realisiert, siehe Stromlaufplan „LOGO!“. Die Rückmeldung „AUS zur Warte“ ist über den Ausgang „Q4“ der „LOGO!“ eingebunden. Dazu wird das Signal „Pumpe EIN“ negiert.

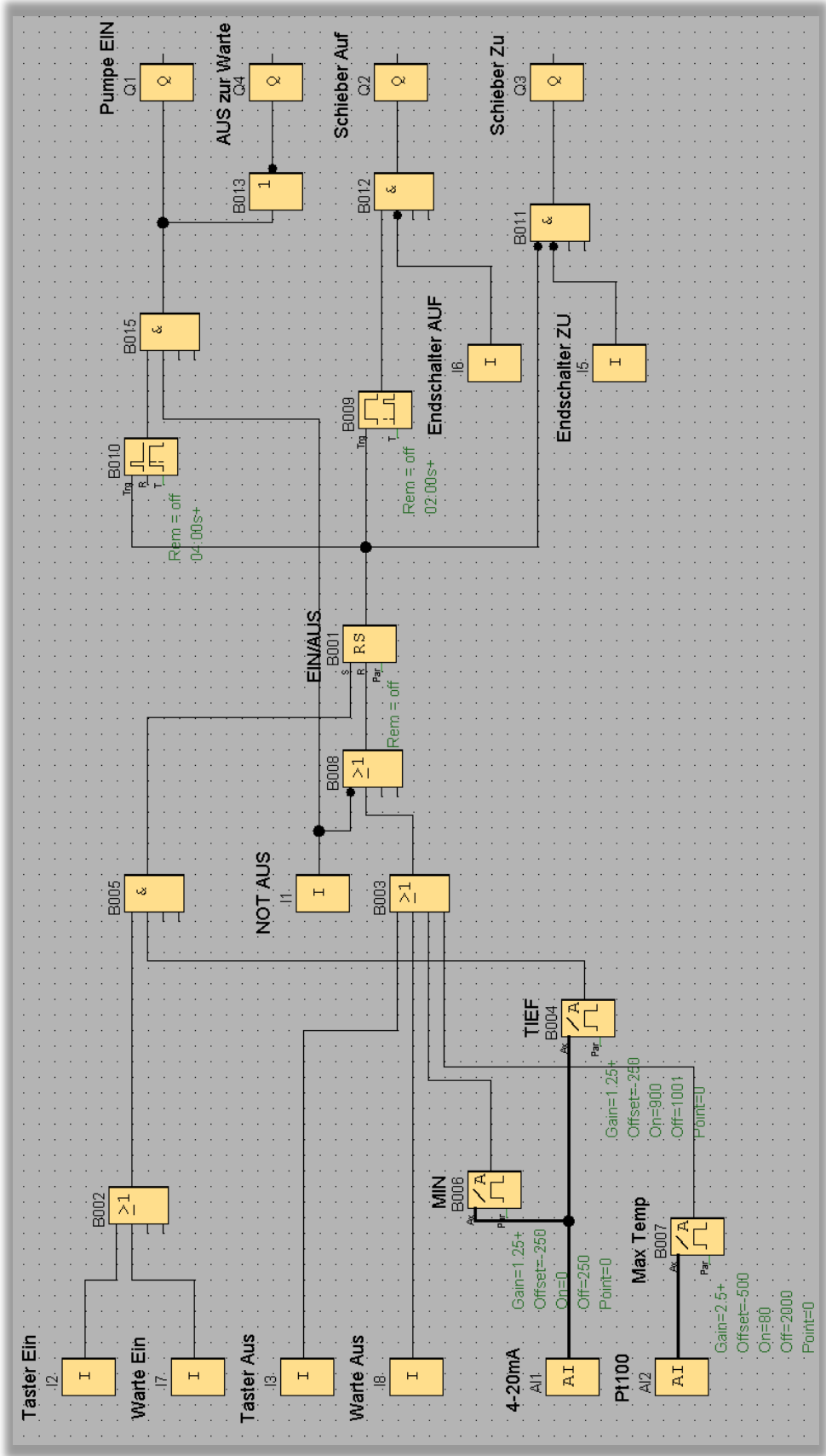


Abbildung 9: Steuerprogramm in Funktionsbausteinsprache

6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung SPS/VPS

Bei dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird von der in der Aufgabenstellung formulierten Steuerung einer Pumpe ausgegangen. Das heißt alle Faktoren die zur Berechnung von Kosten herangezogen werden beruhen auf den in dieser Arbeit erstellten Lösungen. Der Vertreter für Speicherprogrammierbare Steuerungen ist in dieser Betrachtung die SPS „LOGO!“ von Siemens.

Bei der Überlegung ab wann eine SPS wirtschaftlicher ist spielt nicht nur der Anschaffungspreis eine Rolle, sondern vor allem die Kosten der Planung und Verdrahtung. Bei der Auswahl von Komponenten der SPS „LOGO!“ spielen Anzahl der erforderlichen digitalen/analoge Eingänge und die Anzahl der zu steuernden Zustände die größte Rolle. Bei einer Realisierung mit VPS kommt die Anzahl der benötigten Zeitrelais noch hinzu, da diese nicht wie bei einer „LOGO!“ einfach hinzu programmiert werden können.

6.1 Kostenberechnung mit EXCEL

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine EXCEL-Datei erstellt, welche die Anschaffungskosten, sowie die Verdrahtungs- und Planungskosten für eine Realisierung mit einer SPS und einer Realisierung mit VPS berechnet. Die einzugebenden Parameter sind: „Zu steuernde Zustände“, „Rückmeldung der Zustände“, „digitale Signale“ und „analoge Signale“ (diese sind noch einmal unterteilt in „Temperatur“, „0-10V“ und „4-20mA“). Zudem kommt noch die Auswahl einer SPS „LOGO!“ mit der Versorgungsspannung von 230V AC oder 24V DC hinzu, siehe Abbildung 10.

	A	B	C	D
1	Berechnung gilt für 3-Phasig zu steuernde Elemente			
2	Versorgungsspannung (nur für SPS)	24V DC		
3	Zu steuernde Zustände	3		
4	Rückmeldungen der Zustände (als Potentialfreie Kontakte)	2		
5	Digitale Signale	9		
6	Analoge Signale (Summe aller Analogen Signale und Sonstigen)	2	o.k.	
7	Temperatur	1		
8	0-10V	0		
9	4-20mA	1		
10	Ein-/Ausschaltverzögerungen	2		
11				
12				
13	Preis SPS LOGO!	437,00 €		
14	Preis VPS	257,00 €		
15				
16	Planung SPS	123,75 €	2,75 std	
17	Planung VPS	110,00 €	2,75 std	
18	Verdrahtung SPS	61,45 €	1,50 std	7,30 m
19	Verdrahtung VPS	81,56 €	1,98 std	12,71 m
20				
21	Gesamtkosten SPS LOGO!	622,20 €		
22	Gesamtkosten VPS	448,56 €		

Abbildung 10: Tabelle 1 aus der Excel-Datei

Der Unterschied zwischen diesen beiden Systemen ist, dass bei der LOGO! 24V DC von den acht digitalen Eingängen vier als analoges 0-10V Signal verwendet werden können. Bei der „LOGO!“ 230V AC ist dies nicht der Fall. Bei der Berechnung des Preises einer SPS „LOGO!“ wird im ersten Schritt abhängig von den gegebenen Parametern berechnet wieviele Erweiterungsmodule benötigt werden. Die Berechnung hat sich als sehr komplex erwiesen. Das liegt vor allem an den Kombinationsmöglichkeiten der Erweiterungsmodule, im Folgenden der EXCEL-Code dieser Berechnung:

=WENN(B2="24VDC";Tabelle2!B13+Tabelle2!B18+WENN(ODER(B5>8;B3>4);WENN((B5/2)>B3;AUFRUNDEN((B5-4)/4;0)-1;AUFRUNDEN(B3/4;0)-1);0)*Tabelle2!B19+(B6-B7-B8-B9)*Tabelle2!B15+B7*Tabelle2!B17+(WENN(B8>4;AUFRUNDEN(B8/2;0)-1;0)*Tabelle2!B16+AUFRUNDEN(B9/2;0)*Tabelle2!B16+WENN(REST(B3;4)>0;WENN(B4-(4-REST(B3;4))>0;(B4-(4-REST(B3;4)))*Tabelle2!B9;0);B4*Tabelle2!B9);

Tabelle2!B14+Tabelle2!B18*WENN(B6>0;1;0)+WENN(ODER(B5>8;B3>4);WENN((B5/2)>B3;AUFRUNDEN((B5-4)/4;0)-1;AUFRUNDEN(B3/4;0)-1);0)*Tabelle2!B19+(B6-B7-B8-B9)*Tabelle2!B15+B7*Tabelle2!B17+AUFRUNDEN((B8+B9)/2;0)*Tabelle2!B16+WENN(REST(B3;4)>0;WENN(B4-(4-REST(B3;4))>0;(B4-(4-REST(B3;4)))*Tabelle2!B9;0);B4*Tabelle2!B9))

In Roter Schrift steht die Prüfung der WENN-Funktion. In Blau ist die Berechnung für eine LOGO! 24V DC gezeigt. Dies entspricht dem Dann_Wert. Der Sonst_Wert ist in Schwarz und zeigt die Berechnung für eine „LOGO!“ 230V AC. In beiden Berechnungen wird immer wieder auf Felder aus Tabelle 2 zugegriffen. In Tabelle 2 der Excel-Datei sind alle gegebene Parameter aufgelistet, siehe Abbildung 11.

	A	B	C	D	E
1	Versorgungsspannungen				
2	230V AC				
3	24V DC				
4					
5	Preise:				
6	VPS Analogsignal	75,00 €			
7	VPS 0-10V/4-20mA	80,00 €			
8	VPS Temperatur	65,00 €			
9	Relais 2xWechsler	12,00 €			
10	VPS Zeitrelais	26,00 €			
11					
12				Plannungszeit pro:	
13	LOGO! 24V DC ohne Display	100,00 €		Zustand	15 min
14	LOGO! 230V AC ohne Display	105,00 €		Digitales Signal	10 min
15	LOGO! Analogsignal	85,00 €		Analoges Signal	15 min
16	LOGO! 0-10V/4-10mA	85,00 €			
17	LOGO! Temp	100,00 €		Verdrahtungszeit pro	
18	LOGO! 24V DC Power	70,00 €		Zustand	5 min
19	LOGO! 4xDI 4xO	70,00 €		Digitales Signal	5 min
20	LOGO! 8xDI 8xO	120,00 €		Analoges Signal	10 min
21					
22	Schalt-/Steuerlitze (pro 1m)	0,20 €			
23	Elektriker Stundenlohn	40,00 €			
24	Planung Stundenlohn	40,00 €			
25	SPS Programmierung Stundenlohn	50,00 €			

Abbildung 11: Tabelle 2 aus der Excel-Datei

6.2 Planungs- und Verdrahtungskosten

Zur Berechnung der Planungskosten dienen die Parameter Zustände, digitale und analoge Signale. Ihnen ist jeweils eine Planungszeit zugeordnet, aus der sich die gesamte Planungszeit errechnet. Dabei ist in dieser Berechnung keine Unterscheidung im Hinblick auf eine eventuelle abweichende Planungszeit zwischen SPS und VPS Realisierungen getroffen worden. Diese Entscheidung beruht auf der während dieser Arbeit gesammelten Erfahrung, dass die Planungszeit der SPS und VPS Realisierungen ungefähr identisch war. Bei der Berechnung der Planungskosten wird das höher Qualifizierte Personal für die Planung einer SPS berücksichtigt indem der Stundenlohn höher als bei einer VPS Planung angenommen ist. Dadurch ergeben sich etwas größere Planungskosten für eine SPS.

Bei der Berechnung der Verdrahtungskosten wird die Verdrahtungszeit auch in Abhängigkeit von den Parametern Zustände, digitale und analoge Signale berechnet. Hinzu kommt jedoch noch ein Faktor, welcher die Steigerung des Mehraufwandes bei einer immer größer werdenden Anlage berücksichtigt. Dieser Faktor ist bei einer SPS wesentlich kleiner als bei einer VPS. Bei einer SPS nimmt die Verdrahtungszeit ungefähr pro hinzu kommenden Zustand um 4% zu, bei einer VPS hingegen sind es ungefähr 14%. Diese beiden Faktoren wurden aus den Stromlaufplänen dieser Arbeit entnommen. Dazu wurde der Zuwachs aller Verbindungen zwischen den verbauten Komponenten beim hinzukommen eines weiteren Zustandes bestimmt. Bei der Berechnung wirken sich diese Faktoren exponentiell auf den Verlauf der Verdrahtungszeit aus.

6.3 Auswertung verschiedener Szenarien

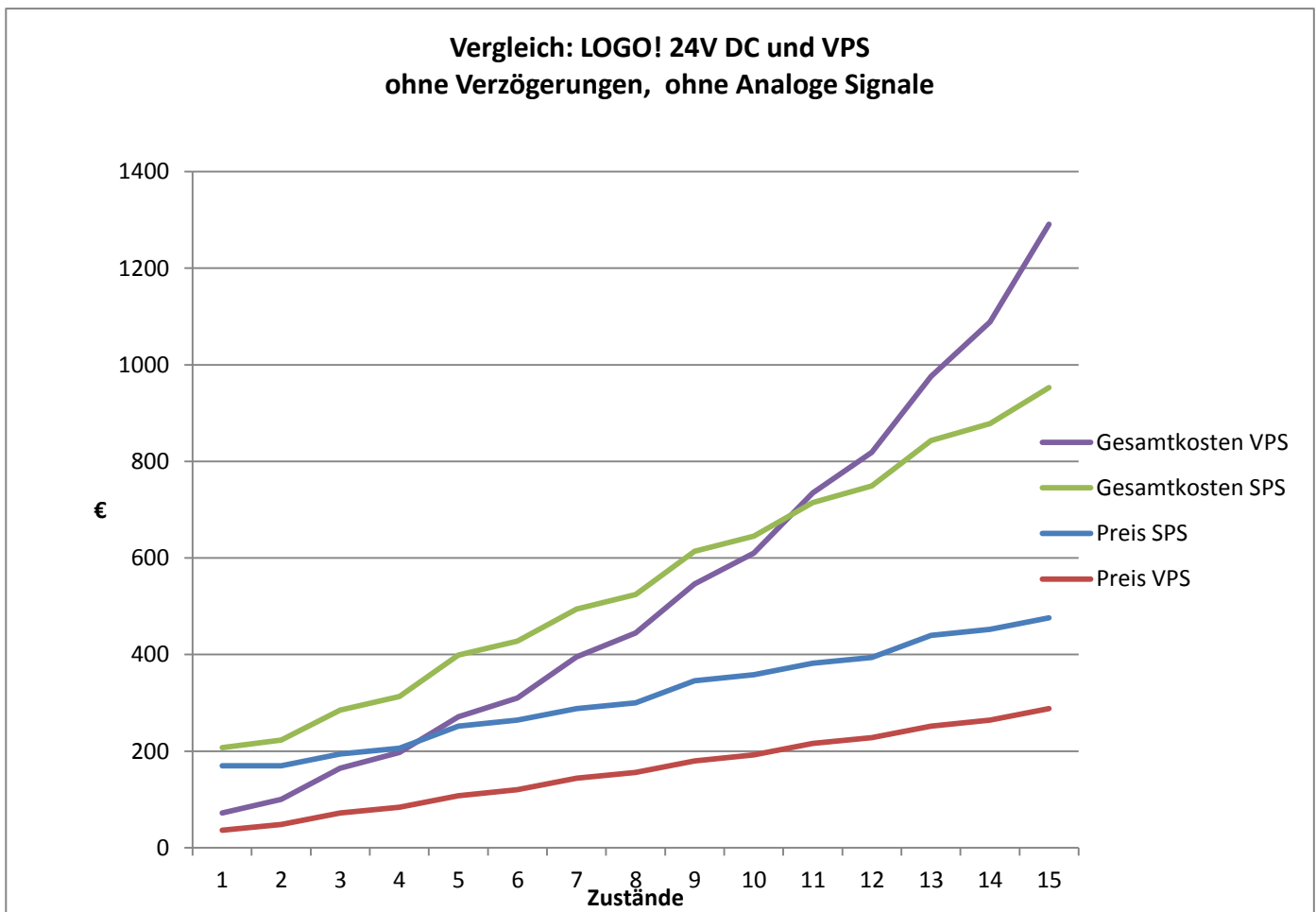


Abbildung 12: Vergleich ohne Zeitverzögerungen, ohne Analoge Signale

In Abbildung 12 sind Preis und Gesamtkosten einer VPS und einer SPS in Abhängigkeit der Zustände dargestellt. Preis bedeutet dabei der Anschaffungspreis der Komponenten ohne Berücksichtigung von Planungs- und Verdrahtungskosten. Man sieht, dass der Verlauf des Anschaffungspreises von SPS und VPS quasi linear ist und die Kosten für eine SPS durchschnittlich 150€ höher liegen. Betrachtet man die Gesamtkosten erkennt man den exponentiellen Anstieg, welcher durch das Berücksichtigen des Mehraufwandes bei mehreren Zuständen kommt. Der Schnittpunkt dieser beiden ansteigenden Funktionen stellt den Punkt dar ab dem die Gesamtkosten einer SPS geringer sind als bei einer VPS. Dieser Schnittpunkt liegt bei dem Vergleich ohne Zeitverzögerungen und ohne analoge Signale bei 10 Zuständen. Hierbei ist zu beachten, dass nicht nur die Zustände erhöht wurden sondern parallel dazu auch die Anzahl digitaler Signale und die Anzahl der potentialfreien Rückmeldungen, siehe Anhang Tabelle 1.

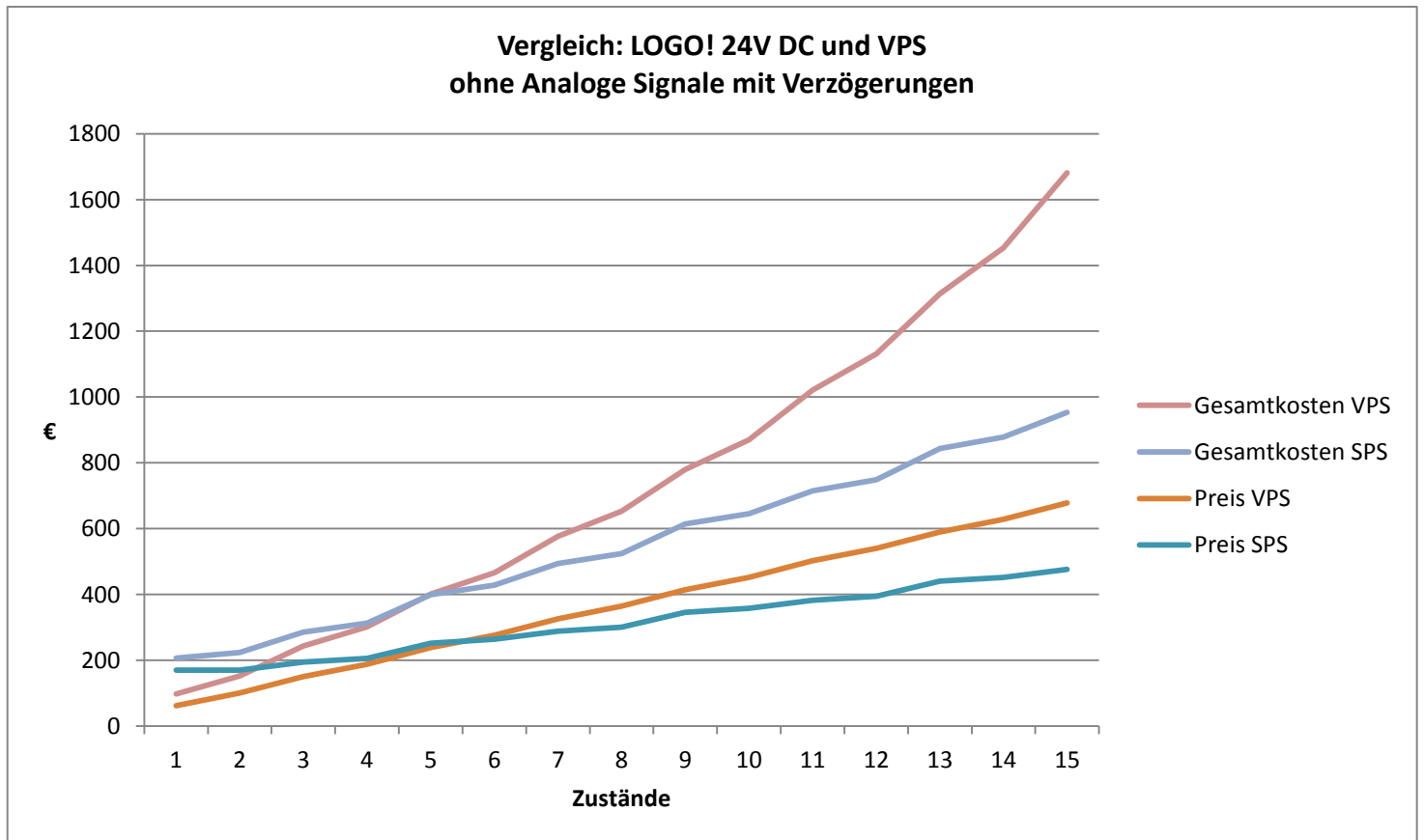


Abbildung 13: Diagramm ohne Analoge Signale mit Verzögerungen

Abbildung 13 zeigt die gleichen Zusammenhänge wie Abbildung 12 mit der Berücksichtigung von zeitlichen Verzögerungen. Da diese bei einer SPS nicht zusätzlich hinzugefügt werden müssen, bei einer VPS hingegen schon, ergibt sich bei dem Verlauf des Anschaffungspreises ein Schnittpunkt bei 6 Zuständen. Beim Vergleich der Gesamtkosten liegt der Schnittpunkt bei 5 Zuständen.

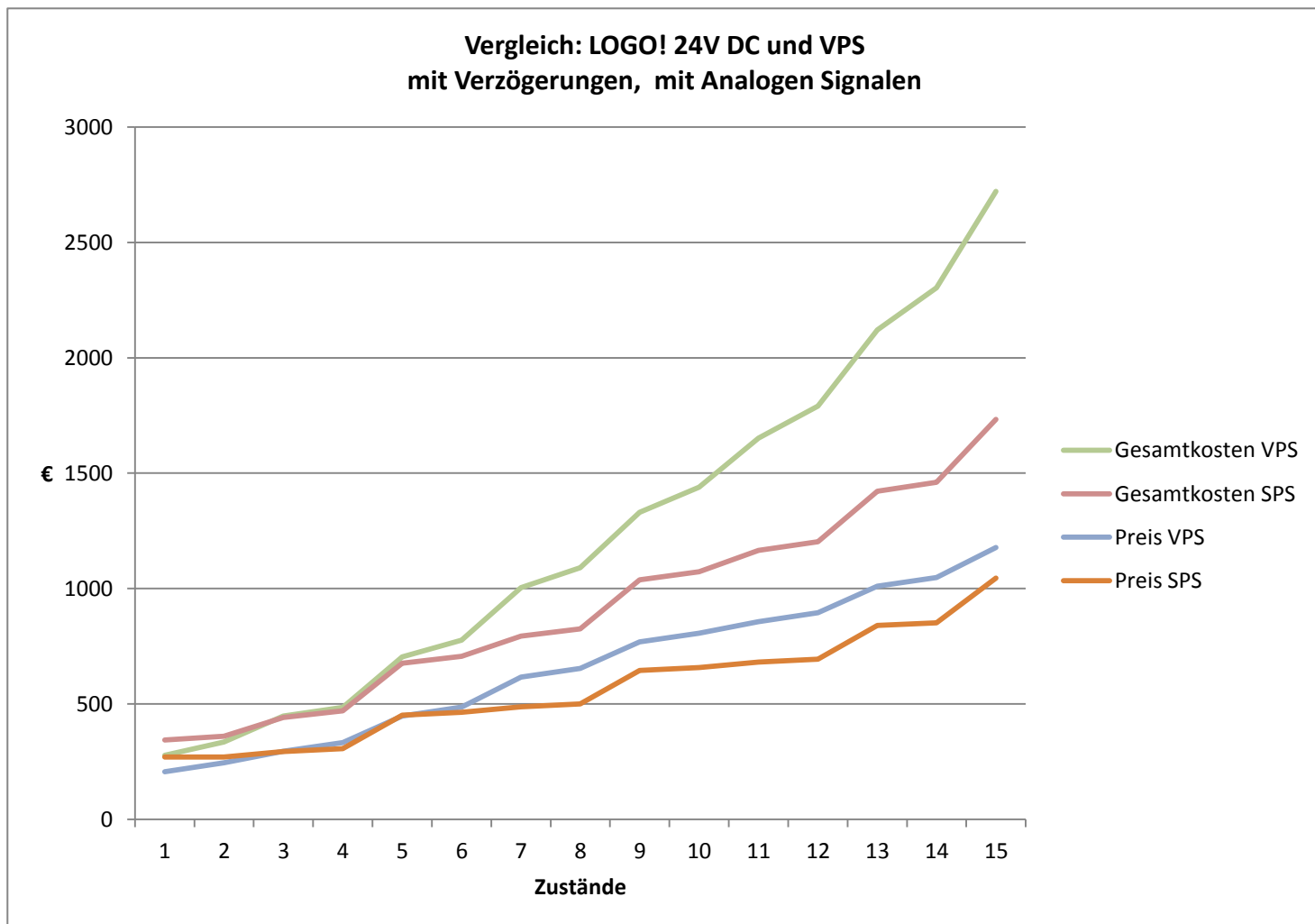


Abbildung 14: Diagramm mit Verzögerungen, mit Analogen Signalen

In Abbildung 14 kommen nun zu der Berücksichtigung von zeitlichen Verzögerungen auch analoge Signale hinzu. Der etwas zackige Verlauf entsteht dadurch, dass die analogen Signale nur bei jedem zweiten Zustand mit erhöht wurden. Bei den Gesamtkosten ist eine Realisierung mit einer SPS ab 3 Zuständen günstiger. Der Anschaffungspreis ist ab ungefähr 5 Zuständen günstiger.

7 Fazit

Die Auswertung der Verschiedenen Szenarien aus 6.3 hat gezeigt, dass es keine allgemeine Antwort auf die Frage „Ab wann ist eine SPS wirtschaftlicher als eine VPS?“ gibt. Um diese Frage zu beantworten müssen alle Parameter einer Steuerung vorhanden sein. Zudem hat die Auswertung gezeigt, dass eine SPS, vor allem durch die integrierten Zeitverzögerungen und die integrierten analogen Eingänge (0-10V) ,bei komplexeren Steuerungen wirtschaftlicher ist. Auch die in Punkt 2.3 beschriebenen Vorteile einer SPS wirken sich auf die Wirtschaftlichkeit aus. Dies sind unter anderem Aspekte wie Fernwartung und einfache Vervielfältigung.

Bei der Berechnung der Gesamtkosten in der Excel-Datei gehen Parameter wie Stundenlohn eines Elektrikers, Stundenlohn eines SPS-Programmierers, und die Verdrahtungszeit von Zuständen, digitalen und analogen Signalen mit in die Berechnung ein. Diese Parameter konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht wissenschaftlich belegt werden, sondern stellen Schätzwerte dar. Durch eine Recherche nach diesen Parametern könnte die Berechnung der Gesamtkosten noch weiter optimiert werden.

8 Literaturverzeichnis

- [wiki1] o.V.: Wikipedia,
http://de.wikipedia.org/wiki/Speicherprogrammierbare_Steuerung.
Einsichtnahme: 05.12.2013
- [wiki2] o.V.: Wikipedia,
http://de.wikipedia.org/wiki/Verbindungsprogrammierte_Steuerung
Einsichtnahme: 05.12.2013
- [sps1] o.V.: SPS Lehrgang <http://www.sps-lehrgang.de/vorteile-nachteile-sps/>.
Einsichtnahme: 05.12.2013
- [Klei10] Erich Kleiner: Skript, Grundlagen der Automatisierungssysteme. August
2010

Anhang

Tabelle 1: LOGO! 24V DC und VPS ohne Verzögerungen, ohne Analoge Signale:

Zustände	Rückmeldung	Digitale Signale	Verzögerungen	Preis SPS	Preis VPS	Gesamtkosten SPS	Gesamtkosten VPS
1	2	2	0	170	36	207	72
2	2	2	0	170	48	223	100
3	3	4	0	194	72	285	165
4	3	4	0	206	84	313	197
5	4	6	0	252	108	399	271
6	4	6	0	264	120	428	310
7	5	8	0	288	144	494	395
8	5	8	0	300	156	524	445
9	6	10	0	346	180	614	546
10	6	10	0	358	192	645	610
11	7	12	0	382	216	715	735
12	7	12	0	394	228	749	819
13	8	14	0	440	252	843	976
14	8	14	0	452	264	878	1089
15	9	16	0	476	288	953	1291

Tabelle 2: LOGO! 24V DC und VPS ohne Analoge Signale mit Verzögerungen:

Zustände	Rückmeldung	Digitale Signale	Verzögerungen	Preis SPS	Preis VPS	Gesamtkosten SPS	Gesamtkosten VPS
1	2	2	1	170	62	207	98
2	2	2	2	170	100	223	152
3	3	4	3	194	150	285	243
4	3	4	4	206	188	313	301
5	4	6	5	252	238	399	401
6	4	6	6	264	276	428	466
7	5	8	7	288	326	494	577
8	5	8	8	300	364	524	653
9	6	10	9	346	414	614	780
10	6	10	10	358	452	645	870
11	7	12	11	382	502	715	1021
12	7	12	12	394	540	749	1131
13	8	14	13	440	590	843	1314
14	8	14	14	452	628	878	1453
15	9	16	15	476	678	953	1681

Tabelle 3: LOGO! 24V DC und VPS ohne Analoge Signale mit Verzögerungen

Zustände	Rückmeldung	Digitale Signale	Verzögerungen	Analogsignal (die Hälfte 0-10V)	Preis SPS	Preis VPS	Gesamtkosten SPS	Gesamtkosten VPS
1	2	2	1	2	270	207	344	278
2	2	2	2	2	270	245	360	335
3	3	4	3	3	294	295	441	448
4	3	4	4	3	306	333	470	485
5	4	6	5	4	452	448	677	704
6	4	6	6	4	464	486	707	777
7	5	8	7	5	488	616	794	1004
8	5	8	8	5	500	654	826	1091
9	6	10	9	6	646	769	1038	1331
10	6	10	10	6	658	807	1073	1439
11	7	12	11	7	682	857	1166	1652
12	7	12	12	7	694	895	1203	1791
13	8	14	13	8	840	1010	1422	2121
14	8	14	14	8	852	1048	1461	2303
15	9	16	15	9	1046	1178	1733	2721