



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorthesis

Florian Wolff

Entwicklung und Konstruktion einer Maschinensimulation verschiedener Anschlussmaschinen für Zigarettenherstellmaschinen

Florian Wolff

Entwicklung und Konstruktion einer Maschi-
nensimulation verschiedener Anschlussmaschi-
nen für Zigarettenherstellmaschinen

Bachelorthesis eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Informations- und Elektrotechnik
an der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr.-Ing. Jörg Dahlkemper
Zweitgutachter : Prof. Dr.-Ing. Florian Wenck

Abgegeben am 26. Februar 2015

Florian Wolff

Thema der Bachelorthesis

Entwicklung und Konstruktion eines Montagehilfsmittels zur Simulation von Anschlussmaschinen für Zigarettenherstellmaschinen

Stichworte

Zigarettenherstellmaschinen, PROTOS, Beckhoff, EtherCAT, SPS, Maschinensimulation

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit umfasst die Entwicklung und Konstruktion eines Montagehilfsmittels, zur Simulation von verschiedenen Anschlussmaschinen, für die Zigarettenherstellmaschinen PROTOS 1C, 2C, 80ER, 90ER. Dazu wurde ein Schaltschrank, der die verschiedenen Schnittstellen der Anschlussmaschinen mittels SPS simulieren kann, sowie eine passende Visualisierung entwickelt.

Florian Wolff

Title of the paper

Keywords

Cigarette maker, PROTOS, Beckhoff, EtherCAT, PLC, machine simulation

Abstract

This report describes the development and design of a device to simulate several link-up machines for cigarette makers PROTOS 1C, 2C, 80ER, 90ER. A control cabinet was designed to simulate the interfaces of the various link-up machines via PLC, as well as an appropriate visualisation.

Gliederung

Gliederung	III
Abbildungsverzeichnis	V
Listingverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungen	VI
1 Einführung	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Aufgabenstellung.....	1
1.3 Aufbau der Arbeit	2
2 Ausgangssituation	3
2.1 Die PROTOS-Maschinen	3
2.2 Anschlussmaschinen.....	4
2.2.1 Automatischer Bobinenwechsler.....	4
2.2.2 Mentholbesprühung.....	8
2.2.3 Transfersysteme.....	12
2.2.4 LASER	15
2.3 Vorhandene Ansätze	19
3 Analyse der Anforderungen	20
3.1 Anforderungen an das Simulationssystem.....	20
3.2 BauteilAuswahl	21
4 Konzeption	22
4.1 Gesamtsystem	22
4.2 BauteilAuswahl	24
4.2.1 Auswahl Controller	24
4.2.2 Auswahl Devices	27
5 Entwicklung	31
5.1 Hardwareaufbau.....	31
5.1.1 Schaltschrank.....	31
5.1.2 Universalstecker	33
5.2 Visualisierung.....	34
5.2.1 Vorgehen.....	36
5.2.2 Beispiel Mentholbesprühung	37
5.3 Steuerungsprogramm.....	41
5.3.1 Hardwarekonfiguration.....	41
5.3.2 Programmablauf	41
6 Tests	50
6.1 Im Labor	50
6.2 An der Maschine	51
7 Fazit	54

7.1	Zusammenfassung.....	54
7.2	Ausblick.....	54
8	Literaturverzeichnis	55
Anhang	56
A.1	Verdrahtungsplan für Mentholbesprühung	56
A.2	Schaltplan für Leitung Mentholbesprühung	57
A.3	Schaltplan für Leitung BOB-M.....	59
A.4	Schaltplan für Leitung Transfersysteme	59
A.5	Schaltplan für Leitung LASER.....	59
	Versicherung über die Selbstständigkeit.....	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: PROTOS 1 C [4]	3
Abbildung 2: Digitaler Signalaustausch bei Hauni Maschinen [6 S. 5-6].....	4
Abbildung 3: Eine PROTOS mit angeschlossenem BOB (rechts im Bild) [7].....	5
Abbildung 4: Stecker BOB [8 S. 10]	6
Abbildung 5: Mentholbesprühung von Fa. Kaymich [10]	8
Abbildung 6: Anschlussstecker der Mentholbesprühung an eine PROTOS [11 S. 140].....	9
Abbildung 7: Steckerinnenleben an der Mentholbesprühung [11 S. 141]	9
Abbildung 8: Verarbeitung der Signale in der PROTOS [11 S. 451a].....	11
Abbildung 9: Unterschied Köhl/Kaymich im PROTOS Schaltschrank.....	12
Abbildung 10: Schragenfüller HCF-C [13]	13
Abbildung 11: Einreihige Laserperforation einer Doppelzigarette [14].....	15
Abbildung 12: Signalverlauf LASER [15].....	18
Abbildung 13: Schema zum Anschluss des Simulationsgerätes an PROTOS.....	22
Abbildung 14: SketchUp Skizze: Schaltschrank mit Gestell	23
Abbildung 15: Gewünschte Automatisierungsstruktur rechts [17 S. 4]	25
Abbildung 16: Automatisierungsstruktur im Vergleich	25
Abbildung 17: CP6707 - Panel-PC mit Touchbedienung und Soft-SPS [18].....	27
Abbildung 18: WAGO Feldbuskoppler 750-370 mit I/O-Klemmen für ProfiNet [19 S. 4] ...	28
Abbildung 19: Eingesetztes EtherCAT Klemmensystem	29
Abbildung 20: Schaltschrankkonzept	31
Abbildung 21: Bemaßung Flanschplatte mit Einbauausschnitten	32
Abbildung 22: Aufbau der Montageplatte	32
Abbildung 23: Universalstecker mit Mentholbesprühungsverdrahtung	33
Abbildung 24: Interne Verdrahtung des Universalsteckers der Mentholbesprühung.....	34
Abbildung 25: Bildschirmaufbau HVIP 640x480 [22 S. 26].....	35
Abbildung 26: Vorgehen Reporterstellung.....	36
Abbildung 27: Basisreport Diagnose 640x480	37
Abbildung 28: Basisreport Diagnose und Bedienfeld nach Anschluss Universalstecker ...	38
Abbildung 29: Diagnosereport Mentholbesprühung (Zweistrangmaschine).....	38
Abbildung 30: Bedienfeldreport Mentholbesprühung.....	38
Abbildung 31: Auszug Konfiguration des Visu-Knoten der Mentholbesprühung	40
Abbildung 32: Hardwarekonfiguration in TwinCAT	41
Abbildung 33: Struktur der Programmteile in TwinCAT	42
Abbildung 34: UML Aktivitätsdiagramm zum Programmablauf.....	43
Abbildung 35: UML Aktivitätsdiagramm Mentholbesprühung Handbetrieb	45
Abbildung 36: Kennlinien zur Umrechnung der Maschinengeschwindigkeit	48
Abbildung 37: Messung der Zykluszeit.....	53
Abbildung 38: Simulationsgerät bei Tests an einer P1C.....	53

Listingverzeichnis

Listing 1: Vorhandene Maschinenkonfigurationen.....	44
Listing 2: Abfrage des Herstellers bei Mentholbesprühung.....	46
Listing 3: Ansteuerung der Ausgänge mit PushButtons und FB_Eltako_LED.....	46
Listing 4: Funktionsblock FB_Eltako_LED für PushButtons	47

Listing 5: Schreiben der Visu Daten47
Listing 6: Umrechnung der Analogwerte zur Anzeige in cpm49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Störmeldebits TBF 6
Tabelle 2: Schnittstellenbeschreibung BOB-M 7
Tabelle 3: Original Schnittstellenbeschreibung Mentholbesprühung [12 S. 2-3]10
Tabelle 4: Schnittstellenbeschreibung Transfersysteme14
Tabelle 5: Schnittstellenbeschreibung LASER16
Tabelle 6: Auflistung der Anforderungen bei der BauteilAuswahl21
Tabelle 7: Bewertung der Controller mit 0-10 Punkten27
Tabelle 8: Benötigte I/Os28
Tabelle 9: Benötigte Devices30
Tabelle 10: Bit-Kodierung des Universalsteckers34
Tabelle 11: Funktionsprüfung im Labor50
Tabelle 12: Testablauf mit Transfersystem-Simulation51

Abkürzungen

PROTOS	Hauni Produktbezeichnung für Zigarettenherstellmaschine
cpm	cigarettes per minute – Zigaretten pro Minute
FAS	Flavor Application System
HCF	Hauni Cascade Filler (Schragenfüller)
BOB	automatischer Bobinenwechsler
TBF	Tobacco Bobine Feeder. Roboter zur Bestückung des BOB
BMKZ	Betriebsmittelkennzeichen
HVIP	Hauni Visu Plus (Maschinenvisualisierung von Hauni)
VB6	Microsoft Visual Basic 6 (Programmiersprache)
USV	unterbrechungsfreie Stromversorgung
PLC	programmable logic controller (speicherprogrammierbare Steuerung)

1 Einführung

Durch den allgemein steigenden Druck des globalen Marktes auf die Kosten und Lieferfristen, steigt ebenfalls der Druck auf die Optimierung des Engineeringprozesses im Anlagenbau [1 S. 1]. Die Simulation von Anlagenteilen eröffnet hier große Potentiale zur Zeit- und Kostenersparnis bei der Montage und Inbetriebnahme.

Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit einem Unternehmen aus dem Sondermaschinenbau, bei dem neu gebaute und überholte Maschinen in Betrieb genommen werden, bevor diese an den Kunden geliefert werden können. Eine vollständige Funktionsüberprüfung kann oftmals nicht durchgeführt werden, da die nur beim Kunden vorhandenen Anschlussmaschinen fehlen.

1.1 Motivation

Die Universelle Engineering U.N.I. GmbH¹, bei der diese Arbeit durchgeführt wird, ist Teil der Tabaksparte der Körber AG und eine 100%-ige Tochter der Hauni Maschinenbau AG². Während die Hauni hochmoderne, leistungsstarke Zigarettenherstellmaschinen entwickelt und produziert, liegt die Wurzel der Universelle im Rebuild-Geschäft. Dabei werden alte Maschinen entkernt und komplett neu aufgebaut [2]. Zwischenzeitlich ist auch eine komplett eigenentwickelte Neumaschinengeneration auf dem Markt platziert worden. Diese Zigarettenherstellmaschinen (Hauni Produktname PROTOS) werden in dem 1993 in Schwarzenbek bezogenen Gebäude montiert und vor der Auslieferung an den Kunden in Betrieb genommen und eingefahren.

PROTOS Maschinen werden mit verschiedenen Optionen ausgeliefert, je nach Kundenwunsch. Dazu gehören z.B. automatische Bobinenwechsler, Mentholbesprühung, Speicher- und Transfersysteme oder Laser. Diese externen Maschinen müssen mit einer Leitung und Stecker mit der PROTOS verbunden werden, damit beide Steuersignale austauschen können.

Da bei der Inbetriebnahme und dem Einfahren in Schwarzenbek meist die entsprechenden Anschlussmaschinen fehlen, können die Funktionsprüfungen und Ein-/Ausgabe-Tests (I/O Check) nur unvollständig erfolgen, d.h. eine Überprüfung der Schnittstellen ist erst vor Ort beim Kunden möglich. Dieses soll nach Möglichkeit vermieden werden, da dies Kosten verursacht und der Reputation schaden kann. Ebenso würde die Softwareentwicklung, mit der Möglichkeit der Kommunikation mit Anschlussmaschinen, um eine wertvolle Testmöglichkeit erweitert.

Eine Simulation der über 10 verfügbaren Anschlussmaschinen ist also sinnvoll und würde einen Kosten- und Zeitgewinn bedeuten.

1.2 Aufgabenstellung

Es soll ein Montagehilfsmittel entwickelt und konstruiert werden, dass die verschiedenen Anforderungen aus Montage, Projektierung und Entwicklung abdeckt und in der Montagehalle direkt an der PROTOS eingesetzt werden kann. Dies enthält folgende Punkte:

¹ Im folgenden nur Universelle

² Im folgenden nur Hauni

- Analyse der verschiedenen Anforderungen
- Einarbeitung in die Hard- und Softwarerichtlinien der Hauni
- Einarbeitung in die zu simulierenden Anschlussmaschinen
- Spezifizierung des Systems
- Entwicklung und Realisierung des Simulationssystems
- Test des Simulationssystems

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in verschiedene Kapitel auf:

Kapitel 1 dient der Einführung in diese Arbeit. Hier wird die Aufgabenstellung erläutert.

Kapitel 2 beschreibt die Ausgangssituation mit relevantem Hintergrundwissen.

Kapitel 3 stellt die Ausgangssituation an der Zigarettenherstellmaschine PROTOS dar und die zu simulierenden Anschlussmaschinen vor.

Kapitel 4 analysiert und bewertet die an das Projekt gestellten Anforderungen und stellt Alternativen vor.

Kapitel 5 informiert über das Umsetzungskonzept.

Kapitel 6 zeigt die Realisierung und Tests der Simulations-Hardware an einer PROTOS.

Kapitel 7 fasst die Bachelorthesis nochmals zusammen und gibt noch einen Ausblick mit persönlicher Bewertung.

2 Ausgangssituation

2.1 Die PROTOS-Maschinen

Bei Universelle werden verschiedene Zigarettenherstellmaschinen (Maker) angeboten und gebaut. Dies sind überholte alte Maker, PROTOS 80ER bzw. 90ER und die Eigenentwicklungen PROTOS 1 Classic (P1C) und PROTOS 2 Classic (P2C).

Am Beispiel der P1C soll der Zigarettenherstellvorgang gezeigt und einige optionale Anschlussmaschinen erklärt werden.

Die P1C ist eine „Generation fünf“ Maschine und damit eine Neu- bzw. Weiterentwicklung der Zigarettenmaschine „P90R – Generation vier“ von Hauni. Sie ist modular aufgebaut und besteht aus den drei Baugruppen VE (Verteiler), SE (Strangeinheit) und MAX (Filteransetzer) [3 S. "PROTOS"]. Die P1C kann bis zu 10.000 Zigaretten pro Minute (cigarettes per minute - cpm) herstellen und platziert sich damit unter den Hauni High-End-Maschinen PROTOS-M5 (bis zu 14.000 cpm) und M8 (bis zu 20.000 cpm) zu einem attraktiven Preis [4].



Abbildung 1: PROTOS 1 C [4]

Das Zusammenspiel der Baugruppen soll im Folgenden erklärt werden:

Der Materialfluss verläuft von rechts nach links, d.h. loser Tabak wird dem Verteiler (VE) von oben zugeführt (1) und aufbereitet. Mittels Unterdruck wird der Tabak an ein umlaufendes Saugband gesogen, dort zu einem homogenen Tabakstrang aufgebaut (grüner Strich) und an die Strangeinheit (SE) übergeben (2). In der SE wird von unten das Zigarettenpapier (Standard Weiß) zugeführt, während der geformte Tabak am Saugband haftend darüber fährt. Bei korrekter Positionierung setzt der Unterdruck aus und es entsteht ein oben offener Zigarettenstrang der beim Durchfahren einer Formatschiene beleimt und automatisch verschlossen wird (3). Im nächsten Schritt durchfährt der geschlossene Strang zwei Heizblöcke, die den Leim sofort trocknen (4). Am Ende der SE wird der endlos Zigarettenstrang nun in einzelne Doppelzigaretten geschnitten und mittels einer

„Spinne“ auf die rotierenden Trommeln der MAX gesetzt (5), wo sie mit Unterdruck an den einzelnen Trommeln gehalten und bewegt werden. So wird aus der linearen Bewegung des Zigarettenstrangs in VE und SE eine rotatorische Bewegung in der MAX.

In dem Filteransatz-Aggregat wird zwischen eine geschnittene und gespreizte Doppelzigarette ein Doppelfilter gelegt und mit Belagpapier (Standard Kork) umwickelt (6). Nach dem Trennschnitt und Spreizen der Doppelzigarette wird eine Zigarette gewendet und es entsteht ein einbahniger Massestrom am Ausgang der MAX (7). Beim Durchlaufen der Trommeln werden auch verschiedene Ausschussparameter wie Kopfqualität, Dichtigkeit, Fehlfilter und Ventilationsgrad geprüft [5 S. 6].

2.2 Anschlussmaschinen

Anschlussmaschinen sind Maschinen, die an die PROTOS angeschlossen werden, um zusätzliche Funktionen ausführen zu können. Damit eine Kommunikation zwischen der PROTOS und den Anschlussmaschinen stattfinden kann, hat die Hauni eine allgemeine Schnittstellenvereinbarung definiert. Dazu gehört, dass generell alle Schnittstellensignale potentialfrei ausgetauscht werden sollen. Bei digitalen Signalen versorgt die Steuerung, die die Informationen benötigt, den Signalgeber mit der notwendigen Spannung. Der Signalgeber schaltet das Signal durch, auf z.B. einen SPS-Eingang.

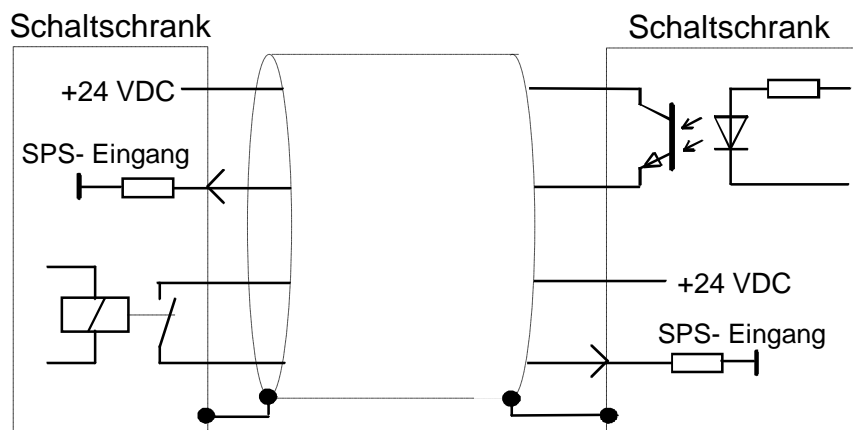


Abbildung 2: Digitaler Signalaustausch bei Hauni Maschinen [6 S. 5-6]

Analoge Signale werden als galvanisch getrennte Signale zur Verfügung gestellt. Ziel der Bachelorarbeit ist es die Schaltschrankseite der Anschlussmaschine zu simulieren.

2.2.1 Automatischer Bobinenwechsler

Beschreibung

Um einen kontinuierlichen Zigarettenstrang zu formen, muss ein endloser Papierstrang erzeugt werden. Das Zigarettenpapier befindet sich auf Bobinen³, welche abgespult werden. Wenn eine Bobine leerläuft, wird auf eine vorbereitete zweite gewechselt, indem die beiden Papierstränge aneinander geklebt werden. An einer PROTOS ist bereits ein semi-automatischer Bobinenwechsler (BOB) integriert (siehe Abbildung 1, ganz rechts an der

³ Bobine: „Um einen zylindrischen Kern gewickelter, Streifen Material (z.B. Papier, Pappe, Folie) in Rollenform.“ [3 S. "Bobine"]

VE). Allerdings muss der Bediener manuell eine neue Bobine aufsetzen. Dafür steht ihm bei einer Produktionsgeschwindigkeit von 7.000cpm nur ein Zeitfenster von einer Minute zur Verfügung. Während einer Schicht ist er ca. 1:15h mit Bobinenwechseln beschäftigt [7].

Der BOB automatisiert diesen Prozess, es wird nur noch ein Stapel Bobinen bereitgestellt, die automatisiert aufgenommen und gewechselt werden. Das Papier wird dann dem Marker zugeführt. Dies kann das Zigarettenpapier in der SE sein oder das Filterpapier an der MAX.



Abbildung 3: Eine PROTOS mit angeschlossenem BOB (rechts im Bild) [7]

Schnittstelle

Den BOB gibt es in zwei verschiedenen Bauarten: der BOB-M verbindet die Materialstreifen mittels Klebeblättchen, der BOB-ME verbindet die Materialstreifen mittels einer Prägeeinheit. Der BOB-ME ist neuerer Bauart und hat deshalb eine Schnittstellenänderung bekommen, allerdings stimmen die Mindestsignale beider Maschinen zum Produzieren überein. Beide Varianten nutzen den gleichen Stecker an der PROTOS, nämlich -X210BT und -X220BT (an der MAX) bzw. -X210BC und -X220BC (an der SE). Es befinden sich hier zwei Steckereinsätze in einem Stecker (Abbildung 4).

Wichtig ist also die korrekte Auswahl der Variante in der Simulation, bevor Signale durchgeschaltet werden.

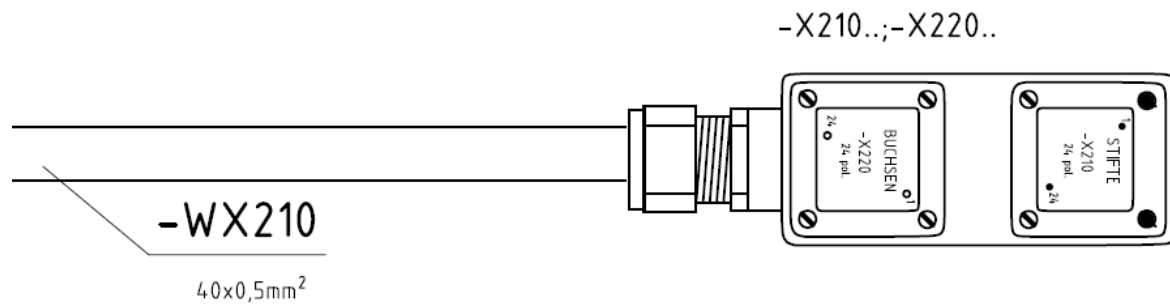


Abbildung 4: Stecker BOB [8 S. 10]

Der BOB erhält von der PROTOS nur zwei Steuersignale, „Start“ und „Start Zugkraftunterstützung“. Die Zugkraftunterstützung wird zum Einfädeln des Papierstreifens in den Transportkanal (falls vorhanden) genutzt, sie endet wenn der Materialstreifen reißt oder sie ausgeschaltet wird [9 S. 3-51 bis 52].

Zurück zur PROTOS sendet der BOB Statusmeldungen wie „Betriebsbereit“, „Warnung“ und „Störung“ (weitere siehe Tabelle 2). Einige Meldungen beeinflussen allerdings direkt die PROTOS. So wird ein Signal „Klebestelle“ übertragen, dies muss zum richtigen Zeitpunkt erfolgen, damit die PROTOS die Klebestelle in einem Schieberegister verfolgen und damit umwickelte, nicht verkaufsfähige Zigaretten auswerfen kann. Mit dem Signal „Geschwindigkeitsabsenkung“ wird die PROTOS auf eine langsamere Geschwindigkeit eingestellt, falls der Wechselvorgang am BOB zu lang gedauert hat. So wird ein Strangbruch und damit verbundene Produktionsunterbrechungen vermieden.

Der BOB kann auch mittels eines Roboters (TBF⁴) bestückt werden, dieser kommuniziert mit dem BOB. Mit den Störmeldebts 0-3 werden empfangene Störmeldungen des TBF über den BOB an die PROTOS übertragen, werden dort entsprechend angezeigt und es kann darauf reagiert werden (Tabelle 1). Die Meldungen wurden aus der P2C Maschinensoftware entnommen.

Tabelle 1: Störmeldebts TBF

Dezimal	Bit-Nummer				TBF Fehlermeldung
	3	2	1	0	
0	0	0	0	0	-
1	0	0	0	1	Manueller Stop
2	0	0	1	0	Antriebe
3	0	0	1	1	Greifer
4	0	1	0	0	Übergabe BOB 1
5	0	1	0	1	Übergabe BOB 2
6	0	1	1	0	Zwischenspeicher
7	0	1	1	1	Reserve
8	1	0	0	0	Elektrik
9	1	0	0	1	Allgemein
10	1	0	1	0	Palette leer
11	1	0	1	1	Leerkernbehälter voll

⁴ TBF: Tobacco Bobine Feeder

Die vollständige Schnittstellenschreibung ergibt sich aus den Schaltplänen der PROTOS, BOB-M und BOB-ME. Dies ist die Beschreibung des BOB-M, bei dem BOB-ME fehlen die Meldungen „Warnung Stampferraum“, „Kette blockiert“, „Klebeblättchen fehlt“ und „3 Sekunden tippen“. Dafür wird über Pin 8 und 16 der Not-Aus-Kanal 2 zur nachgeschalteten Maschine geschleift.

Tabelle 2: Schnittstellenbeschreibung BOB-M

	Maker		BOB-M		
	-X210B..	-WX210	-X200		
	male		female		
	0 ← PE →	0 ← PE →			
+24V	1 — 1 —→	1 — A1 —→			
	2 ← 2 —	2 ← A2 —			Betriebsbereit
+24V	3 — 3 —→	3 — A3 —→			
	4 — 4 —	4 — A4 —			Warnung
	5 ← 5 —	5 ← A5 —			Warnung Bobinenvorrat
	6 — 6 —	6 — A6 —			Störung / Stop
+24V	7 — 7 —→	7 — A7 —→			
0V	8 — 8 —→	8 — A8 —→			
	9 ← 9 —	9 ← A9 —			Bobinenzählsignal
+24V	10 — 10 —→	10 — B2 —→			
	11 ← 11 —	11 ← B3 —			Geschwindigkeitsabsenkung
+24V	12 — 12 —→	12 — B4 —→			
	13 ← 13 —	13 ← B5 —			Signal: Klebestelle von BOB
	14 ← 14 —	14 ← B6 —			Bobine nicht aufgerissen
	15 ← 15 —	15 ← B7 —			Warnung Stampferraum
	16 ← 16 —	16 ← B8 —			Kette blockiert
	17 ← 17 —	17 ← C1 —			Klebeblättchen fehlt
	18 ← 18 —	18 ← C2 —			3 Sekunden tippen
+24V (Not-Aus)	19 — 19 —→	19 — C3 —→			
	20 ← 20 —	20 ← C4 —			Not-Aus-Kanal 1 zur PROTOS
+24V (Not-Aus)	21 — 21 —→	21 — C5 —→			
	22 — 22 —	22 — C6 —			
	23 — 23 —	23 — C7 —			
	24 ← 24 —	24 ← C8 —			Ankündigung Bobinenwechsel
	-X220B..				
	female		Male		
	0 ← PE →	0 ← PE →			
	1 ← 1 —	25 ← D1 —			+24V
Start	2 — 2 —→	26 — D2 —→			
Zugkraftunterstützung	3 — 3 —→	27 — D3 —→			
	6 ← 6 —	28 ← D6 —			Störmeldebit 0 TBF
	7 ← 7 —	29 ← D7 —			Störmeldebit 1 TBF
	8 ← 8 —	30 ← D8 —			Störmeldebit 2 TBF
	9 ← 9 —	31 ← D9 —			Störmeldebit 3 TBF
	15 ← 15 —	32 ← E3 —			+24V (Not-Aus-2 P1C,P90ER)
Not-Aus-Kanal 2	16 — 16 —→	33 — E4 —→			
	17 ← 17 —	34 ← E5 —			+24V (Not-Aus-2 P2C)
Not-Aus-Kanal 2	18 — 18 —→	35 — E6 —→			
	19 ← 19 —	36 ← E7 —			+24V (Not-Aus-2 P1C,P90ER)
Not-Aus-Kanal 2	20 — 20 —→	37 — E8 —→			
	21 ← 21 —	38 ← E9 —			Not-Aus vom BOB
	22 ← 22 —	39 ← E10 —			+24V (Not-Aus-2 P80ER)
Not-Aus-Kanal 2	23 — 23 —→	40 — E11 —→			

2.2.2 Mentholbesprühung

Beschreibung

Für die Herstellung von Zigaretten mit Mentholgeschmack wird mit Hilfe von Druckluft die Mentholflüssigkeit zu kleinen Tröpfchen vernebelt und in der SE in den Tabakstrang eingesprüht. Die Versorgung der Düsen mit der Mentholflüssigkeit und Druckluft erfolgt über ein externes Flavor Applikation System (FAS) der Hersteller Kaymich (Abbildung 5) oder Köhl.



Abbildung 5: Mentholbesprühung von Fa. Kaymich [10]

Schnittstelle

Beide Geräte werden über eine Steuerleitung mit der PROTOS verbunden, allerdings benutzen sie nicht dieselbe Pinbelegung. Die Schnittstelle zum Maker wird mittels eines großen Industrie-Steckverbinders realisiert.

Das FAS-Gerät wird mit einer $34 \times 1 \text{ mm}^2$ Leitung mit dem Betriebsmittelkennzeichen⁵ -W136V und dem Stecker -X136V mit der PROTOS verbunden (Abbildung 6).

⁵ BMKZ: Betriebsmittelkennzeichen

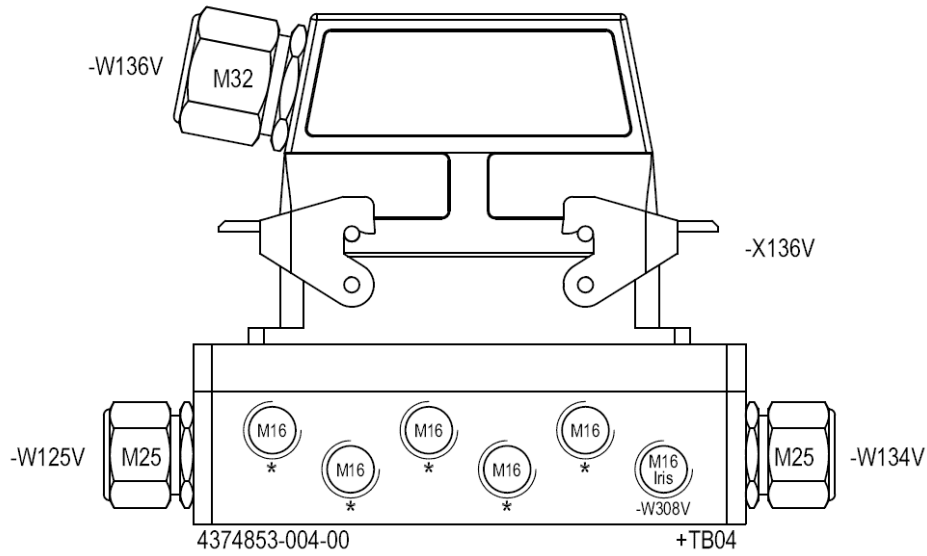


Abbildung 6: Anschlussstecker der Mentholbesprühung an eine PROTOS [11 S. 140]

Jedem Pin in dem Stecker wird eine Funktion zugeordnet, dies wird in der Schnittstellenbeschreibung dargestellt.

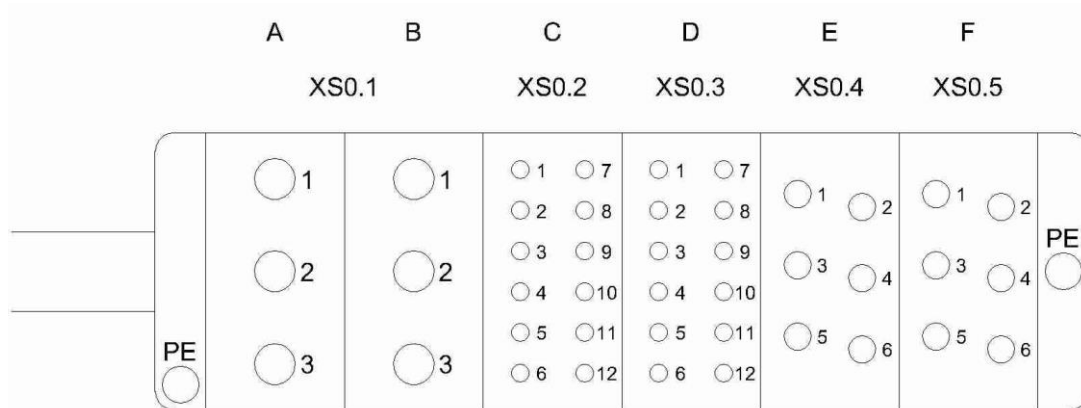


Abbildung 7: Steckerinnenleben an der Mentholbesprühung [11 S. 141]

Tabelle 3: Original Schnittstellenbeschreibung Mentholbesprühung [12 S. 2-3]

	Maker			FAS			
	female			male			
	-X136V			-W136V			-XS0
	0	← PE →		0	← PE →		
L1 400V/16A	1	— A1 →		1	— A1 →	L1 400V/16A	
L2 400V/16A	2	— A2 →		2	— A2 →	L2 400V/16A	
L3 400V/16A	3	— A3 →		3	— A3 →	L3 400V/16A	
N 400V/16A	4	— B1 →		4	— B1 →	N 400V/16A	
Spare	5	— B2 →		5	— B2 →	Spare	
Spare	6	— B3 →		6	— B3 →	Spare	
+24VDC	7	← C1 —		7	← C1 —	24P6 (24V+)	
Coding Maker	8	— C2 →			— C2 →	Code 1 (E8.0)	
Coding Maker	9	— C3 →			— C3 →	Code 2 (E8.1)	
Coding Maker	10	— C4 →			— C4 →	Code 3 (E8.2)	
Coding Maker	11	— C5 →			— C5 →	Code 4 (E8.3)	
Maker Stop (Opener NC)	12	— C6 →		8	— C6 →	Maker Stop (E8.4)	
Start Spraying (Opener NC)	13	— C7 →		9	— C7 →	Start Spraying (E8.5)	
External Voltage (potential free)	14	— C8 →		10	— C8 →	4K2 Ready for Production	
External Voltage (potential free)	15	← C9 —		11	← C9 —	Ready for Production	
Relay output (Warning or Alarm)	16	← C10 —		12	← C10 —	Warning or Alarm (A12.4) 24VDC+	
Ground	17	← C11 —		13	← C11 —	-24VDC	
Speed Encoder Signal (0-20mA)	19	— D1 →		14	— D1 →	Speed Signal (0-20mA)	
GND	20	← D2 —		15	← D2 —	GND	
PT 100 + Temperature Front XC1	21	— D3 →		16	— D3 →	IB 142	
PT 100 - Temperature Front XC1	22	— D4 →		17	— D4 →	IB 142	
PT 100 + Temperature Rear XC1	23	— D5 →		18	— D5 →	IB 144	
PT 100 - Temperature Rear XC1	24	— D6 →		19	— D6 →	IB 144	
Speed Encoder 24V+	25	← D7 —		20	← D7 —	24V+ (24P6)	
Speed Encoder 24V-	26	← D8 —		21	← D8 —	24V- (M)	
PT 100 + Temperature Front XC2	27	— D9 →		22	— D9 →	IB 162	
PT 100 - Temperature Front XC2	28	— D10 →		23	— D10 →	IB 162	
PT 100 + Temperature Rear XC2	29	— D11 →		24	— D11 →	IB 164	
PT 100 - Temperature Rear XC2	30	— D12 →		25	— D12 →	IB 164	
Heating Front XC1 / 24V+	31	← E1 —		26	← E1 —	+XC1 / 1K5	
Heating Front XC1 / 24V-	32	← E2 —		27	← E2 —	24V N	
Heating Rear XC1 / 24V+	33	← E3 —		28	← E3 —	+XC1 / 2K1	
Heating Rear XC1 / 24V-	34	← E4 —		29	← E4 —	24V N	
Heating Front XC2 / 24V+	37	← F1 —		30	← F1 —	+XC2 / 1K5	
Heating Front XC2 / 24V-	38	← F2 —		31	← F2 —	24V N	
Heating Rear XC2 / 24V+	39	← F3 —		32	← F3 —	+XC2 / 2K1	
Heating Rear XC2 / 24V-	40	← F4 —		33	← F4 —	24V N	
	0	← PE →		0	← PE →		

Über die Leitung -W136V werden an das FAS Statusmeldungen des Makers übergeben, wie „Maker steht“ (C6) oder „Starte Mentholbesprühung“ (C7), sowie die Maschinengeschwindigkeit als Analogsignal (D1). Hier ist zu beachten, dass das Kaymich-Gerät 4..20mA und das Köhl-Gerät 0..20mA als Signal erwartet. Dies wird innerhalb der PRO-TOS mittels eines umschaltbaren Trennverstärkers bewältigt [11 S. 15]. In der Simulation muss dies nur bei der Umrechnung der Werte beachtet werden (0..20mA entsprechen

0..20000cpm). Eine 0..20mA Analogeingangskarte ist folglich ausreichend zur Simulation beider Anschlussmaschinen.

Die Pins C2 bis C5 sollen eine Codierung des Makers, zur Identifikation am FAS-Gerät, übertragen. Dies wird allerdings in den bei Universelle gebauten PROTOS nicht verwendet, daher ist auch die 34-adrige Leitung ausreichend.

Das FAS meldet „Betriebsbereitschaft“ (C9) und „Warnung“ (C10) zurück. Bei einer Heißapplikation des Menthols wird vom FAS zusätzlich die dafür vorgesehene Heizung in der PROTOS geregelt (Steckereinsatz E+F) und dafür PT100-Werte von der PROTOS ans FAS übergeben (D3-D6 und D9-D12). Interessant für die Simulation sind daher nur die Steckereinsätze C und D, da A und B die Leistungsversorgung für das FAS sind und E und F die Leistungsversorgungen für die Heizungen bei der Heißapplikation, diese allerdings nicht angesteuert werden bei der Simulation. Dies würde eine größere Leistung in der Simulationshardware verlangen und ist unnötig.

Abbildung 8 zeigt die Verarbeitung der Signale auf der PROTOS Seite. Das FAS-Gerät braucht die Informationen „Stopp Hauptantrieb“ und „Start Mentholbesprühung“. Entsprechend der Schnittstellenvereinbarung aus 2.2 wird über Pin C1 die 24V Spannung des FAS an die PROTOS übertragen. Mittels der Schließer an -K150V und -K151V wird die Spannung über Pin C6 und C7 an einen digitalen Eingang im FAS-Gerät geschleift. So werden die Signale potentialfrei übertragen.

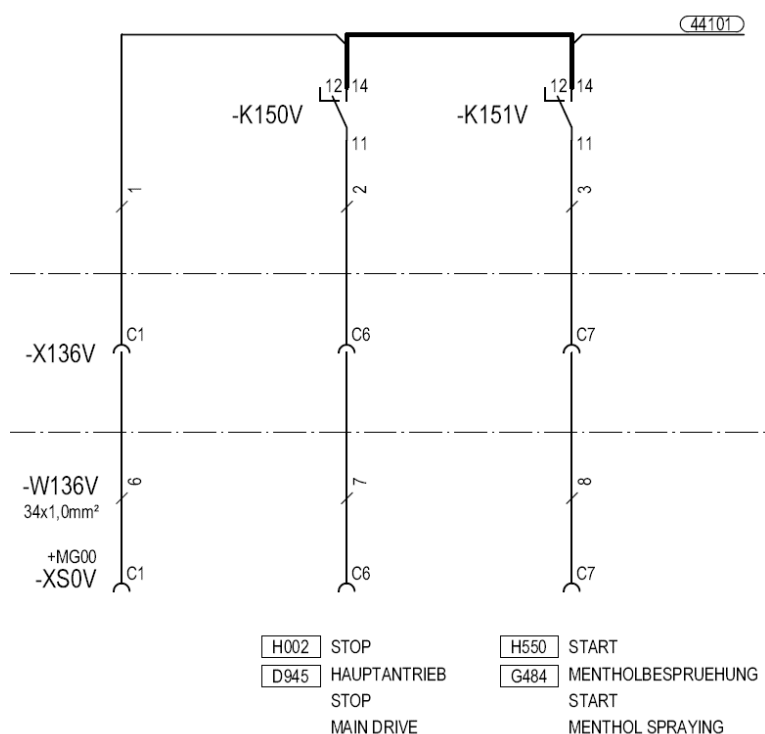


Abbildung 8: Verarbeitung der Signale in der PROTOS [11 S. 451a]

Kritisch ist Pin C10, das Köhl Gerät gibt hier +24V aus, wenn eine „Warnung“ ansteht und das Kaymich Gerät gibt 0V aus, wenn ein „Stopp“ ansteht. Dies wurde in der PROTOS mit einer korrekt zu steckenden Brücke gelöst (Abbildung 9). Für die Simulation bedeutet

dies, dass hier immer die Unterscheidung Köhl/Kaymich zuerst abgefragt werden muss, bevor die korrekten Signale durchgeschaltet werden können, da sonst die Relais -K152V bzw. -K153V nicht anziehen können.

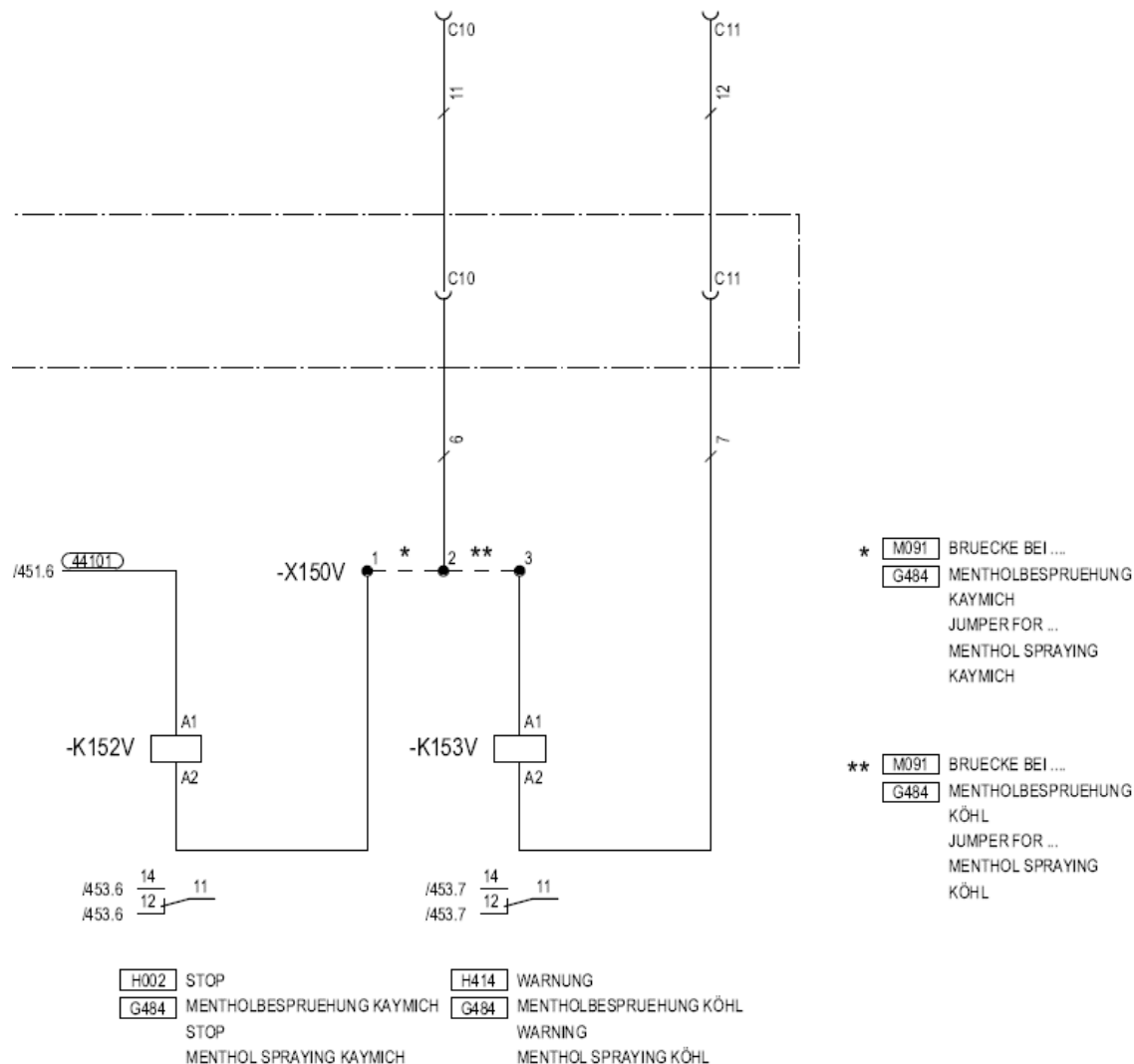


Abbildung 9: Unterschied Köhl/Kaymich im PROTOS Schaltschrank

2.2.3 Transfersysteme

Beschreibung

Es können verschiedene Transfersysteme an eine PROTOS angeschlossen werden. Sie dienen dazu, den Zigarettenmassenstrom weiter zu verarbeiten, zu speichern oder zu transportieren. Die einzelnen Zigaretten aus der PROTOS werden an Fremdmaschinen in die Verkaufsverpackungen gepackt. Der Transport erfolgt meistens mit Schragen⁶, die in der HCF (Hauni Cascade Filler) gefüllt werden.

⁶ Schragen: „Behälter zur Zwischenspeicherung und zum Transport von Filterstäben, Tabakstücken oder Zigaretten.“ [3 S. "Schragen"]



Abbildung 10: Schragenfüller HCF-C [13]

Abbildung 10 zeigt die HCF direkt an den Massestrom der PROTOS angeschlossen. Sie füllt automatisch die Schragen zum Weitertransport oder Zwischenlagerung.

Um Leistungsunterschiede zwischen den beiden Maschinen oder Produktionsschwankungen ausgleichen zu können, gibt es auch die Option, den Massestrom in einem variablen Zwischenspeicher zu lagern. Der Speicher wird bei leichtem Produktions-Überschuss des Makers langsam gefüllt bzw. bei leicht höherer Leistung der nachgeschalteten Maschine langsam entleert [3 S. "VARIOS"]. Diese Systeme heißen VARIOS oder ORBIS, weiterhin gibt es noch einfachere Systeme zum Transport des Massestroms zu den Verpackungsmaschinen (RESY).

Schnittstelle

Diese Transfersysteme tauschen alle dieselben Informationen mit dem Maker aus und benutzen dazu die gleiche Steckverbindung -X83/84. Diese Schnittstellenbeschreibung (Tabelle 4) wurde aus den PROTOS Schaltplänen und verschiedenen Transfersystemen zusammengestellt:

Tabelle 4: Schnittstellenbeschreibung Transfersysteme

	Maker			Transfersystem			
	-X83	male		-W83M	female	-X9	
	0	← PE →		0	← PE →		
+24V	1	← 1 →		1	← 1 →		Freigabe für Maker
	2	← 2 →		2	← 2 →		
	3	← 3 →		3	← 3 →		
	4	← 4 →		4	← 4 →		
+24V	5	← 5 →		5	← 5 →		Stau in Übergabe
	6	← 6 →		6	← 6 →		
+24V	7	← 7 →		7	← 7 →		Not-Aus-Kanal 1
+24V	8	← 8 →		8	← 8 →		
	9	← 9 →		9	← 9 →		Geschwindigkeitsabsenkung 1
+24V	10	← 10 →		10	← 10 →		
+24V	11	← 11 →		11	← 9 →		Programm-Stopp
	12	← 12 →		12	← 12 →		
+24V	13	← 13 →		13	← 13 →		Not-Aus-Kanal 2
+24V	14	← 14 →		14	← 14 →		
+24V	15	← 15 →		15	← 15 →		Geschwindigkeitabsenkung 2
	16	← 16 →		16	← 16 →		
		-X84			-W83M		
		female			male		
	0	← PE →		0	← PE →		
	1	← 1 →		1	← 1 →		Warnung
	2	← 2 →		2	← 2 →		
	3	← 3 →		3	← 3 →		+24V
Schnellauffreigabe	4	← 4 →		4	← 4 →		
	5	← 5 →		5	← 5 →		
	6	← 6 →		6	← 6 →		
	7	← 7 →		7	← 7 →		+24V
Not-Aus-Kanal 2	8	← 8 →		8	← 8 →		
	9	← 9 →		9	← 9 →		+24V
Maschine dreht	10	← 10 →		10	← 10 →		
	11	← 11 →		11	← 9 →		
	12	← 12 →		12	← 12 →		
	13	← 13 →		13	← 13 →		
	14	← 14 →		14	← 14 →		
	15	← 15 →		15	← 15 →		+24V
Not-Aus-Kanal 1	16	← 16 →		16	← 16 →		

Nach der „Freigabe für Maker“ fängt die PROTOS an zu produzieren, solange kein „Stau in Übergabe“ oder „Programm-Stopp“ gesetzt ist. Die Signale „Geschwindigkeitsabsenkung 1 und 2“ können im Automatikbetrieb der PROTOS die Produktionsgeschwindigkeit um den jeweils eingestellten Wert absenken. Liegen beide Signale an, wird die Produktionsgeschwindigkeit um die Summe beider Parameterwerte gesenkt.

Zusätzlich werden über den Stecker -X300 der geschirmten Leitung -W300M die Takte der Einzelzigaretten und der Gut-Zigaretten übertragen, dies entspricht, nach einer Umrechnung, der Maschinengeschwindigkeit. Mittels einer Zählklemme werden die Impulse innerhalb von 1sec gezählt ($= n \frac{\text{cigarettes}}{1s}$) und durch erweitern mit 60 in die Geschwindigkeit v in cpm umgerechnet:

$$v = n \cdot 60 \frac{\text{cigarettes}}{1s \cdot 60} = n \text{ cpm}$$

2.2.4 LASER

Beschreibung

LASER ist die Hauni Produktbezeichnung für Filterperforationssysteme und ist eine Abkürzung für „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“ [3 S. "LASER"]. Um die Abbrauchwerte von Zigaretten zu reduzieren (z.B. von sogenannten Light-Zigaretten), werden diese heutzutage mit Ventilationszonen im Filterbereich versehen. Dazu kann entweder vorperforiertes Papier für die Filterumhüllung benutzt werden oder aber die fertige Zigarette auf der Maschine perforiert werden. Die Laserperforation wird online in die fertige Doppelzigarette eingebracht. Dabei werden eine bzw. zwei Reihen von Löchern in den Zigarettenfilter eingebracht, während sich die Zigarette einmal auf der Trommel dreht (Abbildung 11).

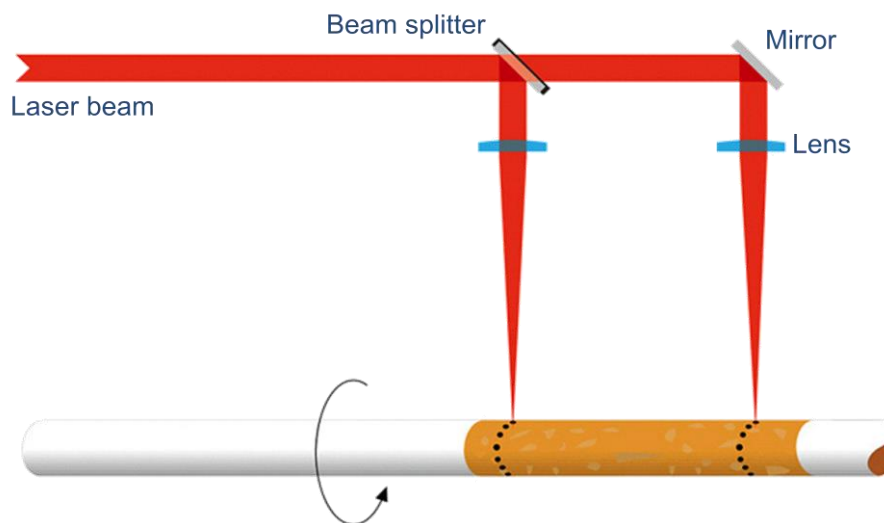


Abbildung 11: Einreihige Laserperforation einer Doppelzigarette [14]

Schnittstelle

Der Laser hat einen eigenen Schaltschrank und wird mittels vier Leitungen (-W121L, -W34L, -W35L und -W20L) mit eigenen Steckern mit der PROTOS verbunden. -W121L gibt den Maschinentakt der PROTOS an den LASER weiter. Dieser wird benötigt, um die Perforation zur richtigen Zeit durchzuführen, und ist daher für den Automatikbetrieb interessant. -W34L gibt eine „Warnung“ und „Stopp“ Meldung an die PROTOS. -W35L gibt mittels eines analogen 0..10V Signals den Ventilationsgrad vor und erklärt diesen für gültig. Über -W20L werden die eigentlichen Steuersignale wie „Strahlfreigabe“, „Hauptantrieb dreht“, „Laser strahlt“ und „Betriebsbereitschaft“ ausgetauscht. Ebenso die sicherheitsrelevanten Signale „Strahlteiler“, „Schutzhaube“ und „Not-Aus“ [15] [11 S. 970-977].

Aus den Schaltplänen der PROTOS und LASER ergibt sich die Schnittstellenbeschreibung Tabelle 5.

Tabelle 5: Schnittstellenbeschreibung LASER

	Maker		LASER		
	-X235	-W34L	-X135L		
	female		male		
	0 ← PE →		0 ← PE →		
+24V	B2 — 1 —→		1 — 1 —→		
	C2 ← 2 ←		2 ← 2 ←		Warnung
	C3 ← 3 ←		3 ← 3 ←		Stop
	-X236	-W35L	-X136L		
	female		male		
	0 ← PE →		0 ← PE →		
Ventilationsgrad 0..10V Signal	1 — 1 —→		1 — 1 —→		
0V	2 — 2 —→		2 — 2 —→		
Ventilationsgrad gültig	3 — 3 —→		3 — 3 —→		
+24V	4 — 4 —→		4 — 4 —→		
	-X237	-W20L	-X137L		
	female		male		
	0 ← PE →		0 ← PE →		
	A1 ← 1 ←		1 ← 1 ←		Betriebsbereit (DO1)
	A2 ← 2 ←		2 ← 2 ←		Laser strahlt (DO2)
	A3 ← 3 ←		3 ← 3 ←		Masse (0V)
Laser ein	A4 — 4 —→		4 — 4 —→		
	A5 ← 4 ←		4 ← 4 ←		+24V
	A6 ← 5 ←		5 ← 5 ←		+24V
Überwachung Schutzhaube	A7 — 5 —→		5 — 5 —→		
	A8 ← 6 ←		6 ← 6 ←		+24V
Strahlfreigabe	A9 — 6 —→		6 — 6 —→		
	A10 ← 7 ←		7 ← 7 ←		+24V
Hauptantrieb dreht	B1 — 8 —→		8 — 8 —→		
	B2 ← 9 ←		9 ← 9 ←		+24V
Strahlteilerkopf montiert	B3 — 10 —→		10 — 10 —→		
	B4 — 11 —→		11 — 11 —→		
	B5 — 12 —→		12 — 12 —→		
	B6 — 13 —→		13 — 13 —→		
	B7 ← 14 ←		14 ← 14 ←		+24V
Not-Aus-Kanal 1	B8 — 15 —→		15 — 15 —→		
	B9 ← 16 ←		16 ← 16 ←		
Not-Aus-Kanal 2	B10 — 17 —→		17 — 17 —→		
	male		female		
+24V	C1 ← 18 ←		18 ← 18 ←		Kontrollschleife 1
	C2 — 19 —→		19 — 19 —→		
+24V	C3 ← 20 ←		20 ← 20 ←		Kontrollschleife 2
	C4 — 21 —→		21 — 21 —→		
	C5 ← 22 ←		22 ← 22 ←		Not-Aus-Kanal 1
+24V	C6 — 23 —→		23 — 23 —→		
	C7 — 24 —→		24 — 24 —→		
	C8 — 25 —→		25 — 25 —→		
	C9 — 26 —→		26 — 26 —→		
	C10 ← 27 ←		27 ← 27 ←		Not-Aus-Kanal 2

Interessant für einen Automatikbetrieb zur Unterstützung der Softwareentwicklung ist die zeitliche Reihenfolge der Signale (Abbildung 12). Diese müssen korrekt gesetzt werden, damit der LASER funktioniert und nicht in Störung geht.

Wenn am LASER Schaltschrank alle Verschutungen geschlossen und kein Not-Aus betätigt ist, ist dieser *betriebsbereit*. Die *Freigabe* erfolgt per Schüsselschalter. Die Betriebsbereitschaft wird auch an die PROTOS gemeldet. Die PROTOS fängt an zu produzieren und gleichzeitig muss das Signal *Maker Betrieb* (Hauptantrieb dreht) an den LASER gesendet werden. Der LASER beginnt dann mit Simmerpuls zur Vorionisierung des Gases. Wenn die *Produktionsgeschwindigkeit* größer als 500cpm wird, darf frühestens 8-10s später die *Strahlfreigabe*anforderung von der PROTOS erfolgen, da der LASER erst fertig vorionisiert sein muss. Bei *Strahlfreigabe* durch die PROTOS sind die Zigaretten am Perforationsort und der LASER beginnt mit Nutzpuls nach den eingestellten Parametern [16 S. 3-11]. Bei planmäßigem Programm-Stopp hört der LA-

SER unter 500cpm wieder auf zu pulsen und alle restlichen Zigaretten werden ausgeworfen.

Bei einer Simulation des Automatikbetriebes ist in Grundstellung das Signal *Stopp* zu setzen. Dann wird auf das *Laser ein* (Eingangssignal) der PROTOS gewartet und der LASER auf *betriebsbereit* (Ausgangssignal) gesetzt und *Stopp* gelöscht, wenn der *Strahlteilerkopf* montiert ist, die *Schutzhauben* geschlossen sind und kein *Not-Aus* betätigt wurde (Eingangssignale). Mit steigender Flanke des Eingangssignales *Hauptantrieb dreht* wird die Zeitüberwachung von 8s gestartet. Hat das Eingangssignal *Strahlfreigabe* in dieser Zeit auch eine positive Flanke, wird die Zeit gestoppt und die Ausgangssignale *Warnung* und *Stop* gesetzt. Läuft die Zeit durch und dann erfolgt die *Strahlfreigabe*, wird der Ausgang *Laser strahlt* bis zur negativen Flanke von *Strahlfreigabe* gesetzt.

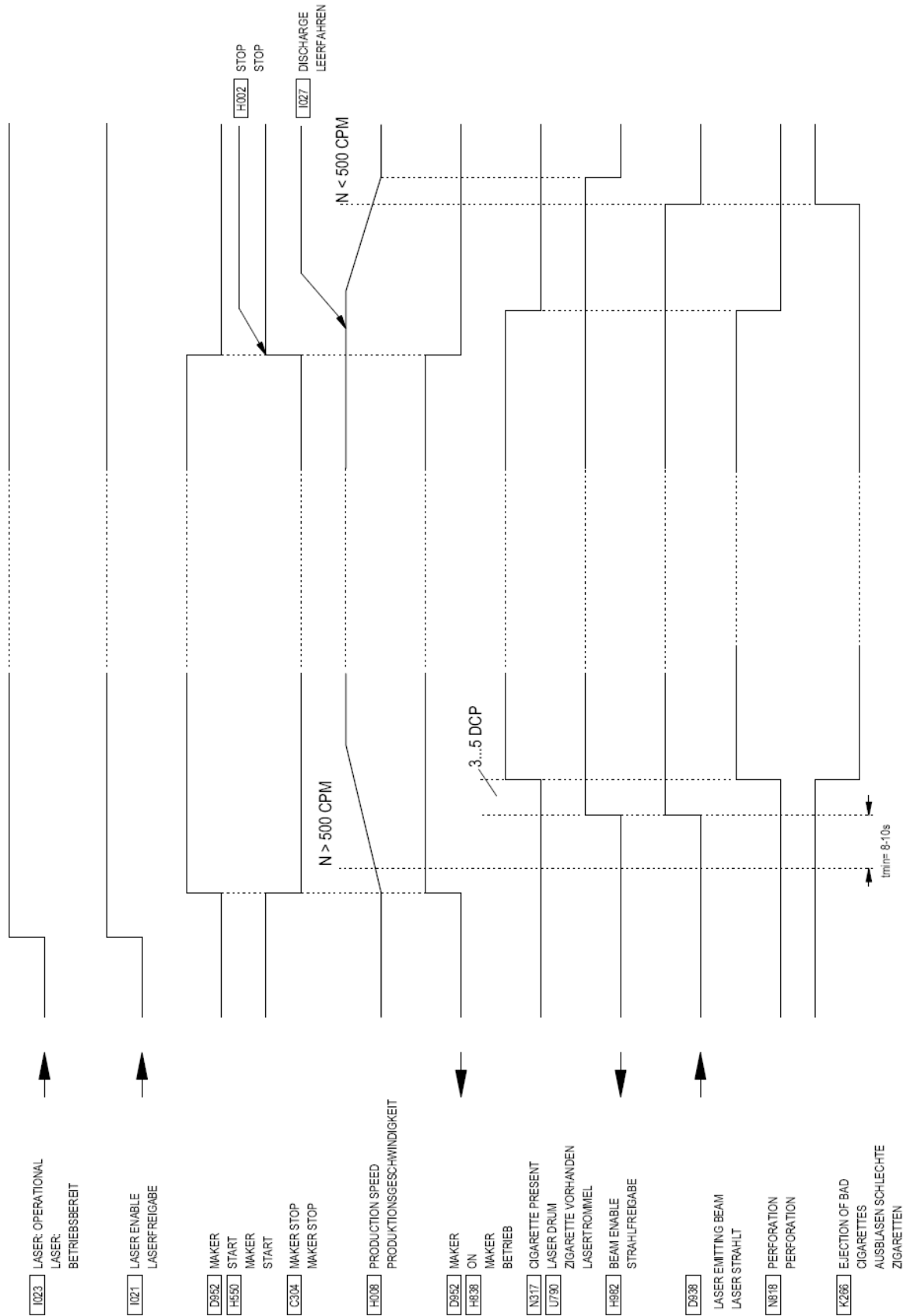


Abbildung 12: Signalverlauf LASER [15]

2.3 Vorhandene Ansätze

Es gab bereits einige Ansätze zur Simulation von Anlagenteilen. Von der Hauni wurde zur Simulation des LASERs ein PC mit entsprechender Software entwickelt. Die Simulation ist allerdings nur mit Software realisiert, also zum Testen der Datenverbindung zwischen PROTOS und LASER. Dort werden Produktions-, Schichtdaten und Parameteränderungen übertragen. Die potentialfreien Steuersignale mittels Industrie-Stecker wurden nicht realisiert und somit ist kein Schnittstellentest bei der Inbetriebnahme oder ein Automatikbetrieb möglich. Ein Einsatz des LASER-PCs ist folglich nicht sinnvoll.

Das Montagehilfsmittel „Dummy-E-Empfänger“ dient zur Simulation des E-Empfängers bei der Inbetriebnahme. Der E-Empfänger ist eine Motorenbaugruppe die von der Hauni gebaut wird und erst beim Kunden in das System kommt, während die PROTOS bei Universelle aufgebaut wird. Um bei der Inbetriebnahme der Software das Vorhandensein des E-Empfängers zu simulieren, sind in dem Montagehilfsmittel nur die „Gesprächspartner“ der Software, nämlich sechs Drehgeber, und nicht die ganze Motor-Baugruppe verbaut. Um die Teilevielfalt zu verringern, soll dieses Montagehilfsmittel mit in das neue Simulationsgerät integriert werden. Es ist also ein weiterer Stecker dafür vorzusehen, die Bauteile sind aus der vorhandenen Box zu entnehmen.

3 Analyse der Anforderungen

3.1 Anforderungen an das Simulationssystem

An das Simulationssystem werden verschiedene Anforderungen der Stakeholder aus Projektierung, Montage und Entwicklung gestellt. Diese Muss-Kriterien werden im Folgenden dargestellt, zur späteren Nachverfolgung werden sie mit [REQ.Nr] gekennzeichnet:

Projektierung

- [REQ.1] Keine Änderungen an der bestehenden PROTOS Software für den Simulationsmodus
- [REQ.2] Einhaltung der Hauni Hardware-Richtlinien
- [REQ.3] Einhaltung des Automatisierungskonzeptes für Hauni Neu-Maschinen
 - 3.1. Einsatz der „Hauni Visu Plus“ (HVIP) [17 S. 30]
 - 3.2. „kostengünstige Lösung mit gemeinsamen PC für Visualisierung, Antriebs-, Sensor und Steuerungsfunktionen“ [17 S. 5]
 - 3.3. „flache Automatisierungsstruktur“ und „übersichtliche Baumdarstellung für Bussystemanalyse“ [17 S. 5]

Montage

- [REQ.4] Nutzung in der Halle
- [REQ.5] Möglichst ein Gerät mit verschiedenen Modi um diverse Anschlussmaschinen zu simulieren mit entsprechender Visualisierung. Keine Einzelgeräte. Keine einfachen Schalter mit LEDs.
- [REQ.6] Automatische Erkennung des gesteckten Steckers und damit der zu simulierenden Anschlussmaschine.
- [REQ.7] Das Gerät soll verpolungssicher und kurzschlussfest sein
- [REQ.8] Normaler Schuko-Stecker zur Versorgung
- [REQ.9] Ziel: Verdrahtungsfehler ausschließen, d.h. Simulation aller Signale auf den Steckern
- [REQ.10] I/Os einzeln setzen und auslesen, keine Vollautomatik auf beiden Seiten.
- [REQ.11] Keine Assistenten, Logdateien, etc. auf dem Gerät
- [REQ.12] Auf Test der Heizkörper bei der Mentholbesprühung kann verzichtet werden. Dies würde eine größere Dimensionierung der Versorgung des Simulationsgerätes bedeuten die nicht gewünscht ist.

Entwicklung

- [REQ.13] Unterstützung bei der Software Entwicklung, d.h. Abbildung von Handshakes, Timings, Auslösung von Fehlern.
- [REQ.14] Modularer Aufbau des Gerätes um einfach weitere Anschlussmaschinen simulieren zu können.

Auswahl der zu simulierenden Maschinen

[REQ.15] Die Montage ist vor allem an einer Simulation der *Mentholbesprühung* interessiert, da es dort in der Vergangenheit beim Kunden zu Problemen kam. Die Entwicklung ist an einer *LASER-Simulation* mit Automatik-Modus interessiert. Da der *BOB* und die *Transfersysteme* die am häufigsten verwendeten Anschlussmaschinen sind, werden diese ebenfalls mit simuliert.

3.2 Bauteilauswahl

Die Bauteile sollen nach folgenden Kriterien gewählt werden.

Tabelle 6: Auflistung der Anforderungen bei der Bauteilauswahl

Anforderung	Priorität
Hauni Visu Plus lauffähig	1
Preis	2
Unternehmensstrategie	3
Performance passend	4
Zukunftssicherheit	5
Bekanntes Programmierumgebung	6

Die Bewertung erfolgt mit Punkten von 0-10. 0 entspricht „völlig unpassend“ und 10 „passt genau“.

Am wichtigsten ist die Lauffähigkeit der Hauni Visu Plus, um [REQ.3] und [REQ.5] zu erfüllen. Zusätzlich gilt:

[REQ.16] Der Preis für den Controller soll einen Rahmen von 2000€ nicht übersteigen.

[REQ.17] Außerdem sollen die Unternehmensrichtlinien wie Vorzugshersteller und Automatisierungskonzepte eingehalten werden.

[REQ.18] Technisch, aber auch preislich ist es sinnvoll die passende Performance der Bauteile zu wählen.

[REQ.19] Zusätzlich sollten die ausgewählten Bauteile zukunftssicher sein und nicht in den nächsten zwei Jahren abgekündigt werden.

[REQ.20] Um effektiv programmieren zu können ist eine bekannte Programmierumgebung von Vorteil, dies wären die gängigen Siemens Lösungen S7 oder TIA-Portal.

Für die Devices lässt sich formulieren:

[REQ.21] Devices lassen sich an gewählten Controller anschließen

[REQ.22] Größtmögliche Performance

4 Konzeption

4.1 Gesamtsystem

Anschluss an Simulationsgerät

Aus der Betrachtung der Anschlussmaschinen in 2.2 ergibt sich die Notwendigkeit eines Schaltschranks, an dem die diversen Stecker angeschlossen werden können. Problematisch ist, dass jede Maschine anders im Schaltschrank verdrahtet werden muss.

Dies kann gelöst werden, indem es für jede Anschlussmaschine eine eigene Leitung gibt. Diese hat den passenden Stecker auf der PROTOS Seite und auf der Simulationsseite immer den gleichen Universalstecker. Die I/O Klemmen sind fest auf den Stecker im Simulationsgerät verdrahtet. Für jede Anschlussmaschine wird die Leitung passend auf den Stecker verdrahtet.

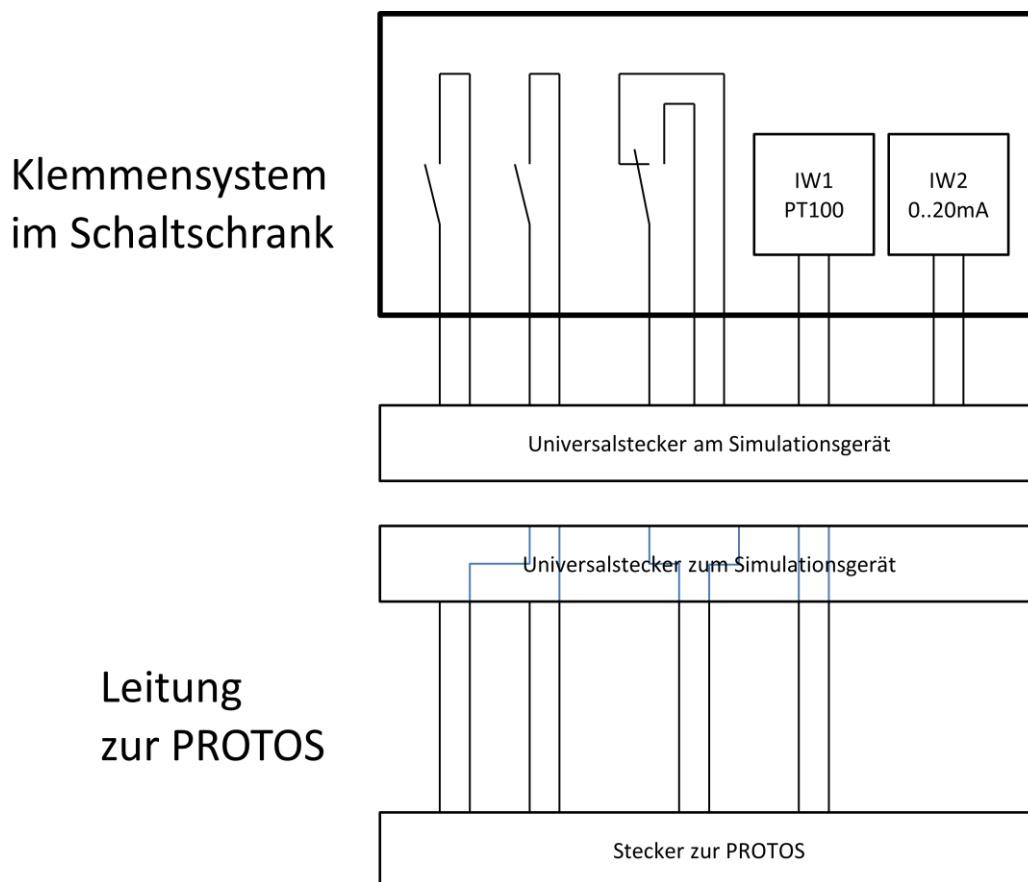


Abbildung 13: Schema zum Anschluss des Simulationsgerätes an PROTOS

Es können die gleichen Klemmen, z.B. Schließer, Öffner und Analogeingänge, für jede Anschlussmaschine genutzt werden. Somit wird für die Klemmen nur der größte gemeinsame Nenner an I/Os gebraucht, weitere Anschlussmaschinen lassen sich problemlos mit einer individuellen Leitung hinzufügen.

Ebenso wird eine Kodierung im Stecker eingeführt, sodass die Steuerung beim Stecken sofort erkennt, welche Anschlussmaschine simuliert werden soll [REQ.6].

Hardware

Das Simulationsgerät soll in der Halle an den Maschinen eingesetzt werden [REQ.4]. Es muss also entsprechend mobil sein. Daher sollen die Anschlussleitungen mit am Gerät sein, damit diese immer verfügbar sind und nicht verloren gehen. Ideal ist also ein fahrbares Gestell für den Schaltschrank. Dieser muss so hoch hängen, dass die Visualisierung auf Arbeitshöhe ist. Zusätzlich sind Aufhängemöglichkeiten für die Leitungen vorzusehen. Abbildung 14 zeigt die Skizze mit dem 3D-Zeichenprogramm „SketchUp“ der Firma Trimble Navigation Limited zur Verdeutlichung des Prinzips. Da hierfür CAD-Daten der Hersteller genutzt wurden, können daraus auch direkt die Maße für die benötigten Materialien gewonnen werden.

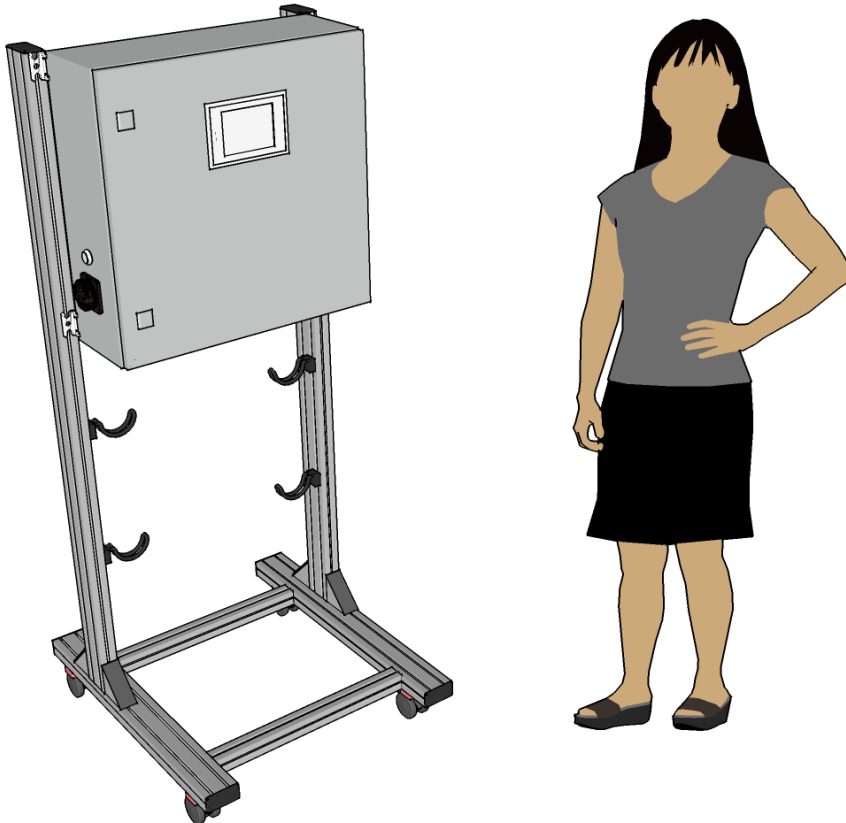


Abbildung 14: SketchUp Skizze: Schaltschrank mit Gestell

Um [REQ.8] zu erfüllen, muss von einer Versorgung des Schaltschranks mit 230V und einer Absicherung von 16A ausgegangen werden. Diese 16A dürfen durch das Gerät nicht überschritten werden.

Software

Die Software soll automatisch den gesteckten Stecker erkennen und an die Visualisierung weitergeben, damit nur die passenden I/Os geschaltet werden können [REQ.6]. Ebenso sollten Fehlermeldungen für erkannte Kurzschlüsse des I/O Knotens ausgegeben werden [REQ.7], dafür wird die Diagnose Funktion des I/O Knotens genutzt. Auf eine Vollautomatik zum Durchtesten aller I/Os auf Seiten der PROTOS und des Simulationsgerätes wird verzichtet, da dies von Seiten der Montage [REQ.10] und der Projektierung [REQ.1] nicht gewünscht ist. Allerdings sollen alle Signale von der PROTOS zum Gerät angezeigt und alle Signale zur PROTOS schaltbar sein um [REQ.9] zu erfüllen. Die Signale zur PRO-

TOS werden einzeln schaltbar sein, was einem Handbetrieb entspricht [REQ.10]. Ebenso wird für den LASER ein zusätzlicher Automatikbetrieb programmiert, der den korrekten Ablauf der Signale aus Abbildung 12 wiedergibt [REQ.13] und [REQ.15]. Assistenten zum Einrichten des Simulationsgerätes oder Logdateien sind bei diesem Vorgehen nicht nötig [REQ.11].

In die Software muss außerdem die USV entsprechend eingebunden werden, damit der IPC heruntergefahren wird, wenn ein Netzausfall passiert.

4.2 Bauteilauswahl

Die Darstellung der Bauteilauswahl soll sich auf die wesentlichen Komponenten beschränken. Wichtig sind hier die Steuerung, Visualisierung und die I/Os. In dem Hauni Automatisierungskonzept 2012 [17] [REQ.3] wird nur noch zwischen Controllern und Devices unterschieden, daher erfolgt die Auswahl auch unter diesen Begrifflichkeiten:

Controller

„Ein Controller realisiert die notwendigen Automatisierungsfunktionen. Er steuert, regelt und überwacht alle Prozesse einer Maschine. Vom Controller werden die klassischen Bereiche wie Visualisierung, Steuerung, Antriebsfunktionen (Motion) und Vision (A-Sensoren) abgedeckt.

Der Controller betreibt als Master das Echtzeit Bussystem EtherCAT und die als Slave angeschlossenen Teilnehmer, die Devices. Controller können über Ethernet miteinander kommunizieren und sich über Kopplungen, über den EtherCAT Peripheriebus, synchronisieren.“ [17 S. 8]

Devices

„Bei auf Ethernet basierenden Strukturen werden die Peripheriegeräte, bzw. Feldgeräte, Devices genannt. Sie stellen dem Controller parametrierbare Standardfunktionen und Interfaces zur Verfügung. Devices führen keine Anwender-Software aus, können jedoch Funktionen in Firmware realisieren.

Device sind unter anderen IO-Anschlußboxen, IO-Klemmensysteme, Sicherheitsschaltgeräte, Ventilinseln, B-Sensoren und Antriebe. [...]“ [17 S. 8]

4.2.1 Auswahl Controller

Auf Wunsch der Montage, soll eine passende Visualisierung und keine einfachen Leuchten und Schalter zum Schalten der I/Os genutzt werden [REQ.5]. Laut Automatisierungskonzept soll zur Steuerung einer neuen Maschine die Hauni Visu Plus (HVIP) eingesetzt werden [REQ.3.1]. Dies ist eine eigenentwickelte Visualisierung die auf Windows Rechnern läuft und über eine OPC⁷-Schnittstelle Daten mit der Steuerung austauschen kann. So werden teure Lizenzen für Visualisierungen von Fremdanbietern unnötig.

Das Automatisierungskonzept sieht für den Controller eine „kostengünstige Lösung mit gemeinsamen PC für Visualisierung, Antriebs-, Sensor und Steuerungsfunktionen“ [17 S. 5] vor [REQ.3.2]. Namentlich Industrie-PCs der Firma Beckhoff, allerdings ist bei Univer-selle auch Siemens einsetzbar.

⁷ OLE for Process Control: „Kommunikationsstandard zur Anbindung von Automatisierungssystemen unterschiedlicher Hersteller an übergeordnete Programme der Betriebsleitebene.“ [25 S. 775]

Für die Simulation wird weder eine hohe Performance der Steuerung, noch ein großer Bildschirm benötigt. Die HVIP existiert für die Bildschirmauflösungen 1024x768 und 640x480, es wird also die kleine HVIP benutzt. Dies schließt bereits viele Produkte aus, die in anderen Hauni Maschinen verwendet werden.

Die Performance des Controllers muss für eine OPC-Schnittstelle, I/Os und die Steuerungsaufgaben ausreichend sein. Bei Beckhoff entspricht dies der Plattform „Economy Plus (30)“. Nach dieser Performance-Klasse lassen sich die passenden Controller herausuchen.

Im Folgenden werden drei Konzepte verglichen:

1. Beckhoff Hutschienen-PC mit zusätzlichen Touchpanel (CX.... mit CP...)
2. Beckhoff Panel-PC (CP...)
3. Siemens Panel-PC (IPC)

Mit diesen Konzepten ergibt sich die geforderte „flache Automatisierungsstruktur“ und „übersichtliche Baumdarstellung für Bussystemanalyse“ [17 S. 5] [REQ.3.3]. Dadurch entfallen bereits Konzepte mit Profibus DP auf Feldebene und Ethernet zur HMI.

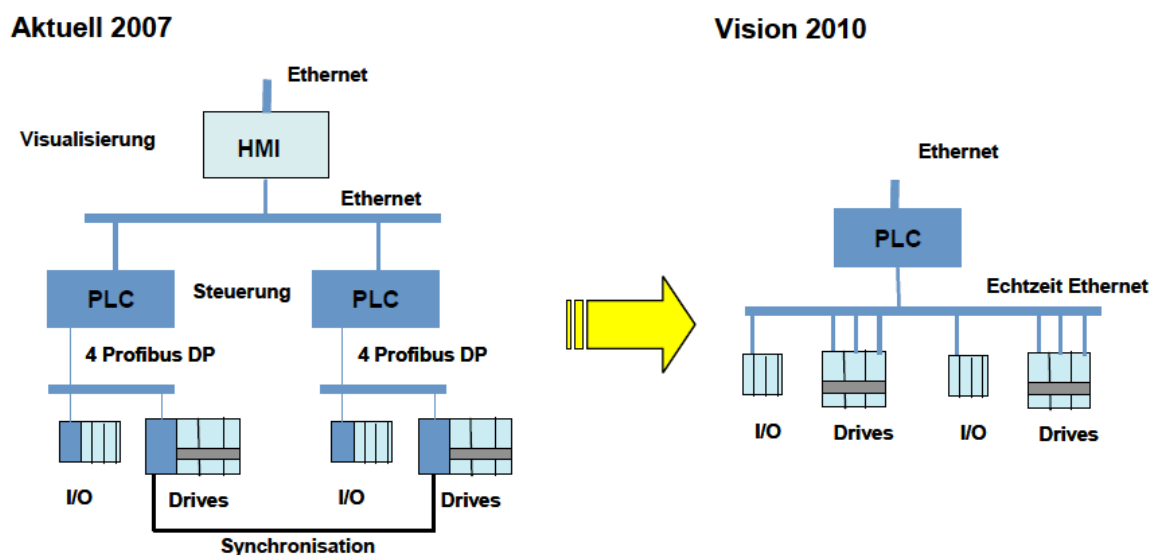


Abbildung 15: Gewünschte Automatisierungsstruktur rechts [17 S. 4]

Ein Panel-PC vereint Steuerung und Anzeige, während bei dem Hutschienen-PC ein zusätzliches Touchpanel zur Anzeige und Bedienung nötig ist.

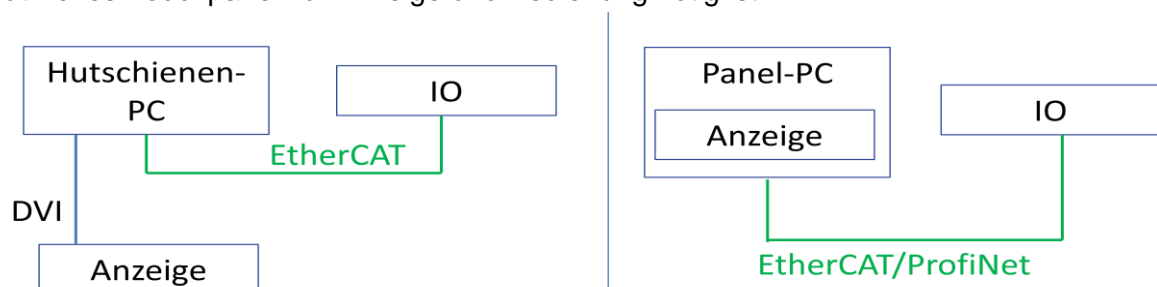


Abbildung 16: Automatisierungsstruktur im Vergleich

1. Hutschienen PCs

Hutschienen-PCs benötigen einen Bildschirm zur Anzeige und Eingabelemente. Zur einfachen Bedienung wird, [REQ.3] folgend, ein Einbau-Control-Panel mit Touch-Screen gewählt. Um den Preis niedrig zu halten und die Hauni-Visu-Plus darstellen zu können [REQ.3.1] wird das kleinste Touch-Panel CP6907 mit 5,7" Display und einer Auflösung von 640x480 zu einem Preis von 450€ gewählt.

Ein Vorteil der Hutschienen-PCs ist, dass bei allen Varianten kein zusätzlicher EtherCAT-Koppler notwendig ist, da die I/O Klemmen direkt an den PC angeschlossen werden können. Dies bringt einen Preisvorteil von 140€ gegenüber der Panel-PC Lösung.

- CX9020 (Beckhoff)

Leistung: 1 GHz-ARM-Cortex™-A8, Performance-Klasse (30)

Preis: 625€

Durch ARM-Prozessor lässt sich keine HVIP nutzen [18]

- CX2020 (Beckhoff)

Leistung: Intel Celeron 1,4 GHz, Performance-Klasse (50)

Preis: 1700€

Details: Bereits Hauni-Bundle mit Image, USV, CF-Card vorhanden

2. Panel-PC

Beim Panel-PC befindet sich der PC mit am Bildschirm und bildet so eine kompakte Einheit. Dies spart Platz im Schaltschrank. Allerdings wird dann für die I/O Klemmen eine gesonderte Koppler Klemme für ca. 140€ benötigt.

- CP6707 (Beckhoff)

Leistung: Intel Celeron 1,4 GHz, 1 Core, Performance-Klasse (50)

Preis: 1300€

Details: 5,7" Display mit 640x480 Auflösung. Neu-Entwicklung, lange Verfügbarkeit

- IPC277D (Siemens)

Leistung: Intel Atom E640 1,0 GHz, Performance-Klasse (40)

Preis: 1800€

Details: 7" Display mit 800x480 Auflösung, d.h. HVIP Anpassung nötig. Bekannte Programmierumgebung TIA-Portal

In Tabelle 7 werden diese Alternativen verglichen. Die Auswahl beschränkt sich bereits auf die geforderten Konzepte und konzentriert sich auf die in Entscheidungsmerkmale [REQ.3.1], [REQ.16] bis [REQ.20].

Tabelle 7: Bewertung der Controller mit 0-10 Punkten

Anforderung	CX9020 mit CP6907	CX2020 mit CP6907	CP6707	IPC277D
Hauni Visu Plus lauffähig in 640x480	0	10	10	7
Preis	10 (1075€)	0 (2150€)	7 (1440€)	4 (1940€)
Unternehmensstrategie	8	10	9	7
Performance passend	10	7	7	8
Zukunftssicherheit	8	9	10	9
Bekannte Programmierumgebung	3	3	3	8

Zusammenfassung Controller

Das CP6707 (Abbildung 17) ist das kostengünstigste Modell auf dem die HVIP noch lauffähig ist, die Soft-SPS „TwinCAT-PLC-Runtime“ läuft ebenfalls auf diesem PC. Da das Gerät eine Neuentwicklung ist, ist eine Verfügbarkeit von mindestens 5 Jahren gegeben. Einzig die Programmierumgebung ist mit „TwinCAT PLC Control“ eine Unbekannte und erfordert eine Einarbeitung. Somit ist dieser Panel-PC die beste Lösung für die gestellte Aufgabe.



Abbildung 17: CP6707 - Panel-PC mit Touchbedienung und Soft-SPS [18]

4.2.2 Auswahl Devices

Da das Simulationsgerät erweiterbar sein soll, wird ein modularer Feldbusknoten für die I/Os verwendet [REQ.14]. Dieser ist mit den passenden Klemmen auszustatten. Um die in 2.2 beschriebenen Signale schalten zu können, wird zusammenfassend benötigt (Tabelle 8):

Tabelle 8: Benötigte I/Os

Bezeichnung	BOB	Menthol	Transfer	Laser
Schließer	18	0	6	8
Öffner	0	2	2	0
Wechsler	0	0	0	0
Digitale Eingänge	6	6	4	7
Digitale Ausgänge	4	0	0	2
Analoge Eingänge	0	1x0-20mA, 4xPT100	0	1x0-10V
Analoge Ausgänge	0	0	0	0
Zähler	0	0	2	1

Hier werden drei im Unternehmen etablierte Feldbusssysteme vorgestellt.

Die Firma WAGO bietet das I/O-System 750 an. Viele differenzierte Feldbusstandards haben sich bereits weltweit etabliert, die WAGO versucht dieser Offenheit und Interoperabilität mit der Unterstützung aller gängigen Feldbusprotokolle und ETHERNET-Standards nachzukommen. Unterstützt werden unter anderem: PROFINET, PROFIBUS, EtherCat, Modbus, CANopen, sercos, Interbus. Dafür gibt es jeweils einen passenden Feldbuskoppler, an diesen werden die steckbaren I/O-Klemmen angeschlossen. Der Koppler kommuniziert mit den Klemmen über einen eigenen Klemmenbus und sendet die gesammelten Daten, mit dem entsprechenden Feldbusprotokoll, an die Steuerung. Diese Umwandlung verlangsamt die Übertragung, bietet aber dafür große Vielfalt bei der Auswahl des Busprotokolls.

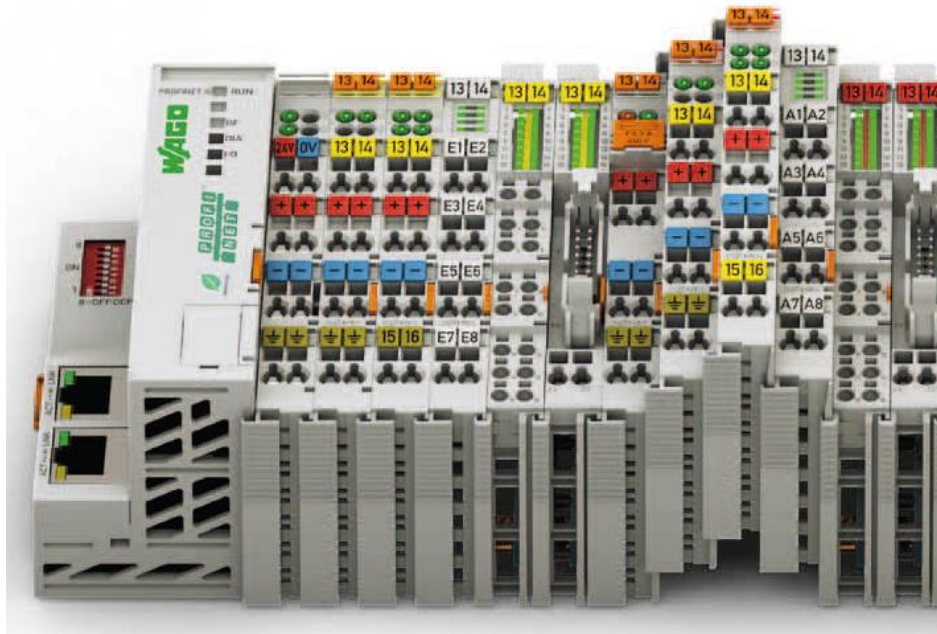


Abbildung 18: WAGO Feldbuskoppler 750-370 mit I/O-Klemmen für ProfiNet [19 S. 4]

Wago bietet dafür eine Auswahl von über 400 verschiedenen 1-, 2-, 4-, 8- und 16-kanaligen Klemmen [19 S. 7]. Auch alle für das Simulationsgerät benötigten I/Os sind verfügbar. Allerdings sind z.B. die potentialfreien Relais nur als 2 Kontakte pro Klemme verfügbar.

Die Firma Siemens vertreibt das dezentrale Peripherie System SIMATIC ET 200. Als Feldbusprotokoll ist allerdings nur PROFINET oder PROFIBUS verfügbar. Ein Anschluss an den gewählten Controller ist also nicht möglich.

Von der Firma Beckhoff wird das EtherCAT Klemmensystem (Abbildung 19) vertrieben. Hier bleibt das Übertragungsprotokoll bis in die Klemme erhalten und wird nicht auf ein klemmeninternes Busprotokoll umgewandelt. Dies erzielt eine höhere Performance bei einer Updatezeit für 1000 verteilte I/Os in 30 μ s. So können eventuell auch Zählerklemmen entfallen und normale digitale Eingänge genutzt werden. Preislich liegen die Klemmen sogar unter den WAGO-Klemmen.

Zusammenfassung Devices

Das SIMATIC ET 200 System erfüllt nicht [REQ.21] und scheidet daher bereits aus. Devices der Firma Wago erfüllen zwar [REQ.21], nach einem kompatiblen Bussystem zum Controller, allerdings erfüllt das EtherCAT Klemmensystem zusätzlich [REQ.22] nach der größtmöglichen Performance. Da sich für eine Beckhoff Steuerung mit EtherCAT Anschluss entschieden wurde, werden auch die entsprechenden Klemmen benutzt, dies verspricht größte Kompatibilität und ist im Unternehmen bereits etabliert.

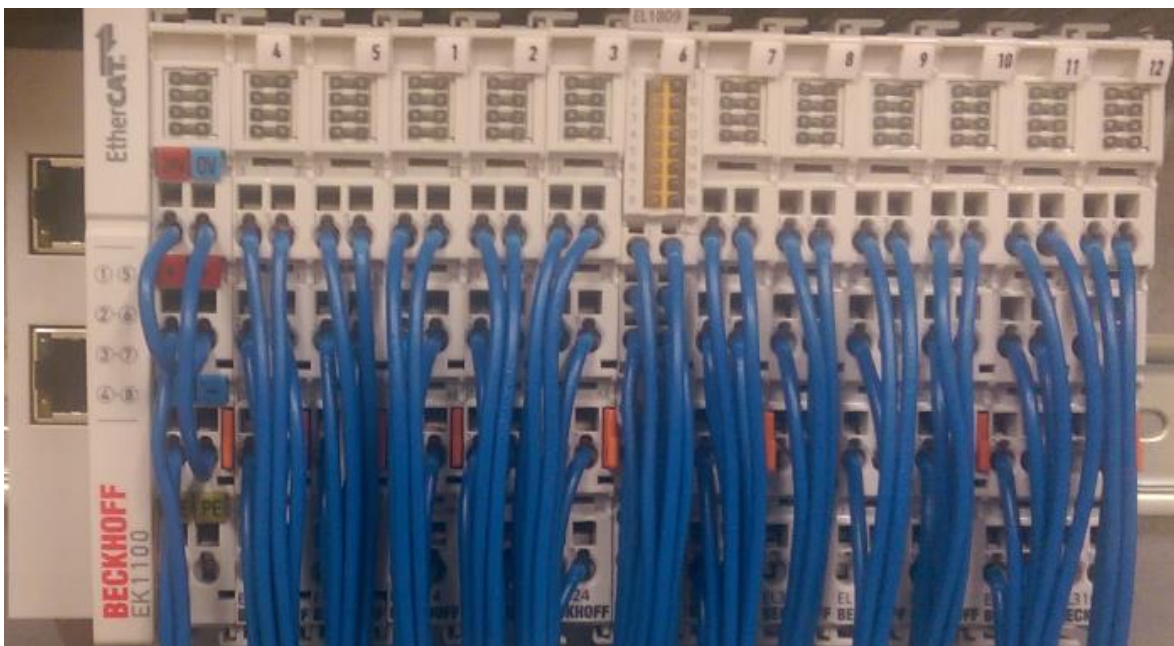


Abbildung 19: Eingesetztes EtherCAT Klemmensystem

Aus Tabelle 8 ergibt sich die Bestellliste für den EtherCAT-Knoten:

Tabelle 9: Benötigte Devices

Anzahl	Typenbezeichnung	Beschreibung
1	EK1100	Feldbuskoppler EtherCAT
3	EL2624	4 x Schließer
2	EL2612	2 x Wechsler
1	EL1809	16 x Digitale Eingänge
1	EL3204	4 x PT100 direkter Anschluss
1	EL3012	2 x differenzielle Analog-Eingänge (0-20mA)
1	EL1502	2 x Zähler 100kHz 32bit
1	EL2008	8 x Digitale Ausgänge
1	EL3102	2 x differenzielle Analog-Eingänge (-10V...+10V)
1	EL9011	Endkappe

5 Entwicklung

5.1 Hardwareaufbau

5.1.1 Schaltschrank

Der Schaltschrank wird nach den anerkannten Richtlinien der VDE0100 „Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen unter 1000 V“ errichtet. Das in Abbildung 20 beschriebene Konzept wird umgesetzt.

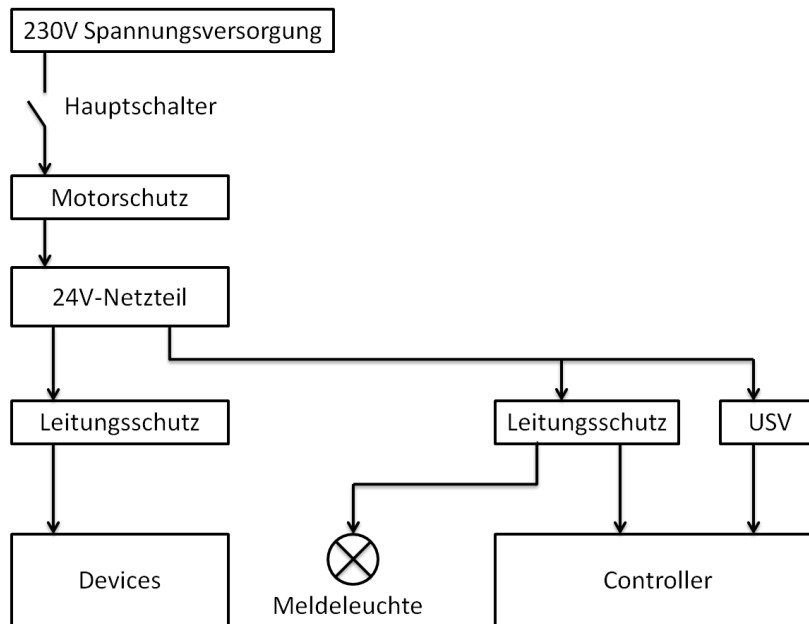


Abbildung 20: Schaltschrankkonzept

In [REQ.8] wird die Versorgung des Simulationsgerätes mittels eines Schutz-Kontakt-Steckers verlangt. Dies bedeutet eine Absicherung von 16A durch die Hauselektrik. Dieser maximale Strom darf durch das Simulationsgerät nicht überschritten werden. Der gewählte Controller und die Devices sind das Herzstück des Schaltschranks, sie werden für die Funktionalität benötigt. Sie benötigen eine 24V-Versorgung, die entsprechend abgesichert sein muss. Es kommt also ein 24V-Netzteil mit mindestens 3,1A Ausgangsstrom zur Versorgung des Controllers und des EtherCAT-Knotens mit angeschlossenen I/Os dazu [20] [21]. Da auf das Testen der Heizung bei der Mentholbesprühung verzichtet wird, kann auf zusätzliche Leistung verzichtet werden [REQ.12]. Das Netzteil und 230V-Zuleitung werden mittels einstellbarem Motorschutz abgesichert und ein Hauptschalter zur Lasttrennung dazwischen gesetzt. Das eingesetzte Netzteil hat einen maximalen Eingangsstrom von 1,4A, womit [REQ.8] erfüllt ist. Die Hardwarerichtlinien der Hauni erfordern hier eine Meldeleuchte, die den eingeschalteten Hauptschalter meldet [REQ.2]. Als Leitungsschutz kommen noch zwei Sicherungen hinzu, ebenso ein Akku-Pack als unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) für das CP6707, so kann der Rechner sicher heruntergefahren werden wenn der Hauptschalter ausgeschaltet wird. Die fertige Montageplatte des E-Empfänger-Moduls muss ebenfalls Platz finden. Mit Hilfe der Maße aller Bauteile lässt sich der Schaltschrankaufbau im vor hinein konzipieren (Abbildung 22) und alle Bauteile entsprechend bereitlegen.

Dazu gehört auch die Bemaßung der Ausschnitte im Schaltschrank für die Fertigung. Es müssen die Flanschplatte für die Stecker und Zuleitung (Abbildung 21), die Tür für das Control Panel und der Schaltschrank für Hauptschalter und Meldeleuchte bearbeitet werden. Mit den fertigen Zeichnungen werden diese Arbeiten von der Fertigung ausgeführt.

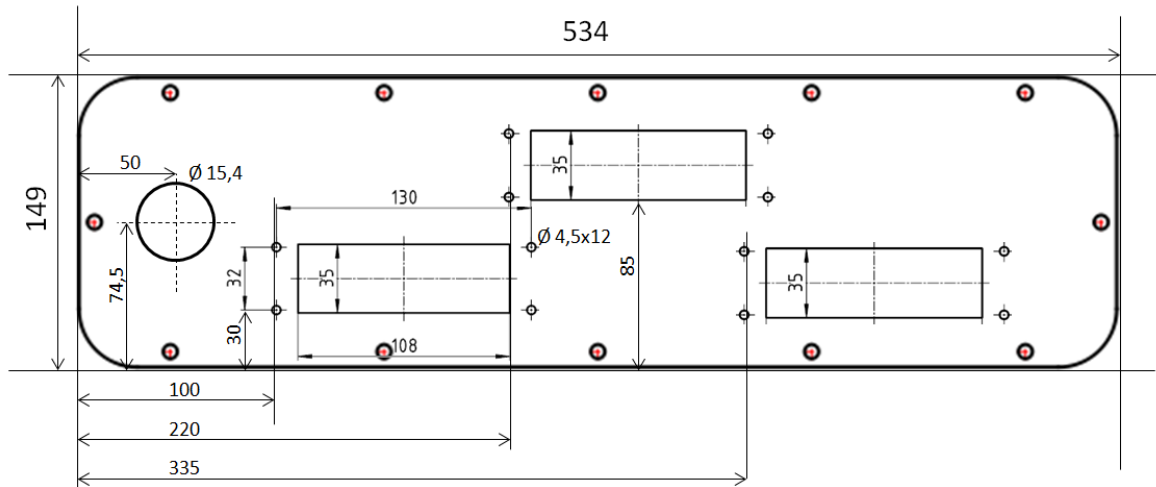


Abbildung 21: Bemaßung Flanschplatte mit Einbauausschnitten

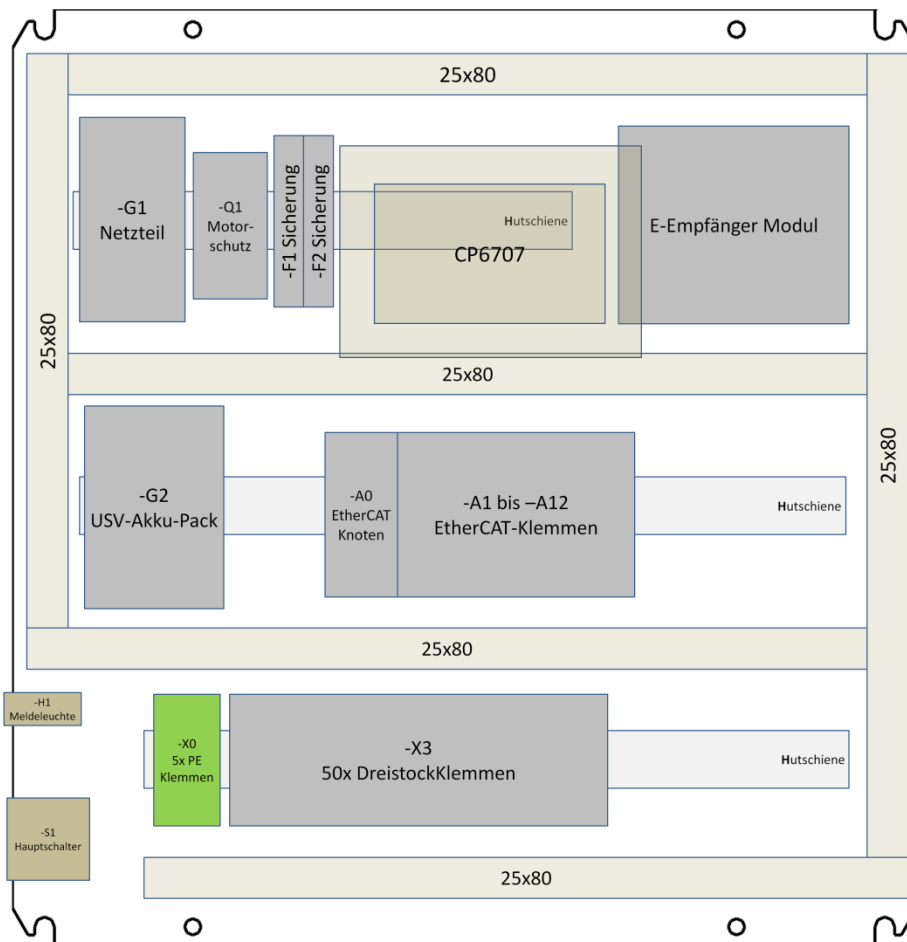


Abbildung 22: Aufbau der Montageplatte

Die Signale der PROTOS müssen korrekt mit den I/Os des EtherCAT Klemmensystems verbunden werden. Dazu werden alle I/Os fest auf die Klemmleiste -X3 angelegt und von

dort auf den Universalstecker. Um alle I/Os auf einem Stecker unterzubringen, werden 83 Pins benötigt, zusätzlich kommen noch jeweils 6 Pins mit +24V Versorgung und 0V Versorgung hinzu. Da die Signale in beide Richtungen laufen, sind Buchsen und Stifte in dem Stecker vorzusehen, um diesen berührungssicher [REQ.2] zu machen. Es wird ein Harting Stecker mit sechs modular einsetzbaren Steckereinsätzen genutzt. Für die vorliegenden Bedingungen sind 4 Buchseneinsätze 17polig und 2 Stifteinsätze 17polig ausreichend (Abbildung 23).



Abbildung 23: Universalstecker mit Mentholbesprühungsverdrahtung

5.1.2 Universalstecker

Aus den Schnittstellenbeschreibungen aus 2.2 und den auf den Universalstecker auf Schaltschrankseite verdrahteten IO/s lässt sich die Verdrahtung der Anschlussleitungen ableiten. Dies wird einmal für das Beispiel der Mentholbesprühung gezeigt.

Wie in 2.2.2 beschrieben sind nur die Steckereinsätze C und D zur Simulation der Mentholbesprühung interessant. Somit wird der Stecker zur PROTOS nur diese beiden Einsätze enthalten. Der Universalstecker zum Simulationsgerät benötigt 2x Schließer, 1x 0 – 20mA Analogeingang und 4x einen PT100-Eingang.

Mit Pin C1 werden +24V des Simulationsgerätes an die PROTOS übertragen, diese werden dort geschaltet und mit den Pins C2 bis C7 zurück auf die Eingänge des Simulationsgerätes geschleift. D.h. Die Pins C2 bis C7 auf PROTOS-Seite müssen auf die Pins C3 bis C8 auf Simulationsgerätseite, sie sind auf die digitale Eingangsklemme verdrahtet.

Um „Betriebsbereitschaft“ zu melden, wird die angekommene +24V Spannung von Pin C8 und das zurückgeleitete Signal an C9 an den Öffnerkontakt -A5:1 mit Pin B15 und B16 angeschlossen.

Für das Signal Stopp (Kaymich) und Warnung (Köhl) an Pin C10 ist ein besonderes Vorgehen nötig. Dies wurde im Anhang „A.1 Verdrahtungsplan für Mentholbesprühung“ skizziert. Auf der linken Seite befindet sich die Verdrahtung auf der Simulationsgerät-Seite und auf der rechten Seite ist die originale PROTOS Verdrahtung. Damit nicht sofort eine Spannung durchgeschaltet wird, sondern nur nach erfolgter Auswahl des Herstellers und Betätigung des entsprechenden Knopfes am Gerät, ist der Schließer -A4:1 eingebaut. Der Wechsler -A5:2 stellt nach Auswahl des Herstellers die Weiche für eine +24V Versorgung bei Köhl-Geräten und Masse bei Kaymich-Geräten. Diese Verdrahtung muss im Univer-

salstecker verbaut werden und findet sich im Anhang „A.2 Schaltplan für Leitung Mentholbesprühung“ wieder.

Die PT100-Messwiderstände aus der PROTOS werden direkt an die EtherCAT-Klemme angeschlossen mit den Pins D2 bis D9. Der Analogwert für die Maschinengeschwindigkeit wird entsprechend auf den 0 – 20mA Analogeingang (Pin D10) gelegt.

Zur korrekten Erkennung des Universalsteckers werden die digitalen Eingänge 9-12 als Kodierung genutzt. Dafür werden +24V auf die entsprechenden Eingänge nach Tabelle 10 gelegt. Bei der Mentholbesprühung sind also +24V auf Pin C13 und C14 vorzusehen.

Tabelle 10: Bit-Kodierung des Universalsteckers

Code	C3	C2	C1	C0
-	0	0	0	0
BOB-M	0	0	0	1
BOB-ME	0	0	1	0
Menthol	0	0	1	1
Transfer	0	1	0	0
Laser	0	1	0	1
Stördaten	0	1	1	0

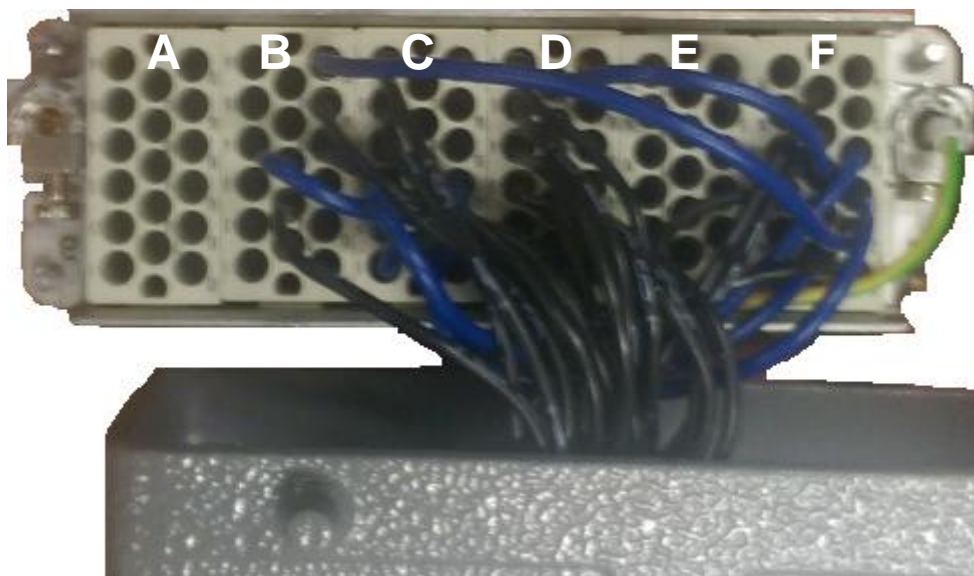


Abbildung 24: Interne Verdrahtung des Universalsteckers der Mentholbesprühung

5.2 Visualisierung

Für die Visualisierung wird die Hauni Visu Plus (HVIP) verwendet. Dies ist eine Eigenentwicklung der Hauni und wird auf allen Neumaschinen eingesetzt, um für den Kunden ein einheitliches „Look & Feel“ zu kommunizieren. Es gibt ein Basissystem das spezifisch für jede Maschine angepasst werden kann. Durch den Einsatz von OPC wird die Unabhängigkeit von der Steuerungstechnologie erreicht. Die Realisierung der Basisvisualisierungssoftware erfolgte mit Microsoft C++, die Erstellung der maschinenspezifischen GUI⁸ (Reporte) erfolgt mit Microsoft Visual Basic 6 (VB6).

⁸ GUI: Graphical User Interface (Grafische Bedienoberfläche)

Die Basisvisualisierung besteht aus verschiedenen Bereichen, der Aufbau ist immer gleich (Abbildung 25). Typischerweise werden nur der Arbeitsbereich (Reporte) und wenn nötig die globale Aktionen angepasst.

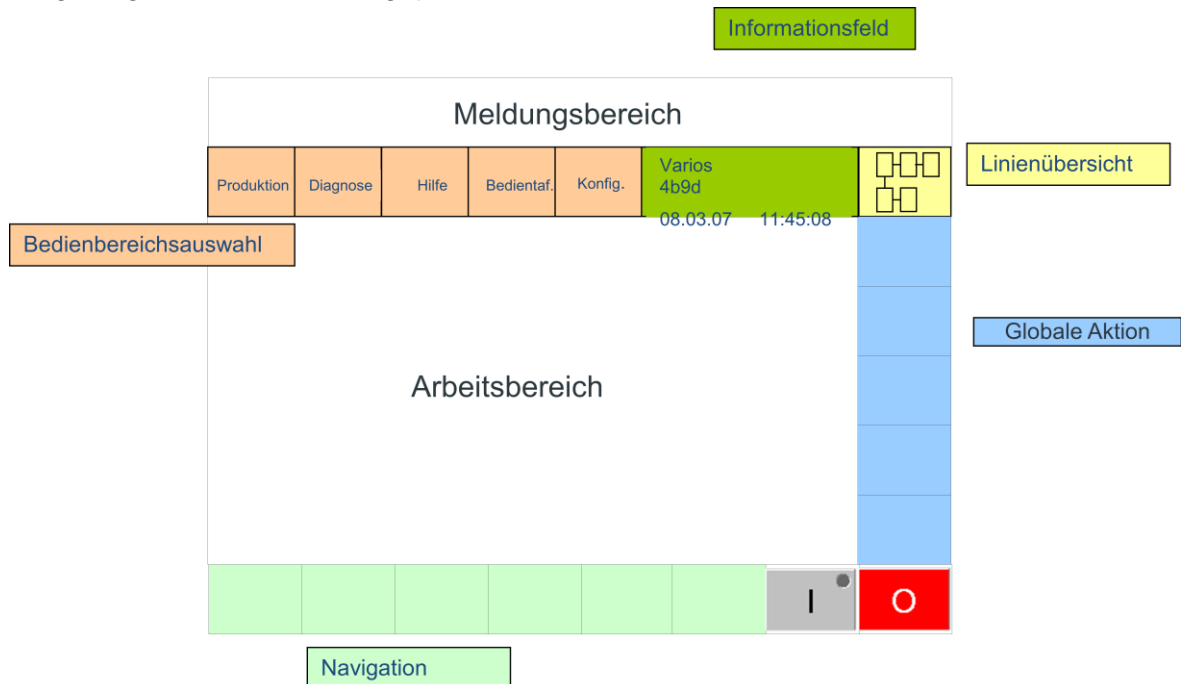


Abbildung 25: Bildschirmaufbau HVIP 640x480 [22 S. 26]

Die Bedienbereichsauswahl wählt über Reiter den gewünschten Arbeitsbereich aus. Der Bedienbereich „Produktion“ wird für die Simulation nicht benötigt. Dort werden normalerweise Produktionsdaten wie „Leistungsgrad“, „Produktionsziel“ und Qualitätsdaten wie Gewicht und Durchmesser angezeigt.

Zur Anzeige von Signalen die von der PROTOS zum Simulationsgerät gesendet werden, wird der Reiter „Diagnose“ benutzt. Zum Senden von Signalen zur PROTOS wird der Reiter „Bedientafel“ benutzt. Unter „Hilfe“ können HTM-Dateien zur Störungsbehebung angezeigt werden. „Konfiguration“ ermöglicht verschiedene Basisoptionen wie Parametersicherung und -abgleich, Versionskontrolle und Buskonfiguration.

5.2.1 Vorgehen

Um zu einer lauffähigen Visualisierung zu gelangen wird das Vorgehen in Abbildung 26 abgearbeitet.

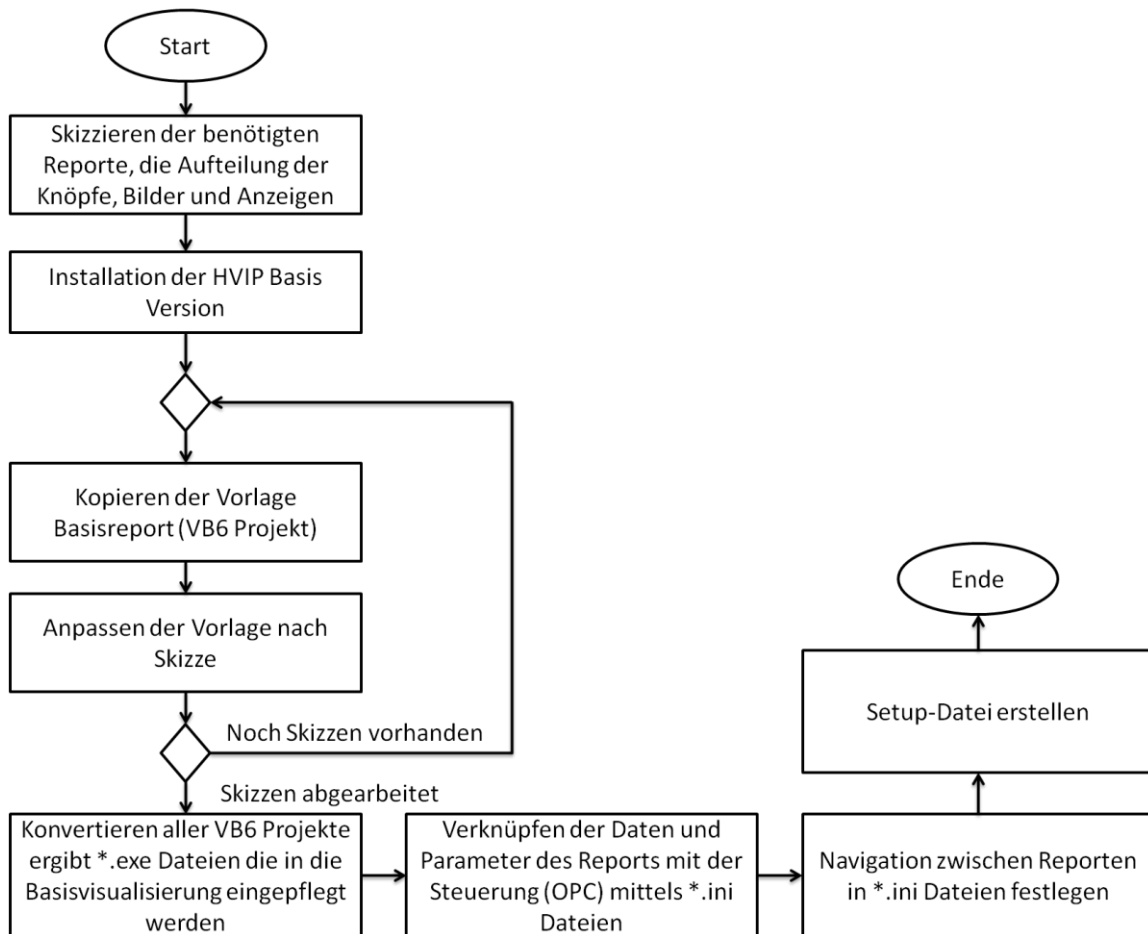


Abbildung 26: Vorgehen Reporterstellung

Wenn alle Reporte, d.h. die grafischen Oberflächen, gestaltet sind und alle *.ini Dateien konfiguriert wurden, kann eine Setup-Datei zum einfachen Installieren der Visualisierung auf dem Ziel-PC erstellt werden.

5.2.2 Beispiel Mentholbesprühung



Abbildung 27: Basisreport Diagnose 640x480

Beispielhaft für den Anschluss der Mentholbesprühung werden die erstellten Reporte vorgestellt:

Die Basisreporte „Diagnose“ und „Bedienfeld“ sind identisch aufgebaut. Nach Anschluss des Universalsteckers wird aus der Steuerung die neue Maschinenkonfiguration übertragen und von der Visu ausgewertet [REQ.6]. Entsprechend der Konfiguration wird der Stecker auf der PROTOS Seite mit den entsprechenden BMKZ aus dem Schaltplan [11] angezeigt (Abbildung 28). Die eingblendete Taste führt weiter auf die Anzeige der eingehenden Signale (Abbildung 29) im Reiter „Diagnose“ und auf eine Ansicht zum Schalten der ausgehenden Signale unter „Bedienfeld“ (Abbildung 30). Aus Platzgründen wird hier nur noch der erstellte Report ohne Basisvisualisierung dargestellt.

Die Anzeige der Temperaturen im Diagnosereport variiert je nach Auswahl Einstrang- oder Zweistrangmaschine im Bedienfeld Report. Dort muss auch zuerst die Auswahl Köhl oder Kaymich getroffen werden, da dann andere I/Os zu schalten sind, sonst würden in der PROTOS nicht die entsprechenden Relais anziehen (siehe 2.2.2). Die Signale „Betriebsbereit“ und „Warnung“ lassen sich mit sogenannten PushButtons schalten, der Schaltzustand wird mittels des grauen Kreises angezeigt. Damit werden alle Signale einzeln geschaltet und angezeigt [REQ.9] [REQ.10].

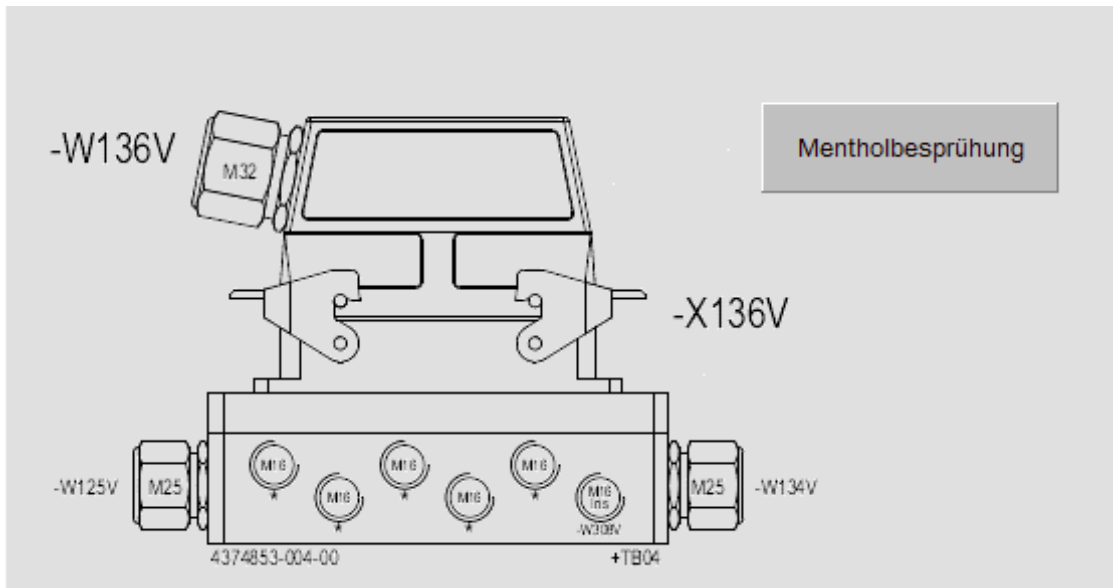


Abbildung 28: Basisreport Diagnose und Bedienfeld nach Anschluss Universalstecker Mentholbesprühung

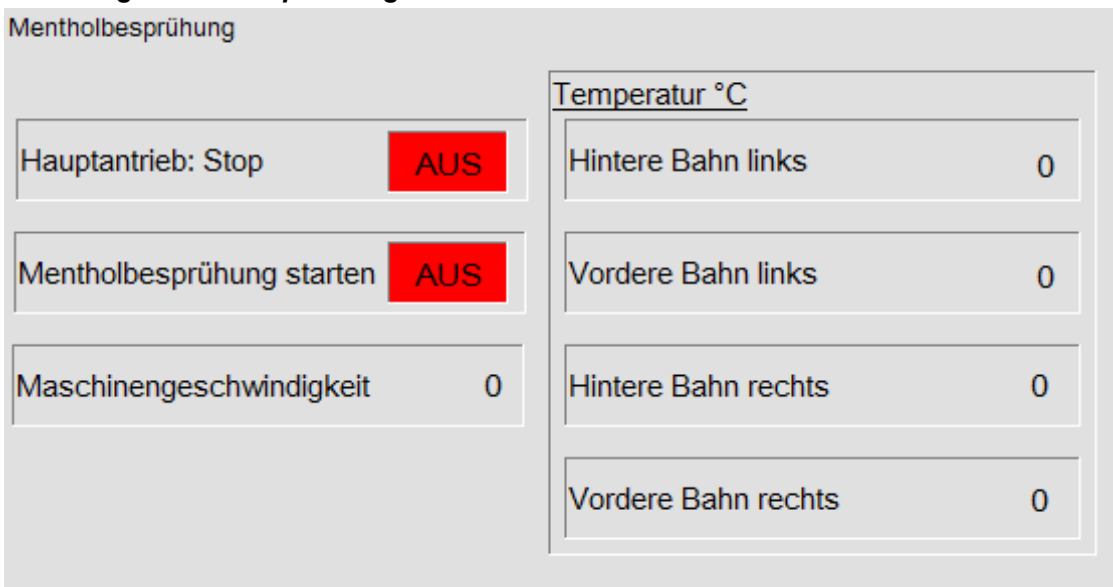


Abbildung 29: Diagnosereport Mentholbesprühung (Zweistrangmaschine)

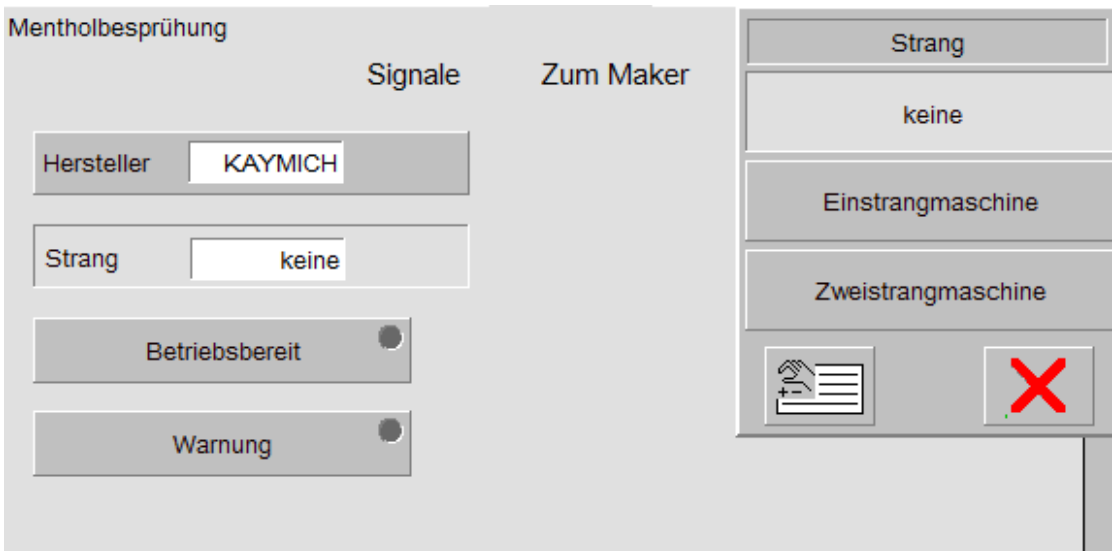


Abbildung 30: Bedienfeldreport Mentholbesprühung

Das Verknüpfen der Tasten (Parameter) und Anzeigen (Daten) mit den OPC-Daten geschieht in *.ini Dateien (Abbildung 31), die während des Visu Startvorgangs ausgelesen werden.

Zur besseren Übersicht und Modularität ist die Visu in verschiedene Knoten mit Funktionen aufgeteilt. Jeder Knoten und Funktion verfügt über eine *.ini-Datei, die die unterliegenden Reporte konfiguriert: Navigation zwischen Reporten, Verknüpfung mit Textersetzern zur Sprachverwaltung, sowie (Fehler-) Meldungsverwaltung. Dort werden auch die Tasten (Parameter) und Anzeigen (Daten) mit den OPC-Daten verknüpft und parametrisiert. Als Beispiel wird hier die Konfiguration des Knotens der Mentholbesprühung erklärt.

Damit die Visu einfacher auf die eingegebenen Werte zugreifen kann, sind die ini-Dateien in verschiedene Bereiche aufgeteilt:

[Parameter] : Hier werden Daten von der Visu an die Steuerung geschrieben, dazu gehören hier die PushButtons „Betriebsbereit“ und „Warnung“ und die Parameter „Hersteller“ und „Strang“. Dies können auch weitere Parameter sein, wie ein Ventilationsgrad vom Laser. Über „Name“ wird das OPC-Item (Name in der Steuerung) mit dem PushButton auf dem Report verknüpft. Mit TidName wird die Nummer des Textersetzers eingestellt. Die Übersetzungen befinden sich in einer anderen Datei. TidUnit erlaubt es automatisch eine Einheit einzublenden, z.B. µm bei einem Stellweg für einen Schrittmotor. So gibt es noch viele weitere Einstellmöglichkeiten, die allerdings nicht immer vollständig konfiguriert werden müssen: Standard-Wert, Min und Max Werte, Anzahl der anzuzeigenden Stellen nach dem Dezimalpunkt, Schrittweite beim inkrementellen Verstellen des Parameters, Access-level, Sichtbarkeit in Abhängigkeit von aktivierten Optionen und Filtereinstellungen für das Sortieren von Parametern.

[Data]: Prozessdaten werden von der Steuerung an die Visu übermittelt. In dem Fall der Mentholbesprühung sind das die booleschen Variablen „Stopp“ und „Start“, sowie die Maschinengeschwindigkeit und die Temperaturen der Heizplatten als Integer. Sie werden von der PROTOS an das Simulationsgerät gesendet und von dort als OPC-Item an die Visu zur Anzeige übergeben. Unter Handling lassen sich als Hex-Wert, Optionen zur Datenverwaltung aktivieren, z.B. ob diese Daten auf die Festplatte geschrieben werden um einen Verlust bei Ausschalten der Visu zu vermeiden oder ob die Daten ständig gepollt werden sollen, obwohl sie nicht angezeigt werden, um z.B. Statistiken aufzubauen. Weiter wird die Zeit zwischen zwei Abfragen definiert (Pollcycle), die Länge der Daten (Length) und wie viele Datensätze für einen Trend abgespeichert werden sollen (Trenditems).

[Reports]: Für den Aufbau des Navigationsmenüs werden die Reporte in der Konfigurationsdatei beschrieben. Dort wird angegeben, in welchen Bedienbereich man navigieren kann (1=Diagnose, 4=Bedientafel), von welchem Report kommend auf welchen Report gelenkt wird und ob dies automatisch im Navigationsmenü angelegt werden soll.

```

: Creation date : 16.10.2014
: Filename : funt003_033_00_00.ini (node = Knoten 1..255, func = Funktion 1..255 v = Variante 0..95)
: NodeName : CBX
: FunctionName : CBX / RTS
: Fur Beckhoffsteuerung

[Info]
Version=0.5
Node-ID=3
Function-ID=033
Variant=0
Date=25.09.2014 Uhrzeit 14:41
Compiler=
Editor=notiff
FriendlyName=""

: Parameter Typ : 1=Bool 2=Byte 3=Integer16 4=Integer32 8=Real
:
[Parameter] ParNo, Name, OpCItem, TidName, Tidunit, Typ, default, Min, Max, Precision, Inkrement, Access, ParamAttr, ViewAttr,
Par000=003.033.0001, "3_operational", "Unisim::P_st_3_operational.bo_pushbutton", 003.000.0008, 000.000.0000, 1, 0, 0, 0, 0, 0.000000, 0, 00000000.00000000.00000000.00000000, FF
Par001=003.033.0002, "3_warning", "Unisim::P_st_3_warning", 003.000.0009, 000.000.0000, 1, 0, 0, 0, 0, 0.000000, 0, 00000010.00000000.00000000.00000000, FF
Par002=003.033.0020, "3_selectmachine", "Unisim::P_i_3_selectmachine", 003.000.0083, 000.000.0000, 16, 0, 0, 0, 2, 0, 0.000000, 0, 00000000.00000000.00000000.00000004, FF
Par003=003.033.0021, "3_selectrod", "Unisim::P_i_3_selectrod", 003.000.0084, 000.000.0000, 16, 0, 0, 0, 2, 0, 0.000000, 0, 00000000.00000000.00000000.00000004, FF
:Data Length 4 Byte => Byte1 Schaltzustand , Byte 2 LED Ein/Aus, Byte 3 Button freigeben/sperrern, Byte 4 Button sichtbar/unsichtbar, 1/0 Beschreibung durch Soft-SPS

[Data]
Name, OpCItem, Handling[hex], pollycicle["0.1sec"], Length[Byte], TrendItems, Datatype, Comment
Dat000= "I_bo_3_drivestop", "Unisim::I_bo_3_drivestop", 0, 0, 1, 0, 0; Main drives stop from PROTO
Dat001= "I_bo_3_startspraying", "Unisim::I_bo_3_startspraying", 0, 0, 1, 0, 0; start spraying from PROTO
Dat002= "I_i_3_machinespeed_cmp", "Unisim::I_i_3_machinespeed_cmp", 00000000, 0, 8, 0, 0; Analog value from PROTO
Dat003= "I_i_3_temp1", "Unisim::I_i_3_temp1", 00000000, 0, 8, 0, 0; Temperature value from PROTO
Dat004= "I_i_3_temp2", "Unisim::I_i_3_temp2", 00000000, 0, 8, 0, 0; Temperature value from PROTO
Dat005= "I_i_3_temp3", "Unisim::I_i_3_temp3", 00000000, 0, 8, 0, 0; Temperature value from PROTO
Dat006= "I_i_3_temp4", "Unisim::I_i_3_temp4", 00000000, 0, 8, 0, 0; Temperature value from PROTO

[Messages] MsgNo, Name, opCItem, TidName, Def, Min, Max, Ac, Vt, EE, Ex;
:
[MessageopCItems]
: opCmsgstate, offset(0-xxx), Length(0-xxx); Comment
:
[Reports]
: area, Fomsef, ID, Tid, ACL, VISuATTR; Comment
REP000= 1, 001.002.0200, 003.033.0210, 003.000.0005, ICo, "", "R210_003_033_00", 0, 0; FFFFFFFF.FFFFFFFF.FFFFFFFF; Nav zur Diagnose Mentholbespruehung
REP001= 4, 001.002.0300, 003.033.0310, 003.000.0005, "", "", "R310_003_033_00", 0, 0; FFFFFFFF.FFFFFFFF.FFFFFFFF; Nav zur Bedientafel Mentholbespruehung

```

Abbildung 31: Auszug Konfiguration des Visu-Knoten der Mentholbespruehung

5.3 Steuerungsprogramm

Die Programmierung der Soft-SPS „TwinCAT PLC“ auf dem CP6707 wird mit mittels „TwinCAT PLC Control“ als Programmierumgebung vorgenommen. Es ist die Hardwarekonfiguration der I/Os vorzunehmen und das eigentliche Programm zu schreiben.

5.3.1 Hardwarekonfiguration

Der eingesetzte Busknoten muss im TwinCAT „System Manager“ konfiguriert und mit den Variablen des SPS Projektes verknüpft werden. Dazu werden alle eingesetzten Klemmen am Busknoten EK1100 angefügt und können dort entsprechend parametrisiert werden.

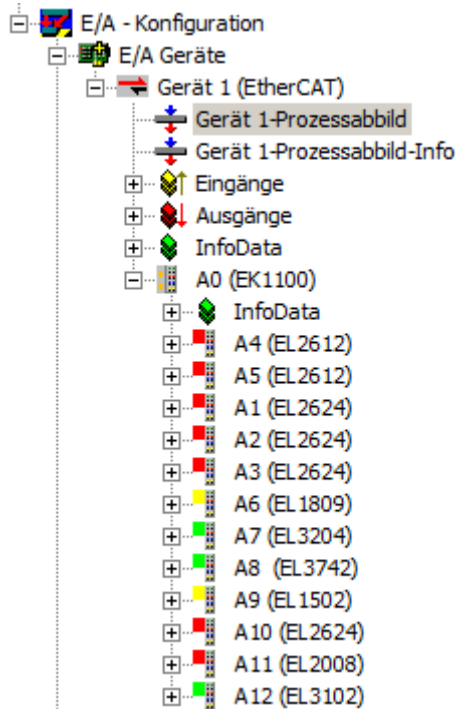


Abbildung 32: Hardwarekonfiguration in TwinCAT

Die benötigten Klemmen aus Tabelle 9 werden an den Busknoten EK1100 angefügt. Allerdings mussten die Klemmen A4 und A5, aufgrund von Hardwarebeschränkungen, direkt hinter den Busknoten EK1100 gesetzt werden. Sie brauchen einen durchgeschleiften PE-Anschluss, die Klemmen A1-A3 ermöglichen dies allerdings nicht.

Zusätzliche Einstellungen sind z.B. noch die gewünschte Zykluszeit, diese wird hier mit 10ms gewählt, da dies die Hauni Standard-Einstellung für zeitunkritische Tasks ist [REQ.3].

5.3.2 Programmablauf

Mit der Entwicklungsumgebung „TwinCAT PLC Control“ wird die Soft-SPS auf dem CP6707 programmiert. Die Programmierung erfolgt nach IEC 61131-3.

Die Bestandteile des Projektes können in Ordnern strukturiert werden (Abbildung 33).

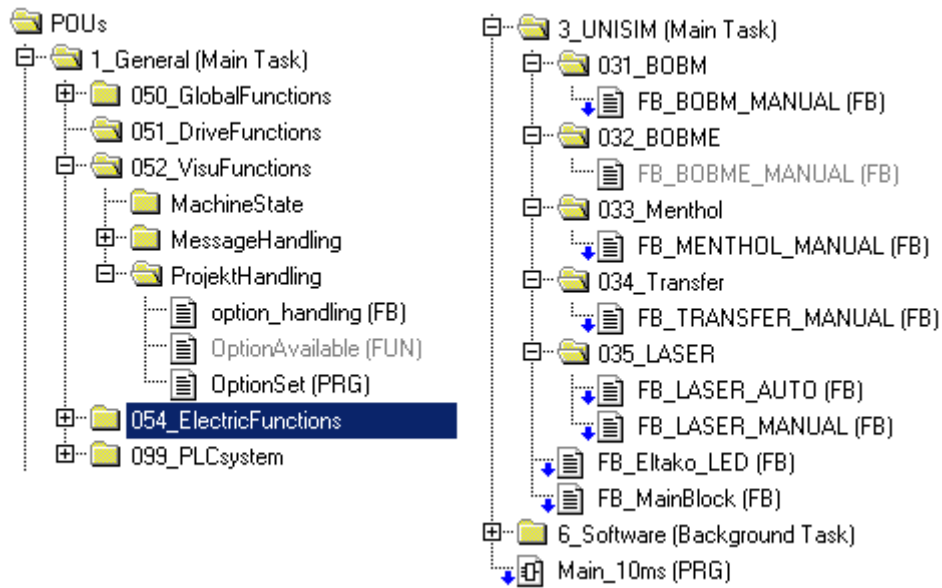


Abbildung 33: Struktur der Programmteile in TwinCAT

Abbildung 34 zeigt den zu programmierenden Ablauf. Ausgangspunkt ist das Programm (PRG) `Main_10ms`. Dieses wird periodisch alle 10ms aufgerufen und führt alle unterliegenden Funktionsblöcke (FB) aus. Dazu gehören das `option_handling`, indem die Analyse der gesteckten Stecker und das korrekte Setzen der Optionsbits, auch für die Visualisierung, erledigt werden und der Aufruf des eigentlichen Steuerungsprogrammes `FB_MainBlock`.

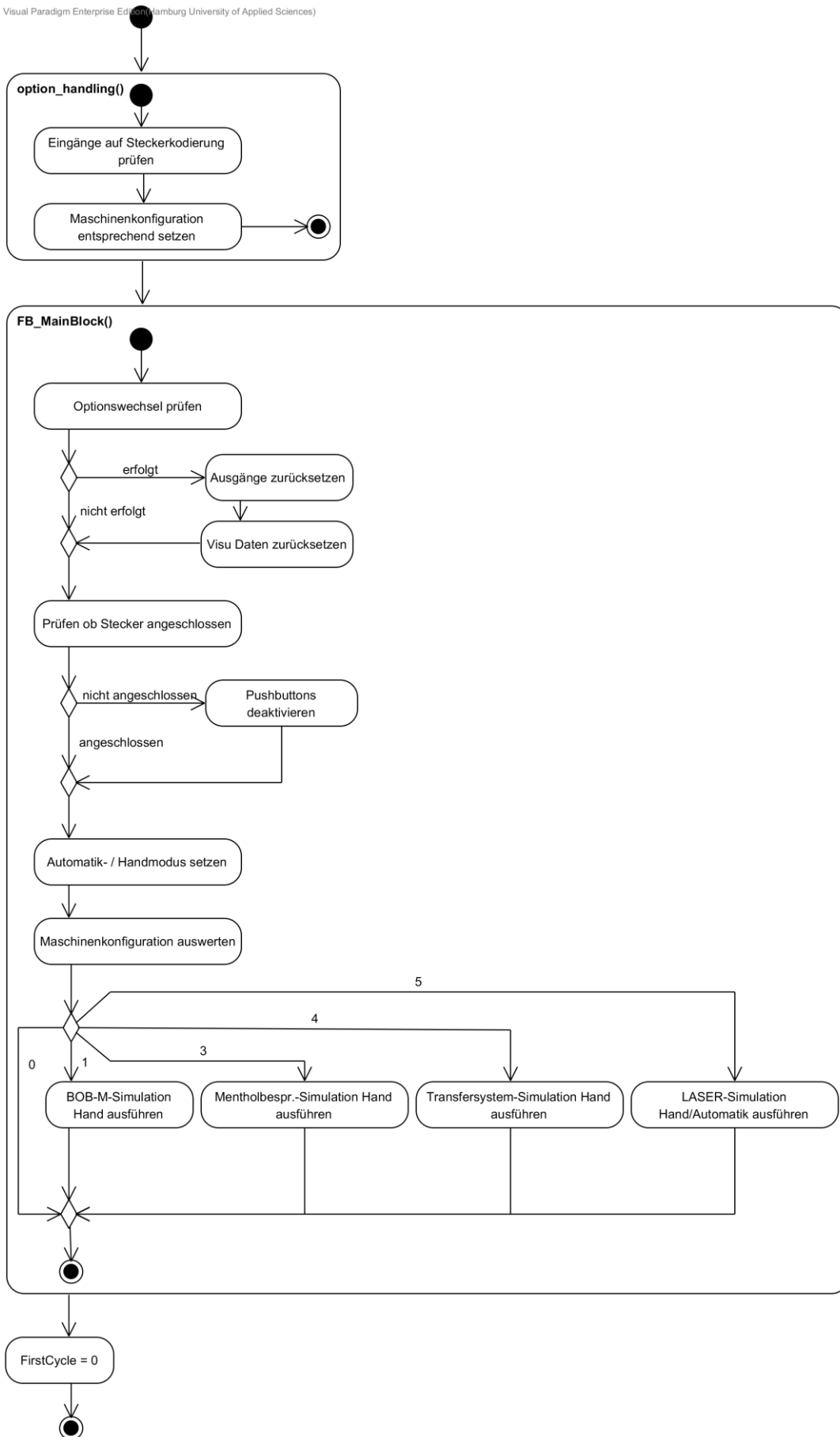


Abbildung 34: UML Aktivitätsdiagramm zum Programmablauf

Zum Handling der Maschinenkonfiguration wird bei der Hauni ein Doppelwort `G_dw_MachineConfiguration` genutzt. Jedes Bit bedeutet hier eine Option, die in der Maschine vorhanden sein kann. Über dieses Wort wird in der Visualisierung das Ein- und Ausblenden von Texten und Parametern gesteuert. Dieses Konzept wird auch für das Simulationsgerät übernommen. Es gibt die fünf Maschinenkonfigurationen:

```
(* MachineConfiguration[0] *)
G_i_BOBMM           :INT := 0;   (* 00000000.00000000.00000000.00000001 *)
G_i_BOBME           :INT := 1;   (* 00000000.00000000.00000000.00000002 *)
G_i_MENTHOL         :INT := 2;   (* 00000000.00000000.00000000.00000004 *)
G_i_TRANSFER        :INT := 3;   (* 00000000.00000000.00000000.00000008 *)
G_i_LASER           :INT := 4;   (* 00000000.00000000.00000000.00000010 *)
```

Listing 1: Vorhandene Maschinenkonfigurationen

Der Funktionsbaustein `option_handling` sorgt dafür, dass die in dem Stecker verdrahtete Codierung auf die richtigen Bits im `MachineConfiguration` Wort umgesetzt wird.

Nach der erfolgreichen Behandlung der Maschinenkonfiguration, wird im `FB_MainBlock` diese ausgewertet und der passende FB in Abhängigkeit des gewählten Modus (Hand- oder Automatikbetrieb) gestartet.

Der `FB_MENTHOL_MANUAL` simuliert die Mentholbesprühung im Handbetrieb. Dieser soll im Folgenden vorgestellt werden:

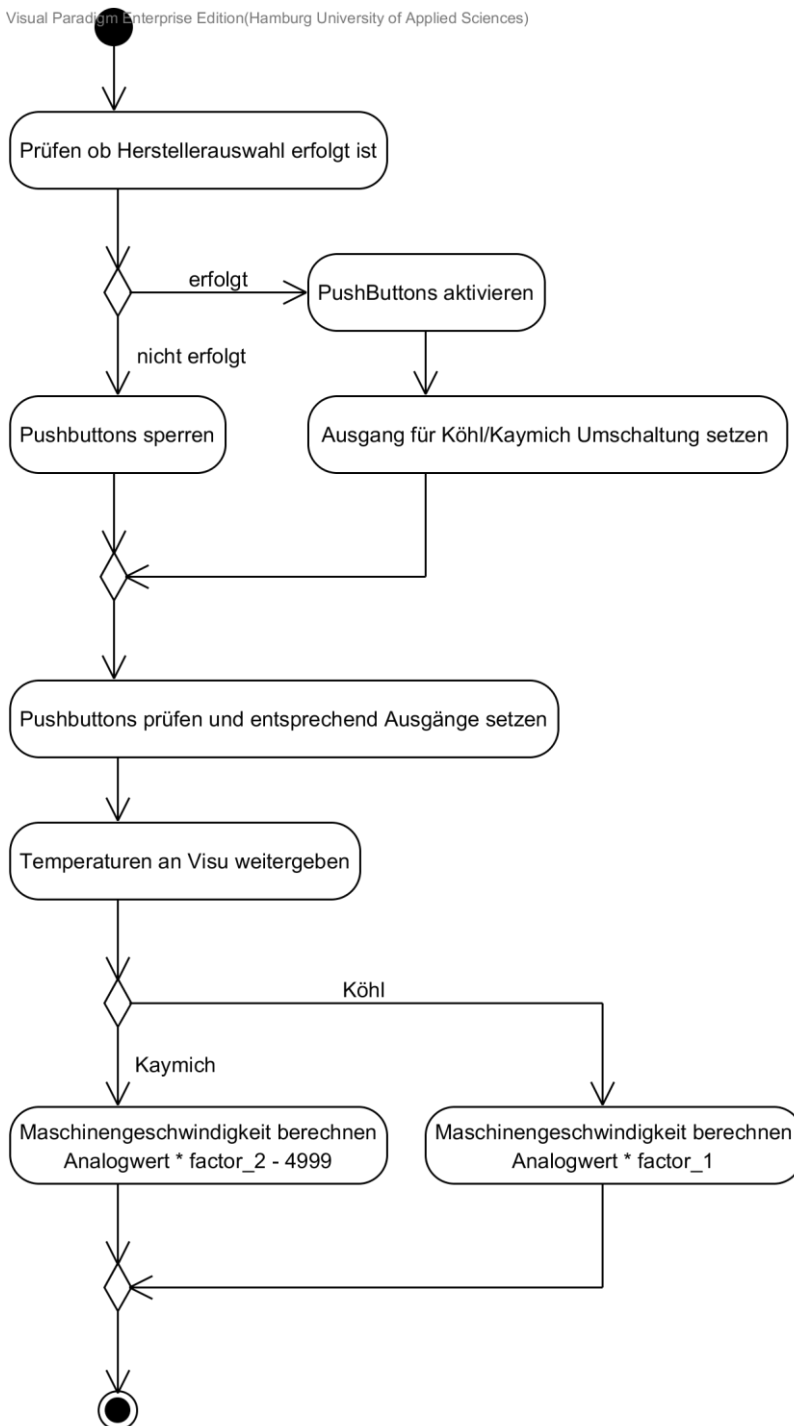


Abbildung 35: UML Aktivitätsdiagramm Mentholbesprühung Handbetrieb

Wie in 5.1.2 beschrieben muss zuerst eine Auswahl des Herstellers erfolgen, bevor Signale durchgeschaltet werden, da sonst die Relais in der PROTOS nicht anziehen können. Daher sind die in Abbildung 30 abgebildeten PushButtons „Betriebsbereit“ und „Warnung“ standardmäßig ausgegraut und damit nicht schaltbar. Erst die Auswahl des Herstellers und der Anzahl der Stränge der Zigarettenherstellmaschine aktiviert die Knöpfe und stellt gleichzeitig die Weiche (-A5:CO2) mit +24V oder Masse für Pin C10.

```
0001 (* Check if KÖHL/KAYMICH selection is done *)
0002 IF (P_i_3_SelectMachine<>0) AND (P_i_3_SelectRod<>0) THEN
0003
0004 P_st_3_Operational.bo_PushButtonEnable := TRUE; (* enable pushbuttons for control *)
0005 P_st_3_Warning.bo_PushButtonEnable := TRUE;
0006
0007 IF (P_i_3_SelectMachine=1) THEN (*KÖHL*)
0008   Q_bo_A5_CO_2 := TRUE;
0009 ELSE (*KAYMICH*)
0010   Q_bo_A5_CO_2 := FALSE;
0011 END_IF
0012
0013 ELSE
0014 P_st_3_Operational.bo_PushButtonEnable := FALSE;
0015 P_st_3_Warning.bo_PushButtonEnable := FALSE;
0016 END_IF
```

Listing 2: Abfrage des Herstellers bei Mentholbesprühung

Das Schalten der Signale „Betriebsbereit“ (-A5:CO1) und „Warnung“ bei Köhl bzw. „Stopp“ bei Kaymich (-A4:CO1) erfolgt direkt mittels der PushButtons (Listing 3), wie in [REQ.10] von der Montage gefordert. Die Funktionsweise ist einem Stromstoßschalter nachempfunden (Listing 4). Einmaliges Drücken aktiviert den Ausgang, erneutes Drücken deaktiviert ihn. Um anzuzeigen das geschaltet wurde, wird gleichzeitig die LED am Knopf aktiviert. Dieser Vorgang ist in dem Funktionsblock `FB_Eltako_LED` programmiert und kann dadurch für beliebig viele Knöpfe eingesetzt werden.

Hineingegeben wird nur der Pushbutton mit seiner Struktur, in der auch ein Enable- und LED-Bit vorhanden sind, sowie der zu schaltende Ausgang.

```
0018 (* Control MENTHOL Interface with Pushbuttons *)
0019
0020 (* button operational *)
0021 button1(button := P_st_3_Operational, output => Q_bo_A5_CO_1);
0022
0023 (* button stop *)
0024 button2(button := P_st_3_Warning, output => Q_bo_A4_CO_1);
```

Listing 3: Ansteuerung der Ausgänge mit PushButtons und FB_Eltako_LED

```

0001 FUNCTION_BLOCK FB_Eltako_LED
0002 VAR_IN_OUT
0003     button : ty_VisuPushButton; (*used to switch button *)
0004 END_VAR
0005 VAR_OUTPUT
0006     output : BOOL; (* is switched on/off*)
0007 END_VAR
0008 VAR
0009     rTrigger: R_TRIG; (* detect rising edge *)
0010 END_VAR
0011
0001 (* Florian Wolff 02.12.2014*)
0002
0003 (*FUNCTION: switch output on and off with rising edge from push button *)
0004
0005 rTrigger(CLK := button.bo_PushButton); (* check for rising edge on pushbutton*)
0006
0007 IF rTrigger.Q AND NOT output THEN (*switch on*)
0008     output := TRUE;
0009     button.bo_PushButton_LED := TRUE;
0010 ELSIF rTrigger.Q AND output THEN (*switch off*)
0011     output := FALSE;
0012     button.bo_PushButton_LED := FALSE;
0013 END_IF

```

Listing 4: Funktionsblock FB_Eltako_LED für PushButtons

Die eingehenden Signale der PROTOS die in Abbildung 29 dargestellt sind, werden direkt aus den Eingängen der Klemmen in die Visu-Daten geschrieben (Listing 5). Das Auswerten und Umrechnen der PT-100 Widerstände in eine Temperatur in °C wird direkt in der Eingangsklemme vorgenommen.

```

0026 (* write incoming signals to visu parameter*)
0027 l_i_3_temp1 := l_i_A7_TempValue_1;
0028 l_i_3_temp2 := l_i_A7_TempValue_2;
0029 l_i_3_temp3 := l_i_A7_TempValue_3;
0030 l_i_3_temp4 := l_i_A7_TempValue_4;
0031
0032 l_bo_3_driveStop := l_bo_A6_DI5;
0033 l_bo_3_startSpraying := l_bo_A6_DI6;

```

Listing 5: Schreiben der Visu Daten

Zur Anzeige der Maschinengeschwindigkeit muss noch eine Umrechnung erfolgen. Bei einem FAS-Gerät des Herstellers Köhl wird als Maschinengeschwindigkeit ein $0..20mA$ Signal erwartet. Dies entspricht einer Geschwindigkeit von $0..20000cpm$. Die analoge Eingangsklemme EL3742 verarbeitet Signale im Bereich von 0 bis $20mA$. Die Spannung wird mit einer Auflösung von 16 Bit digitalisiert und als Integer (INT) Wert übertragen, dies entspricht einem Wertebereich von $-32767..32767$. Da keine negativen Spannungen auftreten, werden $0..20mA$ von $0..32767$ abgebildet. Damit lässt sich die Kennlinie zur Umrechnung aufstellen.

$$v_{cpm} = x \cdot \frac{20000cpm}{32767}$$

Bei dem Hersteller Kaymich wird die Maschinengeschwindigkeit als 4 – 20mA Signal erwartet, aber dieselbe Eingangsklemme in dem Simulationsgerät verwendet. Hier muss also anders skaliert werden:

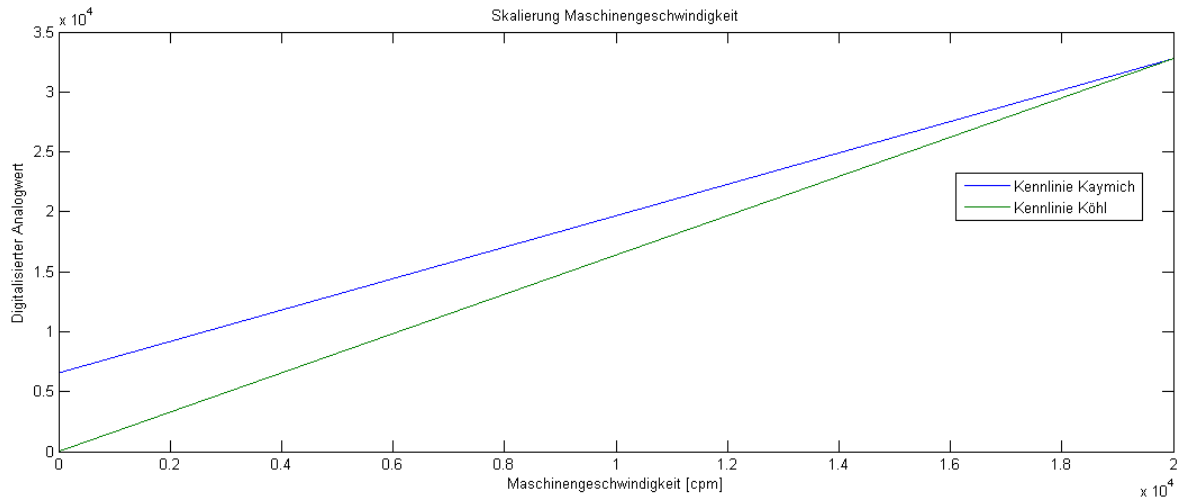


Abbildung 36: Kennlinien zur Umrechnung der Maschinengeschwindigkeit

Der digitalisierte Analogwert läuft nun nicht mehr von 0..32767. 4mA entsprechen jetzt

$$x_{min} = 4mA \cdot \frac{32767}{20mA} = 6553$$

Der Maximalwert von $x_{max} = 32767$ bleibt bestehen.

Dies ergibt für die Empfindlichkeit E

$$E = \frac{(20000cpm - 0cpm)}{32767 - 6553} = 0,76295cpm$$

Für den Minimalwert $x_{min} = 6553$ muss nun $v_{min} = 0 cpm$ sein.

$$\begin{aligned} v_{min} &= x_{min} \cdot E + Offset \\ 0 cpm &= 6553 \cdot E + Offset \end{aligned}$$

Damit lässt sich der Offset der Geradengleich bestimmen.

$$\begin{aligned} Offset &= 0 cpm - 6553 \cdot E \\ Offset &\approx -4999 cpm \end{aligned}$$

Die gesamte Geradengleichung lautet also

$$\underline{\underline{v_{cpm} = x \cdot 0,76295 cpm - 4999 cpm}}$$

Diese Formel, zur Umrechnung des digitalisierten Analogwertes auf die Maschinengeschwindigkeit in cpm , muss im Programm umgesetzt werden (Listing 6).

```
0035 (* calculate machine speed from analog value, KÖHL 0-20mA, KAYMICH 4-20mA => 0..20000 cpm*)
0036 (* 0..32767 *)
0037 IF (P_i_3_SelectMachine=1) THEN (*KÖHL*)
0038     I_i_3_machineSpeed_cpm := REAL_TO_INT(I_i_A8_AnalogValue_1 * factor_1);
0039 ELSIF (P_i_3_SelectMachine=2) THEN (*KAYMICH*)
0040     I_i_3_machineSpeed_cpm := REAL_TO_INT(I_i_A8_AnalogValue_1 * factor_2 - 4999);
0041 ELSE
0042     I_i_3_machineSpeed_cpm := -1;
0043 END_IF
```

Listing 6: Umrechnung der Analogwerte zur Anzeige in cpm

Wenn die Auswahl des Herstellers (`SelectMachine`) nicht erfolgt, wird als Fehlermeldung der Wert `-1` angezeigt.

Somit wurden alle Signale von der PROTOS zur Mentholbesprühung angezeigt (Abbildung 29) und alle Signale von dem FAS-Gerät zur PROTOS (Abbildung 30) schaltbar gemacht. Ähnlich ist auch bei der Simulation der Anschlussgeräte BOB, Transfersystem und LASER vorzugehen.

6 Tests

6.1 Im Labor

Einige Funktionen können bereits im Labor getestet werden. Dazu gehört:

Tabelle 11: Funktionsprüfung im Labor

Funktion	Test	Messung	✓		
Mentholbesprühung:					
Temperaturmessung und Umrechnung	PT-100 Widerstand an Klemmen anschließen. Soll-Wert mit Digital-Multimeter messen.	Angezeigte Temperatur in °C:		✓	
		Soll	Ist		
		22.7	22.5		
		22.7	22.9		
		22.7	22.8		
		22.7	22.9		
Maschinengeschwindigkeit wird korrekt angezeigt	0 – 20mA Strom mittels Potentiometer an Klemmen anschließen. Ist-Strom mit Ampere-meter messen.	Angezeigte Maschinengeschwindigkeit:			✓
		Ist Strom in mA	Soll Köhl in cpm	Ist Köhl in cpm	
		4,01	4010	4013	
		9,01	9010	9011	
		14,08	14080	14078	
		19,94	19940	19904	
		Ist Strom in mA	Soll Kaymich in cpm	Ist Kaymich in cpm	
		4,04	50	43	
		9,04	6300	6300	
		14,03	12538	12540	
20,03	20038	20001			
Transfersystem:					
Anzeige der Maschinengeschwindigkeit und Anzahl der Gut-Zigaretten	Passenden Drehgeber anschließen und von Hand drehen. Genaue-erer Test an PROTOS.	Maschinengeschwindigkeit wird angezeigt und die Anzahl der Gut-Zigaretten hochgezählt.	✓		

Allgemein:			
Bei jedem angeschlossenem Universalstecker wird der passende Report angezeigt	Jeden Stecker anschließen und korrektes Umschalten der Reporte prüfen	BOB-M	✓
		Mentholbesprühung	✓
		Transfersystem	✓
		LASER	✓
Alle Bedienelemente schalten korrekte Ausgänge	Überprüfung mittels Melde-LEDs am I/O-Knoten		✓

Die Tests verliefen alle erfolgreich. Die Abweichungen bei der Temperatur- und Maschinengeschwindigkeitsmessung der Mentholbesprühungssimulation sind < 2% und damit akzeptabel.

6.2 An der Maschine

Für einen Test aller Funktionen müssen die passenden Zigarettenherstellmaschinen gerade in der Inbetriebnahme sein. Nicht jede PROTOS wird mit BOB, Mentholbesprühung oder LASER ausgeliefert. Einzig der Stecker für den Anschluss von Transfermaschinen ist immer vorhanden, daher wird für den Test an der PROTOS folgender Testablauf (Tabelle 12) am Beispiel des Transfersystems durchgearbeitet. Für die Tests stand eine P1C mit Transfersystem-, Mentholbesprühung- und LASER-Anschluss bereit (Abbildung 38).

Tabelle 12: Testablauf mit Transfersystem-Simulation

Nr	Handlung	Erfolg
1	Netzstecker einstecken und Hauptschalter einschalten	Visualisierung fährt hoch und zeigt den Reiter Bedientafel mit "Keine Anschlussmaschine verbunden an"
2	Leitung -W83 wird an -X10 am Simulationsgerät angeschlossen	Reiter Bedientafel und Diagnose zeigen die zu verbindenden Stecker auf PROTOS Seite an: -X300 und -X83/84
3	Stecker auf PROTOS Seite verbinden	Stecker passen
4	Knopf „Transfersystem“ in beiden Reitern betätigen	Unter Diagnose wird der Status der Variablen angezeigt. Im Reiter Bedientafel werden die schaltbaren Signale mit Knöpfen angezeigt
5	Schalten aller Signale auf der Bedientafel am Simulationsgerät <ol style="list-style-type: none"> 1. Kontrollschleife 2. Staukontakt 3. Geschwindigkeitsabsenkung 1 4. Programmstopp 5. Geschwindigkeitsabsenkung 2 6. Warnung 7. Not-Aus 	Es wird die dazugehörige Meldung auf der PROTOS angezeigt <ol style="list-style-type: none"> 1. „MAX Sofortstopp Anschlussmaschine“ 2. „MAX Stau Anschlussmaschine“ 3. „Geschwindigkeitsreduzierung 1/2/1+2 von Anschlussmaschine“ 4. „MAX Programmstopp Anschlussmaschine“

		<ol style="list-style-type: none"> 5. „Geschwindigkeitsreduzierung 1/2/1+2 von Anschlussmaschine“ 6. „HCF Warnung“ 7. „NOT-AUS Anschlussmaschinen“
6	<p>An der PROTOS folgende Handlungen durchführen und am Simulationsgerät Änderung beobachten</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. PROTOS anfahren und warten bis Schnelllauf aktiviert wird 2. Not-Aus-Taster betätigen 3. PROTOS anfahren 4. Aktuelle Maschinengeschwindigkeit 5. Aktuelle Anzahl produzierter Zigaretten 	<p>Am Simulationsgerät wird im Reiter Diagnose die Veränderung des Signals angezeigt</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. „Schnellauffreigabe“ schaltet auf EIN 2. „Not-Aus“ schaltet auf AUS 3. „PROTOS Maschine dreht“ schaltet auf EIN 4. „Maschinengeschwindigkeit“ zeigt die gleiche Geschwindigkeit wie an PROTOS 5. „Produzierte Zigaretten“ zeigt den gleichen Wert wie an der PROTOS
7	Ausschalten Hauptschalter am Simulationsgerät	Visualisierung meldet „Visu USV Pufferbetrieb“ und fährt den PC herunter.

Für jede zu simulierende Anschlussmaschine muss gleich vorgegangen werden. Nur die Namen der Leitungen und Stecker (2+4), sowie der auszulösenden Signale und anzuzeigende Meldungen (5+6) sind anzupassen.

Ergebnisse

Transfersystem:

Der Testablauf aus Tabelle 12 wurde an der P1C komplett abgearbeitet und verlief in allen Punkten erfolgreich.

Mentholbesprühung:

Test war erfolgreich. Aufgefallen ist, dass die korrekte Verdrahtung der Heizelemente nicht geprüft werden kann, dies wurde aufgrund des Leistungsbedarfs im Vorhinein ausgeschlossen, stellt sich nun aber für die Inbetriebnehmer als relevant heraus.

LASER:

Test war in allen Punkten erfolgreich.

Zykluszeit

Bei Beckhoff wird das Steuerungsprogramm nicht wie üblich kontinuierlich aufgerufen. Da auf einem IPC Windows läuft, übernimmt ein Scheduler die Verteilung der Ressourcen. Es muss sich für eine Zykluszeit entschieden werden, nach der dann periodisch das Steuerungsprogramm ausgeführt wird. Z.B. führt der Scheduler alle 10ms das Steuerungsprogramm aus und gibt dann die restliche Zeit die Ressourcen für Windows frei. Ziel ist es also die eingestellten 10ms Taskzeit nicht aufzubrechen. Eine Messung mittels TwinCAT System Manager ergibt (Abbildung 37):

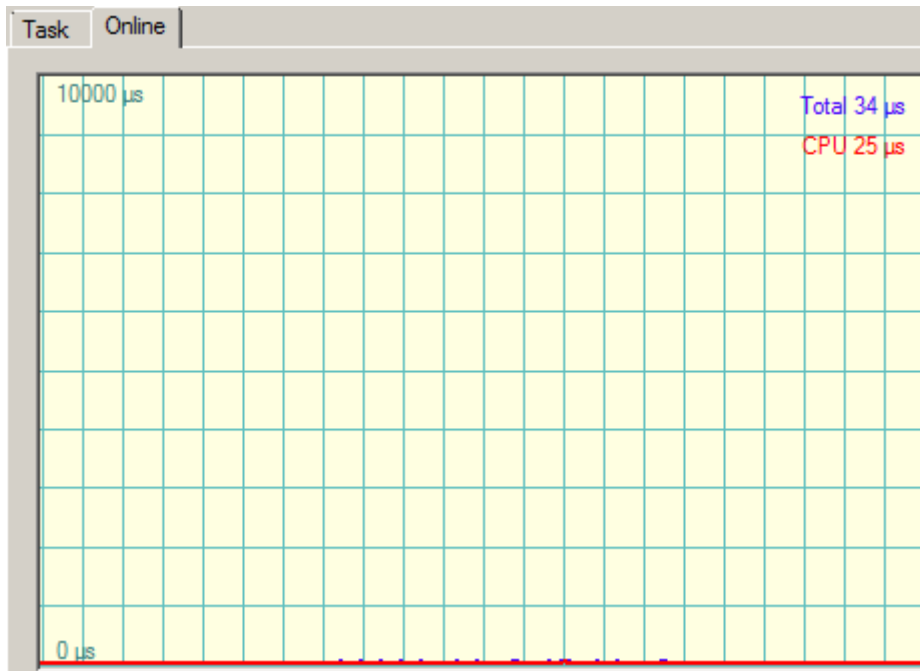


Abbildung 37: Messung der Zykluszeit

Es sind noch ausreichend Ressourcen vorhanden. Typischerweise darf das Steuerungsprogramm 70% bis 80% der Taskzeit verbrauchen. Hier liegt der Wert bei 3,4%.



Abbildung 38: Simulationsgerät bei Tests an einer P1C

7 Fazit

7.1 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, die elektrischen Schnittstellen verschiedener Anschlussmaschinen für eine PROTOS zu simulieren. Dies soll die Fehlersuche bei der Inbetriebnahme im Hause verbessern und damit auch die Inbetriebnahmezeit der Zigarettenherstellmaschinen beim Kunden verkürzen.

Es wurden die wichtigsten Anschlussmaschinen BOB, Mentholbesprühung, Transfersystem und LASER mit all ihren Signalen vorgestellt und realisiert. Dazu musste ein Schaltschrank und passende Stecker entwickelt und konstruiert werden, Reporte für die „Hauni Visu Plus“ erstellt und ein Steuerungsprogramm in TwinCAT geschrieben werden. Für die Simulation des Transfersystems, der Mentholbesprühung und des LASERs konnten vollständige Tests aller Signale erfolgen, welche erfolgreich verliefen. Die beteiligten Inbetriebnehmer konnten sich sofort in der Visualisierung zurechtfinden.

Aufgrund des Mangels an passend ausgerüsteten PROTOS Maschinen, wurde der BOB nur im Labor getestet. Das Simulationsgerät ist also für die Simulation der vier Anschlussmaschinen bereit.

7.2 Ausblick

Der gewählte Controller CP6707 konnte, aufgrund von Lieferverzögerungen, nicht mehr in den Schaltschrank verbaut werden. Er soll erst Anfang März 2015 geliefert werden statt ursprünglich November 2014. Die Arbeit und Tests wurden mit einem Ersatz-Kit der Firma Beckhoff durchgeführt. Dabei handelt es sich um den Hutschienen-PC CX2020 mit einem CP6907 Touchscreen. Die Hardware soll 1:1 tauschbar sein. Bei Lieferung muss also nur noch der Controller getauscht und die USV korrekt verdrahtet werden. Dann kann das Image des Ersatz-Kits auf die neue Hardware gespielt werden, sodass diese sofort einsatzbereit ist.

Für den Test der Heizpatronen bei der Mentholbesprühung ist eine Erweiterung des 24V Netzteiltes um mindestens 3A und eine I/O Erweiterung mit vier Schließer-Relais mit einem Schaltstrom von 5A nötig. Hierfür bietet sich die EL2622 Klemme von Beckhoff an. Der Universalstecker muss mit einer entsprechend dimensionierten Leitung erweitert werden, um dann testen zu können, ob die „Temperatur 1“ steigt wenn „Heizung 1“ angesteuert wird. Bisher ist diese Prüfung der Zuordnung nicht möglich.

Durch den modularen Aufbau des Schaltschranks und der Software und durch den Einsatz der Universalstecker ist auch die Simulation weiterer Anschlussmaschinen wie Filtersender, -empfänger, Zentralabsaugung, Alkoholbesprühung, Zentralbeleimung oder Double-Wrap-Betrieb mit einem geringen Aufwand möglich.

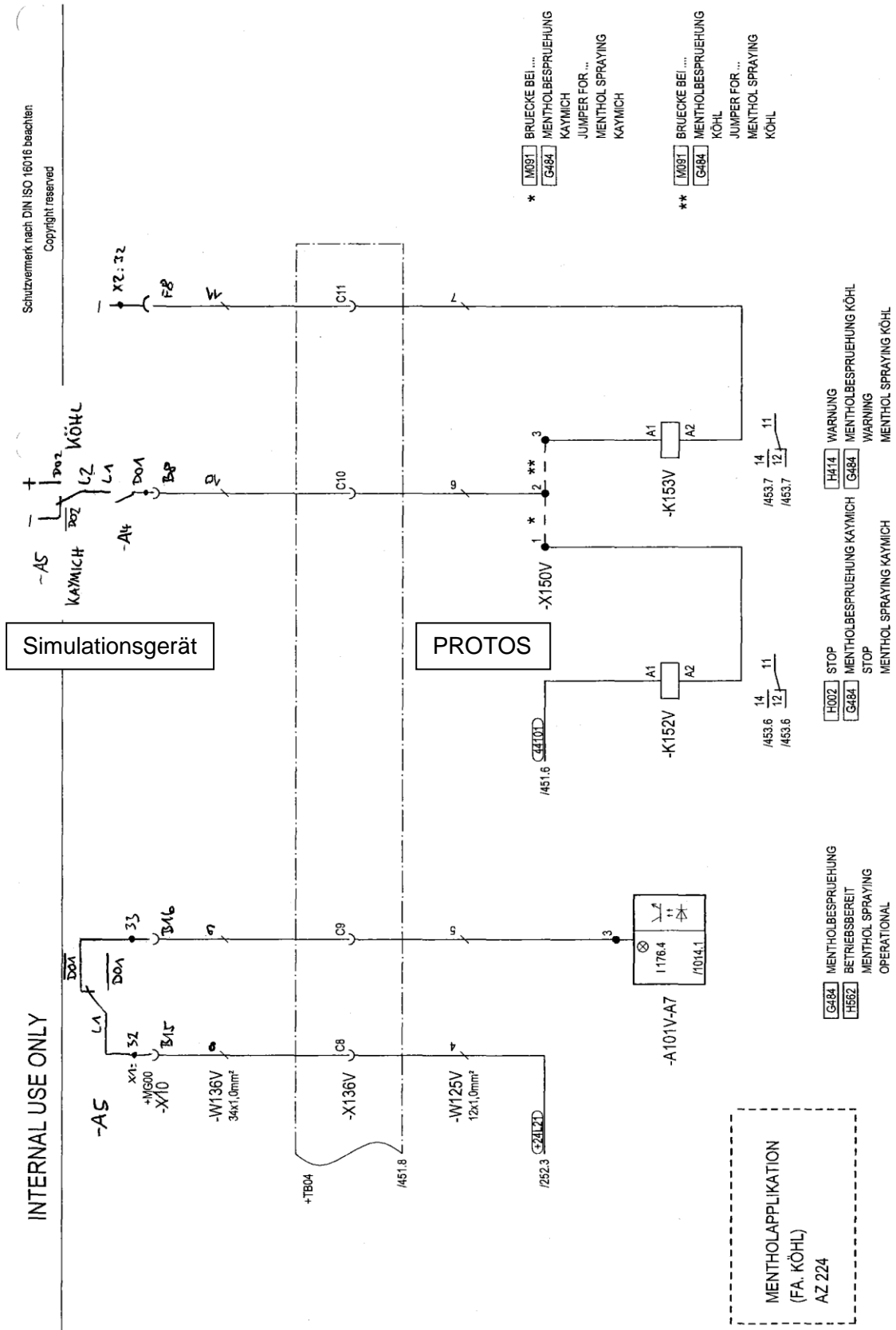
Für die meisten Anschlussmaschinen müssen die I/Os nicht erweitert werden, da die gängigsten bereits verbaut sind. Es ist also eine neue Leitung zu erstellen, die die I/Os des Simulationsgeräts korrekt mit der PROTOS verbindet, neue Reporte für die Visualisierung zu erstellen und die Signale korrekt in der Steuerung zu verknüpfen. Die Grundlagen dafür sind bereits vorhanden und müssen nur erweitert werden.

8 Literaturverzeichnis

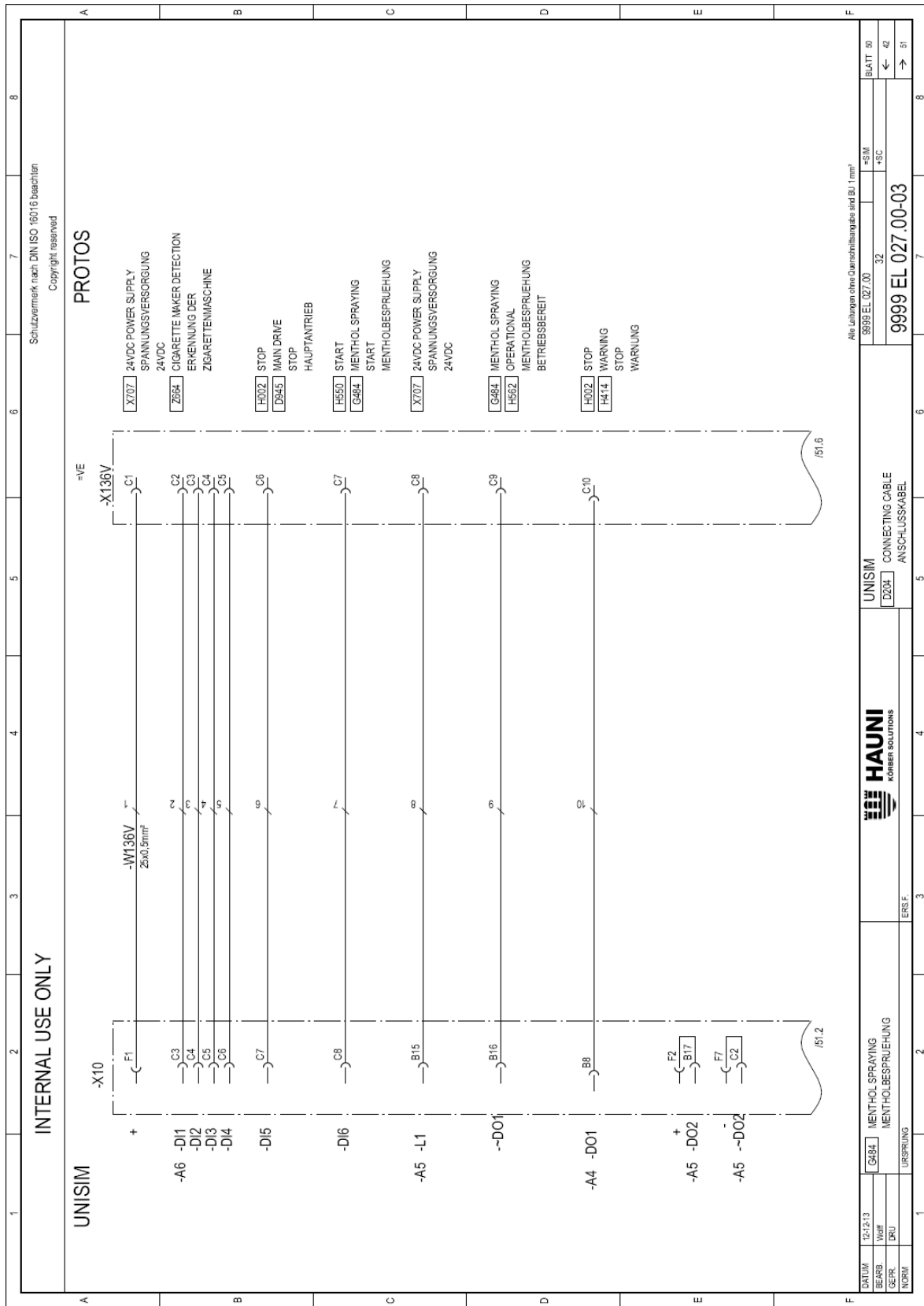
- [1]. **Kufner, A., Haug, K. und Klemm, P.** *Modellierung von Montagemaschinen für die Hardware-in-the-Loop-Simulation*. [Veröffentlichung] Paderborn : HNI-Verlagsschriftenreihe, 2010.
- [2]. **Firmen-Website, Universelle.** *Das Unternehmen*. [Online] [Zitat vom: 13. August 2014.] <http://universelle.hauni.com>.
- [3]. **Hauni Maschinenbau AG.** *KODIX*. [Intranet Terminologie Datenbank] 2014.
- [4]. —. Secondary > Filter cigarette production. [Online] [Zitat vom: 15. 08 2014.] <http://hauni.com/>.
- [5]. —. *Zigarettenherstellung*. Hamburg : s.n., 1983.
- [6]. —. *Allgemeine Schnittstellenvereinbarungen*. [Internes Dokument] 1997.
- [7]. —. *L13e_BOB-M*. [Interne ppt] 09.1997. L13e-1625.
- [8]. —. *Schnittstellenschaltplan BOB-ME*. [Schaltplan] 2005.
- [9]. —. *Handbuch Bedienen und Service BOB-M*. [Dokument] 2006. HBS.1910.000.00.DE.
- [10]. **Firmen-Website, Kaymich.** Products -> flavour. <http://www.kaymich.com/>. [Online] [Zitat vom: 23. 09 2014.]
- [11]. **Universelle.** *Grundschahtplan P2C*. [Schaltplan] 2014. 3245EL000.05-03.
- [12]. **Hauni Maschinenbau AG.** *Schnittstellendefinition FAS4*. [Internes Dokument] 2009.
- [13]. —. Secondary > Logistics components > Tray Handling. [Online] [Zitat vom: 04. 09 2014.] <http://hauni.com/>.
- [14]. —. *2-reihigkeit*. [Interne ppt] 2006.
- [15]. —. *Laser 400S-1 an PROTOS2C*. [Schaltplan] 2009.
- [16]. —. *LASER - Handbuch Bedienen und Service*. [Dokument] HBS.0163.027.00.DE.
- [17]. —. *Automatisierungskonzept*. [Internes Dokument] 2012.
- [18]. **Beckhoff Automation GmbH.** beckhoff.de -> IPC -> Industrie-PC -> Panel-PC -> CP67xx. [Online] [Zitat vom: 20. 01 2015.]
- [19]. **WAGO.** *WAGO I/O Übersicht - ein System für alle Anwendungen*. [Broschüre] 2014.
- [20]. **Beckhoff Automation GmbH.** *CP6707*. [Datenblatt]
- [21]. —. *EK1100*. [Datenblatt]
- [22]. **Hauni Maschinenbau AG.** *Hauni Visu Plus Systemtechnik-Teil1*. [Interne ppt] 2014.
- [23]. —. *Richtlinie für die Hardwarekonstruktion*. [Internes Dokument] 2012.
- [24]. **Ertel, Arne.** *Experteninterview*. 08. 10 2014.
- [25]. **Wellenreuther, Günter und Zastrow, Dieter.** *Automatisieren mit SPS - Theorie und Praxis*. Wiesbaden : Vieweg+Teubner Verlag, 2011. 978-3-8348-1504.

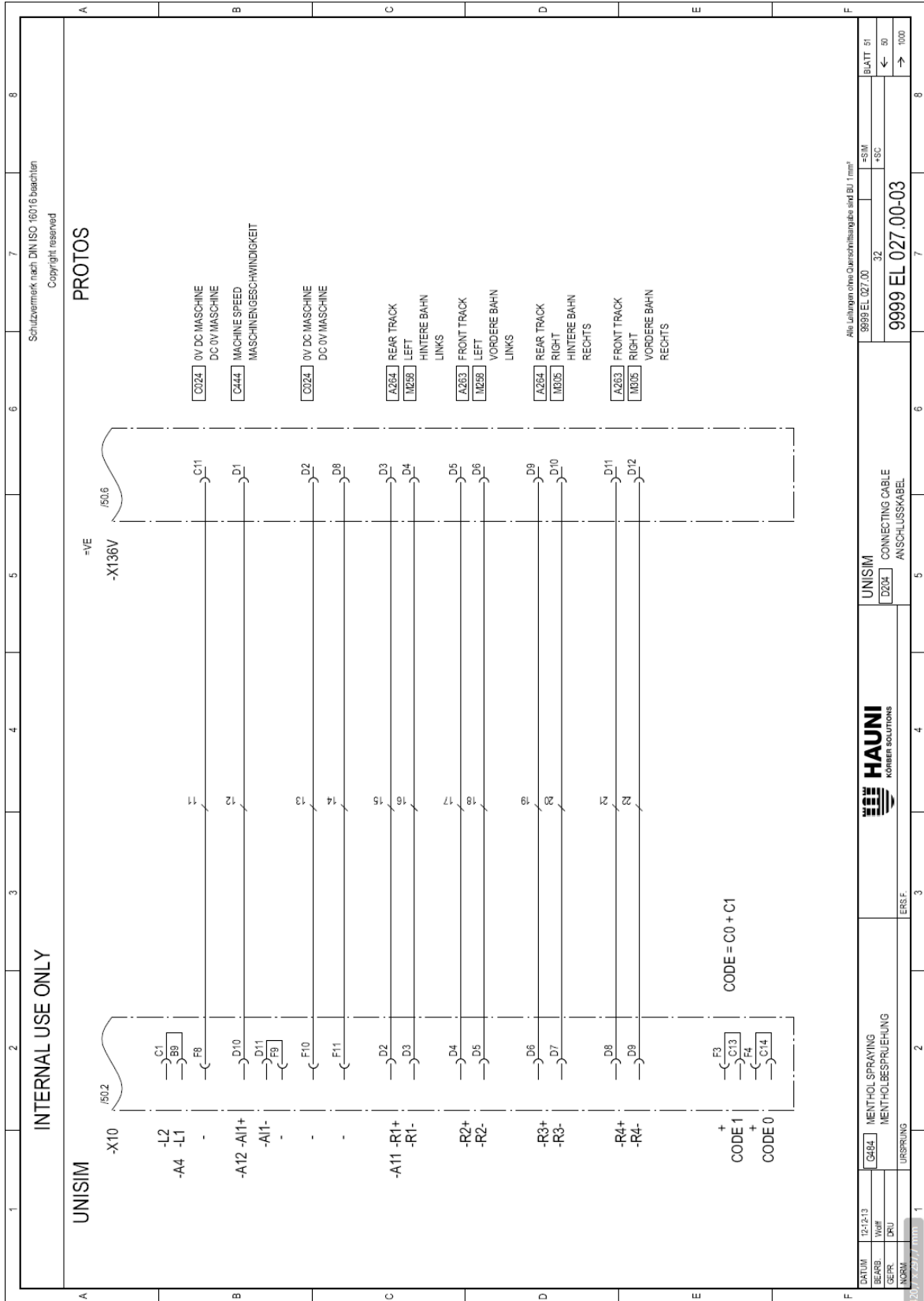
Anhang

A.1 Verdrahtungsplan für Mentholbesprühung



A.2 Schaltplan für Leitung Mentholbesprühung





A.3 Schaltplan für Leitung BOB-M

A.4 Schaltplan für Leitung Transfersysteme

A.5 Schaltplan für Leitung LASER

Die Anhänge A3 bis A5 sind in elektronischer Form auf einer CD abgelegt und beim Prüfer Prof. Dr.-Ing. J. Dahlkemper einzusehen.

Versicherung über die Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §16(5) APSO-TI-BM ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe/n. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift