

DIPLOMARBEIT

Möglichkeit zum Ersatz einer Steuerungseinrichtung in einer Fertigungsanlage mittels einer Soft-SPS

ausgeführt am

Fachhochschul-Studiengang
Technisches Projekt- und Prozessmanagement

durch

Ing. Josef Neid

0110079035

unter der Leitung von

Dipl.-Ing. Genot Kucera

und

Dipl.-Ing. Herbert Paulis

Ich versichere,

- dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, am 01.06.2004

DANKSAGUNG

Als ich mich im Jahr 2001 an der Fachhochschule Campus Wien, dazumal noch Campus Favoriten für den berufsbegleitenden Studiengang „Technisches Projekt- und Prozessmanagement“ bewarb, war mir bewusst, dass ich in den kommenden Jahren viele Entbehrungen in Kauf nehmen müsste. Es begann ein neuer Abschnitt in meinem bisherigen Leben. Gemeinsam mit meinen Studienkollegen erlebten wir Höhen und Tiefen, neue Freundschaften entstanden, und nicht zuletzt durch das Bemühen der Vortragenden wurde unser Wissenshorizont erweitert.

Obwohl für den Besuch der Vorlesungen, das Vorbereiten der Prüfungen und das Verfassen zahlreicher Seminararbeiten viel Selbstdisziplin und Überwindung notwendig war, bereitete es trotzdem Freude. Die Zeit an der Fachhochschule möchte ich nicht missen, und wünsche allen Studienkollegen und Vortragenden alles Gute für die Zukunft.

An dieser Stelle bedanke ich mich bei meinen Betreuern an der Fachhochschule Herrn Dipl. Ing. Gernot Kucera und Herrn Dipl. Ing. Herbert Paulis, die mir stets mit Rat und Hilfe zur Seite standen. Unseren Studiengangsleiter Herrn Dr. Dipl. Ing. Heinz Schmidt möchte ich auch besonders erwähnen, der sich für die Anliegen der Studenten immer Zeit nahm.

Dank möchte ich meiner Familie aussprechen, die mich während der Zeit des Besuches der Fachhochschule immer in notwendiger Weise unterstützt, und Rückhalt geboten haben. Besonders bedanken möchte ich mich auch bei Martina, die, obwohl Ihr oft die Einsicht des notwendigen Zeitaufwandes für das Studium fehlte, diese Zeit doch noch mit mir überstanden hat.

Gewidmet habe ich diese Arbeit meinen beiden Töchtern Natalie und Madeleine.

KURZFASSUNG

Die Modernisierung der Steuerungseinrichtungen bestehender Fertigungsanlagen wird aufgrund von Produktaufkündigungen der Steuerungselemente oder zur Erhöhung des Ausstoßes und zur Erreichung höherer Produktqualität öfters gefordert. Wurde in der Vergangenheit die Verarbeitung von größeren Datenmengen gefordert, konnte dies mit herkömmlichen Steuerungseinrichtungen nur beschränkt realisiert werden. Oft wurde für die Verarbeitung der Daten ein PC verwendet, der über eine definierte Schnittstelle mit der Steuerungseinrichtung kommunizierte.

Darum ist es beim Austausch der Steuerungseinrichtung nahe liegend, ein System einzusetzen, das sowohl die Funktionen von proprietären Steuerungseinrichtungen und die beliebige, einfache und teilweise standardisierte Verarbeitung von Daten, in einem Gerät vereinen. PC-basierende Steuerungen, die so genannten Soft-SPSen, sind für diese Einsatzfälle konzipiert. Diese Arbeit analysiert eine konkrete Fertigungsanlage, bei der die bestehende Steuerungseinrichtung mit einer Soft-SPS ersetzt werden soll.

ABSTRACT

Modernisation of control systems of existing production lines is often required due to product terminations or in order to enhance productivity and to achieve higher quality standards. In the past, processing large amounts of data could only be realised in a restricted way by conventional control systems. Most of the time a PC with a defined communication interface to the control system was used for data processing.

When exchanging a control system it is therefore suggested to choose a system, which integrates the functions of proprietary control systems as well as the optional, simple and partly standardized data processing in one unit. PC-based control systems, so-called 'Soft-SPS', are especially designed for such purposes. This paper analyses a particular production line where the existing control system shall be exchanged by a 'Soft-SPS'.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AS	Ablaufsprache
AWL	Anweisungsliste
COM	Component Object Model
DCOM	Distriputed Component Object Model
E/A	Eingang / Ausgang
FBS	Funktionsbausteinsprache
FUP	Funktionsplan
HMI	Human Machine Interface
I/O	Input / Output
IPC	Industrial Personal Computer
KOP	Kontaktplan
MIFA	Mikrorechnerführungssystem
MMI	Mensch - Maschinen - Interface
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
Optisäge	Zuschnittoptimierungssäge
PLC	Programming Logical Unit (engl. Bezeichnung für SPS)
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
ST	Strukturierter Text
VPS	verbindungsprogrammierte Steuerung

SCHLÜSSELBEGRIFFE

IEC 61131-3
Optimierungsprogramm
PC-basierte Steuerungen
PLCopen
Slot-SPS
Soft-SPS
Zuschnittoptimierungssäge

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1 Definition, Abgrenzung und Ziel der Arbeit.....	2
1.2 Geschichte der Firma Hrachowina (vgl. [Hra04]).....	3
2. PC-BASIERTE STEUERUNG	5
2.1 Historische Entwicklung	5
2.2 Soft-SPS	9
2.2.1 Echtzeitverhalten einer Soft-SPS.....	10
2.2.2 Betriebssicherheit einer Soft-SPS.....	11
2.2.3 Einsatzfälle	11
2.3 Programmiersprache.....	13
2.3.1 Norm IEC 61131-3.....	13
2.3.2 PLCopen.....	14
2.3.3 OPC, standardisierte Schnittstelle unter Windows (vgl. [Bet02]).....	14
3. BESCHREIBUNG DER ZUSCHNITTOPTIMIERUNGSANLAGE	17
3.1 Exkurs in die Holzfensterfertigung	17
3.2 Funktionsbeschreibung der Zuschnittoptimierungsanlage.....	19
3.2.1 Anzeichenstation.....	20
3.2.2 Lesestation	21
3.2.3 Sägestation	22
3.2.4 Tintenstrahl Druckgerät	26
3.2.5 Sortierstrecke.....	27
3.2.6 Zusammenfassung der Maschinenparameter.....	30
3.3 Steuerungsaufbau	31
3.4 Datenstruktur der Zuschnittaufträge	33
3.5 Verbesserungspotenziale	34
4. BESCHREIBUNG DER STEUERUNG	38
4.1 Randbedingungen	38
4.2 Ablaufbeschreibung	40
4.2.1 Querschub zur Lesestation	41
4.2.2 Einlesen des Lamellenmaterials	42
4.2.3 Aufbereitung der eingelesenen Daten.....	44
4.2.4 Sägen	45

4.2.5	Sortieren	48
4.2.6	Aufbereitung der Daten für die Säge.....	53
4.2.7	Schnittstelle zur Positioniersteuerung	54
4.2.8	Aufbereitung der Daten für das Tintenstrahldruckgerät	59
4.2.9	Schnittstelle zum Tintenstrahldruckgerät	60
4.3	Betriebszustände.....	61
5.	OPTIMIERUNGSPROGRAMM	65
5.1	Qualitätstabellen.....	65
5.2	Qualitätsübertrag.....	67
5.3	Zusätzliche Eigenschaften.....	69
6.	HARDWAREAUSWAHL.....	71
7.	ZUSAMMENFASSUNG, ERKENNTNISSE.....	75
8.	ANHANG / ERGÄNZENDE INFORMATIONEN	76
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	83
	TABELLENVERZEICHNIS	84
	LITERATURVERZEICHNIS	85

1. EINLEITUNG

Automatisierungssysteme sind in einer Fertigung nicht mehr wegzudenken. Sie haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten etabliert und rasant weiterentwickelt, sowohl bezüglich der Benutzerfreundlichkeit und Einsatzmöglichkeiten als auch der Anschaffungs- und Programmerstellungskosten.

Während die mechanischen Komponenten einer Fertigungsanlage in vielen Fällen repariert und ersetzt werden können und der Stand der Technik bei Anschaffung auch noch dem heutigen Stand der Technik entspricht, trifft dies bei Automatisierungskomponenten nicht zu. In der Praxis treten immer wieder Probleme mit der Ersatzteilverfügbarkeit von Automatisierungskomponenten auf. Durch die Verwendung elektronischer Bauteile, die nicht mehr gefertigt werden (z.B. Mikroprozessoren) und durch die Ablöse alter Produkte durch neue ist die Ersatzteilverfügbarkeit von älteren Automatisierungssystemen in den besten Fällen nur mehr für kurze Zeit garantiert. Daraus resultierend sind die Kosten für Ersatzkomponenten eingestellter Produktfamilien gegenüber jenen aktueller oft um vieles höher.

Betreiber von Fertigungslinien sind aus den angeführten Gründen gezwungen, Ersatzteilinvestitionen in bestehende und funktionierende Automatisierungssysteme durchzuführen. Zugleich ergibt sich jedoch wegen der viel höheren Leistungsfähigkeit heutiger Automatisierungssysteme bei deren Einsatz auch ein größerer Nutzen für den Anwender. In komplexen Fertigungsanlagen mussten früher mehrere verschiedene Systeme zur Lösung einer Aufgabe eingesetzt werden. Als Beispiele wären zu nennen die reine Logikverknüpfung von digitalen Eingängen und Ausgängen, schnelle Prozessoren für zeitkritische Anwendungen und Datenschnittstellenbehandlung bzw. PCs für Datenaufbereitung und Datenverarbeitung.

Zudem muss natürlich auch die jahrelange Erfahrung des Anlagenbetreibers selbst in die Planung und Realisierung mit einfließen, um die nötige Anpassung an neue Umfeldbedingungen und höhere Ausnutzung der Fertigungsanlage zu erreichen. Diesen Punkt muss man, abgesehen von der Ersatzteilverfügbarkeit, bei der Argumentation für den Ersatz des bestehenden Automatisierungssystems den Entscheidungsträgern besonders deutlich machen.

Die sich zu stellende Frage, welche Steuerungseinrichtung für die Fertigungsanlagen einer Produktion eingesetzt werden soll, ist zu beantworten. Die Antwort soll eine möglichst standardisierte Lösung mit folgenden Eigenschaften sein:

- einheitliche Hardwareplattform
- durchgehende Kommunikation von oben nach unten
- Flexibilität bei der Programmiermöglichkeit
- günstiges Preis- Leistungsverhältnis
- Ausbaufähigkeit
- Diagnosefähigkeit
- Betriebssicherheit
- Investitionssicherheit

Am Markt existieren sehr viele Hersteller von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), die oben angeführten Kriterien unterschiedlich erfüllen. Eine Alternative bietet die Lösungsvariante mit einer Steuerung auf PC-Basis, der so genannten Soft-SPS.

„Softwaresteuerungen sind längst aus dem Entwicklungsstadium heraus und haben auch ihre Kinderkrankheiten überwunden. Sie bieten in vielen Bereichen eine echte Alternative zu herkömmlichen SPS-Lösungen und sind nicht nur in der Lage, diese perfekt zu emulieren. Sie bringen auch neue Funktionen in den Markt ein, die einen großen Beitrag dazu leisten werden, daß [!] Unternehmen wettbewerbsfähig bleiben und die Produktionskosten sinken. Bereits jetzt ist Soft-SPS aus dem Umfeld von Industrie und Handwerk nicht mehr wegzudenken.“, wie schon [Ber99] im Jahr 1999 schrieb.

Immer mehr Hersteller von Automatisierungsgeräte entwickeln auch in diese Richtung und bieten zusätzlich auch Soft-SPSen an. Der Anteil der Produktionsanlagen, die mit einer Soft-SPS gesteuert werden wächst kontinuierlich. Einige Hersteller bieten überhaupt ausschließlich Automatisierungsgeräte auf PC-Basis an.

1.1 Definition, Abgrenzung und Ziel der Arbeit

Diese Arbeit behandelt die Möglichkeit zum Ersatz der Steuerungseinrichtung einer bestehenden Fertigungseinrichtung für die Zuschnittoptimierung im Holzbereich der Firma Hrachowina mittels einer Soft-SPS. Auf diese Fertigungseinrichtung treffen die in der Einleitung angeführten Probleme zu. Der Inhalt umfasst im Wesentlichen folgende Themengebiete:

- Beginnend mit der Thematik Soft-SPS allgemein, werden die historische Entwicklung und typische Einsatzfelder für diese Technologie beschrieben. Ebenso erfolgt eine Auflistung der Vor- und Nachteile einer Soft-SPS.

- Anschließend werden die Funktion der Zuschnittoptimierungsanlage und das dazugehörige Umfeld der Holzfensterfertigung beschrieben. Es wird gezeigt, welchen Beitrag und Einfluss die erzeugten Teile der Zuschnittoptimierungsanlage auf das fertige Produkt eines Holzfensters haben. Die Funktionsbeschreibung erklärt, wie diese Teile erzeugt werden. Das Ergebnis dieses Teiles der Arbeit soll die Analyse von Verbesserungsmöglichkeiten sein.
- Aufbauend auf diese Analyse erfolgt die Beschreibung für eine neue Steuerung, mit der die Verbesserungsmöglichkeiten auch umgesetzt werden sollen. In einem eigenen Kapitel wird die Mindestanforderung eines nötigen Optimierungsprogramms beschrieben.
- Abschließend erfolgen für die vorangehend beschriebene Steuerung die Bestimmung der nötigen Hardware einer ausgewählten Soft-SPS und deren Kosten.

1.2 Geschichte der Firma Hrachowina (vgl. [Hra04])

Den Grundstein des Unternehmens legte der Großvater des heutigen Betriebsinhabers, Herr Ing. Peter Hrachowina. Das Unternehmen wurde 1908 gegründet und beschäftigte sich seit Beginn unter anderem mit der Erzeugung von Fenster- und Türelementen. Im zweiten Weltkrieg wurde die Firma ausgebombt und brannte völlig ab. Herr Kom. Rat. Ing. Friedrich Hrachowina begann unmittelbar nach dem Krieg mit dem Aufbau des neuen Werkes in Wien-Kagran.

Die Spezialisierung auf einbaufertige Fenster und Türelemente erfolgte Mitte der 50iger Jahre, wobei echte Pionierarbeit geleistet wurde. Hrachowina bot als erstes Unternehmen in Österreich den Bauherren genormte Elemente an, die prompt ab Lager verfügbar waren.

Waren es zu Beginn nur grundierte Fenster und Türelemente, so wurde die Produktpalette schrittweise erweitert. Heute steht den Bauherren ein komplettes Holz, Holz-Alu, Kunststoff und Kunststoff-Alu Elementeprogramm in vielen Variationen zur Auswahl. Ein Haustürprogramm in Holz, Kunststoff und Aluminium mit einer Auswahl von über 300 Modellen bietet für jeden Geschmack den passenden Eingang.

Daneben werden viele Dienstleistungen, wie z.B. die Montage von Balken und Rollläden, oder der werkseitige Zusammenbau von Elementen angeboten, die den Bauherren eine preisgünstige und fachgerechte Ausführung garantieren soll.

Forschung und Technik wird bei Hrachowina groß geschrieben. So stand der erste Fensterprüfstand in einer Fenster- und Türenfabrik in Österreich bei Hrachowina, ebenso wurden die ersten Norm-Fenster mit serienmäßigen Einhand-Drehkipp-Beschlägen bei Hrachowina erzeugt.

Das Hauptabsatzgebiet der Produkte der Firma Hrachowina ist Österreich und die südliche Bundesrepublik Deutschland. Die Produktion und Verwaltung befindet sich in Wien-Kagran. Verkaufsniederlassungen werden in der Steiermark, in Bruck an der Mur, und in Oberösterreich, in Wels betrieben. Die Produkte der Firma Hrachowina werden auch in Häusern von namhaften Fertigteilhausanbietern verwendet, die im gesamten europäischen Raum operieren. Mit dem EU-Beitritt der 10 ehemaligen Ostblockstaaten am 1. Mai 2004 wird auch dieser Markt von Wien aus verstärkt bearbeitet.

Entgegen dem herrschenden Trend in der Fensterbranche, dass Produktionen in den angrenzenden Osten ausgelagert werden, sind die Eigentümer der Firma Hrachowina für die Aufrechterhaltung des Produktionsstandortes in Wien bemüht. Ein entsprechender Automatisierungsgrad der Produktion ist dadurch unabdingbar. Darum werden in die Fertigungseinrichtungen Investitionen getätigt, um einerseits die Qualität und andererseits die Produktivität zu erhöhen.

2. PC-BASIERTE STEUERUNG

„Bei Soft-SPS handelt es sich um Steuerungssoftware, die industrielle Fertigungsprozesse kontrollieren und auf handelsüblichen PC oder Laptop läuft.“ [Ber99] Eine SPS ist primär für die Steuerung von Maschinen und Anlagen konzipiert. Im zunehmenden Maß werden Funktionalitäten verlangt, die über das bisherige Einsatzgebiet der SPS hinausgehen. Heute erwartet man von einer Steuerung zusätzlich die Visualisierung des Prozesses, Betriebsdatenerfassung, Alarmgenerierung, Fehlerdiagnose, um nur einige Funktionalitäten zu erwähnen.

2.1 Historische Entwicklung

„Vor über 100 Jahren verbesserte sich die Antriebstechnik von einfachen Produktionsmaschinen wesentlich durch den Einsatz von Elektromotoren. Mit dem Elektromotor stand ein universell einsetzbares Antriebsinstrument zur Verfügung, das die natürlichen Antriebskräfte wie Muskel-, Wind- und Wasserkraft sowie die Dampfkraft rasch substituierte. Mit den etwa gleichzeitig entstandenen Relais und der dadurch möglichen elektrischen Steuerungstechnik wurde eine zweite industrielle Revolution ausgelöst.“ [Ber99]

Elektromechanische Steuerungen

Elektromechanische Steuerungen sind klassische Schütz- und Relaissteuerungen, die man auch als verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS) definiert. Das Programm ist durch die Art der Funktionsglieder und deren Verbindung vorgegeben. VPS-Systeme lassen sich elektrisch, elektronisch, pneumatisch oder hydraulisch realisieren. Das Programm ist durch Draht-, Leiterplatten- oder Schlauchverbindungen festgelegt. Programmänderungen bedeuten einen entsprechend hohen Aufwand, und sind daher nicht vorgesehen.

„Vor dem Jahr 1968 sah man in einem üblichen Industrieschaltschrank eigentlich nur Elektromechanik, wie Relais bzw. Schütze, und eine überdimensionale Verdrahtung. [...] Die Erfindung des Transistors im Jahr 1948 hatte sich zwar auch im Steuerungsbau durchgesetzt, aber dominierend waren zu diesem Zeitpunkt immer noch elektromechanische Schaltelemente. Es gab bereits eine große Palette von elektronischen Steuerungssystemen, [...] bei denen aus logischen Bausteinen wie UND, ODER und Flipflops die Funktionen einer Anlage zusammengesetzt wurden. Aber nach wie vor handelte es sich dabei um verbindungsprogrammierte Steue-

rungen, bei denen die Steuerlogik in Form von Leitungen realisiert wurde. Bei jeder Änderung des Steuerungsablaufes bedeutete dies für den Anwender enorme Umverdrahtungsarbeit.“ [Ber99]

Speicherprogrammierbare Steuerungen (vgl. [Ber99])

Ende der sechziger Jahre wurden in den USA die ersten speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) entwickelt, und leiteten dadurch eine revolutionäre Wandlung in der Steuerungstechnik ein. Statt die Logik in Form elektrischer Verbindungen zu gestalten, schreibt man ein Programm und speichert es in der Steuerung. Dieses Programm wird zyklisch durchlaufen. Die Eingangsbedingungen werden miteinander verknüpft und als Ausgangszustände für die externen Stellglieder ausgegeben. Änderungen in den logischen Verknüpfungen erfordern nun nicht mehr größere Umverdrahtungsarbeiten, sondern nur noch Programmänderungen.

Als Programmiersprache entstand die Anweisungsliste (AWL) und später der Kontaktplan (KOP). Besonders der KOP orientiert sich stark an den bisherigen Gepflogenheiten der grafischen Strompfaddarstellung mit der Reihen- und Parallelschaltung von Öffnern und Schließern. Weiter entstand auch der Funktionsplan (FUP) als Programmiersprache, der an die Besonderheiten der Steuerungsfachleute ausgerichtet wurde.

Die Eingabe der Programme und die Maschinenbedienung waren in den Anfangszeit der SPS nicht besonders komfortabel. Um 1985 wurden die ersten Textanzeigen entwickelt, die die Ausgabe von Texten erlaubten. Diese Textanzeigen sind eigenständige Geräte, die über eine Datenschnittstelle mit der SPS verbunden werden. Die Bedienung einer Schnittstelle über eine SPS erfordert jedoch bereits detaillierte Kenntnisse über die Programmierung. Die Erweiterung der Textanzeigen um eine Tastatur brachte zwar die Möglichkeit für die Eingabe von Werten durch den Bediener, jedoch die Komplexität in der Programmierung beider Geräte erhöhte sich. Im Zuge der allgemeinen Weiterentwicklung in der Elektrotechnik und besonders in der Computertechnik wurden immer mehr Funktionen in die SPS gesteckt. Anwendungen wie Positioniersteuerungen, Realisierung von Datenverwaltung, Prozessvisualisierung, Vernetzung einzelner Maschinen mit oberer und unterer Übertragungsebene, u.s.w., wurden daher mit einer SPS gelöst.

Für die Realisierung dieser Anwendungen war die Entwicklung einer Vielzahl an speziellen Baugruppen notwendig, die jeweils über einen eigenen Prozessor und Speicher die Aufgaben erfüllen und über eine interne oder externe Datenschnittstelle mit der SPS gekoppelt werden. Schlussendlich verwaltet die SPS die Ein- und Ausgänge, das Bedienterminal für die Textausgabe, die Positionierbaugruppe

und den Kommunikationsprozessor für den Anschluss der Peripherie und die Vernetzung. Häufig werden alle diese Komponenten mit einer eigenen Programmieroberfläche programmiert. Neben einem erhöhten Aufwand an Einarbeitung bedeutet dies auch einem ständigen Wechsel der Programmiergeräte, bestenfalls einen Wechsel der Programme auf dem PC.

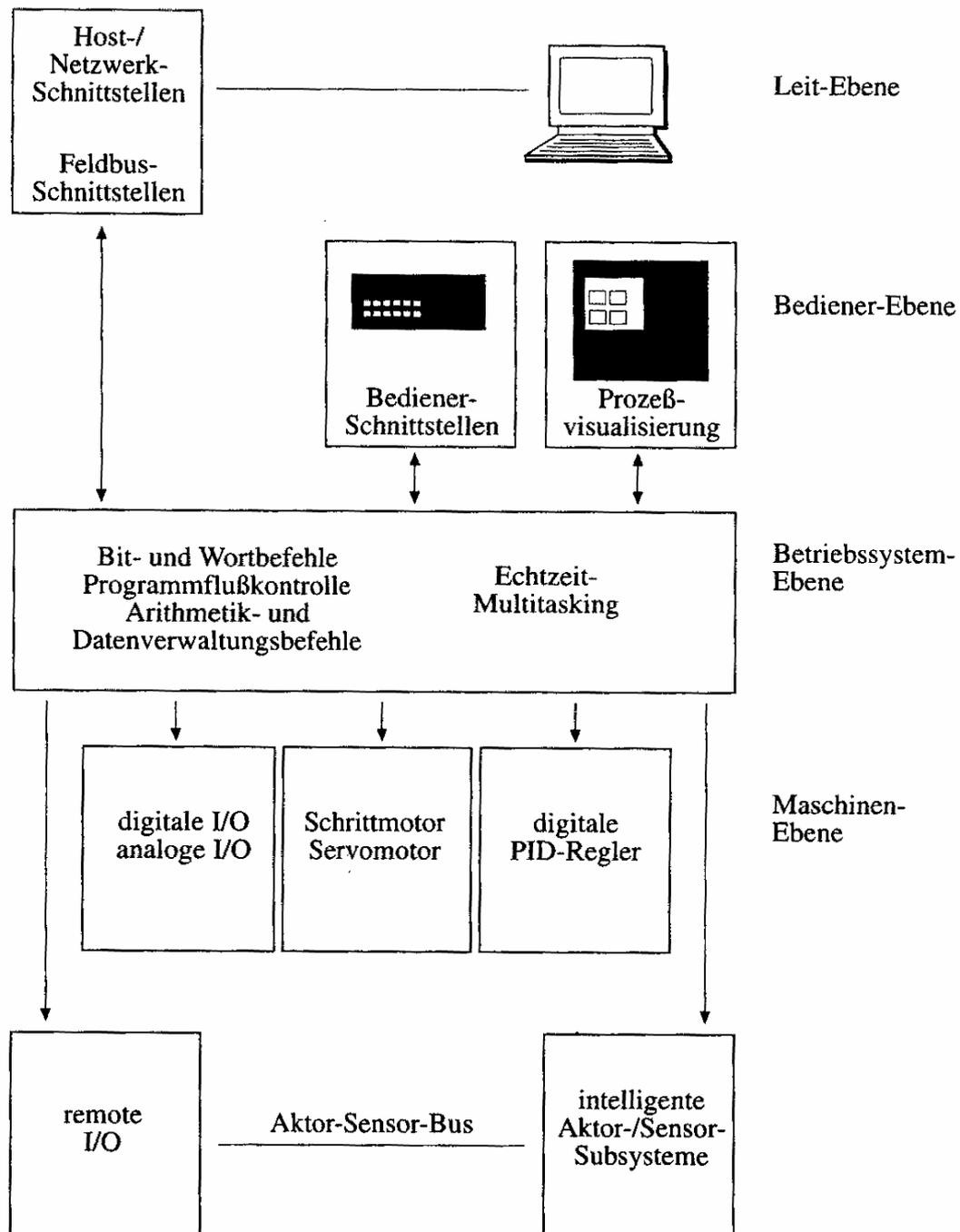


Abbildung 2.1: Anforderungen und Aufbau an die Steuerungstechnik [Ber99]

Abbildung 2.1 zeigt die Anforderungen und Aufbau heutiger Steuerungstechnik, die mit einer reinen SPS nur mit hohem Aufwand zu erreichen sind. Die Antwort auf diese Anforderungen war die Entwicklung von PC-basierten Steuerungen, die seit den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts am Markt existieren. War es in den Anfangsjahren eine Richtungsfrage, ob eine herkömmliche SPS oder die Verwendung eines PCs als Steuerungsplattform zum Einsatz kommt, so wurde dies durch die mittlerweile Vielzahl von bereits realisierten PC-basierten Steuerungen in der Industrie deutlich beantwortet.

PC-basierte Steuerungen

„Die industrielle Automatisierungstechnik hat sich innerhalb weniger Jahre durch ihre enge Symbiose mit der PC-Technologie und deren Trends hinsichtlich Bus- und Betriebssystemen schneller und radikaler verändert als je zuvor in der Vergangenheit. Die Schnittstelle von heute und morgen zwischen Maschine, Gesamtprozess und Mensch ist ein Standard-PC mit all seinen Hard- und Softwarestandards. In Schlagwörtern wie MMI/HMI, Prozessvisualisierung, SCADA, verteilte Datenerfassungssysteme und OPC spiegelt sich diese Entwicklung wider. Diese Tendenz sorgt dafür, dass die PC-zentrische Automation immer neue Anwendungsbereiche erschließt, die bisher nur von sehr aufwändigen, proprietären Systemen abgedeckt werden konnten. [...] Die Trends in der Automatisierungstechnik werden heute in Zusammenhang mit zwei Schlagwörtern bestimmt: Software und industrielle Kommunikation. Zusammengefasst ergibt sich daraus die PC-basierte Automation. Lösungen für Bedien- und Beobachtungsstationen (HMI), Kompaktprozessleitsystem zur Prozessüberwachung und Datenerfassung (SCADA) basieren heute überwiegend auf PC-Technik. Dazu kommen Feldbussteuerung und direkte Steuerung. Mit dem PC als integralen Bestandteil der Automatisierungstechnik haben Anwender automatisch Zugriff auf die Vorteile neuester Computertechnologie [...] Auch die eher historisch gewachsenen, starren Grenzen zwischen der Mess- und der Automatisierungstechnik verwischen, denn die flexiblen Möglichkeiten der Datenerfassung, der Analyse, der Steuerung und der Visualisierung verschmelzen mehr und mehr zu einer Software-Einheit.“ meint Serge Zacher in [Zac00]

„Darüber hinaus sind die Anforderungen an die IT-Funktionalität moderner Maschinen und Anlagen in den letzten Jahren dramatisch gestiegen. Die Vertikale Integration steht hier als Schlagwort für das Zusammenwachsen der Welten von den Produktionsplanungssystemen bis hinunter zu den I/Os. Als nahezu ideale Integrationsplattform hat sich in diesem Zusammenhang der PC erwiesen. Durch den Einsatz industrietauglicher PC-Hardware und Betriebssysteme wie Windows NT / 2000 / XP auf der einen und die Umsetzung moderner Programmier- und

Steuerungsstandards wie IEC 61131-3 auf der anderen Seite hat sich die PC-basierte Steuerung als wesentliche Komponente in modernen Automatisierungslösungen etabliert. Die PC-basierte Steuerung ist damit die ideale IT-nahe Steuerungskomponente, die Anforderungen an die IT-Funktionalität wie den Zugriff auf Datenbanken kostengünstig realisiert.“ meint Ger Schneider in [Sch03]

Claus Kühnl über die Steuerung der Zukunft meint in [Küh03]: „Skizziert man die Steuerung der Zukunft, so handelt es sich bei der Hardware um ein Gerät, das die Kommunikationsfähigkeit, Schnittstellenvielfalt und Universalität eines PCs mit der Zuverlässigkeit einer klassischen Steuerung kombiniert. Die Laufzeitumgebung der Steuerung ist von der Hardware sowie Plattform unabhängig. Sie wird jedoch oft mit Windows-Betriebssystemen eingesetzt. Die Software unterstützt eine einfache Programmierung der Maschinenabläufe sowie die Wiederverwendung von großen Teilen der Software. [...] IT-Technologien des Netzwerk- und Serverbereichs können für die Steuerungstechnik von Vorteil sein. Denkbar sind beispielsweise ein mittels Web-Server genutztes Programmiersystem auf der Steuerung oder eine virtuelle Steuerung, die im Netzwerk je nach Auslastung Rechenleistung bezieht und ihre zugewiesene E/As bedient. Die virtuelle Steuerung, die wie ein Netzwerkdienst oder -agent ‚on demand‘ arbeitet, könnte zum Beispiel für die Gebäudeautomatisierung eingesetzt werden, wo die Steuerungsleistung über ein Netzwerk auf große Gebiete verteilt werden muss. Vorstellbar ist ferner ein Steuerungsserver, der alle Maschinen einer Produktionshalle über virtuelle Steuerung regelt.“

2.2 Soft-SPS

Grundsätzlich werden zwei Arten von PC-basierten Steuerungen unterschieden (vgl. [Loc03]):

- Slot-SPS ... die SPS ist auf die Bauform einer PC-Steckkarte im ISA oder PCI-Format realisiert. Dadurch werden eine sehr gute Kombination von Robustheit, Kompatibilität und Offenheit erreicht. Diese Art von PC-basierter Steuerung erlaubt einen hohen Grad an Unabhängigkeit vom PC, die sich durch den Einsatz einer externen Stromversorgung und Batteriepufferung maximieren lässt.
- Soft-SPS ... eine Software realisiert die Funktionalitäten einer SPS auf dem PC. Man unterscheidet zusätzlich in Runtime-Systeme, welche auf einem Industrie- oder Standard-PC mit einem Standard Betriebssystem wie Windows NT / 2000 / XP laufen. Mit diesem System lässt sich kein deterministisches Verhalten erreichen. Die andere Klasse läuft auf modifizierte Stan-

Standard Windows Betriebssysteme, oder auf Echtzeitbetriebssysteme. Mit dieser Klasse lässt sich deterministisches Verhalten erreichen.

2.2.1 Echtzeitverhalten einer Soft-SPS

„Als Echtzeitbedingung bezeichnet man die Anforderung an ein Steuerungssystem, ausreichend schnell auf Vorgänge in der Anlage reagieren zu können. Echtzeit meint nicht die Schnelligkeit sondern die Rechtzeitigkeit einer Reaktion.“ [Wei02]

Eine herkömmliche SPS bearbeitet Programme zyklisch. Die Ein- und Ausgabe wechselt mit der Programmbearbeitung ab. Dieses Schema ist in Abbildung 2.2 verdeutlicht. Die unterschiedliche Dauer der Programmbearbeitung kann zum Beispiel durch Unterprogrammgesprünge oder Programmschleifen entstehen, die abhängig vom zu steuernden Prozess aufgerufen werden.

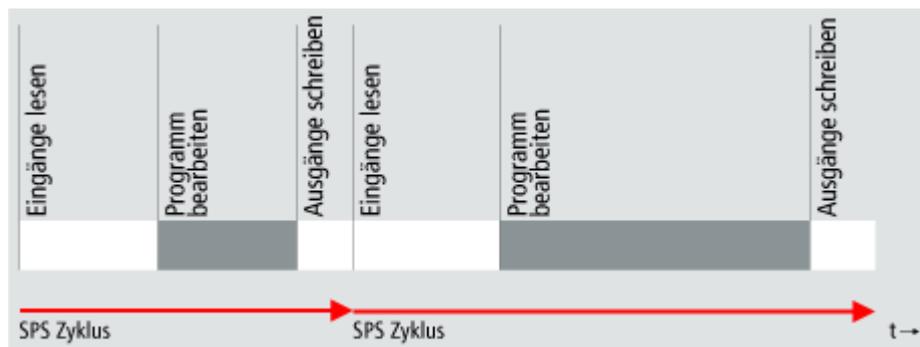


Abbildung 2.2: Echtzeitbetrieb von SPS-Software mit einer SPS [Bec03]

Die Ausführung der Programme in einer Soft-SPS auf dem PC erfolgt genau wie in einer herkömmlichen SPS in zeitgenauen (deterministischen) Zyklen, die unabhängig von der Programmlänge in gleicher Zeit ausgeführt werden. Die Bearbeitung der Bedienoberfläche wird in der Zykluspause ausgeführt, wofür Rechenkapazität reserviert werden kann. Die Bearbeitung von SPS und Bedienoberfläche erfolgt gleichzeitig durch das Multitasking von SPS- und Betriebssystemaufgaben. Jede Task für eine bestimmte Aufgabe arbeitet mit eigener Zykluszeit und Priorität. Abbildung 2.3 zeigt das Schema des Echtzeitbetriebes einer Soft-SPS (vgl. [Bec03]). Wie oben erwähnt gilt auch hier dasselbe für die unterschiedliche Dauer der Programmbearbeitung.

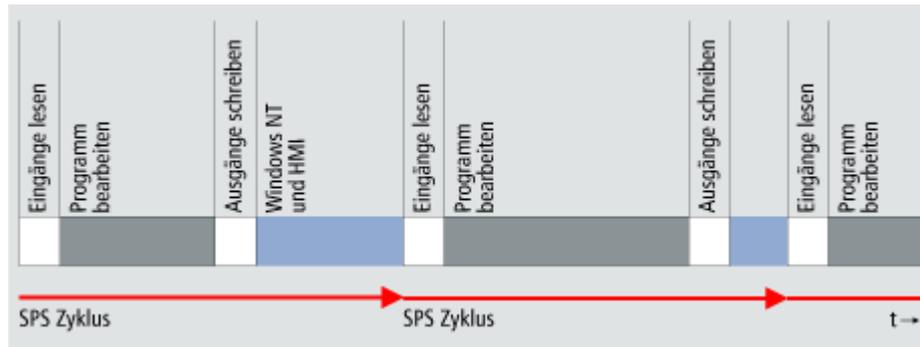


Abbildung 2.3: Echtzeitbetrieb von SPS-Software auf einem PC [Bec03]

2.2.2 Betriebssicherheit einer Soft-SPS

„Die Soft-SPSen, die ein gebräuchliches Windows Betriebssystem nutzen, sind vor PC-Abstürzen nicht gefeit. In einem solchen Fall ist der Datenaustausch zwischen PC und SPS nicht mehr garantiert. Als Folge läuft der Prozess u.U. nicht aufgabengerecht weiter.“ [Zac00] Diese Aussage ist zwar schon im Jahr 2000 getätigt worden, hat jedoch nach wie vor Gültigkeit. Die Erfahrungen am eigenen Büro-PC schrecken viele Anwender vor dem Umstieg von proprietärer SPS, die fast ein Synonym für Zuverlässigkeit ist, auf ein PC-basiertes System ab.

Mit dem Betriebssystem Windows XP ist zwar ein Schritt näher zur Vermeidung von Systemabstürzen getätigt worden, jedoch die Stabilität, wie dies eine proprietäre SPS bietet, entspricht das noch lange nicht. Durch den Einsatz einer Soft-SPS erreicht man die geforderte Offenheit und Standardisierung, jedoch auf Kosten der Betriebssicherheit. Als Alternative bietet sich der Einsatz einer Slot-SPS an.

2.2.3 Einsatzfälle

Die Vorteile bei Einsatz einer PC-basierten Steuerung sind folgende (vgl. [Wel02]):

- Kosteneinsparung gegenüber einer SPS-Lösung mit separatem Visualisierungssystem
- unbegrenzte Speicherressourcen des PCs
- direkter Zugriff vom Leitrechner im Büro auf die Steuerung über TCP/IP-Netzwerk
- Nutzung von Intranet- oder Internet-Anschlussmöglichkeit

- verfügbare Systemschnittstellen: serielle, parallele, Disk-Laufwerk, Festplatte
- größere Rechengeschwindigkeit

Demgegenüber stehen folgende Nachteile:

- geringere Betriebssicherheit der Hardware
- Kurzlebigkeit der PC-Hardware im Gegensatz zur Langlebigkeit der Anlagentechnik
- mögliche Betriebssystemabstürze

Folgende Kriterien einer Aufgabenstellung sprechen typischerweise für den Einsatz einer PC-basierten Lösung (vgl. [Loc03]):

- ein PC wird bereits eingesetzt, z.B. für die Anlagenvisualisierung oder Datenverarbeitung
- speicher- und datenintensive Aufgaben sind zu bewältigen
- verschiedene Applikationen sollen in die Automatisierungslösung integriert werden (z.B. Visualisierung, Steuerung, Officeanwendungen, Datenverarbeitung, Kommunikation)
- es gibt wenig Platz an der Maschine
- Schaltschrankvolumen und Verdrahtungsaufwand sollen eingespart werden
- vorhandene Programme in C/C++ sollen weiterverwendet werden
- die Kommunikation soll über Standardmechanismen abgewickelt werden
- die Aufgabe stellt hohe Anforderungen an Speicherangebot und Performance der Plattform
- PC-Einsteckkarten und PC-Schnittstellen sollen für die Steuerung nutzbar sein, z.B. für Messtechnik, Anbindung von Vision-Systemen, Scanner, Motion Control, Feldbusse

2.3 Programmiersprache

Software spielt eine immer wichtigere Rolle in der Automatisierungstechnik. Die Kosten für die Erstellung der Ablaufprogramme beanspruchen oft den höchsten Anteil an den Gesamtkosten eines Automatisierungssystems. Bis Anfang der neunziger Jahre waren die Programme der SPS Hersteller nicht portierbar und dadurch konnten auch keine Synergieeffekte genutzt werden. Erst mit der Einführung der IEC 61131-3 als herstellerübergreifende Norm zur Programmierung industrieller Steuerungen kann dieses Potential genutzt werden.

2.3.1 Norm IEC 61131-3

Gemäß der Norm IEC 61131-3 können zur Erstellung von Steuerungsprogrammen fünf Programmiersprachen eingesetzt werden: zwei textuelle Fachsprachen, zwei grafische Fachsprachen und die übergeordnete Ablaufsprache, die grafische und textuelle Elemente enthält (vgl. [Wei02]).

Einen Überblick der genormten Programmiersprachen zeigt die Abbildung 2.4.

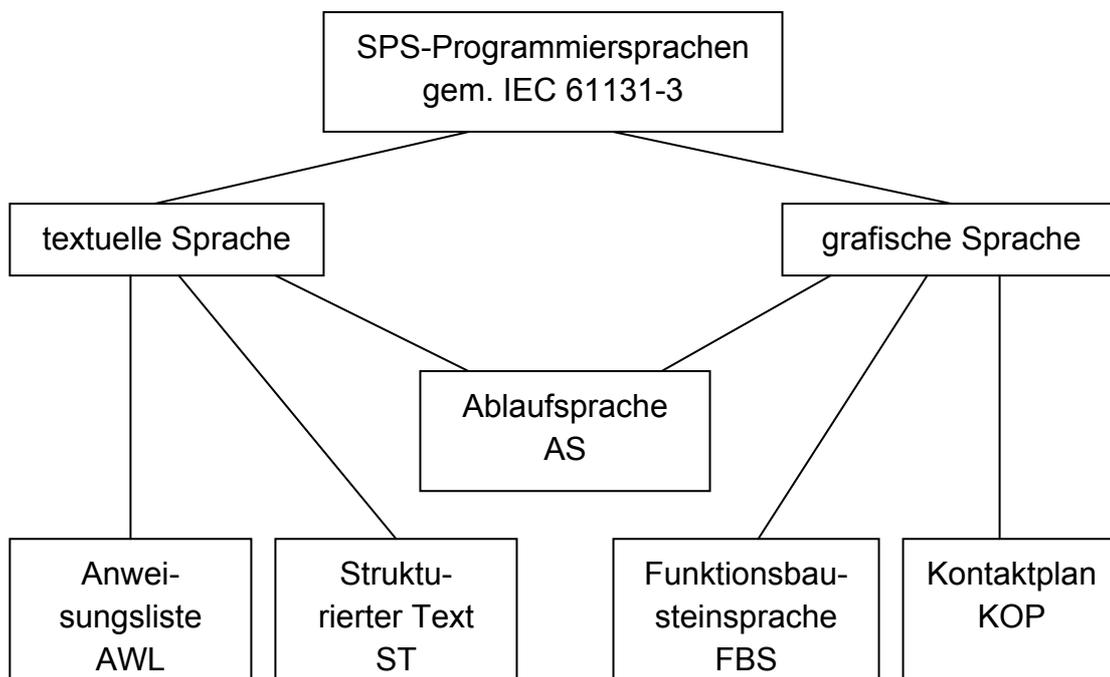


Abbildung 2.4: SPS-Programmiersprachen gemäß IEC 61131-3

Die meisten SPS Hersteller akzeptieren diese Norm. Damit ist es möglich SPS-Systeme von unterschiedlichen Herstellern mit gleichen Sprachelemente zu pro-

grammieren. Einarbeitungszeiten und Kosten werden dadurch erheblich reduziert. Jedoch ist die Austauschbarkeit des Steuerungsprogrammes zwischen den Systemen einzelner Hersteller dadurch noch nicht möglich. Die Lösung dafür bietet die Vereinigung PLCopen.

2.3.2 PLCopen

„PLCopen ist eine hersteller- und produktunabhängige weltweite Vereinigung. Eine der Hauptaktivitäten von PLCopen betrifft die IEC 61131-3, den einzigen globalen Standard zur Programmierung industrieller Automatisierungskomponenten. Sie harmonisiert die Vorgangsweise bei Design und Programmierung durch Standardisierung der Software Schnittstellen. Herstellerunabhängigkeit und Reduktion der Entwicklungszeiten sind die Vorteile für den Anwender.“ [B&R03]

Die Motivation zur Gründung der Vereinigung beschreibt Hansjörg Hotz in [Hot03]: „Once a user has made the decision to use the system of one supplier, it takes a lot of time and money to change over to a different supplier. However, this may become necessary when the original system does not meet the requirements any more. Even if the original system is an IEC 61131-3 system, changing the supplier will not be possible without cost-intensive reengineering. The only options for the user are to reduce the requirements or to shut down the production facilities for some time. To solve this problem the PLCopen has developed specified exchange formats. The Reusability Level makes it possible to export complete function blocks from a system and import them in another supplier's system.“

In Zukunft soll ein komplettes SPS-Programm aus einem Programmiersystem eines Herstellers in ein Programmiersystem eines anderen Herstellers importiert werden können. Der heutige Entwicklungsstand lässt bereits die Wiederverwendbarkeit von Bausteinen, die in der Programmiersprache Strukturierter Text erstellt wurden, zu. Dafür wurden verschiedene Levels zur Zertifizierung definiert. Das Ziel der Zertifizierung ist die Senkung der Entwicklungszeiten und somit auch der Kosten (vgl. [Hot03]).

2.3.3 OPC, standardisierte Schnittstelle unter Windows (vgl. [Bet02])

„Die alten, meist proprietär aufgebauten Automatisierungssysteme waren in sich geschlossen und basierten weitestgehend auf spezieller Hardware mit einem eigenen Betriebssystem. Es existierten keine effektiven Schnittstellen oder Protokolle, über die Produktionsdaten mit anderen datenverarbeitenden Systemen ausgetauscht werden konnten.“ [Bet02]

Die Integration von mehreren Komponenten von unterschiedlichen Herstellern war oft mühselig und kostspielig. Es mussten speziell entwickelte Treiber zur Anbindung von Anwendungen bereitgestellt werden, wie Abbildung 2.5 veranschaulicht.

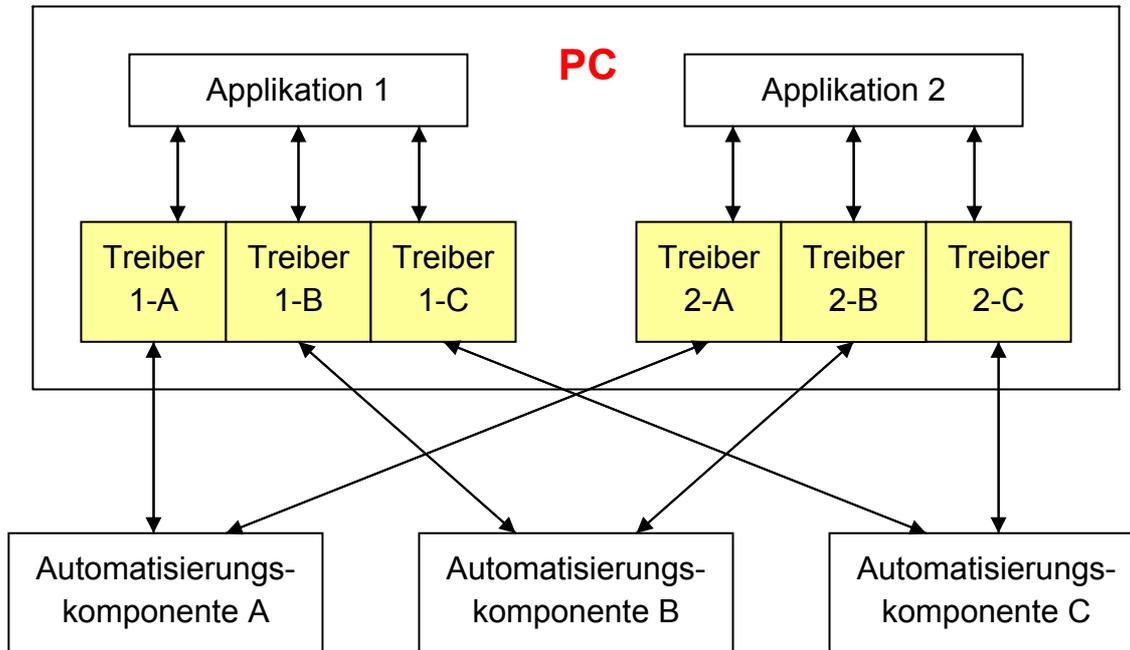


Abbildung 2.5: Architektur mit unterschiedlichen Treibern

Um die Kommunikationsbarrieren zwischen Automatisierungskomponenten und anderen Bereichen auszuräumen wurde OLE¹ aus der Bürowelt nach OPC² in die Automatisierungswelt übernommen. Das Ziel der OPC Entwicklung ist es eine offene Schnittstelle zur Verfügung zu stellen, die einen einfachen, standardisierten Datenaustausch zwischen dem Bürobereich und der Fertigung ermöglicht, wie Abbildung 2.6 veranschaulicht. OPC baut auf den Windows Technologien von OLE, COM³ und DCOM⁴ auf.

Die dadurch gewonnenen Vorteile sind wie folgt:

- es wird keine unterschiedlichen Treibersoftware für unterschiedliche Komponenten benötigt

¹) Object Linking and Embedding

²) OLE for Process Control

³) Component Object Model

⁴) Distributed Component Object Model

- Integration unterschiedlicher Komponenten verschiedener Hersteller wird kostengünstig möglich
- Entwicklungsaufwand für verschiedene Treiber für unterschiedlicher Systeme fällt weg

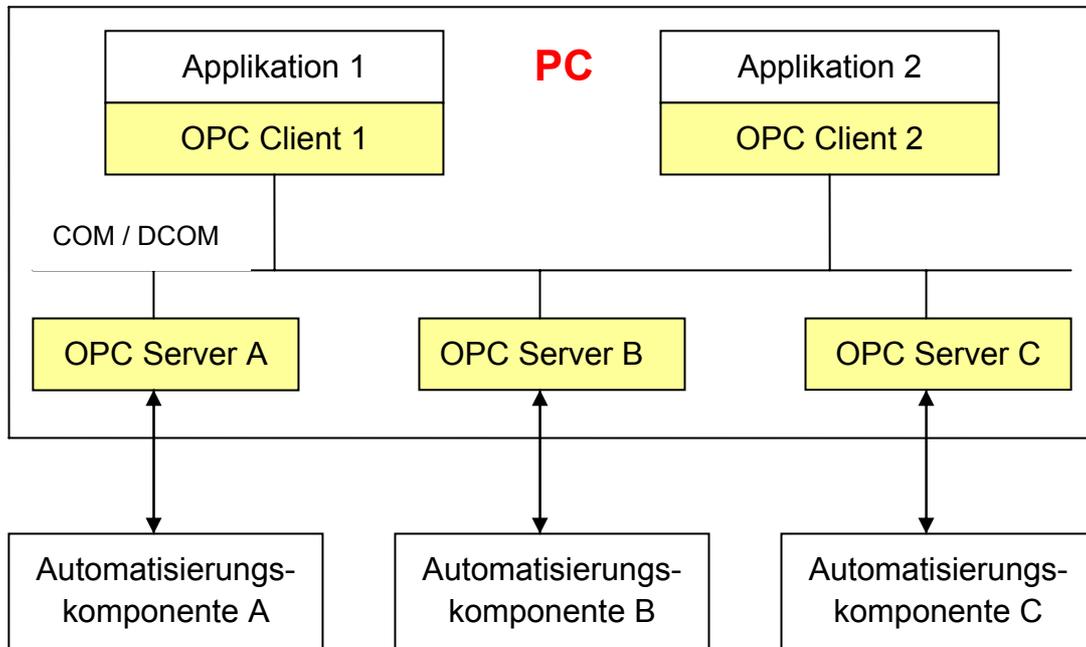


Abbildung 2.6: Architektur durch Einsatz der OPC Technik

3. BESCHREIBUNG DER ZUSCHNITTOPTIMIERUNGSANLAGE

Um das Verständnis der Zuschnittoptimierungsanlage, kurz Optisäge, für Nichtbrancheninsider besser verdeutlichen zu können wird im folgenden Unterkapitel kurz auf die Holzfensterfertigung eingegangen. Dabei werden zwei Fragen beantwortet: welchen Zweck möchte man mit der Optisäge erreichen, und welchen Einfluss haben die erzeugten Teile der Optisäge auf das fertige Produkt. Im Anschluss wird aus den gewonnenen Erkenntnissen aufbauend die Umsetzung mittels der Optisäge zur Erreichung der gewünschten Ergebnisse erklärt.

3.1 Exkurs in die Holzfensterfertigung

In der Arbeitsvorbereitung werden mehrere Kundenaufträge zu einem Werkauftrag zusammengefasst. Die einzelnen Fenster eines Werkauftrages werden durch ein EDV-Programm in ihre Holzeinzelteile zerlegt. Bei einem, z. B. einflügeligen Fenster ergeben sich für den Fensterflügel und Fensterrahmen je zwei aufrechte Holzteile, ein oberes und ein unteres Holzteil, in Summe 8 einzelne Holzteile (siehe Abbildung 3.1). Die einzelnen Holzprofile sind abhängig vom Fenstersystem aus bis zu vier Bretter, sogenannten Lamellen verleimt, und werden als schichtverleimte Holzkanteln bezeichnet. Durch die Verwendung von schichtverleimten Holzkanteln erreicht man

- hohe Ausbeute des Rohholzes,
- höhere Verwindungssteifigkeit als bei Vollholzkanteln,
- schöne Holzstruktur an den Sichtflächen durch verleimen der Lamellen in entsprechender Lage.

In Abbildung 3.1 sind die 8 Holzprofilquerschnitte eines einflügeligen Fensters des Fenstersystems Holz-Thermo-Secur der Firma Hrachowina dargestellt. Zusätzlich zeigt diese Abbildung ein Flügel- und Rahmenprofil im fertig gefrästen Zustand. Über diese Profile ist ein zweiter Layer (grün strichliert) darüber gelegt, der die schichtverleimten Holzkanteln darstellt, aus denen die Profile ausgefräst werden. Die Sichtfläche des Profils ist dabei rot gekennzeichnet. Das bedeutet wiederum, dass diese Flächen möglichst eine gleichmäßige Holzstruktur (enge Jahresringe) und keine Asteinschlüsse haben sollen. Abhängig in welchem Profil und in welcher Lage im Profil selbst die einzelnen Lamellen verleimt werden unterscheidet man diese nach unterschiedlichen Kriterien. Die Kriterien sind einerseits der Quer-

schnitt der Lamellen andererseits die Qualität. Die Lage und die Größe der Sichtfläche gemessen am Umfang des Lamellenquerschnittes sind bestimmend für die Qualität der Lamelle.

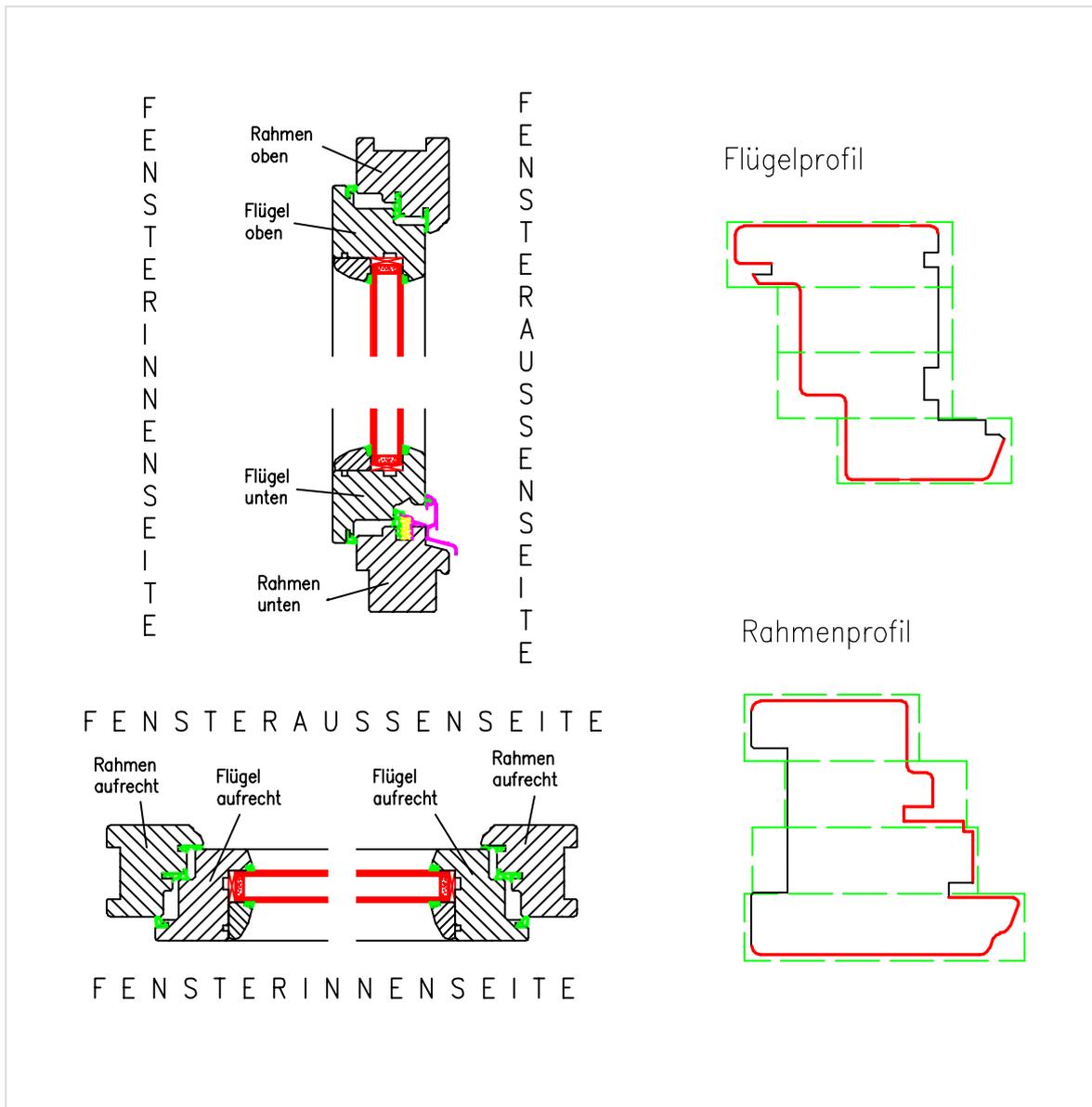


Abbildung 3.1: Schnittzeichng. Fenstersystem und Lamellenaufteilung [Hra03]

Das am Kapitelanfang erwähnte EDV-Programm zerlegt zusätzlich die einzelnen Holzteile in ihre Lamellen laut der festgesetzten Lamellenaufteilung. Das Ergebnis sind die Zuschnittaufträge des Werkauftrages. Die Anzahl der Zuschnittaufträge ist von den unterschiedlichen Querschnitten, resultierend aus der Lamellenaufteilung

abhängig (pro Querschnitt ein Zuschnittauftrag). Innerhalb der Zuschnittaufträge wird zusätzlich in 15 verschiedenen Qualitäten unterschieden.

Mit der Optisäge werden somit die Lamellen der Zuschnittaufträge zugeschnitten, wobei die bestmögliche Ausnutzung der Materialressourcen bei gleichzeitig hoher Qualität der Lamellen sicherzustellen ist. Die Zuschnittergebnisse sind die Basis für die Holzqualität des Holzfensters.

3.2 Funktionsbeschreibung der Zuschnittoptimierungsanlage

Die Optisäge besteht aus folgenden Anlagenteilen, gelistet nach Durchlauffolge des Materials:

- Anzeichenstation
- Lesestation
- Sägestation mit Positioniersteuerung
- Tintenstrahldruckgerät
- Sortierstrecke

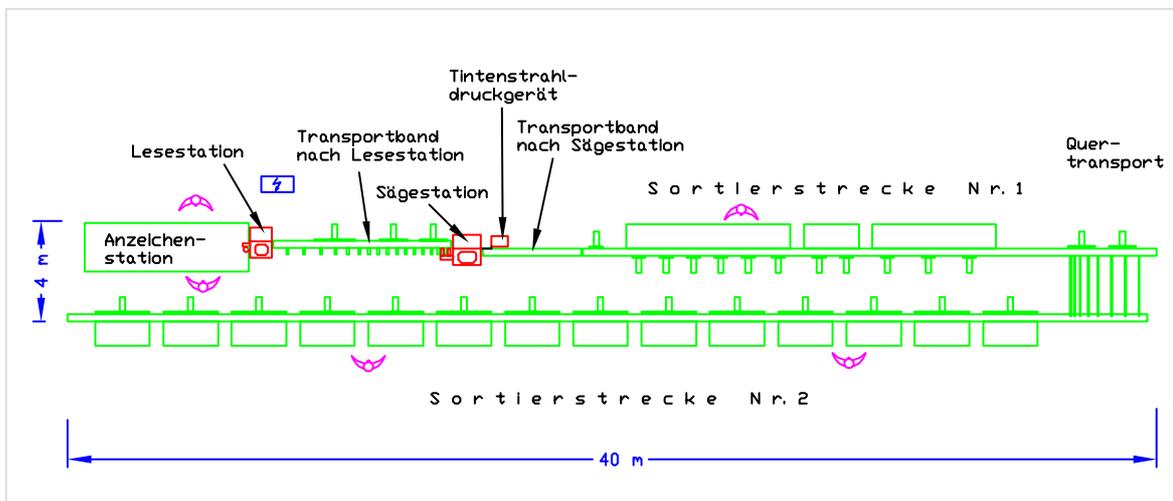


Abbildung 3.2: Gesamtübersicht der Optimierungssäge

Die Sortierstrecke ist, bedingt durch die Werkshallegeometrie, in zwei Teilen unterteilt. Aus diesem Grund ist der Quertransport notwendig. In Abbildung 3.2 sieht man eine Gesamtübersicht der Optisäge mit ungefähren Maßangaben und den Positionen des Personals. Zum Betreiben der Anlage im Vollbetrieb werden zwei

Personen bei der Anzeichenstation, eine Person an der Sortierstrecke Nr. 1 und zwei Personen an der Sortierstrecke Nr. 2 benötigt, wobei sich diese Anzahl der Personen durch den Ersatz der Steuerungseinrichtung nicht ändert.

3.2.1 Anzeichenstation

Auf einer vorgelagerten Produktionsanlage wird aus Pfosten das Lammelenmaterial entsprechend den Querschnitten im Zuschnittauftrag aufgeschnitten. Die Länge des Lamellenmaterials beträgt maximal sechs Meter. Durch eine Fördereinrichtung gelangt das Material zur Anzeichenstation. Beidseitig der Anzeichenstation arbeitet je eine Person, die die Qualität des Lamellenmaterials visuell beurteilt. Dabei werden alle vier Seiten über die gesamte Länge inspiziert und in Qualitätsabschnitten unterteilt. Die Markierung der Qualitätsgrenzen und der Qualitätsstufe erfolgt mittels einer fluoreszierenden Kreide.

Die Qualitätsgrenze wird durch einen Kreidestrich an der Oberseite quer zur Längsrichtung gekennzeichnet. Die Qualitätsstufe wird an beiden Seiten durch senkrechte Kreidestriche im Abstand von ungefähr einem Zentimeter codiert, wobei diese natürlich innerhalb des Qualitätsabschnittes, der durch die Qualitätsgrenzen bestimmt ist, liegen müssen (siehe Abbildung 3.3). Die Anzahl der Kreidestriche ist mit vier Strichen je Seite beschränkt. Die Zuordnung des Qualitätscodes zu den 15 Qualitätsstufen erfolgt in der Qualitätskennzeichnungstabelle, die in den Optimierungsparametern der Optimierungssoftware editiert werden kann (je Lamellenquerschnitt eine Tabelle).



Abbildung 3.3: Teilansicht eines markierten Lamellenmaterials

Nach der Beurteilung und Markierung des Lamellenmaterials wird dieses manuell gegen einen Anschlag geschoben, und löst damit den automatischen Querschub und den Eintransport in die Lesestation aus.

3.2.2 Lesestation

In der Lesestation wird das Material seitlich durch Rollen gespannt und ausgerichtet, und mit einem Walzenvorschub durchtransportiert. Die Vorschubgeschwindigkeit beträgt dabei 3 m/sec. Während der Durchfahrt werden die Kreidenmarkierungen mit drei optischen Sensoren erfasst. Ein Sensor ist oberhalb montiert, und erfasst die Qualitätsgrenzen. Zur Erfassung der Qualitätsstufe ist an beiden Seiten jeweils ein Sensor montiert. Bei jedem erkannten Kreidestrich senden die Sensoren, für die Dauer des Erkennens, einen Impuls an die Steuerung. Die Längenmessung erfolgt durch einen an den Walzenvorschub gekuppelten Inkrementaldrehgeber (1 Impuls/mm). Mit einer Lichtschranke wird die Anfangs- und Endkante erkannt, und somit der Anfang und das Ende einer Messung. Um die Abnutzung der Vorschubwalzen zu berücksichtigen bzw. für den Austausch der Vorschubwalzen ist in den Maschinenparametern ein Walzenkorrekturfaktor hinterlegt.

Eingelesene Abschnitte, die keine Qualitätskennzeichnung (Kreidestriche) haben, bzw. die eventuell durch die Sensoren nicht detektiert wurden, werden als Qualitätsstufe 16 bezeichnet. Eingelesene Abschnitte, die Qualitätskennzeichnungen aufweisen, die in der Qualitätskennzeichnungstabelle nicht festgelegt sind, werden als Qualitätsstufe 17 bezeichnet. In der Abbildung 3.4 ist symbolisch ein Beispiel eines typisch gekennzeichneten Lamellenmaterials dargestellt. Die Qualitätsgrenzen sind mit roter Farbe quer zum Brett gekennzeichnet, die Qualitätsstufen sind beidseitig mit den kurzen roten Strichen dargestellt und entsprechen der Codierung laut der Tabelle 3.1.

Qualitätstabelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Spur links	0	0	0	0	1	2	3	4	1	1	1	1	2	3	2
Spu rechts	1	2	3	4	0	0	0	0	1	2	3	4	1	1	2

Tabelle 3.1: Beispiel einer Qualitätskennzeichnungstabelle

Das Beispiel in Abbildung 3.4 ergibt die eingelesenen Werte, die in Tabelle 3.2 dargestellt sind und an die Optimierungssoftware übergeben werden (Reihung in Durchlaufrichtung).

Qualität	1	16	3	16	5	6
Länge	1265	205	350	100	2413	1662
Summe	5995					

Tabelle 3.2: eingelesene Werte des Beispiels aus Abbildung 3.4

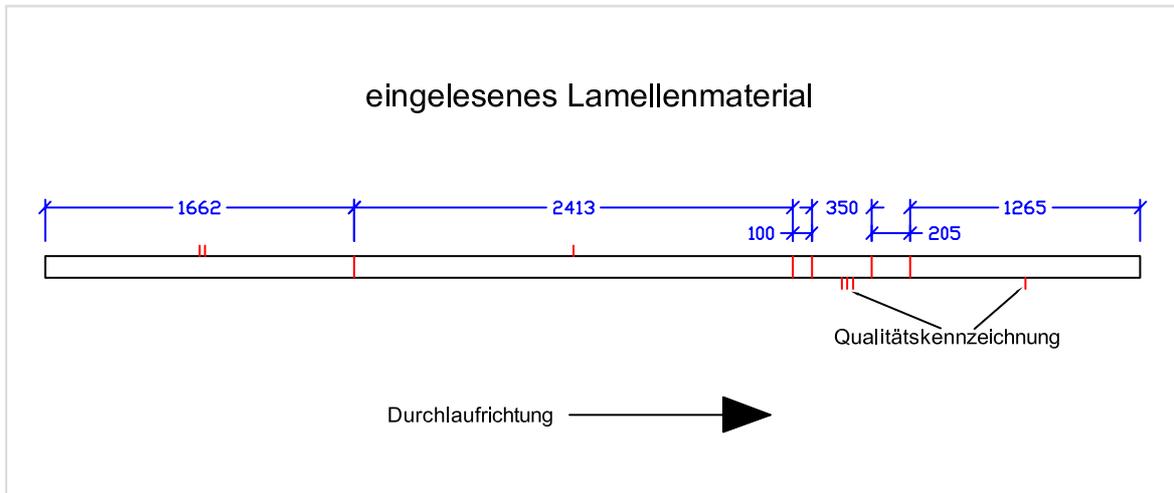


Abbildung 3.4: Beispiel eines eingelesenen Lamellenmaterials

Nach der Lesestation folgt ein 6,5 m langes Transportband das als Auslauf aus der Lesestation und als Pufferstrecke für die Optimierungsrechnung dient. Sobald das vermessene Lamellenmaterial am Ende des Transportbandes anschlägt, werden ein automatischer Querschub und der Eintransport in die Sägestation ausgelöst. Zu diesem Zeitpunkt muss die Optimierung des vermessenen Lamellenmaterials abgeschlossen sein. Die optimierten Zuschnitte werden vom Zuschnittauftrag abgebucht.

3.2.3 Sägestation

In der Sägestation wird das Lamellenmaterial durch eine seitliche Rolle ausgerichtet und mit einem Walzenvorschub positioniert. Der Walzenvorschub ist geteilt in den Vorschub vor dem Sägeblatt und in den Vorschub nach dem Sägeblatt. Der Vorschub nach dem Sägeblatt wird mit einem Servomotor angetrieben. Der Vorschub vor dem Sägeblatt wird mittels einer elektromagnetischen Kupplung zum Vorschub nach dem Sägeblatt ein- und ausgekuppelt.

Die Positionierung des vermessenen Lamellenmaterials erfolgt laut dem Ergebnis der Optimierung. Jede Position entspricht einem Sägeschnitt. Nach erfolgtem Sägeschnitt wird der Vorschub vor dem Sägeblatt ausgekuppelt, damit das abge-

schnittene Material mittels des Vorschubes aus der Sägestation austransportiert werden kann. Der so genannte Nachlaufweg ist immer konstant und ist in den Maschinenparametern einstellbar. Danach wird wieder eingekuppelt, und die nächste Position wird angefahren. Die Positionsdaten werden über eine RS-232 Datenschnittstelle an die Elektronik des Vorschubes gesendet.

Das Optimierungsergebnis besteht aus verschiedenen Zuschnittkennungen, deren Unterscheidung nach dem folgenden Verwendungszweck des zugeschnittenen Materials gegeben ist:

- Profile ... Zuschnitte, die vom Zuschnittauftrag abgebucht wurden.
- Reste ... Material, das auf Grund fehlender unterschiedlicher Längen im Zuschnittauftrag innerhalb der Optimierungsgrenzen nicht verwendet werden kann. Reste treten dadurch vermehrt am Ende der Abarbeitung eines Zuschnittauftrages auf. Die Reste werden gesammelt, und am Beginn des nächsten Auftrages verarbeitet.
- Abfälle ... sind alle restlichen Abschnitte des Lamellenmaterials, die, aus Qualitätsgründen oder auf Grund der Unterschreitung der minimalen Gutlänge von Resten, nicht verwendet werden können. Abfälle werden dem Brennholz zugeführt.

In den Maschinenparametern der Optimierungssoftware sind unter anderem die Abfallschnittlänge kurz, Abfallschnittlänge lang und Abfallschachtlänge eingetragen. Um Störungen beim Ausscheiden der Abfälle aus dem Materialfluss zu vermeiden, werden Längen zwischen dem Wert Abfallschnittlänge kurz und Länge des Abfallschachtes niemals zugeschnitten. Somit werden die Abfälle in Längen unter dem Wert der Abfallschnittlänge kurz oder in Längen zwischen den Werten Abfallschachtlänge und Abfallschnittlänge lang von der Optimierungssoftware optimiert.

Zwischen dem Sägeblatt und der nächst folgenden Vorschubwalze befindet sich ein konstruktiver Abstand, damit sich die kurzen Abfälle selbsttätig im freien Fall aus dem Materialfluss ausscheiden. Die langen Abfälle werden mit dem Abschieber Box 1 der Sortierstrecke Nr. 1 abgeschoben. Ein weiterer Parameter ist die Anschnittlänge⁵, mit der die entstandenen Einrisse durch die Trocknung am Brettanfang und Brettende berücksichtigt werden. Dieser Wert wird von der Optimierungssoftware abgezogen und wie Abfall behandelt. Somit können beim Optimie-

⁵) Die Anschnittlänge fällt jedoch nicht unter die Kategorie der Maschinenparameter, sondern unter die Kategorie der Optimierungsparameter (vgl. Unterkapitel 3.2.6).

rungsergebnis sechs Kennungen von Abfällen auftreten, die in zwei Gruppen zusammengefasst werden können.

Gruppe der langen Abfälle, die mit Abschieber Box 1 abgeschoben werden:

- Abfall lang
- Anschnitt lang
- Brettende lang

Gruppe der kurzen Abfälle, die sich in der Sägestation durch freien Fall selbsttätig ausscheiden:

- Abfall
- Anschnitt
- Brettende

Die bestehende Optimierungssoftware unterscheidet in die oben angeführten 8 Zuschnittkennungen, wobei davon 6 Kennungen nur den Abfall betreffen. Es ist jedoch kein Grund ersichtlich, der die Unterscheidung in Abfall, Anschnitt und Brettende bedingt. Es reicht vollkommen aus in kurzen und langen Abfall zu differenzieren, da durch diese Kennung die Art der Ausscheidung des Abfalls aus dem Materialfluss bestimmt wird.

In Tabelle 3.3 und Abbildung 3.5 ist ein Beispiel eines möglichen Optimierungsergebnisses mit den Werten aus Tabelle 3.2 und Abbildung 3.4 dargestellt.

Die Summe der Tabelle 3.3 ist, bedingt durch die Berücksichtigung der Sägeblattstärke, kleiner als die Summe der Tabelle 3.2. In diesem Beispiel beträgt die Sägeblattstärke 5 mm, die in den Maschinenparametern festgelegt ist. Daraus ergibt sich die Differenz von 25 mm (für Profile und Reste muss die Sägeblattstärke von 5 mm berücksichtigt werden). In diesem Beispiel ist auch die Möglichkeit des Qualitätsübertrages dargestellt, wobei der Rest der Qualität 5 zur Qualität 6 dazugechnet wurde. Die nähere Erläuterung zum Qualitätsübertrag erfolgt im Kapitel 5.2.

Wie schon in der Einlesestation ist auch in der Sägestation ein Walzenkorrekturfaktor in den Maschinenparametern hinterlegt. Ein weiterer Parameter ist der Abstand des Referenzpunktes in der Sägestation zum Sägeblatt, der bei der Positionierung des ersten Zuschnittes jedes Lamellenmaterials berücksichtigt werden muss. Für die Positionierung sind noch die Parameter für die Einfahrgeschwindigkeit und Maximalgeschwindigkeit relevant. Die Einfahrgeschwindigkeit entspricht

der Geschwindigkeit der Positionierung für den ersten Sägeschnitt, und ist einer Referenzfahrt gleichzusetzen.

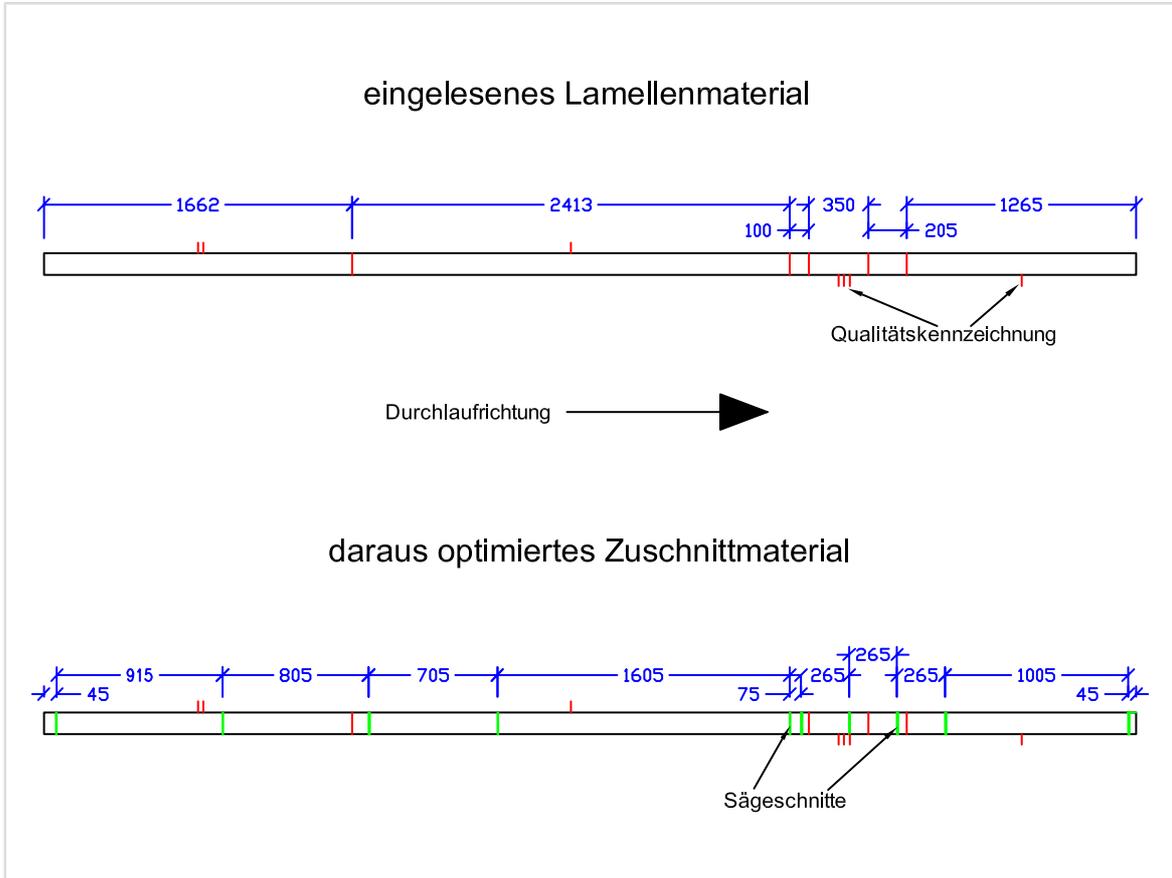


Abbildung 3.5: optimiertes Lamellenmaterial aus Abbildung 3.4

Zuschnittkennung	Länge	Qualitätstabelle	Abwurfbox
Anschnitt	45	0	0
Profil	1.000	1	B
Abfall lang	265	0	1
Abfall lang	265	0	1
Abfall lang	265	0	1
Abfall	75	0	0
Profil	1.600	5	A
Profil	700	5	C
Profil	800	6	E
Rest	910	16	2
Brettende	45	0	0

Summe 5.970

Tabelle 3.3: optimierte Zuschnitte aus d. eingelesenen Werten d. Tabelle 3.2

3.2.4 Tintenstrahldruckgerät

Der Druckkopf des Tintenstrahldruckgerätes ist unmittelbar nach der Sägestation montiert. Vor der Positionierung in der Sägestation wird der Datensatz des folgenden Zuschnittes über eine Datenschnittstelle an das Druckgerät gesendet. Über dem Auslauf der Sägestation ist ein optischer Sensor montiert, der indirekt über einen potentialfreien digitalen Ausgang der SPS durch das zu positionierende Teil den Startimpuls zum Drucken auslöst. Das bedeutet, dass während der Positionierung die zuzuschneidende Lamelle auch bedruckt wird. Mit dem nächstfolgendem Datensatz wird der Druckinhalt im Datenpuffer des Tintenstrahlgerätes überschrieben. Damit jeder Zuschnitt mit der richtigen Information bedruckt wird, müssen die Positionierung und die Übermittlung des dazugehörigen Datensatzes synchronisiert sein. Dies erfolgt dadurch, dass vor jedem Sägeschnitt ein Datensatz gesendet wird.

Der Inhalt des Datensatzes ist von der Zuschnittkennung abhängig. Für Profile und Reste existiert in den Maschinenparametern je eine Erfassungsmaske für die individuelle Erstellung der Dateninhalte. Diese Dateninhalte können fixe Informationen, wie z.B. Name des Schichtführers, Zuschnittkennung (Profil, Rest) und variable Informationen wie z.B. Länge, Boxnummer, Qualität u.s.w. enthalten. Abbildung 3.6 und Abbildung 3.7 zeigen ein Beispiel eines bedruckten Profils.



Abbildung 3.6: Beispiel eines bedruckten Profils

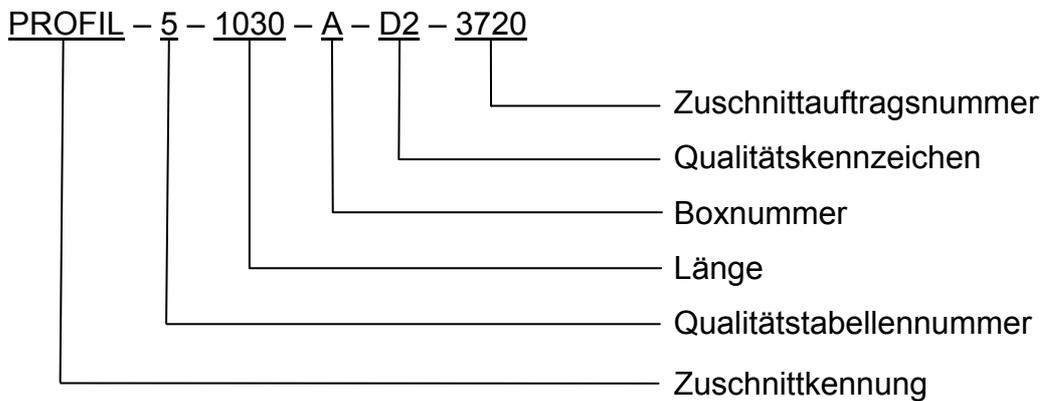


Abbildung 3.7: Aufbau des Druckinhaltes aus Abbildung 3.6

Der Dateninhalt der Abfälle ist fest programmiert und besteht nur aus dem „#“ Zeichen.

3.2.5 Sortierstrecke

Auf der Sortierstrecke Nr. 1 und Nr. 2 werden die zugeschnittenen Profile, Reste und lange Abfälle mittels 26 Stück Abschieber auf schräge Rutschen (Boxen) vom Transportband abgeschoben und somit sortiert. Die Zuordnung der Boxen zu den zugeschnittenen Profilen ist in den Qualitätstabellen der Zuschnittaufträge bestimmt. In den Qualitätstabellen existieren die Bezeichnungen der Boxen von Nr. 1 bis Nr. 8, A bis N und R bis X. Die Boxen R bis X sind jeweils 2 zusammengefasste Boxen der Boxen A bis N (z.B. Box A + Box B gemeinsam ergibt Box R), und

werden schon von dem EDV-Programm in der Arbeitsvorbereitung ab einer festgelegten Länge des Profils verwendet.

Die Boxenkennzeichnung im Elektroschaltplan zu der Boxenkennzeichnung in den Qualitätstabellen ist aus unbekanntem Gründen unterschiedlich. Die Zuordnung der Boxenkennzeichnungen sind in der Tabelle 8.2 und Tabelle 8.3 unter der Spalte „Bezeichnung“ im Anhang ersichtlich. Die in Klammer gesetzte Bezeichnung entspricht der Boxenkennzeichnung in den Qualitätstabellen. In der Abbildung 8.2 und Abbildung 8.3 im Anhang sind ebenfalls die Zuordnungen der Boxen ersichtlich. Auf Grund der Gewohnheit des Bedienpersonals und dem vorhandenen EDV-Programm der Arbeitsvorbereitung sollen diese Bezeichnungen sowohl im Elektroschaltplan als auch in den Qualitätstabellen beibehalten werden.

Abfälle werden vom Abschieber in Box 1 ausgeschieden. Restmaterial wird von den Abschiebern in Box 2 bis Box 7, abhängig von der Länge, abgeschoben. Die Anzahl der Abschieber wird abhängig von der Länge gesteuert. Je länger der Rest ist, desto mehr Abschieber müssen angesteuert werden. Die Abschieber Box 5 bis Box 12 der Sortierstrecke Nr. 1 sind für jenes Vorratsmaterial bestimmt, welches nicht direkt einem Werkauftrag zugeordnet werden kann. Die Abschieber der Boxen 5 bis Box 7 werden sowohl bei langen Resten, als auch zum Sortieren des Vorratsmaterials verwendet. Die übrigen Lamellen werden über den Quertransport zur Sortierstrecke Nr. 2 befördert. Auf der Sortierstrecke Nr. 2 werden jene Lamellen abgeschoben, die einem Werkauftrag auch zugeordnet werden können.

Die Ansteuerung der einzelnen Abschieber erfolgt zeitgesteuert. Über dem Auslauf der Sägestation ist ein optischer Sensor montiert (gleicher Sensor wie für Startimpuls Tintenstrahldruckgerät), mit dessen fallender Flanke, ausgelöst durch das zugeschnittene Profil, die Zeitverzögerung für das Einschalten des jeweiligen Abschiebers der Sortierstrecke Nr. 1 gestartet wird.

Jene Profile, die auf der Sortierstrecke Nr. 2 sortiert werden, laufen bis an das Ende der Sortierstrecke Nr. 1, wo ein Abschieber die Profile auf den Kettenförderer des Quertransportes abschiebt. Dieser Abschieber wird von einem Lichtschranken, der vor diesem montiert ist, gesteuert. Mit dem Erkennen der Endkante des Profils wird der Impuls für den Abschieber gesetzt. Der Quertransport selbst besteht aus 8 einzelnen Ketten, die gemeinsam angetrieben werden und 6 Pufferplätzen. Die Puffer sind Klappen, die quer zu den Ketten von unten auftauchen, und dadurch das Profil zurückhalten. Vor jedem Pufferplatz ist ein optischer Sensor montiert, der die Profile detektiert. Solange das vorherige Profil die Plausibilitätskontrolle nicht passiert hat, wird das nächste Profil am Quertransport durch den Puffer Nr.6 zurückgehalten. Damit wird gewährleistet, dass für die nachfol-

gende Plausibilitätskontrolle die notwendige Lücke zwischen den einzelnen Profilen entsteht. Ist der Puffer Nr.6 belegt, und es folgt schon das nächste Stück, so wird dieses vom Puffer Nr.5 zurückgehalten u.s.w..

Damit die Steuerung eine eventuelle Kollision am Quertransport erkennt, wird am Beginn der Sortierstrecke Nr. 2 eine Plausibilitätskontrolle der Profile durchgeführt. Diese Kontrolle erfolgt durch Längenmessung der vorbei transportierten Profile mittels einer Lichtschranke und einem an das Transportband montierten Laufrad mit einem inkrementalen Drehgeber. Für die Dauer der Belegung der Lichtschranke werden die Impulse des Drehgebers gezählt und danach umgerechnet. Wird eine eingestellte Toleranz über- oder unterschritten, wird die Abarbeitung gestoppt und eine entsprechende Meldung am Bildschirm angezeigt. Die gleiche Meldung erfolgt auch bei Belegung aller 6 Puffer am Quertransport⁶. Nach Behebung der Störung muss das Bedienpersonal die Meldung quittieren. Damit wird auch ein Reset der Zeitsteuerung der Abschieber durchgeführt. Die Abarbeitung wird an der unterbrochenen Stelle fortgesetzt.

Mit der fallenden Flanke der Lichtschranke für die Plausibilitätskontrolle wird die Zeitverzögerung für das Einschalten des jeweiligen Abschiebers der Sortierstrecke Nr. 2 gestartet. Die Verzögerungszeit errechnet sich aus der Transportgeschwindigkeit und dem Abstand des Abschiebers zu dem Referenzsensor. Transportgeschwindigkeit, Abstand und Einschaltdauer sind in einer Tabelle in den Maschinenparametern hinterlegt.

Die Profile sind durch das Tintenstrahldruckgerät mit Informationen bedruckt, und können dadurch den bereitgestellten Sortierwagen zugeordnet werden. Die Sortierwagen tragen Streifen, auf denen die Information für die Zuordnung der einzelnen Plätze zu den zugeschnittenen Profilen aufgedruckt ist. Gleichzeitig dienen die Informationen zur Kontrolle der Vollständigkeit. Fehlen nach der kompletten Abarbeitung des Zuschnittauftrages noch Profile, oder fallen einzelne Profile aus unterschiedlichen Gründen aus, so muss der Anlagenführer diese Profile in den Qualitätstabellen durch manuelle Eingabe nachtragen und nachproduzieren.

Folgende Gründe können für das Fehlen von Profilen verantwortlich sein:

- Störungen im Ablauf zwischen der Lesestation und dem Sägeschnitt können zu einem notwendigen Abbruch der Bearbeitung führen. Die Profile sind jedoch vom Zuschnittauftrag abgebucht, obwohl diese niemals zugeschnitten wurden.

⁶) Diese Situation entspricht einem Stau auf dem Quertransport, der durch verspießen von Profilen bei der Plausibilitätskontrolle oder am Quertransport entstehen kann.

- Die Qualität der zugeschnittenen Profile werden vom Bedienungspersonal beim Einsortieren kontrolliert. Falls Abweichungen zu den festgesetzten Kriterien festgestellt werden, müssen diese Profile ausgeschieden werden. Abweichungen können einerseits durch falsche Beurteilung des Lamellenmaterials durch das Personal an der Anzeichenstation, andererseits durch fehlerhaftes Erfassen der Qualitäten in der Lesestation entstehen.

Wie bereits erwähnt, bestehen die einzelnen schichtverleimten Holzprofile des Fensters aus verschiedenen Lamellenquerschnitten. Das bedeutet, dass das Lamellenmaterial des schichtverleimten Holzprofils abhängig von den Querschnitten der einzelnen Lamellen aus verschiedenen Zuschnittaufträgen zugeschnitten wird. Erst nach vollständiger Abarbeitung aller Zuschnittaufträge eines Werkauftrages werden die Lamellen der nachfolgenden Produktionsanlage zur Weiterbearbeitung übergeben.

3.2.6 Zusammenfassung der Maschinenparameter

Maschinenparameter sind jene Parameter, die unabhängig vom Zuschnittauftrag sind. Diese Parameter sind weitgehend konstant und brauchen nur bei der Inbetriebnahme oder nach Wartungsarbeiten durch das Instandhaltungspersonal verändert werden (z.B. Walzenkorrektur bei Walzentausch).

Folgend sind alle Maschinenparameter aufgelistet.

- Einlesestation:
Walzenkorrekturfaktor der Einlesestation in mm / 10 m
- Sägestation:
Sägeblattstärke in mm
Abstand Referenz – Sägeblatt in mm
Walzenkorrekturfaktor der Sägestation in mm / 10 m
Nachlaufweg in mm
Maximalgeschwindigkeit in mm / Minute
Einfahrtgeschwindigkeit in mm / Minute
MIFA Initialisierungsstring (Erklärung im Kapitel 4.2.7)
- Tintenstrahl Druckgerät
Textinhalt Profile
Textinhalt Reste
- Plausibilitätskontrolle:
Walzenkorrekturfaktor in mm / 10 m
Lesetoleranz in + / – mm

- Sortierstrecke Nr. 1:
Tabelle für Steuerung der Abschieber (siehe Kapitel 4.2.5)
- Sortierstrecke Nr. 2:
Tabelle für Steuerung der Abschieber (siehe Kapitel 4.2.5)

3.3 Steuerungsaufbau

Die zu ersetzende Steuerung besteht aus drei Steuerungssystemen, einem PC, einem Steuerrechner und einer SPS. Das Tintenstrahldruckgerät und die Positioniersteuerung werden nicht ersetzt. Der Datenaustausch erfolgt unterschiedlich, einerseits über Datenschnittstellen, andererseits über digitale Ein- und Ausgänge. Der Aufbau der Steuerung ist in Abbildung 3.8 graphisch dargestellt.

Der PC ist ein IBM/PS2-Modell mit dem Betriebssystem DOS 3.3. Die darauf installierte Anwendersoftware erfüllt folgende Funktionen:

- laden, verwalten, editieren und anzeigen der Zuschnittaufträge
- Parametrierung der Optisäge
- Zuschnittoptimierung des Lamellenmaterials
- anzeigen von Meldungen und deren Quittierung
- Ausdruck der Parameterdaten und der Zuschnittaufträge

Die Zuschnittaufträge werden über das firmeninterne EDV-Netzwerk auf den PC geladen. Beim Starten der Anwendersoftware werden der Steuerrechner und die SPS zurückgesetzt. Danach werden die Maschinenparameterdaten an den Steuerrechner gesendet. Ab diesem Zeitpunkt ist die Optisäge betriebsbereit. Der PC besitzt drei Datenschnittstellen:

- Ethernetschnittstelle zum Laden der Zuschnittaufträge vom Server
- serielle RS-232 Schnittstelle zur Kommunikation zwischen PC und Steuerrechner
- parallele Druckerschnittstelle

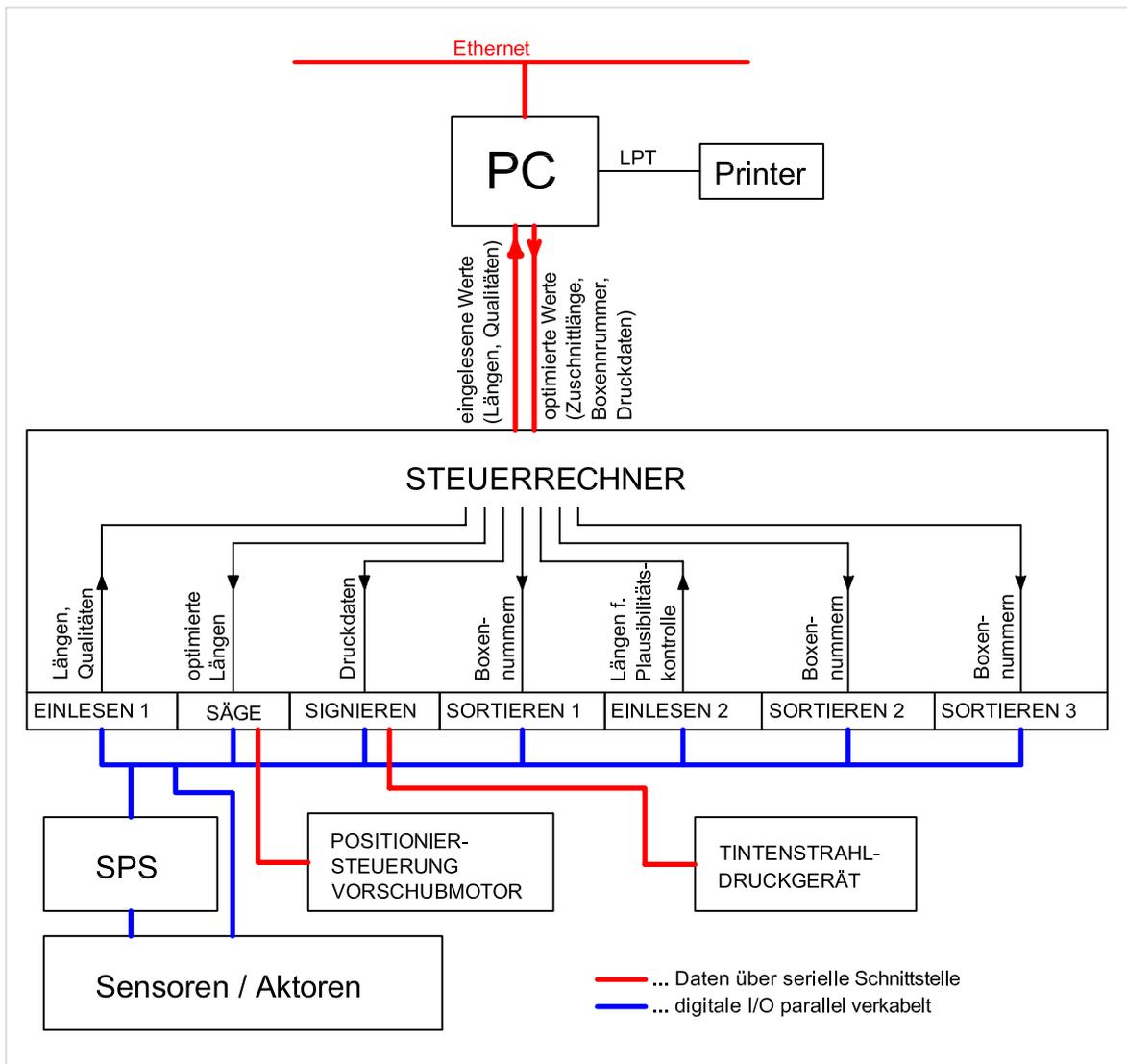


Abbildung 3.8: Aufbau der Steuerung

Der Steuerrechner ist hardwaremäßig auf die Anforderungen der Optisäge abgestimmt, und somit in dieser Form einmalig. Teile der Hardware dieses Steuerrechners sind nicht mehr verfügbar (insbesondere der eingesetzte Mikroprozessor), und somit ein Hauptgrund für den notwendigen Ersatz der Steuereinrichtung. Der Steuerrechner erfüllt folgende Funktionen:

- einlesen des Lamellenmaterials von der Lesestation und Erstellung der Daten für die Optimierungssoftware
- Übermittlung der eingelesenen Daten über RS-232 Schnittstelle an PC
- Empfang der optimierten Daten über RS-232 Schnittstelle vom PC

- Aufbereitung der empfangenen Daten für die Positionierung und Übertragung über serielle Datenschnittstelle zur Positioniersteuerung des Vorschubmotors
- Aufbereitung der empfangenen Daten für das Tintenstrahldruckgerät und Übertragung über serielle Datenschnittstelle zum Tintenstrahldruckgerät
- Plausibilitätskontrolle auf der Sortierstrecke Nr. 2
- Steuerung der Abschieber
- Kommunikation mit der untergeordneten SPS über digitale Ein- und Ausgänge

Die SPS besteht nur aus digitalen Ein- und Ausgängen. Sie erfüllt nur mehr die einfachsten Steuerungsaufgaben. Teilweise fungieren Ausgänge als Koppelrelais für den Steuerungsrechner. Zum Beispiel werden die 26 Stück Abschieber über Ausgänge der SPS angesteuert, die Logik für diese Ansteuerung befindet sich jedoch im Steuerrechner. Der Steuerrechner setzt für jeden einzelnen Abschieber einen eigenen Ausgang der wiederum direkt auf einen Eingang der SPS und direkt ohne zusätzliche Verknüpfung auf den jeweiligen Ausgang der Abschieber führt. Daraus erklärt sich die große Anzahl der digitalen Ein- und Ausgänge des Steuerrechners und der SPS⁷.

3.4 Datenstruktur der Zuschnittaufträge

Die Zuschnittaufträge werden von einem eigenen EDV-Programm für die Optisäge erstellt. Die Datenstruktur ist dabei an die Anforderungen der Optisäge angepasst. In der Arbeitsvorbereitung werden mit einer Offline-Version der Anwendersoftware, wie diese am PC der Optisäge installiert ist, die Zuschnittaufträge übernommen. Dadurch hat man die Möglichkeit die Aufträge einzusehen und diese zu editieren. Die Freigabe der Zuschnittaufträge für die Produktion erfolgt durch Kopieren der Aufträge auf ein definiertes Unterverzeichnis. Auf dem PC der Optisäge ist für das Laden der Zuschnittaufträge der Pfad auf dieses Unterverzeichnis eingestellt⁸.

⁷) Der Steuerrechner benötigt 19 digitale Eingänge und 46 digitale Ausgänge. Die SPS benötigt 72 digitale Eingänge und 67 digitale Ausgänge. In Summe benötigt die Optisäge 91 digitale Eingänge und 113 digitale Ausgänge.

⁸) Werksauftrag unterteilt sich in verschiedene Zuschnittaufträge zu je 15 Qualitätstabellen mit je max. 60 Einträgen (Zeilen)

3.5 Verbesserungspotenziale

Der Austausch der Hardware der Steuerung bedingt ebenso die Erstellung der kompletten Anwendersoftware. Bei der Aufnahme des Ist-Zustandes der Optisäge konnten Verbesserungspotenziale festgestellt werden. Diese Erkenntnisse sollen natürlich in die Projektierung der Hard- und Software mit einfließen. Folgend eine Auflistung der einzelnen Punkte:

- Abbuchung der Profile nach Sägeschnitt
- Eingabeterminal bei Sortierstrecke Nr. 2
- Abarbeitung von mehreren Aufträgen
- Erhöhung der Anzahl der Zeilen pro Tabelle
- Nachlaufweg bei kurzem Abfall
- Reduzierung d. digitalen Ein- und Ausgänge
- Betriebsbereitschaftsmeldung Säge
- Not-Aus Behandlung
- Änderung der Ansteuerung Querschieber

Wie schon im Unterkapitel 3.2.5 erwähnt, ist es notwendig fehlende Profile im Zuschnittauftrag nachzutragen. Beim Editieren der Zuschnittaufträge muss die Abarbeitung jedoch unterbrochen werden. Von den fünf Bedienpersonen tätigt eine Person die Eingabe der fehlenden Profile. Die restlichen vier Personen sind dadurch zur Untätigkeit gezwungen. Abhilfe soll die Änderung des Zeitpunktes der Abbuchung der Profile und ein Eingabeterminal an der Sortierstrecke Nr. 2 erbringen.

Abbuchung der Profile nach Sägeschnitt

Damit diese Unterbrechungen auf ein Minimum reduziert werden, darf das optimierte Profil erst dann vom Zuschnittauftrag abgebucht werden, wenn es auch zugeschnitten wurde. Das hat jedoch wiederum Einfluss auf den Zeitpunkt der Optimierung des eingelesenen Lamellenmaterials. Im momentanen Zustand der Optisäge wird nach dem Verlassen der Lesestation durch das Lamellenmaterial die Optimierung durchgeführt, und vom Zuschnittauftrag abgebucht. Wenn nun die Abbuchung erst bei durchgeführtem Sägeschnitt erfolgt, kann die Optimierung des nächsten Lamellenmaterials erst nach dem Zuschnitt bzw. Abbuchung des letzten Profils des vorhergehenden Lamellenmaterials erfolgen. Die Voraussetzung dafür

ist eine entsprechend schnelle Optimierung, damit keine merklichen Pausen entstehen.

Eingabeterminal bei Sortierstrecke Nr. 2

Falls Profile beim Einsortieren an der Sortierstrecke Nr. 2 durch den Bediener aus unterschiedlichen Gründen ausgeschieden werden, soll diese Person mittels eines Erfassungsterminals das ausgeschiedene Profil nachtragen, ohne die Abarbeitung zu unterbrechen.

Abarbeitung von mehreren Aufträgen

Zugeschnittene Reste bedeuten, dass diese beim nächsten Auftrag wieder der Optisäge zugeführt werden müssen, und dadurch die Nettomaschinenzeit reduzieren (vgl. Unterkapitel 3.2.3). Um das zu verhindern, soll gleichzeitig ein zweiter Auftrag bearbeitet werden können. Erst wenn bei der Optimierung des ersten Auftrages Reste entstehen, sollen diese Reste für die Optimierung des zweiten Auftrages verwendet werden.

Erhöhung der Anzahl der Zeilen pro Tabelle

In der Vergangenheit wurde öfter die Grenze von 60 Zeilen pro Qualitätstabelle überschritten. In diesem Fall wurden in der Arbeitsvorbereitung Längen zusammengefasst und manuell in den einzelnen Qualitätstabellen der Zuschnittaufträge korrigiert. Nicht nur, dass in der Arbeitsvorbereitung zusätzliche Zeit dafür in Anspruch genommen werden muss, wird dadurch auch die Holzausbeute verschlechtert. Auch die nachfolgende Fräsmaschinenstrasse kann nur ein bestimmtes Maß an Überlängen störungsfrei verarbeiten. Nach Absprache mit der Arbeitsvorbereitung wurde die voraussichtlich notwendige Anzahl der maximalen Zeilen pro Qualitätstabelle auf 256 Zeilen beschränkt.

Nachlaufweg bei kurzem Abfall

Der Nachlaufweg, wie im Unterkapitel 3.2.3 beschrieben, wird nach jedem Sägeschnitt durchgeführt. Dieser hat die Aufgabe, die abgeschnittenen Profile, Reste und Abfälle aus der Sägestation zu transportieren, bevor die nächste Position angefahren wird. Kurze Abfälle scheiden sich selbsttätig im freien Fall aus dem Materialfluss aus, somit ist auch das Fahren des Nachlaufweges nicht notwendig. Der Vorteil liegt in der Zeitersparnis und der geringeren Abnutzung der elektromagnetischen Kupplung.

Reduzierung der digitalen Ein- und Ausgänge

In Tabelle 8.1, Tabelle 8.2 und Tabelle 8.3 im Anhang ist eine Auflistung der nötigen digitalen Ein- und Ausgänge. Demnach werden in Summe 42 digitale Eingänge und 68 digitale Ausgänge benötigt. Im Unterkapitel 3.3 ist die derzeitige Anzahl mit 91 digitalen Eingängen und 113 digitalen Ausgängen festgestellt. Mit der neuen Hardware erspart man sich demnach 94 digitale Ein- und Ausgänge, das nahezu einer Halbierung entspricht. Zusätzlich wird noch die serielle Schnittstelle zwischen PC und Steuerrechner eingespart.

Betriebsbereitschaftsmeldung Säge

Der Sägemotor muss durch einen Start-Taster an der Frontseite des Schalt-schranks manuell gestartet werden. Ein laufender Sägemotor ist natürlich Voraussetzung für die Betriebsbereitschaft der Optisäge. Diese Bedingung wird jedoch von der Anwendersoftware nicht überprüft. Ist der Sägemotor nicht eingeschaltet, so muss im besten Fall die Abarbeitung abgebrochen werden, und das Lamellenmaterial aus der Anlage ausgeräumt werden. Im schlechtesten Fall können dadurch mechanischen Schäden auftreten.

Not-Aus Behandlung

Bei Not-Aus wird hardwaremäßig die komplette Steuerspannung und auch Versorgungsspannung des Steuerrechners der SPS und des PCs weggeschaltet. Diese Situation kommt einem Stromausfall gleich und kann zu Datenverlusten und Datenzerstörungen führen. Beim Ersatz der Steuerungseinrichtung muss demnach auf eine vernünftige Not-Aus Behandlung sowohl softwaremäßig als auch hardwaremäßig geachtet werden. Diese Maßnahme bedingt die Ansteuerung der Transportbänder nach der Sägestation, Sortierstrecke Nr. 1 und Nr. 2 über je einen Schütz und dessen Ansteuerung über digitale Ausgänge der SPS (momentan werden diese drei Transportbänder manuell über je einen Motorleistungsschalter ein- und ausgeschaltet, und sind dadurch permanent im Betrieb).

Änderung der Ansteuerung Querschieber

An der Anzeichenstation beurteilen zwei Personen das Lamellenmaterial. Im normalen Betrieb sind dadurch beide Querschieber belegt. Darum sollten die Querschieber abwechselnd von der Steuerung bedient werden. Momentan wird jedoch der linke Querschieber vorrangig vor dem rechten Querschieber angesteuert. Nur dann, wenn der linke Querschieber unbelegt ist, wird der rechte Querschieber angesteuert. Somit muss die Person an der linken Anzeichenposition immer darauf

achten, dass auch das Lamellenmaterial von der rechten Anzeichenposition zur Lesestation quer geschoben wird.

4. BESCHREIBUNG DER STEUERUNG

„Dies [!] Pflichtenheft enthält alle Spezifikationen und Anforderungen, die für die Auslegung der Steuerung und die Kodierung der Software wichtig sind.“, meint Rainer Pickhardt in [Pic00] unter dem Kapitel „Praktische Gesichtspunkte bei der Projektierung einer SPS“. „Das Pflichtenheft setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen. Dazu gehört zunächst eine Anlagen- und Funktionsbeschreibung des zu steuernden Prozesses, die sinnvollerweise durch ein Technologieschema ergänzt wird. Darüber hinaus sind auch die Randbedingungen der Steuerung festzulegen und zu beachten. Dazu gehören die Betriebsarten, in denen die Steuerung betrieben werden soll, die Ein- und Ausschaltbedingungen, Start und Stop der Steuerung, die Verwirklichung und Überwachung des Arbeitsablaufs sowie das Verhalten bei Störungen. [...] Des Weiteren ist auch die räumliche Umgebung zu beachten, das Pflichtenheft muss dementsprechend also auch einen Lageplan der Anlage enthalten.“

4.1 Randbedingungen

Die Anlagen- und Funktionsbeschreibung der Optisäge inklusive eines Lageplanes ist bereits im Kapitel 3 ausführlich abgehandelt worden. Bei diesem Projekt handelt es sich nur um den Austausch der Steuerungseinrichtung. Das heißt, dass die Umfeldbedingungen klar vorgegeben sind. Damit die nötigen Elektroinstallationsarbeiten beim Austausch der Hardware möglichst gering gehalten werden, muss die neue Hardware am gleichen Ort wie die zu ersetzende SPS eingebaut werden. Die Verkabelungen aller Aktoren, Sensoren und Schnittstellen sind zentral vom Schaltschrank ins Feld geführt. Das bedeutet, dass abgesehen vom zusätzlichen Eingabeterminal an der Sortierstrecke Nr. 2 eine eventuelle Anpassung der Verdrahtung nur innerhalb des Schaltschranks nötig ist. Der bestehende Schaltschrank ist in Abbildung 4.1 abgebildet und hat folgende Abmessungen: 2.000 mm Höhe, 1.200 mm Breite, 600 mm Tiefe.

Der Schrank ist durch eine Mittelwand symmetrisch in der Breite geteilt. Im linken Teil befindet sich im unteren Viertel die Leistungselektronik des Vorschubmotors. Darüber sind diverse Klemmreihen, Schütze und Relais montiert. Im obersten Viertel ist die SPS montiert (siehe Abbildung 4.2). Alle Kabelabgänge ins Feld sind durch die linke Seitenwand ausgeführt. Durch die Demontage der SPS würde folgender Raum für die neue Hardware geschaffen werden: 500 mm Höhe, 500 mm Breite, 280 mm Tiefe. An der Fronttür des linken Schaltschrankteiles sind diverse

Schalter, Taster und Meldeeinrichtungen für die Inbetriebnahme der Optisäge angeordnet.



Abbildung 4.1: Schaltschrankaußenansicht

Im rechten Teil des Schrankes befindet sich in der Höhe mittig der Steuerrechner, der komplett entfällt. Die dazugehörige Klemmenleiste ist direkt hinter dem Steuerrechner. Oberhalb des Steuerrechners befindet sich das Desktopgehäuse mit darauf gestellten Monitor des PCs. Die Tastatur ist außerhalb des Schaltschranks auf eine schräge Auflage gelegt. Dieser PC wird durch einen neuen PC oder IPC ersetzt. Unterhalb des Steuerrechners ist auf einem Zwischenboden der Printer aufgestellt, der erhalten bleibt.

Die Steuerung muss für Zweischichtbetrieb, Umgebungstemperaturen im Schaltschrank von 0° Celsius bis 60° Celsius und erhöhter Staubbelastung in der Atmosphäre ausgelegt sein.



Abbildung 4.2: Schaltschrankinnenansicht linker Teil

4.2 Ablaufbeschreibung

Im Anhang sind unter anderem die notwendigen Ein- und Ausgänge der Soft-SPS in der Tabelle 8.1, Tabelle 8.2 und Tabelle 8.3 gelistet. Diese sind in Gruppen nach Anlagenteilen geordnet und fortlaufend nummeriert. Die Bezeichnungen der Ein- und Ausgänge in der fortführenden Arbeit entsprechen dieser festgelegten Nummerierung.

Mit dem Hauptschalter an der linken Schaltschranktür wird die komplette Anlage eingeschaltet. Nach Hochlauf und Initialisierung der Soft-SPS befindet sich der Bediener im Hauptmenü und die Anlage im „Stop-Betrieb“. Im Hauptmenü wählt man unter anderem die Zuschnittaufträge zur Bearbeitung aus. Bevor mit der Bearbeitung gestartet werden kann, muss das Tintenstrahldruckgerät ebenfalls betriebsbereit sein. Sind die vorbereitenden Maßnahmen ausgeführt, kann die Bearbeitung gestartet werden. Durch drücken der Handtaste „Entriegeln“ (Eingang Nr. 12) wird bei vorhandener Grundstellung die Meldeleuchte „Stop“ (Ausgang Nr. 13) gelöscht, und die Anlage befindet sich somit im Automatikbetrieb. Fehlt eine oder mehrere Bedingungen für die Grundstellung, werden die fehlenden Bedingungen am Monitor im Klartext angezeigt, und die Anlage bleibt weiter im „Stop-Betrieb“.

4.2.1 Querschub zur Lesestation

Die Anzeichenstation dient zur Beurteilung des Lamellenmaterials und der Übergabe an die Lesestation. Zwei Personen stehen sich gegenüber, wodurch die Anzeichenstation im Aufbau und der Funktion in linke und rechte Seite gespiegelt ausgeführt ist. An der Anzeichenstation wird das Lamellenmaterial für die Übergabe an die Lesestation mit dem linken und rechten Querschub in die Mitte geschoben. Die Endposition des linken Querschiebers entspricht der Position der Ausrichtkante der Lesestation (in Durchlaufrichtung gesehen befindet sich die Ausrichtkante an der linken Seite). Die Endposition des rechten Querschiebers muss daher abhängig von der Breite des Lamellenmaterials variieren. Zusätzlich muss beim Querschub des rechten Querschiebers ein Gegenhalter (Ausgang Nr. 14) angesteuert werden, damit das Lamellenmaterial nicht zu weit nach links geschoben wird. Die linken und rechten Querschieber werden mittels Druckluftzylinder bewegt. Diese Druckluftzylinder werden für die Vor- und Rückwärtsbewegung mit je einem 5/2 Wegeventil angesteuert (Ausgänge Nr. 3, Nr. 4, Nr. 8 und Nr. 9). Zusätzlich sind beide Zylinder mit je einer Feststelleinheit (Ausgänge Nr. 2 und Nr. 7), die die Kolbenstangen klemmen, ausgestattet. Mit der Feststelleinheit können damit auch Mittelstellungen realisiert werden, in dem die Kolbenstange geklemmt wird, und der Zylinder beidseitig entlüftet wird. Der Pneumatikplan der Optisäge ist im Anhang in der Abbildung 8.1 dargestellt.

Die beiden Personen an der Anzeichenstation können für die Qualitätsbeurteilung des Lamellenmaterials durch drücken der Handtasten „Heben/Senken rechts“ (Eingang Nr. 5) und „Heben/Senken links“ (Eingang Nr. 10) einen Teil der Rollen der Anzeichenstation hochklappen (Ausgänge Nr. 1 und Nr. 6). Für den Start des Querschubes, wird das beurteilte Lamellenmaterial manuell gegen einen Anschlag geschoben. Das Lamellenmaterial belegt dadurch die Reflextaster „Anzeichner Rechts“ (Eingang Nr. 4) bzw. Reflextaster „Anzeichner Links“ (Eingang Nr. 9). Ist

der jeweilige Querschieber in Grundstellung, so wird das Lamellenmaterial gespannt (Ausgang Nr. 5 bzw. Nr. 10) und bis zur Mittelposition⁹ quer geschoben (Eingang Nr. 2 bzw. Nr. 7). Ist die Einzugswalze in die Lesestation unbelegt (Eingänge Nr. 3 und Nr. 8), wird das Lamellenmaterial bis zur Einzugswalze quer geschoben (Eingang Nr. 3 für rechten Querschub, Eingang Nr. 8 für linken Querschub), und die Einzugswalze senkt sich auf das Lamellenmaterial (Ausgang Nr. 12), wodurch dieses festgehalten wird. Der Spanner wird gelöst, und der Querschieber in Grundstellung gefahren. Ist die Lesestation unbelegt (Eingänge Nr. 13 und Nr. 14, Ausgänge Nr. 15, Nr. 16 und Nr. 17 rückgesetzt) wird das Lamellenmaterial mit der Einzugswalze (Ausgang Nr. 11) in die Lesestation eingeschoben. Erreicht das Lamellenmaterial den Reflextaster „Lesestation“ (Eingang Nr. 13) wird die Einzugswalze abgeschaltet und gehoben. Damit ist die Übergabe des Lamellenmaterials in die Lesestation abgeschlossen.

Das Ablaufprogramm muss gewährleisten, dass die beiden Querschieber bei gleichzeitiger Belegung der Reflextaster „Anzeichner rechts“ und „Anzeichner links“ abwechselnd angesteuert werden (siehe Unterkapitel 3.5: Änderung der Ansteuerung Querschieber).

4.2.2 Einlesen des Lamellenmaterials

Folgende Bedingungen für das Einlesen des Lamellenmaterials müssen erfüllt sein:

- erfolgte Übergabe an die Lesestation
- Betriebsbereitschaftsmeldung der optischen Sensoren für die Qualitätserkennung (Eingänge Nr. 18, Nr. 19 und Nr. 20)
- kein Signal von den drei optischen Sensoren für die Qualitätserkennung (Eingänge Nr. 15, Nr. 16 und Nr. 17) im Augenblick des Beginns des Einlesevorganges
- Reflextaster „Band Mitte“ unbelegt (Eingang Nr. 23)

Sind die Bedingungen erfüllt, wird das Lamellenmaterial durch das Absenken der Einzugsrolle in der Lesestation (Ausgang Nr. 16) und das Spannen mit den seitlichen Rollen (Ausgang Nr. 17) ausgerichtet. Danach werden der Vorschub der Lesestation und das Transportband nach der Lesestation eingeschaltet (Ausgänge Nr. 15 und Nr. 18) und das Lamellenmaterial eingelesen. Sind die Reflextaster

⁹) Entspricht der Mittelstellung der Querschieber wie im vorigen Absatz beschrieben (Klemmung der Kolbenstange mit Feststelleinheit)

„Band Mitte“ und „Band Ende“ (Eingänge Nr. 23 und Nr. 24) unbelegt, so wird das Lamellenmaterial komplett eingelesen und bis an das Ende des Transportbandes zur Sägestation transportiert. Ist jedoch der Reflextaster „Band Ende“ durch das vorher eingelesene Lamellenmaterial noch belegt, so muss der Einlesevorgang bei Erreichen des Reflextasters „Band Mitte“ gestoppt werden (Rücksetzen der Ausgänge Nr. 15 und Nr. 18). Sobald der Reflextaster „Band Ende“ unbelegt und der Querschieber Nr. 2 (Ausgang Nr. 20) in Grundstellung ist, wird der Einlesevorgang fortgesetzt. Wird das Brettende erkannt (fallende Flanke Eingang Nr. 14), werden alle Ausgänge der Lesestation rückgesetzt (Ausgänge Nr. 15, Nr. 16 und Nr. 17) und die Daten des eingelesenen Lamellenmaterials für die Optimierungsoftware aufbereitet und zwischengepuffert. Erreicht das eingelesene Lamellenmaterial das Ende des Transportbandes wird dieses abgeschaltet.

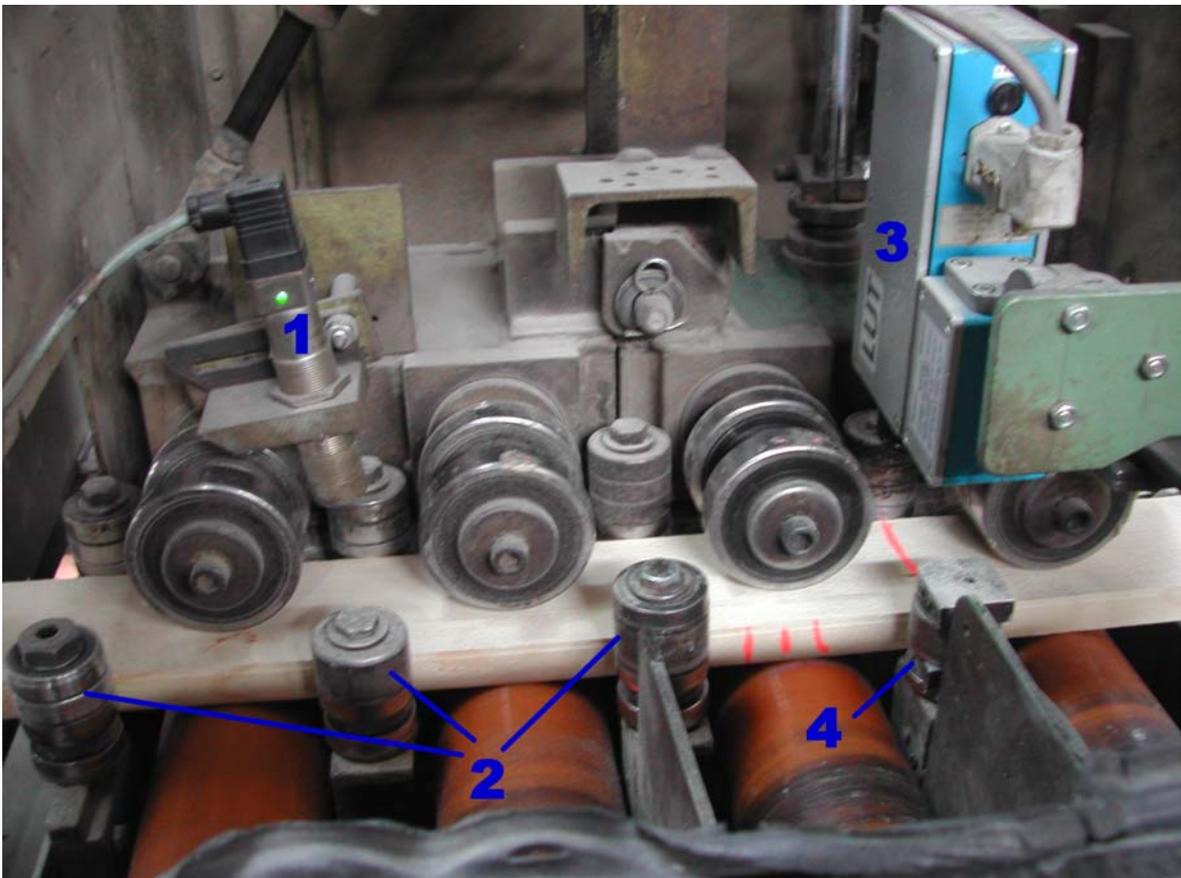


Abbildung 4.3: Innenansicht Lesestation

Abbildung 4.3 zeigt die Innenansicht der Lesestation, wobei sich die Einlaufseite links befindet. Der Reflextaster „Lesestation“ (Eingang Nr. 13) ist mit der „1“ gekennzeichnet, die seitlichen Rollen (Ausgang Nr. 17) zum Ausrichten des Lamellenmaterials sind mit der „2“ gekennzeichnet. Der optische Sensor zum Erkennen

der Qualitätsgrenzen (Eingang Nr. 15) ist mit der „3“ gekennzeichnet. Die beiden optischen Sensoren zum Erkennen der seitlichen Kreidestriche sind außerhalb der Lesestation montiert. Zur Signalübertragung vom Erfassungsobjekt zum Sensor sind Lichtwellenleiter eingesetzt, die in den seitlichen Rollenapparat eingeführt sind. Die Lichtschranke (Eingang Nr. 14) zum Erkennen der Anfangs- und Endkante des Lamellenmaterials benützt ebenfalls Lichtwellenleiter, die in den gleichen Rollenapparat eingeführt sind. Die Einbaulage der Lichtwellenleiter zur Erkennung der seitlichen Kreidestriche rechts (Eingang Nr. 16) und der Empfängerseite der Lichtschranke ist mit der „4“ gekennzeichnet. Im gegenüberliegenden Rollenapparat sind die Lichtwellenleiter zur Erkennung der seitlichen Kreidestriche links (Eingang Nr. 17) und der Senderseite der Lichtschranke eingeführt.

4.2.3 Aufbereitung der eingelesenen Daten

Die Länge des Lamellenmaterials wird mit einem inkrementalen Drehgeber festgestellt. Dieser liefert zwei um 90° versetzte Signale (Eingänge Nr. 21 und Nr. 22). Ein Impuls je Signal entspricht einem Millimeter, wodurch eine Auflösung von 0,5 mm erreicht wird. Die gemessene Länge muss mit dem Walzenkorrekturfaktor der Einlesestation aus den Maschinenparametern korrigiert, und auf ganze Millimeter gerundet werden.

Beispiel: die Anzahl der eingelesenen Impulse sei 2.297, der Walzenkorrekturfaktor -120 mm / 10 m

Die Berechnung der tatsächlichen Länge erfolgt im ersten Schritt durch Multiplikation der Anzahl der Impulse mit dem Faktor 0,5:

$$2.297 \text{ Impulse} * 0,5 \frac{\text{mm}}{\text{Impuls}} = 1.148,5 \text{ mm}$$

Im zweiten Schritt wird die Walzenkorrektur berechnet:

$$-0,012 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} * 1.148,5 \text{ mm} = -13,782 \text{ mm}$$

Im dritten Schritt wird die Walzenkorrektur zur gemessenen Länge addiert:

$$-13,782 \text{ mm} + 1.148,5 \text{ mm} = 1.134,718 \text{ mm}$$

Im vierten und letzten Schritt wird auf ganze Millimeter gerundet, und ergibt:

$$1.135 \text{ mm}$$

Zwischen den Qualitätsgrenzen (Impuls am Eingang Nr. 15) müssen die Anzahl der seitlichen Kreidestriche links (Anzahl Impulse am Eingang Nr. 17) und rechts (Anzahl Impulse Eingang Nr. 16) erfasst werden¹⁰. Auf Grundlage der Qualitätskennzeichnungstabelle aus den Maschinenparametern und der eingelesenen Anzahl der Kreidestriche werden den einzelnen Qualitätsabschnitten Qualitätstabelle-Nummern vergeben. Wie bereits im Unterkapitel 3.2.2 erwähnt existieren 17 Qualitätstabellen. Sind die Längen und Qualitäten der einzelnen Abschnitte bestimmt, muss der Datensatz für die Übergabe an das Optimierungsprogramm im geforderten Format erstellt werden. Diese Arbeit bildet unter anderem die Grundlage für die Wahl eines geeigneten Optimierungsprogramms. Deshalb kann zum jetzigen Zeitpunkt das Datenformat und der Dateninhalt für die Übergabe noch nicht beschrieben werden.

4.2.4 Sägen

Ist das Transportband nach der Lesestation belegt (Eingang Nr. 24) und der Reflextaster „Einzugswalze Säge“ (Eingang Nr. 27) unbelegt, wird der Querschub des eingelesene Lamellenmaterials vom Transportband zur Sägestation ausgeführt. Im ersten Schritt wird das Lamellenmaterial gespannt (Ausgang Nr. 21), der Oberdruck des Transportbandes (Ausgang Nr. 23) und die Einzugswalze vor der Säge (Ausgang Nr. 25) gehoben. Im zweiten Schritt wird der Querschieber Nr. 2 (Ausgang Nr. 20) angesteuert. Falls der Reflextaster „Band Mitte“ (Eingang Nr. 23) belegt ist, wird zusätzlich der Querschieber Nr. 1 (Ausgang Nr. 19) mit angesteuert. Der Gegenhalter (Ausgang Nr. 22) wird gleichzeitig mit dem Querschieber Nr. 2 für einen Augenblick angesteuert, drückt dadurch gegen das Lamellenmaterial, und indirekt gegen die Bewegung des Querschiebers. Dadurch dämpft der Gegenhalter die Querschubbewegung und bremst das Lamellenmaterial ab. Ist der Reflextaster „Einzugswalze Säge“ belegt (Eingang Nr. 27) fahren die Querschieber Nr. 1 und Nr. 2 wieder in Grundstellung (Ausgänge Nr. 19 und Nr. 20 rücksetzen). Danach senkt sich der Oberdruck des Transportbandes nach der Lesestation wieder ab (Ausgang Nr. 23).

Das Lamellenmaterial liegt vor der Sägestation, und wartet, bis das letzte Profil des vorhergehenden Lamellenmaterials zugeschnitten und im Zuschnittauftrag abgebucht ist. Erst dann kann das nächste Lamellenmaterial optimiert werden. Wenn ein entsprechend großer zeitlicher Abstand zwischen den einzelnen Lamel-

¹⁰) Die Vorschubgeschwindigkeit der Lesestation beträgt 3 m/sec. Bei einem minimal breiten Kreidestrich von 2 mm ergibt das eine minimale Impulsdauer von 0,67 Millisekunden. Haben aufeinander folgende Kreidestriche minimal einen Zentimeter Abstand zueinander, ergibt das eine Taktrate von 3,33 Millisekunden. Damit auch alle Kreidestriche sicher erfasst werden, muss die Hardware für diese Eingänge entsprechend ausgewählt werden (evtl. Zähl eingangskarte)

lenmaterialen besteht, kann die Optimierung frühestens bei Verlassen der Lese- station durchgeführt werden. Sind die Daten der Optimierung vorhanden, so wird das Lamellenmaterial unter Voraussetzung folgender Bedingungen in die Sägesta- tion eintransportiert.

- Sägestation ist leer (Eingänge Nr. 28, Nr. 29 und Nr. 31 unbelegt)
- Säge ist eingeschaltet (Eingang Nr. 30)
- Säge ist unten (Eingang Nr. 25)
- das vorhergehende Lamellenmaterial muss komplett zugeschnitten sein
- der letzte Zuschnitt des vorhergehenden Lamellenmaterials muss aus der Sägestation austransportiert sein (entfällt bei kurzem Abfall)

Sind die Bedingungen erfüllt, sendet die Soft-SPS den ersten Datensatz des vor der Sägestation liegenden Lamellenmaterials an die Positioniersteuerung, wo- durch diese den Walzenvorschub der Säge mit der Einfahrgeschwindigkeit ein- schaltet. Gleichzeitig wird der erste Datensatz an das Tintenstrahldruckgerät ge- sendet. Innerhalb einer definierten Zeit muss das Tintenstrahldruckgerät mit einer Bereitschaftsmeldung antworten. Fehlt diese Meldung oder wird eine negative Antwort empfangen, wird die Abarbeitung unterbrochen und eine entsprechende Störmeldung am Monitor angezeigt.

Wird die Bereitschaftsmeldung zeitgerecht empfangen, senkt sich die Einzugswal- ze¹¹ vor der Säge (Ausgang Nr. 25 rücksetzen) und die Referenzfahrt¹² wird selbsttätig von der Positioniersteuerung durchgeführt. Sobald der Reflextaster „Stück in Sägestation“ (Eingang Nr. 28) belegt ist, wird die Einzugswalze wieder gehoben, und das Magnetventil für die „Andrückrolle Säge“ (Ausgang Nr. 27) ein- geschaltet. Mit der positiven Flanke des Reflextasters „Referenz sortieren“ wird der Startimpuls zum Tintenstrahldrucker (Ausgang Nr. 31) gesendet. Die Positio- niersteuerung meldet über den Eingang Nr. 29 „Position erreicht“, wodurch der Sägehub (Ausgang Nr. 26) ausgelöst wird. Ist die Säge wieder in Grundstellung (positive Flanke Eingang Nr. 25), wird der Vorschub vor der Säge ausgekuppelt (Ausgang Nr. 30 rücksetzen), und der nächste Datensatz (Nachlaufweg) wird an die Positioniersteuerung gesendet. Nach erfolgtem Fahren des Nachlaufweges (positive Flanke Eingang Nr. 29) wird wieder eingekuppelt, und der nächste Da- tensatz wird an die Positioniersteuerung gesendet. Das Einkuppeln der Vor- schubwalzen erfolgt durch Schalten der Schnellerregung für die Dauer von einer

¹¹) Die Einzugswalze vor der Säge ist ein Bestandteil des Walzenvorschubes der Sägestation, und wird von diesem angetrieben.

¹²) Der Referenzschalter wird durch das einzutransportierende Lamellenmaterial ausgelöst, und ist direkt an die Positioniersteuerung angeschlossen.

Sekunde (Ausgang Nr.29), danach wird auf die Dauererregung umgeschaltet (Ausgang Nr. 30). Für Zuschnitte mit der Kennung „kurzer Abfall“ entfällt das Auskuppeln und fahren des Nachlaufweges. Mit der negativen Flanke des Reflextaster „Stück in Sägestation“ (Eingang Nr. 28) wird die Andrückrolle (Ausgang Nr. 27) rückgesetzt.

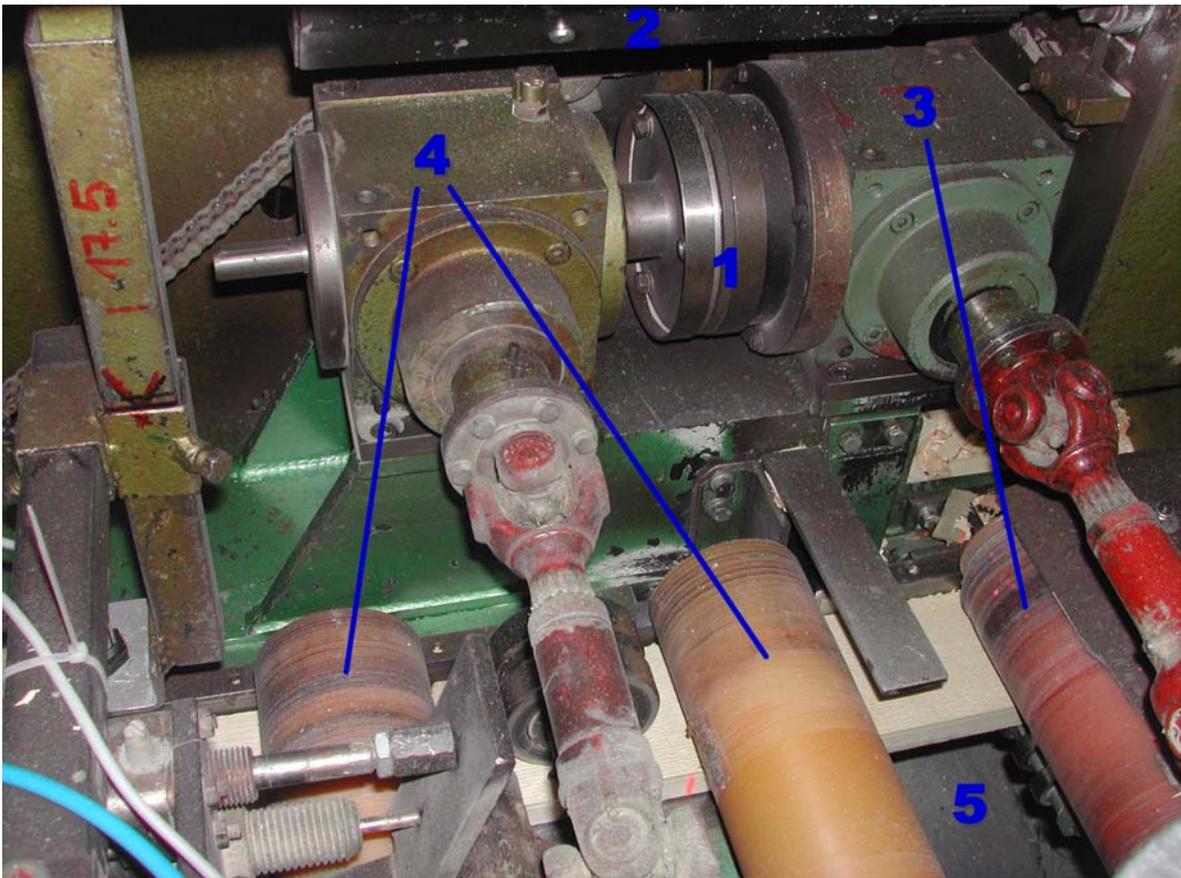


Abbildung 4.4: Innenansicht Sägestation

Abbildung 4.4 zeigt die Innenansicht der Sägestation, wobei sich die Einlaufseite links befindet. Die elektromagnetische Kupplung ist mit der „1“ gekennzeichnet, oberhalb befindet sich der Servomotor („2“). Der Servomotor treibt über einen Zahnriemen das Getriebe für den Walzenvorschub an. Das Getriebe und die Vorschubwalze nach der Säge sind mit der „3“ gekennzeichnet, das Getriebe und die Vorschubwalzen vor der Säge sind mit der „4“ gekennzeichnet. Das Sägeblatt taucht beim Sägen von unten auf, und befindet sich in dieser Abbildung in Grundstellung. Zwischen dem Sägeblatt und der nächst folgenden Vorschubwalze befindet sich ein konstruktiver Abstand, damit sich die kurzen Abfälle selbsttätig im freien Fall aus dem Materialfluss ausscheiden. Dieser Bereich ist mit der „5“ gekennzeichnet.

4.2.5 Sortieren

Auf den beiden Sortierstrecken befinden sich 26 Stück Abschieber, die Einzeln, aber auch in Gruppen angesteuert werden können. Die Abschieber werden über 5/2-Magnetspulenwegeventile und Druckluftzylinder betätigt (Ausgänge Nr. 34 bis Nr. 45 und Nr. 55 bis Nr. 68). Der Zeitpunkt der Ansteuerung der Abschieber errechnet sich aus dem Abstand zu einem Referenzsensor und der Transportgeschwindigkeit des Förderbandes. An der Sortierstrecke Nr. 1 ist der Referenzsensor am Auslauf der Sägestation montiert (Eingang Nr. 31), an der Sortierstrecke Nr. 2 liefert die Lichtschranke der Plausibilitätskontrolle (Eingang Nr. 39) den Referenzimpuls. Mit der fallenden Flanke des Referenzsensors, ausgelöst durch den Zuschnitt, startet die errechnete Verzögerungszeit zur Ansteuerung des dazugehörigen Abschiebers oder der Abschiebergruppe. Ist die Zeit abgelaufen, wird der Abschieber für eine definierte Einschaltdauer angesteuert. Es wird je Sortierstrecke eine Tabelle zum Eintrag der Parameter benötigt. Der Inhalt dieser Tabellen soll gleich der Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 sein.

SORTIERSTATION NR. 1			
Transportgeschwindigkeit			180 m/min
Einschaltdauer f. Abschieber			700 ms
Abstand Referenz --->	Box 5	1	780 cm
Abstand Referenz --->	Box 6	2	870 cm
Abstand Referenz --->	Box 7	3	960 cm
Abstand Referenz --->	Box 8	4	1110 cm
Abstand Referenz --->	Box 9	5	1200 cm
Abstand Referenz --->	Box 10	6	1480 cm
Abstand Referenz --->	Box 11	7	1680 cm
Abstand Referenz --->	Box 12	8	1825 cm
Abstand Referenz --->	Box 8,9	9	1120 cm
Abstand Referenz --->	Box 10,11	10	1500 cm
Abstand Referenz --->	Box 10,11,12	11	1490 cm

Tabelle 4.1: Maschinenparameter Sortierstrecke Nr. 1

Für Profile ist die Abschubposition in den Zuschnittaufträgen festgelegt. Die Bezeichnung der Abschieber in den Zuschnittaufträgen entspricht der zweiten Spalte in der Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2. Die Abschiebergruppe Nr. 9, Nr. 10 und Nr. 11 an der Sortierstrecke Nr. 1 existieren im derzeitigen Anlagenzustand nicht. Dadurch können durch das Abschieben von längeren Profilen mit nur einem einzigen

Abschieber Störungen im Ablauf verursacht werden. Um in Zukunft diese Störungen zu vermeiden, ist es notwendig die Sortierstrecke Nr. 1 mit den oben erwähnten drei Abschiebergruppen zu erweitern.

SORTIERSTATION NR. 2			
Transportgeschwindigkeit			117 m/min
Einschaltdauer f. Abschieber			500 ms
Abstand Referenz --->	Box 13	A	70 cm
Abstand Referenz --->	Box 14	B	20 cm
Abstand Referenz --->	Box 15	C	575 cm
Abstand Referenz --->	Box 16	D	820 cm
Abstand Referenz --->	Box 17	E	1070 cm
Abstand Referenz --->	Box 18	F	1320 cm
Abstand Referenz --->	Box 19	G	1570 cm
Abstand Referenz --->	Box 20	H	1825 cm
Abstand Referenz --->	Box 21	I	2070 cm
Abstand Referenz --->	Box 22	J	2350 cm
Abstand Referenz --->	Box 23	K	2565 cm
Abstand Referenz --->	Box 24	L	2820 cm
Abstand Referenz --->	Box 25	M	3065 cm
Abstand Referenz --->	Box 26	N	3320 cm
Abstand Referenz --->	Box 13,14	R	70 cm
Abstand Referenz --->	Box 15,16	S	570 cm
Abstand Referenz --->	Box 17,18	T	1070 cm
Abstand Referenz --->	Box 19,20	U	1570 cm
Abstand Referenz --->	Box 21,22	V	2070 cm
Abstand Referenz --->	Box 23,24	W	2570 cm
Abstand Referenz --->	Box 25,26	X	3070 cm

Tabelle 4.2: Maschinenparameter Sortierstrecke Nr. 2

Alle langen Abfälle werden beim Abschieber Box 1 (Ausgang Nr. 34), alle Reste beim Abschieber Box 2 (Ausgang Nr. 35) ausgeschieden. Ab einer definierten Länge des Restes werden noch zusätzliche Abschieber angesteuert (Ausgänge Nr. 36 bis Nr. 40). Deshalb benötigt die Tabelle 4.3 noch eine zusätzliche Spalte für die Längengrenzen der Reste. Im Anhang in Abbildung 8.2 und Abbildung 8.3 ist die Zuordnung der digitalen Ausgänge (eingekreisten Bezeichnungen) zu den

einzelnen Abschieber sowie deren Bezeichnung als auch die Zusammenfassung in Gruppen grafisch dargestellt.

SORTIERSTRECKE NR. 1 RESTE				
Transportgeschwindigkeit			180 m/min	Längen bis
Einschaltdauer f. Abschieber			500 ms	
Abstand Referenz --->	Box 2	Reste 1	480 cm	100 cm
Abstand Referenz --->	Box 2,3	Reste2	480 cm	250 cm
Abstand Referenz --->	Box 2,3,4	Reste3	480 cm	350 cm
Abstand Referenz --->	Box 2,2,4,5	Reste4	480 cm	450 cm
Abstand Referenz --->	Box 2,3,4,5,6	Reste5	480 cm	520 cm
Abstand Referenz --->	Box 2,3,4,5,6,7	Reste6	480 cm	999 cm

Tabelle 4.3: Maschinenparameter Sortierstrecke Nr. 1 Reste

Für Profile, welche an der Sortierstrecke Nr. 1 sortiert werden, müssen von der Ablaufsteuerung nur mehr das zeitgerechte Ansteuern der Abschieber gewährleistet werden. Alle Profile, welche an der Sortierstrecke Nr. 2 sortiert werden, werden am Ende der Sortierstrecke Nr. 1 vom Abschieber (Ausgang Nr. 47) auf den Quertransport abgeschoben. Die Auslösung des Abschiebers erfolgt durch die fallende Flanke der Lichtschranke (Eingang Nr. 32) vor dem Abschieber, ausgelöst durch das vorbeitransportierte Profil. Durch Fehlfunktionen können auch lange Abfälle, die am Beginn der Sortierstrecke Nr. 1 ausgeschieden werden sollten, diese Lichtschranke passieren. Darüber hinaus können Profile unter einer Zuschnittlänge von 500 mm den Quertransport aus konstruktiven Gründen nicht störungsfrei passieren. Darum dürfen Zuschnitte mit Längen unter 500 mm nicht auf den Quertransport abgeschoben werden, sondern werden an das Ende der Sortierstrecke Nr. 1 transportiert, wo sie in eine Auffangbox fallen.

Der Quertransport besteht konstruktiv aus 8 gemeinsam angetriebenen Rollenketten, auf denen die Profile von Sortierstrecke Nr. 1 zur Sortierstrecke Nr. 2 transportiert werden. Zusätzlich sind am Quertransport Klappen montiert, die pneumatisch über Magnetventile angesteuert werden. Damit können die Profile auf den Rollenketten zurückgehalten werden. Diese so genannten Puffer werden für die Vereinzelung der Profile vor der Plausibilitätskontrolle benötigt, um die nötige Lücke zwischen den einzelnen Profilen zu gewährleisten. Am Ende des Quertransportes fällt das Profil auf die Sortierstrecke Nr. 2 und wird durch die Lichtschranke der Plausibilitätskontrolle transportiert. Das nachfolgende Stück wird solange am Puffer Nr. 6 zurückgehalten (Ausgang Nr. 53), bis die fallende Flanke der Lichtschranke der Plausibilitätskontrolle erkannt wird. Vor jedem Pufferplatz ist ein opti-

scher Sensor über den Quertransport montiert (Eingänge Nr. 33 bis Nr. 38), die die vorbei transportierten Profile detektieren. Ist z.B. der Puffer Nr. 6 belegt, und es befindet sich das nächste Profil auf dem Quertransport, wird die Klappe des Puffers Nr. 5 (Ausgang Nr. 52) geschaltet, u.s.w.. Sobald die Lichtschranke der Plausibilitätskontrolle wieder frei ist, wird die Klappe des Puffers Nr. 6 solange ausgeschaltet, bis die Lichtschranke der Plausibilitätskontrolle die Anfangskante des Profils erkennt. Die an den Pufferplätzen zurückgehaltenen Profile takten um einen Pufferplatz weiter. Abbildung 4.5 zeigt das Schema des Quertransportes aus der Vogelperspektive inklusive der Sensor- und Aktorverteilung, Abbildung 4.6 die Seitenansicht.

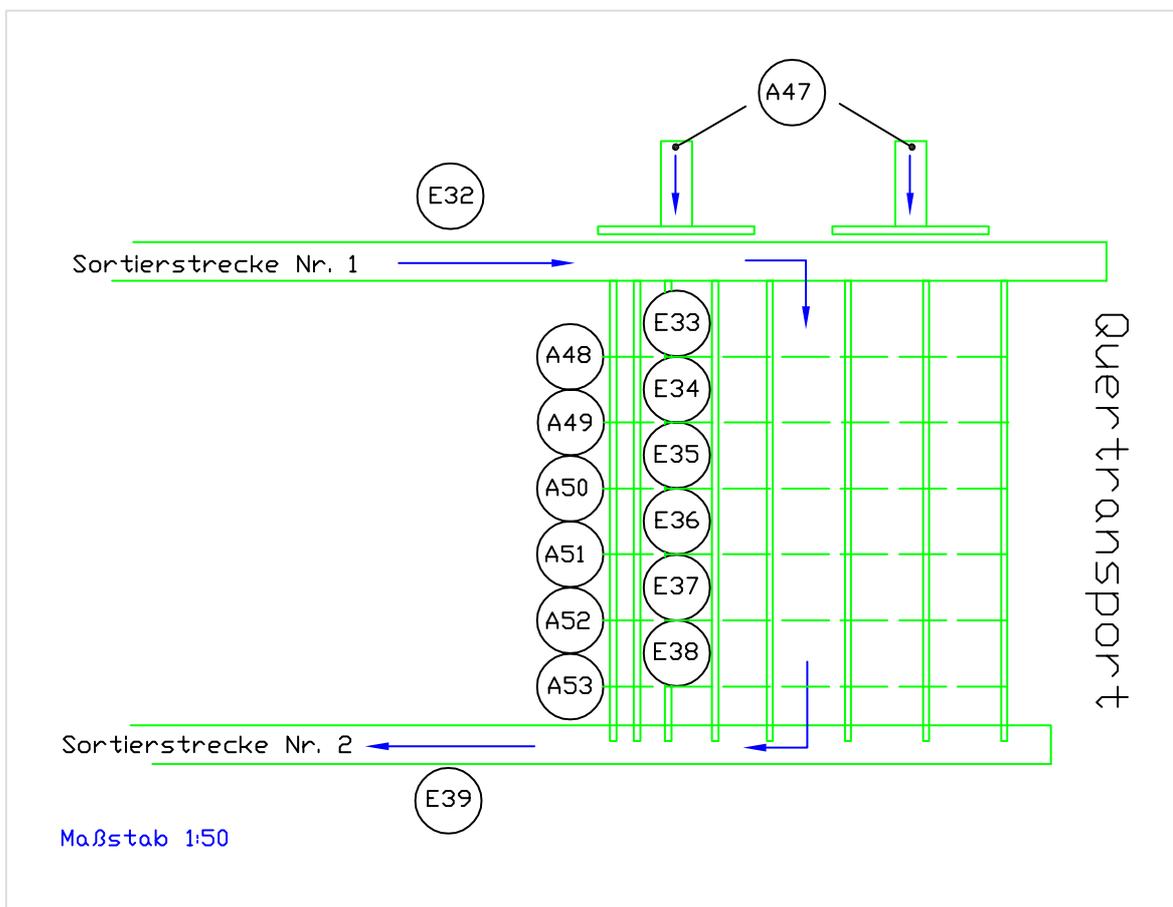


Abbildung 4.5: Sensor- / Aktorverteilung am Quertransport

Falls auf dem Quertransport ein Stau entsteht (Puffer Nr. 1 ist eine definierte Zeit belegt), wird eine Störmeldung am Monitor angezeigt, und die Abarbeitung der Säge angehalten (Stop-Betrieb). Die Bediener müssen durch manuellen Eingriff den Stau beheben. Durch Quittieren der Störmeldung und Betätigung der Handtaste „Entriegeln“ (Eingang Nr. 12) wird die Abarbeitung fortgesetzt.

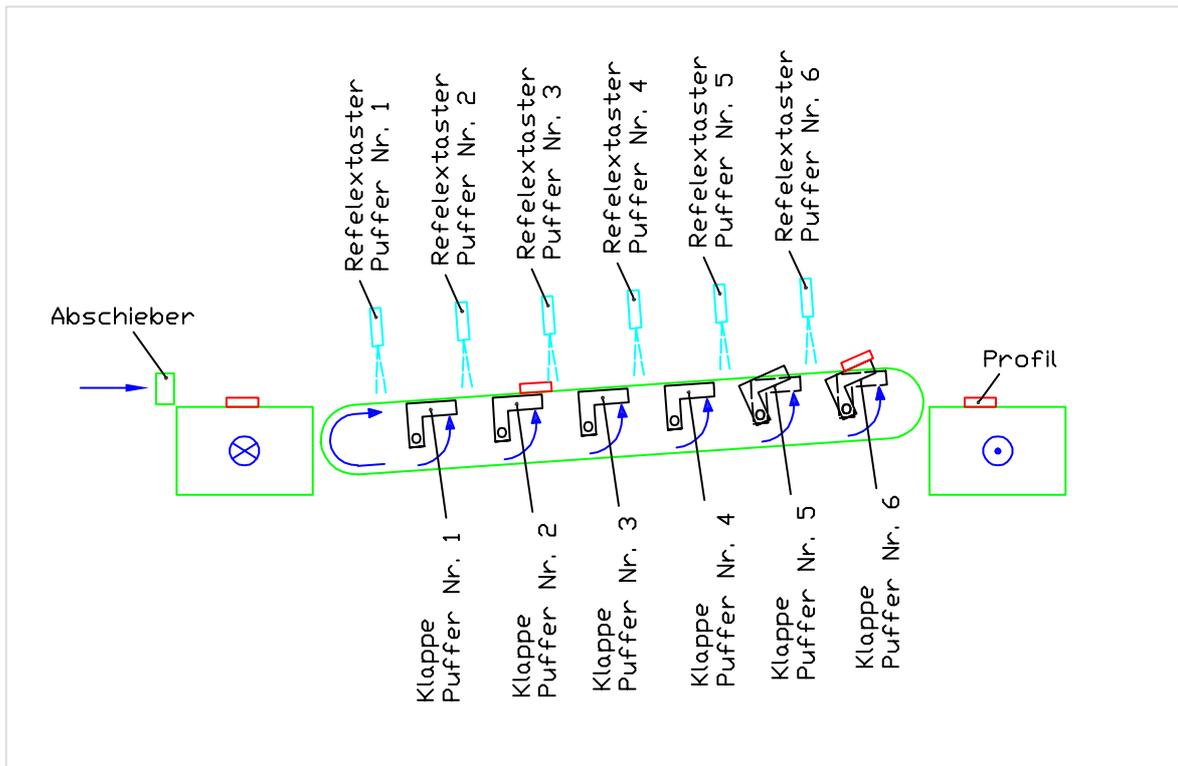


Abbildung 4.6: Schema Quertransport Aufsicht

Ablauf der Plausibilitätskontrolle :

Die Daten (Zuschnittlänge und Abwurfposition) der Profile, welche an der Sortierstrecke Nr. 2 sortiert werden, müssen nach dem Sägeschnitt in einen Ringpuffer eingetragen werden. Die am Beginn der Sortierstrecke Nr. 2 ermittelte Zuschnittlänge (x) wird mit der erwarteten Zuschnittlänge (a) verglichen. Stimmen die Längen nicht überein, so wird geprüft ob die ermittelte Zuschnittlänge (x) mit der nächsten Zuschnittlänge (b) im Ringpuffer übereinstimmt.

Übereinstimmung:

Der Ringpufferzeiger wird auf Zuschnittlänge (b) gestellt und kein Plausibilitätsfehler gemeldet.

Keine Übereinstimmung:

Zuschnittlänge (x) wird ignoriert, und das Profil wird an das Ende der Sortierstrecke Nr. 2 transportiert (es erfolgt keine Ansteuerung von Abschiebern). Die Zuschnittlänge (y) des nächsten Profils wird ermittelt. Stimmt diese ermittelte Zuschnittlänge (y) mit der Zuschnittlänge (a) überein, so wird davon ausgegangen, dass es sich bei der ermittelten Zuschnittlänge (x) um ein Fehlerstück handelt, und ein störungsfreier Ablauf weiterhin gewährleistet ist. Es wird kein Plausibilitätsfehler gemeldet.

ler gemeldet. Stimmt die ermittelte Zuschnittlänge (y) jedoch nicht mit der Zuschnittlänge (a) überein, so wird davon ausgegangen, dass ein störungsfreier Ablauf nicht mehr gewährleistet ist. Ein Fehler der Plausibilitätskontrolle wird am Monitor gemeldet, und die Abarbeitung der Säge angehalten. Alle Profile, die die Sortierstrecke Nr. 2 erreichen, werden an das Ende der Sortierstrecke Nr. 2 transportiert. Die Bediener der Optisäge müssen gewährleisten, dass die Sortierstrecken leer sind. Danach darf die Meldung quittiert werden. Der Ringpuffer wird dadurch rückgesetzt. Die Abarbeitung wird durch Betätigung der Handtaste „Entriegeln“ (Eingang Nr. 12) fortgesetzt.

4.2.6 Aufbereitung der Daten für die Säge

Die vom Optimierungsprogramm erhaltenen Daten müssen entsprechend der Maschinenparameter für die Säge und das Tintenstrahldruckgerät aufbereitet werden. Das vom Optimierungsprogramm erhaltene Datenformat und genaue Dateninhalt kann zum derzeitigen Zeitpunkt aus dem gleichen Grund wie im Unterkapitel 4.2.3 erklärt, noch nicht beschrieben werden. Auf jeden Fall muss mindestens folgende Information vom Optimierungsprogramm geliefert werden:

- Qualitätstabellennummer
- Qualitätskennzeichen
- Zuschnittlänge
- Abwurfstelle
- Zeilennummer innerhalb der Qualitätstabelle
- Zuschnittauftragsnummer

An Hand der Qualitätstabellennummer wird die Zuschnittkennung vergeben. Für Zuschnitte mit Qualitätsnummern 1 bis 15 ordnet man die Zuschnittkennung „Profil“ zu. Qualitätsnummer 16 entspricht der Zuschnittkennung „Rest“, und Qualitätsnummer 17 entspricht einem Abfall. Der Abfall muss entsprechend den Maschinenparametern Abfallschnittlänge kurz, Abfallschnittlänge lang und Abfallschachtlänge in kurzen und langen Abfall zugeschnitten werden, womit sich die entsprechende Zuschnittkennung „Abfall kurz“ und „Abfall lang“ ergibt. Für das Aufschneiden des Abfalles darf nur ein Minimum an Schnitten aufgewendet werden. Der Abfall darf nur in Längen zwischen Abfallschnittlänge lang und Abfallschachtlänge oder in Längen unterhalb der Abfallschnittlänge kurz zugeschnitten werden.

Hat man die Länge der einzelnen Abfälle bestimmt, muss im nächsten Schritt den Längen der Zuschnitte „Profil“ und „Rest“ die Sägeblattstärke dazu addiert werden.

Danach müssen alle Zuschnittlängen um den Walzenkorrekturfaktor korrigiert werden. Die Korrektur erfolgt in gleicher Weise wie im Beispiel in Kapitel 4.2.3 im zweiten und dritten Schritt dargestellt ist. Im nächsten Schritt werden die erhaltenen Werte gerundet. Dem ersten Zuschnitt je Lamellenmaterial muss noch der Referenzabstand dazu addiert werden. An diesem Punkt hat man jene Werte errechnet, die an die Positioniersteuerung gesendet werden.

In Tabelle 4.4 ist ein Beispiel für die Berechnung der Zuschnitte mit folgenden Maschinenparametern angeführt:

Abfallschnittlänge kurz	90 mm
Abfallschnittlänge lang	260 mm
Abfallschachtlänge	230 mm
Sägeblattstärke	5 mm
Abstand Referenz – Sägeblatt	180 mm
Walzenkorrekturfaktor der Sägestation	220 mm / 10 m
Nachlaufweg	450 mm
Maximalgeschwindigkeit	230.000 mm / min
Einfahrtgeschwindigkeit	100.000 mm / min
MIFA-Initialisierungsstring	NG91F2000X0N

4.2.7 Schnittstelle zur Positioniersteuerung

In der Sägestation erfolgt die Positionierung des Lamellenmaterials über einen Walzenvorschub, der mit einem Servomotor angetrieben wird. Dieser wird mit einem Pulsumrichter mit Mikrorechnerführungssystem MIFA¹³ angesteuert. MIFA verfügt über Randelemente für die Schnittstellenspezifikation RS232C. Das Schnittstellenprotokoll ist nach DIN 66025 ausgeführt und verwendet den 7 Bit ASCII-Code (vgl. [Amk01]).

Die Datenübertragung erfolgt seriell asynchron. Die eingestellten Schnittstelleneigenschaften sind wie folgt:

Anzahl Datenbits	8
Parität	keine
Anzahl Stopbit	1
Baudrate	9.600 Baud

MIFA besitzt eine 25-polige CANNON-Buchse, deren Belegung in Tabelle 8.5 im Anhang angeführt ist.

¹³) Bezeichnung der Firma Arnold Müller, Antriebs- und Regelungstechnik GmbH

„Das MIFA arbeitet bzgl. Empfangsdaten Interrupt gesteuert, d.h. Synchronisierungssignale zur Vermeidung von Datenverlust sind nicht nötig. MIFA Sendedaten können mit dem Signal CTS synchronisiert werden.“ [Amk87]

Die folgende Beschreibung des Schnittstellenprotokolls beschränkt sich nur auf jene Teile, die für diese Anwendung relevant sind.

„AMK PUMASYN Antriebe akzeptieren in der Betriebsart Streckensteuerung Programmsätze nach DIN 66025 über die Rechnerschnittstelle, die in einem begrenzten Speicher zur zeitlichen Entkopplung [!] mit der Lenkungseinheit zwischengespeichert werden. Die Abarbeitung der Sätze erfolgt schnellstmöglich in der Reihenfolge ihres Erscheinens. Die Programmsätze werden nicht dauerhaft gespeichert. Der Pufferspeicher beträgt 256 Byte. Es können auch mehrere Sätze zwischengespeichert werden.

Als Satzelemente steht eine Untermenge der DIN 66025 zur Verfügung mit Erweiterungen der Hilfsfunktionen.

Die Reihenfolge der Satz Wörter ist wie folgt:

CrNG...F...X...I...H...Lf

Nicht benötigte Satz Wörter und Daten entfallen. Die Zahlendarstellung ist dezimal – ASCII.“ [Amk01]

N...Satzbeginn

G...Wegbedingung (z.B. G74...Referenzpunktfahrt; G91...inkrementale Maßangaben; G71...Maßangaben in mm; G90...absolute Maßangaben)

F...Vorschub in mm/min (max. 300.000 mm / min)

X...Lageendwert (+ – 9999,999 mm)

I,H...sind für diesen Anwendungsfall nicht relevant

Lf...Satzendezeichen und Start der Satzabarbeitung

„Fehlt Lf, so wird durch das Satz Wort N des Folgesatzes die Abarbeitung des vorausgehenden Satzes initiiert. [...] Die G-Funktionen G70, G71, G90 und G91 sind nur in Verbindung mit dem F- und / oder X-Wort innerhalb eines Satzes zugelassen. Nach RESET ist G71 und G90 vorgewählt.“ [Amk01]

Das erklärt nun das Vorhandensein des MIFA-Initialisierungsstring in den Maschinenparametern, der nach einer Initialisierung der Anlage einmalig an das MIFA

gesendet werden muss, damit das MIFA von absoluter auf inkrementale Maßangabe umgestellt wird.

In Tabelle 4.5 sind die tatsächlich gesendeten Datensätze zum MIFA abgebildet, auf Basis der errechneten Werte aus Tabelle 4.4. Die abgebildeten Daten der Tabelle 4.5 wurden mit einem Schnittstellentester während einem normalen Produktionsbetrieb direkt aus der Positioniersteuerung übernommen. Dadurch wird auch nach kurzen Abfällen der Nachlaufweg gefahren, das im neuen Ablaufprogramm nicht mehr auftreten soll. Anstatt dem Satzendezeichen Lf wurde das Zeichen N verwendet, das laut der Beschreibung oben in der Funktion gleichwertig ist. Das Zeichen Cr wurde durch den Printer als Punkt im ASCII-Format dargestellt.

Die erste Position¹⁴ entspricht der Referenzfahrt, und wird mit der Einfahrgeschwindigkeit, wie in den Maschinenparametern festgelegt, angefahren. Alle folgenden Positionen werden mit Maximalgeschwindigkeit, wie in den Maschinenparametern festgelegt, angefahren. Nach erfolgtem Schnitt wird das Vorschubgetriebe vor dem Sägeblatt ausgekuppelt, und der abgesägte Zuschnitt austransportiert, wobei der Austransportweg dem „Nachlaufweg“ in den Maschinenparametern entspricht.

¹⁴) rot gekennzeichnete Wert in Tabelle 4.4, entspricht der ersten Zeile der Tabelle 4.5
NG74F10000X277N

Zuschnittkennung	errechnete Längen					
	Optimierungs- ergebniss	Korrektur um Sägeblattstärke	Länge incl. Walzenkorrektur	gerundet	Referenzabstand	Übergabewert an Positioniersteuerung
Abfall kurz	95	95	97,09	97	180	277
Abfall kurz	17	17	17,374	17		17
Profil	1210	1215	1241,73	1242		1242
Profil	1210	1215	1241,73	1242		1242
Profil	1110	1115	1139,53	1140		1140
Profil	610	615	628,53	629		629
Abfall kurz	51	51	52,122	52		52
Abfall kurz	56	56	57,232	57	180	237
Profil	1210	1215	1241,73	1242		1242
Profil	1110	1115	1139,53	1140		1140
Abfall kurz	95	95	97,09	97		97
Abfall kurz	10	10	10,22	10		10
Profil	600	605	618,31	618		618
Profil	600	605	618,31	618		618
Profil	600	605	618,31	618		618
Profil	600	605	618,31	618		618
Abfall kurz	45	45	45,99	46		46
Abfall kurz	95	95	97,09	97		97
Abfall lang	239	239	244,258	244	180	424
Abfall lang	239	239	244,258	244		244
Profil	1210	1215	1241,73	1242		1242
Profil	690	695	710,29	710		710
Rest	630	635	648,97	649		649
Abfall kurz	55	55	56,21	56		56
Profil	1210	1215	1241,73	1242		1242
Abfall lang	256	256	261,632	262		262
Profil	400	405	413,91	414		414
Abfall kurz	88	88	89,936	90		90
Abfall kurz	95	95	97,09	97		97

Tabelle 4.4: Zuschnittlängenberechnung für Positioniersteuerung

Hex	00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f	ASCII
00000000:	4e 47 37 34 46 31 30 30 30 30 30 58 32 37 37	DTE DC NG74F100000X277
00000010:	4e 0d 4e 46 32 33 30 30 30 30 58 34 35 30 4e 0d	DTE DC N.NF230000X450N.
00000020:	4e 58 31 37 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 31	DTE DC NX17N.NX450N.NX1
00000030:	32 34 32 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 31 32	DTE DC 242N.NX450N.NX12
00000040:	34 32 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 31 31 34	DTE DC 42N.NX450N.NX114
00000050:	30 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 36 32 39 4e	DTE DC 0N.NX450N.NX629N
00000060:	0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 47 37 34 46 31 30 30	DTE DC .NX450N.NG74F100
00000070:	30 30 30 58 32 33 37 4e 0d 4e 46 32 33 30 30 30	DTE DC 000X237N.NF23000
00000080:	30 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 31 32 34 32 4e 0d 4e	DTE DC 0X450N.NX1242N.N
00000090:	58 34 35 30 4e 0d 4e 58 31 31 34 30 4e 0d 4e 58	DTE DC X450N.NX1140N.NX
000000a0:	34 35 30 4e 0d 4e 58 39 37 4e 0d 4e 58 34 35 30	DTE DC 450N.NX97N.NX450
000000b0:	4e 0d 4e 58 31 30 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e	DTE DC N.NX10N.NX450N.N
000000c0:	58 36 31 38 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 36	DTE DC X618N.NX450N.NX6
000000d0:	31 38 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 36 31 38	DTE DC 18N.NX450N.NX618
000000e0:	4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 36 31 38 4e 0d	DTE DC N.NX450N.NX618N.
000000f0:	4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 34 36 4e 0d 4e 58 34	DTE DC NX450N.NX46N.NX4
00000100:	35 30 4e 0d 4e 47 37 34 46 31 30 30 30 30 30 58	DTE DC 50N.NG74F100000X
00000110:	34 32 34 4e 0d 4e 46 32 33 30 30 30 30 58 34 35	DTE DC 424N.NF230000X45
00000120:	30 4e 0d 4e 58 32 34 34 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e	DTE DC 0N.NX244N.NX450N
00000130:	0d 4e 58 31 32 34 32 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d	DTE DC .NX1242N.NX450N.
00000140:	4e 58 37 31 30 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58	DTE DC NX710N.NX450N.NX
00000150:	36 34 39 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 35 36	DTE DC 649N.NX450N.NX56
00000160:	4e 0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 31 32 34 32 4e	DTE DC N.NX450N.NX1242N
00000170:	0d 4e 58 34 35 30 4e 0d 4e 58 32 36 32 4e 0d 4e	DTE DC .NX450N.NX262N.N
00000180:	58 34 35 30 4e 0d 4e 58 34 31 34 4e 0d 4e 58 34	DTE DC X450N.NX414N.NX4
00000190:	35 30 4e 0d 4e 58 39 30 4e 0d 4e 58 34 35 30 4e	DTE DC 50N.NX90N.NX450N

Tabelle 4.5: Datensätze an Positioniersteuerung

4.2.8 Aufbereitung der Daten für das Tintenstrahldruckgerät

Nachdem die Kennungen der Zuschnitte und die Daten für die Säge aufbereitet sind, muss jedem Zuschnitt auch der Textinhalt für das Tintenstrahldruckgerät erstellt werden. Die kurzen Abfälle werden noch vor dem Tintenstrahldruckgerät ausgeschieden, womit sich eine Texterstellung erübrigt. Lange Abfälle werden einheitlich nur mit einem fest programmierten Textzeichen bedruckt (z.B. #). Würde kein Text gesendet werden, so würde auf den langen Abfall der Text des vorhergehenden Zuschnittes gedruckt werden. Für Profile und Reste muss in den Maschinenparametern je eine Erfassungsmaske für die individuelle Gestaltung des Textinhaltes und der Textfolge bestehen.

Der Textinhalt gliedert sich in zwei Gruppen. Die erste Gruppe sind jene Texte, deren Quelle die erhaltenen Daten aus dem Optimierungsprogramm sind, und daher variieren ((1) bis (6) in Abbildung 4.7). Die zweite Gruppe sind vom Bediener frei konfigurierbare Texte ((a) bis (h) in Abbildung 4.7).

Der Textinhalt laut dem Beispiel der Erfassungsmaske in Abbildung 4.7 würde wie folgt lauten (die variablen Textinhalte sind kursiv dargestellt):

MONTAG – 3720 – 5 / 1210 / PROFIL

ERFASSUNGSMASKE PROFIL	
(1)	Zuschnittauftragsnummer
(2)	Qualitätstabellennummer
(3)	Qualitätsbezeichnung
(4)	Zeilennummer innerhalb der Qualitätstabelle
(5)	Zuschnittlänge
(6)	Abwurfstelle
(a)	Text a:
(b)	Text b: PROFIL
(c)	Text c:
(d)	Text d: -
(e)	Text e:
(f)	Text f: /
(g)	Text g: MONTAG
(h)	Text h:
SPRUEREIHENFOLGE: g d 1 d 2 f 5 f b	

Abbildung 4.7: Erfassungsmaske Textinhalt Tintenstrahldruckgerät

Die Erfassungsmaske der Reste ist bis auf den Eintrag „Zeilennummer innerhalb der Qualitätstabelle“ mit der Erfassungsmaske der Profile ident.

4.2.9 Schnittstelle zum Tintenstrahldruckgerät

„The [...] printer has three interfaces allowing data input. [...] An asynchronous serial interface, half duplex which enables a connection to a host computer in V24 mode or 20 mA current loop mode.“ [Ima88]

Die eingestellten Schnittstelleneigenschaften sind wie folgt:

Stromschnittstelle:	Sendeseite aktiv, Empfangsseite passiv
Anzahl Datenbits	8
Parität	keine
Anzahl Stopbit	1
Baudrate	9.600 Baud

Das Tintenstrahlgerät besitzt eine 25-polige CANNON-Buchse, deren Belegung in Tabelle 8.6 im Anhang angeführt ist.

Für den Dialog zwischen Soft-SPS und Tintenstrahldrucker wird der simplified mode of transmitting messages angewendet. "This simplified mode permits quicker transmission of messages and allows the printing of maximum of 250 characters per jet.“ [Ima88]

“If the print enclenchment mode is controlled by the computer, the printer starts to print just before transmitting the ACK to the computer. If the jet is not in a state to print, NACK is transmitted to the computer.“ [Ima88]

Ein Datensatz für die Übertragung an das Tintenstrahlgerät ist wie folgt aufgebaut: erstes Zeichen ist das Kontrollzeichen start of text (02 Hex), gefolgt von der Druckkopfnummer (01 Hex). Danach kommt der Textinhalt selbst im ASCII-Format. Beendet wird der Datensatz mit dem Kontrollzeichen end of text (03 Hex). Nach versenden des Datensatzes von der Soft-SPS zum Tintenstrahldruckgerät, muss die Soft-SPS innerhalb von 170 Millisekunden eine Antwort vom Tintenstrahldrucker empfangen. Als Empfangsbestätigung und Bereitschaftsmeldung antwortet das Tintenstrahldruckgerät mit ACK (06 Hex), falls es nicht druckbereit ist wird NAK (15 Hex) gesendet.

4.3 Betriebszustände

Nach dem Einschalten der Anlage (Initialisierung der Soft-SPS) sind folgende Ausgänge gesetzt:

- Meldeleuchte „Stop“...Ausgang Nr. 13
- Hauptschütz MIFA...Ausgang Nr. 24
- Takt...Ausgang Nr. 28

Die einzige Steuerungsfunktion, die in diesem Zustand ausgeführt wird, ist das Heben und Senken der Rollen an der Anzeichenstation (Ausgänge Nr. 1 und Nr. 6) mittels den Handtasten „Heben / Senken“ (Eingänge Nr. 5 und Nr. 10). Betätigt man die Handtaste „Entriegeln“ (Eingang Nr. 12), wird die Anlage in den Automatikbetrieb gesetzt, vorausgesetzt, dass die Grundstellung vorhanden ist.

Automatik-Betrieb

Die Meldeleuchte „Stop“ erlischt und folgende Ausgänge werden gesetzt:

- Hauptschütz MIFA...Ausgang Nr. 24
- Takt...Ausgang Nr. 28
- Kupplung Ein...Ausgang Nr. 30
- Schütz Transportband nach Sägestation...Ausgang Nr. 32
- Schütz Transportband Sortierstrecke Nr. 1...Ausgang Nr. 33
- Schütz Puffer Ein...Ausgang Nr. 46
- Schütz Transportband Sortierstrecke Nr. 2...Ausgang Nr. 54

Die Optisäge ist betriebsbereit, und die Abarbeitung wird wie im Kapitel 4.2 beschrieben durchgeführt.

Stop-Betrieb

Diese Betriebsart kann durch folgende Bedingungen verursacht werden:

- Betätigung der Handtaste „Stop“...Eingang Nr. 11
- Anheben der Schutzhaube der Lesestation...Eingang Nr. 11
- Anheben der Schutzhaube der Sägestation...Eingang Nr. 11

- Stau auf dem Querförderer (siehe Kapitel 4.2.5)
- Fehler Plausibilitätskontrolle (siehe Kapitel 4.2.5)

Die Meldeleuchte „Stop“ wird gesetzt, und folgende Funktionen werden dadurch unterbrochen:

- Einzugswalze vor Lesestation Ein...Ausgang Nr. 11
- Einzugswalze vor Lesestation Ab...Ausgang Nr. 12
- Schütz Lesestation Ein...Ausgang Nr. 15
- Vorschub Lesestation Ab...Ausgang Nr. 16
- Magnetventil Breitenmessung zu...Ausgang Nr. 17
- Schütz Band nach Lesestation...Ausgang Nr. 18
- Magnetventil Querschieber Nr. 1...Ausgang Nr. 19
- Magnetventil Querschieber Nr. 2...Ausgang Nr. 20
- Magnetventil Spannen zum Querschieben...Ausgang Nr. 21
- Magnetventil Gegenhalter Querschieber...Ausgang Nr. 22
- Magnetventil Band Oberdruck Heben...Ausgang Nr. 23
- Magnetventil Sägen...Ausgang Nr. 26
- Magnetventil Andrückrolle Säge...Ausgang Nr.27

Ein begonnener Positioniervorgang in der Sägestation wird zu Ende geführt, vor dem Auslösen des Sägevorganges wird dann gestoppt. Die Funktionen der beiden Sortierstrecken und des Quertransportes sind nicht betroffen, d.h., dass die Sortierung der Profile, die sich auf den Sortierstrecken befinden durchgeführt wird, außer bei Fehler der Plausibilitätskontrolle. Durch Betätigung der Handtaste „Entriegeln“ wird der Automatikbetrieb fortgesetzt.

Reset

Mit einem Reset der Anlage wird die Steuerung neu initialisiert. Merker, Counter, Ringpuffer und andere Zwischenspeicher werden zurückgesetzt und mit den Anfangswerten geladen. Insbesondere nach Änderungen der Maschinenparameter wird die Steuerung neu initialisiert.

Not-Aus

Bei Not-Aus (Eingang Nr. 42) wird hardwaremäßig die Spannungsversorgung an den Ausgängen weggeschaltet, damit ein sofortiger Stillstand der Anlage gewährleistet ist. Zusätzlich müssen auch von der Steuerung die Ausgänge rückgesetzt werden. Eine entsprechende Störmeldung muss am Monitor angezeigt werden. Alle sich noch auf der Anlage befindenden Lamellenmaterialien und Zuschnitte müssen entfernt werden (Ausräumen der Anlage). Nach dem Rücksetzen des Not-Aus wird die Steuerung neu initialisiert.

Grundstellung

Bedingung für den Start des Automatikbetriebes ist, wie bereits erwähnt, das Vorhandensein der Grundstellung:

- Querschieber in Grundstellung (Eingänge Nr. 1 und Nr. 6 belegt)
- Lesestation unbelegt (Eingänge Nr. 13, Nr. 14, Nr. 15, Nr. 16 und Nr. 17 unbelegt)
- Betriebsbereitschaftsmeldung der optischen Sensoren für die Kreidestricherkennung (Eingänge Nr. 18, Nr. 19 und Nr. 20)
- Transportband nach Lesestation unbelegt (Eingänge Nr. 23 und Nr. 24)
- Sägestation unbelegt (Eingänge Nr. 27, Nr. 28, Nr. 29 und Nr. 31 unbelegt)
- Säge unten (Eingang Nr. 25 belegt, Nr. 26 unbelegt)
- Säge eingeschaltet (Eingang Nr. 30 belegt)
- Quertransport unbelegt (Eingang Nr. 32, Nr. 33, Nr. 34, Nr. 35, Nr. 36, Nr. 37, Nr. 38 und Nr. 39 unbelegt)
- kein Not-Aus (Eingang Nr. 42)

Zusammenfassung Störungsmeldungen

- keine Grundstellung: die fehlenden Bedingungen sollen am Monitor im Klartext angezeigt werden. Die Grundstellung wird nur beim Start des Automatikbetriebes abgefragt.
- keine Bereitschaftsmeldung der optischen Sensoren für die Kreidestricherkennung: im Automatikbetrieb müssen die Bereitschaftsmeldungen (Eingänge Nr. 18, Nr. 19 und Nr. 20) andauernd vorhanden sein.

- Verschmutzung optische Sensoren für die Kreidestricherkennung: im Augenblick des Beginns des Einlesevorganges darf kein Signal von diesen optischen Sensoren anliegen (Eingänge Nr. 15, Nr. 16 und Nr.17).
- Säge ausgeschaltet: im Automatikbetrieb muss der Eingang Nr. 30 „Säge eingeschaltet“ andauernd vorhanden sein.
- Sägestation ist nicht leer: nach dem Austransport des letzten Zuschnittes und vor dem Eintransport des nächst folgenden Lamellenmaterials in die Sägestation wird überprüft, ob die Eingänge Nr. 28, Nr. 29 und Nr. 31 unbelegt sind.
- Säge ist nicht unten: die Sägebewegung nimmt nur eine geringe Zeit in Anspruch. Nach setzten des Ausganges Nr. 26 „Magnetventil Sägen“ wird überprüft, ob nach maximal drei Sekunden die positive Flanke am Eingang Nr. 25 „Zylinderschalter Säge unten“ erfasst wird.
- Störung Tintenstrahldruckgerät: dem Bediener stehen zwei Wahlmöglichkeiten zur Auswahl.
 - Quittierung „Störung wurde behoben“: die Übertragung des Datensatzes an das Tintenstrahldruckgerät wird wiederholt.
 - Quittierung „Bearbeitung ohne Tintenstrahldruckgerät“: die Antwort des Tintenstrahldruckgerätes auf einen gesendeten Datensatz wird nicht mehr überprüft. Wird die Steuerung neu initialisiert, wird automatisch auf „Bearbeitung mit Tintenstrahldruckgerät“ zurückgesetzt.
- Stau Querförderer: wurde im Kapitel 4.2.5 ausführlich beschrieben
- Fehler Plausibilitätskontrolle: wurde im Kapitel 4.2.5 ausführlich beschrieben
- Not-Aus (siehe oben)

5. OPTIMIERUNGSPROGRAMM

In diesem Kapitel wird der nötige Leistungsumfang des Optimierungsprogramms für die unter Kapitel 3 und 4 beschriebene Optisäge definiert. Folgende Beschreibung soll als Grundlage für die Auswahl eines Optimierungsprogramms sein, wobei ein bereits am Markt erhältliches Längenoptimierungsprogramm mit möglichst wenigen Adaptierungen für diesen Einsatzfall verwendet werden soll.

5.1 Qualitätstabellen

Dem Optimierungsprogramm werden von der Arbeitsvorbereitung Zuschnittaufträge in Form von Datenfiles übergeben. Die Struktur dieser Datenfiles werden durch die Firma Hrachowina dem gewählten Optimierungsprogramm angepasst. Die einzelnen Zuschnittaufträge unterscheiden sich außer in Ihrer Auftragsnummer auch durch den Holzquerschnitt. Jeder Zuschnittauftrag besteht aus 15 Qualitätstabellen, wobei in Tabelle eins immer die höchste Qualität des Materials, und in Tabelle 15 immer die niederste Qualität eingetragen ist, sodass die Tabellennummern gleichzeitig einer Qualitätsreihenfolge entsprechen. Jede Qualitätstabelle muss mindestens 256 Einträge zulassen können.

Der Tabellenkopf muss folgende Informationen beinhalten:

- Zuschnittauftragsnummer
- Qualitätstabellennummer
- Qualitätsbezeichnung
- Querschnitt (Dicke x Breite)

Die einzelnen Tabellen bestehen aus folgenden Spalten:

- Zeile: fortlaufende Nummerierung von Nr. 1 bis Nr. 256
- Länge: Länge der zu schneidenden Profile
- Sollstück: Gesamtanzahl der zu schneidenden Profile
- Reststück: Anzahl der noch zu schneidenden Profile. Bei jedem zugeschnittenen Profil wird in der zugehörigen Qualitätstabelle und Zeile die Anzahl der Reststücke um ein Stück reduziert (Abbuchung). Die Abbuchung des

Profils darf jedoch erst nach dem tatsächlich erfolgten Zuschnitt des Profils erfolgen (Zuschnittbestätigung der Steuerung).

- Abwurfstelle: Boxenbezeichnung für die Sortierung der zugeschnittenen Profile. Es sind nur Boxenbezeichnungen von 1 bis 11 und von A bis X zulässig.

In Tabelle 5.1 ist ein Beispiel eines möglichen Layouts einer Qualitätstabelle abgebildet.

Zuschnittauftragsnummer: 3720				
Qualitätstabellennummer: 5				
Qualitätsbezeichnung: D2				
Querschnitt (Dicke x Breite): 18 x 62				
Zeile	Länge	Sollstk.	Reststk.	Abwurfstelle
1	2300	10	10	R
2	1950	5	5	S
3	1230	25	25	B
4	1100	30	30	E
5	1050	47	47	A
6	1020	53	53	C
7	1000	17	17	B
8	990	29	29	A
...
...
...
94	570	85	85	8
95	550	58	58	9
96	460	22	22	9
97	0	0	0	
98	0	0	0	
99	0	0	0	
100	0	0	0	

Tabelle 5.1: Beispiel Qualitätstabelle

Jedes an die Steuerung gesendete optimierte Profil muss folgenden Dateninhalt haben:

- Zuschnittauftragsnummer
- Qualitätstabellennummer
- Qualitätsbezeichnung

- Zeilennummer
- Länge
- Abwurfstelle

Gegen Ende eines Zuschnittauftrages entsteht naturgemäß viel Restmaterial. Bisher wurde dieses Restmaterial gesammelt, und beim nächsten gleichartigen Zuschnittauftrag am Beginn zugeschnitten. Um diesen Vorgang zu eliminieren, soll das Restmaterial automatisch für die Optimierung des folgenden Zuschnittauftrages verwendet werden. Der Bediener muss den Hauptzuschnittauftrag und den Folgezuschnittauftrag festlegen. Um einen Bedienungsfehler zu vermeiden, muss der Querschnitt der beiden Zuschnittaufträge automatisch auf Übereinstimmung geprüft werden.

Sind alle Profile einer Qualitätstabelle zugeschnitten (Spalte der Reststücke durchgehend Null), muss die Optimierung gestoppt werden, und dem Bediener eine entsprechende Information am Monitor angezeigt werden. Der Bediener quittiert die Meldung, und die Optimierung wird fortgesetzt.

Anmerkung: Qualitätsstufen 16 und 17 werden nicht optimiert, sondern wieder unverändert an die Steuerung zurückgesendet (siehe Kapitel 3.2.2 zweiter Absatz).

5.2 Qualitätsübertrag

Qualitätsüberträge sind nur von höherer zu niederer Qualität möglich, und müssen in einer eigenen Qualitätsübertragstabelle je Zuschnittauftrag festgelegt werden. Zusätzlich werden in dieser Tabelle die maximal zugelassenen Optimierungsreste je Qualitätstabelle und die Prioritäten der Optimierung eingetragen. Die Priorität gibt die Optimierungskriterien je Qualitätstabelle an.

- Priorität 1...nach Länge: es werden die längeren Profile bevorzugt.
- Priorität 2...nach Stückzahl: es werden Profile mit hoher Stückzahl bevorzugt.
- Priorität 3...nach kürzestem Rest
- Priorität 4...nach Länge mal Stückzahl

Tabelle 5.2 zeigt ein Beispiel eines möglichen Layouts einer Qualitätsübertragstabelle. Diese ist wie eine Matrix aufgebaut. Mit „*“ gekennzeichnete Spalten und Zeilen markieren einen Qualitätsübertrag.

Falls aus einem Lamellenmaterial einer bestimmten Qualität keine Profile optimiert werden können, ohne den maximal zulässigen Optimierungsrest zu unterschreiten, so wird dieser Holzabschnitt laut der Qualitätsübertragstabelle für die nächst mögliche Qualitätstabelle verwendet. Wenn ein Qualitätsübertrag nicht zugelassen ist, so wird das Material als Rest zugeschnitten.

Zuschnittauftragsnummer: 3720															
Querschnitt (Dicke x Breite): 18 x 62															
von Tabelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Optimierungsrest in mm	300	200	150	150	200	200	200	150	200	300	400	400	400	400	400
Priorität	1	1	1	2	2	3	2	4	4	1	1	1	1	1	1
in Tabelle	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	-	*	*	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 5.2: Beispiel Qualitätsübertragstabelle

Befindet sich jedoch direkt vor oder nach einem Holzabschnitt ein Holzabschnitt mit einer Qualität, in die laut Qualitätstabelle ein Übertrag erlaubt ist, so muss der Rest der höheren Qualität der niederen Qualität zugerechnet werden.

Bei der Optimierung muss natürlich auch die Sägeblattstärke berücksichtigt werden. Zusätzlich muss am Anfang und Ende eines Lamellenmaterials die Anschnittlänge in den Abfall eingerechnet werden. Die Anschnittlänge ist ein fester Wert, der durch den Bediener eingegeben wird.

5.3 Zusätzliche Eigenschaften

Der Bediener soll während der Bearbeitung zwischen zwei verschiedenen Anzeigen wählen.

Balkenanzeige

Bei der Balkenanzeige sollen dem Bediener 15 Balken angezeigt werden. Ein Balken entspricht der Summe der Länge aller noch zu schneidenden Profile einer Qualitätstabelle, wobei nur die letzten 1.000 Meter angezeigt werden. Bei fortschreitender Abarbeitung des Zuschnittauftrages reduzieren sich die Balkenlängen entsprechend der Abbuchungen der Profile. Mit dieser Anzeige soll dem Bediener ein grober Überblick über die noch zu schneidende Menge der einzelnen Qualitätstabellen gezeigt werden.

Anzeige des Bearbeitungsprotokolls

Alternativ zur Balkenanzeige soll das Bearbeitungsprotokoll angezeigt werden. Dieses Protokoll soll eine fortlaufende Liste über die an das Optimierungsprogramm übergebenen Daten des eingelesenen Lamellenmaterials und daraus optimierten Zuschnitten sein. Dieses Protokoll dient für Einstell- und Kontrollarbeiten an der Optisäge, und soll mindestens die Möglichkeit der Anzeige der Daten der letzten 1.000 Zuschnitte gewähren. Das Bearbeitungsprotokoll muss auch ausgedruckt werden können.

Bilanzen

Je Zuschnittauftrag muss eine Bilanz geführt werden, welche folgende Einträge beinhalten soll:

- je Qualitätstabelle die Summe der eingelesenen Rohlänge und die Summe der Profile in Meter
- Gesamtrohlänge
- Gesamtabfall
- Gesamtreste
- Summe der Reste bis 1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m, 4-5 m, 5-6 m
- Bearbeitungszeit

Eingabeterminal bei Sortierstrecke Nr. 2

An der Sortierstrecke Nr. 2 soll durch den Bediener das nachträgliche Erfassen von Profilen mittels eines geeigneten Eingabeterminals erfolgen. Dieser Vorgang darf den normalen Betriebsablauf nicht unterbrechen, und muss daher während der Programmarbeitung des Optimierungsprogramms möglich sein.

Der Bediener überträgt die vom Tintenstrahldrucker auf das Profil gedruckte Information. Daher muss die Bedienung des Terminals auch bei Tragen von Arbeitshandschuhen möglich sein.

Die Erfassungsmaske soll wie folgend beschrieben, ausgeführt sein:

- **Zuschnittauftragsnummer:** der Hauptzuschnittauftrag soll automatisch vorgeschlagen werden. Mit der Cursorsteuerung soll zwischen Hauptzuschnittauftrag und Folgezuschnittauftrag gewechselt werden.
- **Qualitätstabellennummer:** die zuletzt erfasste Qualitätstabellennummer soll angezeigt werden. Mittels Cursorsteuerung kann vor - oder zurück geblättert werden. Alternativ soll die Qualitätstabellennummer auch mit dem Nummernblock der Tastatur erfasst werden können.
- **Profillänge:** diese muss mit dem Nummernblock der Tastatur erfasst werden.
- **Abwurfstelle:** die zuletzt erfasste Abwurfstelle soll angezeigt werden. Mittels Cursorsteuerung kann von Abwurfstelle A bis Abwurfstelle X vor - oder zurück geblättert werden.

Die einzelnen Eingaben sollen mit der „Enter“-Taste übernommen werden, nach Eingabe der Abwurfstelle müssen die erfassten Daten vom Optimierungsprogramm übernommen werden.

6. HARDWAREAUSWAHL

Die nötige Hardware wurde von der Firma Bernecker&Rainer Industrie-Elektronik angeboten. Bernecker&Rainer hat ein einheitliches Produktportfolio für Soft-SPSen und herkömmlichen SPSen, firmenintern als CPU-SPSen bezeichnet. Als Feldbus wurde der CAN-Bus gewählt, da die dafür nötige Hardware am kostengünstigsten ist, und den Anforderungen für diese Anwendung entspricht.

Für die Anwenderprogrammierstellung bietet Bernecker&Rainer die Programmiersoftware AutomationSoftware™ an, das ein durchgängiges Entwicklungswerkzeug auf einer homogenen Systemarchitektur für alle Bernecker&Rainer Zielsysteme ist. Die Programmierung erfolgt in allen gängigen Sprachen: AutomationBasic, ANSI-C, IEC 61131-3 Kontaktplan (KOP), Anweisungsliste (AWL), Strukturierter Text (ST), Ablaufsprache (AS), Datenobjekte, Datentypen (vgl. [B&R04]). Firma Bernecker&Rainer ist auch Mitglied der PLCopen Vereinigung. Das Terminal wird ebenfalls mit AutomationSoftware™ programmiert. Für die Kommunikation mit Windows Standardsoftware über OPC bietet Bernecker&Rainer eine entsprechende OPC-Server Software an.

In Tabelle 6.1 sind die Kosten der nötigen Hardware und Software gelistet. Zum Vergleich ist die Variante Soft-SPS mit der Variante CPU-SPS gegenübergestellt. Die Programmerstellung für beide Varianten ist ident. Die Hardware ist ebenso nahezu ident. Durch das vorgegebene Platzangebot von 500 mm Breite und 500 mm Höhe, wie unter Kapitel 4.1 definiert, werden drei Modulträger benötigt.

Die Soft-SPS kommuniziert über CAN-Bus mit den drei Modulträgern und dem Terminal. Die Kommunikation zur Positioniersteuerung und Tintenstrahldruckgerät erfolgt über serielle Standardschnittstellen des PCs. Abbildung 6.1 zeigt den Aufbau der Steuerung mit Soft-SPS.

Demgegenüber steht die, in Abbildung 6.2 dargestellte, kostengünstigere Variante mit CPU-SPS. Die Zentraleinheit kommuniziert ebenfalls über CAN-Bus mit den zwei Modulträgern und dem Terminal. Die Kommunikation zum PC erfolgt über Ethernet mit einem Schnittstellenmodul, zur Positioniersteuerung und Tintenstrahldruckgerät über die serielle Schnittstelle der Zentraleinheit und dem Schnittstellenmodul. Die zwei Inkrementalgebermodule werden auf die freien Steckplätze der Zentraleinheit gesteckt.

HARDWARE

Pos.	Artikelnr.	Beschreibung	Einzelpreis	Anzahl Ausführung	CPU-SPS Ausführung	Soft-SPS Ausführung
1	7CP476-020.9	Zentraleinheit	784,00	1	0	0,00
2	7BP706.0	Modulträger f. 6 Module	47,24	1	1	47,24
3	7BP705.0	Modulträger f. 5 Module	43,60	2	2	87,20
4	7DI439.7	digitales Eingangsmodule, 16 Eingänge	110,46	3	3	331,38
5	7TB718.91	Feldklemmen f. Eingangsmodule	13,08	9	9	117,72
6	7DO720.7	digitales Ausgangsmodule, 8 Ausgänge	103,20	9	9	928,80
7	7TB710.91	Feldklemmen f. Ausgangsmodule	7,27	27	27	196,29
8	7EX470.50-1	CAN-Buscontroller	152,61	2	3	305,22
9	7AC911.9	CAN Busstecker	33,43	4	5	133,72
10	7NC161	Inkrementalgebermodul	137,35	2	2	274,70
11	AF101	Modulträger f. Inkrementalgebermodul	158,43	0	1	0,00
12	3IF681.96	Schnittstellenmodul	295,05	1	0	0,00
13	4B1270.00-490	Terminal	339,38	1	1	339,38
14	5LS172.4	CAN-Buscontroller auf ISA-Half Size f. PC	445,48	0	1	0,00
			Gesamt:	3.840,70	3.551,60	

SOFTWARE

Pos.	Artikelnr.	Beschreibung	Einzelpreis	Anzahl Ausführung	CPU-SPS Ausführung	Soft-SPS Ausführung
15	1A4000.L1	AutomationSoftware™ Programmiersoftware	2.000,00	1	1	2.000,00
16	1A4600.20	B&R Automation Runtime AR010 f. Desktop	1.121,34	0	1	1.121,34
17	5S0500.02	PVI-Runtime OPC-Server Software	480,00	1	1	480,00
			Gesamt:	2.480,00	3.601,34	

Summe Hardware + Software: 6.320,70 7.152,94

Tabelle 6.1: Kostenaufstellung der neuen Steuerung

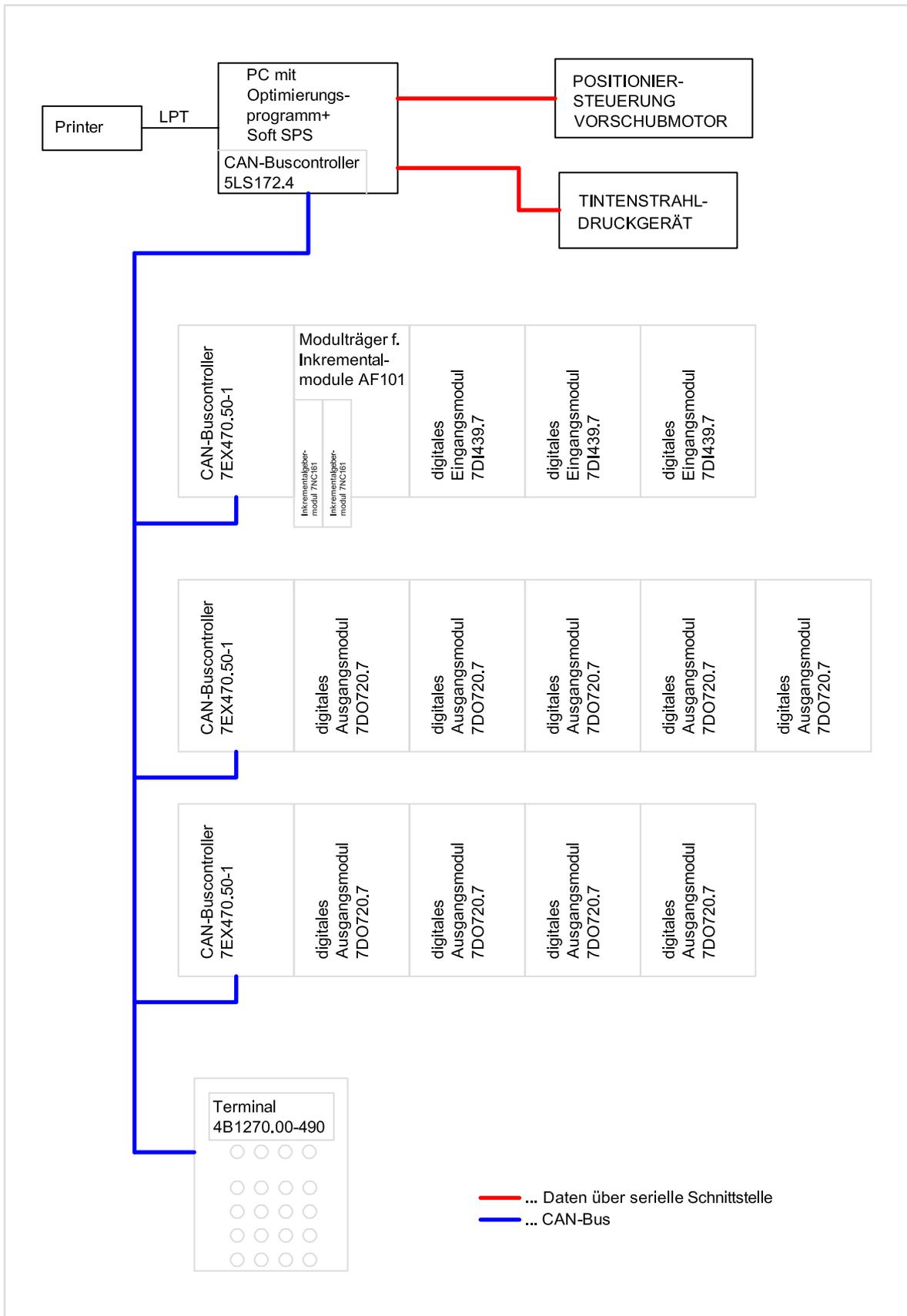


Abbildung 6.1: Aufbau d. Steuerung mit Soft-SPS

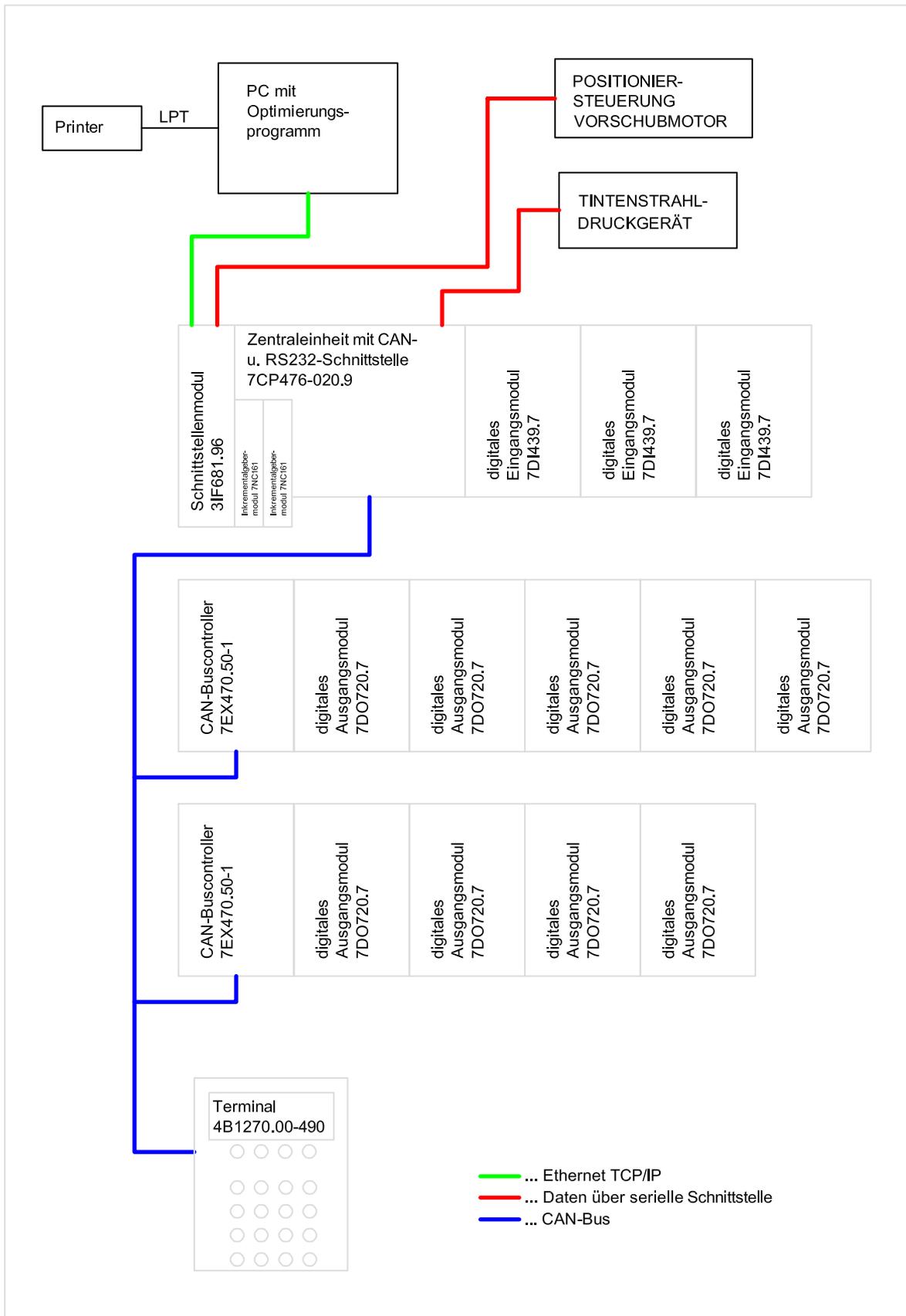


Abbildung 6.2: Aufbau d. Steuerung mit CPU-SPS

7. ZUSAMMENFASSUNG, ERKENNTNISSE

Bei einer konkreten Fertigungsanlage wurde der Ist-Zustand der Steuerung erfasst. Für eine Produktivitätssteigerung der Anlage wurden jene Verbesserungspotentiale herausgearbeitet, die mit einer Steuerung auch umgesetzt werden können. Aufbauend darauf wurde die Beschreibung einer neuen Steuerung für diese Anlage, inklusive Umsetzung der Verbesserungspotentiale, verfasst. Anschließend erfolgte die Beschreibung der Anforderungen eines Optimierungsprogramms, dem die SPS Daten zur Berechnung überträgt, und die Ergebnisse für deren Umsetzung in der Anlage wieder empfängt. Somit wurde eine Beschreibung verfasst, auf deren Grundlage das Anwenderprogramm für eine neue Steuerung erstellt werden kann.

Die Grundidee war die Verwendung des notwendigen PCs für das Optimierungsprogramm zusätzlich auch für die Soft-SPS, um daraus Kostenvorteile zu nutzen. Dieses Argument ist ein Kriterium und Vorteil für den Einsatz einer Soft-SPS. Auch der direkte Zugriff auf die Soft-SPS über TCP/IP Netzwerk und die Möglichkeit der Verwendung verschiedener Applikationen (Steuerung, Datenverarbeitung) sprechen für eine Soft-SPS.

Der angestellte Kostenvergleich einer konkreten Soft-SPS Lösung gegenüber einer herkömmlichen SPS Lösung widerspricht jedoch dem Einsatz einer Soft-SPS für diese Anwendung. Beide Lösungen verwenden die gleiche Hardware für die Feldgeräte. Auch für die Erstellung des Anwenderprogramms ist für beide Lösungen die gleiche Programmiersoftware und somit gleicher Programmieraufwand einzusetzen. Die Mehrkosten der Soft-SPS von zirka 800 € resultieren vorwiegend aus den Lizenzkosten und dem CAN-Buscontroller für den PC.

Dadurch, dass herkömmliche SPSen immer leistungsfähiger werden und inzwischen auch Anschlussmöglichkeiten an Ethernet über TCP/IP realisiert sind, verwischen sich die Grenzen zur Soft-SPS, wie diese Anwendung zeigt. Daher sind aus technischer Sicht beide Lösungsvarianten für diese Anwendung gleichwertig. Ein Einflussfaktor könnte noch durch die ausstehende Wahl des Optimierungsprogramms entstehen.

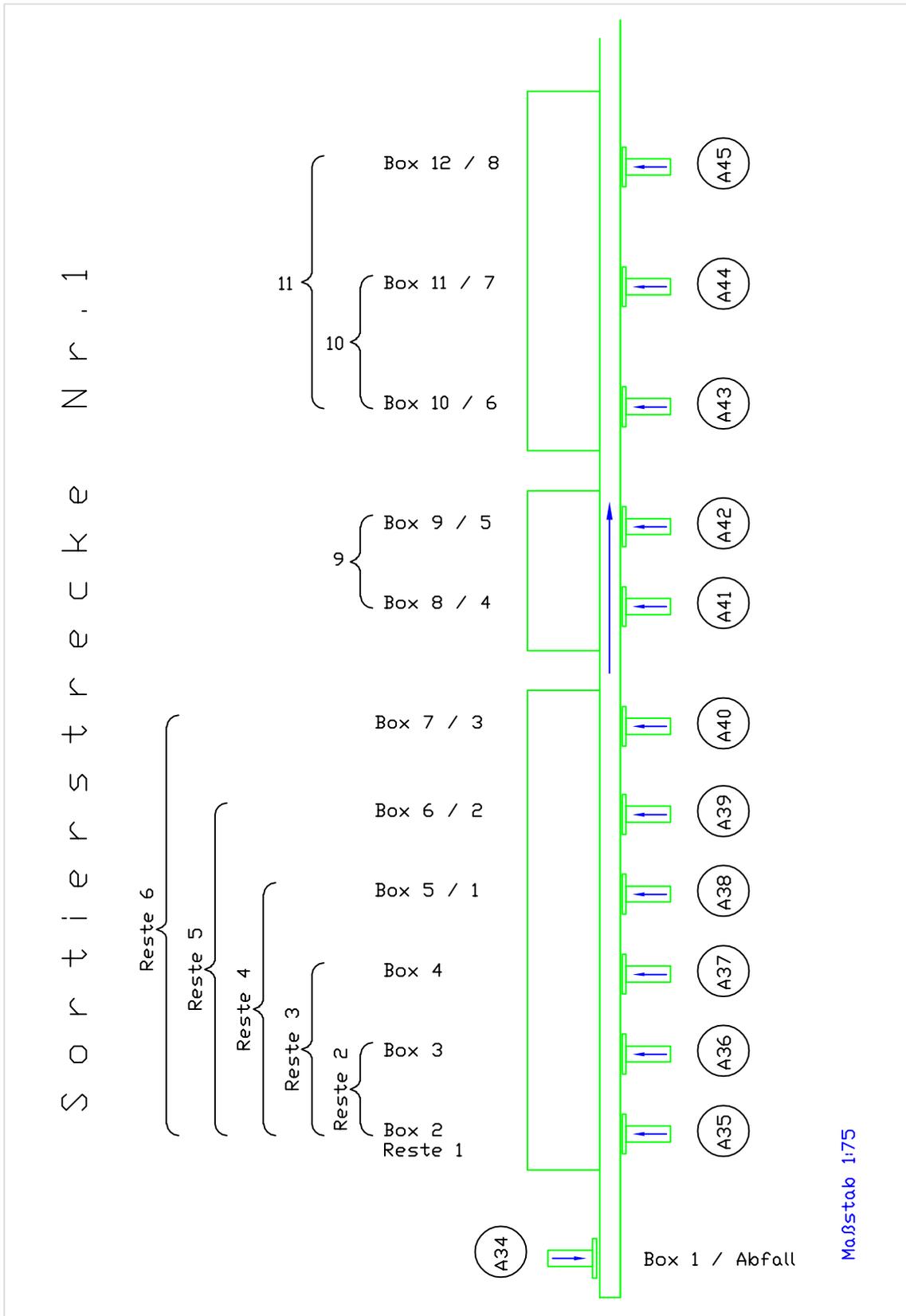


Abbildung 8.2: Zuordnung d. Ausgänge zu d. Boxen an d. Sortierstrecke Nr. 1

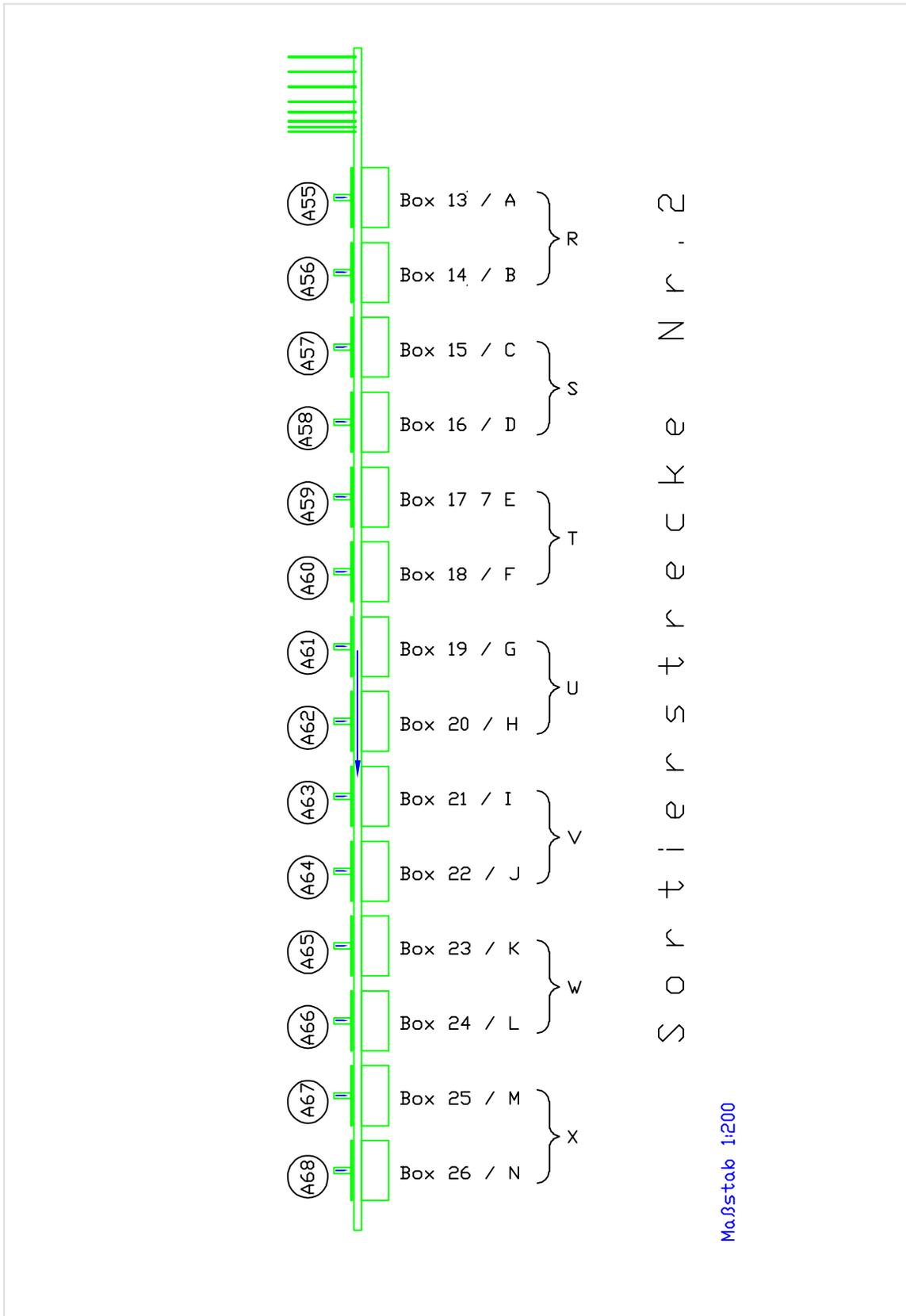


Abbildung 8.3: Zuordnung d. Ausgänge zu d. Boxen an d. Sortierstrecke Nr. 2

Nr.	Bezeichnung	alte Anschlüsse	Anm.:
Anzeichenstation			
1	Zylinderschalter Grundstellung rechts	E3.0 SPS	
2	Zylinderschalter Mittelpos. Rechts	E2.1 SPS	
3	Reflextaster Einzugswalze rechts	E2.7 SPS	
4	Reflextaster Anzeichner Rechts	E2.0 SPS	
5	Heben/Senken rechts	E2.3 SPS	
6	Zylinderschalter Grundstellung links	E3.1 SPS	
7	Zylinderschalter Mittelpos. Links	E2.5 SPS	
8	Reflextaster Einzugswalze links	E2.2 SPS	
9	Reflextaster Anzeichner Links	E2.4 SPS	
10	Heben/Senken links	E2.6 SPS	
11	Handtaste "STOP"	E17.2 SPS	
12	Handtaste "ENTRIEGELN"	E17.3 SPS	
Lesestation			
13	Reflextaster Lesestation	E3.5 SPS	
14	Lichtschranke Referenz Lesestation	E4 Steuerrech.Einlesen 1	
15	Qualitätsgrenze	E5 Steuerrech.Einlesen 1	
16	Qualität rechts	E6 Steuerrech.Einlesen 1	
17	Qualität links	E7 Steuerrech.Einlesen 1	
18	Sensor Qualitätsgrenze bereit	E4.0 SPS	
19	Sensor Qualität rechts bereit	E4.1 SPS	
20	Sensor Qualität links bereit	E4.2 SPS	
21	Geber Signal A Lesestat.	E1 Steuerrech.Einlesen 1	1mm/Impuls
22	Geber Signal B Lesestat.	E2 Steuerrech.Einlesen 2	1mm/Impuls
Transportband nach Lesestation			
23	Reflextaster Band Mitte	E4.3 SPS	
24	Reflextaster Band Ende	E4.4 SPS	
Sägestation			
25	Zylinderschalter Säge unten	E17.0 SPS	
26	Zylinderschalter Säge oben	E17.1 SPS	
27	Reflextaster Einzugswalze Säge	E17.4 SPS	
28	Reflextaster Stück in Sägestation	E17.5 SPS	
29	Positioniert	E17.6 SPS/E5 Steuer.Sägen	Mifa AD
30	Säge eingeschaltet		
31	Reflextaster Referenz sortieren	E1 Steuerrech.Sortieren 1	
Quertransport			
32	Lichtschranke Abschieben Puffer	E4.6 SPS	
33	Reflextaster Puffer 1	E4.7 SPS	
34	Reflextaster Puffer 2	E5.0 SPS	
35	Reflextaster Puffer 3	E5.1 SPS	
36	Reflextaster Puffer 4	E5.2 SPS	
37	Reflextaster Puffer 5	E5.3 SPS	
38	Reflextaster Puffer 6	E5.4 SPS	
39	Lichtschranke Plausibilitätskontrolle	E5.5 SPS	
40	Geber Signal A Plausibilität	E1 Steuerrech.Einlesen 2	1mm/Impuls
41	Geber Signal B Plausibilität	E2 Steuerrech.Einlesen 2	1mm/Impuls
42	kein Not-Aus		

Tabelle 8.1: Auflistung der digitalen Eingänge

Nr.	Bezeichnung	alte Anschlüsse	Pegel
Anzeichenstation			
1	MV Heben/Senken rechts	A20.0 SPS	220VAC
2	MV Querschieber rechts lösen	A21.2 SPS	220VAC
3	MV Querschieber rechts vor	A20.1 SPS	220VAC
4	MV Querschieber rechts zurück	A20.2 SPS	220VAC
5	MV Spannen rechts	A20.3 SPS	220VAC
6	MV Heben/Senken links	A20.4 SPS	220VAC
7	MV Querschieber links lösen	A21.3 SPS	220VAC
8	MV Querschieber links vor	A20.5 SPS	220VAC
9	MV Querschieber links zurück	A20.6 SPS	220VAC
10	MV Spannen links	A20.7 SPS	220VAC
11	Schütz Einzugswalze vor Lesestation Ein	A21.0 SPS	220VAC
12	MV Einzugswalze vor Lesestation Ab	A21.1 SPS	220VAC
13	Meldeleuchte "STOP"	A17.6 SPS	24VDC
14	MV Gegenhalter rechts	A21.7 SPS	220VAC
Lesestation			
15	Schütz Lesestation Ein	A21.4 SPS	220VAC
16	MV Vorschub	A21.5 SPS	220VAC
17	MV Breitenmessung Zu	A21.6 SPS	220VAC
Transportband nach Lesestation			
18	Schütz Band nach Lesestation	A22.0 SPS	220VAC
19	MV Querschieber Nr.1 (bei Lesestat.)	A22.1 SPS	220VAC
20	MV Querschieber Nr.2 (vor Sägestat.)	A22.2 SPS	220VAC
21	MV Spannen zum Querschieben	A22.3 SPS	220VAC
22	MV Gegenhalter Querschieber	A22.4 SPS	220VAC
23	MV Band Oberdruck Heben	A22.5 SPS	220VAC
Sägestation			
24	Hauptschütz MIFA	A23.1 SPS	220VAC
25	MV Einzugswalze Säge Auf	A22.6 SPS	220VAC
26	MV Sägen	A22.7 SPS	220VAC
27	MV Andrückrolle Säge	A27.7 SPS	220VAC
28	Takt	A17.3 SPS	24VDC Mifa RF
29	Kupplung Ein Schnellerregung	A17.4 SPS	24VDC
30	Kupplung Ein	A17.5 SPS	24VDC
31	Startimpuls Tintenstrahldrucker		potentialfrei
32	Schütz Transportband nach Sägestation		220VAC
Sortierstrecke Nr. 1			
33	Schütz Transportband Sortierstrecke Nr. 1		220VAC
34	Abschieber Box 1 (Abfälle)	A24.2 SPS	220VAC
35	Abschieber Box 2 (Reste 1)	A24.3 SPS	220VAC
36	Abschieber Box 3 (Reste 2)	A24.4 SPS	220VAC
37	Abschieber Box 4 (Reste 3)	A24.5 SPS	220VAC
38	Abschieber Box 5 (Reste 4 / 1)	A24.6 SPS	220VAC
39	Abschieber Box 6 (Reste 5 / 2)	A24.7 SPS	220VAC
40	Abschieber Box 7 (Reste 6 / 3)	A25.0 SPS	220VAC

Tabelle 8.2: Auflistung digitale Ausgänge Teil 1

Nr.	Bezeichnung	alte Anschlüsse	Pegel
Sortierstrecke Nr. 1 Fortsetzung			
41	Abschieber Box 8 (4 / 9)	A25.1 SPS	220VAC
42	Abschieber Box 9 (5 / 9)	A25.2 SPS	220VAC
43	Abschieber Box 10 (6 / 10 / 11))	A25.3 SPS	220VAC
44	Abschieber Box 11 (7 / 10 / 11)	A25.4 SPS	220VAC
45	Abschieber Box 12 (8 / 11)	A25.5 SPS	220VAC
Quertransport			
46	Schütz Puffer Ein	A23.2 SPS	220VAC
47	Abschieber	A24.1 SPS	220VAC
48	MV Puffer Nr. 1 Auf	A23.3 SPS	220VAC
49	MV Puffer Nr. 2 Auf	A23.4 SPS	220VAC
50	MV Puffer Nr. 3 Auf	A23.5 SPS	220VAC
51	MV Puffer Nr. 4 Auf	A23.6 SPS	220VAC
52	MV Puffer Nr. 5 Auf	A23.7 SPS	220VAC
53	MV Puffer Nr. 6 Auf	A24.0 SPS	220VAC
Sortierstrecke Nr. 2			
54	Schütz Transportband Sortierstrecke Nr. 2		220VAC
55	Abschieber Box 13 (A / R)	A25.6 SPS	220VAC
56	Abschieber Box 14 (B / R)	A25.7 SPS	220VAC
57	Abschieber Box 15 (C / S)	A26.0 SPS	220VAC
58	Abschieber Box 16 (D / S)	A26.1 SPS	220VAC
59	Abschieber Box 17 (E / T)	A26.2 SPS	220VAC
60	Abschieber Box 18 (F / T)	A26.3 SPS	220VAC
61	Abschieber Box 19 (G / U)	A26.4 SPS	220VAC
62	Abschieber Box 20 (H / U)	A26.5 SPS	220VAC
63	Abschieber Box 21 (I / V)	A26.6 SPS	220VAC
64	Abschieber Box 22 (J / V)	A26.7 SPS	220VAC
65	Abschieber Box 23 (K / W)	A27.0 SPS	220VAC
66	Abschieber Box 24 (L / W)	A27.1 SPS	220VAC
67	Abschieber Box 25 (M / X)	A27.2 SPS	220VAC
68	Abschieber Box 26 (N / X)	A27.3 SPS	220VAC

Tabelle 8.3: Auflistung digitale Ausgänge Teil 2

1	serielle Schnittstelle zu Tintenstrahldrucker	V24 / RS232
2	serielle Schnittstelle zur Positionierung Mifa	RS232 C
3	parallele Druckerschnittstelle	Standarddruckeranschluß
4	Ethernetanschluß	Standard

Tabelle 8.4: Auflistung der Datenschnittstellen

Bezeichnung	Übertragungsrichtung	Abkürzung	Pin	High-Pegel	Low-Pegel
Schutzerde	—		1		
Sendedaten	←	TXD	2	- 12 V	+ 12 V
Empfangsdaten	→	RXD	3	- 12 V	+ 12 V
Sendeanforderung	←	RTS	4	+ 12 V	- 12 V
Sendeerlaubnis	→	CTS	5	+ 12 V	- 12 V
Betriebserde	—		7 / 9		
+ 5 V / 300 mA	←		10 / 11		
+ 12 V / 100 mA	←		18		
- 12 V / 100 mA	←		25		

Tabelle 8.5: Schnittstellenbelegung MIFA (vgl. [Amk87])

Bezeichnung	Übertragungsrichtung	Abkürzung	Pin	High-Pegel	Low-Pegel
Schutzerde	—		1		
Sendedaten	←	TXD	2	- 12 V	+ 12 V
Empfangsdaten	→	RXD	3	- 12 V	+ 12 V
Sendeanforderung	←	RTS	4	+ 12 V	- 12 V
Sendeerlaubnis	→	CTS	5	+ 12 V	- 12 V
Host betriebsbereit	→	DSR	6		
Betriebserde	—		7		
Sendedaten	←	TTY Out 1	8	20 mA	0 mA
Sendedaten Ground	—	TTY Out 2	9		
Empfangsdaten	→	TTY In 1	14	20 mA	0 mA
Empfangsdaten Ground	—	TTY In 2	15		
Printer betriebsbereit	←	DTR	20		

Tabelle 8.6: Schnittstellenbelegung Tintenstrahldruckgerät (vgl. [Ima88])

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Anforderungen und Aufbau an die Steuerungstechnik [Ber99].....	7
Abbildung 2.2: Echtzeitbetrieb von SPS-Software mit einer SPS [Bec03].....	10
Abbildung 2.3: Echtzeitbetrieb von SPS-Software auf einem PC [Bec03].....	11
Abbildung 2.4: SPS-Programmiersprachen gemäß IEC 61131-3.....	13
Abbildung 2.5: Architektur mit unterschiedlichen Treibern	15
Abbildung 2.6: Architektur durch Einsatz der OPC Technik	16
Abbildung 3.1: Schnittzeichng. Fenstersystem und Lamellenaufteilung [Hra03]..	18
Abbildung 3.2: Gesamtübersicht der Optimierungssäge	19
Abbildung 3.3: Teilansicht eines markierten Lamellenmaterials	20
Abbildung 3.4: Beispiel eines eingelesenen Lamellenmaterials	22
Abbildung 3.5: optimiertes Lamellenmaterial aus Abbildung 3.4	25
Abbildung 3.6: Beispiel eines bedruckten Profils.....	27
Abbildung 3.7: Aufbau des Druckinhaltes aus Abbildung 3.6	27
Abbildung 3.8: Aufbau der Steuerung	32
Abbildung 4.1: Schaltschrankaußenansicht	39
Abbildung 4.2: Schaltschrankinnenansicht linker Teil.....	40
Abbildung 4.3: Innenansicht Lesestation	43
Abbildung 4.4: Innenansicht Sägestation	47
Abbildung 4.5: Sensor- / Aktorverteilung am Quertransport	51
Abbildung 4.6: Schema Quertransport Aufsicht.....	52
Abbildung 4.7: Erfassungsmaske Textinhalt Tintenstrahldruckgerät	59
Abbildung 6.1: Aufbau d. Steuerung mit Soft-SPS	73
Abbildung 6.2: Aufbau d. Steuerung mit CPU-SPS	74
Abbildung 8.1: Pneumatikplan [Rei89]	76
Abbildung 8.2: Zuordnung d. Ausgänge zu d. Boxen an d. Sortierstrecke Nr. 1 ..	77
Abbildung 8.3: Zuordnung d. Ausgänge zu d. Boxen an d. Sortierstrecke Nr. 2 ..	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Beispiel einer Qualitätskennzeichnungstabelle.....	21
Tabelle 3.2: eingelesene Werte des Beispiels aus Abbildung 3.4	22
Tabelle 3.3: optimierte Zuschnitte aus d. eingelesenen Werten d. Tabelle 3.2	26
Tabelle 4.1: Maschinenparameter Sortierstrecke Nr. 1	48
Tabelle 4.2: Maschinenparameter Sortierstrecke Nr. 2	49
Tabelle 4.3: Maschinenparameter Sortierstrecke Nr. 1 Reste	50
Tabelle 4.4: Zuschnittlängenberechnung für Positioniersteuerung.....	57
Tabelle 4.5: Datensätze an Positioniersteuerung	58
Tabelle 5.1: Beispiel Qualitätstabelle	66
Tabelle 5.2: Beispiel Qualitätsübertragstabelle	68
Tabelle 6.1: Kostenaufstellung der neuen Steuerung.....	72
Tabelle 8.1: Auflistung der digitalen Eingänge	79
Tabelle 8.2: Auflistung digitale Ausgänge Teil 1.....	80
Tabelle 8.3: Auflistung digitale Ausgänge Teil 2.....	81
Tabelle 8.4: Auflistung der Datenschnittstellen.....	81
Tabelle 8.5: Schnittstellenbelegung MIFA (vgl. [Amk87])	82
Tabelle 8.6: Schnittstellenbelegung Tintenstrahldruckgerät (vgl. [Ima88])	82

Literaturverzeichnis

Bücher

- [Ber99] Bernstein H.: Soft-SPS für PC und IPC
Berlin, Offenbach: VDE-Verlag 1999
ISBN 3-8007-2337-9
- [Bet02] Bettermann T.: Anwendung von Microsoft Softwarestandards in der
Automatisierungstechnik
Renningen: expert-Verlag 2002
ISBN 3-8169-2103-5
- [Hot03] Hotz H.: Standardisierte Austauschformate für die herstellerübergrei-
fende Verwendung von Softwareprojekten für speicherprogrammierba-
re Steuerungen.
Beitrag aus dem Tagungsband SPS/IPC/Drives 2003 Seite 205
Berlin, Offenbach: VDE Verlag GmbH 2003
ISBN 3-8007-2793-5
- [Pic00] Pickhardt R.: Grundlagen und Anwendung der Steuerungstechnik
Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlags-gesellschaft
mbH 2000
ISBN 3-528-03927-2
- [Sch03] Schneider G.: Engineering und Inbetriebnahme verteilter Steuerungs-
architekturen.
Beitrag aus dem Tagungsband SPS/IPC/Drives 2003 Seite 393
Berlin, Offenbach: VDE Verlag GmbH 2003
ISBN 3-8007-2793-5
- [Wei02] Wellenreuther G., Zastrow D.: Automatisieren mit SPS , Theorie und
Praxis
Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlags-gesellschaft
mbH 2002
ISBN 3-528-13910-2
- [Zac00] Zacher S.: Automatisierungstechnik kompakt
Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlags-gesellschaft
mbH 2000
ISBN 3-528-03897-7

Technische Unterlagen

- [Amk87] AMK PUMASYN Drehstromregelantriebe; Installation und Inbetriebnahme
Februar 1987, Seite 4-8
Arnold Müller, Antriebs- und Regelungstechnik GmbH
Kirchheim / Teck
- [Amk01] Ergänzungsbeschreibung MIFA; Funktionen und Protokolle der
Rechnerschnittstelle RS 232 C
3090 (Vorversion Schulung), Seite 3-17 bis 3-19
Arnold Müller, Antriebs- und Regelungstechnik GmbH
Kirchheim / Teck
- [B&R03] Katalog: Neuheiten 2003_April
Bernecker+Rainer Industrie-Elektronik
Eggelsberg, Österreich
- [Bec03] Gesamtkatalog 2003: TwinCAT, PC-Steuerungstechnik: SPS und NC
auf dem PC
Beckhoff Industrie Elektronik
Verl, Germany
- [Hra03] Hrachowina Bauelement Prod. G.m.b.H
Schnittzeichnung Holz-Thermo-Secur
- [Hra04] Hrachowina Bauelement Prod. G.m.b.H
Haustürenkatalog 2004
- [Ima88] Jaime 1000 RS232C / V24 Mode
Imaje Company
NT 4910
- [Rei89] Khia: Pneumatikplan Projekt Hrachowina
10.3.1989 Fa. Christof Reinhardt Maschinenbau
Zeich.Nr.92.301

Zeitschriften

- [Küh03] Kühnl C.: Soft-SPS mit Motion Control – das Ende der Fahnenstange?
In: A&D Newsletter 11/2003, Seite 32 bis 36
München: publish-industry Verlag GmbH
- [Loc03] Lock R.: PC-based Automation wird erwachsen.
In: A&D Newsletter 03/2003, Seite 31 bis 33
München: publish-industry Verlag GmbH

Internet

- [B&R04] Bernecker+Rainer Industrie-Elektronik:
Produkte - Automation Software
Online im Internet: <http://www.br-automation.com>
(Stand 21.5.2004)